

Anregungen zur Umsetzung des Rahmenlehrplans Physik Sekundarstufe II

Impressum

Herausgeber:

Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg (LISUM)
14974 Ludwigsfelde-Struveshof

Tel.: 03378 209-200

Fax: 03378 209-232

Internet: www.lisum.berlin-brandenburg.de

Autorinnen und Autoren:

Ralf Böhlemann, Dr. Wolf-Dieter Braun, Björn Mai, Kurt-Albrecht Meyer, Oliver Pechstein,
Thomas Reichl

Ansprechpartner im LISUM:

Dr. Peter M. Schulze

Grafiken:

Alle Abbildungsrechte für Fotos und Grafiken liegen bei den Autoren.

© Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg (LISUM); Mai 2008

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte einschließlich Übersetzung, Nachdruck und Vervielfältigung des Werkes vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Landesinstituts für Schule und Medien Berlin-Brandenburg in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Eine Vervielfältigung für schulische Zwecke ist erwünscht. Das LISUM ist eine gemeinsame Einrichtung der Länder Berlin und Brandenburg im Geschäftsbereich des Ministeriums für Bildung, Jugend und Sport des Landes Brandenburg (MBS).

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	4
2	Beispiele kompetenzorientierter Unterrichtsplanung	5
2.1	Das Verhältnis von Kompetenzen, Abschlussstandards, Inhalten und Kontexten	5
2.2	Von den Eingangsvoraussetzungen zu den Abschlussstandards - Kompetenzentwicklung an Beispielen.....	6
2.3	Kompetenz als Leitidee: Aufgabenbeispiele zur Kommunikation und Reflexion.....	10
2.4	Zuordnung von Aufgaben zu Kompetenzbereichen	21
2.5	Lernaufgaben	23
3	Schul- und fachinterne Curricula.....	36
3.1	Die Rolle schulinterner Curricula	36
3.2	Welche Fragen sollten fachinterne Curricula beantworten?	37
3.3	Weitere Aspekte eines fachinternen Curriculums.....	37
3.4	Was muss bei der Erstellung fachinterner Pläne beachtet werden?.....	37
3.3	Wie gelangt man zum fachinternen Plan?	38
3.4	Vorschlag für die Struktur eines schulinternen Plans für ein Semester	38
4	Anhang	39
4.1	Operatoren	39
4.2	Wahlthemen.....	41
4.3	Literaturhinweise	44

1 Vorwort

Der 2006 neu in Kraft gesetzte Rahmenlehrplan Physik für die gymnasiale Oberstufe folgt konsequent dem Kompetenzansatz. Die fachlichen Inhalte sind weitgehend aus vorangegangenen Plänen bekannt. Wesentliche Grundlagen der Themenwahl waren die „Einheitlichen Prüfungsanforderungen Physik“ der KMK (EPA [1]), die Pläne anderer Bundesländer, Erfahrungen mit den bisherigen Plänen und die Fachsystematik.

Das vorliegende Material zum Rahmenlehrplan Physik der Sekundarstufe II bietet exemplarisch Aufgaben für den Unterricht an, die notwendiges Fachwissen und Fachmethoden mit den Kompetenzbereichen Kommunikation und Reflexion verbinden. Alle Aufgabenbeispiele sind als Ideen und Anregungen zu verstehen. Damit ist das Ziel verbunden, in den Fachkonferenzen die Entwicklung eigener Aufgabenvarianten, neuer Lernaufgaben sowie die fachliche Diskussion anzustoßen.

Die Formulierung der anzustrebenden Kompetenzen in den abschlussorientierten Standards des Rahmenlehrplanes ist bewusst von den physikalischen Inhalten losgelöst worden. Die Schulen und Lehrkräfte haben hierdurch die Freiheit und die Verantwortung, ihren Bedingungen entsprechend zu entscheiden, welche Kompetenzen anhand welcher physikalischer Zusammenhänge und Kontexte entwickelt werden.

In den Bereichen Fachwissen und Fachmethoden gibt es an vielen Schulen bereits gute Erfahrungen, die sicher innerhalb der Fachkonferenzen und schulübergreifend in regionalen Fachkonferenzen noch stärker als bisher ausgetauscht werden können. Eher ungewohnt sind die Bereiche der Kommunikation und Reflexion.

Auf Aufgaben mit den ausschließlichen Schwerpunkten Fachwissen und -methoden wurde verzichtet. Derartiges Aufgabenmaterial ist weit verbreitet und leicht zugänglich. Beispiele für Klausuren und Prüfungen wurden ebenfalls ausgespart. Beispiele dafür sind in den „Einheitlichen Prüfungsanforderungen Physik“ enthalten.

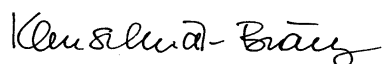
Die für die Pflichtgebiete vorgesehenen Themen sind überwiegend eher herkömmlich. Um den Schülerinnen und Schülern auch Einblicke in aktuelle Fragestellungen der Physik zu geben, ist die Berücksichtigung von Wahlthemen im Unterricht unumgänglich, hierzu sind im Anhang Vorschläge enthalten.

Die Entwicklung des Materials wurde von der gemeinsamen Rahmenlehrplankommission Physik der Länder Brandenburg, Berlin und Mecklenburg-Vorpommern bereits während der Erarbeitung des Rahmenlehrplanes begonnen. Nach der Fertigstellung des Plans wurde der bis dahin vorliegende Entwurf der Anregungen noch einmal überarbeitet. Insbesondere wurden die Aufgabenstellungen im Unterricht erprobt und zum Teil umformuliert.

Das Autorenteam dankt den Kolleginnen und Kollegen, die mit ihren Hinweisen und Kritiken zur Verbesserung der Aufgabenbeispiele beigetragen haben.

Anfragen, Meinungen, Kritik und ergänzende Beispiele sind ausdrücklich erwünscht.

Viel Erfolg bei der Umsetzung der Anregungen.



Mascha Kleinschmidt-Bräutigam

Leiterin der Abteilung Unterrichtsentwicklung

2 Beispiele kompetenzorientierter Unterrichtsplanung

2.1 Das Verhältnis von Kompetenzen, Abschlussstandards, Inhalten und Kontexten

Vereinfacht formuliert beschreiben Kompetenzen die Fähigkeiten und Fertigkeiten von Individuen, in bestimmten Situationen angemessen und erfolgreich handeln zu können.

Grundsätzlich bedeutet das im Fach Physik, dass die Lernenden in der Lage sein sollen

- mit naturwissenschaftlichem Wissen souverän umzugehen (Fachwissen),
- mit Methoden der Naturwissenschaften Erkenntnisse zu gewinnen (Erkenntnisgewinnung),
- aktiv und souverän zu kommunizieren (Kommunikation),
- naturwissenschaftliche Sachverhalte zu bewerten (Reflexion).

Die Strukturierung der Kompetenzen in die vier Kompetenzbereiche ist dabei willkürlich gewählt und dient der Schaffung einer analytischen Klarheit beim Umgang mit Kompetenzen. Durch diese Struktur ist es insbesondere einfacher, die Breite der Kompetenzentwicklung zu veranschaulichen und Schlussfolgerungen daraus für das Handeln der Lehrkräfte zu ziehen.

Der Kompetenzerwerb erfolgt in der Auseinandersetzung mit physikalischen Inhalten. Eine Reihenfolge der fachlichen Inhalte innerhalb einer Unterrichtssequenz ergibt sich **nicht** aus den Kompetenzbereichen. Dies würde auseinanderreißen, was unterrichtlich zusammengehört.

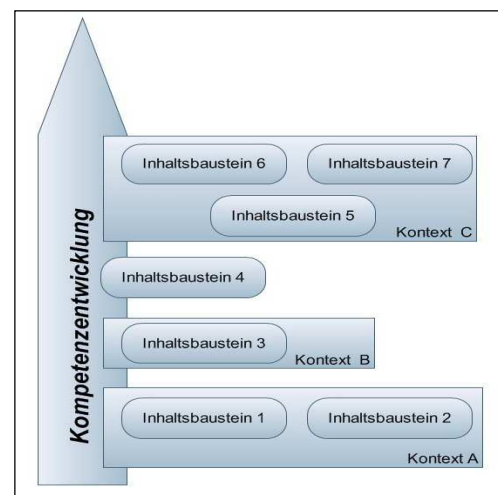
Eine geeignete Reihenfolge der fachlichen Inhalte ergibt sich vor allem

- aus der Sachstruktur der Physik und
- aus ihrer Stellung innerhalb eines Kontextes.

Mit Kontext wird hier die Zugangsweise bezeichnet, mit deren Hilfe die zu entwickelnden Kompetenzen angeeignet werden können. Die Kontexte sind entscheidende Elemente der Unterrichtsplanung und gelten als geeignet, wenn sie einerseits in möglichst hohem Maße die Alltagserfahrungen der Schülerinnen und Schüler aufgreifen und andererseits Möglichkeiten bieten, geeignete Fragestellungen zu entwickeln, anhand derer die Inhalte für die Schülerinnen und Schüler bedeutsam werden können.

Kontexte sollten Leitgedanken physikalischer und aspektbezogener Arbeit aufgreifen, wie zum Beispiel:

- Erhaltungssätze der Physik,
- Energieumwandlung – Energieentwertung,
- Physik und Philosophie,
- Physik und Technik,
- Handlungsorientierung durch Projektarbeit,
- Bezüge zum aktuellen Geschehen.



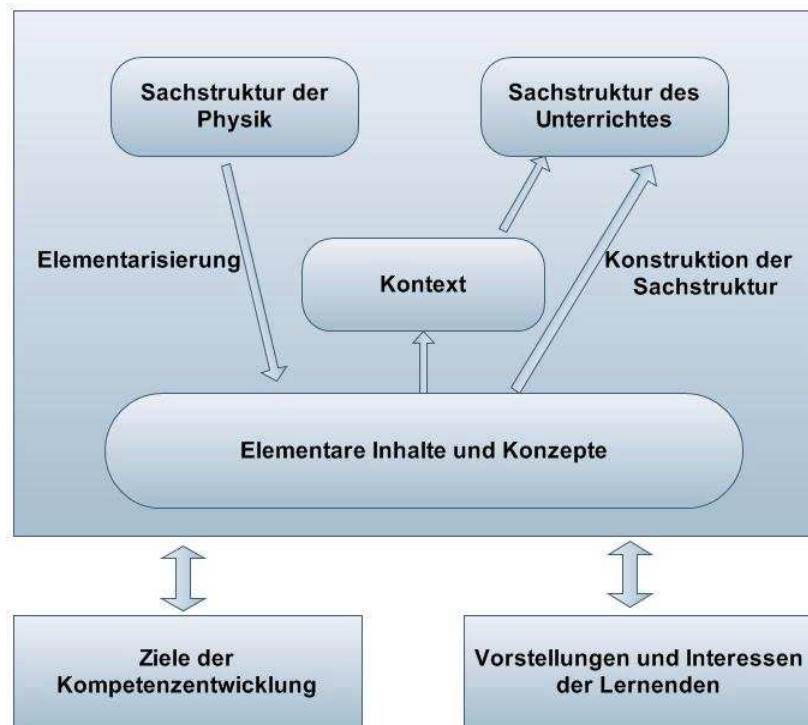
Die Abbildung verdeutlicht die Kompetenzentwicklung bezogen auf Kontexte und Inhalte.

Der Erwerb von Kompetenzen ist für jede Schülerin und jeden Schüler ein individueller Prozess. Hierbei ist es notwendig, dass am Ende der Qualifikationsphase ein bestimmter Stand in der Kompetenzentwicklung bei den Lernenden erreicht ist. Dieser Stand der Kompetenzentwicklung wird durch die Abschlusstandards beschrieben.

Eine sorgfältige Unterrichtsplanung ist die Grundlage für die Kompetenzentwicklung. Unterrichtsplanung ist häufig stark durch Überlegungen zum Inhalt bestimmt.

Kompetenzorientierter Unterricht erfordert eine stärkere Berücksichtigung der Faktoren, die das Lernen der Schülerinnen und Schüler maßgeblich beeinflussen.

Die folgende Darstellung kennzeichnet Verbindungen zwischen der Sachstruktur der Physik und der des Unterrichts unter Bezugnahme auf Kontexte.



2.2 Von den Eingangsvoraussetzungen zu den Abschlusstandards - Kompetenzentwicklung an Beispielen

Beispiel 1: Planung und Bau eines Kraftwerkes (Kommunikation)

In den Eingangsvoraussetzungen werden auf der Basis des mittleren Schulabschlusses Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler beschrieben, mit denen sie in die Qualifikationsphase eintreten.

Sie sollen in der Lage sein, physikalisches Wissen und physikalische Erkenntnisse in verschiedenen Formen darzustellen. Das bedeutet z. B. Versuche in angemessener Form strukturiert darzustellen (Protokolltechnik) oder Ergebnisse in einem kurzen Vortrag mit medialer Unterstützung (The senpapier, Gliederung, Wandzeitung, Computer ...) zu präsentieren. Dabei sollen sie die physikalische Fachsprache auf einem angemessenen Niveau verwenden. Die in der Sekundarstufe I erlernten Begriffe, Gesetzmäßigkeiten, Formeln, Regeln und Prinzipien müssen im richtigen Kontext genutzt werden. Sie sollen in der Lage sein, Informationen sach- und fachbezogen zu erschließen und auszutauschen.

Als Beispiel könnte hierfür die Vorbereitung einer Diskussion zum Thema „Planung und Bau eines Kraftwerkes“ stehen, für das die Schülerinnen und Schüler aus verschiedenen Positionen heraus (z. B.: Anwohner, Umweltorganisationen, Wirtschaft, Regierung, Kraftwerksbetreiber) Argumente

zusammentragen, um sie dann in einer Diskussion vorzustellen, zu bewerten und Folgerungen zu ziehen.

Diese hier gezeigten Kompetenzen werden in der Qualifikationsphase in dem Sinne ausgebaut, dass die Schülerinnen und Schüler nun mit einem vertieften Fachwissen zu diesem Thema diskutieren. Sie werden Experimente, Lern- und Arbeitsergebnisse präsentieren. Im Grad der Ausschärfung der Argumente und ihrer fachlichen Begründung zeigt sich die Kompetenzentwicklung der Lernenden. Hier wird auch der sichere Umgang mit verschiedenen Darstellungsformen zum Tragen kommen. Die kritische Reflexion des eigenen Arbeitens und der Auseinandersetzung mit den Ergebnissen anderer zeigt die Entwicklung der Kommunikationsfähigkeit verbunden mit Teamfähigkeit.

Die Kompetenzentwicklung am Beispiel der Kommunikation lässt sich an allen Themen der Sekundarstufe I und der Qualifikationsphase verdeutlichen. Inhalte, die auch in der öffentlichen Diskussion eine hervorragende Rolle einnehmen, sind hierfür besonders geeignet, wie z. B.

- die Energieversorgung,
- die Verkehrstechnik aus physikalischer Sicht,
- umweltpolitische Themen,
- die Modellvorstellungen zum Licht,
- der Aufbau und die Struktur der Materie,
- die Elektrizitätslehre mit Anwendungen und
- die Astronomie.

Beispiel 2: Gleichstrommotor und der Wechselstromgenerator (Fachwissen)

Dieses Beispiel soll die Kompetenzentwicklung und den Zuwachs an Kompetenzen im Vergleich von Eingangsvoraussetzungen und Abschlussniveau verdeutlichen.

Der Rahmenplan weist folgende Standards aus:

Eingangsvoraussetzungen	Abschlussorientierte Standards
Die Schülerinnen und Schüler	
<ul style="list-style-type: none"> • wenden ihr Wissen in verschiedenen Kontexten aus Natur und Technik an. 	<ul style="list-style-type: none"> • wenden ihr sicheres Wissen über physikalische Grundprinzipien (z. B. Erhaltungssätze, Kausalität, Systemgedanken) an.

Das magnetische Feld und die elektromagnetische Induktion sind Gegenstand des Unterrichts in der Sekundarstufe I und II. Vielfältige technische Anwendungen basieren auf Induktionsvorgänge bzw. auf Kräfte, die auf bewegte Ladungen im magnetischen Feld wirken. Einige Anwendungsbeispiele werden häufig gleichermaßen in beiden Schulstufen herangezogen. Dazu zählen der Gleichstrommotor und der Wechselstromgenerator. In der gymnasialen Oberstufe erweitern die Schüler ihre Kenntnisse über Modelle für das magnetische Feld, insbesondere durch die Einführung von Feldgrößen. Die Definition der Feldgrößen, die Darstellung von Zusammenhängen und die Anwendung des Wissens aus der Mechanik ermöglichen eine quantitative Beschreibung von Kräften und Induktionsvorgängen.

Die Erklärung der Wirkungsweise durch Anwendung physikalischer Gesetze und Modelle, unter Berücksichtigung charakteristischer Größen für das Prüfen und Bewerten technischer Sachverhalte, der Kausalität, dem Denken in Systemen, der mathematischen Beschreibung sowie der Möglichkeiten eines erweiterten Technikverständnisses sollen hier gegenübergestellt werden.

	Wechselstromgenerator	
	Sekundarstufe I	Sekundarstufe II
Beitrag zur Technik	<ul style="list-style-type: none"> • geben einen Überblick hinsichtlich des Einsatzes von Generatoren an 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben exemplarisch Generatoren in verschiedenen Einsatzbereichen (Erweiterungsmöglichkeit zur Drehstromtechnik)
Mathematische Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> • keine 	<ul style="list-style-type: none"> • vorhanden • Niveaustufenabhängig
Systemdenken	<ul style="list-style-type: none"> • ansatzweise vorhanden 	<ul style="list-style-type: none"> • deuten die Wechselwirkungen zwischen mechanischen und elektrischen System • begründen die Rückwirkung des elektrischen Systems auf das mechanische im Belastungsfall
Kausalität / Funktionsprinzip	<ul style="list-style-type: none"> • untersuchen und beschreiben qualitativ die Induktionsspannung an einer rotierenden Leiterschleife im Magnetfeld • erklären die veränderliche Induktionsspannung durch eine unterschiedliche, zeitliche Änderung der Feldliniendichte 	<ul style="list-style-type: none"> • erklären die Entstehung einer sinusförmigen Induktionsspannung durch die zeitliche Änderung der wirksamen Fläche einer rotierenden Leiterschleife im homogenen magnetischen Feld • begründen bewegungshemmende Kräfte für den Belastungsfall mit Hilfe der Lenzschen Regel
Bezug zu Größen, Gesetzen und Modellen	<ul style="list-style-type: none"> • wenden den Energieerhaltungssatz qualitativ an • wenden das Induktionsgesetz, auch unter Nutzung des Feldlinienmodells qualitativ an 	<ul style="list-style-type: none"> • wenden den Energieerhaltungssatz qualitativ und quantitativ an • wenden das Induktionsgesetz unter Nutzung des Feldlinienmodells qualitativ und quantitativ an • berechnen Induktionsspannungen

Gleichstrommotor

	Sekundarstufe I	Sekundarstufe II
Bezug zu Größen, Gesetzen und Modellen	<ul style="list-style-type: none"> wenden den Energieerhaltungssatz qualitativ an 	<ul style="list-style-type: none"> wenden den Energieerhaltungssatz qualitativ und quantitativ an beschreiben und begründen die Funktionsweise mit dem Feldlinienmodell berechnen Lorentzkräfte bzw. Drehmomente
Kausalität / Funktionsprinzip	<ul style="list-style-type: none"> beschreiben die Wechselwirkung zwischen Dauer- und Elektromagnet untersuchen den Zusammenhang zwischen Stromrichtungsänderung und Magnetpolwechsel 	<ul style="list-style-type: none"> erklären das wirkende Drehmoment bzgl. Rotors durch Kräfte auf stromführende Leiter im Magnetfeld begründen die fortlaufende Rotation des Rotors durch Trägheitsbewegung und Stromrichtungsänderung bei $M = 0$
Systemdenken	<ul style="list-style-type: none"> ansatzweise vorhanden 	<ul style="list-style-type: none"> entwickeln das elektromotorische Prinzip deuten die Wechselwirkungen zwischen elektrischem und mechanischem System
Mathematische Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> keine 	<ul style="list-style-type: none"> vorhanden Niveaustufenabhängig
Beitrag zur Technik	<ul style="list-style-type: none"> beschreiben allgemeiner Technikbeispiele 	<ul style="list-style-type: none"> beschreiben konkrete Technikbeispiele (Einsatz verschiedener Rotoren, Erweiterungsmöglichkeit auf andere Motortypen)

2.3 Kompetenz als Leitidee: Aufgabenbeispiele zur Kommunikation und Reflexion

Wie im vorangegangenen Kapitel bereits ausgeführt, ist es nicht sinnvoll und in den meisten Fällen auch gar nicht möglich, bei der Unterrichtsgestaltung die Kompetenzbereiche isoliert voneinander zu betrachten. Dennoch können auch die Kompetenzbereiche selbst Ausgangspunkt für die Unterrichtsplanung sein. Ein Beispiel hierfür wird von J. Leisen in Unterricht Physik [4] für die Kommunikation gegeben. Hier wird ausgehend von den Standards ein Weg aufgezeigt, wie mit geeigneten Methodenwerkzeugen verschiedene Kompetenzen entwickelt werden können.

Die Entwicklung der Kommunikations- und Reflexionskompetenzen erfordert eine offene Lernatmosphäre. Die Schülerinnen und Schüler müssen ermutigt werden möglicherweise fehlerhafte Beiträge in das Unterrichtsgeschehen einzubringen, dabei sollten auch Formulierungen zugelassen werden, die fachsprachlich nicht völlig exakt sind. Nur so kann sich im Physikunterricht eine Diskussionskultur entwickeln. Es muss für die Lernenden klar erkennbar sein, dass im Erarbeitungsprozess fehlerhafte Unterrichtsbeiträge möglich, ja erwünscht sind. Verständnisfehler sind Lern- und Denkgelegenheiten für alle Beteiligten. Historische Kontexte, die auch Irrtümer bedeutender Naturwissenschaftler berücksichtigen, können diesen Ansatz unterstützen.

Die Entwicklung der Kommunikations- und Reflexionskompetenzen kann u. a. mit den folgenden Methodenwerkzeugen und Aufgabentypen erreicht werden:

- a) Begriffsnetz,
- b) Vergleich,
- c) aus Fehlern lernen,
- d) Präsentation,
- e) Expertenkongress.

Weitere Methodenwerkzeuge und Varianten: Filmleiste, Bildergeschichte, Satzbaukasten, Wortfeld, Sprechblasen, Strukturdiagramm, Satzmuster, Fragemuster, Kärtchentisch, Concept-Map, Dialog, Aushandeln, Schaufensterbummel, Archive, Kugellager, Drehbuch schreiben, Expertenkarussell (s. a. [5], [6]).

a **Begriffsnetz**

Die Lernenden entwickeln mit vorgegebenen Bausteinen (Begriffe, Namen, Formeln, Grafiken, Bildern ...) ein Netz, in dem diese Elemente unter bestimmten Kriterien - entsprechend der Aufgabenstellung - angeordnet werden. Verbindungen werden eingezeichnet und erläutert.

Die Erarbeitung eines Begriffsnetzes ist sehr gut für eine Gruppenarbeit mit anschließender Präsentation geeignet. Begriffsnetze können

- zur Systematisierung,
- zur Wiederholung und
- zur Überprüfung der Eingangsvoraussetzungen

eingesetzt werden.

Das vorgestellte Beispiel dient der Systematisierung.

Weitere Vorlagen für Begriffsnetze können leicht selbst erstellt werden, so z. B. zu den Themen

- elektrisches Feld,
- Quanten und
- Radioaktivität.

Begriffsnetz „Entwicklung der Atommodelle“

Aufgabe

Erstellen Sie ein Begriffsnetz zum Thema *Entwicklung der Atommodelle* mit den nachfolgend aufgeführten physikalischen Begriffen, Größen, mathematischen Zusammenhängen und Namen! Stellen Sie zur Entwicklung der Atommodelle die Zeitleiste auf!

Hinweis

Ein Begriffsnetz, auch Concept-Map genannt, kann man sich als eine Gedächtnislandkarte vorstellen. Es stellt Begriffe und Beziehungen in zumeist nicht linearer Verzweigung dar. Es dient, wie die Mind-Map, der kognitiven Zusammenfassung und Strukturierung von Wissen. Es geht aber über eine Mind-Map hinaus, indem das begriffliche Beziehungsgeflecht dargestellt wird.

Arbeitsanleitung

1. Analysieren Sie die Begriffe, Größen, mathematischen Zusammenhänge und Namen!
2. Erstellen Sie eine Übersicht, aus der hervorgeht, wie diese zusammenhängen! Ordnen Sie sie auf einem Blatt an und erläutern Sie die von Ihnen gewählte Anordnung!
3. Zeichnen Sie zwischen zusammenhängenden Objekten Verbindungslinien oder Pfeile und erläutern Sie die Bedeutung dieser Linien (ggf. stichwortartig an den Linien)!
4. Entwickeln Sie einfache Skizzen zur Darstellung der Sachverhalte und fügen Sie diese in Ihr Begriffsnetz ein!

Physikalische Begriffe, Größen, mathematische Zusammenhänge und Namen:

Absorption	BOHR	Bahndrehimpuls
RUTHERFORD	Wasserstoff	Emission
$f = C \cdot \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2} \right)$	$h \cdot f = \Delta E$	$r_n = \frac{h^2 \epsilon_0^2}{\pi m_e e^2} n^2$
Termschema Energieniveauschema	Strahlungsenergie	Streuversuch
LEUKIPP - DEMOKRIT	Kreisbahn	DALTON
$R = \frac{m_e e^4}{8 \epsilon_0^2 h^3}$	$E_{kin_n} = \frac{m_e e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2 n^2}$	$f = Z^2 R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$
THOMSON	BALMER-Serie	Photon
Ionisierung	Spektrallinien	$E_n = -\frac{1}{8} \frac{m_e e^4}{\epsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2}$
$E_{pot_n} = -\frac{m_e e^4}{4 \epsilon_0^2 h^2 n^2}$	RYDBERG-Konstante	Wasserstoffähnliche Atome
$L = rmv$	Postulate	$L = n \frac{h}{2\pi}$
COULOMB-Kraft		

b Vergleich

Vergleiche und Analogien waren auch schon in der Vergangenheit wichtige Elemente des Physikunterrichtes. Fachwissen kann über Vergleiche angewendet, systematisiert und vertieft werden.

Der bewusstere Umgang, das Erarbeiten und die Präsentation von Vergleichen fördern insbesondere die folgenden, im neuen Rahmenlehrplan Physik Sek II und den EPA ausgewiesenen Kompetenzen:

- Reaktivieren und Strukturieren physikalischer Informationen (Fachwissen),
- Beschreiben von Zusammenhängen innerhalb des Begriffsgebäudes der Physik,
- den Prozess der Erkenntnisgewinnung durch Analogiebetrachtungen (Fachmethoden),
- die Entwicklung der Präsentationsfähigkeit sowie die physikalische Diskussion (Kommunikation),
- Einordnen physikalischer Phänomene aus Natur und Technik (Reflexion).

Beispiele aus den Bereichen „Quanten“ und „Struktur der Materie“

- Vergleichen Sie den Photo-Effekt mit der Erzeugung der Röntgenbremsstrahlung.
- Vergleichen Sie den Compton-Effekt und den Photo-Effekt.
- Vergleichen Sie Photonen und Elektronen.
- Vergleichen Sie radioaktive Strahlung mit Licht.

Methodische Hinweise

Die zu untersuchenden Phänomene, Begriffe o. ä. sind den Schülerinnen und Schülern bekannt, der Vergleich selbst darf kein Unterrichtsgegenstand gewesen sein.

Um eine Offenheit der Aufgabe abzusichern, sollten keine konkreten Vergleichskriterien angegeben oder vordiskutiert werden.

Das Erarbeiten des Vergleichs in der Gruppe kann zweistufig erfolgen:

- Diskussion in der Gruppe und Entwurf des Vergleichs,
- Anfertigen einer Folie (u. U. in veränderten Gruppen).

Es ist sinnvoll, stets Arbeitsergebnisse mehrerer Gruppen präsentieren zu lassen. Vergleiche können auch Klausurgegenstand sein, z. B. Compton- und Photo-Effekt.

Das Vergleichen wird interessanter, wenn folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Der Vergleich steht im Zentrum des Unterrichtes und nicht am Rand.
- Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten selbstständig die Vergleichskriterien.
- Die Schülerinnen und Schüler erhalten ausreichend Zeit zum selbstständigen Vergleichen, Präsentieren und Diskutieren.
- Der geforderte Vergleich ermöglicht einen Erkenntnisgewinn, ist also auch eine Lernaufgabe.
- Fehler in den Präsentationen werden als willkommene Lerngelegenheiten und Diskussionsanlässe behandelt.

Vergleich Photoeffekt und Röntgenbremsstrahlung

Die folgenden Beispiele sind unveränderte Abschriften aus Folien, die von Schülerinnen und Schülern in einem Kurs angefertigt wurden. Sie sollen die Möglichkeit der Bearbeitung auf unterschiedlichen Niveaustufen veranschaulichen. Die Fehler ermöglichen eine interessante Diskussion im Anschluss an die Präsentation. Je nach Schwerpunktsetzung und Verständnis der physikalischen Inhalte können die Schülerinnen und Schüler Kompetenzen auf sehr unterschiedlichen Wegen weiterentwickeln.

Gruppe 1

Unterschiede	Photozelle Spannung liegt an der Lichtquelle an	Katodenstrahlröhre Spannung an Heizung Spannung an Anode und Katode
Gemeinsamkeiten	Elektronen bei der Katode herausgelöst und von der Anode abgebremst	

Gruppe 2

Bei einer konstanten Spannung

gibt es eine minimale Frequenz ($U \sim f$)

gibt es eine maximale Frequenz ($U \sim f_{\max}$)

Zur Erklärung müssen die Photonen als Quanten gesehen werden.

Gruppe 3

These Die Erzeugung der Röntgenstrahlung ist die physikalische Umkehrung des Photoeffektes.

Photoeffekt

Röntgenstrahlung

Energiebilanz

$$E_{\text{photon}} = E_{\text{kin}} + W_A$$

$$hf = Ue + W_A$$

$$E_{\text{kin}} = E_{\text{photon}} + E_{\text{therm}}$$

$$Ue = hf + E_{\text{therm}}$$

Elektronen werden durch die auftreffende elektromagnetische Strahlung herausgelöst.

Elektromagnetische Strahlung wird durch auftreffende Elektronen emittiert.

langwellige Grenze

kurzwellige Grenze

$$h \frac{c}{\lambda_{\max}} = W_A$$

$$h \frac{c}{\lambda_{\min}} = Ue$$

Vergleich von Feldlinienbildern

Vergleichen Sie die Gravitationsfelder zweier Planeten verschiedener Masse. Skizzieren Sie dazu auch geeignete Feldlinienbilder.

Kommentar

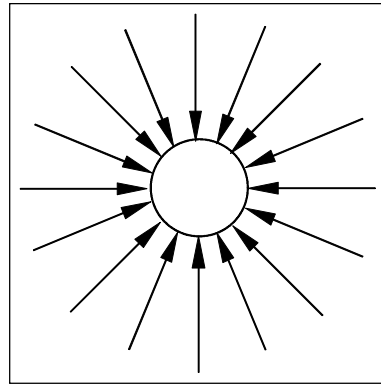
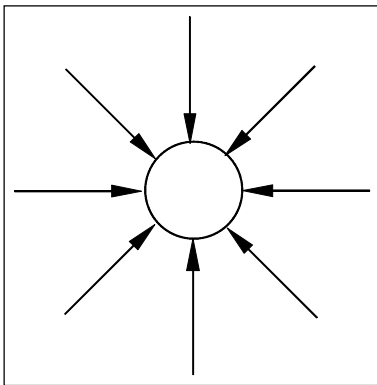
Das Feldlinienbild der Erde und der Begriff Gravitationsfeldstärke bzw. Ortsfaktor wurden zuvor im Unterricht geklärt, insbesondere die Dichte der Feldlinien als Maß für die Feldstärke / den Ortsfaktor. Aus dem Vergleich lässt sich anschließend eine weitere Eigenschaft des Feldlinienmodells gewinnen:

Die Anzahl der Feldlinien ist ein Maß für die Masse des feldverursachenden Körpers. Analoge Überlegungen sind für elektrische Felder von Kondensatoren möglich.

Lösungen

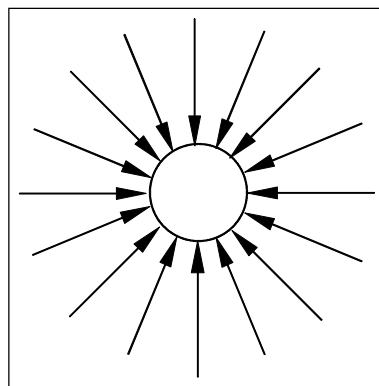
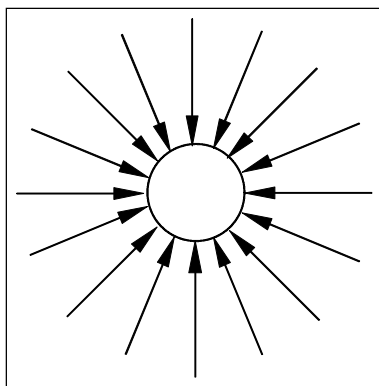
Auch dieser Vergleich ermöglicht Lösungen auf unterschiedlichen Kompetenzniveaus: Mit oder ohne Fallunterscheidung, mit oder ohne mathematisch - physikalischen Begründungen.

Planeten mit gleichem Radius



Feldstärke an der Oberfläche: Aus $g = \frac{\gamma M}{r^2}$ folgt $g \sim M$.

Planeten mit gleicher Dichte



Feldstärke an der Oberfläche: Aus $g = \frac{\gamma M}{r^2}$ und $M = \rho V = \frac{4}{3}\pi r^3$ folgt $g \sim r$.

c Aus Fehlern lernen

Die folgende Aufgabe ermöglicht in kooperativen Lernformen eine intensive Diskussion. Es lassen sich leicht eigene Beispiele zu anderen Themenfeldern und Aufgabentypen erstellen.

In der Tabelle sind Auszüge von Schülerantworten zu der folgenden Aufgabe enthalten:

- Vergleichen Sie das Gravitationsfeld im Physikraum mit dem Gravitationsfeld der Erde. Berücksichtigen Sie bei Ihrem Vergleich Feldlinienbilder, Feldstärken und das Verrichten von Arbeit im Gravitationsfeld.
- Einige Darlegungen sind besonders gut gelungen, einige meinen das Richtige, sind jedoch falsch, andere sind grob falsch.
- Kennzeichnen Sie besonders gute Formulierungen und Fehler in den folgenden Antworten. Erläutern Sie eventuelle Denkfehler.
- Formulieren Sie - wenn möglich - fehlerhafte Aussagen so um, dass richtige Aussagen entstehen.

Schülertext	richtig/falsch/ Denkfehler	Umformulierung
Wie auf den Feldlinienbildern erkennbar, ist die Feldstärke im Physikraum größer als die Feldstärke der Erde.	Ortsabhängigkeit fehlt.	Die Feldstärke im Physikraum ist gleich der an der Erdoberfläche!
Die Gravitationskraft der Erde ist innerhalb des Physikraumes überall gleich groß. Die Kraft ist festgelegt mit $g = 9,81 \text{ N/kg}$.	Typische Verwechslung Kraft und Feldstärke.	
Beide haben zwar ein Feldlinienbild, welches unendlich groß ist, doch die Feldstärken sind unterschiedlich. Da man die Feldstärke mit der Gleichung $g = \frac{\gamma M}{r^2}$ berechnet, sieht man auch schon, dass der Radius des berechneten Körpers so groß sein muss, damit eine große Feldstärke rauskommt. Das trifft auf die Erde zu. Doch viel wichtiger ist die Masse, die beim Physikraum viel zu gering ist.	Insgesamt in vielen Details grob falsch. Der Hauptfehler besteht im oberflächlichen Lesen der Aufgabe: Das „im Physikraum“ wurde als „des Physikraumes“ interpretiert.	
Der Physikraum ist in einem homogenen Gravitationsfeld, d. h. die Feldstärke ist an jedem Punkt dieses Raumes annähernd gleich, da der Höhenunterschied der einzelnen Punkte im Raum auf ca. 3 m beschränkt ist. Diese 3 m wirken sich mit einem vernachlässigbaren Unterschied nicht auf die Feldstärke aus. Die Erde ist in einem radialen Gravitationsfeld, d. h. die Feldstärke ist an zwei Punkten nicht gleich.	Sehr gut gelungen, muss geringfügig ergänzt werden.	Die Erde ist in einem radialen Gravitationsfeld, d. h., die Feldstärke ist an zwei Punkten mit unterschiedlichem Abstand vom Mittelpunkt nicht gleich.
Im Gegensatz dazu ist das Gravitationsfeld der Erde im Weltraum radial. Hierbei kann sich die Gravitationskraft abhängig vom Radius stark unterscheiden. Wenn man den Radius verdoppelt, so verringert sich der Ortsfaktor um das Vierfache. Dieser Umstand ist damit zu erklären, dass die Erde ein Gravitationsfeld besitzt, dessen Feldlinien von der Erdoberfläche in alle Richtungen des Weltalls zeigen. Die Dichte der Feldlinien gibt die Feldstärke an. Da diese sich im Bereich der Erdoberfläche fast nicht ändert, haben wir im Physikraum immer den gleichen Ortsfaktor ... Erst im Weltraum selbst, wenn die Feldliniendichte abnimmt, bemerkt man das oben beschriebene Abnehmen der Feldstärke.	Sehr gelungen, jedoch: Die Verringerung des Ortsfaktors um das Vierfache ergibt letztendlich -3 g.	... auf ein Viertel ...

d Expertenkongress

Der Expertenkongress stellt eine besondere Form der Gruppenarbeit dar. Die Lernenden erarbeiten in Gruppen Themen und werden dadurch zu „Themen - Experten“. Neue Gruppen bilden Expertenkongresse und lösen mit ihrem Expertenwissen neue Aufgaben. Abschließend erfolgt eine Präsentation und Diskussion der Ergebnisse im Plenum.

Für einen Expertenkongress müssen mindestens zwei Unterrichtsstunden veranschlagt werden, für den hier vorgeschlagenen vier.

Beispiel: Keplersche Gesetze

Die Keplerschen Gesetze sind im Rahmenlehrplan und in den einschlägigen Physikbüchern enthalten, häufig werden sie jedoch nur mitgeteilt ohne sie anschließend anzuwenden.

Der Einsatz dieser Aufgabe dient der weitgehend selbstständigen Erarbeitung der Keplerschen Gesetze und der Vertiefung des zuvor behandelten Gravitationsgesetzes.

Der vorausgegangene Unterrichtsgang könnte in einem historisch orientierten Kontext folgendermaßen aussehen:

- Das geozentrische Weltbild und die Unterscheidung zwischen himmlischer und irdischer Physik durch Aristoteles,
- die kopernikanische Wende,
- Newton vereint mit der Entdeckung der Gravitation die himmlische und die irdische zu einer Physik,
- Beispiele für die Anwendung des Gravitationsgesetzes und
- knappe Einführung des ersten Keplerschen Gesetzes und der Grundbegriffe zur Ellipse.

Die Behandlung der Keplerschen Gesetze kann auch mit der Untersuchung der Bewegung von Raumschiffen motiviert werden. Es sind natürlich auch andere Unterrichtsgänge als Voraussetzung für die folgende Aufgabe möglich.

Aufgaben für Expertengruppen

1. Keplersches Gesetz

- a) Informieren Sie sich darüber, wie Johannes Kepler die nach ihm benannten Gesetze entdeckt hat.
- b) Vergleichen Sie die Ellipsen der Planeten Erde und Mars.
- c) Beurteilen Sie, ob es möglich ist, die Bahnen der Erde und des Mars als Kreisbahnen anzusehen.

2. Keplersches Gesetz

- a) Erarbeiten Sie das zweite Keplersche Gesetz.
- b) Vergleichen Sie die Bahngeschwindigkeiten eines Planeten in verschiedenen Punkten einer stark elliptischen Bahn. Begründen Sie Ihre Aussagen mit dem zweiten Keplerschen Gesetz.
- c) Zeichnen Sie in Ihre Skizze die wirkenden Kräfte und die Geschwindigkeiten in vier verschiedenen Bahnpunkten ein. Begründen Sie die Änderung der Geschwindigkeiten mit dem Gravitationsgesetz.

3. Keplersches Gesetz

- a) Erarbeiten Sie dieses Gesetz aus einem Lehrbuch. Geben Sie den Inhalt des Gesetzes mit eigenen Worten wieder.
- b) Überprüfen Sie die Gültigkeit dieses Gesetzes für die inneren Planeten (s. Tabelle).
- c) Leiten Sie dieses Gesetz aus dem Gravitationsgesetz her.

Aufgaben für Expertenkongresse

- Untersuchen Sie die These: „Kepler konnte seine Gesetze nicht physikalisch begründen.“
- Erklären Sie das zweite und das dritte Keplersche Gesetz mit dem Gravitationsgesetz.
- Vergleichen Sie für das Jahr 2007 die Länge des Sommerhalbjahres mit der Länge des Winterhalbjahres. Begründen Sie das Ergebnis des Vergleiches.

Frühlingsanfang	21. März	1:07 Uhr MEZ
Sommeranfang	21. Juni	21:08 Uhr MEZ
Herbstanfang	23. September	12:51 Uhr MEZ
Winteranfang	22. Dezember	7:09 Uhr MEZ

- Berechnen Sie aus den Daten der Erde und der Umlaufzeit des Planeten Jupiter um die Sonne von 11,86 a die mittlere Entfernung Sonne - Jupiter.

Materialien

- Lehrbücher
- Tabelle mit Planetendaten, z. B.

Planet	mittlere Entfernung zur Sonne in 10^6 km	kleinste Entfernung zur Sonne in 10^6 km	größte Entfernung zur Sonne in 10^6 km	Umlaufzeit in Tagen
Mer- kur	57,91	46,00	69,82	87,97
Venus	107,9	107,6	108,2	224,7
Erde	149,6	147,09	152,10	365,26
Mars	227,1	206,6	249,2	686,98

optional: Computer mit Internetanschluss

e Präsentation als Vorbereitung auf die Präsentationsprüfung

Die Vorbereitung auf die Präsentationsprüfung sollte auch im Physikunterricht erfolgen. Die hier vorgeschlagenen Themen eignen sich sowohl für Präsentationen im Unterricht als auch als Anregungen für die Prüfung im Abitur.

Die Beispiele berücksichtigen die Möglichkeit der Gruppenpräsentation und knüpfen schwerpunktmäßig an Inhalte des 1. bis 3. Semesters an. Auch die Prüfungsthemen sollten, um rechtzeitig die physikalischen Grundlagen im Unterricht legen zu können, eine Verbindung zu diesen Semestern aufweisen. Hierbei ist auch zu beachten, welche Wahlthemen in den Kursen der Oberstufe behandelt wurden. Themen, die keinen Bezug zum Unterricht haben, können prinzipiell ebenfalls von den Schülerinnen und Schülern für die Prüfung gewählt werden, im Zuge der Beratung und Genehmigung muss jedoch geklärt werden, ob das Thema hinsichtlich der möglichen Tiefe den Abituranforderungen entspricht, ob es angemessen bearbeitet und ob es beurteilt werden kann.

Besonders geeignet für die Präsentationsprüfung erscheinen

- Modellierungsprozesse mit Modellbildungssystemen,
- experimentelle Untersuchungen und Dokumentationen,
- Simulationen von Vorgängen,
- die Darstellung von Ansätzen wissenschaftlicher Arbeit (z. B. die dokumentierte Mitarbeit im Hochschulbereich),
- die dokumentierte Teilnahme an einem Wettbewerb (z. B. Jugend forscht),
- die Aufarbeitung und Darstellung besonderer Leistungen von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern,
- experimentelle Demonstrationen und Dokumentationen naturwissenschaftlicher Sachverhalte.

Thema – fachübergreifende Aspekte	Mögliche Teilaspekte für eine Gruppenarbeit
<p>Der Blick in den Körper des Menschen Anwendung der Röntgenstrahlung in der medizinischen Diagnostik</p> <ul style="list-style-type: none"> • knüpft an das Thema Quantenobjekte an • fachübergreifend zur Biologie / Medizin 	<ul style="list-style-type: none"> • Erzeugung und Eigenschaften von Röntgenstrahlung • Geschichte der Entdeckung und Nutzung der Röntgenstrahlung • Moderne Röntgendiagnostik • Risiken und Strahlenschutz
<p>Zucker dreht das Licht Polarisation des Lichtes</p> <ul style="list-style-type: none"> • knüpft an das Thema „Eigenschaften elektromagnetischer Wellen“ an • fachübergreifend zur Chemie 	<ul style="list-style-type: none"> • Wie wird Licht polarisiert? • Experimentelle Untersuchungen an Traubenzuckerlösungen • Anwendungsmöglichkeiten von Polarimetern
<p>Macht Elektromog krank? Biologische Wirkungen elektromagnetischer Strahlungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • fachübergreifend zur Biologie und Medizin • knüpft an die Themen Felder und elektromagnetische Wellen an 	<ul style="list-style-type: none"> • Welchen elektromagnetischen Feldern ist der Mensch ausgesetzt? • Möglichkeiten der Messung der Strahlenbelastung • Wirkungen der Strahlung auf den Menschen

Thema – fachübergreifende Aspekte	Mögliche Teilaspekte für eine Gruppenarbeit
<p>Ist das Kochen mit Mikrowellen gesundheits-schädlich?</p> <ul style="list-style-type: none"> • fachübergreifend zur Biologie • knüpft an die Themen Felder und elektromagnetische Wellen an 	<ul style="list-style-type: none"> • Erzeugung von Mikrowellen • Wirkung der Strahlung auf Speisen und Geschirr • Mögliche Belastungen des Menschen und ihre Beurteilung
<p>Michael Faraday - Vom Buchbinder zum Entdecker der Induktion</p> <ul style="list-style-type: none"> • fachübergreifend zum Fach Geschichte • knüpft an die Themen Felder und Induktion an 	<ul style="list-style-type: none"> • Biographie im historischen Kontext • Nachbau eines historischen Experimentes zur Induktion • Nahwirkung oder Fernwirkung: Das Feldlinienmodell
<p>Bewegung durch Strom: Gleichstrommotoren</p> <ul style="list-style-type: none"> • fachübergreifend zur Technik • knüpft an die Themen Felder und Induktion an 	<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung • Bauformen • Experimentelle Untersuchungen an Motor- modellen
<p>Unterwegs ohne Räder - Magnetschwebbahnen</p> <ul style="list-style-type: none"> • fachübergreifend zum Fach Politische Wissenschaften und zur Mathematik • knüpft an die Themen Felder und Induktion an 	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatzbeispiele • Die Technik des Schwebens • Linearmotoren • Sicherheitsaspekte • Die politische Auseinandersetzung um den Transrapid in Deutschland • Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit

2.4 Zuordnung von Aufgaben zu Kompetenzbereichen

Im Unterrichtsaltag stellt sich häufig die Frage nach der Eignung von vorhandenen oder von der Lehrkraft zu entwickelnden Aufgaben hinsichtlich einer gezielten Entwicklung der Breite und Tiefe der Kompetenzen. Die Analyse kann mit Hilfe der folgenden Tabelle vorgenommen werden (AB: Anforderungsbereich).

Kompetenzbereiche				
AB	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Reflexion
I	Wissen wiedergeben	Fachmethoden beschreiben	mit vorgegebenen Darstellungsformen arbeiten	vorgegebene Bewertungen nachvollziehen
II	Wissen anwenden	Fachmethoden nutzen	Darstellungsformen nutzen	vorgegebene Bewertungen beurteilen und kommentieren
III	Wissen transferieren und nutzen	Fachmethoden problembezogen auswählen und anwenden	Darstellungsformen selbstständig auswählen und nutzen	eigene Bewertungen vornehmen

Der Kompetenzbereich Kommunikation wird in dieser Tabelle allerdings oftmals auf die Präsentationskompetenz verengt, der Rahmenlehrplan fordert jedoch z. B. auch, dass die Schülerinnen und Schüler

- sachlich *und diskursiv* zu physikalischen Sachverhalten und Fragestellungen diskutieren *und argumentieren* (*kursiv: Leistungskurs*),
- die Fachsprache angemessen und sachgerecht anwenden,
- bei Teamarbeit gegebenenfalls die Rolle des Gruppensprechers oder Moderators übernehmen.

Diese Kompetenzen werden insbesondere bei der Bearbeitung von Lernaufgaben gefördert, die in Gruppen bearbeitet werden, Beispiele hierzu im folgenden Kapitel.

Dennoch ist anhand der Verteilung von Teilaufgaben auf diese Matrix gut zu erkennen, welche Kompetenzen entwickelt werden und welchen Schwierigkeitsgrad die Aufgaben haben. Auch bereits vorhandene Aufgaben lassen sich so leicht überprüfen.

Bei der Formulierung der Beispielaufgaben wurden Operatoren genutzt. (s. Anhang)

Nachfolgend wurde der Versuch unternommen, Aufgaben konkret in die Matrix einzuordnen. Wie bereits oben erläutert, ist die Zuordnung niemals eindeutig möglich. Die Beispiele sollen die Einordnung in die Kompetenzbereiche verdeutlichen, aber auch zeigen, wie die Auswahl von Operatoren benutzt werden kann, Anforderungsbereiche zu spezifizieren.

Vorschlag einer möglichen Zuordnung zu dem Kompetenz- und Anforderungsbereichen

Wissen		
AB	I	Nennen Sie Beispiele für Vorgänge aus Natur, Technik und dem Alltag, bei denen Ladungstrennung auftritt.
	II	Begründen Sie, warum ein dünner Wasserstrahl abgelenkt wird, wenn man in seine Nähe einen geladenen Körper bringt.
	III	Erklären Sie den Einfluss des Dielektrikums auf die Kapazität eines Plattenkondensators.
Fachmethoden		
AB	I	In einem Demonstrationsexperiment soll mit Hilfe eines Wattebausches die Form des Feldes in der Umgebung der großen Kugel eines Bandgenerators demonstriert werden. Beschreiben Sie das Vorgehen.
	II	Um bestimmte Werte für die Kapazität zu erhalten, können Kondensatoren parallel oder in Reihe geschaltet werden. Stellen Sie Hypothesen auf, wie sich die Gesamtkapazität von zwei Kondensatoren bei Reihen- bzw. Parallelschaltung verändert. Überprüfen Sie die Hypothesen im Experiment.
	III	Erklären Sie den Einfluss des Plattenabstandes auf die Kapazität mit Hilfe des Feldlinienmodells.
Kommunikation		
AB	I	Beschreiben Sie anhand der Abbildung, wie ein Elektronenstrahl in einer Braunschen Röhre erzeugt wird.
	II	In einer Braunschen Röhre wird ein Elektronenstrahl nach oben abgelenkt. Beschreiben und erklären Sie den Strahlenverlauf mit Hilfe einer von Ihnen angefertigten schematischen Darstellung des Ablenssystems der Röhre.
	III	Diskutieren Sie den Einfluss des Magnetfeldes der Erde auf den Elektronenstrahl in der Braunschen Röhre.
Reflexion		
AB	I	Bestätigen Sie folgende Aussage. Schäden an Gebäuden durch Blitze werden durch Blitzableiter vermieden.
	II	Erläutern Sie folgende Aussage. Blitze bilden für den Menschen keine Gefahren, wenn man sich bei Gewitter richtig verhält.
	III	Beurteilen Sie mögliche Gefahren für Autoinsassen bei Gewitter. (Präsentiert wird ein Bild eines Pkw, der in einem Testlabor einem Blitzeinschlag ausgesetzt ist.)

2.5 Lernaufgaben

Unter einer Lernaufgabe soll hier ein Aufgabenset verstanden werden, mit dem die Lernenden sich selbstständig in Gruppen ein Teilgebiet des Themenfeldes erschließen und erarbeiten können. Übungsaufgaben und Aufgaben zur Leistungsermittlung treten hiermit stärker in den Hintergrund – im Zentrum stehen Impulse, Anregungen, Texte, Experimente, Aufgaben und Materialien, die zum Kompetenzzuwachs in diesem Themenfeld führen.

Vorteile einer derartigen Aufgabenstruktur sind:

- Die Lernaufgaben werden in der Fachgruppe abgestimmt.
- Ein Austausch über die Erfahrungen mit einer Lernaufgabe führt langfristig an einer Schule zu einem Repertoire an guten Lernaufgaben.
- Die Unterrichtsqualität hängt stärker von der Qualität der Aufgabe ab als von der der Lehrperson. Sie übernimmt weitgehend die Rolle eines Lernberaters.
- Die Eigentätigkeit der Lernenden wird bewusst gefördert.
- Die Eigenverantwortung und das Selbstvertrauen werden gefördert.
- Die Kommunikation über physikalische Inhalte zwischen den Lernenden wird verstärkt.
- Länger zurückliegende Lerninhalte können systematisch in den Unterricht integriert werden, so dass sie sich harmonisch in die Erarbeitung, Konsolidierung und Übung der neuen Inhalte einfügen. Das verlangt eine intensivere Vernetzung der Inhalte.
- Das Verantwortungsbewusstsein der Lernenden für den eigenen Lernprozess wird gestärkt.

Bei der Konstruktion und zur Analyse von Lernaufgaben kann die im Kapitel 2.4 beschriebene Kompetenzmatrix der Bildungsstandards verwendet werden.

Die einzelnen Komponenten einer Lernaufgabe werden den Feldern der Tabelle zugeordnet. Dadurch wird erkennbar, ob

- sie auf passendem Anspruchsniveau (Tiefe) gestellt wurde,
- inhalts- und prozessbezogene Kompetenzen (Breite) gefordert und gefördert werden,
- die Kompetenzbereiche Fachwissen, Fachmethoden, Kommunikation und Reflexion angemessen berücksichtigt werden und
- am Vorwissen angeknüpft wurde, so dass das strukturierte Wissen kumulativ ausgebaut wird (Inhalte).

Hinweise zu den Beispielen

Unterrichtszeit

Es können sicher nicht alle Teilaufgaben einer Lernaufgabe von allen Schülerinnen und Schülern bearbeitet werden. Die Lehrkraft muss für den eigenen Unterricht eine Auswahl treffen. Anstrengenswert ist eine Planung der von den Gruppen zu bearbeitenden Aufgaben gemeinsam mit den Lernenden.

Das notwendige Unterrichtsvolumen für das Lernen mit Lernaufgaben ist deutlich größer als der Zeitaufwand in eher herkömmlichen Unterrichtsformen. So müssen für die Lernaufgabe „Elektromagnetische Schwingungen“ in einem Grundkurs sicher drei Unterrichtswochen eingeplant werden, eine Reduktion der Aufgabe ermöglicht u. U. auch kürzere Zeiten. Die Entfaltung der oben genannten Vorteile erfordert jedoch Zeit und ein ruhiges Vorgehen. Dieser Freiraum kann durch eine Schwerpunktsetzung bei anderen Themen geschaffen werden.

Rolle der Lehrkraft

Die lange Unterrichtszeit rechtfertigt auch den Mehraufwand bei der Vorbereitung der Aufgaben und Arbeitsplätze. In diesen Unterrichtsphasen kann die Lehrkraft aus dem Zentrum des Unterrichts heraustreten, auf individuelle Stärken und Schwächen eingehen und lernberatend tätig werden.

Ergebnissicherung

Die Ergebnissicherung kann dann z. B.

- durch die Präsentation von Lernergebnissen,
- durch Portfolios der bearbeiteten Aufgaben und
- durch die Bearbeitung einer weiteren Aufgabe zur Analyse des Lern- und Leistungsstandes der einzelnen Schülerinnen und Schüler erfolgen.

Planungshilfe

Die Einführung in eine komplexe Lernaufgabe und die Planung der Bearbeitung erfordern bereits eine Unterrichtsstunde.

Die folgende Tabelle kann entsprechend angepasst als Hilfe für das Erfassen von Bearbeitungswünschen der Gruppen, die Planung der Bearbeitung, die Beobachtung und die Planung von Präsentationen dienen.

Gruppe	Aufgabe							Bemerkungen / Beobachtungen
	1	2	3	4	5	6	7	

a Lernaufgabe Elektromagnetische Induktion

Im Rahmen einer Unterrichtseinheit zur elektromagnetischen Induktion können folgende Aufgaben eine Rolle spielen. Es wird aufgezeigt, welche Kompetenzbereiche in welcher Tiefe hauptsächlich entwickelt werden.

Die Aufgaben 1 bis 3 sind mögliche motivierende Kontexte. Sie könnten zu Beginn zwar auf Grund der Vorleistungen aus der Sekundarstufe I auf einem einfachen Niveau gelöst werden, eine detaillierte Lösung wird jedoch erst am Ende der Unterrichtssequenz angestrebt, vgl. Aufgaben 11 bis 13.

Vorschlag einer Unterrichtssequenz (nur skizziert)	mögliche Aufgaben
(a) Einstieg, Aufbereitung	1, 2, 3
(b) Phänomen Induktionsspannung	4, 5, 6
(c) Herleitung der Gleichung $U_{\text{ind}} = v \cdot d \cdot B$	8, 9
(d) Induktionsgesetz	
(e) Anwendungen	10, 11, 12, 13
(f) Lernerfolgskontrolle	

1. Induktive Höranlage

Menschen mit einer Beeinträchtigung ihres Hörvermögens können mit Hilfe von induktiven Höranlagen akustische Signale, z. B. Sprache oder Musik, deutlich besser hören als ohne Hilfsmittel. Diese in Konzertsälen, Kongresszentren oder Kirchen verbreitete Technik wurde in den letzten Jahren ständig weiterentwickelt und verbessert. Wie funktioniert eine induktive Höranlage?

2. Wechselstromgeneratoren

Ein großer Teil, der von uns im Haushalt, im öffentlichen Verkehr und in der Industrie benötigten Energie wird in Form von elektrischer Energie bereitgestellt. Wie funktionieren Wechselstromgeneratoren?

3. Schütteltaschenlampe

Taschenlampe ohne Batterien – geht das überhaupt?

4. Spule und Magnet

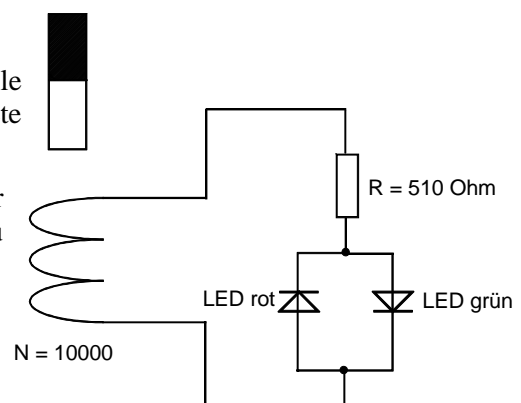
Lassen Sie einen Stabmagneten durch eine Luftspule fallen, an deren Enden zwei antiparallel geschaltete Leuchtdioden angeschlossen sind.

Fangen Sie den Magneten mit einem mit Zeitungspapier gefüllten Pappkarton auf, um ihn vor Zerstörung zu schützen. Der Vorwiderstand dient der Strombegrenzung, um eine Zerstörung der Leuchtdioden zu verhindern.

4.1. Beschreiben Sie Ihre Beobachtungen.

4.2. Erklären Sie das Gesehene.

4.3. Entwickeln Sie eine begründete Hypothese für ein $U_{\text{ind}}-t$ -Diagramm.



Hinweis: In einfachen Versuchen sollte zusätzlich das Verhalten von Leuchtdioden in Sperr- und Durchlassrichtung untersucht werden, z. B.: „Ersetzen Sie die Induktionsspule durch eine Gleichspannungsquelle von 6 V. Untersuchen Sie den Einfluss der Polarität der Spannung auf das Verhalten der Leuchtdioden.“

5. Spulen und Magnete

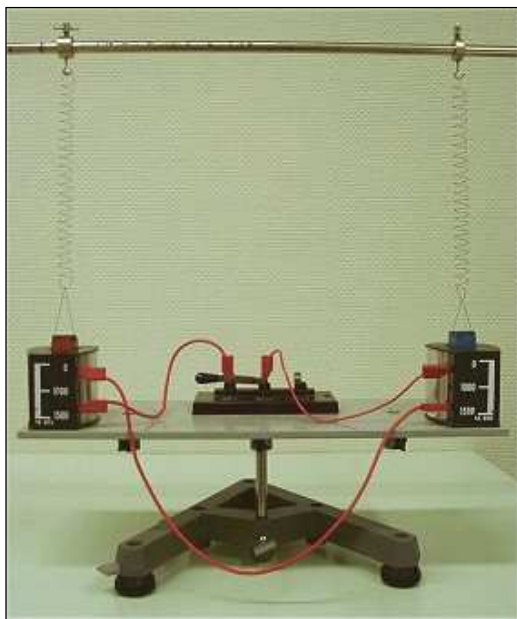
Es stehen eine Spule und ein Dauermagnet zur Verfügung. Untersuchen Sie experimentell möglichst viele Möglichkeiten, um in der Spule eine Induktionsspannung zu erzeugen.

Begründen Sie die von Ihnen gemachten Beobachtungen mit dem Induktionsgesetz.

6. Kleine Spule in großer Spule

Beschreiben Sie, wie man auf zwei unterschiedliche Arten in einer kleinen Spule, die sich im Inneren einer größeren Spule befindet, eine Induktionsspannung erzeugen kann. Erklären Sie, weshalb jeweils eine Induktionsspannung entsteht.

7. Der schwingende Magnet



Zwei Spulen (Spule 1 – links, Spule 2 - rechts) mit je 1500 Windungen werden so aufgestellt, das jeweils im Innern der Spulen Dauermagnete, die an Schraubenfedern hängen, entlang der Spulenachsen schwingen können. Die anderen Enden der Schraubenfedern sind an einer Stativstange befestigt. Vergleiche nebenstehendes Foto.

Bei zunächst geöffnetem Schalter wird der Dauermagnet in Spule 1 in leichte Schwingungen versetzt, ohne dass er dabei die Spule 1 berührt.

Kurz darauf, während das Federpendel in Spule 1 noch schwingt, wird der Schalter geschlossen.

7.1. Formulieren Sie eine Vermutung.

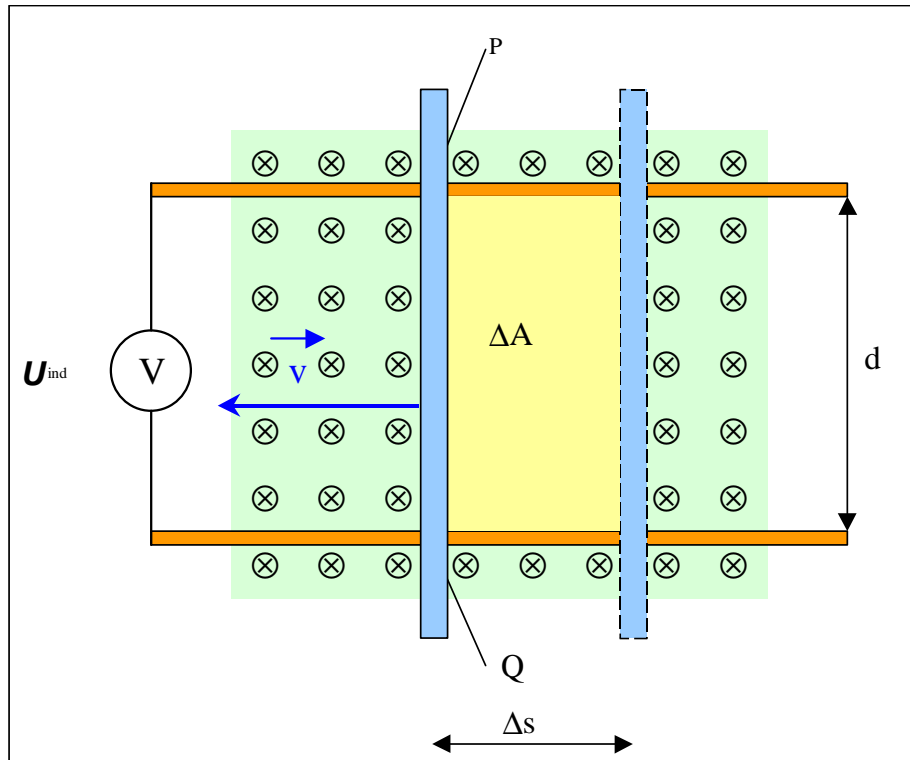
7.2. Erklären Sie diese Erscheinung.

8. Wie groß ist die Induktionsspannung?

Wird ein Metallstab, der sich senkrecht zu einem Magnetfeld der Stärke B auf zwei Metallschienen befindet, mit der konstanten Geschwindigkeit v um die Strecke Δs verschoben, so wird an seinen Enden zwischen den Punkten P und Q die Induktionsspannung $U_{\text{ind}} = v \cdot d \cdot B$ messbar sein, vgl. Abbildung.

8.1. Erklären Sie das Zustandekommen dieser Induktionsspannung.

8.2. Leiten Sie die o. g. Gleichung her.



9. Abhängigkeiten der Induktionsspannung

Zur Verfügung stehen drei Stativstäbe, eine Matte mit gleichartigen Magnetscheiben, zwei Verbindungsleiter und ein empfindliches Spannungsmessgerät.

Planen Sie mit der in der Abbildung gezeigten Anordnung geeignete Experimente, mit denen die Gleichung $U_{\text{ind}} = v \cdot d \cdot B$ qualitativ bestätigt werden kann. Formulieren Sie entsprechende Hypothesen.

9.1. Prüfen Sie die unter 1. genannten Hypothesen experimentell.

9.2. Welche Änderungen an den experimentellen Aufbauten schlagen Sie vor, wenn der Nachweis der o. g. Gleichung quantitativ erfolgen soll?



(Möglich und sinnvoll sind auch Stativstäbe o. ä. aus Aluminium. Die Ergebnisse können verbessert werden, wenn Kontaktspray verwendet wird und der bewegliche Stab mit sanftem Druck geschoben wird. Der Stab kann auch durch das Feld einer um 90° gedrehten Helmholtzspule bewegt werden. Die Magnete müssen aufgeklebt sein, dabei ist die parallele Ausrichtung der B-Felder zu beachten.)

10. Schaukelgenerator?

Als Olaf neulich seiner kleinen Schwester, die eine Masse von 28,5 kg besitzt, beim Schaukeln zusah, kam ihm eine Idee. Bringt man entlang der Seilstücke und der Sitzstange einen isolierten Kupferdraht an, deren beiden Enden unmittelbar vor der Seilaufhängung mit einer Glühlampe der Nennspannung 2,5 V verbunden werden, so entsteht eine rechteckige Leiterschleife. Schaukelt das Mädchen, so müsste die Glühlampe leuchten, wenn sich die Lage der Leiterschleife relativ zum Magnetfeld der Erde ändert. Die Vertikalkomponente des Erdmagnetfeldes betrage $B = 42 \mu\text{T}$. Entscheiden Sie durch eine geeignete Rechnung, ob die Lampe leuchten wird.

11. Kurzpräsentationen Wechselstromgenerator

- 11.1. Erklären Sie mit Hilfe des Induktionsgesetzes, wie eine sinusförmige Wechselspannung erzeugt werden kann.
- 11.2. Leiten Sie die Gleichung $U_{\text{ind}} = n \cdot B \cdot A \cdot \dot{\varphi} \cdot \sin \varphi \cdot t$ aus dem Induktionsgesetz her.
- 11.3. Beschreiben und erklären Sie den Aufbau eines in der Technik verwendeten Wechselstromgenerators.
- 11.4. Erläutern Sie an konkreten Beispielen, dass Wechselstromgeneratoren nicht nur in konventionellen Kraftwerken, sondern auch bei der Nutzung regenerativer Energiequellen eingesetzt werden.

12. Schütteltaschenlampe

- 12.1. Skizzieren Sie den Schaltplan einer Schütteltaschenlampe.
- 12.2. Erklären Sie die Wirkungsweise einer Schütteltaschenlampe.
- 12.3. Bestimmen Sie den Wirkungsgrad einer Schütteltaschenlampe möglichst genau.
- 12.4. Beschreiben Sie mögliche Verwendungsmöglichkeiten einer Schütteltaschenlampe.

Mögliche Lösung zu 12.3: Die zugeführte Energie wird mit $E = P \cdot t = F \cdot v \cdot t$ grob abgeschätzt, die Geschwindigkeit ergibt sich aus dem Schüttelweg und der Schüttelzeit. Die abgegebene Energie ergibt sich aus der Leistung der Lampe.

13. Induktive Höranlage

- 13.1. Informieren Sie sich im Internet über das Grundprinzip einer induktiven Höranlage. Entwerfen Sie einen Schaltplan für eine einfache derartige Anlage.
- 13.2. Bauen Sie ein einfaches Modell einer solchen Höranlage auf und demonstrieren Sie dessen Funktion.
- 13.3. Erklären Sie die Wirkungsweise einer solchen Höranlage anhand des Modells.
- 13.4. Auch Telefone, Radios und Fernsehgeräte können an induktive Höranlagen angeschlossen werden. Erläutern Sie mögliche Vorteile und Nachteile dieser Technologie.

zu 13.4: Mögliche Vorteile: Klarere Empfangsqualität über die Stellung T (induktives Hören) des Hörgerätes gegenüber der Stellung M (Mikrofon), der Fernseher muss nicht überlaut eingestellt werden, dadurch werden Konflikte mit Nachbarn vermieden u.a.m. Mögliche Nachteile: z. B. die Abkopplung von der Familie durch das Ausschalten des Mikrofons des Hörgerätes während des Fernsehens.

Informationen über induktive Höranlagen findet man leicht im Internet. Den Schülerinnen und Schülern kann notfalls auch ein entsprechender Ausdruck einer Internetseite gegeben werden. Die experimentelle Umsetzung muss sich nach den Möglichkeiten der Schule richten. Eine Variante besteht darin, den Versuch „Spule in Spule“ (Nr. 6) zu nutzen. Die Feldspule wird an einen Sinusgenerator angeschlossen, die Induktionsspule, ein NF - Verstärker und ein Lautsprecher symbolisieren das Hörgerät. Verwendbar sind einschlägige Sammlungsgeräte, aber auch der einen Lautsprecher enthaltende NF - Verstärker des in vielen Schulen vorhandenen Mikrowellensenders polnischer Herkunft.

Zuordnung der Kompetenzbereiche und Anforderungsbereiche

In welchen Anforderungsbereich eine Aufgabe eingeordnet werden kann, hängt vor allem davon ab, inwiefern und in welcher Tiefe Vorleistungen zur Lösung dieser Aufgabe bei den Lernenden vorhanden sind. Generell sind Fragestellungen zumeist so angelegt, dass sie auf die Entwicklung mehrerer Kompetenzen ausgerichtet sind. Eine isolierte Entwicklung einzelner Kompetenzen erscheint ohnehin unrealistisch und wenig sinnvoll. Die hier vorgeschlagene Zuordnung ist daher nicht als exakt anzusehen, sondern beschreibt nur eine Schwerpunktsetzung bei der Kompetenzentwicklung durch die jeweilige Aufgabe.

Alle Aufgaben entwickeln die Kommunikationskompetenz, indem sie die sachliche Diskussion fördern, die Anwendung der Fachsprache und die Organisation innerhalb der Gruppe erfordern.

Kompetenzbereiche				
AB	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Reflexion
	Wissen wiedergeben	Fachmethoden beschreiben	mit vorgegebenen Darstellungsformen arbeiten	vorgegebene Bewertungen nachvollziehen
I	4.1; 5; 6			
	Wissen anwenden	Fachmethoden nutzen	geeignete Darstellungsformen nutzen	vorgegebene Bewertungen beurteilen und kommentieren
II	6; 7.1; 7.2; 11.1; 11.2; 11.3; 12.1; 12.2	8.1; 9.1; 9.2	11.4; 13.2	12.4
	Wissen transferieren und nutzen	Fachmethoden problembezogen auswählen und anwenden	Darstellungsformen selbstständig auswählen und nutzen	eigene Bewertungen vornehmen
III	4.2; 4.3; 6; 7.1.; 7.2; 10; 13.1	8.2; 9.3; 12.3	11.1; 11.2; 11.3	10; 13.4

b **Lernaufgabe Elektromagnetische Schwingungen**

Für die Bearbeitung dieser Aufgabe werden Dreiergruppen gebildet. Sie erarbeiten selbstständig dieses Thema. Als Hilfsmittel stehen Ihnen Schulbücher, Experimente, die an Arbeitsplätzen vorbereitet sind, sowie Rechner mit Internetzugang zur Verfügung. Die Reihenfolge der Aufgaben leitet Sie durch das Thema – die Einhaltung ist aber nicht zwingend. Es muss nur mit Aufgabe 1 begonnen werden. Die Bearbeitung der Aufgabe 17 schließt Ihre Arbeit ab.

Fragen und Aufgaben

1. Beim elektrischen Schwingkreis sind eine Reihe von Begriffen von besonderer Bedeutung. Erstellen Sie mit Hilfe des Bogens 1 ein Begriffsnetz.
2. Wiederholen Sie Ihr Wissen zum Thema Schwingungen und geben Sie es schriftlich wieder! (Am Arbeitsplatz 1 finden Sie ein Sandpendel / Tintenpendel und Papier. An diesem Experiment können Sie wesentliche Begriffe verdeutlichen.)
3. Für elektrische Schwingungen sind Spule und Kondensator wichtige Bauteile. Bilden Sie **Hypothesen** zu folgenden Fragestellungen: Was passiert, wenn a) eine Spule und b) ein Kondensator in einen Wechselstromkreis mit veränderlicher Frequenz geschaltet wird? Wie verändert sich die Stromstärke bei größer werdender Frequenz und konstanter Spannung?
4. Führen Sie dieses Experiment mit den zur Verfügung gestellten Geräten (Arbeitsplatz 2) durch und überprüfen Sie Ihre Hypothese!
5. Beschreiben Sie den Aufbau, die Durchführung und die Beobachtung dieses Experiments! Stellen Sie die Ergebnisse grafisch dar!
6. Deuten Sie die Ergebnisse durch eine ergänzende Literaturlauswertung!
7. Am Arbeitsplatz 3 ist ein weiterer Versuch aufgebaut. (Schwingkreis)
 - a) Geben Sie eine übersichtliche Schaltskizze an!
 - b) Führen Sie den Versuch durch, indem Sie zunächst den Kondensator aufladen (Schalter Stellung 1) und anschließend den Schalter umlegen (Stellung 2)!
 - c) Beschreiben Sie Ihre Beobachtungen!
 - d) Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf von Stromstärke und Spannung!
 - e) Führen Sie den Versuch erneut durch und bestimmen Sie die Frequenz der elektromagnetischen Schwingung!
8. Bilden Sie zunächst in Einzelarbeit eine Hypothese zur Begründung folgenden Sachverhalts: Beim „Kurzschließen“ eines geladenen Kondensators über eine Spule wird der Kondensator wieder umgekehrt aufgeladen.

Diskutieren Sie anschließend Ihre Lösung in der Gruppe! Entwickeln Sie gegebenenfalls eine neue Hypothese.
9. Auch in Lehrbüchern wird dieser Sachverhalt begründet. Vergleichen Sie Ihre Hypothese mit Lehrbuchdarstellungen und formulieren Sie eine abschließende Erklärung in eigenen Worten!
10. Beschreiben Sie die Vorgänge im Schwingkreis mit den Begriffen elektrische Energie, magnetische Energie, elektrische Feldstärke und magnetische Flussdichte!

11. Am Arbeitsplatz 4 ist ein Federoszillator aufgebaut. Ergänzen Sie das vorliegende Arbeitsblatt durch eine Skizzenfolge, in der Sie analoge Situationen des Federoszillators und des Schwingkreises zu verschiedenen Zeitpunkten einander gegenüberstellen! Beschreiben Sie in einem kurzen Text die einzelnen Zustände!

12. Für die Schwingungsdauer einer elektromagnetischen Schwingung gilt die Thomson-Gleichung $T = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$. Eine theoretische Herleitung dieser Beziehung finden Sie in Ihrem Lehrbuch bzw. in der Sekundärliteratur. Am Arbeitsplatz 5 soll diese Beziehung experimentell überprüft werden.
 - a) Geben Sie die Schaltskizze des Versuchsaufbaus an!
 - b) Erläutern Sie, warum die Kippspannung des Oszilloskops zur Aufladung des Kondensators verwendet wird!
 - c) Führen Sie mit verschiedenen Kapazitäten und Induktivitäten den Versuch durch! Bestimmen Sie mit Hilfe des Oszilloskops die Schwingungsdauer!
 - d) Werten Sie den Versuch aus! Vergleichen Sie die experimentellen Ergebnisse mit den theoretisch berechneten! Diskutieren Sie mögliche Fehlerquellen! Entwickeln Sie ggf. Vorschläge zur Erhöhung der Messgenauigkeit!

13. Für den UKW-Empfang werden in Rundfunkgeräten Schwingkreise mit z. B. 100 MHz benötigt. Der verwendete Kondensator hat die Kapazität von 500 pF. Berechnen Sie die Größe der Induktivität!

14. Rückkopplungen dienen dazu, auftretende Energieverluste in schwingungsfähigen Systemen auszugleichen.
 - a) Entwickeln Sie eine mögliche Rückkopplung für einen mechanischen Oszillator (z. B. Aufgabe 11)!
 - b) Die vorliegende Schaltung mit Schaltplan (Arbeitsplatz 6) stellt eine Rückkopplung nach Meissner dar. Beschreiben Sie die Funktionsweise dieser Schaltung!
 - c) Ordnen Sie die Meissnerschaltung in ihren historischen Kontext ein!

15. Der vorliegende Schaltplan zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Rundfunkempfängers. Markieren Sie in dieser Schaltung den Empfangsschwingkreis! Am Kondensator erfolgt eine Abstimmung auf die Empfangsfrequenz. Beschreiben Sie das Prinzip dieser Abstimmung! Belegen Sie Ihre Antwort mit einer entsprechenden Gleichung! (Arbeitsplatz 7)

16. Stellen Sie die Entwicklung der Nachrichtenübertragung im historischen Kontext dar! Gehen Sie in diesem Zusammenhang auch auf gesellschaftliche Bedingtheiten der Physik ein!

17. Erstellen Sie erneut ein Begriffsnetz wie in Aufgabe 1!

Zuordnung der Kompetenzbereiche und Anforderungsbereiche

Alle Aufgaben entwickeln die Kommunikationskompetenz, indem sie die sachliche Diskussion fördern, die Anwendung der Fachsprache und die Organisation innerhalb der Gruppe erfordern.

Kompetenzbereiche				
AB	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Reflexion
	Wissen wiedergeben	Fachmethoden beschreiben	mit vorgegebenen Darstellungsformen arbeiten	vorgegebene Bewertungen nachvollziehen
I	2	4; 7 b	2; 5; 11	
	Wissen anwenden	Fachmethoden nutzen	Geeignete Darstellungsformen nutzen	vorgegebene Bewertungen beurteilen und kommentieren
II	3; 13; 15	3; 7, c, d, e; 9; 12 c,d	5; 7a; 8; 12a	14 c; 16
	Wissen transferieren und nutzen	Fachmethoden problembezogen auswählen und anwenden	Darstellungsformen selbstständig auswählen und nutzen	eigene Bewertungen vornehmen
III	10; 11; 12 b; 14 a, b	6; 11; 12 d	4	16

Hinweise zu den Materialien

1. Begriffsnetz: Auf einem Bogen werden die Begriffe magnetische Feldenergie, Spule, Dämpfung, Induktivität, Schwingungsdauer, Kondensator, Wechselstromwiderstand, Kapazität elektrische Feldenergie und Frequenz um den zentralen Begriff Schwingkreis angeordnet.
2. Arbeitsplatz: Pendel zur Aufzeichnung einer gedämpften Schwingung
3. Arbeitsplatz: z. B. Kondensator 4 μF , Spule mit 300/600 Windungen (Kern), Frequenz (30 – 100) Hz, Messung von Spannung und Stromstärke mit üblichen Messinstrumenten
4. Arbeitsplatz: 1 Hz-Schwingkreis z. B. der Fa. Leybold
5. Arbeitsplatz: Wagen zwischen zwei Federn spannen
6. Arbeitsplatz: Schwingkreis mit Kippspannung des Oszilloskops anregen, Darstellung der gedämpften Schwingung am Oszilloskop (Spule mit 600 Windungen und Kern, Kondensator (0,5 – 10) μF)
7. Arbeitsplatz: Rückkopplungsschaltung nach Meissner oder Dreipunktschaltung
8. Arbeitsplatz: HF-Spule mit 75 Windungen und Kondensator 500 pF (variabel) als Empfängerschwingkreis über Diode an Verstärker anschließen, langes Kabel oder Zentralheizung als Antenne

c Lernaufgabe Photo - Effekt

Für die Bearbeitung dieser Aufgabe werden Gruppen gebildet. Sie erarbeiten selbstständig dieses Thema. Als Hilfsmittel stehen Ihnen Schulbücher, Experimente, die an Arbeitsplätzen vorbereitet sind, sowie Rechner mit Internetzugang zur Verfügung. Die Reihenfolge wurde aus der Sachstruktur des Themas abgeleitet. Für den Unterricht muss eine Auswahl aus den hier vorgeschlagenen Aufgaben getroffen werden.

Fragen und Aufgaben:

1. Erläutern Sie kurz den Begriff lichtelektrischer Effekt.
2. Informieren Sie sich über den Aufbau einer Fotozelle. Erklären Sie die Entstehung eines Fotostromes für das in Abbildung 1 dargestellte Experiment.

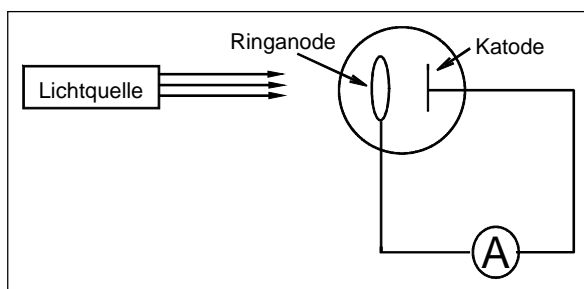


Abbildung 1

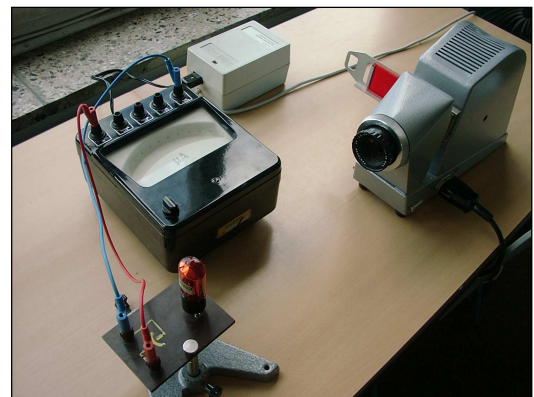


Abbildung 2

3. Bilden Sie begründete Hypothesen für die folgenden Experimente:
 - a. Die Bestrahlung wird unterbrochen und wieder freigegeben.
 - b. Der Abstand zwischen beleuchteter Fotozelle und Lichtquelle wird verkleinert. Das Licht sei einfarbig.

Hinweis: Beachten Sie auch die Lichtintensität.

4. Überprüfen Sie Ihre Hypothesen. Führen Sie dazu die Experimente mit den zur Verfügung gestellten Materialien (Arbeitsplatz 1, Abbildung 2) durch.
5. Mit der Gegenfeldmethode kann man experimentell untersuchen, wie die kinetische Energie der Elektronen von der Frequenz des verwendeten Lichtes abhängt. Nutzen Sie zur Bearbeitung der folgenden Aufgaben die zur Verfügung gestellte Literatur und das Internet.
 - a. Skizzieren Sie ein Schaltbild für die Gegenfeldmethode unter Verwendung einer Batterie als Gegenspannungsquelle.
 - b. Beschreiben Sie die Durchführung des Experiments. Erläutern Sie dabei die Funktion der einzelnen Bauteile des Schaltbildes.
 - c. Erklären Sie, wie die maximale kinetische Energie der herausgelösten Elektronen bestimmt werden kann.
 - d. Formulieren Sie Versuchsergebnisse.

6. Die Ergebnisse eines Experiments zur quantitativen Bestimmung der Abhängigkeit der kinetischen Energie der Elektronen von der Frequenz des Lichtes sollen mit einer Simulation bestimmt werden. Führen Sie das Simulationsexperiment am Computer durch. [6]
 - a. Erfassen Sie Daten für die Katodenmaterialien Cäsium und Natrium.
 - b. Ermitteln Sie Lichtfarbe, Wellenlänge, Frequenz, Gegenspannung und die kinetische Energie der Fotoelektronen in geeigneten Messwerttabellen.
 - c. Stellen Sie die Abhängigkeit der kinetischen Energie der Fotoelektronen von der Frequenz des eingestrahlten Lichtes für beide Materialien grafisch dar.
7. Werten Sie das Diagramm aus Aufgabe 6.c) aus indem Sie für die beiden Graphen physikalische Größengleichungen aufstellen.
8. Eine physikalische Deutung des äußeren lichtelektrischen Effekts gab Albert Einstein im Jahre 1905 durch die Anwendung der Quantenhypothese auf das Licht. Beschreiben Sie die wesentlichen Gedanken Einsteins. Nutzen Sie die zur Verfügung gestellte Literatur und das Internet.
9. Deuten Sie die beiden Achsenschnittpunkte der EINSTEIN – Geraden physikalisch.
10. Beschreiben Sie die Vorgänge beim Auslösen von Elektronen mit Hilfe der Begriffe Energie des Lichtquants, Ablösearbeit und kinetische Energie der Fotoelektronen.
11. Überprüfen Sie erneut Ihre unter 3. aufgestellten Hypothesen und Begründungen. Überarbeiten Sie diese gegebenenfalls.
12. Erklären Sie, warum die Existenz einer Grenzfrequenz nicht mit dem klassischen Wellenmodell des Lichtes vereinbar ist.
13. Eine Zinkplatte, die mit einem Elektroskop verbunden ist, wird elektrisch aufgeladen und anschließend mit Licht bestrahlt.

- a. Führen Sie die Experimente mit den zur Verfügung gestellten Geräten (Arbeitsplatz 2, Abbildung 3) laut der Vorgaben der Tabelle durch. Beachten Sie die Instruktionen der Lehrperson zum Arbeitsschutz (UV-Licht!).
- b. Beschreiben Sie Ihre Beobachtungen in der vorgegebenen Tabelle.
- c. Erklären Sie die Ergebnisse Ihrer Beobachtungen mit einem geeigneten Modell!



Abbildung 3

	Positiv geladene Platte	Negativ geladene Platte	Negativ geladene Platte mit Glasscheibe
Quecksilberdampf-lampe oder UV - Lampe			
Glühlampe			

14. Eine Fotokathode der Fläche von $A = 1 \text{ cm}^2$ und der Ablösearbeit $W_A = 1,90 \text{ eV}$ wird mit Licht der Wellenlänge $\lambda = 436 \text{ nm}$ und der Bestrahlungsstärke $P = 2,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ beleuchtet.
- Bestimmen Sie die maximale Austrittsgeschwindigkeit der Elektronen.
 - Ermitteln Sie die Zahl der pro Sekunde auftreffenden Photonen!
 - Schätzen Sie die maximale Fotostromstärke ab. Diskutieren Sie die Genauigkeit Ihrer Abschätzung.
15. Untersuchen Sie, wie sich die Ergebnisse aus Aufgabe 14 ändern, wenn
- die Bestrahlungsstärke verdoppelt wird,
 - die Wellenlänge halbiert wird und
 - ein Katodenmaterial mit doppelter Ablösearbeit verwendet wird.

Zuordnung der Kompetenzbereiche und Anforderungsbereiche

Alle Aufgaben entwickeln die Kommunikationskompetenz, indem sie die sachliche Diskussion fördern, die Anwendung der Fachsprache und die Organisation innerhalb der Gruppe erfordern.

Kompetenzbereiche				
AB	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Reflexion
	Wissen wiedergeben	Fachmethoden beschreiben	mit vorgegebenen Darstellungsformen arbeiten	vorgegebene Bewertungen nachvollziehen
I	1 / 5b	4 / 6a / 13a,b	5c / 6b,c	8
	Wissen anwenden	Fachmethoden nutzen	Darstellungsformen nutzen	vorgegebene Bewertungen beurteilen und kommentieren
II	2 / 10 / 14a / 14b	3	9	11
	Wissen transferieren und nutzen	Fachmethoden problembezogen auswählen und anwenden	Darstellungsformen selbstständig auswählen und nutzen	eigene Bewertungen vornehmen
III	5a / 7 / 9 / 12 / 13c / 14c	7	15	14c

3 Schul- und fachinterne Curricula

3.1 Die Rolle schulinterner Curricula

Das schulinterne Curriculum ist kein fachinterner Arbeits- oder Stoffverteilungsplan, es ersetzt diese auch nicht. Auf der Grundlagen der Entwicklungsschwerpunkte des Schulprogramms und der Rahmenlehrpläne/Kerncurricula ist ein schulinternes Curriculum ein Plan zur Festlegung des fachspezifischen Beitrags zu den Entwicklungsschwerpunkten. Das schulinterne Curriculum ersetzt nicht die reguläre Arbeit in den Fachgruppen: Absprachen zu Inhalten, Reihenfolgen, Experimenten, Bewertungsmaßstäben...; die Entwicklungsschwerpunkte und Maßnahmen zu diesen Schwerpunkten sind aber eine Teilmenge der Arbeitspläne der Fachgruppen.

Weitere Hinweise dazu findet man auch auf den Seiten des Berlin-Brandenburger Bildungsserver, z. B. <http://www.bebis.de/themen/schulentwicklung/sic-material>, u. a. „Schulinternes Curriculum - ein Baustein zur Qualitätsentwicklung des Unterrichts“, LISUM, 2005 und Bildung für Berlin - Hinweise zur Arbeit am schulinternen Curriculum in der Fachkonferenz, LISUM, 2006.

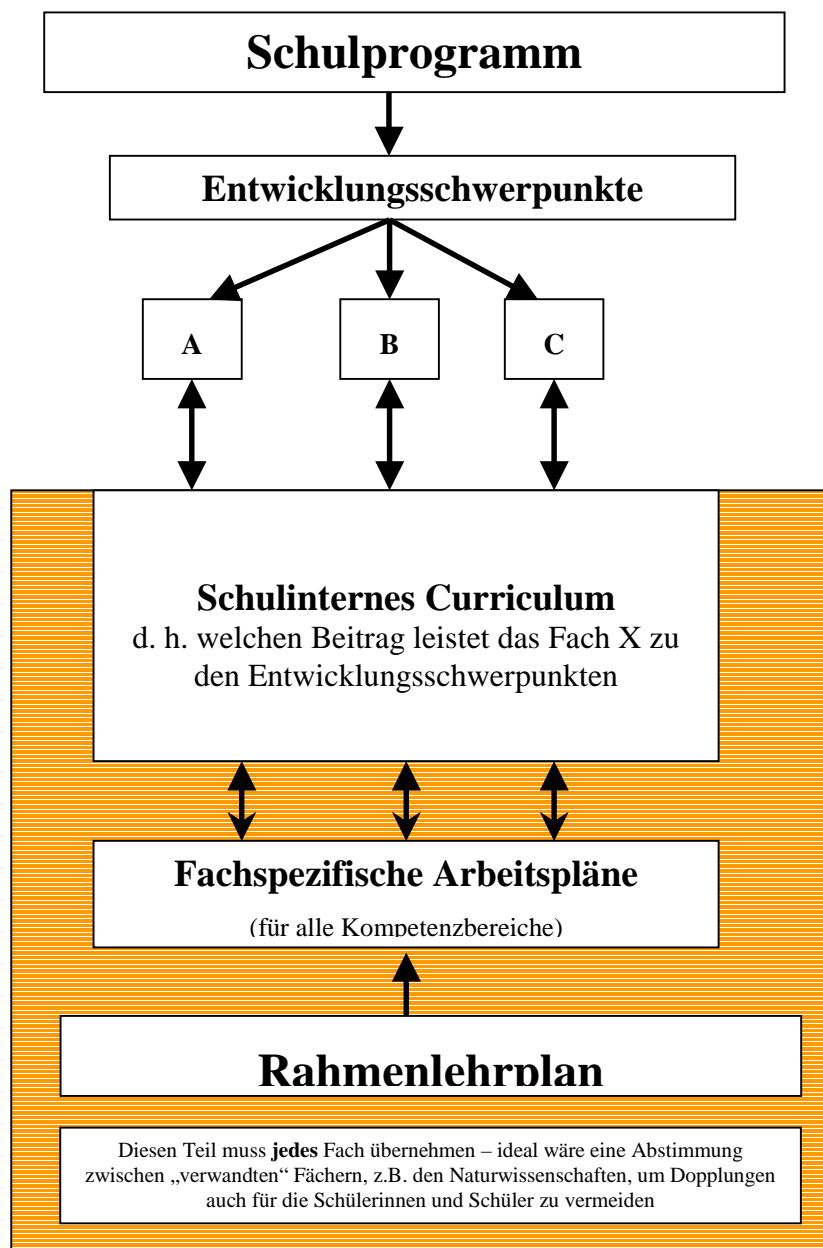


Abbildung aus der Arbeit der Berliner Fachmultiplikatorinnen und -multiplikatoren Physik, 2008

3.2 Welche Fragen sollten fachinterne Curricula beantworten?

Fachinterne Curricula sind zugleich Grundlage und Hilfe für die konkrete Unterrichtsplanung der Lehrkräfte. In ihnen werden Wege zur Erreichung der Abschlussstandards des Rahmenlehrplanes aufgezeigt. Die folgenden Hinweise sind Empfehlungen.

Konkretisierung der Kompetenzentwicklung

- Welche fachübergreifenden und fachspezifischen Entwicklungsschwerpunkte sollen im Physikunterricht gesetzt werden?
- Welche Inhalte sind für welche Kompetenzen besonders geeignet?
- Sind Absprachen über Kompetenzen aus anderen Fächern erforderlich?
- Wann haben die Schülerinnen und Schüler bestimmte verlässliche Standards erreicht?

Verflechtung Kompetenzen und Inhalte

- Wie werden die Kerninhalte angeordnet und welche sollen besonders vertieft werden?
- Welche Schüler- und Demonstrationsexperimente werden durchgeführt?
- Welche weiteren Inhalte werden neben den verbindlichen Kerninhalten ausgewählt?

Kompetenzentwicklung

- Mit welchen Kontexten sollen die im Kerncurriculum ausgewiesenen Abschlussstandards im Unterricht erworben werden?
- Welche besonderen Methoden sollen für die Kompetenzentwicklung eingesetzt werden?
- Welche Aufgaben sind besonders geeignet die Kompetenzen zu erwerben?
- Mit welchen Aufgaben kann überprüft werden, ob die Standards erreicht wurden?

3.3 Weitere Aspekte eines fachinternen Curriculums

- Festlegungen zum Einsatz von Medien (Auswahl geeigneter Lehrbücher, Formelsammlung, Computereinsatz, Verbindung zum Medienkonzept der Schule)
- fachübergreifende oder fächerverbindende Unterrichtsprojekte
- Exkursionen
- Beratung und Förderung leistungsschwacher und leistungsstarker Schülerinnen und Schüler
- Grundsätze und Konkretisierungen zur Leistungsbewertung
- Evaluation des fachinternen Curriculums (Es sollte vereinbart werden, in welchen Abständen und mit welcher Verfahrensweise der Plan überarbeitet wird.)

3.4 Was muss bei der Erstellung fachinterner Pläne beachtet werden?

- die Leitideen und die Kernaussagen des Schulprogramms,
- die Interessenlage der Schülerinnen und Schüler,
- die besonderen Kompetenzen der Lehrkräfte,
- das Ausgangsniveau der Schülerinnen und Schüler,
- die soziale Lage und der kulturelle Hintergrund der Schülerinnen und Schüler,
- der Rahmenlehrplan,
- mögliche Kooperationspartner (Institutionen, Firmen, Eltern ...),
- die Stundentafel (Stundenverteilung, Teilungsstunden, Förderstunden, Zusatzkurse)
- ...

3.3 Wie gelangt man zum fachinternen Plan?

Der fachinterne Plan wird von der Fachkonferenz der Schule erstellt, wobei die Diskussion und der Erfahrungsaustausch in regionalen Fachkonferenzen sinnvoll ist und angestrebt werden sollte.

Der Fakt des Vorhandenseins eines neuen Kerncurriculums sollte kein Anlass sein, auf die bisherigen positiven Erfahrungen aus der eigenen Unterrichtspraxis zu verzichten. Ganz im Gegenteil, sie sollten Ausgangspunkt für die Erstellung eines neuen Planes sein.

Die im Plan getroffenen Festlegungen können in sehr unterschiedlicher Tiefe vorgenommen werden. Die Grenze zwischen dem fachinternen Plan und dem pädagogischem Freiraum der einzelnen Lehrkraft sollte einvernehmlich von den Mitgliedern der Fachkonferenz festgelegt werden.

Die in einem fachinternen Plan zu berücksichtigenden Aspekte und Bedingungen sind sehr komplex. Das bedeutet, dass es keine einfache Übersicht geben kann, welche alle zuvor besprochenen Punkte angemessen berücksichtigt. Es kommt sicherlich nicht darauf an, alle Einzelheiten des Lernprozesses perfekt schriftlich zu fixieren. Selbst auf der Ebene der Planung kleinster Unterrichtseinheiten ist dies nicht möglich und auch nicht sinnvoll. Es muss pädagogischer Entscheidungsspielraum für die einzelne Lehrkraft bleiben. Nur wesentliche Aussagen, die auch tatsächlich geeignet sind, das Handeln der betreffenden Lehrkräfte zu steuern, sollten festgeschrieben werden. Schließlich muss eine Form gefunden werden, die in der Praxis handhabbar und erweiterbar ist.

Ausgehend von den oben genannten Punkten wird eine grobe Struktur für Unterrichtseinheiten entwickelt. Hierbei sind wesentliche Aspekte der Kompetenzentwicklung zu verdeutlichen. Im Fokus steht dabei der Bezug der Kompetenzen auf die Kerninhalte bzw. auf die Wahlthemen. Eine bloße Stoffverteilung genügt hier nicht. Eine mögliche Struktur hierfür ist nachfolgend angedeutet.

3.4 Vorschlag für die Struktur eines schulinternen Plans für ein Semester

Zunächst werden in den Fachkonferenzen sicher nur die wichtigsten der hier aufgeführten Punkte erarbeitet werden können, insgesamt ist die Arbeit an einem schulinternen Curriculum ein längerer Prozess. Auch andere Strukturen sind vorstellbar. Dabei sollte beachtet werden, dass ein schulinterner Plan kein Stoffverteilungsplan ist, er muss kompetenzbezogene Entwicklungsschwerpunkte fixieren. In die Erarbeitung des schulinternen Curriculums sollten alle Lehrkräfte einbezogen werden. Weiterführende Hinweise s. [8].

1. Entwicklungsschwerpunkte
 - fachübergreifend entsprechend dem schulinternen Curriculum
 - fachspezifisch

2. Übersicht	Standards / Kompetenzen	Themen / Inhalte	Methoden / Umsetzung	Vernetzung / Überprüfung

3. Sammlung von Aufgabenbeispielen
4. Hinweise zum Medieneinsatz
5. Unterrichtsprojekte, Wandertage, Exkursionen, auch fachübergreifend
6. Verfügbarkeit von Kompetenzen anderer Fächer
7. Möglichkeiten der Differenzierung
8. Leistungsbewertung und -beurteilung
9. Evaluation

Ein mögliches Beispiel für die Klasse 11 enthält der Berliner Fachbrief Nr. 4 Physik [3].

4 Anhang

4.1 Operatoren

Die folgende Zusammenstellung basiert auf den EPA. Die in den Aufgabenbeispielen der Handreichung verwendeten Operatoren folgen weitgehend den hier vorgenommenen Begriffsbestimmungen. Die hier zugeordneten Anforderungsbereiche sind stark von den Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler abhängig.

Operator	Beschreibung	Beispiele	AB
nennen / beschriften	Sachverhalte, Begriffe oder Daten ohne Erläuterungen und Begründungen aufzählen	Nennen Sie Eigenschaften von Photonen.	I
berechnen	physikalische Größen aus Gleichungen gewinnen	Berechnen Sie die gespeicherte Ladung.	I-II
beschreiben	Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge unter Verwendung der Fachsprache in vollständigen Sätzen wiedergeben	Beschreiben Sie die Durchführung des Experimentes.	I-II
skizzieren	die Eigenschaften eines Sachverhaltes, eines Versuches oder einer Struktur auf das Wesentliche reduziert darstellen	Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf der Stromstärke. Skizzieren Sie den Versuchsaufbau.	I-II
zeichnen / graphisch darstellen	eine möglichst exakte graphische Darstellung anfertigen	Stellen Sie den Zusammenhang grafisch dar.	I-II
abschätzen	durch begründete Überlegungen Größenordnungen physikalischer Größen angeben	Schätzen Sie die auftretenden Messfehler ab.	II-III
anwenden / übertragen	einen bekannten Sachverhalt, eine bekannte Methode auf eine neue Problemstellung beziehen	Übertragen Sie Ihre Kenntnisse zur Absorption von Licht auf das Ergebnis des Franck-Hertz-Versuches.	II-III
auswerten	Daten, Einzelergebnisse oder sonstige Sachverhalte in einen Zusammenhang stellen und gegebenenfalls zu einer Aussage zusammenführen	Werten Sie die Messungen aus.	II-III
begründen	einen Sachverhalt auf Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Zusammenhänge zurückführen	Begründen Sie, warum die Induktionsspannung im zweiten Versuch kleiner ist.	II-III
bestimmen / ermitteln	einen Lösungsweg entwickeln und darstellen und ein Ergebnis formulieren	Bestimmen Sie die Induktivität der Spule.	II-III
darstellen	Sachverhalte, Zusammenhänge, Methoden oder Modellvorstellungen in angemessenen Kommunikationsformen strukturiert wiedergeben	Stellen Sie das Feldlinienmodell für elektrische Felder dar.	II-III
diskutieren	einen Sachverhalt unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachten	Diskutieren Sie die möglichen Ursachen, die zu diesem Ver-	II

Operator	Beschreibung	Beispiele	AB
		suchsergebnis geführt haben.	
entwickeln / aufstellen	eine Hypothese formulieren, ein Experiment vorschlagen, eine Theorie oder ein Modell weiterführen oder ausbauen	Stellen Sie für die Erklärung des Phänomens Hypothesen auf.	II - III
erklären	komplexe Sachverhalte, Verfahren u.ä. mit physikalischen Gesetzmäßigkeiten verständlich machen	Erklären Sie Ihre Beobachtungen.	II-III
erläutern	einen Sachverhalt durch zusätzliche Informationen oder Beispiele verständlich machen	Erläutern Sie die Interferenz elektromagnetischer Wellen an zwei Beispielen.	II
herleiten	die Ableitung einer Größengleichung aus anderen darstellen	Leiten Sie die Gleichung her.	II-III
interpretieren / deuten	Sachverhalte oder Ergebnisse auf Zusammenhänge und Erklärungsmöglichkeiten untersuchen und diese herausstellen	Interpretieren Sie das abgebildete Röntgenspektrum.	II-III
planen / entwerfen	zu einem vorgegebenen Problem ein Experiment erfinden	Planen Sie ein Experiment, mit dem die Abhängigkeit der Kapazität vom Plattenabstand untersucht werden kann.	II-III
strukturieren / ordnen	vorliegende Objekte kategorisieren und hierarchisieren	Ordnen Sie die vorliegenden Begriffe und Gleichungen zu einem Begriffsnetz!	II
überprüfen / bestätigen / widerlegen	die Gültigkeit einer Aussage, z. B. einer Hypothese oder einer Modellvorstellung verifizieren, falsifizieren	Aristoteles unterschied zwischen irdischer und himmlischer Physik. Widerlegen Sie diese Hypothese.	II-III
untersuchen	Sachverhalte und Zusammenhänge mit vorgegebenen oder selbst gewählten Methoden unter bestimmten Aspekten erkunden	Untersuchen Sie den Zusammenhang zwischen Bahnradius und Beschleunigungsspannung.	II-III
vergleichen	Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten und Unterschiede nach vorgegebenen oder selbst gewählten Kriterien ermitteln und darstellen	Vergleichen Sie den Photo - Effekt mit dem Compton - Effekt.	II-III
zeigen / nachweisen	Aussagen mit Berechnungen, Herleitungen oder logischen Begründungen bestätigen	Zeigen Sie, dass die Umlaufzeit von der Bahngeschwindigkeit der Elektronen unabhängig ist.	II-III
beurteilen / bewerten	zu einem Sachverhalt ein eigenständiges Urteil unter Verwendung von Fachwissen und Fachmethoden formulieren und begründen	Beurteilen Sie das Versuchsergebnis.	III

4.2 Wahlthemen

Die Tabelle zeigt zusammenfassend die Anzahl und den Umfang der laut Rahmenlehrplan zu berücksichtigenden Wahlthemen. Eine Themenliste ist im Rahmenlehrplan enthalten, in den folgenden Tabellen sind hierzu mögliche Inhalte aufgeführt. Wahlthemen können auch Gegenstand von Abiturprüfungen sein. Hierbei müssen jedoch die Bedingungen der AV Prüfungen beachtet werden.

Klasse	Grundkurs	Leistungskurs
12	zwei	drei
13	drei	vier
Empfehlung für das Stundenvolumen je Wahlthema	je 10	je 12

a Grundkursfach

Geschichte der Physik, Biographien <ul style="list-style-type: none"> Wissenschaftlich bedeutende Veränderungen in der Physik Biographische Betrachtungen 	Mechanik der Drehbewegungen <ul style="list-style-type: none"> Rotation starrer Körper Bewegungsgrößen der Rotation
Strömungsphysik <ul style="list-style-type: none"> Strömungsphänomene und Strömungsarten Kontinuitätsgleichung (für inkompressible Fluide mit stationärer Strömung) Bernoullische Gleichung, hydrodynamisches Paradoxon 	Nichtlineare Physik; Chaos <ul style="list-style-type: none"> Beispiele nichtlinearer Phänomene Determinismus Merkmale und Systembedingungen chaotischer Strukturen (Attraktorprinzip, Bifurkation, Intermittenz) Fachübergreifende Strukturmerkmale
Relativität <ul style="list-style-type: none"> Experimentelle Grundlagen der Relativitätstheorie (Inertialsysteme, Konstanz der Lichtgeschwindigkeit) Relativität von Zeit und Länge Bedeutung der Relativitätstheorie 	Astronomie <ul style="list-style-type: none"> Aufbau und Größe des Sonnensystems Entstehung und Entwicklung des Sonnensystems Planetenbewegungen Sternbilder, scheinbare Sternbewegungen
Astrophysik <ul style="list-style-type: none"> Aufbau, Energieformen und Energietransport am Beispiel der Sonne Spektralklassen der Sterne HRD, Masse-Leuchtkraft-Beziehung und deren Deutung für die Sternentwicklung Aufbau und Entwicklung unserer Galaxis Weitere Galaxien und Strukturen im All 	Thermodynamik I <ul style="list-style-type: none"> Gasgesetze Kinetische Gastheorie, Grundgleichung 1. Hauptsatz, innere Energie Zustandsänderungen, spezifische Wärmekapazitäten 2. Hauptsatz Wärmepumpe, Stirlingmotor
Energiegewinnung <ul style="list-style-type: none"> Energiebereitstellungstechniken Leistungsvergleiche, Wirkungsgrad Solarenergie 	Wellenoptik <ul style="list-style-type: none"> Beugungsphänomene beim Licht Gitterspektren Wellenlängen des Lichts Lichtgeschwindigkeit
Elektronik <ul style="list-style-type: none"> undotierte und dotierte Halbleiter pn-Übergang: Diode als Gleichrichter Transistor als Schalter und Verstärker Bändermodell Bestimmung von Eigenschaften von Halbleitern durch die Bandstruktur Halleffekt 	Optoelektronik <ul style="list-style-type: none"> Optische Eigenschaften von Festkörpern Optoelektronische Bauelemente

Wechselstrom	Vertiefungen zur Atom- und Kernphysik
<ul style="list-style-type: none"> • Impedanzen, Phasenverschiebungen • Wechselstromkreise 	<ul style="list-style-type: none"> • Lumineszenz • Laserprinzip • Weitere Messverfahren zum Nachweis ionisierender Strahlung • Experimente zur Ablenkung von Strahlung in Feldern
Interpretation der Quantenphysik	Strahlenschutz
<ul style="list-style-type: none"> • Experimentelle Belege quantenmechanischen Verhaltens, z. B. Grenzwellenlänge bei Röntgenbremsstrahlung • Vertiefende Interpretationen der Quantenphysik • Deutungsprobleme der Quantenphysik 	<ul style="list-style-type: none"> • Strahlenquellen, Radionuklide • Dosimetrie, Bewertungsfaktoren, biologische Halbwertszeit • Grenzwerte, Grundsätze des Strahlenschutzes
Elementarteilchenphysik	Kristallstrukturen
<ul style="list-style-type: none"> • Fundamentale Wechselwirkungen und Austauscheteilchen • Antiteilchen, Teilchenumwandlungen • Standardmodell als Ordnungsschema 	<ul style="list-style-type: none"> • Kristalle und ihre modellmäßige Beschreibung • Atom- und Molekülcluster • Kristallstrukturuntersuchungen
Physik und Medizin	Eigener Vorschlag
<ul style="list-style-type: none"> • Elektrische Leitungsvorgänge im menschlichen Körper • Elektrochemische Vorgänge: Ruhe- und Aktionspotentiale, EKG, EEG • Diagnostische Maßnahmen: Sonographie, Tomographie, Röntgenabsorption 	<ul style="list-style-type: none"> • Hier kann ein neues Thema entwickelt oder es können Inhalte des Kerncurriculums vertieft werden.

b Leistungskursfach

Geschichte der Physik, Biographien	Mechanik der Drehbewegungen
<ul style="list-style-type: none"> • Wissenschaftlich bedeutende Veränderungen in der Physik • Biographische Betrachtungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Rotation starrer Körper • Drehmoment und Trägheitsmoment • Rotationsenergie • Drehimpuls, Drehimpulserhaltung
Strömungsphysik	Nichtlineare Physik, Chaos
<ul style="list-style-type: none"> • Strömungsphänomene und Strömungsarten • Kontinuitätsgleichung für inkompressible Fluide mit stationärer Strömung • Bernoullische Gleichung, hydrodynamisches Paradoxon 	<ul style="list-style-type: none"> • Beispiele nichtlinearer Phänomene, Determinismus • Merkmale und Systembedingungen chaotischer Strukturen (Attraktorprinzip, Bifurkation, Intermitenz) • Logistische Gleichung
Relativistische Kinematik	Relativistische Dynamik
<ul style="list-style-type: none"> • Inertialsysteme • Michelson-Experiment • Lorentz -Transformation • Lichtuhr und Uhrensynchronisation • Minkowski-Diagramme • Darstellungen im Minkowski-Diagramm • Gegenwart, Vergangenheit und Zukunft im Minkowski-Diagramm, Weltlinien 	<ul style="list-style-type: none"> • relativistische Massenzunahme • relativistischer Impuls • relativistische kinetische Energie • Äquivalenz von Energie und Masse • Gültigkeit der speziellen und der allgemeinen Relativitätstheorie im Vergleich

Astronomie	Astrophysik
<ul style="list-style-type: none"> • Sternbilder, scheinbare tägliche und jährliche Sternbewegungen • Scheinbare Sonnenbewegung • Planetenbewegungen vor dem Fixsternhimmel: Planetenschleifen 	<ul style="list-style-type: none"> • Zustandsgrößen der Sonne: Radius, Masse, mittlere Dichte, Temperatur • Sonnenaktivität • Masse-Leuchtkraft-Beziehung, Sternentwicklung
Kosmologie und Weltbilder	Thermodynamik
<ul style="list-style-type: none"> • Strukturen im Weltall • Alter und Entwicklung des Universums, Urknall, Hintergrundstrahlung, Hubble-Gesetz • Historische Weltbilder 	<ul style="list-style-type: none"> • Gasgesetze, allgemeine Gasgleichung für ideale Gase, Modell des idealen Gases • Kinetische Gastheorie, Grundgleichung • Innere Energie, 1. Hauptsatz • Kreisprozesse • 2. Hauptsatz • Thermodynamische Maschinen • Entropie, Irreversibilität, Energieentwertung • Strahlungsgesetz, Treibhauseffekt
Wellenoptik	Wechselstrom
<ul style="list-style-type: none"> • Beugungsphänomene beim Licht • Gitterspektren • Wellenlänge des Lichts • Lichtgeschwindigkeit • Polarisierung • Quantitative Betrachtungen der Interferenz an ausgewählten Beispielen 	<ul style="list-style-type: none"> • Impedanzen, Phasenverschiebung • Wechselstromkreise • Leistung bei Wechselspannung, Leistungsfaktor • Transformator • Versorgung mit elektrischer Energie
Maxwell-Theorie	Elektronik
<ul style="list-style-type: none"> • Wirbelfelder • Felder und Bezugssysteme • Maxwellgleichungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Leitungseigenschaften von undotierten und dotierten Halbleitern • pn-Übergang • Transistor als Schalter und Verstärker
Festkörperphysik	Interpretation der Quantenphysik
<ul style="list-style-type: none"> • Bändermodell • Bestimmung von Eigenschaften von Halbleitern durch die Bandstruktur • Quantenphysikalisches Modell des Festkörpers • Leitfähigkeit von Halbleitern • Supraleitung 	<ul style="list-style-type: none"> • Weitere Beispiele für Interpretationen in der Quantenphysik • Bedeutung der Quantenphysik für die Festkörperphysik • Quantenphysikalische Grundlagen kosmischer Phänomene
Vertiefungen zur Atom und Kernphysik	Elementarteilchenphysik
<ul style="list-style-type: none"> • Weitere Experimente zur Entwicklung der Atommodelle • Lumineszenz • Laserprinzip • Deutungsprobleme der Quantenphysik 	<ul style="list-style-type: none"> • Wechselwirkungen zwischen Elementarteilchen, Erhaltungssätze • Quantenzahlen und Ordnungsprinzipien der Elementarteilchen • Quanten-Chromodynamik • Offene Fragestellungen
Strahlenschutz	Strahlenbiophysik
<ul style="list-style-type: none"> • Strahlenquellen, Radionuklide • Dosimetrie, Bewertungsfaktoren, biologische Halbwertszeit • Grenzwerte, Grundsätze des Strahlenschutzes 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnose und Therapie mit Röntgenstrahlung: historische Entwicklung, moderne Verfahren • Anwendung von Radionukliden in Therapie und Diagnose • Dosis-Effekt-Kurven, fraktionierte Bestrahlung
	Eigener Vorschlag
	<ul style="list-style-type: none"> • Hier kann ein neues Thema entwickelt oder es können Inhalte des Kerncurriculums vertieft werden.

4.3 Literaturhinweise

1. Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 01.12.1989 in der Fassung vom 05.02.2004), <http://www.kmk.org/doc/beschl/EPA-Physik.pdf>
2. Rahmenlehrplan Physik für die gymnasiale Oberstufe, Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Sport Berlin, <http://www.berlin.de/sen/bildung/schulorganisation/lehrplaene/>
3. Fachbrief Physik Nr. 4, Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Sport Berlin <http://www.bjsinfo.verwalt-berlin.de/DokLoader.aspx?DokID=1568>
4. Leisen, Josef: Bildungsstandards Physik: der Kompetenzbereich Kommunikation. Naturwissenschaften im Unterricht Physik. 16(2005) Nr. 87, S. 16-20
5. Leisen, Josef u. a.:
<http://studienseminar-koblenz.de/bildungswissenschaften/methodenwerkzeuge.htm>
<http://studienseminar-koblenz.de/medien/methodenwerkzeuge/Steckbrief%20der%20Methoden-Werkzeuge.pdf>
6. Weitere Hinweise zu Methodenwerkzeugen:
<http://www.verbraucherbildung.de/projekt01/d/www.verbraucherbildung.de/methodenkoffer/index.html>
<http://www.learn-line.nrw.de/angebote/methoden/info/index.html>
7. Java - Applet Photo - Effekt Gegenfeldmethode, <http://www.walterfendt.de/ph14d/photoeffekt.htm>
Interaktive Bildschirmexperimente Photoeffekt (44MB), <http://www.cip.physik.uni-muenchen.de/~milq/download.html>
8. Mascha Kleinschmidt-Bräutigam, Ursula Meierkord: Schulinternes Curriculum - ein Baustein zur Qualitätsentwicklung des Unterrichts, Ernst Klett Verlag, Stuttgart 2006
<http://www.bebis.de/themen/schulentwicklung/sic-materi>

