



Hans-Brüggemann-Schule

Curriculum Physik für die Sekundarstufe II

Allgemeines

Die HBS Bordesholm

Die Hans-Brüggemann-Schule in Bordesholm ist eine Gemeinschaftsschule, die seit 2014 auch eine gymnasiale Oberstufe führt. In dieser ist das Fach Physik als dreistündiger Grundkurs in allen Profilen wählbar, für die Schülerinnen und Schüler des naturwissenschaftlichen Profils sogar verpflichtend. Dieses Curriculum gibt einen Überblick über die Inhalte und Themen, die in den drei Jahren der Oberstufe behandelt werden sollten.

Warum Physik?

Die Physik als Naturwissenschaft versucht die Phänomene, die uns umgeben, zu verbildlichen und zu vernetzen. Neben der Naturwissenschaft als solche stehen Gefahrenbeurteilungen, zum Beispiel der uns umgebenden Strahlung oder im Straßenverkehr, und Alltagsanwendungen, wie Wärmedämmung oder Elektromotoren und -generatoren, im Fokus des Unterrichts. Schließlich ist die physikalische Bildung eine

hervorragende Vorbereitung für zahlreiche Ausbildungen und Studiengänge (um einige Bereiche zu nennen: Medizin, Biologie, Chemie, Informatik, Geographie, Elektrotechnik, Bauingenieurwesen, Architektur, Fahrzeugtechnik, Sportwissenschaft, u.v.m.).

Aufbau des Curriculums

Nach einer inhaltlichen Übersicht folgen jahrgangswise die Konkretisierungen zum inhaltlichen und methodischen Vorgehen. Die fettgedruckten Begriffe heben die Mindestanforderungen hervor. Neben den methodischen Hinweisen sind Umsetzungsmöglichkeiten angegeben, die nicht verpflichtend sind.

Kompetenzbereiche

In diesem Curriculum haben wir uns aus Gründen der Übersichtlichkeit dafür entschieden, lediglich die inhaltsbezogenen Kompetenzen darzustellen. Im Unterricht spielen die prozessbezogenen Kompetenzen

natürlich eine enorm wichtige Rolle. Für diese verweisen wir auf die Fachanforderungen des Landes Schleswig-Holstein (zu finden unter <https://lehrplan.lernnetz.de/>).

Leistungsnachweise

Als Leistungsnachweis gehen die Unterrichtsbeiträge (zu mindestens 51%) und eine Klausur oder alternativ eine gleichwertige Leistung (in Absprache mit der Oberstufenkoordinatorin) ein. Zu den Unterrichtsbeiträgen gehören mündliche Beiträge, den Unterricht anregende Fragen, Aufgabenbearbeitungen, Versuchsprotokolle, Ausarbeitungen, Vorträge, und so weiter.

Die Fachschaft Physik ...

... wünscht den beteiligten Schülerinnen und Schülern sowie Lehrerinnen und Lehrern viel Spaß mit der fortgeschrittenen Physik! :)

Übersicht der Inhalte

Klassenstufe	Themen	Wochen	Inhalte	Zentrale Konzepte
11	Kinematik	6	<ul style="list-style-type: none"> • Bewegungen aufzeichnen und interpretieren • Geschwindigkeit und Beschleunigung • Überlagerung von Bewegungen 	Beobachtung und Aufzeichnung Gerichtete Größen
	Dynamik und Erhaltungsgrößen	14	<ul style="list-style-type: none"> • Größen in der Physik • Impuls und Impulserhaltung • Kräfte • Energie und Arbeit • Gravitation 	Arbeiten mit gerichteten Größen Erhaltungsgrößen und Bilanzierung
	Schwingungen und Wellen	10	<ul style="list-style-type: none"> • Schwingungen • Wellen • (Mechanische und optische) Wellenphänomene 	Harmonischer Oszillator Wellen-Physik
12	Elektromagnetismus	15	<ul style="list-style-type: none"> • Elektrizität und Magnetismus • Elektromagnetismus • Vergleich von E-, M- und G-Feld 	Feldbegriff Bedeutung von Naturkonstanten
	Elektromagnetische Strahlung	15	<ul style="list-style-type: none"> • Wellenerscheinungen des Lichts • Elektromagnetisches Spektrum 	Strahlungsbegriff Spektren
13	Quantenphysik	15	<ul style="list-style-type: none"> • Welle-Teilchen-Dualismus • Wahrscheinlichkeitsprinzip • Das quantenphysikalische Atom 	Wahrscheinlichkeitsprinzip Unbestimmtheit
	Wahlbereich	15	Vertiefungen aus den Bereichen: Thermodynamik, Relativitätstheorie, Astronomie, Kernphysik, Elementarteilchenphysik, Festkörperphysik	divers

Klasse 11

Kinematik 6 Wochen

Die Kinematik grenzt sich von der Dynamik darin ab, dass lediglich die Bewegungen untersucht werden, nicht deren Ursache. Eine eindimensionale Behandlung der Kinematik kann zu Fehlvorstellungen führen, weshalb von Anfang an auch mehrdimensionale Bewegungen betrachtet werden sollen. Es kann sinnvoll sein, bereits während der Behandlung der Kinematik Elemente der Dynamik, wie Kraft oder Energie, miteinfließen zu lassen.

Inhalte	Methodische Hinweise	Mögliche Konkretisierungen
Bewegungen aufzeichnen	Ein- und mehrdimensionale Bewegungen wie geradlinige gleichförmige, geradlinig beschleunigte Bewegungen (insb. freier Fall), Kurvenfahrten, Kreisbewegungen und willkürliche Bewegungen beschreiben und aufzeichnen (als Punktspur , per Stroboskopbild, per Video und in t-s -, t-v - und t-a-Tabellen und -Diagrammen)	Messung per Stoppuhren, Lichtschranken, Stroboskop- und Videoaufnahmen, Sensoren Zebrastreifen, ... Rückwärtsarbeiten mit Stop-Motion-Filmen und Diagrammenachfahren
Geschwindigkeit und Beschleunigung als gerichtete Größen	Die abgeleiteten Größen Geschwindigkeit und Beschleunigung anhand der aufgezeichneten Bewegungen bestimmen und interpretieren. Diese Größen sollen insbesondere gerichtet , also mit einer Richtung und einem Betrag, behandelt werden.	Punktspur- und Videoauswertung Fahrradtachometer
Überlagerung von Bewegungen	Bewegungen als Überlagerung von einfacheren Bewegungen interpretieren. Als Anwendung dienen Bewegungen auf bewegten Platten und der waagerechte Wurf .	Bewegungen auf bewegten Brettern Münz-Lineal-Experiment Videoanalyse

Dynamik und Erhaltungsgrößen

14 Wochen

Nachdem in der Kinematik bereits mehrdimensionale Bewegungen und gerichtete Größen betrachtet wurden, führen wir den Impuls und die Kraft als Größen ein, die neben der Bewegung auch die Masse miteinbeziehen. Insbesondere lohnt sich ein Einstieg, der physikalische Größen und deren Messung allgemein betrachtet.

Inhalte	Methodische Hinweise	Mögliche Konkretisierungen
Größen in der Physik (Intermezzo)	Die Rolle von Physikalische Größen und Einheiten interpretieren und Basisgrößen (SI) von abgeleiteten Größen unterscheiden.	Verschiedene Arten der Messung von Zeit, Masse und Länge
Impuls und Impulserhaltung	Impuls gerichtet als Wucht einführen. Impulserhaltung, speziell Trägheitsprinzip und Rückstoßprinzip werden anhand verschiedener Beispiele analysieren(z.B. reibungsarme Bewegungen, Funktion des Sicherheitsgurts, Raketenantrieb, Schwimmen, ...) und mittels Pfeilen dargestellt und verrechnet.	Zusammenstöße mit <i>ungesicherter Ladung</i> Newton-Pendel Düsenantrieb, Wasserrakete
Kräfte	Kräfte werden als gerichtete Impulsänderung pro Zeit einführen. Newtonschen Gesetze und Anwendungen vertiefen das Verständnis. Kräfteaddition erfolgt mittels Pfeilen. Es sollen mindestens die Kraftarten Reibkraft , Gewichtskraft und Zentripetalkraft (an Fall und Kreisbewegungen) behandelt werden. Kräftegleichgewichte werden erkannt und interpretiert, zum Beispiel beim Fall mit Luftwiderstand.	Kopfball mit Klötzen Föhns auf Tischtennisball zur Kräfteaddition Videoanalyse: Fall von Papierzylindern Excel-Simulation: Fall mit Luftwiderstand Beschleunigungssensoren Auftrieb im Wasser
Energie und Arbeit	Energie als ein alle Bereiche der Physik übergreifendes Konzept. Energiebilanzierung anhand verschiedener Beispiele, insbesondere aus der Mechanik (kinetische, Lage- und Spannenergie) mit Wirkungsgrad . Arbeit und die goldene Regel der Mechanik ($W = \vec{F} \cdot \vec{\Delta s}$) werden anhand von Lageenergie, Flaschenzügen und Hebeln behandelt. Verschiedene Erhaltungsgrößen werden gegenübergestellt und verglichen (neben Energie und Impuls z.B. auch Masse?, Teilchenanzahl? ...)	Verschiedene Energieumwandlungsketten Energiebilanzierung Lasten heben mit Flaschenzügen Zangen und Nussknacker
Gravitation	Anhand der Bewegungen von und um Planeten werden das Gravitationsgesetz , das Gravitationsfeld und das Gravitationspotential verknüpft.	Weltbilder und Kepler'sche Gesetze Fluchtgeschwindigkeit

Schwingungen und Wellen

10 Wochen

Mechanische Wellen sollen der Anschaulichkeit wegen behandelt werden. Anhand dieser können Eigenschaften und Phänomene von Wellen untersucht werden. Vergleiche mit Lichterscheinungen sollen das lange Zeit vorherrschende Bild von Licht als Welle verständlich machen. Eine ausführliche Behandlung der Wellenoptik findet in Klasse 12 statt.

Inhalte	Methodische Hinweise	Mögliche Konkretisierungen
Schwingungen	Schwingungen werden anhand verschiedener Pendel betrachten und die Besonderheiten der harmonischen Schwingung herausgestellt. Schwingungen werden mithilfe der Größen Frequenz, Amplitude, Schwingungsdauer und der Schwingungsgleichung beschrieben.	Faden-, physikalisches, Federpendel Schwingungen in U-Rohr, Kugel in Mulde, ... Simulation von Schwingungen in Excel Überlagerung von Schwingungen in Geogebra
Wellen	Schwingungen als Ursache von Wellen. Unterscheidung von Longitudinal- und Transversalwellen . Charakteristische Größen wie Elongation, Amplitude, Wellenlänge, Frequenz und Ausbreitungsgeschwindigkeit werden betrachtet und in Beziehung gesetzt. Gekoppelte Schwingungen. Reflexion von Wellen, das Huygen'sche Prinzip und die stehende Welle . Kohärenz von Wellen.	Wasser-, Laola-Wellen und gekoppelte Schwingungen Wellen per Video aufzeichnen Messung der Schall- und Lichtgeschwindigkeit
Wellenphänomene	Beugung, Reflexion, Brechung und Interferenzphänomene von mechanischen (auch akustischen) und optischen Wellen beobachten und vergleichen.	Wellenphänomene veranschaulichen mit der Wellenwanne und der Wellenmaschine

Klasse 12

Elektromagnetismus

15 Wochen

Die Kenntnisse zu Elektrizität und Magnetismus, die die Schülerinnen und Schüler aus der Mittelstufe mitbringen, sollen hier weiter vertieft werden. Die magnetische Wirkung von Strom und die elektromagnetische Induktion verbinden die beiden Bereiche. Bei der Reihenfolge ist die Lehrkraft frei, wie sie vorgehen möchte. Schließlich sollen die Eigenschaften der drei typischen Felder, E-, M- und G-Feld, verglichen werden um die Unterschiede der dahinterstehenden Größen zu verdeutlichen. Tendenziell kann dieser Block mehr Zeit in Anspruch nehmen, die 15 Wochen stellen lediglich eine grobe Empfehlung dar.

Inhalte	Methodische Hinweise	Mögliche Konkretisierungen
Elektrizität und Magnetismus	Phänomene und Versuche zu Magnetismus erinnern an dessen grundlegende Eigenschaften. Ausmessungen mit Kompassnadeln und Magnetspänen führen zum Magnetfeld . Phänomene und Versuche zu elektrischem Strom erinnern an dessen grundlegende Eigenschaften, insbesondere an die magnetische Wirkung und das Ohm'sche Gesetz $U = R \cdot I$. Elektrische Ladungen und Influenz werden untersucht und führen zum Elektronenmodell . Elektrische Felder , das elektrische Potential und das Coulomb-Gesetz werden miteinander verknüpft. Betrachtungen an Plattenkondensatoren führen zum homogenen elektrischen Feld und der Speicherung von Energie darin. Die Bewegung von Ladungsträgern im elektrischen Feld und der Millikan-Versuch runden das Elektronenbild ab.	
Elektromagnetismus	Die Lorentz-Kraft und das Magnetfeld einer Spule eignen sich um die Verbindung von Elektrizität und Magnetismus zu vertiefen. Die elektromagnetische Induktion sollte mindestens phänomenologisch behandelt werden. Anwendungen wie Elektromotoren, Generatoren und Massenspektrometrie sollten ausgiebig behandelt werden. Mögliche Vertiefungen sind die (basale) Behandlung der Maxwell-Gleichungen, Halbleiterphysik oder der Wechselstromkreis.	Transformatoren und Stromleitung Metalldetektoren Elektronenbeschleuniger Wirbelströme und Wirbelstrombremse
Vergleich von E-, M- und G-Feld	Die drei Felder werden verglichen und Schlüsse über die zugrunde liegenden Größen gezogen (u.a. Quellen und Senken, Abschirmung von Feldern, Wirkungsbereich, Feldkonstanten, Energie im Feld).	

Elektromagnetische Strahlung

15 Wochen

Die Optik wird, auch im Hinblick auf die darauf folgende Quantenphysik, unter dem Gesichtspunkt von Wellenphänomenen untersucht. Darauf aufbauend folgt die Betrachtung der elektromagnetischen Strahlung allgemein. Ob und wie tief zum Beispiel der Hertz'sche Dipol, elektromagnetische Polarisation oder der Nachweis, dass Licht Eigenschaften einer elektromagnetischen Welle aufweist, behandelt werden, muss die Lehrkraft entscheiden. Im Zweifelsfall bietet sich ein anwendungsorientierter Unterricht mit vielen Beispielen aus dem Alltag eher an.

Inhalte	Methodische Hinweise	Mögliche Konkretisierungen
Wellenerscheinungen des Lichts	Phänomene der Optik werden aufgegriffen und daran das Lichtstrahlmodell und der Wellencharakter verdeutlicht. Unter anderem sollten Beugung und Interferenz am Einfach- und Doppeltspalt behandelt werden. Prisma und optisches Gitter zerlegen Licht in seine einzelnen Wellenlängen, was zur Betrachtung des Lichtspektrums führt. Interferenz an dünnen Schichten (CDs, Seifenblasen, Handybildschirmen, ...) verknüpfen die Bereiche.	Optisches Auflösungsvermögen Optische Täuschungen, scheinbare Holografie
Elektromagnetisches Spektrum	Nun soll der Blick auf das gesamte elektromagnetische Spektrum geweitet werden. Behandelt werden sollte das Absorptions- , Transmissions- und Emissionsspektrum von Stoffen und die Unterscheidung zwischen kontinuierlicher und (annähernd) diskreter Strahlung (mit Beispielen und Anwendungen). Der optische Dopplereffekt kann zur Bestimmung der Bewegung von Sternen genutzt werden. Die Zerlegung der Strahlung von Gasentladungsröhren legt den Grundstein für das Bohrsche Atommodell (z.B. Balmer-Serie).	Spektralanalyse (z.B. bei Urkundenfälschung oder Lackanalyse bei Autounfällen) Versuche mit Strahlungsquelle und -empfänger und verschiedenen Hindernissen Wärmebildkamera und Vergleich von IR-Strahlung und Licht Filter, z.B. UV-Filter in Sonnenbrillen Gefahrenbeurteilung von Strahlung

Klasse 13

Quantenphysik 15 Wochen

Quantenobjekte, also sehr kleine Objekte, zeigen sowohl Wellen- als auch Teilcheneigenschaften auf. Durch Wahrscheinlichkeitswellen lassen sich die Beobachtungen erklären. Wie mathematisch dieses Prinzip angegangen wird, sollte von den Voraussetzungen und Interessen der Schülerinnen und Schülern abhängig gemacht werden. Die Entwicklung von Atommodellen war historisch eng mit der Weiterentwicklung der Quantenphysik verzahnt, was zum dritten Teil dieses Themas führt.

Inhalte	Methodische Hinweise	Mögliche Konkretisierungen
Welle-Teilchen-Dualismus	Plancks Strahlungsgesetz, Foto- und Compton-Effekt legen Teilchencharakter von Licht nahe (quantisierte Energie, Impuls, Masse → Photonen), Doppelspaltversuche mit Elektronen deren Wellencharakter (→ Materiewellen).	Röntgenstrahlung und Anwendungen
Wahrscheinlichkeitsprinzip	Der scheinbare Widerspruch von Wellen- und Teilcheneigenschaften von Quantenobjekten wird durch die Beschreibung mittels Wahrscheinlichkeitswellen gelöst. Die Messung determiniert den Zustand des Quantenobjekts. Ort und Zeit sind nicht mehr gleichzeitig scharf messbar (Heisenberg'sche Unschärferelation).	Unschärferelation beim Doppelspalt Schrödingergleichung Schrödingers Katze
Das quantenphysikalische Atom	Entwicklung der Atommodelle aus historischer Sicht. Absorption und Emission von Photonen bestimmter Frequenzen (Linienpektren) werden mithilfe des Bohrschen Atommodells und Energiestufen modelliert. Die Grenzen des Bohrschen Atommodells führen zum Orbitalmodell , das auch die quantenphysikalische Unschärfe berücksichtigt. Mögliche Vertiefungen sind Laserphysik, die Energie-Zeit-Unschärfe, Quantenzahlen und das Pauli-Prinzip oder verschränkte Zustände und die Bell'schen Ungleichungen.	Balmer-Serie des Wasserstoffs Franck-Hertz-Versuch Hat ein Atom eine Farbe? Quantenphysik und Philosophie

Es folgt ein unverbindlicher Vorschlag für die Behandlung der Wahlpflichtthemen.

z.B. Thermodynamik 8 Wochen

Die Behandlung der Thermodynamik bietet sich gerade aktuell an, um Themen des Klimawandels und der globalen Erwärmung physikalisch zu betrachten. Daneben ist die Thermodynamik ein im Alltag sehr nützliches Handwerk, zum Beispiel bei der Wärmedämmung, in der Küche oder in Bezug auf Kraftwerke. Die Entropie ist dabei eine interessante Größe, um die Richtung von Vorgängen zu verstehen und das Energiekonzept weiter zu vertiefen.

Inhalte	Methodische Hinweise	Mögliche Konkretisierungen
Temperatur	Thermische Ausdehnung und Teilchenbild führen zu verschiedenen Arten der Temperaturmessung .	Vergleich verschiedener Thermometer (Flüssigkeits-, Bimetall-, Ausdehnungs-, Galileo- Thermometer, Infrarotmessung, Fühlen?!)
Wärmeenergie	Das Erwärmen von Stoffen (auch über Aggregatzustandsänderungen hinweg) führt zum Begriff der Entropie und der spezifischen Wärmekapazität . Wärmeübertragungsarten und Wärmedämmung liefern viele Anwendungsbeispiele aus dem Alltag (Rettungsdecke, Thermoskanne, Material für Tassen, Alufolie und Backpapier, ...).	Verschiedene Arten der Wassererwärmung mit Wirkungsgradbestimmung Wärmedämmung bei Haus, Thermoskanne, Kleidung, Fell oder Rettungsdecke
Wärmekraftmaschinen	Proportionale Zusammenhänge von Druck, Temperatur und Volumen von Gasen führen zum proportionalen Gasgesetz ($\frac{p \cdot V}{T} = konst.$). Die Maxwell-Boltzmann-Verteilung zeigt, wie sich die Teilchengeschwindigkeiten eines idealen Gases bei bestimmten Temperaturen verhalten. Der erster Hauptsatz der Thermodynamik und der Carnot-Prozess führen zu Wärmekraftmaschinen . Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik stellt eine natürliche Grenze des Wirkungsgrades von Wärmekraftmaschinen dar. Wärmepumpen (Kühlschränke) vernetzen die beiden Hauptsätze.	Dampfmaschine, Sterlingmotor und Kraftwerke, maximaler Wirkungsgrad
Klimahaushalt der Erde	Das Planck'sche Strahlungsgesetz führt zum Spektrum des (idealen) Schwarzstrahlers . Die Sonne ist nahezu einer. Vergleich von natürlichem und anthropogenem Treibhauseffekt laden zu Umweltdiskussionen ein.	Vertiefung Wärmebildkamera Treibhausmodell

z.B. Relativitätstheorie

7 Wochen

Die Relativitätstheorie ist eine der größten physikalischen Errungenschaften. Auf einer einzigen Annahme (Licht breitet sich stets mit Lichtgeschwindigkeit aus) entsteht die spezielle Relativitätstheorie durch Gedankenexperimente und gestützt von späteren Beobachtungen. Die allgemeine Relativitätstheorie, die auch die Krümmung der Raumzeit durch Gravitation berücksichtigt, erklärt zum Beispiel astronomische Phänomene wie die Krümmung von Lichtbahnen, die ungewöhnliche Periheldrehung des Merkur oder die Zeitdilatation zwischen Erde und Satelliten.

Inhalte	Methodische Hinweise	Mögliche Konkretisierungen
Inertialsysteme und Lichtgeschwindigkeit	Experimente von Michelson und Morley legen nahe, dass Licht in allen Inertialsystemen gleichschnell ist. Das hat zur Folge, dass Raum und Zeit vom Bezugssystem abhängen, also relativ sind.	Gedankenexperimente als physikalisches Forschungsinstrument * Minkowski-Diagramme und Lichtkegel *
Optischer Dopplereffekt	Optischer Dopplereffekt anhand von Sternenbewegungen.	Vergleich mit akustischem Dopplereffekt
Relativistische Masse und Energie	Die Masse ist von der Geschwindigkeit im Inertialsystem abhängig. Daraus folgt die berühmte Masse-Energiebeziehung $E = m \cdot c^2$.	Bewegung von Elektronen relativistisch
Allgemeine Relativitätstheorie und Astrophysik	Die suggerierte Ununterscheidbarkeit von Beschleunigung und Gravitation ergibt, dass die Raumzeit durch Masseanteile gekrümmt wird. Licht im Gravitationsfeld bewegt sich auf gekrümmten Bahnen. Weitere Konsequenzen sind z.B. die bis dahin unverständliche Periheldrehung des Merkur, die (messbare) Zeitdilatation zwischen Erde und Satelliten sowie die Anschauung von schwarzen Löchern und anderen astrophysischen Phänomenen.	GPS funktioniert nur mit der ART so exakt * Raumzeit und die 4. Dimension * Erstes Bild eines schwarzen Lochs Geschichtliches: Periheldrehung des Merkur vor der ART