

Lehrplan des Geschwister-Scholl- Gymnasiums Winterberg und Medebach

Fach: Physik

Stand 28.05.2015

I. Zuordnung: Inhaltsfelder / fachlicher Kontext – Zeitrahmen, obligatorische Inhalte, schriftliche Übungen

Inhalte	Zeitrahmen ¹⁾	obligatorische Inhalte ²⁾	Schriftliche Übungen ³⁾
6.1 Elektrizität	14	o	2
Elektrizität im Alltag	3	o	
6.2 Temperatur und Energie	8	o	1
Sonne – Himmel – Jahreszeiten	2	f	
6.3 Licht und Schall	8	o	1
Sehen und Hören	2	f	
8.1 Optische Instrumente, Farbzerlegung des Lichts	9	o	1
Optik hilft dem Auge auf die Sprünge	2	f	
8.2 Elektrizität	10	o	1
Elektrizität – messen, verstehen, anwenden	2	f	
8.3 Kraft	11	o	2
Werkzeuge und Maschinen erleichtern die Arbeit	3	o	
9.1 Druck, mechanische Arbeit und Leistung, Energie	13	o	2
Tauchen in Natur und Technik	1	f	
9.2 Elektromagnetismus, elektrische Energie und Leistung, innere Energie	12	o	1
Effiziente Energienutzung	3	o	
9.3 Radioaktivität und Kernenergie	6	o	1
Radioaktivität und Kernenergie – Anwendungen und Verantwortung	2	f	

¹⁾ durchschnittlich wird im Schuljahr von 37 Schulwochen ausgegangen

²⁾ o: obligatorisch f: fakultativ

³⁾ Anzahl der schriftlichen Übungen (siehe auch Grundsätze zur Leistungsbewertung)

II. Grundsätze zur Leistungsbewertung

In der Sekundarstufe I sollen pro Halbjahr zwei schriftliche Übungen im Umfang von 20 Minuten über den Stoff der letzten Unterrichtseinheiten geschrieben werden. Vor allem jedoch die mündliche Mitarbeit bestimmt die Endnote. Die Tests können als Ergänzung zu dieser Mitarbeit bewertet werden. Die sonstige Mitarbeit umfasst neben den schriftlichen Übungen:

- Überprüfung der prozess- und konzeptbezogenen Kompetenzen durch Beobachtung von Schülerhandlungen (Qualität, Häufigkeit und Kontinuität der Beiträge)
- Vorstellung von Hausaufgaben
- mündliche Stundenwiederholungen
- Beiträge im Unterrichtsgeschehen
- Protokolle
- Durchführung von Versuchen in Schülerexperimenten

III. Vernetzung mit anderen Fächern

(Grundlagen und Vertiefung: Fächerübergreifender Unterricht mit Biologie und Chemie wird angestrebt – Zielvereinbarung bis Juli 2013)

Jahrgangsstufe 6

6.2	Sonne, Himmel, Jahreszeiten	Biologie	Anpassung von Pflanzen und Tieren
6.3	Licht und Schall	Biologie	Das Auge - Strahlengang und Lichtaufnahme; Wirkung von UV-Strahlung auf die menschliche Haut, akustische Wahrnehmung
6.3	s.o.	Kunst	Geradlinige Ausbreitung des Lichts - Licht und Schatten
6.3	s.o.	Biologie	Schallaufnahme durch das Ohr (Trommelfell), Erzeugung von Schall durch die Stimmbänder, Gesundheitsgefährdung durch Schall
6.3	s.o.	Musik	Schallreflektion - Schalldämpfung - „gute Akustik“, schwingende Saiten und schwingende Luftsäulen als Schallquellen, Tonhöhe und Lautstärke

Jahrgangsstufe 8

8.1	Optische Instrumente, Farberlegung	Chemie	Chemische Reaktion mit Lichterzeugung, Flammenfärbung von Alkali- und Erdalkalisalzen
8.1	s.o.	Erdkunde	Lichtbrechung in der Atmosphäre, Sonnenstand

8.1	s.o.	Mathe- matik	Berechnung verschiedener optischer Größen: Abbildungsmaßstab, Gegenstandsweite, Bildweite; Herleitung der Linsenformel
8.2	Elektrizität	Chemie	Leitfähigkeit von Stoffen, Energieumwandlung (chemische Energie - elektrische Energie und/oder Wärmeenergie, Batterie und Akkumulator, Elektrolyse), elektrochemische Reaktionen
8.2	s.o.	Infor- matik	Einfache Schaltungen als Voraussetzung für informationstechnologische Systeme
8.1 8.2	s.o.	Chemie, Biologie, Erd- kunde	Modelle und Wirklichkeit, Arten von Modellen, Einsatz von Modellen
8.3	Kraft	Sport	Zusammenwirken von Kräften, Hebel

Jahrgangsstufe 9

9.1	Druck, mechanische Arbeit und Leistung, Energie	Chemie	Temperatur bei chemischen Reaktionen, Teilchenmodell zur Erklärung von chemischen Reaktionen, Stoffeigenschaften bei Zimmertemperatur, Aggregatzustände in Abhängigkeit von der Temperatur, Dichte - Volumenänderung bei Erwärmung bzw. Abkühlung, Nutzung verschiedener Energieträger
9.2	Elektromag- netismus, elektrische Energie und Leistung, innere Energie	Erd- kunde	Magnetfeld der Erde
9.3	Radioaktivi- tät und Kernenergie	Chemie	Atommodelle, Aufbau der Materie
9.3	s.o.	Biologie	Wirkung ionisierender Strahlung auf den menschlichen Körper

IV. Software für den Unterricht

Dynasys (Simulationsprogramm für dynamische Systeme)

Einsatz: z.B. Umsetzung der Newtonschen Grundstruktur und der elektrodynamischen
Grundstruktur in komplexeren Fragestellungen

Galileo, Tracker (Videoauswertungsprogramm)

Einsatz: Quantitative und qualitative Auswertung physikalisch relevanter Videos

Cassy (Messerfassungsprogramm)

Einsatz: Auswertung zentraler Versuche über ein Messwerterfassungssystem

Java-Applets

Einsatz: Verdeutlichung komplexer Sachverhalte und nicht vorhandener Versuche

Geogebra (Geometrieprogramm)

Einsatz: Simulation von Strahlengängen in der Optik

V. Methodenkompetenz im Fach Physik

(vergleiche auch Schulprogramm)

1. Sachtexte erfassen

Im Fach Physik, wie auch in den anderen naturwissenschaftlichen Fächern, werden die Schüler mit Hilfe der **5-Schritt-Lesemethode** in das strukturierte Lesen von Sachtexten eingeführt.

a) Überblick gewinnen / Überfliegen

Die SchülerInnen sollen einen ersten Eindruck vom Inhalt gewinnen, indem sie

- Überschriften, Absätze und Hervorhebungen beachten,
- Wichtiges unterstreichen (allerdings nicht im Schulbuch).

b) Fragen stellen

Die SchülerInnen sollen sich überlegen um welche Fragestellungen es sich in dem Text handelt.

- Was weiß ich bereits?
- Was möchte ich noch wissen?
- Habe ich die Begriffe verstanden?
- anfangs Fragen aufschreiben

c) Gründliches Lesen

Die SchülerInnen sollen ihre Aufmerksamkeit auf wichtige Punkte konzentrieren, indem sie

- versuchen ihre Fragen zu beantworten,
- beim Lesen kleine Pausen einlegen, damit sich das Gelesene besser setzen kann.

d) Zusammenfassen

Die SchülerInnen sollen die einzelnen Sinnabschnitte zusammenfassen, indem sie

- Schlüsselwörter unterstreichen und/oder auf einem Zettel notieren,
- Überschriften zu den einzelnen Abschnitten erstellen,
- die gelesenen Sinnabschnitte in eigenen Worten zusammenfassen.

e) Wiederholen

Die SchülerInnen sollen am Schluss noch einmal die wichtigsten Aussagen und Informationen wiederholen, indem sie

- dabei ihre anfangs formulierten Fragen und Unterstreichungen berücksichtigen,
- eventuell ihre Gedanken als lauten Selbstvortrag gestalten
- oder schriftlich zusammenfassen.

2. Das Experiment

Gerade für die naturwissenschaftlichen Fächer sind experimentelle Untersuchungen von zentraler Bedeutung.

Formen des Experimentes:

- **Experiment zur Problemgewinnung (Entdeckende Versuche)**
- **Experiment zur Erkenntnisgewinnung (Systematik)**
- **Experiment zur Bestätigung (Verifizierung)**

Im Unterricht der Sekundarstufe I muss die Vermittlung experimenteller Arbeitsverfahren als gleichrangig mit der Erarbeitung von Inhalten, Begriffen und Gesetzmäßigkeiten angesehen werden.

Auf der Stufe der Einführung dient ein Experiment der Motivation, zur Problemfindung und zur Problemabgrenzung. Bei der Erarbeitung werden durch qualitative und quantitative Experimente Sachverhalte erschlossen. In der Phase der Vertiefung dienen Experimente der Festigung und Erweiterung des Gelernten.

Nach Möglichkeit sollen Schülerexperimente durchgeführt werden, soweit die Geräteausstattung, die Größe der Schülergruppe, die Eignung des Themas, die räumlichen Voraussetzungen und die Ungefährlichkeit der Versuche dies zulassen. Das Lehrereperiment hat gleichwohl - vor allem unter dem Aspekt des zeitlichen und materiellen Aufwandes - seine Berechtigung. Auch beim Lehrereperiment sollen die Schülerinnen aktiv in die Planung und Durchführung einbezogen werden.

Das Schülerexperiment stellt eine besondere Form des Gruppenunterrichts dar. Den SchülerInnen wird durch eigenes Tun ein unmittelbarer Zugang zum Sachgegenstand eröffnet. Dabei prägen sich die gelernten Inhalte in besonderer Weise ein. Über die Vermittlung von Inhalten hinaus werden durch Schülerversuche insbesondere folgende Qualifikationen angestrebt:

- **Gedankliches Erfassen von Arbeitsanweisungen**
- **Selbstständiges und sorgfältiges Arbeiten nach Anweisungen**
- **Eigenverantwortliches Handeln, insbesondere Beachten von Sicherheits- und Schutzbestimmungen**
- **Fähigkeit zur partnerschaftlichen Zusammenarbeit. Verarbeiten von Erfolgen und Misserfolgen**

Alle durchzuführenden Versuche stehen in einem erkennbaren Zusammenhang mit dem Unterricht. Dabei ist wichtig, dass die zugrunde liegenden Fragestellungen und die Arbeitsanweisungen zu Beginn des experimentellen Arbeitens allen Schülerinnen klar sind.

Durch die Anfertigung von Versuchsprotokollen, die u.a. der späteren Wiederholung dienen und auch bei fächerübergreifendem Unterricht zur Verfügung stehen sollen, wird eine typisch naturwissenschaftliche Methode eingeübt.

Eine weitere Möglichkeit zur Förderung der SchülerInnen bieten häusliche Experimente. Sie müssen so gewählt werden, dass in einfachen und ungefährlichen Versuchsanordnungen klare Ergebnisse erzielt werden können. Genaue Arbeitsanweisungen und spätere Überprüfung sind hier besonders wichtig, um den Eindruck zu vermeiden, dass es sich um eine bloße Spielerei handelt.

Versuchsprotokoll

Zur Bearbeitung des Experiments gehört die Anfertigung eines schriftlichen Versuchsprotokolls. Das Protokoll könnte wie folgt gegliedert sein:

- I. **Kopf mit Fach, Klasse, Datum**
- II. **Thema (Aufgabe - Fragestellung)**
- III. **Liste von verwendeten Geräten und Materialien**
- IV. **Hinweise zum Versuchsaufbau (evtl. Versuchsskizze)**
- V. **Versuchsdurchführung**
- VI. **Beobachtungen**
- VII. **Auswertung (Gesetzmäßigkeiten, Erklärungen, Deutungen, Folgerungen, Kritik usw.)**
- VIII. **Verallgemeinerung**

Alle Ausführungen sollen möglichst kurz und übersichtlich sein.

Grundregeln zum physikalischen Experimentieren

- **Vor dem Experimentieren ist die Versuchsanleitung genau zu lesen. Fragen klären. Gefahrstoffsymbole auf Chemikalien und besondere Hinweise des Lehrers beachten.**
- **Nicht benötigte Schulsachen vom Tisch nehmen.**
- **Versuchsgeräte erst vollständig gemäß der Anleitung zusammentragen. Versuchsaufbau evtl. noch vom Fachlehrer kontrollieren lassen.**
- **Starte den Versuch erst, wenn dein Fachlehrer sein "OK" dazu gibt.**
- **Vorsicht beim Umgang mit dem Brenner:
Lange Haare zusammenbinden oder in den Pulli stecken. Zündet den Brenner am besten zu zweit an.
Lösche die Flamme, wenn der Brenner nicht mehr benötigt wird.**
- **Stecke elektrische Kabel nur in die angegebenen Anschlüsse. Verwechslungen mit der Steckdose können tödlich enden!**
- **Defekte/zerstörte Geräte sind sofort dem Fachlehrer zu melden.**
- **Nach dem Experiment sind die Geräte ordentlich in den Schränken zu verstauen.**
- **Hinterlasse deinen Arbeitstisch sauber.**

3. Induktion

Das Induktionsproblem

Bei der Induktion handelt es sich um einen logischen Zirkelschluss, ohne den allerdings das System der naturwissenschaftlichen Begriffe nicht aufgebaut werden kann. Genau genommen sind die einfachen **nicht-quantitativen Gesetze**, auch Allsätze genannt, die dadurch gewonnen werden, dass man eine Reihe von Sätzen über singuläre Beobachtungen verallgemeinert (generalisiert), nicht das Ergebnis der Naturwissenschaften, sondern eine ihrer Voraussetzungen; denn der Induktionsschluss von endlich vielen singulären Beobachtungssätzen auf einen Allsatz kann logisch nicht begründet werden. Das Problem, ob es ein Induktionsprinzip als Begründung für induktives Schließen gibt, hat die Wissenschaftstheoretiker verschiedener Richtungen lange beschäftigt. Heute ist man der Meinung, dass es kein nachweisbares Induktionsprinzip gibt. Wäre es als Gesetzmäßigkeit in der Natur enthalten, so müsste es sich empirisch entdecken lassen. Dies würde aber bedeuten, dass man es auf die induktive Weise finden kann, was aber bedeutet, dass man das voraussetzt, was man eigentlich erst entdecken will.

Der Naturwissenschaftler kümmert sich in seiner Praxis nicht um das Induktionsproblem. Er nimmt vielmehr an, dass generelle Sätze (nicht-quantitative Sätze) solange als gültig angenommen werden können, bis ihr Gegenteil bewiesen ist. Die Arbeit des Naturwissenschaftlers besteht nun darin, die besonderen Bedingungen festzustellen unter denen generelle Sätze gelten.

Beispiel:

Allsatz: Alle Metalle leiten elektrischen Strom.

Untersuchung: Welche besonderen Faktoren spielen bei diesem Vorgang eine Rolle (z.B. Zusammenhang zwischen Spannung und Stromstärke)? Untersuchungen heißt genauer, dass man die einzelnen Faktoren als Messgrößen definiert und misst. Dabei müssen die Größen voneinander isoliert werden und bis auf je zwei, deren Abhängigkeit voneinander man feststellen möchte, konstant gehalten werden. Von den zwei zu untersuchenden Größen wird eine variiert, bis man aus der Messreihe den jeweiligen mathematischen Zusammenhang ermitteln kann. Über dieses Verfahren kommt man schließlich zu quantitativen Gesetzen.

Gesetze der Form "je desto" sind in ihrer Stellung zwischen nicht-quantitativen und quantitativen Gesetzen angesiedelt und werden als halb-quantitative Gesetze bezeichnet.

Beispiel: Je größer die Spannung, desto größer die Stromstärke.

Induktives Vorgehen

Wie oben beschrieben versteht man unter Induktion den Schluss von vielen singulären Sätzen auf Allsätze mit der dargestellten Problematik des Induktionsproblems. Der Naturwissenschaftler bezeichnet häufig als Induktion den Weg vom Experiment zum Gesetz. Dieser Weg ist allerdings ebenfalls mit einigen Schwierigkeiten verbunden, da an mehreren Stellen Idealisierungen erforderlich sind.

1. Schritt: Arbeitshypothese

Die durch Generalisierung gefundenen Allsätze werden auf ihre besonderen Bedingungen hin überprüft. Dieses Überprüfen ist kein planloses Probieren, sondern erfolgt nach Analyse der Bedingungsfaktoren unter der Leitfrage ob überhaupt und ggf. welche mathematischen Zusammenhänge zwischen den am Vorgang beteiligten Messgrößen bestehen. Die Arbeitshypothese "Je größer die Spannung, desto größer die Stromstärke" ist eine triviale Zwischenstufe auf dem Weg zum Ohmschen Gesetz. Ohne eine Hypothese kann letztendlich kein Versuch geplant werden.

2. Schritt: Versuchsplanung

Zur Planung gehört, dass alle den Versuch betreffenden Faktoren isoliert werden und bis auf die zu untersuchenden Messgrößen konstant gehalten werden. Von den für die Messung nicht relevanten Größen setzt der Naturwissenschaftler voraus, dass sie konstant sind und dass sie keinen Einfluss auf die Messung haben, was somit eine erste Idealisierung bedeutet.

Beim Ohmschen Gesetz muss z.B. von der konstanten Temperatur des Leiters ausgegangen werden.

3. Schritt: Versuchsdurchführung und Beobachtung

Im Beispiel zum Ohmschen Gesetz wird die Stromstärke in Abhängigkeit von der variierten Spannung gemessen und die entsprechenden Wertepaare in einem Messprotokoll festgehalten.

4. Schritt: Versuchsauswertung

Die Auswertung führt zu einer Verifikation oder Falsifizierung der Arbeitshypothese und zu einer präzisen Beschreibung des Zusammenhanges zwischen den Messgrößen.

In dem obigen Beispiel werden die Wertepaare (Spannung/Stromstärke) in einem

Definitionsgleichungen (Beziehungen zwischen bereits definierten Grundgrößen oder auch abgeleiteten Größen, durch die man neue abgeleitete Größen definiert). In diesem Fall spricht man von einer **Deduktion der ersten Art**.

Geht man von Sätzen aus, deren Wahrheit nur angenommen wird, also von Beziehungen zwischen Größen, deren Gültigkeit weder auf induktivem noch auf deduktivem Wege erwiesen werden kann, dann spricht man von einer **Deduktion der zweiten Art**.

Das Ergebnis einer Deduktion muss durch ein Experiment überprüft werden. Erst dann kann man es als Gesetz betrachten.

Warum ist überhaupt eine experimentelle Überprüfung erforderlich?

Erstens darf man nicht ohne weiteres annehmen, dass die Rechenregeln und die Gesetze der Mathematik auf Gleichungen zwischen naturwissenschaftlichen Größen, also für Voraussagen über das Verhalten realer Körper angewandt werden dürfen.

Zitat: "Die Mathematik handelt nicht von Sinnendingen. Sie handelt von dem, was wir denken können, was der Geist -griechisch der Nus - erfassen kann. Wie kann dann das was wir denken können, die Gesetze hergeben für das, was wir mit den Sinnen wahrnehmen? Das ist das Problem."
C.F. Weizsäcker

So führt z.B. die Riemannsche Geometrie auf einer Kugeloberfläche zu anderen naturwissenschaftlichen Gesetzen als die Euklidische Geometrie in der Ebene.

Zweitens muss man deduktiv gefundene Ergebnisse im Experiment überprüfen, weil u.U. die induktiven Gesetze, von denen man bei der Deduktion ausgeht, mit Hilfe mehrerer Idealisierungen gefunden wurden. Es könnte sein, dass bei der mathematischen Verknüpfung der Ausgangsgesetze sich die Idealisierung (etwa die Bevorzugung einfacher Zahlen) gegenseitig so verstärken, dass sie sich dadurch als Fehler bemerkbar machen.

Beispiel für eine Deduktion:

Herleitung des Gesetzes über den Ersatzwiderstand bei einer Parallelschaltung:

Induktiv gewonnene Voraussetzungen:

(a) Ohmsches Gesetz ($U \sim I$; $T = \text{const.}$) bzw. die Folgerung daraus: $U = R \cdot I$; $I = U/R$

Die Spannung U ist also proportional zur Stromstärke I , wenn angenommen wird, dass die Temperatur in dem Leiter konstant bleibt. Der Proportionalitätsfaktor R wird als Widerstand des Leiters bezeichnet.

(b) Erstes Kirchhoffsches Gesetz: $I = I_1 + I_2$

Bei einer Stromverzweigung (Parallelschaltung) ist der Gesamtstrom I im unverzweigten Stromkreis gleich der Summe der Zweigströme I_1, I_2 .

(c) Die angelegte Spannung ist gleich der Spannung in den verzweigten Stromkreisen: $U = U_1 = U_2$
Neben diesen Voraussetzungen gelten die Regeln der Analysis.

Aus $I = I_1 + I_2$ folgt durch Einsetzen von $I = U/R$

$$U/R = U_1/R_1 + U_2/R_2$$

Mit $U = U_1 = U_2$ gilt: $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$

Also ist der Kehrwert des Ersatzwiderstandes gleich der Summe der Kehrwerte der Widerstände in den verzweigten Stromkreisen.

5. Modellbildung

Es erscheint zweckmäßig, drei Arten von Modellen zu unterscheiden:

1. Reale Modelle

2. Ikonische Modelle oder Modellvorstellungen

3. Symbolische Modelle oder abstrakt-mathematische Modelle

Zu 1)

Unter realen Modellen versteht man die Nachbildung realer Gegenstände, die zur Demonstration, also für Zwecke der Anschauung angefertigt werden. Beispiele:

Globus, Landkarte, Modell des Planetensystems, Motorenmodelle usw.

Zu 2)

Ikonische Modelle sind Vorstellungen, die sich der Mensch von etwas Realem macht, wobei zwischen zwei Arten ikonischer Modelle unterschieden wird. Im ersten Fall handelt es sich um eine Idealisierung der Realität.

Beispiele für Modelle dieser Art sind: Massenpunkt, Starrer Körper, Periodischer Vorgang, Lichtstrahl usw.

Diesen Modellen liegen Realitäten zugrunde, die man durch bestimmte Abstraktion und Idealisierung zu Vorstellungen gemacht hat. Obwohl diesen Modellen ebenfalls etwas Reales entspricht, sind sie grundsätzlich von den realen Modellen zu unterscheiden. Zwar kann man sich den "Massenpunkt" als kleine Kugel vorstellen oder den "Lichtstrahl" als genügend dünnes Lichtbündel, jedoch handelt es sich bei diesen Realitäten keinesfalls um Objekte, die konkret "anfassbar" sind.

Die zweite Art ikonischer Modelle hat nur noch eine geringe Beziehung zur Realität. Es sind bloße Vorstellungen, reine Denkmodelle, die entwickelt werden um Unanschauliches anschaulich zu machen.

Beispiele: Lichtwellen, Lichtquanten, Bohrsches Atommodell, wellenmechanisches Atommodell, Elektron usw.

Eine unmittelbare Beziehung zur Realität, sofern man etwas Beobachtbares darunter versteht, ist nicht mehr gegeben.

Zu 3)

Symbolische oder abstrakt-mathematische Modelle sind Gleichungen zwischen Größen, die nicht oder nur zum Teil unmittelbar beobachtet und auch nicht anschaulich gedeutet werden können. Solche Gleichungen werden als Symbole für Sachverhalte aufgefasst und deshalb auch als symbolische Modelle der Wirklichkeit bezeichnet. Ein typisches Beispiel ist die Schrödingergleichung für das Wasserstoffatom.

Häufig existieren für dieselbe Realität verschiedene Modelle. Unzulässig ist dabei die Frage „Welches ist das grundsätzlich bessere Modell?“. Die Güte eines Modells hängt einzig von der Fragestellung an die Realität ab.

Beispiel 1: Globus und Landkarte als Modell der Realität "Erde".

Beispiel 2: Wellenmodell und Teilchenmodell für die Realität "Licht".

Es handelt sich bei diesen beiden Modellen um ikonische Modelle der zweiten Art, d.h. um Erzeugnisse des menschlichen Geistes. Irgendwelche Konsequenzen über die wahre Natur des Lichts dürfen aus diesen Modellen nicht gezogen werden. Nie hat jemand Lichtwellen im Gegensatz zu Wasserwellen gesehen. Es gibt allerdings Beobachtungsergebnisse, die man nicht anders erklären kann als mit der Annahme, dass Licht eine Welle ist. Genau so wenig hat nie jemand Lichtkorpuskeln oder Lichtquanten unmittelbar beobachtet. Aber bestimmte

Versuchsergebnisse bei der Wechselwirkung von Licht und Materie lassen sich nur mit der Vorstellung erklären, dass Licht aus kleinsten Partikeln besteht (Welle -Teilchen -Dualismus).

Beispiel 3: Merkwürdigerweise gilt dieser Dualismus von Welle und Teilchen auch für die Materie. Schnell bewegte Teilchen (Elektronen, Protonen) verhalten sich unter bestimmten Versuchsbedingungen so, dass man sie als "Wellen" auffassen muss. Schrödinger gelang es, für das Wasserstoffatom eine Wellengleichung aufzustellen. Er ordnete den "Materiewellen" eine Amplitude Ψ zu, die man formal als Produkt der Funktion der Zeit und des Ortes auffassen kann.

$$\Psi = \Psi(x, y, z) \cdot f(t)$$

Beispiel für einen Modellbildungsprozess

Schon im Physik-/Chemieunterricht der Sekundarstufe I lässt sich auf einfache Weise das Thema "Festkörper, Flüssigkeiten und Gase" behandeln. Als typische Eigenschaft der drei Aggregatzustände bei konstanter Temperatur kann festgehalten werden:

	Volumen	Form
Festkörper	Unveränderlich	Unveränderlich
Flüssigkeit	Unveränderlich	Veränderlich
Gas	Veränderlich	Veränderlich

Wenn den Schülern die Vorstellungen vom Aufbau der Materie aus Atomen, Molekülen oder Ionen bekannt sind, sollten sie in der Lage sein, die Aggregatzustände bezüglich Volumen und Form durch den Abstand und die Lage der kleinsten Teilchen zu erklären.

	Abstand der kleinsten Teilchen	Lage der kleinsten Teilchen
Festkörper	Unveränderlich	Unveränderlich
Flüssigkeit	Unveränderlich	Veränderlich
Gas	Veränderlich	Veränderlich

Benötigt wird also eine elementare Form des **Atombegriffs**. Piaget und Inhelder kommen zu dem Ergebnis, dass sich die Vorstellungen vom atomistischen Aufbau der Körper zusammen mit der Bildung der Begriffe von der Erhaltung der Materie, des Gewichts und des Volumens in mehreren Stadien entwickelt. In einem ersten Stadium haben Kinder keinerlei Vorstellungen von der Erhaltung dieser Größen und keine Beziehung zu einem atomistischen Schema.

Ab 7 bis 8 Jahre:

In einem zweiten Stadium bilden sich in gegenseitiger Abhängigkeit ein Erhaltungsbegriff der Materie und eine atomare Vorstellung heraus. Beim aufgelösten Zucker nehmen die Kinder an, dass er das Gewicht verliere und aufhöre, den ganzen Platz im Wasser zu belegen, dass er aber fortfahre als Materie zu existieren.

Ab 9 bis 10 Jahre:

Dieses Stadium ist durch die Erhaltung des Gewichts gekennzeichnet, aber noch nicht durch die Erhaltung des Volumens. Der Kaffee mit aufgelöstem Zucker hat dasselbe Gewicht wie vor der Auflösung des Zuckers, d.h. die kleinen unsichtbaren Körner behalten ihr Gewicht.

Ab 11 bis 12 Jahre:

Die vierte Etappe ist durch das Erscheinen der Volumenerhaltung gekennzeichnet. Das Niveau des gezuckerten Kaffees darf nach der Auflösung nicht wieder absinken, da jedes unsichtbare Korn in der Flüssigkeit einen elementaren Platz beansprucht. Die Summe dieser Räume entspricht also dem ursprünglichen Zuckervolumen. Man stellt dabei ein Schema fest, das den Beginn des systematischen Atomismus ankündigt.

Als einfachstes Modell für einen aus Teilchen aufgebauten Festkörper kann man sich die Vorstellung des "Gitters" machen. Die Teilchen sind in festem Abstand und in unveränderlicher Lage miteinander verbunden. Das einfachste Modell der Flüssigkeit wäre ein Gefäß mit leicht gegeneinander verschiebbaren Kugeln. Ein Gas kann man sich als Teilchenmenge vorstellen, die sich wie ein Mückenschwarm bewegt.

Nach den Griechen war es 1808 Dalton, der die Teilchenvorstellung als Erklärung zum Aufbau der Materie wieder aufgriff. Er wollte damit das verschieden große Lösungsvermögen von Flüssigkeiten auf Gase übertragen.

Bekannter ist allerdings die Erklärung für ein anderes Phänomen:

Verbinden sich zwei Stoffe A und B miteinander, dann bleibt das Massenverhältnis A : B konstant.

Das Daltonsche Atommodell besitzt wie jedes Modell Grenzen, die auch bei einer entsprechenden Erweiterung Vorstellungen über bestimmte Erscheinungen nicht zulassen. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ließen sich Versuche zur Elektrolyse, zu Kathodenstrahlen sowie zur Radioaktivität mit dem Daltonschen Atommodell nicht mehr erklären.

Mit dem Thomsonschen Atommodell wurde die Vorstellung eingeführt, dass bei einem Atom kleine negativ geladene Teilchen (Elektronen) in Kugeln eingelagert sind, die gleichmäßig mit Masse und positiver Ladung gefüllt sind. Als anschaulicher Vergleich für dieses Atommodell kann man ein Rosinenbrötchen heranziehen.

Der Rutherford'sche Streuversuch führte zu der Vorstellung, dass ein Atom aus einem vergleichsweise winzigen positiv geladenen Kern besteht, um den in relativ großem Abstand die negativ geladenen Elektronen kreisen. Der größte Teil des Raums, den das Atom einnimmt, ist nach diesem Modell leer.

Das Bohrsche Atommodell und seine Erweiterung zum Bohr -Sommerfeld -Modell kann man wiederum als Verfeinerung des Rutherfordmodells ansehen.

Einen ganz neuen Denkansatz bezüglich der Atomistik brachte das wellenmechanische Atommodell.

Erfahrung	Denken in Modellen
Gesetz der festen Massenverhältnisse Gesetz der vielfachen Massenverhältnisse	Atommodell von Dalton
Versuche zur Wärmelehre	Atommodell von Dalton und kinetische Wärmetheorie
Elektrolyse, Kathodenstrahlen, Radioaktivität	Atommodell von Thomson
Streuversuch von Rutherford	Atommodell von Rutherford
Spektralanalyse, Balmer-Formel	Atommodell von Bohr
Feinstruktur der Spektrallinien	Atommodell von Bohr-Sommerfeld
Versuche zur "Beugung" und "Interferenz" von Teilchenstrahlen	Wellmechanisches Atommodell

Unter Berücksichtigung des oben beschriebenen Entwicklungsstands der SchülerInnen wird die Thematisierung des Begriffs „Modell“ am Geschwister-Scholl-Gymnasium Winterberg und Medebach in folgenden Klassenstufen und Fächern festgeschrieben.

Klasse	Fächer	Unterrichtsinhalte
5	Bi	Der Mensch (reale Modelle: Skelett, Herz usw.)
6	Ph	Vergleich elektrischer Stromkreis mit einem Wasserstromkreis Licht und Schatten (ikonisches Modell: Lichtstrahl)
7	Ch	Aggregatzustände, Teilchenvorstellung
8	Ph	Kern-Hülle-Modell des Atoms
9	Ch	Schalenmodell des Atoms, Periodensystem, Bindungsarten
Ober- stufe	Ph	Vergleich optische Wellen mit mechanischen Wellen

Jahrgangsstufe 6

Inhaltsfelder/Fachlicher Kontext	Konzeptbezogene Kompetenzen Basiskonzepte	Prozessbezogene Kompetenzen
<p>6.1 Elektrizität</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sicherer Umgang mit Elektrizität • Stromkreise • Leiter und Isolatoren • UND - , ODER - und Wechselschaltung • Dauermagnete und Elektromagnete • Nennspannungen von elektrischen Quellen und Verbrauchern • Wärmewirkung des elektrischen Stroms, Sicherung • Einführung der Energie über Energiewandler und Energietransportketten <p>Fachlicher Kontext: Elektrizität im Alltag</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schülerinnen und Schüler experimentieren mit einfachen Stromkreisen • Was der Strom alles kann (Geräte im Alltag) • Schülerinnen und Schüler untersuchen ihre eigene Fahrradbeleuchtung • Ohne Energie läuft gar nichts ! • Messgeräte erweitern die Wahrnehmung 	<p>Die Schülerinnen und Schüler sollen...</p> <p>Basiskonzept „System“</p> <ul style="list-style-type: none"> • an Beispielen erklären, dass das Funktionieren von Elektrogeräten einen geschlossenen Stromkreis voraussetzt. • den Energiefluss in Stromkreisen beschreiben. • einfache elektrische Schaltungen planen und aufbauen. <p>Basiskonzept „Energie“</p> <ul style="list-style-type: none"> • an Vorgängen aus ihrem Erfahrungsbereich Speicherung, Transport und Umwandlung von Energie aufzeigen. • in Transportketten Energie halbquantitativ bilanzieren und dabei die Idee der Energieerhaltung zugrunde legen. • an Beispielen zeigen, dass Energie, die als Wärme in die Umgebung abgegeben wird, in der Regel nicht weiter genutzt werden kann. <p>Basiskonzept „Wechselwirkung“</p> <ul style="list-style-type: none"> • beim Magnetismus erläutern, dass Körper ohne direkten Kontakt eine anziehende oder abstoßende Wirkung aufeinander ausüben können. • an Beispielen aus ihrem Alltag verschiedene Wirkungen des elektrischen Stroms aufzeigen und unterscheiden. • geeignete Maßnahmen für den sicheren Umgang mit elektrischem Strom beschreiben. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • beobachten und beschreiben Phänomene und Vorgänge und unterscheiden dabei Beobachtung und Erklärung (z.B. Magnetismus). • stellen Hypothesen auf, planen geeignete Untersuchungen und Experimente zur Überprüfung, führen sie unter Beachtung von Sicherheitsaspekten durch und werten sie unter Rückbezug auf die Hypothesen aus (z.B. Leiter und Isolatoren). • tauschen sich über physikalische Erkenntnisse und deren Anwendungen unter angemessener Verwendung der Fachsprache und fachtypischer Darstellungen aus (z.B. Schaltskizzen), kommunizieren ihre Standpunkte physikalisch korrekt und reflektieren ihre Arbeit auch als Team (z.B. Schülerübungen zum Thema Stromkreise). • stellen Anwendungsbereiche dar, in denen physikalische Kenntnisse bedeutsam sind (z.B. UND - bzw. ODER Schaltung bei Computern). • beurteilen an Beispielen Maßnahmen und Verhaltensweisen zur Erhaltung der eigenen Gesundheit (z.B. Gefahren des elektrischen Stroms). • benennen und beurteilen Aspekte der Auswirkungen der Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse in gesellschaftlichen und historischen Zusammenhängen (z.B. eine Gesellschaft ohne Strom). • beschreiben und beurteilen die Auswirkung menschlicher Eingriffe in die Umwelt (z.B.

		<p>Energieerzeugung - Kraftwerke).</p> <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben den Aufbau einfacher technischer Geräte und deren Wirkungsweise (z.B. Glühlampe).
<p>6.2 Temperatur und Energie, elementare Himmelsbeobachtungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermometer, Temperaturmessung • Volumen- und Längenänderung bei Erwärmung und Abkühlung • Aggregatzustände (Teilchenmodell) • Energieübergang zwischen Körpern verschiedener Temperatur • Sonnenstand <p>Fachlicher Kontext: Sonne – Himmel – Jahreszeiten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Was sich mit der Temperatur alles ändert • Leben bei verschiedenen Temperaturen • Die Sonne – unsere wichtigste Energiequelle • Orientierung am Himmel 	<p>Basiskonzept „Energie“</p> <ul style="list-style-type: none"> • an Beispielen energetische Veränderungen an Körpern (Temperaturänderung, Verformung, Bewegungsänderung, ...) und die mit ihnen verbundenen Energieübertragungsmechanismen einander zuordnen. <p>Basiskonzept „Struktur der Materie“</p> <ul style="list-style-type: none"> • an Beispielen beschreiben, dass sich bei Stoffen die Aggregatzustände durch Aufnahme bzw. Abgabe von thermischer Energie (Wärme) verändern. • Aggregatzustände, Aggregatzustandsübergänge auf der Ebene einer einfachen Teilchenvorstellung beschreiben. <p>Basiskonzept „System“</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Entstehung von Tag und Nacht sowie den Wechsel der Jahreszeiten durch periodische Vorgänge in unserem Sonnensystem erklären. 	<ul style="list-style-type: none"> • führend qualitative und einfache quantitative Experiment durch und protokollieren diese (z.B. Temperaturmessungen). • dokumentieren die Ergebnisse ihrer Tätigkeit in Tabellen und/oder Diagrammen und veranschaulichen die Daten mit mathematischen Gestaltungsmitteln (z.B. Zeit – Temperatur – Kurven im Koordinatensystem).
<p>6.3 Das Licht und der Schall</p> <ul style="list-style-type: none"> • Licht und Sehen • Lichtquellen und Lichtempfänger • geradlinige Ausbreitung des Lichts, Schatten, Mondphasen • Schallquellen und Schallempfänger • Reflektion, Spiegel 	<p>Basiskonzept „Wechselwirkung“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bildentstehung mit der geradlinigen Ausbreitung des Lichts erklären. • Schwingungen als Ursachen von Schall und Hören als Aufnahme von Schwingungen durch das Ohr identifizieren. • geeignete Schutzmaßnahmen gegen die Gefährdung durch Schall und Strahlung nennen. 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen Zusammenhänge zwischen physikalischen Sachverhalten und Alltagserscheinungen her und grenzen Alltagsbegriffe von Fachbegriffen ab (z.B. geradlinige Ausbreitung des Lichts) • beschreiben, veranschaulichen und erklären physikalische Sachverhalte mit Hilfe von Modellen und beurteilen und bewerten Modelle kritisch hinsichtlich ihrer Grenzen und ihrer Anwendbarkeit (z.B. Modell Lichtstrahl).

<ul style="list-style-type: none"> • Schallausbreitung • Tonhöhe und Lautstärke <p>Fachlicher Kontext: Sehen und Hören</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sicher im Straßenverkehr - Augen und Ohren auf! • Sonnen- und Mondfinsternis • Physiker mach Musik • „Um die Ecke hören, sehen“ 	<p>Basiskonzept „System“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundphänomene der Akustik nennen. • Auswirkung von Schall auf Menschen im Alltag erläutern. 	<ul style="list-style-type: none"> • erkennen und entwickeln Fragestellungen, die mit Hilfe physikalischer und anderer Kenntnisse und Untersuchungen zu beantworten sind (z.B. Spiegelbild - Reflektion). • nutzen physikalisches Wissen zum Bewerten von Risiken im Alltag und bei modernen Technologien (z.B. Schallschutz). • beurteilen Maßnahmen und Verhaltensweisen zur Erhaltung der eigenen Gesundheit (z.B. Sicherheit im Straßenverkehr).
--	---	--

Jahrgangsstufe 8

Inhaltsfelder/Fachlicher Kontext	Konzeptbezogene Kompetenzen Basiskonzepte	Prozessbezogene Kompetenzen
<p>8.1 Optische Instrumente, Farbzerlegung des Lichts</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau und Bildentstehung beim Auge – Funktion der Augenlinse • Lupe als Sehhilfe, Fernrohr • Brechung, Reflexion, Totalreflexion und Lichtleiter • Zusammensetzung des weißen Lichts <p>Fachlicher Kontext: Optik hilft dem Auge auf die Sprünge</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mit optischen Instrumenten „Unsichtbares“ sichtbar gemacht • Lichtleiter in Medizin und Technik 	<p>Die Schülerinnen und Schüler sollen ...</p> <p>Basiskonzept „Struktur der Materie“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stoffe hinsichtlich ihres Verhaltens gegenüber dem Licht unterscheiden <p>Basiskonzept „System“</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Funktion von Linsen für die Bildentstehung und den Aufbau einfacher optischer Systeme beschreiben. • mit einer Lupe sowie einem Okular den Sehwinkel vergrößern (Mikroskop, Teleskop). • Lichtleiter (Endoskop, Beleuchtungssysteme) und optische Geräte (Lupe, Mikroskop, Teleskop) hinsichtlich ihres Nutzens für Mensch und Gesellschaft und ihre Auswirkungen auf die 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • bestimmen experimentell die Brechung von Licht beim Übergang von Luft in Plexiglas und protokollieren ihre Ergebnisse. • beschreiben anhand einer Tabelle den Zusammenhang zwischen Brechung und Einfallswinkel und lesen ab, ab welchem Winkel Totalreflexion auftritt. • zeichnen den Strahlengang des Lichts an der Grenzfläche zweier Medien bei gegebenem Einfallswinkel. • recherchieren Informationen über den Einsatz von Lichtleitern in Technik oder Medizin und präsentieren ihre Ergebnisse anschaulich (z.B. anhand einer Power-Point-Präsentation).

<ul style="list-style-type: none"> • Die Welt der Farben • Die großen Sehhilfen: Teleskope und Spektroskope 	<p>Umwelt beurteilen.</p> <p>Basiskonzept „Wechselwirkung“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Absorption und Brechung von Licht beschreiben. • das Phänomen der Totalreflexion erläutern. • die Erwärmung von Körpern u.a. durch die Absorption der Sonnenstrahlung erklären. • „weißes“ Licht mit Hilfe eines Prismas in seine farbigen Bestandteile zerlegen. • Infrarot - , Licht-, und Ultraviolettstrahlung unterscheiden und anhand von Beispielen ihre Wirkung beschreiben. • die Gefahren der UV-Strahlung erkennen. 	<ul style="list-style-type: none"> • zeichnen den Strahlengang durch eine Sammellinse und benennen die drei ausgezeichneten Strahlen (Parallelstrahl, Brennpunktstrahl und Mittelpunktstrahl). • beschreiben den Einfluss von Gegenstandsweite und Brennweite der Linse auf Bildgröße und Bildweite. • beschreiben den Aufbau des menschlichen Auges sowie die Bildentstehung auf der Netzhaut und erläutern die Anpassung des Auges an unterschiedliche Gegenstandsweiten. • erklären die Korrektur von Kurz- und Weitsichtigkeit mit Hilfe einer Sammel- bzw. Zerstreuungslinse. • erklären, warum Lupen das Bild eines Gegenstandes auf der Netzhaut vergrößern. • ermitteln die Brennweite verschiedener Sammellinsen / Lupen und beschreiben ihre Vorgehensweise. • beschreiben den Aufbau eines optischen Geräts sowie den Strahlenverlauf durch die Linsen des Geräts (Fotoapparat, Diaprojektor oder Mikroskop). • beschreiben ihre Beobachtungen beim Durchgang von weißem Licht durch ein Prisma. • kennen den Begriff der Spektralfarben und nennen diese in der richtigen Reihenfolge. • erläutern die Entstehung eines Regenbogens. • nennen die wesentlichen Eigenschaften von infrarotem und ultraviolettem Licht und beschreiben geeignete Nachweismethoden. • erläutern das Prinzip der additiven und der subtraktiven Farbmischung und bestimmen (z. B. anhand einer Farbtafel) die aus der Mischung verschiedener Farben entstehende Farbe. • recherchieren Informationen zur Dreifarbentheorie des Sehens und stellen ihre
---	---	---

		<p>Ergebnisse anschaulich dar (z. B. anhand von Lernplakaten).</p> <ul style="list-style-type: none"> • zeichnen und beschreiben des Aufbau eines astronomischen (keplerschen) Fernrohres. • bauen mit zwei Sammellinsen das Modell eines Fernrohres auf. • recherchieren Informationen zu modernen Spiegelteleskopen sowie zu damit sichtbaren weit entfernten Himmelsobjekten und präsentieren ihre Ergebnisse anschaulich (z. B. anhand einer Power-Point-Präsentation). • beschreiben die Linienspektren von Gasen und das kontinuierliche Spektrum der Sonne.
--	--	--

Inhaltsfelder/Fachlicher Kontext	Konzeptbezogene Kompetenzen Basiskonzepte	Prozessbezogene Kompetenzen
<p>8.2 Elektrizität</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einführung von Stromstärke und Ladung • Eigenschaften von Ladungen, elektrische Quelle und elektrischer Verbraucher • Unterscheidung und Messung von Spannungen und Stromstärken • Reihen- und Parallelschaltungen • Elektrischer Widerstand, Ohm'sches Gesetz <p>Fachlicher Kontext: Elektrizität – messen, verstehen, anwenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektroinstallationen und Sicherheit im Haus • Autoelektrik • Hybridantrieb 	<p>Die Schülerinnen und Schüler sollen ...</p> <p>Basiskonzept „Energie“</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Spannung als Voraussetzung für den Stromfluss und damit für die Übertragung von Energie benennen. • die Gewinnung elektrischer Energie durch Umwandlung aus anderen Energieformen erläutern. • beschreiben, dass in elektrischen Bauteilen und Geräten (z.B. Glühlampe) elektrische Energie in andere Energieformen (z.B. Licht, Wärmeenergie) umgewandelt wird. <p>Basiskonzept „Struktur und Materie“</p> <ul style="list-style-type: none"> • verschiedene Stoffe bezüglich ihrer elektrischen Leitfähigkeit vergleichen. • die elektrischen Eigenschaften von Stoffen mit Hilfe des Kern-Hülle-Modells erklären. • elektrische Felder als Form der Materie mit dem 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben den Aufbau eines Atoms mit Hilfe des Kern-Hülle-Modells. • erläutern, wann Körper positiv bzw. negativ geladen sind und kennen Möglichkeiten, Körper aufzuladen. • kennen Möglichkeiten, Ladungen nachzuweisen (Glimmlampe, Elektroskop). • beschreiben, wie gleichnamig und ungleichnamig geladene Körper aufeinander reagieren und schließen umgekehrt aus der Reaktion auf die Ladung eines Körpers. • erklären das Phänomen der Influenz anhand eines geeigneten Versuchs. • nennen Formelzeichen und Einheit der Ladung sowie die Definition von 1 C. • führen einfache Berechnungen zur Ladungsmenge durch. • erklären die Entstehung von Blitz und Donner.

	<p>Modell „Feldlinienbild“ beschreiben.</p> <p>Basiskonzept „System“</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Spannung als Indikator für durch Ladungstrennung gespeicherte Energie beschreiben. • den quantitativen Zusammenhang von Spannung, Ladung und gespeicherter bzw. umgesetzter Energie zur Beschreibung energetischer Vorgänge in Stromkreisen nutzen. • die Beziehung von Spannung, Stromstärke und Widerstand in elektrischen Schaltungen beschreiben und anwenden. <p>Basiskonzept „Wechselwirkung“</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Stärke des elektrischen Stroms zu seinen Wirkungen in Beziehung setzen und die Funktionsweise einfacher elektrischer Geräte darauf zurückführen. 	<ul style="list-style-type: none"> • nennen und erläutern Möglichkeiten, sich vor Blitzeinschlägen zu schützen (u. a. faradayscher Käfig). • Zeichnen die Feldlinienbilder von Ladungen verschiedener Form (Kugel, Plattenkondensator ...). • veranschaulichen die Vorgänge im elektrischen Stromkreis mit Hilfe des Modells „Wasserstromkreis“. • nennen Formelzeichen und Einheit der Stromstärke und erläutern, wie 1 A definiert ist. • beschreiben den Aufbau und das Wirkungsprinzip eines Gerätes zur Messung der Stromstärke (z. B. Drehspulinstrument). • können mit Stromstärkemessgeräten umgehen und führen Messungen der Stromstärke durch. • beschreiben und erklären verschiedene Maßnahmen zur Vermeidung von Kurzschluss und Überlastung und der Vermeidung von Stromunfällen bei der Hausinstallation. • erläutern die Verhaltensregeln bei einem Stromunfall. • erklären, was man unter elektrischer Spannung versteht. • nennen Formelzeichen und Einheit der Spannung. • können mit Spannungsmessgeräten umgehen und führen Messungen der Spannung durch. • berechnen in Reihen- und Parallel-schaltungen die Gesamtspannung aus den Einzelspannungen mehrerer elektrischer Quellen. • planen ein Experiment zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Spannung und Stromstärke und stellen die Messergebnisse anschaulich dar. • mathematisieren ihre Versuchsergebnisse. • nennen das Formelzeichen und die Einheit des
--	---	---

		<p>Widerstandes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • interpretieren verschiedene U-I-Kennlinien und entscheiden, ob das ohmsche Gesetz gilt. • berechnen den Widerstand eines Leiters. • beschreiben verschiedene technische Widerstände. • recherchieren Informationen über die Anwendung von Widerständen als Sensoren und präsentieren ihre Ergebnisse anschaulich (z. B. mit Hilfe eines Lernplakates). • berechnen die Stromstärke in unverzweigten und verzweigten Stromkreisen. • berechnen die Spannung in unverzweigten und verzweigten Stromkreisen. • berechnen den Widerstand bei der Reihenschaltung und bei der Parallelschaltung zweier Widerstände. • wenden ihr Wissen auf eine Fragestellung der Autoelektrik an, führen weitergehende Experimente bzw. Recherchen durch und präsentieren ihre Ergebnisse anschaulich (Experiment und Vortrag, Lernplakat ...).
--	--	--

Inhaltsfelder/Fachlicher Kontext	Konzeptbezogene Kompetenzen Basiskonzepte	Prozessbezogene Kompetenzen
<p>8.3 Kraft</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geschwindigkeit • Kraft als vektorielle Größe • Zusammenwirkung von Kräften • Gewichtskraft und Masse • Hebel und Flaschenzug <p>Fachlicher Kontext: Werkzeuge und Maschinen erleichtern die Arbeit</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einfache Maschinen: Kleine Kräfte, lange 	<p>Die Schülerinnen und Schüler sollen ...</p> <p>Basiskonzept „Struktur der Materie“</p> <ul style="list-style-type: none"> • erkennen, dass Körper aus Stoffen und Stoffe aus Teilchen bestehen. • Eigenschaften von Materie mit Hilfe eines angemessenen Atommodells deuten. • Reibung, Druck und Erhöhung der inneren Energie mit dem Atommodell beschreiben. • die Dichte als Stoffeigenschaft charakterisieren. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • nennen verschiedene Arten von Kräften. • beschreiben die Wirkungen von Kräften. • nennen Formelzeichen und Einheit der Kraft. • beschreiben den Aufbau und das Wirkungsprinzip eines Federkraftmessers. • stellen Kräfte mit Hilfe von Pfeilen dar. • addieren Kräfte zeichnerisch. • zerlegen Kräfte zeichnerisch in ihre Komponenten.

<p>Wege</p> <ul style="list-style-type: none"> • 100 m in 10 Sekunden (Physik und Sport) 	<p>Basiskonzept „System“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ruhe und Bewegung in Abhängigkeit vom jeweiligen System (Bezugskörper) betrachten. • „technische“ Geräte (Hebel, Rolle, Flaschenzug, geneigte Ebene) hinsichtlich ihres Nutzen für Mensch und Gesellschaft beurteilen. <p>Basiskonzept „Wechselwirkung“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bewegungsänderung oder Verformung von Körpern auf das Wirken von Kräften zurückführen. • Kraft und Geschwindigkeit als vektorielle Größen erkennen. • die Bewegung eines Körpers in Abhängigkeit von der auf ihn wirkenden Kraft beschreiben. • die Wirkungsweisen und die Gesetzmäßigkeiten von Kraftwandlern an Beispielen erläutern. • die Beziehung und den Unterschied zwischen Masse und Gewichtskraft verdeutlichen. 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern den Unterschied zwischen Masse und Gewichtskraft. • beschreiben und erklären das Funktions-prinzip verschiedener Waagen. • berechnen die Gewichtskraft , die auf verschiedene Körper auf unterschiedlichen Planeten wirkt. • erklären, welche Auswirkungen eine geringere Gewichtskraft (wie z. B. auf dem Mond) auf einen Menschen hat. • unterscheiden die verschiedenen Arten der Reibung. • nennen Beispiele für erwünschte und unerwünschte Reibung. • begründen, warum Hebel Kraftwandler sind. • erklären den Unterschied zwischen einseitigen und zweiseitigen Hebeln. • nennen Beispiele für die Anwendung von einseitigen und zweiseitigen Hebeln. • berechnen Drehmomente. • nennen das Hebelgesetz und wenden es an. • beschreiben den Einfluss von festen und losen Rollen bzw. von Flaschenzügen auf Angriffspunkt, Richtung und Betrag von Kräften. • bestimmen die aufzuwendende Kraft (Zugkraft) bei verschiedenen Rollenkombinationen / Flaschenzügen. • bestimmen die Länge des einzuholenden Seils (Zugweg), wenn eine Last um eine bestimmte Strecke s angehoben werden soll.
---	---	--

Jahrgangsstufe 9

Inhaltsfelder/Fachlicher Kontext	Konzeptbezogene Kompetenzen Basiskonzepte	Prozessbezogene Kompetenzen
<p>9.1 Druck, Mechanische Arbeit und Leistung, Energie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dichte der Stoffe • Druck • Auftrieb in Flüssigkeit <ul style="list-style-type: none"> • Mechanische Arbeit und Energie • Energieerhaltung • Mechanische Leistung • Anwendung der Hydraulik • Tauchen in Natur und Technik <p>Fachlicher Kontext:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tauchen in Natur und Technik 	<p>Die Schülerinnen und Schüler sollen ...</p> <p>Basiskonzept „Wechselwirkung“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Druck als physikalische Größe quantitativ erfassen. • Schweredruck und Auftrieb formal beschreiben und in Beispielen anwenden. • die Abhängigkeit des Schweredrucks von der Eintauchtiefe und der Dichte des Stoffes erkennen. • die Auftriebskraft mit der Gewichtskraft der verdrängten Flüssigkeit gleichsetzen. <p>Basiskonzept „Energie“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energie als Fähigkeit eines Körpers mechanische Arbeit zu verrichten, Wärme abzugeben oder Licht auszusenden charakterisieren. • die an einem Körper oder von einem Körper verrichtete Arbeit mit der Änderung seiner Energie gleichsetzen. • Lageenergie und kinetische Energie formal beschreiben und für Berechnungen nutzen. • in Anwendungszusammenhängen komplexere Vorgänge energetisch beschreiben und Umwandlungsprozesse erkennen und darstellen. • Höhenunterschiede, Druckdifferenzen und Spannungen als Voraussetzungen für und als Folge von Energieübertragung an Beispielen aufzeigen. • die Energieerhaltung als ein Grundprinzip des 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • wenden die Formel zur Berechnung der Dichte an und stellen diese nach Masse und Volumen um. • beschreiben, von welchen Größen der Schweredruck in einer Flüssigkeit abhängt und von welchen gerade nicht (hydrostatisches Paradoxon) und können diesen Sachverhalt an geeigneten Beispielen veranschaulichen. • Wenden die Formel zur Berechnung des Schweredrucks an. • nennen Beispiele für hydraulische Anlagen und erläutern, weshalb mit Hydraulik Kraft gespart wird. • Wenden die Formel zur Berechnung des Kolbendrucks an. • beschreiben des Luftdruck als Schweredruck der Luft. • beschreiben das Experiment von Torricelli zur Ermittlung des Luftdrucks. • lesen Wetterkarten und beschreiben die Luftströmungen zwischen Hoch- und Tiefdruckgebieten. • beschreiben des Aufbau verschiedener Druckmessgeräte (Dosenbarometer, Manometer) und erklären ihre Funktionsweise. • erklären die geringere Kraft auf einen Körper in einer Flüssigkeit mit der der Gewichtskraft entgegengesetzt gerichteten Auftriebskraft. • beschreiben des Zusammenhang zwischen der Auftriebskraft und der Gewichtskraft der erdrängten Flüssigkeit (archimedisches Gesetz). • wenden die Formel zur Berechnung der

	<p>Energiekonzepts erläutern und sie zur quantitativen energetischen Beschreibung von Prozessen nutzen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Notwendigkeit zum Energiesparen sowie Möglichkeiten dazu aus ihrem persönlichen Umfeld erläutern. 	<p>Auftriebskraft an.</p> <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und erklären das Experiment des Archimedes, um herauszufinden, ob die Krone des Königs aus reinem Gold bestand. • entscheiden sowohl anhand der Dichten als auch anhand von Auftriebskraft und Gewichtskraft, ob ein Körper sinkt, schwebt, steigt oder schwimmt. • beschreiben die Arbeit als Produkt aus Kraft und Weg unter der Bedingung, dass die Kraft konstant ist und in Richtung des Weges wirkt. • begründen Aussagen über die verrichtete Arbeit bei einfachen Maschinen (z.B. Flaschenzug). • berechnen die Kraft bzw. den zurück gelegten Weg anhand der Arbeit. • bewerten Aussagen zur Arbeit beim Überwinden einer Höhendifferenz (Wandern) und beim Schieben einer Kiste auf ebener Unterlage. • verknüpfen die Begriffe Arbeit und Energie über den Zusammenhang zwischen der an einem Körper oder von einem Körper verrichteten Arbeit und der Änderung seiner Energie. • unterscheiden zwischen verschiedenen mechanischen Energieformen und dokumentieren Energieumwandlungsprozesse. • beschreiben abgeschlossene mechanische Systeme über die Energieerhaltung. • benennen Energieformen aus ihrem Erfahrungsbereich und deuten die jeweiligen Energieumwandlungen. • beurteilen die Leistung eines Geräts, einer Anlage oder eines Lebewesens nach dem Kriterium, wie schnell wird Energie umgesetzt bzw. Arbeit verrichtet. • definieren die Leistung als Quotient aus umgesetzter Energie und Zeit bzw. Arbeit und Zeit. • recherchieren Leistungen in Natur und Technik
--	---	--

		<p>und stellen die Ergebnisse in einer Tabelle zusammen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • benutzen ihre Kenntnisse über Arbeit, Energie und Leistung um Sachprobleme zu mathematisieren und Lösungen aufzuzeigen.
--	--	--

Inhaltsfelder/Fachlicher Kontext	Konzeptbezogene Kompetenzen Basiskonzepte	Prozessbezogene Kompetenzen
<p>9.2 Elektromagnetismus, elektrische Energie und Leistung, innere Energie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Magnetfelder stromdurchflossener Leiter • Kräfte auf stromdurchflossene Leiter • Induktionsgesetz • Elektromotor, Generator, Transformator • Energie und Leistung in der Elektrik • Energieumwandlung, Energieerhaltung • Innere Energie, Wirkungsgrad, Energieentwertung <p>Fachlicher Kontext: Effiziente Energienutzung - eine wichtige Zukunftsaufgabe der Physik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Strom für zu Hause • Das Blockheizkraftwerk • Energiesparhaus • Verkehrssysteme und Energieeinsatz 	<p>Die Schülerinnen und Schüler sollen ...</p> <p>Basiskonzept „Energie“</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Zuführung von Wärme oder die Abgabe von Wärme an die Umgebung als Änderung der inneren Energie eines Körpers erkennen. • darstellen, dass die Änderung der inneren Energie eines Körpers mit der Verrichtung von Arbeit verbunden sein kann. • die Möglichkeit der Änderung der inneren Energie eines Körpers durch mechanische Arbeit aufzeigen. • erkennen, dass es nicht möglich ist, innere Energie vollständig in eine andere Energieform umzuwandeln (Energieentwertung). • an Beispielen Energiefluss und Energieentwertung quantitativ darstellen. • Temperaturdifferenzen als Voraussetzung für und als Folge von Energieübertragung an Beispielen aufzeigen. • die durch den elektrischen Strom transportierte Energie formal beschreiben und für Berechnungen nutzen. • die elektromagnetische Induktion als Umwandlung von mechanischer Energie in elektrische Energie (Generator) beschreiben. • die Umwandlung von elektrischer Energie in mechanische Energie (Elektromotor) erläutern. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • planen und strukturieren Experimente zur Untersuchung des Magnetfelds eines stromdurchflossenen Leiters bzw. einer Spule. • planen und führen ein Experiment durch, mit denen sie Aussagen über die Stärke eines Elektromagneten machen können. • veranschaulichen Magnetfelder mit Hilfe von Feldlinienbildern. • schließen aus den Feldlinienbildern auf die Art und Form des Magneten. • erkennen die Kraftwirkung auf einen stromdurchflossenen Leiter innerhalb eines Magnetfeldes. • nutzen die Rechte – Hand – Regel zur Beschreibung der Krafrichtung. • beschreiben den Aufbau eines Gleichstrommotors und erklären seine Wirkungsweise. • charakterisieren den Elektromotor als Energiewandler. • erstellen eine Tabelle mit Geräten die einen Elektromotor besitzen und erläutern die Funktion dieser Geräte. • formulieren das Induktionsgesetz. • messen die induzierte Spannung bei sich verändernden Parametern. • wenden die Rechte – Hand – Regel (Ursache,

	<ul style="list-style-type: none"> • Energieerhaltung als Grundprinzip des Energiekonzepts zur quantitativen energetischen Beschreibung von Prozessen nutzen. • die Verknüpfung von Energieerhaltung und Energieentwertung in Prozessen aus Natur und Technik (z.B. in Fahrzeugen, Wärmekraftmaschinen, Kraftwerken usw.) erkennen und beschreiben. • in Anwendungszusammenhängen komplexere Vorgänge energetisch beschreiben und dabei Speicherungs-, Transport- und Umwandlungsprozesse erkennen und darstellen. • beschreiben, dass die Energie die wir nutzen, aus sich erschöpfenden Energiequellen oder aus regenerativen Quellen genutzt werden kann. • verschiedene Möglichkeiten der Energiegewinnung, Energieaufbereitung und Energienutzung unter physikalisch-technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Aspekten vergleichen und bewerten. • Energiegewinnung im Hinblick auf gesellschaftliche Relevanz und Akzeptanz diskutieren. • die Notwendigkeit zum Energiesparen begründen und Möglichkeiten zur Energieeinsparung erläutern. <p>Basiskonzept „System“</p> <ul style="list-style-type: none"> • erkennen, dass in einem abgeschlossenen System die Gesamtenergie erhalten bleibt. • beschreiben, dass in einem abgeschlossenen System zwischen Körpern mit unterschiedlicher Temperatur Wärmeübertragung stattfindet und dass sich dabei die innere Energie dieser Körper verändert. 	<p>Vermittlung, Wirkung) auf die elektromagnetische Induktion an.</p> <ul style="list-style-type: none"> • nutzen ihre erworbenen Kenntnisse um den Aufbau, die Wirkungsweise und die Energieumwandlung eines Wechselstromgenerators zu beschreiben. • erklären die Wirkungsweise eines Induktionsherdes und recherchieren im Internet Vorteile bzw. Nachteile des Geräts im Vergleich zu herkömmlichen Herden. • beschreiben die Vorgänge bei der so genannten „Nutzbremsung“ eines mit einem Elektromotor angetriebenen Schienenfahrzeugs. • führen qualitative und quantitative Experimente zum Transformator durch (Planung, Durchführung, Messprotokoll, Auswertung, Verallgemeinerung). • analysieren die Bedingungen bei denen mit einem Transformator eine große Wechselspannung bzw. ein großer Wechselstrom erzeugt werden können. • beurteilen die Gefahren, die mit der Anwendung von Hochspannungs- bzw. Hochstromtransformatoren verbunden sind. • beschreiben den Aufbau eines Stromverbundnetzes. • deuten über Proportionalitäten die elektrische Energie als Produkt aus Spannung, Stromstärke und Zeit sowie die elektrische Leistung als Produkt aus Spannung und Stromstärke. • mathematisieren Sachprobleme zum Thema elektrische Energie und Leistung, entwickeln Lösungsstrategien und wenden diese an. • vergleichen tabellarisch verschiedene elektrische Leistungen in der Technik. • erläutern Angaben auf Typenschildern bei elektrischen Geräten.
--	--	--

	<ul style="list-style-type: none"> • die umgesetzte Energie und Leistung in elektrischen Stromkreisen aus Spannung und Stromstärke bestimmen. • den Zusammenhang von Spannung, Ladung und gespeicherter bzw. umgesetzter Energie zur Beschreibung energetischer Vorgänge in Stromkreisen nutzen. • erläutern, dass in Spulen innerhalb eines sich verändernden Magnetfeldes eine Spannung induziert wird. • die Funktionsweise von Wärmekraftmaschinen, Generatoren und Motoren erklären. • den Aufbau von Systemen (z.B. Kraftwerke, Energieversorgungssysteme) beschreiben und die Funktionsweise ihrer Komponenten erklären. • Energieflüsse in den o.g. Systemen beschreiben. • Wärmekraftmaschinen, elektrische Geräte und Kraftwerke unter Berücksichtigung von Nutzen, Gefahren und Belastung der Umwelt vergleichen, bewerten und ggf. Alternativen aufzeigen. <p>Basiskonzept „Wechselwirkung“</p> <ul style="list-style-type: none"> • erkennen, dass auf stromführende Leiter und bewegte Ladungsträger in Magnetfeldern Kräfte wirken • die elektromagnetische Induktion mit sich verändernden Magnetfeldern beschreiben • den Aufbau eines Elektromotors beschreiben und seine Funktion mit Hilfe der magnetischen Wirkung des elektrischen Stroms erklären. • den Aufbau von Generator und Transformator beschreiben und ihre Funktionsweisen mit der elektromagnetischen Induktion erklären. 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen Zusammenhänge zwischen elektrischer Leistung und dem Widerstand im Stromkreis (Reihenschaltung, Parallelschaltung) her. • ermitteln die Kosten bei der Nutzung elektrischer Energie und zeigen Möglichkeiten der Energieeinsparung auf. • beschreiben die innere Energie eines Körpers über den Wärmebegriff. • verknüpfen die innere Energie mit der mechanischen Arbeit. • nennen Methoden mit denen es unseren Vorfahren gelang ein Feuer zu entzünden. • zeigen anhand einer Luftpumpe, dass das Zusammendrücken der Luft zu einer Erhöhung der Lufttemperatur führt. • benennen die Möglichkeit mit Hilfe der inneren Energie von Gasen Arbeit zu verrichten. • beschreiben den Aufbau von Wärmekraftmaschinen, ziehen eine Energiebilanz und zeigen, dass es unmöglich ist, innere Energie vollständig in andere Energieformen umzuwandeln (Energieentwertung). • nutzen den Begriff des Wirkungsgrades um die Effizienz einer Maschine aufzuzeigen. • ermitteln experimentell die Abhängigkeit der abgegebenen bzw. aufgenommenen Wärme von der Masse des Körpers und dem Temperaturunterschied. • dokumentieren ihre Ergebnisse in Form von Diagrammen. • erklären die benötigte Konstante als Stoffeigenschaft (spezifische Wärmekapazität). • erläutern die Bedeutung der spezifischen Wärmekapazität des Wassers für Vorgänge in der Natur (Wasser als Wärmespeicher). • entwickeln ein Projekt zur Energieeinsparung im Haushalt (Energiesparhaus) und dokumentieren
--	---	---

		bzw. präsentieren ihre Ergebnisse. <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die Wirkungsweise von Kraftwerken auf der Basis fossiler Brennstoffe und bewerten ihre Auswirkungen auf die Umwelt. • zeigen umweltschonende Methoden der Energiegewinnung auf (Sonne, Wind, Wasser, Wärmepumpen). • veranschaulichen am Beispiel eines Blockheizkraftwerks Energieumwandlungsprozesse. • vergleichen die Umweltbelastung durch verschiedene Verkehrssysteme bzw. durch verschiedene Antriebsmöglichkeiten (Motor der Zukunft).
--	--	---

Inhaltsfelder/Fachlicher Kontext	Konzeptbezogene Kompetenzen Basiskonzepte	Prozessbezogene Kompetenzen
9.3 Radioaktivität und Kernenergie <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau der Atome • Ionisierende Strahlung (Arten, Reichweiten, Zerfallsreihen, Halbwertszeit) • Strahlennutzen, Strahlenschäden und Strahlenschutz • Kernspaltung • Nutzen und Risiken der Kernenergie Fachlicher Kontext: Radioaktivität und Kernenergie - Grundlagen, Anwendungen und Verantwortung <ul style="list-style-type: none"> • Nutzen und Gefahren der Radioaktivität und Kernenergie • Strahlendiagnostik und Strahlentherapie • Kernkraftwerke und Fusionsreaktoren 	Die Schülerinnen und Schüler sollen ... Basiskonzept „Energie“ <ul style="list-style-type: none"> • die Energie ionisierender Strahlen beschreiben. • die Umwandlung der Energie der Elektronen in innere Energie verdeutlichen. • den Energiefluss und die Energieentwertung bei Kernkraftwerken (Wasserdampf, elektrischer Strom, Wärmeabgabe an die Umgebung) aufzeigen. • die Energiebilanz bei Kernspaltung und Kernfusion erläutern. • die Gewinnung von Kernenergie unter wirtschaftlichen und ökologischen Aspekten mit anderen Energiegewinnungssystemen vergleichen und hinsichtlich der Vor- bzw. Nachteile bewerten. 	Die Schülerinnen und Schüler ... <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben den Rutherford'schen Streuversuch und deuten die Ergebnisse des Versuchs. • charakterisieren den Aufbau von Atomen mit dem Bohrschen Atommodell. • analysieren Ähnlichkeiten bzw. Unterschiede zwischen den Atomen und systematisieren den Vergleich. • gewinnen Informationen über den Aufbau eines Atoms anhand der Massen- und Kernladungszahlen. • stellen in einer Tabelle die Anzahl der Protonen, Neutronen und Elektronen unter der Annahme neutraler Atome zusammen. • erklären mit den gewonnenen Informationen den Aufbau eines Eisenatoms.

	<p>Basiskonzept „Struktur der Materie“</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Entstehung von ionisierender Teilchenstrahlung mit Hilfe eines angemessenen Atommodells beschreiben. • Eigenschaften und Wirkungen verschiedener Arten radioaktiver Strahlung und Röntgenstrahlung nennen. • Prinzipien von Kernspaltung und Kernfusion und die damit verbundene Freisetzung von Energie auf atomarer Ebene erläutern. • Zerfallsreihen mit Hilfe der Nuklidkarte identifizieren. • Nutzen und Risiken radioaktiver Strahlung und Röntgenstrahlung bewerten. <p>Basiskonzept „System“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kernphysikalische Systeme also Geräte für die Bestrahlung bzw. Durchstrahlung von Körpern, Kernkraftwerke, Fusionsreaktoren und Atomwaffen beschreiben • erkennen, dass Moderatoren und Regelstäbe wichtige Elemente zur Steuerung einer Kettenreaktion sind. <p>Basiskonzept „Wechselwirkung“</p> <ul style="list-style-type: none"> • experimentelle Nachweismöglichkeiten für radioaktive Strahlung beschreiben. • die Wechselwirkung zwischen Strahlung, insbesondere ionisierender Strahlung, und Materie sowie die daraus resultierenden Veränderungen der Materie charakterisieren. • mögliche medizinische Anwendungen erklären. • Regeln für den Strahlenschutz kennen. 	<ul style="list-style-type: none"> • entnehmen einer Nuklidkarte die Isotope von Helium und Kohlenstoff. • beschreiben den Neutronennachweis (Chadwick 1932) und stellen für diesen Prozess eine Reaktionsgleichung auf. • beschreiben die Wirkungsweise eines Geiger – Müller – Zählrohrs. • erstellen eine Übersicht über die wichtigsten Eigenschaften von ionisierender Strahlung und vergleichen sie. • formulieren Kernumwandlungsprozesse und benennen die physikalischen Größen, die bei einer solchen Kernumwandlung erhalten bleiben. • beschreiben den zeitlichen Verlauf des radioaktiven Zerfalls. • stellen die Messwerte für den Zerfall von Barium–137 graphisch dar und ermitteln die Halbwertszeit. • ermitteln anhand eines Funktionsgraphen die Halbwertszeit eines Radonnuclids. • bestimmen durch Mathematisierung die Zeit, in der sich bei einer beliebigen Menge Radon–226 ein Viertel aller Radonkerne umgewandelt hat. • stellen den Zusammenhang zwischen Halbwertszeit und dem Zerfall von Bierschaum her. • interpretieren ein Diagramm zur Abschirmung von Gammastrahlen durch Bleiplatten unterschiedlicher Dicke. • ermitteln die benötigte Dicke einer Bleiplatte, wenn damit X% der Strahlung absorbiert werden sollen. • planen ein Experiment zur Ablenkung ionisierender Strahlung durch 2 elektrisch geladene Platten und reflektieren die Ergebnisse des Experiments. • wählen Daten aus einer Nuklidkarte, ordnen sie in den physikalischen Kontext ein und beschreiben mit Hilfe der Nuklidkarte den Zerfall von Radon–
--	---	---

		<p>220.</p> <ul style="list-style-type: none"> • beurteilen das Alter einer Mumie mit Hilfe der C-14 Methode. • erklären anhand eines Textes den physikalischen Begriff der Nullrate. • begründen mit Hilfe des Nulleffekts, warum die Messung einer Zählrate unterschiedliche Werte ergeben können und ermitteln die durchschnittliche Zählrate. • vergleichen Energiedosis und Äquivalenzdosis. • analysieren die Wirkung ionisierender Strahlung auf Materie und bewerten die biologische Wirksamkeit von Strahlung. • erklären medizinische Anwendungen ionisierender Strahlung. • recherchieren die Eigenschaften einer Röntgenröhre. • beschreiben mit eigenen Worten die Vorgänge in einer Röntgenröhre. • erläutern die Aussage: Röntgenstrahlen umfassen einen Energiebereich von ca. 10keV bis mehr als 1MeV. • dokumentieren die Energietransportkette bei einer Röntgenröhre. • diskutieren und bewerten die Vorschriften des Strahlenschutzes. • bewerten die Aussage: Eine Röntgenuntersuchung unter ärztlicher Kontrolle ist prinzipiell ungefährlich. • vergleichen das Bestrahlungs-, Durchstrahlungs- und Markierungsverfahren und nennen Anwendungen. • formulieren Fragen an einen Arzt bezüglich der Untersuchung mit radioaktiven Präparaten. • erläutern den Begriff der Kettenreaktion (ungesteuert, gesteuert). • veranschaulichen die Prozesse der
--	--	--

		<p>Energiegewinnung aus Kernenergie.</p> <ul style="list-style-type: none">• erstellen eine Diskussionsplattform zum Thema „Schaden und Nutzen der Kernenergie“.• informieren sich im Internet über Julius Robert Oppenheimer und diskutieren die Frage: „Darf der Mensch forschen, wenn man mit den Ergebnissen der Forschungen anderen Menschen Schaden zufügen kann?“.• informieren sich über die Fakten zur Reaktorkatastrophe in Tschernobyl 1986 und stellen die Gefahren von radioaktivem Niederschlag am Beispiel des Jods (Schilddrüse) dar.• interpretieren eine Radonkarte der Bodenluft für NRW und vergleichen sie mit anderen Bundesländern (Internet).• bewerten die Strahlenbelastung für Flugzeugpassagiere.• erkennen die Strahlenbelastung eines Menschen durch Kalium-40 und nehmen Stellung zur Aussage: Es ist sehr sinnvoll, sich besonders kaliumarm zu ernähren.• legen eine Präsentation über die Lebensumstände und die Leistungen von Marie Curie an.
--	--	---

Schulinterner Lehrplan

zum Kernlehrplan für die gymnasiale Oberstufe

Physik

des Geschwister-Scholl-Gymnasiums Winterberg-Medebach

Inhaltsverzeichnis

1 Entscheidungen zum Unterricht.....	3
1.1 Unterrichtsvorhaben.....	3
1.1.1 Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben.....	6
1.1.2 Konkretisierte Unterrichtsvorhaben.....	13
1.1.2.1 Einführungsphase.....	13
1.1.2.2 Qualifikationsphase: Grundkurs.....	20
1.1.2.3 Qualifikationsphase: Leistungskurs.....	33
1.2 Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe.....	63
1.3 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung.....	64
1.4 Lehr- und Lernmittel.....	66
2 Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen.....	67
3 Qualitätssicherung und Evaluation.....	67

1 Entscheidungen zum Unterricht

1.1 Unterrichtsvorhaben

Die Darstellung der Unterrichtsvorhaben im schulinternen Lehrplan besitzt den Anspruch, sämtliche im Kernlehrplan angeführten Kompetenzen . Dies entspricht der Verpflichtung jeder Lehrkraft, Lerngelegenheiten für ihre Lerngruppe so anzulegen, dass alle Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans von den Schülerinnen und Schülern erworben werden können.

Die entsprechende Umsetzung erfolgt auf zwei Ebenen: der Übersichts- und der Konkretisierungsebene.

Im „Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben“ (Kapitel 1.1.1) wird die für alle Lehrerinnen und Lehrer gemäß Fachkonferenzbeschluss verbindliche Verteilung der Unterrichtsvorhaben dargestellt. Das Übersichtsraster dient dazu, den Kolleginnen und Kollegen einen schnellen Überblick über die Zuordnung der Unterrichtsvorhaben zu den einzelnen Jahrgangsstufen sowie den im Kernlehrplan genannten Kompetenzen, Inhaltsfeldern und inhaltlichen Schwerpunkten sowie in der Fachkonferenz verabredeten verbindlichen Kontexten zu verschaffen. Um Klarheit für die Lehrkräfte herzustellen und die Übersichtlichkeit zu gewährleisten, werden in der Kategorie „Kompetenzen“ an dieser Stelle nur die übergeordneten Kompetenzerwartungen ausgewiesen, während die konkretisierten Kompetenzerwartungen erst auf der Ebene konkretisierter Unterrichtsvorhaben Berücksichtigung finden. Der ausgewiesene Zeitbedarf versteht sich als grobe Orientierungsgröße, die nach Bedarf über- oder unterschritten werden kann. Um Spielraum für Vertiefungen, besondere Schülerinteressen, aktuelle Themen bzw. die Erfordernisse anderer besonderer Ereignisse (z.B. Praktika, Kursfahrten o.ä.) zu erhalten, wurden im Rahmen dieses schulinternen Lehrplans ca. 75 Prozent der Bruttounterrichtszeit verplant.

Während der Fachkonferenzbeschluss zum „Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben“ einschließlich der dort genannten Kontexte zur Gewährleistung vergleichbarer Standards sowie zur Absicherung von Lerngruppenübertritten und Lehrkraftwechseln für alle Mitglieder der Fachkonferenz Bindekraft entfalten soll, besitzt die exemplarische Ausweisung „konkretisierter Unterrichtsvorhaben“ (Kapitel 1.1.2, Tabellenspalten 3 und 4) empfehlenden Charakter, es sei denn, die Verbindlichkeit bestimmter Aspekte ist dort, markiert durch Fettdruck, explizit angegeben. Insbesondere Referendarinnen und Referendaren sowie neuen Kolleginnen und Kollegen dienen die konkretisierten Unterrichtsvorhaben vor allem zur standardbezogenen Orientierung in der neuen Schule, aber auch zur Verdeutlichung von unterrichtsbezogenen fachgruppeninternen Absprachen zu didaktisch-methodischen Zugängen, fächerübergreifenden Kooperationen, Lernmitteln und -orten sowie vorgesehenen Leistungsüberprüfungen, die im Einzelnen auch den Kapiteln 1.2 bis 1.4 zu entnehmen sind. Abweichungen von den empfohlenen Vorgehensweisen bezüglich der konkretisierten Unterrichtsvorhaben sind im Rahmen der pädagogischen Freiheit der Lehrkräfte jederzeit möglich. Sicherzustellen bleibt allerdings auch hier, dass im Rahmen der Umsetzung der Unterrichtsvorhaben insgesamt alle Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Berücksichtigung finden.

Umgang mit Fachwissen	Schülerinnen und Schüler können ...
UF1 Wiedergabe	physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien/Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern.
UF2 Auswahl	zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen.
UF3 Systematisierung	physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren.
UF4 Vernetzung	Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

Erkenntnisgewinnung	Schülerinnen und Schüler können ...
E1 Probleme und Fragestellungen	in unterschiedlichen Kontexten physikalische Probleme identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren.
E2 Wahrnehmung und Messung	kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden.
E3 Hypothesen	mit Bezug auf Theorien, Modelle und Gesetzmäßigkeiten auf deduktive Weise Hypothesen generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten.
E4 Untersuchungen und Experimente	Experimente auch mit komplexen Versuchsplänen und Versuchsaufbauten mit Bezug auf ihre Zielsetzungen erläutern und diese zielbezogen unter Beachtung fachlicher Qualitätskriterien durchführen.
E5 Auswertung	Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern.
E6 Modelle	Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen.

	gen.
E7 Arbeits- und Denkweisen	naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.

Kommunikation	Schülerinnen und Schüler können ...
K1 Dokumentation	bei der Dokumentation von Untersuchungen, Experimenten, theoretischen Überlegungen und Problemlösungen eine korrekte Fachsprache und fachübliche Darstellungsweisen verwenden.
K2 Recherche	zu physikalischen Fragestellungen relevante Informationen und Daten in verschiedenen Quellen, auch in ausgewählten wissenschaftlichen Publikationen, recherchieren, auswerten und vergleichend beurteilen.
K3 Präsentation	physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren.
K4 Argumentation	sich mit anderen über physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse kritisch-konstruktiv austauschen und dabei Behauptungen oder Beurteilungen durch Argumente belegen bzw. widerlegen.

Bewertung	Schülerinnen und Schüler können ...
B1 Kriterien	fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten.
B2 Entscheidungen	Auseinandersetzungen und Kontroversen in physikalisch-technischen Zusammenhängen differenziert aus verschiedenen Perspektiven darstellen und eigene Standpunkte auf der Basis von Sachargumenten vertreten.
B3 Werte und Normen	an Beispielen von Konfliktsituationen mit physikalisch-technischen Hintergründen kontroverse Ziele und Interessen sowie die Folgen wissenschaftlicher Forschung aufzeigen und bewerten.
B4 Möglichkeiten und Grenzen	begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

1.1.1 Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben

Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Physik und Sport</i> Wie lassen sich Bewegungen vermessen und analysieren? Zeitbedarf: 37 Ustd.</p>	<p><i>Mechanik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Kräfte und Bewegungen • Energie und Impuls 	<p>E7 Arbeits- und Denkweisen K4 Argumentation E5 Auswertung E6 Modelle UF2 Auswahl</p>
<p><i>Auf dem Weg in den Weltraum</i> Wie kommt man zu physikalischen Erkenntnissen über unser Sonnensystem? Zeitbedarf: 17 Ustd.</p>	<p><i>Mechanik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Gravitation • Kräfte und Bewegungen • Energie und Impuls 	<p>UF4 Vernetzung E3 Hypothesen E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen</p>
<p><i>Schall</i> Wie lässt sich Schall physikalisch untersuchen? Zeitbedarf: 8 Ustd.</p>	<p><i>Mechanik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Schwingungen und Wellen • Kräfte und Bewegungen • Energie und Impuls 	<p>E2 Wahrnehmung und Messung UF1 Wiedergabe K1 Dokumentation</p>
<p>Summe Einführungsphase: 62 Zeit-Stunden</p>		

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q1) – GRUNDKURS		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p>Klassische Physik: (Erforschung des Elektrons) – Geladene Teilchen im elektrischen und magnetischen Feldern</p> <p>Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden? Zeitbedarf: 15 Ustd.</p>	<p>Quantenobjekte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektron (Teilchenaspekt) 	<p>UF1 Wiedergabe UF3 Systematisierung E5 Auswertung E6 Modelle</p>
<p>Klassische Physik: Licht als elektromagnetische Welle</p> <p>Wie kann das Verhalten von Licht beschrieben und erklärt werden? Zeitbedarf: 7 Ustd.</p>	<p>Quantenobjekte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Photon (Wellenaspekt) 	<p>E2 Wahrnehmung und Messung E5 Auswertung K3 Präsentation</p>
<p>Physik im Umbruch – Photonen und Elektronen als Quantenobjekte</p> <p>Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden? Zeitbedarf: 18 Ustd.</p>	<p>Quantenobjekte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektron und Photon (Teilchenaspekt, Wellenaspekt) • Quantenobjekte und ihre Eigenschaften 	<p>E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen K4 Argumentation B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>
<p>Erforschung des Mikro- und Makrokosmos</p> <p>Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie? Zeitbedarf: 13 Ustd.</p>	<p>Strahlung und Materie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energiequantelung der Atomhülle • Spektrum der elektromagnetischen Strahlung 	<p>UF1 Wiedergabe E5 Auswertung E2 Wahrnehmung und Messung</p>
<p>Mensch und Strahlung</p> <p>Wie wirkt Strahlung auf den Menschen? Zeitbedarf: 9 Ustd.</p>	<p>Strahlung und Materie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kernumwandlungen • Ionisierende Strahlung • Spektrum der elektromagnetischen Strahlung 	<p>UF1 Wiedergabe B3 Werte und Normen B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>
<p>Summe Qualifikationsphase (Q1) – GRUNDKURS: 62 Zeit-Stunden</p>		

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q2) – GRUNDKURS		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
Forschung am CERN und DESY Was sind die kleinsten Bausteine der Materie? Zeitbedarf: 6 Ustd.	<i>Strahlung und Materie</i> <ul style="list-style-type: none"> • Standardmodell der Elementarteilchen 	UF3 Systematisierung E6 Modelle
Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden? Zeitbedarf: 18 Ustd.	<i>Elektrodynamik</i> <ul style="list-style-type: none"> • Spannung und elektrische Energie • Induktion • Spannungswandlung 	UF2 Auswahl UF4 Vernetzung E2 Wahrnehmung und Messung E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien
Wirbelströme im Alltag Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen? Zeitbedarf: 4 Ustd.	<i>Elektrodynamik</i> <ul style="list-style-type: none"> • Induktion 	UF4 Vernetzung E5 Auswertung B1 Kriterien
Navigationssysteme Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit? Zeitbedarf: 5 Ustd.	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> <ul style="list-style-type: none"> • Konstanz der Lichtgeschwindigkeit • Zeitdilatation 	UF1 Wiedergabe E6 Modelle
Teilchenbeschleuniger Ist die Masse bewegter Teilchen konstant? Zeitbedarf: 6 Ustd.	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> <ul style="list-style-type: none"> • Veränderlichkeit der Masse • Energie-Masse Äquivalenz 	UF4 Vernetzung B1 Kriterien
Das heutige Weltbild Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt? Zeitbedarf: 2 Ustd.	<i>Relativität von Raum und Zeit</i> <ul style="list-style-type: none"> • Konstanz der Lichtgeschwindigkeit • Zeitdilatation • Veränderlichkeit der Masse • Energie-Masse Äquivalenz 	E7 Arbeits- und Denkweisen K3 Präsentation
Summe Qualifikationsphase (Q2) – GRUNDKURS: 41 Zeit-Stunden		

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q1) – LEISTUNGSKURS		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Satellitennavigation – Zeitmessung ist nicht absolut</i> Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit? Zeitbedarf: 3 Ustd.</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Konstanz der Lichtgeschwindigkeit • Problem der Gleichzeitigkeit 	<p>UF2 Auswahl E6 Modelle</p>
<p><i>Höhenstrahlung</i> Warum erreichen Myonen aus der oberen Atmosphäre die Erdoberfläche? Zeitbedarf: 3 Ustd.</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Zeitdilatation und Längenkontraktion 	<p>E5 Auswertung K3 Präsentation</p>
<p><i>Teilchenbeschleuniger - Warum Teilchen aus dem Takt geraten</i> Ist die Masse bewegter Teilchen konstant? Zeitbedarf: 6 Ustd.</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Relativistische Massenzunahme • Energie-Masse-Beziehung 	<p>UF4 Vernetzung B1 Kriterien</p>
<p><i>Satellitennavigation – Zeitmessung unter dem Einfluss von Geschwindigkeit und Gravitation</i> Beeinflusst Gravitation den Ablauf der Zeit? Zeitbedarf: 3 Ustd.</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung 	<p>K3 Präsentation</p>
<p><i>Das heutige Weltbild</i> Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt? Zeitbedarf: 3 Ustd.</p>	<p><i>Relativitätstheorie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Konstanz der Lichtgeschwindigkeit • Problem der Gleichzeitigkeit • Zeitdilatation und Längenkontraktion • Relativistische Massenzunahme • Energie-Masse-Beziehung • Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung 	<p>B4 Möglichkeiten und Grenzen</p>

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q1) – LEISTUNGSKURS		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Untersuchung von Elektronen</i> Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden? Zeitbedarf: 18 Ustd.</p>	<p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder • Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern 	UF1 Wiedergabe UF2 Auswahl E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen
<p><i>Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen</i> Wie und warum werden physikalische Größen meistens elektrisch erfasst und wie werden sie verarbeitet? Zeitbedarf: 17 Ustd.</p>	<p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder • Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern 	UF2 Auswahl UF4 Vernetzung E1 Probleme und Fragestellungen E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen
<p><i>Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie</i> Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden? Zeitbedarf: 16 Ustd.</p>	<p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetische Induktion 	UF2 Auswahl E6 Modelle B4 Möglichkeiten und Grenzen
<p><i>Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung</i> Wie können Nachrichten ohne Materietransport übermittelt werden? Zeitbedarf: 21 Ustd.</p>	<p><i>Elektrik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetische Schwingungen und Wellen 	UF1 Wiedergabe UF2 Auswahl E4 Untersuchungen und Experimente E5 Auswertung E6 Modelle K3 Präsentation B1 Kriterien B4 Möglichkeiten und Grenzen
<p>Summe Qualifikationsphase (Q1) – LEISTUNGSKURS: 90 Zeit-Stunden</p>		

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q2) – LEISTUNGSKURS		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<i>Erforschung des Photons</i> Besteht Licht doch aus Teilchen? Zeitbedarf: 8 Ustd.	<i>Quantenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> • Licht und Elektronen als Quantenobjekte • Welle-Teilchen-Dualismus • Quantenphysik und klassische Physik 	UF2 Auswahl E6 Modelle E7 Arbeits- und Denkweisen
<i>Röntgenstrahlung, Erforschung des Photons</i> Was ist Röntgenstrahlung? Zeitbedarf: 7 Ustd.	<i>Quantenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> • Licht und Elektronen als Quantenobjekte 	UF1 Wiedergabe E6 Modelle
<i>Erforschung des Elektrons</i> Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden? Zeitbedarf: 5 Ustd.	<i>Quantenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> • Welle-Teilchen-Dualismus 	UF1 Wiedergabe K3 Präsentation
<i>Die Welt kleinster Dimensionen – Mikroobjekte und Quantentheorie</i> Was ist anders im Mikrokosmos? Zeitbedarf: 7 Ustd.	<i>Quantenphysik</i> <ul style="list-style-type: none"> • Welle-Teilchen-Dualismus und Wahrscheinlichkeitsinterpretation • Quantenphysik und klassische Physik 	UF1 Wiedergabe E7 Arbeits- und Denkweisen

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase (Q2) – LEISTUNGSKURS		
Kontext und Leitfrage	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Kompetenzschwerpunkte
<p><i>Geschichte der Atommodelle, Lichtquellen und ihr Licht</i> Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie? Zeitbedarf: 8 Ustd.</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Atomaufbau 	<p>UF1 Wiedergabe E5 Auswertung E7 Arbeits- und Denkweisen</p>
<p><i>Physik in der Medizin (Bildgebende Verfahren, Radiologie)</i> Wie nutzt man Strahlung in der Medizin? Zeitbedarf: 10 Ustd.</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ionisierende Strahlung • Radioaktiver Zerfall 	<p>UF3 Systematisierung E6 Modelle UF4 Vernetzung</p>
<p><i>(Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen</i> Wie funktioniert die ¹⁴C-Methode? Zeitbedarf: 8 Ustd.</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Radioaktiver Zerfall 	<p>UF2 Auswahl E5 Auswertung</p>
<p><i>Energiegewinnung durch nukleare Prozesse</i> Wie funktioniert ein Kernkraftwerk? Zeitbedarf: 7 Ustd.</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Kernspaltung und Kernfusion • Ionisierende Strahlung 	<p>B1 Kriterien UF4 Vernetzung</p>
<p><i>Forschung am CERN und DESY – Elementarteilchen und ihre fundamentalen Wechselwirkungen</i> Was sind die kleinsten Bausteine der Materie? Zeitbedarf: 7 Ustd.</p>	<p><i>Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen 	<p>UF3 Systematisierung K2 Recherche</p>
<p>Summe Qualifikationsphase (Q2) – LEISTUNGSKURS: 67 Stunden</p>		

1.1.2 Konkretisierte Unterrichtsvorhaben

1.1.2.1 Einführungsphase

Inhaltsfeld: *Mechanik*

Kontext: *Physik in Sport und Alltag*

Leitfrage: Wie lassen sich Bewegungen vermessen, analysieren und optimieren?

Inhaltliche Schwerpunkte: Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls als Erhaltungsgrößen

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können ...

(E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen

(K4) physikalische Aussagen und Behauptungen mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten begründen bzw. kritisieren.

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,

Inhalt (Ustd. à 1 h)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Beschreibung von Bewegungen im Alltag und im Sport Aristoteles vs. Galilei (2 Ustd.)	stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7), entnehmen Kernaussagen zu naturwissenschaftlichen Positionen zu Beginn der Neuzeit aus einfachen historischen Texten (K2, K4).	Textauszüge aus Galileis <i>Discorsi zur Mechanik und zu den Fallgesetzen</i> Handexperimente zur qualitativen Beobachtung von Fallbewegungen (z. B. Stahlkugel, glattes bzw. zur Kugel zusammengedrücktes Papier, evakuiertes Fallrohr mit Feder und Metallstück)	Vorstellungen zur Trägheit und zur Fallbewegung, Diskussion von Alltagsvorstellungen und physikalischen Konzepten Vergleich der Vorstellungen von Aristoteles und Galilei zur Bewegung, Folgerungen für Vergleichbarkeit von sportlichen Leistungen. Analyse alltäglicher Bewegungsabläufe, Analyse von Kraftwirkungen auf reibungsfreie Körper

Inhalt (Ustd. à 1 h)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
<p>Beschreibung und Analyse von linearen Bewegungen</p> <p>(12 Ustd.)</p>	<p>unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrundeliegende Ursachen (UF2),</p> <p>vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzerlegung bzw. Vektoraddition (E1),</p> <p>planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (u.a. zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1),</p> <p>stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u. a. <i>t-s</i>- und <i>t-v</i>-Diagramme, Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3),</p> <p>erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5),</p> <p>bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (u.a. Tabellenkalkulation, GTR) (E6),</p>	<p>z.B. Digitale Videoanalyse (z.B. mit <i>VIANA</i>, <i>Tracker</i>, <i>Galileo</i>) von Bewegungen im Sport (Fahrradfahrt o. anderes Fahrzeug, Sprint, Flug von Bällen)</p> <p>z.B. Luftkissenfahrbahn mit digitaler Messwerterfassung:</p> <p>Messreihe zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung</p> <p>z.B. Animation</p> <p>Freier Fall und Bewegung auf einer schiefen Ebene</p> <p>Wurfbewegungen</p> <p>z.B. Basketball, Korbwurf, Abstoß beim Fußball, günstigster Winkel</p>	<p>Einführung in die Verwendung von digitaler Videoanalyse (Auswertung von Videosequenzen, Darstellung der Messdaten in Tabellen und Diagrammen mithilfe einer Software zur Tabellenkalkulation / GTR)</p> <p>Unterscheidung von gleichförmigen und (beliebig) beschleunigten Bewegungen (insb. auch die gleichmäßig beschleunigte Bewegung)</p> <p>Erarbeitung der Bewegungsgesetze der gleichförmigen Bewegung</p> <p>Untersuchung gleichmäßig beschleunigter Bewegungen im Labor</p> <p>Erarbeitung der Bewegungsgesetze der gleichmäßig beschleunigten Bewegung</p> <p>Erstellung von t-s- und t-v-Diagrammen (auch mithilfe digitaler Hilfsmittel), die Interpretation und Auswertung derartiger Diagramme sollte intensiv geübt werden.</p> <p>Planung von Experimenten durch die Schüler (Auswertung mithilfe der Videoanalyse)</p> <p>Schlussfolgerungen bezüglich des Einflusses der Körpermasse bei Fallvorgängen, auch die Argumentation von Galilei ist besonders gut geeignet, um Argumentationsmuster in Physik explizit zu besprechen</p> <p>Wesentlich: Erarbeitung des Superpositionsprinzips (Komponentenzerlegung und Addition vektorieller Größen)</p> <p><i>Herleitung der Gleichung für die Bahnkurve nur optional</i></p>

Inhalt (Ustd. à 1 h)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
<p>Newton'sche Gesetze, Kräfte und Bewegung (12 Ustd.)</p>	<p>berechnen mithilfe des Newton'schen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6),</p> <p>entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4, E6),</p> <p>reflektieren Regeln des Experimentierens in der Planung und Auswertung von Versuchen (u. a. Zielorientierung, Sicherheit, Variablenkontrolle, Kontrolle von Störungen und Fehlerquellen) (E2, E4),</p> <p>geben Kriterien (u.a. Objektivität, Reproduzierbarkeit, Widerspruchsfreiheit, Überprüfbarkeit) an, um die Zuverlässigkeit von Messergebnissen und physikalischen Aussagen zu beurteilen, und nutzen diese bei der Bewertung von eigenen und fremden Untersuchungen (B1),</p>	<p>Luftkissenfahrbahn mit digitaler Messwerterfassung:</p> <p>Messung der Beschleunigung eines Körpers in Abhängigkeit von der beschleunigenden Kraft</p> <p>Protokolle: Funktionen und Anforderungen</p>	<p>Kennzeichen von Laborexperimenten im Vergleich zu natürlichen Vorgängen besprechen, Ausschalten bzw. Kontrolle bzw. Vernachlässigen von Störungen (Modellbildung)</p> <p>Erarbeitung des Newton'schen Bewegungsgesetzes</p> <p>Definition der Kraft als Erweiterung des Kraftbegriffs aus der Sekundarstufe I.</p> <p>Berechnung von Kräften und Beschleunigungen beim Kugelstoßen, bei Ballsportarten, Einfluss von Reibungskräften</p>

Inhalt (Ustd. à 1 h)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Energie und Leistung Impuls (9 Ustd.)	<p>erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Arbeit, Energie, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4),</p> <p>analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1),</p> <p>verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6),</p> <p>beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1),</p> <p>begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4),</p> <p>bewerten begründet die Darstellung bekannter mechanischer und anderer physikalischer Phänomene in verschiedenen Medien (Printmedien, Filme, Internet) bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (K2, K4),</p>	<p>Einsatz des GTR zur Bestimmung des Integrals</p> <p>Fadenpendel (Schaukel)</p> <p>Sportvideos</p> <p>z.B. Luftkissenfahrbahn mit digitaler Messwerterfassung:</p> <p>Messreihen zu elastischen und unelastischen Stößen</p>	<p>Begriffe der Arbeit und der Energie aus der SI aufgreifen und wiederholen</p> <p>Deduktive Herleitung der Formeln für die mechanischen Energiearten aus den Newton'schen Gesetzen und der Definition der Arbeit</p> <p>Energieerhaltung an Beispielen (Pendel, Achterbahn, Halfpipe) erarbeiten und für Berechnungen nutzen</p> <p>Energetische Analysen in verschiedenen Sportarten (Hochsprung, Turmspringen, Turnen, Stabhochsprung, Bobfahren, Skisprung)</p> <p>Begriff des Impulses und Impuls als Erhaltungsgröße</p> <p>Elastischer und inelastischer Stoß auch an anschaulichen Beispielen aus dem Sport (z.B. Impulserhaltung bei Ballsportarten, Kopfball beim Fußball, Kampfsport)</p> <p>Hinweis: Erweiterung des Impulsbegriffs am Ende des Kontextes „Auf dem Weg in den Weltraum“</p>
Impuls und Impulserhaltung, Rückstoß (5 Ustd.)	<p>verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6),</p> <p>erläutern unterschiedliche Positionen zum Sinn aktueller Forschungsprogramme (z.B. Raumfahrt, Mobilität) und beziehen Stellung dazu (B2, B3).</p>	<p>Skateboards und Medizinball</p> <p>Wasserrakete</p> <p>Raketentriebwerke für Modellraketen</p> <p>Recherchen zu aktuellen Projekten von ESA und DLR, auch zur Finanzierung</p>	<p>Impuls und Rückstoß</p> <p>Bewegung einer Rakete im luftleeren Raum</p> <p>Untersuchungen mit einer Wasserrakete, Simulation des Fluges einer Rakete in einer Excel-Tabelle</p> <p>Debatte über wissenschaftlichen Wert sowie Kosten und Nutzen ausgewählter Programme</p>
37 Ustd.	Summe		

Kontext: Auf dem Weg in den Weltraum

Leitfrage: Wie kommt man zu physikalischen Erkenntnissen über unser Sonnensystem?

Inhaltliche Schwerpunkte: Gravitation, Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls

Kompetenschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

(E3) mit Bezug auf Theorien, Modelle und Gesetzmäßigkeiten auf deduktive Weise Hypothesen generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

(E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.

Inhalt (Ustd. à 1 h)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Aristotelisches Weltbild, Kopernikanische Wende (2 Ustd.)	stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7),	Arbeit mit dem Lehrbuch: Geozentrisches und heliozentrisches Planetenmodell	z.B. Einstieg über Film zur Entwicklung des Raketenbaus und der Weltraumfahrt z.B. Beobachtungen am Himmel (Marsbahn) als Referat Historie: Verschiedene Möglichkeiten der Interpretation der Beobachtungen
Planetenbewegungen und Kepler'sche Gesetze (4 Ustd.)	ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6), beschreiben an Beispielen Veränderungen im Weltbild und in der Arbeitsweise der Naturwissenschaften, die durch die Arbeiten von Kopernikus, Kepler, Galilei und Newton initiiert wurden (E7, B3).	Animationen zur Darstellung der Planetenbewegungen	Beobachtungsaufgabe: Finden von besonderen Sternen, Planeten und Trabanten am Nachthimmel Tycho Brahes Messungen, Keplers Schlussfolgerungen Benutzung geeigneter Apps
Newton'sches Gravitationsgesetz, Gravitationsfeld (5 Ustd.)	beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen Feldkonzept und Kraftkonzept (UF2, E6),	Arbeit mit dem Lehrbuch, Recherche im Internet	Newton'sches Gravitationsgesetz als Zusammenfassung bzw. Äquivalent der Kepler'schen Gesetze Newton'sche „Mondrechnung“ Anwendung des Newton'schen Gravitationsgesetzes und der Kepler'schen Gesetze zur Berechnung von Satellitenbahnen Feldbegriff diskutieren, Definition der Feldstärke über Messvorschrift „Kraft auf Probekörper“

Inhalt (Ustd. à 1 h)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Kreisbewegungen (6 Ustd.)	analysieren und berechnen auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6),	z.B. Messung der Zentralkraft <i>An dieser Stelle sollen das experimentell-erkundende Verfahren und das deduktive Verfahren zur Erkenntnisgewinnung am Beispiel der Herleitung der Gleichung für die Zentripetalkraft als zwei wesentliche Erkenntnismethoden der Physik bearbeitet werden.</i>	Beschreibung von gleichförmigen Kreisbewegungen, Winkelgeschwindigkeit, Periode, Bahngeschwindigkeit, Frequenz Experimentell-erkundende Erarbeitung der Formeln für Zentripetalkraft und Zentripetalbeschleunigung: Herausstellen der Notwendigkeit der Konstanzhaltung der restlichen Größen bei der experimentellen Bestimmung einer von mehreren anderen Größen abhängigen physikalischen Größe (hier bei der Bestimmung der Zentripetalkraft in Abhängigkeit von der Masse des rotierenden Körpers) Ergänzend: Deduktion der Formel für die Zentripetalbeschleunigung Massenbestimmungen im Planetensystem, Fluchtgeschwindigkeiten Bahnen von Satelliten und Planeten
17 Ustd.	Summe		

Kontext: Schall

Leitfrage: Wie lässt sich Schall physikalisch untersuchen?

Inhaltliche Schwerpunkte: Schwingungen und Wellen, Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(E2) kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden,

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien/Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,

(K1) Fragestellungen, Untersuchungen, Experimente und Daten nach gegebenen Strukturen dokumentieren und stimmig rekonstruieren, auch mit Unterstützung digitaler Werkzeuge

Inhalt (Ustd. à 1 h)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Entstehung und Ausbreitung von Schall (3 Ustd.)	erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Transversal- oder Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (E6),	z.B.: Stimmgabeln, Lautsprecher, Frequenzgenerator, Frequenzmessgerät, Schallpegelmesser, rußgeschwärzte Glasplatte, Schreibstimmgabel, Klingel und Vakuumglocke	Erarbeitung der Grundgrößen zur Beschreibung von Schwingungen und Wellen: Frequenz (Periode) und Amplitude mittels der Höreindrücke des Menschen
Modell der Wellenausbreitung (3 Ustd.)	beschreiben Schwingungen und Wellen als Störungen eines Gleichgewichts und identifizieren die dabei auftretenden Kräfte (UF1, UF4),	z.B. Lange Schraubenfeder, Wellenwanne	Entstehung von Longitudinal- und Transversalwellen Ausbreitungsmedium, Möglichkeit der Ausbreitung longitudinaler. bzw. transversaler Schallwellen in Gasen, Flüssigkeiten und festen Körpern
Erzwungene Schwingungen und Resonanz (2 Ustd.)	erläutern das Auftreten von Resonanz mithilfe von Wechselwirkung und Energie (UF1).	Stimmgabeln	Resonanz (auch Tacoma-Bridge, Millennium-Bridge) Resonanzkörper von Musikinstrumenten
8 Ustd.	Summe		

1.1.2.2 Qualifikationsphase: Grundkurs

Inhaltsfeld: *Quantenobjekte (GK) – Von der Klassischen zur Modernen Physik*

Kontext: **Klassische Physik: (Erforschung des Elektrons) – Geladene Teilchen im elektrischen und magnetischen Feldern**

Leitfrage: Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?

Inhaltliche Schwerpunkte: Elektron (Teilchenaspekt)

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,

(UF3) physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren,

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

Inhalt (Ustd. à 1 h)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Geladene Teilchen im elektrischen Feld Das elektrische Feld und seine Eigenschaften Elementarladung	beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer (und magnetischer) Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen. (UF2, UF1), bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2), erläutern anhand einer vereinfachten Version des <i>Millikanversuchs</i> die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (UF1, E5),	schwebender Wattebausch Braunsche Röhre Millikanversuch Schwebefeldmethode (keine Stokes'sche Reibung) Auch als Simulation möglich	Begriff des elektrischen Feldes in Analogie zum Gravitationsfeld besprechen, Definition der Feldstärke über die Kraft auf einen Probekörper, in diesem Fall die Ladung Homogenes elektrisches Feld im Plattenkondensator, Zusammenhang zwischen Feldstärke im Plattenkondensator, Spannung und Abstand der Kondensatorplatten vorgeben und durch Auseinanderziehen der geladenen Platten demonstrieren Vertiefung des Zusammenhangs zwischen Spannung, Ladung und Überführungsarbeit am Beispiel Elektronenkanone.
Geladene Teilchen im magnetischem Feld - Elektronenmasse	modellieren Vorgänge im <i>Fadenstrahlrohr</i> (Energie der Elektronen, Lorentzkraft) mathematisch, variieren Parameter und leiten dafür deduktiv Schlussfolgerungen her, die sich experimentell überprüfen lassen, und ermitteln die Elektronenmasse (E6, E3, E5),	e/m-Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr auch Ablenkung des Strahls mit Permanentmagneten (Lorentzkraft) evtl. Stromwaage bei hinreichend zur Verfügung stehender Zeit Messung der Stärke von Magnetfeldern mit der Hallsonde	Einführung der 3-Finger-Regel und Angabe der Gleichung für die Lorentzkraft: Einführung des Begriffs des magnetischen Feldes (in Analogie zu den beiden anderen Feldern durch Kraft auf Probekörper, in diesem Fall bewegte Ladung oder stromdurchflossener Leiter) und des Zusammenhangs zwischen magnetischer Kraft, Leiterlänge und Stromstärke.
15 Ustd.	Summe		

Kontext: Klassische Physik: *Licht als elektromagnetische Welle*

Leitfrage: Wie kann das Verhalten von Licht beschrieben und erklärt werden?

Inhaltliche Schwerpunkte: Photon (Wellenaspekt)

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(E2) kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden,

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,

Inhalt (Ustd. à 1 h)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
<p>Licht als elektromagnetische Welle</p> <p>Beugung und Interferenz Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz, Kreiswellen, ebene Wellen, Beugung, Brechung</p> <p>(7 Ustd.)</p>	<p>veranschaulichen mithilfe der <i>Wellenwanne</i> qualitativ unter Verwendung von Fachbegriffen auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Beugung, Interferenz, Reflexion und Brechung (K3),</p> <p>bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit <i>Doppelspalt</i> und <i>Gitter</i> (E5),</p>	<p>Doppelspalt und Gitter, Wellenwanne</p> <p>quantitative Experimente mit Laserlicht</p>	<p>Ausgangspunkt: Beugung von Laserlicht</p> <p>Modellbildung mit Hilfe der Wellenwanne (ggf. als Schülerpräsentation)</p> <p>Bestimmung der Wellenlängen von Licht mit Doppelspalt und Gitter</p> <p>Sehr schön sichtbare Beugungsphänomene finden sich vielfach bei Meereswellen (s. Google-Earth)</p>
<p>7 Ustd.</p>	<p>Summe</p>		

Kontext: Physik im Umbruch – Photonen und Elektronen als Quantenobjekte

Leitfrage: Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?

Inhaltliche Schwerpunkte: Elektron und Photon (Teilchenaspekt, Wellenaspekt), Quantenobjekte und ihre Eigenschaften

Kompetenschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

(E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.

(K4) sich mit anderen über physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse kritisch-konstruktiv austauschen und dabei Behauptungen oder Beurteilungen durch Argumente belegen bzw. widerlegen.

(B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

Inhalt (Ustd. à 1h)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit (7 Ustd.)	demonstrieren anhand eines <i>Experiments zum Photoeffekt</i> den Quantencharakter von Licht und bestimmen den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsarbeit der Elektronen (E5, E2),	Hallwachsversuch Photoeffekt mit Gegenfeldmethode (als Applet / Vakuumphotozelle) Aufnahme von Röntgenspektren (auch als interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE) oder Lehrbuch, falls keine Schulröntgeneinrichtung vorhanden ist)	Roter Faden: Von Hallwachs bis Elektronenbeugung Bestimmung des Planck'schen Wirkungsquantums und der Austrittsarbeit Hinweis: Formel für die max. kinetische Energie der Photoelektronen kann aus Energieerhaltung hergeleitet werden. Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts → Bremspektrum mit h-Bestimmung
Röntgenstrahlung (3 Ustd.)			
Streuung von Elektronen an Festkörpern, de Broglie-Wellenlänge (3 Ustd.)	erläutern die Aussage der de Broglie-Hypothese, wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim <i>Elektronenbeugungsexperiment</i> an und bestimmen die Wellenlänge der Elektronen (UF1, UF2, E4).	Experiment zur Elektronenbeugung an polykristallinem Graphit	Mögliche Ergänzung: Veranschaulichung der Bragg-Bedingung analog zur Gitterbeugung

<p>Licht und Materie (5 Ustd.)</p>	<p>erläutern am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik (E6, E7), verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogramme) (K3). zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen auf (B4, K4), beschreiben und diskutieren die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus (B4, K4). untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten (E6).</p>	<p>Computersimulation Dokumentation Doppelspalt Photoeffekt</p>	<p>Reflexion der Bedeutung der Experimente für die Entwicklung der Quantenphysik</p>
<p>18 Ustd.</p>	<p>Summe</p>		

Inhaltsfeld: *Strahlung und Materie (GK)*

Kontext: *Erforschung des Mikro- und Makrokosmos*

Leitfrage: Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Energiequantelung der Atomhülle, Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

Kompetenschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

(E2) kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden,

Inhalt (Ustd. à 1 h)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen (3 Ustd.)	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse</i> , die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> sowie die <i>charakteristischen Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7),	Franck-Hertz-Versuch	Es kann das Bohr'sche Atommodell angesprochen werden (ohne Rechnungen)
Energieniveaus der Atomhülle (2 Ustd.)	erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6),	Erzeugung von Linienspektren mithilfe von Gasentladungslampen	Deutung der Linienspektren
Kern-Hülle-Modell (5 Ustd.)	erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4),	Literaturrecherche, Schulbuch	Ausgewählte Beispiele für Atommodelle (Rutherford'sches, Bohrsches und Quantenphysikalisches Atommodell)
Sternspektren und Fraunhoferlinien (3 Ustd.)	interpretieren Spektraltafeln des <i>Sonnenspektrums</i> im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe (K3, K1), erklären Sternspektren und Fraunhoferlinien (UF1, E5, K2), stellen dar, wie mit spektroskopischen Methoden Informationen über die Entstehung und den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können (E2, K1),	Flammenfärbung Darstellung des Sonnenspektrums mit seinen Fraunhoferlinien Spektralanalyse	u. a. Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung)
13 Ustd.	Summe		

Kontext: Mensch und Strahlung

Leitfrage: Wie wirkt Strahlung auf den Menschen?

Inhaltliche Schwerpunkte: Kernumwandlungen, Ionisierende Strahlung, Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,

(B3) an Beispielen von Konfliktsituationen mit physikalisch-technischen Hintergründen kontroverse Ziele und Interessen sowie die Folgen wissenschaftlicher Forschung aufzeigen und bewerten,

(B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

Inhalt (Ustd. à 1 h)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Elementumwandlung (1 Ustd.)	erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1),	Nuklidkarte	
Strahlungsarten (2 Ustd.)	unterscheiden α -, β -, γ -Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwerionenstrahlung (UF3), erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von Absorptionsexperimenten (E4, E5), bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1, B3),	Recherche Absorptionsexperimente zu α-, β-, γ-Strahlung	Wiederholung und Vertiefung aus der Sek. I
Detektoren (3 Ustd.)	erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung (<i>Geiger-Müller-Zählrohr</i>) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2),	Geiger-Müller-Zählrohr	An dieser Stelle können Hinweise auf Halbleiterdetektoren gegeben werden.

Inhalt (Ustd. à 1 h)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Biologische Wirkung ionisierender Strahlung und Energieaufnahme im menschlichen Gewebe</p> <p>Dosimetrie</p> <p>(3 Ustd.)</p>	<p>beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen (UF1),</p> <p>bereiten Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf (K2, K3, B3, B4),</p> <p>begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen von ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, UF4),</p> <p>erläutern das Vorkommen künstlicher und natürlicher Strahlung, ordnen deren Wirkung auf den Menschen mithilfe einfacher dosimetrischer Begriffe ein und bewerten Schutzmaßnahmen im Hinblick auf die Strahlenbelastungen des Menschen im Alltag (B1, K2).</p> <p>bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung physikalischer Prozesse, u. a. von ionisierender Strahlung, auf der Basis medizinischer, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Gegebenheiten (B3, B4)</p> <p>bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien (B3, B4),</p>	<p>ggf. Einsatz eines Films / eines Videos</p>	<p>Sinnvolle Beispiele sind die Nutzung von ionisierender Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle technische Anlagen.</p> <p>Erläuterung von einfachen dosimetrischen Begriffe: Aktivität, Energiedosis, Äquivalentdosis</p>
9 Ustd.	Summe		

Kontext: *Forschung am CERN und DESY*

Leitfrage: Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Standardmodell der Elementarteilchen

Kompetenschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF3) physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

Inhalt (Ustd. à 1 h)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Kernbausteine und Elementarteilchen (4 Ustd.)	erläutern mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3, E6), erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell (UF1). recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2).	In diesem Bereich sind i. d. R. keine Realexperimente für Schulen möglich. Es z.B. kann auf Internetseiten des CERN und DESY zurückgegriffen werden.	Mögliche Schwerpunktsetzung: Paarerzeugung, Paarvernichtung,
(Virtuelles) Photon als Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung Konzept der Austauschteilchen vs. Feldkonzept (2 Ustd.)	vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes (E6).	Lehrbuch, Animationen	Veranschaulichung der Austauschwechselwirkung mithilfe geeigneter mechanischer Modelle, auch Problematik dieser Modelle thematisieren
6 Ustd.	Summe		

Inhaltsfeld: *Elektrodynamik (GK)*

Kontext: *Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren*

Leitfrage: Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?

Inhaltliche Schwerpunkte: Spannung und elektrische Energie, Induktion, Spannungswandlung

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,

(UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

(E2) kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden,

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,

(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,

Inhalt (Ustd. à 1 h)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Wandlung von mechanischer in elektrische Energie:</p> <p>Elektromagnetische Induktion</p> <p>Induktionsspannung</p> <p>(5 Ustd.)</p>	<p>erläutern am Beispiel der <i>Leiterschaukel</i> das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6),</p> <p>definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2),</p> <p>bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),</p> <p>werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).</p>	<p>bewegter Leiter im (homogenen) Magnetfeld - „Leiterschaukelversuch“</p> <p>Messung von Spannungen mit diversen Spannungsmessgeräten (nicht nur an der Leiterschaukel)</p> <p>Gedankenexperimente zur Überführungsarbeit, die an einer Ladung verrichtet wird.</p> <p>Deduktive Herleitung der Beziehung zwischen U, v und B.</p>	<p>Definition der Spannung und Erläuterung anhand von Beispielen für Energieumwandlungsprozesse bei Ladungstransporten, Anwendungsbeispiele.</p> <p>Das Entstehen einer Induktionsspannung bei bewegtem Leiter im Magnetfeld wird mit Hilfe der Lorentzkraft erklärt, eine Beziehung zwischen Induktionsspannung, Leitergeschwindigkeit und Stärke des Magnetfeldes wird (deduktiv) hergeleitet.</p> <p>Die an der Leiterschaukel registrierten (zeitabhängigen) Induktionsspannungen werden mit Hilfe der hergeleiteten Beziehung auf das Zeit-Geschwindigkeit-Gesetz des bewegten Leiters zurückgeführt.</p>
<p>Technisch praktikable Generatoren:</p> <p>Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen</p> <p>(4 Ustd.)</p>	<p>recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2),</p> <p>erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3),</p>	<p>Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen, Filme und Applets zum Generatorprinzip</p> <p>Experimente mit drehenden Leiterschleifen in (näherungsweise homogenen) Magnetfeldern, Wechselstromgeneratoren</p>	<p>Hier bietet es sich an, arbeitsteilige Präsentationen auch unter Einbezug von Realexperimenten anfertigen zu lassen.</p>

Inhalt (Ustd. à 1 h)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	<p>erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren (E2, E6),</p> <p>werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).</p> <p>führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4),</p>	<p>Messung und Registrierung von Induktionsspannungen mit Oszilloskop und digitalem Messwerterfassungssystem</p>	<p>Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der senkrecht vom Magnetfeld durchsetzten Fläche wird „deduktiv“ erschlossen.</p>
<p>Nutzbarmachung elektrischer Energie durch „Transformation“</p> <p>Transformator</p> <p>(5 Ustd.)</p>	<p>erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3),</p> <p>ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim <i>Transformator</i> (UF1, UF2).</p> <p>geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an (E4),</p> <p>werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).</p> <p>führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4),</p>	<p>diverse „Netzteile“ von Elektro-Kleingeräten (mit klassischem Transformator)</p> <p>Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen</p> <p>Demo-Aufbautransformator mit geeigneten Messgeräten</p> <p>ruhende Induktionsspule in wechselstromdurchflossener Feldspule - mit Messwerterfassungssystem zur zeitaufgelösten Registrierung der Induktionsspannung und des zeitlichen Verlaufs der Stärke des magnetischen Feldes</p>	<p>Der Transformator wird eingeführt und die Übersetzungsverhältnisse der Spannungen experimentell ermittelt. Dies kann auch durch einen Schülervortrag erfolgen (experimentell und medial gestützt).</p> <p>Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der Stärke des magnetischen Feldes wird experimentell im Lehrerversuch erschlossen.</p> <p>Die registrierten Messdiagramme werden von den SuS eigenständig ausgewertet.</p>

Inhalt (Ustd. à 1 h)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Energieerhaltung Ohm´sche „Verluste“ (4 Ustd.)	verwenden ein physikalisches <i>Modellexperiment zu Freileitungen</i> , um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3), bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B1), zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4), beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4).	Modellexperiment (z.B. mit Hilfe von Aufbautransformatoren) zur Energieübertragung und zur Bestimmung der „Ohm´schen Verluste“ bei der Übertragung elektrischer Energie bei unterschiedlich hohen Spannungen	Hier bietet sich ein arbeitsteiliges Gruppenpuzzle an, in dem Modellexperimente einbezogen werden.
18 Ustd.	Summe		

Kontext: Wirbelströme im Alltag

Leitfrage: Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen?

Inhaltliche Schwerpunkte: Induktion

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,

Inhalt (Ustd. à 1 h)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Lenz´sche Regel (4 Ustd.)	erläutern anhand des <i>Thomson´schen Ringversuchs</i> die Lenz´sche Regel (E5, UF4), bewerten bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter Wirbelströme (B1),	Freihandexperiment: Untersuchung der Relativbewegung eines aufgehängten Metallrings und eines starken Stabmagneten Thomson´scher Ringversuch diverse Anwendungen, z.B. Dämpfungselement an einer Präzisionswaage, Wirbelstrombremse, „fallender Magnet“ im Alu-Rohr.	Ausgehend von kognitiven Konflikten bei den Ringversuchen wird die Lenz´sche Regel erarbeitet Erarbeitung von Anwendungsbeispielen zur Lenz´schen Regel (z.B. Wirbelstrombremse bei Fahrzeugen oder an der Kreissäge)
4 Ustd.	Summe		

Inhaltsfeld: *Relativität von Raum und Zeit (GK)*

Kontext: *Navigationssysteme*

Leitfrage: Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit?

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

Inhalt (Ustd. à 1 h)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Relativität der Zeit (5 Ustd.)	<p>interpretieren das <i>Michelson-Morley-Experiment</i> als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4),</p> <p>erklären anschaulich mit der <i>Lichtuhr</i> grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation (E6, E7),</p> <p>erläutern qualitativ den <i>Myonenzerfalls</i> in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation (E5, UF1).</p> <p>erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung (K3),</p> <p>begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten, dass eine additive Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für „kleine“ Geschwindigkeiten gilt (UF2),</p> <p>erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1),</p>	<p>Experiment von Michelson und Morley (Computersimulation)</p> <p>Lichtuhr (Gedankenexperiment / Computersimulation)</p> <p>Myonenzerfall (Experimentepool der Universität Wuppertal)</p>	<p>Ausgangsproblem: Exaktheit der Positionsbestimmung mit Navigationssystemen</p> <p>Begründung der Hypothese von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments</p> <p>Herleitung der Formel für die Zeitdilatation am Beispiel einer „bewegten Lichtuhr“.</p> <p>Der Myonenzerfall in der Erdatmosphäre dient als experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation. Betrachtet man das Bezugssystem der Myonen als ruhend, kann die Längenkontraktion der Atmosphäre plausibel gemacht werden.</p> <p>Die Formel für die Längenkontraktion wird angegeben.</p>
5 Ustd.	Summe		

Kontext: Teilchenbeschleuniger

Leitfrage: Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?

Inhaltliche Schwerpunkte: Veränderlichkeit der Masse, Energie-Masse Äquivalenz

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikal. oder techn. Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,

Inhalt (Ustd. à 1 h)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern (2 Ustd.)	erläutern die Funktionsweise eines <i>Zyklotrons</i> und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte (K4, UF4),	Zyklotron (in einer Simulation mit und ohne Massenveränderlichkeit)	Der Einfluss der Massenzunahme wird in der Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geräten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron ohne Rechnung veranschaulicht.
Ruhemasse und dynamische Masse (4 Ustd.)	erläutern die Energie-Masse Äquivalenz (UF1). zeigen die Bedeutung der Beziehung $E = mc^2$ für die Kernspaltung und -fusion auf (B1, B3)	Film / Video	Die Formeln für die dynamische Masse und $E=mc^2$ werden als deduktiv herleitbar angegeben. Erzeugung und Vernichtung von Teilchen,
6 Ustd.	Summe		

Kontext: Das heutige Weltbild

Leitfrage: Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt?

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation, Veränderlichkeit der Masse, Energie-Masse Äquivalenz

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.

(K3) physikal.Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,

Inhalt (Ustd. à 1 h)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit (2 Ustd.)	diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie (B4, E7), beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3)	Lehrbuch, Film / Video	
2 Ustd.	Summe		

1.1.2.3 Qualifikationsphase: Leistungskurs

Inhaltsfeld: *Relativitätstheorie (LK)*

Kontext: Satellitennavigation – Zeitmessung ist nicht absolut

Leitfrage: Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit?

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Problem der Gleichzeitigkeit

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und Problem der Gleichzeitigkeit</p> <p>Inertialsysteme</p> <p>Relativität der Gleichzeitigkeit</p>	<p>begründen mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4, E5, E6),</p> <p>erläutern das Problem der relativen Gleichzeitigkeit mit in zwei verschiedenen Inertialsystemen jeweils synchronisierten Uhren (UF2),</p> <p>begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten Auswirkungen auf die additive Überlagerung von Geschwindigkeiten (UF2).</p>	<p>Experiment von Michelson und Morley (z.B. Computersimulation)</p> <p>Relativität der Gleichzeitigkeit (Video / Film)</p>	<p>Als Ausgangsproblem könnte gewählt werden: Exaktheit der Positionsbestimmung mit Navigationssystemen</p> <p>Begründung der Hypothese von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit dem Ausgang des Michelson- und Morley-Experiments (z.B. Computersimulation).</p> <p>Das Additionstheorem für relativistische Geschwindigkeiten kann ergänzend ohne Herleitung angegeben werden.</p>

Kontext: Höhenstrahlung

Leitfrage: Warum erreichen Myonen aus der oberen Atmosphäre die Erdoberfläche?

Inhaltliche Schwerpunkte: Zeitdilatation und Längenkontraktion

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern, (K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Zeitdilatation und relativistischer Faktor	leiten mithilfe der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und des Modells Lichtuhr quantitativ die Formel für die Zeitdilatation her (E5), reflektieren die Nützlichkeit des Modells Lichtuhr hinsichtlich der Herleitung des relativistischen Faktors (E7). erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1)	Lichtuhr (Gedankenexperiment / Computersimulation) Myonenzerfall (Experimentepool der Universität – ggfs. Exkursion an eine Universität)	Der Myonenzerfall in der Erdatmosphäre dient als eine experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation.
Längenkontraktion	begründen den Ansatz zur Herleitung der Längenkontraktion (E6), erläutern die relativistischen Phänomene Zeitdilatation und Längenkontraktion anhand des Nachweises von in der oberen Erdatmosphäre entstehenden Myonen (UF1), beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3),	Myonenzerfall	Der Myonenzerfall dient als experimentelle Bestätigung der Längenkontraktion (im Vergleich zur Zeitdilatation) – s. o. Herleitung der Formel für die Längenkontraktion

Kontext: Teilchenbeschleuniger – Warum Teilchen aus dem Takt geraten

Leitfrage: Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?

Inhaltliche Schwerpunkte: Relativistische Massenzunahme, Energie-Masse-Beziehung

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern	erläutern auf der Grundlage historischer Dokumente ein Experiment zum Nachweis der relativistischen Massenzunahme (K2, K3),	Z.B. Bertozzi-Experiment	Hier würde sich eine Schülerpräsentation des Bertozzi-Experiments anbieten. Der Einfluss der Massenzunahme wird in einer Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geräten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron ohne Rechnung veranschaulicht. Die Formel für die dynamische Masse wird als deduktiv herleitbar angegeben.
Ruhemasse und dynamische Masse	erläutern die Energie-Masse-Beziehung (UF1) berechnen die relativistische kinetische Energie von Teilchen mithilfe der Energie-Masse-Beziehung (UF2)		Die Differenz aus dynamischer Masse und Ruhemasse wird als Maß für die kinetische Energie eines Körpers identifiziert.
Bindungsenergie im Atomkern Annihilation	beschreiben die Bedeutung der Energie-Masse-Äquivalenz hinsichtlich der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen (UF4), bestimmen und bewerten den bei der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen frei werdenden Energiebetrag (E7, B1), beurteilen die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für Erforschung und technische Nutzung von Kernspaltung und Kernfusion (B1, B3),	Historische Aufnahme von Teilchenbahnen	Interpretation des Zusammenhangs zwischen Bindungsenergie pro Nukleon und der Kernspaltungs- bzw. Kernfusionsenergie bei den entsprechenden Prozessen. Es können Filme zu Hiroshima und Nagasaki eingesetzt werden. Erzeugung und Vernichtung von Teilchen

Kontext: Satellitennavigation – Zeitmessung unter dem Einfluss von Geschwindigkeit und Gravitation

Leitfrage: Beeinflusst Gravitation den Ablauf der Zeit?

Inhaltliche Schwerpunkte: Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Gravitation und Zeitmessung	beschreiben qualitativ den Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung (UF4)	Der Gang zweier Atomuhren in unterschiedlicher Höhe in einem Raum (früheres Experimente der PTB Braunschweig) Flug von Atomuhren um die Erde (Video)	Dieser Unterrichtsabschnitt soll lediglich einen ersten – qualitativ orientierten – Einblick in die Äquivalenz von Gravitation und gleichmäßig beschleunigten Bezugssystemen geben. Elemente des Kontextes Satellitennavigation können genutzt werden, um sowohl die Zeitdilatation (infolge der unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Satelliten) als auch die Gravitationswirkung (infolge ihres Aufenthalts an verschiedenen Orten im Gravitationsfeld der Erde) zu verdeutlichen.
Die Gleichheit von träger und schwerer Masse (im Rahmen der heutigen Messgenauigkeit)	veranschaulichen mithilfe eines einfachen gegenständlichen Modells den durch die Einwirkung von massebehafteten Körpern hervorgerufenen Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung sowie die „Krümmung des Raums“ (K3).	Einsteins Fahrstuhl-Gedankenexperiment Das Zwillingparadoxon (mit Beschleunigungsphasen und Phasen der gleichförmigen Bewegung Film / Video	An dieser Stelle könnte eine Schülerpräsentation erfolgen (mithilfe der Nutzung von Informationen und Animationen aus dem Internet)

Kontext: Das heutige Weltbild

Leitfrage: Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt?

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Problem der Gleichzeitigkeit, Zeitdilatation und Längenkontraktion, Relativistische Massenzunahme, Energie-Masse-Beziehung, Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
--------	---	---------------------	-----------

Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit	bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds (B4).	Lehrbuchtexte, Internetrecherche	Ggf. Schülervortrag
--	--	----------------------------------	---------------------

Inhaltsfeld: *Elektrik (LK)*

Kontext: *Untersuchung von Elektronen*

Leitfrage: Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?

Inhaltliche Schwerpunkte: Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder, Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern

Kompetenschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,

(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,

(B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Grundlagen: Ladungstrennung, Ladungsträger	erklären elektrostatische Phänomene und Influenz mithilfe grundlegender Eigenschaften elektrischer Ladungen (UF2, E6),	einfache Versuche zur Reibungs- elektrizität – Anziehung / Abstoßung, halbquantitative Versuche mit Hilfe eines Elektrometerverstäkers: Zwei aneinander geriebene Kunststoffstäbe aus unterschiedlichen Materialien tragen betragsmäßig gleiche, aber entgegengesetzte Ladungen, Influenzversuche	An dieser Stelle sollte ein Rückgriff auf die S I erfolgen. Das Elektron soll als (ein) Träger der negativen Ladung benannt und seine Eigenschaften untersucht werden.

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Bestimmung der Elementarladung:</p> <p>elektrische Felder, Feldlinien</p> <p>potentielle Energie im elektrischen Feld, Spannung</p> <p>Kondensator</p> <p>Elementarladung</p>	<p>beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der entsprechenden Feldstärken (UF2, UF1),</p> <p>erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),</p>	<p>Skizzen zum prinzipiellen Aufbau des Millikanversuchs, realer Versuchsaufbau oder entsprechende Medien (z. B: RCL (remote control laboratory),</p> <p>einfache Versuche und visuelle Medien zur Veranschaulichung elektrischer Felder im Feldlinienmodell,</p> <p>Plattenkondensator (homogenes E-Feld),</p>	<p>Die Versuchsidee „eines“ Millikanversuchs wird erarbeitet.</p> <p>Der Begriff des elektrischen Feldes und das Feldlinienmodell werden eingeführt.</p> <p>Die elektrische Feldstärke in einem Punkt eines elektrischen Feldes, der Begriff „homogenes Feld“ und die Spannung werden definiert.</p>
	<p>leiten physikalische Gesetze (u.a. die im homogenen elektrischen Feld gültige Beziehung zwischen Spannung und Feldstärke und den Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p>	<p>evtl. Apparatur zur Messung der Feldstärke gemäß der Definition,</p> <p>Spannungsmessung am Plattenkondensator,</p> <p>Bestimmung der Elementarladung mit dem Millikanversuch</p>	<p>Zusammenhang zwischen E und U im homogenen Feld</p> <p>Bestimmung der Elementarladung mit Diskussion der Messgenauigkeit</p> <p>An dieser Stelle sollten Übungsaufgaben erfolgen, z.B. auch zum Coulomb'schen Gesetz. Dieses kann auch nur per Plausibilitätsbetrachtung eingeführt werden.</p>

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Bestimmung der Masse eines Elektrons:</p> <p>magnetische Felder, Feldlinien,</p> <p>potentielle Energie im elektrischen Feld, Energie bewegter Ladungsträger,</p> <p>Elektronenmasse</p>	<p>erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit) (B1, B4),</p> <p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</p> <p>beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3),</p> <p>ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1),</p>	<p>Fadenstrahlrohr (zunächst) zur Erarbeitung der Versuchsidee,</p> <p>(z.B.) Stromwaage zur Demonstration der Kraftwirkung auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld sowie zur Veranschaulichung der Definition der magnetischen Feldstärke,</p> <p>Versuche mit z.B. Oszilloskop, Fadenstrahlrohr, altem (Monochrom-) Röhrenmonitor o. ä. zur Demonstration der Lorentzkraft,</p> <p>Fadenstrahlrohr zur e/m – Bestimmung (das Problem der Messung der magnetischen Feldstärke wird ausgelagert.)</p>	<p>Die Frage nach der Masse eines Elektrons führt zu weiteren Überlegungen.</p> <p>Als Versuchsidee wird (evtl. in Anlehnung an astronomischen Berechnungen in der EF) die Auswertung der Daten einer erzwungenen Kreisbewegung des Teilchens erarbeitet.</p> <p>Dazu wird der Begriff des magnetischen Feldes eingeführt sowie die Veranschaulichung magnetischer Felder (inkl. Feldlinienmodell) erarbeitet.</p> <p>Definition der magnetischen Feldstärke, Definition des homogenen Magnetfeldes,</p> <p>Kraft auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld, Herleitung der Formel für die Lorentzkraft,</p>

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	<p>erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),</p> <p>bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),</p> <p>leiten physikalische Gesetze (Formel für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter, Hall-Effekt) (E1, E2, E3, E4, E5 UF1, UF4),</p> <p>schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten bei der e/m-Bestimmung und beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern (E5, UF2),</p>		<p>Ein Verfahren zur Beschleunigung der Elektronen sowie zur Bestimmung ihrer Geschwindigkeit wird erarbeitet.</p>

Kontext: Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen

Leitfrage: Wie und warum werden physikalische Größen meistens elektrisch erfasst und wie werden sie verarbeitet?

Inhaltliche Schwerpunkte: Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder, Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,

(UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

(E1) in unterschiedlichen Kontexten physikalische Probleme identifizieren, analysieren und in Form physikalischer Fragestellungen präzisieren,

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,

(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,

(B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Anwendungen in Forschung und Technik:</p> <p>Bewegung von Ladungsträgern in Feldern</p>	<p>beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter, Hall-Effekt) (E1, E2, E3, E4, E5 UF1, UF4),</p> <p>erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrizität (K1, K3, UF3),</p> <p>beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3),</p> <p>ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1),</p> <p>schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern, (E5, UF2),</p> <p>erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6),</p> <p>erläutern den Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron (E6, UF4),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p>	<p>Hallsonde,</p> <p>Halleffektgerät,</p> <p>diverse Spulen, deren Felder vermessen werden (insbesondere lange Spulen und Helmholtzspulen),</p> <p>Elektronenstrahlröhre</p> <p>visuelle Medien und Computersimulationen (ggf. RCLs) zum Massenspektrometer, Zyklotron und evtl. weiteren Teilchenbeschleunigern</p>	<p>Das Problem der Messung der Stärke des magnetischen Feldes der Helmholtzspulen (e/m – Bestimmung) wird wieder aufgegriffen,</p> <p>Vorstellung des Aufbaus einer Hallsonde und Erarbeitung der Funktionsweise einer Hallsonde,</p> <p>Veranschaulichung mit dem Halleffektgerät (Silber),</p> <p>Kalibrierung einer Hallsonde,</p> <p>Messungen mit der Hallsonde, u. a. nachträgliche Vermessung des Helmholtzspulenfeldes,</p> <p>Bestimmung der magnetischen Feldkonstante,</p> <p>Arbeits- und Funktionsweisen sowie die Verwendungszwecke diverser Elektronenröhren, Teilchenbeschleuniger und eines Massenspektrometers werden untersucht.</p>

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	<p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (UF2),</p>		

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Moderne messtechnische Verfahren sowie Hilfsmittel zur Mathematisierung:</p> <p>Auf- und Entladung von Kondensatoren,</p> <p>Energie des elektrischen Feldes</p>	<p>erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit) (B1, B4),</p> <p>erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (UF2),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>ermitteln die in elektrischen bzw. magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Kondensator) (UF2),</p> <p>beschreiben qualitativ und quantitativ, bei vorgegebenen Lösungsansätzen, Ladungs- und Entladungsvorgänge in Kondensatoren (E4, E5, E6),</p>	<p>diverse Kondensatoren (als Ladungs-/Energiespeicher),</p> <p>Aufbaukondensatoren mit der Möglichkeit die Plattenfläche und den Plattenabstand zu variieren,</p> <p>statische Voltmeter bzw. Elektromettermessverstärker,</p> <p>Schülerversuche zur Auf- und Entladung von Kondensatoren sowohl mit großen Kapazitäten (Messungen mit Multimeter) als auch mit kleineren Kapazitäten (Messungen mit Hilfe von Messwerterfassungssystemen),</p> <p>Computer oder GTR/CAS-Rechner zur Messwertverarbeitung</p>	<p>Kondensatoren werden als Ladungs-/Energiespeicher vorgestellt (z.B. bei elektronischen Geräten wie Computern).</p> <p>Die (Speicher-) Kapazität wird definiert und der Zusammenhang zwischen Kapazität, Plattenabstand und Plattenfläche für den Plattenkondensator (deduktiv mit Hilfe der Grundgleichung des elektrischen Feldes) ermittelt.</p> <p>Plausibilitätsbetrachtung zur Grundgleichung des elektrischen Feldes im Feldlinienmodell,</p> <p>Ermittlung der elektrischen Feldkonstante (evtl. Messung),</p> <p>Auf- und Entladevorgänge bei Kondensatoren werden messtechnisch erfasst, computerbasiert ausgewertet und mithilfe von Differentialgleichungen beschrieben.</p> <p>deduktive Herleitung der im elektrischen Feld eines Kondensators gespeicherten elektrischen Energie</p>

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	<p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</p> <p>wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computergestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),</p>		

Kontext: Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie

Leitfrage: Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?

Inhaltliche Schwerpunkte: Elektromagnetische Induktion

Kompetenschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

(B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Induktion, das grundlegende Prinzip bei der Versorgung mit elektrischer Energie:</p> <p>Induktionsvorgänge, Induktionsgesetz,</p> <p>Lenz'sche Regel,</p> <p>Energie des magnetischen Feldes</p>	<p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (UF2),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>planen und realisieren Experimente zum Nachweis der Teilaussagen des Induktionsgesetzes (E2, E4, E5),</p> <p>führen das Auftreten einer Induktionsspannung auf die zeitliche Änderung der von einem Leiter überstrichenen gerichteten Fläche in einem Magnetfeld zurück (u.a. bei der Erzeugung einer Wechselspannung) (E6),</p> <p>erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrizität (K1, K3, UF3),</p> <p>treffen im Bereich Elektrizität Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</p> <p>identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße B in Anwendungs- und Alltagssituationen (E1, E6, UF4),</p>	<p>Medien zur Information über prinzipielle Verfahren zur Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie,</p> <p>Bewegung eines Leiters im Magnetfeld - Leiterschaukel,</p> <p>einfaches elektrodynamisches Mikrofon,</p> <p>Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren (vereinfachte Funktionsmodelle für Unterrichtszwecke)</p> <p>quantitativer Versuch zur elektromagnetischen Induktion bei Änderung der Feldgröße B, registrierende Messung von $B(t)$ und $U_{\text{ind}}(t)$,</p> <p>„Aufbau-“ Transformatoren zur Spannungswandlung</p>	<p>Leiterschaukelversuch evtl. auch im Hinblick auf die Registrierung einer gedämpften mechanischen Schwingung auswertbar,</p> <p>Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren werden nur qualitativ behandelt.</p> <p>Das Induktionsgesetz in seiner allgemeinen Form wird erarbeitet:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Flächenänderung (deduktive Herleitung) 2. Änderung der Feldgröße B (quantitatives Experiment) <p>Drehung einer Leiterschleife (qualitative Betrachtung)</p> <p>Der magnetische Fluss wird definiert, das Induktionsgesetz als Zusammenfassung und Verallgemeinerung der Ergebnisse formuliert.</p> <p>qualitative Deutung des Versuchsergebnisses zur Selbstinduktion</p>

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	<p>wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrizität (z. B. computergestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),</p> <p>ermitteln die in magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Spule) (UF2),</p> <p>bestimmen die Richtungen von Induktionsströmen mithilfe der Lenz'schen Regel (UF2, UF4, E6),</p> <p>begründen die Lenz'sche Regel mithilfe des Energie- und des Wechselwirkungskonzeptes (E6, K4),</p>	<p>Modellversuch zu einer „Überlandleitung“ (aus CrNi-Draht) mit zwei „Trafo-Stationen“, zur Untersuchung der Energieverluste bei unterschiedlich hohen Spannungen,</p> <p>Versuch (qualitativ und quantitativ) zur Demonstration der Selbstinduktion (registrierende Messung und Vergleich der Ein- und Ausschaltströme in parallelen Stromkreisen mit rein ohmscher bzw. mit induktiver Last),</p> <p>Versuche zur Demonstration der Wirkung von Wirbelströmen,</p> <p>diverse „Ringversuche“</p>	<p>Deduktive Herleitung des Terms für die Selbstinduktionsspannung einer langen Spule (ausgehend vom Induktionsgesetz), Interpretation des Vorzeichens mit Hilfe der Lenz'schen Regel</p> <p>Definition der Induktivität,</p> <p>messtechnische Erfassung und computerbasierte Auswertung von Ein- und Ausschaltvorgängen bei Spulen</p> <p>deduktive Herleitung der im magnetischen Feld einer Spule gespeicherten magnetischen Energie</p>

Kontext: Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung

Leitfrage: Wie können Nachrichten ohne Materietransport übermittelt werden?

Inhaltliche Schwerpunkte: Elektromagnetische Schwingungen und Wellen

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,

(E4) Experimente mit komplexen Versuchsplänen und Versuchsaufbauten, auch historisch bedeutsame Experimente, mit Bezug auf ihre Zielsetzungen erläutern und diese zielbezogen unter Beachtung fachlicher Qualitätskriterien durchführen,

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,

(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,

(B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Der elektromagnetische Schwingkreis – das Basiselement der Nachrichtentechnik:</p> <p>Elektromagnetische Schwingungen im RLC-Kreis,</p> <p>Energieumwandlungsprozesse im RLC-Kreis</p>	<p>erläutern die Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen, erstellen aussagekräftige Diagramme und werten diese aus (E2, E4, E5, B1),</p> <p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</p> <p>erläutern qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (UF1, UF2),</p> <p>beschreiben den Schwingvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energieumwandlungsprozess und benennen wesentliche Ursachen für die Dämpfung (UF1, UF2, E5),</p>	<p>MW-Radio aus Aufbauteilen der Elektrizsammlung mit der Möglichkeit, die modulierte Trägerschwingung (z.B. oszilloskopisch) zu registrieren,</p> <p>einfache Resonanzversuche (auch aus der Mechanik / Akustik),</p>	<p>Zur Einbindung der Inhalte in den Kontext wird zunächst ein Mittelwellenradio aus Aufbauteilen der Elektrizsammlung vorgestellt.</p> <p>Der Schwingkreis als zentrale Funktionseinheit des MW-Radios: Es kann leicht gezeigt werden, dass durch Veränderung von L bzw. C der Schwingkreis so „abgestimmt“ werden kann, dass (z.B. oszilloskopisch) eine modulierte Trägerschwingung registriert werden kann, also der Schwingkreis „von außen“ angeregt wird.</p> <p>Die Analogie zu mechanischen Resonanzversuchen wird aufgezeigt.</p>

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	<p>wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrizität (auch computer-gestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p>	<p>RLC - Serienschwingkreis insbesondere mit registrierenden Messverfahren und computergestützten Auswerteverfahren,</p> <p>ggf. Meißner- oder Dreipunkt-Rückkopplungsschaltung zur Erzeugung / Demonstration entdämpfter elektromagnetischer Schwingungen</p>	<p>Die zentrale Funktionseinheit „Schwingkreis“ wird genauer untersucht.</p> <p>Spannungen und Ströme im RCL – Kreis werden zeitaufgelöst registriert, die Diagramme sind Grundlage für die qualitative Beschreibung der Vorgänge in Spule und Kondensator.</p> <p>Quantitativ wird nur die ungedämpfte Schwingung beschrieben (inkl. der Herleitung der Thomsonformel).</p>
	<p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2).</p>		<p>Die Möglichkeiten zur mathematischen Beschreibung gedämpfter Schwingungen sowie Möglichkeiten der Entdämpfung / Rückkopplung können kurz und rein qualitativ angesprochen werden.</p>

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Materiefreie Übertragung von Information und Energie:</p> <p>Entstehung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen,</p> <p>Energietransport und Informationsübertragung durch elektromagnetische Wellen,</p>	<p>beschreiben den Hertz'schen Dipol als einen (offenen) Schwingkreis (UF1, UF2, E6),</p> <p>erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei <i>B</i>- bzw. <i>E</i>-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (UF1, UF4, E6),</p> <p>beschreiben qualitativ die lineare Ausbreitung harmonischer Wellen als räumlich und zeitlich periodischen Vorgang (UF1, E6),</p> <p>erläutern anhand schematischer Darstellungen Grundzüge der Nutzung elektromagnetischer Trägerwellen zur Übertragung von Informationen (K2, K3, E6).</p> <p>ermitteln auf der Grundlage von Brechungs-, Beugungs- und Interferenzerscheinungen (mit Licht- und Mikrowellen) die Wellenlängen und die Lichtgeschwindigkeit (E2, E4, E5).</p> <p>beschreiben die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz im Wellenmodell und begründen sie qualitativ mithilfe des Huygens'schen Prinzips (UF1, E6).</p>	<p>L-C-Kreis, der sich mit einem magnetischen Wechselfeld über eine „Antenne“ zu Schwingungen anregen lässt,</p> <p>dm-Wellen-Sender mit Zubehör (Empfängerdipol, Feldindikatorlampe),</p> <p>Visuelle Medien zur Veranschaulichung der zeitlichen Änderung der E- und B-Felder beim Hertz'schen Dipol, entsprechende Computersimulationen,</p> <p>visuelle Medien zur magneto-elektrischen Induktion,</p> <p>Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle, entsprechende Computersimulationen,</p> <p>Versuche mit dem dm-Wellen-Sender (s.o.),</p>	<p>Erinnerung an die Anregung des MW-Radio-Schwingkreises durch „Radiowellen“ zur Motivation der Erforschung sogenannter elektromagnetischer Wellen,</p> <p>Das Phänomen der elektromagnetische Welle, ihre Erzeugung und Ausbreitung werden erarbeitet.</p> <p>Übergang vom Schwingkreis zum Hertz'schen Dipol durch Verkleinerung von L und C,</p> <p>Überlegungen zum „Ausbreitungsmechanismus“ elektromagnetischer Wellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Induktion findet auch ohne Leiter („Induktionsschleife“) statt! • (Z.B.) Versuch zur Demonstration des Magnetfeldes um stromdurchflossene Leiter, über die ein Kondensator aufgeladen wird. • Auch im Bereich zwischen den Kondensatorplatten existiert ein magnetisches Wirbelfeld.

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	<p>erläutern konstruktive und destruktive Interferenz sowie die entsprechenden Bedingungen mithilfe geeigneter Darstellungen (K3, UF1),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>beschreiben die Interferenz an Doppelspalt und Gitter im Wellenmodell und leiten die entsprechenden Terme für die Lage der jeweiligen Maxima n-ter Ordnung her (E6, UF1, UF2),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2),</p> <p>erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten (K1, K3, UF3).</p>	<p>Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer linearen (harmonischen) Welle, auch Wellenmaschine zur Erinnerung an mechanische Wellen, entsprechende Computersimulationen,</p> <p>Wellenwanne</p> <p>Z.B. Mikrowellensender / -empfänger mit Gerätesatz für Beugungs-, Brechungs- und Interferenzexperimente,</p> <p>Interferenz-, Beugungs- und Brechungsexperimente mit (Laser-) Licht an Doppelspalt und Gitter (quantitativ) – sowie z.B. an Kanten, dünnen Schichten,... (qualitativ)</p>	<p>Beugungs-, Brechungs- und Interferenzerscheinungen zum Nachweis des Wellencharakters elektromagnetischer Wellen,</p>

Inhaltsfeld: *Quantenphysik (LK)*

Kontext: *Erforschung des Photons*

Leitfrage: Besteht Licht doch aus Teilchen?

Inhaltliche Schwerpunkte: Licht und Elektronen als Quantenobjekte, Welle-Teilchen-Dualismus, Quantenphysik und klassische Physik

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

(E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Lichtelektrischer Effekt	diskutieren und begründen das Versagen der klassischen Modelle bei der Deutung quantenphysikalischer Prozesse (K4, E6) legen am Beispiel des Photoeffekts und seiner Deutung dar, dass neue physikalische Experimente und Phänomene zur Veränderung des physikalischen Weltbildes bzw. zur Erweiterung oder Neubegründung physikalischer Theorien und Modelle führen können (E7),	Entladung einer positiv bzw. negativ geladenen (frisch geschmirgelten) Zinkplatte mithilfe des Lichts einer Hg-Dampf-Lampe (ohne und mit UV-absorbierender Glasscheibe)	Qualitative Demonstration des Photoeffekts

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Teilcheneigenschaften von Photonen</p> <p>Planck'sches Wirkungsquantum</p>	<p>erläutern die qualitativen Vorhersagen der klassischen Elektrodynamik zur Energie von Photoelektronen (bezogen auf die Frequenz und Intensität des Lichts) (UF2, E3),</p> <p>erläutern den Widerspruch der experimentellen Befunde zum Photoeffekt zur klassischen Physik und nutzen zur Erklärung die Einstein'sche Lichtquantenhypothese (E6, E1),</p> <p>diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (B2, E7),</p> <p>beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2),</p> <p>ermitteln aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum (E5, E6),</p>	<p>1. Versuch zur h-Bestimmung: Gegenspannungsmethode (Hg-Linien mit Cs-Diode)</p> <p>2. Versuch zur h-Bestimmung: Mit Simulationsprogramm (z.B. in häuslicher Arbeit)</p>	<p>Spannungsbestimmung mithilfe Kondensatoraufladung erwähnen</p> <p>Wenn genügend Zeit zur Verfügung steht, kann an dieser Stelle auch der Compton-Effekt behandelt werden:</p> <p>Bedeutung der Anwendbarkeit der (mechanischen) Stoßgesetze hinsichtlich der Zuordnung eines Impulses für Photonen</p> <p>Keine detaillierte (vollständig relativistische) Rechnung im Unterricht notwendig, Rechnung ggf. als Referat vorstellen lassen</p>
10 Ustd.	Summe		

Kontext: Röntgenstrahlung, Erforschung des Photons

Leitfrage: Was ist Röntgenstrahlung?

Inhaltliche Schwerpunkte: Licht und Elektronen als Quantenobjekte

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Röntgenröhre Röntgenspektrum	beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre (UF1),	Röntgenröhre	Die Behandlung der Röntgenstrahlung erscheint an dieser Stelle als „Einschub“ in die Reihe zur Quantenphysik sinnvoll, obwohl sie auch zu anderen Sachbereichen Querverbindungen hat und dort durchgeführt werden könnte (z.B. „Physik der Atomhülle“) Zu diesem Zeitpunkt müssen kurze Sachinformationen zum Aufbau der Atomhülle und den Energiezuständen der Hüllelektronen gegeben (recherchiert) werden. Das IBE sollte für die häusliche Arbeit genutzt werden.
Bragg'sche Reflexionsbedingung	erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung her (E6),	Aufnahme eines Röntgenspektrums (Winkel-Intensitätsdiagramm vs. Wellenlängen-Intensitätsdiagramm)	Die Bragg'sche Reflexionsbedingung basiert auf Welleninterpretation, die Registrierung der Röntgenstrahlung mithilfe des Detektors hat den Teilchenaspekt im Vordergrund
Planck'sches Wirkungsquantum	deuten die Entstehung der kurzwelligen Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts (E6),		Eine zweite Bestimmungsmethode für das Planck'sche Wirkungsquantum

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Strukturanalyse mithilfe der Drehkristallmethode Strukturanalyse nach Debye-Scherrer			Z.B. Schülerreferate mit Präsentationen zur Debye-Scherrer-Methode
Röntgenröhre in Medizin und Technik	führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3),	Film / Video / Foto Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen)	Schülerreferate mit Präsentationen anhand Literatur- und Internetrecherchen

Kontext: *Erforschung des Elektrons*

Leitfrage: Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?

Inhaltliche Schwerpunkte: Welle-Teilchen-Dualismus

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,

(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Wellencharakter von Elektronen	interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E1, E5, E6),	Qualitative Demonstrationen mit der Elektronenbeugungsröhre Qualitative Demonstrationen mithilfe RCL (Uni Kaiserslautern: http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/)	Hinweise auf erlaubte nichtrelativistische Betrachtung (bei der verwendeten Elektronenbeugungsröhre der Schule)

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Streuung und Beugung von Elektronen De Broglie-Hypothese	beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2), erklären die de Broglie-Hypothese am Beispiel von Elektronen (UF1),	Quantitative Messung mit der Elektronenbeugungsröhre	Herausstellen der Bedeutung der Bragg'schen Reflexionsbedingung für (Röntgen-) Photonen wie für Elektronen mit Blick auf den Wellenaspekt von Quantenobjekten Dabei Betonung der herausragenden Bedeutung der de Broglie-Gleichung für die quantitative Beschreibung der (lichtschnellen und nicht lichtschneller) Quantenobjekte

Kontext: Die Welt kleinster Dimensionen – Mikroobjekte und Quantentheorie

Leitfrage: Was ist anders im Mikrokosmos?

Inhaltliche Schwerpunkte: Welle-Teilchen-Dualismus und Wahrscheinlichkeitsinterpretation, Quantenphysik und klassische Physik

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,

(E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
linearer Potentialtopf Energiewerte im linearen Potentialtopf	deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen (UF1, UF4), ermitteln die Wellenlänge und die Energiewerte von im linearen Potentialtopf gebundenen Elektronen (UF2, E6).		Auf die Anwendbarkeit des Potentialtopf-Modells bei Farbstoffmolekülen wird hingewiesen. Die Anwendbarkeit des (mechanischen) Modells der stehenden Welle kann insofern bestätigt werden, als dass die für die stehenden Wellen sich ergebende DGI mit derjenigen der (zeitunabhängigen) Schrödinger-DGI strukturell übereinstimmt. Ein Ausblick auf die Schrödinger-Gleichung genügt.

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Wellenfunktion und Aufenthaltswahrscheinlichkeit	<p>erläutern die Aufhebung des Welle-Teilchen-Dualismus durch die Wahrscheinlichkeitsinterpretation (UF1, UF4),</p> <p>erläutern die Bedeutung von Gedankenexperimenten und Simulationsprogrammen zur Erkenntnisgewinnung bei der Untersuchung von Quantenobjekten (E6, E7).</p> <p>erläutern bei Quantenobjekten das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität (UF1, E3),</p> <p>diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (B2, E7),</p> <p>stellen anhand geeigneter Phänomene dar, wann Licht durch ein Wellenmodell bzw. ein Teilchenmodell beschrieben werden kann (UF1, K3, B1),</p>	Demonstration des Durchgangs eines einzelnen Quantenobjekts durch einen Doppelspalt mithilfe eines Simulationsprogramms und mithilfe von Videos	
Heisenberg'sche Unschärferelation	<p>erläutern die Aussagen und die Konsequenzen der Heisenberg'schen Unschärferelation (Ort-Impuls, Energie-Zeit) an Beispielen (UF1, K3),</p> <p>bewerten den Einfluss der Quantenphysik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbildes und auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis (B4, E7).</p>		Die Heisenberg'sche Unschärferelation kann (aus fachlicher Sicht) plausibel gemacht werden aufgrund des sich aus der Interferenzbedingung ergebenden Querimpulses eines Quantenobjekts, wenn dieses einen Spalt passiert.

Inhaltsfeld: Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik (LK)

Kontext: Geschichte der Atommodelle, Lichtquellen und ihr Licht

Leitfrage: Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Atomaufbau

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

(E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Atomaufbau: Kern-Hülle-Modell	geben wesentliche Schritte in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell wieder (UF1),	Recherche in Literatur und Internet	Diverse Atommodelle (Antike bis Anfang 20. Jhd.)
Energiequantelung der Hüllelektronen	erklären Linienspektren in Emission und Absorption sowie den Franck-Hertz-Versuch mit der Energiequantelung in der Atomhülle (E5),	Linienspektren, Franck-Hertz-Versuch	Linienspektren deuten auf diskrete Energien hin
Linienspektren	stellen die Bedeutung des Franck-Hertz-Versuchs und der Experimente zu Linienspektren in Bezug auf die historische Bedeutung des Bohr'schen Atommodells dar (E7).	Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung), Linienspektren von H	Demonstrationsversuch, Arbeitsblatt
Bohr'sche Postulate	formulieren geeignete Kriterien zur Beurteilung des Bohr'schen Atommodells aus der Perspektive der klassischen und der Quantenphysik (B1, B4),	Literatur, Arbeitsblatt	Berechnung der Energieniveaus, Bohr'scher Radius

Kontext: Physik in der Medizin (Bildgebende Verfahren, Radiologie)

Leitfrage: Wie nutzt man Strahlung in der Medizin?

Inhaltliche Schwerpunkte: Ionisierende Strahlung, Radioaktiver Zerfall

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF3) physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

(UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p>Ionisierende Strahlung:</p> <p>Detektoren</p>	<p>benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6),</p>	<p>Geiger-Müller-Zählrohr, Arbeitsblatt</p> <p>Nebelkammer</p>	<p>Ggf. Schülermessungen mit Zählrohren (Alltagsgegenstände, Nulleffekt , Präparate etc.)</p> <p>Demonstration der Nebelkammer, ggf. Schülerbausatz</p> <p>Material zu Halbleiterdetektoren</p>
<p>Strahlungsarten</p>	<p>erklären die Ablenkbarkeit von ionisierenden Strahlen in elektrischen und magnetischen Feldern sowie die Ionisierungsfähigkeit und Durchdringungsfähigkeit mit ihren Eigenschaften (UF3),</p> <p>erklären die Entstehung des Bremsspektrums und des charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung (UF1),</p> <p>benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6),</p> <p>erläutern das Absorptionsgesetz für Gamma-Strahlung, auch für verschiedene Energien (UF3),</p>	<p>Absorption von α-, β-, γ-Strahlung</p> <p>Ablenkung von β-Strahlen im Magnetfeld</p> <p>Literatur (zur Röntgen- , Neutronen- und Schwerionenstrahlung)</p>	<p>Ggf. Absorption und Ablenkung in Schülerexperimenten</p>
<p>Dosimetrie</p>	<p>erläutern in allgemein verständlicher Form bedeutsame Größen der Dosimetrie (Aktivität, Energie- und Äquivalentdosis) auch hinsichtlich der Vorschriften zum Strahlenschutz (K3),</p>	<p>Z.B: Video zur Dosimetrie</p> <p>Auswertung von Berichten über Unfälle im kerntechnischen Bereich</p>	

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Bildgebende Verfahren	stellen die physikalischen Grundlagen von Röntgenaufnahmen und Szintigrammen als bildgebende Verfahren dar (UF4), beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4),	Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen) Ggf. Exkursion zur radiologischen Abteilung des Krankenhauses	Nutzung von Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle bei technischen Anlagen

Kontext: (Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen

Leitfrage: Wie funktioniert die 14C-Methode?

Inhaltliche Schwerpunkte: Radioaktiver Zerfall

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen, (E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Radioaktiver Zerfall: Kernkräfte	benennen Protonen und Neutronen als Kernbausteine, identifizieren Isotope und erläutern den Aufbau einer Nuklidkarte (UF1),	Ausschnitt aus Nuklidkarte	Aufbauend auf Physik- und Chemieunterricht der S I
Zerfallsprozesse	identifizieren natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse mithilfe der Nuklidkarte (UF2),	Elektronische Nuklidkarte	Umgang mit einer Nuklidkarte
	entwickeln Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit radioaktiver Substanzen (E4, E5), nutzen Hilfsmittel, um bei radioaktiven Zerfällen den funktionalen Zusammenhang zwischen Zeit und Abnahme der Stoffmenge sowie der Aktivität radioaktiver Substanzen zu ermitteln (K3), leiten das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (E6),	Z.B: Radon-Messung im Schulkeller Tabellenkalkulation Ggf. CAS	Linearisierung, Quotientenmethode, Halbwertszeitabschätzung, ggf. logarithmische Auftragung Ansatz analog zur quantitativen Beschreibung von Kondensatorentladungen

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Altersbestimmung	bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C14-Methode (UF2),	Arbeitsblatt	Ggf. Uran-Blei-Datierung

Kontext: *Energiegewinnung durch nukleare Prozesse*

Leitfrage: Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

Inhaltliche Schwerpunkte: Kernspaltung und Kernfusion, Ionisierende Strahlung

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,

(UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

Inhalt	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Kernspaltung und Kernfusion: Massendefekt, Äquivalenz von Masse und Energie, Bindungsenergie	bewerten den Massendefekt hinsichtlich seiner Bedeutung für die Gewinnung von Energie (B1), bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1),	Video zu Kernwaffenexplosion	Z.B. YouTube
Kettenreaktion	erläutern die Entstehung einer Kettenreaktion als relevantes Merkmal für einen selbstablaufenden Prozess im Nuklearbereich (E6), beurteilen Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion anhand verschiedener Kriterien (B4),	Video, Applet	
Kernspaltung, Kernfusion	beschreiben Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien (quantitativ) und Kernkräften (qualitativ) (UF4), hinterfragen Darstellungen in Medien hinsichtlich technischer und sicherheitsrelevanter Aspekte der Energiegewinnung durch Spaltung und Fusion (B3, K4).	Diagramm B/A gegen A , Tabellenwerk, ggf. Applet Recherche in Literatur und Internet Schülerdiskussion, ggf. Fish Bowl, Amerikanische Debatte, Pro-Kontra-Diskussion	Z.B. http://www.leifiphysik.de

Kontext: Forschung am CERN und DESY – Elementarteilchen und ihre fundamentalen Wechselwirkungen

Leitfrage: Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen

Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF3) physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren,

(K2) zu physikalischen Fragestellungen relevante Informationen und Daten in verschiedenen Quellen, auch in ausgewählten wissenschaftlichen Publikationen, recherchieren, auswerten und vergleichend beurteilen,

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
Kernbausteine und Elementarteilchen	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <p>systematisieren mithilfe des heutigen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3),</p>	<p>Existenz von Quarks (Video)</p> <p>Internet (CERN / DESY)</p>	<p>Da in der Schule kaum Experimente zum Thema „Elementarteilchenphysik“ vorhanden sind, sollen besonders Rechercheaufgaben und Präsentationen im Unterricht genutzt werden.</p> <p>Internet: http://project-physics-teaching.web.cern.ch/project-physics-teaching/german/</p> <p>Ggf. Schülerreferate</p>
Kernkräfte Austauschteilchen der fundamentalen Wechselwirkungen	<p>vergleichen das Modell der Austauschteilchen im Bereich der Elementarteilchen mit dem Modell des Feldes (Vermittlung, Stärke und Reichweite der Wechselwirkungskräfte) (E6).</p> <p>erklären an Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell mithilfe der Heisenberg'schen Unschärferelation und der Energie-Masse-Äquivalenz (UF1).</p>	<p>Darstellung der Wechselwirkung mit Feynman-Graphen (anhand von Literatur)</p>	<p>Besonderer Hinweis auf andere Sichtweise der „Kraftübertragung“: Feldbegriff vs. Austauschteilchen</p> <p>Die Bedeutung der Gleichung $E=mc^2$ (den SuS bekannt aus Relativitätstheorie) in Verbindung mit der Heisenberg'schen Unschärferelation in der Form $\Delta E \times \Delta t \geq \hbar$ (den SuS bekannt aus Elementen der Quantenphysik) für die Möglichkeit des kurzzeitigen Entstehens von Austauschteilchen ist herauszustellen.</p>

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
Aktuelle Forschung und offene Fragen der Elementarteilchenphysik (z.B. Higgs-Teilchen, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie, ...)	Die Schülerinnen und Schüler... recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2),	Literatur und Recherche im Internet	Hier muss fortlaufend berücksichtigt werden, welches der aktuelle Stand der Forschung in der Elementarteilchenphysik ist (derzeit: Higgs-Teilchen, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie, ...) Der CERN-Rap gibt eine für Schülerinnen und Schüler motivierend dargestellte Übersicht über die aktuelle Forschung im Bereich der Elementarteilchenphysik

Hinweis: In diesem Bereich sind i. d. R. keine Realexperimente für Schulen möglich. Es sollte daher insbesondere die Möglichkeit genutzt werden, auf geeignete Internetmaterialien zurück zu greifen. Nachfolgend sind einige geeignet erscheinende Internetquellen aufgelistet. (Letzter Aufruf Jan 2012):

- CERN-Film zum Standardmodell (sehr übersichtlich):
 - <http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/kurzvideos/film6.wmv>
 - Weiter Filme zum Standardmodell im netz verfügbar (z.B. bei YouTube)
- Einführung in Teilchenphysik (DESY):
 - <http://teilchenphysik.desy.de/>
 - <http://kworkquark.desy.de/1/index.html>
- Übungen und Erklärungen zu Ereignisidentifikation (umfangreiche CERN-Internetseite zum Analysieren von (Original-) Eventdisplays) am Computer:
 - <http://kjende.web.cern.ch/kjende/de/wpath.htm>
- Ausgezeichnete Unterrichtsmaterialien des CERN zur Teilchenphysik:
 - <http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/>
- Übungen zur Teilchenphysik in der Realität:
 - <http://physicsmasterclasses.org/neu/>
 - <http://www.teilchenwelt.de/>
- Naturphänomene und Anregungen für den Physikunterricht:
 - <http://www.solstice.de>
- ... und vieles mehr:
 - <http://www.teilchenwelt.de/material/materialien-zur-teilchenphysik/>

1.2 Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe

In Absprache mit der Lehrerkonferenz sowie unter Berücksichtigung des Schulprogramms hat die Fachkonferenz Physik die folgenden fachmethodischen und fachdidaktischen Grundsätze beschlossen. Die Grundsätze 1 bis 14 beziehen sich auf fachübergreifende Aspekte, die Grundsätze 15 bis 26 sind fachspezifisch angelegt.

Überfachliche Grundsätze:

- 1.) Geeignete Problemstellungen zeichnen die Ziele des Unterrichts vor und bestimmen die Struktur der Lernprozesse.
- 2.) Inhalt und Anforderungsniveau des Unterrichts entsprechen dem Leistungsvermögen der Schülerinnen und Schüler.
- 3.) Die Unterrichtsgestaltung ist auf die Ziele und Inhalte abgestimmt.
- 4.) Medien und Arbeitsmittel sind lernernah gewählt.
- 5.) Die Schülerinnen und Schüler erreichen einen Lernzuwachs.
- 6.) Der Unterricht fördert und fordert eine aktive Teilnahme der Lernenden.
- 7.) Der Unterricht fördert die Zusammenarbeit zwischen den Lernenden und bietet ihnen Möglichkeiten zu eigenen Lösungen.
- 8.) Der Unterricht berücksichtigt die individuellen Lernwege der einzelnen Schülerinnen und Schüler.
- 9.) Die Lernenden erhalten Gelegenheit zu selbstständiger Arbeit und werden dabei unterstützt.
- 10.) Der Unterricht fördert strukturierte und funktionale Einzel-, Partner- bzw. Gruppenarbeit sowie Arbeit in kooperativen Lernformen.
- 11.) Der Unterricht fördert strukturierte und funktionale Arbeit im Plenum.
- 12.) Die Lernumgebung ist vorbereitet; der Ordnungsrahmen wird eingehalten.
- 13.) Die Lehr- und Lernzeit wird intensiv für Unterrichtszwecke genutzt.
- 14.) Es herrscht ein positives pädagogisches Klima im Unterricht.

Fachliche Grundsätze:

- 15.) Der Physikunterricht ist problemorientiert und Kontexten ausgerichtet.
- 16.) Der Physikunterricht ist kognitiv aktivierend und verständnisfördernd.
- 17.) Der Physikunterricht unterstützt durch seine experimentelle Ausrichtung Lernprozesse bei Schülerinnen und Schülern.
- 18.) Der Physikunterricht knüpft an die Vorerfahrungen und das Vorwissen der Lernenden an.
- 19.) Der Physikunterricht stärkt über entsprechende Arbeitsformen kommunikative Kompetenzen.
- 20.) Der Physikunterricht bietet nach experimentellen oder deduktiven Erarbeitungsphasen immer auch Phasen der Reflexion, in denen der Prozess der Erkenntnisgewinnung bewusst gemacht wird.
- 21.) Der Physikunterricht fördert das Einbringen individueller Lösungsideen und den Umgang mit

unterschiedlichen Ansätzen. Dazu gehört auch eine positive Fehlerkultur.

- 22.) Im Physikunterricht wird auf eine angemessene Fachsprache und die Kenntnis grundlegender Formeln geachtet. Schülerinnen und Schüler werden zu regelmäßiger, sorgfältiger und selbstständiger Dokumentation der erarbeiteten Unterrichtsinhalte angehalten.
- 23.) Der Physikunterricht ist in seinen Anforderungen und im Hinblick auf die zu erreichenden Kompetenzen und deren Teilziele für die Schülerinnen und Schüler transparent.
- 24.) Der Physikunterricht bietet immer wieder auch Phasen der Übung und des Transfers auf neue Aufgaben und Problemstellungen.
- 25.) Der Physikunterricht bietet die Gelegenheit zum regelmäßigen wiederholenden Üben sowie zu selbstständigem Aufarbeiten von Unterrichtsinhalten.
- 26.) Im Physikunterricht wird ein GTR oder ein CAS verwendet. Die Messwertauswertung kann auf diese Weise oder per PC erfolgen.

1.3 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung

Auf der Grundlage von § 48 SchulG, § 13 APO-GOST sowie Kapitel 3 des Kernlehrplans Physik hat die Fachkonferenz im Einklang mit dem entsprechenden schulbezogenen Konzept die nachfolgenden Grundsätze zur Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung beschlossen. Die nachfolgenden Absprachen stellen die Minimalanforderungen an das lerngruppenübergreifende gemeinsame Handeln der Fachgruppenmitglieder dar. Bezogen auf die einzelne Lerngruppe kommen ergänzend weitere der in den Folgeabschnitten genannten Instrumente der Leistungsüberprüfung zum Einsatz.

Überprüfungsformen

In Kapitel 3 des KLP Physik Lehrplan werden Überprüfungsformen angegeben, die Möglichkeiten bieten, Leistungen im Bereich der „sonstigen Mitarbeit“ oder den Klausuren zu überprüfen. Um abzusichern, dass am Ende der Qualifikationsphase von den Schülerinnen und Schülern alle geforderten Kompetenzen erreicht werden, sind alle Überprüfungsformen notwendig. Besonderes Gewicht wird im Grundkurs auf experimentelle Aufgaben und Aufgaben zur Datenanalyse gelegt.

Lern- und Leistungssituationen

In **Lernsituationen** ist das Ziel der Kompetenzerwerb. Fehler und Umwege dienen den Schülerinnen und Schülern als Erkenntnismittel, den Lehrkräften geben sie Hinweise für die weitere Unterrichtsplanung. Das Erkennen von Fehlern und der konstruktiv-produktive Umgang mit ihnen sind ein wesentlicher Teil des Lernprozesses.

Bei **Leistungs- und Überprüfungssituationen** steht dagegen der Nachweis der Verfügbarkeit der erwarteten bzw. erworbenen Kompetenzen im Vordergrund.

Beurteilungsbereich Sonstige Mitarbeit

Folgende Aspekte können bei der Leistungsbewertung der sonstigen Mitarbeit eine Rolle spielen (die Liste ist nicht abschließend):

- Sicherheit, Eigenständigkeit und Kreativität beim Anwenden fachspezifischer Methoden und Arbeitsweisen

- Verständlichkeit und Präzision beim zusammenfassenden Darstellen und Erläutern von Lösungen einer Einzel-, Partner-, Gruppenarbeit oder einer anderen Sozialform sowie konstruktive Mitarbeit bei dieser Arbeit
- Klarheit und Richtigkeit beim Veranschaulichen, Zusammenfassen und Beschreiben physikalischer Sachverhalte
- sichere Verfügbarkeit physikalischen Grundwissens (z. B. physikalische Größen, deren Einheiten, Formeln, fachmethodische Verfahren)
- situationsgerechtes Anwenden geübter Fertigkeiten
- angemessenes Verwenden der physikalischen Fachsprache
- konstruktives Umgehen mit Fehlern
- fachlich sinnvoller, sicherheitsbewusster und zielgerichteter Umgang mit Experimentalmedien
- fachlich sinnvoller und zielgerichteter Umgang mit Modellen, Hilfsmitteln und Simulationen
- zielgerichtetes Beschaffen von Informationen
- Erstellen von nutzbaren Unterrichtsdokumentationen, ggf. Portfolio
- Klarheit, Strukturiertheit, Fokussierung, Zielbezogenheit und Adressatengerechtigkeit von Präsentationen, auch mediengestützt
- sachgerechte Kommunikationsfähigkeit in Unterrichtsgesprächen und Kleingruppenarbeiten
- Einbringen kreativer Ideen
- fachliche Richtigkeit bei kurzen, auf die Inhalte weniger vorangegangener Stunden beschränkten schriftlichen Überprüfungen

Beurteilungsbereich Klausuren

Verbindliche Absprache:

Die Aufgaben für Klausuren in parallelen Kursen werden im Vorfeld abgesprochen und nach Möglichkeit gemeinsam gestellt.

Für Aufgabenstellungen mit experimentellem Anteil gelten die Regelungen, die in Kapitel 3 des KLP formuliert sind.

Dauer und Anzahl richten sich nach den Angaben der APO-GOST.

Einführungsphase: 1 Klausur im ersten Halbjahr (90 Minuten), im zweiten Halbjahr werden 2 Klausuren (je 90 Minuten) geschrieben.

Qualifikationsphase 1: 2 Klausuren pro Halbjahr (je 120 Minuten im GK und je 180 Minuten im LK), wobei in einem Fach die letzte Klausur im 2. Halbjahr durch 1 Facharbeit ersetzt werden kann bzw. muss.

Qualifikationsphase 2.1: 2 Klausuren (je 135 Minuten im GK und je 180 Minuten im LK)

Qualifikationsphase 2.2: 1 Klausur, die – was den formalen Rahmen angeht – unter Abiturbedingungen geschrieben wird (je 180 Minuten im GK und je 255 Minuten im LK).

In der Qualifikationsphase werden die Notenpunkte durch äquidistante Unterteilung der Notenbereiche (mit Ausnahme des Bereichs ungenügend) erreicht.

Die Leistungsbewertung in den **Klausuren** wird mit Blick auf die schriftliche Abiturprüfung mit Hilfe eines Kriterienrasters zu den Teilleistungen durchgeführt. Dieses Kriterienraster wird den korrigierten Klausuren beigelegt und den Schülerinnen und Schülern auf diese Weise transparent gemacht.

Die Zuordnung der Hilfspunkte zu den Notenstufen orientiert sich in der Qualifikationsphase am Zuordnungsschema des Zentralabiturs. Die Note ausreichend soll bei Erreichen von ca. 50 % der Hilfspunkte erteilt werden. Von dem Zuordnungsschema kann abgewichen werden, wenn sich z.B. besonders originelle Teillösungen nicht durch Hilfspunkte gemäß den Kriterien des Erwartungshorizonts abbilden lassen oder eine Abwertung wegen besonders schwacher Darstellung angemessen erscheint.

Grundsätze der Leistungsrückmeldung und Beratung

Für Präsentationen, Arbeitsprotokolle, Dokumentationen und andere **Lernprodukte der sonstigen Mitarbeit** erfolgt eine Leistungsrückmeldung, bei der inhalts- und darstellungsbezogene Kriterien angesprochen werden. Hier werden zentrale Stärken als auch Optimierungsperspektiven für jede Schülerin bzw. jeden Schüler hervorgehoben.

Die Leistungsrückmeldungen bezogen auf die **mündliche Mitarbeit** erfolgen auf Nachfrage der Schülerinnen und Schüler außerhalb der Unterrichtszeit, spätestens aber in Form von mündlichem Quartalsfeedback oder Eltern-/Schülersprechtagen. Auch hier erfolgt eine individuelle Beratung im Hinblick auf Stärken und Verbesserungsperspektiven.

Mündliche Abiturprüfungen

Auch für das mündliche Abitur (im 4. Fach oder bei Abweichungs- bzw. Bestehensprüfungen im 1. bis 3. Fach) wird ein Kriterienraster für den ersten und zweiten Prüfungsteil vorgelegt, aus dem auch deutlich wird, wann eine gute oder ausreichende Leistung erreicht wird.

1.4 Lehr- und Lernmittel

Für den Physikunterricht in der Sekundarstufe II ist an der Schule derzeit das Schulbuch

DUDEN *Selbstverständlich Physik* – Oberstufe Qualifikationsphase Nordrhein Westfalen eingeführt.

Die Schülerinnen und Schüler arbeiten die im Unterricht behandelten Inhalte in häuslicher Arbeit nach.

Unterstützende Materialien sind auch im *Lehrplannavigator* des NRW-Bildungsportals angegeben. Verweise darauf finden sich über Links in den HTML-Fassungen des Kernlehrplans und des Musters für einen Schulinternen Lehrplan. Den *Lehrplannavigator* findet man für das Fach Physik unter:

<http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-ii/gymnasiale-oberstufe/physik/>

2 Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen

Die Fachkonferenz Physik hat sich im Rahmen des Schulprogramms für folgende zentrale Schwerpunkte entschieden:

Zusammenarbeit mit anderen Fächern

Durch die unterschiedliche Belegung von Fächern können Schülerinnen und Schüler Aspekte aus anderen Kursen mit in den Physikunterricht einfließen lassen. Es wird Wert darauf gelegt, dass in bestimmten Fragestellungen die Expertise einzelner Schülerinnen und Schüler gesucht wird, die aus einem von ihnen belegten Fach genauere Kenntnisse mitbringen und den Unterricht dadurch bereichern.

Exkursionen

In der gymnasialen Oberstufe kann in Absprache mit der Stufenleitung nach Möglichkeit unterrichtsbegleitende Exkursionen durchgeführt werden. Diese sollen im Unterricht vor- bzw. nachbereitet werden. Die Fachkonferenz hält folgende Exkursionen für sinnvoll:

EF: Besuch eines Science Centers / Planetariums

Q1: Besuch eines Industrieunternehmens / Q1: Besuch eines Schülerlabors

Q2: Besuch einer Physikveranstaltung einer Universität am Tag der offenen Tür / Masterkursus Teilchenphysik der Uni Gießen

3 Qualitätssicherung und Evaluation

Evaluation des schulinternen Curriculums

Das schulinterne Curriculum stellt keine starre Größe dar, sondern ist als „lebendes Dokument“ zu betrachten. Dementsprechend werden die Inhalte stetig überprüft, um ggf. Modifikationen vornehmen zu können. Die Fachkonferenz trägt durch diesen Prozess zur Qualitätsentwicklung und damit zur Qualitätssicherung des Faches Physik bei.

Die Evaluation erfolgt jährlich. Zu Schuljahresbeginn werden die Erfahrungen des vergangenen Schuljahres in der Fachschaft gesammelt, bewertet und eventuell notwendige Konsequenzen und Handlungsschwerpunkte formuliert.