

Die Gymnasiale Oberstufe im Land Bremen

Physik

**Bildungsplan für die
Gymnasiale Oberstufe**
- Qualifikationsphase -

Herausgeber

Die Senatorin für Bildung und Wissenschaft,
Rembertiring 8 – 12
28195 Bremen
<http://www.bildung.bremen.de>

Stand: 2008

Curriculumentwicklung

Landesinstitut für Schule
Abteilung 2 - Qualitätssicherung und Innovationsförderung
Am Weidedamm 20
28215 Bremen
Ansprechpartner: Wolfgang Löwer

Nachdruck ist zulässig

Bezugsadresse: <http://www.lis.bremen.de>

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung	4
1. Aufgaben und Ziele	5
2. Themen und Inhalte	6
3. Standards	13
4. Leistungsbewertung	18
Anhang	
Liste der Operatoren	19

Vorbemerkung

Der vorliegende Bildungsplan für das Fach Physik gilt für die Qualifikationsphase der Gymnasialen Oberstufe; er schließt an den Bildungsplan für die Jahrgangsstufen 5 bis 10 des gymnasialen Bildungsganges an.

Bildungspläne orientieren sich an Standards, in denen die erwarteten Lernergebnisse als verbindliche Anforderungen formuliert sind. In den Standards werden die Lernergebnisse durch fachbezogene Kompetenzen beschrieben, denen fachdidaktisch begründete Kompetenzbereiche zugeordnet sind.

Die Kompetenzbereiche setzen die Beschreibung aus den Jahrgangsstufen 5 bis 10 im Bildungsplan des gymnasialen Bildungsganges fort, es wird damit deutlich, dass der Physikunterricht im gesamten Bildungsgang einheitlichen Zielsetzungen genügt.

Die Eingangsvoraussetzungen für den Besuch von Leistungs- und Grundkursen Physik in der Qualifikationsphase sind mit den Standards, die für die Jahrgangsstufe 10 des Bildungsplans für den gymnasialen Bildungsgang beschrieben sind, verbindlich vorgegeben. Die Festlegungen beschränken sich auf die wesentlichen Kenntnisse und Fähigkeiten und die damit verbundenen Inhalte, die für den weiteren Bildungsweg unverzichtbar sind. Die vorliegenden Bildungspläne für die Qualifikationsphase der Gymnasialen Oberstufe beschreiben die Standards für das Ende des Bildungsganges und damit benennen sie die Anforderungen für die Abiturprüfung in den benannten Kompetenzbereichen.

Mit den Bildungsplänen werden durch die Standards die Voraussetzungen geschaffen, ein klares Anspruchsniveau an der Einzelschule und den Schulen der Freien Hansestadt Bremen zu schaffen. Gleichzeitig erhalten die Schulen Freiräume zur Vertiefung und Erweiterung der zu behandelnden Unterrichtsinhalte und damit zur thematischen Profilbildung, indem die Vorgaben der Bildungspläne sich auf die zentralen Kompetenzen beschränken.

1. Aufgaben und Ziele

Der Bildungsplan orientiert sich an drei Grundprinzipien der Gymnasialen Oberstufe und des Abiturs: vertiefte allgemeine Bildung, Wissenschaftspropädeutik und Studierfähigkeit. Vertiefte physikalische Bildung drückt sich in einer qualitativen Erhöhung des Reflexionsgrades durch erweiterte methodische Fähigkeiten sowie durch ein breiteres und tieferes fachliches Wissens aus. Wissenschaftspropädeutik besteht in der Heranführung an Ziele, Methoden und Techniken wissenschaftlichen Arbeitens sowie ihrer Erprobung in ausgewählten Kontexten. Trotz der curricularen Bezüge zwischen dem Unterrichtsfach Physik in der Oberstufe und dem Studienfach Physik darf der Unterricht dabei nicht als vereinfachtes Abbild der wissenschaftlichen Ausbildung gestaltet werden. Beiträge zur Studierfähigkeit leistet der Physikunterricht zum einen dadurch, dass Schülerinnen und Schüler komplexe Sachverhalte adressaten- und sachgerecht sprachlich klar darlegen. Zum anderen entwickeln sie Fähigkeiten zur mathematischen Modellierung solcher Sachverhalte.

Orientierungsrahmen für die Festlegung von Themen und Inhalten sind die folgenden vier Grundbereiche vertiefter physikalischer Bildung:

Physik als Grundlage des modernen Weltbildes

Der Physikunterricht der Oberstufe soll das Verständnis der Physik des 20. Jahrhunderts stärken. Im Zentrum sollen die Grundvorstellungen von Konzepten wie Zeit, Raum, Teilchen, Feld, Wahrscheinlichkeit oder Messprozess stehen. Der dafür notwendige mathematische Formalismus soll auf das Maß beschränkt bleiben, das zum begrifflichen Verständnis unabdingbar erforderlich ist.

Physik und Technik als prägende Faktoren gesellschaftlich-kultureller Entwicklungen

Schülerinnen und Schüler sollen an ausgewählten Beispielen erkennen und verstehen, welche fachlichen Beiträge die Physik und die ihr nahe stehende Technik zur Weiterentwicklung unserer durch technische Prozesse und Produkte geprägten Kultur geleistet hat. Ein wichtiger Bereich ist die Bereitstellung und Entwertung von Energie.

Physik als methodisch besonders ausgezeichnete Naturwissenschaft

Um den Vorbildcharakter Physik für andere Disziplinen zu verstehen, müssen ihre Methoden auch explizit Gegenstand des Unterrichts sein. Wichtige Themen sind das Wechselspiel von Theorie und Experiment und die konsequente Vereinfachung von Phänomenen für mathematische Modellierungen und Vorhersagen.

Physik als Studien- und Berufsfeld

Physikalisches Wissen hat für viele Studienfächer und Berufsausbildungen im naturwissenschaftlich-technischen Bereich eine große Bedeutung. Die Kenntnis physikalischer Begriffe und Gesetze sowie Erfahrungen in grundlegenden experimentellen und theoretischen Verfahren sollen den Einstieg in eine Berufsausbildung oder ein Studium ermöglichen.

2. Themen und Inhalte

Kernbausteine und Erweiterungsbausteine

Der Bildungsplan für die Qualifikationsphase im Fach Physik für das Land Bremen ist modular aufgebaut. Er beschreibt in verpflichtenden *Kernbausteinen*, zehn für den Leistungskurs und sieben für den Grundkurs die Themen und Inhalte, an denen die fachlichen und fachmethodischen Kompetenzen erworben werden sollen. Kernbausteine sind inhaltlich hoch verdichtet und umfassen Grundkenntnisse, Grundfähigkeiten und Überblickwissen. Ihre Behandlung erfordert eine strenge Zeitdisziplin.

Für jeden Kernbaustein sind bei der unterrichtlichen Planung *Erweiterungsbausteine* hinzuzuziehen. Erweiterungsbausteine beinhalten Zugangswege, Fortführungen, Vertiefungen und Anwendungsgebiete in Verbindung mit Kernbausteinen. In einer Handreichung zum Bildungsplan werden die Erweiterungsbausteine beispielhaft inhaltlich aufgeschlüsselt sowie Vorschläge für Bausteinfolgen gemacht.

Der Unterricht soll so gestaltet werden, dass die Behandlung der Kernbausteine zusammen mit den ausgewählten Zugangswegen, Anwendungsgebieten, Fortführungen und Vertiefungen eine inhaltliche Einheit darstellt. Hierdurch wird sichergestellt, dass über die Zeit der Qualifikationsphase die fachlichen und fachmethodischen Standards erreicht werden.

Schuleigenes Curriculum

Die *Fachkonferenz* legt für den Leistungskurs und für den Grundkurs fest, welche Erweiterungsbausteine mit den dort zu unterrichtenden Kernbausteinen verbunden werden. Dabei soll dem höheren fachinhaltlichen Anspruch und der größeren theoretischen Orientierung im Leistungskurs Rechnung getragen werden. Zur Sicherstellung einer angemessenen inhaltlichen Breite sind für den Leistungskurs mindestens zwölf und für den Grundkurs mindestens vier Erweiterungsbausteine verbindlich. Die Auswahl und Ausgestaltung dieser Zugänge, Anwendungen und Vertiefungen ermöglicht Schwerpunktsetzungen der jeweiligen Schule, z.B. im Bereich technischer Anwendungen, lebensweltbezogener Themen oder theoretisch vertiefter Betrachtungen. Die Fachkonferenz kann eigene Erweiterungsbausteine formulieren und in der Kursplanung berücksichtigen. Für den Grundkurs können hierfür auch Inhalte aus Leistungskurs-Bausteinen herangezogen werden.

Themenbezogene Kernbausteine	
Leistungskurs	Grundkurs
<ul style="list-style-type: none"> • Mechanische Schwingungen • Hauptsätze der Thermodynamik • Elektrisches Feld • Magnetisches Feld • Elektromagnetische Schwingungen • Wellenoptik • Mikroobjekte • Quantenphysik der Atomhülle • Struktur der Materie • Spezielle Relativitätstheorie 	<ul style="list-style-type: none"> • Mechanische Schwingungen • Hauptsätze der Thermodynamik • Grundlagen elektrischer und magnetischer Felder • Wellenoptik • Mikroobjekte • Quantenphysik der Atomhülle • Struktur der Materie

Die Auflistung der Kernbausteine stellt keine Vorgabe für die Reihenfolge der Behandlung im Unterricht dar.

Themenübergreifende Fachmethoden
<ul style="list-style-type: none"> • Physikalische Untersuchungen planen • Experimente vorbereiten und durchführen • Daten aus physikalischen Untersuchungen aufbereiten und auswerten • Phänomene physikalisch modellieren • Physikalische Sachverhalte mathematisieren • Physikalische Zusammenhänge sachgerecht und adressengerecht kommunizieren • Physikalische Erkenntniswege beschreiben • Über die Bezüge der Physik reflektieren

Themenbezogene Kernbausteine: Sachinhalte und Erweiterungen

Mechanische Schwingungen

(LK, GK)

Sachinhalte

- Grundphänomene periodischer Bewegungsabläufe
- Beschreibende Größen Amplitude, Frequenz, Periodendauer, Elongation
- Bewegungsgleichung und Bewegungsgesetze des harmonischen Oszillators
- Grundphänomene der erzwungenen Schwingung, Dämpfung und Resonanz
- Stehende Wellen

Zugangswege/Anwendungsbereiche/Vertiefungen (Erweiterungsbausteine)

- Computergestützte Modellbildung zu mechanischen Schwingungen
- Chaotische Schwingungen
- Gedämpfte und erzwungene Schwingungen, Resonanz (Vertiefung) (LK)
- Mechanische Wellen
- Akustik

Hauptsätze der Thermodynamik

(LK, GK)

Sachinhalte

- Stirlingprozess
- Zustandsänderungen idealer Gase (isotherm, isochor)
- Wärmepumpe
- Gedankenexperiment zum idealen Wirkungsgrad
- Erster und Zweiter Hauptsatz

Zugangswege/Anwendungsbereiche/Vertiefungen (Erweiterungsbausteine)

- Strahlungsenergie
- Wärmekraftmaschinen
- Entropie und Wahrscheinlichkeit
- Kinetische Gastheorie
- Kreisprozesse

Grundlagen elektrischer und magnetischer Felder

(GK)

Sachinhalte

- Elektrische Feldstärke, feldbeschreibende Größe E
- Homogene und inhomogene elektrische Felder
- Magnetische Feldstärke, feldbeschreibende Größe B
- Lorentzkraft

Zugangswege/Anwendungsbereiche/Vertiefungen (Erweiterungsbausteine)

- Halleffekt und Untersuchung spezieller magnetischer Felder
- Induktion (Vertiefung) [Vertiefung gegenüber Bildungsplan Gy 5-10]

- Geladene Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern
- Elektrische Energie und Lebenswelt
- Energietechnik, Energieversorgung
- Entwicklung des Ladungskonzepts
- Gravitationsfeld

Elektrisches Feld

(LK)

Sachinhalte

- Grundphänomene (Influenz und Polarisierung)
- Elektrische Feldstärke
- Feldbeschreibende Größe E
- Homogene und inhomogene elektrische Felder
- Coulombkraft
- Kondensator, Energie im elektrischen Feld
- Elektrische Spannung

Zugangswege/Anwendungsbereiche/Vertiefungen (Erweiterungsbausteine)

- Gravitationsfeld
- Elektrische Felder in medizinischen Kontexten
- Entwicklung des Ladungskonzepts
- Elektrisches Potential / Kondensator

Magnetisches Feld

(LK)

Sachinhalte

- Magnetische Feldstärke
- Feldbeschreibende Größe B
- Magnetische Felder spezieller Anordnungen
- Lorentzkraft
- Halleffekt
- Bewegung geladener Teilchen im magnetischen Feld (Grundphänomen)

Zugangswege/Anwendungsbereiche/Vertiefungen (Erweiterungsbausteine)

- Induktion (Vertiefung) [Vertiefung gegenüber Bildungsplan Gy 5-10]
- Energietechnik, Energieversorgung
- Elektrische Energie und Lebenswelt
- Geladene Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern

Elektromagnetische Schwingungen

(LK)

Sachinhalte

- Energie des magnetischen Felds
- Elektromagnetischer Schwingkreis

- Thomsonsche Schwingungsgleichung

Zugangswege/Anwendungsbereiche/Vertiefungen (Erweiterungsbausteine)

- Wechselstromkreis
- Elektroakustik
- Elektromagnetische Felder im Alltag
- Elektromagnetische Wellen
- Elektromagnetische Wellen (Vertiefung)

Wellenoptik**(LK, GK)****Sachinhalte**

- Licht als Wellenphänomen
- Huygenssches Prinzip, Beugung
- Wellenbeschreibende Größen
- Interferenz
- Polarisation

Zugangswege/Anwendungsbereiche/Vertiefungen (Erweiterungsbausteine)

- Elektromagnetisches Spektrum
- Geometrische Optik im Wellenmodell
- Optische Instrumente
- Farberscheinungen in der Natur
- Holographie
- Elektromagnetische Schwingungen und Wellen (GK)
- Zeigerformalismus und Lichtwege

Mikroobjekte**(LK, GK)****Sachinhalte**

- Quantencharakter von Photonen und freien Elektronen (Elektronenbeugung, Fotoeffekt)
- De Broglie-Wellenlänge
- Plancksches Wirkungsquantum
- Unbestimmtheitsrelation

Zugangswege/Anwendungsbereiche/Vertiefungen (Erweiterungsbausteine)

- Quantencomputer
- Quantenkryptografie
- Röntgenstrahlung
- Wesenszüge von Mikroobjekten (Vertiefung)

Quantenphysik der Atomhülle

(LK, GK)

Sachinhalte

- Franck-Hertz-Experiment
- Modell des linearen Potentialtopfes, Zustandsfunktion $\psi(x)$ für das Elektron, Aufenthaltswahrscheinlichkeitsdichte $\psi^2(x)$
- Linienspektren
- Wasserstoffatom (dreidimensionaler Potentialtopf, Termschema)
- Visualisierung von Zuständen des Wasserstoffatoms (Orbitale)

Zugangswege/Anwendungsbereiche/Vertiefungen (Erweiterungsbausteine)

- Schrödingergleichung [z.B. Coulombpotential und Zustandsfunktionen für das Wasserstoffatom; Aufenthaltswahrscheinlichkeitsdichten; analytische Lösungen der SG für einfache Fälle; Quantenzahlen; Visualisierung von Zuständen des Wasserstoffatoms (Orbitale)]
- Atome mit mehreren Elektronen [z.B. numerische Lösungen der Schrödingergleichung; Anwendung auf komplexere Atome (He, Li)]
- Festkörperphysik [z.B. Übergang Atom-Festkörper; quantenphysikalische Aspekte der Festkörperphysik; Farbstoffe; Bändermodell]
- Laser [z.B. Fluoreszenz; stimulierte Emission; (optisch gepumpter) Laser; Selbstorganisation von Systemen; Laser in Technik und Alltag]
- Erkenntnistheoretische Aspekte der Quantenphysik [z.B. Messprozesse in der Quantenphysik; Eigenschaft vs. Zustand; Kopenhagener Deutung; Realitätsbegriff; epistemische Deutung / Katzenparadoxon]
- Entwicklung der Atommodelle [z.B. Funktion von Modellen in der physikalischen Erkenntnisgewinnung; Übergänge zwischen Atommodellen (Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr, wellenmechanisches Modell)]
- Spektren, Bohrsches Atommodell [z.B. Linienspektren von Gasen (einschl. Schülerexperimente); Wasserstoffspektrum; Rydberg-Frequenz; Energieniveaus; Bohrsches Atommodell]
- Halbleiterphysik [z.B. reine Halbleiter; dotierte Halbleiter; ausgewählte Anwendungen (Dioden, Solarzellen, Transistoren, LED, Halbleiterlaser etc.)]

Struktur der Materie

(LK, GK)

Sachinhalte

- Die Suche nach den kleinsten Bausteinen
- Kernmasse, Kernradius, Proton, Neutron
- Paarbildung und Paarvernichtung
- Teilchen und Antiteilchen
- Aufbau von Nukleonen aus Quarks

Zugangswege/Anwendungsbereiche/Vertiefungen (Erweiterungsbausteine)

- Kernzustände und -modelle
- Austauschkräfte und Austauschteilchen
- Großforschungsanlagen zur Teilchenphysik
- Radioaktivität

- Kernenergie
- Untersuchung von Mikrostrukturen

Spezielle Relativitätstheorie

(LK)

Sachinhalte

- Relativität und Gleichzeitigkeit
- Zeitdilatation, Längenkontraktion
- Minkowski-Diagramme
- Relativistische Masse

Zugangswege/Anwendungsbereiche/Vertiefungen (Erweiterungsbausteine)

- Allgemeine Relativitätstheorie
- Relativistische Dynamik

3. Standards

In den Standards werden die Kompetenzen beschrieben, die Schülerinnen und Schüler am Ende der Qualifikationsphase im Gymnasium erworben haben sollen. Die Kompetenzen legen die Anforderungen im Fach Physik fest.

Die Standards gliedern sich nach *themenbezogenen fachlichen Kompetenzen* und *themenübergreifenden fachmethodischen Kompetenzen*, die über die Gesamtheit aller Kern- und Erweiterungsbausteine zu vermitteln sind. Die Standards beschreiben den Kern der fachbezogenen Anforderungen. Der Unterricht ist nicht auf ihren Erwerb beschränkt, er soll es den Schülerinnen und Schülern ermöglichen, darüber hinausgehende Kompetenzen zu erwerben, weiterzuentwickeln und zu nutzen.

3.1 Themenbezogene fachliche Kompetenzen

Mechanische Schwingungen

(LK, GK)

Die Schülerinnen und Schüler ...

- beschreiben periodische Bewegungsabläufe mit den Größen Amplitude, Frequenz und Periodendauer
- planen Experimente zu Schwingungsvorgängen und führen diese durch
- vergleichen harmonische und nicht-harmonische Schwingungsvorgänge
- beschreiben harmonische Schwingungen mit Hilfe der Sinusfunktion (ohne Dämpfung)
- beschreiben Schwingungsvorgänge aus Alltag und Technik
- berechnen die Periodendauer für das Feder-Masse-Pendel
- beschreiben quasi-stationäre Eigenschwingungszustände als stehende Wellen

Hauptsätze der Thermodynamik

(LK, GK)

Die Schülerinnen und Schüler ...

- stellen den Kreisprozess eines idealen Heißluftmotors in einem p-V-Diagramm dar (Isochore, Isotherme)
- berechnen den maximalen Wirkungsgrad einer Wärmekraftmaschine
- begründen, warum der Wirkungsgrad einer Wärmekraftmaschine nicht größer sein kann als $\eta = 1 - T_k/T_h$
- beschreiben das Funktionsprinzip einer Wärmepumpe anhand eines Energieflussdiagramms
- bewerten die Hauptsätze der Thermodynamik im Hinblick auf Aspekte der Energieversorgung und Energieentwertung

Grundlagen elektrischer und magnetischer Felder

(GK)

Die Schülerinnen und Schüler ...

- erläutern die Definition der elektrischen Feldstärke $E = F/Q$
- stellen elektrische und magnetische Felder als Vektorfelder dar

- erläutern die Definition der magnetischen Feldstärke \mathbf{B} als Kraft auf ein Stromelement
- begründen die Bahnkurve elektrischer Ladungsträger im homogenen magnetischen Feld mit der Lorentzkraft (halb-quantitativ)

Elektrisches Feld

(LK)

Die Schülerinnen und Schüler ...

- beschreiben elektrostatische Grundphänomene mit den Begriffen Influenz und Polarisation
- erläutern die Definition der elektrischen Feldstärke $\mathbf{E} = \mathbf{F}/Q$
- stellen elektrische Felder als Vektorfelder dar
- berechnen die elektrische Feldstärke in der Umgebung von Punktladungen
- berechnen die Energie im Feld eines Plattenkondensators
- berechnen die elektrische Spannung bei einer Ladungsverschiebung im homogenen elektrischen Feld $U = \Delta W/Q$

Magnetisches Feld

(LK)

Die Schülerinnen und Schüler ...

- erläutern die Definition der magnetischen Feldstärke \mathbf{B} als Kraft auf ein Stromelement
- berechnen die Stärke des Magnetfelds im Inneren einer langgestreckten Spule
- berechnen die Richtung und die Stärke des Magnetfelds eines langen Leiters im Abstand r
- erläutern die Entstehung der Hallspannung
- entwerfen eine Versuchsanordnung zur Bestimmung der Stärke und Richtung eines Magnetfelds
- begründen die Bahnkurve elektrischer Ladungsträger im homogenen magnetischen Feld mit der Lorentzkraft

Elektromagnetische Schwingungen

(LK)

Die Schülerinnen und Schüler ...

- nennen Analogien zwischen elektromagnetischen und mechanischen Schwingungen
- erklären das Zustandekommen einer elektromagnetischen Schwingung
- benennen und berechnen die Energieumwandlungen im elektromagnetischen Schwingkreis
- berechnen die Kenngrößen eines Schwingkreises
- stellen eine elektromagnetische Schwingung im $U, I-t$ -Diagramm dar

Wellenoptik

(LK, GK)

Die Schülerinnen und Schüler ...

- erklären Interferenzerscheinungen mit dem Wellenmodell des Lichts
- führen ein Experiment zu Interferenzerscheinungen durch

- leiten die Bedingungen für Interferenzmaxima und -minima beim optischen Gitter her
- berechnen die Lage von Interferenzmaxima bzw. -minima
- beschreiben Polarisierbarkeit als Eigenschaft transversaler Wellen

Mikroobjekte

(LK, GK)

Die Schülerinnen und Schüler ...

- beschreiben Versuchsanordnungen, welche die Quanteneigenschaften von Photonen und Elektronen verdeutlichen
- bestimmen aus geeigneten Messwerten den Wert des Planckschen Wirkungsquantums
- nennen und erläutern die grundlegenden Unterschiede zwischen klassischer Physik und Quantenphysik
- schätzen unter Anwendung der Unbestimmtheitsrelation den Anwendungsbereich quantenphysikalischer Betrachtungsweisen ab

Quantenphysik der Atomhülle

(LK, GK)

Die Schülerinnen und Schüler ...

- beschreiben den Aufbau und die Durchführung des Franck-Hertz-Experiments und erläutern die aus den Ergebnissen gezogenen Folgerungen
- erläutern die Quantisierung der Energie gebundener Elektronen anhand des Modells des linearen Potentialtopfs
- stellen ψ - und ψ^2 -Funktionen im linearen Potentialtopf grafisch dar
- deuten die ψ^2 -Funktion als Aufenthaltswahrscheinlichkeitsdichte
- erläutern das Modell des dreidimensionalen Potentialtopfes für das Wasserstoffatom
- berechnen Energiedifferenzen bei Zustandsänderungen des Wasserstoffatoms
- erklären den Zusammenhang zwischen einem vorgelegten Termschema des Wasserstoffatoms und Spektralserien
- erläutern vorgelegte Orbitaldarstellungen des Wasserstoffatoms

Struktur der Materie

(LK, GK)

Die Schülerinnen und Schüler ...

- schätzen die Größenordnungen von Strukturbauteilen der Materie ab
- beschreiben Verfahren zur Bestimmung der Masse und des Radius von Kernen und Nukleonen
- beschreiben die Funktion eines Massenspektrographen
- erläutern das Rutherford'sche Streuexperiment
- beschreiben und berechnen Paarbildung und Paarvernichtung mit Energie-Masse-Umwandlung
- beschreiben den Aufbau von Nukleonen aus Quarks

Spezielle Relativitätstheorie

(LK)

Die Schülerinnen und Schüler ...

- erläutern anhand von Gedankenexperimenten (z.B. Einsteinuhr) die Beobachter-Abhängigkeit der zeitlichen Abfolge von Ereignissen
- berechnen aus gegebenen Parametern die Zeitdilatation und Längenkontraktion
- stellen experimentelle Befunde dar, welche die Relativitätstheorie stützen (z.B. Myonen-Zerfall oder Hafele-Keating-Experiment)
- erstellen und interpretieren Minkowski-Diagramme
- erläutern im Zusammenhang mit der Energie-Masse-Äquivalenz den Unterschied zwischen der Masse als Eigenschaft eines Körpers und der Stoffmenge

3.2 Themenübergreifende fachmethodische Kompetenzen

Physikalische Untersuchungen planen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- entwerfen geeignete Vorgehensweisen zur Prüfung vorliegender Hypothesen oder Fragestellungen
- planen eigene Untersuchungen in einem bekannten Themenbereich
- entwickeln Hypothesen auf Grundlage theoretischer Vorklärungen
- entwerfen und variieren Versuchsanordnungen

Experimente vorbereiten und durchführen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- bauen Versuchsanordnungen nach Anleitung eigenständig auf
- wenden grundlegende Messverfahren routiniert an (Bestimmung von Zeiten, Strecken, Massen, Kräften, Stromstärken, Spannungen etc.)
- diskutieren Fehlerquellen bei Experimenten
- dokumentieren die Durchführung von experimentellen Untersuchungen und die dabei gewonnenen Messdaten

Daten aus physikalischen Untersuchungen aufbereiten und auswerten

Die Schülerinnen und Schüler ...

- berechnen aus Rohdaten relevante physikalische Größen
- vergleichen verschiedene Verfahren zur Darstellung von Daten
- wenden geeignete Verfahren sachgerecht an
- schätzen die Größe von Messfehlern quantitativ ab

Phänomene physikalisch modellieren

Die Schülerinnen und Schüler ...

- begründen auf der Grundlage physikalischer Modelle die Auswahl wesentliche Aspekte und Größen für eine Untersuchung
- ordnen Untersuchungsergebnisse in vertraute Modellstrukturen ein

- entwickeln für weniger komplexe Zusammenhänge eigene Modellansätze
- erläutern die Funktion von Modellen im physikalischen Erkenntnisprozess

Physikalische Sachverhalte mathematisieren

Die Schülerinnen und Schüler ...

- erläutern die Bedeutung der Mathematik als Werkzeug für die Physik
- leiten physikalische Größen her und berechnen ihre Werte
- stellen Messergebnisse in einer geeigneten mathematischen Form dar
- prüfen physikalische Zusammenhänge anhand quantitativer Daten

Sachgerecht und adressatengerecht über Physik kommunizieren

Die Schülerinnen und Schüler ...

- stellen physikalische Zusammenhänge in unterschiedlichen Formen sachgerecht dar
- erklären physikalische Sachverhalte adressaten- und situationsgerecht
- diskutieren auf angemessenem Niveau zu physikalischen Sachverhalten und Fragestellungen

Erkenntniswege der Physik beschreiben

Die Schülerinnen und Schüler ...

- erläutern die unterschiedlichen Funktionen physikalischer Experimente (Phänomenklärung, Hypothesenprüfung, Theorieveranschaulichung)
- erläutern an Beispielen Zusammenhänge zwischen Theorie und Experiment
- beschreiben physikalische Erkenntnisgewinnung als einen kreativen, durch Belege gestützten Konstruktionsprozess
- erläutern die Ideengeschichte ausgewählter physikalischer Konzepte

Über die Bezüge der Physik reflektieren

Die Schülerinnen und Schüler ...

- stellen an Beispielen die wechselseitigen Beziehungen von Physik, Technik und gesellschaftlich-kulturellen Entwicklungen dar
- reflektieren physikalische Erkenntnisse im Hinblick auf persönliche oder gesellschaftlich-politische Entscheidungen

4. Leistungsbewertung

Die Dokumentation und Beurteilung der individuellen Entwicklung des Lern- und Leistungsstandes der Schülerinnen und Schüler berücksichtigt nicht nur die Produkte, sondern auch die Prozesse schulischen Lernens und Arbeitens. Leistungsbewertung dient der Rückmeldung für Schülerinnen und Schüler, Erziehungsberechtigte und Lehrkräfte. Sie ist eine Grundlage verbindlicher Beratung sowie der Förderung der Schülerinnen und Schüler. Zu unterscheiden sind Lern- und Leistungssituationen. Fachliche Fehler in Lernsituationen werden als Quelle für die fachliche Weiterentwicklung angesehen, beurteilt wird in Lernsituationen die Intensität einer konstruktiven Auseinandersetzung mit fachlichen Fehlern. In Leistungssituationen hingegen gehen Quantität und Qualität fachlicher Fehler direkt in die Leistungsbeurteilung ein.

Grundsätze der Leistungsbewertung:

- Bewertet werden die im Unterricht und für den Unterricht erbrachten Leistungen der Schülerinnen und Schüler.
- Die Leistungsbewertung bezieht sich auf die im Unterricht vermittelten Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten, wie sie in den „Anforderungen“ (Standards) beschrieben sind.
- Leistungsbewertung muss für Schülerinnen und Schüler sowie Erziehungsberechtigte transparent sein, die Kriterien der Leistungsbewertung müssen zu Beginn des Beurteilungszeitraums bekannt sein.
- Die Kriterien für die Leistungsbewertung und die Gewichtung zwischen den Beurteilungsbereichen werden in der Fachkonferenz festgelegt.

Die beiden notwendigen Beurteilungsbereiche sind:

1. Schriftliche Arbeiten unter Aufsicht und ihnen gleichgestellte Arbeiten
2. Laufende Unterrichtsarbeit

Bei der Festsetzung der Noten werden zunächst für die beiden Bereiche Noten festgelegt, danach werden beide Bereiche angemessen zusammengefasst. Die Noten dürfen sich nicht überwiegend auf die Ergebnisse des ersten Beurteilungsbereichs stützen.

Schriftliche Arbeiten unter Aufsicht

Schriftliche Arbeiten unter Aufsicht dienen der Überprüfung der Lernergebnisse eines Unterrichtsabschnittes. Weiter können sie zur Unterstützung kumulativen Lernens auch der Vergewisserung über die Nachhaltigkeit der Lernergebnisse zurückliegenden Unterrichts dienen. Sie geben Aufschluss über das Erreichen der Ziele des Unterrichts.

Laufende Unterrichtsarbeit

Dieser Beurteilungsbereich umfasst alle von den Schülerinnen und Schülern außerhalb der schriftlichen Arbeiten unter Aufsicht und den ihnen gleichgestellten Arbeiten erbrachten Unterrichtsleistungen wie

- mündliche und schriftliche Mitarbeit,
- Mitarbeit und Qualität der Arbeit im Rahmen praktischer Arbeiten (z.B. experimentieren, protokollieren, untersuchen),
- Arbeitsprodukte aus dem Unterricht wie Lerntagebücher oder Portfolios,
- Hausaufgaben,
- längerfristig gestellte häusliche Arbeiten (z.B. Referate oder kleinere Facharbeiten),
- Gruppenarbeit und Mitarbeit in Unterrichtsprojekten (Prozess - Produkt - Präsentation).

Anhang

Liste der Operatoren für die naturwissenschaftlichen Fächer

Die in den zentralen schriftlichen Abituraufgaben, den Klausuren und im Unterricht verwendeten Operatoren (Arbeitsaufträge) werden in der folgenden Tabelle definiert und inhaltlich gefüllt.

Operator	Task/Operational terms	Definition
Ableiten	deduce / infer	Auf der Grundlage wesentlicher Merkmale sachgerechte Schlüsse ziehen
Abschätzen	estimate	Durch begründete Überlegungen Größenordnungen physikalischer Größen angeben
Analysieren Untersuchen	analyse / examine	Wichtige Bestandteile oder Eigenschaften auf eine bestimmte Fragestellung hin ausarbeiten „Untersuchen“ beinhaltet gegebenenfalls zusätzliche praktische Anteile
Angeben Nennen	list / state / name	Elemente, Sachverhalte, Begriffe, Daten ohne Erläuterung aufzählen
Anwenden	apply	Einen bekannten Sachverhalt oder eine bekannte Methode auf etwas Neues beziehen
Aufbauen (Experimente)	set up	Objekte und Geräte zielgerichtet anordnen und kombinieren
Auswerten	evaluate	Daten, Einzelergebnisse oder sonstige Elemente in einen Zusammenhang stellen und ggf. zu einer abschließenden Gesamtaussage zusammenführen
Begründen	give reasons	Sachverhalte auf Regeln, Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Zusammenhänge zurückführen
Berechnen Bestimmen	calculate	Mittels Größengleichung eine biologische, chemische oder physikalische Größe ermitteln
Beschreiben	describe	Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert und fachsprachlich richtig mit eigenen Worten wiedergeben
Bestätigen oder Verwerfen	accept / verify or reject	Die Gültigkeit einer Aussage, z.B. einer Hypothese, einer Modellvorstellung oder eines Naturgesetzes durch ein Experiment verifizieren
Beurteilen	assess / judge	Zu einem Sachverhalt ein selbständiges Urteil unter Verwendung von Fachwissen und Fachmethoden formulieren und begründen
Bewerten	rate	Einen Gegenstand (Sachverhalt, Methode, Ergebnis etc.) an erkennbaren Wertekategorien oder an bekannten Beurteilungskriterien messen
Darstellen	present / demonstrate / show	Sachverhalte, Zusammenhänge, Methoden und Bezüge strukturiert in angemessenen Kommunikationsformen (ggf. graphisch) wiedergeben

Operator	Task/Operational terms	Definition
Diskutieren Erörtern	discuss	Im Zusammenhang mit Sachverhalten, Aussagen oder Thesen unterschiedliche Positionen bzw. Pro- und Contra-Argumente einander gegenüberstellen und abwägen
Dokumenten- tieren	document	Alle notwendigen Erklärungen, Herleitungen und Skizzen darstellen
Durchführen Messen (Experimente)	perform / carry out measure	Eine vorgegebene oder eigene Experimentieranleitung umsetzen bzw. Messungen vornehmen
Erklären	explain	Ausgehend von theoretischen Überlegungen (z.B. Regeln, Gesetze, Funktionszusammenhänge, Modelle, etc.) einen Sachverhalt unter Verwendung der Fachsprache verständlich darstellen
Erläutern	illustrate / elucidate	Einen Sachverhalt auf der Grundlage von Vorkenntnissen und eventuell gegebenem Material unter Verwendung der Fachsprache verständlich darstellen
Ermitteln	investigate / determine	Einen Zusammenhang oder eine Lösung finden und das Ergebnis formulieren
Entwerfen Planen (Experimente)	develop / plan	Zu einem vorgegebenen Problem eine Experimentieranordnung oder Experimentieranleitung erstellen
Herleiten	derive	Aus Größengleichungen durch mathematische Operationen eine physikalische Größe freistellen
Hypothesen entwickeln, aufstellen	hypothesize / suggest a hypothesis	Begründete Vermutungen auf der Grundlage von Beobachtungen, Untersuchungen, Experimenten oder Aussagen formulieren
Interpretie- ren	interpret	Ergebnisse bzw. kausale Zusammenhänge im Hinblick auf Erklärungsmöglichkeiten untersuchen und abwägend herausstellen
Skizzieren	sketch / outline	Sachverhalte, Strukturen oder Ergebnisse auf das Wesentliche reduziert übersichtlich darstellen
Stellung nehmen	comment on	Zu einem Gegenstand, der an sich nicht eindeutig ist, nach kritischer Überprüfung und sorgfältiger Abwägung ein begründetes Urteil abgeben
Strukturieren Ordnen	classify / sort / match	Vorliegende Objekte oder Sachverhalte kategorisieren und hierarchisieren
Verallgemeinern	generalize	Aus einem erkannten Sachverhalt eine erweiterte Aussage formulieren
Vergleichen	compare	Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten und Unterschiede ermitteln
(Über-)prüfen Testen	reconsider / check / test	Sachverhalte oder Aussagen an Fakten oder innerer Logik messen und eventuelle Widersprüche aufdecken
Zeichnen	draw	Eine möglichst exakte graphische Darstellung beobachtbarer oder gegebener Strukturen anfertigen
Zusammen- fassen	summarize	Das Wesentliche in konzentrierter Form herausstellen