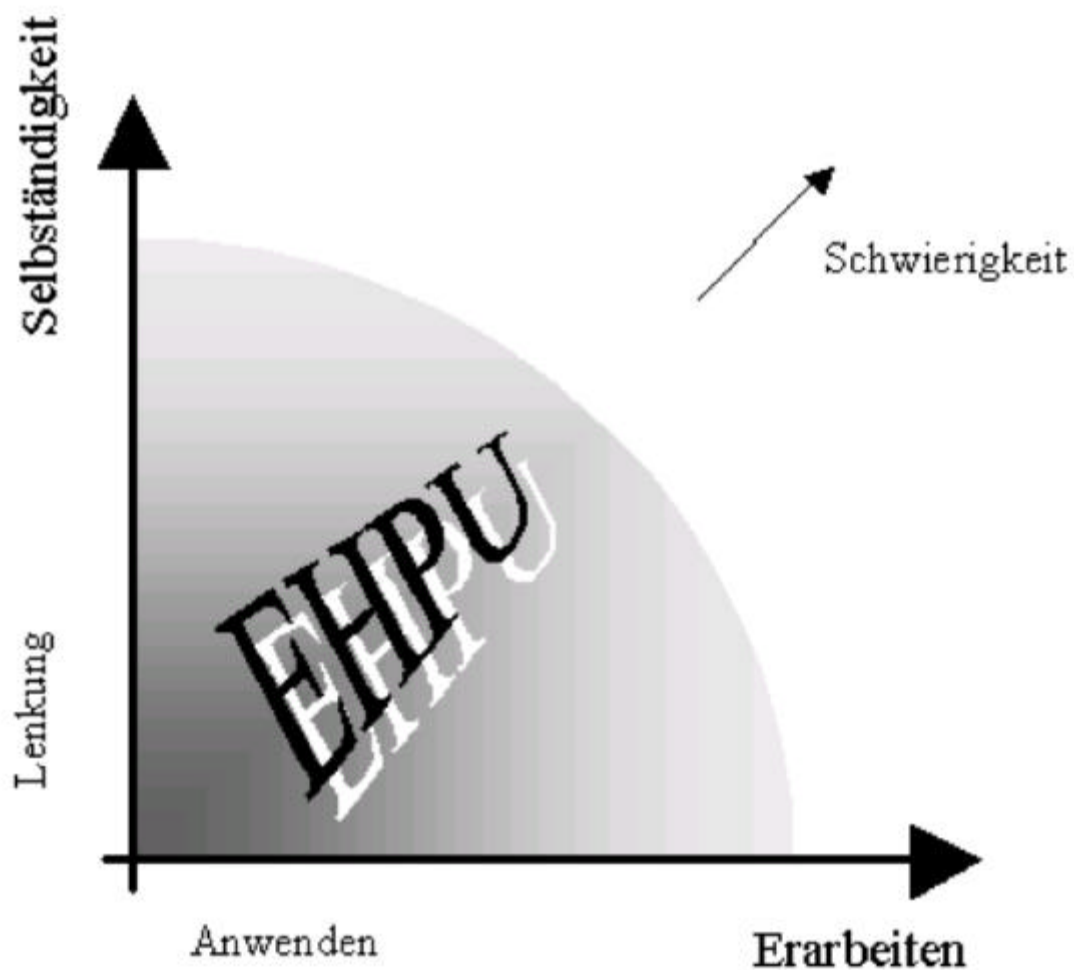


Eigenverantwortlichkeit im handlungsorientierten Physikunterricht



Herausgeber: Oberschulamt Stuttgart

Impressum

Herausgeber **Oberschulamts Stuttgart**
Breitscheidstraße 42
70176 Stuttgart
☎ (0711) 66 70 - 233

Autorenteam

- StD Hans-Ulrich Firnhaber, Fanny-Leicht-Gymnasium Vaihingen
- StD Detlef Hoche, Gymnasium Korntal-Münchingen, Seminar Stuttgart II
- StD Franz Kranzinger, Salier-Gymnasium Waiblingen, Seminar Stuttgart I
- StR Dr. Josef Küblbeck, Mörike-Gymnasium Ludwigsburg, Seminar Stuttgart II
- StD Gerd Methfessel, Salier-Gymnasium Waiblingen, Seminar Stuttgart I
- StD Dr. Wolfgang Philipp, Robert-Bosch-Gymnasium Wendlingen, Seminar Esslingen
- OStR Bruno Rager, Eberhard-Ludwigs-Gymnasium Stuttgart, Seminar Esslingen

Redaktion

- RSD Siegfried Lutz, Oberschulamts Stuttgart

Druck

Hausdruckerei des Oberschulamts Stuttgart
Auflage: 400 Exemplare

Eigenverantwortlichkeit im handlungsorientierten Physikunterricht

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
Vorwort	2
Einleitung	3
Erläuterung des Diagramms	7
Beiträge:	
Begriffskartei	8
Beispiel Klasse 9 Optik	11
Einstiege mit Brainstorming	14
Beispiel Klasse 10 Kernphysik	15
Beispiel Klasse 11 Kräfte	16
Beispiel Klasse 11 Energie	17
Teamarbeit mit Präsentation	18
Klasse 10 Kernphysik	
Referate	22
Klasse 11 Mechanik	
Anweisungen zum eigenverantwortlichen Arbeiten	27
Beispiel 1: Praktikum E-Lehre (Klasse 10)	27
Beispiel 2: Erarbeitung eigener Experimente (Klasse 8)	31
Beispiel 3: Erarbeitung physikalischer Gesetze (Klasse 9)	34
Beispiel 4: Ableitung physikalischer Gesetze (Klasse 11)	37
Beispiel 5: Arbeitsteiliges Erstellen physikalischer Gesetze (Klasse 11).....	40
Elektrizität Klasse 8 in Teamarbeit	43
Induktion in Teamarbeit (GK 12)	47
Das physikalische Reisetagebuch	54
Beispiel Klasse 13	55
Beispiel Klasse 8	58
Klasse 11 in Teamarbeit	61

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

beim Thema dieses Hefts „Eigenverantwortlichkeit im handlungsorientierten Physikunterricht“ denke ich an den Physik-Unterricht, den ich vor Jahrzehnten selbst genossen habe: Zu Dritt durften wir den lehrerzentrierten Frontalunterricht auflockern: Im Besitz des Physikaalschlüssels experimentierten wir in einer guten Sammlung allein, selbstverantwortlich, mit dem Auftrag, die Versuche für die nächsten Stunden des überlasteten Lehrers vorzubereiten. So haben wir eigenständig handelnd, in hitzigen Debatten und aus klugen Büchern Physik gelernt. Das vorliegende Heft versucht, solche Art von Lernen nicht nur einigen wenigen, sondern möglichst allen Schülern zukommen zu lassen.

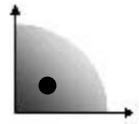
Im Experiment werden die Lernenden an die Natur selbst, an die Quellen der Erkenntnis, geführt. Hieraus bezog der Physikunterricht in der Vergangenheit einen Teil seiner Attraktivität. In den letzten Jahrzehnten hat uns die Didaktik anderer Fächer eingeholt - vielleicht sogar an Modernität überholt. Unter Einbeziehen von Originalquellen – heute auch mit aktuellen Daten aus dem Internet unterstützt - werden lebensnahe Fragestellungen vorgelegt, diskutiert und erörtert- nicht nur veraltete Fakten vorgetragen. Insofern wären die Physikunterrichtenden gut beraten, neue Unterrichtsformen zu entwickeln und zu erproben, als notwendige Ergänzung der bisher praktizierten Methoden, ohne Überbordwerfen von Bewährtem.

Die Physik so zu vermitteln, dass anschließend auch ein Studium der Physik oder einer anderen Naturwissenschaft möglich wird, bleibe weiterhin ein Ziel allen Bemühens. Man soll aber auch an den künftigen mündigen Bürger denken, der nicht unsere Fächer studiert. Auch er hat ein Anrecht darauf, im Unterricht etwas von der Kulturleistung der Physik zu erfahren. Sie besteht darin, die uns umgebende Natur sowohl in der Vielfalt ihrer Phänomene, als auch in der Tiefe ihrer Zusammenhänge zu erkennen. Im 21. Jahrhundert darf dabei die Physik des 20. nicht fehlen.

In dieser Hinsicht wünsche ich Ihren Schülern und Ihnen selbst viel Erfolg und vor allem Freude an physikalischen Diskussionen mit jungen Menschen.

Ludwigsburg, im Dezember 1999

Ihr
Franz Bader



Handlungsorientierter Physikunterricht

Physik anders unterrichten. Ist es eine Aufforderung, eine Frage? Oder ?

Anders als ...? Warum eigentlich **anders** unterrichten? Ich will hier nicht auf die zahlreichen Studien zur Unbeliebtheit des Schulfachs Physik eingehen, auch nicht auf die damit verbundene, vielfach dokumentierte geringe Effizienz des Physikunterrichts.

Die TIMS-Studie - so differenziert sie auch zu betrachten ist - hat dies wieder in die öffentliche Diskussion gebracht. Die dadurch ausgelöste Betroffenheit bei den Bildungspolitikern - geht es doch um den Ruf des Landes als Industriestandort - und gerade auch bei engagierten Lehrerinnen und Lehrern führt zwangsläufig zur Frage nach möglichen Schritten zur Weiterentwicklung des Physikunterrichts.

Wie lesen wir doch im Lehrplan sinngemäß:

- Der Unterricht in Physik soll den Schülerinnen und Schülern helfen, sich in ihrer Umwelt zu orientieren und verantwortungsvoll zu handeln. Dies ist sicher ein Ziel, das breite Zustimmung findet.
- Weiter ist die Rede von Schlüsselqualifikationen, die am Ende der Schulpflicht erworben sein sollten, ebenso von den Beiträgen der einzelnen Fächer zu verschiedenen Bildungsbereichen.

Tut sich hier nicht eine Kluft zwischen dem in der Schule Realisierbaren und bildungspolitischen Vorgaben auf ? - Auf diese Diskrepanz zwischen Lehrplanforderungen und Schulalltag wird immer deutlicher hingewiesen. Dazu kommt, dass die Lehrerinnen und Lehrer mehr Hilfe bei der Umsetzung der Lehrplanforderungen erwarten.

In dieser Situation sind Beispiele aus der Praxis für selbständiges, handlungsorientiertes Lernen gefragt. Lässt sich doch an ihnen sehen, welche Schritte erfahrene Lehrerinnen und Lehrer teils allein, teils im Team mit Kollegen setzen, um das Interesse einer größeren Zahl von Schülerinnen und Schülern an Physik zu wecken und zu erhalten.

Drei Argumente für selbständiges Lernen

1. Unterrichtsziel „Verstehen der Physik“

Bereits Wagenschein betitelte zwei seiner Hauptwerke mit „Verstehen lehren“ und „Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken“. Und auch die lernpsychologischen Ansätze, die in den letzten 20 Jahren unter dem Begriff „Konstruktivismus“ entwickelt und erprobt wurden, haben als ein Hauptziel das bessere Verstehen der Unterrichtsinhalte :

Selbständiges Lernen fordert und unterstützt Verstehen.

2. Unterrichtsziel „Lernen über Physik“

Physikalische Erkenntnisgewinnung ist durch charakteristische Methoden, durch typische Ziele aber auch Grenzen gekennzeichnet. Es muss auf allen Stufen ein Ziel des Unterrichts sein, dies bewusst zu machen. Eine notwendige aber leider nicht hinreichende Voraussetzung dafür ist die selbständige Auseinandersetzung mit physikalischen Inhalten und Methoden :

Die Lernenden müssen selbst Phänomene beobachten, Hypothesen entwickeln, Experimente durchführen, miteinander wissenschaftliche Streitgespräche führen. Auf diese Art erleben sie die wesentlichen Elemente physikalischer Erkenntnisgewinnung.

3. Unterrichtsziel „Selbst- und Sozialkompetenz“

Mit dem Werden des Wissens ist auch das Werden des Menschen verbunden, also nicht nur die Sach-, sondern auch die Selbst- und Sozialkompetenz:

Jugendliche sollen Physik als etwas Werdendes erfahren.

Aus physikdidaktischer Sicht bedeutet selbständig und damit auch handlungsorientiert Lernen:

1. Jugendliche konstruieren neues Wissen (Lernpsychologische Perspektive)

Grundannahmen:

- Lernen ist ein aktiver Prozess, Lernende konstruieren ihr Wissen, anknüpfend an das eigene Vorwissen
- Für diesen Lernprozess sind nicht nur Vorwissen und Vorerfahrungen von Bedeutung, sondern wichtig sind ebenso die individuellen Interessen, Überzeugungen und Gefühle sowie die Identifikation mit den Lerninhalten
- Lernen benötigt einen für das Individuum relevanten Kontext: Unterrichtsinhalte müssen lebens- und berufsnah sein
- Kooperatives Lernen spielt für die Konstruktion von Wissen eine zentrale Rolle: Erst im gegenseitigen Austausch von Fragen und Hypothesen, in gemeinsamer Diskussion von Interpretationen und Lösungen gewinnt neues Wissen an Struktur.
- Das Generieren neuen Wissens schließt die Reflexion und Kontrolle von Lernen und Lernerfolg ein

2. Jugendliche erleben Physik als Wissenschaft (Wissenschaftstheoretische Perspektive)

Zwei Beispiele:

- Paradigmawechsel z.B. der Wechsel von der aristotelischen zur Newtonschen Mechanik d.h. der Uebergang vom geo- zum heliozentrischen Weltbild (entspricht dem Konzeptwechsel im Physikunterricht).

Eigenverantwortlichkeit im handlungsorientierten Physikunterricht

Einleitung

- Zusammenarbeit in der wissenschaftlichen Gemeinschaft (Forschungsteam oder Forschungsgruppe verlangen Kommunikation und Kooperation!)

3. Jugendliche lernen in verschiedenen Unterrichtsformen (Methodische Perspektive)

Der Arbeitsauftrag kann eingebettet sein

- in Schülerexperimente,
- in das Bearbeiten und Verfassen von Texten,
- in die selbständige Suche nach naturgesetzlichen Zusammenhängen auch außerhalb des Klassenzimmers.

4. Jugendliche verbinden Alltagswelt und Physik (Inhaltliche Perspektive)

Die Lernenden können dann eigenständig neues Wissen erarbeiten und verstehen, wenn sie es mit dem bereits vorhandenen Wissen verbinden können.

Mögliche Selbständigkeit in drei Abstufungen (A - C) und fünf Dimensionen (D - I)

- A Modell** („Modeling“): Die Lehrkraft führt eine Tätigkeit laut denkend vor
- B Gerüst** („Scaffolding“): Nur noch Teile werden modelliert; nur noch auf die individuellen Bedürfnisse und Kompetenzen abgestimmte Hilfen.
- C Beratung** („Coaching“): Die Lehrkraft berät bei Problemlöseversuchen.
- D Zeiteinteilung** (vorgegebener Zeitraum oder individuelles Lerntempo?)
- E Lernkontrolle** (kontrolliert der Lehrer oder kontrollieren sich die Schüler selbst?)
- F Lernmaterial** (alles vorgeben oder stellen die Schüler Teile selbst zusammen?)
- G Sozialform** (Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit?)
- H Aufgabenstellung** (enger Rahmen oder großer Freiraum, obligatorisch, wahlpflicht oder freiwillig?)
- I Stoffauswahl** (lassen offizieller oder gar heimlicher Lehrplan Freiräume?)

Und dann aber Hindernisse für selbständiges Lernen

- Die Problem-Motivation
- Der angemessene Schwierigkeitsgrad
- Der Zeitdruck
- Die Skepsis bei den Schülern, den Eltern und den Kollegen
- Die Widerstände bei uns Physiklehrern selbst

Eigenverantwortlichkeit im handlungsorientierten Physikunterricht

Einleitung

Im letzten Punkt liegt wahrscheinlich das Haupthindernis. Für vermehrtes Arbeiten in und mit neuen Unterrichtsformen müssen wir unsere Rolle als Lehrerin bzw. Lehrer neu überdenken; z.B. müssen wir uns folgende Fragen stellen:

- Was ist mein Bild vom Lernen und vom Lehren ?
- Sehe ich mich nicht nur als Wissensvermittler, sondern auch als Lernberater?
- Wie viel Selbständigkeit traue ich meinen Schülerinnen und Schülern zu?
- Wie viel Methodenkompetenz und -Vielfalt habe ich?

Sie sehen: Jede Menge Denkanstöße. Sie alle - gemeint sind hier nicht nur die Denkanstöße, sondern auch Sie als Teilnehmerinnen und Teilnehmer dieser Fortbildung - sollen dazu beitragen, dass die Bereitschaft zum Nachdenken über den Physikunterricht gefördert wird, und ein - wenn nicht das wichtigste - **Ziel** dieser Fortbildung könnte sein die **Methodenkompetenz** der Physiklehrerinnen und Physiklehrer zu **erweitern**.

Deshalb wünsche ich mir und uns mit Blick auf unsere Schülerinnen und Schüler :

**Mit einer größeren Auswahl an Methoden an geeigneten Stellen im Lehrplan zu
handlungsorientiertem Unterricht!**

Hans-Ulrich Firnhaber

Eigenverantwortlichkeit im handlungsorientierten Physikunterricht Erläuterung des Diagramms

Den Unterricht bzw. die Aufgaben kann man in zwei Dimensionen öffnen: **Lenkung** oder **Selbständigkeit** und **Anwendung** oder **Erarbeitung** (siehe Diagrammachsen).

1. Das **Erarbeiten** von physikalischen Zusammenhängen ist schwieriger als ihre **Anwendung** (ein genau vorgegebenes Experiment wird durchgeführt).
2. **Offene** Aufgaben sind für Lehrer und Schüler schwieriger zu bearbeiten, als stark **gelenkte** Aufgaben.

Konkrete Beispiele:

In die rechte obere Ecke gehört wohl die **Tagebuchmethode** oder der vollständig in **Teamarbeit** bewältigte **Unterricht in der Klasse 11**.

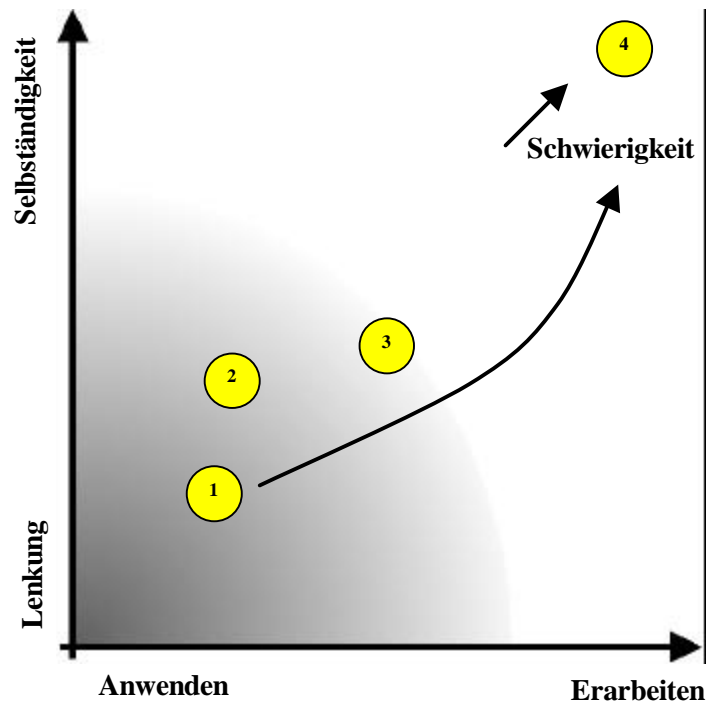
Doch muss es gleich so extrem sein?
Wie kann man sich vorsichtig aus der linken unteren Ecke wagen?

z.B. mit

- **Begriffskartei** ①
- **Brainstorming**
- **Proben** der physikalischen Arbeitsweise anhand von vorgegebenen Experimenten ①

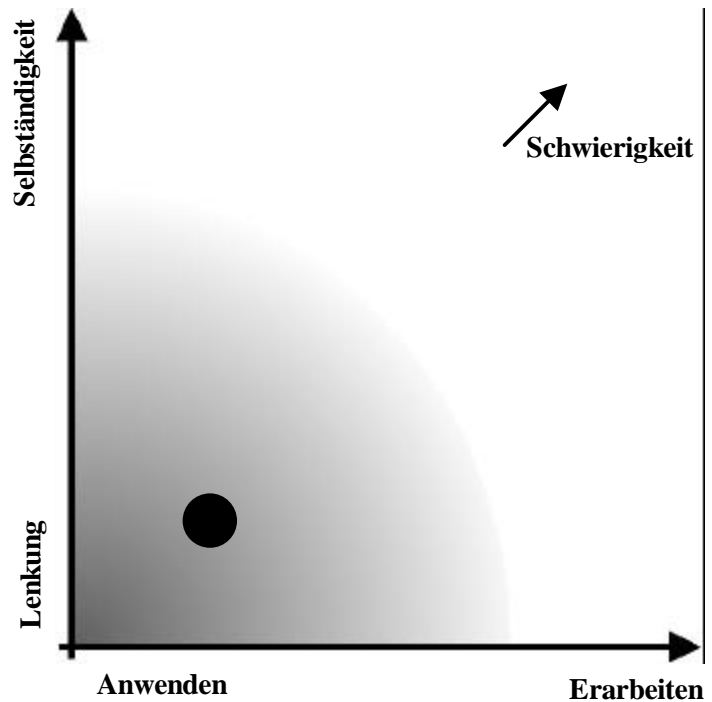
Mehr Eigenverantwortlichkeit wird von den Schülerinnen und Schülern bei **Referaten** oder der Erarbeitung der **Induktion in Klasse 12** bzw. der **Elektrizitätslehre in Klasse 8** gefordert.

Die genannten Beispiele weisen einen Weg, wie die Klasse zusammen mit ihrer Lehrerin bzw. ihrem Lehrer zu „**Eigenverantwortlichem, Handlungsorientierten Physik Unterricht**“ (**EHPU**) gelangen kann.



Begriffskartei ¹

¹nach Vorträgen von Martin Herold,
Reutlingen,
vgl. auch X. Fiederle: „train the trainer“



Voraussetzungen:

Bei den Schülern:

Keine Vorerfahrung nötig

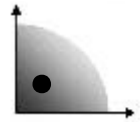
Organisationsaufwand
für den Lehrer:

Vorzubereiten sind ca. 30 DIN A5
Karten mit Begriffen

Zeitbedarf: 60 Minuten (möglichst an einem Stück)

Erfahrung:

- Motivation der Schüler positiv
- Schüler erleben Eigenverantwortlichkeit
- Schüler haben die Möglichkeit, sich im freien Sprechen zu üben



Didaktische Vorbemerkungen

Nach jedem Lernprozess im Frontalunterricht und in Gruppen sollten die erarbeiteten Inhalte systematisiert, ergänzt und in einen Gesamtzusammenhang eingeordnet werden. Hierzu eignet sich die Begriffskartei (unabhängig von der vorher eingesetzten Unterrichtsform). Sie kann die Vorbereitung auf eine Klassenarbeit unterstützen.

Wie bei allem Neuen, müssen die Schüler auch mit nicht frontalen Unterrichtsformen sukzessive vertraut gemacht werden. Es genügt nicht, den Schülern nur zu sagen: „Jetzt machen wir Gruppenarbeit!“

Eine Möglichkeit, in nicht frontale Unterrichtsformen einzuführen, bietet eine „Begriffskartei“. Die Schüler müssen dafür noch keine Erfahrungen in Gruppenarbeit o.ä. mitbringen.

Vorbereitung der Kartenmethode

Am Ende einer Unterrichtseinheit kann die Begriffskartei (Kartenmethode) zur Wiederholung und Festigung des vorangehenden Stoffes eingesetzt werden. Bevor man die Kartenmethode einsetzt, erscheint es für die Akzeptanz der Kartenmethode sinnvoll, diese der Klasse kurz zu erläutern und dann zu fragen, ob die Schüler die Kartenmethode einmal anwenden wollen.

Der Lehrer stellt gegebenenfalls ca. 30 ihm wichtig erscheinende Fachbegriffe (hängt von Klassengröße ab) zusammen. Diese Begriffe schreibt er auf Karteikarten (DIN A5).

Die Begriffe können auch von den Schülern zusammengestellt werden, z.B. nach folgendem Verfahren. Die Schüler werden am Ende einer Unterrichtseinheit aufgefordert, wichtige Begriffe, Stichworte zu nennen. Zwei Schüler schreiben die genannten Begriffe an die Tafel.

Anschließend werden die Begriffe auf Karten geschrieben. Fehlen aus Sicht des Lehrers wichtige Begriffe, so wird er diese ergänzend beisteuern.

Nach welchen Kriterien wählt man die Begriffe für die Begriffskartei aus?

- als einzelne Stichworte (lexikalisch),
- als Begriffspaare, d.h. als Begriffe die zueinander in Beziehung (Spannung) stehen. Z.B. positive, negative Ladung oder Masse, Gewichtskraft.

Im Anhang sind Beispiele für Begriffskarteien angeführt.

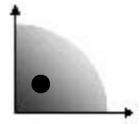
Ablauf der Kartenmethode

1. Präsentation der Karten

Die Schülerinnen und Schüler sitzen im Halbkreis. Der Lehrer steht (sitzt) in der Mitte und erläutert zunächst nochmals kurz den Ablauf der Kartenmethode.

Die Karten werden in 10er Blöcken (zufällig zusammengestellt) der Klasse präsentiert. Die Teilnehmer konzentrieren sich auf die Präsentation, es wird *nicht* mitgeschrieben.

- 1. Block: optische Präsentation von 10 Begriffskarten
Pause zum Memorieren (1 min)



- 2. Block: akustische Präsentation von 10 Begriffskarten
Pause zum Memorieren (1 min)
- 3. Block: optische und akustische Präsentation von 10 Begriffskarten
Pause zum Memorieren (1 min)

2. Einzel-Memory

Die Teilnehmer werden aufgefordert, möglichst viele der Begriffe (von den 30 Begriffen) aus dem Gedächtnis heraus aufzuschreiben.

3. Gruppen-Memory

In Dreiergruppen vergleichen die Teilnehmer ihre Ergebnisse und erstellen eine gemeinsame Liste der memorierten Begriffe.

4. Memory-Kontrolle

Der Lehrer präsentiert (liest vor und zeigt) noch einmal alle Begriffskarten. Er ermittelt durch Handzeichen, welche Begriffe von einer Gruppe nicht memoriert werden konnten. Er sortiert diejenigen Begriffskarten aus, die von keiner Gruppe oder vielen Gruppen nicht aufgeschrieben wurden. Diese Begriffe müssen noch vertieft werden.

5. Vortrag in ABC-Gruppen

Nach einer kurzen Erholungspause werden alle Karten auf dem Boden im Halbkreis ausgelegt. Die Klasse wird reihum in *3er Gruppen* (z.B. ABC) aufgeteilt.

Jeder Teilnehmer holt sich eine Begriffskarte, über die er anschließend in der ABC-Gruppe einen *zweiminütigen* Vortrag halten soll. (Dabei spricht nur A ; B und C hören nur zu. Es werden keine Fragen gestellt. Jeder der 3er Gruppe hält einen Vortrag).

Der Lehrer gibt jeweils das Zeichen zum Wechseln. Das Zeichen könnte auch ein Schüler der 3er Gruppe geben.

6. Vortrag im Plenum

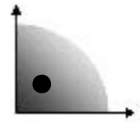
Danach sucht sich jede ABC-Gruppe einen *Sprecher* und eines der Themen ihrer ABC-Gruppe aus. Dieser Sprecher hält vor dem ganzen Plenum noch einmal einen Vortrag (Dauer 2 min). Damit wird der Umgang mit den Fachbegriffen, das Ausdrucksvermögen und das konzentrierte Zuhören trainiert.

7. Von der Begriffskarte zur Informationskarte

Die Klasse wird aufgefordert, aus den Begriffskarten Informationskarten zu machen. Diese Informationskarten können bei der nächsten Klassenarbeit verwendet werden.

Hierzu werden alle Begriffskarten nochmals auf dem Boden ausgelegt. Jeder Schüler kann sich eine Karte zur Bearbeitung als Informationskarte aussuchen.

Dabei ist es sinnvoll, dass der Lehrer das Aussuchen steuert, damit sich nicht alle auf einmal auf die Karten stürzen. Z.B. kann der Lehrer zuerst die Mädchen eine Karte aussuchen lassen.



Ergänzende Anmerkungen zur Kartenmethode

1. Für das Erstellen der Begriffskarten sind Regelungen und Absprachen wichtig, z.B.:

- Für den Inhalt einer Informationskarte ist allein der Verfasser verantwortlich. Der Lehrer kontrolliert den Inhalt *nicht!* Dies mag für uns Lehrer zunächst sehr ungewohnt sein. Für die Schüler ist es aber außerordentlich wichtig zu wissen, dass sie allein die Verantwortung für Richtigkeit und Vollständigkeit ihrer Karte tragen!
- Die Gestaltung der Informationskarte obliegt allein dem Verfasser.
- Unten auf der Informationskarte steht der Name des Verfassers.
- Der Lehrer kontrolliert nicht, ob die Informationskarte rechtzeitig vor der Klassenarbeit abgegeben werden!
- Während der Klassenarbeit darf jeder Schüler bis zu 2 Informationskarten einsehen, die alphabetisch sortiert auf dem Lehrerpult stehen. Das Inhaltsverzeichnis erstellt der Lehrer.

2. Bemerkungen zur Methode „Begriffskartei“:

- Die Schüler müssen die Kartenmethode selbst durchführen wollen.
- Die Anwendung der Methode „Begriffskartei“ setzt voraus, dass ein Thema (Unterrichtseinheit) schon behandelt worden ist.
- Günstig ist der Einsatz der Kartenmethode am Ende einer Unterrichtseinheit vor der Klassenarbeit.
- Den Schülern müssen die Randbedingungen (Regeln) der Kartenmethode ganz klar sein: jeder Schüler trägt Verantwortung für seine Mitschüler!

Der Lehrer kontrolliert nicht und bessert auch nicht nach! Wiederum wird hierdurch die Eigenverantwortlichkeit der einzelnen Schüler eingefordert!

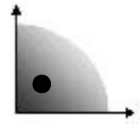
- Zeitbedarf bei einer Klasse mit ca. 30 Schülern (10 Gruppen) beim ersten Mal ca. 60 Minuten.
- Das Vortragen in den Gruppen kann in einem Raum stattfinden. Der Geräuschpegel ist für die einzelnen Gruppen erträglich, auch wenn er dem Lehrer unerträglich erscheint.
- Zwei Minuten Zuhören in der Gruppe kann einem als sehr lang erscheinen.
- Wenn ich beim Vortrag eines Schülers im Plenum merke, dass er am Ende seines Lateins ist, lasse ich den Vortrag auch vor Ablauf der zwei Minuten beenden. Der Vortrag soll ja nicht zur Qual werden.

Beispiele für Begriffskarteien

Stichwörter zur Begriffskartei „Optik Klasse 9“

Abbildungsmaßstab
Belichtungszeit
Bildgröße
Brechung
Brechungsgesetz
Brennpunkt
Brennstrahl
Diaprojektor
Dioptrie
Einfallslot

Linsengleichung
Lochkamera
optische Abbildung
optisch dicht/dünn
planparallele Platte
Prisma
Reflexionsgesetz
Sammellinse
Schärfentiefe
spektralreine Farbe



Infrarot	Spektrum
Lichtausbreitung	Totalreflexion
Lichtenergie	Ultraviolett
Lichtstrahl	Umkehrbarkeit Lichtweg
Linienpektrum	

Die nachfolgenden Beispiele für Begriffsdateien wurden auf einer Tagung zum handlungsorientierten Physikunterricht im Juli 1999 in Donaueschingen von den Teilnehmern erarbeitet und sind in dieser Form noch nicht erprobt.

Begriffskartei „Elektrizitätslehre II Klasse 10“

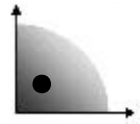
Elektrisch neutral	Ladungstrennung
Ladungserhaltung	Ladungsnachweis
Influenz	Elektroskop
Glühelektrischer Effekt	Elektrische Stromstärke
Messgerät für die Stromstärke	Elektrische Spannung
Elektrische Arbeit	Elektrische Leistung
Volt	Ampere
Watt	Elektrischer Widerstand
Ohm	Reihenschaltung
Parallelschaltung	Ersatzwiderstand
Korkenzieherregel	Dreifingerregel
Leiterschaukel	Transformator
Hochstromtransformator	Hochspannungstransformator
Kommutator	Doppel - T - Anker

Stichwörter zur Begriffskartei „Elektrizitätslehre II Klasse 10“

- Ladung / Ladungserhaltung / Ladungstrennung / Ladungsnachweis
- elektrisch neutral / Influenz / Elektroskop / Faradaykäfig
- Stromstärke / Spannung / Arbeit / Leistung
- Strommesser / Spannungsmesser
- Coulomb / Ampere / Volt / Ohm / Watt
- Ohmsches Gesetz / Widerstand / temperaturabhängiger Widerstand
- Reihenschaltung / Parallelschaltung / Ersatzwiderstand / Kirchhoffsche Gesetze
- Glühelektrischer Effekt / Elektronenstrahlröhre / Elektrizitätsleitung in Metallen / Ionenleitung
- Korkenzieherregel / Dreifingerregel
- Leiterschaukel / Elektromotor / Kommutator / Anker
- Induktion / Generator / Hochstromtransformator / Hochspannungstransformator / Fernleitung
- n-Halbleiter / p-Halbleiter / Fotowiderstand / Diode / Gleichrichter / Transistor / Solarzelle

Stichwörter zur Begriffskartei „Dynamik Klasse 11“

Impuls	Federkonstante
Kraft-Impulsstromstärke	Hookesche Feder
Energie	Kräftegleichgewicht
Masse	Actio und Reactio
Weg	Newton
Geschwindigkeit	Joule
Beschleunigung	Watt
Masse	Drehwinkel



Gewichtskraft	Winkelgeschwindigkeit
Ortsfaktor – Gravitationsfeldstärke	Bahngeschwindigkeit
Kinetische Energie	Zentripetalkraft
Potentielle Energie	Zentrifugalkraft
Spannenergie	Looping
Energieerhaltung	Kurvenfahrt
Impulserhaltung	

Stichwörter zur Begriffskartei „Dynamik Klasse 11“

I.

Kräftegleichgewicht
Wechselwirkungsgesetz
Addition von Kräften
Zerlegung von Kräften
Pfeil und Bogen
Reibungskraft
Luftwiderstand
Luftwiderstandsbeiwert
Schiefe Ebene
Trägheitssatz
Masse
Kraft
Beschleunigung
Newtons Grundgesetz
freier Fall
Newton
Galilei
Aristoteles
mittlere verzögernde Kraft

II.

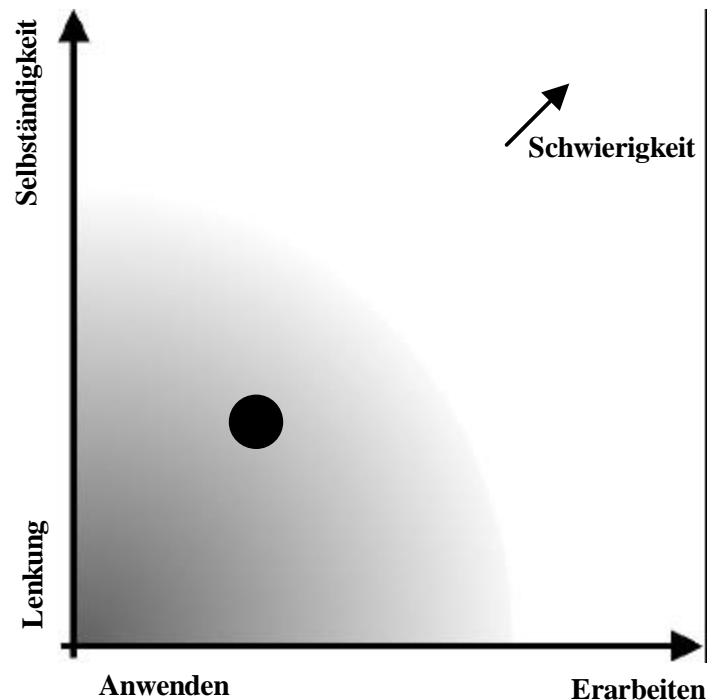
Würfe
Kugelstoß
Weitsprung
Kreisbewegung
Bahngeschwindigkeit
Winkelgeschwindigkeit
Kreisfrequenz
Umlaufdauer
Looping
Kurvenfahrt

III.

Gravitationsdrehwaage
Gravitationsgesetz
Erdmasse
Satellitenbewegung

Einstieg mittels Brainstorming

Brainstorming als Mittel zum kumulativen Lernen



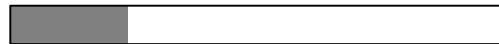
Voraussetzungen:

Bei den Schülern:



Geringe Erfahrung mit Teamarbeit.
Vorkenntnisse zum Thema.

Organisationsaufwand
für den Lehrer:



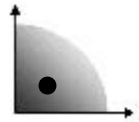
Folien und Stifte bereitstellen.

Zeitbedarf:

5 - 20 Minuten Teamarbeit je nach Komplexität des Themas,
10 – 20 Minuten zur Auswertung der Teamarbeit

Erfahrung:

- Motivation der meisten Schüler positiv.
- Diskussion zwischen Schülern innerhalb eines Teams, die zur Klärung von Fragen auch ohne Lehrer beiträgt.
- Bei einigen Schülern werden Fähigkeiten sichtbar, die im Frontalunterricht so nicht zu Tage treten.
- Schlechte, desinteressierte Schüler haben Schwierigkeiten.



Didaktische Vorbemerkungen

Wir alle wissen, dass der Mensch im Laufe der Zeit Dinge wieder vergisst. Wie gehen wir im Unterricht mit dieser Tatsache um, z.B. wenn ein Thema wieder aufgegriffen wird, das in einem vorangegangenen Schuljahr bearbeitet worden war? Im Rahmen der vermeintlich „schülerorientierten“ Pädagogik der letzten Jahrzehnte wurde häufig so reagiert, dass man sich sagte, zeitlich weit zurückliegender Stoff ist nicht mehr parat; also muss das ganze Thema neu aufgerollt werden. Auch deshalb, damit alle Schüler die Chance haben, sich neu „einklinken“ zu können. Bei solch einem Vorgehen stellt sich jedoch die Frage, warum das Thema in einer vorhergehenden Klassenstufe überhaupt unterrichtet worden ist.

Gerade die Ergebnisse der TIMS-Studien deuten darauf hin, dass wir in Deutschland das Lernen zu wenig kumulativ anlegt haben. Vernetzungen und Bezüge zwischen Stoffgebieten, und zu vorhergehendem Stoff sind zu gering. Die Schüler erfahren dadurch ihre Lernfortschritte zu wenig.

Eine gute Möglichkeit, das kumulative Lernen zu stärken, besteht bei dem Einstieg in ein „neues“ Thema, zu dem die Schüler *Vorkenntnisse* haben können (müssen):

- weil das Thema im Physikunterricht auf einer vorhergehenden Klassenstufe auf Grund des Spiralcurriculums schon einmal behandelt worden war, z.B. Geschwindigkeit, Kraft, Energie in Klasse 11,
- durch Unterricht in anderen Fächern,
- durch Vorerfahrungen in der eigenen Erfahrungswelt.

Beispiele für Einstiege im Sinne des kumulativen Lernens.

I. Thema „Radioaktivität, Kernphysik“ in Klasse 10

a) Einstieg über ein enges Themengebiet (Vorkenntnisse Atombau)

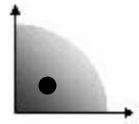
1. Mögliche Einstiegsfrage

„Was wisst ihr über den Bau der Atome aus dem Physikunterricht, dem Chemieunterricht oder aus anderen Informationsquellen?“

2. Kurze Gruppenarbeit (Brainstorming)

Vorher Auftrag, Ziele der Gruppenarbeit genau definieren:

- Die Gruppen haben ca. 5 min Zeit zum Überlegen.
- Das Schulbuch darf verwendet werden (falls die Schüler ein Schulbuch zurückliegender Jahre benötigen, das schon wieder abgegeben wurde, kann man versuchen, einige Exemplare aus dem Ausleihpool der Schule vorübergehend zu beschaffen).
- Die Stichworte sollen mit zugehörigem Inhalt auf ein Blatt geschrieben werden, sodass anschließend jede Gruppe über ihre Ergebnisse berichten kann (die Mitschüler schreiben in dieser Phase i.a. noch nicht mit).



Varianten:

- Die Gruppen schreiben ihre Ergebnisse stichwortartig an die Tafel.
- Die Gruppen schreiben ihre Ergebnisse auf Folie.

3. Auswertung der Gruppenarbeit

Wie wird erreicht, dass auch diejenigen Gruppen zu ihrem Recht kommen, die sich erst später äußern können?

Z.B. jede Gruppe darf zunächst nur *ein* Stichwort an die Tafel schreiben (und gegebenenfalls kurz erläutern). Sind alle Gruppen zu Wort gekommen, beginnt die Runde bei Bedarf von Neuem.

Jetzt werden die Begriffe sortiert und systematisiert. Es wird überlegt, an welchen Stellen noch etwas geklärt, erklärt oder untersucht werden muss.

Statt die Begriffe an die Tafel zu schreiben, kann man auch die Kartenmethode einsetzen.

b) Einstieg mit einer weiten Fragestellung

Mögliche Einstiegsfragen

Wenn ich an das Thema „Kernphysik, Radioaktivität“ denke, so fallen mir folgende Gesichtspunkte, Fragen, Probleme ein.

Wenn ich an das Thema „Kernphysik, Radioaktivität“ denke, so interessieren mich folgende Dinge.

Diese Fragen können in Einzel-, Teamarbeit im Unterricht oder als vorbereitende Hausaufgabe gestellt werden.

II. Thema „Kraft“ in Klasse 11

- a) Einstieg in das Thema „Kraft“ in Klasse 11, nachdem vorher im Unterricht „Kinematik unter dynamischen Aspekten“, „newtonsche Grundgleichung“ und „Fall“ behandelt worden waren. Dabei wurde der Kraftbegriff aus der Mittelstufe in propädeutischer und nicht vertiefter Weise verwendet.

Die Gruppen erhielten dann zu Beginn des Themas „Kraft“ den Arbeitsauftrag, sich mit nachfolgenden Fragen zu befassen und ihre Ergebnisse auf Overheadfolie festzuhalten.

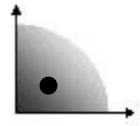
Was wisst ihr zum Thema „Kraft“ aus dem Physikunterricht von Klasse 8–11?

Was ist euch unklar beim Thema „Kraft“?

Was würde euch beim Thema „Kraft“ noch interessieren?

Die Gruppen hatten knapp 20 Minuten Zeit, ihr Wissen und ihre Fragen zusammenzustellen und auf Folie zu schreiben.

Anschließend wurden die Ergebnisse und Fragen von der jeweiligen Gruppe dargelegt und systematisiert.



Beispiele für Originalergebnisse von drei Gruppen

Gruppe A

Wissen:

- Kräfte wirken immer und überall
- Körper in der Ruhe: Kräftegleichgewicht
- Gravitationskraft hängt ab von Masse und Abstand der Planeten
- Es gibt mechanische Kräfte (Z.B. Bewegungsenergie)
- Luftwiderstandskraft
- elektrische Kraft
- $F = m \cdot a$
- Magnetkraft
- Lorentzkraft (Dreifinger Regel)
- $F \sim m$

Fragen:

- Ist Energie eine Art Kraft?

Gruppe B

Wissen:

- Kraft \rightarrow Dynamik
- Kräfte erkennt man an Veränderungen (Verformung, Bewegung)
- Kräfte sieht man nicht und hört man nicht
- Man kann sie mit Kraftmessern messen
- Krafteinheit $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$

- $1 \text{ N} = \text{Schokoladentafel} = 100\text{g}$

- $F = m \cdot a$

Fragen: -

Gruppe C

Vorwissen:

- Grundgleichung der Mechanik $F = m \cdot a$, $F \sim m$
- Gewichtskraft $F_G = g \cdot m$
- Luftwiderstandskraft $F_L(v) = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$
- Reibungskraft
- Lorentzkraft
- Kräftegleichgewicht
- Satz vom Beharrungsvermögen
- Kraft wird „sichtbar“, wenn ein Körper seinen Bewegungszustand (-richtung) ändert.
- Einheit: $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$

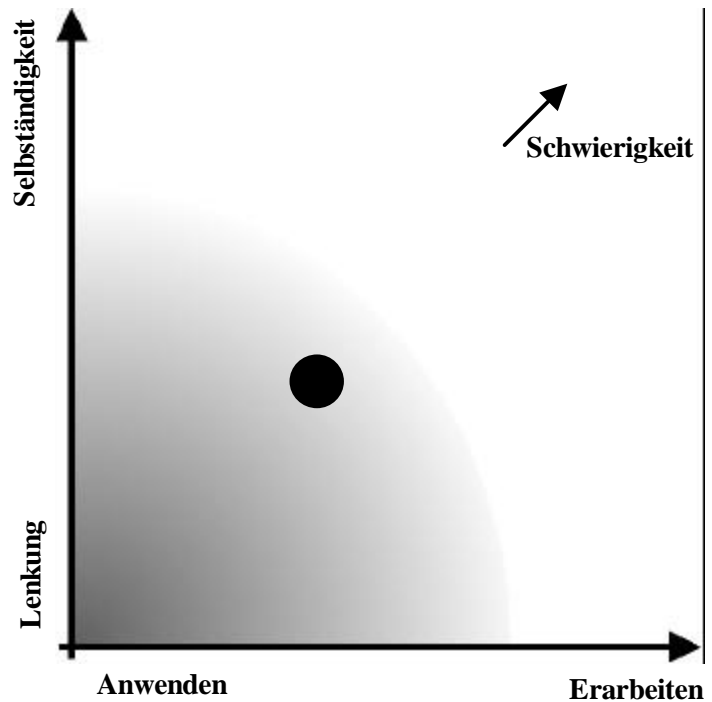
III. Thema „Energie“ in Klasse 11

Ihr habt euch im Laufe der Schulzeit immer wieder mit dem Thema Energie beschäftigt.

Was wisst ihr über das Thema „Energie“ aus dem Physikunterricht und aus anderen Informationsquellen?

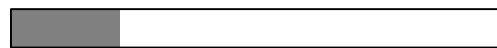
Was müsste beim Thema „Energie“ jetzt in Klasse 11 noch geklärt, verdeutlicht oder untersucht werden

Teamarbeit Kernphysik in Klasse 10



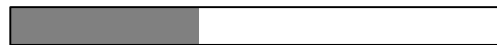
Voraussetzungen:

Bei den Schülern:



wenig Erfahrung mit Teamarbeit

Organisationsaufwand
für den Lehrer:



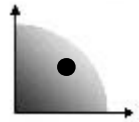
Vorbereiten der Wahlthemen und
Bereitstellen zusätzlichen
Informationsmaterials;
Bereitstellen des PC-Raums für
Anfertigung der Skripte.

Zeitbedarf: 2-3 Stunden für die Arbeit der Teams

Pro Team 15-20 Minuten zur Präsentation der Ergebnisse
der Teamarbeit (bei 6 Teams ca. 2 Schulstunden für
Präsentation)

Erfahrung:

- Motivation hoch
- Resonanz der Schüler auf diese eigenständige Arbeit positiv
- Große Probleme bei Präsentation, weil keine Vorerfahrungen
- Schlechte Schüler mit Schwierigkeiten



I. Inhaltliche Voraussetzungen

Vor der Teamarbeit waren folgende Inhalte der Kernphysik schon unterrichtet worden:

- In Gruppenarbeit: Vorwissen zum Aufbau der Atome
- Atome unter Elektronenbeschuss
- Röntgenstrahlung
- α -Strahlung
- Zählrohr
- Stochastischer Charakter ionisierender Strahlung
- Unterscheidung α -, β -, γ -Strahlung mit Oszilloskop
- Kernaufbau
- Radioaktiver Zerfall
- Halbwertszeit

Um den Aspekt der Eigenverantwortlichkeit und Selbstständigkeit hervorzuheben, wurden für die Teamarbeit bewusst auch Themen ausgewählt, die vorher im Unterricht noch nicht oder nur teilweise behandelt worden waren.

Alle Schüler hatten für die Dauer der Unterrichtseinheit Kernphysik jeweils ein Exemplar von Martin Volkmer: „Kernenergie: *Basiswissen*“ und „Kernenergie: *Radioaktivität und Strahlenschutz*“ erhalten.

II. Zur Klasse

Es handelte sich um eine Klasse des mathematisch-naturwissenschaftlichen Zugs mit 20 Schülerinnen und Schülern.

Die Klasse hatte in diesem Schuljahr vorher in keinem Fach ein ähnliches Unterfangen durchgeführt. Vorerfahrungen der Schüler waren praktisch nicht vorhanden.

Die Klasse wurde vorher gefragt, ob sie an einer Teamarbeit zur Kernphysik interessiert sei. Dabei wurde insbesondere das Thema „Erwerb von Schlüsselqualifikationen“ erörtert.

III. Durchführung der Teamarbeit

(Themen siehe VI.)

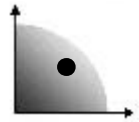
Die Teamarbeit dauert knapp 3 Unterrichtsstunden. In dieser Zeit wurden auch im Multimedia-Raum der Schule die Skripte getippt bzw. die zu Hause gefertigten Skripte ergänzt. Die fertigen Skripte wurden vom Lehrer für die Klasse vervielfältigt. Sie lagen den Mitschülern vor Beginn der jeweiligen Präsentation vor.

Der Einsatz der Teams war durchaus unterschiedlich: von hoch motiviert bis hin zur Sparflamme.

Immerhin wurden durch die Selbstverantwortlichkeit auch Energien für die Arbeit zu Hause freigesetzt: von der Recherche im Internet, bis zum Einscannen von Grafiken oder Erstellen von Farbfolien.

IV. Präsentation der Teamarbeit

Die Präsentation der Arbeit der Teams fand in 2 Schulstunden statt. Fast alle Teams hatten hierfür Folien angefertigt. Die Vortragsweise war teilweise stark verbesserungsbedürftig (Ich habe bei der ersten Präsentation zunächst nicht eingegriffen. Nach dieser Präsentation gab ich dann allerdings einige Hinweise.). Kein Wunder, nachdem die Schüler keine (kaum)



Vorerfahrungen hatten. Man merkte aber, dass schon im Verlauf dieses ersten Präsentationsdurchgangs die später auftretenden Teams dazulernten. Es gab nur wenig Fragen der Mitschüler zu den Präsentationen. Nur beim Thema „Biologische Strahlenwirkung“ wurde lebhafter gefragt. Dabei musste dann der Lehrer dem Team unterstützend beistehen. Der Umfang der Skripte lag zwischen 1 und 5 Seiten. Sie waren teilweise inhaltlich und optisch gut aufbereitet. Sachliche Fehler traten kaum auf.

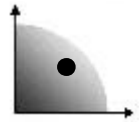
V. Kritische Reflexion

Es wäre sinnvoll gewesen, zu Beginn des Schuljahres mit den Lehrerinnen und Lehrern der Klasse die Themen „Referate, Teamarbeit, ...“ zu erörtern, um zu erreichen, dass in mehreren Fächern synergetisch zusammengearbeitet worden wäre.

Bei allem unterschiedlich intensivem Einsatz der Schülerinnen und Schüler war bei Einzelnen eine erhöhte Motivation zu beobachten, die auch anschließend noch nachwirkte.

Es wirkte sich durchaus positiv aus, dass auch Themen zu bearbeiten waren, die vorher im Unterricht noch nicht behandelt worden waren.

In einer Befragung mit frei zu formulierenden Antworten, die der Lehrer am Ende des Schuljahrs zur Evaluation des Physikunterrichts durchführte, wurde von über der Hälfte der Schüler die Teamarbeit zur Kernphysik lobend erwähnt. Zwei Schüler äußerten sich kritisch dazu, dass Inhalte der Referate in der Klassenarbeit dran kamen, wie vorher auch schon angekündigt.



VI. Folgende Hinweise zur Teamarbeit erhielten die Schüler auf einem Blatt ausgeteilt

Folgende **Themen** stehen für die Teamarbeit zur Auswahl:

1. **Historisches zur Entdeckung der Radioaktivität**
(Dorn-Bader Physik Mittelstufe S. 289, Zusatzblätter)
2. **Halbwertszeit, C-14-Methode**
(Dorn-Bader Physik Mittelstufe S. 285, Zusatzblätter)
3. **Natürliche und zivilisatorische Strahlenbelastung**
(Dorn-Bader Physik Mittelstufe S. 296/297, Zusatzblatt)
4. **Anwendung von Radioaktivität in Medizin und Technik**
(Dorn-Bader Physik Mittelstufe S. 300/301, Zusatzblätter)
5. **Biologische Strahlenwirkung**
(Dorn-Bader Physik Mittelstufe S. S. 297/298/299, Zusatzblatt)
6. **Kernspaltung**
(Dorn-Bader Physik Mittelstufe S. 302/303)

Folgende **Aufgaben** sind von jedem Team (3-4 Schülerinnen und Schüler) zu erfüllen:

1. Durcharbeiten der Materialien
2. Erstellen einer Zusammenfassung von 1-2 Seiten für die Mitschüler
3. Vorstellen der Ergebnisse der Teamarbeit in einer Präsentation (Vortrag) von ca. 15 Minuten.

Teambildung

Es sollten möglichst solche Schülerinnen und Schüler ein Team bilden, die so wohnen, dass sie sich nachmittags treffen können, um die schriftliche Zusammenfassung zu erstellen und die Präsentation vorzubereiten.

Organisatorischer Rahmen

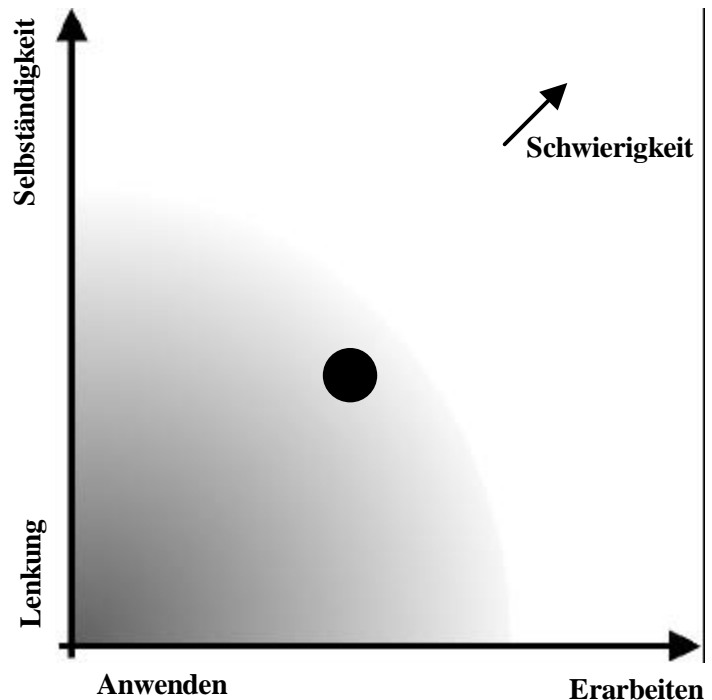
Für die Teamarbeit stehen zwei Schulstunden zur Verfügung.

Die Hausaufgabe während dieser Zeit besteht im Erstellen der schriftlichen Zusammenfassung. In den beiden nachfolgenden Stunden findet die Präsentation der Ergebnisse der Teamarbeit statt.

Klassenarbeit

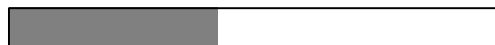
Die Inhalte der Teamarbeit sind Gegenstand der nächsten Klassenarbeit.

**Referate
in Klasse 11**



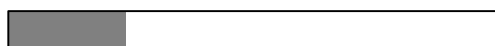
Voraussetzungen:

Bei den Schülern:



Gewisse Erfahrungen mit Referaten

Organisationsaufwand
für den Lehrer:

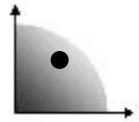


Erstellen einer Themenliste für Referate.
Betreuen der Schüler beim
experimentellen Teil der Referate.
Beratung beim Erstellen der Skripte.

Zeitbedarf: Pro Referat 25 – 35 Minuten im Unterricht;
Pro Referat 2-3 Stunden experimentelle Vorbereitung am
Nachmittag

Erfahrung:

- Zeitbedarf der Schüler groß
- Das ungewohnte eigenständige Experimentieren stellt besondere Anforderungen an die Schüler
- Schlechte Schüler haben inhaltliche Probleme
- Insgesamt wichtiger Kompetenzzuwachs für Schüler



Vorbemerkung

Angeregt durch den Seminarkurs und durch TIMSS überlegte ich im Schuljahr 1997/98, welche Veränderungen an meinem Physikunterricht zur Entwicklung von so genannten Schlüsselqualifikationen beitragen könnten. Insbesondere hatte ich „Selbstständigkeit, Eigentätigkeit und Präsentationstechnik“ im Blickfeld. Ich fragte deshalb vor den Herbstferien die 15 Schülerinnen und Schülern meiner sprachlichen Klasse 11, ob sie den Physikunterricht durch Schülerreferate anreichern wollten. Nachdem die Klasse diesem Vorschlag zu stimmte, bekamen die Schüler eine Themenliste für die Referate und die organisatorischen Randbedingungen ausgehändigt (→ Anhang).

1. Themenauswahl

Ich wählte für die Referate Themen aus, die i.a. die Möglichkeit zum Experimentieren boten und sich

- in wiederholender, zusammenfassender Weise mit schon behandeltem Stoff befassten,
- in vertiefender und ergänzender Weise mit schon behandeltem Stoff befassten,
- mit Stoff befassten, der im Unterricht bewusst für ein Referat ausgespart wurde,
- mit Stoff befassten, der ohne Referat nicht behandelt worden wäre,
- mit Stoff befassten, der nicht direkt zum Stoffkanon gehört.

Die Reihenfolge der Themen war so gewählt, dass sie sich möglichst harmonisch in den Unterrichtsablauf einfügen sollten. Dies gelang im Endeffekt nicht, weil einerseits die Referate zu spät fertig wurden und andererseits die angestrebte Reihenfolge nicht eingehalten wurde. Einerseits wählten die Schüler bevorzugt Themen des zweiten Halbjahres und andererseits konnten sich einige Schüler erst nach einer Friststellung zur Wahl eines Themas durchringen. Zudem war die Klasse in diesem Schuljahr durch Referate in anderen Fächern und Aktivitäten in Chor, Orchester, SMV stark beansprucht.

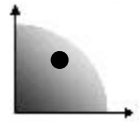
Das erste Referat wurde Ende Januar 1998 gehalten, knapp die Hälfte der Referate in den letzten vier Stunden vor der Notenabgabe.

2. Referate und Stofffülle

Es war mir klar, dass auf Grund des Zeitbedarfs für die Referate der Stoffkanon nicht an allen Stellen in der üblichen Breite unterrichtet werden konnte. Trotzdem entschied ich mich für das „Projekt Referate“, weil ich davon ausging, dass hierdurch für die Schüler ein Zuwachs an Kompetenz möglich sein würde, der im Frontalunterricht so nicht erreicht werden kann. In Absprache mit dem Lehrer, der im darauf folgenden Schuljahr Leistungs- und Grundkurs Physik unterrichten sollte, wurde frühzeitig überlegt, welche Inhalte des Stoffkanons ausführlich und welche notfalls kürzer unterrichtet werden können. Insgesamt standen im Schuljahr 63 Unterrichtsstunden zur Verfügung.

3. Vorbereitung der Referate

Die Schüler überlegten zunächst unabhängig vom Lehrer unter Nutzung verschiedener Quellen, wie sie ihr Thema inhaltlich gestalten könnten. Hierzu bekamen sie auch Bücher aus der Physiksammlung ausgeliehen. Nachdem die einzelnen Schüler ein Grobkonzept auch mit Versuchsideen erarbeitet hatten, konnten sie nachmittags an einem gesondert vereinbarten Termin unter Beratung des Lehrers ihre Versuche aufbauen und erproben. Zusätzlich wurde über den Inhalt des Skripts für die Mitschüler beraten. Da aus Gründen der Zeitökonomie an einem Nachmittag (Dauer 1 – 3 Stunden) meist 2-3 Schüler kamen, konnten sie sich gegenseitig helfen und unterstützen. Dies hat sich sehr bewährt! Insgesamt wurden 8 Experimentiertermine benötigt.



4. Durchführung der Referate, Benotung

Die Referate dauerten zwischen 25 und 35 Minuten. Sie wurden teilweise frei gehalten. Bei einigen Referaten gab es schöne Ansätze zu einem fragend-entwickelnden Gespräch. Die Versuche funktionierten weitgehend.

Sachliche Fehler im Referat und im Skript wurden gegebenenfalls von mir am Ende des Referats angesprochen.

Die Atmosphäre in der Klasse war während der Referate gut. Die Mitschüler verhielten sich i.a. kooperativ und rücksichtsvoll.

Die Schülerinnen und Schüler erhielten von mir nach dem Referat eine kurze Rückmeldung. Wünschenswert wäre mehr Zeit für eine ausführliche Besprechung gewesen. Die Möglichkeit, einen gesonderten Termin für eine ausführliche Nachbesprechung zu vereinbaren, wurde von den Schülern nicht wahrgenommen.

Die Referate wurden von mir nach folgenden *Kriterien* beurteilt:

- Vortragsstil, Präsentation
- Dokumentation (Skript)
- Sachliche Richtigkeit
- Vorbereitung (Eigenständigkeit der Auswahl der Inhalte, Selbstständigkeit; Fähigkeiten und Lernfähigkeit bei der experimentellen Vorbereitung nachmittags, ...)

Das Notenspektrum lag zwischen 1 und 4. Der Notendurchschnitt betrug 2,9, der Zeugnisdurchschnitt 3,1. Ein Schüler erhielt die Note 6, weil er nicht zum Vorbereitungstermin erschien, trotz Terminverlängerung keinen Entwurf vorlegte und damit vom Referat ausgeschlossen wurde.

Qualität und Niveau der Referate in dieser Klasse 11 waren insgesamt sehr ordentlich.. Sicher auch dadurch bedingt, dass die Schüler in diesem Schuljahr in verschiedenen Fächern Referate halten mussten.

5. Kritische Reflexion

Im Rückblick erscheinen mir folgende Modifikationen als sinnvoll und erprobenswert:

- Referate für *Zweierteams* statt Einzelreferate ausgeben. An den Experimentiernachmittagen tut sich solch ein Team leichter mit dem Experimentieren.
Es wird ein gemeinsames Skript erarbeitet.
Das Referat (Präsentationen) wird mit vergleichbaren Anteilen von beiden Teammitgliedern gehalten. Dafür wird die Referatdauer nötigenfalls auf eine Schulstunde erhöht.
- Die Themen werden vermehrt aus dem Stoff des ersten Teils des Schuljahres gewählt, damit nicht so viele Referate erst gegen Schuljahresende gehalten werden.
- Stärkere Absprache mit den anderen Lehrerinnen und Lehrern in der Klasse, um Synergieeffekte bezüglich des Haltens von Referaten zu erzielen.



6. Anhang (Unterlagen für die Schüler)

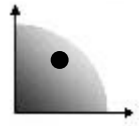
Referate im Physikunterricht Klasse 11

I. Themenliste

1. Satz vom Beharrungsvermögen (fachlich, historisch, ergänzende Versuche)
2. Geschwindigkeit (Begrifflichkeit, Messtechnik)
3. Schaubilder in der Kinematik (Darstellung von Bewegungsabläufen)
4. Methode von Galilei für beschleunigte Bewegung $s \sim t^2$ (Fallrinne)
5. Newton'sches Grundgesetz
6. Newton'sche Axiome (historisch)
- *7. Freier Fall nach Galilei
8. Fallversuche mit Reibung
9. Waagrechter Wurf mit stroboskopischer Betrachtung
- *10. senkrechter Wurf
11. schiefer Wurf, ballistische Flugbahnen
- *12. Atwoodsche Fallmaschine
- *13. Bremsweg beim Fahrrad
- *14. Kraft
- *15. ballistisches Pendel
- *16. Kreisbewegung (Versuchsbeispiele)
- *17. Gravitationsgesetz (historisch, Mars-Mission, Computersimulation)
- *18. Satellitenbewegungen (geostationäre Fernsehsatelliten)
- *19. Energieerhaltungssatz (Experimente)
- *20. Auftrieb
- *21. Sinken, Schweben, Steigen. Warum schwimmt ein Schiff?
22. Hydrostatisches Paradoxon
- *23. Wärmearbeitsmaschinen (z.B. Otto-Motor, Stirling-Motor)
- *24. Energieversorgung: Solarzellen
- *25. Energiesparen: Energiesparlampen

(* von Schülern gewählte Themen)

Nach Absprache mit dem Lehrer kann auch ein selbst gewähltes Thema bearbeitet werden.



II. Allgemeine Hinweise für alle Themen

- Wenn möglich sollte ein Experiment vorgeführt werden.
- Bei Physikerinnen und Physikern kurz Biografie vorstellen.
- Auch Aufgaben, Probleme zum Thema stellen.
- Recherchen z.B. in Literatur, im Internet (-> Teilnahme am Einführungskurs ins Internet an der Schule empfohlen).
- Bezug zur Alltagswelt herstellen (geeignete Beispiele wählen o.ä.).

III. Präsentation

- Dauer der Präsentation ca. 25 Minuten einschließlich Experiment.
- Für die Mitschüler ist ein Skript zu erstellen (3- 5 Seiten).
- Für die Präsentation sind geeignete Medien einzusetzen (Tafel, Tageslichtprojektor, Diaprojektor, Computer usw.)

IV. Vorbereitung

Insbesondere zur Vorbereitung von Experimenten wird ein Termin mit dem Fachlehrer vereinbart.

V. Benotung

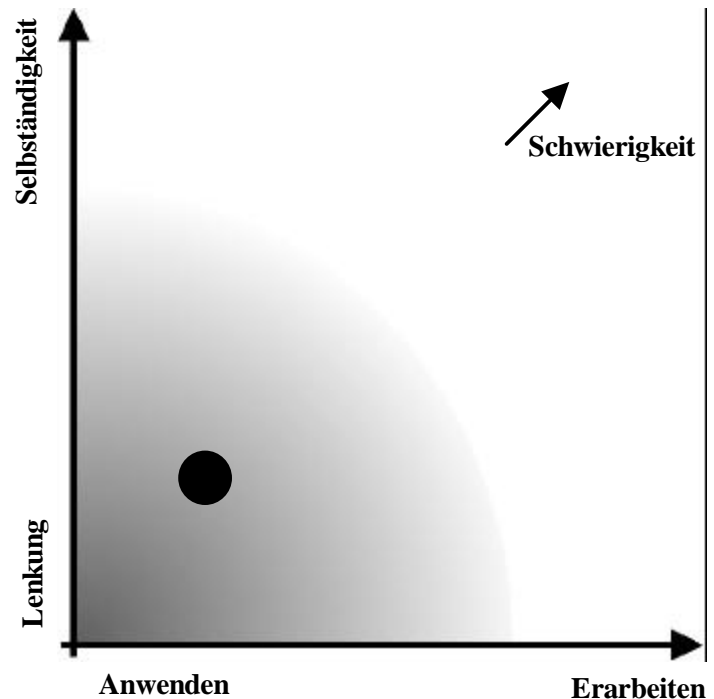
schriftlich: mündlich : Referat = 3 : 1 : 1

VI. Nachbesprechung

Für eine Nachbesprechung des Referats und der Präsentation kann mit dem Fachlehrer ein Termin vereinbart werden.

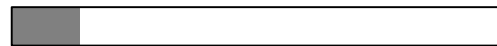
Beispiel 1:

Proben der physikalischen
Arbeitsweise anhand von
vorgegebenen Experimenten



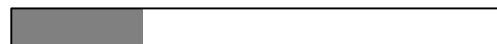
Voraussetzungen:

Bei den Schülern:



Erfahrung (auch aus dem lehrerzentrierten Unterricht) über die Planung, Vorhersage und Auswertung bei Experimenten.

Organisationsaufwand
für den Lehrer:

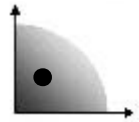


Mehrere verschiedene Schüler-Experimente sind vorzubereiten.

Zeitbedarf: 1 Schulstunde Schülerexperiment
1 Schulstunde Präsentation

Erfahrung:

- Die meisten Schüler arbeiten konzentriert und motiviert.
- Schlechte Schüler verstecken sich gern in der Gruppe
- Geistige Vorarbeit (Planung und Vorhersage für das Experiment) muss konsequent eingefordert werden.



Einleitende Vorbemerkung zu diesem und den nächsten vier Beispielen

Lehrerzentrierter Unterricht, insbesondere als Lehrervortrag ist die effektivste Unterrichtsform. Damit lässt sich in einer bestimmten Zeit am meisten Stoff bewältigen. Wie dieser Stoff bei den Adressaten ankommt, ist jedoch unsicher. Diesbezüglich habe ich folgende Erfahrungen gemacht:

- a) Auch wenn ich eine Klasse nach ein oder zwei Jahren selbst wieder bekomme, und deshalb genau weiß, was wir damals durchgenommen haben, wissen die Schüler von den alten Lerninhalten fast nichts mehr.
- b) Das Interesse der Schüler an der Physik nimmt auch bei großem Einsatz von meiner Seite im Lauf der Zeit immer mehr ab.

Man mag einwenden, das sei nicht so schlimm, wir hätten wenigstens Physik gemacht und die Schüler wüssten wenigstens wie Physik funktioniert. Doch nicht einmal das ist der Fall. Dabei habe ich es – im Unterrichtsgespräch mit den Schülern – so oft vorgemacht.

Wenn ich ehrlich bin, habe ich es nur mit einigen wenigen gemacht, die eh schon wussten, was ich hören will. Das ist fast, als wollte ich einer Klasse Gitarre spielen beibringen: Ich mache es vor, ein paar dürfen mitzupfen, der Rest schaut zu, und nach einem Jahr wundere ich mich, dass sie es a) immer noch nicht können und b) den Spaß daran verlieren.

Natürlich üben die Schüler auch, aber oft rechnen wir doch nur mechanisch Aufgaben. Manchmal dürfen die Schüler auch selbst experimentieren, d.h. aber meist nur eine genau vorgegebene Versuchsanleitung nachzuvollziehen.

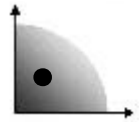
Doch was ist das schon, verglichen mit der „richtigen Physik“, der kreativen Physik, die auch uns Lehrer(inne)n Spaß macht: Dem Denken in Zusammenhängen, dem Modellieren der Wirklichkeit und dem Entwerfen von Experimenten. Das überfordert Schüler maßlos? Sie können ja nicht mal ... ? Ich wollte es ausprobieren, ich wollte wissen, ob ich zufriedener bin, wenn die Schüler – und zwar *alle* Schüler *selbst* – Physik treiben, um a) physikalisch denken und handeln zu lernen und um b) die Freude am Selber-Tun als Freude an der Physik zu erfahren.

Alle Schüler sollten also *selbst* Physik treiben, das hieß erstens der Unterricht musste schülerzentriert werden und zweitens brauchte ich Aufgaben, die offen waren für eigene Gedanken oder in denen die Schüler selbst etwas erarbeiten konnten, am besten beides.

Zugegeben, dies erforderte einigen zusätzlichen Aufwand, und ich brauchte einen langen Atem, bis Schüler, die bisher hauptsächlich meine Gedanken im Physikunterricht nachvollzogen hatten, anfangen, eigenverantwortlich zu arbeiten. Einen langen Atem brauchte ich auch deshalb, weil die Schüler diese Methoden zunächst gar nicht schätzten, da sie sich dabei anstrengen mussten. Doch manchmal wollte ich meinen Schülern wenigstens die Chance geben, *selbst* ein paar Schwierigkeiten zu überwinden. Wie viel wertvoller ist der Gipfel, den ich zu Fuß bestiegen habe, gegenüber dem, auf den mich die Seilbahn gebracht hat!

Eine Bilanz der Unterrichtsversuche ist schwer zu ziehen, da quantitative Vergleiche von Unterrichtsmethoden nicht stattfanden. Ich versuche dennoch, meinen Eindruck wiederzugeben. Dieser Eindruck hat zwei Seiten: Zum einen glaube ich nicht, dass die Schüler im Schnitt am Ende mehr Physik-Inhalte parat hatten als bei lehrerzentriertem Unterricht. Zum anderen glaube ich aus meinen Erfahrungen mit meiner z.T. im Grundkurs weitergeführten Klasse 11 behaupten zu können, dass die geübten Fachmethoden (s. die fünf Punkte auf der folgenden Seite) bei den Schülern gut sitzen. Außerdem sind die Schüler offener für die Physik, sie ist für viele nicht mehr so unbeliebt. Eine quantitative Untersuchung hat es jedoch auch hier nicht gegeben.

Methodenwechsel ist wichtig für den Unterricht. Ich habe auch weiterhin viel lehrerzentrierten Unterricht gehalten. Die fünf im Folgenden geschilderten Beispiele sind also nur Versuche, an



geeigneten Stellen aus dem gewohnten Schema auszubrechen. Dabei ergaben sich für die Schüler ganz unterschiedliche Felder, selbst Physik zutreiben:

1. Schüler planen selbst Messungen, sagen Ergebnisse vorher, führen die Messungen durch, vergleichen und diskutieren.
2. Schüler denken sich selbst Experimente aus, um Fragen zu beantworten.
3. Schüler erarbeiten selbst physikalische Gesetzmäßigkeiten und kleine Modelle (Modellvorstellungen) anhand vorgegebener Experimente oder sogar anhand selbst ausgedachter Experimente.
4. Schüler leiten selbst physikalische Gesetzmäßigkeiten aus der Alltagserfahrung ab.
5. Verschiedene Gruppen leiten das gleiche Gesetz induktiv oder deduktiv her.

Beschreibung:

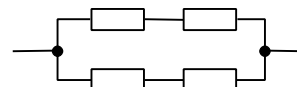
Dieser Unterrichtsversuch fand in Klasse 10 statt. Die Elektrizitätslehre war bis zu den Kirchhoffschen Gesetzen behandelt. Ein Schülerversuch zur Messung von Strömen und Spannungen hatte bereits stattgefunden. Zum Abschluss dieses Abschnitts sollten die Schüler noch einmal einen Schülerversuch machen. Um die oben genannten Ziele zu erreichen, gab ich die Experimente zwar vor, aber die Schüler durften die Messungen selbst planen und sollten außerdem das Ergebnis vorhersagen. Dabei mussten sie die gelernte Theorie anwenden und auf die vorliegende Situation hin formulieren. Damit die Schüler diesen wichtigen, aber auch anspruchsvollen Punkt nicht vernachlässigten, durften sie erst experimentieren, wenn der Lehrer ihre Vorhersage begutachtet hatte. Nach dem Experiment wurde eine kritische Reflexion eingefordert (Eine Ausnahme ist Aufgabe C, s.u.). Aufgabe B kann man eigentlich auch mit dem Messgerät „Auge“ erledigen, doch um das Planen der Messung und das Messen selbst üben zu lassen, wollte ich eine quantitative Messung.

In diesem Unterrichtsversuch wird also die physikalische Vorgehensweise vom Lehrer vorgegeben und vom Schüler angewandt. Der Schüler hat jedoch bei der Planung der Messungen etwas Freiheit, er sieht die Phasen „eigene Vorhersage“, „eigener Entwurf der Messung“, „eigene Durchführung der Messung“, „eigene Reflexion“ als Gesamtprozess. Dies ist eine gute Vorbereitung für freieres Experimentieren, bei dem Schüler auch selbst Experimente entwerfen.

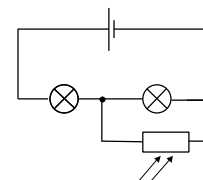
Es folgt die Arbeitsanweisung:

Suche dir einen Versuch aus den drei folgenden aus und bearbeite dann schriftlich die Fragen 1. bis 7.

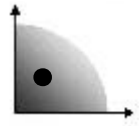
- A) *Bestimme durch Messung den Ersatzwiderstand von vier gleichen Widerständen, die wie nebenstehend geschaltet werden:*



- B) *Baue nebenstehende Schaltung mit einem lichtempfindlichen Widerstand (LDR) auf. Was geschieht, wenn man mit der Taschenlampe auf den LDR leuchtet? Was könnte man nachmessen?*



- C) *Bestimme den Widerstand der ausgeteilten Schichtwiderstände und versuche den Farbcode zu knacken. Bei dieser Aufgabe müsst ihr Nr. 4 und Nr. 6 nicht bearbeiten. Stattdessen einige Hinweise: Zwei Ringe stehen für die ersten zwei Stellen des Widerstandswerts, ein Ring steht für die Zahl der Nullen danach und ein Ring steht für die Güte (Toleranz) des Widerstands. Welcher Farbiring wird wohl am zuverlässigsten zu bestimmen sein?*



Vor dem Versuch:

1. Welche Schaltung wollt ihr aufbauen?
2. Was wollt ihr in dieser Schaltung messen?
3. Wie wollt ihr dies messen? Zeichnet einen Schaltplan.
4. Was erwartet ihr? Begründung!

Meldet euch, wenn ihr diese Fragen bearbeitet habt.

Während des Versuchs:

5. Was sind eure Messergebnisse?

Nach dem Versuch:

6. Übereinstimmung zwischen Erwartung (4.) und Ergebnissen (5.)? Ja Nein
7. Wenn keine Übereinstimmung, warum nicht?

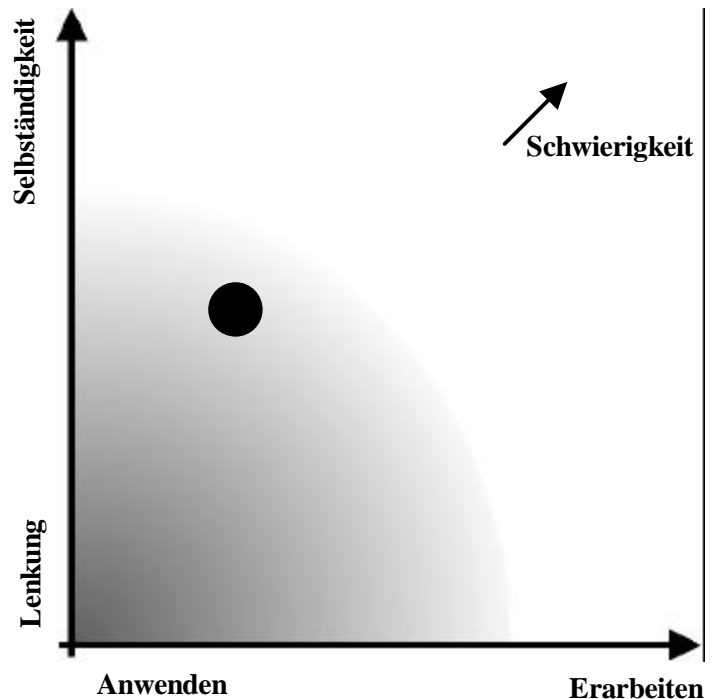
Ergebnisse:

Ich ließ freie Auswahl bei den Aufgaben. Aufgaben A und B wurden etwa gleich oft gewählt, Aufgabe C zu meiner Überraschung gar nicht. Bei Gruppen mit schwächeren Schülern musste ich wiederholen („fragend-wiederholend“ für die Gruppe), wie man z.B. den Widerstand ermitteln kann.

Da die verschiedenen Gruppen mit sehr ähnlichen Fragestellungen konfrontiert waren, ist ein Plenum eigentlich nicht nötig. Ich habe es aus aktuellen äußeren Gründen damals auch nicht gemacht. Sinnvoll wäre eine Präsentation trotzdem gewesen, nicht zuletzt deshalb, weil Schüler neugierig auf die Ergebnisse der anderen Gruppen waren.

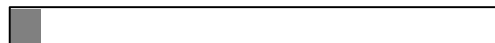
Beispiel 2:

Einstieg und erste Erarbeitung mit
von Schülern selbst erdachten
Experimenten



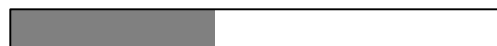
Voraussetzungen:

Bei den Schülern:



Die Schüler müssen ihr Alltagswissen
über Elektrizität aktivieren.

Organisationsaufwand
für den Lehrer:



Verschiedene elektrische
Schülerübungsgeräte müssen
bereitgehalten werden. Auf bis zu acht
Gruppen mit verschiedenen Experimenten
muss eingegangen werden.

Zeitbedarf: 4-5 Schulstunden:

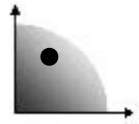
1 Stunde Fragen erarbeiten

1 Stunde experimentieren

2-3 Stunden Schülervorträge mit Heftaufschrieb

Erfahrung:

- Die Motivation war bei allen Schülern hoch.
- Von den Schülern kamen überraschende Ideen.
- Diese Art des Einstiegs funktionierte bei der Optik nicht.



Einleitende Vorbemerkung:

Siehe vorhergehendes Unterrichtsbeispiel

Beschreibung:

Dieser Unterrichtsversuch fand in einer Klasse 8 als Einstieg in die Elektrizitätslehre statt.

In der ersten Stunde sollten sich die Schüler zunächst einzeln, dann in Gruppen selbst Experimente zu Problemen ausdenken, die sie interessieren. Dazu wurden mündlich folgende Anweisungen gegeben:

Schreibt auf, was euch im Zusammenhang mit elektrischem Strom interessiert. (Zeit: 5 Minuten)

Denkt euch zwei Fragen dazu aus und schreibt sie auf. (Zeit: 5 Minuten)

(Diese Fragen habe ich am Schluss der Stunde eingesammelt, um im Lauf der Elektrizitätslehre immer wieder darauf zurückkommen zu können. Am Ende der Einheit waren alle Fragen zur Zufriedenheit der Schüler beantwortet.)

Die Schüler sollten nun Gruppen bilden (bankweise: jeweils drei oder vier Schüler) und ihre Fragen gegenseitig lesen. (Zeit: 3 Minuten)

Nun habe ich den Schülern einige Grundgeräte der Elektrizitätslehre gezeigt: Netzgerät, Birnchen, Kabel, Messgerät. Daraufhin folgte eine etwas umfangreichere Anweisung an die Gruppen (Zeit: etwa 25 Minuten):

Diskutiert, welchen eurer Fragen ihr mit den gezeigten Geräten experimentell nachgehen könnt.

Sucht euch aus diesen Fragen die zwei Fragen aus, die ihr am liebsten experimentell beantworten würdet.

Fertigt für diese zwei Versuche je eine Skizze für den Versuchsaufbau an. Meldet euch, wenn ihr fertig seid.

Ich begutachtete die Versuchsskizzen, fragte (falls zwei Versuche gefunden wurden) welchen der beiden Versuche sie vorzögen und gab notfalls Tipps.

In der zweiten Stunde baute jede Gruppe ihr bevorzugtes Experiment auf und führte es durch. Dabei musste jede Gruppe ein Tafelbild für das Plenum entwerfen (zunächst auf Papier). Neben den Versuchsaufbau wurde die untersuchte Frage geschrieben, dann welches Ergebnis das Experiment brachte, und schließlich welche Fragen offen geblieben sind. Um die Schüler zu Sorgfalt und verantwortungsbewusstem Arbeiten anzuhalten, teilte ich ihnen mit, dass dieses Tafelbild anschließend alle Schüler ins Heft abschreiben würden und dass das auch in der Klassenarbeit gefragt werden könnte.

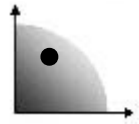
In den folgenden Stunden 2-3 Stunden stellte dann jeweils ein Mitglied der Gruppe ihren Versuch an der Tafel vor, die anderen schrieben mit und fragten gelegentlich auch nach.

Im weiteren, nun lehrerzentrierten Unterricht wurden die ungelösten Probleme aufgegriffen und dabei ein erstes, einfaches Modell für die Elektrizitätslehre entwickelt.

Ergebnisse:

Die meisten Gruppen hatten sich ganz überraschende (für mich) Experimente ausgedacht. Zwei Beispiele, sinngemäß:

1. Was geschieht, wenn man von einem Kabel die Isolierung entfernt und einen Tropfen Wasser daraufgibt. Wie beeinflusst das Wasser den elektrischen Strom?
2. Was passiert, wenn man von einer Drahtlitze die Isolierung entfernt, und dann einen Einzeldraht nach dem anderen durchschneidet. (Dies zielte auf die Frage ab: Wie viele der Einzeldrähte sind nötig, damit Elektrizität fließt?)



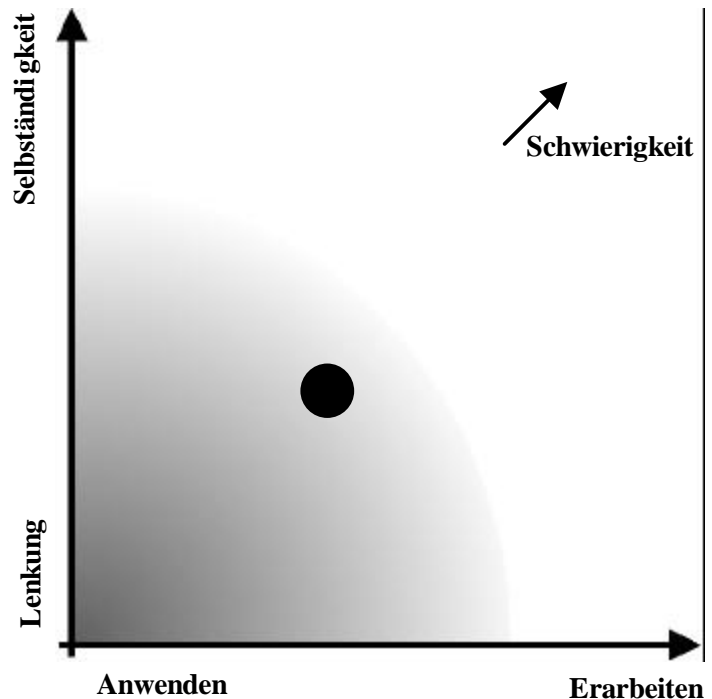
Es gab allerdings auch Gruppen, die nur Fragen hatten, die zu gefährlichen Experimenten führten (Fragen zur Steckdose, zu Blitzen, zu Hochspannungsmasten). Bei diesen gab ich ein paar Anregungen: „Welche Gegenstände leiten Elektrizität?“ „Was passiert, wenn man mehrere Birnchen kombiniert?“ „Kommt es auf die Reihenfolge von elektrischen Geräten an?“

Die Tafelbilder waren erfreulich gehaltvoll. Die physikalischen Fachausdrücke konnten natürlich noch nicht überall erwartet werden und ich hielt mich bei der Korrektur zurück, um den Stolz auf das „selbst Gemachte“ nicht zu stören.

Bei dieser offenen Unterrichtsform können natürlich auch besondere Probleme auftreten. Eine Gruppe hatte bei der Hintereinanderschaltung zweier (offensichtlich verschiedener!) Birnchen festgestellt, dass die eine heller leuchtet als die andere. Dies führt natürlich zunächst dazu, das Präkonzept vom „Stromverbrauch“ zu festigen. Auf der anderen Seite war aber eine Gruppe dabei, die fünf Birnchen hintereinander schaltete und keinen Unterschied in der Helligkeit bemerkte. Dieser Sache nachzugehen, führte natürlich schnell zum „Kern der Sache“, auf die Präkonzepte der Schüler konnte explizit eingegangen werden.

Beispiel 3:

Eigenverantwortliches Erarbeiten von physikalischen Gesetzmäßigkeiten und Teilmodellen mit Hilfe von vorgegebenen und selbst ausgedachten Experimenten



Voraussetzungen:

Bei den Schülern:



Selbstständigkeit, Experimentier-Erfahrung. Wissen, wie man in der Physik über Experimente zu Gesetzmäßigkeiten kommt.

Organisationsaufwand für den Lehrer:



Bis zu acht Gruppen müssen individuell und zum Teil intensiv betreut werden. Einfache optische Geräte (Kerzen, Schirme, ev. Nebelmaschine) müssen bereitgehalten werden.

Zeitbedarf: 3-4 Schulstunden

1 Stunde experimentieren

2-3 Stunden Schülervorträge mit Heftaufschrieb

Erfahrung:

- Schlechte Schüler hatten große Schwierigkeiten.
- Bei den Vorträgen musste ich mich stark zurückhalten.



Einleitende Vorbemerkung:

Siehe Unterrichtsversuch zwei Beispiele vorher.

Beschreibung:

Dieser Unterrichtsversuch wurde in Optik, Klasse 9, durchgeführt. Vorausgegangen war eine Unterrichtseinheit über Farbenlehre. Dabei war bereits durchgenommen worden, dass das Licht ins Auge gelangen muss, nicht aber, wie es ins Auge gelangt. In dieser Einheit sollte das Strahlenmodell, das Zustandekommen von Schatten und die Lochkamera im Mittelpunkt stehen. Die Erarbeitung der zugehörigen Teilmodelle (z.B. Wie stellt man sich die Lichtstreuung vor?) aus den Experimenten sollten allerdings die Schüler in arbeitsteiliger Gruppenarbeit leisten. Z.T. mussten sie sogar die entsprechenden Experimente dazu entwerfen. Dazu wurde folgendes Arbeitsblatt ausgegeben: (Da es acht Gruppen gab, musste ein Thema zwei mal vergeben werden. Die zweite Aufgabe ist natürlich keine Experimentieraufgabe.)

Arbeitsanweisung

Jede Gruppe muss auf ein Viertel DinA4-Blatt eine Zusammenfassung schreiben. Diese Zusammenfassung soll von jeder Gruppe an der Tafel vorgetragen werden. Die anderen schreiben diese Zusammenfassung in ihr Heft. Bemüht euch also, damit eure Klassenkamerad(inn)en etwas Gehaltvolles aufschreiben können.

Die Zusammenfassung sollte enthalten:

- Eine Zeichnung, aus der hervorgeht, was ihr experimentiert/überlegt habt,
- die Antworten auf die von mir gestellten Fragen und
- was ihr sonst noch herausgebracht habt.

(Ihr dürft auch eigene Fragen, die ihr untersucht habt, und die Antworten dazu aufschreiben.)

Themen

1. *Nimm ein Stück Alufolie und eine Taschenlampe.*

Was passiert mit dem Licht der Taschenlampe, wenn man auf die Alufolie leuchtet?

Bilde mit der Alufolie durch Knicken ein „Dach“. Was passiert nun mit dem Licht?

Knicke die Alufolie ein weiteres Mal. Was beobachtest du jetzt?

Zerknülle die Alufolie. Was beobachtest du?

Beleuchte ein Blatt Papier. Was macht das Papier wohl mit dem Licht? Wie stellst du es dir vor?

2. *Wieso kann man Gegenstände sehen? Was passiert, wenn du einen Stift siehst?*

Der Stift ist dort auf dem Tisch, und deine Augen sind hier. Wie kannst du den Stift sehen?

Warum kannst du ihn nicht mehr sehen, wenn du ein Blatt Papier dazwischen hältst?

Was kannst du noch tun, damit du den Stift nicht mehr siehst?

Was geht da vor sich zwischen dem Auge und dem Stift, das dich den Stift sehen lässt?

3. *Wann krümmen sich Lichtstrahlen? Krümmen sie sich auf Grund der Schwerkraft?*

Krümmen sie sich, bevor sie ins Auge bzw. in einen Fotoapparat fallen? Notiert eure Vermutungen.

Wie kann man sie überprüfen? Denkt euch einen Versuch dazu aus und meldet euch dann.

4. *Was geschieht, wenn man zwei Lichtstrahlen kreuzt?*

Stören sich die Lichtstrahlen gegenseitig? Wie könnte man das überprüfen?

Überlegt euch einen Versuch und meldet euch dann.



5. *Wie entsteht ein Schatten? Wo erscheint der Schatten?
Wie kann man den Schatten größer machen? Gibt es mehrere Möglichkeiten?
Was muss man tun, um die Größe eines Schattens genau zu verdoppeln?
Denkt euch Versuche dazu aus und meldet euch dann.*
6. *Gehe in einen dunklen Raum. Stelle eine Kerze ca. 20cm von einem Schirm (weißes Blatt Papier) auf. Halte das zweite Blatt Papier zwischen Kerze und Schirm. Was beobachtest du?
Variiere die verschiedenen Abstände! Kannst du dir die Beobachtungen erklären?*
7. *Nimm zwei Kerzen als Lichtquellen und einen Gegenstand.
Variiere die Abstände. Welche Fälle kann man bekommen?
Wie hängen diese Schatten von den verschiedenen Abständen ab?
Was versteht man wohl unter einem „Halbschatten“?*

Auch bei diesem Beispiel war es sinnvoll, dass die Schüler etwas schriftlich fixieren mussten, bevor sie mit dem Experimentieren beginnen durften.

Ergebnisse:

Die Schüler arbeiteten motiviert und eigenverantwortlich. Trotzdem musste ich oft Impulse geben, da die Fragen auf Grund ihrer Offenheit schwierig waren.

Auch die Auswertung war nicht einfach. Die Schüler brachten zum Teil intelligente Lösungen, die ich aber so nicht erwartet hatte. Hiermit ging ich z.T. nicht immer so behutsam um, wie es angebracht gewesen wäre. Zwei Beispiele:

1. Wenn man Licht durch eine Dreieckslochblende schickt, kann man einen unscharfen Fleck erhalten. Erklärung der Schülerinnen: Das Licht geht teilweise auch durch das Papier und „weicht“ den Schatten auf, insbesondere wenn sich das Papier nahe am Licht befindet.

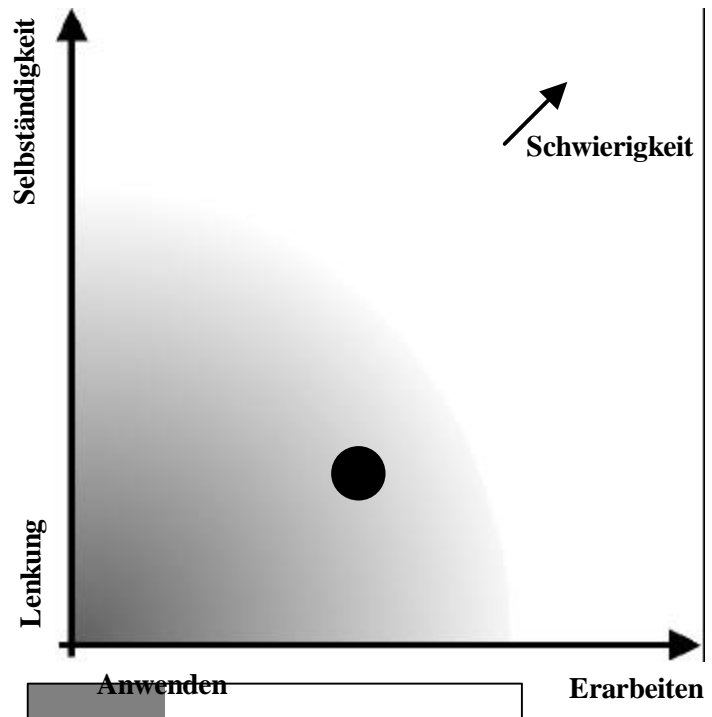
Diese Erklärung ist physikalisch gut gedacht. Doch statt mit den Schülern zu diskutieren, wie man diese Erklärung nachprüfen könnte, machte ich selbst einen Vorschlag (statt Papier dicke Pappe nehmen).

2. Schüler fanden mit der Nebelmaschine heraus, dass sich Licht geradlinig ausbreitet. Die Überprüfung (die sie sich erst als Hausaufgabe ausdachten) war allerdings mangelhaft. Sie wollten die Höhe der Lichtquelle mit der Höhe des Auftreffpunkts vergleichen. Bei gleicher Höhe würde sich das Licht geradlinig ausbreiten.

Als die Schüler den Versuch vormachen sollten, merkten sie schnell, wo ihr Denkfehler lag.

Beispiel 4:

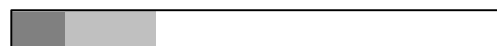
Selbstständiges Ableiten von
physikalischen Gesetzmäßigkeiten
aus der Alltagserfahrung



Voraussetzungen:
Bei den Schülern:

Die Schüler müssen ein Gefühl für
Proportionalitäten und ihre Bedeutung
haben.

Organisationsaufwand
für den Lehrer:



Schriftliche Einzel- oder ev. Partnerarbeit,
arbeitsteilig aufwendiger als arbeitsgleich.

Zeitbedarf: Je 1 Schulstunde (pro hier gezeigter Aufgabe)

Erfahrung:

- Jeder Schüler sollte für sich arbeiten.
- Hilfestellungen waren in sehr unterschiedlichem Maße nötig.
- Die Schüler können die selbst gefundene Formel gut behalten und anwenden.



Einleitende Vorbemerkung:

Siehe Unterrichtsversuch drei Beispiele vorher.

Beschreibung:

In der Mechanik der Klasse 11 muss man an einigen Stellen Gesetzmäßigkeiten finden, die im Wesentlichen aus der Alltagserfahrung ableitbar sind. „Im Wesentlichen“ heißt hier, dass je-desto Zusammenhänge formuliert werden, z.B. je größer die Geschwindigkeit eines Körpers ist, umso größer ist seine Bewegungsenergie. Die quadratische Abhängigkeit kann man noch recht einfach mit Hilfe einer Dimensionsbetrachtung erraten. Dagegen ist der Faktor $\frac{1}{2}$ nicht so leicht ableitbar. (Er kann im Anschluss wie gewohnt hergeleitet werden.)

Nachdem im Unterricht die Dynamik behandelt war, stiegen wir nach einer Motivationsphase mit folgender Arbeitsanweisung in die Kreisbewegung ein (arbeitsgleiche Gruppenarbeit oder besser: Einzelarbeit, Zeit etwa 30 Minuten):

Ableitung der Formel für die Zentripetalkraft F_z aus der Alltagserfahrung:

- a) *Von welchen Größen hängt die Kraft F_z ab, die einen Körper auf einer Kreisbahn hält.
(Konkret: Ein Auto fährt in die Kurve. Welche Kraft F_z muss die Straße über die Reifen auf das Auto übertragen, damit es nicht ausbricht? Wovon hängt diese Kraft F_z ab?)*
- b) *Wie hängt F_z von diesen Größen ab?*
- c) *Bauen Sie eine Formel. Versuchen Sie dabei, die Einheiten auf der rechten Seite auf $1\text{N} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}\cdot\text{s}^2}$ zu bringen.*
- d) *Überlegen Sie sich ein Experiment zu dieser Formel, das wir hier durchführen können.*

Die Schüler sollten die Gesetzmäßigkeiten also aus den eigenen Erfahrungen abstrahieren und formulieren. Zur Erleichterung geschah das in mehreren Stufen (Teilaufgaben a,b und c).

Besonders wichtig bei einer solchen „Herleitung“ einer Formel ist natürlich das Bestätigungsexperiment, das sich die Schüler auch selbst ausdenken sollten.

In ganz ähnlicher Weise stiegen wir in die Einheit über Energieerhaltung ein, um zunächst die Formeln für die verschiedenen Energieformen zu finden. Nachdem wir die Energieformen anhand von Beispielen wiederholt hatten, wurden die vier Aufgaben arbeitsteilig in Gruppenarbeit bearbeitet. Auch hier würde ich nächstes Mal Einzelarbeit vorziehen, da dann wirklich jeder Schüler gefordert ist.

1. Lageenergie:

- a) *Von welchen Größen hängt die Lageenergie E_L eines Körpers ab?
(Wie ist es auf dem Mond?)*
- b) *Wie hängt E_L von diesen Größen ab?*
- c) *Bauen Sie eine Formel. (Einheitencheck!)*

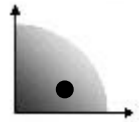
2. Bewegungsenergie:

- a) *Von welchen Größen hängt die Energie E_B eines Körpers ab, der sich geradlinig bewegt?*
- b) *Wie hängt E_B von diesen Größen ab?*
- c) *Bauen Sie eine Formel. (Einheitencheck!)*

3. Spannenergie:

- a) *Von welchen Größen hängt die Energie E_{Sp} ab, die in einer gespannten Feder steckt?*
- b) *Wie hängt E_{Sp} von diesen Größen ab?*
- c) *Bauen Sie eine Formel. (Einheitencheck!)*

4. Energieverbrauch („Arbeit“) beim Ziehen eines Autos:



- a) Stellen Sie sich vor, Sie ziehen an einem Seil ohne sich umzusehen, was Sie da ziehen. Von welchen Größen hängt es ab, wie viel Energie Sie dazu brauchen?
(Hinweis: In welchen Fällen könnten Sie das Seil einfach irgendwo fixieren (an einem Haken z.B.) und müssten dann gar nicht mehr selbst ziehen? Dann wäre gar keine Energie nötig, um den Zug aufrechtzuerhalten.)
- b) Wie hängt die benötigte Energie von diesen Größen ab?
- c) Bauen Sie eine Formel. (Einheitencheck!)

Ergebnisse:

Bei der Erarbeitung der Zentripetalkraft musste ich bei den schwächeren Gruppen stark helfen. Die Umsetzung gelang beim zweiten Durchlauf mit den Energieformen schon viel besser. Nur die Gruppe mit der Spannenergie erreichte das Planziel nicht. Immerhin gelang es den Schülerinnen jedoch das Hookesche Gesetz wieder zu entdecken.

Auch die Planung eines Bestätigungsexperiment gelang bei der Zentripetalkraft nur einer Gruppe. Bei den Energieformen war etwa die Hälfte der Gruppen dabei erfolgreich.

Auf das Lösen von Rechenaufgaben habe ich in dieser Unterrichtseinheit weniger Wert gelegt.

Dementsprechend musste ich die Klassenarbeit anders als gewohnt stellen.

Eine Beispielaufgabe:

1. Ein Planet bewegt sich auf einer Kreisbahn um einen Stern. Er darf dabei nicht zu langsam sein, sonst stürzt er in die Sonne und auch nicht zu schnell, sonst verlässt er die Kreisbahn.

- a) Von welchen Größen hängt seine Umlaufgeschwindigkeit v ab?
(Vom Bahnradius des Planeten? Von der Masse des Planeten? Von der Masse des Sterns?)
- b) Wie hängt die Umlaufgeschwindigkeit v von diesen Größen ab?
- c) Bauen Sie eine Formel, und bringen Sie deren Einheiten mit Hilfe der

$$\text{Konstante } G^* = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2} \text{ in Ordnung.}$$

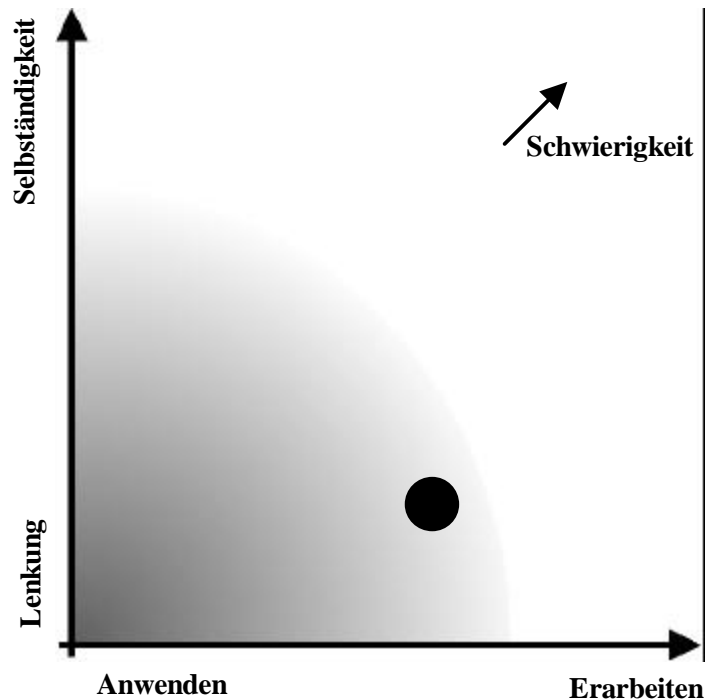
(Hinweis: Sorgen Sie zunächst dafür, dass „die kg aufgehen“!)

- d) In diesem Fall übernimmt die Gravitationskraft die Rolle der Zentripetalkraft. Stellen Sie eine Gleichung auf und berechnen Sie damit die Geschwindigkeit v .

Die Aufgaben a) bis c) wurden von den Schülern zuerst bearbeitet und nach zehn Minuten eingesammelt, bevor sie Aufgabe d) bearbeiten durften.

Beispiel 5:

Arbeitsteiliges Erarbeiten von Formeln mit verschiedenen Methoden



Voraussetzungen:

Bei den Schülern:



Fähigkeit, Formeln selbst zu erarbeiten.
Methodenkenntnis (deduktiv, induktiv)

Organisationsaufwand
für den Lehrer:



Arbeitsteilige Gruppenarbeit, zum Teil intensiv und auch durch Bereitstellen von Geräten zu betreuen.

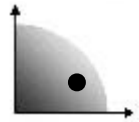
Zeitbedarf: 4 Schulstunden

2 Schulstunden: Je eine für die Theorie und eine für das Experiment

2 Schulstunden für das Vorstellen im Plenum

Erfahrung:

- Sehr anspruchsvoll
- Tiefes Verständnis der Formeln und der Arbeitsmethoden der Physik werden von den meisten Schülern erreicht.



Einleitende Vorbemerkung:

Siehe Unterrichtsversuch vier Beispiele vorher.

Beschreibung:

Auch dieser Unterrichtsversuch fand in Klasse 11 statt und diente zum Abschluss der Themen

„Kreisbewegung“ und „Energieerhaltung“.

Zum Einstieg wurde eine Spielzeug-Looping-Bahn gezeigt, in welche ein Auto mit verschiedenen Geschwindigkeiten eingeschossen wurde. Dies weckte das Interesse an der Frage, wie groß denn die „Grenzggeschwindigkeit“ v_g ist, bei der das Auto gerade noch auf der Bahn bleibt, und von welchen Größen diese Geschwindigkeit abhängt.

Je zwei Schülergruppen arbeiten induktiv, deduktiv bzw. „nach Gefühl“ (wie im Beispiel mit der Zentripetalkraft). Die Bestätigungsexperimente können (im Rahmen der vorhandenen Sammlungsgeräte) frei gewählt werden: Sie werden in der zweiten Stunde durchgeführt. (Bei Aufgabe 3 wurde in der ersten Stunde experimentiert und in der zweiten Stunde gerechnet.)

1. Nach Gefühl:

- a) Von welchen Größen hängt die Geschwindigkeit v_g ab, mit der ein Wagen durch den Looping fahren muss, damit er sich am höchsten Punkt nicht von der Bahn löst?*
- b) Wie hängt v_g von diesen Größen ab?*
- c) Bauen Sie eine Formel. (Einheitencheck!)*
- d) Überlegen Sie sich ein Experiment zu dieser Formel, das wir hier durchführen können.*

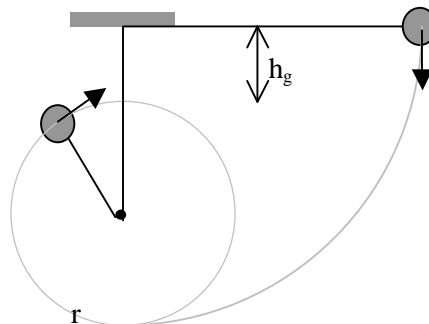
2. Deduktiv:

- a) Welche Kraft wirkt auf das Auto im Grenzfall (wenn das Auto sich gerade noch nicht von der Bahn löst) am obersten Punkt?*
- b) Stellen Sie eine Formel auf und lösen Sie diese nach v auf.*
- c) Überlegen Sie sich ein Experiment zu dieser Formel, das wir hier durchführen können.*

3. Induktiv mit einem Hemmungspendel.

h_g sei der Höhenunterschied zwischen dem Punkt, an dem die Kugel losgelassen wird und dem höchsten Punkt der Kreisbahn.

- a) Versuchen sie einen Zusammenhang zwischen der Höhe h_g , bei der der Körper gerade noch den Überschlag macht, und dem Radius r der Kreisbahn zu finden. (Es ergibt sich eine sehr einfache Formel.)*



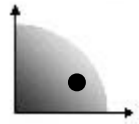
- b) Berechnen Sie mit dem Energieerhaltungssatz die Geschwindigkeit v_g des Körpers.*
- c) Setzen Sie die Formel von a) in b) ein. Welche Formel erhalten Sie für v_g ?*

Wenn eine Gruppe nicht weiterkommt, kann man eine Hilfestellung geben. Wenn die Zeit knapp ist, können je nach Bedarf auch vorbereitete Zettel (z.B. in Briefumschlägen) ausgegeben werden. Einige Text-Beispiele:

Für Gruppe 1: *Müsste das Auto auf dem Mond schneller oder langsamer sein, damit es nicht abhebt?*

Für Gruppe 2: *Auch beim Looping sorgen bestimmte Kräfte dafür, dass das Auto auf der Kreisbahn bleibt (wenn seine Geschwindigkeit groß genug ist). Welche Kräfte sind es hier und welche Kräfte sind es insbesondere im höchsten Punkt, wenn das Auto sich gerade nicht von der Bahn löst.*

Für Gruppe 3: *Verändern Sie die Länge des Fadens und stellen Sie die Höhe des Hemmungstaves jeweils so ein, dass die Kugel gerade noch mit gespanntem Faden überschlägt.*



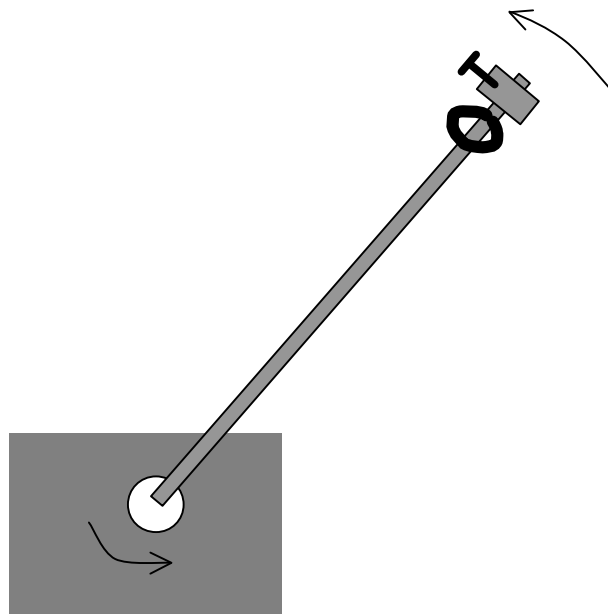
Im Anschluss präsentierte jede Gruppe ihre Ergebnisse und das zugehörige Experiment.

Ergebnisse:

Die Besonderheit dieses Unterrichtsversuch bestand darin, dass verschiedene Schülergruppen auf ganz unterschiedlichen Wegen zu der gleichen Gesetzmäßigkeit kamen, und dies durch die Präsentationen jedem Schüler bewusst wurde. Insofern werden verschiedene Arbeitsweisen der Physik selbst geprobt und im Zusammenhang gesehen.

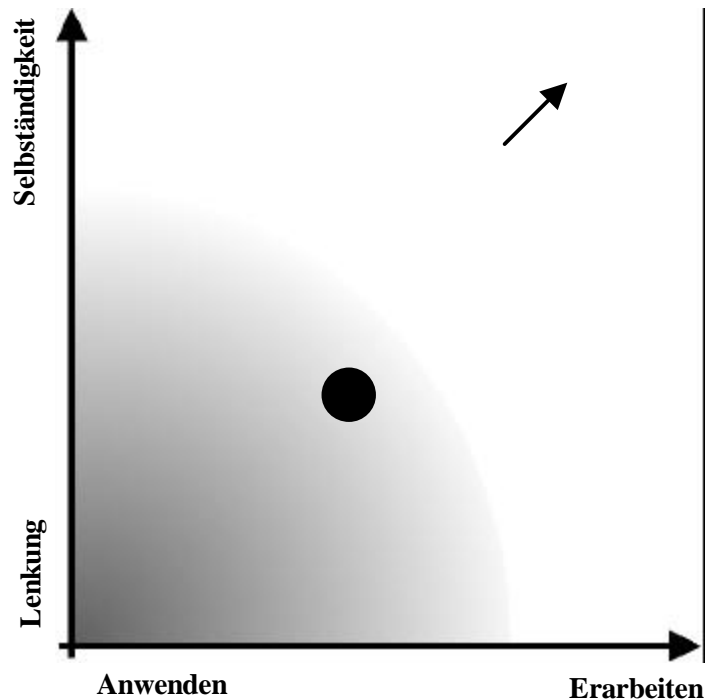
Die Aufgabe ist sicherlich sehr anspruchsvoll. Dies zeigte sich auch darin, dass die Hilfestellungen in den Briefumschlägen von allen Gruppen in Anspruch genommen wurden.

Besonders gefreut habe ich mich über eine Idee für ein Bestätigungsexperiment: Die Schüler ließen eine Stativstange auf der Achse eines Elektromotors rotieren. Auf der Achse konnte ein Plastikring gleiten. Das Ende der Stange wurde mit einer Muffe abgeschlossen (s. Abb. unten). Nun konnte man sehen und hören (!), ob die Umdrehungszahl die Grenzfrequenz erreicht hatte. Die Schüler stellten die Frequenz so ein, dass gerade kein Klacken mehr zu hören war. (Das Klacken entsteht, wenn die Drehfrequenz zu klein ist und dadurch der Plastikring, nachdem er sich in der Nähe des höchsten Punkts von der Muffe gelöst hat, wieder an diese anschlägt.)



Elektrizität in Klasse 8

Unterricht in Form von Teamarbeit mit unterschiedlicher Aufgabenstellung und anschließender Präsentation



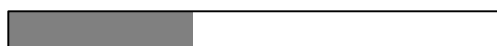
Voraussetzungen:

Bei den Schülern:



Inhaltlich: keine, aber große Bereitschaft der Schülerinnen und Schülern zu kooperativem Arbeiten in Gruppen

Organisationsaufwand für den Lehrer:

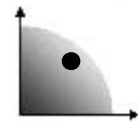


In großen Klassen großer experimenteller Aufwand in der Vorbereitung

Zeitbedarf: 6 Unterrichtsstunden für arbeitsteilige Teamarbeit mit Präsentation; 4 weitere Stunden herkömmlicher Unterricht

Erfahrung:

- in großen Klassen anstrengend
- für Schülerinnen und Schüler motivierende Methode, die Eigeninitiative und Selbständigkeit fördert.



A. Vorbemerkungen

Das Manuskript auf der CD entstand bei einem Unterrichtsexperiment in Klasse 8 im Schuljahr 1998/99. Wesentliche Teile des Unterrichts wurden in freier Teamarbeit durchgeführt. In der ersten Unterrichtsstunde erarbeitete die Klasse die in der Begriffssammlung dargestellte Übersicht von Themen, die bearbeitet werden sollten. Die Einteilung in Teams erfolgte reihenweise nach freier Schülerentscheidung (einzige Vorgabe: Jedes Thema wird maximal von 2 Gruppen bearbeitet). Vor die „Freiarbeitsphase“ wurde eine Unterrichtsstunde zum Thema „Gefahren der Elektrizität“ gestellt. Der Zeitumfang für die Freiarbeit in den Gruppen betrug 4 Unterrichtsstunden plus 2 Std. für die Ergebnispräsentation – einzelne Experimente – wie z.B. Klingelmodell, Leuchtdraht unter einer Vakuumblocke, Glühlampe ohne Schutzgasfüllung wurden schon während der Freiarbeit den anderen Gruppen vorgestellt – zur kurzen Präsentation der Experimente wurde die Gruppenarbeit in den anderen Teams hierfür jeweils kurzzeitig unterbrochen.

Die Schülerteams arbeiteten völlig frei und zunächst ohne konkrete Anleitungen oder Hilfestellungen, erarbeitete Blätter wurden am Ende der Stunde abgegeben und von mir bis zur nächsten Stunde nachgelesen und gegebenenfalls durch Impulsfragen ergänzt, so dass das Team weiterarbeiten konnte. Die Ergebnisse der einzelnen Teams sind in der ausführlichen Fassung auf der CD zuzuordnen – Unterrichtspassagen, die in traditioneller Form durchgeführt wurden (4 Unterrichtsstunden mit den Themen Stromstärke, Ladung und elektrisches Potential – Spannung), enthalten mein Kürzel (Me). Da die Klasse mit 32 Schülerinnen und Schülern extrem groß ist, war für die Durchführung vereinbart, dass jedes Team die Materialliste für ein geplantes Experiment jeweils spätestens am Tag vor der nächsten Physikstunde bei mir abgibt – dies hat leider nur teilweise geklappt, so dass einzelne Gruppen manchmal ohne Experimentiermaterial waren, denn während der Stunde fand ich keine Zeit 9 Gruppen gleichzeitig mit Geräten zu versorgen. Bei einer Wiederholung des Experiments werde ich hier viel „deutlichere“ Vorgaben machen

Zwar steht der Spannungsbegriff nicht im Lehrplan der Klassenstufe 8, nachdem aber im Verlauf der Freiarbeitsphase bei allen Gruppen der Spannungsbegriff eine nicht unbedeutende Rolle gespielt hat, lag es auch aus diesem Grunde nahe, den Spannungs- und Potentialbegriff schon in Klasse 8 in den Unterrichtsgang zu integrieren.

Im Schülermanuskript sind diejenigen Passagen, die von mir stammen, an kursiver Schrift zu erkennen, Lehrerexperimente sind ebenfalls gekennzeichnet (LV)

B. Begriffssammlung und Teameinteilung

elektrische Geräte

Lampe, Glühbirne
Telefon
Fernseher
Computer
Stereoanlage
Föhn
Bügeleisen
Kaffeemaschine
Elektromotor
Staubsauger
Küchenmaschinen
Spülmaschine
el. Zahnbürste

Energiequellen

Batterie
Plus- und Minuspol
Dynamo
Elektrizitätswerk
Transformator
el. Ladegerät (Akku)
elektrischer Stromkreis
Kabel, Kabelisolierung
Kupferdraht
Gummischutz
Steckdose
Strommast
Schaltplan

Grundbegriffe und Einheiten

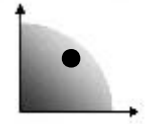
Volt, Ampere, Watt
Spannung, Hochspannung
Stromstärke, Starkstrom
Messgeräte

Gefahren und Schutz

Stromschlag
Kurzschluss
Gewitter, Blitz
Blitzableiter
Sicherungskasten
Kindersteckdosenschutz

Geschichtliches

wer – wann?



Aufgabenstellung

- Macht euch mit dem Themenkreis eures Projekts vertraut und formuliert eigene Fragen zu eurem Thema.
- Welche Experimente helfen euch, die Fragen zu beantworten? Plant diese Experimente möglichst genau (Geräte, Schaltplan, ...).
- Formuliert Vermutungen über das Ergebnis des Experiments.
- Führt das Experiment durch und vergleicht das Ergebnis mit der vorher gemachten Vermutung. Beschreibt auf jeden Fall das durchgeführte Experiment so, dass es die anderen auch verstehen können (evtl. Zeichnung!) und haltet alle Ergebnisse fest.
- Welche Schlüsse lassen sich aus dem Experiment ziehen? Findest du eine Erklärung?

I. Grundlagen der Elektrizität

Team Ia (Mädchen) und Ib (Jungen)

Stromkreis – Leiter – Nichtleiter – Batterie ...

II. Elektrische Geräte mit Heizwirkung

Team IIa und b (Jungen)

Stromkreis – Föhn – Toaster – Bügeleisen – Herdplatte – Tauchsieder – Schmelzsicherung ..

III. Elektrische Geräte mit Lichtwirkung

Team III (Mädchen)

Stromkreis – Glühlampe – Leuchtstoffröhre

IV. Elektrische Geräte mit magnetischer Wirkung

Team IVa und b (Jungen)

Stromkreis – Klingel – Elektrohebe magnet – Relais – Sicherungsautomat

V. Geschichtliches zur Elektrizität

Team Va und b (Mädchen)

Wer hat Elektrizität entdeckt? – Wann wurde sie entdeckt? – Entwicklung ...

C. Bemerkungen zu den einzelnen Arbeitsgruppen:

Team I a/b: Die beiden Teams arbeiteten völlig unabhängig voneinander und sehr unterschiedlich – während die Mädchengruppe zielgerichtet „forschte“ und auf Lehrerimpulse sehr gut reagieren konnte, glaubten die Mitglieder der Jungengruppe alles schon verstanden zu haben. Sie hatten zwar viele „tolle Ideen“ – sobald es aber daran ging, diese in Experimenten zu untersuchen und Folgerungen daraus zu ziehen, schafften sie es nicht, das dazu notwendige Material anzufordern, bzw. selbst mitzubringen, so dass viele Ansätze erfolglos blieben.

Beide Gruppen beschäftigten sich zuerst mit dem Thema: „Welche Stoffe leiten elektrischen Strom, welche nicht?“ Die Gruppe der Jungs beschäftigte sich hierbei hauptsächlich mit Schaltbildern, ohne Details genauer aufzuzeigen. Die Gruppe der Mädchen untersuchte sehr exakt einzelne Materialien auf Leitfähigkeit um im Anschluss daran die Frage: „Warum spricht man von einem Stromkreis?“ zu bearbeiten. Abgeschlossen wurde die Teamarbeit durch eine Zusammenstellung wichtiger Schaltsymbole.

Team II a/b: Die beiden Teams kooperierten immer wieder miteinander – häufig fand verbale Kommunikation statt, das zeigte sich daran, dass beide Gruppen ähnliche prinzipielle Fehler bei der Experimentplanung machten (z.B. wollten beide



Gruppen den Zusammenhang zwischen Erwärmung von Wasser und der angelegten Spannung untersuchen – zu diesem Zeitpunkt wurde das Schülernetzgerät als Energielieferant – Energiequelle angesehen, wobei die Angaben 12V, ... ohne Interpretation im Raum stehen blieben. (Hierbei arbeiteten beide Gruppen zunächst mit zu viel Wasser bei zu geringer elektrischer Stromstärke). Beide Gruppen hatten große Schwierigkeiten ihre geplanten Experimente sinnvoll umzusetzen.

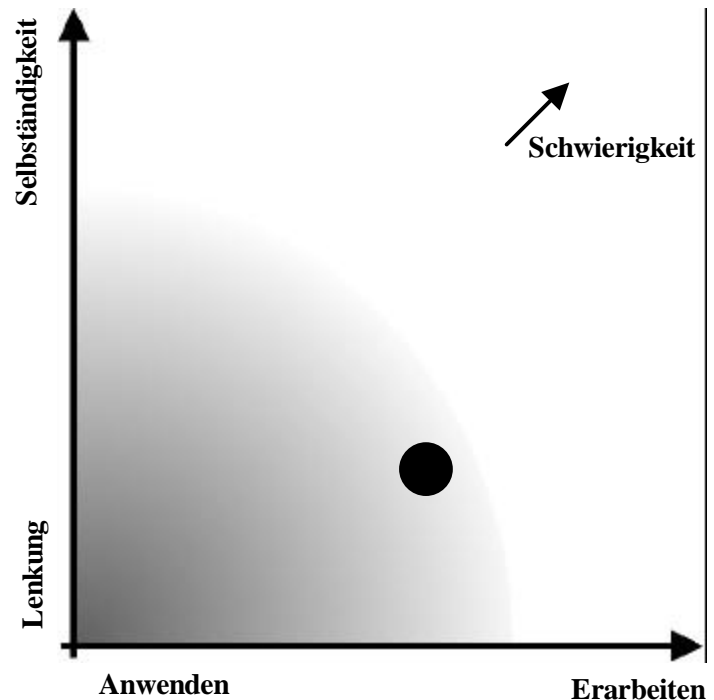
Team III: Die 3 Schülerinnen waren sehr motiviert, stellten sich erfolgreich Fragen, die sie mit meistens nur ganz kleinen Tipps von meiner Seite bearbeiteten und lösen konnten. Der Schwerpunkt ihrer Arbeit bestand in der Untersuchung der Lichtwirkung stromdurchflossener Drähte in verschiedener Umgebung. Sehr überzeugend war ihre Idee, einen Glühdraht im Vakuum zu betrachten, um herauszufinden, dass in einer „normalen“ Glühlampe zumindest keine normale Luft sein kann.

Team IV a/b: Beide Teams wussten etwas von Spulen und ihrem Zusammenhang zu magnetischer Wirkung. Deshalb wählten beide Gruppen zum Einstieg Experimente aus dem Anwendungsbereich „Wirkung einer stromdurchflossenen Spule“ – Team IVa Elektromagnet, Team IVb elektrische Klingelanlage (diese wurde später auch von der andern Gruppe nachgebaut). Der Einstieg in den Bereich magnetische Wirkung des elektrischen Stroms bei Spulen ist sehr schülergemäß (Ausnutzen des Vorwissens). Es machte keinerlei Probleme die eher „historischen“ Experimente – Magnetfeld eines geraden Leiters... im Anschluß daran nachzuholen und zu verstehen.

Team V a/b: Beide Gruppen arbeiteten völlig selbständig – häufig in der Bibliothek – und brachten zusätzlich viel eigenes Material mit. Hilfestellungen waren nicht erforderlich. Als Ergebnis präsentierten beide Gruppen einen historischen Überblick über die Geschichte der Elektrizität.

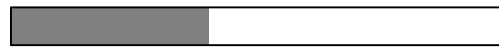
Induktion in Teamarbeit

ein Unterrichtsbeispiel
im Grundkurs 12



Voraussetzungen:

Bei den Schülern:



Bereitschaft zum Arbeiten in Gruppen

Organisationsaufwand
für den Lehrer:

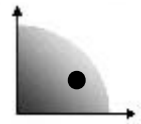


Im Wesentlichen entsprechend zum üblichen Unterricht; einzelne Stunden erfordern allerdings wegen der Differenzierung eine vermehrte experimentelle Vorbereitung

Zeitbedarf: 12 Unterrichtsstunden

Erfahrung:

- gut umsetzbar
- für Schülerinnen und Schüler eine gute Alternative zum Frontalunterricht



Stundenverteilung: 12h Induktion + 14h Wechselstromgesetze + 2 Klausurtermine
Stunden: Di 6.Stde Do 5/6.Stde

Di 2.3.	1h	Kraft auf stromdurchflossene Leiter (Whlg) und Umkehrung: $U_{\text{ind}} = Blv$
	–	magnetischer Fluss
Di 9.3.	1h	Teamarbeit – Vorversuche zur Induktion – Gruppenpuzzle
Do 11.3.	2h	Auswertung des Gruppenpuzzles & Induktionsgesetz mit Bestätigungsversuchen
Do 18.3.	2h	Lenzsche Regel – experimentelle Teamarbeit mit unterschiedlichen Experimenten zum gleichen Themenkreis mit anschließender Präsentation
Di 21.3.	1h	Ergebnissicherung – Übungen
Do 25.3.	2h	Übungsaufgaben (Vorbereitung Klausur)
		Osterferien
Di 13.4.	1h	Selbstinduktion – Energieerhaltung
Do 15.4.	2h	$W = 0,5 \cdot L \cdot I^2$ – Übungsaufgaben
Di 20.4.		Klausur
Do 29.4.		
– Di 22.6.	14h	Besprechung der Klausur & Wechselspannung und –strom & Klausur

Vorbemerkungen

Der Grundkurs 12 besteht aus 8 Mädchen und 9 Jungen, von denen viele großes bis sehr großes Interesse an Physik zeigen, was sich z.B. an einer in aller Regel überdurchschnittlichen Mitarbeit auch in der 6ten Stunde zeigt. Leistungsmäßig wurde ein Schnitt von 9,8 Punkten mit einer Streuung zwischen 04 und 15 Punkten erreicht.

Die Unterrichtseinheit Elektromagnetische Induktion wurde in großen Teilen in Form von Schülerteamarbeit unterrichtet. Hierbei wurden unterschiedliche Unterrichtsmethoden abwechselnd eingesetzt:

- Teamarbeit in gleicher Front – Schülerinnen und Schüler erarbeiten sich den Stoff selbständig mit Hilfe von vorbereiteten Arbeitsblättern – die Ergebnisse werden im Anschluss daran von einzelnen Teams vorgetragen und gegebenenfalls ergänzt.
- Gruppenpuzzle – Sichern der gefundenen Ergebnisse der Expertenteams erfolgt innerhalb der Teamstammgruppen
- Teamarbeit mit unterschiedlichen Experimenten zur gleichen Fragestellung und anschließender Präsentation der Gruppenergebnisse mit gemeinsamer Auswertung.
- Frontalunterricht – kurze Passagen werden durch Lehrervortrag vermittelt.

Die Schülerteams bildeten sich meist spontan aus der Sitzordnung im Klassenzimmer (Nebensitzer, Bankreihe...), waren aber nicht während der gesamten Einheit festgelegt. Während des ersten Halbjahres 12 wurden nur ganz kurze Passagen in offener Form unterrichtet, d.h. die Schülerinnen und Schüler hatten bisher wenig Erfahrung damit, sich den Unterrichtsstoff selbständig zu erarbeiten.



Bewegter Leiter im Magnetfeld $U_i = \mathbf{B} \times \mathbf{l} \times \mathbf{v}$

Versuch 1: Leiterstück der Länge l im Magnetfeld wird von Strom durchflossen

Versuch 2: Leiter der Länge l in der magnetischen Flussdichte B wird mit Geschwindigkeit v bewegt.

☞ Zeige, dass die resultierende Induktionsspannung eine Funktion der Leiterlänge l , der Leiterschwindigkeit v und der magn. Flussdichte B ist.

Der magnetische Fluss F

Teamarbeit

- Wir betrachten in einem ersten Versuch einen Keramikmagneten, der auf dem Experimentiertisch liegt und messen mit der Hallsonde die Flussdichte B .
- Wir bekommen einen bestimmten Wert B .
- Nun legen wir einen zweiten Keramikmagneten so direkt neben den ersten, dass jeweils bei beiden Keramikmagneten gleichnamige Pole nach oben zeigen!
- **Vorhersage:** Welche Flussdichte wird jetzt gemessen?
- Was hat sich dann aber geändert?
- Wie kann man die Anzahl der Feldlinien verdoppeln?
- Welche physikalische Größe bekommen wir, wenn wir die Flussdichte mit der „Magnetfeldfläche“ multiplizieren?

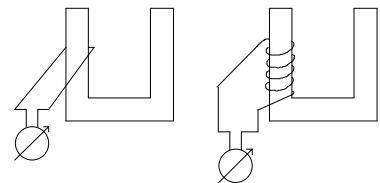
Definition des magnetischen Flusses:

- Der magn. Fluss ist definiert als Produkt aus $\mathbf{B} \times \mathbf{A}_s$.
- Die Einheit des magn. Flusses ist 1Weber = 1Tesla · 1 m² | **1Wb = 1T·1m²**

- Veranschaulichung: Die Anzahl der magn. Feldlinien kennzeichnen den magn. Fluss.

Kontrollfrage:

- Wie kann man den magn. Fluss ändern?



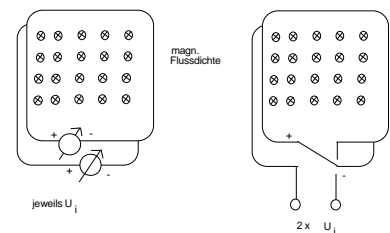
Das Induktionsgesetz

Gruppenpuzzle

Gruppe I **Experimente und Diskussion im Team**

Unter welchen Bedingungen wird eine Spannung induziert ?

[a] Leiterschleife (z.B. ein Laborkabel), deren Enden an ein Voltmeter (μV - mV) angeschlossen sind, liegt auf dem Tisch. Ein Permanent-Magnet wird in die Leiterschleife hinein- und herausbewegt. Achte jeweils auf die Richtung des magn. Flussdichtevektors relativ zur Fläche der Leiterschleife. Merke dir die Orientierungen.



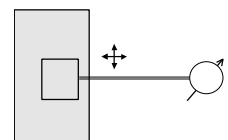
[b] Permanent-Magnet steht auf dem Tisch. Die Leiterschleife

(z.B. ein Laborkabel) wird über einen Pol des Hufeisenmagneten geschoben. Was beobachtest du ?

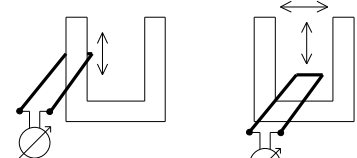
[c] Das Laborkabel wird zu einer Spule mit $n = 2,3,4...$ Windungen geformt. Wiederhole mit dieser Anordnung die Versuche [a] und [b]

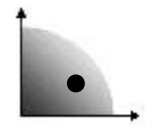
[d] Ein Permanentmagnet (möglichst starker flächenhafter Keramikmagnet)

liegt auf dem Tisch. Nimm eine Leiterschleife, deren „wirksame Querschnittsfläche“ wesentlich kleiner ist als die Oberfläche des Keramikmagneten. Bewege diese „wirksame Querschnittsfläche“ „innerhalb“ der Oberfläche des Keramikmagneten. Was stellst du fest?



[e] Bewege die Leiterschleife im Feld des Hufeisenmagneten entsprechend dem nebenstehenden Bild und beobachte hierbei das Voltmeter.

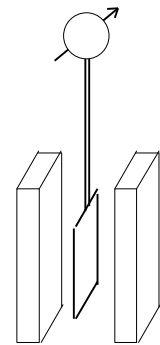




Gruppe II Experimente und Diskussion im Team

Unter welchen Bedingungen wird eine Spannung induziert ?

- [a] Eine Leiterschleife, deren Enden an ein Voltmeter (μV - mV) angeschlossen sind, hängt an einem „Kran“ in einem homogenen Magnetfeld (zwei Keramikmagnete) mit der Flussdichte B . Ermittle die magnetische Flussdichte mit der Hallsonde.
- [b] Starte den Kran und ziehe mit ihm die Leiterschleife nach oben. Kehre die Drehrichtung des Krans um.
- [c] Unterscheide drei Fälle:
- Die Leiterschleife befindet sich mit ihrer ganzen wirksamen Querschnittsfläche zwischen den Permanentmagneten
 - Die Leiterschleife befindet sich etwa halb zwischen den Permanentmagneten
 - Die Leiterschleife befindet sich ganz oberhalb der Permanentmagnete.



Gruppe III Experimente und Diskussion im Team

Unter welchen Bedingungen wird eine Spannung induziert ?

- [a] Eine Leiterschleife, deren Enden an ein Voltmeter angeschlossen sind, hängt an einem „Kran“ im magnetischen Feld der Flussdichte B einer „LANGEN SPULE“. Ermittle die magnetische Flussdichte B aus der Formel für die „lange Spule“. Welche phys. Größen müssen bestimmt werden, damit diese „Formel“ anwendbar ist? Vergleiche diesen Wert mit der magn. Flussdichte B , der mit der Hallsonde ermittelt werden kann.
- [b] Starte den Kran und ziehe mit ihm die Leiterschleife nach oben. Kehre die Drehrichtung des Krans um und lasse die Leiterschleife nach unten ...
- [c] Unterscheide die drei Fälle:
- Die Leiterschleife befindet sich mit ihrer ganzen wirksamen Querschnittsfläche in der langen Spule.
 - Die Leiterschleife befindet sich etwa zur Hälfte in der langen Spule.
 - Die Leiterschleife befindet sich ganz außerhalb der langen Spule.

Gruppe IV Experimente und Diskussion im Team

Unter welchen Bedingungen wird eine Spannung induziert ?

- [a] Eine Spule, deren Enden an ein Voltmeter angeschlossen sind, befindet sich im magnetischen Feld der Flussdichte B einer „LANGEN SPULE“, die wir als **Feldspule** bezeichnen. Die Stromstärke in dieser Feldspule verändert sich kontinuierlich ($\Delta I_F/\Delta t =$ Stromstärkeänderung pro Zeit = konstant). Miss die magnetische Flussdichte B_{max} mit der Hallsonde! Vergleiche diesen Meßwert mit der magn. Flussdichte, die aus der Formel für die „lange Spule“ berechenbar ist. Welche phys. Größen müssen bestimmt werden, damit diese Formel anwendbar ist; alle Angaben zur Feldspule bekommen einen Index „F“, damit später keine Verwechslungen auftreten.
- [b] Bestimme die Induktionsspannung in Abhängigkeit von $\Delta I_F/\Delta t$ (= Stromstärkeänderung pro Zeit)
- [c] Ersetze dann die erste Spule durch eine andere **Induktionsspule** - mit $n_i = 2\,000$ und $A_i = 14\text{ cm}^2$ - miss die Induktionsspannung in Abhängigkeit von $\Delta I_F/\Delta t$ (= Stromstärkeänderung pro Zeit) bei konstanter Fläche A_i
- [d] Falls noch Zeit: Ersetze die Induktionsspule durch die 2. Lage der Feldspule und wiederhole den Versuch

Formulierung des Induktionsgesetzes (1. Fassung):

Bemerkung: Das Vorzeichen wird hier noch bewußt weggelassen
(siehe nächste Teamaufgabe)

$$U_{\text{ind}} = n \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$



„Lenzsche Regel“ und Energieerhaltungssatz

experimentelle Teamarbeit

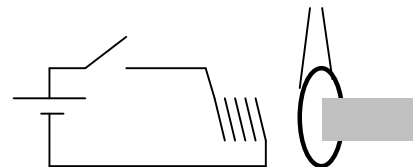
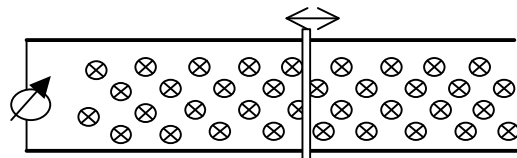
Für alle Versuchsgruppen gelten folgende Aufgaben:

- Welche Beobachtung macht ihr? – Haltet die Beobachtung schriftlich fest.
- Versucht eine Erklärung dafür zu finden! – Ihr sollt euer Experiment im Anschluss an die Gruppenarbeit den anderen Gruppen präsentieren
- Wo findet man im Alltag oder im früheren Physikunterricht einen ähnlichen Zusammenhang ?

Versuch 1

Leiter rollt längs zweier Schienen in einem magn. Feld. Die beiden Schienen sind über ein empfindliches Amperemeter kurzgeschlossen. Der bewegliche Stab wird nun nach rechts bzw. nach links bewegt.

- [a] Welche Polarität der Induktionsspannung wird sich einstellen?
[b] In welcher Richtung wird ein Induktionsstrom fließen?
[c] Wenn ein elektrischer Strom I in einem Magnetfeld fließt, wirkt eine Kraft auf diesen Leiter. Bestimme die Richtung dieser Kraft!



Versuch 2

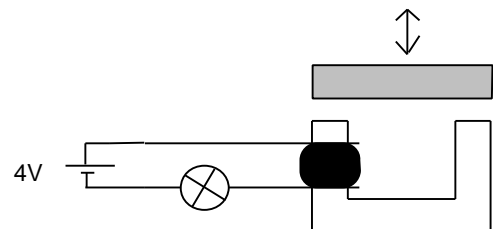
Ein Aluminiumring hängt an einer Schnur über dem verlängerten Eisenkern einer Spule.

- [a] Schließe den Stromkreis [b] Öffne den Stromkreis

Versuch 3

Eine Lampe, eine Spule mit Eisenkern und eine Gleichspannungsquelle sind in einem Stromkreis hintereinander geschaltet.

- [a] Schließe den Eisenkern [b] Öffne den Eisenkern



Versuch 4

„Wirbelstrombremse“ / Spulenmagnete (5A) / mit Scheibe und mit quergesägtem Blech

- [a] Wie schwingt das Aluminiumblechpendel bei geöffnetem und bei geschlossenem Schalter?
[b] Verstelle die Pendelhöhe so, dass das quergesägte Blech durch das Magnetfeld schwingt – Vergleiche!

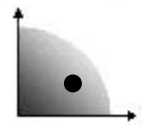
Versuch 5

Vorsicht! Der Magnetring ist extrem stoßempfindlich! Auf keinen Fall frei fallen lassen!!
Magnetring wird über ein vertikal stehendes Rohr gesteckt und dann losgelassen.

- [a] Kupferrohr [b] Aluminiumrohr [c] Messingrohr

Versuch 6

- [a] "Dynamot" wird bei offenem Ausgang gedreht.
[b] "Dynamot" wird gedreht und eine Lampe kleiner Leistung durch eine Lampe großer Leistung ersetzt.
[c] "Dynamot" wird bei kurzgeschlossenem Ausgang gedreht.



Versuch 7

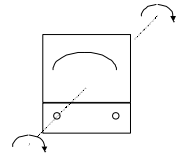
Zwei "Dynamot" werden „gleichsinnig“ durch elektrische Kabel verbunden.

- [a] Dann werden Sie so gehalten, dass die Kurbel des einen Gerätes der Kurbel des anderen Gerätes gegenübersteht. Man vergleicht die Drehrichtungen!
- [b] Man überlegt, was würde geschehen, wenn man den Generator ankurbeln und dann den Motor an den Generator ankuppeln würde?

Versuch 8

Anzeigegerät des kleinen „mV-Meter-Messverstärkers“:

- [a] Das Anzeigegerät wird mit offenem Eingang um seine horizontale Achse geschwenkt.
- [b] Das Anzeigegerät wird mit kurzgeschlossenem Eingang um eine horizontale Achse geschwenkt.



Versuch 9

[Lehrerversuch]

Wiederholung von Versuch 2 mit aufgeladenem Kondensator als Energiequelle zur Ergebnissicherung

Selbstinduktion – Experimente durch Lehrerpräsentation

Anschließend Team-Arbeit in gleicher Front zum Finden der Gesetzmäßigkeit

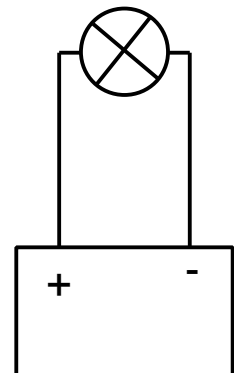
- Wie lautet das allgemeine Induktionsgesetz?
- Welche Form gilt für den Fall, da sich nur die Flussdichte ändert?
- Vor einigen Wochen haben Sie bei der so genannten „langen Spule“ eine Gleichung zur Bestimmung der magn. Flussdichte abgeleitet und experimentell bestätigt. Wie heißt diese Gleichung?
- Welcher Term ergibt sich aus dieser Vorarbeit für die Induktionsspannung an einer langen Spule, in der sich die Stromstärke in der Zeit Δt um ΔI ändert?
- Diskutieren Sie, von welchen äußeren Umständen der Quotient $U_{\text{ind}} / (\Delta I / \Delta t)$ abhängt? Wie könnte man diesen Quotienten ändern?
- Kann man diesen Quotienten bei einer vorliegenden Spule ändern, ohne die Spule zu zerstören oder zu verändern?
- Wie nennt man derartige Konstanten?

Energie des Magnetfeldes einer stromdurchflossenen Spule

Teamarbeit in gleicher Front

Wiederholung elektrische Energie / Leistung

- Die Energie des Akkus nimmt in der Zeit $\Delta t=2\text{s}$ um $\Delta W=24\text{J}$ ab. Hierbei fließt die Ladung $\Delta Q = 2\text{C}$ durch den Stromkreis. Welche physikalischen Größen kann man aus diesen Angaben bestimmen?
- Wie lautet die Definition der Spannung, Stromstärke und Leistung als Differenzenquotient?
- Wenn die Spannung, Stromstärke, Leistung nicht konstant ist, kann man eine zeitabhängige Spannung $U(t)$, Stromstärke $I(t)$, Leistung $P(t)$ über den Differentialquotienten definieren. Wie lauten diese Gleichungen?
- Zeige, dass man die elektrische Leistung als Funktion der zeitabhängigen Stromstärke und der zeitabhängigen Spannung beschreiben kann.





Wiederholung Maschenregel

- Formuliere die Maschenregel für Spannungen in einem verzweigten Stromkreis. Zeichne zu diesem Zweck ein entsprechend komplexes Schaltbild

Wiederholung Knotenregel

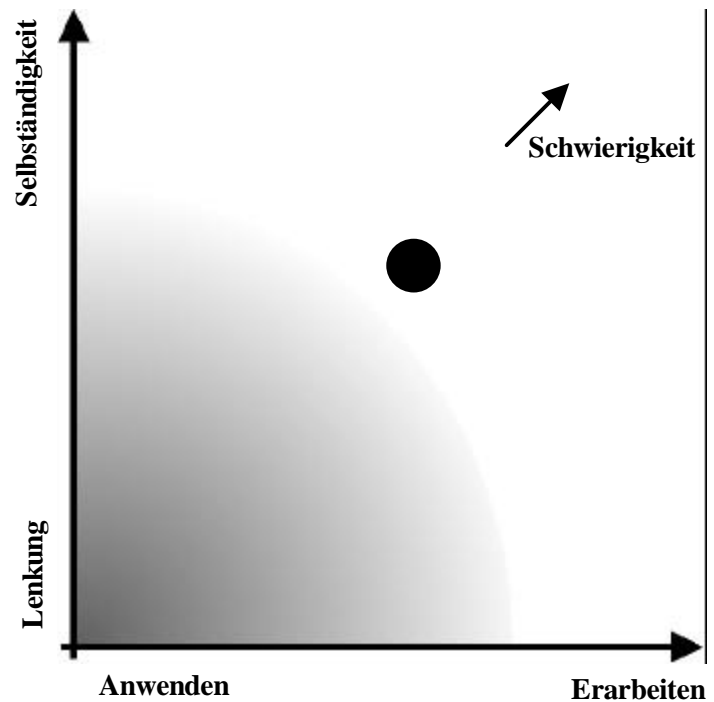
- Formuliere die Knotenregel für Ströme in einem verzweigten Stromkreis. Entwickle zu diesem Zweck ein entsprechend komplexes Schaltbild

Energie des Magnetfeldes einer stromdurchflossenen Spule

Teamarbeit in gleicher Front

- Wie heißt die Gleichung für die Selbstinduktionsspannung?
- Wie heißt die Gleichung für die zeitabhängige elektrische Leistung.
- Stelle die Leistung $P(t)$ als Funktion des Selbstinduktionskoeffizienten, der Stromstärke und der zeitlichen Änderung der Stromstärke dar.
- Ersetze die Leistung durch den Differentialquotienten $dW(t) / dt$
- Löse diese Gleichung nach $dW(t)$ auf und integriere von I_{\max} bis I_0
- Formuliere als Ergebnis die Energie des Magnetfeldes als Funktion der Eigeninduktivität L und der Stromstärke $I(t)$!

Das physikalische Reisetagebuch



Voraussetzungen:

Bei den Schülern:



Viel Selbstständigkeit und Eigenverantwortung wird vorausgesetzt.

Organisationsaufwand für den Lehrer:

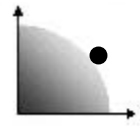


Lehrer muss die Tagebücher regelmäßig lesen.

Zeitbedarf: Unterrichtseinheit

Erfahrung:

- Mädchen schreiben gerne Tagebuch.
- Fördert Kreativität.
- Präkonzepte werden aufgedeckt.
- Starke Individualisierung, jeder Schüler wählt seinen Lernweg selbst.
- Nicht mit einer neuen Klasse beginnen, da die Schüler zuerst Vertrauen zum Lehrer haben sollten.
- Methode für Schüler sehr ungewohnt.



Im heutigen Physikunterricht spielt das Schriftliche eine eher untergeordnete Rolle. Die Schüler schreiben die Formulierungen des Lehrers von der Tafel ab, bzw. füllen Arbeitsblätter oder Versuchstabellen aus. Im Folgenden soll eine Unterrichtsmethode dargestellt werden, die dem Schriftlichen eine ganz andere Bedeutung zumisst. Die Idee dazu stammt aus der Schweiz und wurde von mir in den Klassen 13 und 8 mit gutem Erfolg ausprobiert. Grundsätzlich kann man diese Methode ohne große Vorarbeiten sofort umsetzen. Sie setzt aber beim Schüler viel Eigenverantwortung und Selbständigkeit voraus. Dabei muss der Lehrer sehr stark auf den einzelnen Schüler eingehen und auch relativ viel Zeit für das Lesen der Schülerarbeiten investieren. Bevor wir uns mit dieser Methode beschäftigen, will ich mich aber zuerst mit dem lehrergeführten Unterricht auseinandersetzen.

Reflexion: Wie heute unterrichtet wird.

Lernen bedeutet, sich in einem neuen, unbekanntem Gebiet zurechtfinden. Dies ist vergleichbar mit der Situation eines Fremden in einer Stadt, die er erkunden und in der er sich nach einiger Zeit zurechtfinden soll. Stellen wir uns also modellhaft vor, ein Lehrer befindet sich mit seiner Klasse am Punkt A einer fremden Stadt. Die meisten Lehrer nehmen nun ihre Schüler an der Hand und zeigen ihnen die Stadt, manchmal fragen sie, wo es jetzt hingehen soll, wobei sie den Weg schon genau kennen und nur warten, bis einer der Schüler die richtige Antwort gegeben hat. Schüler die falsche Wege nehmen wollen, die vorauslaufen oder zurückbleiben, werden auf den gemeinsamen Weg zurückgeholt. So kann der Lehrer sicher sein, dass alle Schüler ans Ziel B kommen und auch den Weg dorthin kennenlernen.

„Modernere“ Lehrer arbeiten schülerzentriert und geben ihren Schülern eine Wegbeschreibung (Arbeitsblatt), mit der sie ihren Weg suchen müssen. Aber auch hier achtet der Lehrer genau darauf, dass keine Irrwege eingeschlagen werden und alle das Ziel in einem gewissen Zeitrahmen erreichen. Selbst diejenigen, die ihren Schülern viel Selbständigkeit auferlegen, erwarten dass am Ende eine Wegbeschreibung des von ihnen erdachten Wegs (im Heft) entsteht.

Als Klassenarbeit muss jeder Schüler den Weg von A nach B (manchmal mit kleinen Gemeinheiten z.B. den Weg von B nach A, oder von A nach B', das auf dem Weg AB liegt) finden.

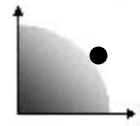
Jeder der einmal in einer fremden Stadt von einem Ortskundigen geführt wurde, kennt das Phänomen, dass er selbst später den Weg nicht mehr findet oder sich durch kleinste Probleme aus der Fassung bringen lässt. Dagegen sind Wege, die man selbst erkundet hat, oft nach Jahren wieder leicht zu finden. Bei der Suche nach einem solchen Weg lernt man zudem Methoden, die man auch in einer neuen Umgebung wieder nutzen kann.

Lehrer glauben den richtigen, besten Weg genau zu kennen und sind deshalb versucht, die Erkundung einer Stadt durch Durchforsten jedes einzelnen Stadtteils zielgerichtet voranzutreiben. Die Gründe ihres Vorgehens sehen sie sehr genau, oft bleiben diese aber dem Schüler verborgen, so dass er für die nächste Klassenarbeit nur die Straßennamen auswendig lernt. Das genügt zumeist, versagt aber schon dann, wenn ein paar Straßenschilder abmontiert sind.

Dieses Modell unseres Unterrichts erklärt, warum unsere Schüler, obwohl wir doch den Weg von A nach B so sehr geübt haben, bei der TIMS-Studie versagt haben. Dort war nämlich häufig der Weg von C nach D zu suchen, bzw. ein Weg in einer anderen Stadt und das sind unsere Schüler nicht gewöhnt.

Folgerung: Suchen lernen

Eine Alternative zum herkömmlichen Unterricht habe ich in der Schweiz und in Holland gesehen, deren Schüler bei der TIMS-Studie viel besser abgeschnitten haben. Die Schweizer sagen: „Wir proben statt zu üben“. Die Unterrichtszeit, in der wir den gleichen Weg immer wieder neu einüben, verwenden sie, um den Schülern die Zeit zu geben, ihren eigenen Weg zu finden. Dieser kann vom Standardweg abweichen. Er wird **vom Schüler** erst dann korrigiert, wenn er selbst zu der Überzeugung gekommen ist, dass der Standardweg besser als sein eigener ist. Dieses Vorgehen soll jetzt konkret nach einem Vorschlag der beiden Schweizer Didaktiker Urs Ruf und Peter Gallin vorgestellt werden.



1.Phase: Kernideen in den Raum stellen

In der ersten Phase des Unterrichts über ein neues Gebiet stellt der Lehrer die seiner Meinung nach wichtigsten Kernideen des Themas vor. Das können durchaus auch inhaltliche Fragestellungen oder anregende Experimente sein. Die Schüler sollen sich damit ein Ziel setzen, das sie bei der folgenden Erkundung anstreben. Wichtig ist dabei vor allem:

- Was fasziniert mich als Lehrer bei diesem Thema?
- Warum müssen wir das lernen?
- Was könnte euch daran interessieren?
- Wo bestehen Bezüge zur Alltagswelt des Schülers?
- Warum ist das Thema auch wissenschaftlich interessant?

Der Lehrer soll sich dabei in die Rolle des Lernenden versetzen, für den dieses Thema neu ist. Auf keinen Fall sollten hier schon Lösungswege oder Richtungen vorgegeben werden. Die Reaktion der Schüler kann sehr verschieden sein. Sie können Angst, Ablehnung, Interesse usw. entwickeln.

Wie geht der Lehrer mit diesen Reaktionen um?

Zuerst muss er überhaupt erkunden, welche Vorstellungen, Präkonzepte und auch Gefühle die Schüler bei dem neuen Thema haben. Dazu dient das Reisetagebuch.

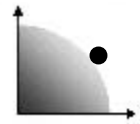
Jeder Schüler führt auf seiner Reise durch das neue Gebiet ein Tagebuch, das dem Lehrer helfen soll, den Stand des Schülers zu finden und dem Schüler eine Orientierung in diesem Gebiet geben soll: Was habe ich schon herausgefunden? Welche Ziele setze ich mir jetzt?

Dieses Tagebuch darf nicht mit einem herkömmlichen Heftaufschrieb verwechselt werden. In diesem würde die Fachsprache dominieren. Im Tagebuch formuliert der Schüler mit seinen eigenen Worten, die erst allmählich zur Fachsprache konvergieren. Entsprechend hat der Lehrer im Tagebuch nichts zu korrigieren, sondern den Schüler auf seinem Weg zu beraten: „Ich glaube jetzt bist du in einer Sackgasse gelandet, gehe soweit zurück, bis du einen neuen Weg einschlagen kannst.“ Hätte der Schüler kein Tagebuch, dann würde er vielleicht den Rückweg nicht mehr finden.

In dieses Tagebuch trägt der Schüler seine ersten Eindrücke, Fragestellungen und auch Gefühle ein. Der Lehrer muss nun zusammen mit dem Schüler nach den Kernideen suchen, die sich aus der jeweiligen Interessenlage und auch den Fähigkeiten des Schülers ergeben, die also zum Einstieg in das Thema für diesen Schüler geeignet sind. Das ist sicher der schwierigste Teil der Aufgabe. Man muss sich aber auch im klaren darüber sein, dass Schüler durchaus Interesse haben, einen Stoff zu lernen. Es ist in etwa so wie in unserer Stadt. Der Lehrer sagt: „Alle gehen ins Heimatmuseum und erkundigen sich über die Geschichte der Stadt.“ Der Schüler XY hat keine Lust auf Museen. Vielleicht kann er aber auch einiges über die Geschichte der Stadt erfahren, wenn er durch die Stadt wandert und die Tafeln an wichtigen historischen Gebäuden liest. Der Lehrer muss in Zusammenarbeit mit dem Schüler sensibel nach solchen Kernideen suchen, mit denen dieser eine Schüler sich am besten auf den Weg macht.

2.Phase: Unterwegs

Die Schüler machen sich auf den Weg, d.h. sie versuchen mit ihren bescheidenen, vielleicht unzureichenden Mitteln das gestellte Problem zu lösen. Dabei geraten sie in Schwierigkeiten, beschreiten Irrwege, verzweifeln, haben Erfolg, oft nur Teilerfolg, kurz sie arbeiten daran. Alles wird fein säuberlich im Reisetagebuch dokumentiert. Das Tagebuch zeichnet Spuren ihres Wegs, die der Lehrer nun für seine Beratungen nutzen muss. Wichtig ist dabei, dass der Schüler den Eindruck bekommt, der Lehrer interessiert sich wirklich für meinen Weg. Nicht etwa, der Lehrer will wissen, wie weit ich noch von der Lösung entfernt bin. Es kann ganz nett spannend und überraschend sein, welche Wege Schüler finden und wie ein Fremdenführer kann auch der Lehrer Neues von seinen Schülern lernen.



Jeder kennt die Freude, wenn er „der Erste“ war. Und mit ihren unterschiedlichen Erkenntnissen sind alle Schüler „Erste“. Der Lehrer muss ihnen nur dieses Gefühl vermitteln und nicht nur den loben, der am nächsten an der Standardlösung ist. Manche abwegig erscheinende, umständliche Methode ist äußerst kreativ und sollte nicht voreilig verworfen werden. Der Lehrer benötigt viel Fingerspitzengefühl, um bei seinen Beratungen nicht Lösungen zu implizieren und eigene Wege zu verstellen. Stellen Sie sich vor, ein Schüler steht kurz vor dem zündenden Gedanken und der Lehrer verrät „den“ Weg. Damit ist der Weg doch völlig uninteressant geworden. Das Erstlingsrecht ist verspielt.

3.Phase: Wie machst du das?

Bis hierhin haben wir in jedem Tagebuch andere Wege, eine andere Sprache und zum Teil verschiedene Begrifflichkeiten. Wenn der Schüler auf seinem Niveau eine Lösung gefunden hat, dann wird er das Bedürfnis verspüren, seine Lösung anderen zu präsentieren (nicht unbedingt immer vor der Klasse, aber doch mit dem Wunsch nach einer Wertung seines Verfahrens). Dies als Ziel wird ihn auch veranlassen seine Texte im Tagebuch entsprechend verständlich zu formulieren. Schließlich sollen sie nicht nur dem allwissenden Lehrer (der ja sowieso alles versteht) sondern auch den Mitschülern dazu dienen, **seine** Lösung zu verstehen. In der Diskussion über die Lösungen können die Schüler über die verschiedenen Methoden reflektieren. Der Lehrer sollte sich mit Wertungen zurückhalten. Nun dürfen die Schüler ihre Methoden entsprechend korrigieren und anpassen. Die vielfältigen Begriffe können dann auch in der Diskussion in einer Fachsprache vereinheitlicht werden.

4.Phase: Rückblick

Hat man ein Gebiet erkundet, dann ist man in der Lage rückblickend das Geleistete zu bewerten, die Methoden zu reflektieren und sich neue Ziele zu setzen.

Diese Vorgehensweise verlagert unseren Unterricht sehr stark vom Sprechen zum Schreiben. Das Verfassen von Texten steht im Vordergrund. Sicher wird der eine oder andere Bedenken haben, so stark vom herkömmlichen Unterrichtsbild abzuweichen. Die Vorteile liegen aber auf der Hand:

- Das Schreiben verlangsamt die Gedankenentwicklung und hilft dadurch zu einer sorgfältigeren Abwägung der Gedankengänge.
- Jeder Schüler ist gefordert, seine Formulierungen einzubringen.
- Der Schüler beschäftigt sich mit dem Stoff und nicht der Lehrer bringt dem Schüler den Stoff bei.
- Fächerübergreifender Aspekt Textproduktion (Deutsch).

Es bietet sich an, ein Textverarbeitungsprogramm für die Erstellung des Tagebuchs zu verwenden.

Literatur: Peter Gallin / Urs Ruf Sprache und Mathematik in der Schule
Verlag für Lehrerinnen und Lehrer Schweiz ISBN 3-85809-071-9A

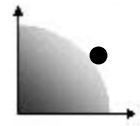
Meine Erfahrungen mit dieser Methode

Erste Schritte in Klasse 13

Leider hatte ich nur einen Grundkurs 13, als ich mich entschloss, das Reisetagebuch auszuprobieren. Weil ich Probleme mit dem Abitur befürchtete, verlagerte ich die Arbeit aus dem Unterricht nach außen. Die Schüler erhielten immer offener gestellte Aufgaben, die sie zu Hause in Form eines Tagebuchs bearbeiten sollten. Die offene Aufgabenstellung und die neue Art der Bearbeitung kam bei den Schülern sehr gut an und wirkte sich auch auf die Leistungen in den Klassenarbeiten positiv aus. Klassenarbeitsaufgaben, die sich unmittelbar auf solche zu Hause bearbeitete Probleme bezogen, wurden überwiegend sicherer gelöst als solche, die im Unterricht frontal behandelt wurden. Ein Beispiel einer solchen Aufgabe sei hier herausgegriffen. Eine ausführlichere Darstellung mit allen Aufgaben finden Sie auf der CD.

Aufgabe:

In Ihrem Haushalt, Auto usw. gibt es Empfangs-, vielleicht auch Sendegeräte. Bestimmen Sie physikalische Daten dieser Geräte. Versuchen Sie auch experimentell, diese Werte zu bestätigen. (Öffnen Sie keine Geräte!!! Beachten Sie die Sicherheitsvorschriften!)



Wir hatten behandelt, dass eine Antenne die Länge $\lambda/2$ haben sollte. Beim Nachmessen erhielten aber die Schüler $\lambda/4$. Das führte zu vielerlei Untersuchungen: Was passiert, wenn man die Antenne passend verlängert? Haben wir vielleicht etwas falsch gemacht? Die Diskussion zog weite Kreise bis sich die Erkenntnis verfestigte, dass wegen der Erdung (das hatte einer aus einem Lexikon) ein Ende offen ist und...

Eine Schülerin formulierte im Folgenden so:

Dann habe ich mir überlegt, wie ich die Aufgabe noch etwas füllen könnte. Mein schnurloses Telefon hat eine Frequenz 900 MHz. Die Frequenz unseres Mikrowellen-Herds hat in etwa die gleiche Frequenz. Nun haben wir im Unterricht gelernt, dass das Gitter an der Türe die Mikrowellen abschirmt. Ich lege mein Handy in die Mikrowelle und rufe es von außen an: Es läutet!/? Was ist da falsch? Entweder, ich habe etwas falsch verstanden oder wir werden hier fürchterlich verstrahlt....

Diese Idee zog auch bei anderen Schülern (und bei meinen Kollegen) jede Menge Untersuchungen nach sich und vermutlich auch meine Begeisterung spornte die Schüler zu immer neuen Ideen an, was sie noch alles untersuchen könnten.

Im Rahmen der speziellen Relativitätstheorie nach der schriftlichen Prüfung versuchte ich, das Reisetagebuch mit Simulationsprogrammen zu verknüpfen. Die Schüler konnten eine relativistische Welt auf dem Computer simulieren und sollten gleichzeitig alle Erkenntnisse mit einer Textverarbeitung als Tagebuch aufschreiben. Die Programme erlaubten eine Kopie über die Zwischenablage, so dass die Schüler ihr Tagebuch mit Bildern unterlegen konnten.

Fast ohne Hilfe entwickelten die Schüler die wesentlichen Gedanken der Relativitätstheorie selbst. Hier konnte besonders einfach differenziert werden. Gute Schüler kamen bis zum Zwillingsparadoxon, während die schwächeren sich genügend Zeit für die Grundlagen lassen konnten. Immerhin konnten am Ende alle Schüler die Längenkontraktion, die Zeitdilatation und das Problem der Gleichzeitigkeit aus den Grundannahmen der speziellen Relativitätstheorie erklären. Da jeder für sich arbeitete, entstanden keinerlei Probleme. Die Programme und HTML-Dateien finden Sie auf der CD.

Fortsetzung in Klasse 8

Die guten Ergebnisse in Klasse 13 ermutigten mich, in der Klasse 8 mit dem Tagebuch in die Physik einzusteigen. Dazu ließ ich mir Doppelstunden geben, um nicht durch den Studentakt die Muse, die für solch eine Arbeit nötig ist, zu verlieren.

In der ersten Doppelstunde zur Akustik erhielten die Schüler verschiedene Schallerzeuger mit dem Auftrag:

Wie entsteht Schall? Wann ist ein Ton hoch, tief, laut, leise?

Die Schüler entwickelten trotz ihrer Unerfahrenheit schnell recht professionelle Ideen. Z.B. legte eine Gruppe ein Papier an eine Stimmgabel, um deren Bewegung sichtbar zu machen. Die Formulierungen der Schüler im Tagebuch trafen durchweg die Sache, waren aber (verständlicherweise) noch recht unexakt. Am Ende der Doppelstunde stellten die Schüler ihre Vermutungen mit Experimenten vor.

In der Diskussion, welche zusammenfassenden Erkenntnisse nun aufzuschreiben seien, war der Begriff Schwingung unumstritten, während z.B. bei der Lautstärke lange gekämpft wurde.

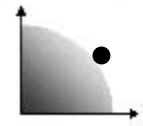
Viele Schüler wollten eine Formulierung „je stärker der Körper schwingt, desto lauter ist der Ton“ durchsetzen. Erst im Zusammenhang mit der Tonhöhe konnte man sich dann abgrenzen durch die exaktere Formulierung: „Je größer die Ausschläge der Schwingung, desto lauter...“. Für mich war es doch überraschend, mit welcher Ernsthaftigkeit die Schüler die Diskussion betrieben. Dabei waren die Mädchen sehr viel mehr an genauen Formulierungen interessiert als die Jungen.

In der zweiten Doppelstunde sollten die Schüler modellhaft eine Federschwingung untersuchen. Die Fragestellung war hier schon wesentlich offener, stellte aber für die Schüler kein Problem dar.

Untersuchung einer Feder-Schwingung mit Wägestück.

1. Die Spiral-Feder ist ein Modell für eine Schallquelle.

Modelle kennst du z.B. von der Spielzeug-Eisenbahn. Das ist zwar keine echte Eisenbahn, trotzdem hat sie viele Gemeinsamkeiten mit ihr. Physiker verwenden Modelle, um



Untersuchungen anzustellen, die an den wirklichen Geräten schwierig möglich sind.

Überlege und schreibe in dein Tagebuch:

Warum ist die Spiral-Feder ein Modell für eine Schallquelle?

Warum eignet sie sich besser für Untersuchungen als z.B. eine Stimmgabel?

2. Wir messen!

Lies in deinem Tagebuch nach: Was waren die wichtigsten Erkenntnisse, die wir über die Entstehung von Schall und die Eigenschaften von Schall festgestellt haben?

Was könnte man also an unserem Modell messen?

Schreibe genau auf, was du messen willst. Überlege, was du zur Messung brauchst. Wie wird die Messung möglichst genau? Führe deine Messung mehrmals durch und schreibe die Ergebnisse auf.

3. Jede Gruppe soll ihre Messung anschließend vor der Klasse vorstellen. Überlegt also, wer schreibt die Ergebnisse an die Tafel, wer berichtet, wer experimentiert?

Alle Gruppen maßen die Schwingungsdauer und die Amplitude oder die doppelte Amplitude, ohne diese Fachbegriffe zu verwenden. Einige Gruppen kamen auf die Idee mehrere Perioden zu messen und stellten dies stolz vor der Klasse dar. Der Einwand einer anderen Gruppe, dass dies nur möglich sei, wenn die Schwingung nicht langsamer werde, wurde von einer zweiten Gruppe entkräftet, die mit verschiedenen Anzahlen immer den gleichen Durchschnittswert ermittelt hatte. Ein (besonders guter) Schüler lieferte auch noch eine theoretische Erklärung dazu.

Insgesamt war ich schon verblüfft, wieviel Schüler selbständig zustande bringen.

Dafür nehme ich gerne in Kauf, dass Sie insgesamt weniger Experimente gesehen haben und die Begriffe Schwingungsdauer, Frequenz und Amplitude noch nicht geübt wurden, wobei sie implizit natürlich schon vorhanden waren. Natürlich gab es zu diesem Zeitpunkt noch keine Formeln, aber auch diese sollten offen geübt werden! Z.B. finden die Schüler den Zusammenhang zwischen Periodendauer und Frequenz leicht selbst, wenn man sie im Dreisatz beide Größen als gewöhnliche Brüche ausrechnen lässt. In Worten wird dann bald formuliert: Die Frequenz ist der Kehrwert der Periodendauer.

Auf der CD finden Sie die Unterlagen zu diesem Unterrichtsgang.

Mit diesen Beispielen wollte ich zeigen:

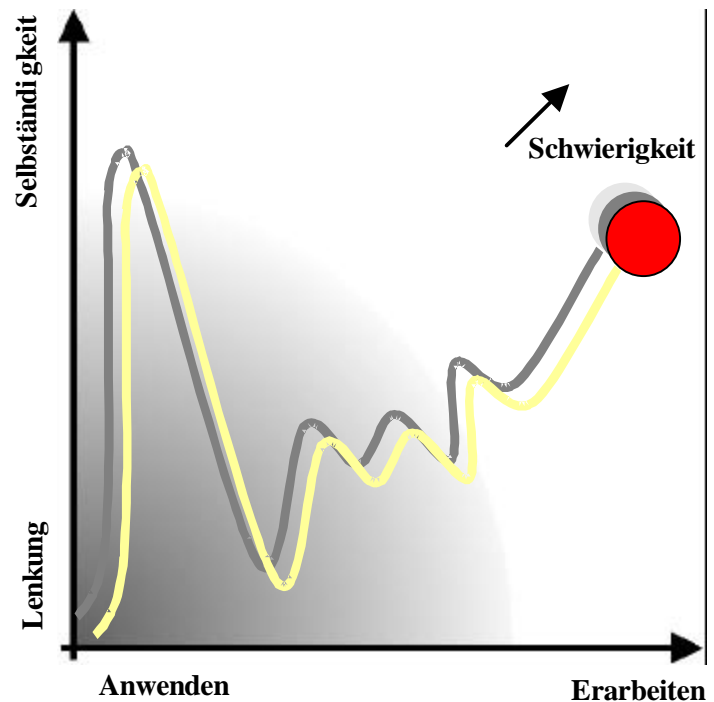
Man sollte den Unterricht nicht schlagartig öffnen, sondern behutsam immer offenere Aufgabenstellungen entwickeln. Auch kann man nicht erwarten, dass Fragestellungen mit einem Spannungsbogen über Wochen möglich sind. Erst sehr viel später kann man ein umfangreiches Thema mit wenigen Kernideen vorgeben. Dagegen funktioniert die Arbeit mit einem Tagebuch sehr schnell. Um der Sache mehr Gewicht zu geben, wurde das Tagebuch wohlwollend benotet. D.h., wenn eigenständiges Arbeiten, auch mit Fehlern, erkennbar war, wirkte sich das immer zugunsten der Note aus. Hausaufgaben, bei denen ein Aufsatz mit persönlichen Meinungen zu schreiben ist, grenzen es noch stärker von einem herkömmlichen Schulheft ab. Erfahrungsgemäß fallen die Schüler sehr schnell in gewohnte Muster des Mitschreibens zurück. So spielte der Tintenkiller (leider) eine völlig unpassende Rolle im Tagebuch.

Der Anspruch an Beschreibungen und Erklärungen darf nicht der gleiche wie bei reproduzierenden Heftaufschriften in einem fragendentwickelnden Unterricht sein. Vielmehr sollte der Lehrer sich auch über ungelenke, aber eigene Gedanken seiner Schüler freuen. Die fachsprachlich perfekte Antwort ist seltener, aber vielleicht ist der Stoff besser verstanden?

Meine Erfahrungen zeigen, dass unter diesen Voraussetzungen schon nach wenigen Wochen ein deutlich verändertes Schülerverhalten zu beobachten ist. Die Schüler fühlen sich wesentlich mehr für den Unterrichtserfolg verantwortlich, arbeiten konzentrierter und verbessern ihre Präsentationstechniken. Ich bin gespannt, wie sich dies langfristig auswirkt.

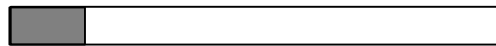
EHPU

(Eigenverantwortlicher, Handlungsorientierter Physik Unterricht) während dem gesamten Physikunterricht in der Klassenstufe 11



Voraussetzungen:

Bei den Schülern:



Man beginnt mit kleinen Dosen, die dann sukzessive erweitert werden

Organisationsbedarf bei den Kolleginnen und Kollegen:

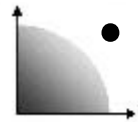


Der Organisationsbedarf sinkt mit der Routine, die sich erstaunlich schnell einstellt.

Zeitbedarf: Der hier geschilderte Unterricht umfasst alle Lehrplan-Themen des Physikunterrichts der Klassenstufe 11 (n-Profil | 32 Schüler).

Erfahrung:

- Die Schülerinnen und Schüler mussten die Methodenkompetenz - wie alles andere auch - zuerst lernen.
- Die Selbstverantwortlichkeit kann nicht verordnet oder gar erzwungen werden - sie kann nur durch Überzeugung in einem längeren Prozess erworben werden!
- Neben fachsystematischen Inhalten können auch Schlüsselqualifikationen verbessert werden.



EHPU ein ganzes Jahr in Klasse 11

... wo kommen wir her ...

Ein konventioneller Musterunterricht aus meiner Referendarzeit hatte etwa folgenden Aufbau:

1. Ein physikalisches Phänomen wird demonstriert - oder ein Thema auf andere Weise problematisiert
2. Die Problemstellung wird formuliert.
3. Hypothesen und Vorhersagen werden in einem Frage-Antwortspiel erarbeitet, die Lehrerlenkung führt dabei zwangsläufig auf das vorbereitete Experiment.
4. Das vom Lehrer angesteuerte Experiment wird durchgeführt
5. Das Ergebnis wird gesichert.
6. Anwendungsaufgaben werden gerechnet.

Eine schlechte Variante aus meiner Referendarzeit bestand aus (1.) der Demonstration eines Experiments im Frontalunterricht, (2.) einem Rätseln (...oder Suggestivfragen des Lehrers), die die gewünschte Formel aus einer Flut von Messergebnissen „hervorbrachte“ und (3.) einem unverstandenen Anwenden auswendig gelernter Größengleichungen in Rechenaufgaben.

Schon in dieser Unterrichtsweise liegen optimale Randbedingungen wohl nur dann vor, wenn die Lernportionen, die der Lehrer seinen Schülern bietet, genau die passende Größe



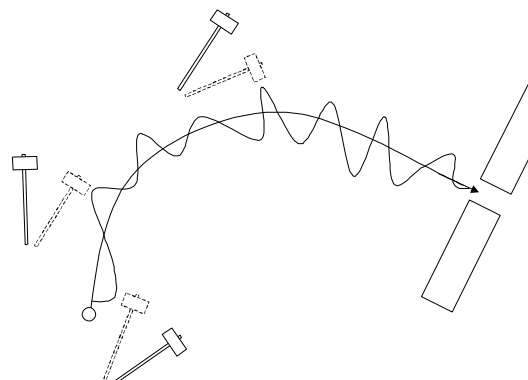
haben, um in die vorhandene Wissens-Struktur bei den Schülern zu passen. Wenn dies der Fall ist, kommt der Schüler gut mit, er findet den Stoff leicht – die Wechselwirkung zwischen Lehrer und Schüler ist optimal – die „Energieübertragung“ ist optimal. Dann gibt es den Schülertyp,

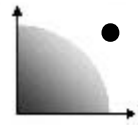
der im Unterricht nur selten Verständnisprobleme hat - er folgt dem kleinschrittigen Unterricht seines Lehrers - er kommt also relativ gut mit - der Lehrer hat keine Mühe diesen Schülertyp in die gewünschte Richtung zu schieben - der Unterricht scheint auch hier erfolgreich abzulaufen - aber bei den Klassenarbeiten versagt er häufig. ODER es gibt den schlechten Schüler, der selten etwas versteht, relativ früh im Unterricht abschaltet - dem Lehrer selten eine sinnvolle Antwort gibt und der in der Klassenarbeit schon die Aufgabenstellung nicht versteht! ODER den verhaltensauffälligen Schüler, der hochintelligent ist und der sich im „normalen Unterricht“ langweilt usw..

Die Wechselwirkung zwischen Lehrer und Schüler hängt von vielen Faktoren ab, die man nicht getrennt betrachten darf:

- Welche Präkonzepte (Vorstellungen) bringt der Schüler in den Unterricht mit?
- Welche Denkstrukturen hat der Schüler bisher aufgebaut?
- Mit welchen Methoden lernt der Schüler am besten (visueller, akustischer, ... Lerntyp)?
- Welches Selbstwertgefühl, Selbstvertrauen hat der Schüler in diesem Fach?
- Welche Erwartungshaltung bestimmt das Schülerverhalten?

„...dieser Unterricht ist bei Schülern erfolgreich, falls die Schüler nicht abstürzen, sich verlaufen oder die ganze Sache gegen die Wand fährt ...“

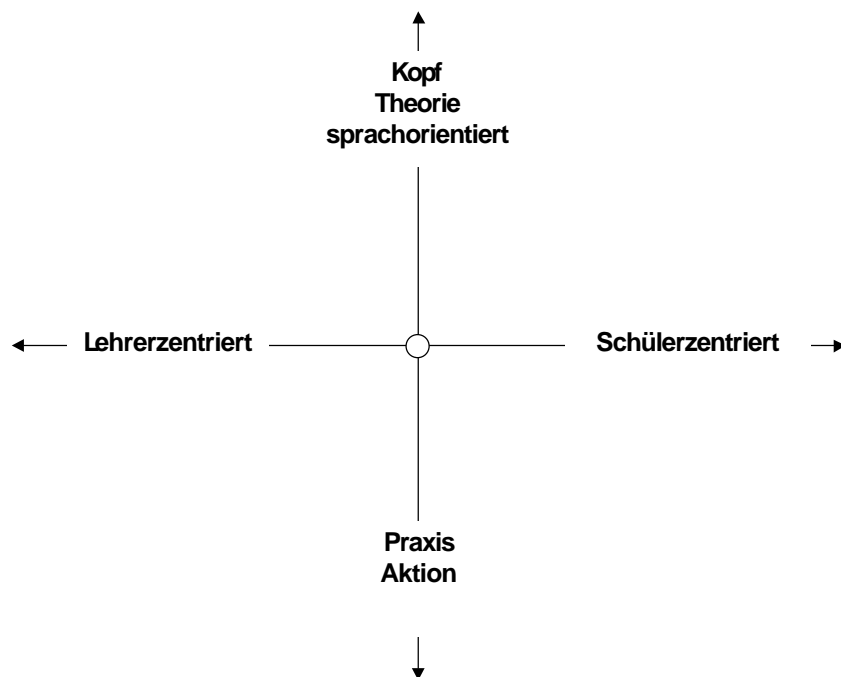


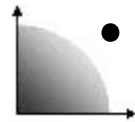


- Welches Umfeld liegt vor (Klassensituation, emotionale Lage, ...)
- Welche Motivation, Zielverhalten hat der Schüler?
- Welche Vorerfahrungen hat der Lehrer?
- Welche Denkstrukturen liegen beim Lehrer vor?
- Welche Zielvorstellungen hat der Lehrer?
- Wie bereitet der Lehrer den Wissensstoff auf?
- Welche Methoden setzt er ein?
- und so weiter ...

In einem Frontalunterricht oder in einem Lehrervortrag mit kleinschrittigen Steuerfragen kann ein Lehrer auf die völlig verschiedenen, individuell vorliegenden Randbedingungen nicht eingehen – er kann seinen Unterricht nur auf einen „fiktiven Durchschnittsschüler“ ausrichten – d.h. aber automatisch auf der einen Seite eine Unterforderung der Leistungsspitze in der Klasse und auf der anderen Seite eine Überforderung der schwächeren Schüler. Der Lehrer glaubt aber, er hätte dennoch alle Fäden in der Hand. Er bestimmt das Zeitmanagement, er gibt die Struktur vor, er überwacht minutiös jeden Schritt in der Klasse, er motiviert und kontrolliert die Mitarbeit der Schüler. Er steuert genau nach seinem Plan („...der sich schon seit Jahrzehnten bewährt und gute Abiturnoten geliefert hat...“), und er glaubt zu bestimmen, wie gelernt wird, wann gelernt wird und was gelernt wird. Häufig genug läuft in diesem „zentralen Prozess“ eine ständige Beurteilung parallel zum Lernprozess - die Schüler sind ständig unter Kontrolle und werden ständig bewertet. Diese ständige „Bewertungskultur“ führt bei den Schülern zu einem Einfühlungsvermögen – Vorahnungsvermögen - einer ganz besonderen Art – sie geben nicht ihre eigene Meinung kund, sondern sie versuchen bei jeder Lehrerfrage die gewünschte Antwort des Lehrers zu errahnen und entsprechend zu antworten – denn nur das fördert den „Fortgang der Stunde“ und nur das wird belohnt. In dieser Atmosphäre kann keine Fehlerkultur wachsen! Aber wirkliches Verstehen ist nur möglich, wenn Fehler gemacht werden dürfen!

Im Prinzip bewegt sich die Lehrkraft im folgenden Spannungsfeld:





Mehrere Untersuchungen (z.B. die Studie von Peter Häußler, Lore Hoffmann und Jürgen Rost, Universität Kiel, 1986 - z.B. die TIMS-Studie) zeigen, dass die Langzeitwirkungen des Physikunterrichts relativ bescheiden ist! Drei wichtige Punkte aus diesen verschiedenen Untersuchungen sind:

- [1.] Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Wochenstundenzahl und der späteren Physikbildung nach der Schulzeit – Also mehr Physikunterricht führt später zu mehr Physikwissen. Aber der Einfluss der **Unterrichtsqualität** übertrifft die **Unterrichtsquantität**. Unterrichtsqualität resultiert aus mehreren Faktoren - so z.B. aus einer Wissensorientierung, einer Handlungsorientierung, aus Alltagsbezügen ...
- [2.] **Entdecken, Verstehen und Anwendungsbezug** sind entscheidende Faktoren bei der Wissensvermittlung – und bei der späteren Interessenlage.
- [3.] Es ist nicht entscheidend, **welcher Teil der Physik** im Unterricht behandelt wird – zumindest bezüglich der langfristigen Wirkungen.

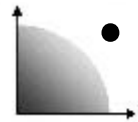
In unserer Klasse sitzen zum Teil 32 verschiedene Individuen, 32 Menschen mit völlig verschiedenen Präkonzepten und Denkstrukturen! Unsere Schülerinnen und Schüler unterscheiden sich in vielfacher Weise – in ihrem Selbstwertgefühl, in ihrem Selbstvertrauen, in ihrer Erwartungshaltung, ihrer Motivation, in ihrem Zielverhalten und in ihrem Umfeld. Die Unterrichtsqualität hängt nun ganz entschieden davon ab, wie passend der Unterricht auf diese individuellen Bedürfnisse abgestimmt ist. Diese Abstimmung bedeutet aber eine Öffnung des Unterrichts – und damit eine Veränderung der „üblichen“ Lehrerrolle?

... wo führt der Weg hin? ...

Wohl für jeden Unterricht gilt: Kein Mensch kann gezwungen werden etwas zu lernen! Also ist jeder für seinen Lernerfolg selbst verantwortlich! Wenn ich das akzeptiere, kann meine Aufgabe als Lehrer nur darin bestehen, dass ich meinen Schülern eine optimale Lernumgebung organisiere, in der sie dann selbstverantwortlich lernen können.“ Diese neue Lehrerrolle in einem „offenen Unterricht“¹ ist durch folgende Punkte gekennzeichnet:

- Ich werde in meiner Fachkompetenz gefordert!
- Ich benötige eine breite Palette an eingespielten Methoden!
- Ich beginne meinen Unterricht mit einer Reflexion der angestrebten Lernziele! Wichtige Lernziele sind für mich: (1.) Grundlagenwissen, (2.) Fachmethoden, (3.) Methodenkompetenz und Schlüsselqualifikationen auf der Schülerseite! In jedem Fall lege ich großen Wert auf den Anwendungs- und Alltagsbezug!
- Ich erfrage, reflektiere die Präkonzepte, Vorstellungen meiner Schüler, die sie in den Unterricht mitbringen.
- Ich kenne (z.T. aus einer langjährigen Erfahrung) das Wissensgeflecht und die schon vorhandenen Kompetenzen auf der Seite meiner Schüler!
- Ich erstelle auf diesem Hintergrund eine „**Lernlandkarte**“ – analog einer Straßenkarte -, die den Weg zu den angestrebten Lernzielen für meine Schüler visualisiert.
- Der Einstieg in dieses Thema erfolgt mit dieser Lernlandkarte – d.h. die Schüler sehen von Anfang an den Ausgangspunkt, das Straßennetz und das Ziel, das ich gemeinsam mit ihnen im folgenden Unterricht gehen will. Gleichzeitig haben sie mit dieser Karte eine Chance, den aktuellen Lernfortschritt und das Beziehungsgeflecht zwischen den einzelnen Lernstationen zu reflektieren und damit leichter zu lernen. Lernen erfolgt selten linear; dieses Wissensgeflecht kann der Schüler besser lernen, wenn es visualisiert wird – visualisiert in der Lernlandkarte!
- Ich versuche in jeder Unterrichtssituation die angemessene Methode zu wählen!
- Ich Sorge für den organisatorischen Rahmen
- Ich Sorge für individuelle Förderung und die Beratung meiner Schüler!
- Ich bemühe mich um optimale Randbedingungen – natürlich nur innerhalb der Grenzen, in die ich eingebunden bin.
- Ich gebe Hilfestellung bei inhaltlichen Problemen!

¹ Karteikasten, Test-Karten, 3er-Gespräch, 2 Minuten-Statement, Partnerarbeit, Abgeordneter, Sortieraufgaben, Strukturlegen, Info-Kartei, Gruppenpuzzle, Kartenlegen, Lehrervortrag, Expertenrunde – Lernlandkarten, Mindmap, Metaplan, Moderation,



- Ich regle das Lernen und Lehren mit den Schülern - Selbstverantwortung und Verantwortung füreinander!
- Ich bin bereit, einen Vertrauensvorschuss zu geben – natürlich wird dieses Vertrauen von gewissen Schülern ausgenutzt – aber nicht von allen – im Laufe der Zeit von immer weniger – und immer seltener!
- Ich trenne ganz bewußt die Lernphase von der Bewertungsphase!
- Letztlich bin ich aber für die Bewertung verantwortlich!

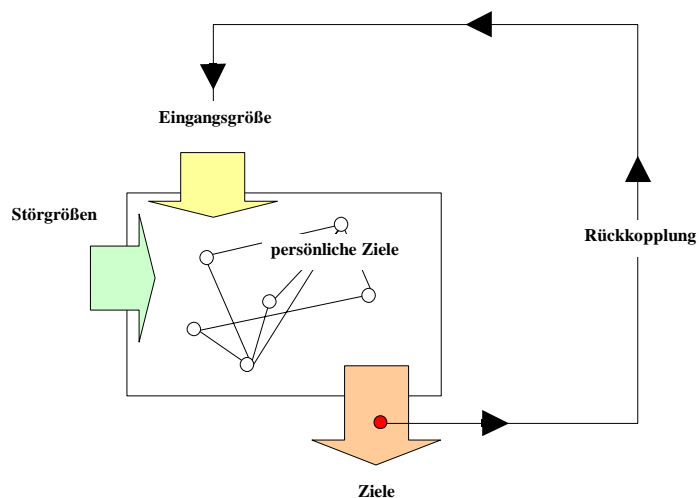
Vor allem weiß ich, dass ich die gewünschten Gruppenprozesse zwar regeln, aber nicht individuell steuern kann!

Die **Lernlandkarte** – eine Orientierungshilfe - , mit der eine Unterrichtseinheit, ein Abschnitt, ein Thema, ..., beginnt, enthält:

- ...die angestrebten Lernziele als „Marker“,
- ...Bilder, Skizzen, Graphiken,
- ...kurze Texte,
- ...die Verbindungen, die Vernetzung zwischen diesen „Markern“ als Pfeile

Alles darf in dieser Lernlandkarte eingetragen werden, was

- den Überblick, die Sicht vom Start zum Ziel fördert,
- die Orientierung während der Lernphase verbessert,
- die Zusammenhänge leicht herstellen lässt,
- hilft, das Neue in das bisherige Wissen zu integrieren.



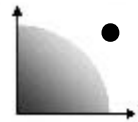
Diese Lernlandkarte sollte|muss den Schülern ständig „vor Augen sein“ – am besten hängt sie an der Wand des Fachraumes. Sie kann natürlich von Schülern ergänzt, erweitert, korrigiert und ständig verbessert werden – aber natürlich immer nur in dem oben beschriebenen Sinne!

Da das Lernen nur in sehr seltenen Fällen linear abläuft, wird diese Lernlandkarte auch im Regelfall ein Beziehungsgeflecht darstellen – genau das Beziehungsgeflecht, das als erwünschtes Ergebnis in den Köpfen der Schüler entstehen soll.

Dieses Vorgehen spart ZEIT – denn der „Stoffberg“ wird durch die gefundene Struktur kleiner, weil er übersichtlicher wird. Gleichzeitig erfolgt die Erarbeitung durch die entstehende Methodenkompetenz leichter und schneller. Gezielte Aufmerksamkeit, besseres Verständnis, weniger Missverständnisse, langfristiges Behalten und bessere Transferleistung sind weitere Kennzeichen der offenen Unterrichtsmethode.

Achtung: Man sollte aber folgende Punkte dringend beachten:

- Beim Start in diese Unterrichtsmethoden darf man nicht hoffen, dass es sofort klappt. Woher sollen die Schüler diese Methoden, diese Kompetenzen auch können?
- Die Schüler reagieren nach einer Anfangsneugierde eventuell ablehnend. Sie „lieben“ den „verhassten“ Frontalunterricht – und sind nicht unbedingt hell begeistert, wenn sie zur Selbstverantwortung geschoben werden.
- Auch mit dieser Methode kann man „gewisse Schüler“ nicht erreichen! Aber sie fallen bei dieser Methode eher auf! Aussteiger, die in einem Frontalunterricht durch das Aufmerksamkeitssieb des Lehrers fallen, werden nun wahrgenommen.

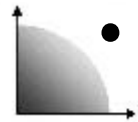


- Dieser Unterricht differenziert die Schüler – d.h. gute und sehr gute Schüler profitieren davon ganz besonders – und das fällt eventuell sogar auf. Aber auch die schwächeren und willigen Schüler lernen hier wesentlich mehr als im Frontalunterricht.
- Es ist streng darauf zu achten, dass keine selbstherrlichen Regeln aufgestellt werden – Regeln haben einen Zweck, den alle verstehen und akzeptieren! Alle achten darauf – auch der Lehrer –, dass diese Regeln eingehalten werden!
- Es ist überaus wichtig, dass Arbeitspläne aufgestellt und eingehalten werden:
 - welche Vorgaben liegen vor?
 - welche Randbedingungen sind zu beachten?
 - welche Ressourcen (Papier, Medien, Geräte, Experimente, Computer, ...) sind vorhanden?
 - wer macht was?
 - wer macht es wann?
 - woher kommt welche Information?
 - wo wird gearbeitet?
 - wie wird gearbeitet?
 - usw. ...
- Es ist wichtig, dass die Selbsteinschätzung – in der Arbeitshaltung, in der Belastbarkeit, in den eigenen Fähigkeiten, in den eigenen Kompetenzen UND in der eigenen Beurteilung der Noten geübt wird!
- Bei den Arbeitsaufträgen für die Teamarbeit achtet man auf
 - deutliche Arbeitsaufträge
 - nicht zu viel Transfer
 - Zielsetzung von Expertengruppen, Stammgruppen oder anderer Teamarbeit kann in der Lernlandkarte auftauchen - sie enthält alle Informationen, um sich im Wissensgeflecht zurechtzufinden!

... wie steht es mit Zensuren ...?

Bei der Bewertung der Teamarbeit und der Ergebnisse sind folgende Punkte eine Richtschnur:

- ⇒ Methoden-Kompetenz
 - Welche Methoden kennen die Schüler?
 - Wie werden welche Methoden beherrscht?
 - Konnten zentrale Aussagen erarbeitet werden?
- ⇒ Bezug zum Thema:
 - Ist das Thema vollständig, umfassend und sachgerecht bearbeitet worden?
 - Erfolgte eine Trennung zwischen dem Wesentlichen und dem Unwesentlichen?
- ⇒ Verständlichkeit
 - Ist die Arbeit klar und verständlich?
 - Ist eine Gliederung erkennbar?
 - Wurden Fremdworte, Fachausdrücke, Definitionen erläutert
 - Enthält die Arbeit Graphiken, Beispiele, Veranschaulichungen
 - Sind Experimente klar und verständlich dargestellt, erläutert
- ⇒ Selbständigkeit
 - Wurde die Arbeit selbständig erarbeitet – war häufige Hilfestellung notwendig?
 - Sind eigene Ideen erkennbar? Wurde selbständig recherchiert?
 - Erfolgte ein eigenständiges Planen im Team?
 - Konnte die eigene Arbeit konstruktiv kritisch beurteilt werden?
- ⇒ Soziale Kompetenz | Gruppenarbeit
 - Sind die Schüler an Gruppenarbeit gewöhnt?
 - Wie werden Konflikte gelöst?
 - Gibt es Vereinbarungen – z.B. Arbeitsregeln?
 - Ist der Schüler aktiv in der Gruppe?
 - Ist das Engagement in der Gruppe kooperativ und zielgerichtet?
 - Ist der Schüler eine Hilfe für die anderen?



- ⇒ Termineinhaltung
 - Löst er Probleme zuverlässig und termingerecht im Sinne der Gruppe?
 - Hält er die Termine ein?
 - Sind die Aufgaben zum Termin vollständig erfüllt?
 - Gibt er z.B. Protokolle fristgerecht ab?
- ⇒ Präsentation
 - Stimmt der logische Aufbau der Präsentation?
 - Ist die Präsentation sachlich richtig?
 - Ist die Sprache deutlich und gut hörbar?
 - Spricht er frei?
 - Werden Rückfragen klar und überzeugend beantwortet?
 - Sind die Experimente übersichtlich aufgebaut und werden sie kompetent demonstriert?
 - Sind die Folien anschaulich, farblich gut und klar gestaltet?
 - Werden Plakate, Modelle oder andere Medien zielgerichtet eingesetzt?

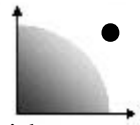
und wie sieht die Praxis aus ...?

Am Salier-Gymnasium in Waiblingen habe ich die bisher erläuterten Aspekte und Ideen in einer 11ten Klasse im Physikunterricht in einem ersten Versuch umgesetzt. Die Randbedingungen waren hierbei nicht unbedingt optimal: Die Klasse umfasste 32 Schüler – 7 Mädchen & 25 Jungen - der Unterricht fand in einem extrem engen Hörsaal mit genau 32 Stühlen an einem Dienstag (1te & 2te Stunde) und Donnerstag (6te Stunde) statt. Zu Beginn des Unterrichts war die Klasse extrem schwierig - im physikalischen Wissen und in der „Sozialkompetenz“ sehr differenziert. Viele Schüler hatten große Probleme „sich auf die Schule einzulassen“ - Zeugniseinträge, Klassenkonferenzen, Elterngespräche ...noch und noch waren deutliche Zeugnisse dieser schwierigen Lage!

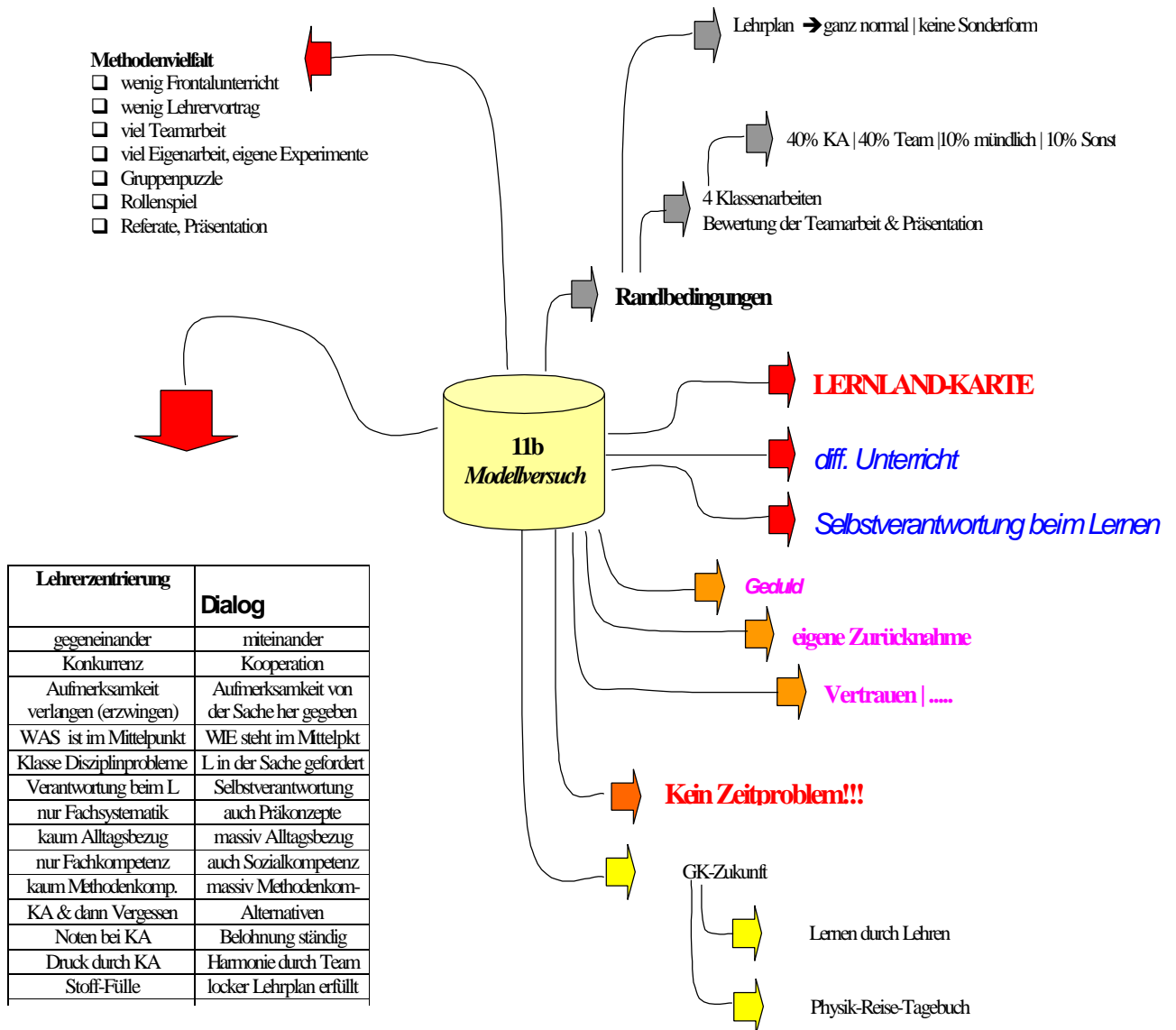
Nach diesem Unterricht war die weitgehende Meinung in der Klasse (Schülerinnen, Schüler und Lehrer!): „...Alternative Unterrichtsformen lohnen sich ...“, „...es macht mehr Spaß - ...die Physikstunde vergeht viel schneller ...“, „...man lernt mehr ...“. Nur ganz wenige Stimmen plädierten in der Evaluation für den aus Schülersicht „einfacheren Weg“ des lehrerzentrierten Frontalunterrichts. Der Klassendurchschnitt verbesserte sich - allerdings musste ich feststellen, dass sehr gute und sehr schlechte Noten selten vorkommen. Dass die glatte Note „sehr gut“ auf der einen Seite und „mgh“ auf der anderen Seite seltener vorkommen, liegt wohl hauptsächlich daran, dass bei dieser Unterrichtsgestaltung an sehr viel mehr Stellen eine Note abverlangt und wesentlich mehr Aspekte der Schülerleistung beobachtet und zensiert werden. Nach Aussagen meiner Klasse kann ein sehr guter Schüler relativ leicht punktuell auf die üblichen Klassenarbeiten lernen und bekommt damit nach dem üblichen Verfahren „leichter“ eine 1,0 - und gleichzeitig kann ein sehr schlechter Schüler häufig schon mit dem Klassenarbeitstext nichts anfangen und hat dann keine Chance, wenigstens einen Teil der Arbeit zu lösen.

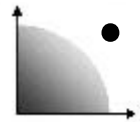
Die Klasse ist physikalisch immer noch differenziert - aber insgesamt in einem ungewöhnlichem Maße an der Physik interessiert - ein für unsere Schule erstaunlich hoher Anteil der Schülerinnen und Schüler wählte anschließend Physik als Leistungs- oder Grundkurs (...fast 40% Mädchen). Ganz auffallend war auch die Veränderung der Klasse im Bereich der Schlüsselqualifikationen - wie z.B. in der Teamfähigkeit (Planung, Modularisierung von Problemstellungen, Erstellen von Hypothesen und Modellvorstellungen und Durchführung von Experimenten) und vor allem im Bereich der sozialen Kompetenz. Die Klasse hatte sich zu einer sehr harmonischen Gruppe gewandelt – die „miteinander kann“.

Eigenverantwortlichkeit im handlungsorientierten Physikunterricht EHPU ein ganzes Jahr in Klasse 11



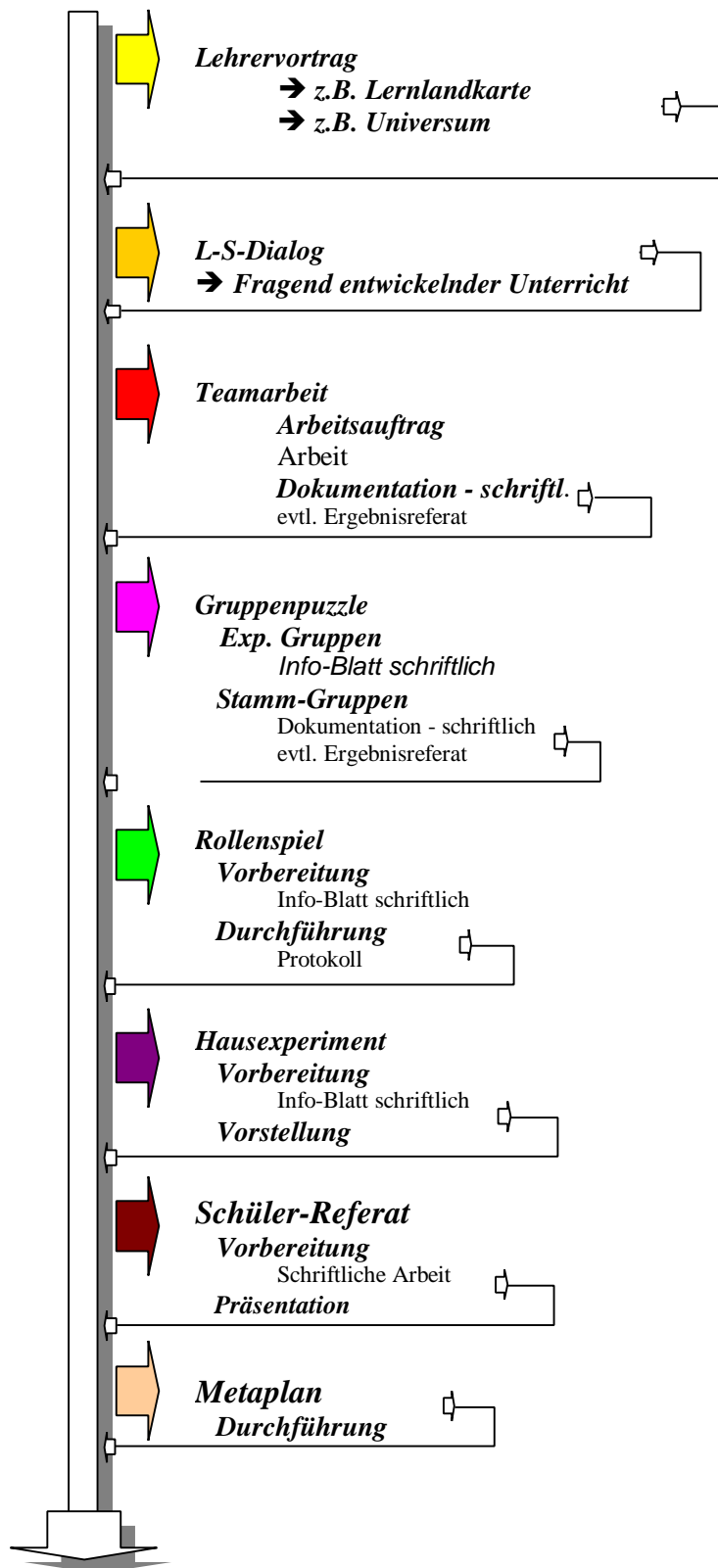
Das folgende Mindmap verdeutlicht in einem „Bild“ die wesentlichen Elemente des Unterrichts:

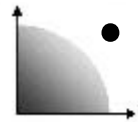




welche Arbeitsmethoden wurden eingesetzt...?

Die wesentlichen Arbeitsmethoden, die ich in diesem Unterricht eingesetzt habe, sind im folgenden Bild zu sehen:





....wie sieht die Reflexion aus ...?

In Diskussionen in Einzelgruppen und im Plenum - vor allem gegen Ende des Versuchs - haben sich folgende Punkte herauskristallisiert:

Es gibt häufig Probleme beim Wissenstransfer von Schüler zu Schüler

- ❑ Transferprobleme aus der Expertengruppe in die Stammgruppe durch schwächere Schüler - Dieses Problem konnte abgemildert werden,
 - ❑ wenn ich bei der Formulierung der Arbeitsaufträge für die Expertengruppen sensibel auf die Struktur und das Niveau achtete: Eine ganz offene Problemstellung war zwar anspruchsvoll – aber führte zu einer Überforderung | eine kleinschrittige Vorgabe verhindert wichtige Lernziele – also mußte ich auf eine sensible Dimensionierung achten!
 - ❑ wenn ich in jeder Expertengruppe zwei Schüler aus einer Stammgruppe vorsah, konnten sich diese beiden ergänzen – aber es bestand die Gefahr, dass der stärkere Schüler den schwächeren dominiert,
 - ❑ wenn ich die Besetzung der Expertengruppen als Lehrer steuerte,
 - ❑ wenn ich die Arbeitsaufträge der Stammgruppen und Expertengruppen nicht „schnitt-leer“ formulierte – ODER günstig aufeinander abstimmte. Zum Teil habe ich schwierige Punkte der vorliegenden Thematik an verschiedene Expertengruppen delegiert und von verschiedenen Seiten bearbeiten lassen. Wenn sich dann die Experten in ihrer Stammgruppe zusammenfanden, fügte sich ihr Expertenwissen „redundant“ zu einem Gesamtbild zusammen und „schwächere“ Experten wurden durch „stärkere“ Experten „gestützt“.

Gibt es Probleme bezüglich der „Auszeiten“?

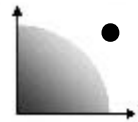
- ❑ ...auch im Frontalunterricht müssen Schüler- und Schülerinnen „Auszeiten“ nehmen. Kein junger Mensch kann 6 Stunden am Stück hochkonzentriert auf gleichem Niveau arbeiten. Diese Auszeiten setzen sich aber bei verschiedenen Schülerinnen und Schülern in verschiedenen Fächern oder in verschiedenen Stunden fest! „...in Physik verstehe ich ohnehin nichts!...“ oder „...Montags in der ersten Stunde habe ich keinen Bock...“
- ❑ Im Gegensatz zum Frontalunterricht konnte ich bei den offenen Unterrichtsformen mehrfach feststellen, dass über die große Pause hinweg gearbeitet wurde – ODER dass ich eine Schülerdiskussion abbrechen musste, weil die Schüler in die nächste Unterrichtsstunde mussten
- ❑ Natürlich wurden auch in der offenen Unterrichtsform „Auszeiten genommen“ – aber im Laufe des Schuljahres immer weniger.
- ❑ Ich bin überzeugt davon, dass vor allem die höhere Motivation die Auszeiten wesentlich reduziert hat. Die Mehrzahl der „Experten“ waren eifrig bei der Sache, weil sie wußten, dass sie anschließend in ihrer Stammgruppe zu diesen Themen etwas sagen müssen!

Gibt es Probleme durch die „Verunsicherung“ der Schüler durch diese „NEUHEITEN“!

- ❑ Grundsätzlich wollte ich von den jungen Menschen nur dann Dinge einfordern, wenn ich ihnen eine Chance gegeben habe, diese Dinge zu lernen!
- ❑ Solange meine Schüler diese Arbeitsformen noch nicht kannten, mußte ich ihnen eine Chance geben, diese zu lernen – während dieser Lernphase gab es Reibungsverluste – wurden Fehler gemacht – bei der Lehrerführung ebenso wie bei der Schülerreaktion! Ich durfte nicht erwarten, dass mir die Umstellung auf diese Unterrichtsform sofort optimal gelingt!
- ❑ Diese Umstellung brauchte Zeit und Geduld und Durchhaltevermögen und viel Vertrauen! Je länger der „selbstverantwortliche Unterricht“ lief, um so mehr wurde er in dieser Weise wahrgenommen und auch wirklich „selbstverantwortlich“ gestaltet!

Gibt es Unsicherheiten bezüglich der Leistungskontrollen

- ❑ Zunächst sollte man deutlich betonen, dass ich meine Aufgabe in erster Linie darin sah, meinen Schülern ein Umfeld zu schaffen, in dem sie eine Chance hatten etwas zu lernen.



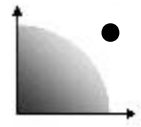
- ❑ Erst in zweiter Linie sah ich die Aufgabe, Leistungskontrollen durchzuführen – das Notengeschäft kommt in meiner Wahrnehmung meiner Aufgaben nur an zweiter Stelle! Mein Unterricht ist also **nicht** primär darauf ausgerichtet, ständig meine Schüler zu bewerten!
- ❑ Ich bin überzeugt davon, dass Lernen nur erfolgen kann, wenn meine Schüler Fehler machen dürfen (Fehlerkultur!). Ein Schüler der weiß, dass er Fehler machen darf, hat ein Umfeld, in dem er Neues ausprobieren kann, in dem er kreativ sein kann. Ein Schüler wird in einer Leistungskontrolle kein Neuland betreten, Unsicheres ausprobieren, kreativ sein, denn damit steigt das Risiko, durch einen „Fehlgriff“ eine schlechte Note „einzufahren“. Folgerung:
 - ❑ Entweder strikte Trennung zwischen der Lern- Erarbeitungsphase und der Leistungskontrolle
 - ❑ ODER deutliches Umdenken bezüglich der Leistungskontrolle – d.h. neue Wege: Risiken, kreative Momente und vor allem „erkannte Fehler“ - erkannte und bewältigte Sackgassen - werden positiv bewertet und führen zu „guten Noten“!Die vorliegende Unterrichtserfahrung vermittelt mir den Eindruck, dass diese Weiterentwicklung der Notengebung die negative Leistungskontrolle zu einem positiven Belohnungssystem werden lässt!
- ❑ Dieses Umdenken bezüglich der Leistungskontrolle konnte ich effektiv durch „Schülerklassenarbeiten“ stützen – d.h. vor einer Klassenarbeit wurden die Teams aufgefordert, aus dem aktuellen Lernstoff Klassenarbeiten zu entwerfen. Eine Aufgabe – aus dem Bereich der Reproduktion – nahm ich dann aus diesem Angebot (8 Klassenarbeiten von 8 Teams mit jeweils 4 Aufgaben liefern ein Reservoir von 32 Aufgaben!)

Erstaunlich veränderte Lehrerrolle

Immer wieder begegnet man den folgenden Argumenten: „...der Schüler soll sich das selbst beibringen, was sonst der Lehrer leistet! ...“, „...fühlt sich der Schüler nicht alleine gelassen?...“, „...wozu ist der Lehrer dann noch da? ...“, „... wie geht man mit der Veränderung in der Lehrerrolle um? ...“

Bei diesem Unterrichtsversuch veränderte sich - wie erwartet - meine Arbeit in Richtung Planung, Organisation, Unterrichtsmanagement. Ich war nicht mehr der „Alleinunterhalter“ - ich strebte einen Schüler-Lehrerdialog an! Ein kritischer Punkt war in meinem Unterricht die ständige Versuchung bei diesen Schüler-Lehrergesprächen in einen Frontalunterricht „IM KLEINEN“ zu landen. Ich bin der Überzeugung, dass Lernen in erster Linie bedeutet: gute und passende, anspruchsvolle Fragen zu formulieren – WENN dann über eine gute Schülerfrage ein echter Schüler-Lehrerdialog zustande kam, dann war das für mich eine optimale Situation! Natürlich kam auch die üblichen Schülerfrage: „...wir verstehen gar nichts, erklären Sie uns doch ...“. In dieser Situation versuchte ich keinen „Frontalunterricht im Kleinen...“ zu veranstalten – selbst wenn diese Variante immer noch wesentlich effektiver wäre als der übliche Frontalunterricht, weil der Lehrer die volle Aufmerksamkeit der Kleingruppe hat! Auf diese Schüleraktion versuchte ich mit „Impulsen“ zu reagieren: (1.) Ich setzte mich unter die Gruppe und animierte einen, den ersten Satz des Arbeitsauftrages vorzulesen, (2.) die anderen wurden aufgefordert, zu reflektieren, ob sie den Inhalt dieses Satzes verstanden haben ... (3.) war der Arbeitsauftrag in dieser Weise „analysiert“, war das Problem – bei einem guten Arbeitsauftrag – gelöst. War der Arbeitsauftrag „unpassend“ formuliert, wurde er in der Nachbereitung der Stunde verbessert. Diese Variante lieferte eine schöne Kontrolle, ob meine Arbeitsaufträge die angestrebten Lernziele auch erreichten – waren sie zu anspruchsvoll, waren sie zu trivial, waren sie zu offen, waren sie zu kleinschrittig, überforderten sie die Schüler usw....

In jeden Fall wollte ich den Eindruck vermeiden, dass meine Schüler alleine gelassen werden! Gerade eine offene Unterrichtsform verlangt die „gekonnte“ Führung durch den Lehrer! Diese Führung gestaltete sich am Anfang eng und wurde im Laufe der Zeit parallel zur Kompetenzsteigerung meiner Schüler immer offener - d.h. „differenzierter“ - nicht weniger, sondern differenzierter!



Transport der Daten für die eigene Nutzung

Alle Daten, die während dieses Schulversuches angefallen sind:

- Unterrichtsplanung
- alle Unterrichtsskizzen
- alle Lernlandkarten
- alle Folienvorlagen,
- alle Klassenarbeiten,
- alle Arbeitsblätter
- alle Ergebnisse, die von den Schülerteams formuliert wurden,
- Protokoll des Rollenspiels
- usw....

wurden unter WORD 97 im Computer erfasst. Alle Materialien, die zu diesem Thema zur Verfügung stehen, umfassen eine Datenmenge von 50MByte und können daher nur auf einer CD weitergegeben werden.