# Schulinterner Lehrplan des Jan-Joest-Gymnasiums der Stadt Kalkar zum Kernlehrplan für die gymnasiale Oberstufe

# **Physik**

#### Gültigkeit des Lehrplans:

Der Kernlehrplan tritt ab 01.08.2022 aufsteigend in Kraft:

Schuljahr	Jahrgangsstufe
2022/2023	EF
2023/2024	Q1
2024/2025	Q2

#### Übersicht der Unterrichtsvorhaben - Tabellarische Übersicht

Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase (ca. 80 Stunden)		
Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder,	Konkretisierte Kompetenzerwartungen
onto monto vo mason	Inhaltliche Schwerpunkte	Schülerinnen und Schüler
Unterrichtsvorhaben I	Grundlagen der Mechanik	erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen
Physik in Sport und Ver-	Kinematik: gleichförmige  und gleichmäßig beschlau	(S1, K4),
kehr I	und gleichmäßig beschleu- nigte Bewegung; freier Fall; waagerechter Wurf;	<ul> <li>unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrunde liegende Ursachen auch am waagerechten Wurf (S2, S3, S7),</li> </ul>
Wie lassen sich Bewegun- gen beschreiben, vermes- sen und analysieren?	vektorielle Größen	stellen Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzerlegung bzw. Vektoraddition dar (S1, S7, K7),
ca. 25 Ustd.		planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Bewegungen (E5, S5),
oa. 25 oo.a.		• interpretieren die Messdatenauswertung von Bewegungen unter qualitativer Berücksichtigung von Messunsicherheiten (E7, S6, K9),
		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)
Unterrichtsvorhaben II	Grundlagen der Mechanik	erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft,      Francis I sietung Innuite Parish und ihre Parish under an unterschiedlichen Parish und ihre Parish
Physik in Sport und Ver-	Dynamik: Newton'sche	Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),
kehr II	Gesetze; beschleunigende Kräfte; Kräftegleichge-	analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, K7),
Wie lassen sich Ursachen wicht; Reibungskräfte von Bewegungen erklären?	stellen Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzerlegung bzw. Vektoraddition dar (S1, S7, K7),	
		erklären mithilfe von Erhaltungssätzen sowie den Newton'schen Gesetzen Bewegungen

		(S1, E2, K4),
ca. 15 Ustd.		erläutern qualitativ die Auswirkungen von Reibungskräften bei realen Bewegungen (S1, S2, K4).
		<ul> <li>untersuchen Bewegungen mithilfe von Erhaltungssätzen sowie des Newton'schen Kraftgesetzes (E4, K4),</li> </ul>
		begründen die Auswahl relevanter Größen bei der Analyse von Bewegungen (E3, E8, S5, K4),
Unterrichtsvorhaben III Superhelden und Crash-	Grundlagen der Mechanik • Erhaltungssätze: Impuls;	<ul> <li>erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),</li> </ul>
tests - Erhaltungssätze in verschiedenen Situationen	Energie (Lage-, Bewe- gungs- und Spannener-	beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Impuls- und Energieübertragung (S1, S2, K3),
Wie lassen sich mit Erhal- tungssätzen Bewegungsvor-	gie); Energiebilanzen; Stoßvorgänge	<ul> <li>analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, K7),</li> </ul>
gänge vorhersagen und analysieren?		erklären mithilfe von Erhaltungssätzen sowie den Newton'schen Gesetzen Bewegungen (S1, E2, K4),
ca. 12 Ustd.		<ul> <li>untersuchen Bewegungen mithilfe von Erhaltungssätzen sowie des Newton'schen Kraftgesetzes (E4, K4),</li> </ul>
		<ul> <li>begründen die Auswahl relevanter Größen bei der Analyse von Bewegungen (E3, E8, S5, K4),</li> </ul>
		<ul> <li>bewerten Ansätze aktueller und zukünftiger Mobilitätsentwicklung unter den Aspekten Sicherheit und mechanischer Energiebilanz (B6, K1, K5), (VB D Z 3)</li> </ul>
		bewerten die Darstellung bekannter vorrangig mechanischer Phänomene in verschiedenen Medien bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (B1, B2, K2, K8). (MKR 2.2, 2.3)
Unterrichtsvorhaben IV  Bewegungen im Weltraum	Kreisbewegung, Gravitation und physikalische Weltbilder	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),
Wie bewegen sich die Pla- neten im Sonnensystem?		<ul> <li>beschreiben quantitativ die bei einer gleichförmigen Kreisbewegung wirkende Zentripe- talkraft in Abhängigkeit der Beschreibungsgrößen dieser Bewegung (S1, K3),</li> </ul>
		erläutern die Abhängigkeiten der Massenanziehungskraft zweier Körper anhand des Newton´schen Gravitationsgesetzes im Rahmen des Feldkonzepts (S2, S3, K4),

Wie lassen sich aus (himml schen) Beobachtungen Ge- setze ableiten?
ca. 20 Ustd.

- 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

- erläutern die Bedeutung von Bezugsystemen 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),

#### Unterrichtsvorhaben V

#### Weltbilder in der Physik

Revolutioniert die Physik unsere Sicht auf die Welt?

ca. 8 Ustd.

# Kreisbewegung, Gravitation und physikalische Weltbilder

 Wandel physikalischer Weltbilder: geo- und heliozentrische Weltbilder; Grundprinzipien der speziellen Relativitätstheorie, Zeitdilatation

- 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 Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (S2, S3, K4),
- erläutern die Bedeutung von Bezugsystemen 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	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler
Unterrichtsvorhaben I  Periodische Vorgänge in alltäglichen Situationen  Wie lassen sich zeitlich und räumlich periodische Vorgänge am Beispiel von harmonischen Schwingungen sowie mechanischen Wellen beschreiben und erklären?  ca. 10 Ustd.	<ul> <li>Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern</li> <li>Klassische Wellen: Federpendel, mechanische harmonische Schwingungen und Wellen; Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Superposition und Polarisation von Wellen</li> </ul>	<ul> <li>erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen, deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit sowie deren Zusammenhänge (S1, S3),</li> <li>erläutern am Beispiel des Federpendels Energieumwandlungen harmonischer Schwingungen (S1, S2, K4),</li> <li>erklären mithilfe der Superposition stehende Wellen (S1, E6, K3),</li> <li>erläutern die lineare Polarisation als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8),</li> <li>konzipieren Experimente zur Abhängigkeit der Periodendauer von Einflussgrößen beim Federpendel und werten diese unter Anwendung digitaler Werkzeuge aus (E6, S4, K6), (MKR 1.2)</li> <li>beurteilen Maßnahmen zur Störgeräuschreduzierung hinsichtlich deren Eignung (B7, K1, K5). (VB B Z1)</li> </ul>
Unterrichtsvorhaben II  Beugung und Interferenz von Wellen - ein neues Lichtmodell  Wie kann man Ausbreitungsphänomene von Licht beschreiben und erklären?  ca. 18 Ustd.	Klassische Wellen und geladene Teilchen in Feldern  • Klassische Wellen: Federpendel, mechanische harmonische Schwingungen und Wellen; Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Superposition und Polarisation von Wellen	<ul> <li>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),</li> <li>erläutern die lineare Polarisation als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8),</li> <li>weisen anhand des Interferenzmusters bei Doppelspalt- und Gitterversuchen mit monound polychromatischem Licht die Wellennatur des Lichts nach und bestimmen daraus Wellenlängen (E7, E8, K4).</li> </ul>

Unterrichtsvorhaben III	Klassische Wellen und gela- dene Teilchen in Feldern	• stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern sowie magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6),
Erforschung des Elekt- rons	<ul> <li>Teilchen in Feldern: elektri- sche und magnetische Fel- der; elektrische Feldstärke,</li> </ul>	<ul> <li>beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte (S2, S3, E6),</li> </ul>
Wie können physikalische Eigenschaften wie die La- dung und die Masse eines	elektrische Spannung; magnetische Flussdichte; Bahnformen von gelade-	<ul> <li>erläutern am Beispiel des Plattenkondensators den Zusammenhang zwischen elektrischer Spannung und elektrischer Feldstärke im homogenen elektrischen Feld (S3)</li> </ul>
Elektrons gemessen werden?	nen Teilchen in homoge- nen Feldern	<ul> <li>berechnen Geschwindigkeitsänderungen von Ladungsträgern nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (S1, S3, K3),</li> </ul>
ca. 26 Ustd.		<ul> <li>erläutern am Fadenstrahlrohr die Erzeugung freier Elektronen durch den glühelektri- schen Effekt, deren Beschleunigung beim Durchlaufen eines elektrischen Felds sowie deren Ablenkung im homogenen magnetischen Feld durch die Lorentzkraft (S4, S6, E6, K5),</li> </ul>
		<ul> <li>entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzips elektrische und magnetische Feldlinienbilder (E4, E6),</li> </ul>
		<ul> <li>modellieren mathematisch die Beobachtungen am Fadenstrahlrohr und ermitteln aus den Messergebnissen die Elektronenmasse (E4, E9, K7),</li> </ul>
		<ul> <li>erläutern Experimente zur Variation elektrischer Einflussgrößen und deren Auswirkungen auf die Bahnformen von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern (E2, K4),</li> </ul>
		<ul> <li>schließen aus der statistischen Auswertung einer vereinfachten Version des Millikan-Ver- suchs auf die Existenz einer kleinsten Ladung (E3, E11, K8),</li> </ul>
		• wenden eine Messmethode zur Bestimmung der magnetischen Flussdichte an (E3, K6),
		<ul> <li>erschließen sich die Funktionsweise des Zyklotrons auch mithilfe von Simulationen (E1, E10, S1, K1),</li> </ul>
		<ul> <li>beurteilen die Schutzwirkung des Erdmagnetfeldes gegen den Strom geladener Teilchen aus dem Weltall</li> </ul>
Unterrichtsvorhaben IV	<ul><li>Quantenobjekte</li><li>Teilchenaspekte von Pho-</li></ul>	• erläutern anhand eines Experiments zum Photoeffekt den Quantencharakter von Licht (S1, E9, K3),
	tonen: Energiequantelung von Licht, Photoeffekt	• 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

# Photonen und Elektronen als Quantenobjekte

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

ca. 18 Ustd.

- Wellenaspekt von Elektronen: De-Broglie-Wellenlänge, Interferenz von Elektronen am Doppelspalt
- Photon und Elektron als Quantenobjekte: Wellenund Teilchenmodell, Kopenhagener Deutung
- 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),
- 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 Experiments zum Photoeffekt 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).

#### Unterrichtsvorhaben V

#### Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren

Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?

ca. 18 Ustd.

# Elektrodynamik und Energieübertragung

- Elektrodynamik: magnetischer Fluss, elektromagnetische Induktion, Induktionsgesetz; Wechselspannung; Auf- und Entladevorgang am Kondensator
- Energieübertragung: Generator, Transformator; elektromagnetische Schwingung

- erläutern das Auftreten von Induktionsspannungen am Beispiel der *Leiterschaukel* 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 Transformatoren mithilfe angeleiteter Experimente als Beispiel für die technische Anwendung der Induktion (S1, S4, E6, K8),
- erklären am physikalischen *Modellexperiment zu Freileitungen* technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie (S1, S3, K8),

Unterrichtsvorhaben VII	Strahlung und Materie  Strahlung: Spektrum der elektromagnetischen	erklären die Entstehung von Bremsstrahlung und charakteristischer Röntgenstrahlung (S3, E6, K4),
	3. 3	beurteilen den Einsatz des Kondensators als Energiespeicher in ausgewählten alltäglichen Situationen (B3, B4, K9).
ca. 15 UStd.	elektromagnetische Schwingung	• interpretieren den Flächeninhalt zwischen Graph und Abszissenachse im <i>Q-U-</i> Diagramm als Energiegehalt des Plattenkondensators (E6, K8),
Wie kann man elektrische Schwingungen erzeugen?	<ul> <li>gang am Kondensator</li> <li>Energieübertragung: Generator, Transformator;</li> </ul>	<ul> <li>modellieren mathematisch den zeitlichen Verlauf der Stromstärke bei Auf- und Entlade- vorgängen bei Kondensatoren (E4, E6, S7),</li> </ul>
elektrischen Systemen spei- chern?	onsgesetz; Wechselspan- nung; Auf- und Entladevor-	<ul> <li>untersuchen den Auf- und Entladevorgang bei Kondensatoren unter Anleitung experimentell (S4, S6, K6),</li> </ul>
Wie kann man Energie in	scher Fluss, elektromagne- tische Induktion, Indukti-	<ul> <li>erläutern qualitativ die bei einer elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (S1, S4, E4),</li> </ul>
Unterrichtsvorhaben VI Anwendungsbereiche des Kondensators	Elektrodynamik und Energieübertragung  • Elektrodynamik: magneti-	<ul> <li>beschreiben die Kapazität als Kenngröße eines Kondensators und bestimmen diese für den Spezialfall des Plattenkondensators in Abhängigkeit seiner geometrischen Daten (S1, S3),</li> </ul>
		beurteilen das Potential der Energierückgewinnung auf der Basis von Induktionsphänomenen bei elektrischen Antriebssystemen (B7, K2).
		<ul> <li>beurteilen ausgewählte Beispiele zur Energiebereitstellung und -umwandlung unter technischen und ökologischen Aspekten (B3, B6, K8, K10), (VB ÜB Z2)</li> </ul>
		<ul> <li>stellen Hypothesen zum Verhalten des Rings beim Thomson'schen Ringversuch bei Zunahme und Abnahme des magnetischen Flusses im Ring auf und erklären diese mithilfe des Induktionsgesetzes (E2, E9, S3, K4, K8),</li> </ul>
		<ul> <li>erklären das Entstehen von sinusförmigen Wechselspannungen in Generatoren mithilfe des Induktionsgesetzes (E6, E10, K3, K4),</li> </ul>
		• modellieren mathematisch das Entstehen von Induktionsspannungen für die beiden Spezialfälle einer zeitlich konstanten Fläche und einer zeitlich konstanten magnetischen Flussdichte (E4, E6, K7),
		• interpretieren die mit einem Oszilloskop bzw. Messwerterfassungssystem aufgenommenen Daten bei elektromagnetischen Induktions- und Schwingungsversuchen unter Rückbezug auf die experimentellen Parameter (E6, E7, K9),

Mensch und Strahlung - Chancen und Risiken ioni-	Strahlung; ionisierende Strahlung, Geiger-Müller-	• unterscheiden $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ - Strahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1),
sierender Strahlung	Zählrohr, biologische Wir- kungen	<ul> <li>ordnen verschiedene Frequenzbereiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6),</li> </ul>
Wie wirkt ionisierende Strah- lung auf den menschlichen		• erläutern den Aufbau und die Funktionsweise des <i>Geiger-Müller-Zählrohrs</i> als Nachweisgerät für ionisierende Strahlung (S4, S5, K8),
Körper?		<ul> <li>untersuchen experimentell anhand der Zählraten bei Absorptionsexperimenten unter- schiedliche Arten ionisierender Strahlung (E3, E5, S4, S5),</li> </ul>
ca. 12 Osta.		<ul> <li>begründen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, K3),</li> </ul>
		<ul> <li>quantifizieren mit der Größe der effektiven Dosis die Wirkung ionisierender Strahlung und bewerten daraus abgeleitete Strahlenschutzmaßnahmen (E8, S3, B2).</li> </ul>
		<ul> <li>bewerten die Bedeutung hochenergetischer Strahlung hinsichtlich der Gesundheitsgefährdung sowie ihres Nutzens bei medizinischer Diagnose und Therapie (B5, B6, K1, K10). (VB B Z3).</li> </ul>
Unterrichtsvorhaben VIII Erforschung des Mikro-	<ul> <li>Strahlung und Materie</li> <li>Atomphysik: Linienspektrum, Energieni-</li> </ul>	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),
und Makrokosmos	veauschema, Kern-Hülle- Modell, Röntgenstrahlung	<ul> <li>beschreiben die Energiewerte für das Wasserstoffatom mithilfe eines quantenphysikali- schen Atommodells (S2),</li> </ul>
Wie lassen sich aus Spekt- ralanalysen Rückschlüsse	<ul> <li>interpretieren die Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweis- wahrscheinlichkeiten für das Elektron (S2, K8),</li> </ul>	
auf die Struktur von Atomen ziehen?	Atomen	• erklären die Entstehung von <i>Bremsstrahlung</i> und <i>charakteristischer Röntgenstrahlung</i> (S3, E6, K4),
ca. 19 Ustd.		• 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 Franck-Hertz-Versuchs (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).
Unterrichtsvorhaben IX  Massendefekt und Kernumwandlungen  Wie lassen sich energetische Bilanzen bei Umwandlungs- und Zerfallsprozessen quantifizieren?  Wie entsteht ionisierende Strahlung?  ca. 16 Ustd.	Kernphysik: Nukleonen;     Zerfallsprozesse und Kernumwandlungen, Kernspaltung und -fusion	<ul> <li>erläutern den Begriff der Radioaktivität und zugehörige Kernumwandlungsprozesse auch mithilfe der Nuklidkarte (S1, S2),</li> <li>wenden das zeitliche Zerfallsgesetz für den radioaktiven Zerfall an (S5, S6, K6),</li> <li>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),</li> <li>erläutern qualitativ am β⁻-Umwandlung die Entstehung der Neutrinos mithilfe der schwachen Wechselwirkung und ihrer Austauschteilchen (S1, S2, K4),</li> <li>erklären anhand des Zusammenhangs E = Δm c² die Grundlagen der Energiefreisetzung bei Kernspaltung und -fusion über den Massendefekt (S1) (S1),</li> <li>ermitteln im Falle eines einstufigen radioaktiven Zerfalls anhand der gemessenen Zählraten die Halbwertszeit (E5, E8, S6),</li> <li>vergleichen verschiedene Vorstellungen von der Materie mit den Konzepten der modernen Physik (B8, K9).</li> </ul>

Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase - Leistungskurs (ca. 242 Stunden)		
Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen
	-	Die Schülerinnen und Schüler
Unterrichtsvorhaben I	Ladungen, Felder und Induk- tion	erklären grundlegende elektrostatische Phänomene mithilfe der Eigenschaften elektri- scher Ladungen (S1),
Untersuchung von La- dungsträgern in elektri-	<ul> <li>Elektrische Ladungen und Felder: Ladungen, elektri-</li> </ul>	• stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern sowie magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6),
schen und magnetischen Feldern	sche Felder, elektrische Feldstärke; Coulomb'sches Gesetz, elektrisches Poten-	<ul> <li>beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte (S2, S3, E6),</li> </ul>
Wie lassen sich Kräfte auf bewegte Ladungen in elektrischen und magneti-	tial, elektrische Spannung, Kondensator und Kapazität;	erläutern anhand einer einfachen Version des Millikan-Versuchs die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (S3, S5, E7, K9)
schen Feldern beschreiben?	magnetische Felder, mag- netische Flussdichte  - Bewegungen in Feldern:	<ul> <li>erläutern die Bestimmung der Elektronenmasse am Beispiel des Fadenstrahlrohrs mithilfe der Lorentzkraft sowie die Erzeugung und Beschleunigung freier Elektronen (S4, S5, S6, E6, K5)</li> </ul>
Wie können Ladung und Masse eines Elektrons be- stimmt werden?	geladene Teilchen in elektri- schen Längs- und Querfel- dern; Lorentzkraft; geladene Teilchen in gekreuzten	<ul> <li>bestimmen mithilfe des Coulomb'schen Gesetzes Kräfte von punktförmigen Ladungen aufeinander sowie resultierende Beträge und Richtungen von Feldstärken (E8, E10, S1, S3),</li> </ul>
ca. 40 Ustd.	elektrischen und magneti- schen Feldern	entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzip elektrische und magnetische Feldlinienbilder (E4, E6, K5),
		<ul> <li>modellieren mathematisch Bahnformen geladener Teilchen in homogenen elektrischen und magnetischen Längs- und Querfeldern sowie in orthogonal gekreuzten Feldern (E1, E2, E4, S7),</li> </ul>
		• erläutern die Untersuchung magnetischer Flussdichten mithilfe des Hall-Effekts (E4, E7, S1, S5)
		<ul> <li>konzipieren Experimente zur Bestimmung der Abhängigkeit der magnetischen Fluss- dichte einer langgestreckten stromdurchflossenen Spule von ihren Einflussgrößen (E2, E5),</li> </ul>

Unterrichtsvorhaben II  Massenspektrometer und Zyklotron als Anwendung in der physikalischen Forschung  Welche weiterführende Anwendungen von bewegten Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern gibt es in Forschung und Technik?  ca. 10 Ustd.	Ladungen, Felder und Induktion  • Bewegungen in Feldern: geladene Teilchen in elektrischen Längs- und Querfeldern; Lorentzkraft; geladene Teilchen in gekreuzten elektrischen und magnetischen Feldern	<ul> <li>modellieren mathematisch Bahnformen geladener Teilchen in homogenen elektrischen und magnetischen Längs- und Querfeldern sowie in orthogonal gekreuzten Feldern (E1, E2, E4, S7),</li> <li>stellen Hypothesen zum Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron auf (E2, E4, S1, K4),</li> <li>bewerten Teilchenbeschleuniger in Großforschungseinrichtungen im Hinblick auf ihre Realisierbarkeit und ihren gesellschaftlichen Nutzen hin (B3, B4, K1, K7),</li> </ul>
Unterrichtsvorhaben III  Die elektromagnetische Induktion als Grundlage für die Kopplung elektrischer und magnetischer Felder und als Element von Energieumwandlungsketten  Wie kann elektrische Energie gewonnen und im Alltag bereits gestellt werden?  ca. 25 Ustd.	Ladungen, Felder und Induktion  • Elektromagnetische Induktion: magnetischer Fluss, Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel; Selbstinduktion, Induktivität	<ul> <li>nutzen das Induktionsgesetz auch in differenzieller Form unter Verwendung des magnetischen Flusses (S2, S3, S7),</li> <li>erklären Verzögerungen bei Einschaltvorgängen sowie das Auftreten von Spannungsstößen bei Ausschaltvorgängen mit der Kenngröße Induktivität einer Spule anhand der Selbstinduktion (S1, S7, E6),</li> <li>führen die Funktionsweise eines Generators auf das Induktionsgesetz zurück (E10, K4),</li> <li>begründen qualitative Versuche zur Lenz'schen Regel sowohl mit dem Wechselwirkungs- als auch mit dem Energiekonzept (E2, E9, K3).</li> <li>identifizieren und beurteilen Anwendungsbeispiele für die elektromagnetische Induktion im Alltag (B6, K8).(VB D Z3)</li> </ul>
Unterrichtsvorhaben IV	Ladungen, Felder und Induktion	<ul> <li>beschreiben qualitativ und quantitativ die Zusammenhänge von Ladung, Spannung und Stromstärke unter Berücksichtigung der Parameter Kapazität und Widerstand bei Lade-</li> </ul>

#### Zeitliche und energetische Betrachtungen bei Kondensator und Spule

Wie speichern elektrische und magnetische Felder Energie und wie geben sie diese wieder ab?

ca. 20 Ustd.

 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

- 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),

#### Unterrichtsvorhaben V

#### Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und deren Eigenschaften

Welche Analogien gibt es zwischen mechanischen und elektromagnetischen schwingenden Systemen?

ca. 40 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
- Schwingende Systeme: Federpendel, Fadenpendel, Resonanz; Schwingkreis, Hertz'scher Dipol

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

		<ul> <li>untersuchen experimentell am Beispiel des Federpendels das Phänomen der Resonanz auch unter Rückbezug auf Alltagssituationen (E5, E6, K1),</li> </ul>
		• beurteilen Maßnahmen zur Vermeidung von Resonanzkatastrophen (B5, B6, K2),
		<ul> <li>unterscheiden am Beispiel von Schwingungen deduktives und induktives Vorgehen als Grundmethoden der Erkenntnisgewinnung (B8, K4)</li> </ul>
Unterrichtsvorhaben VI Wellen und Interferenz-	Schwingende Systeme und Wellen  Schwingungen und Wellen:	<ul> <li>erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen so- wie deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wel- lenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit und deren Zusammenhänge (S1, S3, K4),</li> </ul>
phänomene  Warum kam es im 17. Jh.	harmonische Schwingun- gen und ihre Kenngrößen;	<ul> <li>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),</li> </ul>
zu einem Streit über das Licht/die Natur des Lichts?	Huygens'sches Prinzip, Re- flexion, Brechung, Beu- gung; Polarisation und	<ul> <li>beschreiben mathematisch die r\u00e4umliche und zeitliche Entwicklung einer harmonischen eindimensionalen Welle (S1, S2, S3, S7),</li> </ul>
Ist für die Ausbreitung elekt-	Superposition von Wellen; Michelson-Interferometer	<ul> <li>erklären mithilfe der Superposition stehende Wellen (S1, E6, K3),</li> </ul>
romagnetischer Wellen ein Trägermedium notwendig?	Michelson-interierometer	<ul> <li>erläutern die lineare Polarisation als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8),</li> </ul>
(Gibt es den "Äther"?) ca. 10-15 Ustd.		<ul> <li>stellen für Einzel-, Doppelspalt und Gitter die Bedingungen für konstruktive und destruk- tive Interferenz und deren quantitative Bestätigung im Experiment für mono- und poly- chromatisches Licht dar (S1, S3, S6, E6),</li> </ul>
		<ul> <li>erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei B- bzw. E-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (S1, K4).</li> </ul>
		<ul> <li>weisen anhand des Interferenzmusters bei Spalt- und Gitterversuchen die Welleneigen- schaften des Lichts nach und bestimmen daraus die Wellenlänge des Lichts (E5, E6, E7, S6),</li> </ul>
		• erläutern Aufbau und Funktionsweise des Michelson-Interferometers (E2, E3, S3, K3).
		<ul> <li>beurteilen die Bedeutung von Schwingkreisen für die Umsetzung des Sender- Empfänger-Prinzips an alltäglichen Beispielen (B1, B4, K1), (VB B Z 1)</li> </ul>
Unterrichtsvorhaben VII	Quantenphysik	• erklären den Photoeffekt mit der Einstein schen Lichtquantenhypothese (S1, S2, E3).
Quantenphysik als Wei-	Teilchenaspekte von Photo-	<ul> <li>beschreiben den Aufbau und die Funktionsweise der Röntgenröhre (S1),</li> </ul>
terentwicklung des physi- kalischen Weltbildes	nen: Energiequantelung von Licht, Photoeffekt, Brems- strahlung	<ul> <li>stellen anhand geeigneter Phänomene dar, dass Licht sowohl Wellen- als auch Teil- chencharakter aufweisen kann (S2, S3, E6, K8)</li> </ul>

Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?  ca. 30 Ustd.	Photonen und Elektronen als Quantenobjekte: Dop- pelspaltexperiment, Bragg- Reflexion, Elektronenbeu- gung; Wahrscheinlichkeits- interpretation, Delayed- Choice-Experiment; Kopen- hagener Deutung	<ul> <li>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),</li> <li>erklären am Beispiel von Elektronen die De-Broglie-Hypothese (S1, S3),</li> <li>berechnen Energie und Impuls über Frequenz und Wellenlänge für Quanten objekte (S3),</li> <li>deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Nachweiswahrscheinlichkeitsdichte von Elektronen (S3),</li> <li>erläutern die Heisenberg sche Unbestimmtheitsrelation in der Version der Unmöglichkeits-Formulierung (S2, S3, E7, E11, K4).</li> <li>interpretieren die experimentellen Befunde zum Photoeffekt hinsichtlich des Widerspruchs zur klassischen Physik (E3, E8, S2, K3),</li> <li>bestimmen aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck sche Wirkungsquantum (E6, S6),</li> <li>interpretieren das Auftreten der kurzwelligen Grenze des Bremsstrahlungsspektrums (E6, S1),</li> <li>erklären experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E3, E6),</li> <li>modellieren qualitativ das stochastische Verhalten von Quantenobjekten am Doppelspalt bei gleichzeitiger Determiniertheit der Zufallsverteilung mithilfe der Eigenschaften der Wellenfunktion (E4, E6, K4).</li> <li>beurteilen die Problematik der Übertragbarkeit von Begriffen aus der Anschauungswelt auf Quantenobjekte (B1, K8),</li> <li>stellen die Kontroverse um den Realitätsbegriff der Kopenhagener Deutung dar (B8,</li> </ul>
		<ul> <li>beschreiben anhand quantenphysikalischer Betrachtungen die Grenzen der exakten Vorhersagbarkeit von physikalischen Phänomenen (B8, K8, E11).</li> </ul>
Unterrichtsvorhaben VIII	Nonigenstraining	geben wesentliche Beiträge in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis zum ersten Kern-Hülle-Modell (Dalton, Thomson, Rutherford) wieder (S2, K3),
Struktur der Materie		erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (S3, E6, K4),
Wie hat sich unsere Vor- stellung vom Aufbau der		erklären die Entstehung von Bremsstrahlung und charakteristischer Röntgenstrahlung

Materie historisch bis	Radioaktiver Zerfall: Kern-	(S3, E6, K4),
heute entwickelt? ca. 20 Ustd.	aufbau, Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz, Halbwertszeit; Altersbestimmung	<ul> <li>beschreiben die Energiewerte für das Wasserstoffatom und wasserstoffähnliche Atome mithilfe eines quantenphysikalischen Atommodells (S2),</li> </ul>
		• erläutern das Modell des eindimensionalen Potentialtopfs und seine Grenzen (S2, K4),
		<ul> <li>beschreiben anhand des Modells des eindimensionalen Potentialtopfs die Verallgemeinerung eines quantenmechanischen Atommodells hin zu einem Ausblick auf Mehrelektronensysteme unter Verwendung des Pauli-Prinzips (S2, S3, E10),</li> </ul>
		<ul> <li>interpretieren die Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweis- wahrscheinlichkeiten für das Elektron (S2, K8),</li> </ul>
		<ul> <li>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),</li> </ul>
		<ul> <li>interpretieren Linienspektren bei Emission und Absorption sowie die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuchs mithilfe des Energieniveauschemas (E2, E10, S6),</li> </ul>
		<ul> <li>stellen an der historischen Entwicklung der Atommodelle die spezifischen Eigenschaften und Grenzen naturwissenschaftlicher Modelle heraus (B8, E9),</li> </ul>
Unterrichtsvorhaben IX	Atom- und Kernphysik	erklären die Entstehung von Bremsstrahlung und charakteristischer Röntgenstrahlung  (S2, F6, K4)
Mensch und Strahlung - Chancen und Risiken io- nisierender Strahlung	<ul> <li>Atomaufbau: Atommodelle, eindimensionaler Potential- topf, Energieniveauschema; Röntgenstrahlung</li> <li>Ionisierende Strahlung:</li> </ul>	<ul> <li>(S3, E6, K4),</li> <li>ordnen verschiedene Frequenzbereiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6),</li> </ul>
		• unterscheiden $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ - Strahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1),
Welche Auswirkungen ha- ben ionisierende Strahlung auf den Menschen und wie kann man sich davor schüt- zen?	Strahlungsarten, Nachweis- möglichkeiten ionisierender	<ul> <li>erläutern den Aufbau und die Funktionsweise des Geiger-Müller-Zählrohrs als Nachweisgerät ionisierender Strahlung (S4, S5, K8),</li> </ul>
	Strahlung, Eigenschaften ionisierender Strahlung, Absorption ionisierender Strahlung	<ul> <li>erklären die Ablenkbarkeit in elektrischen und magnetischen Feldern sowie Durchdrin- gungs- und Ionisierungsfähigkeit von ionisierender Strahlung mit ihren Eigenschaften (S1, S3),</li> </ul>
Wie nutzt man die ionisie- rende Strahlung in der Me- dizin?	Radioaktiver Zerfall: Kern- aufbau,	• erläutern qualitativ an der $\beta^-$ -Umwandlung die Entstehung der Neutrinos mithilfe der schwachen Wechselwirkung und ihrer Austauschteilchen (S1, S2, K4).
	Zerfallsreihen, Zerfallsge- setz, Halbwertszeit; Alters-	<ul> <li>leiten auf der Basis der Definition der Aktivität das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (S7, E9),</li> </ul>

ca. 22 Ustd.

setz, Halbwertszeit; Alters-

bestimmung

• wählen für die Planung von Experimenten mit ionisierender Strahlung zwischen dem Geiger-Müller-Zählrohr und einem energiesensiblen Detektor gezielt aus (E3, E5, S5,

Unterrightsverhaben V		<ul> <li>S6),</li> <li>konzipieren Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit kurzlebiger radioaktiver Substanzen (E2, E5, S5),</li> <li>quantifizieren mit der Größe der effektiven Dosis die Wirkung ionisierender Strahlung und bewerten daraus abgeleitete Strahlenschutzmaßnahmen (E8, S3, B2).</li> <li>wägen die Chancen und Risiken bildgebender Verfahren in der Medizin unter Verwendung ionisierender Strahlung gegeneinander ab (B1, B4, K3), (VB B Z 3)</li> </ul>
Unterrichtsvorhaben X  Massendefekt und Kernumwandlung  Wie kann man natürliche Kernumwandlung beschreiben und wissenschaftlich nutzen?  Welche Möglichkleiten der Energiegewinnung ergeben sich durch Kernumwandlungen in Natur und Technik?  ca. 20 Ustd.	<ul> <li>Atom- und Kernphysik</li> <li>Radioaktiver Zerfall: Kernaufbau, Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz, Halbwertszeit; Altersbestimmung</li> <li>Kernspaltung und -fusion: Bindungsenergien, Massendefekt; Kettenreaktion</li> </ul>	<ul> <li>beschreiben natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse (Kernspaltung und -fusion, Neutroneneinfang) auch mithilfe der Nuklidkarte (S1),</li> <li>beschreiben Kernspaltung und Kernfusion mithilfe der starken Wechselwirkung zwischen den Nukleonen auch unter quantitativer Berücksichtigung von Bindungsenergien (S1, S2)</li> <li>bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C-14-Methode (E4, E7, S7, K1),</li> <li>bewerten Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion hinsichtlich der globalen Energieversorgung (B5, B7, K3, K10), (VB D Z3),</li> <li>diskutieren ausgewählte Aspekte der Endlagerung radioaktiver Abfälle unter Berücksichtigung verschiedener Quellen (B2, B4, K2, K10).(MKR 2.1, 2.3) (VB D Z3)</li> </ul>



#### Integration von Zielen und Inhaltsreichen der Rahmenvorgabe Verbraucherbildung in den Kernlehrplan Physik für die gymnasiale Oberstufe

#### Physik:

#### Übergeordnete Kompetenzerwartungen am Ende der Einführungsphase

Schülerinnen und Schüler

- entwickeln anhand festgelegter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlichoder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug, (VB B Z3)
- beurteilen Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung auch in Alltagssituationen, (VB B Z3)
- identifizieren kurz- und langfristige Folgen eigener und gesellschaftlicher Entscheidungen mit physikalischem Hintergrund. (VB D Z3)

#### Konkretisierte Kompetenzerwartungen am Ende der Einführungsphase

Schülerinnen und Schüler

• bewerten Ansätze aktueller und zukünftiger Mobilitätsentwicklung unter den Aspekten Sicherheit und mechanischer Energiebilanz (B3, B6, B7, E1, K5), (VB D Z 3)

#### Übergeordnete Kompetenzerwartungen am Ende der Qualifikationsphase

Schülerinnen und Schüler

- entwickeln anhand geeigneter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlichoder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen diese gegeneinander ab, (VB B Z3)
- beurteilen Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung und Konsequenzen und schätzen Risiken, auch in Alltagssituationen, ein, (VB B Z3)
- reflektieren kurz- und langfristige, lokale und globale Folgen eigener und gesellschaftlicher Entscheidungen mit physikalischem Hintergrund. (VB D Z3)

#### Konkretisierte Kompetenzerwartungen am Ende der Qualifikationsphase (Grundkurs)

- beurteilen Maßnahmen zur Störgeräuschreduzierung hinsichtlich deren Eignung (B7, K1, K5), (VB B Z1)
- beurteilen ausgewählte Beispiele zur Energiebereitstellung und -umwandlung unter technischen und ökologischen Aspekten (B3, B6, K8, K10), (VB ÜB Z2)

 bewerten die Bedeutung hochenergetischer Strahlung hinsichtlich der Gesundheitsgefährdung sowie ihres Nutzens bei medizinischer Diagnose und Therapie (B5, B6, K1, K10). (VB B Z3)

#### Konkretisierte Kompetenzerwartungen am Ende der Qualifikationsphase (Leistungskurs)

- identifizieren und beurteilen Anwendungsbeispiele für die elektromagnetische Induktion im Alltag (B6, K8), (VB D Z3)
- beurteilen die Bedeutung von Schwingkreisen für die Umsetzung des Sender-Empfänger-Prinzips an alltäglichen Beispielen (B1, B4, K1), (VB B Z 1)
- wägen die Chancen und Risiken bildgebender Verfahren in der Medizin unter Verwendung ionisierender Strahlung gegeneinander ab (B1, B4, K3), (VB B Z 3)
- 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). (VB D Z3)



#### Integration der Ziele des Medienkompetenzrahmens NRW (MKR) in den Kernlehrplan Physik für die gymnasiale Oberstufe

Als Querschnittsaufgabe über alle Fächer und den gesamten Bildungsgang trägt der neue Kernlehrplan für die gymnasiale Oberstufe u.a. zu einer Bildung in einer zunehmend digitalen Welt bei.

Die Ziele des Medienkompetenzrahmens NRW werden in alle Schulfächer integriert. In der Synopse werden die entsprechenden Kompetenzen und Inhalte des vorliegenden Kernlehrplans aufgeführt. Alle Fächer tragen auch in der Sekundarstufe II dazu bei, dass das Lernen und Leben mit digitalen Medien zur Selbstverständlichkeit im Unterricht wird und leisten ihren spezifischen Beitrag zur Entwicklung der geforderten Kompetenzen.

#### Physik:

#### Übergeordnete Kompetenzerwartungen am Ende der Einführungsphase

#### Schülerinnen und Schüler

- bauen einfache Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen
   Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre qualitativen Beobachtungen und quantitativen Messwerte, (MKR 1.2)
- modellieren Phänomene physikalisch, auch mithilfe einfacher mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, (MKR 1.2)
- recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus, (MKR 2.1, 2.3)
- veranschaulichen Informationen und Daten auch mithilfe digitaler Werkzeuge, (MKR 1.2, 4.1)
- präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien, (MKR 4.1)
- tauschen sich ausgehend vom eigenen Standpunkt mit anderen konstruktiv über physikalische Sachverhalte auch in digitalen kollaborativen Arbeitssituationen aus, (MKR 3.1)
- belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate, (MKR 4.3, 4.4)
- analysieren Informationen und deren Darstellung aus Quellen unterschiedlicher Art hinsichtlich ihrer Relevanz. (MKR 2.3, 5.2)

#### Konkretisierte Kompetenzerwartungen am Ende der Einführungsphase

- 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)
- bewerten die Darstellung bekannter, vorrangig mechanischer Phänomene in verschiedenen Medien bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (B1, B2, K2, K8), (MKR 2.2, 2.3)

• beurteilen Informationen zu verschiedenen Weltbildern und deren Darstellungen aus unterschiedlichen Quellen hinsichtlich ihrer Vertrauenswürdigkeit und Relevanz (B2, K9, K10). (MKR 5.2)

#### Übergeordnete Kompetenzerwartungen am Ende der Qualifikationsphase

#### Schülerinnen und Schüler

- bauen Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen
   Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre qualitativen Beobachtungen und quantitativen Messwerte, (MKR 1.2)
- modellieren Phänomene physikalisch, auch mithilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, wobei sie theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen, (MKR 1.2)
- recherchieren zu physikalischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus, (MKR 2.1, 2.3)
- veranschaulichen Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge, (MKR 1.2, 4.1)
- präsentieren physikalische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien, (MKR 4.1)
- tauschen sich mit anderen konstruktiv über physikalische Sachverhalte auch in digitalen kollaborativen Arbeitssituationen aus, vertreten, reflektieren und korrigieren gegebenenfalls den eigenen Standpunkt, (MKR 3.1)
- prüfen die Urheberschaft, belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate, (MKR 4.3, 4.4)
- beurteilen Informationen und deren Darstellung aus Quellen unterschiedlicher Art hinsichtlich Vertrauenswürdigkeit und Relevanz. (MKR 2.3, 5.2)

#### Konkretisierte Kompetenzerwartungen am Ende der Qualifikationsphase (Grundkurs)

#### Schülerinnen und Schüler

- konzipieren Experimente zur Abhängigkeit der Periodendauer von Einflussgrößen beim Federpendel und werten diese unter Anwendung digitaler Werkzeuge aus (E6, S4, K6), (MKR 1.2)
- untersuchen mithilfe von Simulationen das Verhalten von Quantenobjekten am Doppelspalt (E4, E8, K6, K7). (MKR 1.2)

#### Konkretisierte Kompetenzerwartungen am Ende der Qualifikationsphase (Leistungskurs)

- untersuchen experimentell die Abhängigkeit der Periodendauer und Amplitudenabnahme von Einflussgrößen bei mechanischen und elektromagnetischen harmonischen Schwingungen unter Anwendung digitaler Werkzeuge (E4, S4), (MKR 1.2)
- diskutieren ausgewählte Aspekte der Endlagerung radioaktiver Abfälle unter Berücksichtigung verschiedener Quellen (B2, B4, K2, K10). (MKR 2.1, 2.3)



1. BEDIENEN UND ANWENDEN	2. INFORMIEREN UND RECHERCHIEREN	3. KOMMUNIZIEREN UND KOOPERIEREN	4. PRODUZIEREN UND PRÄSENTIEREN	5. ANALYSIEREN UND REFLEKTIEREN	6. PROBLEMLÖSEN UND MODELLIEREN
1.1 Medienausstattung (Hardware)	2.1 Informationsrecherche	3.1 Kommunikations- und Kooperationsprozesse	4.1 Medienproduktion und Prä- sentation	5.1 Medienanalyse	6.1 Prinzipien der digitalen Welt
Medienausstattung (Hardware) kennen, auswählen und reflektiert anwenden; mit dieser verantwor- tungsvoll umgehen	Informationsrecherchen ziel- gerichtet durchführen und dabei Suchstrategien anwenden	Kommunikations- und Koopera- tionsprozesse mit digitalen Werk- zeugen zielgerichtet gestalten sowie mediale Produkte und Informationen teilen	Medienprodukte adressaten- gerecht planen, gestalten und präsentieren; Möglichkeiten des Veröffentlichens und Teilens kennen und nutzen	Die Vielfalt der Medien, ihre Ent- wicklung und Bedeutungen ken- nen, analysieren und reflektieren	Grundlegende Prinzipien und Funktionsweisen der digitalen Welt identifizieren, kennen, verstehen und bewusst nutzen
1.2 Digitale Werkzeuge	2.2 Informationsauswertung	3.2 Kommunikations- und Kooperationsregeln	4.2 Gestaltungsmittel	5.2 Meinungsbildung	6.2 Algorithmen erkennen
Verschiedene digitale Werkzeu- ge und deren Funktionsumfang kennen, auswählen sowie diese kreativ, reflektiert und zielgerich- tet einsetzen	Themenrelevante Informationen und Daten aus Medienangeboten filtern, strukturieren, umwandeln und aufbereiten	Regeln für digitale Kommuni- kation und Kooperation kennen, formulieren und einhalten	Gestaltungsmittel von Medien- produkten kennen, reflektiert anwenden sowie hinsichtlich ihrer Qualität, Wirkung und Aus- sageabsicht beurteilen	Die interessengeleitete Setzung und Verbreitung von Themen in Medien erkennen sowie in Bezug auf die Meinungsbildung beurteilen	Algorithmische Muster und Struk- turen in verschiedenen Kontexten erkennen, nachvollziehen und reflektieren
1.3 Datenorganisation	2.3 Informationsbewertung	3.3 Kommunikation und Koopera- tion in der Gesellschaft	4.3 Quellendokumentation	5.3 Identitätsbildung	6.3 Modellieren und Programmieren
Informationen und Daten sicher speichern, wiederfinden und von verschiedenen Orten abrufen; Informationen und Daten zu- sammenfassen, organisieren und strukturiert aufbewahren	Informationen, Daten und ihre Quellen sowie dahinterliegende Strategien und Absichten erken- nen und kritisch bewerten	Kommunikations- und Koope- rationsprozesse im Sinne einer aktiven Teilhabe an der Gesell- schaft gestalten und reflektieren; ethische Grundsätze sowie kulturell-gesellschaftliche Normen beachten	Standards der Quellenangaben beim Produzieren und Präsen- tieren von eigenen und fremden Inhalten kennen und anwenden	Chancen und Herausforderungen von Medien für die Realitätswahr- nehmung erkennen und analysie- ren sowie für die eigene Identi- tätsbildung nutzen	Probleme formalisiert beschrei- ben, Problemlösestrategien entwi- ckeln und dazu eine strukturierte, algorithmische Sequenz planen; diese auch durch Programmie- ren umsetzen und die gefundene Lösungsstrategie beurteilen
1.4 Datenschutz und Informationssicherheit	2.4 Informationskritik	3.4 Cybergewalt und -kriminalität	4.4 Rechtliche Grundlagen	5.4 Selbstregulierte Mediennutzung	6.4 Bedeutung von Algorithmen
Verantwortungsvoll mit per- sönlichen und fremden Daten umgehen; Datenschutz, Privat- sphäre und Informationssicherheit beachten	Unangemessene und gefährdende Medieninhalte erkennen und hin- sichtlich rechtlicher Grundlagen sowie gesellschaftlicher Normen und Werte einschätzen; Jugend- und Verbraucherschutz kennen und Hilfs- und Unterstützungs- strukturen nutzen	Persönliche, gesellschaftliche und wirtschaftliche Risiken und Auswirkungen von Cybergewalt und -kriminalität erkennen sowie Ansprechpartner und Reaktions- möglichkeiten kennen und nutzen	Rechtliche Grundlagen des Persönlichkeits- (u.a. des Bild- rechts), Urheber- und Nutzungs- rechts (u.a. Lizenzen) überprü- fen, bewerten und beachten	Medien und ihre Wirkungen be- schreiben, kritisch reflektieren und deren Nutzung selbstver- antwortlich regulieren; andere bei ihrer Mediennutzung unterstützen	Einflüsse von Algorithmen und Auswirkung der Automatisierung von Prozessen in der digitalen Welt beschreiben und reflektieren













