

**Schulinterner Lehrplan  
zum Kernlehrplan für die gymnasiale Oberstufe am  
Johannes-Althusius-Gymnasium Bad Berleburg**

**Physik**

**(Fassung vom 5.5.2026)**

## **Inhalt**

<b>1</b>	<b>Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Entscheidungen zum Unterricht.....</b>	<b>4</b>
2.1	Unterrichtsvorhaben .....	5
2.2	Grundsätze der fachdidaktischen und fachmethodischen Arbeit.....	34
2.3	Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung .....	36
2.4	Lehr- und Lernmittel.....	39
<b>3</b>	<b>Entscheidungen zu fach- oder unterrichtsübergreifenden Fragen.....</b>	<b>40</b>
<b>4</b>	<b>Qualitätssicherung und Evaluation .....</b>	<b>42</b>

# 1 Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit

Im Fach Physik wird an unserer Schule insbesondere das Interesse der Schülerinnen und Schüler an physikalisch-technischen Fragestellungen entwickelt und gestärkt. Darüber hinaus wird an unserer Schule angestrebt, Interesse an einem physikalisch-technischen geprägten Studium oder Beruf zu wecken. In diesem Rahmen sollen u.a. Schülerinnen und Schüler mit besonderen Stärken im Bereich Physik unterstützt werden. Hierbei wird angestrebt, die Lernenden in ihrer Kompetenzentwicklung optimal zu fördern.

Die Einführung von stufen- und fachbezogenen Lehrkräfteteams hat die Abstimmung in Experimentier-, Unterrichts- und Erziehungsfragen wesentlich verbessert. Fachteams erarbeiten gemeinsam Materialien für das Fach auf Stufenebene und bereiten gemeinsam Experimente vor. Der Unterricht wird – soweit möglich – auf der Stufenebene parallelisiert. Auch in der Oberstufe ist der Austausch zu Inhalten, methodischen Herangehensweisen und zu fachdidaktischen Problemen intensiv.

Schrittweise werden Möglichkeiten für die Durchführung von Realexperimenten (Schüler- wie Demonstrationsexperimente) an geeigneten Stellen geschaffen. Darüber hinaus setzen wir Schwerpunkte in der Nutzung von neuen Medien, wozu ein regelmäßiger kollegiumsinterner Austausch stattfindet (Best Practice-Beispiele). Im Fach Physik gehört dazu auch die Erfassung von Daten und Messwerten mit modernen digitalen Medien und Sensoren.

## **Fachliche Bezüge zu schulischen Standards zum Lehren und Lernen**

*zum Beispiel (ggf. mit Verweis auf entsprechende Unterrichtsvorhaben)*

- *kooperative Lernformen*
- *sprachsensibler Fachunterricht*
- *Kontextorientierung*
- *eigenständige Projektvorhaben*

## **Fachliche Bezüge zu den Rahmenbedingungen des schulischen Umfelds**

### **Fachliche Zusammenarbeit mit außerschulischen Partnern**

- *Es bietet sich der Besuch der Showvorlesung der Universität Siegen an, falls diese aktuell angeboten wird. Das Angebot ist leider nicht jährlich.*

## **2 Entscheidungen zum Unterricht**

## 2.1 Unterrichtsvorhaben

In der nachfolgenden Übersicht über die *Unterrichtsvorhaben* wird die für alle Lehrerinnen und Lehrer gemäß Fachkonferenzbeschluss verbindliche Verteilung der Unterrichtsvorhaben dargestellt. Die Übersicht dient dazu, für die einzelnen Jahrgangsstufen allen am Bildungsprozess Beteiligten einen schnellen Überblick über Themen bzw. Fragestellungen der Unterrichtsvorhaben unter Angabe besonderer Schwerpunkte in den Inhalten und in der Kompetenzentwicklung zu verschaffen.

Der ausgewiesene Zeitbedarf versteht sich als grobe Orientierungsgröße, die nach Bedarf über- oder unterschritten werden kann. Der schulinterne Lehrplan ist so gestaltet, dass er zusätzlichen Spielraum für Vertiefungen, besondere Interessen von Schülerinnen und Schülern, aktuelle Themen bzw. die Erfordernisse anderer besonderer Ereignisse (z.B. Praktika, Studienfahrten o.Ä.) belässt. Abweichungen über die notwendigen Absprachen hinaus sind im Rahmen des pädagogischen Gestaltungsspielraumes der Lehrkräfte möglich. Sicherzustellen bleibt allerdings auch hier, dass im Rahmen der Umsetzung der Unterrichtsvorhaben insgesamt alle Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Berücksichtigung finden.

## Übersicht der Unterrichtsvorhaben - Tabellarische Übersicht (SiLp)

32	Grundlagen der Mechanik: Kinematik	
	Die Lernenden...	
gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),</li> <li>• erläutern die Bedeutung von Bezugssystemen bei der Beschreibung von Bewegungen (S2, S3, K4),</li> </ul>	1.1 Beschreiben von Bewegungen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• interpretieren die Messdatenauswertung von Bewegungen unter qualitativer Berücksichtigung von Messunsicherheiten (E7, S6, K9),</li> <li>• beurteilen die Güte digitaler Messungen von Bewegungsvorgängen mithilfe geeigneter Kriterien (B4, B5, E7, K7),</li> </ul>	Methode: Umgang mit Messunsicherheiten
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),</li> <li>• ermitteln anhand von Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E6, E4, S6, K6),</li> <li>• planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Bewegungen (E5, S5),</li> </ul>	1.2 Geradlinige Bewegungen mit konstanter Geschwindigkeit
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• begründen die Auswahl relevanter Größen bei der Analyse von Bewegungen (E3, E8, S5, K4),</li> <li>• ermitteln anhand von Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E6, E4, S6, K6),</li> <li>• bestimmen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen mithilfe mathematischer Verfahren und digitaler Werkzeuge (E4, S7)</li> </ul>	Methode: Koordinatentransformation beim Wechsel des Bezugssystems
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ermitteln anhand von Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E6, E4, S6, K6),</li> <li>• bestimmen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen mithilfe mathematischer Verfahren und digitaler Werkzeuge (E4, S7),</li> <li>• interpretieren die Messdatenauswertung von Bewegungen unter qualitativer Berücksichtigung von Messunsicherheiten (E7, S6, K9),</li> </ul>	Training: Bewegungen mit konstanter Geschwindigkeit
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),</li> </ul>	Experiment: Untersuchung nicht gleichförmiger Bewegungen

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Bewegungen (E5, S5),</li> <li>• ermitteln anhand von Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E6, E4, S6, K6),</li> </ul>	
freier Fall	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),</li> <li>• unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrunde liegende Ursachen auch am waagerechten Wurf (S2, S3, S4, S7),</li> <li>• begründen die Auswahl relevanter Größen bei der Analyse von Bewegungen (E3, E8, S5, K4),</li> </ul>	1.2 Geradlinige Bewegungen mit veränderlicher Geschwindigkeit	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bestimmen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen mithilfe mathematischer Verfahren und digitaler Werkzeuge (E4, S7)</li> <li>• planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Bewegungen (E5, S5),</li> <li>• beurteilen die Güte digitaler Messungen von Bewegungsvorgängen mithilfe geeigneter Kriterien (B4, B5, E7, K7),</li> </ul>	Methode: Auswerten von Beschleunigungsvorgängen	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ermitteln anhand von Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E6, E4, S6, K6),</li> <li>• bestimmen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen mithilfe mathematischer Verfahren und digitaler Werkzeuge (E4, S7).</li> </ul>	Training: Bewegungen mit veränderlicher Geschwindigkeit	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ermitteln anhand von Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E6, E4, S6, K6),</li> <li>• begründen die Auswahl relevanter Größen bei der Analyse von Bewegungen (E3, E8, S5, K4),</li> </ul>	Experiment: Untersuchung von Fallbewegungen	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrunde liegende Ursachen auch am waagerechten Wurf (S2, S3, S4, S7),</li> <li>• erläutern qualitativ die Auswirkungen von Reibungskräften bei realen Bewegungen (S1, S2, K4).</li> </ul>	1.4 Fallbewegungen	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• modellieren Phänomene physikalisch, auch mithilfe einfacher mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge (E4),</li> <li>• veranschaulichen Informationen und Daten auch mithilfe digitaler Werkzeuge (K6),</li> </ul>	Methode: Die numerische Rechenmethode durch Schrittverfahren	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ermitteln anhand von Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E6, E4, S6, K6),</li> </ul>		

- |  |                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>• veranschaulichen Informationen und Daten auch mithilfe digitaler Werkzeuge (K6),</li><li>• beurteilen die Güte digitaler Messungen von Bewegungsvorgängen mithilfe geeigneter Kriterien (B4, B5, E7, K7),</li></ul> |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Kreisbewegung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrunde liegende Ursachen auch am waagerechten Wurf (S2, S3, S4, S7),</li> <li>• bestimmen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen mithilfe mathematischer Verfahren und digitaler Werkzeuge (E4, S7).</li> </ul>	Training: Freier Fall und Kreisbewegung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzerlegung bzw. Vektoraddition dar (S1, S7, K7),</li> <li>• erläutern die Bedeutung von Bezugssystemen bei der Beschreibung von Bewegungen (S2, S3, K4),</li> </ul>	Bewegungen in zwei Dimensionen
		Methode: Regeln für den Umgang mit Vektoren
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),</li> <li>• stellen Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzerlegung bzw. Vektoraddition dar (S1, S7, K7),</li> <li>• unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrunde liegende Ursachen auch am waagerechten Wurf (S2, S3, S4, S7),</li> </ul>	1.6 Wurfbewegungen
		Methode: Konstruktion von Bahnkurven beim schiefen Wurf
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern auch quantitativ die kinematischen Größen der gleichförmigen Kreisbewegung Radius, Drehwinkel, Umlaufzeit, Umlauffrequenz, Bahngeschwindigkeit, Winkelgeschwindigkeit und Zentripetalbeschleunigung sowie deren Beziehungen zueinander (S1, S7, K4),</li> <li>• begründen die Auswahl relevanter Größen bei der Analyse von Bewegungen (E3, E8, S5, K4),</li> <li>• bestimmen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen mithilfe mathematischer Verfahren und digitaler Werkzeuge (E4, S7)</li> </ul>	1.7 Die Kreisbewegung
		1.8 Beschleunigung bei der Kreisbewegung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrunde liegende Ursachen auch am waagerechten Wurf (S2, S3, S4, S7),</li> <li>• stellen Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzerlegung bzw. Vektoraddition dar (S1, S7, K7),</li> <li>• ermitteln anhand von Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E6, E4, S6, K6),</li> </ul>	Methode: Herleitung der Zentripetalbeschleunigung
Training: Freier Fall und Kreisbewegung		

16	Grundlagen der Mechanik: Dynamik		
	Die Lernenden...		
	<p>beschleunigende Kräfte Kräftegleichgewicht Reibungskräfte Newton'sche Gesetze</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, S4, K7),</li> <li>• erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),</li> </ul>	2.1 Kräfte
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern qualitativ die Auswirkungen von Reibungskräften bei realen Bewegungen (S1, S2, K4),</li> <li>• stellen Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzerlegung bzw. Vektoraddition dar (S1, S7, K7),</li> </ul>	2.2 Reibung
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, S4, K7),</li> <li>• erklären mithilfe von Erhaltungssätzen sowie den Newton'schen Gesetzen Bewegungen (S1, E2, K4),</li> </ul>	2.3 Trägheit
	Newton'sche Gesetze	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ermitteln anhand von Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E6, E4, S6, K6),</li> </ul>	Experiment: Kräfte beschleunigen Körper
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• untersuchen Bewegungen mithilfe von Erhaltungssätzen sowie des Newton'schen Kraftgesetzes (E4, K4),</li> <li>• erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),</li> </ul>	2.4 Kraft, Masse, Beschleunigung
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären mithilfe von Erhaltungssätzen sowie den Newton'schen Gesetzen Bewegungen (S1, E2, K4),</li> </ul>	Experiment: Untersuchung der Wechselwirkung von Körpern
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, S4, K7),</li> </ul>	2.5 Kraft und Gegenkraft
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),</li> </ul>	Exkurs: Die Newton'schen Axiome
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• interpretieren Messergebnisse aus Experimenten zur quantitativen Untersuchung der Zentripetalkraft (E4, E6, S6, K9),</li> <li>• konzipieren erste Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung unter Beachtung der Variablenkontrolle (E5).</li> </ul>	Training: Kräfte, Massen und Beschleunigung
			Experiment: Untersuchung von Kreisbewegungen

12	Die Lernenden...	
Gleichförmige Kreisbewegung Zentripetalkraft	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben quantitativ die bei einer gleichförmigen Kreisbewegung wirkende Zentripetalkraft in Abhängigkeit der Beschreibungsgrößen dieser Bewegung (S1, K3),</li> <li>• stellen Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenzerlegung bzw. Vektoraddition dar (S1, S7, K7),</li> </ul>	2.6 Kräfte bei der Kreisbewegung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• konzipieren erste Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung unter Beachtung der Variablenkontrolle (E5).</li> <li>• bestimmen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen mithilfe mathematischer Verfahren und digitaler Werkzeuge (E4, S7).</li> </ul>	Experiment: Einsatz von Apps zur Messung physikalischer Größen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bewerten Ansätze aktueller und zukünftiger Mobilitätsentwicklung unter den Aspekten Sicherheit und mechanischer Energiebilanz (B3, B6, B7, E1, K5),</li> </ul>	Exkurs: Kreisbewegungen im Verkehr
	<p>(Ergänzende Inhalte)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären mithilfe von Erhaltungssätzen sowie den Newton'schen Gesetzen Bewegungen (S1, E2, K4),</li> <li>• erläutern die Bedeutung von Bezugssystemen bei der Beschreibung von Bewegungen (S2, S3, K4),</li> <li>• analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, S4, K7),</li> </ul>	Exkurs: Scheinkräfte
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern auch quantitativ die kinematischen Größen der gleichförmigen Kreisbewegung Radius, Drehwinkel, Umlaufzeit, Umlauffrequenz, Bahngeschwindigkeit, Winkelgeschwindigkeit und Zentripetalbeschleunigung sowie deren Beziehungen zueinander (S1, S7, K4),</li> <li>• erläutern qualitativ die Auswirkungen von Reibungskräften bei realen Bewegungen (S1, S2, K4).</li> </ul>	2.7 Rotation von Körpern 2.8 Das Trägheitsmoment Training: Kreis- und Drehbewegungen

18	Grundlagen der Mechanik: Erhaltungssätze	
	Die Lernenden...	
Energie (Lage-, Bewegungs- und Spannenergie) Energiebilanzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, S4, K7),</li> <li>erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),</li> </ul>	3.1 Energieerhaltung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>ermitteln anhand von Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E6, E4, S6, K6),</li> <li>planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Bewegungen (E5, S5),</li> <li>konzipieren geeignete Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung unter Beachtung der Variablenkontrolle (E5).</li> </ul>	Experiment: Die Bewegungsenergie
	<ul style="list-style-type: none"> <li>analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, S4, K7),</li> <li>untersuchen Bewegungen mithilfe von Erhaltungssätzen sowie des Newton'schen Kraftgesetzes (E4, K4),</li> </ul>	Experiment: Die Spannenergie
	<ul style="list-style-type: none"> <li>analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, S4, K7),</li> <li>untersuchen Bewegungen mithilfe von Erhaltungssätzen sowie des Newton'schen Kraftgesetzes (E4, K4),</li> </ul>	3.2 Anwendung des Energiekonzepts
	<ul style="list-style-type: none"> <li>analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, S4, K7),</li> <li>erklären mithilfe von Erhaltungssätzen sowie den Newton'schen Gesetzen Bewegungen (S1, E2, K4),</li> </ul>	Methode: Problemlösung mit dem Energiekonzept
	<ul style="list-style-type: none"> <li>analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, S4, K7),</li> <li>erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),</li> </ul>	Training: Energieüberführung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),</li> </ul>	3.3 Energieübertragung 3.4 Die Leistung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl anhand wirkender Kräfte als auch aus energetischer Sicht (S1, S3, S4, K7),</li> </ul>	Training: Energie, Arbeit und Leistung

Impuls Stoßvorgänge	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Impuls- und Energieübertragung (S1, S2, K3),</li> </ul>	3.5 Impuls
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ermitteln anhand von Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E6, E4, S6, K6),</li> <li>• konzipieren geeignete Experimente und Auswertungen zur Untersuchung einer physikalischen Fragestellung unter Beachtung der Variablenkontrolle (E5).</li> </ul>	Experiment: Untersuchung von Stoßvorgängen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Impuls- und Energieübertragung (S1, S2, K3),</li> </ul>	3.6 Impuls und Kraft
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bewerten Ansätze aktueller und zukünftiger Mobilitätsentwicklung unter den Aspekten Sicherheit und mechanischer Energiebilanz (B3, B6, B7, E1, K5),</li> </ul>	Exkurs: Kraftverlauf bei einem Unfall
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (Ergänzende Inhalte)</li> <li>• erläutern auch quantitativ die kinematischen Größen der gleichförmigen Kreisbewegung Radius, Drehwinkel, Umlaufzeit, Umlauffrequenz, Bahngeschwindigkeit, Winkelgeschwindigkeit und Zentripetalbeschleunigung sowie deren Beziehungen zueinander (S1, S7, K4),</li> <li>• erklären Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien, Modellen und Gesetzen auch auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens (S1),</li> </ul>	3.7 Drehimpuls und Drehimpulserhaltung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bestimmen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen mithilfe mathematischer Verfahren und digitaler Werkzeuge (E4, S7).</li> <li>• untersuchen Bewegungen mithilfe von Erhaltungssätzen sowie des Newton'schen Kraftgesetzes (E4, K4),</li> </ul>	Exkurs: Rotation um freie Achsen  Training: Impuls und Kraftübertragung

14	Kreisbewegung, Gravitation und physikalische Weltbilder: Wandel physikalischer Weltbilder und Gravitation	
	Die Lernenden ...	
	<p>geo- und heliozentrische Weltbilder</p> <p>Kepler'sche Gesetze Schwerkraft Newton'sches Gravitationsgesetz</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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),</li> <li>ordnen die Bedeutung des Wandels vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild für die Emanzipation der Naturwissenschaften von der Religion ein (B8, K3),</li> <li>beurteilen Informationen zu verschiedenen Weltbildern und deren Darstellungen aus unterschiedlichen Quellen hinsichtlich ihrer Vertrauenswürdigkeit und Relevanz (B2, K9, K10).</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Newton'schen Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E4, E8, E10),</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern auch quantitativ die kinematischen Größen der gleichförmigen Kreisbewegung Radius, Drehwinkel, Umlaufzeit, Umlauffrequenz, Bahngeschwindigkeit, Winkelgeschwindigkeit und Zentripetalbeschleunigung sowie deren Beziehungen zueinander (S1, S7, K4),</li> <li>beschreiben quantitativ die bei einer gleichförmigen Kreisbewegung wirkende Zentripetalkraft in Abhängigkeit der Beschreibungsgrößen dieser Bewegung (S1, K3),</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>deuten eine vereinfachte Darstellung des Cavendish-Experiments qualitativ als direkten Nachweis der allgemeinen Massenanziehung (E3, E6),</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>bestimmen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen mithilfe mathematischer Verfahren und digitaler Werkzeuge (E4, S7).</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern auch quantitativ die kinematischen Größen der gleichförmigen Kreisbewegung Radius, Drehwinkel, Umlaufzeit, Umlauffrequenz, Bahngeschwindigkeit, Winkelgeschwindigkeit und Zentripetalbeschleunigung sowie deren Beziehungen zueinander (S1, S7, K4),</li> <li>beschreiben quantitativ die bei einer gleichförmigen Kreisbewegung wirkende Zentripetalkraft in Abhängigkeit der Beschreibungsgrößen dieser Bewegung (S1, K3),</li> </ul>
		4.1 Weltmodelle
		4.2 Bewegungen am Himmel
		4.3 Das Gravitationsgesetz
		Experiment: Bestimmung der Gravitationskonstanten nach Cavendish
		Exkurs: Das Entstehen der Gezeiten
		Methode: Punktweise Berechnung von Planetenbahnen
		Training: Gravitationsgesetz und Gravitationskräfte

Gravitationsfeld	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Abhängigkeiten der Massenanziehungskraft zweier Körper anhand des Newton'schen Gravitationsgesetzes im Rahmen des Feldkonzepts (S2, S3, K4),</li> <li>• erläutern die Größen Ort, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Energie, Leistung, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (S1, K4),</li> </ul>	4.4 Das Gravitationsfeld
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben quantitativ die bei einer gleichförmigen Kreisbewegung wirkende Zentripetalkraft in Abhängigkeit der Beschreibungsgrößen dieser Bewegung (S1, K3),</li> <li>• untersuchen Bewegungen mithilfe von Erhaltungssätzen sowie des Newton'schen Kraftgesetzes (E4, K4),</li> <li>• erläutern die Abhängigkeiten der Massenanziehungskraft zweier Körper anhand des Newton'schen Gravitationsgesetzes im Rahmen des Feldkonzepts (S2, S3, K4),</li> </ul>	Training: Gravitationsfeld und Potenzial
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien, Modellen und Gesetzen auch auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens (S1),</li> </ul>	Exkurs: Felder

10	Kreisbewegung, Gravitation und physikalische Weltbilder: Wandel physikalischer Weltbilder	5 Relativitätstheorie
	Die Lernenden...	
<p>Grundprinzipien der speziellen Relativitätstheorie</p> <p>Zeitdilatation</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Bedeutung von Bezugssystemen bei der Beschreibung von Bewegungen (S2, S3, K4),</li> </ul>	<p>5.1 Ereignisse, Bezugssysteme und Beobachter</p> <p>Exkurs: Synchronisation von Uhren</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Bedeutung der Invarianz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (S2, S3, K4),</li> </ul>	<p>5.2 Die Einstein'schen Postulate</p> <p>Experiment: Das Michelson-Morley-Experiment</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Bedeutung von Bezugssystemen bei der Beschreibung von Bewegungen (S2, S3, K4),</li> </ul>	<p>5.3 Relativität der Gleichzeitigkeit</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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).</li> <li>• ziehen das Ergebnis des Gedankenexperiments der Lichtuhr zur Widerlegung der absoluten Zeit heran (E9, E11, K9, B1).</li> </ul>	<p>5.4 Zeitdilatation</p> <p>Exkurs: Das Hafele-Keating-Experiment</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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).</li> <li>• ziehen das Ergebnis des Gedankenexperiments der Lichtuhr zur Widerlegung der absoluten Zeit heran (E9, E11, K9, B1).</li> </ul>	<p>5.5 Längenkontraktion</p> <p>Methode: Gedankenexperimente</p> <p>Exkurs: Die Raumzeit</p> <p>Experiment: Thermoskannenversuch zum Myonenzerfall</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Bedeutung von Bezugssystemen bei der Beschreibung von Bewegungen (S2, S3, K4),</li> <li>• erläutern die Bedeutung der Invarianz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (S2, S3, K4),</li> </ul>	<p>Training: Relativität der Gleichzeitigkeit, Zeitdilatation und Längenkontraktion</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Konzepten, übergeordneten Prinzipien, Modellen und Gesetzen (S1),</li> </ul>	<p>Exkurs: Orientierung und Positionsbestimmung mit Satellitennavigation</p>

### Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase - Grundkurs (ca. 242 Stunden)

Wiederholung
--------------

<b>Klassische Wellen</b>		
Die Lernenden...		
Mechanische harmonische Schwingungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen, deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit sowie deren Zusammenhänge (S1, S3),</li> <li>• ordnen dem zeitlichen Verlauf von Elongation, Geschwindigkeit und Beschleunigung deren Funktionsgleichungen zu und wenden diese an (E4, E6, S3),</li> </ul>	Experiment: Schwingung eines Federpendels 2.1 Merkmale von Schwingungen Experiment: Ermittlung von Periodendauern 2.2 Energie von Schwingungen 2.3 Fadenpendel Training: Harmonische Schwingungen
Federpendel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ordnen dem zeitlichen Verlauf von Elongation, Geschwindigkeit und Beschleunigung deren Funktionsgleichungen zu und wenden diese an (E4, E6, S3),</li> </ul>	Methode: Die Ableitung in der Physik Methode: Schwingungen in der Zeigerdarstellung Methode: Modellbildung zur Schwingung eines Federpendels Training: Harmonische Schwingungen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen, deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit sowie deren Zusammenhänge (S1, S3),</li> <li>• konzipieren Experimente zur Abhängigkeit der Periodendauer von Einflussgrößen beim Federpendel und werten diese unter Anwendung digitaler Werkzeuge aus (E6, S4, K6),</li> </ul>	Experiment: Schwingung eines Federpendels 2.1 Merkmale von Schwingungen Experiment: Ermittlung von Periodendauern Experiment: Resonanz 2.4 Erzwungene Schwingungen 2.5 Überlagerung von Schwingungen Training: Überlagerung von Schwingungen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern am Beispiel des Federpendels Energieumwandlungen harmonischer Schwingungen (S1, S2, K4),</li> </ul>	2.2 Energie von Schwingungen Training: Harmonische Schwingungen 2.4 Erzwungene Schwingungen Training: Überlagerung von Schwingungen
		Rückblick: Zusammenfassung
<b>Klassische Wellen</b>		
<b>3 Wellen</b>		
Mechanische harmonische Wellen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Wellen, deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit sowie deren Zusammenhänge (S1, S3),</li> </ul>	3.1 Entstehung von Wellen 3.2 Harmonische Wellen Methode: Mathematische Beschreibung von Wellen Training: Beschreibung und Ausbreitung von Wellen

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die lineare Polarisierung als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8),</li> </ul>	3.1 Entstehung von Wellen Exkurs: Erdbeben und Tsunamis
	Superposition und Polarisierung von Wellen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Wellen, deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit sowie deren Zusammenhänge (S1, S3),</li> <li>• beurteilen Maßnahmen zur Störgeräuschreduzierung hinsichtlich deren Eignung (B7, K1, K5).</li> </ul>	3.3 Überlagerung von Wellen Exkurs: Aktiver Lärmschutz: Laut + Laut = Leise Training: Überlagerung von Wellen
	Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären mithilfe der Superposition stehende Wellen (S1, E6, K3),</li> </ul>	3.3 Überlagerung von Wellen Experiment: Erzeugung stehender Wellen 3.5 Stehende Wellen Training: Überlagerung von Wellen
		<ul style="list-style-type: none"> <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>	Experiment: Ausbreitung von Wasserwellen 3.6 Das Huygens'sche Prinzip
	Superposition und Polarisierung von Wellen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Wellen, deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit sowie deren Zusammenhänge (S1, S3),</li> <li>• erklären mithilfe der Superposition stehende Wellen (S1, E6, K3),</li> </ul>	Experiment: Versuche mit Ultraschall 3.7 Ultraschall
			Rückblick: Zusammenfassung
<b>Teilchen in Feldern</b>			<b>4 Elektrisches Feld</b>
	Die Lernenden...		
	Elektrische Felder, elektrische Feldstärke	<ul style="list-style-type: none"> <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> <li>• stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern sowie magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6),</li> </ul>	4.1 Die elektrische Ladung Experiment: Ladungsmessung Methode: Die Fläche unter einer Kurve – Ermittlung einer Ladung Experiment: Die elektrische Feldstärke 4.2 Das elektrische Feld Training: Elektrische Ladung, elektrisches Feld

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern sowie magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6),</li> <li>• entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzips elektrische und magnetische Feldlinienbilder (E4, E6),</li> </ul>	<p>4.3 Das Coulomb'sche Gesetz / Exkurs: Elektrische Filter für die Rauchgasreinigung Methode: Bestimmung funktionaler Zusammenhänge durch Regression</p> <p>4.4 Superposition von Feldern Training: Elektrische Ladung, elektrisches Feld</p>
	Elektrische Spannung	<ul style="list-style-type: none"> <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> <li>• erläutern am Beispiel des Plattenkondensators den Zusammenhang zwischen elektrischer Spannung und elektrischer Feldstärke im homogenen elektrischen Feld (S3),</li> </ul>	<p>4.5 Energie und Spannung im elektrischen Feld Training: Energie und Spannung</p>
	Auf- und Entladevorgang am Kondensator	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern am Beispiel des Plattenkondensators den Zusammenhang zwischen elektrischer Spannung und elektrischer Feldstärke im homogenen elektrischen Feld (S3),</li> <li>• beschreiben die Kapazität als Kenngröße eines Kondensators und bestimmen diese für den Spezialfall des Plattenkondensators in Abhängigkeit seiner geometrischen Daten und der Dielektrizitätszahl (S1, S3),</li> <li>• beurteilen den Einsatz des Kondensators als Energiespeicher in ausgewählten alltäglichen Situationen (B3, B4, K9),</li> </ul>	<p>Experiment: Eigenschaften des Kondensators</p> <p>4.6 Der Kondensator, ein Ladungsspeicher Exkurs: Blitze und Gewitter Training: Kondensatoren</p>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern am Beispiel des Plattenkondensators den Zusammenhang zwischen elektrischer Spannung und elektrischer Feldstärke im homogenen elektrischen Feld (S3),</li> <li>• untersuchen den Auf- und Entladevorgang bei Kondensatoren unter Anleitung experimentell (S4, S6, K6).</li> <li>• modellieren mathematisch den zeitlichen Verlauf der Stromstärke bei Auf- und Entladevorgängen bei Kondensatoren unter Berücksichtigung des Widerstandes und der Kapazität (E4, E6, S7)</li> <li>• interpretieren den Flächeninhalt zwischen Graph und Abszissenachse im <math>Q-U</math>-Diagramm als Energiegehalt des Plattenkondensators (E6, K8).</li> </ul>	<p>Experiment: Aufladen und Entladen von Kondensatoren</p> <p>4.6 Der Kondensator im Stromkreis Training: Kondensatoren</p>

	Bahnformen von geladenen Teilchen in homogenen Feldern	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern am Fadenstrahlrohr die Erzeugung freier Elektronen durch den glühelektrischen Effekt,</li> <li>• berechnen Geschwindigkeitsänderungen von Ladungsträgern nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (S1, S3, K3),</li> <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>	4.7 Ladungsträger im elektrischen Feld Exkurs: Ablenkung in einer Elektronenstrahlröhre Training: Ladungsträger im elektrischen Feld
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• schließen aus der statistischen Auswertung einer vereinfachten Version des Millikan-Versuchs auf die Existenz einer kleinsten Ladung (E3, E11, K8),</li> </ul>	Experiment: Die Ladung des Elektrons – der Millikan-versuch 4.9 Nachweis der Elementarladung Training: Ladungsträger im elektrischen Feld
			Rückblick: Zusammenfassung
<b>Teilchen in Feldern</b>		<b>5 Magnetisches Feld</b>	
	Magnetische Felder, magnetische Flussdichte	<ul style="list-style-type: none"> <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> <li>• stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern sowie magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6),</li> </ul>	5.1 Das magnetische Feld Experiment: Die magnetische Feldstärke 5.2 Quantitative Beschreibung des Magnetfeldes Training: Magnetfeld und Lorentzkraft
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern sowie magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6),</li> <li>• entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzips elektrische und magnetische Feldlinienbilder (E4, E6),</li> <li>• wenden eine Messmethode zur Bestimmung der magnetischen Flussdichte an (E3, K6),</li> </ul>	5.3 Der Hall-Effekt 5.4 Magnetische Felder spezieller Leiteranordnungen Experiment: Untersuchung der Magnetfelder in Spulen Training: Magnetfelder von Spulen und Hall-Effekt
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern am Fadenstrahlrohr die Beschleunigung freier Elektronen beim Durchlaufen eines elektrischen Felds sowie deren Ablenkung im homogenen magnetischen Feld durch die Lorentzkraft (S4, S6, E6, K5).</li> <li>• modellieren mathematisch die Beobachtungen am Fadenstrahlrohr und ermitteln aus den Messergebnissen die Elektronenmasse (E4, E9, K7)</li> <li>• beurteilen die Schutzwirkung des Erdmagnetfeldes gegen den Strom geladener Teilchen aus dem Weltall (B4, K3)</li> </ul>	Experiment: Bestimmung der Elektronenmasse 5.5 Elektronen haben eine Masse Exkurs: Geladene Teilchen in Feldern Training: Ladungsträger im Magnetfeld

		<ul style="list-style-type: none"> <li>erschließen sich die Funktionsweise des Zyklotrons auch mithilfe von Simulationen (E1, E10, S1, K1).</li> </ul>	Experiment: Zyklotron-Experimente
			Rückblick: Zusammenfassung
	<b>Elektrodynamik und Energieübertragung</b>		<b>6 Induktion</b>
	Die Lernenden...		
	Elektromagnetische Induktion, Induktionsgesetz	<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern das Auftreten von Induktionsspannungen am Beispiel der Leiterschaukel durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (S3, S4, K4),</li> <li>führen Induktionserscheinungen bei einer Leiterschleife auf die zeitliche Änderung der magnetischen Flussdichte oder die zeitliche Änderung der durchsetzten Fläche zurück (S1, S2, K4),</li> <li>interpretieren die mit einem Oszilloskop bzw. Messwerterfassungssystem aufgenommenen Daten bei elektromagnetischen Induktions- und Schwingungsversuchen unter Rückbezug auf die experimentellen Parameter (E6, E7, K9),</li> <li>modellieren mathematisch das Entstehen von Induktionsspannungen für die beiden Spezialfälle einer zeitlich konstanten Fläche und einer zeitlich konstanten magnetischen Flussdichte (E4, E6, K7),</li> <li>beschreiben das Induktionsgesetz mit der mittleren Änderungsrate und in differentieller Form des magnetischen Flusses (S7),</li> </ul>	<p>Experiment: Erzeugung einer Induktionsspannung an einer Leiterschaukel</p> <p>6.1 Elektrische Spannung durch Magnetfelder</p> <p>Methode: Induktionsspannung und Differenzialrechnung</p> <p>Methode: Einsatz von Messwerterfassungssystemen</p> <p>Training: Spannungserzeugung und Selbstinduktion</p>
		<ul style="list-style-type: none"> <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>	<p>Experiment: Der Thomson'sche Ringversuch</p> <p>6.2 Die Lenz'sche Regel</p> <p>Exkurs: Wirbelströme</p> <p>6.3 Selbstinduktion</p> <p>6.4 Die Spule als Energiespeicher</p> <p>Training: Spannungserzeugung und Selbstinduktion</p>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>beurteilen das Potential der Energierückgewinnung auf Basis von Induktionsphänomenen bei elektrischen Antriebssystemen (K2).</li> <li>beurteilen ausgewählte Beispiele zur Energiebereitstellung und -umwandlung unter technischen und ökologischen Aspekten (B3, B6, K8, K10),</li> </ul>	<p>Exkurs: Wirbelströme</p> <p>Exkurs: Energierückführung durch elektromagnetische Induktion</p>

	Energieübertragung: Generator, Wechselspannung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• führen Induktionserscheinungen bei einer Leiterschleife auf die zeitliche Änderung der magnetischen Flussdichte oder die zeitliche Änderung der durchsetzten Fläche zurück (S1, S2, K4),</li> <li>• modellieren mathematisch das Entstehen von Induktionsspannungen für die beiden Spezialfälle einer zeitlich konstanten Fläche und einer zeitlich konstanten magnetischen Flussdichte (E4, E6, K7),</li> <li>• erklären das Entstehen von sinusförmigen Wechselspannungen in Generatoren mithilfe des Induktionsgesetzes (E6, E10, K3, K4),</li> </ul>	<p>Experiment: Leiterschleifen im Magnetfeld          6.5 Wechselspannung und Wechselstrom          6.6 Elektrische Energie, Leistung und Wirkungsgrad          Methode: Mathematische Beschreibung der Wechselspannung          Experiment: Kondensator oder Spule im Wechselstromkreis          6.7 Wechselstromkreis mit Kondensator oder Spule          Methode: Mathematische Betrachtung des Wechselstromkreises          Exkurs: Drehstrom          Training: Wechselstromkreis und Transformator</p>
	Energieübertragung: Transformator	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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),</li> </ul>	<p>Experiment: Messungen am Transformator          6.8 Der Transformator          Training: Wechselstromkreis und Transformator</p>
	Energieübertragung: elektromagnetische Schwingung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären am physikalischen Modellexperiment zu Freileitungen technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie (S1, S3, K8),</li> <li>• beurteilen ausgewählte Beispiele zur Energiebereitstellung und -umwandlung unter technischen und ökologischen Aspekten (B3, B6, K8, K10),</li> </ul>	<p>Experiment: Modellexperiment zu Freileitungen          6.9 Energieversorgung</p>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• interpretieren die mit einem Messwerterfassungssystem aufgenommenen Daten bei elektromagnetischen Induktions- und Schwingungsversuchen unter Rückbezug auf die experimentellen Parameter (E6, E7, K9),</li> <li>• erläutern qualitativ die bei einer elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (S1, S4, E4),</li> </ul>	<p>Experiment: Untersuchung eines elektromagnetischen Schwingkreises          6.10 Der elektromagnetische Schwingkreis          Methode: Herleitung der Thomson'schen Schwingungsgleichung          Methode: Vergleich von mechanischen und elektromagnetischen Schwingungen</p>
			Rückblick: Zusammenfassung

Klassische Wellen		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>weisen anhand des Interferenzmusters bei Doppelspalt- und Gitterversuchen mit mono- und polychromatischem Licht die Wellennatur des Lichts nach und bestimmen daraus Wellenlängen (E7, E8, K4),</li> </ul>	Experiment: Untersuchung von Licht am Doppelspalt 7.1 Interferenzen am Doppelspalt 7.2 Modelle des Lichtes 7.3 Die Geschwindigkeit des Lichtes Experiment: Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit nach Foucault 7.4 Übergang vom Doppelspalt zum optischen Gitter Experiment: Bestimmung der Wellenlänge von Licht Training: Lichtgeschwindigkeit und Interferenz 7.7 Röntgenstrahlung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern die lineare Polarisation als Unterscheidungsmerkmal von Longitudinal- und Transversalwellen (S2, E3, K8),</li> <li>ordnen verschiedene Frequenzbereiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6),</li> </ul>	Experiment: Untersuchung der Polarisation von Licht 7.6 Polarisation des Lichtes 7.9 Das Spektrum elektromagnetischer Strahlung Training: Polarisation des Lichtes und elektromagnetische Strahlung
		Rückblick: Zusammenfassung
Quantenobjekte		8 Quantenobjekte
Photon und Elektron als Quantenobjekte: Wellen- und Teilchenmodell	<ul style="list-style-type: none"> <li>stellen die Lichtquanten- und De-Broglie-Hypothese sowie deren Unterschied zur klassischen Betrachtungsweise dar (S1, S2, E8, K4),</li> <li>wenden die De-Broglie-Beziehung an, um das Beugungsbild beim Doppelspaltversuch mit Elektronen quantitativ zu erklären (S1, S5, E6, K9),</li> <li>erläutern die Determiniertheit der Zufallsverteilung der diskreten Energieabgabe beim Doppelspaltexperiment mit stark intensitätsreduziertem Licht (S3, E6, K3),</li> <li>untersuchen mithilfe von Simulationen das Verhalten von Quantenobjekten am Doppelspalt (E4, E8, K6, K7),</li> </ul>	8.1 Quantenobjekte Experiment: Interferenz von Elektronen an einer Kohlenstoff-Schicht Methode: Mathematische Beschreibung der Elektronenbeugung 8.2 Interferenz von Quantenobjekten 8.3 Wahrscheinlichkeitsinterpretation 8.4 Photonen – Quantenobjekte des Lichtes Training: Interferenz von Quantenobjekten
Wellenaspekt von Elektronen: De-Broglie-Wellenlänge, Interferenz von Elektronen am Doppelspalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>berechnen Energie und Impuls über Frequenz und Wellenlänge für Quantenobjekte (S3),</li> <li>beurteilen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen (E9, E11, K8).</li> </ul>	8.2 Interferenz von Quantenobjekten 8.3 Wahrscheinlichkeitsinterpretation 8.4 Photonen – Quantenobjekte des Lichtes
	<ul style="list-style-type: none"> <li>erklären an einer exemplarischen Darstellung die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte (S1, K3),</li> </ul>	8.3 Wahrscheinlichkeitsinterpretation

	Teilchenaspekte von Photonen: Energiequantelung von Licht, Photoeffekt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern bei Quantenobjekten die „Welcher-Weg“-Information als Bedingung für das Auftreten oder Ausbleiben eines Interferenzmusters in einem Interferenzexperiment (S2, K4).</li> </ul>	8.5 Photonen im Interferometer Training: Interferenz von Quantenobjekten
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern anhand eines Experiments zum Photoeffekt den Quantencharakter von Licht (S1, E9, K3)</li> <li>• leiten anhand eines Experiments zum Photoeffekt den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen ab (E6, S6),</li> </ul>	Experiment: Der Fotoeffekt 8.7 Licht löst Elektronen aus Exkurs: Geschichte des Fotoeffekts Experiment: Leuchtdiode als Photonenquelle Training: Fotoeffekt
	Photon und Elektron als Quantenobjekte: Wellen- und Teilchenmodell, Kopenhagener Deutung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern 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, K9),</li> <li>• beschreiben anhand quantenphysikalischer Betrachtungen die Grenzen der physikalischen Erkenntnisfähigkeit (B8, E11, K8).</li> </ul>	8.6 Die Unbestimmtheitsrelation Exkurs: Deutungen 8.8 Delayed-Choice-Experimente
		Rückblick: Zusammenfassung	
<b>Strahlung und Materie</b>		<b>9 Atomphysik</b>	
Kern-Hülle-Modell	Linienpektrum, Energieniveauschema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern qualitativ den Aufbau eines Atomkerns aus Nukleonen (S1, S2),</li> <li>• stellen an der historischen Entwicklung der Atommodelle die spezifischen Eigenschaften und Grenzen naturwissenschaftlicher Modelle heraus (B8, E9),</li> </ul>	9.1 Atome
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• interpretieren die Messergebnisse des Franck-Hertz-Versuchs (E6, E8, K8),</li> </ul>	Experiment: Der Franck-Hertz-Versuch 9.2 Anregung und Ionisation von Atomen
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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),</li> <li>• interpretieren die Bedeutung von Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E6, E10),</li> <li>• identifizieren vorhandene Stoffe in der Sonnen- und Erdatmosphäre anhand von Spektraltafeln des Sonnenspektrums (E3, E6, K1),</li> </ul>	Experiment: Untersuchung des Lichtes verschiedener Spektralröhren / Untersuchung des Sonnenlichtes Experiment: Flammenuntersuchungen 9.3 Spektraluntersuchungen Exkurs: Spektralanalyse in der Astronomie 9.4 Untersuchung von Wasserstoff Exkurs: Leistungen und Grenzen des Bohr'schen Atommodells Training: Atomvorstellung und Energiezustände

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Energiewerte für das Wasserstoffatom mithilfe eines quantenphysikalischen Atommodells (S2),</li> <li>• interpretieren die Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron (S2, K8),</li> </ul>	<p>9.5 Das Modell des Potenzialtopfs Exkurs: Die Schrödingergleichung</p> <p>9.6 Das Wasserstoff-Atom Exkurs: Atome mit mehreren Elektronen Training: Potenzialtopfmodell und Wasserstoff-Atom</p>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären die Entstehung von Bremsstrahlung und charakteristischer Röntgenstrahlung (S3, E6, K4),</li> <li>• erklären das charakteristische Röntgenspektrum mit den Energieniveaus der Atomhülle (E6),</li> </ul>	<p>Experiment: Aufnahme von Röntgenspektren</p> <p>9.7 Charakteristisches Röntgenspektrum Training: Röntgenspektren und Laser</p>
			Rückblick: Zusammenfassung
<b>Strahlung und Materie</b>			<b>10 Kernphysik</b>
Ionisierende Strahlung, Geiger-Müller-Zählrohr		<ul style="list-style-type: none"> <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> </ul>	10.1 Atomkerne
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• unterscheiden <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-Strahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1),</li> <li>• erläutern den Aufbau und die Funktionsweise des Geiger-Müller-Zählrohrs als Nachweisgerät für ionisierende Strahlung (S4, S5, K8),</li> </ul>	<p>10.2 Strahlung radioaktiver Stoffe</p> <p>10.3 Nachweis der Radioaktivität mit dem Geiger-Müller-Zählrohr</p> <p>Experiment: Das Geiger Müller-Zählrohr</p> <p>Methode: Zählstatistik</p> <p>Exkurs: Detektoren</p> <p>Training: Strahlung radioaktiver Stoffe und Strahlungsnachweis</p>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• untersuchen experimentell anhand der Zählraten bei Absorptionsexperimenten unterschiedliche Arten ionisierender Strahlung (E3, E5, S4, S5),</li> <li>• unterscheiden <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-Strahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1),</li> <li>• erläutern den Begriff der Radioaktivität und zugehörige Kernumwandlungsprozesse auch mithilfe der Nuklidkarte (S1, S2),</li> </ul>	<p>Experiment: Nachweis der verschiedenen Strahlungsarten</p> <p>10.4 Eigenschaften ionisierender Strahlung</p> <p>Training: Strahlung radioaktiver Stoffe und Strahlungsnachweis</p>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• unterscheiden <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-Strahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1),</li> <li>• untersuchen experimentell anhand der Zählraten bei Absorptionsexperimenten unterschiedliche Arten ionisierender Strahlung (E3, E5, S4, S5),</li> </ul>	<p>Experiment: Schwächung von <math>\gamma</math>-Strahlung</p> <p>10.5 Schwächung von <math>\gamma</math>-Strahlung</p> <p>Methode: Theorie führt zu Gesetzen</p> <p>Training: Strahlung radioaktiver Stoffe und Strahlungsnachweis</p>

	Zerfallsprozesse und Kernumwandlungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern den Begriff der Radioaktivität und zugehörige Kernumwandlungsprozesse auch mithilfe der Nuklidkarte (S1, S2),</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> </ul>	10.6 Die Entstehung ionisierender Strahlung 10.11 Elementarteilchen
		<ul style="list-style-type: none"> <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>• ermitteln im Falle eines einstufigen radioaktiven Zerfalls anhand der gemessenen Zählraten die Halbwertszeit (E5, E8, S6),</li> </ul>	10.7 Radioaktiver Zerfall Methode: Modellexperimente zur Radioaktivität Methode: Modellieren des radioaktiven Zerfalls Exkurs: Altersbestimmung mit radioaktiven Stoffen Training: Entstehung radioaktiver Strahlung und radioaktiver Zerfall
	Biologische Wirkungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bewerten die Bedeutung hochenergetischer Strahlung hinsichtlich der Gesundheitsgefährdung sowie ihres Nutzens bei medizinischer Diagnose und Therapie (B5, B6, K1, K10).</li> <li>• begründen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, K3),</li> <li>• quantifizieren mit der Größe der effektiven Dosis die Wirkung ionisierender Strahlung und bewerten daraus abgeleitete Strahlenschutzmaßnahmen (E8, S3, B2).</li> </ul>	10.8 Dosimetrische Größen 10.9 Strahlenbelastung des Menschen Exkurs: Moderne Physik – Moderne Medizin Training: Entstehung radioaktiver Strahlung und radioaktiver Zerfall
	Kernspaltung und -fusion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären anhand des Zusammenhangs <math>E = \Delta m c^2</math> die Grundlagen der Energiefreisetzung bei Kernspaltung und -fusion über den Massendefekt (S1).</li> <li>• bewerten die Bedeutung hochenergetischer Strahlung hinsichtlich der Gesundheitsgefährdung sowie ihres Nutzens bei medizinischer Diagnose und Therapie (B5, B6, K1, K10).</li> </ul>	10.10 Energie aus dem Atomkern Exkurs: Leichtwasser-Kernreaktoren Exkurs: Nutzen und Risiken der Kernenergie-technik Exkurs: Wissenschaft und Gesellschaft Training: Energie aus dem Atomkern und Kernenergie-technik
	Nukleonen	<ul style="list-style-type: none"> <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> </ul>	10.11 Elementarteilchen
			Rückblick: Zusammenfassung

## Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase - Leistungskurs (ca. 150 Stunden)

Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder, Inhaltliche Schwerpunkte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen  Die Schülerinnen und Schüler ...
<p><b><u>Unterrichtsvorhaben I</u></b></p> <p><b>Untersuchung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern</b></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><b>Ladungen, Felder und Induktion</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elektrische Ladungen und Felder: Ladungen, elektrische Felder, elektrische Feldstärke; Coulomb'sches Gesetz, elektrisches Potential, elektrische Spannung, Kondensator und Kapazität; magnetische Felder, magnetische Flussdichte</li> <li>- Bewegungen in Feldern: geladene Teilchen in elektrischen Längs- und Querfeldern; Lorentzkraft; <i>geladene Teilchen in gekreuzten elektrischen und magnetischen Feldern</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären grundlegende elektrostatische Phänomene mithilfe der Eigenschaften elektrischer Ladungen (S1),</li> <li>• stellen elektrische Feldlinienbilder von homogenen, Radial- und Dipolfeldern sowie magnetische Feldlinienbilder von homogenen und Dipolfeldern dar (S1, K6),</li> <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> <li>• erläutern anhand einer einfachen Version des Millikan-Versuchs die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (S3, S5, E7, K9)</li> <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> <li>• bestimmen mithilfe des Coulomb'schen Gesetzes Kräfte von punktförmigen Ladungen aufeinander sowie resultierende Beträge und Richtungen von Feldstärken (E8, E10, S1, S3),</li> <li>• entwickeln mithilfe des Superpositionsprinzip elektrische und magnetische Feldlinienbilder (E4, E6, K5),</li> <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>• erläutern die Untersuchung magnetischer Flussdichten mithilfe des Hall-Effekts (E4, E7, S1, S5)</li> <li>• konzipieren Experimente zur Bestimmung der Abhängigkeit der magnetischen Flussdichte einer langgestreckten stromdurchflossenen Spule von ihren Einflussgrößen (E2, E5),</li> </ul>

<p><b><u>Unterrichtsvorhaben II</u></b></p> <p><b>Massenspektrometer und Zyklotron als Anwendung in der physikalischen Forschung</b></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><b>Ladungen, Felder und Induktion</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewegungen in Feldern: geladene Teilchen in elektrischen Längs- und Querfeldern; Lorentzkraft; geladene Teilchen in gekreuzten elektrischen und magnetischen Feldern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <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>
<p><b><u>Unterrichtsvorhaben III</u></b></p> <p><b>Die elektromagnetische Induktion als Grundlage für die Kopplung elektrischer und magnetischer Felder und als Element von Energieumwandlungsketten</b></p> <p><i>Wie kann elektrische Energie gewonnen und im Alltag bereits gestellt werden?</i></p> <p>ca. 25 Ustd.</p>	<p><b>Ladungen, Felder und Induktion</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektromagnetische Induktion: magnetischer Fluss, Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel; Selbstinduktion, Induktivität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nutzen das Induktionsgesetz auch in differentieller Form unter Verwendung des magnetischen Flusses (S2, S3, S7),</li> <li>• erklären Verzögerungen bei Einschaltvorgängen sowie das Auftreten von Spannungstößen 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>
<p><b><u>Unterrichtsvorhaben IV</u></b></p>	<p><b>Ladungen, Felder und Induktion</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben qualitativ und quantitativ die Zusammenhänge von Ladung, Spannung und Stromstärke unter Berücksichtigung der Parameter Kapazität und Widerstand bei Lade-</li> </ul>

<p><b>Zeitliche und energetische Betrachtungen bei Kondensator und Spule</b></p> <p><i>Wie speichern elektrische und magnetische Felder Energie und wie geben sie diese wieder ab?</i></p> <p>ca. 20 Ustd.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrische Ladungen und Felder: Ladungen, elektrische Felder, elektrische Feldstärke; Coulomb'sches Gesetz, elektrisches Potential, elektrische Spannung, Kondensator und Kapazität; magnetische Felder, magnetische Flussdichte</li> <li>• Elektromagnetische Induktion: magnetischer Fluss, Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel; Selbstinduktion, Induktivität</li> </ul>	<p>und Entladevorgängen am Kondensator auch mithilfe von Differentialgleichungen und deren vorgegebenen Lösungsansätzen(S3, S6, S7, E4, K7),</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geben die in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern gespeicherte Energie in Abhängigkeit der elektrischen Größen und der Kenngrößen der Bauelemente an (S1, S3, E2)</li> <li>• prüfen Hypothesen zur Veränderung der Kapazität eines Kondensators durch ein Dielektrikum (E2, E3, S1),</li> <li>• ermitteln anhand von Messkurven zu Auf- und Entladevorgängen bei Kondensatoren sowie zu Ein- und Ausschaltvorgängen bei Spulen zugehörige Kenngrößen (E4, E6, S6),</li> </ul>
<p><b><u>Unterrichtsvorhaben V</u></b></p> <p><b>Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und deren Eigenschaften</b></p> <p><i>Welche Analogien gibt es zwischen mechanischen und elektromagnetischen schwingenden Systemen?</i></p> <p>ca. 40 Ustd.</p>	<p><b>Schwingende Systeme und Wellen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwingungen und Wellen: harmonische Schwingungen und ihre Kenngrößen; Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Polarisierung und Superposition von Wellen; Michelson-Interferometer</li> <li>• Schwingende Systeme: Federpendel, Fadenpendel, Resonanz; Schwingkreis, Hertz'scher Dipol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen sowie deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit und deren Zusammenhänge (S1, S3, K4),</li> <li>• vergleichen mechanische und elektromagnetische Schwingungen unter energetischen Aspekten und hinsichtlich der jeweiligen Kenngrößen (S1, S3),</li> <li>• erläutern qualitativ die physikalischen Prozesse bei ungedämpften, gedämpften und erzwungenen mechanischen und elektromagnetischen Schwingungen (S1, E1),</li> <li>• leiten für das Federpendel und unter Berücksichtigung der Kleinwinkelnäherung für das Fadenpendel aus dem linearen Kraftgesetz die zugehörigen Differentialgleichungen her (S3, S7, E2),</li> <li>• 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),</li> <li>• beschreiben den Hertz'schen Dipol als (offenen) Schwingkreis (S1, S2, K8),</li> <li>• 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)</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• untersuchen experimentell am Beispiel des Federpendels das Phänomen der Resonanz auch unter Rückbezug auf Alltagssituationen (E5, E6, K1),</li> <li>• beurteilen Maßnahmen zur Vermeidung von Resonanzkatastrophen (B5, B6, K2),</li> <li>• unterscheiden am Beispiel von Schwingungen deduktives und induktives Vorgehen als Grundmethoden der Erkenntnisgewinnung (B8, K4)</li> </ul>
<p><b><u>Unterrichtsvorhaben VI</u></b></p> <p><b>Wellen und Interferenzphänomene</b></p> <p><i>Warum kam es im 17. Jh. zu einem Streit über das Licht/die Natur des Lichts?</i></p> <p><i>Ist für die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen ein Trägermedium notwendig? (Gibt es den „Äther“?)</i></p> <p>ca. 10-15 Ustd.</p>	<p><b>Schwingende Systeme und Wellen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwingungen und Wellen: harmonische Schwingungen und ihre Kenngrößen; Huygens'sches Prinzip, Reflexion, Brechung, Beugung; Polarisation und Superposition von Wellen; Michelson-Interferometer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Eigenschaften harmonischer mechanischer Schwingungen und Wellen sowie deren Beschreibungsgrößen Elongation, Amplitude, Periodendauer, Frequenz, Wellenlänge und Ausbreitungsgeschwindigkeit und deren Zusammenhänge (S1, S3, K4),</li> <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>• beschreiben mathematisch die räumliche und zeitliche Entwicklung einer harmonischen eindimensionalen Welle (S1, S2, S3, S7),</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>• 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),</li> <li>• erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei B- bzw. E-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (S1, K4).</li> <li>• weisen anhand des Interferenzmusters bei Spalt- und Gitterversuchen die Welleneigenschaften des Lichts nach und bestimmen daraus die Wellenlänge des Lichts (E5, E6, E7, S6),</li> <li>• erläutern Aufbau und Funktionsweise des Michelson-Interferometers (E2, E3, S3, K3).</li> <li>• beurteilen die Bedeutung von Schwingkreisen für die Umsetzung des Sender-Empfänger-Prinzips an alltäglichen Beispielen (B1, B4, K1), <b>(VB B Z 1)</b></li> </ul>
<p><b><u>Unterrichtsvorhaben VII</u></b></p> <p><b>Quantenphysik als Weiterentwicklung des physikalischen Weltbildes</b></p>	<p><b>Quantenphysik</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teilchenaspekte von Photonen: Energiequantelung von Licht, Photoeffekt, Bremsstrahlung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären den Photoeffekt mit der Einstein'schen Lichtquantenhypothese (S1, S2, E3).</li> <li>• beschreiben den Aufbau und die Funktionsweise der Röntgenröhre (S1),</li> <li>• stellen anhand geeigneter Phänomene dar, dass Licht sowohl Wellen- als auch Teilchencharakter aufweisen kann (S2, S3, E6, K8)</li> </ul>

<p><i>Kann das Verhalten von Elektronen und Photonen durch ein gemeinsames Modell beschrieben werden?</i></p> <p>ca. 30 Ustd.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Photonen und Elektronen als Quantenobjekte: Doppelspaltexperiment, Bragg-Reflexion, Elektronenbeugung; Wahrscheinlichkeitsinterpretation, Delayed-Choice-Experiment; Kopenhagener Deutung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <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 Quantenobjekte (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 Unmöglichkeit-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, K9),</li> <li>• beschreiben anhand quantenphysikalischer Betrachtungen die Grenzen der exakten Vorhersagbarkeit von physikalischen Phänomenen (B8, K8, E11).</li> </ul>
<p><b><u>Unterrichtsvorhaben VIII</u></b></p> <p><b>Struktur der Materie</b></p> <p><i>Wie hat sich unsere Vorstellung vom Aufbau der</i></p>	<p><b>Atom- und Kernphysik</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atomaufbau: Atommodelle, eindimensionaler Potentialtopf, Energieniveauschema; Röntgenstrahlung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geben wesentliche Beiträge in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis zum ersten Kern-Hülle-Modell (Dalton, Thomson, Rutherford) wieder (S2, K3),</li> <li>• erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (S3, E6, K4),</li> <li>• erklären die Entstehung von Bremsstrahlung und charakteristischer Röntgenstrahlung</li> </ul>

<p><i>Materie historisch bis heute entwickelt?</i></p> <p>ca. 20 Ustd.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radioaktiver Zerfall: Kernaufbau, Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz, Halbwertszeit; Altersbestimmung</li> </ul>	<p>(S3, E6, K4),</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Energiewerte für das Wasserstoffatom und wasserstoffähnliche Atome mithilfe eines quantenphysikalischen Atommodells (S2),</li> <li>• erläutern das Modell des eindimensionalen Potentialtopfs und seine Grenzen (S2, K4),</li> <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> <li>• interpretieren die Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron (S2, K8),</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, K3),</li> <li>• interpretieren Linienspektren bei Emission und Absorption sowie die Ergebnisse des Franck-Hertz-Versuchs mithilfe des Energieniveauschemas (E2, E10, S6),</li> <li>• stellen an der historischen Entwicklung der Atommodelle die spezifischen Eigenschaften und Grenzen naturwissenschaftlicher Modelle heraus (B8, E9),</li> </ul>
<p><b><u>Unterrichtsvorhaben IX</u></b></p> <p><b>Mensch und Strahlung - Chancen und Risiken ionisierender Strahlung</b></p> <p><i>Welche Auswirkungen haben ionisierende Strahlung auf den Menschen und wie kann 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><b>Atom- und Kernphysik</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atomaufbau: Atommodelle, eindimensionaler Potentialtopf, Energieniveauschema; Röntgenstrahlung</li> <li>• Ionisierende Strahlung: Strahlungsarten, Nachweismöglichkeiten ionisierender Strahlung, Eigenschaften ionisierender Strahlung, Absorption ionisierender Strahlung</li> <li>• Radioaktiver Zerfall: Kernaufbau, Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz, Halbwertszeit; Altersbestimmung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären die Entstehung von Bremsstrahlung und charakteristischer Röntgenstrahlung (S3, E6, K4),</li> <li>• ordnen verschiedene Frequenzbereiche dem elektromagnetischen Spektrum zu (S1, K6),</li> <li>• unterscheiden <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>- Strahlung, Röntgenstrahlung und Schwerionenstrahlung als Arten ionisierender Strahlung (S1),</li> <li>• erläutern den Aufbau und die Funktionsweise des Geiger-Müller-Zählrohrs als Nachweisgerät ionisierender Strahlung (S4, S5, K8),</li> <li>• erklären die Ablenkbarkeit in elektrischen und magnetischen Feldern sowie Durchdringungs- und Ionisierungsfähigkeit von ionisierender Strahlung mit ihren Eigenschaften (S1, S3),</li> <li>• erläutern qualitativ an der <math>\beta</math>-Umwandlung die Entstehung der Neutrinos mithilfe der schwachen Wechselwirkung und ihrer Austauschteilchen (S1, S2, K4),</li> <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> <li>• wählen für die Planung von Experimenten mit ionisierender Strahlung zwischen dem Geiger-Müller-Zählrohr und einem energiesensiblen Detektor gezielt aus (E3, E5, S5,</li> </ul>

		<p>S6),</p> <ul style="list-style-type: none"> <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>
<p><b><u>Unterrichtsvorhaben X</u></b></p> <p><b>Massendefekt und Kernumwandlung</b></p> <p><i>Wie kann man natürliche Kernumwandlung beschreiben und wissenschaftlich nutzen?</i></p> <p><i>Welche Möglichkeiten der Energiegewinnung ergeben sich durch Kernumwandlungen in Natur und Technik?</i></p> <p>ca. 20 Ustd.</p>	<p><b>Atom- und Kernphysik</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Radioaktiver Zerfall: <b>Kernaufbau</b>, Zerfallsreihen, Zerfallsgesetz, Halbwertszeit; Altersbestimmung</li> <li>• Kernspaltung und -fusion: Bindungsenergien, Massendefekt; Kettenreaktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <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>

## 2.2 Grundsätze der fachdidaktischen und fachmethodischen Arbeit

Die Lehrerkonferenz hat unter Berücksichtigung des Schulprogramms als überfachliche Grundsätze für die Arbeit im Unterricht bekräftigt, dass die im Referenzrahmen Schulqualität NRW formulierten Kriterien und Zielsetzungen als Maßstab für die kurz- und mittelfristige Entwicklung der Schule gelten sollen. Gemäß dem Schulprogramm sollen insbesondere die Lernenden als Individuen mit jeweils besonderen Fähigkeiten, Stärken und Interessen im Mittelpunkt stehen. Die Fachgruppe vereinbart, der individuellen Kompetenzentwicklung (Referenzrahmen Kriterium 2.2.1) und den herausfordernden und kognitiv aktivierenden Lehr- und Lernprozessen (Kriterium 2.5.1) besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

In Absprache mit der Lehrerkonferenz sowie unter Berücksichtigung des Schulprogramms hat die Fachkonferenz Physik bezüglich ihres schulinternen Lehrplans die folgenden fachdidaktischen und fachmethodischen Grundsätze beschlossen:

### Lehr- und Lernprozesse

- Schwerpunktsetzungen nach folgenden Kriterien:
  - Herausstellung zentraler Ideen und Konzepte,
  - Gemäß KLP im GK stärkere Orientierung am Prinzip des exemplarischen Lernens mit Fokus auf Schlüsselexperimente, im LK stärkere Orientierung an der fachlichen Systematik
  - Herstellen von Zusammenhängen statt Anhäufung von Einzelfakten
- Lehren und Lernen in Kontexten nach folgenden Kriterien
  - Orientierung an tragfähigen Kontexten
  - klare Schwerpunktsetzungen bezüglich des Erwerbs fachspezifischer Kompetenzen, insbesondere auch bezüglich physikalischer Denk- und Arbeitsweisen
  - möglichst authentische, motivierende, tragfähige und geschlechtersensible Problemstellungen
  - Lernwege sollten sich auch an der Wissenschaftspropädeutik orientieren und den Erkenntnis- und Verständnisprozess der Lernenden unterstützen.
- Variation der Lernaufgaben und Lernformen mit dem Ziel einer kognitiven Aktivierung aller Lernenden nach folgenden Kriterien
  - Aufgaben auch zur Förderung von vernetztem Denken mit Hilfe von übergreifenden Prinzipien, grundlegenden Ideen und Basiskonzepten
  - Einsatz von digitalen Medien und Werkzeugen zur Verständniserweiterung und zur Unterstützung des Lernprozesses.
  - Einbindung von Phasen der Metakognition auch Grundlage der Basiskonzepte gemäß KLP, in denen zentrale Aspekte von zu erwerbenden Kompetenzen reflektiert werden, explizite Thematisierung der erforderlichen Denk- und Arbeitsweisen und ihrer zugrundeliegenden Ziele und Prinzipien
  - angemessene Nutzung der Fachsprache

- Vertiefung der Fähigkeit zur Nutzung erworbener Kompetenzen beim Transfer auf neue Aufgaben und Problemstellungen durch hinreichende Integration von Reflexions-, Übungs- und Problemlösephasen
- ziel- und themengerechter Wechsel zwischen Phasen der Einzelarbeit, Partnerarbeit und Gruppenarbeit auch durch Aufgreifen von Elementen der Binnendifferenzierung
- Beachtung von Aspekten der Sprachsensibilität bei der Erstellung von Materialien.

### **Eigenständige experimentelle und theoretische Erkenntnisgewinnung**

- Nutzen der verschiedenen Funktionen von Experimenten in der Physik und des Zusammenspiels zwischen Experiment und konzeptionellem Verständnis
- Nutzung deduktiver Erkenntniswege unter Verknüpfung von Modellen und Theorien insbesondere im LK.
- zielgerichteter Einsatz von Experimenten: Einbindung in Erkenntnisprozesse und in die Klärung von Fragestellungen
- systematischer Kompetenzaufbau von der reflektierten angeleiteten Arbeit hin zur Selbstständigkeit bei der Planung, Durchführung und Auswertung von Untersuchungen
- Angemessene Nutzung sowohl von manuell-analoger, aber auch digitaler Messwerterfassung und Messwertauswertung
- Anwendung der Fähigkeiten zur Dokumentation der Experimente und Untersuchungen

### **Individuelles Lernen und Umgang mit Heterogenität**

Gemäß ihren Zielsetzungen setzt die Fachgruppe ihren Fokus auf eine Förderung der individuellen Kompetenzentwicklung. Die Gestaltung von Lernprozessen kann sich deshalb nicht auf eine angenommene mittlere Leistungsfähigkeit einer Lerngruppe beschränken, sondern muss auch Lerngelegenheiten sowohl für stärkere als auch schwächere Schülerinnen und Schüler bieten. Hierfür eignen sich die nachstehenden Maßnahmen:

- Diagnose und Förderung individueller Kompetenzentwicklung in allen Kompetenzbereichen
- Einsatz komplexerer Lernaufgaben mit gestuften Lernhilfen
- unterstützende zusätzliche Maßnahmen für erkannte oder bekannte Lernschwierigkeiten
- herausfordernde zusätzliche Angebote für besonders leistungsstarke Schülerinnen und Schüler, ggf. auch in Kooperation mit externen Partnern

## 2.3 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung

Die Fachkonferenz hat im Einklang mit dem entsprechenden schulbezogenen Konzept die nachfolgenden Grundsätze zur Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung beschlossen:

### Grundsätzliche Absprachen:

Erbrachte Leistungen werden auf der Grundlage transparenter Ziele und Kriterien in allen Kompetenzbereichen benotet und den Schülerinnen und Schülern mit Bezug auf diese Kriterien rückgemeldet und erläutert. Auf dieser Basis sollen die Schülerinnen und Schüler ihre Leistungen möglichst realistisch einschätzen können. Die individuelle Rückmeldung erfolgt stärkenorientiert und nicht defizitorientiert, sie soll dabei den tatsächlich erreichten Leistungsstand aufzeigen. Sie soll Hilfen und Absprachen zu realistischen Möglichkeiten der weiteren Entwicklung enthalten.

Die Bewertung von Leistungen berücksichtigt Lern- und Leistungssituationen. Einerseits soll dabei Schülerinnen und Schülern deutlich gemacht werden, in welchen Bereichen aufgrund des zurückliegenden Unterrichts stabile Kenntnisse erwartet und bewertet werden. Andererseits können und dürfen sie in Lernsituationen zu neuen fachlichen Themen und Inhalten auch Fehler machen, ohne dass sie deshalb Geringschätzung oder Nachteile in ihrer Beurteilung befürchten müssen.

In Kapitel 3 des KLP Physik werden Überprüfungsformen angegeben, die Möglichkeiten bieten, Leistungen im Bereich der „sonstigen Mitarbeit“ oder den schriftlichen Arbeiten/Klausuren zu überprüfen. Um abzusichern, dass am Ende der Qualifikationsphase von den Schülerinnen und Schülern alle geforderten Kompetenzen erreicht werden, sind alle Überprüfungsformen gemäß KLP zu beachten.

### Kriterien der Leistungsbeurteilung:

Die folgenden Kriterien stellen die Grundlage für die Leistungsbeurteilung dar und werden in ihrer gesamten Breite berücksichtigt:

- Sicherheit, Eigenständigkeit und Kreativität beim Anwenden fachspezifischer Methoden und Arbeitsweisen
- Verständlichkeit und Präzision beim zusammenfassenden Darstellen und Erläutern von Lösungen einer Einzel-, Partner-, Gruppenarbeit oder einer anderen Sozialform sowie konstruktive Mitarbeit bei diesen Arbeitsformen
- Klarheit und Richtigkeit beim Veranschaulichen, Zusammenfassen und Beschreiben physikalischer Sachverhalte
- sichere Verfügbarkeit physikalischen Grundwissens (z. B. physikalische Größen, deren Einheiten, Formeln, fachmethodische Verfahren)
- situationsgerechtes Anwenden geübter Fertigkeiten
- angemessenes Verwenden der physikalischen Fachsprache

- konstruktives Umgehen mit Fehlern
- fachlich sinnvoller, sicherheitsbewusster und zielgerichteter Umgang mit Experimentiermaterial
- fachlich sinnvoller und zielgerichteter Umgang mit Modellen sowie mit analogen und digitalen Hilfsmitteln
- zielgerichtetes Beschaffen von Informationen
- Erstellen von nutzbaren Unterrichtsdokumentationen, ggf. Portfolio
- Klarheit, Strukturiertheit, Fokussierung, Zielbezogenheit und Adressatengerechtigkeit von Präsentationen, auch mediengestützt
- Fähigkeit zur sachgerechten Kommunikation in Unterrichtsgesprächen und Kleingruppenarbeiten
- Einbringen kreativer Ideen
- fachliche Richtigkeit bei kurzen, auf die Inhalte weniger vorangegangener Stunden beschränkten schriftlichen Übungen

### Beurteilungsbereich Klausuren

Verbindliche Absprache:

Die Aufgaben für Klausuren in parallelen Kursen werden im Vorfeld von den beteiligten Lehrkräften abgesprochen und nach Möglichkeit gemeinsam gestellt.

Dauer und Anzahl richten sich nach den Vorgaben der APO-GOST bzw. der Verwaltungsvorschriften zur APO-GOST.

#### Einführungsphase:

Eine Klausur im ersten und zweiten Halbjahr (90 Minuten).

#### Qualifikationsphase 1:

Zwei Klausuren pro Halbjahr erstes Halbjahr 90 Minuten, zweites Halbjahr 135 Minuten im GK und je 180 Minuten im LK), wobei in einem Fach die letzte Klausur im 2. Halbjahr durch eine Facharbeit ersetzt werden kann bzw. muss.

#### Qualifikationsphase 2.1:

Zwei Klausuren (je 180 Minuten im GK und je 225 Minuten im LK)

#### Qualifikationsphase 2.2:

Eine Klausur, die – was den formalen Rahmen angeht – unter Abiturbedingungen einschließlich Aufgabenauswahl durch Schülerinnen und Schüler geschrieben wird.

In der Qualifikationsphase werden die Notenpunkte durch äquidistante Unterteilung der Notenbereiche (mit Ausnahme des Bereichs ungenügend) erreicht.

Die Leistungsbewertung in den Klausuren wird mit Blick auf die schriftliche Abiturprüfung mit Hilfe eines Kriterienrasters zu den Teilleistungen durchgeführt. Dieses Kriterienraster wird den korrigierten Klausuren beigelegt und den Schülerinnen und Schülern auf diese Weise transparent gemacht.

Die Zuordnung der Hilfspunkte zu den Notenstufen orientiert sich in der Qualifikationsphase am Zuordnungsschema des Zentralabiturs. Die Note ausreichend soll bei Erreichen von ca. 45 % der Hilfspunkte erteilt werden. Bei der Bewertung schriftlicher Arbeiten sind Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit in der deutschen Sprache und gegen die äußere Form angemessen zu berücksichtigen. Gehäufte Verstöße führen zur Absenkung der Leistungsbewertung um eine Notenstufe in der Einführungsphase und um bis zu zwei Notenpunkte in der Qualifikationsphase.

#### Grundsätze der Leistungsrückmeldung und Beratung

Für Präsentationen, Arbeitsprotokolle, Dokumentationen und andere Lernprodukte der sonstigen Mitarbeit erfolgt eine Leistungsrückmeldung, bei der inhalts- und darstellungsbezogene Kriterien angesprochen werden. Hier werden zentrale Stärken als auch Optimierungsperspektiven für jede Schülerin bzw. jeden Schüler hervorgehoben.

Die Leistungsrückmeldungen bezogen auf die mündliche Mitarbeit erfolgen auf Nachfrage der Schülerinnen und Schüler außerhalb der Unterrichtszeit, spätestens aber in Form von mündlichem Quartalsfeedback oder Eltern-/Schülersprechtagen. Auch hier erfolgt eine individuelle Beratung im Hinblick auf Stärken und Verbesserungsperspektiven.

#### Mündliche Abiturprüfungen

Auch für das mündliche Abitur (im 4. Fach oder bei Bestehensprüfungen im 1. bis 3. Fach) wird ein Kriterienraster für den ersten und zweiten Prüfungsteil vorgelegt, aus dem auch deutlich wird, wann eine gute oder ausreichende Leistung erreicht wird.

[...]

## **2.4 Lehr- und Lernmittel**

Es werden die folgenden Lehrmittel genutzt:

Impulse Physik NRW Einführungsphase

Impulse Physik NRW Qualifikationsphase Grundkurs

IQB-Formelsammlung

### **3 Entscheidungen zu fach- oder unterrichtsübergreifenden Fragen**

Die verschiedenen Fächer, insbesondere die mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Fächer, beinhalten viele konzeptionelle und methodische Gemeinsamkeiten, die anknüpfend an die Sekundarstufe I für ein tieferes fachspezifisches Verständnis in der gymnasialen Oberstufe als gemeinsame Ausgangsbasis genutzt werden können. Synergien beim Aufgreifen von Konzepten, die schon in einem anderen Fach angelegt wurden, unterstützen den Lernprozess, weil nicht alles von Grund auf neu unterrichtet werden muss und unnötige Redundanzen vermieden werden. Unterstützt wird hierdurch aber auch nachhaltiges Lernen, indem Gelerntes immer wieder aufgegriffen und in anderen Kontexten vertieft und weiter ausdifferenziert wird. Es wird dabei klar, dass Gelerntes in ganz verschiedenen Zusammenhängen anwendbar ist und Bedeutung besitzt. Verständnis wird auch dadurch gefördert, dass man Unterschiede in den Sichtweisen der Fächer herausarbeitet und dadurch die Eigenheiten eines Konzepts deutlich werden lässt. Da im Kernlehrplan Bewertungskompetenzen im Fach Physik auch auf überfachliche und gesellschaftspolitische Zusammenhänge ausgedehnt werden, erhalten fachübergreifende Aspekte und Fragestellungen eine besondere Bedeutung. Auch die langfristig aufgebauten digitalen Kompetenzen spiegeln sich im Physikunterricht in neuen fachlichen Zusammenhängen, z. B. in Videoanalysen, Datenauswertung von Realexperimenten und interaktiven Bildschirmexperimenten wider.

#### **Zusammenarbeit mit anderen Fächern**

Durch die unterschiedliche Belegung von Fächern können Schülerinnen und Schüler Aspekte aus anderen Kursen mit in den Physikunterricht einfließen lassen. Es wird Wert darauf gelegt, dass bei bestimmten Fragestellungen die Expertise einzelner Schülerinnen und Schüler gesucht wird, die z. B. aus einem von ihnen belegten Fach genauere Kenntnisse mitbringen und den Unterricht dadurch bereichern.

Eine jährlich stattfindende gemeinsame Konferenz aller Kolleginnen und Kollegen der naturwissenschaftlichen Fächer ermöglicht Absprachen für eine Zusammenarbeit der Fächer und klärt die dabei auftretenden Herausforderungen.

#### **Vorbereitung auf die Erstellung der Facharbeit**

Um eine einheitliche Grundlage für die Erstellung und Bewertung der Facharbeiten in der Jahrgangsstufe Q1 zu gewährleisten, findet im Vorfeld des Bearbeitungszeitraums ein fachübergreifender Projekttag statt. Im Rahmen des Universitätspraktikums erfolgt ein Besuch einer Universitätsbibliothek.

#### **Zusammenarbeit mit außerschulischen Kooperationspartnern**

##### **Wettbewerbe**

Im Rahmen der Begabtenförderung weisen wir Schülerinnen und Schüler gezielt auf Wettbewerbe wie zum Beispiel Jugend forscht, Physikolympiade, freestyle-physics,

SMIMS, Angebote der Universität Siegen oder anderen Schülerakademien hin und organisieren eine entsprechende schulische Unterstützung bei Anmeldung und Vorbereitung.

### **Exkursionen**

In der gymnasialen Oberstufe sollen in Absprache mit der Stufenleitung nach Möglichkeit unterrichtsbegleitende Exkursionen durchgeführt werden. Diese sollen im Unterricht vor- bzw. nachbereitet werden. Die Fachkonferenz hält folgende Exkursionen für sinnvoll:

Q-Phase: Besuch der Showvorlesung mit Laborführung der Universität Siegen, wenn diese angeboten wird.

## 4 Qualitätssicherung und Evaluation

### **Maßnahmen der fachlichen Qualitätssicherung:**

Das Fachkollegium überprüft kontinuierlich, inwieweit die im schulinternen Lehrplan vereinbarten Maßnahmen zum Erreichen der im Kernlehrplan vorgegebenen Ziele geeignet sind. Dazu dienen beispielsweise auch der regelmäßige Austausch sowie die gemeinsame Konzeption von Unterrichtsmaterialien, welche hierdurch mehrfach erprobt und bezüglich ihrer Wirksamkeit beurteilt werden.

Kolleginnen und Kollegen der Fachschaft (ggf. auch die gesamte Fachschaft) nehmen regelmäßig an Fortbildungen teil, um fachliches Wissen zu aktualisieren und pädagogische sowie didaktische Handlungsalternativen zu entwickeln. Zudem werden die Erkenntnisse und Materialien aus fachdidaktischen Fortbildungen und Implementationsveranstaltungen der Fachaufsicht zeitnah in der Fachgruppe vorgestellt und für alle verfügbar gemacht.

Feedback von Schülerinnen und Schülern wird als wichtige Informationsquelle zur Qualitätsentwicklung des Unterrichts angesehen. Sie sollen deshalb Gelegenheit bekommen, die Qualität des Unterrichts zu evaluieren. Dafür kann das Online-Angebot SEFU (Schüler als Experten für Unterricht) genutzt werden (<https://www.sefu-online.de/index.php> (Datum des letzten Zugriffs: 18.12.2023)).

### **Evaluation:**

Eine Evaluation erfolgt jährlich. In den Dienstbesprechungen der Fachgruppe zu Schuljahresbeginn werden die Erfahrungen des vorangehenden Schuljahres ausgewertet und diskutiert sowie eventuell notwendige Konsequenzen formuliert. Die vorliegende Checkliste wird als Instrument einer solchen Bilanzierung genutzt. Nach der jährlichen Evaluation (s.u.) finden sich die Jahrgangsstufenteams zusammen und arbeiten die Änderungsvorschläge in den schulinternen Lehrplan ein. Insbesondere verständigen sie sich über alternative Materialien, Kontexte und die Zeitkontingente der einzelnen Unterrichtsvorhaben.

Die Ergebnisse dienen der/dem Fachvorsitzenden zur Rückmeldung an die Schulleitung und u.a. an den/die Fortbildungsbeauftragte, außerdem sollen wesentliche Tagesordnungspunkte und Beschlussvorlagen für die Fachkonferenz daraus abgeleitet werden.

## **Checkliste zur Evaluation des schulinternen Lehrplans**

*Zielsetzung:* Der schulinterne Lehrplan ist als „dynamisches Dokument“ zu sehen. Dementsprechend sind die dort getroffenen Absprachen regelmäßig zu überprüfen, um ggf. Modifikationen vornehmen zu können. Die Fachschaft trägt durch diesen Prozess zur Qualitätsentwicklung und damit zur Qualitätssicherung des Faches bei.

*Prozess:* Die Überprüfung erfolgt jährlich. Zum neuen Schuljahr werden die Erfahrungen des vergangenen Schuljahres in der Fachkonferenz ausgetauscht, bewertet und eventuell notwendige Konsequenzen formuliert.

Die Checkliste dient dazu, mögliche Probleme und einen entsprechenden Handlungsbedarf in der fachlichen Arbeit festzustellen und zu dokumentieren, Beschlüsse der Fachkonferenz in übersichtlicher Form festzuhalten sowie die Durchführung der Beschlüsse zu kontrollieren und zu reflektieren. Die Liste wird digital bereitgestellt und regelmäßig überarbeitet und angepasst. Sie dient auch dazu, Handlungsschwerpunkte für die Fachgruppe zu identifizieren und abzusprechen.

<b>Handlungsfelder</b>		<b>Handlungsbedarf</b>	<b>Verantwortlich</b>	<b>Zu erledigen bis</b>
<i>Ressourcen</i>				
räumlich	Unter- richts- räume			
	Bibliothek			
	Raum für Fachteam- arbeit			
	...			
materiell/ sachlich	Lehrwerke			
	Fachzeit- schriften			
	Ausstat- tung der Sammlung / Gerät			
	IST-Stand IT-Ausstat- tung			
	...			
<i>Kooperation bei Unterrichtsvorhaben</i>				
<i>Leistungsbewertung/ Leistungsdiagnose</i>				
<i>Fortbildung</i>				
<i>Fachspezifischer Be- darf</i>				

<i>Fachübergreifender Bedarf</i>			