

Rahmenplan Physik

BILDUNGSPLAN GYMNASIALE OBERSTUFE



Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Bildung und Sport

Dieser Rahmenplan ist Teil des Bildungsplans für die gymnasiale Oberstufe des neun- und siebenstufigen Gymnasiums, für die Oberstufe des Aufbaugymnasiums, für die gymnasiale Oberstufe der Gesamtschule und für das Abendgymnasium und das Hansakolleg.

Die Behörde für Bildung und Sport hat mit Beschluss der Deputation vom 25.5.2004 die Erprobung des Bildungsplans beschlossen.

Er ist erstmals verbindlich für den Unterricht der Schülerinnen und Schüler, die zum 1.8.2004 in die Vorstufe bzw. in das 1. Halbjahr der Studienstufe eintreten. Der Unterricht der Schülerinnen und Schüler, die zum 1.8.2004 in das 3. Halbjahr der Studienstufe eintreten, erfolgt ein weiteres Schuljahr nach den bis zum 1.8.2004 gültigen Plänen. Für das Abitur ab 2006 ist dieser Rahmenplan die Grundlage für die Aufgabenstellungen.

Der Bildungsplan besteht aus dem „Bildungs- und Erziehungsauftrag“ für die gymnasiale Oberstufe, den Rahmenplänen für die Fächer und dem Rahmenplan für die Aufgabengebiete (§ 5 Absatz 3 HmbSG).

Impressum

Herausgeber:

Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Bildung und Sport
Amt für Bildung – B 22 –
Hamburger Straße 31, 22083 Hamburg
Alle Rechte vorbehalten

Referat Mathematisch-naturwissenschaftlich-technischer Unterricht

Referatsleitung: Werner Renz

Fachreferent: Henning Sievers

Redaktion: Joachim Reinhardt
Herbert Wild

Internet: www.bildungsplaene.bbs.hamburg.de

Hamburg 2004

Inhaltsverzeichnis

1	Ziele	5
2	Didaktische Grundsätze	7
3	Inhalte	8
	3.1 Vorstufe	9
	3.2 Grundkurse und Leistungskurse in der Studienstufe	11
4	Anforderungen und Beurteilungskriterien	14
	4.1 Anforderungen.....	15
	4.2 Beurteilungskriterien.....	22

1 Ziele

Der Physikunterricht in der Sekundarstufe II setzt den Physikunterricht der Sekundarstufe I fort. Die dort erarbeiteten Inhalte werden aufgegriffen und erweitert, neue Inhalte und Konzepte ergänzen das Bild der Physik.

Im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe erlangen die Schülerinnen und Schüler ein Verständnis grundlegender physikalischer Konzepte und Modelle, deren Tragfähigkeit hinterfragt wird, um die Grenzen physikalischen Denkens zu erkennen. Die Schülerinnen und Schüler bekommen ein Verständnis für den Vorgang der Abstraktion, die Fähigkeit zu logischem Schließen und Sicherheit in einfachen Kalkülen. Sie erwerben vielfältige fachspezifische Kompetenzen aus den Bereichen „Kenntnisse“, „Fachmethode“, „Kommunikation“ und „Kontexte“, die sie auch in anderen Lebensbereichen anwenden können. Der Physikunterricht fördert wissenschaftliche Neugier und trägt zum Aufbau eines Weltbildes und zu Kritikoffenheit gegenüber dem eigenen Tun und den Ergebnissen fremder Quellen bei.

In diesem Sinne leistet das Fach Physik einen wichtigen Beitrag zur Allgemeinbildung und Persönlichkeitsbildung der Schülerinnen und Schüler und unterstützt die Entwicklung der Persönlichkeit der Schülerinnen und Schüler und die Vorbereitung auf ihre Aufgaben in Gesellschaft und Beruf.

**Persönlichkeits-
bildung**

Die Schülerinnen und Schüler lernen sachgerechte Entscheidungen zu treffen, die die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen. Sie setzen sich auseinander mit den Auswirkungen technischer Anwendungen auf die Entwicklung der Gesellschaft (Technikfolgenabschätzung). Im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe gewinnen die Schülerinnen und Schüler Einblick in die historische und kulturelle Bedingtheit physikalischer Erkenntnisse und ihrer Gewinnung sowie in den engen Zusammenhang von physikalischer Forschung und gesellschaftlicher Entwicklung und der Pflicht des mündigen Bürgers zur kritischen Auseinandersetzung damit.

**Gesellschaft und
Kultur**

Bei der Beschäftigung mit der Physik werden die Schülerinnen und Schüler beispielhaft an Strukturelemente einer Naturwissenschaft herangeführt. Erarbeitet wird, in welcher Weise in der Physik Wahrnehmungen durch Begriffe, Gesetze und Theorien geordnet und mit Hilfe von Modellen und Konzepten bezüglich ausgewählter Aspekte erfasst werden.

Fachwissenschaft

Im Physikunterricht erfahren die Schülerinnen und Schüler, wie physikalische Zusammenhänge in der Technik angewendet werden und dass das Funktionieren der technischen Geräte unserer Umwelt auf der abgestimmten Vernetzung vieler physikalischer Zusammenhänge beruht.

Technik

Durch die Thematisierung der Methoden, Konzepte und Inhalte der Physik sowie durch Realbegegnungen in Betrieben, Laboren und Forschungsstätten garantiert der Physikunterricht die Anschlussfähigkeit an die nachfolgende Berufsausbildung, insbesondere an naturwissenschaftlich und technisch orientierte Studien- und Ausbildungsgänge.

Berufsorientierung

- Vorstufe** Im *Pflichtbereich* der Vorstufe erfüllt der Physikunterricht zwei Forderungen: Einerseits müssen Schülerinnen und Schüler, die nach Ablauf der Vorstufe Physik nicht mehr weiterwählen, auf jeden Fall einen angemessenen Einblick in die Arbeits- und Denkweisen der Physik und in die Bedeutung dieser Disziplin für die Lebenswelt gewinnen können. Andererseits sollen die Schülerinnen und Schüler, die den Physikunterricht in der Studienstufe weiterführen, darüber hinaus eine genügend sichere Grundlage für ihre weitere Arbeit erhalten.
- Der *Ergänzungskurs* Physik in der Vorstufe gibt der Schülerin, den Schülerinnen und Schülern in viel stärkerem Maße, als es im Pflichtbereich möglich ist, die Gelegenheit, seine Neigungen und Fähigkeiten zu entdecken, zu entwickeln und zu prüfen. Er dient auch dem tieferen Kennenlernen einer Methoden- und Denkstruktur, das auf das Unterrichtsniveau eines späteren Leistungskurses hinführt. An geeigneten Beispielen – die nicht auf Pflichtinhalte der Studienstufe vorgreifen – werden die Schülerinnen und Schüler in naturwissenschaftliche Arbeitsmethoden eingeführt und lernen das selbstständige und handlungsorientierte Arbeiten.
- Grundkurse** Ziel der Grundkurse ist eine wissenschaftspropädeutisch orientierte Grundbildung.
- Grundkurse im Fach Physik führen in grundlegende Fragestellungen, Sachverhalte, Strukturen sowie deren Zusammenhänge ein und zeigen exemplarisch die Möglichkeiten und den Wert fachübergreifender Bezüge auf. Sie zielen auf die Beherrschung wesentlicher Arbeitsmethoden und Darstellungsformen physikalischen Handelns und fördern durch Kontexte zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler deren Interesse sowie durch schülerzentriertes und handlungsorientiertes Arbeiten ihre Selbstständigkeit.
- Leistungskurse** Ziel der Leistungskurse ist die systematische, vertiefte und reflektierte wissenschaftspropädeutische Arbeit. Die Anforderungen im Leistungsfach unterscheiden sich nicht nur quantitativ, sondern vor allem auch qualitativ von denen im Grundfach. Die Unterschiede bestehen insbesondere in folgenden Aspekten:
- Umfang und Spezialisierungsgrad bezüglich Fachwissen und physikalischer Methoden des Experimentierens und der Theoriebildung
 - Abstraktionshöhe, erkennbar im Grad der Elementarisierung physikalischer Sachverhalte, in der Aufteilung von induktiven bzw. deduktiven Methoden, im Grad der Mathematisierung und im Anspruch an die verwendete Fachsprache
 - Komplexität der Kontexte sowie der physikalischen Sachverhalte, Theorien und Modelle
- Leistungskurse im Fach Physik sind auf eine systematische Beschäftigung mit den wesentlichen Inhalten und Grundprinzipien gerichtet und machen damit die Breite, die Komplexität und den Aspektreichtum des Faches und seiner Bezüge zu Natur und Technik deutlich. Sie sind gekennzeichnet durch eine vertiefte Beherrschung der Fachmethoden, ihre Anwendung und theoretische Reflexion. Den Leistungskurs zeichnet ein hoher Grad an Selbsttätigkeit der Schülerinnen und Schüler vor allem beim Experimentieren, in einzelnen Fällen aber auch bei der Wissensgenerierung, aus.

2 Didaktische Grundsätze

Physiktreiben im Unterricht muss für Schülerinnen und Schüler Sinn stiftend sein. Dies erfordert einen problem- und kontextorientierten Unterricht. Der Physikunterricht bezieht die vielfältigen Lebens- und Erfahrungswelten der Schülerinnen und Schüler für die Auswahl und Gestaltung des Unterrichts ein.

Pluralität der Lebens- und Erfahrungswelten

Ein solcher schülerorientierter Unterricht fördert die Selbstständigkeit, indem er immer wieder Probleme, die verschiedene Lösungswege eröffnen, anbietet. Das Methodenrepertoire der Physik wird zielbezogen zum Lösen dieser Probleme eingesetzt. Die Begriffsbildung, als Prozess des sprachlichen Aushandelns verstanden, achtet dabei auf angemessene Formen der Mathematisierung.

Ausbau grundlegender Fähigkeiten und Fertigkeiten

Die Schülerinnen und Schüler erhalten immer wieder Gelegenheit, komplexe Zusammenhänge mündlich und schriftlich in unterschiedlichen Darstellungsformen wiederzugeben. Auch im Physikunterricht wird die Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler gefördert, Informationsgehalt, Intention und Argumentationsstruktur anspruchsvoller Texte zu erschließen und sie zeitökonomisch zu bearbeiten. Die Lehrerinnen und Lehrer unterstützen die Schülerinnen und Schüler durch gezielte Rückmeldungen darin, wichtige Arbeitsergebnisse mehrfach zu überarbeiten. Der Physikunterricht fördert die Fähigkeit zum Einsatz formalsprachlicher Mittel und mathematischer Modellierungen der fachlichen Inhalte und Theorien.

Im Unterricht werden elektronische Informations- und Kommunikationstechniken für den eigenen Lernprozess, zur Recherche, zur Kommunikation mit schulischen und außerschulischen Partnern und zur Gestaltung und Präsentation von Arbeitsprodukten genutzt. Die Schülerinnen und Schüler lernen, den Computer zur Messwerterfassung und Auswertung einzusetzen.

Medien

Neben den notwendigen Lehrgangs- und Trainingsphasen wählen Lehrerinnen und Lehrer solche Arbeits- und Sozialformen, die den Lernenden eigene Entscheidungsspielräume und Verantwortung einräumen und sie darin unterstützen, sich in selbstregulierten Lernprozessen mit dem Lerngegenstand und den eigenen Lernstrategien aktiv und reflektierend auseinander zu setzen. Gerade das eigenständige Erarbeiten von Inhalten in einem arbeitsteiligen Unterricht bietet in diesem Sinne vielfältige Lernchancen.

Selbstreguliertes Lernen

Für den Erwerb zahlreicher Kompetenzen bedarf es für die Schülerinnen und Schüler der selbstständigen, häufig fehlerbehafteten Auseinandersetzung mit den Gegenständen und Problemen. Fehler etwa bei der Hypothesenbildung, bei Durchführung und Auswertung von Experimenten, beim Argumentieren (z.B. Verwechslung von Ursache und Wirkung) oder bei fachsprachlich nicht korrekten Ausdrucksweisen gehören zum Lernprozess. Die Schülerinnen und Schüler sollen Gelegenheit bekommen, ihre Fehler zunehmend selbst zu erkennen und zu korrigieren. Typische Fehler sollten in einer zusammenfassenden Rückschau auf angemessenem Abstraktionsniveau aufgegriffen und thematisiert werden.

Umgang mit Fehlern

Kooperatives Arbeiten, angefangen von der Arbeitsplanung, bis hin zur Präsentation der gemeinsam erarbeiteten Ergebnisse, versetzt die Schülerinnen und Schüler in die Lage, eigene Vorstellungen und Ideen zu Problemlösungen selbst einzubringen, in der Diskussion mit anderen zu überprüfen und zu modifizieren.

Kooperatives Arbeiten

Der Physikunterricht fördert in individualisierten Lernphasen die Arbeiten an selbst entwickelten Forschungsfragen, die unterschiedliche Zugriffe, Lösungen und Gestaltungsmittel erlauben. Dazu gehören insbesondere selbstständig durchgeführte Experimente, Recherchen, Dokumentationen, Präsentationen und eigene Experimentalvorträge.

Forschendes Lernen

Die Schülerinnen und Schüler werden zur Teilnahme an Wettbewerben wie z.B. „Jugend forscht“ und „Physikolympiade“ ermutigt.

3 Inhalte

Verbindliche Inhalte In der Beschäftigung mit den verbindlichen Inhalten sollen die Schülerinnen und Schüler vielfältige Kompetenzen in den Bereichen „Kenntnisse“, „Fachmethode“, „Kommunikation“ und „Kontexte“ erwerben (Kapitel 4 Anforderungen). Dies bedeutet, dass sich die Schülerinnen und Schüler ein Basiswissen in den behandelten physikalischen Themenbereichen aneignen, diverse Fachmethoden und Kommunikationsformen erproben und erlernen und die Bezüge der Physik zu anderen Fächern, zu Natur und Technik sowie ihre gesellschaftliche und historische Eingebundenheit reflektieren.

Kontextualisierung Die Darstellung der verbindlichen Inhalte orientiert sich an fachwissenschaftlichen Themen. Zum Erwerb der in den Anforderungen aufgezählten Kompetenzen

- ist eine kontextuelle Einbettung dieser Inhalte immer notwendig. Diese Kontextualisierung ist verbindlich, die Kontexte können nach Interessenlage jedoch variiert werden; die vorgeschlagenen Kontexte sind als Anregungen zu verstehen.
- sind vorzugsweise solche Arbeitsformen zu wählen, die die Eigentätigkeit der Schülerinnen und Schüler herausfordern. Dies sind arbeitsteiliger Unterricht, Schülerexperimente, Schülerpraktika bzw. Schülerübungen, problem- und projektorientiertes Arbeiten; unter „Hinweise und Erläuterungen“ finden sich einige Anregungen.

Schülerversuche, projektartiges Arbeiten, arbeitsteiliger Unterricht

Vorstufe Die Inhalte der Vorstufe sind verbindlich festgelegt, im Themenbereich „Astronomie“ muss mindestens ein Thema behandelt werden, das den vorgeschlagenen Wahlthemen entnommen werden kann.

Im Ergänzungskurs sind die Inhalte frei wählbar, es werden solche Inhalte behandelt, die den Neigungen und Interessen der Schülerinnen und Schüler entsprechen und die geeignet sind, die Schülerinnen und Schüler in naturwissenschaftliche Arbeitsmethoden der Studienstufe einzuführen.

Grundkurse Die verbindlichen Inhalte der Klassenstufen 12 und 13 sind zu etwa 2/3 festgelegt. Im Umfang von etwa 1/3 sind Vertiefungen und weitere Inhalte auszuwählen. Die Auswahl der Inhalte erfolgt so, dass deren Behandlung einen Kompetenzzuwachs in mehreren Kompetenzbereichen ermöglicht. Mögliche Wahlthemen sind angegeben.

Leistungskurse Der Unterschied zwischen Grund- und Leistungskursen ist in den Anforderungen ausgewiesen. Dort sind zusätzliche Anforderungen, die für den Leistungskurs gelten, kursiv gedruckt.

Übersicht

Jg. 11	Jg. 12-1	Jg. 12-2	Jg. 13-1	Jg. 13-2
Astronomie und Mechanik	Schwingungen und Wellen	Teilchen in Feldern	Bewegte Ladungsträger und magnetisches Feld	Quanten und Materie
Astronomie	Grundlagen harmonischer Schwingungen	Gravitation	Freie Ladungsträger im magn. Feld	Experimente mit Quantenobjekten
Mechanik	Mechanische Wellen	Elektrisches Feld	Induktion	Unbestimmtheitsrelation
Spezielle Relativitätstheorie	Wellenoptik	Freie Ladungsträger im elektrischen Feld		Struktur der Materie

3.1 Vorstufe

11 Astronomie und Mechanik

Mit einem phänomenologischen Ausblick auf die Astronomie bekommen die Schülerinnen und Schüler einen kleinen Einblick in ein aktuelles, wichtiges und der Physik sehr nahe stehendes Forschungsgebiet. Hierzu bieten sich zahlreiche Exkursionsmöglichkeiten, Informationen im Internet und arbeitsteilige Unterrichtsformen an. Für Himmelsbeobachtungen bietet es sich an, das Thema im Herbst und Winter zu behandeln. Natürlich können auch bei der Behandlung der Mechanik astronomische Phänomene als Ausgangspunkt und Ausblick dienen. Die Mechanik eignet sich auf verschiedenen Ebenen für die Behandlung in der Vorstufe. Zum einen bieten alltägliche Phänomene zahlreiche Anknüpfungspunkte für einen problem- und kontextorientierten Unterricht; viele Schülerexperimente liegen nah. Zum anderen können die Schülerinnen und Schüler behutsam an eine formalisiertere Behandlung physikalischer Phänomene herangeführt werden. Neben der verbalen Beschreibung und Interpretation von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen und funktionalen Zusammenhängen lernen die Schülerinnen und Schüler somit auch die Tragfähigkeit der mathematischen Darstellung der Grundlagen der Mechanik kennen. Darüber hinaus können am Beispiel der Mechanik die historische Eingebundenheit sowie Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Theorien exemplarisch vorgeführt werden. Gerade ein Einblick in die spezielle Relativitätstheorie kann dies verdeutlichen.

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Erläuterungen
1. Astronomie <i>Klassische Mechanik</i> 2. Kinematik eines Massenpunktes 3. Dynamik eines Massenpunktes 4. Mechanische Energieformen <i>Grenzen der klassischen Mechanik</i> 5. Einführung in die spezielle Relativitätstheorie	Schülerexperimente, z.B. Orientierung am Sternenhimmel Erfassung von Bewegungsvorgängen Messwerterfassung mit dem Computer (z.B. Cassy-System, Ultraschallsensor, Lichtschranke) Fortbewegung mit dem Fahrrad Fallexperimente Periodendauer: Fadenpendel, Federschwinger g-Bestimmung (Fall; Fadenpendel) Problem- bzw. projektorientiertes Arbeiten, z.B. • Beobachtung der Jupitermonde • Moderne astronomische Forschung • Sonne, Sternenentwicklung Erforschung des Mars Methoden zur Gewinnung physikalischer Daten Gebremster Fall, z.B. von Trichtern aus Seidenpapier; Abhängigkeit der Fallgeschwindigkeit von der Masse Vergleich der Bahngeschwindigkeit von Punkten auf starren Körpern und Satelliten eines Zentralkörpers Simulation von Bewegungen mit Tabellenkalkulation oder grafischen Simulationsprogrammen (z.B. Dynasis, Stella) Myonenzerfall Fächerübergreifendes Arbeiten, z.B. Sport V-1: Laufen, Springen und Werfen - Leichtathletik Mathematik V6: Von der mittleren zur lokalen Änderung

Physikalische Größen

Geschwindigkeit, Beschleunigung, Kraft, Zentripetalkraft, Energie

Vorschläge für Kontexte

- Bezüge zur technischen Umwelt, z.B. Mechanik in der Fahrzeugtechnik
- Verkehr, Verkehrsplanung, Fahrzeugkonstruktion, Sicherheit, Umweltbelastung, Freizeit, Mobilität
- Sport, Gesundheit: höher, weiter, schneller? Anwendung mechanischer Gesetze auf den Sport
- Historische Entwicklung der mechanischen Konzepte von Aristoteles über Galilei und Newton bis Einstein
- Historische Entwicklung: Weltbilder
- Suche nach dem „perpetuum mobile“

Ergänzungskurse

Der Ergänzungskurs ist in Form eines Praktikums oder als problemorientierter Unterricht zu einem ausgewählten Thema durchzuführen.

Im Praktikum wird experimentierendes Arbeiten an bereits konzipierten Experimenten geübt. Dabei erwerben die Schülerinnen und Schüler vor allem die Fähigkeiten des Durchführens, Messens und Auswertens der erhaltenen Daten.

Die Form des problemorientierten Unterrichts hat hier ausgehend von einer Frage, einem beobachteten Phänomen oder von einem größeren Themenbereich das Ziel, eine physikalische Beschreibung oder Erklärung zu entwickeln. Die Schülerinnen und Schüler lernen, eigenständig physikalische Fragestellungen theoretisch und experimentell zu bearbeiten.

Verbindliche Inhalte

Keine verbindlichen Inhalte.

Zu behandelnde Methoden:

- Hypothesen
- Spezifizierung von zu messenden Größen
- Planung von Experimenten
- Durchführung von Experimenten
- Auswertung von Experimenten
- Umgang mit Messfehlern
- Präsentation von Arbeitsergebnissen

Hinweise und Erläuterungen

Schülerexperimente, z.B.

Experimente zum Wirkungsgrad

Experimente zum stokeschen Gesetz

Innenwiderstände

wheatstonesche Brücke

Bestimmung von Kapazitäten

Bestimmung von Brennweiten und Abbildungseigenschaften von Linsen und Linsensystemen

Spezifische Wärmekapazitäten und spezifische Wärmen bei Phasenübergängen

Problemorientierter Unterricht, z.B.

Bestimmung von Massen und Massenverteilung von Regentropfen

Wie kann man Windgeschwindigkeiten messen?

Was leistet eine Kerze?

Wie kann man kleine Widerstände messen?

Wovon hängt der Wirkungsgrad eines Transformators ab?

Wer leistet die beim Magnetisieren notwendige Arbeit?

Tragflächen und dynamischer Auftrieb

Bestimmung der Sonnentemperatur

Bestimmung der Solarkonstante

Bestimmung der Albedo des Mondes

Entfernungsbestimmung von astronomischen Objekten

Typische Eigenschaften von Doppelsternen

Simulation der Fallbewegung unter Berücksichtigung der Reibung

3.2 Grundkurse und Leistungskurse in der Studienstufe

Jg. 12-1 Schwingungen und Wellen

Das zentrale Thema dieses Semesters ist die Wellenoptik, auf die die beiden ersten Themen hinführen. Mit dem Wellenkonzept lässt sich das Gleichartige in verschiedenen Phänomenbereichen der klassischen Physik (Mechanik, Akustik, Optik) herausarbeiten. Selbstverständlich können als Vertiefung auch andere elektromagnetische Wellen als das Licht herangezogen werden. Das Phänomen der Beugung von Wellen verschafft entscheidende Erkenntnisse über die Struktur der Materie. Es ist zugleich Grundlage für das Verständnis einiger Quanteneffekte. Der Welle-Teilchen-Dualismus wird somit vorbereitet.

Verbindliche Inhalte

1. Grundlagen der harmonischen Schwingungen
2. Mechanische Wellen
3. Wellenoptik

Hinweise und Erläuterungen

Schülerexperimente (ggf. arbeitsteilig), z.B.

Schwingungsfähige Systeme im arbeitsteiligen Unterricht
Messung von Periodendauer des Fadenpendels und des Feder-
schwingers
g-Bestimmung (Fall; Fadenpendel)
Schallwellen im kundtschen Rohr
Beugung und Interferenz in direkter Beobachtung
Ausmessung der Spektren von Gasentladungen
Bestimmung von Wellenlängen

Problem- bzw. projektorientiertes Arbeiten, z.B.

Arbeitsteilige Experimentalvorträge zu den Phänomenen bei Licht-
wellen
Interferenzen an dünnen Schichten
Messung kleiner Längenunterschiede bzw. Längenänderungen (In-
terferometer)
Ortung (Echolot, Erdbebenwellen)
Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit
Strukturuntersuchung an einer CD (Rillenabstand und Profil)

Fächerübergreifendes Arbeiten, z.B.

Chemie SW3: Umweltchemie

Physikalische Größen

Schwingungsdauer, Frequenz, Amplitude, Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellenlänge, Gangunterschied

Vorschläge für Kontexte

- Historische Entwicklung der Vorstellungen vom Licht (Huygens, Newton)
- Geschichte der Kommunikationstechnik: Informationsübertragung
- Strukturanalyse der Materie in Technik, Medizin und Forschung
- Antropogene Wahrnehmung im akustischen und optischen Bereich sowie Erweiterung dieser Bereiche auf den Ultraschall und auf weitere Fenster im elektromagnetischen Spektrum
- Physik und Musik

Jg. 12-2 Teilchen in Feldern Mit dem Feldkonzept lassen sich Wechselwirkungen unterschiedlicher Art in den klassischen Gebieten der Physik (Mechanik, Elektrizitätslehre, Magnetismus) einheitlich beschreiben. Das Feldkonzept erweist sich als tragfähig bei der Erklärung der Bewegungen von Himmelskörpern, Satelliten und geladenen Teilchen. Es findet Anwendung im Mikro- und Makrokosmos.	
Verbindliche Inhalte 1. Gravitation 2. Elektrisches Feld 3. Freie Ladungsträger im elektrischen Feld	Hinweise und Erläuterungen Schülerexperimente (ggf. arbeitsteilig), z.B. Vermessung der Äquipotenziallinien verschiedener Kondensatorformen (Fließpapier, Metallteile, Wechselspannung 15V) Messung der Aufladung und Entladung eines Kondensators Problem- bzw. projektorientiertes Arbeiten, z.B. Beobachtung der Jupitermonde Computersimulation von Satellitenbahnen Wetter: Gewitter Fächerübergreifendes Arbeiten, z.B. Mathematik GK-2: Matrizen und Vektoren als Datenspeicher
Physikalische Größen Kraft, Feldstärke, Potenzial und Verschiebungsarbeit (= Energieänderung im Feld)	
Vorschläge für Kontexte • Aufbruch ins All, Satellitenbahnen, • Weltbild: Aufbau der Welt im Kleinen (atomarer Bereich: Coulomb-Wechselwirkung) und im Großen (gravitative Wechselwirkung) • Technische Anwendungen: geostationäre Satelliten, physikalische technische Geräte (Oszilloskop, braunsche Röhre, Linearbeschleuniger, Detektoren) • Geschichte der Kommunikationstechnik: Satelliten, Fernseher	

Jg. 13-1 Bewegte Ladungsträger und magnetisches Feld

Die Schülerinnen und Schüler erfahren, dass auch magnetische Phänomene mit dem Feldkonzept beschrieben werden können. Durch die Kopplung elektrischer und magnetischer Phänomene lassen sich zahlreiche Untersuchungsmethoden der Materie nachvollziehen. Dieses ermöglicht einerseits vielfältige technische Anwendungen, andererseits einen vertieften Einblick in die Struktur der Materie.

Verbindliche Inhalte	Hinweise und Erläuterungen
1. Freie Ladungsträger im magnetischen Feld 2. Induktion	Schülerexperimente (ggf. arbeitsteilig), z.B. Messwerterfassung mit dem Computer (z.B. Cassy-System, Hallsonde) für magnetische Flussdichte in der Umgebung eines langen stromdurchflossenen Leiters Modellbau zum Erdmagnetfeld <i>Spannungsstoß und magnetischer Fluss mit Cassy</i> Problem- bzw. projektorientiertes Arbeiten, z.B. Polarlicht Exkursion zum DESY und TESLA-Projekt Magnetische Flasche Magnetisch gespeicherte Informationen MHD-Generator Funkenkammer Elektronenmikroskop Fächerübergreifendes Arbeiten, z.B. Mathematik GK-2: Matrizen und Vektoren als Datenspeicher

Physikalische Größen

magnetischer Fluss

magnetische Flussdichte (in Tesla; gelegentlich auch als magnetische Feldstärke bezeichnet),

Vorschläge für Kontexte

- Untersuchungsmethoden des Aufbaus der Materie
- Großforschungsanlagen zur Untersuchung des Aufbaus der Materie
- Moderne Energieversorgung
- Physik der Erde: Erdmagnetfeld

13-2 Quanten

Die bisher behandelten Theorien der klassischen Physik finden bei der Behandlung von Quantenobjekten ihre Grenzen. Licht und Materie haben weder allein Wellen- noch allein Teilchenstruktur.

Der Teilchencharakter des Lichts und der Wellencharakter der Materie werden durch die zentralen Experimente zum Photoeffekt und zur Elektronenbeugung herausgearbeitet. Die Beziehungen zwischen Teilcheneigenschaft (Energie und Impuls) und Welleneigenschaft (Frequenz und Wellenlänge) sind durch die einsteinsche Gleichung $E = h \cdot f$ und die De Broglie Beziehung $p = h / \lambda$ gegeben.

Das Prinzip der Komplementarität ist eine zentrale Idee der Quantenphysik und kann besonders deutlich am Doppelspaltexperiment erarbeitet werden.

Hieraus ergeben sich erkenntnistheoretische Aspekte: Kausalität wird in Frage gestellt, der Bahnbegriff aus der klassischen Physik muss aufgegeben werden, bestimmte Informationen schließen sich gegenseitig aus, der Wahrscheinlichkeitsbegriff spielt eine Rolle.

Abschließend wird die zentrale Frage nach den Urbausteinen der Materie in Form eines historischen Abrisses der Theorien über den Aufbau der Materie erarbeitet: Atomvorstellungen der Antike, Kern-Hülle-Struktur der Atome (Rutherford), Nukleonenstruktur der Kerne, Quark-Gluonen-Struktur der Nukleonen.

Verbindliche Inhalte

1. **Photoeffekt**
2. **Elektronenbeugung**
3. **Doppelspaltexperiment**
4. **Unbestimmtheitsrelation**
5. **Struktur der Materie**

Hinweise und Erläuterungen

Schülerexperimente (ggf. arbeitsteilig), z.B.

Linienspektren (Balmer-Serie)

h -Bestimmung mit Hilfe der Kennlinien von Leuchtdioden

Simulationen zur Beugung am Doppelspalt mit vorgegebenen Programmen

Problem- bzw. projektorientiertes Arbeiten, z.B.

braggische Reflexion von cm-Wellen an Metallplättchen im Styroporwürfel

Spektralanalyse von Stoffen

Erkenntnistheoretische Aspekte: Quellenstudium, z.B. „Wie kam Einstein auf $E = h \cdot f$?“

Fächerübergreifendes Arbeiten, z.B.

Chemie S-1: Chemie am Menschen

Philosophie S-2: Empirismus und Rationalismus

Religion S-1.3: Freiheit und Verantwortung (Freiheitsverständnis)

Mathematik GK-3: Der Zufall steht Modell

Biologie 12-4: Stoffwechselphysiologie und Steuerung

Physikalische Größen

Wirkung, Impuls, Energie, Wellenlänge, Frequenz

Vorschläge für Kontexte

- Probleme der Erkenntnistheorie im Zusammenhang mit den Atommodellen
- Wechselwirkung zwischen Strahlung und Materie im Mikro- und Makrokosmos
- Doppelspaltexperiment und Weg-Information (Versuch von Jönsson)

Wahlthemen

Wahlthemen für das jeweils verbleibende Drittel der Unterrichtszeit eines Semesters. Folgende Themengebiete können z.B. die verbindlichen Inhalte des Unterrichts vertiefen.

- Astrophysik
- Chaos (nichtlineare Systeme)
- Elektronik
- Festkörperphysik
- Relativitätstheorie
- Thermodynamik

4 Anforderungen und Beurteilungskriterien

4.1 Anforderungen

Allgemeine Anforderungen am Ende der Vorstufe

Die Schülerinnen und Schüler erfüllen Anforderungen aus folgenden vier Kompetenzbereichen:

1. „Kenntnisse“: Physikalisches Wissen erwerben, wiedergeben und nutzen

Kenntnisse

Die Schülerinnen und Schüler verfügen über ein **strukturiertes physikalisches Basiswissen** (z.B. Begriffe, Größen, Konstanten, Gesetze) zu den behandelten physikalischen Teilgebieten.

Die Schülerinnen und Schüler haben ein gefestigtes Wissen über physikalische **Grundprinzipien** (z.B. Erhaltungssätze, Relativität).

Die Schülerinnen und Schüler kennen die **Funktionen** eines Experiments (Phänomenbeobachtung, Entscheidungsfunktion in Bezug auf Hypothesen, Initialfunktion in Bezug auf Ideen, Grundlagenfunktion in Bezug auf Theorien).

Die Schülerinnen und Schüler können sich **Wissen aneignen und es strukturieren** (z.B. Texterschließung, Informationsbeschaffung, Schlussfolgerungen aus Beobachtungen und Experimenten).

2. „Fachmethoden“: Erkenntnismethoden der Physik und Fachmethoden beschreiben und nutzen

Fachmethoden

Die Schülerinnen und Schüler haben eigene Erfahrungen mit **Methoden des Experimentierens** (Planung, Durchführung, Dokumentation, Auswertung, Fehlerbetrachtung, Bewertung, moderne Messmethoden).

Die Schülerinnen und Schüler haben Erfahrungen mit **Strategien der Erkenntnisgewinnung und Problemlösung** (z.B. Beobachten, intuitiv-spekulatives Entdecken, Hypothesen formulieren, analoges Übertragen, Modellbilden).

Die Schülerinnen und Schüler nutzen **einfache Methoden der Mathematik**. Sie können Gleichungen umformen, Größen aus Formeln berechnen, Größen eliminieren.

3. „Kommunikation“: In Physik und über Physik kommunizieren

Kommunikation

Die Schülerinnen und Schüler verfügen über **Methoden der Darstellung** physikalischen Wissens und physikalischer Erkenntnisse in unterschiedlichen Formen (Sprache, Bilder, Skizzen, Tabellen, Grafen, Diagramme, Symbole, Formeln, ...).

Die Schülerinnen und Schüler verfügen über eine angemessene **Fachsprache** und wenden sie sachgerecht an.

Die Schülerinnen und Schüler haben Erfahrungen im adressaten- und situationsgerechten **Präsentieren** von physikalischem Wissen, physikalischen Erkenntnissen, eigenen Überlegungen und von Lern- und Arbeitsergebnissen.

Sie haben Erfahrungen im **diskursiven Argumentieren** auf angemessenem Niveau zu physikalischen Sachverhalten und Fragestellungen.

4. „Kontexte“: Über die Bezüge der Physik reflektieren

Kontexte

Die Schülerinnen und Schüler haben Erfahrungen mit der **Natur- und Weltbetrachtung** unter physikalischer Perspektive.

Die Schülerinnen und Schüler können die wechselseitige Beziehung zwischen **Physik und Technik** an Beispielen aufzeigen.

Die Schülerinnen und Schüler sind in der Lage, die historische und gesellschaftliche **Bedingtheit** der Physik an Beispielen aufzuzeigen.

Die Schülerinnen und Schüler sind vertraut mit **Bewertungsansätzen** und sind in der Lage, persönlich, sachbezogen und kritikoffen **Stellung** zu beziehen.

Inhaltsbezogene Anforderungen am Ende der Vorstufe

1. Astronomie

Die Schülerinnen und Schüler können

- grundlegende Kenntnisse zu einem im Unterricht behandelten astronomischen Thema wiedergeben,
- zu einem Thema der modernen oder klassischen Astronomie Informationen beschaffen, auswerten und präsentieren.

2. Kinematik eines Massenpunktes

Die Schülerinnen und Schüler können

- die Begriffe „Momentangeschwindigkeit“ und „mittlere Geschwindigkeit“ an alltäglichen Beispielen erläutern,
- die Beschleunigung als zeitliche Änderung der Geschwindigkeit erläutern,
- t-s-, t-v- und t-a-Diagramme interpretieren, den physikalischen Gehalt erläutern und selbst erstellen,
- für die gleichförmige Bewegung und für die gleichmäßig beschleunigte Bewegung längs einer Geraden die Bewegungsgleichungen für die „Startbedingung Null“ benennen und erläutern,
- kennen die Bewegungsgleichungen $s = \frac{1}{2} at^2$ und $v = at$,
- können ein Experiment zur g-Bestimmung aufbauen, durchführen und auswerten,
- können den horizontalen Wurf als Überlagerung von gleichförmiger horizontaler Bewegung und freiem Fall interpretieren,
- die Radialkraft in Abhängigkeit von Bahngeschwindigkeit und Radius an Beispielen erläutern,
- zu einer vorgegebenen Bewegung den Bewegungstyp begründet zuordnen und die Bewegung quantitativ auswerten,
- die gleichförmige Kreisbewegung als beschleunigte Bewegung beschreiben,
- die Radialbeschleunigung in Abhängigkeit von der Bahngeschwindigkeit und dem Radius erörtern $\left(a_r = \frac{v^2}{r}\right)$.

3. Dynamik eines Massenpunktes

Die Schülerinnen und Schüler können

- die newtonschen Axiome erläutern,
- aus Bewegungsgleichungen das zu Grunde liegende Kraftgesetz ermitteln,
- aus dem Kraftgesetz Bewegungsabläufe ermitteln,
- die aristotelische und die galileische Vorstellung zum Trägheitsprinzip vergleichen,
- die Zentripetalkraft als Ursache von Kreisbewegungen erläutern,
- das Gesetz $F_z = \frac{mv^2}{r}$ anwenden.

4. Mechanische Energieformen

Die Schülerinnen und Schüler können

- die Energieterme für potenzielle, kinetische und Spannenergie benennen,
- mit Hilfe von Energiebetrachtungen Berechnungen und Abschätzungen durchführen, z.B. die Grenzen für den Menschen beim Hochsprung untersuchen,
- die Bewegungsgesetze, das Kraftgesetz und die Energieformen anwenden auf den freien Fall, den horizontalen Wurf und die Kreisbewegung,
- an alltäglichen Phänomenen die behandelten mechanischen Gesetze wiedererkennen und herausarbeiten (z.B. Verkehr, Sport).

5. Einführung in die spezielle Relativitätstheorie

Die Schülerinnen und Schüler können

- die Lichtgeschwindigkeit als Grenzgeschwindigkeit benennen,
- das einsteinsche Relativitätsprinzip und das Prinzip von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit erläutern,
- Ereignisse aus der Perspektive unterschiedlicher Inertialsysteme beschreiben,
- das Problem der Gleichzeitigkeit von Ereignissen und die Phänomene der Zeitdilatation erläutern.
- den Myonenzerfall einordnen und erklären,
- historische Entwicklung und Grenzen der mechanischen Konzepte von Aristoteles über Galilei und Newton bis Einstein wiedergeben,
- Grenzen der klassischen Mechanik benennen.

Allgemeine Anforderungen am Ende der Studienstufe

Die Schülerinnen und Schüler erfüllen Anforderungen aus folgenden vier Kompetenzbereichen:

1. „Kenntnisse“: Physikalisches Wissen erwerben, wiedergeben und nutzen

Kenntnisse

Die Schülerinnen und Schüler verfügen über ein **strukturiertes physikalisches Basiswissen** (z.B. Begriffe, Größen, Konstanten, Gesetze) zu den behandelten physikalischen Teilgebieten.

Die Schülerinnen und Schüler haben ein gefestigtes Wissen über physikalische **Grundprinzipien** (z.B. Erhaltungssätze, Kausalität, Relativität) und über zentrale historische und erkenntnistheoretische Gegebenheiten.

Die Schülerinnen und Schüler kennen die **Funktionen** eines Experiments (Phänomenbeobachtung, Entscheidungsfunktion in Bezug auf Hypothesen, Initialfunktion in Bezug auf Ideen, Grundlagenfunktion in Bezug auf Theorien) und wissen, was eine physikalische **Theorie** auszeichnet, was sie zu leisten vermag und wie sie gebildet wird.

Die Schülerinnen und Schüler können sich Wissen aneignen und es strukturieren (z.B. Texterschließung, Informationsbeschaffung, Schlussfolgerungen aus Beobachtungen und Experimenten).

2. „Fachmethoden“: Erkenntnismethoden der Physik und Fachmethoden beschreiben und nutzen

Fachmethoden

Die Schülerinnen und Schüler wissen, dass die **Methode der Physik** gekennzeichnet ist durch Beobachtung, Beschreibung, Begriffsbildung, Experiment, Reduktion, Idealisierung, Modellierung, Mathematisierung.

Die Schülerinnen und Schüler haben eigene Erfahrungen mit **Methoden des Experimentierens** (Planung, Durchführung, Dokumentation, Auswertung, Fehlerbetrachtung, Bewertung, moderne Messmethoden).

Die Schülerinnen und Schüler nutzen einfache **Methoden der Mathematik**: Gleichungen umformen, Größen aus Formeln berechnen, nichtlineare Abhängigkeiten graphisch und numerisch auswerten.

Die Schülerinnen und Schüler haben Erfahrungen mit **Strategien der Erkenntnisgewinnung** und **Problemlösung** (z.B. Beobachten, intuitiv-speklatives Entdecken, Hypothesen formulieren, induktives und deduktives Vorgehen, analoges Übertragen, Modellbilden).

Kommunikation 3. „Kommunikation“: in Physik und über Physik kommunizieren

Die Schülerinnen und Schüler verfügen über **Methoden der Darstellung** physikalischen Wissens und physikalischer Erkenntnisse in unterschiedlichen Formen (Sprache, Bilder, Skizzen, Tabellen, Grafen, Diagrammen, Symbole, Formeln, ...).

Die Schülerinnen und Schüler verfügen über eine angemessene **Fachsprache** und wenden sie sachgerecht an.

Die Schülerinnen und Schüler haben Erfahrungen im adressaten- und situationsgerechten **Präsentieren** von physikalischem Wissen, physikalischen Erkenntnissen, eigenen Überlegungen und von Lern- und Arbeitsergebnissen z.B. in einem arbeitsteiligen Unterricht.

Die Schülerinnen und Schüler haben Erfahrungen im **diskursiven Argumentieren** auf angemessenem Niveau zu physikalischen Sachverhalten und Fragestellungen.

Kontexte 4. „Kontexte“: Über die Bezüge der Physik reflektieren

Die Schülerinnen und Schüler haben Erfahrungen mit der **Natur- und Weltbetrachtung** unter physikalischer Perspektive und dem Aspektcharakter der Physik (Selbsterfahrung).

Die Schülerinnen und Schüler vermögen, die wechselseitige Beziehung zwischen **Physik und Technik** aufzuzeigen.

Die Schülerinnen und Schüler sind in der Lage, die historischen und gesellschaftliche **Bezüge** zur Physik darzustellen.

Die Schülerinnen und Schüler sind vertraut mit **Bewertungsansätzen** und sind in der Lage, persönlich, sachbezogen und kritikoffen **Stellung** zu beziehen.

Inhaltsbezogene Anforderungen am Ende der Studienstufe

Zusätzliche verbindliche Anforderungen für den Leistungskurs sind kursiv gedruckt

12-1 Schwingungen und Wellen	Grundlagen der harmonischen Schwingungen Die Schülerinnen und Schüler können • die für Schwingungen charakteristischen Größen Amplitude s_0, Frequenz f, Schwingungsdauer T benennen sowie den Zusammenhang $F(t) = -D \cdot s(t)$ (lineares Kraftgesetz) erläutern und anwenden, • die harmonische Schwingung als Projektion der Kreisbewegung darstellen, • die kinematische Beschreibung einer Schwingung mit dem Zusammenhang $s(t) = s_0 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right)$ erläutern und anwenden, • Experimente zur Untersuchung der Abhängigkeit der Schwingungsdauer von relevanten physikalischen Variablen planen und durchführen,
---	---

- den Zusammenhang zwischen Schwingungsdauer und Trägheit beim Federpendel ($T^2 \sim m$) aus der Bewegungsgleichung $m \cdot \ddot{s}(t) = -D \cdot s(t)$ herleiten und quantitativ auswerten,
- die schwingungsfähigen Systeme Federpendel, Fadenpendel für $\alpha < 5^\circ$, im Wasser schwingendes Reagenzglas erläutern und quantitativ auswerten.

Mechanische Wellen

Die Schülerinnen und Schüler können

- Transversal- und Longitudinalwellen unterscheiden,
- die für Wellen charakteristischen Größen Amplitude, c , f , λ , T benennen sowie den Zusammenhang $s(x, t) = s_0 \cdot \sin 2\pi \cdot \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$ erläutern und anwenden,
- das Huygenssche Prinzip erläutern und anwenden,
- Beugung und Überlagerung von mechanischen Wellen experimentell präsentieren und erläutern,
- das Wellenmodell erläutern,
- die Entstehung stehender Wellen erläutern,
- die Schallgeschwindigkeit z.B. mit Hilfe des Kundtschen Rohres durch Messung der Wellenlänge und der Frequenz der Tonquelle bestimmen,
- die Kenntnisse über Wellen zur Erklärung von geologischen Untersuchungen anwenden.

Wellenoptik

Die Schülerinnen und Schüler können

- die bei den mechanischen Wellen gewonnenen Betrachtungsweisen und Gesetze auf entsprechende optische Phänomene übertragen,
- Experimente zur Wellenlängenbestimmung des Lichts beschreiben, aufbauen, durchführen und auswerten,
- den Wellenlängenbereich für den visuellen Teil des elektromagnetischen Spektrums der Größe nach angeben,
- konstruktive und destruktive Interferenz auf den Gangunterschied von Wellen zurückführen und zeichnerisch darstellen,
- Beugung und Überlagerung von Lichtwellen am Doppelspalt, Gitter, Einzelspalt experimentell präsentieren und erläutern (monochromatisches und farbiges Licht),
- Spektren erzeugen und beschreiben,
- den Unterschied zwischen kontinuierlichen und Linienspektren erläutern,
- die Interferenz an dünnen Schichten erklären und auf Alltagsprobleme anwenden,
- bei bekannter Strahlung aus dem Beugungsbild begründete Vermutungen über die Struktur des beugenden Objekts anstellen,
- physikalische Aspekte bei der Ultraschalluntersuchung erläutern,
- die historische Entwicklung der Modelle des Lichts darstellen, Reflexion und Brechung mit unterschiedlichen Modellen erklären,
- den Pohlischen Interferenzversuch präsentieren und deuten.

Felder allgemein

Die Schülerinnen und Schüler können

- den Feldstärkebegriff erläutern,
- das Feldkonzept erläutern,
- felderzeugende Körper und Probekörper gegenüberstellen (Gravitationsfeld, elektrisches Feld, magnetisches Feld),
- Felder ausmessen,
- Felder und Kräfte auf Probekörper zeichnerisch darstellen,
- mit Hilfe des Feldbegriffs Bewegungsänderungen von Teilchen beschreiben,
- homogene und inhomogene Felder vergleichen (Gravitationsfeld, elektrisches Feld, magnetisches Feld).

12-2

Teilchen in Feldern

1. Gravitation

Die Schülerinnen und Schüler können

- die keplerschen Gesetze und das Gravitationsgesetz erläutern und anwenden,
- Planeten- und Satellitenbahnen beschreiben und – eingeschränkt auf Kreisbahnen – berechnen,
- die Masse von Zentralkörpern berechnen,
- geostationäre Bahnen berechnen,
- *Verschiebungsarbeit im Gravitationsfeld qualitativ und quantitativ auswerten,*
- *Fluchtgeschwindigkeiten bestimmen,*
- die verschiedenen Umlaufzeiten von Monden z.B. des Jupiters erklären und berechnen.

2. Elektrisches Feld

Die Schülerinnen und Schüler können

- den Influenzbegriff erläutern und anwenden,
- das coulombsche Gesetz erläutern und anwenden,
- das elektrische Feld eines Plattenkondensators beschreiben,
- das Verhalten von Messgrößen bei Änderung am Kondensator oder im Feld analysieren (Abstand, Dielektrikum),
- Kapazitäten bei Reihen- und Parallelschaltung von Kondensatoren berechnen,
- die Kapazität eines Plattenkondensators aus Plattenfläche und Plattenabstand berechnen,
- *die Auf- und Entladekurve eines Kondensators aufnehmen,*
- *aus den Auf- und Entladekurven eines Kondensators mithilfe der Zeitkonstante dessen Kapazität bestimmen,*
- technische Anwendungen von Kondensatoren erläutern,
- *den Zusammenhang von Spannung und Potenzial erläutern,*
- *Verschiebungsarbeit im elektrischen Feld qualitativ und quantitativ auswerten.*

3. Freie Ladungsträger im elektrischen Feld

Die Schülerinnen und Schüler können

- den Energieerhaltungssatz in der Form $eU = \frac{1}{2} mv^2$ anwenden,
- die Bewegung freier Ladungsträger im elektrischen Feld längs *und quer* zu den Feldlinien beschreiben und berechnen,
- Funktionsweisen des Linearbeschleunigers oder der braunschen Röhre beschreiben,
- Bewegungsgrößen freier Ladungsträger mit Hilfe von Angaben zu den elektrischen Feldern berechnen (Linearbeschleuniger, braunsche Röhre),
- den Millikan-Versuch zur Ermittlung der Elementarladung erläutern.

13-1 Bewegte Ladungsträger und magnetisches Feld

1. Freie Ladungsträger im magnetischen Feld

Die Schülerinnen und Schüler können

- den Begriff der magnetischen Flussdichte erläutern,
- die durch die Lorentzkraft beschriebenen Sachverhalte darstellen,
- die Richtungsbeziehungen der zur Lorentzkraft beitragenden Größen schriftlich, zeichnerisch und mündlich in verständlicher Form darstellen,
- die Richtung der Lorentzkraft z.B. mit der „Drei-Finger-Regel“ erläutern,
- ein Experiment zur e/m -Bestimmung aufbauen, beschreiben und die Bestimmung von e/m durchführen,
- das Zusammenwirken von elektrischem und magnetischem Feld auf die Bahn von Ladungsträgern erläutern *und mathematisch behandeln,*
- die Funktionsweise eines Massenspektroskops, eines Zyklotrons *und eines Synchrotrons* erläutern,
- *das Phänomen des Hall-Effekts erläutern und erklären,*
- *die Anwendungen des Hall-Effekts zur Messung der magnetischen Flussdichte erläutern.*

2. Induktion

Die Schülerinnen und Schüler können

- ein einfaches Experiment zur Demonstration des Phänomens der Induktion aufbauen und beschreiben,
- die durch das Induktionsgesetz beschriebenen Sachverhalte darstellen, Gk: eingeschränkt auf Feldstärkeänderung bzw. Flächenänderung linear in der Zeit,
Lk: Induktionsspannung als zeitliche Ableitung des magnetischen Flusses,
- die lenzsche Regel benennen und erläutern,
- den Transformator oder den thomsonischen Ringversuch mit der lenzischen Regel erklären und mit anderen Argumentationsketten vergleichen (Lorentzkraft, Energieerhaltung),
- *die Selbstinduktion in einer Spule berechnen,*
- *die Auswirkung der Selbstinduktion im Stromkreis beschreiben,*
- *ein Experiment zur Veranschaulichung der Selbstinduktion planen und aufbauen.*

1. Photoeffekt

Die Schülerinnen und Schüler können

- den Versuchsaufbau zum lichtelektrischen Effekt beschreiben,
- die einsteinsche Deutung des Photoeffekts darstellen ($W_{\text{kin}} + W_A = h \cdot f$),
- mit Hilfe der Messergebnisse beim Photoeffekt das plancksche Wirkungsquantum und die Austrittsarbeit bestimmen,
- *die Ergebnisse auf die Umkehrung des Photoeffekts (Leuchtdiode) anwenden und hieraus h bestimmen.*

2. Elektronenbeugung

Die Schülerinnen und Schüler können

- die Hypothese von de Broglie angeben,
- den Versuchsaufbau zur Elektronenbeugung beschreiben,
- die Änderung des Interferenzmusters in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung mit Hilfe der Hypothese von de Broglie erklären,
- *die Reflexion von Wellen an Raumgittern mit Hilfe der braggischen Reflexionsbedingung beschreiben,*
- *das plancksche Wirkungsquantum mit Hilfe des Elektronenbeugungsexperiments bestimmen.*

3. Doppelspaltexperiment

Die Schülerinnen und Schüler können

- das Prinzip der Komplementarität am Beispiel des Doppelspaltversuchs erläutern,

4. Unbestimmtheitsrelation

Die Schülerinnen und Schüler können

- die komplementären Größenpaare Impuls und Ort bzw. Energie und Zeit benennen und für diese die heisenbergsche Unschärferelation angeben,
- die heisenbergsche Unschärferelation mit dem Beispiel der Beugung am Einzelspalt erläutern,
- erkenntnistheoretische Konsequenzen erläutern, die sich aus der Quantenmechanik ergeben.

5. Struktur der Materie

Die Schülerinnen und Schüler können

- die historische Entwicklung der Vorstellungen über den Aufbau der Materie darstellen,
- das Streuexperiment als zentrales Werkzeug zur experimentellen Untersuchung von Strukturen erläutern,
- den Zusammenhang zwischen den Strukturebenen der Atome, Kerne und Quarks darstellen,
- *Elektron, Proton und Neutron in das Standardmodell einordnen.*

13-2 Quanten und Materie

4.2 Beurteilungskriterien

Unterrichtsgespräche	Beurteilungskriterien für Unterrichtsgespräche, z.B. bei thematisch zentrierten Diskussionen, im fragend-entwickelnden Unterricht, bei der Planung und Auswertung von Unterricht, können sein: • Situationsgerechte Einhaltung der Gesprächsregeln • Anknüpfung an Vorerfahrungen und den erreichten Sachstand • Sachliche, begriffliche und sprachliche Korrektheit • Verständnis anderer Gesprächsteilnehmer und Bezug zu ihren Beiträgen • Ziel- und Ergebnisorientierung
Individuelle Arbeit	Beurteilungskriterien für Phasen individueller Arbeit, z.B. beim Entwickeln eigener Forschungsfragen, Recherchieren und Untersuchen, können sein: • Einhaltung verbindlicher Aufgaben, Absprachen und Regeln • Anspruchsniveau der Aufgabenauswahl • Zeitplanung und Arbeitsökonomie, konzentriertes und zügiges Arbeiten • Übernahme der Verantwortung für den eigenen Lern- und Arbeitsprozess • Einsatz und Erfolg bei der Informationsbeschaffung • Flexibilität und Sicherheit im Umgang mit den Werkzeugen • Aufgeschlossenheit und Selbstständigkeit, Alternativen zu betrachten und Lösungen für Probleme zu finden
Arbeit im Team	Beurteilungskriterien für Gruppenarbeiten und Leistungen im Team können sein: • Initiativen und Impulse für die gemeinsame Arbeit • Planung, Strukturierung und Aufteilung der gemeinsamen Arbeit • Kommunikation und Kooperation • Abstimmung, Weiterentwicklung und Lösung der eigenen Teilaufgaben • Integration der eigenen Arbeit in das gemeinsame Ziel
Produkte	Beurteilungskriterien für Produkte wie Reader, Ausstellungsbeiträge, Präsentationen, Internetseiten, Wettbewerbsbeiträge können sein: • Eingrenzung des Themas und Entwicklung einer eigenen Fragestellung • Umfang, Strukturierung und Gliederung der Darstellung • Methodische Zugangsweisen, Informationsbeschaffung und -auswertung • Sachliche, begriffliche und sprachliche Korrektheit • Schwierigkeitsgrad und Eigenständigkeit der Erstellung • Kritische Bewertung und Einordnung der Ergebnisse • Adressatenbezug, Anschaulichkeit und Medieneinsatz • Ästhetik und Kreativität der Darstellung
Lerntagebuch, Arbeitsprozessbericht	Beurteilungskriterien für Lerntagebücher und Arbeitsprozessberichte mit Beschreibungen zur individuellen Ausgangslage, zur eigenen Teilaufgabe, zur Vorgehensweise, zum Umgang mit Irrwegen und Fehlern, zu den individuellen Tätigkeiten und Ergebnissen sowie zu den Lernfortschritten können sein: • Darstellung der eigenen Ausgangslage, der Themenfindung und -eingrenzung, der Veränderung von Fragestellungen • Darstellung der Zeit- und Arbeitsplanung, der Vorgehensweise, der Informations- und Materialbeschaffung • Fähigkeit, Recherchen und Untersuchungen zu beschreiben, in Vorerfahrungen einzuordnen, zu bewerten und Neues zu erkennen • Konstruktiver Umgang mit Fehlern und Schwierigkeiten • Selbstkritische Beurteilung von Arbeitsprozess und Arbeitsergebnis

Beurteilungskriterien für schriftliche Lernerfolgskontrollen wie Hausarbeiten, Protokolle, Tests und Klausuren können sein: • Sachliche, begriffliche und sprachliche Korrektheit • Übersichtlichkeit und Verständlichkeit • Reichhaltigkeit und Vollständigkeit • Eigenständigkeit und Originalität der Bearbeitung und Darstellung	Schriftliche Lernerfolgskontrollen
Lehrerinnen und Lehrer initiieren und gestalten mit ihren Kolleginnen und Kollegen und Schülerinnen und Schülern weitere Lernsituationen und Arbeitsprodukte wie Projekte, Praktika, Gestaltung von Unterrichtsstunden durch Schülerinnen und Schüler, Podiumsdiskussionen, Rollen- und Planspiele und entwickeln in Absprache mit ihnen entsprechende Beurteilungskriterien.	Weitere Lernsituationen und Arbeitsprodukte
Die Fachkonferenzen stimmen die Bereiche und Kriterien für die Leistungsbeurteilung ab und legen sie fest.	Fachkonferenzen
Die Lehrerinnen und Lehrer erläutern den Schülerinnen und Schülern die Anforderungen, die erwarteten Leistungen sowie die Beurteilungskriterien und erörtern sie mit ihnen. Bei der konkreten Auslegung der Beurteilungskriterien werden die Schülerinnen und Schüler beteiligt.	Transparenz