

Schulinternes Curriculum Physik für die Sekundarstufe I und II des St. Joseph-Gymnasium Rheinbach

Stand: 24.04.2024

Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit

Der Physikunterricht an dieser Schule beginnt in der Klasse 7 und wird in der Klasse 8 und 10 fortgesetzt. Es ist in Planung ab dem nächsten Schuljahr 2023/2024 Physik im WP2 Bereich in Klasse 9 und 10 dreistündig anzubieten. Dieses Fach soll Physik-Technik heißen. In den Klassen 5 und 6 nehmen die Schülerinnen und Schüler am wöchentlich dreistündig stattfindenden Naturwissenschaftsunterricht (NaWi) teil, der die Fächer Physik, Biologie und Chemie direkt verbindet. Die entsprechenden Konzepte zum NaWi-Unterricht werden getrennt von der Physik behandelt.

Als literarische und mediale Unterstützung des Physikunterrichts dienen in der Sekundarstufe 1 die „Impulse Physik 7-10“ Bücher vom Klett Verlag auch in der Form des digitalen Unterrichtsassistenten.

In der Sekundarstufe II verwenden wir das Metzler Physikbuch in verschiedenen Auflagen. Die Verwendung aktuellerer Bücher wird geprüft.

Der Physikunterricht findet bis auf sehr wenige Ausnahmen in einem unserer Fachräume statt.

Die Schule verfügt über zwei modern ausgestattete Fachräume mit Energiesatelliten und beweglichen Tischen, die auch für Schülerversuche eingerichtet sind.

Bi-Eduktion:

Mädchen möchten wir dahin gehend fördern, dass sie sicher und unbefangen im Umgang mit Experimentiergeräten sind.

Jungen möchten wir dazu anhalten, exakt zu beobachten und zu analysieren.

Ansonsten verzichten wir im Physikunterricht bewusst auf eine geschlechtsspezifische Auswahl der Inhalte oder Unterrichtsmethoden.

Lediglich im Hinblick auf disziplinarische Maßnahmen gibt es ggf. Unterschiede, die jedoch auch bei verschiedenen gleichgeschlechtlichen Klassen Anwendung finden können.

In der **Co-Eduktion** wird dies im Rahmen innerer Differenzierung erfolgen.

Katholisches Profil:

Die Physik ist eine Naturwissenschaft, die sich u.a. mit der Struktur von Materie, den Eigenschaften von Licht und der Raum- Zeit-Struktur befasst. Bis heute gibt es kein vollständiges Standardmodell zur Beschreibung all dessen.

Die vorliegenden Modelle kommen relativ schnell an Ihre Grenzen.

Im Unterricht kommt deshalb oft die Frage auf, wie es weiter geht oder warum alles gerade eben genauso ist, wie es ist, denn eine kleine Abweichung wäre ggf. fatal.

Hier hilft unser katholischer Glaube an unseren Schöpfer, der alles wohl gestaltet hat.

Präventionskonzept:

Im Physikunterricht pflegen wir ebenso wie in unserem Schulleben generell einen grenzachtenden und respektvollen Umgang miteinander. Dies geschieht sowohl im Umgang von Lehrerinnen und Lehrern mit Schülerinnen und Schülern als auch insofern, dass die Lehrerinnen und Lehrer auf das Verhalten der Schülerinnen und Schüler untereinander achten und ggf. eingreifen.

Auf diese Weise entsteht eine angenehme Atmosphäre, in der sich die Schülerinnen und Schüler sicher und geborgen im Schutze unserer Schule fühlen. So lässt es sich gemeinsam angenehm lernen und arbeiten.

Digitalisierung:

Die Digitalisierung hat im heutigen Physikunterricht einige Vorteile bzw. Arbeitserleichterungen mit sich gebracht.

Dies wird durch den Einsatz von personalisierten iPads bei den SchülerInnen gefördert.

- Über das Experimentierinterface CASSY lassen sich viele Experimente direkt mit dem Computer bzw. Smartboard verbinden, so dass Messungen und Auswertungen sofort zur Verfügung stehen.
- Mit Hilfe von Digitalkamera und Beamer können kleinste Details des Experimentes für alle gut sichtbar dargestellt werden.
- Tabellenkalkulationsprogramme (z.B. EXCEL oder Libre Office) helfen bei der Auswertung (größerer) Datenreihen.
- Alle Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe 2 verfügen über einen grafikfähigen Taschenrechner, der ebenso gerne zu Auswertungszwecken verwendet wird.
- Mit Hilfe der für jedermann frei zugänglichen Smartphoneapplikationen (z.B. phyphox) lassen sich sehr einfach und unkompliziert viele verschiedene Messungen wie z.B. Geschwindigkeits- und Beschleunigungsmessungen durchführen. Des Weiteren stehen hier z.B. verschiedene Stoppuhren (optisch, akustisch etc.) als Werkzeug zur Verfügung.
- Auch Computersimulationen (z.B. Geogebra) und Beiträge aus dem Internet (z.B. Filmausschnitte, Interviews, aktuelle Informationen zum Thema, Webseiten (z.B. Leifi Physik, Simple Club, universaldenker, Quarks, Leschs Kosmos) mit weiteren Erklärungen etc.) können zum Verständnis von Experimente beitragen und den Unterricht bereichernd ergänzen.
- Zur Präsentation von Unterrichtsinhalten und Referaten ist Präsentationssoftware (z.B. PowerPoint) beliebt und bewährt.
- Zukünftig kann auch die direkte Übertragung (z.B. auf Tablets) z.B. zum Ausgleich von Sehbehinderung oder zur Binnendifferenzierung genutzt werden.

Durch den Einsatz dieser Medien werden Schülerinnen und Schüler motiviert und es wird die Möglichkeit zur Auswertung realer Daten gegeben.

So ergänzen die digitalen Medien den Physikunterricht.

Fächerübergreifendes bzw. -verbindendes Arbeiten:

Der Physikunterricht findet in den Klassen 5 und 6 im Rahmen des Naturwissenschaftsunterrichts statt. Fachliche Bezüge zu anderen Fächern finden sich später u.a. beim Lochkameraexperiment (Abbildungsmaßstab bei Landkarten im Erdkundeunterricht), bei

der Thematisierung alternativer Energien (Erdkundeunterricht und Sozialwissenschaften) sowie bei der Untersuchung der Auswirkungen des elektrischen Stromes (chemische Wirkung) und der Behandlung von Atommodellen (Chemieunterricht).

Heftführung:

Ab Klasse 9 kann das Heft gerne digital geführt werden.

Wir empfehlen, die phyphox App zur Auswertung von Experimenten zu installieren.

Des Weiteren finden das Videoanalysetool Viana und das Geometrieprogramm Geogebra vielfältige Anwendungen.

Evaluation:

In der Fachkonferenz gibt es ab dem Schuljahr 2019/2020 einen festen Tagesordnungspunkt, der die Evaluation und ggf. Anpassung und Organisationsentwicklung vorsieht.

Anforderungsbereiche zur Leistungsbewertung:

Wir beziehen uns im folgenden auf die drei Anforderungsbereiche gemäß den Vorgaben des Ministeriums (vgl. schulentwicklung.nrw.de):

„Anforderungsbereich I umfasst das Wiedergeben von Sachverhalten und Kenntnissen im gelernten Zusammenhang, die Verständnissicherung sowie das Anwenden und Beschreiben geübter Arbeitstechniken und Verfahren.

Anforderungsbereich II umfasst das selbstständige Auswählen, Anordnen, Verarbeiten, Erklären und Darstellen bekannter Sachverhalte unter vorgegebenen Gesichtspunkten in einem durch Übung bekannten Zusammenhang und das selbstständige Übertragen und Anwenden des Gelernten auf vergleichbare neue Zusammenhänge und Sachverhalte.

Anforderungsbereich III umfasst das Verarbeiten komplexer Sachverhalte mit dem Ziel, zu selbstständigen Lösungen, Gestaltungen oder Deutungen, Folgerungen, Verallgemeinerungen, Begründungen und Wertungen zu gelangen. Dabei wählen die Schülerinnen und Schüler selbstständig geeignete Arbeitstechniken und Verfahren zur Bewältigung der Aufgabe, wenden sie auf eine neue Problemstellung an und reflektieren das eigene Vorgehen.“

Für das Fach Physik gilt, dass die Aufgabenstellungen in schriftlichen und mündlichen Abiturprüfungen alle Anforderungsbereiche berücksichtigen müssen, der Anforderungsbereich II aber den Schwerpunkt bildet.

Das Verhältnis der Anforderungsbereiche I - II - III beträgt in etwa 40% - 50% - 10%. Die Schülerinnen und Schüler werden im Unterricht auf alle drei Anforderungsbereiche vorbereitet.

Als Orientierung für die Schülerinnen und Schüler dienen z.B. folgende Operatoren:

- Messdaten, Einzelergebnisse oder andere Elemente in einem Zusammenhang stellen, ggf. zu einer Gesamtaussage zusammenführen und Schlussfolgerungen ziehen (auswerten).
- Zu Modellen, Sachverhalten und Versuchsaufbauten eine selbstständige Einschätzung unter Verwendung von Fachwissen und Fachmethoden formulieren und begründen (beurteilen und bewerten).

- Planung bzw. Entwicklung von Versuchsaufbauten unter Einbeziehung von Fachwissen und Fachmethoden auch weiterführender Bereiche (entwickeln bzw. planen).
- Aussagen im physikalischen Sinne - ausgehend von Voraussetzungen unter Verwendung von bekannten Sachverhalten und Phänomen und logischen Schlüssen - verifizieren (beweisen bzw. herleiten bzw. begründen).
- Aus einem beispielhaft erkannten Sachverhalt eine erweiterte Aussage formulieren (verallgemeinern).
- Aussagen im physikalischen Sinne unter Verwendung von logischen Schlüssen, ggf. durch ein Gegenbeispiel falsifizieren (widerlegen).
- Den inhaltlichen Kern unter Vernachlässigung unwesentlicher Details wiedergeben (zusammenfassen).

Leistungsbewertungskonzept:

Sekundarstufe I:

Die Grundlagen der Leistungsbewertung im Physikunterricht der Sekundarstufe I beruhen auf den Vorgaben des Schulgesetzes (§ 48 (1) (2)) sowie der APO-SI (§ 6 (1) (2)) als auch den Vorgaben im Kernlehrplan.

Die Leistungsbewertung...

... gibt Aufschluss über den Stand des Lernprozesses der Schülerinnen und Schüler.

... bildet die Grundlage für die weitere Förderung der Schülerinnen und Schüler.

... berücksichtigt im Sinne der Orientierung an Standards die im Unterricht vermittelten konzept- und prozessbezogenen Kompetenzen gleichermaßen.

Durch genaue Beobachtung lässt sich die Entwicklung von konzept- und prozessbezogenen Kompetenzen bei unseren Schülerinnen und Schülern feststellen. Dafür berücksichtigen wir die folgenden vier Aspekte:

- 1) Mündliche Beiträge
- 2) Experimentieren
- 3) Schriftliche Beiträge
- 4) Überprüfungen

Auf der nächsten Seite folgen weitere Erläuterungen zu diesen vier Aspekten.

1) Mündliche Beiträge: <ul style="list-style-type: none">- Verwendung einer korrekten (Allgemein- und) Fachsprache- Qualitatives und quantitatives Beschreiben von Sachverhalten und Zusammenhängen (auch unter Berücksichtigung der Mathematik)- Hypothesenbildung- Präsentation von Ergebnissen von Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit- Vortragen von Referaten (ggf. auch als PowerPoint-Präsentation)
2) Experimente: <ul style="list-style-type: none">- Einhaltung der Sicherheitsregeln- Pfleglicher Umgang mit den Experimentiergeräten- Geschick bei Experimentaufbau (nach Anweisung) und Messung- Sorgfalt und Genauigkeit beim Messen bzw. Experimentieren- Versuchsergebnisse angemessen protokollieren und auswerten- Selbstständiges Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten
3) Schriftliche Beiträge: <ul style="list-style-type: none">- Vollständige, korrekt sortierte und saubere Heftführung- Versuchsprotokolle (vgl. 2))- Korrekter Umgang mit Formeln und Mathematik zur Lösung physikalischer Probleme und Aufgaben- Erstellung von Mindmaps
4) Überprüfungen: <ul style="list-style-type: none">- Wiederholungsphasen zu Beginn der Stunde und ggf. bei Anschlussstellen im Unterricht- Schriftliche Tests über den Inhalt der letzten drei Unterrichtsstunden (werden in der Regel vorher angekündigt)- Schriftliche Hausaufgabenüberprüfung (werden in der Regel vorher angekündigt)

Es wird in der Regel darauf geachtet, dass Phasen der Erkenntnisgewinnung und Phasen der Überprüfung erworbener Kompetenzen deutlich voneinander getrennt sind und den Schülern diese Trennung auch bewusst ist.

Das Hauptaugenmerk bei der Leistungsbewertung in der Sekundarstufe I liegt auf der mündliche Beteiligung und dem Experimentieren. Die schriftlichen Beiträge und Überprüfungen dienen dazu, das Leistungsbild zu vervollständigen.

Im Bezug auf die **Leistungsbewertung des „Unterrichtsgesprächs“** gehen wir **in beiden Sekundarstufen** wie folgt vor:

	Regelmäßige Mitarbeit in wünschenswertem Umfang	Gelegentliche Wortmeldungen	Beiträge nur nach Aufforderung des Lehrers	Wenig Teilnahme am Unterricht
Richtige und weiterführende Beiträge „am richtigen Platz“	1 1- 1 - 2	2+ 2	2- 2 - 3	3+ 3
Beiträge oft richtig und förderlich für den Unterricht	2+ 2	2- 2 - 3	3+ 3 3-	3 - 4 4+
Beiträge nur teilweise richtig bzw. förderlich	3+ 3	3- 3 - 4	4+	4
Falsch oder unpassende Beiträge	4-	4 - 5 5+	5 5-	5 - 6 6

Sekundarstufe II:

Die Grundlagen der Leistungsbewertung im Physikunterricht der Sekundarstufe II beruhen auf den Vorgaben im Schulgesetz, der APO-GOST und den Vorgaben in den Richtlinien und Lehrplänen. Nach § 48 des Schulgesetzes soll die Leistungsbewertung über den Stand des Lernprozesses der Schülerinnen und Schüler Aufschluss geben; sie soll auch Grundlage für die weitere Förderung der Schülerinnen und Schüler sein.

Die Leistungsbewertung bezieht sich auf die im Unterricht vermittelten konzept- und prozessbezogenen Kompetenzen.

Die Kursabschlussnote ergibt sich aus den Leistungen im Bereich „Klausuren“ (jeweils zwei im Halbjahr) und „Sonstige Mitarbeit“.

Die Kursabschlussnote wird nach APO-GOST §13 gleichwertig aus den Endnoten der beiden Beurteilungsbereiche gebildet. Dabei ist die Entwicklung der Schülerinnen und Schülers Halbjahr zu berücksichtigen. Bei Kursen ohne Klausur ist die Endnote im Beurteilungsbereich „Sonstige Mitarbeit“ die Kursabschlussnote.

Kriterien zur Bewertung der sonstigen Mitarbeit in der Sekundarstufe II

Note 1

- Kontinuierlich engagierte Mitarbeit im Unterricht
- Souveräne Verwendung der zur Verfügung stehenden (fach-) sprachlichen, mathematischen und experimentellen Mittel
- Stets sichere Erfassung und Benennung von Inhalten sowie deren Kontexteinbettung
- Beitrag von eigenen den Unterricht weiterführenden Impulsen in besonderem Maße
- Stets sehr gute Vorbereitung auf den Unterricht (Hausaufgaben, Materialien, Inhalte der vorangegangenen Unterrichtsstunden präsent haben...)

Note 2

- Meist engagierte Mitarbeit im Unterricht
- Sichere Verwendung der zur Verfügung stehenden (fach-) sprachlichen, mathematischen und experimentellen Mittel
- Sichere Erfassung und Benennung von Inhalten sowie deren Kontexteinbettung

- Beitrag von eigenen den Unterricht weiterführenden Impulsen
- Stets gute Vorbereitung auf den Unterricht (Hausaufgaben, Materialien, Inhalte der vorangegangenen Unterrichtsstunden...)

Note 3

- Regelmäßige Mitarbeit im Unterricht
- Weitgehend korrekte Verwendung der zur Verfügung stehenden (fach-) sprachlichen, mathematischen und experimentellen Mittel
- In der Regel Erfassung und Benennung von Inhalten sowie deren Kontexteinbettung
- Gelegentlicher Beitrag von eigenen den Unterricht weiterführenden Impulsen
- Meist gute Vorbereitung auf den Unterricht (Hausaufgaben, Materialien, Inhalte der vorangegangenen Unterrichtsstunden...)

Note 4

- Gelegentliche Mitarbeit im Unterricht
- Teilweise korrekte Verwendung der zur Verfügung stehenden (fach-) sprachlichen, mathematischen und experimentellen Mittel
- Grobe Erfassung und Benennung von Inhalten sowie deren Kontexteinbettung
- Vereinzelter Beitrag von eigenen den Unterricht weiterführenden Impulsen
- Nur teilweise / gelegentliche Vorbereitung auf den Unterricht (Hausaufgaben, Materialien, Inhalte der vorangegangenen Unterrichtsstunden...)

Note 5

- Auch nach Aufforderung nur geringe Mitarbeit im Unterricht
- Ansatzweise Verwendung der zur Verfügung stehenden (fach-) sprachlichen, mathematischen und experimentellen Mittel
- Inhalte werden kaum erfasst oder benannt
- Eigenen (den Unterricht weiterführende) Impulse kaum vorhanden / selten
- Nur vereinzelt Vorbereitung auf den Unterricht (Hausaufgaben, Materialien, Inhalte der vorangegangenen Unterrichtsstunden...)

Note 6

- Auch nach Aufforderung keine Mitarbeit im Unterricht

- Kaum vorhandene (fach-) sprachlichen, mathematischen und experimentellen Mittel
- Keine Erfassung und Benennung von Inhalten
- Eigenen (den Unterricht weiterführende) Impulse fehlen
- Keine Vorbereitung auf den Unterricht (Hausaufgaben, Materialien, Inhalte der vorangegangenen Unterrichtsstunden...)

Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder	Basiskonzepte / Kompetenzentwicklung	Absprachen
Jahrgangsstufen 7 bis 10			
	Inhaltsfeld 5: Optische Instrumente	<p>Beiträge zu den Basiskonzepten</p> <p>Energie: Durch Licht wird Energie transportiert. Struktur der Materie:</p> <p>Die Reflexion, Absorption und Brechung von Licht ist materialspezifisch.</p> <p>Wechselwirkung: Licht wird an Grenzflächen reflektiert, absorbiert und/oder bei Transmission gebrochen.</p> <p>System: Systeme aus Linsen erzeugen je nach Anordnung unterschiedliche</p> <p>Abbildungen.</p>	
Mit optischen Instrumenten „Unsichtbares“ sichtbar gemacht	Spiegelungen: Reflexionsgesetz, Bildentstehung am Planspiegel	die Eigenschaften und die Entstehung des Spiegelbildes mithilfe des Reflexionsgesetzes und der geradlinigen Ausbreitung des Lichts erklären (UF1, E6),	Experimente: Reflexion an glatten Oberflächen (virtuelle Kerzenflamme), Reflexion am ebenen Spiegel
Lichtleiter in Medizin und Technik Die ganz großen Sehhilfen: Teleskope und Spektrometer	Lichtbrechung: Brechung an Grenzflächen, Totalreflexion, Lichtleiter, Bildentstehung bei Sammellinsen, Auge und optischen Instrumenten	<p>die Abhängigkeit der Brechung bzw. Totalreflexion des Lichts von den Parametern Einfallswinkel und optische Dichte qualitativ erläutern (UF1, UF2, E5, E6),</p> <p>die Funktion von Linsen für die Bilderzeugung im Auge und für den Aufbau einfacher optischer Systeme beschreiben (UF2, UF4, K3),</p> <p>die Funktionsweise von Endoskop und Glasfaserkabel mithilfe der Totalreflexion erklären (UF1, UF2, UF4, K3),</p>	<p>Themen: Fernrohr, Mikroskop, kopernikanische Wende, Endoskopkamera</p> <p>Experimente: Brechung an Linse, Bildentstehung an Linsen (virtuell und reell)</p>

Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder	Basiskonzepte / Kompetenzentwicklung	Absprachen
		<p>anhand einfacher Handexperimente die charakteristischen Eigenschaften verschiedener Linsentypen bestimmen (E2, E5),</p> <p>für Versuche zu optischen Abbildungen geeignete Linsen auswählen und diese sachgerecht anordnen und kombinieren (E4, E1)</p> <p>unter Verwendung eines Lichtstrahlmodells die Bildentstehung bei Sammellinsen sowie den Einfluss der Veränderung von Parametern mittels digitaler Werkzeuge erläutern (Geometrie-Software, Simulationen) (E4, E5, UF3, UF1),</p> <p>Gefahren beim Experimentieren mit intensiven Lichtquellen (Sonnenlicht, Laserstrahlung) einschätzen und Schutzmaßnahmen vornehmen (B1, B2),</p> <p>optische Geräte hinsichtlich ihres Nutzens für sich selbst, für die Forschung und für die Gesellschaft beurteilen (B1, B4, K2, E7)</p>	
Die Welt der Farben	Licht und Farben: Spektralzerlegung, Absorption, Farbmischung	<p>die Entstehung eines Spektrums durch die Farbzerlegung von Licht am Prisma darstellen und infrarotes, sichtbares und ultraviolettes Licht einem Spektralbereich zuordnen (UF1, UF3, UF4, K3),</p> <p>digitale Farbmodelle (RGB, CMYK) mithilfe der Farbmischung von Licht erläutern und diese zur Erzeugung von digitalen Produkten verwenden (E6, E4, E5, UF1).</p>	<p>Farbenlehre: Absprache mit Fachschaft Kunst</p> <p>Experimente: Bau eines Handspektroskops (CD)</p>
	Inhaltsfeld 6: Sterne und Weltall	Beiträge zu den Basiskonzepten	

Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder	Basiskonzepte / Kompetenzentwicklung	Absprachen
		<p>Energie:</p> <p>Sterne setzen im Laufe ihrer Entwicklung Energie frei.</p> <p>Struktur der Materie:</p> <p>Mithilfe von Spektren lassen sich Informationen über die Zusammensetzung von Sternen gewinnen.</p> <p>Wechselwirkung:</p> <p>Die Gravitation ist die wesentliche Wechselwirkung zwischen Himmelskörpern.</p> <p>System:</p> <p>Unser Sonnensystem besteht aus verschiedenen Körpern, die sich gegenseitig beeinflussen.</p>	
<p>Beobachtbare Bewegungen im Sonnensystem</p>	<p>Sonnensystem: Mondphasen, Mond- und Sonnenfinsternisse, Jahreszeiten,</p> <p>Planeten</p> <p>Universum: Himmelsobjekte, Sternentwicklung</p>	<p>den Aufbau des Sonnensystems sowie wesentliche Eigenschaften der Himmelsobjekte Sterne, Planeten, Monde und Kometen, erläutern (UF1, UF3),</p> <p>die Bedeutung der Erfindung des Fernrohrs für die Entwicklung des Weltbildes und der Astronomie erläutern (E7, UF1),</p> <p>den Wechsel der Jahreszeiten als Folge der Neigung der Erdachse erklären (UF1),</p> <p>den Ablauf und die Entstehung von Mondphasen sowie von Sonnen- und Mondfinsternissen modellhaft erklären (E2, E6, UF1, UF3, K3),</p>	<p>Absprache mit Fachschaft Erdkunde</p> <p>Experimente: Erde-Mond-Sonne-Modell</p> <p>Kurzfilm über ISS / Ort der ISS: http://www.lizard-tail.com/isana/tracking/</p> <p>Interview und Film A. Gerst</p>

Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder	Basiskonzepte / Kompetenzentwicklung	Absprachen
		<p>mithilfe von Beispielen Auswirkungen der Gravitation sowie das Phänomen der Schwerelosigkeit erläutern (UF1, UF4).</p> <p>auf der Grundlage von Informationen zu aktuellen Projekten der Raumfahrt die wissenschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung dieser Projekte nach ausgewählten Kriterien beurteilen (B1, B3, K2).</p> <p>mit dem Maß Lichtjahr Entfernungen im Weltall angeben und vergleichen (UF2),</p> <p>typische Stadien der Sternentwicklung in Grundzügen darstellen (UF1, UF3, UF4, K3),</p> <p>an anschaulichen Beispielen qualitativ demonstrieren, wie Informationen über das Universum gewonnen werden können (Parallaxen, Spektren) (E5, E1, UF1, K3),</p> <p>wissenschaftliche und andere Vorstellungen über die Welt und ihre Entstehung kritisch vergleichen und begründet bewerten (B1, B2, B4, K2, K4),</p> <p>auf der Grundlage von Informationen zu aktuellen Projekten der Raumfahrt die wissenschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung dieser Projekte nach ausgewählten Kriterien beurteilen (B1, B3, K2).</p>	
Werkzeuge und Maschinen erleichtern die Arbeit	<p>IF 7: Bewegung, Kraft, Energie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bewegung (Geschwindigkeit, Beschleunigung) - Kraft als richtungsabhängige (vektorielle) Größe, 	<p>verschiedene Arten von Bewegungen mithilfe der Begriffe Geschwindigkeit und Beschleunigung analysieren und beschreiben (UF1, UF3),</p>	<p>Experimente: Untersuchung des Wechselwirkungsprinzips mit Hilfe von Bürostühlen oder Skateboards, Federwaage, Flaschenzug</p>

Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder	Basiskonzepte / Kompetenzentwicklung	Absprachen
Einfache Maschinen (kleine Kräfte, lange Wege)	<ul style="list-style-type: none"> - Zusammenwirken (Zerlegen und Addieren) von Kräften (Kräfteparallelogramm) - Wechselwirkungsprinzip - Gewichtskraft und Masse - Hebel und Flaschenzug - mechanische Arbeit und Energie - Energieerhaltung 	<p>mittlere und momentane Geschwindigkeiten unterscheiden und Geschwindigkeiten bei gleichförmigen Bewegungen berechnen (UF1, UF2),</p> <p>Kräfte als vektorielle Größen beschreiben und einfache Kräfteadditionen und Kräftezerlegungen grafisch durchführen (UF1, UF2),</p> <p>die Konzepte Kraft und Gegenkraft sowie Kräfte im Gleichgewicht unterscheiden und an Beispielen erläutern (UF3, UF1),</p> <p>die goldene Regel anhand der Kraftwandlung an einfachen Maschinen erläutern (UF1, UF3, UF4),</p> <p>Spannenergie, Bewegungsenergie und Lageenergie sowie andere Energieformen bei physikalischen Vorgängen identifizieren (UF2, UF3),</p> <p>Energieumwandlungsketten aufstellen und daran das Prinzip der Energieerhaltung erläutern (UF1, UF3),</p> <p>mithilfe der Definitionsgleichung für Lageenergie einfache Energieumwandlungsvorgänge berechnen und bilanzieren (UF1, UF3),</p> <p>Leistung formal beschreiben, an Beispielen bestimmen und Leistungswerte mit Werten der eigenen Körperleistung vergleichen (UF2, UF4),</p> <p>Kurvenverläufe in Orts-Zeit-Diagrammen interpretieren (E5, K3),</p> <p>Messdaten zu Bewegungen in einer Tabellenkalkulation mithilfe von Formeln und Berechnungen auswerten</p>	(Seile und Rollen), Hook'sches Gesetz, Outdoorexperiment Hebel (Wippe), Luftkissenbahn (phänomenologisch),

Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder	Basiskonzepte / Kompetenzentwicklung	Absprachen
		<p>sowie gewonnene Daten in sinnvollen, digital erstellten Diagrammformen darstellen (E4, E5, E6, K1),</p> <p>die Umsetzung von Messdaten in eine mathematische Modellierung erläutern und dabei auftretende Konstanten interpretieren (E5, E6, E7),</p> <p>Kräfte identifizieren, die zu einer Änderung des Bewegungszustandes oder einer Verformung von Körpern führen (E2),</p> <p>Messen und Kräfte messen sowie Gewichtskräfte berechnen (E4, E5, UF1, UF2),</p> <p>die goldene Regel der Mechanik mit dem Energieerhaltungssatz begründen (E1, E2, E7, K4),</p> <p>Einsatzmöglichkeiten und den Nutzen von einfachen Maschinen und Werkzeugen zur Bewältigung von praktischen Problemen aus einer physikalischen Sichtweise bewerten (B1, B2, B3),</p> <p>Zugänge zu Gebäuden unter dem Gesichtspunkt Barrierefreiheit beurteilen (B1, B4),</p> <p>Nahrungsmittel auf Grundlage ihres Energiegehalts bedarfsangemessen bewerten (B1, K2, K4).</p>	
<p>Werkzeuge und Maschinen erleichtern die Arbeit</p> <p>- Anwendung der Hydraulik</p>	<p>IF 8: Druck und Auftrieb</p> <p>- Druck</p> <p>- Auftrieb in Flüssigkeiten</p>	<p>unter Verwendung der entsprechenden Definitionen Verfahren zur Bestimmung von Druck und Dichte beschreiben (UF1, E43, E5),</p> <p>den Druck bei unterschiedlichen Flächeneinheiten in der Einheit Pascal angeben (UF1),</p>	<p>Experimente: Carthesischer Taucher (evtl. Konstruktion), Dichtemessungen und Bestimmung des Archimedischen Prinzips</p>

Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder	Basiskonzepte / Kompetenzentwicklung	Absprachen
<p>- Tauchen in Natur und Technik</p>		<p>Auftriebskräfte unter Verwendung des archimedischen Prinzips erklären und berechnen (UF1, UF2, UF4),</p> <p>die Größen Druck und Dichte und ihren Zusammenhang an Beispielen mithilfe des Teilchenmodells veranschaulichen (E6, UF1),</p> <p>den Schweredruck in einer Flüssigkeit in Abhängigkeit von der Tiefe bestimmen (e5, E6, UF2),</p> <p>die Entstehung der Auftriebskraft auf Körper in Flüssigkeiten mithilfe des Schweredrucks erklären und mathematisch beschreiben (E5, E6, UF2),</p> <p>die Nichtlinearität des Luftdrucks in verschiedenen Höhen mithilfe des Teilchenmodells erklären (E6, K4),</p> <p>anhand physikalischer Faktoren begründen, ob ein Körper in einer Flüssigkeit oder einem Gas steigt, sinkt oder schwebt (E3, K4),</p> <p>Angaben von Messdaten von Druckwerten in verschiedenen Alltagssituationen auch unter dem Aspekt der Sicherheit sachgerecht interpretieren und bewerten (B1, B2, B3, K2).</p>	<p>mit Überlaufzylinder und Federkraftmesser, Druckdose</p> <p>Inhalt: Hydraulikanlage</p>
<p>Elektrizität: messen, verstehen, anwenden</p> <p>Elektroinstallationen und Sicherheit im Haus</p> <p>Autoelektrik</p>	<p>IF9: Elektrizität</p> <ul style="list-style-type: none"> - zwei Sorten Ladung - Unterscheidung und Messung von Stromstärke und Spannung - Spannungen und Stromstärken bei Reihen- und Parallelschaltung 	<p>die Funktionsweise eines Elektroskops erläutern (UF1, E5, UF4, K3),</p> <p>die Entstehung einer elektrischen Spannung durch den erforderlichen Energieaufwand bei der Ladungstrennung qualitativ erläutern (UF1, UF2),</p>	<p>Inhalt: Sicherheitsvorrichtungen sofern in NaWi nicht schon behandelt</p> <p>Experimente: Wiederholungen einfache Schaltungen (Reihen-,</p>

Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder	Basiskonzepte / Kompetenzentwicklung	Absprachen
	<ul style="list-style-type: none"> - elektrischer Widerstand, ohmsches Gesetz - elektrische Energie und Leistung - Sicherheitsvorrichtungen 	<p>zwischen der Definition des elektrischen Widerstandes und dem Ohm'schen Gesetz unterscheiden (UF1),</p> <p>die Beziehung von Spannung, Stromstärke und Widerstand in Reihen- und Parallelschaltungen mathematisch beschreiben und an konkreten Beispielen plausibel machen (UF1, UF4, E6),</p> <p>Wirkungen von Elektrizität auf den menschlichen Körper in Abhängigkeit von der Stromstärke und Spannung erläutern (UF1),</p> <p>den prinzipiellen Aufbau einer elektrischen Hausinstallation darstellen (UF1, UF4),</p> <p>die Definitionsgleichungen für elektrische Energie und elektrische Leistung erläutern und auf ihrer Grundlage Berechnungen durchführen (UF1),</p> <p>Energiebedarf und Leistung von elektrischen Haushaltsgeräten ermitteln und die entsprechenden Energiekosten berechnen (UF2, UF4),</p> <p>mithilfe des Feldlinienmodells Wechselwirkungen durch elektrische Felder zwischen geladenen Körpern beschreiben, erklären und vorhersagen (E6, UF1, K4),</p> <p>elektrischen Aufladung und Leitungseigenschaften von Stoffen mithilfe eines einfachen Elektronen-Atomrumpf-Modells erklären (E6),</p> <p>elektrische Quellen und Geräte unter Beachtung der Spannungsangaben aufeinander abstimmen (E2, E4),</p>	<p>Parallel- und Wechselschaltung), Auswirkung des elektrischen Stroms, Bestimmung des Ohm'schen Widerstand R (auch in Abhängigkeit von Drahtlänge, -dicke und -material), Elektroskop, Kirchhoff'sche Gesetze</p>

Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder	Basiskonzepte / Kompetenzentwicklung	Absprachen
		<p>elektrische Schaltungen sachgerecht entwerfen, in Schaltplänen darstellen und anhand von Schaltplänen aufbauen (E4, K1),</p> <p>Spannungen und Stromstärken messen und elektrische Widerstände ermitteln (E2, E5),</p> <p>Versuche zu Einflussgrößen auf den elektrischen Widerstand unter Berücksichtigung des Prinzips der Variablenkontrolle planen und durchführen (E2, E4, E5, K1),</p> <p>Gefahren und Sicherheitsmaßnahmen beim Umgang mit elektrischem Strom und elektrischen Geräten beurteilen (B1, B2, B3, B4),</p> <p>Kaufentscheidungen für elektrische Geräte unter Abwägung physikalischer und außerphysikalischer Kriterien treffen (B1, B3, B4, K2).</p>	
<p>Radioaktivität und Kernenergie: Grundlagen, Anwendungen und Verantwortung</p> <p>Nutzen und Gefahren von Radioaktivität und Kernenergie</p> <p>Strahlendiagnostik und Strahlentherapie</p>	<p>IF 10: Ionisierende Strahlung und Kernenergie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Atomaufbau - Ionisierende Strahlung (Arten, Reichweiten, Zerfallsreihen, Halbwertszeit) - Strahlennutzen - Strahlenschäden und Strahlenschutz - Kernspaltung & -fusion - Kernkraftwerk - Nutzen und Risiken der Kernenergie 	<p>Eigenschaften verschiedener Arten radioaktiver Strahlung und von Röntgenstrahlung beschreiben (UF1, E4),</p> <p>verschiedene Nachweismöglichkeiten ionisierender Strahlung beschreiben und erläutern, auch durch die Ablenkung von Alpha- und Betastrahlung im Magnetfeld (Uf1, UF4, K2, K3),</p> <p>Quellen und die Entstehung von radioaktiver Strahlung beschreiben (UF1),</p>	<p>Filme:</p> <ul style="list-style-type: none"> - BBC: Tschernobyl, Hiroshima - Quarks: Fukushima, Endlagerung Asse <p>Experimente: Ersatzexperiment (Malzbierschaumzerfall) für radioaktiven Zerfall</p>

Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder	Basiskonzepte / Kompetenzentwicklung	Absprachen
Kernkraftwerke und Fusionsreaktoren	- Endlagerung	<p>die Wechselwirkung ionisierender Strahlung mit Materie erläutern sowie Gefährdungen und Schutzmaßnahmen erklären (UF1, UF2, E1),</p> <p>die kontrollierte Kettenreaktion in einem Kernreaktor erläutern sowie den Aufbau und die Sicherheitseinrichtungen von Reaktoren erklären (UF1, UF4, E1, K4),</p> <p>medizinische und technische Anwendungen ionisierender Strahlung sowie zugehörige Berufsfelder darstellen (UF4, E1, K2, K3),</p> <p>die Stärke ionisierender Strahlung messen und dabei den Einfluss der natürlichen Radioaktivität berücksichtigen (E4),</p> <p>den Aufbau von Atomen, Atomkernen und Isotopen sowie Kernspaltung und Kernfusion mit einem passenden Modell beschreiben (E6, UF1),</p> <p>mit stochastischen Prozessen beim radioaktiven Zerfall von Atomkernen das Zerfallsgesetz und die Bedeutung von Halbwertszeiten erklären (E5, E4, E6),</p> <p>die Entwicklung und das Wirken von Forscherinnen und Forschern im Spannungsfeld von Individualität, Wissenschaft, Politik und Gesellschaft darstellen (e7, K2, K3),</p> <p>Daten zu Gefährdungen durch Radioaktivität (Einheiten Sv, Bq) unter Berücksichtigung der Aussagekraft von Grenzwerten beurteilen (B2, B3, B4, E1, K2, K3),</p>	

Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder	Basiskonzepte / Kompetenzentwicklung	Absprachen
		<p>Nutzen und Risiken radioaktiver Strahlung und Röntgenstrahlung auf der Grundlage physikalischer und biologischer Erkenntnisse begründet abwägen (K4, B1, B2, B3),</p> <p>Maßnahmen zum persönlichen Strahlenschutz begründen (B1, B4),</p> <p>Informationen zur Kernenergie-debatte aus digitalen und gedruckten Quellen beurteilen und eine eigene Position zur Nutzung der Kernenergie vertreten (B1, B2, B3, B4, K2, K4).</p>	
<p>Energie - Effiziente Energienutzung: eine wichtige Zukunftsaufgabe der Physik</p> <ul style="list-style-type: none"> - Generatoren in der Lebenswelt der SuS (Fahraddynamo, Windräder) - Erzeugung und Nutzung von Energie im Alltag 	<p>IF 11: Energieversorgung</p> <ul style="list-style-type: none"> - magnetische Wirkung des elektrischen Stroms und kurze Wiederholung Ferromagnetismus - Elektromotor (Aufbau und Wirkungsweise) - Induktion - Generator (Aufbau und Wirkungsweise) - Kraftwerkstechnik - Energieumwandlungsprozesse - Verbrennungsmotoren 	<p>Einflussfaktoren für die Entstehung und Größe einer Induktionsspannung erläutern (UF1, UF3),</p> <p>den Aufbau und die Funktion von Generator und Transformator beschreiben und die Erzeugung und Wandlung von Wechselspannung mithilfe der elektromagnetischen Induktion erklären (UF1),</p> <p>die Energiewandlungen vom Kraftwerk bis zum Haushalt unter Berücksichtigung von Energieentwertungen beschreiben und dabei die Verwendung von Hochspannung zur Übertragung elektrischer Energie in Grundzügen begründen (UF1),</p> <p>an Beispielen aus dem Alltag die technische Anwendung der elektromagnetischen Induktion beschreiben (UF1, UF4),</p>	<p>Inhalte: Strom für zu Hause, Blockheizkraftwerk, Energiesparhaus</p> <p>Experimente: Leiterschaukel im Hufeisenmagnet (Rechte-Hand-Regel und Induktion), Elektromotor, Generator</p>

Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder	Basiskonzepte / Kompetenzentwicklung	Absprachen
		<p>den Aufbau einfacher Elektromotoren anhand von Skizzen beschreiben und ihre Funktion mithilfe der Lorentzkraft erklären (UF1),</p> <p>Beispiele für konventionell und regenerative Energiequellen angeben und diese unter verschiedenen Kriterien vergleichen (UF4, UF1, K2, K3, B1, B2),</p> <p>Probleme der schwankenden Verfügbarkeit von Energie und aktuelle Möglichkeiten zur Energiespeicherung erläutern (UF2, UF3, UF4, E1, K4),</p> <p>magnetische Felder stromdurchflossener Leiter mithilfe von Feldlinien darstellen und die Felder von Spulen mit deren Überlagerung erklären (E6),</p> <p>den Wirkungsgrad eines Energiewandlers berechnen und damit die Qualität des Energiewandlers beurteilen (E4, E5, B1, B2, B4, UF1),</p> <p>Daten zur eigenen Nutzung von Elektrogeräten (u.a. Stromrechnungen, Produktinformationen, Angaben zur Energieeffizienz) auswerten (E1, E4, E5, K2),</p> <p>die Notwendigkeit eines verantwortungsvollen Umgangs mit (elektrischer) Energie argumentativ beurteilen (K4, B3, B4),</p> <p>Vor- und Nachteile erneuerbarer und nicht erneuerbarer Energiequellen mit Bezug zum Klimawandel begründet gegeneinander abwägen und bewerten (b3, B4, K2, K3),</p> <p>im Internet verfügbare Informationen und Daten zur Energieversorgung sowie ihre Quellen und</p>	

Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder	Basiskonzepte / Kompetenzentwicklung	Absprachen
		dahinterliegende mögliche Strategien kritisch bewerten (B1, B2, B3, B4, K2).	

Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase (ca. 80 Stunden)			
Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Absprachen
Physik in Sport und Verkehr I <i>Wie lassen sich Bewegungen beschreiben, vermessen und analysieren?</i> ca. 25 Ustd.	Grundlagen der Mechanik <ul style="list-style-type: none"> Kinematik: gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegung; freier Fall; waagerechter Wurf; vektorielle Größen 	<ul style="list-style-type: none"> erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4), unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrunde liegende Ursachen auch am waagerechten Wurf (S2, S3, S7), stellen Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition dar (S1, S7, K7), planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Bewegungen (E5, S5), interpretieren die Messdatenauswertung von Bewegungen unter qualitativer Berücksichtigung 	Fahrbahnversuche Freier Fall: Experiment mit Luftballon und akustischer Stoppuhr

		<p>von Messunsicherheiten (E7, S6, K9),</p> <ul style="list-style-type: none">• ermitteln anhand von Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E6, E4, S6, K6),• bestimmen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen mithilfe mathematischer Verfahren und digitaler Werkzeuge (E4, S7). (MKR 1.2)• beurteilen die Güte digitaler Messungen von Bewegungsvorgängen mithilfe geeigneter Kriterien (B4, B5, E7, K7), (MKR 1.2, 2.3)	
--	--	---	--

<p>Physik in Sport und Verkehr II</p> <p><i>Wie lassen sich Ursachen von Bewegungen erklären?</i></p> <p>ca. 15 Ustd.</p>	<p>Grundlagen der Mechanik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dynamik: Newton'sche Gesetze; beschleunigende Kräfte; Kräftegleichgewicht; Reibungskräfte 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4), • analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, K7), • stellen Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition dar (S1, S7, K7), • erklären mithilfe von Erhaltungssätzen sowie den Newton'schen Gesetzen Bewegungen (S1, E2, K4), • erläutern qualitativ die Auswirkungen von Reibungskräften bei realen Bewegungen (S1, S2, K4). • untersuchen Bewegungen mithilfe von Erhaltungssätzen sowie des Newton'schen Kraftgesetzes (E4, K4), • begründen die Auswahl relevanter Größen bei der Analyse von Bewegungen (E3, E8, S5, K4), 	<p>Hammerwurf als Kombination von Kreisbewegung und schrägem Wurf</p> <p>Untersuchung von Golfschlägen und Golfschlägern</p>
--	---	---	--

<p>Superhelden und Crashtests - Erhaltungssätze in verschiedenen Situationen</p> <p><i>Wie lassen sich mit Erhaltungssätzen Bewegungsvorgänge vorhersagen und analysieren?</i></p> <p>ca. 12 Ustd.</p>	<p>Grundlagen der Mechanik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erhaltungssätze: Impuls; Energie (Lage-, Bewegungs- und Spannenergie); Energiebilanzen; Stoßvorgänge 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4), • beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Impuls- und Energieübertragung (S1, S2, K3), • analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, K7), • erklären mithilfe von Erhaltungssätzen sowie den Newton'schen Gesetzen Bewegungen (S1, E2, K4), • untersuchen Bewegungen mithilfe von Erhaltungssätzen sowie des Newton'schen Kraftgesetzes (E4, K4), • begründen die Auswahl relevanter Größen bei der Analyse von Bewegungen (E3, E8, S5, K4), • bewerten Ansätze aktueller und zukünftiger Mobilitätsentwicklung unter den Aspekten Sicherheit und mechanischer Energiebilanz (B6, K1, K5), (VB D Z 3) • bewerten die Darstellung bekannter vorrangig mechanischer Phänomene in verschiedenen Medien bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (B1, B2, K2, K8). (MKR 2.2, 2.3) 	<p>Versuche mit der Luftkissenfahrbahn</p>
---	--	---	--

<p>Bewegungen im Weltraum</p> <p><i>Wie bewegen sich die Planeten im Sonnensystem?</i></p> <p><i>Wie lassen sich aus (himmlischen) Beobachtungen Gesetze ableiten?</i></p> <p>ca. 20 Ustd.</p>	<p>Kreisbewegung, Gravitation und physikalische Weltbilder</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kreisbewegung: gleichförmige Kreisbewegung, Zentripetalkraft • Gravitation: Schwerkraft, Newton'sches Gravitationsgesetz, Kepler'sche Gesetze, Gravitationsfeld • Wandel physikalischer Weltbilder: geo- und heliozentrische Weltbilder; Grundprinzipien der speziellen Relativitätstheorie, Zeitdilatation 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern auch quantitativ die kinematischen Größen der gleichförmigen Kreisbewegung Radius, Drehwinkel, Umlaufzeit, Umlauffrequenz, Bahngeschwindigkeit, Winkelgeschwindigkeit und Zentripetalbeschleunigung sowie deren Beziehungen zueinander an Beispielen (S1, S7, K4), • beschreiben quantitativ die bei einer gleichförmigen Kreisbewegung wirkende Zentripetalkraft in Abhängigkeit der Beschreibungsgrößen dieser Bewegung (S1, K3), • erläutern die Abhängigkeiten der Massenanziehungskraft zweier Körper anhand des Newton'schen Gravitationsgesetzes im Rahmen des Feldkonzepts (S2, S3, K4), • erläutern die Bedeutung von Bezugssystemen bei der Beschreibung von Bewegungen (S2, S3, K4), • interpretieren Messergebnisse aus Experimenten zur quantitativen Untersuchung der Zentripetalkraft (E4, E6, S6, K9), • deuten eine vereinfachte Darstellung des Cavendish-Experiments qualitativ als direkten Nachweis der allgemeinen Massenanziehung (E3, E6), • ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Newton'schen Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E4, E8), 	<p>Experimente mit Phyfox z.B. zur Messung der Zentripetalbeschleunigung (z.B. auf dem Spielplatz)</p>
<p>Weltbilder in der Physik</p> <p><i>Revolutioniert die Physik unsere Sicht auf die Welt?</i></p>	<p>Kreisbewegung, Gravitation und physikalische Weltbilder</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wandel physikalischer Weltbilder: geo- und heliozentrische Weltbilder; Grundprinzipien der speziellen 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen Änderungen bei der Beschreibung von Bewegungen der Himmelskörper beim Übergang vom geozentrischen Weltbild zu modernen physikalischen Weltbildern auf der Basis zentraler astronomischer Beobachtungsergebnisse dar (S2, K1, K3, K10), • erläutern die Bedeutung der Invarianz der 	<p>Film „100 Sekunden Physik“ zur Zeitdilatation und Längenkontraktion</p>

ca. 8 Ustd.	Relativitätstheorie, Zeitdilatation	<p>Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (S2, S3, K4),</p> <ul style="list-style-type: none">• erläutern die Bedeutung von Bezugssystemen bei der Beschreibung von Bewegungen (S2, S3, K4),• erklären mit dem Gedankenexperiment der Lichtuhr unter Verwendung grundlegender Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie das Phänomen der Zeitdilatation zwischen bewegten Bezugssystemen qualitativ und quantitativ (S3, S5, S7).• ziehen das Ergebnis des Gedankenexperiments der Lichtuhr zur Widerlegung der absoluten Zeit heran (E9, E11, K9, B1).• ordnen die Bedeutung des Wandels vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild für die Emanzipation der Naturwissenschaften von der Religion ein (B8, K3),• beurteilen Informationen zu verschiedenen Weltbildern und deren Darstellungen aus unterschiedlichen Quellen hinsichtlich ihrer Vertrauenswürdigkeit und Relevanz (B2, K9, K10) (MKR 5.2)	
-------------	--	---	--

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase - Grundkurs (ca. 242 Stunden)			
Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Absprachen
<p>Periodische Vorgänge in alltäglichen Situationen</p> <p><i>Wie lassen sich zeitlich und räumlich periodische Vorgänge am Beispiel von harmonischen Schwingungen sowie mechanischen Wellen beschreiben und erklären?</i></p> <p>ca. 10 Ustd.</p>	<p>Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern</p> <ul style="list-style-type: none"> Klassische Wellen: Federpendel, mechanische harmonische Schwingungen und Wellen; Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Superposition und Polarisierung von Wellen 	<ul style="list-style-type: none"> erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen, deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit sowie deren Zusammenhänge (S1, S3), erläutern am Beispiel des Federpendels Energieumwandlungen harmonischer Schwingungen (S1, S2, K4), erklären mithilfe der Superposition stehende Wellen (S1, E6, K3), erläutern die lineare Polarisierung als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8), konzipieren Experimente zur Abhängigkeit der Periodendauer von Einflussgrößen beim Federpendel und werten diese unter Anwendung digitaler Werkzeuge aus (E6, S4, K6), (MKR 1.2) beurteilen Maßnahmen zur Störgeräuschreduzierung hinsichtlich deren Eignung (B7, K1, K5). (VB B Z1) 	<p>Animierte Simulationen bei Leifiphysik zu Wellen</p> <p>Experimente an der Wasserwellenwanne</p>
<p>Beugung und Interferenz von Wellen - ein neues Lichtmodell</p>	<p>Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern</p> <ul style="list-style-type: none"> Klassische Wellen: Federpendel, mechanische 	<ul style="list-style-type: none"> erläutern mithilfe der <i>Wellenwanne</i> qualitativ auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz (S1, E4, K6), 	<p>s.o.</p>

<p>Wie kann man Ausbreitungsphänomene von Licht beschreiben und erklären?</p> <p>ca. 18 Ustd.</p>	<p>harmonische Schwingungen und Wellen; Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Superposition und Polarisation von Wellen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die lineare Polarisation als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8), • weisen anhand des Interferenzmusters bei <i>Doppelspalt- und Gitterversuchen</i> mit mono- und polychromatischem Licht die Wellennatur des Lichts nach und bestimmen daraus Wellenlängen (E7, E8, K4). 	
<p>Erforschung des Elektrons</p> <p>Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?</p> <p>ca. 26 Ustd.</p>	<p>Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teilchen in Feldern: elektrische und magnetische Felder; elektrische Feldstärke, elektrische Spannung; magnetische Flussdichte; Bahnformen von geladenen Teilchen in homogenen Feldern 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern sowie magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6), • beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte (S2, S3, E6), • erläutern am Beispiel des Plattenkondensators den Zusammenhang zwischen elektrischer Spannung und elektrischer Feldstärke im homogenen elektrischen Feld (S3) • berechnen Geschwindigkeitsänderungen von Ladungsträgern nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (S1, S3, K3), • erläutern am <i>Fadenstrahlrohr</i> die Erzeugung freier Elektronen durch den glühelektrischen Effekt, deren Beschleunigung beim Durchlaufen eines elektrischen Felds sowie deren Ablenkung im homogenen magnetischen Feld durch die Lorentzkraft (S4, S6, E6, K5), • entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzips elektrische und magnetische Feldlinienbilder (E4, 	<p>Elektronenablenkröhre</p> <p>ggf. Stromwaage</p> <p>Fadenstrahlrohr</p> <p>Massenspektrometer in der Theorie</p>

		<p>E6),</p> <ul style="list-style-type: none"> • modellieren mathematisch die Beobachtungen am <i>Fadenstrahlrohr</i> und ermitteln aus den Messergebnissen die Elektronenmasse (E4, E9, K7), • erläutern Experimente zur Variation elektrischer Einflussgrößen und deren Auswirkungen auf die Bahnformen von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern (E2, K4), • schließen aus der statistischen Auswertung einer vereinfachten Version des <i>Millikan-Versuchs</i> auf die Existenz einer kleinsten Ladung (E3, E11, K8), • wenden eine Messmethode zur Bestimmung der magnetischen Flussdichte an (E3, K6), • erschließen sich die Funktionsweise des <i>Zyklotrons</i> auch mithilfe von Simulationen (E1, E10, S1, K1), • beurteilen die Schutzwirkung des Erdmagnetfeldes gegen den Strom geladener Teilchen aus dem Weltall 	
<p>Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren</p> <p><i>Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?</i></p> <p>ca. 18 Ustd.</p>	<p>Elektrodynamik und Energieübertragung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektrodynamik: magnetischer Fluss, elektromagnetische Induktion, Induktionsgesetz; Wechselfeld; Auf- und Entladevorgang am Kondensator • Energieübertragung: Generator, Transformator; elektromagnetische Schwingung 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern das Auftreten von Induktionsspannungen am Beispiel der <i>Leiterschaukel</i> durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (S3, S4, K4), • führen Induktionserscheinungen bei einer Leiterschleife auf die zeitliche Änderung der magnetischen Flussdichte oder die zeitliche Änderung der durchsetzten Fläche zurück (S1, S2, K4), • beschreiben das Induktionsgesetz mit der mittleren Änderungsrate und in differentieller Form des magnetischen Flusses (S7), • untersuchen die gezielte Veränderung elektrischer Spannungen und Stromstärken durch 	<p>Ggf. Exp. Stromwaage</p>

		<p><i>Transformatoren</i> mithilfe angeleiteter Experimente als Beispiel für die technische Anwendung der Induktion (S1, S4, E6, K8),</p> <ul style="list-style-type: none">• erklären am physikalischen <i>Modellexperiment zu Freileitungen</i> technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie (S1, S3, K8),• interpretieren die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. <i>Messwerterfassungssystem</i> aufgenommenen Daten bei elektromagnetischen Induktions- und Schwingungsversuchen unter Rückbezug auf die experimentellen Parameter (E6, E7, K9),• modellieren mathematisch das Entstehen von Induktionsspannungen für die beiden Spezialfälle einer zeitlich konstanten Fläche und einer zeitlich konstanten magnetischen Flussdichte (E4, E6, K7),• erklären das Entstehen von sinusförmigen Wechselspannungen in <i>Generatoren</i> mithilfe des Induktionsgesetzes (E6, E10, K3, K4),• stellen Hypothesen zum Verhalten des Rings beim <i>Thomson'schen Ringversuch</i> bei Zunahme und Abnahme des magnetischen Flusses im Ring auf und erklären diese mithilfe des Induktionsgesetzes (E2, E9, S3, K4, K8),• beurteilen ausgewählte Beispiele zur Energiebereitstellung und -umwandlung unter technischen und ökologischen Aspekten (B3, B6, K8, K10), (VB ÜB Z2)• beurteilen das Potential der Energierückgewinnung auf der Basis von Induktionsphänomenen bei elektrischen Antriebssystemen (B7, K2).	
--	--	--	--

<p>Anwendungsbereiche des Kondensators</p> <p>Wie kann man Energie in elektrischen Systemen speichern?</p> <p>Wie kann man elektrische Schwingungen erzeugen?</p> <p>ca. 15 UStd.</p>	<p>Elektrodynamik und Energieübertragung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektrodynamik: magnetischer Fluss, elektromagnetische Induktion, Induktionsgesetz; Wechselfeld; Auf- und Entladevorgang am Kondensator • Energieübertragung: Generator, Transformator; elektromagnetische Schwingung 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben die Kapazität als Kenngröße eines Kondensators und bestimmen diese für den Spezialfall des Plattenkondensators in Abhängigkeit seiner geometrischen Daten (S1, S3), • erläutern qualitativ die bei einer elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (S1, S4, E4), • untersuchen den Auf- und Entladevorgang bei Kondensatoren unter Anleitung experimentell (S4, S6, K6), • modellieren mathematisch den zeitlichen Verlauf der Stromstärke bei Auf- und Entladevorgängen bei Kondensatoren (E4, E6, S7), • interpretieren den Flächeninhalt zwischen Graph und Abszissenachse im Q-U-Diagramm als Energiegehalt des Plattenkondensators (E6, K8), • beurteilen den Einsatz des Kondensators als Energiespeicher in ausgewählten alltäglichen Situationen (B3, B4, K9). 	
<p>Photonen und Elektronen als Quantenobjekte</p> <p>Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?</p> <p>ca. 18 UStd.</p>	<p>Quantenobjekte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teilchenaspekte von Photonen: Energiequantelung von Licht, Photoeffekt • Wellenaspekt von Elektronen: De-Broglie-Wellenlänge, Interferenz von Elektronen am Doppelspalt • Photon und Elektron als Quantenobjekte: Wellen- und Teilchenmodell, Kopenhagener Deutung 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern anhand eines Experiments zum Photoeffekt den Quantencharakter von Licht (S1, E9, K3), • stellen die Lichtquanten- und De-Broglie-Hypothese sowie deren Unterschied zur klassischen Betrachtungsweise dar (S1, S2, E8, K4), • wenden die De-Broglie-Hypothese an, um das Beugungsbild beim Doppelspaltversuch mit Elektronen quantitativ zu erklären (S1, S5, E6, K9), • erläutern die Determiniertheit der Zufallsverteilung der diskreten Energieabgabe beim Doppelspaltexperiment mit stark intensitätsreduziertem Licht (S3, E6, K3), 	<p>Röntgenröhre, Röntgenspektrum, Elektronenbeugungsröhre online z.B. bei „HUI-Physik“</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • berechnen Energie und Impuls über Frequenz und Wellenlänge für Quantenobjekte (S3), • erklären an geeigneten Darstellungen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte (S1, K3), • erläutern bei Quantenobjekten die „Welcher-Weg“-Information als Bedingung für das Auftreten oder Ausbleiben eines Interferenzmusters in einem Interferenzexperiment (S2, K4), • leiten anhand eines <i>Experiments zum Photoeffekt</i> den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen ab (E6, S6), • untersuchen mithilfe von Simulationen das Verhalten von Quantenobjekten am Doppelspalt (E4, E8, K6, K7), (MKR 1.2) • beurteilen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen (E9, E11, K8), • erläutern die Problematik der Übertragbarkeit von Begriffen aus der Anschauungswelt auf Quantenobjekte (B1, K8), • stellen die Kontroverse um den Realitätsbegriff der Kopenhagener Deutung dar (B8, K9), • beschreiben anhand quantenphysikalischer Betrachtungen die Grenzen der physikalischen Erkenntnisfähigkeit (B8, E11, K8). 	
Mensch und Strahlung - Chancen und Risiken ionisierender	Strahlung und Materie <ul style="list-style-type: none"> • Strahlung: Spektrum der elektromagnetischen Strahlung; ionisierende Strahlung, Geiger-Müller-Zählrohr, biologische 	<ul style="list-style-type: none"> • erklären die Entstehung von <i>Bremsstrahlung</i> und <i>charakteristischer Röntgenstrahlung</i> (S3, E6, K4), • unterscheiden Alpha-, Beta- und Gammastrahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1), 	Röntgenröhre, Röntgenspektrum online z.B. bei „HUI-Physik“

<p>Strahlung</p> <p>Wie wirkt ionisierende Strahlung auf den menschlichen Körper?</p> <p>ca. 12 Ustd.</p>	<p>Wirkungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ordnen verschiedene Frequenzbereiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6), • erläutern den Aufbau und die Funktionsweise des <i>Geiger-Müller-Zählrohrs</i> als Nachweisgerät für ionisierende Strahlung (S4, S5, K8), • untersuchen experimentell anhand der Zählraten bei <i>Absorptionsexperimenten</i> unterschiedliche Arten ionisierender Strahlung (E3, E5, S4, S5), • begründen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, K3), • quantifizieren mit der Größe der effektiven Dosis die Wirkung ionisierender Strahlung und bewerten daraus abgeleitete Strahlenschutzmaßnahmen (E8, S3, B2). • bewerten die Bedeutung hochenergetischer Strahlung hinsichtlich der Gesundheitsgefährdung sowie ihres Nutzens bei medizinischer Diagnose und Therapie (B5, B6, K1, K10). (VB B Z3). 	
<p>Erforschung des Mikro- und Makrokosmos</p> <p>Wie lassen sich aus Spektralanalysen Rückschlüsse auf die Struktur von Atomen ziehen?</p> <p>ca. 19 Ustd.</p>	<p>Strahlung und Materie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atomphysik: Linienspektrum, Energieniveauschema, Kern-Hülle-Modell, Röntgenstrahlung 	<ul style="list-style-type: none"> • erklären die Energie emittierter und absorbierter Photonen am Beispiel von Linienspektren leuchtender Gase und Fraunhofer'scher Linien mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (S1, S3, E6, K4), • beschreiben die Energiewerte für das Wasserstoffatom mithilfe eines quantenphysikalischen Atommodells (S2), • interpretieren die Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron (S2, K8), • erklären die Entstehung von <i>Bremsstrahlung</i> und 	<p>Experiments mit Gasentladungslampe oder LED oder Flammenfärbung ...</p>

		<p><i>charakteristischer Röntgenstrahlung (S3, E6, K4),</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • interpretieren die Bedeutung von <i>Flammenfärbung</i> und <i>Linienspektren</i> bzw. <i>Spektralanalyse</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E6, E10), • interpretieren die Messergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuchs</i> (E6, E8, K8), • erklären das <i>charakteristische Röntgenspektrum</i> mit den Energieniveaus der Atomhülle (E6), • identifizieren vorhandene Stoffe in der Sonnen- und Erdatmosphäre anhand von Spektraltafeln des <i>Sonnenspektrums</i> (E3, E6, K1), • stellen an der historischen Entwicklung der Atommodelle die spezifischen Eigenschaften und Grenzen naturwissenschaftlicher Modelle heraus (B8, E9). 	
<p>Massendefekt und Kernumwandlungen</p> <p><i>Wie lassen sich energetische Bilanzen bei Umwandlungs- und Zerfallsprozessen quantifizieren?</i></p> <p><i>Wie entsteht ionisierende Strahlung?</i></p> <p>ca. 16 Ustd.</p>	<p>Strahlung und Materie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kernphysik: Nukleonen; Zerfallsprozesse und Kernumwandlungen, Kernspaltung und -fusion 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern den Begriff der Radioaktivität und zugehörige Kernumwandlungsprozesse auch mithilfe der Nuklidkarte (S1, S2), • wenden das zeitliche Zerfallsgesetz für den radioaktiven Zerfall an (S5, S6, K6), • erläutern qualitativ den Aufbau eines Atomkerns aus Nukleonen, den Aufbau der Nukleonen aus Quarks sowie die Rolle der starken Wechselwirkung für die Stabilität des Kerns (S1, S2), • erläutern qualitativ anhand der Beta-Umwandlung die Entstehung der Neutrinos mithilfe der schwachen Wechselwirkung und ihrer Austauschteilchen (S1, S2, K4), • erklären anhand des Zusammenhangs $E = m c^2$ die 	<p>Wiederholung aus der Mittelstufe und ggf. Aufarbeiten von Lücken</p>

		<p>Grundlagen der Energiefreisetzung bei Kernspaltung und -fusion über den Massendefekt (S1) (S1),</p> <ul style="list-style-type: none">• ermitteln im Falle eines einstufigen radioaktiven Zerfalls anhand der gemessenen Zählraten die Halbwertszeit (E5, E8, S6),• vergleichen verschiedene Vorstellungen von der Materie mit den Konzepten der modernen Physik (B8, K9).	
--	--	--	--

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase - Leistungskurs (ca. 150 Stunden)			
Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Die Schülerinnen und Schüler ...	Absprachen
<p>Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und deren Eigenschaften</p> <p><i>Welche Analogien gibt es zwischen mechanischen und elektromagnetischen schwingenden Systemen?</i></p> <p>ca. 40 Ustd.</p>	<p>Schwingende Systeme und Wellen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schwingungen und Wellen: harmonische Schwingungen und ihre Kenngrößen; Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Polarisation und Superposition von Wellen; Michelson-Interferometer • Schwingende Systeme: Federpendel, Fadenpendel, Resonanz; Schwingkreis, Hertz'scher Dipol 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen sowie deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit und deren Zusammenhänge (S1, S3, K4), • vergleichen mechanische und elektromagnetische Schwingungen unter energetischen Aspekten und hinsichtlich der jeweiligen Kenngrößen (S1, S3), • erläutern qualitativ die physikalischen Prozesse bei ungedämpften, gedämpften und erzwungenen mechanischen und elektromagnetischen Schwingungen (S1, E1), • leiten für das Federpendel und unter Berücksichtigung der Kleinwinkelnäherung für das Fadenpendel aus dem linearen Kraftgesetz die zugehörigen Differentialgleichungen her (S3, S7, E2), • ermitteln mithilfe der Differentialgleichungen und der Lösungsansätze für das ungedämpfte Fadenpendel, die ungedämpfte Federschwingung und den ungedämpften Schwingkreis die Periodendauer sowie die Thomson'sche Gleichung (S3, S7, E8), • beschreiben den Hertz'schen Dipol als (offenen) Schwingkreis (S1, S2, K8), • untersuchen experimentell die Abhängigkeit der 	<p>Animierte Simulationen bei Leifiphysik zu Wellen</p> <p>Experimente an der Wasserwellenwanne</p>

Periodendauer und Amplitudenabnahme von Einflussgrößen bei mechanischen und elektromagnetischen harmonischen Schwingungen unter Anwendung digitaler Werkzeuge (E4, S4), (MKR 1.2)

- untersuchen experimentell am Beispiel des Federpendels das Phänomen der Resonanz auch unter Rückbezug auf Alltagssituationen (E5, E6, K1),
- beurteilen Maßnahmen zur Vermeidung von Resonanzkatastrophen (B5, B6, K2),
- unterscheiden am Beispiel von Schwingungen deduktives und induktives Vorgehen als Grundmethoden der Erkenntnisgewinnung (B8, K4)

Wellen und Interferenzphänomene

Warum kam es im 17. Jh. zu einem Streit über das Licht/die Natur des Lichts?

Ist für die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen ein Trägermedium notwendig?
(Gibt es den „Äther“?)

ca. 10-15 Ustd.

Schwingende Systeme und Wellen

- Schwingungen und Wellen: harmonische Schwingungen und ihre Kenngrößen; Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Polarisation und Superposition von Wellen; Michelson-Interferometer

- erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen sowie deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit und deren Zusammenhänge (S1, S3, K4),
- erläutern mithilfe der Wellenwanne qualitativ auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz (S1, E4, K6),
- beschreiben mathematisch die räumliche und zeitliche Entwicklung einer harmonischen eindimensionalen Welle (S1, S2, S3, S7),
- erklären mithilfe der Superposition stehende Wellen (S1, E6, K3),
- erläutern die lineare Polarisation als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8),
- stellen für Einzel-, Doppelspalt und Gitter die Bedingungen für konstruktive und destruktive Interferenz und deren quantitative Bestätigung im Experiment für mono- und polychromatisches Licht dar (S1, S3, S6, E6),
- erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei B- bzw. E-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (S1, K4).
- weisen anhand des Interferenzmusters bei Spalt- und Gitterversuchen die Welleneigenschaften des Lichts nach und bestimmen daraus die Wellenlänge des Lichts (E5, E6, E7, S6),
- erläutern Aufbau und Funktionsweise des

S.O.

		<p>Michelson-Interferometers (E2, E3, S3, K3).</p> <ul style="list-style-type: none"> • beurteilen die Bedeutung von Schwingkreisen für die Umsetzung des Sender-Empfänger-Prinzips an alltäglichen Beispielen (B1, B4, K1), (VB B Z 1) 	
<p>Untersuchung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern</p> <p><i>Wie lassen sich Kräfte auf bewegte Ladungen in elektrischen und magnetischen Feldern beschreiben?</i></p> <p><i>Wie können Ladung und Masse eines Elektrons bestimmt werden?</i></p> <p>ca. 40 Ustd.</p>	<p>Ladungen, Felder und Induktion</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elektrische Ladungen und Felder: Ladungen, elektrische Felder, elektrische Feldstärke; Coulomb'sches Gesetz, elektrisches Potential, elektrische Spannung, Kondensator und Kapazität; magnetische Felder, magnetische Flussdichte - Bewegungen in Feldern: geladene Teilchen in elektrischen Längs- und Querfeldern; Lorentzkraft; geladene Teilchen in gekreuzten elektrischen und magnetischen Feldern 	<ul style="list-style-type: none"> • erklären grundlegende elektrostatische Phänomene mithilfe der Eigenschaften elektrischer Ladungen (S1), • stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern sowie magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6), • beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte (S2, S3, E6), • erläutern anhand einer einfachen Version des Millikan-Versuchs die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (S3, S5, E7, K9) • erläutern die Bestimmung der Elektronenmasse am Beispiel des Fadenstrahlrohrs mithilfe der Lorentzkraft sowie die Erzeugung und Beschleunigung freier Elektronen (S4, S5, S6, E6, K5) • bestimmen mithilfe des Coulomb'schen Gesetzes Kräfte von punktförmigen Ladungen aufeinander sowie resultierende Beträge und Richtungen von Feldstärken (E8, E10, S1, S3), • entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzips elektrische und magnetische Feldlinienbilder (E4, 	<p>Elektronenablenkröhre</p> <p>ggf. Stromwaage</p> <p>Fadenstrahlrohr</p> <p>Massenspektrometer in der Theorie</p>

		<p>E6, K5),</p> <ul style="list-style-type: none"> modellieren mathematisch Bahnformen geladener Teilchen in homogenen elektrischen und magnetischen Längs- und Querfeldern sowie in orthogonal gekreuzten Feldern (E1, E2, E4, S7), erläutern die Untersuchung magnetischer Flussdichten mithilfe des Hall-Effekts (E4, E7, S1, S5) konzipieren Experimente zur Bestimmung der Abhängigkeit der magnetischen Flussdichte einer langgestreckten stromdurchflossenen Spule von ihren Einflussgrößen (E2, E5), 	
<p>Massenspektrometer und Zyklotron als Anwendung in der physikalischen Forschung</p> <p><i>Welche weiterführende Anwendungen von bewegten Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern gibt es in Forschung und Technik?</i></p> <p>ca. 10 Ustd.</p>	<p>Ladungen, Felder und Induktion</p> <ul style="list-style-type: none"> Bewegungen in Feldern: geladene Teilchen in elektrischen Längs- und Querfeldern; Lorentzkraft; geladene Teilchen in gekreuzten elektrischen und magnetischen Feldern 	<ul style="list-style-type: none"> modellieren mathematisch Bahnformen geladener Teilchen in homogenen elektrischen und magnetischen Längs- und Querfeldern sowie in orthogonal gekreuzten Feldern (E1, E2, E4, S7), stellen Hypothesen zum Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron auf (E2, E4, S1, K4), bewerten Teilchenbeschleuniger in Großforschungseinrichtungen im Hinblick auf ihre Realisierbarkeit und ihren gesellschaftlichen Nutzen hin (B3, B4, K1, K7), 	Ggf. Exp. Stromwaage
<p>Die elektromagnetische Induktion als Grundlage für die</p>	<p>Ladungen, Felder und Induktion</p> <ul style="list-style-type: none"> Elektromagnetische Induktion: magnetischer Fluss, Induktionsgesetz, 	<ul style="list-style-type: none"> nutzen das Induktionsgesetz auch in differenzieller Form unter Verwendung des magnetischen Flusses (S2, S3, S7), erklären Verzögerungen bei Einschaltvorgängen 	

<p>Kopplung elektrischer und magnetischer Felder und als Element von Energieumwandlungsketten</p> <p><i>Wie kann elektrische Energie gewonnen und im Alltag bereits gestellt werden?</i></p> <p>ca. 25 Ustd.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Lenz'sche Regel; Selbstinduktion, Induktivität 	<p>sowie das Auftreten von Spannungstößen bei Ausschaltvorgängen mit der Kenngröße Induktivität einer Spule anhand der Selbstinduktion (S1, S7, E6),</p> <ul style="list-style-type: none"> • führen die Funktionsweise eines Generators auf das Induktionsgesetz zurück (E10, K4), • begründen qualitative Versuche zur Lenz'schen Regel sowohl mit dem Wechselwirkungs- als auch mit dem Energiekonzept (E2, E9, K3). • identifizieren und beurteilen Anwendungsbeispiele für die elektromagnetische Induktion im Alltag (B6, K8).(VB D Z3) 	
<p>Zeitliche und energetische Betrachtungen bei Kondensator und Spule</p> <p><i>Wie speichern elektrische und magnetische Felder Energie und wie geben sie diese wieder ab?</i></p> <p>ca. 20 Ustd.</p>	<p>Ladungen, Felder und Induktion</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elektrische Ladungen und Felder: Ladungen, elektrische Felder, elektrische Feldstärke; Coulomb'sches Gesetz, elektrisches Potential, elektrische Spannung, Kondensator und Kapazität; magnetische Felder, magnetische Flussdichte • Elektromagnetische Induktion: magnetischer Fluss, Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel; Selbstinduktion, Induktivität 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben qualitativ und quantitativ die Zusammenhänge von Ladung, Spannung und Stromstärke unter Berücksichtigung der Parameter Kapazität und Widerstand bei Lade- und Entladevorgängen am Kondensator auch mithilfe von Differentialgleichungen und deren vorgegebenen Lösungsansätzen(S3, S6, S7, E4, K7), • geben die in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern gespeicherte Energie in Abhängigkeit der elektrischen Größen und der Kenngrößen der Bauelemente an (S1, S3, E2) • prüfen Hypothesen zur Veränderung der Kapazität eines Kondensators durch ein Dielektrikum (E2, E3, S1), • ermitteln anhand von Messkurven zu Auf- und Entladevorgängen bei Kondensatoren sowie zu Ein- und Ausschaltvorgängen bei Spulen zugehörige Kenngrößen (E4, E6, S6), 	

Quantenphysik als Weiterentwicklung des physikalischen Weltbildes

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

ca. 30 Ustd.

Quantenphysik

- Teilchenaspekte von Photonen: Energiequantelung von Licht, Photoeffekt, Bremsstrahlung
- Photonen und Elektronen als Quantenobjekte: Doppelspaltexperiment, Bragg-Reflexion, Elektronenbeugung; Wahrscheinlichkeitsinterpretation, Delayed-Choice-Experiment; Kopenhagener Deutung

- erklären den Photoeffekt mit der Einstein'schen Lichtquantenhypothese (S1, S2, E3).
- beschreiben den Aufbau und die Funktionsweise der Röntgenröhre (S1),
- stellen anhand geeigneter Phänomene dar, dass Licht sowohl Wellen- als auch Teilchencharakter aufweisen kann (S2, S3, E6, K8)
- erklären bei Quantenobjekten anhand des Delayed-Choice-Experiments unter Verwendung der Koinzidenzmethode das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität (S1, S5, E3, K3),
- erklären am Beispiel von Elektronen die De-Broglie-Hypothese (S1, S3),
- berechnen Energie und Impuls über Frequenz und Wellenlänge für Quantenobjekte (S3),
- deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Nachweiswahrscheinlichkeitsdichte von Elektronen (S3),
- erläutern die Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation in der Version der Unmöglichkeit-Formulierung (S2, S3, E7, E11, K4).
- interpretieren die experimentellen Befunde zum Photoeffekt hinsichtlich des Widerspruchs zur klassischen Physik (E3, E8, S2, K3),
- bestimmen aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum (E6, S6),
- interpretieren das Auftreten der kurzwelligen Grenze des Bremsstrahlungsspektrums (E6, S1),
- erklären experimentelle Beobachtungen an der

Röntgenröhre,
Röntgenspektrum,
Elektronenbeugungsröhre
online z.B. bei „HUI-Physik“

		<p>Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E3, E6),</p> <ul style="list-style-type: none"> • modellieren qualitativ das stochastische Verhalten von Quantenobjekten am Doppelspalt bei gleichzeitiger Determiniertheit der Zufallsverteilung mithilfe der Eigenschaften der Wellenfunktion (E4, E6, K4). • beurteilen die Problematik der Übertragbarkeit von Begriffen aus der Anschauungswelt auf Quantenobjekte (B1, K8), • stellen die Kontroverse um den Realitätsbegriff der Kopenhagener Deutung dar (B8, K9), • beschreiben anhand quantenphysikalischer Betrachtungen die Grenzen der exakten Vorhersagbarkeit von physikalischen Phänomenen (B8, K8, E11). 	
<p>Struktur der Materie</p> <p><i>Wie hat sich unsere Vorstellung vom Aufbau der Materie historisch bis heute entwickelt?</i></p> <p>ca. 20 Ustd.</p>	<p>Atom- und Kernphysik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atomaufbau: Atommodelle, eindimensionaler Potentialtopf, Energieniveauschema; Röntgenstrahlung • Radioaktiver Zerfall: Kernaufbau, Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz, Halbwertszeit; Altersbestimmung 	<ul style="list-style-type: none"> • geben wesentliche Beiträge in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis zum ersten Kern-Hülle-Modell (Dalton, Thomson, Rutherford) wieder (S2, K3), • erklären die Energie absorbiertes und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (S3, E6, K4), • erklären die Entstehung von Bremsstrahlung und charakteristischer Röntgenstrahlung (S3, E6, K4), • beschreiben die Energiewerte für das Wasserstoffatom und wasserstoffähnliche Atome mithilfe eines quantenphysikalischen Atommodells (S2), • erläutern das Modell des eindimensionalen Potentialtopfs und seine Grenzen (S2, K4), • beschreiben anhand des Modells des 	<p>Experiments mit Gasentladungslampe oder LED oder Flammenfärbung</p> <p>...</p>

		<p>eindimensionalen Potentialtopfs die Verallgemeinerung eines quantenmechanischen Atommodells hin zu einem Ausblick auf Mehrelektronensysteme unter Verwendung des Pauli-Prinzips (S2, S3, E10),</p> <ul style="list-style-type: none"> • interpretieren die Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron (S2, K8), • erläutern qualitativ den Aufbau eines Atomkerns aus Nukleonen, den Aufbau der Nukleonen aus Quarks sowie die Rolle der starken Wechselwirkung für die Stabilität des Kerns (S1, S2, K3), • interpretieren Linienspektren bei Emission und Absorption sowie die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuchs mithilfe des Energieniveauschemas (E2, E10, S6), • stellen an der historischen Entwicklung der Atommodelle die spezifischen Eigenschaften und Grenzen naturwissenschaftlicher Modelle heraus (B8, E9), 	
<p>Mensch und Strahlung - Chancen und Risiken ionisierender Strahlung</p> <p><i>Welche Auswirkungen haben ionisierende Strahlung auf den Menschen und wie kann</i></p>	<p>Atom- und Kernphysik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atomaufbau: Atommodelle, eindimensionaler Potentialtopf, Energieniveauschema; Röntgenstrahlung • Ionisierende Strahlung: Strahlungsarten, Nachweismöglichkeiten ionisierender Strahlung, Eigenschaften ionisierender Strahlung, Absorption 	<ul style="list-style-type: none"> • erklären die Entstehung von Bremsstrahlung und charakteristischer Röntgenstrahlung (S3, E6, K4), • ordnen verschiedene Frequenzbereiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6), • unterscheiden Alpha-, Beta und Gammastrahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1), • erläutern den Aufbau und die Funktionsweise des Geiger-Müller-Zählrohrs als Nachweisgerät ionisierender Strahlung (S4, S5, K8), 	<p>Röntgenröhre, Röntgenspektrum online z.B. bei „HUI-Physik“</p>

<p><i>man sich davor schützen?</i></p> <p><i>Wie nutzt man die ionisierende Strahlung in der Medizin?</i></p> <p>ca. 22 Ustd.</p>	<p>ionisierender Strahlung</p> <ul style="list-style-type: none"> Radioaktiver Zerfall: Kernaufbau, Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz, Halbwertszeit; Altersbestimmung 	<ul style="list-style-type: none"> erklären die Ablenkbarkeit in elektrischen und magnetischen Feldern sowie Durchdringungs- und Ionisierungsfähigkeit von ionisierender Strahlung mit ihren Eigenschaften (S1, S3), erläutern qualitativ an der Beta-Umwandlung die Entstehung der Neutrinos mithilfe der schwachen Wechselwirkung und ihrer Austauscheteilchen (S1, S2, K4). leiten auf der Basis der Definition der Aktivität das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (S7, E9), wählen für die Planung von Experimenten mit ionisierender Strahlung zwischen dem Geiger-Müller-Zählrohr und einem energiesensiblen Detektor gezielt aus (E3, E5, S5, S6), konzipieren Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit kurzlebiger radioaktiver Substanzen (E2, E5, S5), quantifizieren mit der Größe der effektiven Dosis die Wirkung ionisierender Strahlung und bewerten daraus abgeleitete Strahlenschutzmaßnahmen (E8, S3, B2). wägen die Chancen und Risiken bildgebender Verfahren in der Medizin unter Verwendung ionisierender Strahlung gegeneinander ab (B1, B4, K3), (VB B Z 3) 	
<p>Massendefekt und Kernumwandlung</p> <p><i>Wie kann man natürliche Kernumwandlung beschreiben und</i></p>	<p>Atom- und Kernphysik</p> <ul style="list-style-type: none"> Radioaktiver Zerfall: Kernaufbau, Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz, Halbwertszeit; Altersbestimmung Kernspaltung und -fusion: Bindungsenergien, 	<ul style="list-style-type: none"> beschreiben natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse (Kernspaltung und -fusion, Neutroneneinfang) auch mithilfe der Nuklidkarte (S1), beschreiben Kernspaltung und Kernfusion mithilfe der starken Wechselwirkung zwischen den 	<p>Wiederholung aus der Mittelstufe und ggf. Aufarbeiten von Lücken</p>

<p>wissenschaftlich nutzen?</p> <p>Welche Möglichkeiten der Energiegewinnung ergeben sich durch Kernumwandlungen in Natur und Technik?</p> <p>ca. 20 Ustd.</p>	<p>Massendefekt; Kettenreaktion</p>	<p>Nukleonen auch unter quantitativer Berücksichtigung von Bindungsenergien (S1, S2)</p> <ul style="list-style-type: none"> • bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C-14-Methode (E4, E7, S7, K1), • bewerten Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion hinsichtlich der globalen Energieversorgung (B5, B7, K3, K10), (VB D Z3), • diskutieren ausgewählte Aspekte der Endlagerung radioaktiver Abfälle unter Berücksichtigung verschiedener Quellen (B2, B4, K2, K10).(MKR 2.1, 2.3) (VB D Z3) 	
--	-------------------------------------	--	--