

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Kompetenzorientierter Physikunterricht in Sekundarstufe II | 3 |
| Die Leitgedanken zum Kompetenzerwerb..... | 3 |
| Der Kompetenzbereich „Kommunikation“ im Physikunterricht | 10 |
| Kompetenzen und Inhalte in den Klassenstufen 7-12 (<i>nur</i> 4-std. Kurs!)..... | 21 |
| Umsetzungsbeispiel 1: Physikalisches Tagebuch zu Schwingungen und Wellen ... | 29 |
| Planung und Ablauf | 29 |
| Kopiervorlagen | 32 |
| Umsetzungsbeispiel 2: Modellbegriffe vertiefen und vernetzen | 41 |
| Planung und Ablauf | 41 |
| Kopiervorlagen | 43 |
| Umsetzungsbeispiel 3: Karteikartenreferate zur Wiederholung der E-Lehre aus Sek. II | |
| | 45 |
| Planung und Ablauf | 45 |
| Kopiervorlagen | 47 |
| Umsetzungsbeispiel 4: Rollenspiele zur Induktion | 52 |
| Planung und Ablauf | 52 |
| Kopiervorlagen | 55 |
| Umsetzungsbeispiel 5: Präsentationstraining zur Wiederholung der E-Lehre der Sek. I | |
| | 58 |
| Planung und Ablauf | 58 |
| Kopiervorlagen | 60 |
| Kriterien | 67 |
| Umsetzungsbeispiel 6: Gruppenaufgabe zur E-Lehre der Sek. I und Einführung der | |
| Polarisation..... | 69 |
| Planung und Ablauf | 69 |
| Kopiervorlagen | 72 |

| | |
|--|-----------|
| Umsetzungsbeispiel 7: Analogien und Strukturen bei Feldern – ein Kärtchentisch..... | 79 |
| Planung und Ablauf | 79 |
| Kopiervorlagen | 81 |
| Umsetzungsbeispiel 8: Klausuraufgaben mit Schwerpunkt „Kommunikation“ und „Reflexion“ | 86 |
| Planung und Ablauf | 86 |
| Kopiervorlagen | 90 |
| Umsetzungsbeispiel 9: Textteile in Abituraufgaben trainieren | 93 |
| Planung und Ablauf | 93 |
| Kopiervorlagen | 96 |

Kompetenzorientierter Physikunterricht in Sekundarstufe II

In der Handreichung „Ph 49 Kompetenzorientierter Physikunterricht“ wurde bereits ausführlich beschrieben, auf welchem Kompetenzbegriff das Heft aufbaut und welche Rolle Kompetenzmatrices für die Planung und Einordnung des eigenen Unterrichtes sowie Leistungsüberprüfungen spielen. Das vorliegende Heft greift den dort geschilderten Kompetenzbegriff und dessen Umsetzung in den Baden-Württembergischen Bildungsstandards der Vollständigkeit halber wieder auf, jedoch sind die Ausführungen zu Kompetenzmatrices nur noch sehr verkürzt dargestellt. Für eine vertiefte Auseinandersetzung mit diesem Thema sei auf das Heft „Ph 49“ verwiesen.

Einen thematischen Schwerpunkt setzt das vorliegende Heft im Kompetenzbereich „Kommunikation“, zu dem es vielfältiges und erprobtes Unterrichtsmaterial zum Einsatz in der Sekundarstufe II bieten möchte.

Die Leitgedanken zum Kompetenzerwerb

Was verstehen wir in der Physik unter Kompetenzen?

Gerhard Ziener [1] beschreibt den Begriff der „Kompetenz“ als ein Bündel aus dreierlei Dingen: Erstens *Wissen*, zweitens *Fähigkeiten* und drittens *Einstellungen bzw. Haltungen* dazu. Für den Physikunterricht in Baden-Württemberg klären die Bildungsstandards [2], dass die Physik erstens ein *physikalisches Grundlagenwissen*, zweitens spezielle *Fachmethoden* und drittens die Möglichkeit der *Bewertung naturwissenschaftlicher Thesen und Fragestellungen* vermitteln soll.

Speziell zum Bereich der Fachmethoden benennen die „Leitgedanken zum Kompetenzerwerb“ die Fähigkeit, physikalische Phänomene genau zu beobachten und zu beschreiben, zu experimentieren, Modell- und Konzeptbildung sowie deren ständig zu hinterfragende Möglichkeiten und Grenzen.

Wer den gymnasialen Physikunterricht besucht hat, soll die Welt mit anderen Augen sehen [2a]:

„Der Physikunterricht fördert das Denk- und Vorstellungsvermögen der Schülerinnen und Schüler“. Schülerinnen und Schüler sollen „physikalische Fragen erkennen und sachgerechte Entscheidungen treffen können, die die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen“.

Letztlich bildet der Physikunterricht die Schülerinnen und Schüler dazu aus, Verantwortung für Mensch und Umwelt zu übernehmen, aktiv Lösungsansätze für die großen globalen Probleme der Gegenwart und der Zukunft zu finden [2a]:

„Der Physikunterricht soll so aufgebaut sein, dass die Lernenden in der Lage sind, an der zukunftsfähigen Gestaltung der Weltgesellschaft – im Sinne der Agenda 21 – aktiv und verantwortungsvoll mitzuwirken und im eigenen Lebens-

umfeld einen Beitrag zu einer gerechten, umweltverträglichen und nachhaltigen Weltentwicklung zu leisten.“

Die in der Physik vermittelten und ausgebauten Kompetenzen sollen also dazu beitragen, aus den Schülerinnen und Schülern verantwortungsvolle, kritisch reflektierende und handelnde Bürgerinnen und Bürger mit technisch-naturwissenschaftlichem Sachverstand zu machen.

Welche übergeordneten Kompetenzen strebt der Physikunterricht an?

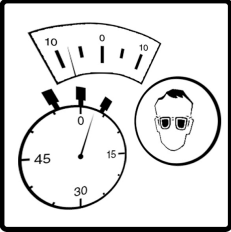


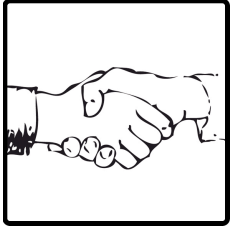
Die folgende Tabelle gibt die in den Leitgedanken zum Kompetenzerwerb an verschiedenen Stellen genannten vier übergeordneten Kompetenzen an, die der gymnasiale Physikunterricht in Baden-Württemberg anstrebt: Im Bereich der Erkenntnisgewinnung sind dies physikalische Fachmethoden, es sind Kompetenzen aus dem Bereich der Kommunikation, die Reflexion des eigenen Handelns bzw. die Bewertung von Fragen aus dem Alltag nach physikalischen Gesichtspunkten sowie personale und soziale Kompetenzen. Die ersten drei dieser genannten Kompetenzbereiche (Fachmethoden, Kommunikation und Reflexion) orientieren sich an Begrifflichkeiten, die von der EPA für Abiturprüfungen vorgegeben wurden. Sie wurden jedoch in diesem Heft – jeweils in Klammern dahinter stehend – um die im Rahmen der KMK-Bildungsstandards eingeführten Begrifflichkeiten ergänzt.

Diese übergeordneten Kompetenzen finden sich als Kopf jedes der im Heft abgedruckten Unterrichtsbeispiele in Form einer Visualisierung in Matrixform sowie einer Bewertung, welche Kompetenzbereiche mit dem jeweiligen Material besonders trainiert werden.

Diese Art der Darstellung soll der Leserin bzw. dem Leser einen schnellen Überblick über die in der jeweiligen Einheit angestrebten Kompetenzen ermöglichen. Unterstützt werden soll der schnelle Überblick durch die den übergeordneten vier Kompetenzen zugeordneten Piktogramme, welche sich ebenfalls vor jeder Unterrichtseinheit wiederfinden.

Alle in diesem Heft abgedruckten Unterrichtsmaterialien haben den Schwerpunkt an Trainingsintensität ganz bewusst im Kompetenzbereich Kommunikation, da gerade dazu bisher zu wenig einfache Beispiele für den kompetenzorientierten Physikunterricht publiziert wurden.

Ergänzt werden die übergeordneten Kompetenzen durch die Bildungsstandards für die Klassenstufen 8 und 10 sowie die Kursstufe. Diese finden sich in strukturierter Form in der Tabelle auf den Seiten nach der Beschreibung zum Kompetenzbereich Kommunikation in Physik wieder. Alle Kurzbenennungen in den Unterrichtseinheiten beziehen sich auf in diesem Abschnitt abgedruckte Tabelle.

| Bereiche | Symbol | Wortlaut |
|-----------------------------------|---|---|
| Fachmethoden |  | <p>Die Fachmethoden der Physik werden an geeigneten Physik-Inhalten vermittelt, hierbei spielen physikalische Konzepte, Modelle und Strukturen eine wichtige Rolle. Fachmethoden und Fachinhalte bauen eine für andere Fächer/Fächerverbünde nutzbare Denk- und Arbeitshaltung auf.</p> |
| | | <p>Die Physik erfordert ein klares Erfassen und Mitteilen von Sachverhalten, die Beobachtung von quantitativ erfassbaren Größen, die Formulierung von Hypothesen und Modellvorstellungen und daraus resultierenden Vorhersagen, die experimentell überprüft werden können. Hierbei ist die Reduzierung von komplexen Randbedingungen auf eine experimentell erfassbare Problemsituation ein entscheidender Faktor.</p> |
| Kommunikation |  | <p>Voraussetzung für den Aufbau eines tragfähigen Physikverständnisses ist eine hinreichende Lesefähigkeit. Sie wird in der Physik mit der Fähigkeit zur Verbalisierung physikalischer Problemstellungen, zur Veranschaulichung in Bildern, zur Benutzung der Fachsprache und zur Darstellung in einer mathematischen Schreibweise weiter ausgebaut.</p> |
| | | <p>Der Physikunterricht bietet vielfältige Möglichkeiten, die sprachliche Bildung der Schülerinnen und Schüler zu fördern, da neben mathematischen Formulierungen auch das Sprechen, das Schreiben und das Argumentieren eine wichtige Rolle spielen.</p> |
| Reflexion |  | <p>Wichtig ist auch das Verständnis von grundlegenden physikalischen Konzepten und Modellen, deren Tragfähigkeit ständig hinterfragt werden muss, um die Grenzen physikalischen Denkens erkennen zu können. Schlussfolgerungen zu ziehen bedarf der Fähigkeit, Informationen und Daten auf der Grundlage physikalischer Gesetze zu beurteilen, auszuwählen und anzuwenden.</p> <p>Der Physikunterricht soll so aufgebaut sein, dass die Lernenden in der Lage sind, an der zukunftsfähigen Gestaltung der Weltgesellschaft – im Sinne der Agenda 21 – aktiv und verantwortungsvoll mitzuwirken und im eigenen Lebensumfeld einen Beitrag zu einer gerechten, umweltverträglichen und nachhaltigen Weltentwicklung zu leisten.</p> |
| Personale und soziale Kompetenzen |  | <p>Das im Physikunterricht erworbene Grundlagenwissen und die dort gelernten Fachmethoden können im Alltag gewinnbringend eingesetzt werden. Neben der Entwicklung kognitiver Fähigkeiten muss der Physikunterricht auch die emotionalen Bedürfnisse der Schülerinnen und Schüler berücksichtigen und ihre personale und soziale Kompetenz fördern. So werden bei Teamarbeit und im Physik-Praktikum vor allem die kooperativen Fähigkeiten entwickelt.</p> |

Wie soll der Physikunterricht gestaltet sein, damit der beschriebene Kompetenzerwerb darin stattfinden kann?

In den „Didaktischen Grundsätzen“ der Leitgedanken finden sich viele Hinweise zur Unterrichtsgestaltung [2a]:

- Der Unterricht soll von den *Schülervorstellungen* bzw. *Präkonzepten* ausgehen. Das bedeutet insbesondere, dass die Konzepte der Schülerinnen und Schüler bekannt sein müssen, man muss sie also erheben (z. B. durch Fragebögen vor einer Unterrichtseinheit).
- Auch die Entwicklung der *Sprachebene im Unterricht* ist wichtig: Zunächst muss die Muttersprache der Schülerinnen und Schüler im Physikunterricht ihren Raum bekommen. Erste Beobachtungen werden daher von den Lernenden in ihren eigenen Worten formuliert, erst im Anschluss werden die Fachsprache und geeignete Modellebenen zur Beschreibung der Sachverhalte behutsam eingeführt. Am Ende des Lernprozesses sollen die Schülerinnen und Schüler die neuen Lerninhalte in der physikalisch richtigen Form beschreiben können. Das vorliegende Heft setzt genau bei diesem Aspekt des Physikunterrichtes seinen inhaltlichen Schwerpunkt.
- Der Physikunterricht soll *Mädchen und Jungen* gleichermaßen ansprechen und fördern. Während technische Aspekte häufiger von Jungen als von Mädchen als interessant wahrgenommen werden, ist der Bezug zu Mensch und Natur etwas, was oft beide Geschlechter anspricht. Daher sollten Fragestellungen wie „Wie wirkt sich ... aus?“ ebenso Teil des Unterrichtes sein wie Fragen der Form „Wie funktioniert ...?“. Weibliche Vorbilder sind zwar im Bereich der Physik immer noch selten, aber ihr Wirken sollte zum Unterrichtsthema werden (z. B. die Biographien von Lise Meitner und Marie Curie beim Thema „Struktur der Materie“).
- Auf der Ebene der *Unterrichtsmethodik* muss neben frontalen Unterrichtsformen das *entdeckende, handlungsorientierte Lernen im Team* eine tragende Rolle spielen. Eng damit verbunden sind *offene Problemstellungen* und entdeckendes Lernen, die verschiedene Vorgehens- und Lösungsweisen zulassen. Einen festen Platz im Physikunterricht haben auch *Schülerreferate* und *Experimentalvorträge*, die den Kompetenzerwerb für die Schülerinnen und Schüler spürbar machen. Ohne unterrichtliche Methodenvielfalt sind Kompetenzen im Sozialbereich sowie viele Kompetenzen im Zusammenhang mit der naturwissenschaftlichen Arbeitsweise nicht zu erreichen! Zudem ermöglichen Schülerarbeitsaufträge eine spürbare *Binnendifferenzierung*, so dass den unterschiedlichen Kompetenzniveaus der Lernenden Rechnung getragen werden kann.
- Die Physik als Naturwissenschaft pflegt einen beispielhaften Umgang mit Fehlern, der im Unterricht unbedingt ebenfalls transportiert werden soll. Fehler können auftreten in Messprozessen, aber auch beim Lernen. Solche Fehler sind nicht zu unterdrücken, sondern als Lernchancen zu nutzen. In den Bildungsstandards ist dazu zu lesen:
„Fehler werden in der Lernphase zwangsläufig gemacht und gehören zum Lernprozess ... Vor allem im handlungsorientierten Unterricht, bei der Teamarbeit oder im Physik-Praktikum können die Denk- und Arbeitswege der einzelnen Schülerinnen und Schüler beobachtet werden. Auf diese Weise kann die Lehrkraft bei individuellen Problemen helfen.“ [2a]

Eine Darstellung des kompetenzorientierten Unterrichtes von J. Leisen bzw. des Studienseminars Koblenz [3;4] versucht, die Akzentverschiebung vom herkömmlichen zum kompetenzorientierten naturwissenschaftlichen Unterricht mit Hilfe des „Lernfermenter-Modells“ zu beschreiben, welcher schematisch in Abbildung 1 dargestellt werden soll:

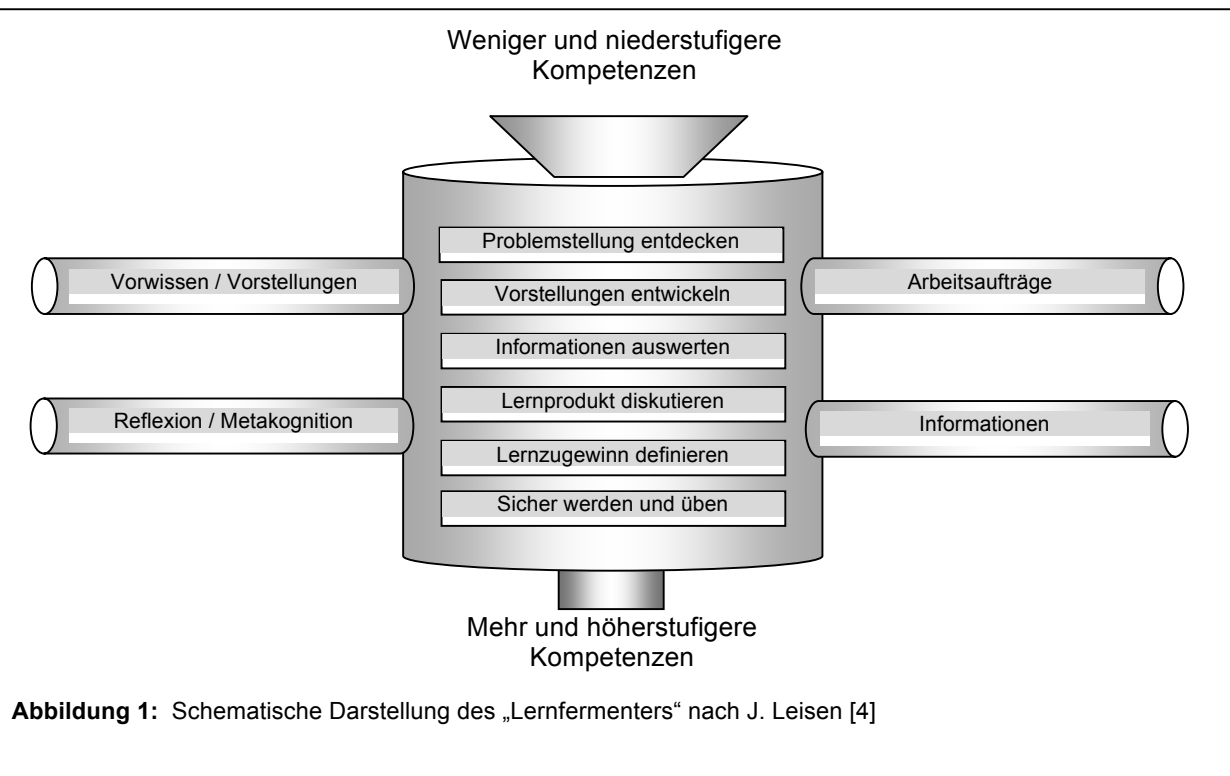


Abbildung 1: Schematische Darstellung des „Lernfermenters“ nach J. Leisen [4]

Betrachtet wird der im „Lernfermenter“ stattfindende Lernprozess und nicht mehr – wie bisher üblich – vorrangig der Lehrprozess. Das Lernen wird in die sechs Lernschritte „Problemstellung entdecken“, „Vorstellungen entwickeln“, „Informationen auswerten“, „Lernprodukt diskutieren“, „Lernzugewinn definieren“ und „Sicher werden und üben“ eingeteilt. Diese Schritte laufen während des Lernens im „Lernfermenter“ ab, wobei die Geschwindigkeit und die Frequenz der Durchläufe durch diese Schritte individuell sehr unterschiedlich ausfallen können. Leisen ergänzt dazu [3]:

„Ein Fermenter ist ein „Gärtopf“ (= Lernsituationen), in dem minderwertige „Rohstoffe“ (= Kompetenzen vor dem Lernen) durch einen „Gärprozess“ (= Lernprozess) in eine höherwertiges „Gärprodukt“ (= Kompetenzen nach dem Lernen) veredelt werden. Im Lernfermenter werden weniger und niederstufigere Kompetenzen zu mehr und höherstufigen Kompetenzen veredelt. Im Lernfermenter reifen die Kompetenzen im Lernprozess heran. Ein bekanntes Beispiel für einen Fermenter ist der Sudkessel einer Brauerei. Der „Gärprozess“ (= Lernprozess) wird z. B. vom Braumeister (= Lehrkraft) von außen überwacht und durch Zuflüsse gesteuert. Zwischendurch zieht der Braumeister immer wieder Proben, um den „Gärstand“ (= Lernstand) zu überprüfen (= diagnostizieren).“

Die Lehrkraft hat die Aufgabe, diesen Lernprozess zu steuern, wobei ihr verschiedene Mechanismen zur Steuerung bzw. „Zuflüsse zum Lernfermenter“ zur Verfügung stehen.

Den ersten Steuerungsmechanismus stellt dabei die *Aktivierung von Vorwissen und Schülervorstellungen* dar. Dies kann methodisch sehr abwechslungsreich geschehen, wie auch

die im Rahmen der ZPG stattfindende Fortbildungsreihe zum kompetenzorientierten Physikunterricht eindrücklich darstellt: Die Lehrkraft kann mittels individuellen Fragebögen oder auch bereits bestehenden Kompetenztests Vorstellungen und Vorwissen ermitteln, Besprechungen in Schüler-Kleingruppen entlang vorbereiteter Fragebögen, Concept Cartoons, die schriftliche oder mündliche Bewertung von vorbereiteten Zitaten, Problemstellungen verschiedenster Art – insbesondere mit Alltagsbezug – oder auch Begriffsnetze können dabei hilfreich sein [5].

Die zweite Möglichkeit der Steuerung des Lernprozesses hat die Lehrkraft über ihre *Arbeitsaufträge*, welche nach Leisen die entscheidende Stellgröße im Kompetenzentwicklungsprozess sind. Arbeitsaufträge berücksichtigen Kompetenzstand („Gärzustand“), sie zielen auf ein auswertbares Lernprodukt und legen den Weg dorthin offen, sie sind gestuft und individualisiert und beinhalten Strategien für Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung. Gut zu verbinden sind Schülerarbeitsaufträge u. a. auch mit dem Lerntagebuch oder Forschungstagebuch.

Die dritte Steuerungsmöglichkeit sind die *Informationen*, die die Lehrkraft an die Schülerinnen und Schüler gibt. Die Möglichkeiten für den Informationstransfer sind ebenso bekannt wie vielfältig: Lehrervortrag, fragend-entwickelnder Unterricht, Filme und Recherchen, diverse Medien etc. Mit der Wahl des Informationstransfers wird mehr oder weniger steuernd in den Lernprozess eingegriffen.

Als vierte und letzte Steuermöglichkeit nennt Leisen die *Reflexion* bzw. *Metakognition*. Diese kann z. B. durch bewertendes Vergleichen unterschiedlicher Lernprodukte durch Schüler geschehen, auch denkbar im Lerntagebuch. Der Lernzuwachs kann durch vergleichende Tests vor und nach einer Unterrichtssequenz erfahrbar gemacht werden, auch einige der „Methodenwerkzeuge“ [5] sind durchaus geeignet, Schülerinnen und Schülern nochmal zum Strukturieren und Überdenken ihres Wissens anzuregen. In diesem Heft findet sich am Ende jeder Einheit eine kleine Kompetenzeinstufung, die Schülerinnen und Schüler selbst durchführen können, aber auch in Partnerarbeit, um sich gegenseitig eine Rückmeldung geben zu können (s. auch „Faltblätter“ aus dem ZPG-Material [5]). Auch der Lernweg selbst kann zum Gegenstand des Unterrichtes werden, indem z. B. verschiedene Lerntagebuch-Einträge miteinander verglichen werden.

Auf der folgenden Seite finden sich die Erläuterungen zum thematischen Schwerpunkt dieses Heftes, dem Kompetenzbereich Kommunikation, sowie eine Tabelle der Bildungsstandards der einzelnen Jahrgangsstufen.

Literatur und Quellenangaben:

- [1] Ziener, Gerhard: *Bildungsstandards in der Praxis. Kompetenzorientiert unterrichten*, (Klett/Kallmeyer) Seelze-Velber 2006
- [2] Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.): *Bildungsplan 2004. Allgemein bildendes Gymnasium*, Stuttgart 2004
- [2a] Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.): *Bildungsplan 2004. Allgemein bildendes Gymnasium*, Stuttgart 2004, S. 180
- [3] Kompetenzorientiertes Lehren und Lernen in <http://www.studienseminar-koblenz.de/bildungswissenschaften/lernfermenter.htm>
- [4] J. Leisen: *Ausrichtung des Physikunterrichts an Kompetenzen – Was folgt daraus für Lehrer und für Schüler?*, Vortrag auf dem Didaktik- Workshop TU-Karlsruhe 23.5.2008
- [5] Modul 9 der ZPG Physik 2009 in <http://lehrerfortbildung-bw.de/faecher/physik/gym/fb1>

Der Kompetenzbereich „Kommunikation“ im Physikunterricht

Warum „Kommunikation“ im Physikunterricht?

Ein Blick auf die einheitlichen Prüfungsanforderungen (EPA) und Bildungsstandards

In der im Rahmen der Einheitlichen Prüfungsanforderungen für das Abitur (EPA) des Jahres 2004 entstandenen Kompetenzmatrix werden für das Fach Physik vier Kompetenzbereiche genannt:

- **Fachkenntnisse:** Physikalisches Wissen erwerben, wiedergeben und nutzen
- **Fachmethoden:** Erkenntnismethoden der Physik sowie Fachmethoden beschreiben und nutzen
- **Kommunikation:** In Physik und über Physik kommunizieren
- **Reflexion:** Über die Bezüge der Physik reflektieren

Nimmt man die Kurz-Beschreibung für die Anforderungsbereiche mit auf, ergibt sich die auf der folgenden Seite abgedruckte Kompetenzmatrix (nach [1]), deren Kurzform sich so darstellen lässt:

| | | Kompetenzbereiche | | | |
|----------------------|-----|--|--|--|--|
| | | Fachkenntnisse | Fachmethoden | Kommunikation | Reflexion |
| Anforderungsbereiche | I | Wiedergeben von Sachverhalten | Beschreiben und Einsetzen von Fachmethoden | Darstellen von Sachverhalten in vorgegebenen Formen | Angeben von Bezügen |
| | II | Anwenden von Sachverhalten eines bestimmten Gebietes | Anwenden von Fachmethoden | situationsgerechtes Anwenden von Kommunikationsformen | Herstellen einfacher Bezüge und Wiedergeben von Bewertungsansätzen |
| | III | problembezogenes Erarbeiten, Einordnen, Nutzen und Werten von Wissen | problembezogenes Auswählen und Anwenden von Fachmethoden | situationsgerechtes Auswählen und Einsetzen von Kommunikationsformen | Herstellen von Bezügen und Bewerten von Sachverhalten |

Kompetenzmatrix der EPA-Physik

Letztlich fällt bei genauerem Lesen auf, dass viele dieser vier Kompetenzbereiche natürlich nicht ganz trennscharf sind, ja sogar ineinander übergehen. Speziell der Bereich „Kommunikation“ spielt beispielsweise in allen anderen Bereichen eine große Rolle: Jede der geforderten Anforderungsbereiche ist zwingend mit einer sinnvollen Art der mündlichen oder schriftlichen Vermittlung verbunden.

| Fachkenntnisse | Fachmethoden | Kommunikation |
|--|--|---|
| <p>Wiedergeben von Sachverhalten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wiedergeben von einfachen Daten und Fakten sowie von Begriffen, Größen und Einheiten und deren Definitionen • Wiedergeben von einfachen Gesetzen und Formeln sowie deren Erläuterung • Entnehmen von Informationen aus einfachen Texten | <p>Beschreiben und Einsetzen von Fachmethoden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufbauen eines einfachen Experiments nach vorgelegtem Plan oder eines bekannten Experiments aus der Erinnerung • Beschreiben eines Experiments • Durchführen von Messungen nach einfachen Verfahren • Umformen von Gleichungen und Berechnen von Größen aus Formeln • sachgerechtes Nutzen einfacher Software • Auswerten von Ergebnissen nach einfachen Verfahren | <p>Darstellen von Sachverhalten in verschiedenen Formen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Darstellen von Sachverhalten in Darstellungsformen (z.B. Tabelle, Text, Bild, Diagramm, Mindmap) • mündliches oder schriftliches Beantworten von Fragen zu einfachen physikalischen Sachverhalten • schriftliches oder mündliches Präsentieren einfacher Sachverhalte • fachsprachlich korrektes Fassen von Sachverhalten • Kommunizieren einfacher Argumente und Beschreibungen |
| <p>Anwenden von Sachverhalten eines abgegrenzten Gebietes</p> <ul style="list-style-type: none"> • fachgerechtes Wiedergeben von komplexeren Zusammenhängen • Auswählen und Verknüpfen von Daten, Fakten und Methoden eines abgegrenzten Gebietes • Entnehmen von Informationen aus komplexeren Texten | <p>Anwenden von Fachmethoden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Übertragen von Betrachtungsweisen und Gesetzen • Selbstständiger Aufbau und Durchführung eines Experiments • Planen einfacher experimenteller Anordnungen zur Untersuchung vorgegebener Fragestellungen • Gewinnen von mathematischen Abhängigkeiten aus Messdaten • Auffinden der relevanten physikalischen Variablen eines Vorgangs • Erörtern von Fehlerquellen und Abschätzen des Fehlers bei Experimenten • Erörtern des Gültigkeitsbereichs von Modellen und Gesetzen • Optimieren von Modellen hinsichtlich eines Realexperiments • Nutzen von Modellbildungssystemen zur Überprüfung oder zur graphischen Veranschaulichung physikalischer Abhängigkeiten • mathematisches Beschreiben physikalischer Phänomene • begründetes Herleiten der mathematischen Beschreibung | <p>Situationsgerechtes Anwenden von Sachverhalten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Strukturieren und schriftliches oder mündliches Präsentieren komplexerer Sachverhalte • adressatengerechtes Darstellen von Sachverhalten in verständlicher Form • Führen eines Fachgesprächs auf seinem Niveau zu einem Sachverhalt • fachsprachliches Fassen umgangssprachlich formulierter Sachverhalte • präzises Kommunizieren einfacher Sachverhalte und Beschreibungen |
| <p>Problembezogenes Erarbeiten, Einordnen, Nutzen und Werten von Wissen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Auswählen und Verknüpfen von Daten, Fakten und Methoden • problembezogenes Einordnen und Nutzen von Wissen in verschiedenen inner- und außerphysikalischen Wissensbereichen • Entnehmen von Informationen aus komplexen Texten | <p>Problembezogenes Auswählen und Anwenden von Fachmethoden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entwickeln eigener Fragestellungen bzw. sinnvolles Präzisieren einer offenen Aufgabenstellung • Planen und gegebenenfalls Durchführen und Auswerten eigener Experimente für vorgegebene Fragestellungen • Erheben von Daten zur Überprüfung von Hypothesen • Entwickeln alternativer Lösungswege, wenn dieses in der Aufgabenstellung gefordert wird • Entwickeln neuer Modellelemente mit einem Modellbildungssystem • begründetes Herleiten der mathematischen Beschreibung eines physikalischen Sachverhaltes | <p>Kommunikationsformen situationsgerecht wählen und einsetzen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analysieren komplexer Texte und daraus gewonnenen Erkenntnisse • Beziehen einer Position zu einem Sachverhalt, Begründen und Vertreten dieser Position in einem fachlich korrekten Diskurs • Darstellen eines eigenständig bei komplexeren Sachverhalt für ein bestimmtes Publikum (z.B. in einer Facharbeit) • präzises Kommunizieren naturwissenschaftlicher Argumentationsketten |

Wenden wir uns der genauen Beschreibung des Kompetenzbereiches „Kommunikation“ in den EPA der Physik zu, finden sich dort folgende Beschreibungen [1]:

„In Physik und über Physik kommunizieren

Die Prüflinge

- verfügen über Methoden der Darstellung physikalischen Wissens und physikalischer Erkenntnisse in unterschiedlichen Formen (z. B. Sprache, Bilder, Skizzen, Tabellen, Graphen, Diagrammen, Symbole, Formeln),
- verfügen über eine angemessene Fachsprache und wenden sie sachgerecht an,
- haben Erfahrungen im adressaten- und situationsgerechten Präsentieren von physikalischem Wissen, physikalischen Erkenntnissen, eigenen Überlegungen und von Lern- und Arbeitsergebnissen,
- haben Erfahrungen im diskursiven Argumentieren auf angemessenem Niveau zu physikalischen Sachverhalten und Fragestellungen.“

Insbesondere erfordert die Erfüllung all dieser genannten Kriterien der EPA auch die genaue Kenntnis der EPA-Operatoren, damit die Schülerinnen und Schüler in jedem Falle auch wissen, welche Aufgabenformulierung welche Arbeiten genau von ihnen verlangt.

Der hier formulierte Anspruch der „angemessenen Fachsprache“ ist für die Schülerinnen und Schüler oft nicht einfach zu erfüllen, in vielen Fällen ist er sogar neben den verlangten Rechenfertigkeiten einer der tragenden Gründe, weshalb Physik in der Kursstufe abgewählt wird.

Die im vorliegenden Heft beschriebenen Umsetzungsbeispiele verfolgen alle auf sehr unterschiedlichem Wege das Ziel, bei den Schülerinnen und Schülern kommunikative Kompetenzen zu schulen und zu stärken. Dies wird durch das Führen eines Lerntagebuchs entlang von Arbeitsaufträgen (Umsetzungsbeispiel 1), unterschiedlich methodisch umgesetzte Beschreibungsübungen (Umsetzungsbeispiele 2, 3 und 5), Teamarbeiten mit Experimenten (Umsetzungsbeispiel 5 und 6), einen Kärtchentisch (Umsetzungsbeispiel 7), Klausuraufgaben mit dem Schwerpunkt Kommunikation (Umsetzungsbeispiel 8) und die Bewertung vorliegender Schüler-Lösungen zu beschreibenden Abitursaufgaben (Umsetzungsbeispiel 9) angeregt.

Falls man die Umsetzungsbeispielen den Feldern der EPA-Kompetenzmatrix zuordnen wollte, was – wie bereits erwähnt – nicht exakt und trennscharf möglich ist, aber doch eine erste Klassifikation hinsichtlich des Anforderungsbereiches ermöglicht, könnte man dies zum Beispiel folgendermaßen versuchen:

Der **Anforderungsbereich I** im Kompetenzbereich Kommunikation wird trainiert ...

- ... in *allen* dargestellten Umsetzungsbeispielen durch die Darstellung von Sachverhalten in verschiedenen Darstellungsformen
- ... in den Umsetzungsbeispielen 1; 5 und 8 durch mündliches oder schriftliches Beantworten von Fragen zu einfachen physikalischen Sachverhalten
- ... in den Umsetzungsbeispielen 2; 3; 5; 6 und 8 durch schriftliches oder mündliches Präsentieren einfacher Sachverhalte
- ... in den Umsetzungsbeispielen 3; 5 und 7 durch fachsprachlich korrektes Fassen einfacher Sachverhalte

... in den Umsetzungsbeispielen 5; 6 und 7 durch das Kommunizieren einfacher Argumente und Beschreibungen.

Der **Anforderungsbereich II** im Kompetenzbereich Kommunikation wird trainiert ...

- ... in den Umsetzungsbeispielen 1; 2; 3; 4 und 7 durch das Strukturieren und schriftliches oder mündliches Präsentieren komplexerer Sachverhalte
- ... in den Umsetzungsbeispielen 4 und 9 durch das adressatengerechte Darstellen physikalischer Sachverhalte in verständlicher Form
- ... in den Umsetzungsbeispielen 2; 6 und 7 durch das Führen von Fachgesprächen auf angemessenem Niveau zu den gegebenen Sachverhalten
- ... im Umsetzungsbeispiel 4 durch das fachsprachliche Fassen umgangssprachlich formulierter Sachverhalte
- ... in allen Umsetzungsbeispielen durch präzises Kommunizieren einfacher Argumente und Beschreibungen.

Je nach Tiefe der Beschäftigung mit der Sache wird auch der **Anforderungsbereich III** im Kompetenzbereich Kommunikation trainiert ...

- ... in Umsetzungsbeispiel 1 durch das Analysieren komplexer Darstellungen und der darauf gewonnenen Erkenntnisse
- ... in Umsetzungsbeispiel 8 durch das Beziehen einer Position zu einem physikalischen Sachverhalt, durch das Begründen und Verteidigen dieser Position in einem fachlichen Diskurs
- ... in den Umsetzungsbeispielen 8 und 9 durch das präzise Kommunizieren naturwissenschaftlicher Argumentationsketten.

Im folgenden Abschnitt sollen die Befunde aus Studien, die rund um das Thema „Sprache und Physikunterricht“ vorliegen, in Kurzform vorgestellt werden, sowie eine Analyse des Kompetenzbereiches „Kommunikation“ im realen Physikunterricht gegeben werden.

Warum ist es so schwer, über Physik zu sprechen?

Ein Blick in die Empirik zu „Sprache und Physikunterricht“

Als Physiklehrkraft kennen Sie solche oder ähnliche Situationen:

Jemand sagt, dass er im Winter einen „warmen“ Wollpullover trägt, um nicht zu frieren. Jeder weiß natürlich, was damit gemeint ist, aber uns ist dennoch „physikalisch unwohl“ bei dieser Alltagsformulierung, da der „warme“ Pullover in Wirklichkeit dieselbe Temperatur hat wie die Umgebung. Gemeint ist im physikalischen Sinne, dass die Wärmeabgabe bzw. die Abgabe von Energie über Entropie vom Körper nach außen durch den „schlechten Entropieleiter Wollpullover“ gegenüber anderen Stoffen vermindert wird. Würde man jedoch diese Überlegungen dem Gegenüber transparent machen, so trüge man in den meisten Fällen zum weitverbreiteten Klischee vom abgehobenen, unverständlichen und weltfremden Physiker bei.

Ein weiteres Beispiel für Konflikte zwischen Fach- und Alltagssprache ist der umgangssprachliche Kraftbegriff. Dieser hat eine gänzlich andere Bedeutung als der physikalische, was man u. a. Äußerungen wie „Ich habe weniger Kraft als Du.“ oder auch der Bezeichnung „Kraftwerk“ entnehmen kann. Deutete man den umgangssprachlichen Kraftbegriff physikalisch, so käme er wohl am ehesten dem Energiebegriff nahe, aber auch das trifft es nicht ganz. Unterhalten sich also eine Physikerin und ein Laie über „Kraft“ und „Energie“, so sind begriffliche Klärungen nötig, die die Kommunikation bereits im Ansatz erschweren.

Hinzu kommen Modellvorstellungen und Präkonzepte, die jeder in seinem Kopf mit bestimmten Phänomenen (und damit auch Begriffen) verbindet. Erläutern wir beispielsweise im Unterricht, wie das Sehen für uns Physikerinnen und Physiker mit der Lichtausbreitung zusammenhängt, klingt dies für Kinder, in deren Kopf das „Sehstrahlen-Konzept“ vorherrscht, unglaublich, da sie sich vorstellen, dass das Auge als menschliches Sinnesorgan eine sehr viel aktivere Rolle im Sehprozess einnimmt als dies durch das physikalische Modell des Auges als bloßem Empfänger von diffus an Gegenständen gestreutem Licht intendiert wird. Auch in diesem Falle stehen unterschiedlich gedeutete Begriffe und Vorstellungen einer gelungenen Kommunikation im Weg.

Damit ist klar: Physiklehrkräfte sind schon immer ein Stück weit auch Sprachlehrkräfte gewesen – das lässt sich ja gar nicht vermeiden!

Spezifische Probleme des Physikunterrichtes behindern das Erlernen der in den EPA geforderten „angemessenen Fachsprache“, was man u. a. den beiden gängigen Fachdidaktikbüchern von Helmut Mikelskis und Jörg Willer entnehmen kann [3; 4]:

- Physikalische Begriffe sind *hierarchisch miteinander vernetzt*, d. h. oft bauen Fachbegriffe auf andere auf. Damit ist die physikalische Fachsprache für Schülerinnen und Schüler besonders fehleranfällig.
- Satzkonstruktionen sind verglichen mit der Alltagssprache oft *ungewöhnlich*, da sie unpersönlich oder passiv formuliert werden und oft bestimmte Fachbegriffe nur mit einigen wenigen Verben kombiniert werden dürfen (Bsp. „Kraft ausüben“, „Eine Kraft wirkt auf“ etc.).
- Äußerst interessant ist der neuerliche Vergleich der *Sprachentwicklung* Jugendlicher mit der Einführung der Fachsprache im Physikunterricht: Beides scheint weitgehend gegenläufig zu sein! Während Jugendliche nämlich ihrer persönlichen Sprachentwicklung folgend danach trachten, ihren Wortschatz, die unterschiedlich eingefärbten Bedeutungen einzelner Begriffe und damit verbundene Wortfelder zu erweitern, werden sie im Physikunterricht zeitgleich gezwungen, die Sprache auf wenige festgelegte Begriffe und damit fest fixierte und wenig umfangreiche Wortfelder zu beschränken. Wir verlangen also im Unterricht etwas, was der natürlichen Sprachentwicklung in diesem Alter geradezu widerspricht.
- Als besonders schwierig erweisen sich diejenigen *Fachbegriffe, die der Alltagssprache entlehnt* sind – wie eben das oben erwähnte Beispiel „Kraft“. Während Fachbegriffe aus anderen Sprachen, z. B. Latein, etwas einfacher – etwa wie eine neue Fachvokabel – aufgenommen werden, bleiben bei entlehnten Fachbegriffen oft die umgangssprachlichen Belegungen bestehen. Dies erschwert insbesondere auch das Erlernen der mit den Fachbegriffen verbundenen physikalischen Modellvorstellung. Weitere Beispiele für solche aus der Alltagssprache entlehnte Begriffe sind z. B. auch Geschwindigkeit, Beschleunigung und Wärme. Bei diesen drei Begriffen liegen zwar die alltagssprachliche Verwendung und die physikalische Deutung immerhin im Wesentlichen innerhalb des gleichen Bereiches der Physik, dennoch ist in jedem der Fälle Alltagsdeutung problematischerweise nicht genau identisch mit der physikalischen.
- Sowohl die *Fach- als auch die Unterrichtssprache* werden von vielen Schülerinnen und Schülern als *unverständlich* wahrgenommen, was eine Untersuchung aus dem Jahr 1990 ergab [5]. Es werden zu viele und oft auch überflüssige Fachbegriffe bei Erläute-

rungen benutzt, so dass diese Erklärungen von den Kindern gar nicht als solche wahrgenommen werden.

- Untersuchungen von *Physik-Lehrwerken* in den Jahren 1994 bzw. 2003 [6; 7] ergaben, dass die Lehrtexte sehr *schwer verständlich* sind, wenn man als Beurteilungsmaßstab eine bestimmte „Lesbarkeitsformel“ zugrunde legt oder wenn man die Schülerinnen und Schüler selbst nach ihrer Einschätzung befragt. Die „Lesbarkeitsformel“ bewertet die Satzlänge, die Anzahl an Fachbegriffen und ungewöhnlichen Wörtern sowie die Anzahl an drei- und mehrsilbigen Worten negativ, weil diese Aspekte alle die Lesbarkeit von Texten erschweren. Physikbücher sind nach diesem Kriterium sehr schwer verständlich, da sie eine hohe Dichte an Fachbegriffen, mehrsilbigen und ungewöhnlichen Wörtern aufweisen und Erklärungen mit langen Sätzen beschrieben werden. Berücksichtigt werden muss allerdings bei diesen Untersuchungen, dass lediglich ältere Lehrwerke untersucht wurden und der Einfluss des Unterrichtes auf die Verständlichkeit eines Textes nicht berücksichtigt wurde.
- Die Schülerinnen und Schüler kommen im traditionellen Physikunterricht *zu wenig zu Wort*. Dies legt u. a. die Videostudie des Instituts für Pädagogik der Naturwissenschaften in Kiel (IPN) aus den Jahren 2002 bis 2004 nahe [8; 9]. Im Unterricht dominiert ein eng geführtes, lehrerzentriertes Unterrichtsgespräch, bei dem auch Aspekte von den Schülerinnen und Schülern abgefragt werden, die diese noch nicht kennen können. Die Kommunikation zwischen den Kindern wird im Physikunterricht zu selten angeregt.

Leisen weist im Zusammenhang mit „Sprache und Physikunterricht“ noch auf zwei weitere wichtige Aspekte hin [10]:

- Aus neurobiologischer und lernpsychologischer Sicht ist das weitverbreitete Modell von „*Sprache als Transportmittel*“ nicht mehr länger haltbar. Dabei wird nämlich intendiert, dass Inhalte mittels Sprache einfach „in den Kopf des Gegenüber gesetzt“ werden könnten. Was gesagt wird, ist danach – wenn das Gegenüber nur richtig zuhört – beim Gesprächspartner abrufbar. In dieser Vorstellung von Kommunikation im Unterricht ist u. a. häufig eine Abfolge von Lehrer-Frage, Schüler-Antwort und Lehrerbewertung, oft auch Umdeutung der Schülerantwort zu beobachten, wie man es etwa in diesem Beispiel-Dialog erkennen kann:

Lehrer: „Welche verschiedenen Arten der Bewegung kennt ihr?“

Schüler: „Laufen, rennen, gehen, fahren, hüpfen ...“

Lehrer (verzieht das Gesicht): „Ich meinte eher unterschiedlich hinsichtlich der Geschwindigkeiten.“

Schülerin: „Schnelle und langsame Bewegungen ...?!?“

Lehrer: „Und wie nennt man das, wenn sich die Geschwindigkeit verändert?“

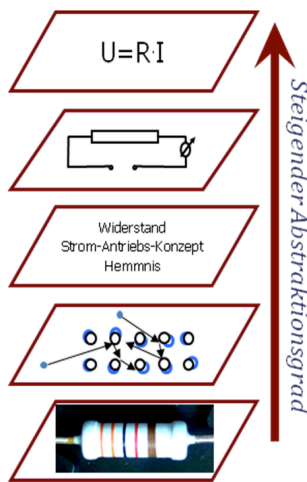
Schüler: „Bremsen oder beschleunigen!“

Lehrer: „Genau, das ist eine beschleunigte Bewegung! Und dann gibt es noch die gleichförmige Bewegung, bei der die Geschwindigkeit immer konstant bleibt. Das schreiben wir am besten gleich auf ...“

Inzwischen stellt man sich Kommunikation aber als einen konstruktivistischen Prozess vor, d. h. Gesagtes gibt lediglich einen Anstoß, der beim Gesprächspartner einen Prozess auslöst, einen Konflikt aufwirft oder ein Bild entstehen lässt. Meldet der Gesprächspartner nun seine neue Sicht der Dinge zurück an die

erste Person, verhält es sich dort ähnlich: Bei der ersten Person bildet sich ein Bild dessen aus, was der Gesprächspartner wohl denkt, und es wird ein Prozess eingeleitet. In jedem Falle konstruiert ein Angesprochener aber selbst die Vernetzungen mit anderen Inhalten und Bildern des Gehirns. Damit wird Sprache die Funktion eines „*Werkzeugs und Ziels der Wissenskonstruktion*“ zugewiesen und die Gesprächspartner sind zudem gleichberechtigter als im konventionellen fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch. Damit ist dann insbesondere begründet, dass es zum Fortschreiten der Wissenskonstruktion möglichst vieler Gesprächsangebote bedarf. In dieser Form kann das ein fragend-entwickelnder Unterricht alleine nicht leisten.

- Im Physikunterricht sowie in Physik-Lehrtexten werden in der Regel *unterschiedliche Darstellungsformen* für die zu vermittelnden Sachverhalte gewählt. Leisen unterscheidet dabei fünf grundsätzlich unterschiedliche solcher Darstellungsformen, was die links stehende Abbildung verdeutlichen soll:



Mathematische Darstellungen

Symbolische Darstellungen

Verbale Sprache in drei Ausprägungen:

- *Fachsprache*
- *Unterrichtssprache*
- *Alltagssprache*

Bildliche Darstellungen

Nonverbale, gegenständliche Darstellungen

Eine gute Lehrkraft weiß – nach Leisen – um die Vielfalt der Darstellungsformen und verwendet stets verschiedene davon, um didaktisch geschickt einen Sachverhalt zu vermitteln. Insbesondere regt sie durch unterschiedlichste Aufgaben (s. Umsetzungsbeispiele in diesem Heft) an, eine Darstellungsform in eine andere zu „übersetzen“. Dadurch wird nicht nur das Formulieren, Zeichnen und Rechnen geübt, sondern der Vorgang bietet immer wieder die Möglichkeit, potenzielle Verständnisschwierigkeiten aufzudecken und ihnen entgegenzuwirken. Damit sind der Lehrkraft durch „Übersetzungsübungen“ Diagnose-Instrumente an die Hand gegeben.

Einen weiteren Aspekt für Spracharbeit im Physikunterricht sieht Muckenfuß in der Folgerung aus den spezifischen Eigenschaften der physikalischen Fachsprache [11]: Er beschreibt die „abschottende Wirkung“ der Fachsprache gegenüber anderen, die diese nicht beherrschen, und ihren „tendenziell nicht-kommunikativen“ Charakter. Beides macht die Fachsprache als solche für Außenstehende nicht attraktiv, sondern eher sperrig. Zudem weist Muckenfuß darauf hin, dass alle physikalischen Begriffe „theoriegeladen“ sind, also der Begriff als solcher nicht lediglich eine Vokabel darstellt, sondern er immer eingebunden ist in eine Modellvorstellung oder eine überlagerte Theorie. Getrennt von diesem Theoriegebäude ist der Begriff nicht denkbar bzw. sinnentleert. Im Unterricht selbst lässt sich die Fachsprache

daher auch nicht „induktiv erschließen“. Damit widerspricht er dem Ansatz Martin Wagen-
scheins, der gelungene Sprachentwicklung noch als einen möglichst bruchlosen Weg von
„der Sprache des Verstehens“ zur „Sprache des Verstandenen“ verstanden wissen wollte
[12]. Die logische Folgerung aus den geschilderten spezifischen Eigenschaften der physika-
lischen Fachsprache sieht Muckenfuß daher darin, dass sich „Spracharbeit im Bereich der
physikalischen Begriffsbildung ... demnach in der *Konfrontation von Fachsprache und All-
tagssprache* abspielen“ muss.

Einen weiteren wichtigen Hinweis geben Leisen bzw. Starauschek [4; 5] bzgl. der Abgren-
zung von *Lern- und Leistungsraum*: Lernen ist mit „Fehler machen dürfen“ untrennbar ver-
woben. D. h. dass es im Unterricht immer wieder längere Phasen geben muss, in denen
„straffrei“ Fehler gemacht werden dürfen, in denen auch ohne große Leistungsanforderungen
an die Schülerinnen und Schüler erforscht, erprobt und diskutiert werden darf. In diesen
Phasen sollte eine Rückmeldung der Lehrkraft ausschließlich aus der Entwicklungsperspek-
tive erfolgen, d. h. der Lernstand des Einzelnen wird als Grundlage eines Feedbacks ge-
nommen, nicht der Vergleich mit dem „Soll-Zustand“ oder der Vergleich mit der Gruppe.
Leistungsabfragen aus der Defizitperspektive, z. B. Klassenarbeiten, Tests oder mündliche
Abfragen sollten deutlich von diesem „Lernraum“ getrennt stattfinden, z. B. im Anschluss an
eine Lernphase. Nur im „Leistungsraum“ wird ein Erwartungshorizont zugrunde gelegt, mit
dem die individuellen Leistungen verglichen und bewertet werden. Einen interessanten Bei-
trag zu diesem Themenkomplex findet man auch bei Gallin und Ruf [13] – im „dialogischen
Unterricht“, dem Lernen mit der Tagebuch-Methode, werden die konventionellen Leistungs-
prüfungen aus der Defizitperspektive durch die „Wegbewertung“ ergänzt. Die „Wegbewer-
tung“ erfasst dabei die individuellen Tagebucheinträge der Kinder, die aus der Entwick-
lungsperspektive bewertet werden.

Wie kann man Sprach- und Fachlernen verknüpfen?

Ein Blick in die aktuellen Ansätze zur Verbesserung der Problemlage

Es gibt auch Ergebnisse aus Studien, die als Indizien für ein gelungenes Miteinander von Sprach- und Fachlernen gelten dürfen [4]:

- Im Unterrichtsgespräch helfen viele – guten Lehrkräften schon lange bekannte – Fragestellungen, Schülerinnen und Schüler anzuregen, mehr über physikalische Sachverhalte zu sprechen. Dies sind rund um Experimente natürlich Fragen nach den Versuchserwartungen, Erklärungen zu Hypothesen aufgrund der vorhandenen Modellebene sowie Fragen zur Versuchsbeobachtung. Nachfragen, Fokussieren und die Weitergabe von Fragen an die ganze Klasse regen eine breite und vertiefte Mitarbeit an.
- Texte sollten die Kriterien für gute Lesbarkeit erfüllen, d. h.: kurze Sätze, wenige Fach- und Fremdwörter, Nominalisierungen vermeiden und Zusammenhänge zwischen Sätzen im Text explizit erkennbar machen.

Leisen formuliert folgende fünf Grundsätze für die Kommunikation im Sachunterricht [14]:

1. Das Prinzip der *Gleichzeitigkeit von Fachlernen und Sprachlernen*: Sprach- und Sachlernen können nicht voneinander getrennt werden und entwickeln sich im Idealfall gleichzeitig.
2. Prinzip des *Aushandelns*: Begriffe und Bedeutungszuweisungen werden im Unterricht ausgehandelt und austariert, indem mit und um Sprache gerungen wird.
3. Prinzip der *passenden Sprache im passenden Ton*: Sprache und Beziehung zwischen Lehrkraft und Lernenden sind ebenfalls nicht zu trennen, daher sollte die Beziehungsebene bei der Wortwahl und der Wahl der Sprachebene stets berücksichtigt werden.
4. Prinzip der *sprachlichen Eigentätigkeit*: Möglichst viele Unterrichtsformen und Lernarrangements sollten die Kommunikation unter Schülerinnen und Schülern zum Ziel haben. Die Lehrkraft ermöglicht dabei Erkenntnissprünge durch entsprechende Impulse und neue Bedeutungszuweisungen von Begriffen.
5. Prinzip der *Nutzung verschiedener Darstellungsformen*: Um sich möglichst viele Bedeutungszuweisungen erschließen zu können, sollten unterschiedliche Darstellungsformen zu denselben Sachverhalten verwendet und ineinander überführt werden.

Eine Gruppe von Fachberatern des Regierungspräsidiums Stuttgart hat sich – angeregt durch die Beiträge der zentralen Projektgruppe für das Fach Physik – ebenfalls einige Gedanken darüber gemacht, wie sich der Kompetenzbereich Kommunikation im Physikunterricht sinnvoll und nachhaltig im Unterricht erschließen lassen könnte. Für uns war es wichtig, verschiedene Zugänge zur Physik sprachlich zu ermöglichen:

- *Der individuelle Zugang zur Physik (Ich)*: Hier sollen bzw. dürfen die Schülerinnen und Schüler Antworten auf wesentliche Leitfragen wie „Wie stehe ich selbst zu bestimmten physikalischen Phänomenen?“ oder „Welche Modellvorstellungen bringe ich mit und wie wende ich sie an?“ oder „Was erstaunt mich, spricht mich an, was lehne ich ab und warum?“ finden. Eine Möglichkeit, diesen individuellen Zugang zur Physik aktiv zu finden, bietet der Einsatz der Tagebuchmethode im Physikunterricht. Das vorliegende

Heft zeigt ein Umsetzungsbeispiel zur Tagebuchmethode im Bereich mechanische Schwingungen und Wellen.

- *Die Begegnungsperspektive in der Physik (Du)*: Dem Prinzip des Aushandelns und dem Prinzip der sprachlichen Eigentätigkeit folgend muss der Physikunterricht immer wieder Gelegenheiten bieten, sich mit anderen über physikalische Inhalte auseinanderzusetzen. Umsetzungsbeispiel 2 und 4 ermöglichen durch Dialoge in Gruppen und in Zweier-Teams genau diese Intention. Dabei werden die Leitfragen „Wie steht mein Mitschüler oder meine Mitschülerin zu dieser Sache?“ oder „Gibt es noch andere Bedeutungen eines Begriffes?“ oder „Welche Bilder hat jemand anders zu einem Begriff oder einem physikalischen Prinzip vor dem inneren Auge?“ geklärt.
- *Die Fachperspektive der Physik (Wir und die Sache)*: Neben der eigenen Einstellung zur Sache und dem Austausch mit anderen müssen Schülerinnen und Schüler immer wieder üben, sich in korrekter Weise fachlich auszudrücken. Die Fachbegriffe sind im Unterricht nach dem Aushandeln im Klassenverband einem Normierungsprozess unterworfen worden und dann mit der tradierten Fachsprache verglichen worden. Dies gilt für alle Darstellungsformen, über die wir in der Physik verfügen. Daher bieten sich Übersetzungsübungen zwischen Alltags- und Fachsprache ebenso an wie alle Arten von Wechsel zwischen den Darstellungsformen. Umsetzungsbeispiel 6 bietet die Übersetzung von Fachwissen und Begrifflichkeiten in Experimente und Erklärungen dazu.

Die weiteren Umsetzungsbeispiele lassen sich nicht trennscharf einem dieser drei Bereiche zuordnen, sondern regen mehrere der genannten Ebenen, z. B. Begegnungs- und Fachperspektive gleichermaßen an. Anregungen für die hier publizierten Umsetzungsbeispiele erhielten wir durch die Übersetzungsübungen von Heinz Muckenfuß [11], die „Methoden-Werkzeuge“ von Josef Leisen [15] sowie den dialogischen Unterricht von Urs Ruf und Peter Gallin [13].

Literatur und Quellenangaben:

- [1] *Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik*. KMK, 2004.
- [2] http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/lernstand8/ls8-materialien/mathematik/prozesskomp/argumentieren-kommunizieren/kompetenzstufenmodell-zum-argumentieren_kommunizieren.html
- [3] „*Medien und Aktionsformen im Physikunterricht*“ in: *Didaktik des Physik-Unterrichtes*. S. 53 ff. Jörg Willer, Verlag Harri Deutsch, Frankfurt a.M., 2003
- [4] „*Im Physikunterricht kommunizieren*“ in: *Physik-Didaktik – Praxishandbuch für die Sek. I und II*. S. 183 ff. Helmut Mikelskis, Cornelsen-Scriptor, Berlin 2006
- [5] *Talking Science: Language, Learning and Values*. J. Lemke, Norwood (NJ), Ablex Publishing, 1990
- [6] *Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht*. G. Merzyn, Kiel (IPN), 1994
- [7] „*Ergebnisse einer Schülerbefragung über Physikschulbücher*.“ in : *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 9. E. Starauschek, 2003

- [8] „Jetzt bitte alle nach vorn schauen“ – Lehr-Lernskripts im Physikunterricht und damit verbundene Bedingungen für individuelle Lernprozesse. Unterrichtswissenschaft 30. T. Seidel, M. Prenzel et al., 2002
- [9] „Muster unterrichtlicher Aktivitäten im Physikunterricht“ in: *Bildungsqualität von Schule*. T. Seidel, M. Prenzel, Waxmann, Münster, 2004
- [10] *Muss ich jetzt auch noch Sprache unterrichten? – Sprache und Physik, Unterricht Physik 3*. Josef Leisen, Friedrich-Verlag, 2005
- [11] „Kommunikationsfähigkeit, Fachsprache und Begriffsbildung“ in: *Lernen im sinnstiftenden Kontext*. Heinz Muckenfuß, Cornelsen, Berlin 1995
- [12] *Die pädagogische Dimension der Physik*. Martin Wagenschein, Hahner, Aachen, 1995
- [13] *Dialogisches Lernen in Sprache und Mathematik, Band 1 und 2*. Peter Gallin und Urs Ruf, Seelze-Velber, Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung, 1998
- [14] *Methoden-Handbuch – Deutschsprachiger Fachunterricht*. Josef Leisen (Hrsg.), Bonn, Varus 2003
- [15] „Methoden-Werkzeuge – Neue Erfahrungen mit bekannten Materialien“ in: *Unterricht Physik*. Josef Leisen, Friedrich-Verlag, 2003

kompetenzen und Inhalte in den Klassenstufen 7-12 (nur 4-std. Kurs!)

| Bereiche | Abkürzung | Jahrgangsstufe | Wortlaut: „Die Schülerinnen und Schüler | |
|---|---|------------------|---|---|
| 1. Naturbetrachtung unter bestimmten Aspekten | Naturbetrachtung 1.1 | 7/8 | • zwischen Beobachtung und physikalischer Erklärung | |
| | | 9 bis 12 | • zwischen Beobachtung und physikalischer Erklärung • zwischen ihrer Erfahrungswelt und deren physikalisch unterscheiden | |
| | Naturbetrachtung 1.2 | 7/8 | • an einfachen Beispielen die physikalische Beschreibung den. | |
| | | 9/10 | • an Beispielen die physikalische Beschreibungsweise: | |
| | | 11/12 | • die physikalische Beschreibungsweise anwenden; | |
| | Naturbetrachtung 1.3 | 9/10 | Außerdem wissen die Schülerinnen und Schüler, dass natürliche Gesetze und Modellvorstellungen Grenzen haben. | |
| | | 11/12 | • an Beispielen erläutern, dass naturwissenschaftliche Modellvorstellungen Grenzen haben. | |
| | 2. Physik als theoriegeleitete Erfahrungswissenschaft | Wissenschaft 2.1 | 7/8 | • die naturwissenschaftliche Arbeitsweise Hypothese, \prüfung im Experiment, Bewertung, ... in ersten einfachen wenden. |
| | | | 9/10 | • die naturwissenschaftliche Arbeitsweise Hypothese, \prüfung im Experiment, Bewertung, ... anwenden; |
| | | | 11/12 | • die naturwissenschaftliche Arbeitsweise Hypothese, \prüfung im Experiment, Bewertung, ... anwenden und |
| 9/10 | | | • bei einfachen Zusammenhängen ein Modell erstellen, \ten Software bearbeiten und die berechneten Ergebnisse | |
| Wissenschaft 2.2 | | 11/12 | • ein Modell erstellen, mit einer geeigneten Software berechneten Ergebnisse reflektieren. | |

| 4. Spezifisches Methoden-repertoire in der Physik | | 3. Formalisierung und Mathematisierung in der Physik | |
|---|----------|---|--------------------|
| Methoden 4.3 | 9/10 | • Strukturen erkennen und Analogien hilfreich einsetzen | Formalisierung 3.1 |
| | 7/8 | • an ersten einfachen Beispielen Strukturen erkennen und reich einsetzen | |
| Methoden 4.2 | 11/12 | • Experimente selbstständig planen, durchführen, ausw anschaulichen und einfache Fehlerbetrachtungen von | Formalisierung 3.2 |
| | 9/10 | • Experimente unter Anleitung planen, durchführen, ausw veranschaulichen und einfache Fehlerbetrachtungen | |
| | 7/8 | • erste Experimente unter Anleitung planen, durchführen, anschaulich veranschaulichen und angeben, welche Faktoren von Messergebnissen beeinflussen | Formalisierung 3.3 |
| | 9 bis 12 | • Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen und einfache Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen | |
| Methoden 4.1 | 7/8 | • einfache Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen | Formalisierung 3.4 |
| | 11/12 | • funktionale Zusammenhänge selbstständig finden; | |
| Formalisierung 3.3 | 9 bis 12 | • vorgegebene (auch bisher nicht im Unterricht behandelte) von physikalischen Problemen anwenden | Formalisierung 3.1 |
| | 7/8 | • einfache, auch bisher nicht im Unterricht behandelte funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen | |
| Formalisierung 3.2 | 9 bis 12 | • funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen durch eine Formel vorgegeben werden, verb interpretieren | Formalisierung 3.2 |
| | 7/8 | • einfache funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen durch eine Formel vorgegeben werden und interpretieren | |
| Formalisierung 3.1 | 9 bis 12 | • den funktionalen Zusammenhang zwischen physikalischen Größen grafisch darstellen und Diagramme interpretieren | Formalisierung 3.1 |
| | 7/8 | • bei einfachen Beispielen den funktionalen Zusammenhang zwischen physikalischen Größen erkennen, grafisch darstellen und interpretieren | |

5. Anwendungsbezug und gesellschaftliche Relevanz der Physik

| | | | |
|---|---------------------|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • selbstständig Strukturen erkennen und Analogien hilft • computerunterstützte Messwertfassungs- und Auswertung unter Anleitung einsetzen • computerunterstützte Messwertfassungs- und Auswertung selbstständig einsetzen; • die Methoden der Deduktion und Induktion an einfachen Beispielen erläutern • die Methoden der Deduktion und Induktion anwenden | Methoden 4.4 | 9/10 | Praktikum unter Anleitung einsetzen |
| | | 11/12 | Praktikum selbstständig einsetzen; |
| | Methoden 4.5 | 9/10 | die Methoden der Deduktion und Induktion an einfachen Beispielen erläutern |
| | | 11/12 | die Methoden der Deduktion und Induktion anwenden |
| | Methoden 4.6 | 9 bis 12 | geeignete Größen bilanzieren |
| | | 7/8 | bei einfachen Problemstellungen Fragen erkennen, die der Physik bearbeiten und lösen |
| | Anwendungsbezug 5.1 | 9 bis 12 | Fragen erkennen, die sie mit Methoden der Physik beantworten können |
| | | 7/8 | erste physikalische Grundkenntnisse und Methoden feststellen |
| | Anwendungsbezug 5.2 | 9 bis 12 | physikalische Grundkenntnisse und Methoden für Fragen einsetzen |
| | | 7/8 | erste Zusammenhänge zwischen lokalem Handeln und kognitiven Zusammenhängen erkennen und dieses Wissen für ihr eigenes Handeln einsetzen |
| Anwendungsbezug 5.3 | 9 bis 12 | Zusammenhänge zwischen lokalem Handeln und globalen Zusammenhängen erkennen und dieses Wissen für ihr eigenes Handeln einsetzen | |
| | 7/8 | Die Schülerinnen und Schüler kennen charakteristische physikalischen Größen und können sie für sinnvolle Schätzungen anwenden. | |
| Anwendungsbezug 5.4 | 9 bis 12 | Die Schülerinnen und Schüler kennen charakteristische physikalischen Größen und können sie für sinnvolle Schätzungen anwenden. | |
| | 7/8 | Die Schülerinnen und Schüler kennen charakteristische physikalischen Größen und können sie für sinnvolle Schätzungen anwenden. | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| <p>6. Physik als ein historisch-dynamischer Prozess</p> | <p>Historie 6.1</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler kennen erste einfache Beispiele physikalische Begriffe nicht statisch sind, sondern sich in Alltagssprachlichen Begriffen heraus entwickelt haben.</p> | <p>7/8</p> |
| | <p>Historie 6.2</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler können an Beispielen darstellen fortwährenden Entwicklung befinden</p> | <p>9 bis 12</p> |
| | <p>Historie 6.2</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler können an Beispielen darstellen zu Entdeckungen und Erkenntnissen führen (Intuition, Zufall, ...)</p> | <p>9 bis 12</p> |
| | <p>7. Wahrnehmung und Messung</p> | | |
| <p>Wahrnehmung 7.1</p> | <p>Wahrnehmung 7.2</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler können den Zusammenhang und den Unterschied zwischen der Wahrnehmung beziehungsweise Sinnesempfindung und ihrer physikalischen Beschreibungen bei folgenden Themenstellungen darstellen:</p> | <p>7 bis 12</p> |
| <p>Wahrnehmung 7.3</p> | <p>Wahrnehmung 7.4</p> | <p> <ul style="list-style-type: none"> • Wahrnehmung: Le Hören – Messung: Lequenz • Wahrnehmung: St Schwerkraft • Wahrnehmung: St Schwerkraft, Grav • Wahrnehmung: Hten, Farben, Sehe, Beschreibung: Str Brechung • Wahrnehmung: Hten, Farben, Sehe, Messung: Intensität • Wahrnehmung: w: empfindung – Mes </p> | <p> <ul style="list-style-type: none"> • Wahrnehmung: St Schwerkraft • Wahrnehmung: St Schwerkraft, Grav • Wahrnehmung: Hten, Farben, Sehe, Beschreibung: Str Brechung • Wahrnehmung: Hten, Farben, Sehe, Messung: Intensität • Wahrnehmung: w: empfindung – Mes </p> |

8. Grundlegende physikalische Größen

| | | | |
|------------|-----------------|---|--|
| Größen 8.1 | 7 bis 12 | Die Schülerinnen und Schüler können mit grundlegenden physikalischen Größen umgehen. bzw. in 9/10: Neben dynamischen Betrachtungsweisen kennen die Schülerinnen und Schüler die Erhaltungssätze und können sie vor- teilhaft zur Lösung physikalischer Fragestellungen einsetzen. | • Zeit, Masse, Massendruck |
| Größen 8.2 | 7/8 9 bis 12 | Die Schülerinnen und Schüler können technische Möglichkeiten zum „Energiesparen“ und zur Reduzierung von „Entropieerzeugung“; Die Schülerinnen und Schüler können mit weiteren grundlegenden physikalischen Größen umgehen: | • Energie • Energie (Energiee |
| Größen 8.3 | 7/8 9 bis 12 | Die Schülerinnen und Schüler kennen technische Möglichkeiten zum „Energiesparen“ und zur Reduzierung von „Entropieerzeugung“; Die Schülerinnen und Schüler können mit weiteren grundlegenden physikalischen Größen umgehen: | • elektrische Stromstärke • elektrische Spannung • elektrische Leistung • elektrische Energie |
| Größen 8.4 | 7/8 9 bis 12 | Die Schülerinnen und Schüler können mit weiteren grundlegenden physikalischen Größen umgehen: | • Kraft, Geschwindigkeit • Kraft, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Beschleunigung |
| Größen 8.5 | 9 bis 12 | Entropie (Entropie) | • Entropie (Entropie) |
| Größen 8.6 | 9 bis 12 | qualitativ: Zentripetalbeschleunigung (Drehimpulserhaltung) | • qualitativ: Zentripetalbeschleunigung (Drehimpulserhaltung) |
| Größen 8.7 | 11/12 | elektrische Feldstärke, magnetische Flussdichte, Frequenz, Periode, Wellenlänge, Ausbreitungsgeschwindigkeit | • elektrische Feldstärke • magnetische Flussdichte • Frequenz, Periode, Wellenlänge, Ausbreitungsgeschwindigkeit |

9. Strukturen und Analogien

| | | | | |
|---|--|----------|---------------|----------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Schwingung • harmonische mechanische Schwingung • mechanische und Wellen (unter Einbeziehung der harmonischen Wellen) • thematische Beschreibungen von Welleninterferenz, Reflexion, Beugung, Diffraction • qualitativ: Energieübertragung von mechanischen Energieträgern • mechanische, elektrische Energiespeicher, Leistungsmechanik, elektromechanische Energiespeicher und auch in Feldern • qualitativ: Strom, Widerstand und Leistungsfluss • Strom, Antrieb (Urstand) • qualitative Beschreibung (Gravitationsfeld, elektrisches Feld) • Feld • qualitativ: Gravitationsfeld, elektromagnetisches Feld, Induktion, Motoren | <p>Die Schülerinnen und Schüler können Strukturen und Analogien erkennen</p> <p>bzw. in 11/12:</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler können das magnetische und elektrische Feld als physikalisches System beschreiben und die Grundlagen der Maxwelltheorie verstehen, in der die Elektrodynamik auf vier Aussagen zurückgeführt wird; ihre Vorstellungen und Ausdrucksweisen über Schwingungen und Wellen in eine angemessene Fachsprache und mathematische Beschreibung überführen.</p> | 11/12 | Analogien 9.1 | 7 bis 10 |
| | | 11/12 | Analogien 9.2 | 7/8 |
| | | 9/10 | Analogien 9.2 | 9/10 |
| | | 11/12 | Analogien 9.2 | 11/12 |
| | | 7/8 | Analogien 9.3 | 7/8 |
| | | 9 bis 12 | Analogien 9.3 | 9 bis 12 |
| | | 9/10 | Analogien 9.4 | 9/10 |
| | | 11/12 | Analogien 9.4 | 11/12 |





| 11. Struktur der Materie | 10. Naturerscheinungen und technische Anwendungen | |
|---|---|---|
| Materie 11.1 | Die Schülerinnen und Schüler können Teilchenmodelle an geeigneten Stellen anwenden und kennen eine zeitgemäße Atomvorstellung. Bzw. in 11/12: Die Schülerinnen und Schüler können Teilchenmodelle an geeigneten Stellen anwenden und kennen eine zeitgemäße Atomvorstellung. | 9/10 |
| | <ul style="list-style-type: none"> Teilchenmodelle an geeigneten Stellen anwenden und kennen eine zeitgemäße Atomvorstellung. | 11/12 |
| <ul style="list-style-type: none"> Atomhülle Energie-Quantisierung Gedanken der Schrödingersche Wellenmechanik Atomkerne | <ul style="list-style-type: none"> • Erdmagnetfeld • Erde: atmosphärische Treibhauseffekt, Energieerzeugung • Mensch: physikalische Vorgänge in der Natur und wichtige Geräte funktionell beschreiben; physikalische Modelle auch in ihrem Alltag gewinnen lassen und einsetzen. • Energieversorgung (z.B. Brennstoffzelle, Solarzellen, Windkraft, Wasserkraft, Kernenergie) • Alltagsgeräte (z.B. Motor, Kühlschrank, Fernseher, Handy) • Energieversorgung (z.B. Brennstoffzelle, Solarzellen, Windkraft, Wasserkraft, Kernenergie) • Informationstechnik – auch einfache elektronische Bauelemente | <ul style="list-style-type: none"> 7/8 9 bis 12 7 bis 12 7 bis 12 7 bis 12 7 bis 12 7 bis 12 9 bis 12 |

Umsetzungsbeispiel 1: Physikalisches Tagebuch zu Schwingungen und Wellen

Monica Hettrich

Planung und Ablauf

1. Trainierte Kompetenzen:

| Übergeordnete Kompetenzen | | Trainingsintensität | | | | |
|------------------------------------|--|---------------------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Fachmethoden (Erkenntnisgewinnung) |  | | | | | |
| Kommunikation |  | | | | | |
| Reflexion (Bewertung) |  | | | | | |
| Personale und soziale Kompetenzen |  | | | | | |

Diese Kompetenzen werden an folgenden Inhalten (Bildungsstandards Kompetenzen Nr. 7 bis 13) trainiert:

- Harmonische, mechanische und elektromagnetische Schwingung, Differenzialgleichung (*Analogien 9.1*)
- Mechanische ... Welle, harmonische Welle ... (*Analogien 9.2*)

2. Didaktischer Kurzkomentar:

Auf welche Kompetenzen wird aufgebaut?

In Klasse 9/10 wurden verschiedene Aspekte der Kinematik behandelt. Insbesondere wurden Geschwindigkeit und Beschleunigung als charakteristische Größen bei Bewegungsvorgängen eingeführt. Die Kreisbewegung wurde als Bewegungsform verbal beschrieben als eine beschleunigte Bewegung mit konstantem Geschwindigkeitsbetrag. Die Zentripetalkraft als Ursache der Richtungsänderung der Bewegung wurde handlungsorientiert erfahren.

In der Kursstufe wurden bereits Kondensatoren und Spulen als Bauteile im elektrischen Wechselstromkreis erarbeitet.

Die kommunikative Kompetenz innerhalb des Physik-Unterrichtes wurde bereits in der Mittelstufe immer wieder an einzelnen Stellen des Unterrichtes durch den Einsatz von *Methodenwerkzeugen*¹ und speziellen Unterrichtsmethoden wie *Teamarbeiten*, *Schülerexperimenten* und *Experimentalreferaten*² gestärkt, evtl. wurden auch früher schon gezielt zu Schülerarbeitsaufträgen Tagebuch-Aufschriebe angefertigt.

Wie wird auf die Kompetenzen aufgebaut?

Die Schülerinnen und Schüler sollen zuerst einen einführenden Arbeitsauftrag zu Schwingungen in Einzelarbeit bzw. Stillarbeit (!) schriftlich bearbeiten. Sie erhalten dazu eine kurze mündliche Einführung durch die Lehrkraft in das Thema sowie in den Umgang mit Arbeits-

¹ s. Material aus der Fortbildung Kompetenzorientierter Physikunterricht in Sekundarstufe I (ZPG-Fortbildung Sek I), speziell „Methodenwerkzeuge“ von Prof. Josef Leisen.

² s. u.a. Handreichung des LS: Ph49 „Kompetenzorientierter Physikunterricht“

aufträgen und dem „Lerntagebuch“. Der erste Auftrag enthält neben der zentralen Frage noch einige Impulsfragen, die den Schülerinnen und Schülern helfen sollen, ihre persönliche Antwort auf die zentrale Frage zu finden. Wichtig ist dabei, dass zunächst der persönliche, individuelle Zugang zum Thema durch zwei entsprechend formulierte Fragen schriftlich abgeklärt wird. So wird den Schülerinnen und Schülern der Kontext des physikalischen Inhalts intuitiv klar.

Im weiteren Verlauf der Bearbeitung des ersten Auftrages wird sukzessive experimentiert, beobachtet und schriftlich im „physikalischen Tagebuch“ beschrieben. Jeder Schritt wird durch Experiment und Simulator erschlossen, so dass jede Schülerin und jeder Schüler persönliche Erfahrungen mit mechanischen Schwingungen und dem Zusammenhang mit der Kreisbewegung machen kann.

Manche Schülerinnen und Schüler werden nach der Bearbeitung des Auftrages auch das Weg-Zeit-Gesetz erschlossen haben, andere nicht, was im darauffolgenden (Frontal-) Unterricht sukzessive geklärt wird. Bei der Besprechung der Ergebnisse wird nicht abgeglichen, welche Aufschriebe „richtig“ oder „falsch“ sind, sondern welche Gedanken aus den Aufträgen an unterschiedlichen Stellen Potenzial für einen weiteren Ausbau der Gedanken bieten. D. h. die Lehrkraft sammelt nach der Doppelstunde, in der die Schülerinnen und Schüler am Auftrag arbeiten, einige oder auch alle schriftlichen Unterlagen der Schülerinnen und Schüler ein, liest und kommentiert sie. In der Besprechung im Unterricht fließen viele Passagen aus den Schülernotizen ein, indem die Lehrkraft sie auf Folie kopiert mit in den Unterricht bringt und als Motivation für einzelne Aspekte rund um Schwingungen nutzt.

So können sukzessive die Definition einer harmonischen Schwingung, das zugehörige s-t-Gesetz sowie dessen Ableitungen, die Differenzialgleichung der harmonischen Schwingung und andere zentrale Größen und Charakteristika behandelt werden. Da die Schülerinnen und Schüler jeden dieser Themenaspekte wenigstens schon „angedacht“ haben, kann die Besprechung zügiger erfolgen, ohne dass die Schülerinnen und Schüler inhaltlich „abgehängt“ werden.

Für die Folgeaufträge zu Periodendauern von Schwingungen, zur Überlagerung von Schwingungen, zum Vergleich von mechanischer und elektromagnetischer Schwingung sowie zur Überlagerung mechanischer Wellen wird das Auftrags-Angebot etwas modifiziert: Die Schülerinnen und Schüler erhalten lediglich die schriftliche Fassung der Einführung ins Thema, die die Lehrkraft vor dem Austeilen des Auftrages gibt, sowie die zentrale Frage und eine Liste der zur Verfügung stehenden Hilfsmittel (Experimentalgerät und PC-Simulatoren).

Es gelten prinzipiell dieselben Regeln (Einzelarbeit und zwingende Verschriftlichung des Gedachten) wie beim ersten Auftrag, d.h. die Schülerinnen und Schüler können prinzipiell selbst entscheiden, wie sie ihrer Antwort auf die zentrale Frage auf die Spur kommen wollen. Zusätzlich sind jedoch die Impulsfragen, die die Schülerinnen und Schüler aus dem ersten Auftrag kennen, in Form von Hilfskärtchen aufbereitet, die sie nehmen können, wenn sie wollen. So wird eine Form von Binnendifferenzierung angestrebt: Manche Schülerinnen und Schüler werden die zentrale Frage ohne Zuhilfenahme der Kärtchen bearbeiten, andere werden eine selbst festgelegte Anzahl von Hilfskärtchen nutzen.

Nach jedem der Aufträge werden die Inhalte im (Frontal-) Unterricht unter Ausnutzung der Schülertexte aus den Aufträgen nachbereitet und die zentralen Ergebnisse gemeinsam festgehalten. Bei einigen der Aufträge müssen die Nachbesprechungen so gestaltet werden,

dass ein Anschluss mit dem Folgeauftrag inhaltlich möglich ist, z. B. sollte nach Auftrag 1 oder 2 das Zeigermodell verbindlich eingeführt werden, damit es in Auftrag 3 genutzt werden kann. Vor Auftrag 5 muss die mechanische Welle auf einem elastischen Wellenträger bekannt sein, ebenso die grundsätzliche Darstellung einer harmonischen Welle im Zeigerdiagramm.

Die Verschriftlichung und Einzelarbeit ist bei dieser Unterrichtsmethode, die in Anlehnung an den dialogischen Unterricht nach Gallin und Ruf³ abläuft, sehr wesentlich: Beim Verschriftlichen verlangsamen sich Gedanken und Gefühle der Lernenden. Sie müssen sich auf eine Formulierung verbindlich festlegen und finden dadurch einen eigenen Standpunkt zur Sache. Ganz nebenbei wird dabei geübt, wie man physikalische Sachverhalte in Worte fasst. Insbesondere bei immer wieder erfolgendem Einsatz solcher Schreibaufträge lässt sich eine signifikante Verbesserung der Schülerformulierungen feststellen, die sich u. a. auch bei den „gefürchteten“ Textteilen von Abitursaufgaben bezahlt macht. Dadurch, dass die Lehrkraft Original-Textpassagen aus Schülerheften auf Folie oder Papier kopiert wieder in den Unterricht mitbringt, fühlen sich die Schülerinnen und Schüler mit ihren Überlegungen persönlich ernst genommen. Bei wiederholter Anwendung dieser Praxis lässt sich zudem feststellen, dass die Schüleraufschriebe ordentlicher und strukturierter werden, weil ja jede Schülerin und jeder Schüler damit rechnen muss, dass ihr bzw. sein Aufschrieb einer breiten Leserschaft öffentlich zugänglich gemacht wird. Wichtig ist also während der Bearbeitungsphase des Auftrages durch die Schülerinnen und Schüler einerseits absolute Stillarbeit einzufordern und andererseits auf der ständigen und konsequenten Verschriftlichung aller Gedanken zu bestehen.

Welcher Kompetenzstandard soll angestrebt werden?

Das beschriebene Vorgehen soll die Kompetenzen bereitstellen, die nötig sind, um im anschließenden (Frontal-) Unterricht die für die Schwingung charakteristischen Größen und Formalismen einzuführen. Die Schülerinnen und Schüler sind danach in der Lage, selbst Vorschläge für Begrifflichkeiten und deren Definition sowie für Formalismen zu machen.

Mit den Folgeaufträgen werden u. a. der Zusammenhang zwischen der Periodendauer eines Feder-Schwere-Pendels mit der Masse und der Federhärte, die Analogien zwischen elektromagnetischen und mechanischen Schwingungen sowie die Überlagerung von mechanischen Wellen erarbeitet.

Durch den Einsatz des Auftrages Nr. 2 wird anhand der Messungen zur Periodendauer zudem die naturwissenschaftliche Arbeitsweise („Galileo-Methode“) explizit diskutiert. Dabei werden grundsätzliche Vorgehensweise wie Hypothesenbildung, Durchführung eines Experimentes, dessen Auswertung und Interpretation genauso durchdacht und selbst nachvollzogen als auch qualitative Messfehlerdiskussionen angeregt.

Mit Blick auf die immer häufiger verlangten Beschreibungen physikalischer Sachverhalte in Textform im Abitur dient dieses Vorgehen zum nachhaltigen Aufbau der benötigten Formulierungskompetenzen. Gleichzeitig verbessert sich das Textverständnis von Schülerinnen und Schüler signifikant.

³ Vgl. Urs Ruf et al. „Besser lernen im Dialog“, Seelze-Velber, Kallmeyer in Verbindung mit Klett, 2008 oder die LS-Handreichung M69 „Entdecken, erleben, beschreiben“ von M. Hettrich et al.

Kopiervorlagen

Einführung zu Aufträgen und Lerntagebüchern

Sie erhalten heute erstmalig einen Arbeitsauftrag, den Sie im Stil eines „Lerntagebuches“ bearbeiten sollen.

Ziel der Arbeit mit dem Lerntagebuch bzw. mit den Arbeitsaufträgen ist, dass Sie sich einige wesentliche Gedanken zum neuen Thema machen und schon einige Experimente durchführen, bevor das Thema dann im Unterricht ausführlich besprochen wird. Diese Arbeitsweise hilft Ihnen dabei,

- Inhalte besser zu verstehen und
- sie nachhaltig im Kopf zu behalten,
- Sachverhalte zu verbalisieren (was u. a. im Abitur verlangt wird) und
- eigenständig physikalische Zusammenhänge experimentell und theoretisch zu erforschen.

Während Sie die Experimente oder PC-Simulationen durchführen, sollen Sie **alle wesentlichen Gedanken**, die Ihnen dabei durch den Kopf gehen, **notieren**. Wir werden sie danach benötigen – auch Irrwege und vermeintlich „Falsches“ kann später hilfreich sein, also **schreiben Sie auch wirklich alles auf!**

Einzige Bedingung ist, dass Sie Ihrem Aufschrieb eine **klare Struktur** geben. Man sollte also später beim Lesen erkennen können, an welcher Stelle Ihnen welcher Gedanke gekommen ist. Dazu ist es hilfreich, **Zwischenüberschriften** zu wählen wie etwa „Beobachtungen im Experiment“, „Meine Überlegungen dazu“, „Hinweis meines Nebensitzers“ etc.

Entwerfen Sie nach der Durchführung aller Experimente und der Beantwortung aller Impulsfragen Ihre **persönliche schriftliche Gesamtantwort auf die jeweilige zentrale Frage** des Auftrages.

Grundsätzlich können Sie sich sofort und direkt der Bearbeitung der zentralen Frage zuwenden, indem Sie die zur Verfügung stehenden Hilfsmittel (Experimente, Geräte, Simulationen etc.) nutzen und sich selbst dazu Gedanken machen.

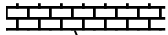
Im ersten Arbeitsauftrag finden Sie neben der zentralen Fragestellung jedoch auch noch Impulsfragen, die Sie Ihrer persönlichen Antwort auf die zentrale Frage näher bringen können. In den Folgeaufträgen sind diese Impulsfragen nicht mehr direkt auf dem Auftrag zu finden, sondern sie stehen in Form von abgestuften **Hilfskärtchen** zur Verfügung. Die Hilfskärtchen sind im Regelfall in folgende Rubriken gestaffelt:

1. Alltagserfahrungen zum Thema
2. Theoretische Überlegungen
3. Vorhersagen und Experimente
4. Physikalische Interpretation
5. Simulatoren und Modelle

Nicht alle Hilfskärtchen bauen aufeinander auf, manche allerdings schon: Ohne ein Experiment durchgeführt und sich über die Interpretation der Ergebnisse Gedanken gemacht zu haben, ist der Einsatz der Simulatoren nicht zu empfehlen, da diese eine Modellebene zu experimentellen Befunden anbieten. Natürlich können Sie auch keinen Versuch auswerten und interpretieren, den Sie nicht durchgeführt haben!

Auftrag 1:

Einführung in mechanische Schwingungen



In Technik und Alltag begegnen wir immer wieder dem Phänomen der Schwingung: Töne beruhen auf Schwingungen, in Computern gibt es vielfältige elektromagnetische Schwingkreise, störende Vibrationen an Autos oder Haushaltsgeräten beruhen meistens auf Resonanzschwingungen – um letztere abstellen zu können, muss man ein wenig über Schwingungen und Resonanzphänomene wissen und dieses Wissen anwenden.

Heute sollen Sie sich dem Phänomen Schwingung und den damit verbundenen wesentlichen Größen anhand von kleinen Experimenten und Simulationen langsam annähern.



Zentrale Frage: Welche Charakteristika zeichnen Schwingungen aus?

Der zentralen Frage können Sie sich entweder direkt widmen oder durch die (für den ersten Auftrag empfohlene) Bearbeitung der folgenden Impulsfragen:

1. Wo haben Sie schon Schwingungen im Alltag erlebt? Waren das positive oder negative Erlebnisse? Was sind für Sie typische Charakteristika einer Schwingung?
2. Bauen Sie ein Feder-Schwere-Pendel und ein Fadenpendel auf. Lassen Sie beide Systeme unabhängig voneinander schwingen. Beschreiben Sie die beiden Bewegungen so genau wie möglich: Welche Gemeinsamkeiten und welche Unterschiede treten bei der Bewegung auf?
3. Welche physikalischen Prinzipien bewirken das Hin- und Herschwingen nach der Auslenkung des Schwingers aus der Ruhelage?
4. Skizzieren Sie beschriftete Kräftepläne in Pfeildarstellung zu verschiedenen Phasen der Schwingung. In welche Richtung weisen die Kräfte jeweils? Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede können Sie zwischen Feder- und Fadenpendelschwingung erkennen?
5. Fixieren Sie einen Gegenstand, z. B. einen Gummistopfen, auf einer Drehscheibe und versetzen Sie die Anordnung in eine Drehung. Beschreiben Sie die Bewegung sowohl in der Draufsicht als auch in der Seitenansicht möglichst genau. Wo sehen Sie Gemeinsamkeiten mit einer Schwingung?
6. In zwei Simulationen sind die Zusammenhänge der maßgeblichen Größen von Kreisbewegung und mechanischer Schwingung gut zu verstehen. Starte die Simulation „Zeiger“ von G. Dierolf⁴ oder die Simulation „Kreis und Federpendel“ von K-D. Grüninger⁵. Starten Sie die Simulation durch Verschieben des oberen Schiebereglers bzw. durch Klicken des „Start“-Buttons. Beschreiben Sie möglichst genau in Ihren eigenen Worten, wie man durch Betrachten eines rotierenden Zeigers bzw. einer Kreisbewegung auf den Zusammenhang zwischen der Auslenkung eines schwingenden Federpendels aus der Ruhelage und der verstrichenen Zeit kommt. Geben Sie diesen Zusammenhang funktional an.

⁴ Die Simulation von StD Guntram Dierolf ist kostenlos erhältlich unter http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/physik/online_material/wellen/interferenz/d_zeiger.htm

⁵ Die Simulation von Klaus-Dieter Grüninger (LS Stuttgart) ist kostenlos erhältlich unter http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/physik/online_material/wellen/mechschwing/kreisundfederpendel.htm

Auftrag 2:

Naturwissenschaftliche Arbeitsweise rund um Periodendauern

Sie haben sich in Ihrem letzten Auftrag intensiv mit mechanischen Schwingungen und charakteristischen Grundgrößen dieser Schwingungen auseinandergesetzt. Heute sollen Sie sich einmal intensiv mit der Periodendauer von Federschwere- und Fadenpendeln beschäftigen.

Auf der „Metaebene“ geht es zudem um eine möglichst korrekte und nachvollziehbare naturwissenschaftliche Arbeitsweise, die Ihrer Arbeit zugrunde liegen soll.

Notieren Sie bei der Arbeit an diesem Auftrag wieder alle Ihre Gedanken zur Sache. Wir werden sie im Unterricht danach benötigen – auch Irrwege und vermeintlich „Falsches“ kann später hilfreich sein, also **schreiben Sie auch wirklich alles auf!** Geben Sie Ihrem Aufschrieb auch dieses Mal eine **klare Struktur**.

Zentrale Frage: Wovon hängt die Periodendauer einer Schwingung ab?

Der zentralen Frage kommen Sie entweder direkt mit den folgenden experimentellen Hilfsmitteln und dem GTR auf die Spur oder indem Sie die angebotenen Hilfskärtchen nutzen:

- Stoppuhr
- Anhängbare Wägestücke aus dem Wägesatz mit unterschiedlicher Masse
- Schnur
- Stativmaterial

Überlegen Sie neben den direkten Ergebnissen zur zentralen Frage auch, wie Sie mit Messfehlern umgehen wollen und wie Sie prinzipiell an eine experimentelle Untersuchung herangehen wollen (naturwissenschaftliche Arbeitsweise).

Auftrag 3:

Überlagerung von Schwingungen

Wir haben gesehen, dass man eine harmonische Schwingung im s-t-Diagramm und im dazu äquivalenten Zeigerdiagramm darstellen kann.

Was passiert, wenn nicht nur eine, sondern gleich zwei Schwingungen sich überlagern, sollen Sie mit dem heutigen Auftrag klären. Eine solche Situation finden Sie z. B. vor, wenn Sie zwei Stimmgabeln gleichzeitig anschlagen.

Notieren Sie bei der Arbeit an diesem Auftrag wieder alle Ihre Gedanken zur Sache. Wir werden sie im Unterricht danach benötigen – auch Irrwege und vermeintlich „Falsches“ kann später hilfreich sein, also **schreiben Sie auch wirklich alles auf!** Geben Sie Ihrem Aufschrieb auch dieses Mal eine **klare Struktur**.

Zentrale Frage: Welche Phänomene treten bei Schwingungsüberlagerungen auf?

Der zentralen Frage kommen Sie entweder direkt mit den folgenden Hilfsmitteln auf die Spur oder indem Sie die angebotenen Hilfskärtchen nutzen:

- Selbst gezeichnete Zeigerdiagramme unterschiedlicher Art
- Programm „Schwebung“ von G. Dierolf⁶

⁶ Kostenloser Download des Programms „Schwebung“ von StD Guntram Dierolf unter http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/physik/online_material/wellen/interferenz/d_zeiger.htm

| | |
|--|---|
| Hilfskärtchen zu Auftrag 2 | <i>(Kärtchen entlang der gestrichelten Linien ausschneiden, die durchgezogenen Linien nicht schneiden!)</i> |
| Vorhersagen und Experimente 1 | <p>Bauen Sie ein Federschwere-Pendel auf: Welche Größen daran können Sie variieren? Welche dieser Größen haben Ihrer Ansicht nach einen Einfluss auf die Periodendauer des schwingenden Systems? Stellen Sie Hypothesen auf, in welcher Weise diese Größen die Periodendauer beeinflussen könnten (z. B. Je-Desto-Sätze oder vermutete Proportionalitäten etc.).</p> |
| Vorhersagen und Experimente 2 | <p>Überlegen Sie sich Versuche, mit denen Sie systematisch die Abhängigkeiten der Periodendauer von den variierbaren Größen untersuchen können. Beschreiben Sie diese Versuche in Worten und mit einer Versuchsskizze. Was variieren Sie und was messen Sie?</p> |
| Vorhersagen und Experimente 3 | <p>An welchen Stellen könnten bei den von Ihnen ersonnenen Versuchen Messfehler auftreten? Welche davon werden vermutlich am stärksten ins Gewicht fallen? Wie können Sie durch Ihre Versuchsdurchführung auf die Minimierung dieser Messfehler hinwirken?</p> |
| Vorhersagen und Experimente 4 | <p>Besprechen Sie sich mit jemandem aus Ihrem Kurs, wie er bzw. sie die Versuche durchführen will. Entwickeln Sie eine gemeinsame Vorgehensweise, legen Sie Messtabellen im Heft an und führen Sie die Versuchsreihe durch. Notieren Sie beide (!) jeweils sorgfältig die Messergebnisse!</p> |
| Physikalische Interpretation | <p>Nun arbeiten Sie alleine in Ihrem Heft weiter: Werten Sie die Messergebnisse aus. Zeichnen Sie dazu u. a. Diagramme im Heft. Geben Sie außerdem die Messwerte im GTR in jeweils eine Liste ein und ermitteln Sie einen möglichen funktionalen Zusammenhang zwischen der Periodendauer und der jeweils variierten Größe. Haben Sie damit aus der Differenzialgleichung für harmonische Schwingungen bekannte Zusammenhänge bestätigen können? Welche (nicht)?</p> |
| Theoretische Überlegungen | <p>Beschreiben Sie das Vorgehen innerhalb der Naturwissenschaft beim Erforschen von Phänomenen und dem Finden von Modellvorstellungen und funktionalen Zusammenhängen, indem Sie Ihr Vorgehen hier in diesem Auftrag verallgemeinern.</p> |
| Vorhersagen und Experimente 5 | <p>Falls Sie noch Zeit haben: Spielen Sie dieselben Aufträge (1. bis 5.) für das Fadenpendel durch. Auf welche überraschenden Zusammenhänge kommen Sie nun? Was könnten Gründe für diese Ergebnisse sein?</p> |

| | |
|---------------------------------------|--|
| Hilfskärtchen zu Auftrag 3 | <i>(Kärtchen entlang der gestrichelten Linien ausschneiden, die durchgezogenen Linien nicht schneiden!)</i> |
| Alltagserfahrungen | Kennen Sie aus dem Alltag Phänomene, bei denen Schwingungen überlagert werden? Beschreiben Sie diese. |
| Theoretische Überlegungen 1 | Nun betrachten Sie zuerst den Fall von zwei Schwingungen gleicher Frequenz, die sich überlagern: Stellen Sie dies im s-t- und im Zeigerdiagramm dar. Welche Spezialfälle gibt es? Wie nimmt das Ohr wohl diese wahr? |
| Theoretische Überlegungen 2 | Nun nehmen wir den Fall von zwei leicht verstimmten Stimmgabeln an, also zwei Schwingungen mit ein wenig unterschiedlichen Schwingungsfrequenzen: Überlegen Sie anhand der Diagramme aus „Theoretische Überlegungen 1“, wie das Zeigerdiagramm und wie das s-t-Diagramm dieser Überlagerung aussieht. Welche Aussagen über die auftretenden Frequenzen und den gehörten Ton lassen sich aus dem Zeigerdiagramm der Überlagerung entnehmen? |
| Simulatoren und Modelle | Betrachten Sie in der Zeigersimulation von G. Dierolf „Schwebung“ ⁷ zum einen den Fall von zwei Schwingungen mit gleicher Frequenz und zum anderen den Fall von zwei leicht „verstimmten Stimmgabeln“ und beschreiben Sie, was Sie sehen. Vergleichen Sie mit Ihren theoretischen Vorüberlegungen – was können Sie bestätigen, was müssen Sie ergänzen, was müssen Sie als falsch beurteilen? |

⁷ Kostenloser Download des Programms „Schwebung“ von StD Guntram Dierolf unter http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/physik/online_material/wellen/interferenz/d_zeiger.htm

Auftrag 4:

Vergleich mechanischer und elektromagnetischer Schwingungen

Sie kennen bereits Spulen und Kondensatoren als Bauteile im elektrischen Wechselstromkreis. Schaltet man einen Kondensator und eine Spule passender Dimension parallel, lädt den Kondensator durch eine externe Spannungsversorgung auf und entlädt ihn dann über die Spule in einem geschlossenen Stromkreis, so beobachtet man mit Hilfe von Spannungs- und Stromstärkemessgeräten etwas erstaunliches: Die Spannung pulsiert mehrfach sinusförmig, ebenso die Stromstärke – jedoch mit einer Phasenverschiebung von ca. $\pi/2$. Man spricht von einer elektromagnetischen Schwingung, die experimentelle Anordnung nennt man einen elektromagnetischen Schwingkreis.

Notieren Sie bei der Arbeit an diesem Auftrag wieder alle Ihre Gedanken zur Sache. Wir werden sie im Unterricht danach benötigen – auch Irrwege und vermeintlich „Falsches“ kann später hilfreich sein, also **schreiben Sie auch wirklich alles auf!** Geben Sie Ihrem Aufschrieb auch dieses Mal eine **klare Struktur**.

Zentrale Frage: Welche Analogien können Sie zwischen den beiden Schwingungstypen erkennen?

Der zentralen Frage kommen Sie entweder direkt mit dem folgenden Hilfsmittel auf die Spur oder indem Sie die angebotenen Hilfskärtchen nutzen:

- Simulation zum elektromagnetischen Schwingkreis von W. Fendt⁸

⁸ Kostenlos erhältliches Java-Applet von Walter Fendt unter <http://www.walter-fendt.de/ph14d/schwingkreis.htm>

| | |
|------------------------------------|--|
| Hilfskärtchen zu Auftrag 4 | <i>(Kärtchen entlang der gestrichelten Linien ausschneiden, die durchgezogenen Linien nicht schneiden!)</i> |
| Theoretische Überlegungen 1 | Versuchen Sie zu beschreiben, wie es zu den Schwingungen im Schwingkreis überhaupt kommen kann, indem Sie sich spezifische Eigenschaften von Spulen und Kondensatoren in Erinnerung rufen. |
| Simulatoren und Modelle | Im elektromagnetischen Schwingkreis pendelt die Energie zwischen Spule und Kondensator hin und her. Sehen Sie sich dazu die Simulation von W. Fendt ⁹ an. Beschreiben Sie in Ihren Worten, was dabei passiert – benutzen Sie dabei die Begriffe el. Ladung, Stromstärke, Spannung, Kapazität, Induktivität und Energie. |
| Theoretische Überlegungen 2 | Stellen Sie einen Vergleich zwischen elektromagnetischer und mechanischer Schwingung an (es soll ein waagrecht zwischen zwei Federn eingespannter Körper nach rechts und links pendeln). Vergleichen Sie vier besondere Phasen einer Schwingungs-Periode und geben Sie an, welche Vorgänge und Größen im mechanischen Fall dem elektromagnetischen Fall entsprechen. Zeichnen Sie dazu auch geeignete Skizzen. |
| Theoretische Überlegungen 3 | Die elektrische Ladung Q im elektromagnetischen Schwingkreis entspricht der Auslenkung aus der Ruhelage s im mechanischen Fall. Leiten Sie durch einen Analogieschluss aus der Differenzialgleichung der mechanischen Schwingung eine Differenzialgleichung für den elektromagnetischen Fall her. Beschreiben Sie alle Ihre Überlegungen. |

⁹ Kostenlos erhältliches Java-Applet von Walter Fendt unter <http://www.walterfendt.de/ph14d/schwingkreis.htm>

Auftrag 5:

Überlagerung von mechanischen Wellen

Sie haben die mechanische Welle als ein sich im Raum fortpflanzende Schwingungszustände von elastisch gekoppelten harmonischen Schwingern kennengelernt. Entsprechend ordnet man jedem einzelnen dieser harmonischen Schwingern einen Zeiger zu. Alle Zeiger einer Welle drehen sich mit der gleichen, vom Erreger abhängigen Frequenz, sind aber zueinander phasenverschoben.

An vielen Stellen werden einzelne Wellen von anderen Wellen überlagert, z. B. wenn mehrere Lautsprecher gleichzeitig Töne aussenden oder bei der Reflexion an festen oder losen Enden. Nun sollen die Phänomene untersucht werden, die sich bei der Überlagerung von mehreren Wellen ergeben. Dazu gehen Sie vom Zeigermodell aus und überlegen, was bei der Überlagerung von zwei gleich- oder gegenläufigen Wellen mit den Zeigern passiert.

Notieren Sie bei der Arbeit an diesem Auftrag wieder alle Ihre Gedanken zur Sache. Wir werden sie im Unterricht danach benötigen – auch Irrwege und vermeintlich „Falsches“ kann später hilfreich sein, also **schreiben Sie auch wirklich alles auf!** Geben Sie Ihrem Aufschrieb auch dieses Mal eine **klare Struktur**.

Zentrale Frage: Welche Phänomene treten bei der Überlagerung von Wellen auf?

Der zentralen Frage kommen Sie entweder direkt mit dem folgenden Hilfsmittel auf die Spur oder indem Sie die angebotenen Hilfskärtchen nutzen:

- Selbst gezeichnete s-x- und Zeigerdiagramme von überlagerten Wellen
- Experiment mit an einer Wand reflektierten Schallwellen, dazu:
 - Oszilloskop
 - Mikrophon mit Verbindung zum Oszilloskop
 - Sinusgenerator mit Lautsprecher
- Simulation von K.-D. Grüninger¹⁰

¹⁰ Im Internet findet sich eine Wellenmaschine für Wellenreflexionen unter http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/physik/online_material/wellen/mech_wellen/reflexion_welle.htm

| | |
|------------------------------------|--|
| Hilfskärtchen zu Auftrag 5 | <i>(Kärtchen entlang der gestrichelten Linien ausschneiden, die durchgezogenen Linien nicht schneiden!)</i> |
| Theoretische Überlegungen 1 | Stellen Sie Vermutungen an, welche Phänomene bei der Überlagerung von verschiedenen Wellenzügen auftreten können. |
| Theoretische Überlegungen 2 | Zunächst sollen sich zwei in die gleiche Richtung laufende Wellen überlagern: Zeichnen Sie ein s-x-Diagramm und überlegen Sie, wie das zugehörige Zeigerdiagramm an geeigneten Stellen auf dem Wellenträger aussieht. Beschreiben Sie in Worten: Welche Spezialfälle gibt es? |
| Theoretische Überlegungen 3 | Nun soll eine Welle am losen bzw. am festen Ende reflektiert werden. Überlegen Sie wieder anhand des s-x- und des Zeigerdiagramms, wie die Überlagerung von reflektierter und ursprünglicher Welle aussieht. Beschreiben Sie in Worten Ihre Erwartung: Wie wird diese Welle zu verschiedenen Zeiten aussehen? |
| Vorhersagen und Experimente | Überprüfen Sie die Vorüberlegungen experimentell: Lassen Sie die Schallwelle eines aus einem Lautsprecher ausgesendeten Sinustons an einer Wand reflektieren. Fahren Sie den Zwischenraum zwischen der Wand und dem Lautsprecher mit einem Mikrophon ab, welches an ein Spannungsmessgerät wie ein Oszilloskop o.ä. gekoppelt ist (Alternative: Verwenden Sie ein Messwerterfassungssystem mit Mikrophon). Was stellen Sie beim langsamen Verschieben des Mikrophons fest? Beschreiben Sie genau und vergleichen Sie mit Ihren in Vorüberlegungen! |
| Simulatoren und Modelle | Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit der Simulation von K-D. Grüninger ¹¹ . Beschreiben Sie genau, was Sie bestätigen, ergänzen oder auch falsifizieren können. |





¹¹ Im Internet findet sich eine Wellenmaschine für Wellenreflexionen unter http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/physik/online_material/wellen/mech_wellen/reflexion_welle.htm sowie

Umsetzungsbeispiel 2: Modellbegriffe vertiefen und vernetzen

Georg Kirchgessner

Planung und Ablauf

1. Trainierte Kompetenzen:

| Übergeordnete Kompetenzen | | Trainingsintensität | | | | |
|------------------------------------|--|---------------------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Fachmethoden (Erkenntnisgewinnung) |  | | | | | |
| Kommunikation |  | | | | | |
| Reflexion (Bewertung) |  | | | | | |
| Personale und soziale Kompetenzen |  | | | | | |

Diese Kompetenzen werden an folgenden Inhalten (Bildungsstandards Kompetenzen Nr. 7 bis 13) trainiert:

- Teilchenmodelle an geeigneten Stellen anwenden und kennen deren jeweilige Grenzen; die Struktur der Materie auf der Basis einer quantenphysikalischen Modellvorstellung beschreiben. (*Struktur der Materie 11.1 und 11.2*)
- Die Schülerinnen und Schüler können Grenzen der klassischen Physik benennen; die grundlegenden Gedanken der Quanten- und Atomphysik, Untersuchungsmethoden und erkenntnistheoretische Aspekte formulieren. (*Modellvorstellungen und Weltbilder 13.1 und 13.2*)

2. Didaktischer Kurzkomentar:

Auf welche Kompetenzen wird aufgebaut?

In der Kursstufe lernen die Schülerinnen und Schüler in der Quantenphysik viele neue physikalische Begriffe kennen. Diese neuen Begriffe sind immer an Situationen und Zusammenhänge geknüpft, in denen sie verwendet werden. Oft werden die Begriffe mit weiteren Eigenschaften versehen, die den Schülerinnen und Schülern vorher noch unbekannt waren (als Beispiel kann man hier das „Photon“ nennen, das zu Beginn im Zusammenhang eines Energiequants benutzt wird, im späteren Verlauf jedoch weitere Quanteneigenschaften wie die Nichtlokalität zugesprochen bekommt). Sie müssen also **nicht nur Begriffe kennen**, sondern diese auch **mit der entsprechenden Situation und dem passenden Zusammenhang verknüpfen** können.

Wie wird auf die Kompetenzen aufgebaut?

Im Zweierteam bekommt jeder einen Begriff. Als Beispiel sollen hier die Begriffe „Photon“ und „Unbestimmtheitsrelation“ dienen. Jeder sucht zu seinem Begriff zwei Schlagworte (auch Formeln) oder Situationen, mit denen der Begriff in Verbindung gebracht werden kann. Schon beim Schreiben der beiden „Schlagworte“ sollte man sich überlegen, was man als mögliche Erklärung erwartet (sowohl von der Tiefe als auch von der Breite der Erklärung her).

Die beiden Teammitglieder tauschen ihre Zettel aus und sehen die beide „Schlagworte“ zu dem genannten Begriff aufgeschrieben. So wurde zum Beispiel zum Begriff *Photon* die „Schlagworte“: *Lokalisation* und *Quantenobjekt* aufgeschrieben. Die Aufgabe besteht nun darin, den Zusammenhang zwischen *Photon – Lokalisation* bzw. *Photon – Quantenobjekt* in einem kurzen Text darzustellen. Hierbei soll fachlich korrekt und umfassend erklärt werden.

Lehrkräfte nehmen hier eine beratende Rolle ein. Sie drängen niemandem Lösungen oder Ansätze auf, versucht aber durch Gespräche auf die fachliche Richtigkeit zu achten. Denkansätze können die Schülerinnen und Schüler auf neue Sachverhalte leiten, die zwar wichtig in der Physik sind, jedoch für die Schülerinnen und Schüler „ungemütlich“ zu erklären erscheinen. Jedoch gerade solche, doch etwas komplexeren Zusammenhänge, lohnt es sich hier einzuüben.

Nach dem Schreiben der Erklärungen wird wieder zurückgetauscht. Jeder „korrigiert“ die Erklärungen zu seinen eigenen beiden „Schlagworten“, die das Teammitglied geschrieben hat. Hierbei geht es weniger um eine Korrektur im eigentlichen Sinne, sondern um eine Konsensfindung einer richtigen und vollständigen Erklärung. Jeder wird seine Schwerpunkte anders setzen. Auch die Struktur der Erklärung wird sich sicher unterscheiden. Das Team muss sich auf eine gemeinsame Lösung einigen, die beiden genügt.

Da die Begriffe sicher von mehreren Teams erklärt wurden, könnte hier auch noch ein Austausch zwischen den Teams stattfinden.

Welcher Kompetenzstandard soll angestrebt werden?

Diese Methode dient zur Festigung und Einbettung der eigentlich schon bekannten Begriffe. Zusammenhänge sollen bewusst geknüpft und besprochen werden. Schon beim Nennen der beiden „Schlagwörter“ gibt man eine persönliche Gewichtung und Struktur vor.

Bei den Erklärungen schreibt man sein persönliches Wissen und seine eigene Einschätzung auf. Selbst muss man den gemeinten Sinnzusammenhang des anderen erkennen und richtig beschreiben. Dabei soll der Text fachlich korrekt und verständlich bleiben.

Bei der anschließenden „Korrektur“ und Besprechung des Geschriebenen muss man einen Konsens des Geschriebenen und der Erwartungen desjenigen machen, der die „Schlagwörter“ genannt hatte. Ergänzungen, Berichtigungen oder Umstellungen im Text sind hier zu erwarten.

Kopiervorlagen

Modellbegriffe vertiefen und vernetzen

In dieser Gruppenarbeit geht es darum, Begriffe und Modellvorstellungen aus der Quanten- und Atomphysik gut zu erklären.

Sie arbeiten mit Ihrer Nachbarin bzw. Ihrem Nachbarn in Partnerarbeit zusammen.

Sie bekommen dann beide jeweils einen Begriff genannt und müssen mit diesen folgende Schritte durchführen:

1. Sie notieren zu dem Ihnen genannten Begriff zwei andere physikalische „Schlagworte“ oder Situationen, die mit diesem Begriff verknüpft sind. Ihre Nachbarin bzw. Nachbar verfährt ebenso mit dem anderen Begriff.
2. Sie geben diese beiden „Schlagworte“ oder Situationen Ihrem Nachbarn, der diese dann schriftlich im Kontext des Begriffes aus der Aufgabenstellung erklärt. Umgekehrt erläutern Sie schriftlich die beiden Begriffe, die Ihnen Ihre Nachbarin bzw. Ihr Nachbar zurück gibt.
3. Sie lesen die schriftliche Erklärung Ihres Nachbarn durch und korrigieren bzw. ergänzen diese ggf. und umgekehrt.

Begriffsbeispiel:

„Elektron“ und „Quantenphysikalischer Messprozess“ sind in der Aufgabe gegeben.

Person 1 notiert die beiden assoziierten Begriffe „Massenbestimmung“ und „Teilchen oder Welle?“

Person 2 notiert die beiden assoziierten Begriffe „Kollaps der Wellenfunktion“ und „Nicht-Objektivierbarkeit“.

Beide tauschen Ihre Begriffe aus, so dass Person 2 nun im Zusammenhang mit dem Oberbegriff „Elektron“ einen Versuch zur Bestimmung der Elektronenmasse beschreibt und Experimente beschreibt, mit denen das Elektron als Quantenobjekt identifiziert werden kann.

Person 1 hingegen beschreibt, was unter dem Oberbegriff „quantenphysikalischer Messprozess“ mit dem „Kollaps der Wellenfunktion“ gemeint ist und erläutert, dass man die Welt der Quantenobjekte an sich nur im Kontext des Messprozesses beschreiben kann und nicht objektiv wie man es vor der Quantentheorie vom klassischen Makrokosmos gewohnt war.

Gruppe 1:

Person 1: „Photon“

Person 2: „Unbestimmtheitsrelation“

Gruppe 2:

Person 1: „Linearer Potenzialtopf“

Person 2: „Kohärenz“

Gruppe 3:

Person 1: „Quantenobjekt“

Person 2: „Schrödinger-Gleichung“

Gruppe 4:

Person 1: „Quantenradierer“

Person 2: „Fotoeffekt“

Ablauf der Unterrichtsmethode:

| | Person 1 | Person 2 |
|---------------------------------------|--|--|
| Schlagworte nennen | Schreibt zwei Schlagworte zum Begriff „ Photon “ auf: <ul style="list-style-type: none"> • Lokalisation • Quantenobjekt | Schreibt zwei Schlagworte zum Begriff „ Unbestimmtheitsrelation “ auf: <ul style="list-style-type: none"> • $\Delta x * \Delta p_x \approx h$ • Orbitale |
| --- Blätter tauschen --- | | |
| Erklärungen schreiben | Erklärungen zu den Schlagworten im Kontext „Unbestimmtheitsrelation“: <ul style="list-style-type: none"> • $\Delta x * \Delta p_x \approx h$ • Orbitale | Erklärungen zu den Schlagworten im Kontext „Photon“: <ul style="list-style-type: none"> • Lokalisation • Quantenobjekt |
| --- Blätter zurücktauschen --- | | |
| Konsensbildung | „Korrektur“/Ergänzungen und Absprache der Erklärungen des Partners – also der eigenen Begriffe: Lokalisation und Quantenobjekt | „Korrektur“/Ergänzungen und Absprache der Erklärungen des Partners – also der eigenen Begriffe: $\Delta x * \Delta p_x \approx h$ und Orbitale |
| Plenumsphase | Vorstellung und Diskussion der Ergebnisse | |

Umsetzungsbeispiel 3: Karteikartenreferate zur Wiederholung der E-Lehre aus Sek. II

Monica Hettrich

Planung und Ablauf

1. Trainierte Kompetenzen:

| Übergeordnete Kompetenzen | | Trainingsintensität | | | | |
|------------------------------------|--|---------------------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Fachmethoden (Erkenntnisgewinnung) | | | | | | |
| Kommunikation | | | | | | |
| Reflexion (Bewertung) | | | | | | |
| Personale und soziale Kompetenzen | | | | | | |

Diese Kompetenzen werden an folgenden Inhalten (Bildungsstandards Kompetenzen Nr. 7 bis 13) trainiert:

- Elektrische Feldstärke, Kapazität, magnetische Flussdichte, Induktivität (*Größen 8.7*)
- Energiespeicher ... auch in Feldern (*Analogien 9.2*)
- Feld, ... Lorentzkraft ..., Naturkonstanten (*Analogien 9.4*)
- Erde: ... atmosphärische Erscheinungen, Erdmagnetfeld (*Naturerscheinungen 10.1*)

2. Didaktischer Kurzkomentar:

Auf welche Kompetenzen wird aufgebaut?

Im Zusammenhang mit den Begriffen Kapazität und Induktivität sowie elektrischen und magnetischen Feldern werden die Bauteile Spule und Kondensator als Bauteile im elektrischen Stromkreis in der Kursstufe neu erarbeitet.

Die kommunikative Kompetenz innerhalb des Physik-Unterrichtes wurde bereits in der Mittelstufe immer wieder an einzelnen Stellen des Unterrichtes durch den Einsatz von *Methodenwerkzeugen*¹² und speziellen Unterrichtsmethoden wie *Teamarbeiten, Schülerexperimenten und Experimentalreferaten*¹³ gestärkt.

Wie wird auf die Kompetenzen aufgebaut?

Inhaltlich sollen die Schülerinnen und Schüler die neu kennengelernten Begriffe am Ende einer Unterrichtseinheit nochmals festigen. Durch die Methodenwahl des 1-Minuten-Kurzvortrages müssen im Regelfall mehrere Begriffe miteinander in Beziehung gesetzt werden und ein strukturierter, physikalisch sinnvoller Redebeitrag ausgearbeitet werden.

Die Aufgabe für die Schülerinnen und Schüler besteht darin, zu einem blind gezogenen Kärtchen innerhalb von 10 Minuten Unterrichtszeit unter Zuhilfenahme der eigenen Aufschriebe aus dem Unterricht sowie dem Physikbuch oder anderer hilfreicher Medien einen strukturier-

¹² s. Material aus der Fortbildung Kompetenzorientierter Physikunterricht in Sekundarstufe I (ZPG-Fortbildung Sek I), speziell „Methodenwerkzeuge“ von Prof. Josef Leisen.

¹³ s. u.a. Handreichung des LS: Ph49 „Kompetenzorientierter Physikunterricht“

ten, inhaltlich fundierten Kurzvortrag von 1 Minute Dauer zu konzipieren. Der Kurzvortrag sollte u. a. folgende Leitfragen beantworten:

- Was versteht man unter dem Begriff?
- Welche Experimente stehen ggf. in engem Zusammenhang mit dem Begriff?
- Welche Modellvorstellungen sind mit dem Begriff verbunden?
- Welche anderen Begriffe sind mit diesem Begriff verbunden und welche Verbindung ist das? Evtl. Mindmap skizzieren!
- Welche Skizze / Zeichnung erläutert den Begriff?
- Welchen Praxisbezug bzw. welche Alltagsanwendung gibt es?

Der Reihe nach werden die Kurzvorträge dann im Plenum gehalten, konstruktiv kritisiert und ggf. ergänzt.

Wahlweise kann in den 10 Minuten Vorbereitungszeit auch ein schriftlicher Erläuterungstext zum gezogenen Begriff verfasst werden. In diesem Falle werden die verfassten Texte danach im Plenum vorgelesen und solange verbessert, bis eine „klausurwürdige“ Fassung entstanden ist.

Hinweis:

Die hier abgedruckten Begriffe entsprechen nicht alle dem Kerncurriculum der Bildungsstandards, sondern bilden die volle inhaltliche Breite bei Schwerpunktsetzung in diesem Gebiet ab. Selbstverständlich können Kärtchen teilweise herausgenommen oder verändert und dem individuellen Unterrichtsverlauf angepasst werden.

Welcher Kompetenzstandard soll angestrebt werden?

Die Ausarbeitung der Kurzvorträge dient der Festigung und Strukturierung des Gelernten. Zudem wird durch die mündlichen Beiträge auf schriftliche Erläuterungen zu physikalischen Sachverhalten hingearbeitet, z. B. sind die 1-Minuten-Kärtchen-Vorträge geeignet zur Wiederholung in der Stunde vor einer Klausur oder an jeder Stelle, an der der Themenkomplex rund um Spule und Kondensator im Unterricht mit einem Überblick über das Gesamtthema beendet werden soll.

| | |
|---------------------------|---------------------------|
| Elektrisches Feld | Elektrische Feldstärke |
| Elektrische Spannung | Elektrisches Potential |
| Elektrische Flächendichte | Elektrische Feldkonstante |
| Coulomb-Felder | Coulomb-Potential |
| Kapazität | Dielektrika im E-Feld |

| | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| Schaltung von Kondensatoren | Kondensator-Auf- und Entladung |
| Elektrische Energie im E-Feld | Millikan-Versuch |
| Braunsche Röhre | Feldlinien |
| Lorentzkraft | Magnetische Flussdichte |
| Halleffekt | B-Feld bei schlanker Spule |

| | |
|------------------------------|--------------------------|
| Permeabilität | Hysterese |
| Magnetische Feldkonstante | Magnetfeld der Erde |
| Elektronen im Magnetfeld | Spezifische Ladung |
| Polarlicht | Elektronen- mikroskop |
| Massen- spektrometer | Zyklotron |

| | |
|--------------------------|---------------------------------|
| Wiensches Filter | Teilchenbeschleuniger |
| Energie des Magnetfeldes | Ein- und Ausschaltvorgang Spule |
| Magnetischer Fluss | Änderung magnetischer Fluss |
| Induktionsspannung | EES und Lenzsche Regel |
| Selbstinduktion | Wirbelströme |





| | |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| Induktivität | Erzeugung von Wechselspannung |
| Scheitel- und Effektivspannung | Ohmscher Widerstand & Wechselstrom |
| Kondensator & Wechselstrom | Spule und Wechselstrom |
| Kapazitiver & induktiver Widerstand | R, C, L in Reihenschaltung |
| R, C, L in Parallelschaltung | Drehstrom |

Umsetzungsbeispiel 4: Rollenspiele zur Induktion

Nicole Pollmann

Planung und Ablauf

1. Trainierte Kompetenzen:

| Übergeordnete Kompetenzen | | Trainingsintensität | | | | |
|------------------------------------|--|---------------------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Fachmethoden (Erkenntnisgewinnung) |  | | | | | |
| Kommunikation |  | | | | | |
| Reflexion (Bewertung) |  | | | | | |
| Personale und soziale Kompetenzen |  | | | | | |

Diese Kompetenzen werden an folgenden Inhalten (Bildungsstandards Kompetenzen Nr. 7 bis 13) trainiert:

- Qualitative Beschreibung von Feldern, Elektromagnetische Felder und Induktion (*Analogien 9.4*)
- Kraft, Geschwindigkeit, Beschleunigung (*Größen 8.4*)

2. Didaktischer Kurzkomentar:

Auf welche Kompetenzen wird aufgebaut?

Laut Bildungsstandards sollen das im Physikunterricht erworbene Grundlagenwissen und die dort gelernten Fachmethoden im Alltag gewinnbringend eingesetzt werden. Diese Forderung kann als Basis für die Rollenspiele angesehen werden.

Die in der Kursstufe zuvor erworbenen Erkenntnisse über elektromagnetische Felder und Induktionsvorgänge sind Voraussetzung, um die Funktionsweise des Induktionsherdes und der Wirbelstrombremse beim „Free Fall Tower“ zu verstehen. Die Schülerinnen und Schüler können ihr Wissen über die Änderung des magnetischen Flusses bei einer Spule, die von einem hochfrequenten Wechselstrom durchflossen wird, hier anwenden.

Bei der Wirbelstrombremse des „Free Fall Towers“ müssen die Schülerinnen und Schüler zuvor die Lenzsche Regel bzw. den Energieerhaltungssatz im Falle der Induktion verinnerlicht haben. Zur Überprüfung der im Schulbuchtext genannten Größen werden die Kenntnisse über Bewegungsgleichungen verlangt. Dadurch ist dieses Rollenspiel anspruchsvoller als das zum Induktionsherd.

Neben der Entwicklung kognitiver Fähigkeiten müsse der Physikunterricht laut den Standards auch die personale und soziale Kompetenz der Schülerinnen und Schüler fördern. Die hier nötigen kooperativen und kommunikativen Kompetenzen wurden im vorherigen Fachunterricht z. B. beim Einsatz der Methodenwerkzeuge oder Teamarbeiten, Schülerexperimenten¹⁴ und Referaten geschult.

¹⁴ s. Material aus der Fortbildung Kompetenzorientierter Physikunterricht in Sekundarstufe I (ZPG-Fortbildung Sek I), speziell „Methodenwerkzeuge“ von Prof. Josef Leisen.

Wie wird auf die Kompetenzen aufgebaut?

Der Kurs wird entweder von der Lehrkraft oder durch ein Zufallsprinzip in zwei Gruppen unterteilt: Induktionsherd und "Free Fall Tower". Sollte der Kurs zu groß sein, so könnten auch zwei weitere arbeitgleiche Gruppen gebildet werden. Das Team "Free Fall Tower" sollte etwas mehr Teilnehmer haben, da dort neben den elektromagnetischen Vorgängen auch mechanische Betrachtungen angestellt werden müssen.

Die Schülerinnen und Schüler bekommen zu Beginn das Arbeitsblatt mit den Rollenspielen. Das Team "Induktionsherd" erhält zusätzlich die Werbebroschüre über den Herd, den Teilnehmern "Free Fall Tower" wird das Material zum Freihandversuch überlassen.

Folgendes Szenario soll sich die Gruppe Induktionsherd vorstellen:

Zwei Kunden interessieren sich aufgrund der Werbeanzeige für einen Induktionsherd. Sie wenden sich an einen Fachhändler, um sich über Induktionsherde zu informieren, dabei werden sie von zwei kompetenten Verkäufern beraten.

Das Team „Free Fall Tower“ erhält dieses Rollenspiel:

Im FunAndAction-Park wird der sogenannte „Free Fall Tower“ eingeweiht. Auf einer Pressekonferenz stellen zwei Pressesprecher des Parks den geladenen Journalisten das neue Spaßgerät vor.

Die beiden Teams unterteilen sich nun jeweils in zwei Untergruppen:

- Im Falle des Induktionsherdes bereitet sich die eine Untergruppe auf ihre Rolle als Verkäufer des Induktionsherdes vor (Fachwissen erarbeiten, überzeugende Kaufargumente sammeln etc.), während die andere Gruppe die Rolle des Kunden vorbereitet (Fachwissen erarbeiten, knifflige Fragen – auch aus der konkreten Anwendungssituation heraus – vorbereiten etc.)
- Im Falle des Free Fall Towers geht es für die eine Untergruppe um die Vorbereitung der Pressesprecher auf die Pressekonferenz (Fachwissen erarbeiten, möglichst potenzielle Kunden für die tolle neue Attraktion werben etc.), während sich die andere Untergruppe auf ihre Rolle als Pressevertreter vorbereitet (Fachwissen erarbeiten, kritische und auch teilweise provokative Fragen ausarbeiten, Aspekte von Sicherheit und evtl. Umweltschutz berücksichtigen etc.).

Die Schülerinnen und Schüler sollen sich auf verschiedene Arten Informationen über ihr Thema beschaffen (Schulbuch, Internet, Simulationen, Gespräche mit dem Lehrer ...) und diese in einer Informationsbroschüre zusammenstellen. Der Lehrer unterstützt die Schülerinnen und Schüler bei Fragen und gibt Anregungen.

Nachdem die inhaltlichen Aspekte geklärt sind, inszenieren die Teams ihre Rollenspiele und proben sie unter sich. Im Anschluss an die Gruppenarbeitsphase werden die zwei Rollenspiele im Plenum vorgespielt.

Jede Gruppe hat die Aufgabe, durch ihr Spiel die Sachverhalte vorzustellen und dazu ihre Begriffe möglichst klar und verständlich zu erklären. Requisiten können aus der Physiksammlung hinzugezogen werden. Die Informationsbroschüre kann im Rollenspiel eingesetzt werden und wird allen Schülerinnen und Schülern zur Verfügung gestellt.

Zum Schluss werden noch offene Fragen bzw. Unverständliches geklärt.

Welcher Kompetenzstandard soll angestrebt werden?

Die beschriebenen Rollenspiele sollen bei den Schülerinnen und Schülern die Kompetenzen bereitstellen, die nötig sind, um das gelernte Grundlagenwissen des Physikunterrichtes auf teilweise komplexe Alltagsprobleme anzuwenden. Die Teams strukturieren die neue Thematik, so dass auch die übrigen Schüler Verständnis und Einblick bekommen.

Kopiervorlagen

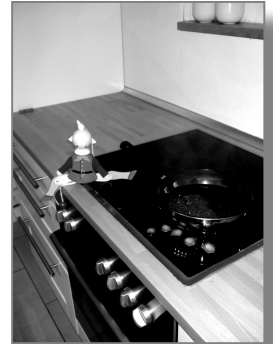
Induktionsherd

4 Schüler: Gruppenarbeit, Informationsbroschüre, Rollenspiel

Zwei Kunden interessieren sich aufgrund der Werbeanzeige für einen Induktionsherd. Sie wenden sich an einen Fachhändler, um sich über Induktionsherde zu informieren, dabei werden sie von zwei kompetenten Verkäufern beraten.

Teilen Sie sich in zwei Untergruppen auf, die unabhängig voneinander arbeiten: Die eine Untergruppe bereitet sich auf die Aufgabe des Fachhändlers vor (Fachwissen erarbeiten, fundierte Kaufargumente zusammentragen und dem Kunden in ansprechender Form darbieten, mögliche kritische Fragen vorher abschätzen und Argumente parat haben, evtl. Informationsbroschüre zusammenstellen), die andere Untergruppe bereitet sich auf die Rolle der interessierten und aufgeklärten Kunden vor (Fachwissen erarbeiten, Wünsche bzw. Erwartungen an das Produkt überlegen, kritische Fragen überlegen, Vergleich des Produktes mit anderen Herdarten etc.)

Inszenieren Sie ein Rollenspiel über das Beratungsgespräch! Sammeln Sie dazu auch Requisiten aus der Physiksammlung! Achten Sie darauf, dass es kein Monolog der Verkaufsbereiter wird, sondern stellen Sie als Kunden sachrelevante und kritische Fragen!



„Free Fall Tower“

6 Schüler: Gruppenarbeit, Informationsposter, Rollenspiel

Im FunAndAction-Park wird der sogenannte „Free Fall Tower“ eingeweiht. Auf einer Pressekonferenz stellen zwei Pressesprecher des Parks den geladenen Journalisten das neue Spaßgerät vor.

Teilen Sie sich in zwei Untergruppen auf, die unabhängig voneinander arbeiten: Die eine Untergruppe bereitet sich auf die Aufgabe des Pressevertreters vor (Fachwissen erarbeiten, das neue Produkt intensiv mit Sachargumenten bewerben, kleinen Freihandversuch zeigen, mögliche kritische Fragen vorher abschätzen und Argumente parat haben, evtl. Informationsbroschüre zusammenstellen), die andere Untergruppe bereitet sich auf die Rolle der kritischen Pressevertreter vor (Fachwissen erarbeiten, kritische Fragen auch hinsichtlich der Sicherheit oder Umweltschutzaspekten überlegen etc.)

Informieren Sie sich über die Funktion der Wirbelstrombremse, überprüfen Sie die technischen Daten, die im Text erwähnt sind anhand von Rechnungen.

Inszenieren Sie die Pressekonferenz! Achten Sie darauf, dass es kein Monolog der Pressesprecher wird, sondern stellen Sie als Journalisten sachrelevante Fragen!

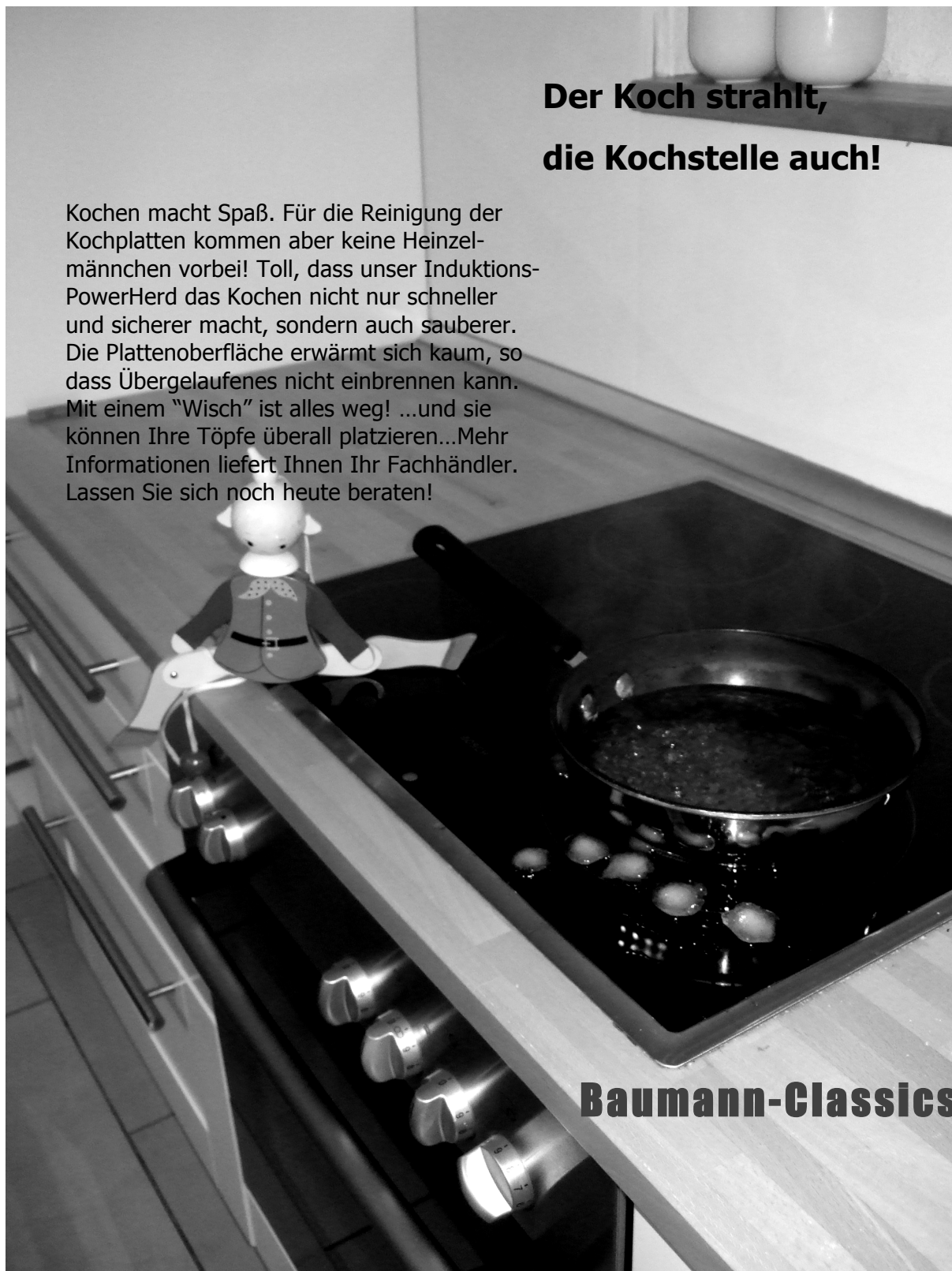


Fiktive Werbeanzeige

**Der Koch strahlt,
die Kochstelle auch!**

Kochen macht Spaß. Für die Reinigung der Kochplatten kommen aber keine Heizenmännchen vorbei! Toll, dass unser Induktions-PowerHerd das Kochen nicht nur schneller und sicherer macht, sondern auch sauberer. Die Plattenoberfläche erwärmt sich kaum, so dass Übergelaufenes nicht einbrennen kann. Mit einem "Wisch" ist alles weg! ...und sie können Ihre Töpfe überall platzieren...Mehr Informationen liefert Ihnen Ihr Fachhändler. Lassen Sie sich noch heute beraten!

Baumann-Classics



Umsetzungsbeispiel 5: Präsentationstraining zur Wiederholung der E-Lehre der Sek. I

Monica Hettrich

Planung und Ablauf

1. Trainierte Kompetenzen:

| Übergeordnete Kompetenzen | | Trainingsintensität | | | | |
|------------------------------------|--|---------------------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Fachmethoden (Erkenntnisgewinnung) | | | | | | |
| Kommunikation | | | | | | |
| Reflexion (Bewertung) | | | | | | |
| Personale und soziale Kompetenzen | | | | | | |

Diese Kompetenzen werden an folgenden Inhalten (Bildungsstandards Kompetenzen Nr. 7 bis 13) trainiert:

Wiederholung und anwendungsorientierte Strukturierung der Inhalte aus Kl. 9/10:

- Grundlegende physikalische Größen: elektrische Stromstärke, elektrisches Potenzial, elektrische Spannung (*Größen 8.3*)
- Strom, Antrieb und Widerstand (*Analogien 9.3*)
- Alltagsgeräte, z. B. Elektromotor (*Naturscheinung 10.3*)

2. Didaktischer Kurzkomentar:

Auf welche Kompetenzen wird aufgebaut?

In Klasse 9/10 sind grundlegende Größen der Elektrizitätslehre wie die elektrische Stromstärke, Potenzial und Spannung sowie deren Messung grundgelegt worden. Phänomenologisch wurden der Elektromotor und der Dynamo bzw. Generator als Alltagsgeräte eingeführt und deren Eigenschaft als „Energiewandler“ o. ä. diskutiert. Im Zusammenhang mit Stromstärken- und Spannungsmessungen wurden einige U-I-Kennlinien aufgenommen und daran charakteristische Eigenschaften der untersuchten Bauteile herausgearbeitet. Einzelne Schülergruppen verwenden bei der Aufnahme der Kennlinien sowohl Multimeter als auch Messwerterfassungssysteme, so dass konservative wie „bequeme“ Messmethoden gleichermaßen vertieft werden.

Die kommunikative Kompetenz innerhalb des Physik-Unterrichtes wurde bereits in der Mittelstufe immer wieder an einzelnen Stellen des Unterrichtes durch den Einsatz von *Methodenwerkzeugen*¹⁵ und speziellen Unterrichtsmethoden wie *Teamarbeiten*, *Schülerexperimenten* und *Experimentalreferaten*¹⁶ gestärkt.

¹⁵ s. Material aus der Fortbildung Kompetenzorientierter Physikunterricht in Sekundarstufe I (ZPG-Fortbildung Sek I), speziell „Methodenwerkzeuge“ von Prof. Josef Leisen.

¹⁶ s. u.a. Handreichung des LS: Ph49 „Kompetenzorientierter Physikunterricht“

Wie wird auf die Kompetenzen aufgebaut?

Inhaltlich sollen die Schülerinnen und Schüler die aus Klasse 9/10 bekannten Begriffe, Konzepte und Modellvorstellungen, die bei einigen möglicherweise in Vergessenheit geraten sind, anhand von konkreten kleinen Schüler-Versuchen bzw. anhand der experimentellen Untersuchung von Bauteilen wieder auffrischen. Die Ergebnisse werden jeweils im Klassenplenum jeweils in 5- bis 10-Minuten-Teamvorträgen präsentiert. Da während der Gruppenarbeitsphasen zwangsläufig miteinander über physikalische Inhalte und Strukturen diskutiert werden muss, stärkt dieses Vorgehen die mündliche Kommunikationskompetenz der Schülerinnen und Schüler.

Welcher Kompetenzstandard soll angestrebt werden?

Das beschriebene Vorgehen soll die Kompetenzen bereitstellen, die nötig sind, um mit den in der Kursstufe darauf aufbauenden Begriffen, Konzepten und Vorstellungen wie z. B. „Kapazität“ oder „Energietransport in Feldern“ sinnvoll umgehen zu können. Zudem soll durch diese mündliche Vorarbeit eine Textabfrage in schriftlicher Form vorbereitet werden.

Während der Teamarbeiten sollen die Schülerinnen und Schüler zudem jeweils einen Kriterienkatalog erarbeiten, mit dem sie selbst bei späteren Präsentationen im Physik-Unterricht der Kursstufe beurteilt werden wollen. Exemplarisch wenden sie die gefundenen Kriterien bei der 10-Minuten-Präsentation direkt an. Zu ihren 10-minütigen Vorträgen geben sich die Schülerinnen und Schüler gegenseitig nach den Grundregeln des konstruktiven Feedbacks eine Rückmeldung (zuerst loben, dann Verbesserungsvorschläge nennen), die Lehrkraft ergänzt, wo nötig.

Die Lehrkraft erstellt nach der Präsentationsstunde eine Zusammenschau aller Kriterienkataloge, strukturiert und modifiziert wo nötig und bespricht den dann entstandenen Kriterienkatalog mit den Schülerinnen und Schülern. Dies dient mehreren Zielen: Zum einen wird dadurch noch einmal von allen Schülerinnen und Schülern genau überlegt, was eine gute Präsentation im Physikunterricht auszeichnet – diese Erkenntnisse sollen dann sofort in der verlangten Präsentation umgesetzt werden –, und zum anderen wird dadurch die Notengebung bei GFS oder anderen mündlichen Präsentationen erheblich transparenter gestaltet. Ein Beispiel für einen solchen Beurteilungskatalog ist nach den Arbeitsaufträgen abgedruckt. Die Komplexität eines Kriterienkataloges schwankt allerdings von Gruppe zu Gruppe, so dass sich die Grundstruktur eines solchen Kataloges durchaus von dem hier abgedruckten unterscheiden kann.

Kopiervorlagen

Der Fahrraddynamo

In den folgenden 3 Unterrichtsstunden (zusätzliche häusliche Arbeitszeit von ca. 30 Min. täglich) haben Sie Zeit, sich mit Bau und Funktionsweise eines Fahrraddynamos auseinanderzusetzen.

Nehmen Sie den Fahrrad-Dynamo vom Pult. Sie dürfen diesen Dynamo zerlegen, aber bitte nicht zerstören! Ihre Leitfragen bei der Untersuchung des Dynamos können z. B. folgendermaßen lauten:

1. Wie ist der Fahrraddynamo aufgebaut? Aus welchen Teilen besteht er?
2. Welches Teil erfüllt welche Funktion?
3. Wie funktioniert das gesamte Bauteil? Wie können Sie seine Funktionsweise durch geeignete Versuchsaufbauten und Messungen nachweisen?
4. Was passiert energetisch betrachtet beim Dynamo? Zeichnen Sie ein passendes Energiefluss-Diagramm!

usw.

Natürlich dürfen Sie Ihre Physikbücher und Notizen, die Sie zuhause haben, nutzen. Vor allem sollen Sie aber obige Fragen experimentell klären:

1. Überlegen Sie sich Versuche, mit denen man diese Fragen klären kann.
2. Notieren Sie, welche Versuche Sie mit welchem Ziel durchführen wollen.
3. Führen Sie die Versuche durch und dokumentieren Sie gründlich, wie Sie vorgehen und was Sie entdecken (auch Irrwege dokumentieren!).
4. Interpretieren Sie Ihre Versuchsergebnisse.
5. Vergleichen Sie mit den Darstellungen in der Literatur (Physikbücher etc.) und ergänzen Sie Ihre Notizen (man sollte beim Nachlesen erkennen können, was aus Büchern stammt und was Sie selbst herausgefunden haben).

Ihre Versuchsgruppe soll den anderen Gruppen ihre Ergebnisse in einem 5- bis 10-minütigen Vortrag (nicht länger!!!) im Team präsentieren. Daher sollen Sie sich in einer zusätzlichen Unterrichtsstunde auch über geeignete Präsentationsformen und -kriterien Gedanken machen:

1. *Welche Kriterien kennzeichnen eine gelungene Präsentation im Physikunterricht?*
2. *Wenn eine Präsentation bewertet werden muss, nach welchen Gesichtspunkten sollte die Bewertung stattfinden?*
3. *Entwerfen Sie einen Kriterienkatalog, mit dem Sie in diesem Schuljahr Präsentationen in Physik bewertet haben wollen!*
4. *Bereiten Sie gemeinsam mit Ihrem Versuchsteam eine gut strukturierte Präsentation unter Berücksichtigung der von Ihnen zusammengestellten Präsentationskriterien zum Fahrraddynamo vor. Präsentationsmedien sollten die Tafel und Overhead-Folien sein sowie ggf. das von Ihnen verwendete Experimentiermaterial.*

Der Elektromotor

In den folgenden 3 Unterrichtsstunden (zusätzliche häusliche Arbeitszeit von ca. 30 Min. täglich) haben Sie Zeit, sich mit Bau und Funktionsweise eines Elektromotors auseinanderzusetzen. Nehmen Sie mehrere verschiedene Elektromotoren vom Pult (Demonstrationsmotor, selbstgebastelter Motor und real einsetzbarer kleiner Motor). Bitte bei Ihren Untersuchungen nichts zerstören und am Ende wieder genauso zusammensetzen, wie Sie es vorgefunden haben. Ihre Leitfragen zur Untersuchung sollen z. B. sein:

1. Wie ist der Elektromotor aufgebaut? Aus welchen Teilen besteht er?
2. Welches Teil erfüllt welche Funktion?
3. Wie funktioniert das gesamte Bauteil?
4. Wo setzt man Elektromotoren ein?
5. Was passiert energetisch betrachtet bei Elektromotor? Zeichnen Sie ein passendes Energieflussdiagramm.
6. Bauen Sie aus den gegebenen Teilen einen Elektromotor als Anschauungsobjekt zusammen und bringen Sie ihn zum Laufen!

usw.

Natürlich dürfen Sie Ihre Physikbücher und Notizen, die Sie zuhause haben, nutzen. Vor allem sollen Sie aber obige Fragen experimentell klären:

1. Lesen Sie noch einmal gründlich in Mittelstufen-Physikbüchern nach, wie ein Elektromotor funktioniert.
2. Fertigen Sie dazu einen Heftaufschrieb an.
3. Überlegen Sie sich, wie Sie den Elektromotor aufbauen wollen und dokumentieren Sie Ihre Vorgehensweise (auch Irrwege dokumentieren!).
4. Überprüfen Sie, ob der Motor funktioniert. Gegebenenfalls müssen Sie den Aufbau nochmals überdenken.

Ihre Versuchsgruppe soll den anderen Gruppen ihre Ergebnisse in einem 5- bis 10-minütigen Vortrag (nicht länger!!!) im Team präsentieren. Daher sollen Sie sich in einer zusätzlichen Unterrichtsstunde auch über geeignete Präsentationsformen und -kriterien Gedanken machen:

1. *Welche Kriterien kennzeichnen eine gelungene Präsentation im Physikunterricht?*
2. *Wenn eine Präsentation bewertet werden muss, nach welchen Gesichtspunkten sollte die Bewertung stattfinden?*
3. *Entwerfen Sie einen Kriterienkatalog, mit dem Sie in diesem Schuljahr Präsentationen in Physik bewertet haben wollen!*
4. *Bereiten Sie gemeinsam mit Ihrem Versuchsteam eine gut strukturierte Präsentation unter Berücksichtigung der von Ihnen zusammengestellten Präsentationskriterien zum Fahrraddynamo vor. Präsentationsmedien sollten die Tafel und Overhead-Folien sein sowie ggf. das von Ihnen verwendete Experimentiermaterial.*

Widerstand eines Drahtes

In den folgenden 3 Unterrichtsstunden (zusätzliche häusliche Arbeitszeit von ca. 30 Min. täglich) haben Sie Zeit, sich mit der Frage auseinanderzusetzen, welche Größen eines Drahtes auf welche Weise beeinflussen, wie groß sein Widerstand ist:

1. Sie erhalten unterschiedliche Drahtsorten. Welchen Einfluss hat das Material auf den Widerstand?
2. Welche anderen Größen sind wichtig? Wie machen sie sich beim Widerstand des jeweiligen Drahtes bemerkbar?
3. Weshalb ist der Widerstand eines Drahtes für die Zulieferung von Energie über Stromleitungen so wichtig?

usw.

Natürlich dürfen Sie Ihre Physikbücher und Notizen, die Sie zuhause haben, nutzen. Vor allem sollen Sie aber obige Fragen experimentell klären:

1. Überlegen Sie sich Versuche, mit denen man diese Fragen klären kann.
2. Notieren Sie, welche Versuche Sie mit welchem Ziel durchführen wollen. Entwerfen Sie insbesondere geeignete Messtabellen, in denen Sie Ihre Versuchsergebnisse festhalten können.
3. Führen Sie die Versuche durch und dokumentieren Sie gründlich, wie Sie vorgehen und was Sie entdecken (Irrwege und Misserfolge dabei nicht auslassen!).
4. Werten Sie Ihre Messwerte aus (Berechnungen, Diagramme, ...).
5. Interpretieren Sie Ihre Versuchsergebnisse.
6. Vergleichen Sie mit den Darstellungen in der Literatur (Physikbücher etc.) und ergänzen Sie Ihre Notizen (man sollte beim Nachlesen erkennen können, was aus Büchern stammt und was Sie selbst herausgefunden haben).

Ihre Versuchsgruppe soll den anderen Gruppen ihre Ergebnisse in einem 5- bis 10-minütigen Vortrag (nicht länger!!!) im Team präsentieren. Daher sollen Sie sich in einer zusätzlichen Unterrichtsstunde auch über geeignete Präsentationsformen und -kriterien Gedanken machen:

1. *Welche Kriterien kennzeichnen eine gelungene Präsentation im Physikunterricht?*
2. *Wenn eine Präsentation bewertet werden muss, nach welchen Gesichtspunkten sollte die Bewertung stattfinden?*
3. *Entwerfen Sie einen Kriterienkatalog, mit dem Sie in diesem Schuljahr Präsentationen in Physik bewertet haben wollen!*
4. *Bereiten Sie gemeinsam mit Ihrem Versuchsteam eine gut strukturierte Präsentation unter Berücksichtigung der von Ihnen zusammengestellten Präsentationskriterien zum Fahrraddynamo vor. Präsentationsmedien sollten die Tafel und Overhead-Folien sein sowie ggf. das von Ihnen verwendete Experimentiermaterial.*

Farbcodes bei Widerständen

In den folgenden 3 Unterrichtsstunden (zusätzliche häusliche Arbeitszeit von ca. 30 Min. täglich versteht sich von selbst!) haben Sie Zeit, sich mit den Farbcodes von technischen Widerständen auseinanderzusetzen. Sie erhalten dazu mehrere technische Widerstände mit Farbcodes sowie eine Drehscheibe für die Dekodierung der Farbcodes.

1. Wie sind Farbcodes aufgebaut?
2. Welche Farbe steht für welchen Wert?
3. Wie können Sie den tatsächlichen Widerstandswert mit möglichst vielen unterschiedlichen experimentellen Vorgehensweisen bestimmen?
4. Haben die Widerstände bei beliebigen Spannungen stets denselben Wert oder ändert er sich in Abhängigkeit von der anliegenden Spannung?

usw.

Natürlich dürfen Sie Ihre Physikbücher und Notizen, die Sie zuhause haben, nutzen. Vor allem sollen Sie aber obige Fragen experimentell klären:

1. Überlegen Sie sich Versuche, mit denen man diese Fragen klären kann.
2. Notieren Sie, welche Versuche Sie mit welchem Ziel durchführen wollen. Fertigen Sie geeignete Messtabellen an, mit denen Sie die gemessenen Werte sofort festhalten können.
3. Führen Sie die Versuche durch und dokumentieren Sie gründlich, wie Sie vorgehen und was Sie entdecken (auch Irrwege dokumentieren!).
4. Werten Sie Ihre Messergebnisse sorgfältig aus, diskutieren Sie zudem mögliche Messfehler.
5. Interpretieren Sie Ihre Versuchsergebnisse und vergleichen Sie sie mit den Werten, die Sie mithilfe der Drehscheibe ermitteln konnten.

Ihre Versuchsgruppe soll den anderen Gruppen ihre Ergebnisse in einem 5- bis 10-minütigen Vortrag (nicht länger!!!) im Team präsentieren. Daher sollen Sie sich in einer zusätzlichen Unterrichtsstunde auch über geeignete Präsentationsformen und -kriterien Gedanken machen:

1. *Welche Kriterien kennzeichnen eine gelungene Präsentation im Physikunterricht?*
2. *Wenn eine Präsentation bewertet werden muss, nach welchen Gesichtspunkten sollte die Bewertung stattfinden?*
3. *Entwerfen Sie einen Kriterienkatalog, mit dem Sie in diesem Schuljahr Präsentationen in Physik bewertet haben wollen!*
4. *Bereiten Sie gemeinsam mit Ihrem Versuchsteam eine gut strukturierte Präsentation unter Berücksichtigung der von Ihnen zusammengestellten Präsentationskriterien zum Fahrraddynamo vor. Präsentationsmedien sollten die Tafel und Overhead-Folien sein sowie ggf. das von Ihnen verwendete Experimentiermaterial.*

Fehlerangaben auf Widerständen

In den folgenden 3 Unterrichtsstunden (zusätzliche häusliche Arbeitszeit von ca. 30 Min. täglich) haben Sie Zeit, sich mit den Fehlerangaben auf technischen Widerständen auseinanderzusetzen. Sie erhalten dazu mehrere technische Widerstände mit Farbcodes sowie eine Drehscheibe für die Dekodierung der Farbcodes.

1. Welcher Ring steht für welchen Fehler?
 2. Wie gut sind die Angaben auf den Widerständen tatsächlich?
 3. Hängt der Fehler von der anliegenden Spannung ab oder nicht?
- usw.

Natürlich dürfen Sie Ihre Physikbücher und Notizen, die Sie zuhause haben, nutzen. Vor allem sollen Sie aber obige Fragen experimentell klären:

1. Informieren Sie sich über die Farbgebung des Fehlerrings auf technischen Widerständen (Buch, Schiebelehre).
2. Überlegen Sie sich Versuche, mit denen man obige Fragen klären kann.
3. Notieren Sie, welche Versuche Sie mit welchem Ziel durchführen wollen. Fertigen Sie geeignete Messtabellen an, mit denen Sie die gemessenen Werte sofort festhalten können.
4. Führen Sie die Versuche durch und dokumentieren Sie gründlich, wie Sie vorgehen und was Sie entdecken (auch Irrwege dokumentieren!).
5. Interpretieren Sie Ihre Versuchsergebnisse und vergleichen Sie sie mit den Werten, die Sie über die Widerstands-Drehscheibe ermittelt haben. Liegen die Fehler tatsächlich im angegebenen Rahmen? Welche Messfehler könnten zudem Ihrer Messung zugrunde liegen?

Ihre Versuchsgruppe soll den anderen Gruppen ihre Ergebnisse in einem 5- bis 10-minütigen Vortrag (nicht länger!!!) im Team präsentieren. Daher sollen Sie sich in einer zusätzlichen Unterrichtsstunde auch über geeignete Präsentationsformen und -kriterien Gedanken machen:

1. *Welche Kriterien kennzeichnen eine gelungene Präsentation im Physikunterricht?*
2. *Wenn eine Präsentation bewertet werden muss, nach welchen Gesichtspunkten sollte die Bewertung stattfinden?*
3. *Entwerfen Sie einen Kriterienkatalog, mit dem Sie in diesem Schuljahr Präsentationen in Physik bewertet haben wollen!*
4. *Bereiten Sie gemeinsam mit Ihrem Versuchsteam eine gut strukturierte Präsentation unter Berücksichtigung der von Ihnen zusammengestellten Präsentationskriterien zum Fahrraddynamo vor. Präsentationsmedien sollten die Tafel und Overhead-Folien sein sowie ggf. das von Ihnen verwendete Experimentiermaterial.*

Kennlinien von verschiedenen Dioden

In den folgenden 3 Unterrichtsstunden (zusätzliche häusliche Arbeitszeit von ca. 30 Min. täglich) haben Sie Zeit, sich mit den Kennlinien von verschiedenen Halbleiterdioden auseinander zu setzen. Nehmen Sie sich die Dioden auf dem Pult und lassen Sie sich von der Lehrkraft angeben, mit welcher Spannung diese jeweils maximal betrieben werden dürfen.

Holen Sie sich zudem ein Messwerterfassungs-Grundgerät mit einem U-I-Sensor sowie ein Netzgerät uns die nötige Anzahl von Kabeln.

1. Nehmen Sie für alle Dioden je eine *U-I*-Kennlinie mit dem Messwerterfassungsgerät als Interface zum Laptop auf (VORSICHT: Diode nie mit Spannungen größer als die maximal mögliche Spannung betreiben – vorher bei der Lehrkraft informieren!) und zeichnen Sie sie in Ihr Heft so genau wie möglich.
2. Versuchen Sie, die praktischen Eigenschaften der Dioden durch die Kennlinien möglichst genau zu erfassen. Wo kann man diese Dioden wohl einsetzen?
3. Informieren Sie sich im Internet oder in Büchern über Kaltleiter, Heißleiter, Leucht- und Fotodioden. Wie funktionieren sie und wo werden sie typischerweise verwendet? Zeichnen Sie für jeden dieser Fälle ein Energieflussdiagramm!

Natürlich dürfen Sie Ihre Physikbücher und Notizen, die Sie zuhause haben, nutzen. Vor allem sollen Sie aber obige Fragen experimentell klären:

1. Überlegen Sie sich Versuche, mit denen man obige Fragen klären kann.
2. Notieren Sie, welche Versuche Sie mit welchem Ziel durchführen wollen. Fertigen Sie geeignete Messtabellen an, mit denen Sie die gemessenen Werte sofort festhalten können.
3. Führen Sie die Versuche durch und dokumentieren Sie gründlich, wie Sie vorgehen und was Sie entdecken (auch Irrwege dokumentieren!).
4. Fertigen Sie geeignete Diagramme zur Auswertung an. Evtl. müssen nochmals einige Messwerte aufgenommen werden, wenn das Diagramm nicht eindeutig aussieht.
5. Interpretieren Sie Ihre Versuchsergebnisse.
6. Vergleichen Sie mit den Darstellungen in der Literatur (Physikbücher etc.) und ergänzen Sie Ihre Notizen (man sollte beim Nachlesen erkennen können, was aus Büchern stammt und was Sie selbst herausgefunden haben).

Ihre Versuchsgruppe soll den anderen Gruppen ihre Ergebnisse in einem 5- bis 10-minütigen Vortrag (nicht länger!!!) im Team präsentieren. Daher sollen Sie sich in einer zusätzlichen Unterrichtsstunde auch über geeignete Präsentationsformen und –kriterien Gedanken machen:

1. *Welche Kriterien kennzeichnen eine gelungene Präsentation im Physikunterricht?*
2. *Wenn eine Präsentation bewertet werden muss, nach welchen Gesichtspunkten sollte die Bewertung stattfinden?*
3. *Entwerfen Sie einen Kriterienkatalog, mit dem Sie in diesem Schuljahr Präsentationen in Physik bewertet haben wollen!*
4. *Bereiten Sie gemeinsam mit Ihrem Versuchsteam eine gut strukturierte Präsentation unter Berücksichtigung der von Ihnen zusammengestellten Präsentationskriterien zum Fahrraddynamo vor. Präsentationsmedien sollten die Tafel und Overhead-Folien sein sowie ggf. das von Ihnen verwendete Experimentiermaterial.*

Kennlinie einer Glühlampe

In den folgenden 3 Unterrichtsstunden (zusätzliche häusliche Arbeitszeit von ca. 30 Min. täglich) haben Sie Zeit, sich mit der Kennlinie einer Glühlampe auseinander zu setzen. Nehmen Sie sich die Glühlampe mit Zubehör auf dem Pult und lesen Sie auf der Glühlampenfassung nach, mit welcher Spannung diese maximal betrieben werden darf. Sie benötigen zudem Multimeter für die Strom- und Spannungsmessung und einige Kabel sowie ein Netzgerät.

Holen Sie sich zudem für den zweiten Versuchsteil ein Messwerterfassungs-Grundgerät mit einem U-I-Sensor.

1. Nehmen Sie für die Glühlampe eine *U-I*-Kennlinie mit zwei Multimetern auf (Messtabelle anlegen!) und zeichnen Sie sie in Ihr Heft. Zeichnen Sie zudem den Schaltplan der von Ihnen verwendeten Schaltung.
2. Führen Sie die Messung nun nochmals durch, aber mit dem Messwerterfassungsgerät als Interface zum Laptop. Erhöhen Sie dabei die Spannung an der Lampe schnell bis zur Maximalspannung und fahren Sie die Spannung ebenso schnell wieder herunter. Zeichnen Sie das Ergebnis in Ihrem Heft so genau wie möglich.
3. Worin liegen die Unterschiede der beiden aufgenommenen Kennlinien?
4. Was kann der Grund für das unterschiedliche Aussehen sein? Begründen Sie genau und variieren Sie den Versuch mit dem Messwerterfassungsgerät, so dass erkennbar wird, ob Ihre Begründung tragfähig ist.

Natürlich dürfen Sie Ihre Physikbücher und Notizen, die Sie zuhause haben, nutzen. Vor allem sollen Sie aber obige Fragen experimentell klären:

1. Führen Sie die Versuche durch und dokumentieren Sie gründlich, wie Sie vorgehen und was Sie entdecken (auch Irrwege dokumentieren!).
2. Interpretieren Sie Ihre Versuchsergebnisse.
3. Vergleichen Sie mit den Darstellungen in der Literatur (Physikbücher etc.) und ergänzen Sie Notizen (man sollte beim Nachlesen erkennen können, was aus Büchern stammt und was Sie selbst herausgefunden haben).

Ihre Versuchsgruppe soll den anderen Gruppen ihre Ergebnisse in einem 5- bis 10-minütigen Vortrag (nicht länger!!!) im Team präsentieren. Daher sollen Sie sich in einer zusätzlichen Unterrichtsstunde auch über geeignete Präsentationsformen und -kriterien Gedanken machen:

1. *Welche Kriterien kennzeichnen eine gelungene Präsentation im Physikunterricht?*
2. *Wenn eine Präsentation bewertet werden muss, nach welchen Gesichtspunkten sollte die Bewertung stattfinden?*
3. *Entwerfen Sie einen Kriterienkatalog, mit dem Sie in diesem Schuljahr Präsentationen in Physik bewertet haben wollen!*
4. *Bereiten Sie gemeinsam mit Ihrem Versuchsteam eine gut strukturierte Präsentation unter Berücksichtigung der von Ihnen zusammengestellten Präsentationskriterien zum Fahrraddynamo vor. Präsentationsmedien sollten die Tafel und Overhead-Folien sein sowie ggf. das von Ihnen verwendete Experimentiermaterial.*

Kriterienkatalog für Präsentationen

Prozesskriterien:

1. Wie stark brachte sich der S. *von sich aus* in die Gruppe ein? Wodurch?
2. War der S. bei den Gruppentreffen innerhalb und außerhalb des Unterrichtes *anwesend*?
3. Hat der S. den *Zeitplan* eingehalten, den sich die Gruppe gesteckt hatte? Inwiefern (nicht)?
4. Hat der S. eigenständig zusätzliche Literatur / Quellen beschafft? Welche?

Produktkriterien:

| Kriterien | Positive Attribute | ++ | + | 0 | - | -- | Negative Attribute |
|--|--|----|---|---|---|----|---|
| | | | | | | | |
| Inhalt: | | | | | | | |
| ➤ Aufbau, Gliederung | <ul style="list-style-type: none"> • <i>systematisch</i> • <i>Logisch, folgerichtig</i> • <i>Klar erkennbar</i> | | | | | | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Sprunghaft, zusammenhangslos</i> • <i>Unsystematisch</i> |
| ➤ Qualität | <ul style="list-style-type: none"> • <i>sehr hoher Grad an Richtigkeit</i> • <i>Verständnis für Zusammenhänge?</i> | | | | | | <ul style="list-style-type: none"> • <i>sehr fehlerhaft</i> • <i>Wenig Substanz</i> |
| ➤ Quantität | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Angemessen</i> | | | | | | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Zu kurz, zu lang</i> |
| ➤ Wesentliches dargestellt | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Alle wesentlichen Aspekte erfasst</i> | | | | | | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Zu starke Vereinfachung</i> |
| ➤ seriöse Quellenangaben | | | | | | | |
| Vortragsstil: | | | | | | | |
| ➤ Verständlichkeit | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Informationsmenge und -dichte (Maß ist das Publikum!)</i> | | | | | | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Zu dicht oder zu dünn gepackt</i> |
| ➤ Wortwahl | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Dem Publikum und Sache angemessen</i> • <i>Fachbegriffe erklärt</i> | | | | | | <ul style="list-style-type: none"> • <i>unangemessen</i> • <i>Fachbegriffe ohne Erklärung verwendet, um zu „beeindrucken“</i> |
| ➤ Sprechweise (<i>Intonation, Betonung, Pausen</i>) | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Spannend für die Zuhörer?</i> | | | | | | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Keine Pausen</i> • <i>Zu schnell oder zu langsam</i> |
| ➤ Adressatenorientiertes Sprechen | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Angemessenes Niveau</i> • <i>Interesse wird geweckt und erhalten</i> | | | | | | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Zuhörer ist über- oder unterfordert</i> • <i>Zuhörer langweilt sich</i> |

Medieneinsatz:

| | | | | | | |
|---------------------------------|---|--|--|--|--|--|
| ➤ Umgang mit Medien | <ul style="list-style-type: none"> Folien / Bilder / Simulationen schlüssig in Vortrag eingegliedert Diagramme ausführlich erklärt | | | | | <ul style="list-style-type: none"> keine schlüssige Anbindung ans Vortragsthema Diagramme zu oberflächlich oder gar nicht erläutert |
| ➤ Übersichtliche Folien | <ul style="list-style-type: none"> Visualisierung mit geeigneten Bildern, Diagrammen, ausgesuchtem Zahlenmaterial | | | | | <ul style="list-style-type: none"> Nicht oder schlecht visualisiert |
| ➤ Tafelanschrieb / Thesenpapier | <ul style="list-style-type: none"> Tafelbild gut geplant Wesentliches gut zusammengefasst, geeignet zum Nacharbeiten für die anderen Zusammenfassungen aus dem Buch erwähnt, aber nicht nochmals abgeschrieben | | | | | <ul style="list-style-type: none"> Tafelbild schlecht oder gar nicht geplant Keine Ergebnissicherung oder ungeeignet zum Nacharbeiten Vieles einfach aus der Buch exzerpiert, was weggelassen oder mit eigenen Worten zusammengefasst hätte werden können |

Experimente:





| | | | | | | |
|-----------------------|--|--|--|--|--|---|
| ➤ Vorbereitung | <ul style="list-style-type: none"> Inhaltlich vorbereitet bei der Vorbereitung Im Vorfeld vollständig ausprobiert? | | | | | <ul style="list-style-type: none"> Unvorbereitet bei der Vorbereitung Nicht ausprobiert |
| ➤ Durchführung | <ul style="list-style-type: none"> Sicher, geübt Achtet darauf, dass die Zuschauer alles mit bekommen | | | | | <ul style="list-style-type: none"> Unsicher Steht vor dem Experiment zu klein (nicht sichtbar) |
| ➤ Auswertung der Exp. | <ul style="list-style-type: none"> Wesentliches dargestellt Zusammenhänge / Einordnung gelungen | | | | | <ul style="list-style-type: none"> Viel Wesentliches fehlt Mangelnde Darstellung von Zusammenhängen bzw. Einordnung ins Gesamtthema |

Umsetzungsbeispiel 6: Gruppenaufgabe zur E-Lehre der Sek. I und Einführung der Polarisierung

Georg Kirchgessner

Planung und Ablauf

1. Trainierte Kompetenzen:

| Übergeordnete Kompetenzen | | Trainingsintensität | | | | |
|------------------------------------|--|---------------------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Fachmethoden (Erkenntnisgewinnung) |  | | | | | |
| Kommunikation |  | | | | | |
| Reflexion (Bewertung) |  | | | | | |
| Personale und soziale Kompetenzen |  | | | | | |

Diese Kompetenzen werden an folgenden Inhalten (Bildungsstandards Kompetenzen Nr. 7 bis 13) trainiert:

- elektrische Stromstärke, elektrisches Potenzial, elektrische Spannung, qualitativ: elektrische Ladung (*Größen 8.3*)

2. Didaktischer Kurzkomentar:

Auf welche Kompetenzen wird aufgebaut?

In Klassenstufe 7/8 wird der Begriff der elektrischen Ladung und Spannung als elektrische Potentialdifferenz eingeführt. Hierbei lernen die Schülerinnen und Schüler qualitative Zusammenhänge kennen. In Klassenstufe 9/10 wird der Spannungsbegriff mit dem Energiebegriff verknüpft. Eine Abgrenzung und Unterscheidung der elektrischen Stromstärke und der elektrischen Spannung fällt den Schülerinnen und Schülern meist schwer, da sich die beiden Größen gegenseitig beeinflussen und somit auch bei $R = U/I$ oder $P = U \cdot I$ gemeinsam in einer Formel auftauchen. Schon hier ist es wichtig den Schülerinnen und Schülern ein Verständnis für die Größen zu vermitteln, das sie selbst in eigenen Worten richtig wiedergeben können.

Die Wirkungen des elektrischen Stroms werden in Klassenstufe 7/8 behandelt. Hier lernten die Schülerinnen und Schüler u. a. auch die magnetische Wirkung des elektrischen Stroms kennen, die in der Jahrgangsstufe eines der Hauptthemen werden wird.

Stromstärken sind an verschiedenen Stellen der Schulphysik wichtig. Es gilt zu verstehen, dass jede mengenartige Größe ihre Stromstärke (und Stromstärkendichte) besitzt. Dieses Analogieprinzip ist für das Verständnis der Physik wichtig und muss immer wieder trainiert werden.

Die Elektrostatik spielt in G8 eine untergeordnete Rolle. So findet man diese im Kerncurriculum nicht explizit wieder. Doch kennt wohl jede Schülerin bzw. jeder Schüler die Regel der Anziehung und Abstoßung elektrischer Ladungen. Es bedarf allerdings einer Wiederholung in Klassenstufe 11, so dass alle Schülerinnen und Schüler auf denselben Stand gebracht werden. Das Elektroskop kommt (im weiteren Verlauf eher als Spannungsmesser) in der

Jahrgangsstufe immer wieder zum Einsatz. Die Funktionsweise sollte jeder Schülerin und jedem Schüler klar sein.

Leiter und Isolatoren werden im Unterricht sicher angesprochen, ob jedoch der genaue Unterschied gegeneinander abgegrenzt wurde, ist fraglich, gleichwohl dieser Unterschied grundlegend für das Verständnis der Polarisierung der Materie ist. Zumindest bedarf es bei den Schülerinnen und Schülern um einer Festigung bzw. Auffrischung der gelernten Sachverhalte.

Wie wird auf die Kompetenzen aufgebaut?

Die Schülerinnen und Schüler bekommen zu Beginn die beiden Übersichtsblätter zur E-Lehre ausgeteilt. Weiter sollten sie an den diesen Wiederholungsstunden ihre Bücher dabei haben.

Die Schülerinnen und Schüler werden entweder von der Lehrkraft oder durch Zufallsprinzip in vier Gruppen unterteilt (Mehrfachbelegung einer Gruppe muss genau zwischen den Gruppen abgestimmt sein).

Ohne dass die Gruppen ihr Thema wissen, sollte sich jeder einen kurzen Überblick über die Zusammenhänge auf den Blättern verschaffen. Fragen und „Wissens-Wünsche“ können schon in dieser Phase an der Tafel notiert werden. So kann auf die Bedürfnisse der Schülerinnen und Schüler noch besser eingegangen werden. Erst im Anschluss bekommen die Gruppen ihre Aufgaben ausgehändigt. Diese Einarbeitungsphase kann auch als Hausaufgabe auf die Folgestunde erfolgen, in der dann die Fragen notiert werden.

Die Teams setzen sich nun zusammen und erklären sich gegenseitig die teilweise komplexen Begriffe. Innerhalb des Teams sollten sich dann Teilgruppen bilden, die spezielle Begrifflichkeiten erklären oder mit einem Versuch verdeutlichen. Jeder hat nun seine Aufgabe gefunden, sei es durch Aufbau eines Versuchs (samt Erklärung) oder Anfertigung von Folien, Modelle oder Erprobung von Rollenspielen. Die Schülerinnen und Schüler sollen sich auf verschiedenen Varianten Informationen beschaffen (Schulbuch, Internet, Simulationen, Gespräche mit der Lehrkraft, ...) und diese in eine für sie geeignete Form bringen.

Die Lehrkraft hat hier die Aufgabe eines Gesprächspartners, die nicht Lösungen vorgibt, sondern nur die Schülerinnen und Schüler auf richtige Fährte bringt. Selbstverständlich werden alle Versuche (speziell Hochspannungsversuche) nur unter Beisein der Lehrkraft durchgeführt.

Eine abschließende Rollenverteilung für die Präsentation innerhalb der Klasse bildet den Abschluss dieser Phase.

Jede Gruppe hat die Aufgabe, ihre Begriffe möglichst klar und verständlich zu erklären. Versuche, Folien und Rollenspiele sind erwünschte Hilfsmittel. Angefertigte Folien werden allen Schülerinnen und Schülern als Kopie zur Verfügung gestellt.

Welcher Kompetenzstandard soll angestrebt werden?

Diese Sequenz steht am Anfang der Kursstufe. Somit ist zu erwarten, dass die Gruppen in diesem Stadium eine gemischte Zusammensetzung haben.

Schon beim Durchlesen des Info-Textes müssen die Schülerinnen und Schüler selbst Fragestellungen und Unklarheiten erkennen. Im Alltag oder auch im Physikunterricht ergeben sich

Fragen nur dann, wenn man den Text oder das Thema selbstkritisch hinterfragt. Man sollte den Schülerinnen und Schülern gerade am Anfang Mut machen, Fragen zu formulieren. Wissenschaft bedeutet immer wieder auch kritisch, durch die Neugierde angetrieben, mit Themen und Texten umzugehen. Erst weitere Informationsquellen wie das Schulbuch, die Partner in der Gruppe; die Gespräche mit der Lehrkraft oder gar das Internet bieten im Anschluss die Möglichkeit diese Fragestellungen zu klären, um sie später der ganzen Klasse strukturiert und verständlich zu präsentieren.

Nachdem sich die Gruppen gefunden haben (möglichst heterogene Gruppen aus verschiedenen „Vorklassen“), müssen sich die Schülerinnen und Schüler ihr Thema selbst strukturieren und aufteilen: Wer übernimmt mit wem welches Teilgebiet? Welche Schwerpunkte legt man? Welche Versuche / Simulationen werden gewählt und aufgebaut? Welche Präsentationstechnik wählt man? ...

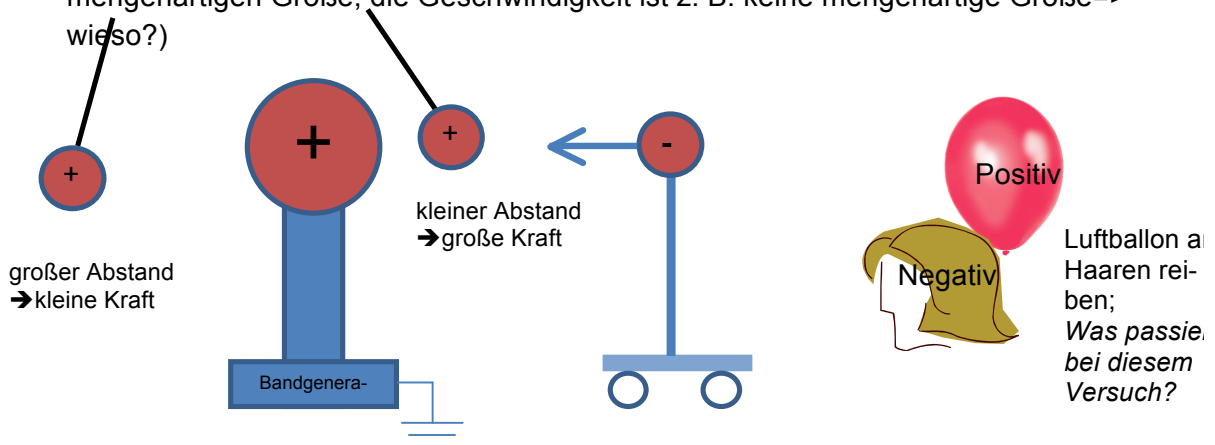
Innerhalb der Gruppe muss abgestimmt werden, inwiefern die teilweise komplexen und auch neuen Thematiken reduziert und dargestellt werden, ohne dass man fachliche Fehler macht. Auch die Funktion und der Stellenwert von Modellen soll an verschiedenen Stellen (Polarisation; Energietransport im Stromkreis; ...) klar und deutlich diskutiert werden.

Die Präsentation findet gruppenweise statt. Hier stellen die Schülerinnen und Schüler ihre Ergebnisse vor und gehen auf Nachfragen der Mitschülerinnen und Mitschüler ein. (Modell-) Experimente und Rollenspiel sollen die Theorie auflockern und veranschaulichen. Die Vortragenden sollen den Stellenwert dieser Experimente und Modelle kritisch mit den Schülerinnen und Schülern reflektieren.

Wiederholung der Elektrizitätslehre

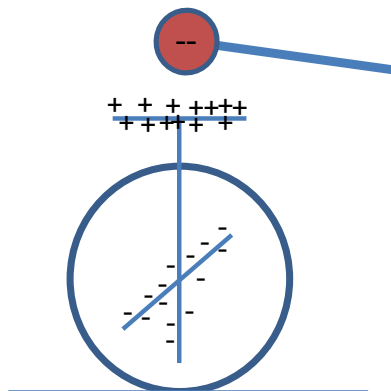
I Elektrostatik (ruhende Ladungen)

1. Anziehung und Abstoßung:
 - Gleichnamige Ladungen stoßen sich ab
 - Ungleichnamige Ladungen ziehen sich an
2. Elektrische Ladungen liegen portionsweise vor: Vielfaches von $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb
3. Negativ geladen \rightarrow Elektronenüberschuss Positiv geladen \rightarrow Elektronenmangel
4. Elektrische Ladung hat Mengencharakter (doppeltes System \rightarrow doppelte Menge der mengenartigen Größe; die Geschwindigkeit ist z. B. keine mengenartige Größe \Rightarrow wieso?)



5. Versuche mit dem Elektroskop

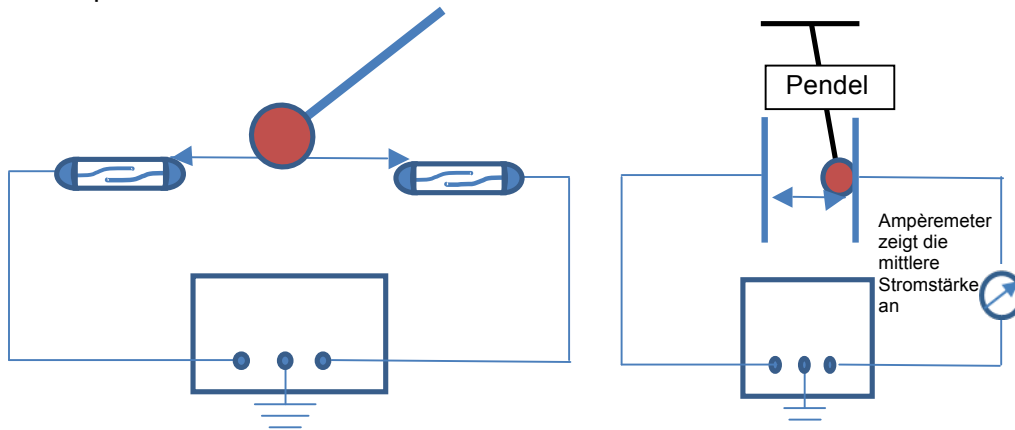
- a. **Neutralisation:** gleich viel positive und negative Ladung gleicht sich aus und wirkt elektrisch neutral. Elektrisch neutrale Materie enthält gleich viele positive wie negative Ladungsträger.
- b. **Influenz:** Trennung von Ladungen eines leitenden Körpers unter dem Einfluss der von äußeren Ladungen ausgeübten elektrischen Kraft.
- c. **Faraday Becher:** Ist ein el. Leiter geladen, so sitzt die elektrische Ladung auf der Außenfläche, da sich gleichnamige Ladungsträger abstoßen.



II Elektrodynamik (bewegte Ladung)

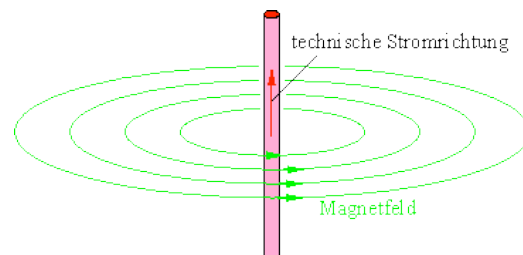
Ladungstransport:

Die Glimmlampe glimmt abwechselnd bei Berührung auf (immer der negativ zugewandten Seite). Ladung wird portionsweise transportiert. Das Kügelchen ist immer mit ΔQ geladen; einmal pos. und einmal neg.. Das heißt bei einmaligen Hin- und Herpendeln werden gesamt $2 * \Delta Q$ transportiert.



Wirkungen des el. Stroms:

- Chemische Wirkung (Knallgaszelle => diese scheidet bei 1 Coulomb geflossener Ladung $0,19 \text{ cm}^3$ Knallgas ab; Elektrolyse, ...)
- Wärmewirkung (Bügeleisen; Heizstrahler, ...)
- Magnetische Wirkung (stromdurchflossene Leiter besitzen ein Magnetfeld; Seit 1948 ist das Ampère durch die Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter festgelegt. Das Coulomb wird daraus abgeleitet.)



Definition der elektrischen Stromstärke I:

(Q ist eine mengenartige Größe; jede mengenartige Größe hat ihre Stromstärke → Finde weitere Größen):

| |
|---|
| <p>bei konstantem Gleichstrom: $I = \frac{Q}{t}$</p> <p>mittlere Stromstärke: $\bar{I} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$</p> <p>Momentanstromstärke: $I_{Mom.} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0s} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \dot{Q}(t)$</p> |
|---|

Einheit der Stromstärke I:

$$[I] = \frac{[Q]}{[t]} = 1 \frac{C}{s} = 1 A \text{ (Ampère)}$$

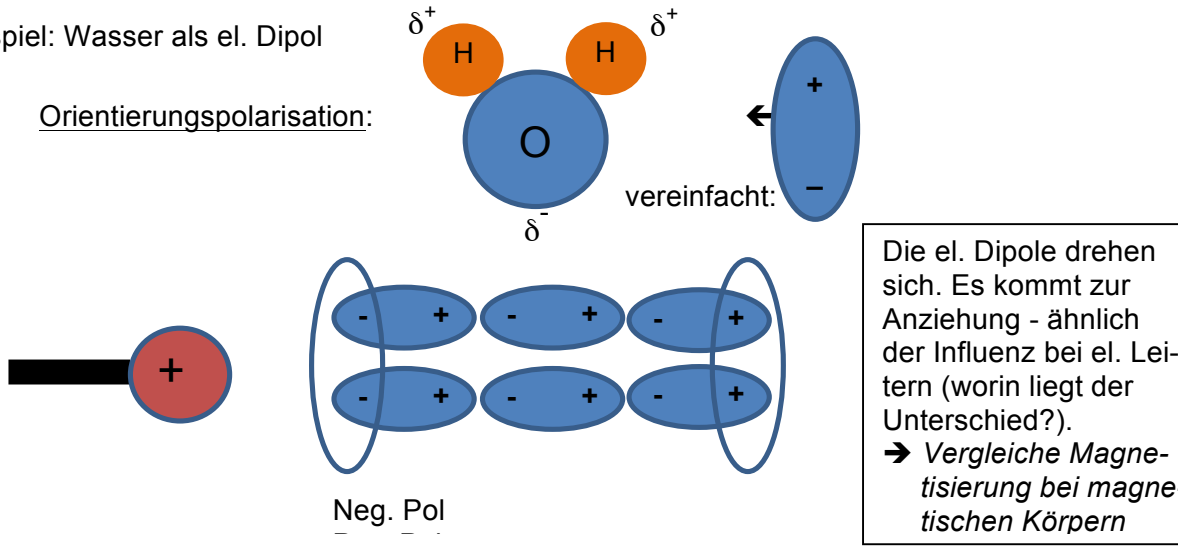
Elektrische Spannung U:

- Die Spannung ist der Antrieb für den el. Strom (wirkt als Ursache) –
- Spannung als Potentialdifferenz $U = \varphi_2 - \varphi_1 = \Delta \varphi$.
- Der Ladungstransport ist auch mit einem Energietransport verknüpft: $\Delta E = U * \Delta Q$ oder $P = U * I$ (P ist die el. Leistung oder Energiestromstärke als $\Delta E / \Delta t = P$). Die Spannung gibt also an, wie stark die Ladung mit Energie „bepackt“ ist. Def.: $U = \Delta E / q$ (Spannung = Energie pro Ladungsportion) Einheit: $1 V = 1 J/C$

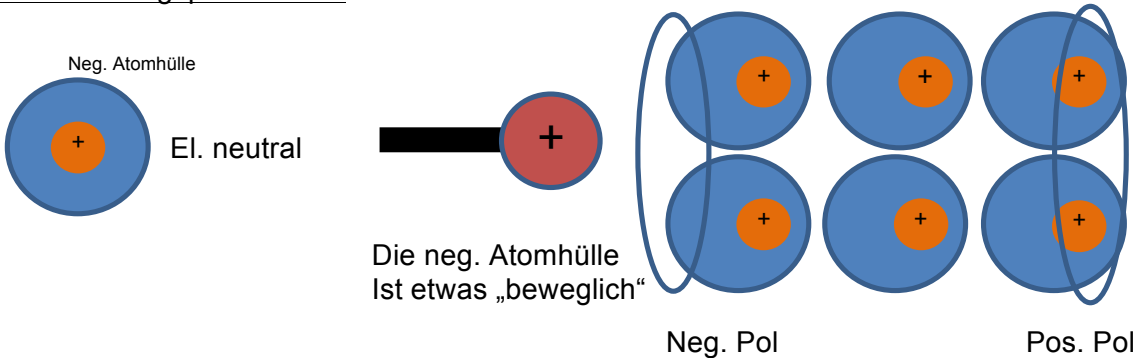
Polarisation:

Elektrisch neutrale Materie besteht auf gleich viel positiven wie negativen Ladungsträgern (s.o.). Bei Leitern kann sich ein Teil der negativen Ladung frei im Leiter bewegen. Bei Isolatoren können sich die Ladungsanteile verschieben (jedoch nicht frei bewegen). Die Polarisation kann nur bei Isolatoren beobachtet werden, bei denen sich die Ladungsanteile verschieben bzw. drehen können.

Beispiel: Wasser als el. Dipol



Verschiebungspolarisation:



Gruppe 1 (à 6 Personen):

Bitte die verschiedenen Arbeiten im Team verteilen!

- Ladungsmenge
- Anziehung – Abstoßung
- pos. / neg. Ladung (Nachweis / geladene Körper)
- Elektroskop
- Faradayscher Becher
- Neutralisation
- el. Influenz

Überlegen Sie sich, wie man obige Begriffe sinnvoll erklären könnte. Versuche und begleitende Erklärungen (im Team) sind erwünscht. Ebenfalls können die Tafel und der Overheadprojektor genutzt werden oder Modelle angefertigt werden.

Lesen Sie auch im Buch oder im Internet entsprechende Kapitel durch.

Bevor ein Versuch durchgeführt wird muss immer zuerst der Lehrer den Versuchsaufbau kontrollieren. Hochspannungsversuche werden **nur durch die Lehrkraft** durchgeführt, nicht durch Schüler!

Dauer: **ca. 10 min.**

Tipps:

Anziehung – Abstoßung:

Mit dem Bandgenerator (wie funktioniert dieser): eine Konduktorkugel auf einen Wagen stellen (der Wagen wird samt Kugel angezogen); Kügelchen zur Abstoßung bringen.

Influenz (bitte mit Gruppe 2 absprechen!):

Mit einem Elektroskop, über das man eine geladene Konduktorkugel hält (nicht berührt!)

Neutralisation:

Vorversuch: Faraday'scher Becher; Hochspannungsquelle in der Mitte ist zu erden (wieso?): erst Becher pos., dann neg. laden. Welche Erkenntnis zieht man hieraus? Auch ein Modell kann gebaut werden (gleich viel pos. wie neg. Ladung = el. neutral)

Gruppe 2 (à 6 Personen):

Bitte die verschiedenen Arbeiten im Team verteilen!

- Polarisierung
- im Vergleich die Influenz
- Verschiedene Arten der Polarisierung (Orientierungspol. und Verschiebungspol.)
- Modellvorstellungen
- Vergleiche die Magnetisierung mit der Polarisierung von Materie
(führe hier Versuche durch wie man mag. Feldlinienbilder sichtbar machen kann)
- Was ist ein Dipol / was ein Monopol

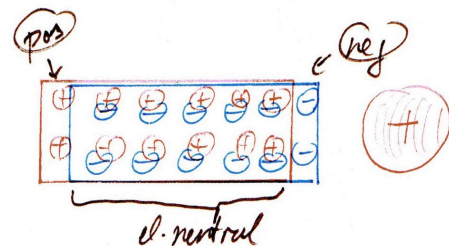
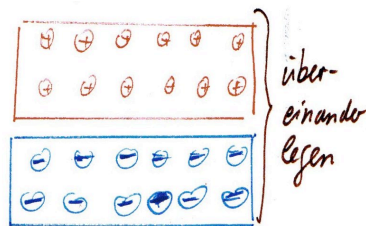
Überlegen Sie sich, wie man obige Begriffe sinnvoll erklären könnte. Versuche und begleitende Erklärungen (im Team) sind erwünscht. Ebenfalls können die Tafel und der Overheadprojektor genutzt werden oder Modelle angefertigt werden.

Lesen Sie auch im Buch oder im Internet entsprechende Kapitel durch.

Bevor ein Versuch durchgeführt wird muss immer zuerst der Lehrer den Versuchsaufbau kontrollieren. Hochspannungsversuche werden **nur durch die Lehrkraft** durchgeführt, nicht durch Schüler!

Dauer: ca. 10 min.

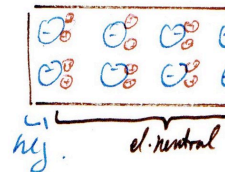
Tipps:



Polarisation:

Modell basteln mit Overheadfolie (2 Folien, die man gegeneinander verschieben kann) → Verschiebungspolarisation

Elementarteilchenmodell als Modell für die Orientierungspolarisation.



Influenz: (bitte mit Gruppe 1 absprechen)

Versuch oder mit Modell erklären was der Unterschied ist!

Versuche:

Wasser lässt sich gut polarisieren. Plastikstab aufladen und in die Nähe eines Wasserstrahls halten → wird abgelenkt)

Magnetisierung:

Feldlinienbilder mit Magneten (mag. Dipole) oder auch Eisenfeilspäne, die durch das Magnetfeld zu Dipolen werden.

Gruppe 3 (à 6 Personen):

Bitte die verschiedenen Arbeiten im Team verteilen!

- Die Ladungsmessung Q mit Knallgas
- Stromstärke und Ladung (Zusammenhang)
- Analogien (alle mengenartigen Größen können strömen und haben auch eine Stromstärke Beispiele: Die Masse, die Energie)
- Physikalische Größe und deren Einheit
- Pendelversuch mit mittl. Stromstärke (Aufgabe DB S. 9)

Überlegen Sie sich, wie man obige Begriffe sinnvoll erklären könnte. Versuche und begleitende Erklärungen (im Team) sind erwünscht. Ebenfalls können die Tafel und der Overheadprojektor genutzt werden oder Modelle angefertigt werden.

Lesen Sie auch im Buch oder im Internet entsprechende Kapitel durch.

Bevor ein Versuch durchgeführt wird muss immer zuerst der Lehrer den Versuchsaufbau kontrollieren. Hochspannungsversuche werden **nur durch die Lehrkraft** durchgeführt, nicht durch Schüler!

Dauer: **ca. 10 min.**

Tipps:

Knallgas:

(von der Lehrkraft vorbereiteten) Versuch kurz zeigen (nicht messen)

Stromstärke und Ladung:

in Zusammenhang mit mengenartigen Größen (die v Bestimmung auf dem Blatt verdeutlicht nur die Vorgehensweise, ist selbst aber keine mengenartige Größe)

Pendelversuch:

Zeigen mit μA – Meter, dass Strom fließt. Nicht messen , sondern eher erklären dass bei jedem Pendelvorgang $2 \cdot \Delta Q$ fließen und nicht ΔQ . Aufgabe DB rechnen oder rechnen lassen (Ansatz für HA geben).

Physikalische Größe und deren Einheit:

Z. B.: bei Stromstärke , aber auch anderen bekannten Größen wie Geschwindigkeit , Länge, Zeit, Temperatur ,

Gruppe 4 (à 6 Personen):

Bitte die verschiedenen Arbeiten im Team verteilen!

- El. Spannung
- Leistung und el. Energie
- Modellvorstellungen
- Vergleiche Stromstärken anderer Größen mit der der Elektrizitätslehre

Überlegen Sie sich, wie man obige Begriffe sinnvoll erklären könnte. Versuche und begleitende Erklärungen (im Team) sind erwünscht. Ebenfalls können die Tafel und der Overheadprojektor genutzt werden oder Modelle angefertigt werden.

Lesen Sie auch im Buch oder im Internet entsprechende Kapitel durch.

Bevor ein Versuch durchgeführt wird muss immer zuerst der Lehrer den Versuchsaufbau kontrollieren. Hochspannungsversuche werden **nur durch die Lehrkraft** durchgeführt, nicht durch Schüler!

Dauer: ca. 10 min.

Tipps:

El. Spannung:

Def. geben... Beispiele für Hochspannungen finden . Übliche Spannungen (Batterie ...). Spannung und Energie hängen eng miteinander zusammen. Gefahrenhinweis.

Modell:

geschl. Kreis aus Schüler(innen), die im Kreis laufen (geschl. Stromkreis). Schüler(innen) sind die el. Ladungsträger.

Auf der einen Seite bekommen sie Kreide (symbolisiert Energie) – auf der anderen Seite des Kreises geben sie die Energie wieder ab.

Somit fließt Energie von A nach B. Die Ladungsträger sind hierbei zugleich auch Energieträger. **Was ist an diesem Modell falsch?** Geben Sie eine Verbesserung dieses Modells an und „spielen“ Sie es nach.



Leistung:

Je schneller die Personen laufen (I groß), desto höher ist der Kreidetransport, oder je mehr Kreide pro Person transportiert wird (U groß). Vergl.: $P = U \cdot I$

Leistungsangaben im Alltag: Staubsauger; Glühbirne; ...

Umsetzungsbeispiel 7: Analogien und Strukturen bei Feldern – ein Kärtchentisch

Monica Hettrich

Planung und Ablauf

1. Trainierte Kompetenzen:

| Übergeordnete Kompetenzen | | Trainingsintensität | | | | |
|------------------------------------|--|---------------------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Fachmethoden (Erkenntnisgewinnung) | | | | | | |
| Kommunikation | | | | | | |
| Reflexion (Bewertung) | | | | | | |
| Personale und soziale Kompetenzen | | | | | | |

Diese Kompetenzen werden an folgenden Inhalten (Bildungsstandards Kompetenzen Nr. 7 bis 13) trainiert:

- Qualitative Beschreibung von Feldern (*Analogien 9.4*)
Kärtchen-Erweiterungssatz deckt auch folgende Inhalte der Kursstufe ab:
- Grundlegende physikalische Größen: el. Feldstärke, magnetische Flussdichte (*Größen 8.7*)

2. Didaktischer Kurzkomentar:

Auf welche Kompetenzen wird aufgebaut?

In Klasse 9/10 ist ein *qualitativer Überblick* über *Strukturen und Analogien von Magnetfeldern, elektrischen und Gravitationsfeldern* unterrichtet worden, d. h. die Schülerinnen und Schüler können wesentliche Begriffe wie Kraftwirkungen auf Körper innerhalb von Feldern in Abhängigkeit von deren Eigenschaften beschreiben.

Die kommunikative Kompetenz innerhalb des Physik-Unterrichtes wurde bereits in der Mittelstufe immer wieder an einzelnen Stellen des Unterrichtes durch den Einsatz von *Methodenwerkzeugen*¹⁷ und speziellen Unterrichtsmethoden wie *Teamarbeiten, Schülerexperimenten und Experimentalreferaten*¹⁸ gestärkt.

Wie wird auf die Kompetenzen aufgebaut?

Inhaltlich sollen die Schülerinnen und Schüler die aus Klasse 9/10 bekannten Begriffe, Konzepte und Modellvorstellungen, die bei einigen möglicherweise in Vergessenheit geraten sind, in eine sinnvolle Anordnung bringen – entweder als „Metaplan“ (s. Anleitung) in Einzel- bzw. Großgruppenarbeit oder in Kleingruppen mit zwei bis drei Schülerinnen und Schüler im „Kärtchentisch“. Die Ergebnisse werden jeweils im Klassenplenum diskutiert und ggf. richtig gestellt. Da während der Gruppenarbeitsphasen zwangsläufig miteinander über physikali-

¹⁷ s. Material aus der Fortbildung Kompetenzorientierter Physikunterricht in Sekundarstufe I (ZPG-Fortbildung Sek I), speziell „Methodenwerkzeuge“ von Prof. Josef Leisen.

¹⁸ s. u.a. Handreichung des LS: Ph49 „Kompetenzorientierter Physikunterricht“

sche Inhalte und Strukturen diskutiert werden muss, stärkt dieses Vorgehen die mündliche Kommunikationskompetenz der Schülerinnen und Schüler.

Beim „**Metaplan**“ sammeln die Schülerinnen und Schüler zuerst selbstständig die Begriffe und Vorstellungen, die ihnen noch im Gedächtnis geblieben sind aus Klassenstufe 9/10 auf kleinen Kärtchen bzw. Papierstücken ca. der Größe DIN A6 (nur ein Begriff bzw. ein Bild pro Kärtchen). Diese Begriffe werden zunächst ungeordnet an der Tafel bzw. Pinnwand gesammelt, danach in inhaltlich zusammengehörende Cluster umsortiert und mit selbst gewählten Überschriften versehen. Die hier abgedruckten Begriffe und Bilder hat die Lehrkraft im Unterricht (vergrößert kopiert!) mit dabei und ergänzt diese, falls sie nicht von den Schülerinnen und Schüler genannt werden. Im Klassengespräch wird eine gemeinsame verbindliche Struktur herausgearbeitet, in der sich alle zentralen Begriffe und Vorstellungen wiederfinden. Eine sinnvolle Hausaufgabe dazu wäre, jede Schülerin und jeden Schüler zuhause nochmals ein Mindmap mit allen in der Schule diskutierten Begriffen und Vorstellungen zu zeichnen.

Im Falle des „**Kärtchentes**“ werden die Begriffe und Bilder von der Lehrkraft in der Anzahl der einzuteilenden Gruppen in der Klasse mehrfach kopiert, laminiert und in kleine Kärtchen zerschnitten. Je ein Kartensatz wird einer Kleingruppe zugewiesen. Die Kleingruppe soll die vorgefundenen Kärtchen sinnvoll ordnen und ihr Ergebnis danach im Plenum vorstellen und begründen. Auch in diesem Fall kann ein zuhause anzufertigendes Mindmap eine sinnvolle Ergebnissicherung sein. Achtung: Die Anordnung wird im Falle des vorliegenden Kärtchensatzes nicht einfach in Form einer Tabelle geschehen können, denn es gibt mehrfache „Verzweigungspunkte“!

Hinweise:

*Der letzte Teil der angehängten Materialien ermöglicht zudem einen Einsatz dieses „Kärtchentes“ **nach** der Behandlung der Felder auf Kursstufen-Niveau. Diese Begriffe sind daher auch auf keinen Fall bei der bloßen Wiederholung der Inhalte aus Kl. 9/10 einzusetzen!!!*

Selbstverständlich können Kärtchen teilweise herausgenommen oder verändert und dem individuellen Unterrichtsverlauf angepasst werden.

Welcher Kompetenzstandard soll angestrebt werden?

Das beschriebene Vorgehen soll die Kompetenzen bereitstellen, die nötig sind, um mit den in der Kursstufe darauf aufbauenden Begriffen, Konzepten und Vorstellungen wie z. B. „Feldstärken“ oder „Energietransport in Feldern“ sinnvoll umgehen zu können. Zudem soll durch diese mündliche Vorarbeit eine Textabfrage in schriftlicher Form vorbereitet werden.

Bei Nutzung des vollständigen Kärtchensatzes mit einem oder zwei Erweiterungssätzen dient die Methode zusätzlich der Festigung und Strukturierung des Gelernten.

Kopiervorlagen

Anleitung / Folie für den Unterrichtseinsatz:

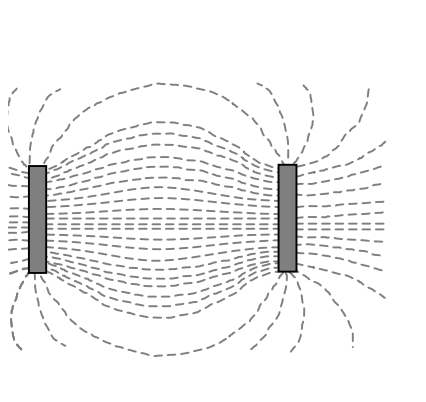
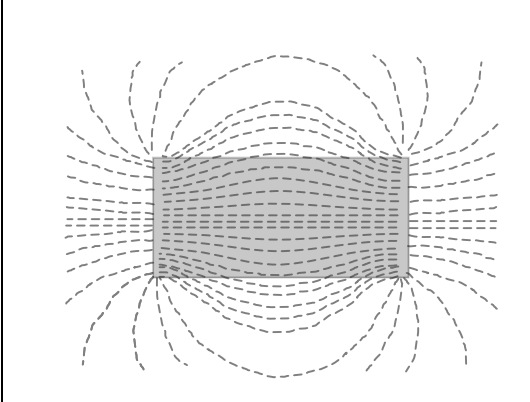
Metaplan zu „Feldern“ aus Kl. 9/10

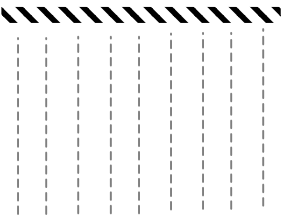
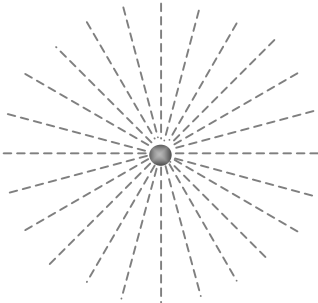
Leitfrage: Welche zentralen Begriffe und Modellvorstellungen gehören zum elektrischen, magnetischen und Gravitationsfeld?

Ablaufschema des Metaplans:

1. Themenvergabe in Form einer Leitfrage (s.o.)
2. *Stillarbeit:* Schülerinnen und Schüler notieren Begriffe, Vorstellungen **(3 Min.)**
 - ☞ mindestens 3 Stichpunkte zur Leitfrage auf *je einem* weißen Kärtchen notieren
 - ☞ Kärtchen danach ungeordnet an die Tafel hängen (Klebestreifen / Magnete / Pinnnadeln)
3. *Teamarbeit:* Mehrfachnennungen aussortieren **(2 Min.)**
4. *Teamarbeit:* Thematische Cluster bilden **(8 Min.)**
5. *Teamarbeit:* Oberbegriff für jeden Cluster finden **(5 Min.)**
 - ☞ auf farbigen Kärtchen notieren und darüber hängen
6. *Teamarbeit:* Endstruktur des Metaplans erarbeiten **(5 Min.)**
7. *Partnerarbeit:* Metaplan präsentieren **(5 Min.)**

| | | |
|---|---|-------------------------------------|
| Elektrisches Feld | Magnetfeld | |
| Elektrische Ladungen | Magnetpole / Magnetladungen | Das Feld wirkt auf ... |
| ... bedeutet im Falle von Metallen in direktem Kontakt mit geladenen Körpern in diesem Fall geht ein Teil der Ladung auf das Metall über, so dass es selbst geladen ist. | ... bedeutet im Falle von Ferromagneta das dauerhafte Ausrichten der „Elementarmagnete“, so dass ein neuer Magnet entsteht (= Magnetisierung). Dies erreicht man durch starke äußere Magnetfelder (Elektromagnet) oder durch mehrfaches „Übersprechen“ eines Ferromagnetikums in der selben Richtung mit dem selben Pol eines starken Magneten. | „Aufladung“ ... |
| Elektrische Kraft | Magnetische Kraft | Das Feld vermittelt diese Kraft ... |
| ... in welche Richtung sich „positive Probeladung“ im bewegt | ... in welche Richtung sich ein „Probenordpol“ im Feld bewegt | Die Feldlinienrichtung gibt an, ... |
| ... in unmittelbarer Nähe elektrisch geladenen Körper elektrischen Polen | ... in unmittelbarer Nähe von magnetischen Nord- oder Südpolen | Das Feld ist besonders „stark“ ... |
| In der Nähe von stark elektrisch geladenen Körpern können die frei beweglichen Ladungen in Metallen so verschoben, dass sie selbst wie elektrisch geladene Körper wirken. | In der Nähe eines Magneten können sich die „Elementarmagnete“ von Ferromagneta ausrichten und diese daher selbst wie Magnete wirken. | Influenz |

| | | |
|--|---|--|
|  |  | <p><i>Feldlinienbilder</i></p> |
| <p>Feldlinien verlaufen alle radial eine zentrale Ladung bzw. Pol zu bzw. von ihm weg.</p> | <p>Parallele Feldlinien</p> | <p><i>Feldlinienverläufe</i></p> |
| <p>Zentralfelder</p> | <p>Homogene Felder</p> | <p><i>Feldtypen</i></p> |
| <p>... in der Nähe von elektrischen Ladungen bzw. elektrischen Körpern. Gleichnamige "Ladungen" / stoßen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an.</p> | <p>... in der Nähe von Magneten und stromdurchflossenen Spulen. Gleichnamige "Ladungen" / Pole stoßen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an.</p> | <p><i>Abstoßungs- und Anziehungsregeln</i></p> |
| <p>... in der Nähe von elektrischen Ladungen bzw. elektrischen Körpern.</p> | <p>... in der Nähe von Magneten und stromdurchflossenen Spulen.</p> | <p><i>in solches Feld gibt es ...</i></p> |

| | | |
|---|---|---|
|  |  | <p><i>Feldlinienbilder</i></p> |
| <p>Nur beobachtbar, wenn man Feldlinien eines Pols in der Sicht betrachtet</p> | <p>Im Inneren einer langen stromdurchflossenen Spule</p> | <p><i>Realisierung von erschiedenen Feld- typen</i></p> |
| <p>Feld einer Einzelladung</p> | <p>In der Mitte zwischen zwei ausgedehnten Kondensatorplatten</p> | |
| <p>Feld eines Kondensators / zwischen zwei ungleichnamig ausgedehnten Ladungen</p> | <p>Kleiner Feldausschnitt eines großen Körpers (z. B. Feld innerhalb eines Zimmers)</p> | |

! 1 der Erweiterungskärtchen für den Einsatz des Themengebietes nach Behandlung der Kursstufeninhalte“ sollen dadurch ersetzt werden:

| | | |
|---|---|---|
| Welche Kraft wirkt auf die "Ladung"? | Magnetische Kraft F_{mag} | Elektrische Kraft F_{el} |
| Auf was wirkt die Feldkraft? | Wirksames Leitungsstück $l \cdot \ell$ | Ei. Ladung q |
| Welche "Feldstärke" bzw. "Flussdichte" charakterisiert die Intensität des Feldes? | $B = \frac{F_{\text{mag}}}{l \cdot \ell}$ | $E = \frac{F_{\text{el}}}{q}$ |
| Wo sind die Quellen und Senken des Feldes? | Das magnetische Feld ist quellen- und senkentrei. | Die Quellen und Senken des elektrischen Feldes sind die elektrischen Ladungen. |
| Wo nach wo verlaufen die Feldlinien? | Die Feldlinien des magnetischen Feldes sind geschlossen, da es keine magnetischen Monopole gibt (Wirbelfeld). Im Außenfeld eines Magneten weisen die Feldlinien vom Nord- zum Südpol. | Die Feldlinien beginnen an positiven Ladungen, sie enden an negativen Ladungen (Quelle) |

! 2 der Erweiterungskärtchen für den Einsatz des Themengebietes nach Behandlung der Kursstufeninhalte wurden:





| | | |
|-------------------|--|---|
| Elektrisches Feld | $F_{\text{Coulomb}}(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2}$ | Welche Kraft wirkt im Feld einer "Zentralabladung" auf eine "Probeladung" im Abstand r? |
| Gravitationsfeld | $F_{\text{Gravitation}}(r) = \gamma \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$ | |
| | $E(r) = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot q}{r}$ | potenzial im Abstand r gegenüber ∞ |
| | $E(r) = -\gamma \cdot \frac{M \cdot m}{r}$ | |

Umsetzungsbeispiel 8: Klausuraufgaben mit Schwerpunkt „Kommunikation“ und „Reflexion“

Florian Karsten

Planung und Ablauf

1. Trainierte Kompetenzen:

| Übergeordnete Kompetenzen | | Trainingsintensität | | | | |
|------------------------------------|--|---------------------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Fachmethoden (Erkenntnisgewinnung) |  | | | | | |
| Kommunikation |  | | | | | |
| Reflexion (Bewertung) |  | | | | | |
| Personale und soziale Kompetenzen |  | | | | | |

Diese Kompetenzen werden an folgenden Inhalten (Bildungsstandards Kompetenzen Nr. 7 bis 13) trainiert:

- Elektromagnetische Wellen, Licht (*Analogien 9.1*)
- Elektrische Energiespeicher (*Analogien 9.2*)
- Alltagsgeräte (*Naturscheinungen 10.3*)
- Risiken der Kernspaltung (*Folgen 12.2*)
- Entwicklung von Modellen (*Modelle 13.1*)
- Verhalten von Quantenobjekten (*Modelle 13.2*)

2. Didaktischer Kurzkomentar:

Die vorausgegangenen Beispiele in diesem Heft sollen aufzeigen, wie der Kompetenzbereich „Kommunikation“ im Unterricht umgesetzt werden kann. Wenn die Kommunikation im Unterricht eine größere Rolle spielen soll, dann muss sich dies auch in den Klausuren widerspiegeln. Auch dort müssen Aufgaben gestellt werden, bei denen die Schülerinnen und Schüler physikalische Themen beschreiben, erklären oder bewerten. Dabei müssen sie geeignete Darstellungsformen (Tabellen, Diagramme, Texte, ...) auswählen und entscheiden, in welchem Umfang die Frage beantwortet wird (Was gehört zur Antwort? Was ist zu viel?).

Die im Folgenden vorgestellten Aufgaben entstammen „echten“ Klausuren der Kursstufe (zweistündiger und vierstündiger Kurs). Die Aufgaben haben alle einen Schwerpunkt auf dem Bereich „Kommunikation“; manche überprüfen zusätzlich Fachmethoden, manche fordern sogar noch, dass die Schülerinnen und Schüler Sachverhalte bewerten und ihre Meinung äußern. Selbstverständlich bestehen die Klausuren nicht nur aus solchen Aufgaben; sie fragen ebenso Fachmethoden, mathematische Beschreibungen, Diagramme und Rechenfertigkeiten ab. Aber jede Klausur der Kursstufe enthält eine oder mehrere Aufgaben, die bewusst keine Standard-Rechenaufgaben sind.

Dies ist auch durch die Abituraufgaben begründet: In den Aufgaben der letzten Jahre sind regelmäßig Fragestellungen zu finden, bei denen etwas in ganzen Sätzen beschrieben wer-

den muss, bei denen etwas erklärt, eine Entscheidung begründet oder sogar bewertet werden muss.¹⁹

Solche „textlastigen“ Antworten stellen die Lehrkraft vor das Problem der Korrektur: Diese Aufgaben sind häufig auf mehrere Weisen beantwortbar, sie sind nicht durch das Abhaken einzelner Stichworte korrigierbar, die Punkteverteilung ist schwieriger – und es benötigt mehr Zeit. Aber die Schülerinnen und Schüler müssen die Gelegenheit haben, mit solchen Aufgaben und Korrekturen Erfahrungen zu sammeln, um gut auf das Abitur vorbereitet zu sein.²⁰

Kommentare zu den Aufgaben:

Aufgabe 1 (Plattenkondensator) ist eine einfache Umformulierung einer Standardaufgabe.²¹ Hier soll nicht einfach nur die Formel genannt werden. Die Schülerinnen und Schüler müssen auch verstanden haben, welche Buchstaben in der Formel welche Bedeutung haben, sie müssen die Abhängigkeiten (steht die Größe im Zähler oder Nenner) erfassen, und sie müssen all dies kurz in Worten beschreiben können. Eine solche Umformulierung lässt sich mit fast jeder Formelaufgabe durchführen.

Aufgabe 2 (Mikrowellenofen) zeigt drei Besonderheiten: Erstens geht es um die Beantwortung von Alltagsfragen mit physikalischem Fachwissen. Zweitens soll diese Erklärung anhand eines beliebigen²² Experiments erfolgen. Drittens kann ausgewählt werden, welche beiden Alltagsfragen beantwortet werden. Die Schülerinnen und Schüler müssen also entscheiden, zu welchen Fragen sie einerseits das physikalische Wissen haben und andererseits ein passendes Experiment formulieren können. Die Aufgabe vereint also Kommunikation mit Fachwissen und Fachmethoden.

Die Aufgaben 3 (Wellenhypothese) und 4 (Welle oder Teilchen oder weder noch) sind weitere Beispiele für Fragen, die anhand von Experimenten beantwortet werden müssen, und die eine Auswahl der Inhalte ermöglichen. Aufgabe 3 wird zu einem Zeitpunkt gestellt, an dem mechanische Wellen schon behandelt waren, Licht als elektromagnetische Welle jedoch noch nicht. Die Schülerinnen und Schüler haben also die Aufgabe, Hypothesen zu formulieren; es geht nicht darum, Wissen über das Wellenmodell des Lichts abzufragen. Eine korrekte Antwort wäre zum Beispiel, dass Wellen einen Träger benötigen, und dass sich Licht ohne den Träger nicht ausbreiten könne.

In Aufgabe 5 (L.A.S.E.R.) geht es nicht nur um die fachlich korrekte Erklärung, sondern v. a. um die adressatengerechte Formulierung. Es wird also auch bewertet, ob die Erklärung für eine Schülerin der zehnten Klasse verstehbar ist – dafür müssen auch Punkte vergeben werden. Selbstverständlich müssen solche Fragestellungen im vorausgegangenen Unterricht eine Rolle gespielt haben und geübt worden sein.

¹⁹ Vgl. hierzu auch die *Musteraufgaben für den standardbasierten und kompetenzorientierten Unterricht im Fach Physik in der Kursstufe*. http://lehrerfortbildung-bw.de/faecher/physik/gym/fb2/modul1/2_muster/

²⁰ Vgl. hierzu auch den *Workshop "Schülerlösungen korrigieren"*. http://lehrerfortbildung-bw.de/faecher/physik/gym/fb2/modul1/3_s_lsg/

²¹ Vgl. hierzu auch Beispielaufgabe 4 in *Abitur im Fach Physik ab 2004*. Handreichung Ph 35, Landesinstitut für Schulentwicklung (2002).

²² Die Bildungsstandards und die Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung verlangen Kompetenzüberprüfungen an *beliebigen* Inhalten!

In Aufgabe 6 (Spickzettel) geht es zum einen wieder um die Versprachlichung von Formeln. Zum anderen soll aber auch eine – offensichtlich falsche – Formel bewertet werden. Rein mathematisch könnte man die Formel aus den gegebenen herleiten.²³ Die Schülerinnen und Schüler sollen aber erkennen und begründen, welcher physikalische Denkfehler hierbei gemacht wird.

Die Aufgaben 7 (Quantenzitat A)²⁴ und 8 (Quantenzitat B)²⁵ sind typische Aufgaben, bei denen die Schülerinnen und Schüler anhand eines Zitates physikalische Sachverhalte beschreiben und begründen sollen. Darüber hinaus sollen sie Stellung beziehen, ob die im Zitat aufgestellte Behauptung richtig ist oder nicht. Solche Zitataufgaben sind häufig im Zusammenhang mit Quantenphysik im Abitur zu finden.

Aufgabe 9 (Naturwissenschaftliche Arbeitsweise) erfordert einen reinen Text als Antwort. Die Schülerinnen und Schüler sind in der Auswahl der Beispiele wieder völlig frei, solange der – im Unterricht zuvor besprochene – Unterschied zwischen Naturwissenschaft und Parawissenschaft²⁶ sinnvoll beschrieben wird. Hier lohnt es sich bei der Korrektur, zunächst alle antworten nacheinander zu lesen und erst danach die einzelnen Antworten zu korrigieren und zu bewerten.

Auch in Aufgabe 10 (Ist das Physik?) geht es inhaltlich um naturwissenschaftliche Theorien und Arbeitsweisen. Hier sollen sich die Schülerinnen und Schüler jedoch mit einem Text²⁷ auseinandersetzen. Diese Aufgabe ist sehr anspruchsvoll: Sie verlangt Textverständnis, Auseinandersetzung mit Naturwissenschaft auf einer Metaebene, Formulieren einer Antwort in Form eines Aufsatzes und eine Stellungnahme (Begründung der persönlichen Meinung). Daher werden zwei Hilfen gegeben: Einerseits wird erklärt, dass es nicht um richtig/falsch geht, sondern um sinnvolles Begründen. Zum anderen ist die Aufgabe eine Wahlaufgabe; die Schülerinnen und Schüler können (in der letzten Klausur der Kursstufe) drei Aufgaben aus sechs auswählen. Dadurch wird niemand gezwungen, diese Aufgaben zu bearbeiten. Schülerinnen und Schüler, die dennoch die Aufgabe wählen, antworten oft erfreulich kompetent und eloquent – und erreichen so hohe Punktzahlen. Auch hier gilt der gleiche Hinweis zur Korrektur wie bei Aufgabe 9.

Aufgabe 11 (Einsteins Schleier) entstand aus dem Versuch, im Physikunterricht Sachtexte zu lesen. Neben einzelnen kurzen Sachtexten an verschiedenen Stellen des Unterrichts wurde der Einstieg in die Quantenphysik vollständig über das Lesen und Besprechen des Buches *Einsteins Schleier* von Anton Zeilinger organisiert. Das Buch wurde kapitelweise gelesen, jedes Kapitel von einer Schülerin oder einem Schüler referiert, im Plenum diskutiert und vom Lehrer mit Experimenten und Erläuterungen ergänzt. Dieser Unterricht sollte sich in der Klausur widerspiegeln. Für die Schülerinnen und Schüler war die Aufgabe nicht so fremd, wie sie auf Physiklehrkräfte wirkt, da solche Aufgabenstellungen in anderen Fächern

²³ Nach den Vorgaben der Bildungsstandards muss der Begriff der Arbeit nicht mehr eingeführt werden, demzufolge wird aus Arbeit pro Ladung der Quotient Energie pro Ladung. Die Formeln können also – je nach im Unterricht oder Schulbuch eingeführter Schreibweise – auch mit E/Q und E für die elektrische Feldstärke geschrieben werden.

²⁴ Abitur 2005 Haupttermin, Aufgabe III

²⁵ Die Idee zu dieser Aufgabe stammt von Monica Hettrich.

²⁶ Vgl. LS-Handreichung *Kompetenzorientierter Physikunterricht* (Ph 49), Umsetzungsbeispiel „Pendeln im Physikunterricht“

²⁷ Die Idee zu dieser Aufgabe stammt von Monica Hettrich.

alltäglich sind. Die Schülerinnen und Schüler können also die Kompetenzen, die sie in anderen Fächern erworben und trainiert haben, ohne Schwierigkeiten auf den Physikunterricht übertragen.

Kopiervorlagen

Aufgabe 1 (Plattenkondensator): Beschreiben und begründen Sie kurz, wie ein Plattenkondensator beschaffen sein muss, um eine möglichst große Kapazität zu besitzen.

Aufgabe 2 (Mikrowellenofen): Beantworten Sie zwei der folgenden Fragen zum Mikrowellenofen. Erklären Sie jeweils physikalisch anhand eines Experiments:

- Welche Funktion hat der Drehteller?
- Warum gibt spezielles Mikrowellengeschirr?
- Warum erfolgt die Aufheizung in der Mikrowelle so extrem schnell im Vergleich zu einem Backofen?
- Welche Funktion hat die „Auftau-Einstellung“ bei Tiefkühlkost?
- Warum sollen keine Gegenstände mit dünnem Metall in das Mikrowellengerät?

Aufgabe 3 (Wellenhypothese): Man sagt oft, Licht sei eine Welle. Wenn Licht tatsächlich eine Welle wäre, dann müsste es auch Welleneigenschaften zeigen. Suchen Sie sich zwei typische Welleneigenschaften aus und beschreiben dazu jeweils kurz ...

- ein Experiment, das bei Licht diese Eigenschaft deutlich werden lässt;
- wie sich das Licht in diesem Experiment verhalten müsste, wenn es eine Welle wäre.

Aufgabe 4 (Welle oder Teilchen oder weder noch):

- Beschreiben Sie ein Experiment, aufgrund dessen man entscheidet, dass Licht „aus Wellen besteht“.
- Beschreiben Sie ein Experiment, aufgrund dessen man entscheidet, dass Licht „aus Teilchen besteht“.
- Beschreiben Sie ein Experiment, aufgrund dessen man entscheidet, dass Licht „weder aus Wellen noch aus Teilchen besteht“.

Aufgabe 5 (L.A.S.E.R.): Eine Schülerin aus Klasse 10 fragt Sie, was ein Laser ist. Antworten Sie ihr, indem Sie ihr das Akronym L.A.S.E.R. erklären!

Aufgabe 6 (Spickzettel): Ein Schüler findet während der Klausur folgende Formeln auf seinem gut versteckten Spickzettel:

$$E = \frac{U}{d}; U = \frac{W}{Q}; C = \frac{Q}{U}$$

- a) Beschreiben Sie in vollständigen ganzen Sätzen, was diese Formeln bedeuten.
- b) Der Schüler leitet aus diesem Spickzettel die Formel $E = C \cdot U^2$ für die Energie des elektrischen Feldes bei einem Plattenkondensator her. Erläutern Sie, ob er dabei einen Rechenfehler oder einen physikalischen Denkfehler macht.

Aufgabe 7 (Quantenzitat A): Der Physiker Richard P. Feynman schreibt: „Für die Existenz der Naturwissenschaften, erklärte einst ein Philosoph, ist unabdingbar, dass dieselben Umstände stets dieselben Ergebnisse erzeugen.“ Wie sich zeigt, tun sie das nicht.

- a) Beschreiben Sie ein Experiment, bei dem die selben Umstände stets die selben Ergebnisse erzeugen.
- b) Begründen Sie anhand eines Experiments, weshalb man – wie Feynman – heute in der Physik von der Aussage des Philosophen Abstand nehmen muss.

Aufgabe 8 (Quantenzitat B): Richard behauptet: „Die Quantenphysik ist die exakteste physikalische Theorie, die von der Menschheit bisher erfunden wurde, daher kann man folgendes sagen: Bei genau gleichen Versuchsbedingungen in einem Interferenzversuch muss bei allen Quantenobjekten auch dasselbe Versuchsergebnis herauskommen.“

- a) Erläutern Sie kurz: Von welcher physikalischen Theorie wird Richard beeinflusst?
- b) Begründen und erläutern Sie: Hat Richard recht?

Aufgabe 9 (Naturwissenschaftliche Arbeitsweise): Was versteht man unter naturwissenschaftlicher Arbeitsweise? Beschreiben Sie an zwei Beispielen, was Naturwissenschaft von Parawissenschaften unterscheidet.

Aufgabe 10 (Ist das Physik?): Sie haben nun mindestens sechs Jahre Schulphysik genossen; jetzt dürfen Sie zeigen, was Sie dabei gelernt haben. Bei der folgenden Aufgabe gibt es keine eindeutige und richtige Lösung, sondern es kommt darauf an, dass Sie physikalisches Denken zeigen. In Indien wird von folgender Geschichte erzählt:

Ein Junge möchte einen Elefanten von einer Uferseite eines sehr breiten Flusses auf die andere bringen. Er baut ein Floß, stellt den Elefanten darauf und schiebt das Floß mit Hilfe einiger Männer auf den Fluss. Leider geht das Floß mitsamt dem Elefanten unter. Der Junge kann gerade noch mit dem Elefanten an das ursprüngliche Ufer schwimmen. Als beide atemlos und unglücklich am Ufer sitzen, kommt ein indischer Weiser vorbei und sagt zu dem Jungen: „Das Floß musste untergehen! Weißt du denn nicht, dass im Wasser die Wassergeister leben, die vor so großen Elefanten Angst haben?! Die Wassergeister können doch den Elefanten auf dem Floß sehen, dann weichen sie aus Furcht zurück und tragen das Floß nicht mehr – dann muss es untergehen! Du musst blickdichte Seitenwände um dein Floß bauen, dann sehen die Wassergeister den Elefanten nicht mehr und tragen das Floß wohlbehalten an die andere Seite!“ Der Junge tut, wie ihm geheißen und – siehe da: Er kommt ohne Probleme am anderen Ufer an! Der Junge dankt den Wassergeistern und geht seines Weges...

Nun sind Sie gefragt: Äußert der indische Weise da eine physikalische Theorie? Ist das Physik oder nicht? Warum bzw. warum nicht? Argumentieren Sie mit Hilfe Ihres Physik-Wissens.

Aufgabe 11 (Einsteins Schleier): Im Buch „Einsteins Schleier“ auf Seite 99f. beschreibt Anton Zeilinger das Gedankenexperiment mit *Schrödingers Katze* als Versuch, zu zeigen, dass ein „Quantenverhalten für große Systeme völlig absurd wäre“.

- a) Wie kann man Schrödingers Katze mit Hilfe der Kopenhagener Interpretation beschreiben?
- b) Wie kann man Schrödingers Katze mit Hilfe der Vielweltentheorie beschreiben?

- c) Warum merken wir im Alltag nichts vom Quantenverhalten von Katzen, Hamstern und Fußbällen?
- d) Nehmen Sie im Zusammenhang mit diesen Interpretationen zum Zitat von Niels Bohr (S. 213) Stellung.





Hinweis: Sie können bei der Beantwortung der Fragen selbstverständlich auf andere Abschnitte des Buches verweisen (bitte jeweils Seitenzahlen und Nummer des Absatzes angeben).

Umsetzungsbeispiel 9: Textteile in Abituraufgaben trainieren

Georg Kirchgessner

Planung und Ablauf

1. Trainierte Kompetenzen:

| Übergeordnete Kompetenzen | | Trainingsintensität | | | | |
|------------------------------------|--|---------------------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Fachmethoden (Erkenntnisgewinnung) |  | | | | | |
| Kommunikation |  | | | | | |
| Reflexion (Bewertung) |  | | | | | |
| Personale und soziale Kompetenzen |  | | | | | |

Diese Kompetenzen werden an folgenden Inhalten (Bildungsstandards Kompetenzen Nr. 7 bis 13) trainiert:

- Struktur der Materie (*Materie 11.1*)
- Modellvorstellungen und Weltbilder Modelle (*Modelle 13.2*)

2. Didaktischer Kurzkomentar:

Auf welche Kompetenzen wird aufgebaut?

In jeder Klassenarbeit und jeder Klausur in der Jahrgangsstufe sind Aufgabenteile enthalten, die nicht durch ein einfaches Aufschreiben der auswendig gelernten Formel gelöst werden können. Vielmehr werden hier Zusammenhänge und Strukturen abgefragt, die man verständlich und fachlich richtig darstellen muss. Da es meist nicht nur eine einzige und DIE richtige Lösung zu einer Fragestellung gibt, haben einige Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten einzuschätzen, was alles in eine vollständige Lösung hineingehört und was nicht. Schon früh müssen den Schülerinnen und Schülern die Unterschiede und Bedeutungen der Operatoren klar werden. In früheren Klassenarbeiten sowie den Klausuren der Jahrgangsstufe wurden daher bereits die Operatoren bei Aufgabenstellungen konsequent genutzt. Dies trägt mit dazu bei, sich an die spezifische Anforderung, die jeder der Operatoren beinhaltet, zu gewöhnen.

Die beschriebene Unterrichtssequenz kann zu jedem Zeitpunkt der Kursstufe eingesetzt werden: Gleich zu Beginn von Jahrgangsstufe 1 oder z. B. auch zur Übung vor dem schriftlichen Abitur.

Wie wird auf die Kompetenzen aufgebaut?

Die Vorgehensweise mag verblüffen: Die Schülerinnen und Schüler lösen hierbei nicht nur eine Abitursaufgabe, sondern sie korrigieren sie vor allem mit Hilfe von Richtlinien zur Korrektur von Abituraufgaben, die den tatsächlichen Verwaltungsvorschriften nahekommen. Diese Umkehrung der Aufgabenstellung schärft jedoch den Blick für den inhaltlichen Gehalt der Operatoren, für Umfang und Tiefe von selbst zu verfassenden Textteilen.

Die Schülerinnen und Schüler bekommen als Hausaufgabe eine Abituraufgabe der vergangenen Jahre zum Thema Quantenphysik [1]. Bei der Kontrolle der Hausaufgabe, bei der verschiedene Schülerinnen und Schüler ihre Lösungen darstellen, wird bei der Besprechung schnell klar, dass es nicht die EINE richtige Lösung gibt, dass aber eine richtige Lösung sicher feste Bestandteile beinhalten soll. Gerade bezüglich des Abiturs kann man die Schülerinnen und Schüler schnell für eine Objektivität sensibilisieren, da nicht nur der Erstkorrektor, der seine Schülerinnen und Schüler kennt, die Arbeiten korrigiert, sondern auch ein Zweit- und Drittkorrektor. Spätestens hier wird die Wichtigkeit gewisser Kriterien, die auch den Schülerinnen und Schülern transparent sein müssen, für die Korrektur ersichtlich. Die EPA-Operatoren müssen hinsichtlich Ihrer Anforderungen nochmals besprochen werden [2]. Zusammen mit den Schülerinnen und Schülern erarbeitet man mit Hilfe eines Mindmap-Programms (z. B. „XMind“) wichtige Strukturen einer vollständigen und richtigen Lösung. Dabei wird nach Teilen der Lösung unterschieden, die brauchbar und falsch sind. Verwertbare Anteile der Lösung müssen weiter untersucht werden. Da die Schülerinnen und Schüler selbst mit Hilfe des Lehrers diese Kriterien aufstellen (die natürlich am Schluss das Wichtigste beinhalten sollen), entwickeln die Schülerinnen und Schüler ein Verständnis dafür, wie korrigiert wird und somit automatisch was sie schreiben müssen, um die volle Punktzahl zu erhalten. Die Schülerinnen und Schüler sollen nach diesen Kriterien ihre Lösung erweitern oder umschreiben. Die Mindmap, das in der Stunde erstellt wurde, kann man sofort ins Netz stellen und somit jedem zugänglich machen (bei XMind kein Problem bei vorhandenem Internetanschluss). Außerdem bekommen die Schülerinnen und Schüler Originaltexte von Schülerlösungen aus dem Abitur²⁸ mit nach Hause. Jeder soll sich hierbei nach Vorgabe des Lehrers zwei Lösungen genauer anschauen. Es ist gewollt, dass verschiedene Gruppen später dieselben Lösungen bearbeiten.

In der nächsten Phase bekommen die Schülerinnen und Schüler den Arbeitsauftrag gruppenweise die Schülerlösungen aus dem Abitur zu korrigieren. Die Lehrkraft erklärt eingangs die zu verwendenden Korrekturzeichen und mögliche Gründe für Punkteabzug²⁹ [3], sowie die kommentierte Mindmap aus der letzten Stunde. Die Gruppen haben 20 Minuten Zeit, sich abzustimmen und ihre Korrekturzeichen zu setzen. Auch eine Punktevergabe sollte nachvollziehbar erfolgen. Nach den 20 Minuten tauschen sich Gruppen mit gleichen Schülerlösungen gegenseitig aus. Man wird feststellen, dass die Konsensbildung in der Gruppe sicherlich schwierig sein wird und ebenso nicht vollständig mit der Nachbargruppe übereinstimmt wird. Neue Kriterien, die einem vorher vielleicht eher unwichtig erschienen, sind in Zukunft von größerer Bedeutung, wohingegen wiederholende oder unwichtige Passagen wegfallen.

Welcher Kompetenzstandard soll angestrebt werden?

Die Schülerinnen und Schüler werden sensibilisiert für eine Struktur bei der Lösungserstellung. Sowohl der Findungsprozess der Kriterien für eine richtige Lösung als auch die anschließende „echte“ Korrektur regt die Schülerinnen und Schüler zu einer kritischen Reflexion ihrer eigenen Lösungen an. Im Gruppengespräch bei der Korrektur der Schülerlösungen,

²⁸ Anhand von Originalen von Wolfgang Zeh und Monica Hettrich nachentwickelte fiktive Schülerlösungen.

²⁹ Den Schülerinnen und Schülern werden Korrekturrichtlinien an die Hand gegeben, die den offiziellen Korrekturrichtlinien sehr nahe sind, sie werden jedoch um Hinweise zu möglichem Punkteabzug ergänzt.

müssen sich die Schülerinnen und Schüler auf eine Korrektur und Punktevergabe einigen, die transparent sein muss. Diese Transparenz wird klar, sobald sich die Gruppen untereinander austauschen müssen.

Literatur und Quellenangaben:

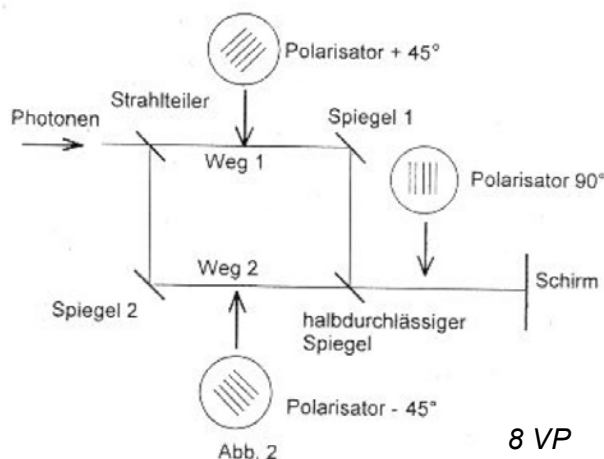
- [1] *Abiturprüfung an den allgemein bildenden Gymnasien; Haupttermin 2006; KMK 2006*
- [2] *Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik. KMK, 2004*
- [3] *Beurteilungs- und Korrekturrichtlinien für die Abiturprüfung an den allgemein bildenden Gymnasien gültig für die Abiturprüfung; KMK 2010*

Kopiervorlagen

Physik-Abitur 2006 – Aufgabe II d

Photonen einer monochromatischen Lichtquelle stehen zwei Wege zur Verfügung, die über einen Strahlteiler, je einen Spiegel und einen halbdurchlässigen Spiegel auf den gleichen Schirm führen (siehe Abb. 2). Auf dem Schirm sind Interferenzen beobachtbar.

- In die beiden Wege werden nun Polarisatoren geschoben, deren Ebenen um $+45^\circ$ und -45° gegen die Horizontale gedreht sind. Beschreiben und begründen Sie die Wirkung auf das Schirmbild.
- Ein dritter Polarisator, dessen Ebene um 90° gegen die Horizontale gedreht ist, wird in den gemeinsamen Weg vor dem Schirm gebracht. Beschreiben und begründen Sie die Wirkung.



Lösungshinweise

Zunächst Betrachtung ohne Polarisatoren: Sind *keine* Polarisatoren in der Anordnung, sind die beiden Wege nicht unterscheidbar – es gibt keine Information darüber, wie die Photonen zum Zielpunkt kommen. Daher erhält man eine Interferenz auf dem Schirm.

Betrachtungsweise mit Polarisatoren mit $+45^\circ$ und -45° : Mit den Polarisatoren werden die beiden Wege unterscheidbar. Man beobachtet nun keine Interferenz mehr. Die Photonen verhalten sich wie Teilchen.

Mit zusätzlichem dritten Polarisator mit 90° : Hinter dem dritten Polarisator mit 90° haben wieder alle Photonen, die ihn passieren, die gleiche Polarisationsrichtung. Damit wird wieder nicht mehr unterscheidbar, ob sie vorher den Weg 1 oder den Weg 2 genommen haben. Nun wird wieder Interferenz beobachtet.



Operatorendefinitionen aus den EPA

beschreiben: Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert und fachsprachlich richtig mit eigenen Worten wiedergeben

begründen/zeigen: Sachverhalte auf Regeln, Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Zusammenhänge zurückführen

Aufgabe II d – Schülerlösung 1

Das Interferenzbild auf dem Schirm verschwindet. Licht ist eine elektromagnetische Welle. Trifft es auf den Polarisationsfilter kommt nur der Anteil nicht durch, dessen E-Vektor senkrecht zum Filter steht. Hat man einen um $+45^\circ$ und einen um -45° verdrehten Polarisationsfilter, kommen jeweils unterschiedlich polarisierte Wellen am Schirm an. Man könnte jetzt feststellen welchen Weg das Licht genommen hat. Betrachtet man die Teilcheneigenschaft von Licht, könnte man sagen, woher das jeweilige Photon kam. Der Weg eines Photons von einem Punkt P_1 zu einem Punkt P_2 ist aber unbestimmt. Könnte man den Weg bestimmen, wie hier durch die Polarisationsfilter, gibt es keine Interferenz mehr.

Wird ein dritter Polarisationsfilter vor den Schirm gebracht gibt es wieder Interferenz. Von beiden möglichen Wegen des Lichts kommt nur der Anteil Licht durch, dessen E-Vektoren senkrecht zum Filter stehen. Der Weg des Lichts ist wieder unbestimmt und es gibt wieder Interferenz.

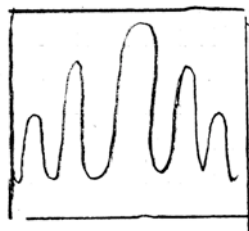
Aufgabe II d – Schülerlösung 2

Auf dem ersten Weg gelangen nur Photonen hindurch, die um $+45^\circ$ „gedreht“ wurden. Auf dem zweiten Weg dient der Polarisator dazu, um die Photonen in die andere Richtung um -45° zu drehen.

Weiß man nun, welchen Weg die Photonen „gegangen“ sind, so ergibt sich auf dem Schirm kein Interferenzbild, es entsteht ein verwaschenes Bild:



Ein dritter Polarisator, der die um 90° gegen die Horizontale gedreht ist, wird auf dem gemeinsamen Weg vor dem Schirm angebracht. Nun ist nicht mehr klar, aus welchen der beiden Wege die Photonen gewählt haben. Aus diesem Grund entsteht auf dem Schirm ein typisches Interferenzbild mit Maxima und Minima.



Aufgabe II d – Schülerlösung 3

1. Fall: Wenn zwei Polarisatoren verwendet werden, der eine um $+45^\circ$ und der andere um -45° gegen die Horizontale gedreht, dann verschwindet das Interferenzbild auf dem Schirm.

Das nun polarisierte Licht liegt in einer Ebene. Am Schirm könnte man deshalb theoretisch feststellen, welchen Weg jedes einzelne Photon genommen hat. Nur aufgrund seiner Polarisation. Da dies jedoch in der Quantenphysik nicht möglich ist, einem Photon einen bestimmten Weg zuzuordnen, verschwindet das Interferenzbild. Denn auch schon beim Doppelspalt konnte man nicht sagen, durch welchen Spalt ein Photon gegangen ist. Man musste immer beide Möglichkeiten als gleichberechtigt in Betracht ziehen.

Wenn man im Experiment dem Photon nun eine Information mitgibt, auf welchem Weg es zum Schirm gelangte, dann verschwindet die Interferenz.

2. Fall: Wenn man nun einen dritten Polarisator direkt vor den Schirm einbringt und diesen alle Photonen aus Weg 1 und Weg 2 durchlaufen, so tritt auf dem Schirm wieder Interferenz auf, da die Information der Photonen wieder gelöscht wird, diese nun in die gleiche Ebene polarisiert werden. Man kann hinter dem dritten Polarisator nicht mehr erkennen, welchen Weg ein Photon genommen hat.

Aufgabe II d – Schülerlösung 4

Photonen einer monochromatischen Lichtquelle bewegen sich durch einen Strahlteiler. Die beiden getrennten Lichtstrahlen werden über Spiegel wieder zusammengeführt und treffen sich in einem halbdurchlässigen Spiegel. Anschließend trifft das Licht auf einen Schirm, wo Interferenzen beobachtet werden können. In die Wege der getrennten Lichtstrahlen werden Polarisatoren gebracht, die um die Winkel $+45^\circ$ und -45° zur Horizontalen gedreht sind.

Gesucht: Wirkung auf das Schirmbild

Vor dem Einbringen der Polarisationsfolie verhalten sich Spiegel 1 und 2 wie zwei kohärente Lichtquellen. Denn jedes im Strahlteiler eingestrahlte Photon wechselwirkt nicht mit anderer Materie und verhält sich deshalb wie eine Welle, die aufgespalten wird und an den Spiegeln reflektiert wird. So kann jedes Photon mit sich selbst interferieren. Dementsprechend sieht man auf dem Schirm Interferenzringe, die durch kleine Gangunterschiede zwischen Spiegel 1 und 2 begründet sind.

Allerdings bewirken die Filter, dass beide Wellen von Spiegel 1 und 2 nicht mehr kohärent sein können, da ihre Schwingungsebenen insgesamt um 90° verdreht sind. Solche Wellen können nicht interferieren. Auf dem Schirm ergibt sich also ein kreisförmiger Fleck, dessen Intensität nach außen abnimmt.

Aufgabe II d – Schülerlösung 5

Nach dem Einsetzen der beiden Polarisatoren ist eine Verteilung auf dem Schirm wie bei klassischen Teilchen zu beobachten und keine Interferenz mehr. Dies kommt daher, dass nun die Wege 1 und 2 unterscheidbar sind. Man kann über die Polarisation also sagen welchen Weg ein Photon genommen hat. Dadurch kollabiert die Zustandsfunktion. Dies ist das Prinzip des Quantenradierers. In diesem Fall wird der Wellencharakter des Photons ausradiert.

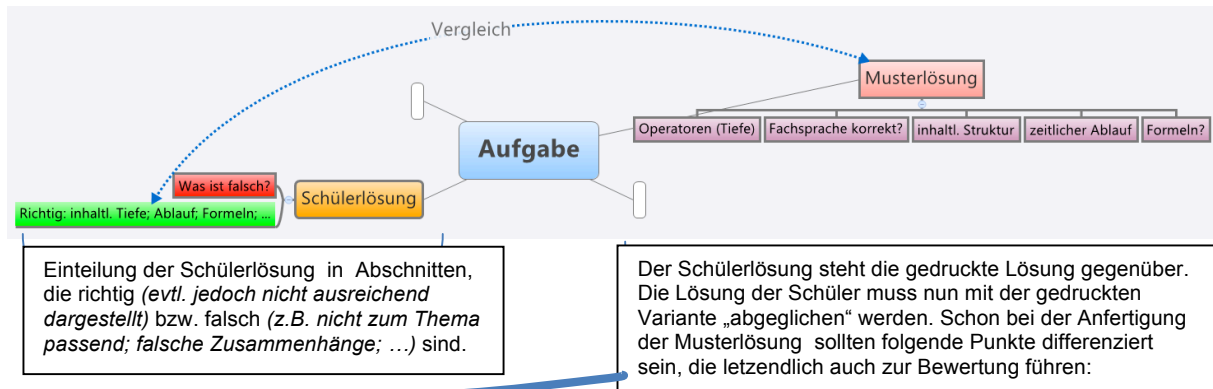
Nachdem der dritte Polarisator eingesetzt wurde wird auf dem Schirm wieder ein Interferenzmuster sichtbar. Dies kommt daher, dass die Wege 1 und 2 nun nicht mehr unterscheidbar sind, da der horizontale polarisierte Teil des Photons vom dritten Polarisator rausgefiltert wird. Damit kann man nicht sagen, welchen Weg das Photon genommen hat. Die Möglichkeiten werden nun wieder superponiert, die Zustandsfunktion kollabiert nicht. In diesem Fall „radiert“ der Quantenradierer den Teilchencharakter des Photons aus.

Aufgabe II d – Schülerlösung 6

Das Schirmbild zeigt nun nicht mehr die oben beschriebene Interferenz, sondern eine klassische Wahrscheinlichkeitsverteilung. Dies liegt am Komplementaritätsprinzip der Quantenphysik. Ist eine „Weg-Information“ bekannt (durch die Polarisatoren haben die Photonen jeweils eine unterschiedliche Polarisationssebene, können also unterschieden werden) tritt keine Interferenz mehr auf.

Jetzt lassen sich die Photonen von Weg 1 und Weg 2 nicht mehr unterscheiden, da nach dem 3. Polarisator alle die gleiche Polarisationssebene besitzen. Man hat also keine „Weg-Information“ mehr. Nun tritt wieder das am Anfang beschriebene Interferenzmuster auf. Man sagt hier, den Photonen wäre der Teilchenaspekt (die „welche-Weg-Information“) „ausradiert“ worden und spricht deshalb von einem sog. „Quantenradierer“.

Auf welche Punkte wird bei einer Korrektur geachtet?



1.) Tiefe der „Operatoren“:

Welche „Operatoren“ treten in der Fragestellung auf und welche Tiefe verlangen diese in einer Lösung. Sind z. B. ursächliche Zusammenhänge verlangt, die geschildert und dargestellt werden sollten oder wird nur eine strukturierte Wiedergabe der Zusammenhänge verlangt.

Beispiel einiger Operatoren und deren Abgrenzung gegeneinander:

| | |
|-----------------------|--|
| begründen | Sachverhalte auf Regeln, Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Zusammenhänge zurückführen |
| bestätigen | Die Gültigkeit einer Hypothese, Modellvorstellung, Naturgesetzes durch ein Experiment verifizieren |
| berechnen / bestimmen | Aus Größengleichungen eine physikalische Größen bestimmen |
| beschreiben | Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert und fachsprachlich richtig mit eigenen Worten wiedergeben |
| nennen / angeben | Elemente, Sachverhalte, Begriffe, Daten ohne Erläuterungen. Aufzählen |

„Begründen“ verlangt also, dass der Schüler nicht nur den Sachverhalt strukturiert wiedergibt, sondern auch auf Gesetze und ursächliche Zusammenhänge zurückführt und hiermit erklärt.

2.) Wird die Fachsprache korrekt verwendet?

In der Physik gibt es feststehende Begriffe, die in einem eindeutigen Zusammenhang verwendet werden.

Bsp.: Eine „gleichmäßig beschleunigte Bewegung“ ist eine Bewegung, die mit einer konstanten Beschleunigung erfolgt (das kann ein gleichmäßiger Abbremsvorgang sein, ein gleichmäßiges Beschleunigen oder eine Kreisbewegung mit konstanter Bahngeschwindigkeit).

3.) Zeitliche Abfolge:

Beispiele:

- Bei der Schilderung eines Versuchs muss die zeitliche Reihenfolge korrekt eingehalten und dokumentiert werden.
- Bei der Interpretation von Diagrammen muss oft die zeitliche Abfolge (auch ursächlich) beschrieben werden.

4.) Inhaltliche Struktur:

Ein „roter Faden“ sollte bei der inhaltlichen erkennbar sein. Logische Abfolgen bauen aufeinander auf.

5.) „Formeln“ und funktionale Zusammenhänge:

Werden „Formeln“ oder funktionale Zusammenhänge in der Lösung verlangt? Bei der Beschreibung mit Hilfe einer Formel muss der Zusammenhang stets in Worten erklärt werden.

Beispiel:

$C = Q / U$. Das Verhältnis der gespeicherten Ladung (auf je einer Platte) zu dem Potentialunterschied an den Platten nennt man Kapazität. „Passt“ auf den Kondensator schon bei einer geringen Potentialdifferenz viel Ladung, so hat man eine große Kapazität. Sind die gespeicherte Ladung und Spannung zueinander proportional, so ist die Kapazität konstant.

Verwendung von Korrekturzeichen

1. Jedes richtige Teilergebnis ist im Text mit "r", jedes falsche Teilergebnis mit "f" zu kennzeichnen.
2. Fehler werden am Rand folgendermaßen gekennzeichnet:

Fehlertypen und Kennzeichnung:

D (steht für Denkfehler)

Ph (steht für fehlendes Physikverständnis)

FS (bei Verstoß gegen die Fachsprache)

M (Verwendung von falscher oder bei fehlender Maßeinheit)

R (reiner Rechenfehler)

S (Schreibfehler)

Vorschlag für Punktabzüge:

- 1,5 bis -2 VP

- 2 VP oder mehr

eigenes Ermessen

- 0,5 bis -1 VP

- 1 VP

eigenes Ermessen (wenig oder gar nichts ... kommt darauf an, ob die Aufgabe vereinfacht wurde)

Wird bei der Antwort deutlich, dass ein hinreichendes Physikverständnis bei der Darstellung fehlt, kann dies zusammen mit dem Korrekturzeichen „Ph“ (fehlendes Physikverständnis) zu einem Abzug führen. Bei groben Verstößen gegen die physikalische Fachsprache kann zusammen mit dem Korrekturzeichen „FS“ (Verstoß gegen die Fachsprache) ebenfalls ein angemessener Abzug erfolgen.

Mit "Schreibfehler" sind solche Fehler gemeint, die offenbar durch falsche Übertragung aus dem Aufgabentext, dem Entwurf, dem vorausgehenden Teil der Lösung u. ä. entstanden sind. Bei eventuell drohenden Missverständnissen sind Fehler bzw. Unschärfen ohne Verwendung von Abkürzungen deutlich zu kennzeichnen: z. B. "Lücke", "unscharf", "Ansatzfehler", "ab hier unbrauchbar" usw.

3. Hat sich ein Formulierungsfehler, schwerwiegender Verstoß gegen die Fachsprache („FS“) oder ein Rechenfehler („R“) eingeschlichen, so werden die folgenden Lösungspassagen mit „(r)“ gekennzeichnet, sofern die Aufgabe mit dem Fehler „richtig“ weitergelöst wurde.
4. Sprachlich formale Mängel sind mit einem „SM“ zu kennzeichnen.