

**GOETHEGYM.**

GOETHE-GYMNASIUM DÜSSELDORF



# Schulinterner Lehrplan

- Physik -

Sek. I und II

Stand (Februar 2022)

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Allgemeines zum Physikunterricht</b> .....	4
1.1. Die Fachgruppe Physik am Goethe.....	4
1.2. Unsere Leitziele und Angebote .....	4
<b>2. Physik in der Sekundarstufe I</b> .....	4
2.1. Allgemeines zu Physik in der Sek. I.....	4
2.2. Übersicht: Stundenverteilung und Arbeiten in der Sek. I.....	5
<b>3. Physik in der Sek. II</b> .....	5
3.1. Allgemeines zu Physik in der Sek. II.....	5
3.2. Übersicht: Stundenverteilung und Klausuren in der Sek. II .....	6
<b>4. Entscheidung zum Physikunterricht</b> .....	6
4.1. Unterrichtsvorhaben .....	6
4.2. Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit.....	23
4.3. Lehr- und Lehrmittel.....	24
4.4. Grundsätze der Leistungsbewertung .....	25
4.4.1. Leistungsbewertung in der Sek. I .....	25
4.4.2. Leistungsbewertung in der Sek. II .....	26
4.4.2.1. Schriftliche Leistungen (Klausuren) und Facharbeit.....	28
4.4.2.2. SoMi – sonstige Leistungen .....	29
4.4.2.3. Bewertung der mündlichen Mitarbeit.....	29
4.4.2.4. Grundsätze der Leistungsrückmeldung und Beratung.....	32
<b>5. Fächerverbindende und Fächerübergreifende Lernziele</b> .....	32
5.1. Medienkompetenzrahmen .....	33
5.2. Umwelterziehung .....	43
5.3. Berufsorientierung .....	43
5.4. Gesundheitserziehung.....	43
5.5. Verbraucherbildung.....	44
5.6. Lions Quest .....	46
<b>6. Exkursion</b> .....	48
<b>7. Begabtenförderung</b> .....	48
<b>8. Ausblick</b> .....	48
<b>9. Qualitätssicherung und Evaluation</b> .....	48
9.1. Fortbildungskonzept.....	48
9.2. Möglichkeiten der Qualitätssicherung .....	48
9.3. Evaluation des schulinternen Curriculums.....	48
<b>10. Anlagen</b> .....	49

10.1.	Konkretisierte Unterrichtsvorhaben Sek. I – Jgst. 6 (G9) .....	50
10.2.	Konkretisierte Unterrichtsvorhaben Sek. I – Jgst. 7 (G9, Epoche).....	73
10.3.	Konkretisierte Unterrichtsvorhaben Sek. I – Jgst. 8 (G9) .....	88
10.4.	Konkretisierte Unterrichtsvorhaben Sek. I – Jgst. 10 (G9) .....	108
10.5.	Konkretisierte Unterrichtsvorhaben Sek. II .....	130
10.5.1.	Einführungsphase .....	130
10.5.2.	Qualifikationsphase Grundkurs .....	140
10.5.3.	Qualifikationsphase Leistungskurs .....	160

# 1. Allgemeines zum Physikunterricht

## 1.1. Die Fachgruppe Physik am Goethe

Der Fachschaft Physik des Goethe-Gymnasiums Düsseldorf gehören im laufenden Schuljahr 10 Kolleginnen und Kollegen, namentlich: Frau Veselka (VE), Frau Poppek (PO), Frau Toptsi (TP), Herr Hühner (HU) und Herr Kegel (KG).

## 1.2. Unsere Leitziele und Angebote

Das Fach Physik stellt eine wesentliche Grundlage für das Verstehen von Naturphänomenen und für die Erklärung und Beurteilung technischer Systeme und Entwicklungen dar. Es wird in der Sekundarstufe I in der Klasse 6, 7 (Epoche), 8 und 10 regulär und zusätzlich in unserer MEX-Klasse der Jahrgangsstufe 7 unterrichtet. In der Sekundarstufe II finden regelmäßig Grund- und Leistungskurse im Fach Physik statt.

Die individuelle Förderung jeder einzelnen Schülerin und jedes einzelnen Schülers ist der Fachschaft Physik, nicht zuletzt vor dem Hintergrund der gesellschaftlichen Anforderungen an Studierfähigkeit und Berufsorientierung, ein besonderes Anliegen. Umgesetzt wird dieses durch schülerorientierten binnendifferenzierten Physikunterricht, der besonderen Wert auf zu erlernende experimentelle Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler legt.

Die mögliche Teilnahme an verschiedenen Physikwettbewerben (z.B. Physikolympiade), der Besuch außerschulischer Lernorte rundet die physikalische Förderung ab und ermöglicht zusätzlich eine Begabtenförderung.

# 2. Physik in der Sekundarstufe I

## 2.1. Allgemeines zu Physik in der Sek. I

Das eigene Forschen, Entdecken und Staunen steht am Anfangsunterricht in der Jahrgangsstufe 6 im Vordergrund und wird in den folgenden Klassen im Physikunterricht mit dem Erwerb der exakten Fachsprache, der Fähigkeit zur differenzierten Modellbildung sowie dem Einbeziehen quantitativer Aspekte zunehmend systematisiert. Das Experiment hat dabei eine zentrale Bedeutung als naturwissenschaftliche Erkenntnismethode und somit auch eine zentrale Stellung im Physikunterricht. Im Hinblick auf die anzustrebenden prozessbezogenen Kompetenzen kommt den Schülerexperimenten eine herausgehobene Bedeutung zu.

In der Sekundarstufe I sind die Kernlehrpläne des Landes NRW für das Fach Physik verbindlich. Der Kernlehrplan Physik für die Sek. I beschreibt detailliert die von unseren Schülerinnen und Schülern zu entwickelnden Kompetenzen und gibt Inhaltsfelder verbindlich vor. Die Kompetenzen lassen sich den folgenden Kompetenzbereichen zuordnen:

1. Erkenntnisgewinnung: Experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie Modelle nutzen.
2. Kommunikation: Informationen sach- und fachbezogen erschließen und austauschen.

3. Bewertung: Physikalische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen, beurteilen und bewerten.

Die Kompetenzen, die die Schüler erreichen sollen, werden detailliert in den konkretisierten Unterrichtsvorhaben des schulinternen Curriculums für die Sek. I aufgelistet (siehe Anhang). Diese zeigen, welche Inhalte in den verschiedenen Jahrgangsstufen unterrichtet werden und nennt Kontexte, in denen die Themen behandelt werden sollen. Außerdem werden Experimente, didaktisch-methodische Hinweise, sowie möglicher Einsatz des Smartphones/iPads vorgeschlagen, die den unterrichtenden Kollegen Anregungen für die konkrete Unterrichtsarbeit geben sollen. Bei den didaktisch-methodischen Hinweisen finden sich neuerdings ausgewählte Kompetenzen des Medienkompetenzrahmens (MKR).

Begleitet wird die Unterrichtsarbeit von dem an unserer Schule verbindlich eingeführten Lehrwerk Dorn Bader Physik (Westermann Verlag). In der Sekundarstufe I sind die Kernlehrpläne des Landes NRW für das Fach Physik verbindlich. Der Kernlehrplan Physik für die Sek. I beschreibt detailliert die von unseren Schülerinnen und Schülern zu entwickelnden Kompetenzen und gibt einige Themenbereiche verbindlich vor.

## 2.2. Übersicht: Stundenverteilung und Arbeiten in der Sek. I

<b>Klasse / Jgst.</b>	<b>Anzahl Physikstunden pro Woche (je 45 Min.) 1. HJ / 2. HJ</b>
6	2/2
7 (regulär)	2/0 oder 0/2
7 (MEX)	3/1 oder 1/3
8	2/2
10	2/2

## 3. Physik in der Sek. II

### 3.1. Allgemeines zu Physik in der Sek. II

In der gymnasialen Oberstufe wird die Arbeit der Sek. I in den verschiedenen oben bereits dargestellten Kompetenzbereichen fortgeführt. Der Physikunterricht soll zusätzlich zu dem übergeordneten Ziel einer allgemeinen und fundierten physikalischen Bildung und dem Erwerb der Studierfähigkeit eine positive Grundeinstellung zur Physik und Technik vermitteln. Schüler dazu zu befähigen, naturwissenschaftliche und technische Systeme sachgerecht zu beurteilen, und moderne Entwicklungen in unserem Lebensalltag zu verstehen und zu erkennen, halten wir für eine entscheidende Kompetenz.

Grundlage des Unterrichts in der Sek. II im Fach Physik sind die Richtlinien und Lehrplänen für die Sek. II des Landes NRW. Auch für die Sek. II wurde eine tabellarische Übersicht des schulinternen Curriculums über Inhalte, Kontexte, Kompetenzen und unterrichtliche Anregungen erstellt (siehe unten). Die Themen der Qualifikationsphase richten sich nach den Vorgaben für das Zentralabitur in

NRW. Sie werden den Schülern der Grund- und Leistungskurse zu Beginn der Qualifikationsphase mitgeteilt.

An dieser Stelle sei noch darauf hingewiesen, dass die im hier präsentierten schulinternen Curriculum Sek. II gemachten Vorgaben für die Jgst. 11/12 (G8) analog für die Jgst. 12/13 (G9) gelten.

### 3.2. Übersicht: Stundenverteilung und Klausuren in der Sek. II

Die in den jeweiligen Jahrgangsstufen unterrichteten Wochenstunden (45 Minuten!) sowie die Anzahl und Dauer der zu schreibenden Klausuren in Minuten können der folgenden Tabelle entnommen werden

Jgst.	Anzahl Physikstunden pro Woche (je 45 Min.) 1. HJ / 2. HJ	Anzahl Klausuren Pro SJ	Dauer der Klausuren
EF	3 / 3	4 Klausuren	90 Min.
Q1	3 / 3 (GK) 5 / 5 (LK)	4 Klausuren	135 Min. (GK) 180 Min. (LK)
Q2	3 / 3 (GK) 5 / 5 (LK)	1. HJ: 2 Klausuren  2. HJ: 1 Vorabiturklausur 1 Abiturklausur	180 Min (GK) 225 (LK)  225 Min (GK) 270 (LK)

- SJ = Schuljahr
- GK = Grundkurs
- LK = Leistungskurs
- EF = Einführungsphase der gymnasialen Oberstufe
- Q1 = Qualifikationsphase 1 der gymnasialen Oberstufe
- Q2 = Qualifikationsphase 2 der gymnasialen Oberstufe

## 4. Entscheidung zum Physikunterricht

### 4.1. Unterrichtsvorhaben

Die Darstellung der konkretisierten Unterrichtsvorhaben im schulinternen Lehrplan (Anhang) hat das Ziel, die im Kernlehrplan aufgeführten Kompetenzen abzudecken. Dies entspricht der Verpflichtung jeder Lehrkraft, die im Kernlehrplan beschriebenen Kompetenzen bei den Lernenden auszubilden und zu entwickeln.

Im Anhang „Konkretisierte Unterrichtsvorhaben Sek. II“ wird die für alle Lehrerinnen und Lehrer verbindliche Verteilung der Unterrichtsvorhaben dargestellt. Das Übersichtsraster (s.u.) dient dazu, einen schnellen Überblick über die Zuordnung der Unterrichtsvorhaben zu den einzelnen

Jahrgangsstufen und Inhaltsfeldern des Kernlehrplanes zu verschaffen. Zum Zwecke der Klarheit und Übersichtlichkeit finden die in den einzelnen Unterrichtsvorhaben zu erreichenden Kompetenzen erst auf der Ebene der konkretisierten Unterrichtsvorhaben (Anhang) Berücksichtigung.

Der ausgewiesene Zeitbedarf in den konkretisierten Unterrichtsvorhaben versteht sich als grobe Orientierungsgröße, die nach Bedarf über- oder unterschritten werden kann. Um Spielraum für Vertiefungen, besondere Schülerinteressen, aktuelle Themen bzw. die Erfordernisse anderer besonderer Ereignisse (z.B. Praktika, Kursfahrten o.ä.) zu erhalten, sind im Rahmen dieses schulinternen Lehrplans nur ca. 75 Prozent der Bruttounterrichtszeit verplant.

JAHRGANGSSTUFE 6			
Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung	Weitere Vereinbarungen
<p><b>6.1 Wir messen Temperaturen</b></p> <p><i>Wie funktionieren unterschiedliche Thermometer?</i></p> <p>ca. 10 Ustd.</p>	<p><b>IF 1: Temperatur und Wärme</b></p> <p>thermische Energie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärme, Temperatur und Temperaturmessung</li> </ul> <p>Wirkungen von Wärme:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärmeausdehnung</li> </ul>	<p>E2: Beobachtung und Wahrnehmung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschreibung von Phänomenen</li> </ul> <p>E4: Untersuchung und Experiment</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Messen physikalischer Größen</li> </ul> <p>E6: Modell und Realität</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelle zur Erklärung</li> </ul> <p>K1: Dokumentation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protokolle nach vorgegebenem Schema</li> <li>• Anlegen von Tabellen</li> </ul>	<p><i>... zur Schwerpunktsetzung</i> Einführung Modellbegriff Erste Anleitung zum selbstständigen Experimentieren</p> <p><i>... zur Vernetzung</i> Ausdifferenzierung des Teilchenmodells → Elektron-Atomrumpf und Kern-Hülle-Modell (IF 9, IF 10)</p> <p><i>... zu Synergien</i> Beobachtungen, Beschreibungen, Protokolle, Arbeits- und Kommunikationsformen ← Biologie (IF 1)</p>
<p><b>6.2 Leben bei verschiedenen Temperaturen</b></p> <p><i>Wie beeinflusst die Temperatur Vorgänge in der Natur?</i></p> <p>ca. 10 Ustd.</p>	<p><b>IF 1: Temperatur und Wärme</b></p> <p>thermische Energie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärme, Temperatur</li> </ul> <p>Wärmetransport:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärmemitführung, Wärmeleitung, Wärmestrahlung; Temperaturengleich; Wärmedämmung</li> </ul> <p>Wirkungen von Wärme:</p>	<p>UF1: Wiedergabe und Erläuterung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erläuterung von Phänomenen</li> <li>• Fachbegriffe gegeneinander abgrenzen</li> </ul> <p>UF4: Übertragung und Vernetzung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• physikalische Erklärungen in Alltagssituationen</li> </ul> <p>E2: Beobachtung und Wahrnehmung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterscheidung Beschreibung – Deutung</li> </ul>	<p><i>... zur Schwerpunktsetzung</i> Anwendungen, Phänomene der Wärme im Vordergrund, als Energieform nur am Rande, Argumentation mit dem Teilchenmodell Selbstständiges Experimentieren</p> <p><i>... zur Vernetzung</i> Aspekte Energieerhaltung und Entwertung → (IF 7)</p>

JAHRGANGSSTUFE 6			
Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung	Weitere Vereinbarungen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Veränderung von Aggregatzuständen und Wärmeausdehnung</li> </ul>	E6: Modell und Realität <ul style="list-style-type: none"> <li>Modelle zur Erklärung und zur Vorhersage</li> </ul> K1: Dokumentation <ul style="list-style-type: none"> <li>Tabellen und Diagramme nach Vorgabe</li> </ul>	Ausdifferenzierung des Teilchenmodells → Elektron-Atomrumpf und Kern-Hülle-Modell (IF 9, IF 10) ... zu Synergien Angepasstheit an Jahreszeiten und extreme Lebensräume ← Biologie (IF 1) Teilchenmodell → Chemie (IF1)
<b>6.3 Elektrische Geräte im Alltag</b>  <i>Was geschieht in elektrischen Geräten?</i>  ca. 14 Ustd.	<b>IF 2: Elektrischer Strom und Magnetismus</b>  Stromkreise und Schaltungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Spannungsquellen</li> <li>Leiter und Nichtleiter</li> <li>verzweigte Stromkreise</li> <li>Elektronen in Leitern</li> </ul> Wirkungen des elektrischen Stroms: <ul style="list-style-type: none"> <li>Wärmewirkung</li> <li>magnetische Wirkung</li> <li>Gefahren durch Elektrizität</li> </ul>	UF4: Übertragung und Vernetzung <ul style="list-style-type: none"> <li>physikalische Konzepte auf Realsituationen anwenden</li> </ul> E4: Untersuchung und Experiment <ul style="list-style-type: none"> <li>Experimente planen und durchführen</li> </ul> K1: Dokumentation <ul style="list-style-type: none"> <li>Schaltskizzen erstellen, lesen und umsetzen</li> </ul> K4: Argumentation <ul style="list-style-type: none"> <li>Aussagen begründen</li> </ul>	... zur Schwerpunktsetzung Makroebene, grundlegende Phänomene, Umgang mit Grundbegriffen  ... zu Synergien UND-, ODER- Schaltung → Informatik (Differenzierungsbereich)

JAHRGANGSSTUFE 6			
Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung	Weitere Vereinbarungen
<p><b>6.4 Magnetismus – interessant und hilfreich</b></p> <p><i>Warum zeigt uns der Kompass die Himmelsrichtung?</i></p> <p>ca. 6 Ustd.</p>	<p><b>IF 2: Elektrischer Strom und Magnetismus</b></p> <p>magnetische Kräfte und Felder:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• anziehende und abstoßende Kräfte</li> <li>• Magnetpole</li> <li>• magnetische Felder</li> <li>• Feldlinienmodell</li> <li>• Magnetfeld der Erde</li> </ul> <p>Magnetisierung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• magnetisierbare Stoffe</li> <li>• Modell der Elementarmagnete</li> </ul>	<p>E3: Vermutung und Hypothese</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermutungen äußern</li> </ul> <p>E4: Untersuchung und Experiment</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematisches Erkunden</li> </ul> <p>E6: Modell und Realität</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelle zur Veranschaulichung</li> </ul> <p>K1: Dokumentation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Felder skizzieren</li> </ul>	<p><i>... zur Schwerpunktsetzung</i> Feld nur als Phänomen, erste Begegnung mit dem physikalischen Kraftbegriff</p> <p><i>... zur Vernetzung</i> → elektrisches Feld (IF 9) → Elektromotor und Generator (IF 11)</p> <p><i>... zu Synergien</i> Erdkunde: Bestimmung der Himmelsrichtungen</p>
<p><b>6.5 Physik und Musik</b></p> <p><i>Wie lässt sich Musik physikalisch beschreiben?</i></p> <p>ca. 6 Ustd.</p>	<p><b>IF 3: Schall</b></p> <p>Schwingungen und Schallwellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tonhöhe und Lautstärke; Schallausbreitung</li> </ul> <p>Schallquellen und Schallempfänger:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sender-Empfängermodell</li> </ul>	<p>UF4: Übertragung und Vernetzung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fachbegriffe und Alltagssprache</li> </ul> <p>E2: Beobachtung und Wahrnehmung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Phänomene wahrnehmen und Veränderungen beschreiben</li> </ul> <p>E5: Auswertung und Schlussfolgerung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretationen von Diagrammen</li> </ul> <p>E6: Modell und Realität</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Funktionsmodell zur Veranschaulichung</li> </ul>	<p><i>... zur Schwerpunktsetzung</i> Nur qualitative Betrachtung der Größen, keine Formeln</p> <p><i>... zur Vernetzung</i> ← Teilchenmodell (IF1)</p>

<b>JAHRGANGSSTUFE 6</b>			
<b>Unterrichtsvorhaben</b>	<b>Inhaltsfelder Inhaltliche Schwerpunkte</b>	<b>Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung</b>	<b>Weitere Vereinbarungen</b>
<p><b>6.6 Achtung Lärm!</b></p> <p><i>Wie schützt man sich vor Lärm?</i></p> <p>ca. 4 Ustd.</p>	<p><b>IF 3: Schall</b></p> <p>Schwingungen und Schallwellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schallausbreitung; Absorption, Reflexion</li> </ul> <p>Schallquellen und Schallempfänger:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lärm und Lärmschutz</li> </ul>	<p>UF4: Übertragung und Vernetzung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fachbegriffe und Alltagssprache</li> </ul> <p>B1: Fakten- und Situationsanalyse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fakten nennen und gegenüber Interessen abgrenzen</li> </ul> <p>B3: Abwägung und Entscheidung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhaltung der eigenen Gesundheit</li> </ul>	<p><i>... zur Vernetzung</i> ← Teilchenmodell (IF1)</p>
<p><b>6.7 Schall in Natur und Technik</b></p> <p><i>Schall ist nicht nur zum Hören gut!</i></p> <p>ca. 2 Ustd.</p>	<p><b>IF 3: Schall</b></p> <p>Schwingungen und Schallwellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tonhöhe und Lautstärke</li> </ul> <p>Schallquellen und Schallempfänger:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ultraschall in Tierwelt, Medizin und Technik</li> </ul>	<p>UF4: Übertragung und Vernetzung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse übertragen</li> </ul> <p>E2: Beobachtung und Wahrnehmung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Phänomene aus Tierwelt und Technik mit physikalischen Begriffen beschreiben.</li> </ul>	
<p><b>6.8 Sehen und gesehen werden</b></p> <p><i>Sicher mit dem Fahrrad im Straßenverkehr!</i></p> <p>ca. 6 Ustd.</p>	<p><b>IF 4: Licht</b></p> <p>Ausbreitung von Licht:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lichtquellen und Lichtempfänger</li> <li>• Modell des Lichtstrahls</li> </ul> <p>Sichtbarkeit und die Erscheinung von Gegenständen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Streuung, Reflexion</li> <li>• Transmission; Absorption</li> <li>• Schattenbildung</li> </ul>	<p>UF1: Wiedergabe und Erläuterung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Differenzierte Beschreibung von Beobachtungen</li> </ul> <p>E6: Modell und Realität</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Idealisierung durch das Modell Lichtstrahl</li> </ul> <p>K1: Dokumentation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellung präziser Zeichnungen</li> </ul>	<p><i>... zur Schwerpunktsetzung</i> Reflexion nur als Phänomen</p> <p><i>... zur Vernetzung</i> ← Schall (IF 3) Lichtstrahlmodell → Abbildungen mit optischen Geräten (IF5)</p>

**JAHRGANGSSTUFE 6**

Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung	Weitere Vereinbarungen
<p><b>6.9 Licht nutzbar machen</b></p> <p><i>Wie entsteht ein Bild in einer (Loch-)Kamera?</i></p> <p><i>Unterschiedliche Strahlungsarten – nützlich, aber auch gefährlich!</i></p> <p>ca. 6 Ustd.</p>	<p><b>IF 4: Licht</b></p> <p>Ausbreitung von Licht:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abbildungen</li> </ul> <p>Sichtbarkeit und die Erscheinung von Gegenständen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schattenbildung</li> <li>• Absorption</li> </ul>	<p>UF3: Ordnung und Systematisierung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bilder der Lochkamera verändern</li> <li>• Strahlungsarten vergleichen</li> </ul> <p>K1: Dokumentation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellen präziser Zeichnungen</li> </ul> <p>B1: Fakten- und Situationsanalyse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gefahren durch Strahlung</li> <li>• Sichtbarkeit von Gegenständen verbessern</li> </ul> <p>B3: Abwägung und Entscheidung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswahl geeigneter Schutzmaßnahmen</li> </ul>	<p><i>... zur Schwerpunktsetzung</i> nur einfache Abbildungen</p> <p><i>... zur Vernetzung</i> Strahlengänge → Abbildungen mit optischen Geräten (IF 5)</p>

JAHRGANGSSTUFE 7			
Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung	Weitere Vereinbarungen
<b>7.1 Spiegelbilder im Straßenverkehr</b>  <i>Wie entsteht ein Spiegelbild?</i>  ca. 6 Ustd.	<b>IF 5: Optische Instrumente</b>  Spiegelungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reflexionsgesetz</li> <li>• Bildentstehung am Planspiegel</li> </ul> Lichtbrechung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Totalreflexion</li> <li>• Brechung an Grenzflächen</li> </ul>	UF1: Wiedergabe und Erläuterung <ul style="list-style-type: none"> <li>• mathematische Formulierung eines physikalischen Zusammenhanges</li> </ul> E6: Modell und Realität <ul style="list-style-type: none"> <li>• Idealisierung (Lichtstrahlmodell)</li> </ul>	<i>... zur Schwerpunktsetzung</i> Vornehmlich Sicherheitsaspekte  <i>... zur Vernetzung</i> ← Ausbreitung von Licht: Lichtquellen und Lichtempfänger, Modell des Lichtstrahls, Abbildungen, Reflexion (IF 4) Bildentstehung am Planspiegel → Spiegelteleskope (IF 6)
<b>7.2 Die Welt der Farben</b>  <i>Farben! Wie kommt es dazu?</i>  ca. 6 Ustd.	<b>IF 5: Optische Instrumente</b>  Lichtbrechung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brechung an Grenzflächen</li> </ul> Licht und Farben: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spektralzerlegung</li> <li>• Absorption</li> <li>• Farbmischung</li> </ul>	UF3: Ordnung und Systematisierung <ul style="list-style-type: none"> <li>• digitale Farbmodelle</li> </ul> E5: Auswertung und Schlussfolgerung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Parameter bei Reflexion und Brechung</li> </ul> E6: Modell und Realität <ul style="list-style-type: none"> <li>• digitale Farbmodelle</li> </ul>	<i>... zur Schwerpunktsetzung:</i> Erkunden von Farbmodellen am PC  <i>... zur Vernetzung:</i> ← Infrarotstrahlung, sichtbares Licht und Ultraviolettstrahlung, Absorption, Lichtenergie (IF 4) Spektren → Analyse von Sternenlicht (IF 6) Lichtenergie → Photovoltaik (IF 11)  <i>... zu Synergien:</i> Schalenmodell ← Chemie (IF 1), Farbsehen → Biologie (IF 7)

**JAHRGANGSSTUFE 7**

Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung	Weitere Vereinbarungen
<p><b>7.3 Das Auge – ein optisches System</b></p> <p><i>Wie entsteht auf der Netzhaut ein scharfes Bild?</i></p> <p>ca. 6 Ustd.</p>	<p><b>IF 5: Optische Instrumente</b></p> <p>Lichtbrechung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brechung an Grenzflächen</li> <li>• Bildentstehung bei Sammellinsen und Auge</li> </ul>	<p>E4: Untersuchung und Experiment</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bildentstehung bei Sammellinsen</li> </ul> <p>E5: Auswertung und Schlussfolgerung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Parametervariation bei Linsensystemen</li> </ul>	<p><i>... zur Schwerpunktsetzung</i> Bildentstehung, Einsatz digitaler Werkzeuge (z. B. Geometriesoftware)</p> <p><i>... zur Vernetzung</i> Linsen, Lochblende ← Strahlenmodell des Lichts, Abbildungen (IF 4)</p> <p><i>... zu Synergien</i> Auge → Biologie (IF 7)</p>
<p><b>7.4 Mit optischen Instrumenten Unsichtbares sichtbar gemacht</b></p> <p><i>Wie können wir Zellen und Planeten sichtbar machen?</i></p> <p>ca. 4 Ustd.</p>	<p><b>IF 5: Optische Instrumente</b></p> <p>Lichtbrechung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bildentstehung bei optischen Instrumenten</li> <li>• Lichtleiter</li> </ul>	<p>UF2: Auswahl und Anwendung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brechung</li> <li>• Bildentstehung</li> </ul> <p>UF4: Übertragung und Vernetzung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einfache optische Systeme</li> <li>• Endoskop und Glasfaserkabel</li> </ul> <p>K3: Präsentation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• arbeitsteilige Präsentationen</li> </ul>	<p><i>... zur Schwerpunktsetzung</i> Erstellung von Präsentationen zu physikalischen Sachverhalten</p> <p><i>... zur Vernetzung</i> Teleskope → Beobachtung von Himmelskörpern (IF 6)</p> <p><i>... zu Synergien</i> Mikroskopie von Zellen ↔ Biologie (IF 1, IF 2, IF 6)</p>

**JAHRGANGSSTUFE 7**

Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung	Weitere Vereinbarungen
<p><b>7.5 Licht und Schatten im Sonnensystem</b></p> <p><i>Wie entstehen Mondphasen, Finsternisse und Jahreszeiten?</i></p> <p>ca. 5 Ustd.</p>	<p><b>IF 6: Sterne und Weltall</b></p> <p>Sonnensystem:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mondphasen</li> <li>• Mond- und Sonnenfinsternisse</li> <li>• Jahreszeiten</li> </ul>	<p>E1: Problem und Fragestellung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• naturwissenschaftlich beantwortbare Fragestellungen</li> </ul> <p>E2: Beobachtung und Wahrnehmung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Differenzierte Beschreibung von Beobachtungen</li> </ul> <p>E6: Modell und Realität</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Phänomene mithilfe von gegenständlichen Modellen erklären</li> </ul>	<p><i>... zur Schwerpunktsetzung</i> Naturwissenschaftliche Fragestellungen, ggf. auch aus historischer Sicht</p> <p><i>... zur Vernetzung</i> ← Schatten (IF 4)</p> <p><i>... zu Synergien</i> Schrägstellung der Erdachse, Beleuchtungszonen, Jahreszeiten ↔ Erdkunde (IF 5)</p>

JAHRGANGSSTUFE 8			
Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung	Weitere Vereinbarungen
<p><b>8.1 Objekte am Himmel</b></p> <p><i>Was kennzeichnet die verschiedenen Himmelsobjekte?</i></p> <p>ca. 10 Ustd.</p>	<p>IF 6: Sterne und Weltall</p> <p>Sonnensystem:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planeten</li> </ul> <p>Universum:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Himmelsobjekte</li> <li>• Sternentwicklung</li> </ul>	<p>UF3: Ordnung und Systematisierung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klassifizierung von Himmelsobjekten</li> </ul> <p>E7: Naturwissenschaftliches Denken und Arbeiten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• gesellschaftliche Auswirkungen</li> </ul> <p>B2: Bewertungskriterien und Handlungsoptionen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wissenschaftliche und andere Weltvorstellungen vergleichen</li> <li>• Gesellschaftliche Relevanz (Raumfahrtprojekte)</li> </ul>	<p><i>... zur Vernetzung</i></p> <p>← Fernrohr (IF 5), Spektralzerlegung des Lichts (IF 5)</p>
<p><b>8.2 100 m in 10 Sekunden</b></p> <p><i>Wie schnell bin ich?</i></p> <p>ca. 6 Ustd.</p>	<p><b>IF7: Bewegung, Kraft und Energie</b></p> <p>Bewegungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geschwindigkeit</li> <li>• Beschleunigung</li> </ul>	<p>UF1: Wiedergabe und Erläuterung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewegungen analysieren</li> </ul> <p>E4: Untersuchung und Experiment</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufnehmen von Messwerten</li> <li>• Systematische Untersuchung der Beziehung zwischen verschiedenen Variablen</li> </ul> <p>E5: Auswertung und Schlussfolgerung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellen von Diagrammen</li> </ul>	<p><i>... zur Schwerpunktsetzung:</i></p> <p>Einführung von Vektorpfeilen für Größen mit Betrag und Richtung, Darstellung von realen Messdaten in Diagrammen</p> <p><i>... zur Vernetzung:</i></p> <p>Vektorielle Größen → Kraft (IF 7)</p> <p><i>... zu Synergien</i></p> <p>Mathematisierung physikalischer Gesetzmäßigkeiten in Form</p>

**JAHRGANGSSTUFE 8**

Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung	Weitere Vereinbarungen
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurvenverläufe interpretieren</li> </ul>	funktionaler Zusammenhänge ← Mathematik (IF Funktionen)
<p><b>8.3 Einfache Maschinen und Werkzeuge: Kleine Kräfte, lange Wege</b></p> <p><i>Wie kann ich mit kleinen Kräften eine große Wirkung erzielen?</i></p> <p>ca. 12 Ustd.</p>	<p><b>IF 7: Bewegung, Kraft und Energie</b></p> <p>Kraft:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewegungsänderung</li> <li>• Verformung</li> <li>• Wechselwirkungsprinzip</li> <li>• Gewichtskraft und Masse</li> <li>• Kräfteaddition</li> <li>• Reibung</li> </ul> <p>Goldene Regel der Mechanik:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• einfache Maschinen</li> </ul>	<p>UF3: Ordnung und Systematisierung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kraft und Gegenkraft</li> <li>• Goldene Regel</li> </ul> <p>E4: Untersuchung und Experiment</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufnehmen von Messwerten</li> <li>• Systematische Untersuchung der Beziehung zwischen verschiedenen Variablen</li> </ul> <p>E5: Auswertung und Schlussfolgerung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ableiten von Gesetzmäßigkeiten (Je-desto-Beziehungen)</li> </ul> <p>B1: Fakten- und Situationsanalyse</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatzmöglichkeiten von Maschinen</li> <li>• Barrierefreiheit</li> </ul>	<p><i>... zur Schwerpunktsetzung</i>                      Experimentelles Arbeiten,                      Anforderungen an Messgeräte</p> <p><i>... zur Vernetzung</i>                      Vektorielle Größen, Kraft ←                      Geschwindigkeit (IF 7)</p> <p><i>... zu Synergien</i>                      Bewegungsapparat, Skelett, Muskeln                      ← Biologie (IF 2), Lineare und                      proportionale Funktionen ←                      Mathematik (IF Funktionen)</p>

**JAHRGANGSSTUFE 8**

Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung	Weitere Vereinbarungen
<p><b>8.4 Energie treibt alles an</b></p> <p><i>Was ist Energie? Wie kann ich schwere Dinge heben?</i></p> <p>ca. 8 Ustd.</p>	<p><b>IF 7: Bewegung, Kraft und Energie</b></p> <p>Energieformen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lageenergie</li> <li>• Bewegungsenergie</li> <li>• Spannenergie</li> </ul> <p>Energieumwandlungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieerhaltung</li> <li>• Leistung</li> </ul>	<p>UF1: Wiedergabe und Erläuterung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieumwandlungsketten</li> </ul> <p>UF3: Ordnung und Systematisierung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieerhaltung</li> </ul>	<p><i>... zur Schwerpunktsetzung</i> Energieverluste durch Reibung thematisieren, Energieerhaltung erst hier, Energiebilanzierung</p> <p><i>... zur Vernetzung</i> Energieumwandlungen, Energieerhaltung ← Goldene Regel (IF7) Energieumwandlungen, Energieerhaltung ← Energieentwertung (IF 1, IF 2)</p> <p><i>... zu Synergien</i> Energieumwandlungen ← Biologie (IF 2) Energieumwandlungen, Energieerhaltung → Biologie (IF 4) Energieumwandlungen, Energieerhaltung, Energieentwertung → Biologie (IF 7) Energieumwandlungen, Energieerhaltung → Chemie (alle bis auf IF 1 und IF 9)</p>

<p><b>8.5 Druck und Auftrieb</b></p> <p><i>Was ist Druck?</i></p> <p>ca. 10 Ustd.</p>	<p><b>IF 8: Druck und Auftrieb</b></p> <p>Druck in Flüssigkeiten und Gasen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Druck als Kraft pro Fläche</li> <li>• Schweredruck</li> <li>• Luftdruck (Atmosphäre)</li> <li>• Dichte</li> <li>• Auftrieb</li> <li>• Archimedisches Prinzip</li> </ul> <p>Druckmessung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Druck und Kraftwirkungen</li> </ul>	<p>UF1: Wiedergabe und Erläuterung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Druck und Kraftwirkungen</li> </ul> <p>UF2 Auswahl und Anwendung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auftriebskraft</li> </ul> <p>E5: Auswertung und Schlussfolgerung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schweredruck und Luftdruck bestimmen</li> </ul> <p>E6: Modell und Realität</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Druck und Dichte im Teilchenmodell</li> <li>• Auftrieb im mathematischen Modell</li> </ul>	<p><i>... zur Schwerpunktsetzung</i> Anwendung experimentell gewonnener Erkenntnisse</p> <p><i>... zur Vernetzung</i> Druck ← Teilchenmodell (IF 1) Auftrieb ← Kräfte (IF 7)</p> <p><i>... zu Synergien</i> Dichte ← Chemie (IF 1)</p>
<p><b>8.6 Blitze und Gewitter</b></p> <p><i>Warum schlägt der Blitz ein?</i></p> <p>ca. 8 Ustd.</p>	<p><b>IF 9: Elektrizität</b></p> <p>Elektrostatik:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• elektrische Ladungen</li> <li>• elektrische Felder</li> <li>• Spannung</li> </ul> <p>elektrische Stromkreise:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektronen-Atomrumpf-Modell</li> <li>• Ladungstransport und elektrischer Strom</li> </ul>	<p>UF1: Wiedergabe und Erläuterung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Korrekter Gebrauch der Begriffe Ladung, Spannung und Stromstärke</li> <li>• Unterscheidung zwischen Einheit und Größen</li> </ul> <p>E4: Untersuchung und Experiment</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Umgang mit Ampere- und Voltmeter</li> </ul> <p>E5: Auswertung und Schlussfolgerung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schlussfolgerungen aus Beobachtungen</li> </ul> <p>E6: Modell und Realität</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektronen-Atomrumpf-Modell</li> <li>• Feldlinienmodell</li> <li>• Schaltpläne</li> </ul>	<p><i>... zur Schwerpunktsetzung</i> Anwendung des Elektronen-Atomrumpf-Modells</p> <p><i>... zur Vernetzung</i> ← Elektrische Stromkreise (IF 2)</p> <p><i>... zu Synergien</i> Kern-Hülle-Modell ← Chemie (IF 5)</p>

**JAHRGANGSSTUFE 10**

Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung	Weitere Vereinbarungen
<p><b>10.1 Sicherer Umgang mit Elektrizität</b></p> <p><i>Wann ist Strom gefährlich?</i></p> <p>ca. 14 Ustd.</p>	<p><b>IF 9: Elektrizität</b></p> <p>elektrische Stromkreise:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• elektrischer Widerstand</li> <li>• Reihen- und Parallelschaltung</li> <li>• Sicherungsvorrichtungen</li> </ul> <p>elektrische Energie und Leistung</p>	<p>UF4: Übertragung und Vernetzung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwendung auf Alltagssituationen</li> </ul> <p>E4: Untersuchung und Experiment</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Untersuchung der Beziehung zwischen verschiedenen Variablen</li> </ul> <p>E5: Auswertung und Schlussfolgerung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematisierung (proportionale Zusammenhänge, graphisch und rechnerisch)</li> </ul> <p>E6: Modell und Realität</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analogiemodelle und ihre Grenzen</li> </ul> <p>B3: Abwägung und Entscheidung</p> <p>Sicherheit im Umgang mit Elektrizität</p>	<p><i>... zur Schwerpunktsetzung</i> Analogiemodelle (z.B. Wassermodell); Mathematisierung physikalischer Gesetze; keine komplexen Ersatzschaltungen</p> <p><i>... zur Vernetzung</i> ← Stromwirkungen (IF 2)</p> <p><i>... zu Synergien</i> Nachweis proportionaler Zuordnungen; Umformungen zur Lösung von Gleichungen ← Mathematik (Funktionen erste Stufe)</p>
<p><b>10.2 Gefahren und Nutzen ionisierender Strahlung</b></p> <p><i>Ist ionisierende Strahlung gefährlich oder nützlich?</i></p>	<p><b>IF 10: Ionisierende Strahlung und Kernenergie</b></p> <p>Atomaufbau und ionisierende Strahlung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alpha-, Beta-, Gamma Strahlung,</li> <li>• radioaktiver Zerfall,</li> <li>• Halbwertszeit,</li> </ul>	<p>UF4: Übertragung und Vernetzung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biologische Wirkungen und medizinische Anwendungen</li> </ul> <p>E1: Problem und Fragestellung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswirkungen auf Politik und Gesellschaft</li> </ul>	<p><i>... zur Schwerpunktsetzung</i> Quellenkritische Recherche, Präsentation</p> <p><i>... zur Vernetzung</i> Atommodelle ← Chemie (IF 5) Radioaktiver Zerfall ← Mathematik Exponentialfunktion (Funktionen</p>

JAHRGANGSSTUFE 10			
Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung	Weitere Vereinbarungen
ca. 15 Ustd.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Röntgenstrahlung</li> </ul> Wechselwirkung von Strahlung mit Materie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nachweismethoden,</li> <li>• Absorption,</li> <li>• biologische Wirkungen,</li> <li>• medizinische Anwendung,</li> <li>• Schutzmaßnahmen</li> </ul>	E7: Naturwissenschaftliches Denken und Arbeiten <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nachweisen und Modellieren</li> </ul> K2: Informationsverarbeitung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Filterung von wichtigen und nebensächlichen Aspekten</li> </ul>	zweite Stufe) → Biologie (SII, Mutationen, 14C)
<b>10.3 Energie aus Atomkernen</b>  <i>Ist die Kernenergie beherrschbar?</i>  ca. 10 Ustd.	<b>IF 10: Ionisierende Strahlung und Kernenergie</b>  Kernenergie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kernspaltung,</li> <li>• Kernfusion,</li> <li>• Kernkraftwerke,</li> <li>• Endlagerung</li> </ul>	K2: Informationsverarbeitung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seriosität von Quellen</li> </ul> K4: Argumentation <ul style="list-style-type: none"> <li>• eigenen Standpunkt schlüssig vertreten</li> </ul> B1: Fakten- und Situationsanalyse <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifizierung relevanter Informationen</li> </ul> B3: Abwägung und Entscheidung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Meinungsbildung</li> </ul>	<i>... zur Schwerpunktsetzung</i> Meinungsbildung, Quellenbeurteilung, Entwicklung der Urteilsfähigkeit  <i>... zur Vernetzung</i> ← Zerfallsgleichung aus 10.1. → Vergleich der unterschiedlichen Energieanlagen (IF 11)
<b>10.4 Versorgung mit elektrischer Energie</b>  <i>Wie erfolgt die Übertragung der elektrischen Energie vom Kraftwerk bis zum Haushalt?</i>	<b>IF 11: Energieversorgung</b>  Induktion und Elektromagnetismus: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektromotor</li> <li>• Generator</li> <li>• Wechselspannung</li> </ul>	E4: Untersuchung und Experiment <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planung von Experimenten mit mehr als zwei Variablen</li> <li>• Variablenkontrolle</li> </ul> B2: Bewertungskriterien und Handlungsoptionen	<i>... zur Schwerpunktsetzung</i> Verantwortlicher Umgang mit Energie  <i>... zur Vernetzung</i>

JAHRGANGSSTUFE 10			
Unterrichtsvorhaben	Inhaltsfelder Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung	Weitere Vereinbarungen
ca. 14 Ustd.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transformator</li> </ul> Bereitstellung und Nutzung von Energie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieübertragung</li> <li>• Energieentwertung</li> <li>• Wirkungsgrad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kaufentscheidungen treffen</li> </ul>	← Lorentzkraft, Energiewandlung (IF 10) ← mechanische Leistung und Energie (IF 7), elektrische Leistung und Energie (IF 9)
<b>10.5 Energieversorgung der Zukunft</b> <i>Wie können regenerative Energien zur Sicherung der Energieversorgung beitragen?</i>  ca. 5 Ustd.	<b>IF 11: Energieversorgung</b> Bereitstellung und Nutzung von Energie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kraftwerke</li> <li>• Regenerative Energieanlagen</li> <li>• Energieübertragung</li> <li>• Energieentwertung</li> <li>• Wirkungsgrad</li> <li>• Nachhaltigkeit</li> </ul>	UF4: Übertragung und Vernetzung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beiträge verschiedener Fachdisziplinen zur Lösung von Problemen</li> </ul> K2: Informationsverarbeitung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quellenanalyse</li> </ul> B3: Abwägung und Entscheidung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Filterung von Daten nach Relevanz</li> </ul> B4: Stellungnahme und Reflexion <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stellung beziehen</li> </ul>	<i>... zur Schwerpunktsetzung</i> Verantwortlicher Umgang mit Energie, Nachhaltigkeitsgedanke  <i>... zur Vernetzung</i> → Kernkraftwerk, Energiewandlung (IF 10)  <i>... zu Synergien</i> Energie aus chemischen Reaktionen ← Chemie (IF 3, 10); Energiediskussion ← Erdkunde (IF 5), Wirtschaft-Politik (IF 3, 10)

## 4.2. Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit

Der Unterricht fördert die aktive Teilnahme der Schülerinnen und Schüler und berücksichtigt ihre individuellen Lernwege. Er bietet Gelegenheit zu und Unterstützung bei selbstständiger Arbeit. Gleiches gilt für die Förderung der Zusammenarbeit zwischen den Schülerinnen und Schülern. Vorrangiges Ziel ist es, allen Schülerinnen und Schülern einen individuellen kontinuierlichen Lernzuwachs zu ermöglichen.

Darüber hinaus gelten für den Physikunterricht folgende fachliche Grundsätze:

### 1. Lehr- und Lernprozesse

- Schwerpunktsetzungen nach folgenden Kriterien:
  - Herausstellung zentraler Ideen und Konzepte, auch unter Nutzung von Synergien zwischen den naturwissenschaftlichen Fächern
  - Zurückstellen von Verzichtbarem bzw. eventuell späteres Aufgreifen, Orientierung am Prinzip des exemplarischen Lernens
  - Anschlussfähigkeit (fachintern und fachübergreifend)
  - Herstellen von Zusammenhängen statt Anhäufung von Einzelfakten
- Lehren und Lernen in sinnstiftenden Kontexten nach folgenden Kriterien
  - Eignung des Kontextes zum Erwerb spezifischer Kompetenzen („Was kann man an diesem Thema besonders gut lernen“?)
  - klare Schwerpunktsetzungen bezüglich des Erwerbs spezifischer Kompetenzen, insbesondere auch bezüglich physikalischer Denk- und Arbeitsweisen eingegrenzte und altersgemäße Komplexität
  - authentische, motivierende und tragfähige Problemstellungen
  - Nachvollziehbarkeit/Schülerverständnis der Fragestellung
  - Kontexte und Lernwege sollten nicht unbedingt an fachsystematischen Strukturen, sondern eher an Erkenntnis- und Verständnisprozessen der Lernenden ansetzen
- 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 Verständnisförderung und zur Unterstützung und Beschleunigung des Lernprozesses.
  - Einbindung von Phasen der Metakognition, in denen zentrale Aspekte von zu erwerbenden Kompetenzen reflektiert werden, explizite Thematisierung der erforderlichen Denk- und Arbeitsweisen und ihrer zugrundeliegenden Ziele und Prinzipien, Vertrautmachen mit dabei zu verwendenden Begrifflichkeiten
  - Vertiefung der Fähigkeit zur Nutzung erworbener Kompetenzen beim Transfer auf neue Aufgaben und Problemstellungen durch hinreichende Integration von Reflexions-, Übungs- und Problemlösephasen in anderen Kontexten
  - ziel- und themengerechter Wechsel zwischen Phasen der Einzelarbeit, Partnerarbeit und Gruppenarbeit unter Berücksichtigung von Vielfalt durch Elemente der Binnendifferenzierung
  - Beachtung von Aspekten der Sprachsensibilität bei der Erstellung von Materialien.
  - bei kooperativen Lernformen: insbesondere Fokussierung auf das Nachdenken und den Austausch von naturwissenschaftlichen Ideen und Argumenten

### 2. Experimente und eigenständige Untersuchungen

- Verdeutlichung der verschiedenen Funktionen von Experimenten in den Naturwissenschaften und des Zusammenspiels zwischen Experiment und konzeptionellem Verständnis

- überlegter und zielgerichteter Einsatz von Experimenten: Einbindung in Erkenntnisprozesse und in die Klärung von Fragestellungen
- schrittweiser und systematischer Aufbau von der reflektierten angeleiteten Arbeit hin zur Selbstständigkeit bei der Planung, Durchführung und Auswertung von Untersuchungen
- Nutzung sowohl von manuell-analoger, aber auch digitaler Messwerterfassung und Messwertauswertung
- Entwicklung der Fähigkeiten zur Dokumentation der Experimente und Untersuchungen (Versuchsprotokoll) in Absprache mit den Fachkonferenzen der anderen naturwissenschaftlichen Fächer

### 3. Individuelles Lernen und Umgang mit Heterogenität

Gemäß ihren Zielsetzungen setzt die Fachschaft 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. Um den Arbeitsaufwand dafür in Grenzen zu halten, vereinbart die Fachschaft, bei der schrittweisen Nutzung bzw. Erstellung von Lernarrangements, bei der alle Lernenden am gleichen Unterrichtsthema arbeiten, aber dennoch vielfältige Möglichkeiten für binnendifferenzierende Maßnahmen bestehen, eng zusammenzuarbeiten. Gesammelt bzw. erstellt, ausgetauscht sowie erprobt werden sollen zunächst

- komplexere Lernaufgaben mit gestuften Lernhilfen für unterschiedliche Leistungsanforderungen
  - unterstützende zusätzliche Maßnahmen für erkannte oder bekannte Lernschwierigkeiten
  - herausfordernde zusätzliche Angebote für besonders leistungsstarke Schülerinnen und Schüler (auch durch Helfersysteme oder Unterrichtsformen wie „Lernen durch Lehren“)
4. Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen

Die Fachkonferenz Physik hat sich im Rahmen des Schulprogramms für folgende zentrale Schwerpunkte entschieden:

#### **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 in bestimmten Fragestellungen die Expertise einzelner Schülerinnen und Schüler gesucht wird, die aus einem von ihnen belegten Fach genauere Kenntnisse mitbringen und den Unterricht dadurch bereichern.

#### **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, gefolgt von einem Besuch einer Universitätsbibliothek. Die AG Facharbeit hat schulinterne Richtlinien für Erstellung einer Facharbeit angefertigt, die die unterschiedlichen Arbeitsweisen in den wissenschaftlichen Fachbereichen berücksichtigen. Im Verlauf des Projekttag werden den Schülerinnen und Schülern in einer zentralen Veranstaltung und in Gruppen diese schulinternen Richtlinien vermittelt.

#### 4.3. Lehr- und Lehrmittel

Die Fachschaft Physik verfügt über eine umfangreiche Materialsammlung, die in den facheigenen Regalen der Physiksammlung untergebracht ist. Diese Sammlung wird ständig durch Prüféxemplare der Verlage, durch Spenden und, je nach Haushaltslage, durch Anschaffungen aus Mitteln des vermögenswirksamen Schulhaushalts erweitert.

Für die Durchführung von Schülerexperimenten sind zu allen wesentlichen Themenbereichen Schülerexperimentierkästen der Firma Phywe und Leybold vorhanden. Diese ermöglichen Schülerexperimente in Partnerarbeit.

Unterrichtsmaterialien, Fachliteratur und sonstige Dokumente der Fachschaft Physik sind im Schulnetzwerk in einer eigenen Ordnerstruktur (iServ) verfügbar und beliebig erweiterbar. So wird ebenfalls eine reibungslose Kooperation der Kollegen und Kolleginnen bei der Unterrichtsvorbereitung garantiert.

In der Sek. I wird in der 6. Klasse das Physikbuch Dorn Bader Physik 1 begleitend zum

Unterricht eingesetzt. In der 7 und 8. Klasse findet das Physikbuch Dorn Bader Physik 2 Verwendung.

In der 10. Klasse findet das Physikbuch Dorn Bader Physik 3 Verwendung.

In der EF DornBader Physik-Gymnasium SEK II – Einführungsphase. In der Qualifikationsphase gibt es Klassensätze zu Physik Oberstufe Gesamtband NRW.

Neben Schulbüchern gibt es zahlreiche empfehlenswerte Onlineangebote sowie Apps, die zumeist auch mit dem iPad aufgerufen werden können.

Nr.	Link	Kurzbeschreibung
1	<a href="http://phyphox.org/de/home-de">http://phyphox.org/de/home-de</a>	phyphox ist eine sehr umfangreiche App mit vielen Messmöglichkeiten und guten Messergebnissen. Sie bietet vielfältige Einsatzmöglichkeiten im Physikunterricht. Sie läuft auf Smartphones unter IOS und Android und wurde an der RWTH Aachen entwickelt
2	<a href="http://www.viananet.de/">http://www.viananet.de/</a>	Videoanalyse von Bewegungen
3	<a href="https://www.planet-schule.de">https://www.planet-schule.de</a>	Simulationen, Erklärvideos
4	<a href="http://www.leifiphysik.de">http://www.leifiphysik.de</a>	Aufgaben, Versuch, Simulationen etc. zu allen Themenbereichen
5	<a href="http://www.mabo-physik.de/index.html">http://www.mabo-physik.de/index.html</a>	Simulationen zu allen Themenbereichen der Physik
6	<a href="https://www.howtosmile.org/topics">https://www.howtosmile.org/topics</a>	Digitale Bibliothek mit Freihandexperimenten, Simulationen etc. diverser Museen der USA
7	<a href="https://www.didaktik.physik.unimuenchen.de/elektronenbahnen/index.php">https://www.didaktik.physik.unimuenchen.de/elektronenbahnen/index.php</a>	Ausarbeitung von Versuchen (Aufbau, Theorie, Versuchsdurchführungen, Übungen) zu bewegten Ladungsträgern in E und B-Feldern

#### 4.4. Grundsätze der Leistungsbewertung

##### 4.4.1. Leistungsbewertung in der Sek. I

Die Grundsätze der Leistungsbewertung orientieren sich an den Kernlehrplänen Sek. I Physik des Landes NRW.

Im Fach Physik werden in der Sek. I keine Klassenarbeiten geschrieben. Pro Halbjahr können aber bis zu zwei schriftliche Übungen zum Inhalt der vorangegangenen geschrieben werden. Diese sind vom Umfang so anzulegen, dass die Bearbeitungszeit eine halbe Unterrichtsstunde nicht überschreitet. Sofern in einem Halbjahr schriftliche Übungen geschrieben werden sollen, kündigt der Lehrerin bzw. der Lehrer dies zeitnahe an. An Tagen, an denen Klassenarbeiten geschrieben werden, ist es nicht zulässig, schriftliche Übungen anzusetzen.

Die Leistungsbewertung bezieht sich auf die im Zusammenhang mit dem Unterricht erworbenen Kompetenzen. Die Entwicklung von Kompetenzen lässt sich durch genaue Beobachtung von Schülerhandlungen feststellen. Die Beobachtungen erfassen die Qualität, Häufigkeit und Kontinuität der Beiträge, die die Schülerinnen und Schüler im Unterricht einbringen.

Zu solchen Unterrichtsbeiträgen zählen:

- mündliche Beiträge wie Hypothesenbildung, Lösungsvorschläge, Darstellen von Zusammenhängen und Bewerten von Ergebnissen,
- qualitatives und quantitatives Beschreiben von Sachverhalten, auch in mathematisch-symbolischer Form,
- Analyse und Interpretation von Texten, Graphiken oder Diagrammen,
- selbstständige Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten,
- Erstellung von Produkten wie Dokumentationen zu Aufgaben, Untersuchungen und Experimenten, Protokolle, Präsentationen, Lernplakate, Modelle,
- Erstellung und Präsentation von Referaten,
- Führung eines Heftes,
- Beiträge zur gemeinsamen Gruppenarbeit,
- schriftliche Übungen.

Das Anfertigen von Hausaufgaben gehört zu den Pflichten der Schülerinnen und Schüler. Unterrichtsbeiträge auf der Basis der Hausaufgaben können daher zur Leistungsbewertung herangezogen werden.

Am Ende eines jeden Schulhalbjahres erhalten die Schülerinnen und Schüler eine Zeugnisnote, die Auskunft darüber gibt, inwieweit ihre Leistungen im Halbjahr den im Unterricht gestellten Anforderungen entsprochen haben. In die Note gehen alle im Zusammenhang mit dem Unterricht erbrachten Leistungen ein. Keinesfalls dürfen die Ergebnisse von schriftlichen Übungen eine bevorzugte Stellung innerhalb der Notengebung haben

#### 4.4.2. Leistungsbewertung in der Sek. II

Auf der Grundlage von § 48 SchulG, § 13 APO-GOST sowie des Kernlehrplans GOST Physik hat die Fachkonferenz im Einklang mit dem entsprechenden schulbezogenen Leistungskonzept die nachfolgenden Grundsätze zur Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung beschlossen. Die nachfolgenden Absprachen stellen die Minimalanforderungen an das lerngruppenübergreifende gemeinsame Handeln der Fachgruppenmitglieder dar. Bezogen auf die einzelne Lerngruppe kommen ergänzend weitere der in den Folgeabschnitten genannten Instrumente der Leistungsüberprüfung zum Einsatz.

Über die Grundsätze der Leistungsbewertung und -rückmeldung werden die Schülerinnen und Schüler zu Beginn des Schuljahres von der unterrichtenden Fachlehrkraft informiert.

Im Sinne der Orientierung an Standards sind grundsätzlich alle des Lehrplans Physik ausgewiesenen Bereiche bei der Leistungsfeststellung gleichwertig und angemessen zu berücksichtigen.

Erbrachte Leistungen werden auf der Grundlage transparenter Ziele und Kriterien in allen Kompetenzbereichen benotet, sie werden den Schülerinnen und Schülern jedoch auch mit Bezug auf diese Kriterien rückgemeldet und erläutert. Auf dieser Basis sollen die Schülerinnen ihre Leistungen zunehmend selbstständig einschätzen können. Die individuelle Rückmeldung erfolgt stärkenorientiert und nicht defizitorientiert, sie soll dabei den tatsächlich erreichten Leistungsstand weder beschönigen noch abwerten. 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 dürfen sie in neuen Lernsituationen auch Fehler machen, ohne dass sie deshalb Geringschätzung oder Nachteile in ihrer Beurteilung befürchten müssen.

Auf der Grundlage von § 48 SchulG, § 13 APO-GOST sowie Kapitel 3 des Kernlehrplans Physik hat die Fachkonferenz im Einklang mit dem entsprechenden schulbezogenen Konzept die nachfolgenden Grundsätze zur Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung beschlossen. Die nachfolgenden Absprachen stellen die Minimalanforderungen an das lerngruppenübergreifende gemeinsame Handeln der Fachgruppenmitglieder dar. Bezogen auf die einzelne Lerngruppe kommen ergänzend weitere der in den Folgeabschnitten genannten Instrumente der Leistungsüberprüfung zum Einsatz.

### **Überprüfungsformen**

In Kapitel 3 des KLP Physik Lehrplan werden Überprüfungsformen angegeben, die Möglichkeiten bieten, Leistungen im Bereich der „sonstigen Mitarbeit“ oder den Klausuren zu überprüfen. Um abzusichern, dass am Ende der Qualifikationsphase von den Schülerinnen und Schülern alle geforderten Kompetenzen erreicht werden, sind alle Überprüfungsformen notwendig. Besonderes Gewicht wird im Grundkurs auf experimentelle Aufgaben und Aufgaben zur Datenanalyse gelegt.

### **Lern- und Leistungssituationen**

In **Lernsituationen** ist das Ziel der Kompetenzerwerb. Fehler und Umwege dienen den Schülerinnen und Schülern als Erkenntnismittel, den Lehrkräften geben sie Hinweise für die weitere Unterrichtsplanung. Das Erkennen von Fehlern und der konstruktiv-produktive Umgang mit ihnen sind ein wesentlicher Teil des Lernprozesses.

Bei **Leistungs- und Überprüfungssituationen** steht dagegen der Nachweis der Verfügbarkeit der erwarteten bzw. erworbenen Kompetenzen im Vordergrund.

### **Beurteilungsbereich Sonstige Mitarbeit**

Folgende Aspekte können bei der Leistungsbewertung der sonstigen Mitarbeit eine Rolle spielen (die Liste ist nicht abschließend):

- 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 dieser Arbeit
- 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 Experimentalmedien
- fachlich sinnvoller und zielgerichteter Umgang mit Modellen, Hilfsmitteln und Simulationen
- zielgerichtetes Beschaffen von Informationen
- Erstellen von nutzbaren Unterrichtsdokumentationen
- Klarheit, Strukturiertheit, Fokussierung, Zielbezogenheit und Adressatengerechtigkeit von Präsentationen, auch mediengestützt
- sachgerechte Kommunikationsfähigkeit in Unterrichtsgesprächen und Kleingruppenarbeiten
- Einbringen kreativer Ideen
- fachliche Richtigkeit bei kurzen, auf die Inhalte weniger vorangegangener Stunden beschränkten schriftlichen Überprüfungen

Die Grundsätze der Leistungsbewertung orientieren sich an den Richtlinien und Lehrplänen des Faches Physik für die Sek. II des Landes NRW. Die Leistungsbewertung bezieht sich auf die im Zusammenhang mit dem Unterricht erworbenen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten. Die Gesamtnote beruht auf der Bewertung folgender Teilleistungen:

#### 4.4.2.1. Schriftliche Leistungen (Klausuren) und Facharbeit

Klausuren dienen der schriftlichen Überprüfung der Lernergebnisse in einem Kursabschnitt. Sie sollen darüber Aufschluss geben, inwieweit im laufenden Kursabschnitt gesetzte Ziele erreicht worden sind. Sie bereiten auf die komplexen Anforderungen in der Abiturprüfung vor.

Es werden zwei Klausuren pro Halbjahr geschrieben. Ausnahmen:

- in der Q1.2 kann eine Klausur durch eine Facharbeit ersetzt werden. Die Note für die Facharbeit wird dann wie eine Klausurnote gewertet.
- in der Q2.2 wird nur eine Klausur (unter abiturähnlichen Bedingungen) geschrieben.

Die folgenden Aufgabenarten sind zulässig:

- Bearbeitung eines Demonstrationsexperiments
- Durchführung und Bearbeitung eines Schülerexperiments
- Bearbeitung eines begrenzten physikalischen Problems anhand fachspezifischer Materialien. Als Material eignen sich zum Beispiel die Beschreibung eines nicht vorgeführten Experiments, Texte, Messdaten, Graphen, Bilder ...

Klausuren müssen so angelegt sein, dass die Schülerinnen und Schüler sach- und methodenbezogene Kenntnisse und Fähigkeiten nachweisen können, die sie in dem Kursabschnitt erworben oder vertieft haben. Dabei soll ein möglichst breites Spektrum der durch schriftliche Leistungen zu überprüfenden Ziele berücksichtigt werden.

Jede Aufgabe fordert die Bearbeitung eines begrenzten thematischen Zusammenhangs anhand einer gegliederten Anweisung. Dabei sollen sich die Anforderungen auf Inhalte und Verfahren beziehen, die im Unterricht behandelt worden sind. Eine Klausuraufgabe erreicht dann ein angemessenes Niveau, wenn das Schwergewicht der zu erbringenden Leistungen im Anforderungsbereich II liegt und daneben die Anforderungsbereiche I und III berücksichtigt werden, und zwar Anforderungsbereich I in deutlich höherem Maße als Anforderungsbereich III.

Aus der Formulierung der einzelnen Aufgabe sollen Art und Umfang der geforderten Leistung klar erkennbar sein. Diese sind durch vereinheitlichte Operatoren festgelegt. Bei der abschließenden Beurteilung einer Klausur ist der Wert der einzelnen Klausurteile für die Gesamtleistung durch eine Punktwertung zu bestimmen. Die Punktwertung ist den Schülern mitzuteilen. Sie kann dazu beitragen, ihnen die Bewertung ihrer Klausur transparent zu machen.

Die Zuordnung der Noten zu den erreichten Punktzahlen erfolgt nach dem folgenden Schema:

Prozent (min.)	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	33	27	20	0
Note	1+	2	1-	2+	2	2-	3+	3	3-	4+	4	4-	5+	5	5-	6

Bei der schriftlichen und mündlichen Darstellung ist auf sachliche und sprachliche Richtigkeit, auf fachsprachliche Korrektheit, auf gedankliche Klarheit und auf eine der Aufgabenstellung angemessene Ausdrucksweise zu achten. Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit in der deutschen Sprache werden nach § 13 (6) APO-GOST bewertet und können in die Benotung mit einer Abwertung um bis zu zwei Notenstufen eingehen

#### Facharbeit

In der Qualifikationsphase wird die erste Klausur im Halbjahr Q1.2 durch eine Facharbeit ersetzt. Facharbeiten dienen dazu, die Schülerinnen und Schüler mit den Prinzipien und Formen selbstständigen, wissenschaftspropädeutischen Lernens vertraut zu machen. Die Facharbeit ist eine umfangreichere schriftliche Hausarbeit und selbstständig zu verfassen. Umfang und Schwierigkeitsgrad der Facharbeit sind so zu gestalten, dass sie ihrer Wertigkeit im Rahmen des Beurteilungsbereichs „Schriftliche Leistungen (Klausuren)“ gerecht wird. Das Verfassen und die Bewertung der Facharbeit unterliegen schulinternen Regelungen. So gibt es fachübergreifend ein Formblatt zur Anmeldung und das Gutachten der Facharbeit, sowie eine Schülerhandreichung. Alle Dokumente sind

unter iServ erhältlich. Im Fach Physik ergibt sich mit der Durchführung und Auswertung eines Experimentes eine spezifische Form einer Facharbeit, die das naturwissenschaftliche wissenschaftspropädeutische Arbeiten im Besonderen fördert.

#### 4.4.2.2. SoMi – sonstige Leistungen

Der Bereich Sonstige Mitarbeit erfasst alle übrigen Leistungen, die im Zusammenhang mit dem Unterricht erbracht werden.

Entscheidend sind hierbei die Intensität, Qualität und Selbstständigkeit der Beiträge zum Unterricht. Zu solchen Unterrichtsbeiträgen zählen:

- mündliche Beiträge wie Hypothesenbildung, Lösungsvorschläge, Darstellen von Zusammenhängen und Bewerten von Ergebnissen,
- qualitatives und quantitatives Beschreiben von Sachverhalten, auch in mathematisch-symbolischer Form,
- Analyse und Interpretation von Texten, Graphiken oder Diagrammen,
- selbstständige Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten,
- Erstellung von Produkten wie Dokumentationen zu Aufgaben, Untersuchungen und Experimenten, Protokolle, Präsentationen, Lernplakate, Modelle,
- Erstellung und Präsentation von Referaten,
- Führung eines Heftes,
- Beiträge zur gemeinsamen Gruppenarbeit,
- schriftliche Übungen

Einzelne Beurteilungskriterien können sein:

- sachgerechtes Diskutieren und Argumentieren
- Klarheit der Gedankenführung und der sprachlichen Darstellung
- angemessene Verwendung der Fachsprache

Auch Hausaufgaben werden im Rahmen der "Sonstigen Mitarbeit" bewertet.

#### 4.4.2.3. Bewertung der mündlichen Mitarbeit

Folgende Kriterien zur Bewertung der sonstigen Mitarbeit sind für die Zuordnung zur Notenskala grundlegend und sollten mit den SchülerInnen zu Beginn der Oberstufe besprochen werden:

1 sehr gut - sehr kontinuierliche, ausgezeichnete Mitarbeit; sehr gute, umfangreiche, produktive Beiträge; sehr interessierte, kommunikationsfördernde Teilnahme am Unterricht; souveräner Sprachgebrauch in den Bereichen Sprachrichtigkeit/ Ausdrucksvermögen/ syntaktische Komplexität/Textaufbau
2 gut - kontinuierliche, gute Mitarbeit; gute Beiträge, produktive, interessierte, kommunikationsfördernde und motivierende Teilnahme am Unterricht; sicherer Sprachgebrauch
3 befriedigend - meistens interessierte, kommunikative, durchschnittliche Mitarbeit; zurückhaltende, aber aufmerksame Teilnahme; gute Beiträge auf Ansprache; meistens sicherer Sprachgebrauch
4 ausreichend - seltene Beteiligung; kontinuierliche Beteiligung bei fachlichen Ungenauigkeiten; Beteiligung nur auf Ansprache; stört gelegentlich; sehr passive Teilnahme am Unterricht; unstrukturierte oder wenig produktive Beiträge; Fähigkeit, sich grundlegend in der Zielsprache verständlich zu machen
5 mangelhaft - nur sporadische Mitarbeit; kaum kommunikative Beteiligung; fachliche Defizite, meistens fehlerhafte, lückenhafte Anwendung der Zielsprache

6 ungenügend - fehlende fachliche Kenntnisse; Unfähigkeit, die Zielsprache anzuwenden; keinerlei aktive Teilnahme am Unterricht

Die Gewichtung der genannten Kategorien ist den Kursteilnehmern zu Beginn des Unterrichts transparent zu machen.

Den Schülerinnen und Schülern werden folgende Zusammenfassungen ausgeteilt:

## **Leistungsbewertung in Physik**

### **50% Klausur - 2 Klausuren pro Halbjahr**

Neben der Kenntnis der erlernten Verfahren und Inhalte:

- Kenntnis der Fachsprache
- Formulierung in zusammenhängenden Sätzen
- Formal korrekte (Formelzeichen (DAR) und Einheiten (EH)) und saubere Darstellung (DAR)

Zur Abwertung kann führen:

- Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit (DAR)

In jeder Klausur werden Punkte für DAR und EH vergeben

### **50% sonstige Mitarbeit**

- mündliche Beiträge (Qualität und Quantität)
- Wiederholung der Inhalte der vorhergehenden Stunde nach Aufforderung
- Anfertigen von Stundenprotokollen
- Einreichen schriftlich bearbeiteter Aufgaben/Protokolle (freiwillig oder unangekündigt)
- Vorstellen von Aufgaben
- Referate
- Führen einer Unterrichtsmitschrift
- Führen des Glossars
- Schriftliche und/oder mündliche Abfrage der Begriffe des Glossars
- Schriftliche Überprüfungen der Unterrichtsinhalte
- Kenntnis der Fachsprache

Zur Abwertung kann führen:

- Unvollständig oder nicht mitgeführte Materialien (kariertes Heft/Hefter mit ausreichender Zahl freier Seiten, Lineal, Bleistift, Anspitzer, Radiergummi, Geodreieck, Formelsammlung, Taschenrechner - das Buch kann zu zweit geteilt werden)
- Unentschuldigte Fehlstunden

Leistungsbewertung im Fach Physik	Häufigkeit der Mitarbeit	Qualität der Mitarbeit	Beherrschung der Fachmethoden und der Fachsprache	Zusammenarbeit im Team incl. Teamarbeit bei Schülerexperimenten	Präsentation von Referaten, Protokollen u. a.	Vor- und Nachbereitung des Unterrichts / Bereitstellung der AM / Heftführung
<b>sehr gut</b> Die Leistung entspricht den Anforderungen in besonderem Maße.	Ich arbeite in jeder Stunde regelmäßig mit.	Ich kann Gelerntes sicher wiedergeben und anwenden. Oft finde ich auch neue Lösungswege und Ideen <sup>2</sup> .	Ich kann die gelernten Methoden <sup>3</sup> sehr sicher anwenden. Die Fachsprache beherrsche ich sehr gut.	Ich höre immer genau zu, gehe sachlich auf andere ein, ergreife bei der Arbeit die Initiative.	Ich bin sehr häufig und freiwillig bereit, Arbeitsergebnisse und Protokolle vorzustellen (, sowie gegebenenfalls Referate in den Unterricht einzubringen)	Ich führe mein Physikheft kontinuierlich, übersichtlich und sorgfältig. Ich habe immer alle Arbeitsmaterialien mit, mache immer die Hausaufgaben, beginne stets pünktlich mit der Arbeit.
<b>gut</b> Die Leistung entspricht voll den Anforderungen.	Ich arbeite in der Mehrzahl der Stunden regelmäßig mit.	Ich kann Gelerntes sicher wiedergeben und anwenden. Manchmal finde ich auch neue Lösungswege und Ideen.	Ich kann die gelernten Methoden meist sicher anwenden. Die Fachsprache beherrsche ich gut.	Ich höre meistens zu, gehe sachlich auf andere ein, kann mit anderen erfolgreich an einer Sache arbeiten.	Ich bin häufig und freiwillig bereit, Arbeitsergebnisse und Protokolle vorzustellen (, sowie gegebenenfalls Referate in den Unterricht einzubringen)	Ich führe mein Physikheft in der Regel kontinuierlich, übersichtlich und sorgfältig. Ich habe fast immer alle Arbeitsmaterialien mit, mache fast immer die Hausaufgaben, beginne fast immer pünktlich mit der Arbeit.
<b>befriedigend</b> Die Leistung entspricht im Allgemeinen den Anforderungen.	Ich arbeite häufig mit.	Ich kann Gelerntes wiedergeben und meist auch anwenden. Neue Lösungswege suche ich kaum.	Ich kann die gelernten Methoden vom Prinzip her anwenden. Die Fachsprache beherrsche ich im Wesentlichen.	Ich höre häufig zu, gehe sachlich auf andere ein, kann mit anderen an einer Sache arbeiten.	Ich bin manchmal oder nach Aufforderung bereit, Arbeitsergebnisse und Protokolle vorzustellen (, sowie gegebenenfalls Referate in den Unterricht einzubringen)	Ich führe mein Physikheft in der Regel übersichtlich und sorgfältig. Ich habe meistens alle Arbeitsmaterialien mit, mache meistens die Hausaufgaben, beginne meist pünktlich mit der Arbeit.
<b>ausreichend</b> Die Leistung zeigt Mängel, entspricht im Ganzen jedoch den Anforderungen.	Ich arbeite nur selten freiwillig mit, ich muss meistens aufgefordert werden.	Ich kann Gelerntes grob wiedergeben, aber nicht immer an anderen Beispielen anwenden.	Ich kann die gelernten Methoden nicht immer anwenden. Die Fachsprache beherrsche ich nur wenig.	Ich höre häufiger nicht zu und gehe nicht immer auf andere ein. Ich arbeite nur wenig erfolgreich mit anderen zusammen.	Ich bin selten bereit selbstständig Arbeitsergebnisse und Protokolle vorzustellen (, sowie gegebenenfalls Referate in den Unterricht einzubringen)	Ich führe mein Physikheft. Ich habe häufiger alle Arbeitsmaterialien mit, mache meistens die Hausaufgaben, beginne oft pünktlich mit der Arbeit.
<b>mangelhaft</b> Die Leistung entspricht nicht den Anforderungen. Grundkenntnisse sind vorhanden. Mängel können in absehbarer Zeit behoben werden.	Ich arbeite ganz selten freiwillig mit, ich muss fast immer aufgefordert werden.	Ich kann Gelerntes nur mit Lücken oder falsch wiedergeben. Auf andere Beispiele kann ich es fast nie anwenden.	Ich kann die gelernten Methoden kaum anwenden. Die Fachsprache beherrsche ich nicht.	Ich höre kaum zu, gehe nur selten auf andere ein, arbeite sehr ungern mit anderen zusammen.	Ich bringe Referate, Protokolle, Arbeitsergebnisse fast überhaupt nicht in den Unterricht ein	Ich führe mein Physikheft lückenhaft. Ich habe häufiger (unvollständige) Arbeitsmaterialien mit, mache oft die Hausaufgaben, beginne gewöhnlich erst nach Aufforderung mit der Arbeit.

Natürlich gibt es im Fach Physik auch die Note ‚ungenügend‘, wenn die Leistung den Anforderungen nicht entspricht und auch die Grundkenntnisse so lückenhaft sind, dass die Mängel in absehbarer Zeit nicht behoben werden können

#### 4.4.2.4. Grundsätze der Leistungsrückmeldung und Beratung

Die Leistungsrückmeldung erfolgt in mündlicher und schriftlicher Form. Eine Rückmeldung über die in Klausuren erbrachte Leistung erfolgt regelmäßig in Form der Randkorrektur samt Auswertungsraster bzw. Gutachten, Hinweisen zu Kompetenzstand und Möglichkeiten des weiteren Kompetenzerwerbs sowie nach Bedarf im individuellen Beratungsgespräch.

Analoges gilt für die Facharbeit. Die Beratung zur Facharbeit erfolgt gemäß den überfachlich vereinbarten Grundsätzen.

Über die Bewertung substantieller punktueller Leistungen aus dem Bereich der Sonstigen Mitarbeit werden die Schülerinnen und Schüler in der Regel mündlich informiert, ggf. auf Nachfrage; dabei wird ihnen erläutert, wie die jeweilige Bewertung zustande kommt. Schriftliche Übungen und sonstige Formen schriftlicher Leistungsüberprüfung werden schriftlich korrigiert und bewertet, und zwar so, dass aus Korrektur und Bewertung der betreffende Kompetenzstand hervorgeht. Auch hier besteht die Möglichkeit mündlicher Erläuterung.

Zum Ende eines Quartals erfolgt ggf. in einem individuellen Beratungsgespräch ein Austausch zwischen Fachlehrkraft und der Schüler oder dem Schüler über den Kompetenzstand und Möglichkeiten des weiteren Kompetenzerwerbs.

Die Feedbackkultur wird außerdem durch regelmäßiges leistungsbezogenes Feedback nach Referaten/Präsentationen, Gruppenarbeiten, etc. gefördert.

#### Mündliche Abiturprüfungen

Auch für das mündliche Abitur (im 4. Fach oder bei Abweichungs- bzw. 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.

### 5. Fächerverbindende und Fächerübergreifende Lernziele

Viele Unterrichtssequenzen des Faches Physik greifen Inhalte anderer Fächer sowie bereits in anderen Fächern erworbene Kompetenzen der Schüler auf. So hat die Physik z.B. vielfältige Berührungspunkte zum Fach Mathematik. Physikalische Gesetzmäßigkeiten werden zunehmend mathematisiert. Umgekehrt ist es möglich, durch die Anwendung mathematischer Methoden zu Vorhersagen zu kommen, die sich dann experimentell überprüfen lassen. Daher ist es notwendig, die Inhalte der Fächer aufeinander abzustimmen und die Kompetenzen, die im Mathematikunterricht erworben werden, auch im Physikunterricht zu nutzen. Die im Curriculum Mathematik genannten Kompetenzen zum Umgang mit Werkzeugen sind dafür wichtige Beispiele. Dazu gehören u. a. auch die Nutzung von Tabellenkalkulation sowie das Anfertigen von Diagrammen. Auch in der Sek. II findet diese Verzahnung eine Fortsetzung, z.B. nutzt die im Physikunterricht der Qualifikationsphase behandelte Elektrizität die Differenzialrechnung aus dem Mathematikunterricht.

Darüber hinaus finden insbesondere bei Inhalten zum Basiskonzept Materie viele Verzahnungen mit dem Fach Chemie statt (elektrische Ladung, Leitungsvorgänge, Teilchenmodell, Atommodelle).

In der Sekundarstufe 1 gibt es Verzahnungen mit dem Fach Biologie (Thema Akustik Klasse 6 – Hörvorgang und Funktionsweise des Ohrs; Thema Optik (Klasse 6, 8) – Sehvorgang und Funktionsweise des Auges).

Mit dem Fach Erdkunde ist eine fächerverbindende Zusammenarbeit beim Thema Entstehung der Jahreszeiten und Temperaturzonen der Erde möglich (Thema Wärme – Klasse 6) sowie die Orientierung mit dem Kompass (Thema Magnetismus – Klasse 6).

Mit den UND- und ODER-Schaltungen sowie der Einführung der Wahrheitstabellen im Elektrikunterricht der Klasse 6, ist eine Verzahnung mit dem Fach Informatik vorhanden. Darüber hinaus setzt das schulinterne Curriculum Physik Teilbereiche des Medienkompetenzrahmens NRW sowie der Rahmenvorgabe Verbraucherbildung in Schule um (s. u.).

### 5.1. Medienkompetenzrahmen

Die Digitalisierung erfasst natürlich auch den Physikunterricht. Dies geschieht in zwei verschiedenen Dimensionen. Zum einen stellen digitale Hilfsmittel eine Erweiterung der Werkzeuge dar und zu anderen bildet die Digitalisierung der Welt einen eigenen Unterrichtsgegenstand. Der Werkzeugcharakter zeigt sich zunächst einmal in der Ausstattung der Fachräume. Alle Fachräume sind mit einem mobilen Beamer ausgerüstet. Neben der obligatorischen W-LAN-Abdeckung aller Räume, stehen für die Schülerinnen und Schüler mobile Ipad-Wagen zur Verfügung. Mit dieser Grundausstattung der Räume lassen sich viele Szenarien modernen medial unterstützten Unterrichts durchführen.

Die eingebaute Kamera eignet sich zusammen z.B. mit der App Viana zur Bewegungsanalyse und viele der anderen eingebauten Sensoren (Magnetfeld, Beschleunigung, Mikrofon) lassen sich z.B. mit der App Phyphox in diversen Experimenten nutzen.

Durch die Ausstattung mit iPads kann die Digitalisierung auch an vielen anderen Stellen des Unterrichts einfließen. So sind z.B. durch eine Tabellenkalkulation schnelle Auswertungen auch bei größeren Datenmengen einfach möglich, Digitale Dokumentationen wie z.B. Versuchsprotokolle lassen sich multimedial gestalten und direkt teilen und Präsentationen können medial gestützt erfolgen. Die Begleitmaterialien wie Arbeitsblätter und Bücher können digital zur Verfügung gestellt werden und auf diesem Wege auch bearbeitet werden. Der Einsatz von Erklärvideos auch im flipped classroom aber auch das Erstellen eben solcher bereichern den Physikunterricht.

Aber die Digitalisierung darf nicht nur Werkzeugcharakter haben, sondern ist auch als eigener Unterrichtsinhalt zu sehen, der auch in vielen Teilbereichen der Physik eine entscheidende Rolle spielt. So sind viele der Digitalisierung zugrundeliegenden technischen Entwicklungen auf physikalische Phänomene zurückzuführen, die dann im Unterricht auch im Kontext der Digitalisierung behandelt werden sollten. Dies beginnt z.B. in der Sekundarstufe I mit einer einfachen UND- und ODER-Schaltung mit zwei Schaltern und den Effekten der Stromleitung bei Halbleitern und endet dann in der Sekundarstufe II bei der Quantenmechanik, die den Quantencomputer ermöglichen. Aber auch die Möglichkeit Realität zu simulieren, ist eine Anwendung der physikalischen Gesetze und spielt nicht nur im Freizeitbereich der Schülerinnen und Schüler bei Computerspielen sondern auch in der computergestützten Entwicklung und Forschung eine entscheidende Rolle. Diese Zusammenhänge müssen den Schülerinnen und Schüler im Physikunterricht auf verschiedenen Niveaustufen immer wieder aufgezeigt werden. Dies lässt sich z.B. in der Newtonschen Mechanik der Sekundarstufe I schon Beispiel der Achterbahn aufzeigen und in der Sekundarstufe II bei der Simulation des Falls mit Luftwiderstand in einer Tabellenkalkulation von den Schülerinnen und Schülern selber ausprobieren. An dieser Stelle schließt sich dann auch der Kreis, da auch der Physikunterricht auf fertige Simulationen für verschiedene Experimente z.B. mit der App PhET zurückgreift. Dies bietet sich zum einen bei komplizierten Versuchen wie dem Millikan-Versuch an aber auch bei einfachen Problemstellungen wie Stromkreisen, bei denen Simulationen visualisierende Elemente enthalten können. In diesen Zusammenhang sind zukünftig auch die Einbindung von AR und VR im Physikunterricht vorstellbar.

Im Hinblick auf den Medienkompetenzrahmen NRW (MKR) zeigt der Fachunterricht Physik viele Möglichkeiten auf, die im MKR genannten Kompetenzen zu fördern. Hervorzuheben sind hier sicher der Punkt 1.2 „Digitale Werkzeuge“, zu dem der Physikunterricht den Einsatz von digitaler Messwerterfassung beisteuert, und der Punkt 6.1 „Prinzipien der digitalen Welt“, deren Grundlage die beiden Logikelementen UND und ODER liegen, die als Schaltung im Physikunterricht aufgegriffen werden. Die in der folgenden Tabelle durch den MKR benannten Kompetenzen werden in den Tabellen zu den konkreten Unterrichtsvorhaben aufgegriffen und in der entsprechenden Spalte erwähnt.

1. BEDIENEN UND ANWENDEN 	2. INFORMIEREN UND RECHERCHIEREN 	3. KOMMUNIZIEREN UND KOOPERIEREN 	4. PRODUZIEREN UND PRÄSENTIEREN 	5. ANALYSIEREN UND REFLEKTIEREN 	6. PROBLEMLÖSEN UND MODELLIEREN 
<b>1.1 Medienausstattung (Hardware)</b>	<b>2.1 Informationsrecherche</b>	<b>3.1 Kommunikations- und Kooperationsprozesse</b>	<b>4.1 Medienproduktion und Präsentation</b>	<b>5.1 Medienanalyse</b>	<b>6.1 Prinzipien der digitalen Welt</b>
Medienausstattung (Hardware) kennen, auswählen und reflektiert anwenden; mit dieser verantwortungsvoll umgehen	Informationsrecherchen zielgerichtet durchführen und dabei Suchstrategien anwenden	Kommunikations- und Kooperationsprozesse mit digitalen Werkzeugen zielgerichtet gestalten sowie mediale Produkte und Informationen teilen	Medienprodukte adressatengerecht planen, gestalten und präsentieren; Möglichkeiten des Veröffentlichens und Teilens kennen und nutzen	Die Vielfalt der Medien, ihre Entwicklung und Bedeutungen kennen, analysieren und reflektieren	Grundlegende Prinzipien und Funktionsweisen der digitalen Welt identifizieren, kennen, verstehen und bewusst nutzen
<b>1.2 Digitale Werkzeuge</b>	<b>2.2 Informationsauswertung</b>	<b>3.2 Kommunikations- und Kooperationsregeln</b>	<b>4.2 Gestaltungsmittel</b>	<b>5.2 Meinungsbildung</b>	<b>6.2 Algorithmen erkennen</b>
Verschiedene digitale Werkzeuge und deren Funktionsumfang kennen, auswählen sowie diese kreativ, reflektiert und zielgerichtet einsetzen	Themenrelevante Informationen und Daten aus Medienangeboten filtern, strukturieren, umwandeln und aufbereiten	Regeln für digitale Kommunikation und Kooperation kennen, formulieren und einhalten	Gestaltungsmittel von Medienprodukten kennen, reflektiert anwenden sowie hinsichtlich ihrer Qualität, Wirkung und Aussageabsicht beurteilen	Die interessengeleitete Setzung und Verbreitung von Themen in Medien erkennen sowie in Bezug auf die Meinungsbildung beurteilen	Algorithmische Muster und Strukturen in verschiedenen Kontexten erkennen, nachvollziehen und reflektieren
<b>1.3 Datenorganisation</b>	<b>2.3 Informationsbewertung</b>	<b>3.3 Kommunikation und Kooperation in der Gesellschaft</b>	<b>4.3 Quelldokumentation</b>	<b>5.3 Identitätsbildung</b>	<b>6.3 Modellieren und Programmieren</b>
Informationen und Daten sicher speichern, wiederfinden und von verschiedenen Orten abrufen; Informationen und Daten zusammenfassen, organisieren und strukturiert aufbewahren	Informationen, Daten und ihre Quellen sowie dahinterliegende Strategien und Absichten erkennen und kritisch bewerten	Kommunikations- und Kooperationsprozesse im Sinne einer aktiven Teilhabe an der Gesellschaft gestalten und reflektieren; ethische Grundsätze sowie kulturell-gesellschaftliche Normen beachten	Standards der Quellenangaben beim Produzieren und Präsentieren von eigenen und fremden Inhalten kennen und anwenden	Chancen und Herausforderungen von Medien für die Realitätswahrnehmung erkennen und analysieren sowie für die eigene Identitätsbildung nutzen	Probleme formalisiert beschreiben, Problemlösestrategien entwickeln und dazu eine strukturierte, algorithmische Sequenz planen; diese auch durch Programmieren umsetzen und die gefundene Lösungsstrategie beurteilen
<b>1.4 Datenschutz und Informationssicherheit</b>	<b>2.4 Informationskritik</b>	<b>3.4 Cybergewalt und -kriminalität</b>	<b>4.4 Rechtliche Grundlagen</b>	<b>5.4 Selbstregulierte Mediennutzung</b>	<b>6.4 Bedeutung von Algorithmen</b>
Verantwortungsvoll mit persönlichen und fremden Daten umgehen; Datenschutz, Privatsphäre und Informationssicherheit beachten	Unangemessene und gefährdende Medieninhalte erkennen und hinsichtlich rechtlicher Grundlagen sowie gesellschaftlicher Normen und Werte einschätzen; Jugend- und Verbraucherschutz kennen und Hilfs- und Unterstützungsstrukturen nutzen	Persönliche, gesellschaftliche und wirtschaftliche Risiken und Auswirkungen von Cybergewalt und -kriminalität erkennen sowie Ansprechpartner und Reaktionsmöglichkeiten kennen und nutzen	Rechtliche Grundlagen des Persönlichkeits- (u.a. des Bildrechts), Urheber- und Nutzungsrechts (u.a. Lizenzen) überprüfen, bewerten und beachten	Medien und ihre Wirkungen beschreiben, kritisch reflektieren und deren Nutzung selbstverantwortlich regulieren; andere bei ihrer Mediennutzung unterstützen	Einflüsse von Algorithmen und Auswirkung der Automatisierung von Prozessen in der digitalen Welt beschreiben und reflektieren

Die folgenden Übersichten geben einen Überblick zum konkreten Einsatz des Medienkompetenzrahmens

Klasse 6

<b>1 Bedienen und Anwenden</b>	<b>2 Informieren und Recherchieren</b>	<b>3 Kommunizieren und Kooperieren</b>
<b>1.1 Medienausstattung</b>	<b>2.1 Informationsrecherche</b>	<b>3.1 Kommunikations- und Kooperationsprozesse</b>
S. 15, Exkurs Messung der Temperatur mit einer Wärmebildkamera (Wärmebildkamera, Smartphone mit entsprechendem Zusatzgerät); S. 101, Versuch V1 (Smartphone-Kamera); S. 108, Infrarotes Licht (Smartphone und/oder Tablet); S. 113, Versuch V4 (Smartphone und App Phyphox); S.117, Exkurs Töne und Klänge (Smartphone und App Phyphox); S. 121, Aufgabe 1 (Smartphone und App Phyphox)	S. 11, Aufgaben 2, 4; S. 15, Aufgabe 3; S. 31, Aufgabe 2; S. 33, Aufgaben 2 – 6; S. 49, Aufgabe 4; S. 57, Aufgaben 3, 4; S. 59, Aufgabe 2; S. 61, Aufgaben 2, 5; S. 71, Aufgaben 3, 4; S. 75, Aufgabe 1; S. 113, Aufgaben 2, 3; S. 115, Aufgabe 1 – 3; S. 119, Aufgabe 2; S. 123, Aufgaben 4, 5	S. 11, Aufgabe 4; S. 33, Aufgabe 7; S. 55, Aufgabe 2; S. 69, Versuch V2; S. 89, Aufgaben 2, 5; S. 93, Aufgabe 5; S. 93, Aufgabe 8; S. 107, Aufgaben 2, 3; S. 111, Aufgabe 2
<b>1.2 Digitale Werkzeuge</b>	<b>2.2 Informationsauswertung</b>	<b>3.2 Kommunikations- und Kooperationsregeln</b>
S. 101, Versuch V1; S. 108 f., Unsichtbares Licht; S. 113, Versuch V4; S. 113, Aufgabe 4; S. 117, Exkurs Töne und Klänge; S. 121, Aufgabe 1	S. 11, Aufgaben 1, 5; S. 14, Aufgaben 1, 2; S. 15, Aufgabe 2; S. 16, Methode Wertetabellen erstellen; S. 17, Methode Diagramme erstellen; S. 17, Aufgabe 1; S. 21, Aufgabe 3; S. 23, Aufgabe 2, 3; S. 27, Aufgabe 2; S. 35, Aufgabe 1; S. 41, Aufgaben 3, 6; S. 61, Aufgabe 5; S. 65, Aufgabe 1, 2; S. 67, Aufgabe 1; S. 77, Aufgaben 2, 3; S. 89, Aufgabe 4; S. 93, Aufgaben 1 – 3; S. 95, Aufgabe 1; S. 103, Aufgabe 6; S. 119, Aufgabe 1; S. 121, Aufgabe 3; S. 127, Aufgaben 1, 2, 4, 5	
<b>1.3 Datenorganisation</b>	<b>2.3 Informationsbewertung</b>	<b>3.3 Kommunizieren und Kooperieren in der Gesellschaft</b>
	S. 33, Aufgabe 6; S. 81, Aufgaben 10, 20; S. 93, Aufgabe 8; S. 103, Aufgaben 1, 2; S. 109, Sonnenbrille; S. 115, Aufgabe 2	
<b>1.4 Datenschutz und Informationssicherheit</b>	<b>2.4 Informationskritik</b>	<b>3.4 Cybergewalt und -kriminalität</b>

4 Produzieren und Präsentieren	5 Analysieren und Reflektieren	6 Problemlösen und Modellieren
<b>4.1 Medienproduktion und -präsentation</b> S. 49, Aufgaben 4, 7; S. 81, Aufgabe 19	<b>5.1 Medienanalyse</b>	<b>6.1 Problemlösen und Modellieren</b> S. 62 f., Mehrere Schalter im Stromkreis; S. 63, Aufgaben 3, 4
<b>4.2 Gestaltungsmittel</b>	<b>5.2 Meinungsbildung</b>	<b>6.2 Algorithmen erkennen</b>
<b>4.3 Quelldokumentation</b>	<b>5.3 Identitätsbildung</b>	<b>6.3 Modellieren und Programmieren</b>
<b>4.4 Rechtliche Grundlagen</b>	<b>5.4 Selbstregulierte Medien-nutzung</b>	<b>6.4 Bedeutung von Algorithmen</b>

Klasse 7 und 8

1 Bedienen und Anwenden	2 Informieren und Recherchieren	3 Kommunizieren und Kooperieren
<b>1.1 Mediene Ausstattung</b>	<b>2.1 Informationsrecherche</b>	<b>3.1 Kommunikations- und Kooperationsprozesse</b>
S. 29, Methode: Bildentstehung an der Sammellinse mit Hilfe von Simulationen (Tablet oder Computer); S. 39, Aufgabe 3 (Smartphone-Kamera); S. 44, Versuch V1 (Smartphone oder Tablet); S. 66, Projekt: Sicherheit im Straßenverkehr (Smartphone, Videoanalysesoftware); S. 132, Versuch V1 (Smartphone oder Tablet); S. 184, Aufgabe 4 (Tablet oder Computer, Simulationssoftware)	S. 15, Aufgabe 2; S. 29, Methode: Bildentstehung an der Sammellinse mit Hilfe von Simulationen; S. 45, Aufgabe 3; S. 53, Aufgabe 2; S. 59, Aufgabe 3; S. 67, Projekt: Sicherheit im Straßenverkehr; S. 75, Aufgabe 4; S. 77, Aufgabe 3; S. 93, Aufgabe 9; S. 107, Aufgabe 3; S. 129, Aufgabe 4c; S. 143, Aufgabe 1; S. 153, Versuch V1; S. 159, Aufgabe 6; S. 168, Aufgabe 10; S. 173, Aufgabe 2; S. 176, Aufgabe 2	S. 19, Aufgabe 4; S. 45, Aufgabe 2; S. 95, Aufgabe 1; S. 105, Aufgabe 2; S. 107, Aufgabe 1; S. 139, Aufgabe 5
<b>1.2 Digitale Werkzeuge</b>	<b>2.2 Informationsauswertung</b>	<b>3.2 Kommunikations- und Kooperationsregeln</b>
S. 27: Konstruktionsstrahlen; S. 29, Methode: Bildentstehung an der Sammellinse mit Hilfe von Simulationen (Tablet und/oder Computer); S. 35, Aufgabe 1; S. 39, Aufgabe 3 (Smartphone-Kamera); S. 44, Versuch V1 (Smartphone oder Tablet); S. 48, Aufgabe 5; S. 66, Projekt: Sicherheit im Straßenverkehr (Smartphone, Videoanalysesoftware); S. 132, Versuch V1 (Smartphone oder Tablet); S. 184, Aufgabe 4 (Tablet oder Computer, Simulationssoftware)	S. 18, Versuch V1 (Brechung messen); S. 19, Aufgabe 6; S. 43, Aufgaben 4, 6; S. 48, Aufgabe 3; S. 49, Aufgaben 7, 10; S. 55, Aufgabe 2; S. 59, Aufgabe 7; S. 60 f. (Methode: Umgang mit t-s-Diagrammen); S. 61, Aufgaben 1, 3; S. 103, Aufgabe 3; S. 104, Aufgabe 2; S. 116, Aufgaben 1 - 4, 6; S. 143, Aufgabe 5; S. 159, Aufgabe 3; S. 173, Aufgaben 7, 9; S. 185, Aufgabe 13	
<b>1.3 Datenorganisation</b>	<b>2.3 Informationsbewertung</b>	<b>3.3 Kommunizieren und Kooperieren in der Gesellschaft</b>
S. 60 f. (Methode: Umgang mit t-s-Diagrammen)	S. 45, Aufgabe 2; S. 55, Aufgabe 2; S. 59, Aufgabe 7; S. 71, Aufgabe 4; S. 80 f., (Methode: Genauigkeit von Messungen); S. 102: Mit dem Energiesatz Diäten beurteilen; S. 107, Aufgabe 2; S. 116, Aufgabe 6; S. 117, Aufgabe 7	
<b>1.4 Datenschutz und Informationssicherheit</b>	<b>2.4 Informationskritik</b>	<b>3.4 Cybergewalt und -kriminalität</b>

4 Produzieren und Präsentieren	5 Analysieren und Reflektieren	6 Problemlösen und Modellieren
<b>4.1 Medienproduktion und -präsentation</b>	<b>5.1 Medienanalyse</b>	<b>6.1 Problemlösen und Modellieren</b>
S. 93, Aufgaben 4, 9 S. 105, Aufgabe 2; S. 153, Versuch V1; S. 185, Aufgabe 16; S. 168, Aufgabe 10	S. 75, Aufgabe 4; S. 176, Aufgabe 2;	S. 44: Farben sehen; S. 45: Gedruckte Farben; S. 59, Aufgaben 5, 7; S. 63, Aufgaben 3, 4
<b>4.2 Gestaltungsmittel</b>	<b>5.2 Meinungsbildung</b>	<b>6.2 Algorithmen erkennen</b>
		S. 60 f. (Methode: Umgang mit t-s-Diagrammen)
<b>4.3 Quelldokumentation</b>	<b>5.3 Identitätsbildung</b>	<b>6.3 Modellieren und Programmieren</b>
		S. 55, Aufgabe 2; S. 59, Aufgabe 7; S. 61, Aufgabe 3; S. 177, Methode: An Messwerten Zusammenhänge erkennen
<b>4.4 Rechtliche Grundlagen</b>	<b>5.4 Selbstregulierte Medien-nutzung</b>	<b>6.4 Bedeutung von Algorithmen</b>

1 Bedienen und Anwenden	2 Informieren und Recherchieren	3 Kommunizieren und Kooperieren
<b>1.1 Medienausstattung</b>	<b>2.1 Informationsrecherche</b>	<b>3.1 Kommunikations- und Kooperationsprozesse</b>
S. 29, Versuch V3 (Druckabfall im Treppenhaus); S. 55, Versuch V1 (Kettenreaktion mit Mausefallen)	S. 15, Aufgabe 2, 5; S. 29, Aufgabe 3; S. 33, Aufgabe 6; S. 59, Aufgabe 2, 4; S. 61, Aufgabe 3; S. 65, Aufgabe 1 – 3; S. 67, Aufgabe 1, 2; S. 73, Aufgabe 4; S. 77, Aufgabe 5; S. 81, Aufgabe 18; S. 93, Aufgabe 1, 4; S. 99, Aufgabe 3, 5, 9, 10 S. 105, Aufgabe 3; S. 109, Aufgabe 3; S. 113, Aufgabe 2; S. 117, Aufgabe 6; S. 121, Aufgabe 3; S. 123, Aufgabe 4, 5; S. 125, Aufgabe 2; S. 127, Aufgabe 2; S. 131, Aufgabe 1, 5; S. 134, Aufgabe 6; S. 135, Aufgabe 16 – 18	S. 41, Aufgabe 6; S. 53, Aufgabe 5; S. 59, Aufgabe 3; S. 77, Aufgabe 3; S. 81, Aufgabe 16; S. 101, Aufgabe 2; S. 121, Aufgabe 2; S. 123, Aufgabe 2; S. 127, Aufgabe 1
<b>1.2 Digitale Werkzeuge</b>	<b>2.2 Informationsauswertung</b>	<b>3.2 Kommunikations- und Kooperationsregeln</b>
S. 29, Versuch V3 (Druckabfall im Treppenhaus); S. 55, Versuch V1 (Kettenreaktion mit Mausefallen); S. 131, Aufgabe 3	S. 13, Versuch V2 (Gleicher Druck, unterschiedliche Kolben) mit Tabelle T1; S. 28, Bild B1 (Wetterkarte); S. 29, Versuch V3 (Druckabfall im Treppenhaus) mit Bild B3; S. 29, Aufgabe 4; S. 33, Aufgabe 5; S. 47, Aufgabe 4, 5; S. 53, Aufgabe 8, 9; S. 59, Aufgabe 3; S. 61, Aufgabe 3; S. 65, Aufgabe 1, 3, 5; S. 67, Aufgabe 1, 2; S. 73, Aufgabe 4, 6; S. 80, Aufgabe 8, 9, 11, 12; S. 81, Aufgabe 15; S. 92, Versuch V1 (Widerstand bei Temperaturänderung); S. 93, Aufgabe 4; S. 99, Aufgabe 5, 9; S. 105, Aufgabe 3; S. 109, Aufgabe 3; S. 110, Versuch V1 (Spannungen am Transformator) mit Tabelle T1; S. 111, Versuch V2 (Stromstärken am Transformator) mit Tabelle T2; S. 121, Aufgabe 3; S. 123, Aufgabe 4, 5; S. 125, Aufgabe 1; S. 131, Aufgabe 6; S. 134, Aufgabe 2, 5	
<b>1.3 Datenorganisation</b>	<b>2.3 Informationsbewertung</b>	<b>3.3 Kommunizieren und Kooperieren in der Gesellschaft</b>
	S. 47, Aufgabe 5; S. 59, Aufgabe 3; S. 61, Aufgabe 3; S. 65, Aufgabe 3	
<b>1.4 Datenschutz und Informationssicherheit</b>	<b>2.4 Informationskritik</b>	<b>3.4 Cybergewalt und -kriminalität</b>

4 Produzieren und Präsentieren	5 Analysieren und Reflektieren	6 Problemlösen und Modellieren
<b>4.1 Medienproduktion und -präsentation</b> S. 61, Aufgabe 3; S. 65, Aufgabe 1; S. 99, Aufgabe 3, 9, 10; S. 125, Aufgabe 2	<b>5.1 Medienanalyse</b>	<b>6.1 Problemlösen und Modellieren</b>
<b>4.2 Gestaltungsmittel</b>	<b>5.2 Meinungsbildung</b>	<b>6.2 Algorithmen erkennen</b>
<b>4.3 Quelldokumentation</b>	<b>5.3 Identitätsbildung</b>	<b>6.3 Modellieren und Programmieren</b>
<b>4.4 Rechtliche Grundlagen</b>	<b>5.4 Selbstregulierte Medien-nutzung</b>	<b>6.4 Bedeutung von Algorithmen</b>

Jgst	Bezug zum Kernlehrplan und/oder schulinternen Lehrplan, eingeführtes Lehrbuch (Seite), Kompetenzen, Inhalte, Themen...	Beispiele für die Umsetzung im Unterricht, methodisch/ didaktische Hinweise
Ab EF	<p>1. Bedienen und anwenden</p> <p>Verwenden des GTR für zum Auswerten von Messwerten von Experimenten (Tabellenkalkulation und lineare Regression im Grafikfenster) (1.1, 1.2, 1.3)</p>	
Ab EF	<p>2. Informieren und recherchieren</p> <p>Auswerten der Messwerte bei Experimenten einschließlich des idealisierter der Ergebnisse (2.3, 2.4)</p>	
	<p>3. Kommunizieren und kooperieren</p>	
Ab EF	<p>4. Produzieren und Präsentieren</p> <p>Jeder Schüler muss pro Schuljahr ein Referat halten. (4.1)</p>	
	<p>5. Analysieren und reflektieren</p>	
Ab EF	<p>6. Problemlösen und modellieren</p> <p>Messergebnisse auswerten und formale Zusammenhänge daraus ableiten (6.2, 6.4)</p>	

## 5.2. Umwelterziehung

Dem fächerübergreifenden Lernziel der Umwelterziehung genügt der Physikunterricht im Kontext der inhaltlichen Schwerpunkte "Kernenergie: Kernspaltung, Kernfusion, Kernkraftwerke, Endlagerung" sowie "Bereitstellung und Nutzung von Energie: Kraftwerke, regenerative Energieanlagen, Energieübertragung, Energieentwertung, Wirkungsgrad, Nachhaltigkeit", in dem die Endlichkeit fossiler Energieträger sowie die Notwendigkeit der verstärkten Nutzung regenerativer Energiequellen zum Unterrichtsgegenstand werden. Praktische Tipps zum Energiesparen werden beim Vergleich von Wirkungsgraden elektrischer Geräte (z.B. Energiesparlampen gegenüber Glühlampen) erarbeitet.

Der Sinn eines sparsamen Umgangs mit Energie erschließt sich schnell, wenn man mit den Schülern Berechnungen zu den Stromkosten verschiedener Geräte durchführt.

## 5.3. Berufsorientierung

Der Fachlehrplan Physik soll auch einen Beitrag zur Berufsorientierung leisten. Schülerinnen und Schüler sollen Berufsfelder kennen und darstellen lernen, in denen physikalische Kenntnisse bedeutsam sind. An geeigneten Stellen werden auch technische Sachverhalte einbezogen.

Als konkrete Beispiele seien genannt:

- Elektrizitätslehre (Jgst. 6, 8, Q-Phase)
- Tontechnik (6)
- Medizintechnik, z. B. Sehhilfen (8)
- Verwendung von Werkzeugen, Maschinen (8)
- Technische und medizinische Anwendungen der Radioaktivität (10)
- Steuerung von Kraftwerksanlagen (10)
- Der Zukunftsmarkt der regenerativen Energienutzung (10)
- Arbeit in Großforschungseinrichtungen, z.B. Teilchenbeschleunigern (Q-Phase)

Exkursionen:

- Besuch VRR (KFZ-Berufe),
- Stadtwerke (Elektro etc.)
- Besuch des Stahlzentrum in Duisburg
- Besuch von Veranstaltungen im Stahlzentrum Düsseldorf
- Besuch DLR SchoolLab in Köln
- Besuch eines Science Centers (EF)
- Besuch eines Planetariums (EF)
- Besuch eines Industrieunternehmens (Q1)
- Besuch eines Schülerlabors (Q1)
- Besuch einer Physikveranstaltung einer Universität am Tag der offenen Tür (Q2)

## 5.4. Gesundheitserziehung

Das Fach Physik soll auch einen Beitrag zur Gesundheitserziehung leisten. Dies sind vor allem Sicherheitsaspekte, die beim Experimentieren beachtet werden müssen:

- Sicherer Umgang mit Elektrizität (6) und
- Regeln beim Umgang mit radioaktiven Stoffen (10, Q-Phase)

Weitere Aspekte finden sich aber auch beim Verhalten in Alltagssituationen:

- Schallschutz (6) und
- Teilnahme am Straßenverkehr (EF)

### 5.5. Verbraucherbildung

Das Fach Physik gehört zwar nicht zu den Leitfächern für Verbraucherbildung in der Sek. I, nichtsdestotrotz kann das Fach z.B. im Zusammenhang mit der Umwelterziehung physikalische Kriterien für Kaufentscheidungen elektrischer Geräte aufstellen. So erschließt sich der Sinn eines sparsamen Umgangs mit Energie schnell, wenn man mit den Schülern Berechnungen zu den Stromkosten verschiedener Geräte durchführt.

Beispiele für Verbraucherbildung

Die Schülerinnen und Schüler können

- Möglichkeiten zur sparsamen Nutzung elektrischer Energie im Haushalt nennen und diese unter verschiedenen Kriterien bewerten.

### **Bis zum Ende der Erprobungsstufe**

#### **Inhaltsfeld 2: Elektrischer Strom und Magnetismus**

Die Schülerinnen und Schüler können

- Möglichkeiten zur sparsamen Nutzung elektrischer Energie im Haushalt nennen und diese unter verschiedenen Kriterien bewerten.

#### **Inhaltsfeld 3: Schall**

Die Schülerinnen und Schüler können

- Maßnahmen benennen und beurteilen, die in verschiedenen Alltagssituationen zur Vermeidung von und zum Schutz vor Lärm ergriffen werden können,
- Lärmbelastungen bewerten und daraus begründete Konsequenzen ziehen.

### **Bis zum Ende der Sekundarstufe I**

#### **Inhaltsfeld 7: Bewegung, Kraft und Energie**

Die Schülerinnen und Schüler können

- Zugänge zu Gebäuden unter dem Gesichtspunkt Barrierefreiheit beurteilen,
- Nahrungsmittel auf Grundlage ihres Energiegehalts bedarfsangemessen bewerten.

#### **Inhaltsfeld 9: Elektrizität**

Die Schülerinnen und Schüler können

- Energiebedarf und Leistung von elektrischen Haushaltsgeräten ermitteln und die entsprechenden Energiekosten berechnen,
- Kaufentscheidungen für elektrische Geräte unter Abwägung physikalischer und außerphysikalischer Kriterien treffen.

### **Inhaltsfeld 10: Ionisierende Strahlung und Kernenergie**

Die Schülerinnen und Schüler können

- Daten zu Gefährdungen durch Radioaktivität anhand der effektiven Dosis (Einheit SV) unter Berücksichtigung der Aussagekraft von Grenzwerten beurteilen,
- Nutzen und Risiken radioaktiver Strahlung und Röntgenstrahlung auf der Grundlage physikalischer und biologischer Erkenntnisse begründet abwägen.

### **Inhaltsfeld 11: Energieversorgung**

Die Schülerinnen und Schüler können

- Daten zur eigenen Nutzung von Elektrogeräten (u.a. Stromrechnungen, Produktinformationen, Angaben zur Energieeffizienz) auswerten,
- im Internet verfügbare Informationen und Daten zur Energieversorgung sowie ihre Quellen und dahinterliegende mögliche Strategien kritisch bewerten.

## 5.6. Lions Quest

<b>PHYSIK</b>			
Klasse/ Jahrgang- stufe	Fach/ Fächer- verbund	Bezug zum Kernlehrplan (Kapitel, Seite) und/oder schulinternen Lehrplan, eingeführtes Lehrbuch (Seite), Kompetenzen, Inhalte, Themen...	Beispiele für die Umsetzung im Unterricht, methodisch/ didaktische Hinweise (EW/EH, Modul, Seite)
<b>6</b>	<b>NW (Ph)</b>	Im Rahmen eines Experimentes innerhalb des ersten Monats durchführen. Lernen innerhalb eines Experimentes. Inhaltsfeld 1: Temperatur und Wärme (E2, E1)	EW Modul 1: 1.06: „Über Verhaltensregeln verhandeln“ 1. UStd.
<b>6</b>	<b>NW (Ph)</b>	„Magnetismus“ Inhaltsfeld 2: Elektrischer Strom und Magnetismus (UF1, E6)	EW Modul Anhang E S. 4
<b>7</b>	<b>NW (Ph)</b>	Bezug zum MEX-Profil: Brücke bauen	EW Modul 1.14: „Konstruktionswerkstatt“ 1. UStd.
<b>8</b>	<b>NW (Ph)</b>	Inhaltsfeld 7: Bewegung, Kraft und Energie (E4, E5, E6, K1)	EW Modul 7: 7.08 „Probiert – nicht geklappt – also nochmal“ 1. UStd.
<b>9/10</b>	<b>NW (Ph)</b>	Vor Einstieg in die Radioaktivität, ohne inhaltliche Anbindung (zeitliche aufwendige Experimente und Bau des Elektromotors)	EH Modul 2: 2.3.2 „Von A wie Aufschieberei bis Z wie Zeitmanagement: Zeithaben für Dinge die mir wichtig sind“ 1. UStd.
<b>EF</b>	<b>NW (Ph/CH)</b>	Ab Beginn der Referate: Feedback	EH Modul 2: 2.2.4 „Feedback, das dem Anderem nützt.“ 1. UStd.
<b>Q1</b>	<b>NW (Ph LK)</b>	Einstiegsstunde. 1. Hj, ohne inhaltliche Anbindung	EH Modul 1: 1.1.1 „Ich bin neu hier. Was erwartet mich?“

<b>PHYSIK</b>			
Klasse/ Jahgangs- stufe	Fach/ Fächer- verbund	Bezug zum Kernlehrplan (Kapitel, Seite) und/oder schulinternen Lehrplan, eingeführtes Lehrbuch (Seite), Kompetenzen, Inhalte, Themen...	Beispiele für die Umsetzung im Unterricht, methodisch/ didaktische Hinweise (EW/EH, Modul, Seite)
			1. UStd.
<b>Q2</b>	<b>NW (Ph)</b>	Beginn 1. Hj, perspektive Beginn zur Vorbereitung der mündlichen Abiturvorbereitung	EH Modul 2: 2.2.3 „Selbstsicher Auftreten“ 2. UStd.

Quellen:

Entwurf Lehrplan G9 Physik, Stand 18.02.2019 <https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-i/gymnasium-g8/index.html> HDL  
(Hilfswerk der Deutschen Lions), „Erwachsen werden“, 3. und 4. Auflage, Wiesbaden

HDL (Hilfswerk der Deutschen Lions), „Erwachsen handeln“, 1. Auflage, Wiesbaden

## 6. Exkursion

In der Sek1 werden gelegentlich Exkursionen durchgeführt.

In der EF bietet sich eine Fahrt in einen Freizeitpark an, bei der mit Hilfe des Beschleunigungssensors des Smartphones Bewegungsanalysen der Fahrgeschäfte durchgeführt werden können. Weitere Möglichkeiten für Exkursionen sind zum Beispiel das Röntgenmuseum in Remscheid oder das DLR in Köln.

## 7. Begabtenförderung

Interessierten Schülern steht die Möglichkeit offen, an Physik-Wettbewerben teilzunehmen. Neben der Physikolympiade gibt es die Möglichkeit an unterschiedlichen Wettbewerben wie Physik im Advent (Uni-Göttingen) sowie weiterer Aktionen, z.B. der DPG teilzunehmen.

In der Sekundarstufe II haben besonders begabte Schüler die Möglichkeit, bereits an Veranstaltungen der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf teilzunehmen und Leistungs-nachweise des Grundstudiums Physik zu erwerben.

## 8. Ausblick

In Zukunft ist die verstärkte Kooperation mit den anderen naturwissenschaftlichen Fachschaften, der Mathematik und Informatik im Zusammenhang mit einer zunehmenden MINT-Förderung erstrebenswert.

## 9. Qualitätssicherung und Evaluation

### 9.1. Fortbildungskonzept

Die Fachgruppe Physik stellt jährlich in ihrer Sitzung zu Beginn des Schuljahres den Fortbildungsbedarf fest. Nachfolgend ist es Aufgabe der/des Fachvorsitzenden, zusammen mit dem/der Fortbildungsbeauftragten der Schule entsprechende Veranstaltungen zu organisieren. Die Fachgruppe verpflichtet sich zur Teilnahme.

### 9.2. Möglichkeiten der Qualitätssicherung

Weitere Maßnahmen der Qualitätssicherung sind gegenseitiges Hospitieren, team teaching, Parallelarbeiten und gegebenenfalls gemeinsames Korrigieren. Absprachen dazu werden von den in den Jahrgängen parallel arbeitenden Kolleginnen und Kollegen zu Beginn eines Schuljahres getroffen.

### 9.3. Evaluation des schulinternen Curriculums

Die Fachgruppe Physik bemüht sich um eine stete Sicherung der Qualität ihrer Arbeit. Dazu dient unter anderem die jährliche Evaluation des schulinternen.

Das schulinterne Curriculum stellt keine starre Größe dar, sondern ist als „lebendes Dokument“ zu betrachten. Dementsprechend werden die Inhalte stetig überprüft, um ggf. Modifikationen vornehmen zu können. Die Fachkonferenz trägt durch diesen Prozess zur Qualitätsentwicklung und damit zur Qualitätssicherung des Faches Physik bei.

Die Evaluation erfolgt jährlich. Zu Schuljahresbeginn werden die Erfahrungen des vergangenen Schuljahres in der Fachschaft gesammelt, bewertet und eventuell notwendige Konsequenzen und Handlungsschwerpunkte formuliert.

## 10. Anlagen

10.1. Konkretisierte Unterrichtsvorhaben Sek. I – Jgst. 6 (G9)

**1. Wir messen Temperaturen (10 Ustd.)**

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<p><b>Wie funktionieren unterschiedliche Thermometer?</b></p>	<p><b>IF 1: Temperatur und Wärme</b></p> <p>Thermische Energie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärme, Temperatur und Temperaturmessung</li> </ul> <p>Wirkungen von Wärme:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärmeausdehnung</li> </ul>	<p><b>Schülerinnen und Schüler können ...</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[E2: Beobachtung und Wahrnehmung]</b> ... Phänomene aus physikalischer Perspektive bewusst wahrnehmen und beschreiben.</li> <li>• <b>[E4: Untersuchung und Experiment]</b> ... bei angeleiteten oder einfachen selbst entwickelten Untersuchungen und Experimenten Handlungsschritte unter Beachtung von Sicherheitsaspekten planen und durchführen sowie Daten gemäß der Planung erheben und aufzeichnen.</li> <li>• <b>[E6: Modell und Realität]</b> ... mit vorgegebenen Modellen ausgewählte physikalische Vorgänge und Phänomene veranschaulichen, erklären und vorhersagen sowie Modelle von der Realität unterscheiden.</li> <li>• <b>[K1: Dokumentation]</b> ... das Vorgehen und wesentliche Ergebnisse bei Untersuchungen und Experimenten in vorgegebenen Formaten (Protokolle, Tabellen, Skizzen, Diagramme) dokumentieren.</li> </ul>
<p><b>Vereinbarungen und Hinweise ...</b></p> <p>Einführung Modellbegriff; Erste Anleitung zum selbstständigen Experimentieren</p> <p><i>... zur Vernetzung</i> Ausdifferenzierung des Teilchenmodells → Elektron-Atomrumpf und Kern-Hülle-Modell (IF 9, 10)</p> <p><i>... zu Synergien</i> Beobachtungen, Beschreibungen, Protokolle, Arbeits- und Kommunikationsformen ← Biologie (IF 1)</p>		

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte  (Zeitungfang)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans  Die Schülerinnen und Schüler können...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen  Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Wie funktioniert ein Thermometer?</b></p> <p>Temperaturempfindung und -messung Thermometer</p> <p>(4 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperaturen mit analogen und digitalen Instrumenten messen (E2, E1),</li> <li>• erhobene Messdaten zu Temperaturentwicklungen nach Anleitung in Tabellen und Diagramme übertragen sowie Daten aus Diagrammen entnehmen (E4, E5, K1),</li> <li>• die Definition der Celsiuskala zur Temperaturmessung erläutern (UF1).</li> </ul>	<p>a) Paradoxes Temperaturempfinden: Verdeutlichung, dass das eigene <b>Temperaturempfinden kein objektives Messinstrument</b> ist, d.h. Verwendung von Thermometern, um eine standardisierte Temperaturmessung zu ermöglichen.</p> <p>b) Experiment (möglicher Lernweg; Reihenfolge abhängig von der Wahl des Thermometers, ggf. mit unkalibriertem und kalibriertem Thermometer; auch digital möglich → MKR)</p> <p>Erhitzen von Eiswasser bis zum siedenden Wasser → s.a. Änderung von Aggregatzuständen (IF 2)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Beobachtung: <b>Ausdehnung der Thermometerflüssigkeit</b> (Funktionsweise eines Thermometers, evtl. Marmeladenglasthermometer)</li> <li>2. Diagramm zeichnen (Plateaus entdecken)</li> <li>3. Legitimation für die Festlegung von Fixpunkten (hier: Celsiuskala)</li> <li>4. <b>Kalibrierung eines Thermometers</b> z.B. im Schülerversuch</li> <li>5. andere Temperaturskalen, hier: Kelvinskala</li> </ol> <p>Umgang mit Thermometern, Thermometerskala, Messung mit Flüssigkeitsthermometern</p>
<p><b>Warum dehnen sich Stoffe bei Erwärmung aus?</b></p> <p>Wärmeausdehnung Teilchenmodell</p> <p>(2 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Begriffe Temperatur und Wärme unterscheiden und sachgerecht verwenden (UF1, UF2),</li> <li>• [...] die Wärmeausdehnung von Stoffen mit einem einfachen Teilchenmodell erklären (E6, UF1, UF3).</li> </ul>	<p>Einführung eines Teilchenmodells zur Deutung der Ausdehnung von Flüssigkeiten (z.B. durch „Schülerteilchen“: eine Gruppe SuS stellt sich eng zusammen und beginnt, sich schneller zu bewegen), s. auch [1].</p> <p>Darauf aufbauend: Behandlung der <b>Wärmeausdehnung von Feststoffen</b>. Z.B. Demonstration von Bolzensprenger- oder Kugel-Loch-Versuch.</p> <p>Demonstration der <b>Wärmeausdehnung bei Gasen</b> z.B. durch Demonstrationsversuch einer Kunststoffflasche/ eines Luftballons in heißem bzw. kaltem Wasser.</p>

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte  (Zeitumfang)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans  Die Schülerinnen und Schüler können...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen  Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Dehnen sich alle Materialien gleich aus?</b></p> <p>Wärmeausdehnung</p> <p>(4 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• an Beispielen aus Alltag und Technik Auswirkungen der Wärmeausdehnung von Körpern und Stoffen beschreiben (UF1, UF4),</li> <li>• Temperaturen mit analogen und digitalen Instrumenten messen (E2, E1),</li> <li>• die Auswirkungen der Anomalie des Wassers und deren Bedeutung für natürliche Vorgänge beschreiben (UF4, UF1),</li> <li>• aus Beobachtungen und Versuchen zu Wärmephänomenen (u.a. Wärmeausdehnung [...]) einfache Schlussfolgerungen ziehen und diese nachvollziehbar darstellen (E3, E5, K3).</li> </ul>	<p>a) Untersuchung der unterschiedlich starken Wärmeausdehnung verschiedener Materialien, z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- durch Herstellung eines Bimetallstreifens aus Papier und Alufolie, der über einer Kerzenflamme erwärmt wird, im Schülerversuch</li> <li>- je ein Filmdöschen mit Wasser, Öl, Spiritus ins Tiefkühlfach</li> </ul> <p>b) <b>Anwendung</b> in weiteren Thermometer-Typen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gasthermometer</li> <li>- Bimetall-Thermometer</li> <li>- ggf. Ausblick auf IR-Thermometer → völlig anderes Funktionsprinzip (→ IF 5)</li> </ul> <p>sowie weiteren technischen Anwendungen.</p> <p>c) <b>Folgen der Anomalie des Wassers</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Warum platzt die Getränkeflasche in der Gefriertruhe?</li> <li>- Warum friert der See von oben zu und ... <ul style="list-style-type: none"> <li>... ich kann Schlittschuh laufen,</li> <li>... die Fische überleben den Winter?</li> </ul> </li> </ul>

## 2. Leben bei verschiedenen Temperaturen (10 Ustd.)

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<p><b>Wie beeinflusst die Temperatur Vorgänge in der Natur?</b></p>	<p><b>IF 1: Temperatur und Wärme</b></p> <p>Thermische Energie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärme, Temperatur und Temperaturmessung</li> </ul> <p>Wärmetransport:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärmemitführung, Wärmeleitung, Wärmestrahlung, Temperatenausgleich, Wärmedämmung</li> </ul> <p>Wirkungen von Wärme:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aggregatzustände und ihre Veränderung, Wärmeausdehnung</li> </ul>	<p><b>Schülerinnen und Schüler können ...</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[UF1: Wiedergabe und Erläuterung]</b> ... erworbenes Wissen über physikalische Phänomene unter Verwendung einfacher Konzepte nachvollziehbar darstellen und Zusammenhänge erläutern.</li> <li>• <b>[UF4: Übertragung und Vernetzung]</b> ... neu erworbene physikalische Konzepte in vorhandenes Wissen eingliedern und Alltagsvorstellungen hinterfragen.</li> <li>• <b>[E2: Beobachtung und Wahrnehmung]</b> ... Phänomene aus physikalischer Perspektive bewusst wahrnehmen und beschreiben.</li> <li>• <b>[E6: Modell und Realität]</b> ... mit vorgegebenen Modellen ausgewählte physikalische Vorgänge und Phänomene veranschaulichen, erklären und vorhersagen sowie Modelle von der Realität unterscheiden.</li> <li>• <b>[K1: Dokumentation]</b> ... das Vorgehen und wesentliche Ergebnisse bei Untersuchungen und Experimenten in vorgegebenen Formaten (Protokolle, Tabellen, Skizzen, Diagramme) dokumentieren.</li> </ul>
<p><b>Vereinbarungen und Hinweise ...</b></p> <p>Anwendungen, Phänomene der Wärme im Vordergrund, als Energieform nur am Rande, Argumentation mit dem Teilchenmodell, Selbstständiges Experimentieren</p> <p><i>... zur Vernetzung:</i> Aspekte Energieerhaltung und Entwertung → (IF 7) Ausdifferenzierung des Teilchenmodells → Elektron-Atomrumpf und Kern-Hülle-Modell (IF 9, 10)</p> <p><i>... zu Synergien</i> Angepasstheit an Jahreszeiten und extreme Lebensräume ← Biologie (IF 1) Teilchenmodell → Chemie (IF 1)</p>		

<b>Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte</b>  (Zeitungumfang)	<b>Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans</b>  Die Schülerinnen und Schüler können ...	<b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b>  Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Wie halten wir uns im Winter warm?</b></p> <p>Temperaturausgleich, Wärmeleitung und Wärmedämmung, Wärmemitführung, Wärmestrahlung</p> <p>(6 Ust.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Veränderung der thermischen Energie unterschiedlicher Körper sowie den Temperatúrausgleich zwischen Körpern durch Zuführung oder Abgabe von Wärme an alltäglichen Beispielen beschrieben (UF1),</li> <li>• Verfahren der Wärmedämmung anhand der jeweils relevanten Formen des Wärmetransports (Mitführung, Leitung, Strahlung) erklären (UF3, UF2, UF1, UF4, E6),</li> <li>• Temperaturen mit analogen und digitalen Instrumenten messen (E2, E1),</li> <li>• erhobene Messdaten zu Temperaturentwicklungen nach Anleitung in Tabellen und Diagramme übertragen sowie Daten aus Diagrammen entnehmen (E4, E5, K1),</li> <li>• aus Beobachtungen und Versuchen zu Wärmephänomenen (u.a. [...] Wärmetransport [...]) einfache Schlussfolgerungen ziehen und diese nachvollziehbar darstellen (E3, E5, K3),</li> <li>• reflektiert und verantwortungsvoll Schutzmaßnahmen gegen Gefahren durch Verbrennung und Unterkühlung begründen (B1, B2, B3, B4). <b>VB B, Z1</b></li> </ul>	<p><i>Bastelprojekt „Modell-Energiesparhaus“:</i>            Vermittlung des Alltagsphänomens des „Wärmeverlustes“ (→ alle Arten des Wärmetransports sowie Wärmedämmung)            Alternative: Egg-Race „So bleibt unser Tee am längsten warm!“ o.ä.</p> <p>Transfer zu „warme“ Kleidung, Tiere im Winter, ...</p> <p>Mögl. Ergänzungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demonstrationsversuch (unterschiedlich gute Wärmeleitung in Stäben aus verschiedenen Materialien durch Wachskugeln).</li> <li>• <b>Untersuchung der Wärmestrahlung</b> einer Lampe und gleichzeitig der Absorption dunkler und heller Körper im Vergleich z.B. im Schülerversuch. Transfer zu Auto in praller Sonne, kein Sonnenbrand hinter der Glasscheibe, ... (→ IF 3)</li> <li>• Demonstration des Phänomens der Wärmemitführung z.B. anhand der Strömung in einem Konvektionsrohr.</li> </ul> <p>Zusammenfassung der drei Wärmeübertragungsmechanismen z.B. anhand des Beispiels der Thermoskanne.</p> <p><b>Anwendung der Erkenntnisse auf weitere Phänomene mit Alltagsbezug</b>, z.B. Sonnenstand, Tiere, Jahreszeiten.</p>

<p><b>Was passiert beim Schmelzen und Verdampfen?</b></p> <p>Aggregatzustände</p> <p>(4 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aus Beobachtungen und Versuchen zu Wärmephänomenen (u.a. Wärmeausdehnung, Wärmetransport, Änderung von Aggregatzuständen) einfache Schlussfolgerungen ziehen und diese nachvollziehbar darstellen (E3, E5, K3),</li> <li>• Aggregatzustände, Übergänge zwischen ihnen sowie die Wärmeausdehnung von Stoffen mit einem einfachen Teilchenmodell erklären (E6, UF1, UF3),</li> <li>• reflektiert und verantwortungsvoll Schutzmaßnahmen gegen Gefahren durch Verbrennung und Unterkühlung begründen (B1, B2, B3, B4). <b>VB B, Z1</b></li> </ul>	<p>Rückbezug auf das Experiment aus UV 1.1 oder neue Messung: Erhitzen von Wasser mit Temperaturmessung, um das Temperaturplateau beim Wechsel des Aggregatzustands zu thematisieren (ohne Erwähnung des Begriffs innere Energie). Erklärung des Phänomens mit dem <b>Teilchenmodell</b>.</p> <p>Ggf. parallele Durchführung einer Temperaturmessung beim Schmelzen von Eis durch die SuS. Deutung des Temperaturplateaus beim Übergang des Aggregatzustands. Übung bzw. Einführung der Methoden zur Versuchsdocumentation (Protokoll, Aufzeichnung von Messdaten, Diagramm).</p> <p>Transfer zu <b>Alltagsphänomenen (z. B. Wetter)</b>: Einüben der Begriffe „verdampfen/verdunsten – kondensieren“; „schmelzen – gefrieren“</p> <p>Thematisierung des Energieflusses an Beispielen, z. B.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mein Tee ist kalt!</li> <li>- Wie wirkt der Eiswürfel in der Cola?</li> <li>- Achtung Trockeneis – bitte nicht anfassen!</li> <li>- Rettungsdecke</li> </ul>
--	---	--

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	<a href="https://phet.colorado.edu/de/simulation/states-of-matter-basics">https://phet.colorado.edu/de/simulation/states-of-matter-basics</a> <a href="http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_aggregat.swf">http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/ff_aggregat.swf</a>	Animationen zu Aggregatzuständen und den entsprechenden Übergängen

### 3. Elektrische Geräte im Alltag (14 Ustd.)

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<p><b>Was geschieht in elektrischen Geräten?</b></p>	<p><b>IF 2: Elektrischer Strom und Magnetismus</b></p> <p>Stromkreise und Schaltungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spannungsquellen</li> <li>• Leiter und Nichtleiter</li> <li>• verzweigte Stromkreise</li> </ul> <p>Wirkungen des elektrischen Stroms:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wärmewirkung</li> <li>• magnetische Wirkung</li> <li>• Gefahren durch Elektrizität</li> </ul>	<p><b>Schülerinnen und Schüler können ...</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[UF4: Übertragung und Vernetzung]</b> ... neu erworbene physikalische Konzepte in vorhandenes Wissen eingliedern und Alltagsvorstellungen hinterfragen.</li> <li>• <b>[E4: Untersuchung und Experiment]</b> ... bei angeleiteten oder einfachen selbst entwickelten Untersuchungen und Experimenten Handlungsschritte [...] planen und durchführen [...]</li> <li>• <b>[K1: Dokumentation]</b> ... das Vorgehen und wesentliche Ergebnisse bei Untersuchungen und Experimenten in vorgegebenen Formaten ([...] Skizzen, Diagramme) dokumentieren.</li> <li>• <b>[K4: Argumentation]</b> ... eigene Aussagen fachlich sinnvoll begründen [...] sowie bei Unklarheiten sachlich nachfragen</li> </ul>
<p><b>Vereinbarungen und Hinweise ...</b></p> <p>Makroebene, grundlegende Phänomene, Umgang mit Grundbegriffen</p> <p><i>... zu Synergien</i></p> <p>UND-, ODER- Schaltung → Informatik (Differenzierungsbereich)</p>		

<b>Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte</b>  (Zeitungfang)	<b>Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans</b>  Die Schülerinnen und Schüler können...	<b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b>  Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Wie unterscheiden sich elektrische Geräte?</b></p> <p>Spannungsquellen Wirkungen Gefahren durch Elektrizität</p> <p>(2 UStd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stromwirkungen (Wärme, Licht, Magnetismus) [...] beschreiben und Beispiele für ihre Nutzung in elektrischen Geräten angeben (K3, UF1, UF4),</li> <li>• den Aufbau einfacher elektrischer Stromkreise und die Funktion ihrer Bestandteile erläutern [...] (UF2, UF3, K4),</li> <li>• an Beispielen von elektrischen Stromkreisen den Energiefluss [...] darstellen (UF1, UF3, UF4).</li> </ul>	<p>In einem ersten Schritt werden unterschiedliche elektrische Geräte des alltäglichen Gebrauchs gesichtet und hins. ihrer Funktion (→ Wirkungen → Energiefluss) und ihrer Betriebsspannung (ggf. Gefährdung) unterschieden. <i>(Bereits hier kann die Glühlampe als „unwirtschaftlich“ identifiziert werden.)</i></p> <p>Einführung der Begriffe <b>elektrische Quelle</b> und <b>Energiewandler</b> anhand dieser Beispiele. Untersuchung und Kategorisierung dieser Beispielgeräte bezüglich ihrer <b>Nennspannung</b>. (Einführung des Spannungsbegriffs nur qualitativ als Maß für die mögliche Stärke der elektrischen Quelle, nicht über eine quantitative Definition wie „Energie pro Ladung“ o.ä.)</p> <p><b>Diskussion von Sicherheitsaspekten</b> anhand der gebildeten Nennspannungskategorien.</p> <p>Überleitung zur <b>systematischen, modellhaften Untersuchung von Stromkreisen. Erarbeitung im Schülerversuch.</b></p> <p>Es besteht die Möglichkeit, zu Beginn des 6. Schuljahres für die SuS ein einfaches Selbstbausset zu verwenden. Mit diesem Set sind große Teile des Unterrichtsvorhabens durchführbar.</p> <p><i>(alternativ Aufbau eines Zimmermodells, das elektrifiziert wird.)</i></p> <p>Definition des Begriffs des geschlossenen Stromkreises.</p> <p>Eine Einführung des elektrischen Stroms als Fluss von Ladungsträgern bzw. „elektrischen Teilchen“ ist hier bereits möglich und hilfreich bei der Diskussion des Begriffs „elektrischer Verbraucher“.</p> <p>Beschreibung der Phänomene grundsätzlich auf der Makroebene, Übung des Umgangs mit Grundbegriffen.</p>

<p><b>Welche Stoffe leiten?</b></p> <p>Leiter und Nichtleiter Gefahren durch Elektrizität</p> <p>(2 UStd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stromkreise durch Schaltsymbole und Schaltpläne darstellen und einfache Schaltungen nach Schaltplänen aufbauen (E4, K3),</li> <li>• in eigenständig geplanten Versuchen die Leitungseigenschaften verschiedener Stoffe ermitteln und daraus Schlüsse zu ihrer Verwendbarkeit auch unter Sicherheitsaspekten ziehen (E4, E5, K1),</li> <li>• ausgewählte Stoffe anhand ihrer elektrischen und magnetischen Eigenschaften (elektrische Leitfähigkeit, Ferromagnetismus) klassifizieren (UF1),</li> <li>• Risiken und Sicherheitsmaßnahmen beim Experimentieren mit elektrischen Geräten benennen und bewerten (B1, B3),</li> <li>• auf einem grundlegenden Niveau (Sichtung mit Blick auf [...] Beschädigungen, Isolierung) über die gefahrlose Nutzbarkeit von elektrischen Geräten entscheiden (B1, B2, B3).</li> </ul>	<p>Anhand des Modell-Stromkreises wird schon klar, warum es gut ist, dass die Kabel eine Kunststoff-Ummantelung haben. Hier kann erstmalig die Gefahr des <b>Kurzschlusses</b> thematisiert werden.</p> <p><b>Überprüfung diverser Materialien auf ihre Leitfähigkeit</b> z.B. mit Hilfe des Selbstbausets <b>im (selbst geplanten) Schülerversuch</b> und Kategorisierung in Leiter und Nichtleiter.</p> <p>Auch die Untersuchung der Leitungseigenschaften von Flüssigkeiten (hier: Wasser) lassen sich über den Gefährdungsaspekt (Lebensgefahr beim Föhnen in der Badewanne) motivieren.</p>
<p><b>Welche Schaltungen nutzt man im Haus?</b></p> <p>verzweigte Stromkreise</p> <p>(6 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• den Aufbau einfacher elektrischer Stromkreise und die Funktion ihrer Bestandteile erläutern und die Verwendung von Reihen- und Parallelschaltungen begründen (UF2, UF3, K4),</li> <li>• zweckgerichtet einfache elektrische Schaltungen planen und aufbauen, auch als Parallel- und Reihenschaltung sowie UND- bzw. ODER-Schaltung (E1, E4, K1),</li> <li>• Stromkreise durch Schaltsymbole und Schaltpläne darstellen und einfache Schaltungen nach Schaltplänen aufbauen (E4, K3).</li> </ul>	<p>Erarbeitung und Charakterisierung der diversen Schaltungstypen mit dem Selbstbausets im Schülerversuch.</p> <p><i>(alternativ Bau eines Zimmermodells, anschließende Präsentation des Modells in der Klasse)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufstellen von Regeln zum <b>Lesen und Zeichnen von Schaltplänen</b></li> <li>• Parallel- und Reihenschaltungen von Lämpchen und Schaltern (UND- bzw. ODER-Schaltung), Wechselschaltung mit Anwendungen</li> <li>• <b>Vorhersagen zu ausgewählten Schaltungen durch Experimente überprüfen</b></li> <li>• <b>Fehlersuche</b></li> </ul>

<p><b>Was kann elektrischer Strom alles bewirken?</b></p> <p>Frei bewegliche Elektronen Wärmewirkung magnetische Wirkung Gefahren durch Elektrizität</p> <p>(4 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stromwirkungen (Wärme, Licht, Magnetismus) fachsprachlich angemessen beschreiben und Beispiele für ihre Nutzung in elektrischen Geräten angeben (K3, UF1, UF4),</li> <li>• die Funktion von elektrischen Sicherungseinrichtungen (Schmelzsicherung, Sicherungsautomat) in Grundzügen erklären (UF1, UF4),</li> <li>• den Stromfluss in einem geschlossenen Stromkreis mittels eines Modells frei beweglicher Elektronen in einem Leiter erläutern (E6),</li> <li>• an Beispielen von elektrischen Stromkreisen den Energiefluss sowie die Umwandlung und Entwertung von Energie darstellen (UF1, UF3, UF4),</li> <li>• Möglichkeiten zur sparsamen Nutzung von elektrischer Energie im Haushalt nennen und diese unter verschiedenen Kriterien bewerten (B1, B2, B3).</li> <li>• Risiken und Sicherheitsmaßnahmen beim Experimentieren mit elektrischen Geräten benennen und bewerten (B1, B3).</li> </ul>	<p>Demonstration der Wärmewirkung des elektrischen Stroms z.B. mittels eines Drahtes zum Schneiden von Styropor. Ggf. Thematisierung der – unerwünschten (← Energieentwertung) – Wärmeabgabe einer Glühlampe.</p> <p>Erklärung der Erwärmung mit einem einfachen Modell sowie energetischen Überlegungen.</p> <p>(Schüler-) Experimente zum Bau und zur Funktion eines <b>Elektromagneten</b>.</p> <p>Ergänzend <b>Anwendungen im Alltag</b> (Schrottplatz, Magnetschalter, Toaster, Schmelzsicherung, Thermo- und FI-Schalter etc.)</p>
---	---	--

#### 4. Magnetismus – interessant und hilfreich (6 Ustd.)

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<p><b>Warum zeigt uns der Kompass die Himmelsrichtung?</b></p>	<p><b>IF 2: Elektrischer Strom und Magnetismus</b></p> <p>Magnetische Kräfte und Felder:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anziehende und abstoßende Kräfte</li> <li>• Magnetpole</li> <li>• magnetische Felder</li> <li>• Feldlinienmodell</li> <li>• Magnetfeld der Erde</li> </ul> <p>Magnetisierung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Magnetisierbare Stoffe</li> <li>• Modell der Elementarmagnete</li> </ul>	<p><b>Schülerinnen und Schüler können ...</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[E3: Vermutung und Hypothese]</b> ... Vermutungen zu physikalischen Fragestellungen auf der Grundlage von Alltagswissen und einfachen fachlichen Konzepten formulieren</li> <li>• <b>[E4: Untersuchung und Experiment]</b> ... bei angeleiteten oder einfachen selbst entwickelten Untersuchungen und Experimenten Handlungsschritte [...] planen und durchführen [...]</li> <li>• <b>[E6: Modell und Realität]</b> ... mit vorgegebenen Modellen ausgewählte physikalische Vorgänge und Phänomene [...] erklären [...]</li> <li>• <b>[K1: Dokumentation]</b> ... das Vorgehen und wesentliche Ergebnisse bei Untersuchungen und Experimenten in vorgegebenen Formaten ([...] Skizzen, Diagramme) dokumentieren.</li> </ul>
<p><b>Vereinbarungen und Hinweise ...</b></p> <p>Feld nur als Phänomen</p> <p><i>... zur Vernetzung</i></p> <p>→ elektrisches Feld (IF 9)</p> <p>→ Elektromotor und Generator (IF 11)</p> <p><i>... zu Synergien</i></p> <p>Erdkunde: Bestimmung der Himmelsrichtungen</p>		

<b>Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte</b>  (Zeitung)	<b>Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans</b>  Die Schülerinnen und Schüler können ...	<b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b>  Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Wie wirken Magnete?</b></p> <p>Anziehende und abstoßende Kräfte Magnetpole magnetische Felder Feldlinienmodell Magnetfeld der Erde</p> <p>(4 Ust.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ausgewählte Stoffe anhand ihrer elektrischen und magnetischen Eigenschaften (elektrische Leitfähigkeit, Ferromagnetismus) klassifizieren (UF1),</li> <li>• durch systematisches Probieren einfache magnetische Phänomene erkunden (E3, E4, K1),</li> <li>• Kräfte zwischen Magneten sowie zwischen Magneten und magnetisierbaren Stoffen mit der Fernwirkung über magnetische Felder erklären (UF1, E6),</li> <li>• in Grundzügen Eigenschaften des Magnetfelds der Erde beschreiben und die Funktionsweise eines Kompasses erklären (UF3, UF4),</li> <li>• die Struktur von Magnetfeldern mit geeigneten Hilfsmitteln sichtbar machen und untersuchen (E5, K3).</li> </ul>	<p>Ausgangssituation: Der Elektromagnet ist bekannt Alltagserfahrung: Permanentmagnete in vielen Situationen (Schließmechanismen, Spielzeug, Magnettafel, Kompass, ...) Untersuchung und Kategorisierung von</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anziehung zwischen Magneten und magnetischen Stoffen,</li> <li>- Anziehung bzw. Abstoßung der Magnetpole, <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>erste Begegnung mit Kräften als Ursache von Bewegungen</b></li> <li>○ <b>insbesondere auch als Fernwirkung von Kräften</b></li> </ul> </li> <li>- Abschirmung der Magnetwirkung (z.B. für Kreditkarte)</li> </ul> <p>im <b>Schülerversuch</b>, dabei <b>systematisches Vorgehen</b> (Materialien, Pole, Abstände usw. einzeln ändern).</p> <p>Interpretation der Kraftwirkung über das Modell der Feldlinien bzw. des Magnetfeldes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Veranschaulichung von Feldlinien mit Eisenfeilspänen oder Kompassnadeln</li> <li>- Diskussion des Feldes nur als Phänomen</li> </ul> <p>Schlussfolgerung: Die Erde muss ein Magnetfeld besitzen ➔ Der Kompass zeigt nach Norden!</p>
<p><b>Warum hat jeder Magnet zwei Pole?</b></p> <p>Magnetisierbare Stoffe Modell der Elementarmagnete</p> <p>(2 Ust.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Magnetisierung bzw. Entmagnetisierung von Stoffen sowie die Untrennbarkeit der Pole mithilfe eines einfachen Modells erklären (E6, K3, UF1).</li> </ul>	<p>Vermittlung des Modells der Elementarmagnete z.B. im Demonstrationsversuch durch einen zerbrochenen Magneten. Anwendung des Modells z.B. durch Magnetisierung von Stricknadeln, Drähten etc. und Entmagnetisierung durch Erhitzen, Erschütterung etc. z.B. im Schülerversuch.</p>

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	<a href="https://phet.colorado.edu/de/simulation/legacy/magnet-and-compass">https://phet.colorado.edu/de/simulation/legacy/magnet-and-compass</a>	Simulation Kompass, Stabmagnet, Erdmagnetfeld
2	Compass	Kompass-App auf Smartphones

## 5. Physik und Musik (6 Ustd.)

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<p><b>Wie lässt sich Musik physikalisch beschreiben?</b></p>	<p><b>IF 3: Schall</b></p> <p>Schwingungen und Schallwellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tonhöhe und Lautstärke; Schallausbreitung; Reflexion</li> </ul> <p>Schallquellen und Schallempfänger:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sender-Empfängermodell</li> </ul>	<p><b>Schülerinnen und Schüler können ...</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[UF4: Übertragung und Vernetzung]</b> ... neu erworbene physikalische Konzepte in vorhandenes Wissen eingliedern und Alltagsvorstellungen hinterfragen.</li> <li>• <b>[E2: Beobachtung und Wahrnehmung]</b> ... Phänomene aus physikalischer Perspektive bewusst wahrnehmen und beschreiben.</li> <li>• <b>[E5: Auswertung und Schlussfolgerung]</b> ... Beobachtungen und Messdaten ordnen sowie mit Bezug auf die zugrundeliegende Fragestellung oder Vermutung auswerten und daraus Schlüsse ziehen.</li> <li>• <b>[E6: Modell und Realität]</b> ... mit vorgegebenen Modellen ausgewählte physikalische Vorgänge und Phänomene veranschaulichen, erklären und vorhersagen sowie Modelle von der Realität unterscheiden.</li> </ul>
<p><b>Vereinbarungen und Hinweise ...</b></p> <p>Nur qualitative Betrachtung der Größen, keine Formeln</p> <p>... zur <i>Vernetzung</i></p> <p>← Teilchenmodell (IF 1)</p>		

<b>Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte</b>  (Zeitung)	<b>Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans</b>  Die Schülerinnen und Schüler können...	<b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b>  Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Wie entsteht Musik?</b></p> <p>Tonhöhe und Lautstärke</p> <p>(3 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eigenschaften von hörbarem Schall [...] angeben und dazu Beispiele [...] nennen (UF1, UF3, UF4),</li> <li>an ausgewählten Musikinstrumenten (Saiteninstrumente, Blasinstrumente) Möglichkeiten der Veränderung von Tonhöhe und Lautstärke zeigen und erläutern (E3, E4, E5),</li> <li>Schallschwingungen und deren Darstellungen auf digitalen Geräten in Grundzügen analysieren (E5, UF3). <b>MKR 1.2</b></li> </ul>	<p>Demonstration verschiedener <b>Klangerzeuger</b> zum Einstieg, bei denen eine <b>Schwingung</b> sichtbar ist (Trommel, Saite, große Lautsprechermembran).</p> <p>Vorschlag: Schüler bringen ihr Instrument mit Alternativen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Instrumente selbst herstellen: Trinkhalm-Flöte, Monochord, Luftballon-Trommel, Schlauchtrompete, ...</li> <li>Freihandexperimente mit Gummibändern, Linealen, Stimmgabeln, Trommeln, einfachen Saiteninstrumenten</li> </ul> <p>⇒ Einführung und Demonstration der Grundgrößen Tonhöhe und Lautstärke mittels eines geeigneten Instruments (Gitarre) oder eines Frequenzgenerators.</p> <p>⇒ Darstellung der Größen anhand von Diagrammen.</p> <p>Demoexperimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>„Schall sichtbar machen“, z. B. Schreibstimmgabel, Oszilloskop, Video „Schwingendes Glas“ [1]</li> <li>Das unterschiedliche „Aussehen“ von Ton, Klang, Geräusch</li> </ul>
<p><b>Warum können wir Musik hören?</b></p> <p>Schallausbreitung Reflexion Sender-Empfängermodell</p> <p>(3 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>die [...] Wahrnehmung von Schall durch Schwingungen von Gegenständen mit den bestimmenden Grundgrößen Tonhöhe und Lautstärke beschreiben (UF1, UF4),</li> <li>Eigenschaften von hörbarem Schall [...] unterscheiden und dazu Beispiele [...] nennen (UF1, UF3, UF4),</li> <li>die Ausbreitung von Schall in verschiedenen Medien mithilfe eines Teilchenmodells erklären (E6, UF1),</li> <li>Reflexion [...] von Schall anhand von Beispielen erläutern (UF1).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erarbeitung des Übergangs von der Schwingung zur Welle in Luft als Trägermedium</li> <li>Schallausbreitung anhand des Teilchenmodells.</li> <li>Einführung des <b>Sender-Empfängermodells</b> / das Trommelfell im Ohr wird zu Schwingungen angeregt</li> <li>klingelnder Wecker in einer Vakuumglocke.</li> <li>Demonstration der Reflexion von Schallwellen an einer Reflektorplatte.</li> </ul> <p>Demoexperimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schall kann reflektiert werden (Echo)</li> <li>Schall braucht ein Medium; Ausbreitung in div. Medien</li> <li>(Schallgeschwindigkeit)</li> </ul>

## 6. Achtung Lärm! (4 Ustd.)

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<p><b>Wie schützt man sich vor Lärm?</b></p>	<p><b>IF 3: Schall</b></p> <p>Schwingungen und Schallwellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schallausbreitung; Absorption, Reflexion</li> </ul> <p>Schallquellen und Schallempfänger:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lärm und Lärmschutz</li> </ul>	<p><b>Schülerinnen und Schüler können ...</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[UF4: Übertragung und Vernetzung]</b> ... neu erworbene physikalische Konzepte in vorhandenes Wissen eingliedern und Alltagsvorstellungen hinterfragen.</li> <li>• <b>[B1: Fakten- und Situationsanalyse]</b> ... physikalisch-technische Fakten nennen sowie die Interessen der Handelnden und Betroffenen beschreiben</li> <li>• <b>[B3: Abwägung und Entscheidung]</b> ... kriteriengeleitet eine Entscheidung für eine Handlungsoption treffen</li> </ul>
<p><b>Vereinbarungen und Hinweise ...</b></p> <p>... zur Vernetzung ← Teilchenmodell (IF1)</p>		

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte  (Zeitumfang)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans  Die Schülerinnen und Schüler können ...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen  Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Wie schützt man sich vor Lärm?</b></p> <p>Absorption, Reflexion Lärm und Lärmschutz</p> <p>(4 Ust.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reflexion und Absorption von Schall anhand von Beispielen erläutern (UF1),</li> <li>• mittels in digitalen Alltagsgeräten verfügbarer Sensoren Schallpegelmessungen durchführen und diese interpretieren (E4, E5), <b>MKR 1.2</b></li> <li>• Lautstärken den Skalenwerten des Schalldruckpegels zuordnen und Auswirkungen von Schall und Lärm auf die menschliche Gesundheit erläutern (UF1, UF4), <b>VB B / Z1</b></li> <li>• Maßnahmen benennen und beurteilen, die in verschiedenen Alltagssituationen zur Vermeidung von und zum Schutz vor Lärm ergriffen werden können (B1, B3), <b>VB Ü, B / Z3</b></li> <li>• Lärmbelastungen bewerten und daraus begründete Konsequenzen ziehen (B1, B2, B3, B4). <b>VB B, D / Z1, Z3</b></li> </ul>	<p>Thematisierung des <b>Lärmschutzes</b> anhand eines Films. Pegelmessung mit Smartphone, Einführung der <b>Dezibel-Skala</b> (Logarithmus nicht thematisieren)</p> <p>Lautstärkemessung - in verschiedenen Abständen zum Lautsprecher - im Kopfhörer</p> <p>Erstellen einer Lärmkarte (Schulhof, Straße vor der Schule, ...)</p> <p>Schutzmaßnahmen: - Schall absorbierende Maßnahmen - Noise Cancelling Kopfhörer - Lärmschutzwände an Autobahnen (auch geneigt/gebogen)</p>

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=a7ldTurGOcl">https://www.youtube.com/watch?v=a7ldTurGOcl</a>	Video: Schwingendes Glas bis hin zur Resonanzkatastrophe
2	Noise-App oder Ähnliches / Audio Kit (iOS)	Schallpegelmesser und Frequenzdarstellung
3	„LärmApp“ (iOS)	Messung des Geräuschpegels mit direkter Gefährdungsanzeige
4	<a href="http://www.laermorama.ch/">http://www.laermorama.ch/</a>	Alles zum Thema Lärm und Schutzmaßnahmen.
5	<a href="http://web.fbe.uni-wuppertal.de/fbe0014/ars_auditus/">http://web.fbe.uni-wuppertal.de/fbe0014/ars_auditus/</a>	Grundlagen der Akustik zum Selbstlernen
6	phyphox	App für physikalische Messungen in vielen Bereichen

## 7. Schall in Natur und Technik (2 Ustd.)

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<b>Schall ist nicht nur zum Hören gut!</b>	<b>IF 3: Schall</b> Schwingungen und Schallwellen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tonhöhe und Lautstärke</li> </ul> Schallquellen und Schallempfänger: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ultraschall in Tierwelt, Medizin und Technik</li> </ul>	<b>Schülerinnen und Schüler können ...</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[UF4: Übertragung und Vernetzung]</b> ... neu erworbene physikalische Konzepte in vorhandenes Wissen eingliedern und Alltagsvorstellungen hinterfragen.</li> <li>• <b>[E2: Beobachtung und Wahrnehmung]</b> ... Phänomene aus physikalischer Perspektive bewusst wahrnehmen und beschreiben.</li> </ul>
<b>Vereinbarungen und Hinweise ...</b>		

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte (Zeitumfang)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Die Schülerinnen und Schüler können ...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen Schwerpunkte im Fettdruck
<b><i>Schall ist nicht nur zum Hören gut!</i></b>  Tonhöhe Ultraschall in Tierwelt Medizin und Technik  (2 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenschaften von hörbarem Schall, Ultraschall und Infraschall unterscheiden und dazu Beispiele aus Natur, Medizin und Technik nennen (UF1, UF3, UF4),</li> <li>• Schallschwingungen und deren Darstellungen auf digitalen Geräten in Grundzügen analysieren (E5, UF3). <b>MKR 1.2</b></li> </ul>	Info über Hörbereiche und Begriffe, Ultraschall kann man nicht hören, aber (wieder) sichtbar machen (=> Oszilloskop)  Orientierung bei Fledermäusen, Kommunikation bei Walen und Elefanten, Hundepfeife  Ultraschall-Entfernungsmesser / Einparkhilfe Ultraschall-Diagnostik in der Medizin  methodischer Hinweis → Bereich Kommunikation: Vergabe von Referaten zur Kommunikation im Tierreich

## 8. Sehen und gesehen werden (6 Ustd.)

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<p><b>Sicher mit dem Fahrrad im Straßenverkehr!</b></p>	<p><b>IF 4: Licht</b></p> <p>Ausbreitung von Licht:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lichtquellen und Lichtempfänger</li> <li>• Modell des Lichtstrahls</li> </ul> <p>Sichtbarkeit und die Erscheinung von Gegenständen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Streuung, Reflexion</li> <li>• Transmission, Absorption</li> <li>• Schattenbildung</li> </ul>	<p><b>Schülerinnen und Schüler können ...</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[UF1: Wiedergabe und Erläuterung]</b> ... erworbenes Wissen über physikalische Phänomene unter Verwendung einfacher Konzepte nachvollziehbar darstellen und Zusammenhänge erläutern.</li> <li>• <b>[E6: Modell und Realität]</b> ... mit vorgegebenen Modellen ausgewählte physikalische Vorgänge und Phänomene veranschaulichen, erklären und vorhersagen sowie Modelle von der Realität unterscheiden.</li> <li>• <b>[K1: Dokumentation]</b> ... das Vorgehen und wesentliche Ergebnisse bei Untersuchungen und Experimenten in vorgegebenen Formaten (Protokolle, Tabellen, Skizzen, Diagramme) dokumentieren.</li> </ul>
<p><b>Vereinbarungen und Hinweise ...</b></p> <p>Reflexion nur als Phänomen</p> <p><i>... zur Vernetzung</i></p> <p>← Schall (IF 3)</p> <p>Lichtstrahlmodell → Abbildungen mit optischen Geräten (IF 5)</p>		

<b>Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte</b>  (Zeitungsumfang)	<b>Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans</b>  Die Schülerinnen und Schüler können...	<b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b>  Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Warum kann man Dinge sehen?</b></p> <p>Lichtquellen und Lichtempfänger Modell des Lichtstrahls</p> <p>(2 UStd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorstellungen zum Sehen kritisch vergleichen und das Sehen mit dem Strahlenmodell des Lichts und dem Sender-Empfänger-Modell erklären (E6, K2),</li> <li>• die Ausbreitung des Lichts untersuchen und mit dem Strahlenmodell erklären (E6),</li> <li>• die Sichtbarkeit [...] von Gegenständen [...] erklären (UF1, K1, K3).</li> </ul>	<p>z.B. Bilderserie zu Sichtbarkeit von Menschen / Objekten im Straßenverkehr =&gt; Arbeitsaufträge zur Beobachtung / ggf. Nacherzählen von erlebten gefährlichen Situationen</p> <p>Lichtentstehung, selbstleuchtende und reflektierende Körper (<i>Straßenlaterne, Scheinwerfer, Rückstrahler</i>) Darstellung der <b>geradlinigen Lichtausbreitung</b> anhand eines Laserstrahls und das Sichtbarmachen des Strahlengangs mittels Staub im Demonstrationsversuch (<b>Modell des Lichtstrahls</b>). Diskussion der Funktionsweise des Sehens (Stichwort Sehstrahl) anhand von Abbildungen im Plenum oder in Kleingruppen. Entwicklung des <b>Sender-Empfängermodells</b> des Lichts (=&gt; Schall). Dabei müssen noch keine detaillierten Betrachtungen des Augenaufbaus erfolgen, sondern das Auge als Lichtempfänger fungieren. Das Wahrnehmen von Licht, also das Zusammenspiel zwischen Auge und Gehirn steht im Mittelpunkt.</p>
<p><b>Die im Schatten sieht man nicht ...</b></p> <p>Schattenbildung</p> <p>(2 UStd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [...] Schattenphänomene zeichnerisch konstruieren (E6, K1, K3).</li> </ul>	<p>Erarbeitung und zeichnerische Beschreibung der Entstehung von <b>Schatten</b> (Kern- und Halbschatten), z.B. im Schülerversuch</p>
<p><b>Wie verhält sich Licht an verschiedenen Gegenständen?</b></p> <p>Streuung Reflexion Transmission Absorption</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Sichtbarkeit und die Erscheinung von Gegenständen mit der Streuung, der gerichteten Reflexion und der Absorption von Licht an ihren Oberflächen erklären (UF1, K1, K3),</li> <li>• mithilfe optischer Phänomene die Schutz- bzw. Signalwirkung von Alltagsgegenständen begründen (B1, B4).</li> </ul>	<p>Vergleich von <b>Reflexion</b> bzw. <b>Streuung</b> von Licht an verschiedenen Oberflächen (=&gt; Schutzkleidung, Reflektoren); raue und glatte Oberflächen, durchsichtig, durchscheinend Behandlung der Reflexion nur als Phänomen, keine Einführung des Reflexionsgesetzes. Thematisierung der Funktion von Reflektoren (Katzenauge) oder geeigneter Kleidung bei Dunkelheit und exemplarische Verdeutlichung der Auswirkung der Reflexion von Licht im Alltag.</p>

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte (Zeitumfang)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Die Schülerinnen und Schüler können...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen Schwerpunkte im Fettdruck
(2 Ustd.)		Eine Konstruktion des Spiegelbildes erfolgt hier nicht.

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	<a href="http://www.mabo-physik.de/reflexion_von_licht.html">http://www.mabo-physik.de/reflexion_von_licht.html</a>	Reflexion von Licht, Fermat'sches Prinzip

## 9. Licht nutzbar machen (6 Ustd.)

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<p><b>Wie entsteht ein Bild in einer (Loch-)Kamera?</b></p> <p><b>Unterschiedliche Strahlungsarten – nützlich, aber auch gefährlich!</b></p>	<p><b>IF 4: Licht</b></p> <p>Ausbreitung von Licht:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abbildungen</li> </ul> <p>Sichtbarkeit und die Erscheinung von Gegenständen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Streuung, Reflexion</li> <li>• Absorption</li> </ul>	<p><b>Schülerinnen und Schüler können ...</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[UF3: Ordnung und Systematisierung]</b> ... physikalische Sachverhalte bzw. Objekte nach vorgegebenen Kriterien ordnen.</li> <li>• <b>[K1: Dokumentation]</b> ... das Vorgehen und wesentliche Ergebnisse bei Untersuchungen und Experimenten in vorgegebenen Formaten (Protokolle, Tabellen, Skizzen, Diagramme) dokumentieren.</li> <li>• <b>[B1: Fakten- und Situationsanalyse]</b> ... physikalisch-technische Fakten nennen sowie die Interessen der Handelnden und Betroffenen beschreiben</li> <li>• <b>[B3: Abwägung und Entscheidung]</b> ... kriteriengeleitet eine Entscheidung für eine Handlungsoption treffen</li> </ul>
<p><b>Vereinbarungen und Hinweise ...</b></p> <p><i>... zur Schwerpunktsetzung</i> nur einfache Abbildungen</p> <p><i>... zur Vernetzung</i> Strahlengänge → Abbildungen mit optischen Geräten (IF5)</p>		

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte  (Zeitungumfang)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans  Die Schülerinnen und Schüler können ...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen  Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Wie entsteht ein Bild in einer (Loch-)Kamera?</b></p> <p>Abbildungen</p> <p>(4 Ust.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Entstehung von Abbildungen bei einer Lochkamera und Möglichkeiten zu deren Veränderung erläutern (UF1, UF3),</li> <li>• Abbildungen an einer Lochkamera sowie Schattenphänomene zeichnerisch konstruieren (E6, K1, K3).</li> </ul>	<p>Bau einer <b>Lochkamera</b> durch die SuS zu Hause. Durchführung von entsprechenden Versuchen zu Abbildungen und deren Deutung anhand von Zeichnungen.</p> <p>Erklärung der Entstehung eines scharfen Bildes, Vertiefung des Lichtstrahlenmodells.</p> <p>Geogebra-Anwendungen bieten SuS schnelle Variation entscheidender Parameter.</p>
<p><b>Wozu kann man Licht gebrauchen und wie kann man sich vor Licht schützen?</b></p> <p>Schutz vor Strahlung</p> <p>(2 Ust.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geeignete Schutzmaßnahmen gegen die Gefährdungen durch helles Licht, Infrarotstrahlung und UV-Strahlung auswählen (B1, B2, B3), <b>VB B / Z1</b></li> <li>• Infrarotstrahlung, sichtbares Licht und Ultraviolettstrahlung unterscheiden und an Beispielen ihre Wirkungen beschreiben (UF3),</li> <li>• an Beispielen aus Technik und Alltag die Umwandlung von Lichtenergie in andere Energieformen beschreiben (UF1),</li> <li>• mithilfe optischer Phänomene die Schutzwirkung von Alltagsgegenständen begründen (B1, B4).</li> </ul>	<p>Unterscheidung von IR-, UV-Strahlung, Laserlicht und sichtbarem Licht und Betrachtung der Verwendungsmöglichkeiten im Alltag auch hinsichtlich Gefahrenpotential. Dabei Verdeutlichung, dass Licht immer unterschiedlich viel Energie besitzt (dunkle Flächen erwärmen sich stärker) und daher für unterschiedliche Zwecke verwendet wird (Medizin, Industrie, Bau).</p> <p>nützlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Infrarotkamera</li> <li>- Solarzelle (=&gt; IF2)</li> </ul> <p>gefährlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensibilisierung der SuS anhand von Fotos (Sonnenbrand, Spätschäden wie stark gealterte Haut, Hautkrebs).</li> <li>- Erarbeitung von Schutzmaßnahmen wie Kleidung und Sonnenschutz durch die SuS.</li> </ul> <p>methodischer Hinweis: Recherche und Präsentation möglich</p>

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	Geogebra: <a href="https://www.geogebra.org/m/eCWE7WnC">https://www.geogebra.org/m/eCWE7WnC</a>	Lochkamera

10.2. Konkretisierte Unterrichtsvorhaben Sek. I – Jgst. 7 (G9, Epoche)

**1. Spiegelbilder im Straßenverkehr (ca. 6 Ustd.)**

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<p><b>Wie entsteht ein Spiegelbild?</b></p>	<p><b>IF 5: Optische Instrumente</b></p> <p>Spiegelungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reflexionsgesetz</li> <li>• Bildentstehung am Planspiegel</li> </ul> <p>Lichtbrechung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Totalreflexion</li> <li>• Brechung an Grenzflächen</li> </ul>	<p><b>Schülerinnen und Schüler können ...</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[UF1: Wiedergabe und Erläuterung]</b> ... physikalisches Wissen strukturiert sowie bildungs- und fachsprachlich angemessen darstellen und Bezüge zu zentralen Konzepten und übergeordneten Regeln, Modellen und Prinzipien herstellen,</li> <li>• <b>[E6: Modell und Realität]</b> ... mit Modellen, auch in formalisierter oder mathematischer Form, Phänomene und Zusammenhänge beschreiben, erklären und vorhersagen sowie den Gültigkeitsbereich und die Grenzen kritisch reflektieren.</li> </ul>
<p><b>Vereinbarungen und Hinweise ...</b></p> <p>Vornehmlich Sicherheitsaspekte</p> <p><i>... zur Vernetzung</i></p> <p>← Ausbreitung von Licht: Lichtquellen und Lichtempfänger, Modell des Lichtstrahls, Abbildungen, Reflexion (IF 4)</p> <p>Bildentstehung am Planspiegel → Spiegelteleskope (IF 6)</p>		

<b>Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte</b>  (Zeitungumfang)	<b>Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans</b>  <b>Die Schülerinnen und Schüler können...</b>	<b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b>  Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Was ist der tote Winkel?</b></p> <p>Reflexion Spiegelbild</p> <p>(3 Ust.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>die Eigenschaften und die Entstehung des Spiegelbildes mithilfe des Reflexionsgesetzes und der geradlinigen Ausbreitung des Lichts erklären (UF1, E6),</li> </ul>	<p>Situationen aus dem Alltagsleben, z.B. Garderobenspiegel, <b>toter Winkel bei Lkw und Bussen</b> (Radfahrer als Verkehrsteilnehmer; Rollenspiel im LKW der Verkehrserziehung oder Nachbau mit Tischen im Fachraum) <b>VB B, D</b></p> <p><b>Lichtstrahl als Modell</b>; das Arbeiten mit Modellen wird hier v.a. in Hinblick auf zwei Aspekte thematisiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Modelle als Mittel zur Erklärung und Veranschaulichung</li> <li>Modelle als Mittel zur Vorhersage</li> </ul> <p>Erwerb grundlegender Fertigkeiten des Experimentierens:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>sorgfältiges Ausrichten der Anordnung bzw. Einstellen neuer Einfallswinkel</li> <li>genaues Ablesen von Messwerten</li> <li>sorgfältiges Protokollieren</li> </ul> <p><b>Einfache Konstruktion</b> von Spiegelbildern</p>
<p><b>Wie funktioniert ein Regensensor?</b></p> <p>Totalreflexion Brechung</p> <p>(3 Ust.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>die Abhängigkeit der Brechung bzw. Totalreflexion des Lichts von den Parametern Einfallswinkel und optische Dichte qualitativ erläutern (UF1, UF2, E5, E6).</li> </ul>	<p>Fragestellung anhand des Regensensors [1] <b>VB D</b></p> <p>Durchführung mehrerer, aufeinander aufbauender Schülerexperimente mit einem sehr ähnlichen Aufbau (von der Totalreflexion zur Brechung):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Brechung an Plexiglas bzw. Wasser im Übergang optisch dünn → dicht und anders herum (Schülerinnen und Schüler entdecken die Totalreflexion hier i. d .R selbst)</li> </ul>

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	<a href="https://www.leifiphysik.de/optik/lichtbrechung/ausblick/regensensor">https://www.leifiphysik.de/optik/lichtbrechung/ausblick/regensensor</a>	Funktionsweise des Regensors und Modellexperiment
2	<a href="http://www.bs-wiki.de/mediawiki/index.php?title=Regensensor">http://www.bs-wiki.de/mediawiki/index.php?title=Regensensor</a>	Funktionsweise des Regensors
3	<a href="https://www.walter-fendt.de/html5/phde/refraction_de.htm">https://www.walter-fendt.de/html5/phde/refraction_de.htm</a>	Applet zur Reflexion und Brechung von Licht
4	<a href="https://phet.colorado.edu/de/simulation/bending-light">https://phet.colorado.edu/de/simulation/bending-light</a>	Applet zur Lichtbrechung

## 2. Die Welt der Farben (6 Ustd.)

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<b>Farben! Wie kommt es dazu?</b>	<b>IF 5: Optische Instrumente</b> Lichtbrechung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brechung an Grenzflächen</li> </ul> Licht und Farben: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spektralzerlegung</li> <li>• Absorption</li> <li>• Farbmischung</li> </ul>	<b>Schülerinnen und Schüler können ...</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[UF3: Ordnung und Systematisierung]</b> ... physikalische Sachverhalte nach fachlichen Strukturen systematisieren und zentralen physikalischen Konzepten zuordnen</li> <li>• <b>[E5: Auswertung und Schlussfolgerung]</b> ... Beobachtungs- und Messdaten mit Bezug auf zugrunde liegende Fragestellungen und Hypothesen darstellen, interpretieren und daraus qualitative und einfache quantitative Zusammenhänge bzw. funktionale Beziehungen zwischen Größen ableiten und mögliche Fehler reflektieren.</li> <li>• <b>[E6: Modell und Realität]</b> ... mit Modellen, auch in formalisierter oder mathematischer Form, Phänomene und Zusammenhänge beschreiben, erklären und vorhersagen [...].</li> </ul>
<b>Vereinbarungen und Hinweise ...</b> Erkunden von Farbmodellen am PC  <i>... zur Vernetzung</i> ← Infrarotstrahlung, sichtbares Licht und Ultraviolettstrahlung, Absorption, Lichtenergie (IF 4) Spektren → Analyse von Sternenlicht (IF 6) Lichtenergie → Photovoltaik (IF 11)  <i>... zu Synergien</i> Schalenmodell ← Chemie (IF 1) Farbsehen → Biologie (IF 7)		

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte  (Zeitungumfang)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans  Die Schülerinnen und Schüler können...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen  Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Wie kann man farbiges Licht erzeugen?</b></p> <p>Zusammensetzung des weißen Lichts Spektralzerlegung</p> <p>(2 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>die Abhängigkeit der Brechung bzw. Totalreflexion des Lichts von den Parametern Einfallswinkel und optische Dichte qualitativ erläutern (UF1, UF2, E5, E6),</li> <li>die Entstehung eines Spektrums durch die Farbzerlegung von Licht am Prisma darstellen und infrarotes, sichtbares und ultraviolettes Licht einem Spektralbereich zuordnen (UF1, UF3, UF4, K3).</li> </ul>	<p>Nutzung möglichst einfacher Experimente, z.B. großes <b>Prisma</b> auf OHP</p> <p>Phänomene der <b>Farbzerlegung</b> anhand weiterer bekannter Beispiele wie <b>Regenbogen</b> (Möglichkeit der Binnendifferenzierung: Haupt- und Nebenregenbogen, Sichtwinkel).</p> <p>Erklärung von Alltagsphänomenen unter sorgsamer Verwendung der Fachsprache.</p>
<p><b>Warum sind Dinge farbig?</b></p> <p>Absorption Farbmischung</p> <p>(3 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>die Entstehung eines Spektrums durch die Farbzerlegung von Licht am Prisma darstellen und infrarotes, sichtbares und ultraviolettes Licht einem Spektralbereich zuordnen (UF1, UF3, UF4, K3),</li> <li>digitale Farbmodelle (RGB, CMYK) mithilfe der Farbmischung von Licht erläutern und diese zur Erzeugung von digitalen Produkten verwenden (E6, E4, E5, UF1).</li> </ul>	<p>Zum Verständnis der Absorption sind additive und subtraktive Farbmischung wichtig.</p> <p>Mögliche Beispiele</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Farbenkreis</b></li> <li>Schattenspiele im Farblicht (<b>RGB-System</b>)</li> <li>Handy-Displays (<b>RGB-System</b>) VB Ü, D, MKR 1.2, 6.1</li> <li>Malprogramm (<b>RGB-System</b>) VB Ü, D, MKR 1.2, 4.1, 4.2, 6.1</li> <li>Überlagerung von Pigmenten im Farbdrucker (<b>CMYK-System</b>) VB Ü, D, MKR 1.2, 6.1</li> <li><b>Farbsehen</b> beim Menschen Fakultativ möglich ist die Behandlung des <b>Spektrometers</b> als wichtige technische Anwendung zur Untersuchung von Sternen → IF 6.</li> </ul>
<p><b>Warm und angenehm oder unsicher und gefährlich?</b></p> <p>UV- und IR-Licht</p> <p>(1 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>die Entstehung eines Spektrums durch die Farbzerlegung von Licht am Prisma darstellen und infrarotes, sichtbares und ultraviolettes Licht einem Spektralbereich zuordnen (UF1, UF3, UF4, K3),</li> <li>Gefahren beim Experimentieren mit intensiven Lichtquellen (Sonnenlicht, Laserstrahlung) einschätzen und Schutzmaßnahmen vornehmen (B1, B2).</li> </ul>	<p><b>Wirkungen von UV- und IR-Licht</b> auf den Körper sind aus dem Alltag bekannt (Sonnenbrand, Wärmelampe) VB B</p> <p>Diverse <b>technische Anwendungen</b> (IR-Fernbedienung, IR-Thermometer, Wärmebildkamera, Sonnencreme, UV-Marker auf Geldscheinen, Photovoltaik, Photosynthese) VB B, D</p>

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	<a href="https://phet.colorado.edu/de/simulation/color-vision">https://phet.colorado.edu/de/simulation/color-vision</a>	Applet zur Farbwahrnehmung
2	<a href="https://phet.colorado.edu/de/simulation/bending-light">https://phet.colorado.edu/de/simulation/bending-light</a>	Applet zur Spektralzerlegung
3	<a href="https://phet.colorado.edu/de/simulation/beers-law-lab">https://phet.colorado.edu/de/simulation/beers-law-lab</a>	Applet zur Absorption

### 3. Das Auge – ein optisches System (6 Ustd.)

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<p><b>Wie entsteht auf der Netzhaut ein scharfes Bild?</b></p>	<p><b>IF 5: Optische Instrumente</b></p> <p>Lichtbrechung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brechung an Grenzflächen</li> <li>• Bildentstehung bei Sammellinsen und Auge</li> </ul>	<p><b>Schülerinnen und Schüler können ...</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[E4: Untersuchung und Experiment]</b> ... Untersuchungen und Experimente systematisch unter Beachtung von Sicherheitsvorschriften planen, dabei zu verändernde bzw. konstant zu haltende Variablen identifizieren sowie die Untersuchungen und Experimente zielorientiert durchführen und protokollieren.</li> <li>• <b>[E5: Auswertung und Schlussfolgerung]</b> ... Beobachtungs- und Messdaten mit Bezug auf zugrunde liegende Fragestellungen und Hypothesen darstellen, interpretieren und daraus qualitative und einfache quantitative Zusammenhänge bzw. funktionale Beziehungen zwischen Größen ableiten und mögliche Fehler reflektieren</li> </ul>
<p><b>Vereinbarungen und Hinweise ...</b></p> <p>Schwerpunkt Bildentstehung, Einsatz digitaler Werkzeuge (z. B. Geometriesoftware)</p> <p><i>... zur Vernetzung</i> Linsen, Lochblende ← Strahlenmodell des Lichts, Abbildungen (IF 4)</p> <p><i>... zu Synergien</i> Auge → Biologie (IF 7)</p>		

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte  (Zeitungumfang)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans  Die Schülerinnen und Schüler können...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen  Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Wie ist das Auge aufgebaut?</b></p> <p>Aufbau des Auges</p> <p>(2 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Funktion von Linsen für die Bilderzeugung im Auge und für den Aufbau einfacher optischer Systeme beschreiben (UF2, UF4, K3),</li> <li>• anhand einfacher Handexperimente die charakteristischen Eigenschaften verschiedener Linsentypen bestimmen (E2, E5),</li> </ul>	<p>Darstellung des grundsätzlichen <b>Aufbaus des Auges</b> (Modell)</p> <p>Schülerinnen und Schüler führen <b>Handversuche zu den Leistungen des Auges</b> durch, z.B. zum blinden Fleck, zur Akkomodation, zur deutlichen Sehweite bzw. Nahpunkt und zur Adaptation. Bedeutung der <b>Pupille</b> für die Sehschärfe (Tiefenschärfe) und die Adaptation ← Lochblende (IF 4)</p> <p>Entwicklung weiterer Fragestellungen, die zu den nachfolgenden Schwerpunkten führen</p>
<p><b>Welche Eigenschaften haben Linsen?</b></p> <p>Funktion der Augenlinse Bildentstehung bei Sammellinsen</p> <p>(3 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• anhand einfacher Handexperimente die charakteristischen Eigenschaften verschiedener Linsentypen bestimmen (E2, E5),</li> <li>• die Funktion von Linsen für die Bilderzeugung im Auge und für den Aufbau einfacher optischer Systeme beschreiben (UF2, UF4, K3),</li> <li>• für Versuche zu optischen Abbildungen geeignete Linsen auswählen und diese sachgerecht anordnen und kombinieren (E4, E1),</li> <li>• unter Verwendung eines Lichtstrahlmodells die Bildentstehung bei Sammellinsen sowie den Einfluss der Veränderung von Parametern mittels digitaler Werkzeuge erläutern (Geometrie-Software, Simulationen) (E4, E5, UF3, UF1),</li> </ul>	<p>Handexperimente zu den <b>Eigenschaften von Linsen</b> (Demonstration), dazu Vergleich verschiedener Linsen bezgl. ihrer Gemeinsamkeiten und Unterschiede</p> <p>Schwerpunkt auf Bildentstehung, <b>Zeichnen von Strahlengängen nur exemplarisch</b></p> <p>Zunahme der Komplexität vom vergleichsweise eng geführten Realexperiment (Messwerttabelle vorgegeben) bis hin zur eigenständigen, systematischen Untersuchung der bestimmenden Größen für die Bildschärfe mittels <b>digitaler Werkzeuge</b> [3] <b>MKR 1.2</b></p>
<p><b>Wie kommt es zu Fehlsichtigkeiten und wie werden sie korrigiert?</b></p> <p>Kurz- und Weitsichtigkeit Brillen</p> <p>(1 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Funktion von Linsen für die Bilderzeugung im Auge und für den Aufbau einfacher optischer Systeme beschreiben (UF2, UF4, K3),</li> <li>• für Versuche zu optischen Abbildungen geeignete Linsen auswählen und diese sachgerecht anordnen und kombinieren (E4, E1),</li> <li>• optische Geräte hinsichtlich ihres Nutzens für sich selbst, für die Forschung und für die Gesellschaft beurteilen (B1, B4, K2, E7).</li> </ul>	<p><b>Fehlsichtigkeiten</b> als Anwendungsfeld für die bisher erworbenen Kenntnisse <b>VB B, D</b></p> <p>Handversuche zur <b>Funktion von Brillengläsern</b> (großes Motivationspotenzial, da es in jeder Klasse Kinder mit Brillen gibt) <b>VB B, D</b></p>

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	<a href="https://www.geogebra.org/m/bZmWzeFT">https://www.geogebra.org/m/bZmWzeFT</a>	Geogebra-Applet zum Auge und Fehlsichtigkeiten
2	<a href="https://www.geogebra.org/m/PDeeeKtQ">https://www.geogebra.org/m/PDeeeKtQ</a>	Geogebra-Applet zu Linsen
3	<a href="https://www.leifiphysik.de/optik/optische-linsen/versuche/sammellinse-simulation">https://www.leifiphysik.de/optik/optische-linsen/versuche/sammellinse-simulation</a>	Simulation zur Sammellinse (Variation der Parameter)
4	<a href="https://phet.colorado.edu/sims/geometric-optics/geometric-optics_de.html">https://phet.colorado.edu/sims/geometric-optics/geometric-optics_de.html</a>	Applet zur geometrischen Optik
5	<a href="https://phet.colorado.edu/de/simulation/color-vision">https://phet.colorado.edu/de/simulation/color-vision</a>	Applet zur Farbwahrnehmung

#### 4. Mit optischen Instrumenten Unsichtbares sichtbar gemacht (4 Ustd.)

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<p><b>Wie können wir Zellen und Planeten sichtbar machen?</b></p>	<p><b>IF 5: Optische Instrumente</b></p> <p>Lichtbrechung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bildentstehung bei optischen Instrumenten</li> <li>• Lichtleiter</li> </ul>	<p><b>Schülerinnen und Schüler können ...</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[UF2: Auswahl und Anwendung]</b> ... Konzepte zur Analyse und Lösung von Problemen begründet auswählen und physikalisches Fachwissen zielgerichtet anwenden,</li> <li>• <b>[UF4: Übertragung und Vernetzung]</b> ... naturwissenschaftliche Konzepte sachlogisch vernetzen und auf variable Problemsituationen übertragen,</li> <li>• <b>[K3: Präsentation]</b> ... physikalische Sachverhalte, Überlegungen und Arbeitsergebnisse unter Verwendung der Fachsprache sowie fachtypischer Sprachstrukturen und Darstellungsformen sachgerecht, adressatengerecht und situationsbezogen in Form von kurzen Vorträgen und schriftlichen Ausarbeitungen präsentieren und dafür digitale Medien reflektiert und sinnvoll verwenden</li> </ul>
<p><b>Vereinbarungen und Hinweise ...</b></p> <p>Erstellung von Präsentationen zu physikalischen Sachverhalten</p> <p><i>... zur Vernetzung</i> Teleskope → Beobachtung von Himmelskörpern (IF 6)</p> <p><i>... zu Synergien</i> Mikroskopie von Zellen ↔ Biologie (IF 1, IF 2, IF 6)</p>		

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte  (Zeitumfang)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans  Die Schülerinnen und Schüler können...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen  Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Wie können wir Planeten und Zellen sichtbar machen?</b></p> <p>Funktion optischer Instrumente</p> <p>(4 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Funktion von Linsen für die Bilderzeugung im Auge und für den Aufbau einfacher optischer Systeme beschreiben (UF2, UF4, K3),</li> <li>• die Funktionsweise von Endoskop und Glasfaserkabel mithilfe der Totalreflexion erklären (UF1, UF2, UF4, K3),</li> </ul>	<p>Wegen klar abgegrenzter, überschaubarer und in etwa gleichwertiger Themen bietet sich dieser Bereich zum Erwerb methodischer Kompetenzen an (<b>selbstständige Erarbeitung von Inhalten und deren Präsentation</b>) MKR 4.1, 4.2, 4.3, 5.1, 5.2 <b>Lupe, Fernrohr, Teleskop, Mikroskop, Endoskop und Lichtleiter</b> sollten behandelt werden, je nach Interesse sind auch andere Geräte sinnvoll, wie z.B. die Spiegelreflexkamera</p> <p>Schülerinnen und Schüler stellen im Plenum Kriterien für eine gute Präsentation zusammen und planen, wie sich die Aufgabe in der Gruppe organisieren lässt, ggf. Klären des Vorgehens bei einer Internetrecherche.</p> <p><b>Arbeitsteilige Gruppenarbeit</b> (inhaltliche Recherche; Durchführung von Experimenten, welche die Funktionsweise verdeutlichen; Präsentation)</p>

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	<a href="https://www.jugend-praesentiert.de/toolkit-praesentation/toolkit-praesentation">https://www.jugend-praesentiert.de/toolkit-praesentation/toolkit-praesentation</a>	Hinweise für eine gute Präsentation

## 5. Licht und Schatten im Sonnensystem (5 Ustd.)

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<p><b>Wie entstehen Mondphasen, Finsternisse und Jahreszeiten?</b></p>	<p><b>IF 6: Sterne und Weltall</b> Sonnensystem:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mondphasen</li> <li>• Mond- und Sonnenfinsternisse</li> <li>• Jahreszeiten</li> </ul>	<p><b>Schülerinnen und Schüler können ...</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[E1: Problem und Fragestellung]</b> ... Fragestellungen, die physikalischen Erklärungen bzw. Erkenntnisprozessen zugrunde liegen, identifizieren und formulieren.</li> <li>• <b>[E2: Beobachtung und Wahrnehmung]</b> ... bei kriteriengeleiteten Beobachtungen die Beschreibung von der Deutung klar trennen.</li> <li>• <b>[E6: Modell und Realität]</b> ... mit Modellen, auch in formalisierter oder mathematischer Form, Phänomene und Zusammenhänge beschreiben, erklären und vorhersagen sowie den Gültigkeitsbereich und die Grenzen kritisch reflektieren.</li> </ul>
<p><b>Vereinbarungen und Hinweise ...</b></p> <p><i>... zur Schwerpunktsetzung</i> Naturwissenschaftliche Fragestellungen, ggf. auch aus historischer Sicht</p> <p><i>... zur Vernetzung</i> ← Schatten (IF 4)</p> <p><i>... zu Synergien</i> Schrägstellung der Erdachse, Beleuchtungszonen, Jahreszeiten ↔ Erdkunde (IF 5)</p>		

<b>Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte</b>  (Zeitungumfang)	<b>Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans</b>  Die Schülerinnen und Schüler können...	<b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b>  Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Warum ändert der Mond sein Aussehen?</b></p> <p>Mondphasen, Finsternisse</p> <p>(3 UStd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>den Ablauf und die Entstehung von Mondphasen sowie von Sonnen- und Mondfinsternissen modellhaft erklären (E2, E6, UF1, UF3, K3),</li> <li>wissenschaftliche und andere Vorstellungen über die Welt und ihre Entstehung kritisch vergleichen und begründet bewerten (B1, B2, B4, K2, K4).</li> </ul>	<p>Als <b>Vorbereitung für das gesamte IF</b> bietet sich eine <b>Himmelsbeobachtung</b> über mindestens 14 Tage in einer bestimmten Richtung und zu einer festen Tageszeit an. Hierbei sollen Aussehen des Mondes und Höhe über dem Horizont ebenso protokolliert werden wie Namen und Position benachbarter Sternbilder (Nutzung einer Sternenkarte).</p> <p>Die Entstehung der <b>Mondphasen</b> wird <b>anhand eines Modells</b> genauer erarbeitet, nachdem die Mondbahn thematisiert wurde. Es bietet sich an, dass ein Schüler / eine Schülerin sich mit einer etwas größeren Styroporkugel in der Hand auf einen Drehstuhl setzt und sich in 45°-Schritten gegen den Uhrzeigersinn dreht, seitlich angestrahlt von einer Lampe bzw. einem OHP. Diese Person beschreibt jeweils das Aussehen des Modell-Mondes.</p> <p>So werden unterschiedliche Aspekte der Mondphasen direkt beobachtbar, z.B. auch die Tageszeiten, zu denen verschiedene Mondphasen zu sehen sind. Je nach Position der Kugeln vor dem Gesicht lässt sich auch schon die Mondfinsternis erkennen.</p> <p>Verbreitete Fehlvorstellungen sollten aufgegriffen werden. Mond- und v.a. <b>Sonnenfinsternisse</b> werden <b>computergestützt [1]</b> untersucht. Dabei sollte auf eine klare Trennung zwischen Mond- und Sonnenfinsternissen geachtet werden, um Verwechslungen bzw. Vermischungen möglichst zu vermeiden. Anschließend Unterschiede zwischen beiden Arten der Finsternisse deutlich machen (wer schiebt sich vor wen?).</p>
<p><b>Warum ist es in der prallen Sonne im Winter kälter als im Sommer?</b></p> <p>Jahreszeiten</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>den Wechsel der Jahreszeiten als Folge der Neigung der Erdoberfläche erklären (UF1).</li> </ul>	<p>Wegen der Überschneidung der Themenbereiche ist eine Absprache mit den Erdkundekolleginnen und -kollegen erforderlich.</p> <p>Vorschlag für zur <b>fächerübergreifenden Erarbeitung</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Physik – Schrägstellung der Erde → je nach Sonnenstand und Jahreszeit unterschiedlicher Energieeintrag</li> </ul>

<b>Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte</b>  (Zeitungumfang)	<b>Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans</b>  Die Schülerinnen und Schüler können...	<b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b>  Schwerpunkte im Fettdruck
(2 UStd.)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erdkunde – Auswirkungen auf die Natur; Klimazonen; weitere klimatologische Betrachtungen</li> </ul> <p>Genauere Vorgehensweise in Physik:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung der <b>Auswirkung des Einstrahlwinkels</b> auf die Temperatur der bestrahlten Fläche (z.B. Anstrahlen eines Stadtplans, Messung der Papiertemperatur mit einem Infrarotthermometer)</li> <li>• Die <b>Auswirkungen der Neigung der Erdachse</b> lassen sich mit einer dunkel gefärbten Styroporkugel veranschaulichen (Schaschlikspieß als Erdachse), die von einer Lampe angestrahlt wird. Die unterschiedliche Erwärmung am Äquator bzw. nahe am Pol wird mit einem Infrarotthermometer untersucht (fester Abstand zur Kugel; Betrachtung von Abständen im Sommer und im Winter). Die genauere Untersuchung erfolgt mithilfe einer Solarzelle an unterschiedlicher Position der Styroporkugel (befestigt mit Klettverschluss). Die Solarzelle wird als Blackbox verwendet, die Anzeige des Multimeters dient als Äquivalent für die eingestrahlte Energie. Die Rolle der Achsneigung wird deutlich, wenn die Messungen einmal mit senkrecht stehender und einmal mit schräg gestellter Erdachse durchgeführt werden (evtl. zwei unterschiedliche Kugeln als Planeten mit bzw. ohne Achsneigung nutzen).</li> <li>• Die Schülerinnen und Schüler sollten die Zusammenhänge mithilfe eines Globus erklären können, der durch den Klassenraum um eine Modellsonne getragen wird. Um die richtige <b>Stellung der Erdachse</b> zu erleichtern, sollte im Klassenraum modellhaft die Position des Polarsterns markiert werden.</li> </ul>

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte  (Zeitumfang)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans  Die Schülerinnen und Schüler können...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen  Schwerpunkte im Fettdruck
		Eine mögliche Ergänzung ist die Untersuchung der Auswirkung weißer Flächen auf der Styroporkugel auf die Temperaturen. → Auswirkungen der Albedo auf die Klimaerwärmung (BNE)

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	<a href="http://www.planet-schule.de/warum/mondformen/themenseiten/t2/s1.html">http://www.planet-schule.de/warum/mondformen/themenseiten/t2/s1.html</a>	Simulation zu den Finsternissen
2	<a href="https://www.planet-schule.de/mm/tagmonatjahr/">https://www.planet-schule.de/mm/tagmonatjahr/</a>	Simulation zur Entstehung von Tag, Monat und Jahr
3	<a href="http://profhorn.meteor.wisc.edu/wxwise/seasons/h5d/seasons.html">http://profhorn.meteor.wisc.edu/wxwise/seasons/h5d/seasons.html</a>	Simulation zur Erdbewegung um die Sonne und zu den Jahreszeiten
4	<a href="https://www.leifiphysik.de/astronomie/astronomie-einfuehrung/jahreszeiten">https://www.leifiphysik.de/astronomie/astronomie-einfuehrung/jahreszeiten</a>	Erklärung zur Entstehung der Jahreszeiten, Hervorhebung der Einstrahlungswinkel

10.3. Konkretisierte Unterrichtsvorhaben Sek. I – Jgst. 8 (G9)

**1. Objekte am Himmel (10 Ustd.)**

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<p><b>Was kennzeichnet die verschiedenen Himmelsobjekte?</b></p>	<p><b>IF 6: Sterne und Weltall</b></p> <p>Sonnensystem:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planeten</li> </ul> <p>Universum:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Himmelsobjekte</li> <li>• Sternentwicklung</li> </ul>	<p><b>Schülerinnen und Schüler können ...</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[UF3: Ordnung und Systematisierung]</b> ... physikalische Sachverhalte nach fachlichen Strukturen systematisieren und zentralen physikalischen Konzepten zuordnen.</li> <li>• <b>[E7: Naturwissenschaftliches Denken und Arbeiten]</b> ... anhand von Beispielen die Entstehung, Bedeutung und Weiterentwicklung physikalischer Erkenntnisse, insbesondere von Regeln, Gesetzen und Modellen beschreiben.</li> <li>• <b>[B2: Bewertungskriterien und Handlungsoptionen]</b> ... Bewertungskriterien festlegen und Handlungsoptionen erarbeiten.</li> </ul>
<p><b>Vereinbarungen und Hinweise ...</b></p> <p><i>... zur Vernetzung</i></p> <p>← Fernrohr (IF 5), Spektralzerlegung des Lichts (IF 5)</p>		

<b>Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte</b>  (Zeitungumfang)	<b>Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans</b>  Die Schülerinnen und Schüler können...	<b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b>  Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b><i>Kommst Du mit zum Jupiter?</i></b></p> <p>Sonnensystem, Himmelsobjekte</p> <p>(5 UStd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• den Aufbau des Sonnensystems sowie wesentliche Eigenschaften der Himmelsobjekte Sterne, Planeten, Monde und Kometen erläutern (UF1, UF3),</li> <li>• mit dem Maß Lichtjahr Entfernungen im Weltall angeben und vergleichen (UF2),</li> <li>• die Bedeutung der Erfindung des Fernrohrs für die Entwicklung des Weltbildes und der Astronomie erläutern (E7, UF1),</li> <li>• wissenschaftliche und andere Vorstellungen über die Welt und ihre Entstehung kritisch vergleichen und begründet bewerten (B1, B2, B4, K2, K4).</li> </ul>	<p>Reisen wecken bei vielen SuS Interesse, Reisen in unbekannte Gefilde erst recht. Um sich zu dieser Frage aber eine Meinung bilden zu können, müssen diverse Aspekte genauer betrachtet werden, z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau des Sonnensystems <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Planeten und ihre Bahnen</li> <li>○ Entfernungen und Größenverhältnisse</li> <li>○ andere Himmelsobjekte</li> </ul> </li> <li>• Schwerkraft und Atmosphäre (hinsichtlich einer potenziellen Bewohnbarkeit)</li> <li>• Eignung des Jupiters und mögliche Alternativen</li> <li>• Sinn und Zweck einer solchen Reise und der Raumfahrttechnik im Allgemeinen</li> </ul> <p>Die Aspekte werden durch <b>Erstellung einer Mindmap</b> strukturiert, dann <b>arbeitsteilig untersucht</b> [4, 5, 9] und in Referaten präsentiert (alternativ Poster-Ausstellung für die Schule). In den Gruppen ist dabei zu klären, welche Informationen aus Sicht der Fragestellung wichtig sind, woher diese bezogen werden können und wie sie ursprünglich gewonnen werden konnten. Der letzte Punkt führt u.a. zur Bedeutung des Fernrohres für die Entwicklung des modernen Weltbildes. Details zu experimentellen Methoden schließen sich in der nächsten Unterrichtseinheit an.</p> <p>Ein <b>Besuch im Planetarium</b> ergänzt die Erarbeitung.</p>
<p><b><i>Wie lassen sich Himmelskörper erforschen?</i></b></p> <p>Himmelsobjekte</p> <p>(3 UStd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• an anschaulichen Beispielen qualitativ demonstrieren, wie Informationen über das Universum gewonnen werden können (Parallaxen; Spektren) (E5, E1, UF1, K3),</li> <li>• mithilfe von Beispielen Auswirkungen der Gravitation sowie das Phänomen der Schwerelosigkeit erläutern (UF1, UF4),</li> </ul>	<p>Verschiedene Aspekte zur Erkenntnisgewinnung lassen sich recht anschaulich aufbereiten, je nach Leistungsbild der Klasse bietet sich hier ein arbeitsteiliges Vorgehen an:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• täuschende Entfernungen, z.B. Wintersechseck Modell aus Schaschlikspießen, fotografiert aus unterschiedlichen Blickwinkeln; Tafel-Geodreieck im Bild, um Winkel und Entfernungen an den Bildern bestimmen zu können</li> </ul>

<b>Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte</b>  (Zeitungumfang)	<b>Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans</b>  Die Schülerinnen und Schüler können...	<b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b>  Schwerpunkte im Fettdruck
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• auf der Grundlage von Informationen zu aktuellen Projekten der Raumfahrt erste Urteile über die wissenschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung dieser Projekte formulieren (B1, B3, K2).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Messung von Mond Durchmesser u. -entfernung mit Daumensprung und Parallaxe [10]; Bedeutung von Galileis Forschung</li> <li>• Auswertung von Satellitenaufnahmen [15]</li> <li>• Analyse von Spektren; Zusammensetzung von Sternen Untersuchung von Emissionsspektren in Simulationsexperimenten [17], Analyse von Sternspektren durch Abgleich mit Emissionsspektren bekannter Stoffe [14]</li> <li>• Farbtemperaturen [14, 16] Licht einer Glühlampe mit dem Handspektroskop betrachten, Variation der anliegenden Spannung</li> </ul> <p>Aktuelle Projekte auf der ISS; Schwerkraftexperimente von Alexander Gerst [11]</p> <p>Während die bemannte Raumfahrt gerade für jüngere Schülerinnen und Schüler ein hohes Maß an Faszination besitzt, stellt sich aus Sicht des Erwachsenen schnell die Frage, wie sich die extrem hohen finanziellen Ausgaben für derartige Forschungsprojekte rechtfertigen lassen. Als Beispiele für den Nutzen auf der Erde kann neben den Satellitenaufnahmen auch die Entwicklung von Werkstoffen dienen.</p>
<p><b><i>Scheint die Sonne für immer?</i></b></p> <p>Sternentwicklung</p> <p>(2 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• typische Stadien der Sternentwicklung in Grundzügen darstellen (UF1, UF3, UF4, K3),</li> <li>• an anschaulichen Beispielen qualitativ demonstrieren, wie Informationen über das Universum gewonnen werden können ([...] Spektren) (E5, E1, UF1, K3).</li> </ul>	<p>nur Grundzüge der Sternentwicklung [6, 7]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Orionnebel als Region der Sternentstehung</li> <li>• Zusammensetzung und Entwicklung der Sonne</li> <li>• Supernova als Endstadium</li> <li>• Spektren liefern Informationen, Temperaturen im Laufe der Sternentwicklung</li> <li>• Brauner Zwerg, Neutronenstern, Schwarzes Loch (zur Differenzierung)</li> </ul>

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte  (Zeitungumfang)		Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans  Die Schülerinnen und Schüler können...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen  Schwerpunkte im Fettdruck
Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle	
1	<a href="https://www.lehrer-online.de/unterricht/sekundarstufen/naturwissenschaften/astronomie/artikel/fa/stellarium-ein-virtuelles-planetarium-fuer-die-schule/">https://www.lehrer-online.de/unterricht/sekundarstufen/naturwissenschaften/astronomie/artikel/fa/stellarium-ein-virtuelles-planetarium-fuer-die-schule/</a>	Stellarium – ein virtuelles Planetarium für die Schule	
2	<a href="https://www.sternfreunde-muenster.de/stfms.php">https://www.sternfreunde-muenster.de/stfms.php</a>	Drehbare Sternkarte, Karte des Sonnensystems und vieles mehr	
3	App StarWalk 2 Free	Interaktive Sternkarte des aktuell gefilmten Himmelausschnittes	
4	<a href="https://astrokramkiste.de/">https://astrokramkiste.de/</a>	Sehr umfangreiche Datensammlung zu Himmelskörpern und Weltbildern	
5	<a href="https://solarsystem.nasa.gov/">https://solarsystem.nasa.gov/</a>	Viele Bilder und Informationen zu Himmelskörpern in unserem Sonnensystem	
6	<a href="https://mirko-hans.de/astro/astro.htm">https://mirko-hans.de/astro/astro.htm</a>	Umfangreiches Hintergrundwissen und Linksammlung zu verschiedensten Themen der Astronomie	
7	<a href="https://www.isb.bayern.de/download/14792/astrophysik.pdf">https://www.isb.bayern.de/download/14792/astrophysik.pdf</a>	Umfangreiches Hintergrundwissen	
8	<a href="http://exoplanets.org">http://exoplanets.org</a>	Umfangreiche Datenbank zu Exoplaneten	
9	<a href="https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/">https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/</a>	Bilddatenbank	
10	<a href="https://www.science-on-stage.de/download_unterrichtsmaterial/iStage_2_Smartphones_im_naturwissenschaftlichen_Unterricht.pdf">https://www.science-on-stage.de/download_unterrichtsmaterial/iStage_2_Smartphones_im_naturwissenschaftlichen_Unterricht.pdf</a>	Materialien zum Smartphone-Einsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht, u.a. zur Astronomie	
11	<a href="https://www.dlr.de/next/desktopdefault.aspx/tabid-9858">https://www.dlr.de/next/desktopdefault.aspx/tabid-9858</a>	Experimente in der Schwerelosigkeit (auf der ISS)	
12	<a href="https://www.rnf.de/mediathek/video/alexander-gerst-nachricht-an-meine-enkelkinder/">https://www.rnf.de/mediathek/video/alexander-gerst-nachricht-an-meine-enkelkinder/</a>	Videobotschaft von Alexander Gerst (25.11.2018)	
13	<a href="http://www.lizard-tail.com/isana/tracking/">http://www.lizard-tail.com/isana/tracking/</a>	Aktuelle Position der ISS	

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte (Zeitumfang)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Die Schülerinnen und Schüler können...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen Schwerpunkte im Fettdruck
14	<a href="http://www.mabo-physik.de/">http://www.mabo-physik.de/</a>	diverse Materialien und Animationen zu verschiedenen Themen aus dem Bereich der Astronomie
15	<a href="http://esero.de/">http://esero.de/</a>	Vom Weltall ins Klassenzimmer, Unterrichtsmaterialien, Wettbewerbe, Fortbildungen von der Bildungseinrichtung der ESA
16	<a href="http://zdi-schuelerlabor.uni-koeln.de">http://zdi-schuelerlabor.uni-koeln.de</a>	Kontakt per Email aufnehmen, u.a. gute Unterrichtsmaterialien (z.B. „Schülerinnen und Schüler auf der Suche nach der Erde 2.0“; „Die Astropänz retten einen Außerirdischen“)
18	Film Contact	Suche nach dem Kontakt zu Außerirdischen, Diskussion wirtschaftlicher und ethischer Fragen und prägender Weltbilder

## 2. 100m in 10 Sekunden (ca. 6 Ust.)

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<p><b>Wie schnell bin ich?</b></p>	<p><b>IF 7: Bewegung, Kraft und Energie</b></p> <p>Bewegungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geschwindigkeit</li> <li>• Beschleunigung</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler können...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[UF1: Wiedergabe und Erläuterung]</b> ... physikalisches Wissen strukturiert sowie bildungs- und fachsprachlich angemessen darstellen und Bezüge zu zentralen Konzepten und übergeordneten Regeln, Modellen und Prinzipien herstellen.</li> <li>• <b>[E4: Untersuchung und Experiment]</b> ... Untersuchungen und Experimente systematisch unter Beachtung von Sicherheitsvorschriften planen, dabei zu verändernde bzw. konstant zu haltende Variablen identifizieren sowie die Untersuchungen und Experimente zielorientiert durchführen und protokollieren.</li> <li>• <b>[E5: Auswertung und Schlussfolgerung]</b> ... Beobachtungs- und Messdaten mit Bezug auf zugrunde liegende Fragestellungen und Hypothesen darstellen, interpretieren und daraus qualitative und einfache quantitative Zusammenhänge bzw. funktionale Beziehungen zwischen Größen ableiten und mögliche Fehler reflektieren.</li> </ul>
<p><b>Vereinbarungen und Hinweise ...</b></p> <p>Einführung von Vektorpfeilen für Größen mit Betrag und Richtung, Darstellung von realen Messdaten in Diagrammen</p> <p><i>... zur Vernetzung</i> Vektorielle Größen → Kraft (IF 7)</p> <p><i>... zu Synergien</i> Mathematisierung physikalischer Gesetzmäßigkeiten in Form funktionaler Zusammenhänge ← Mathematik (IF Funktionen)</p>		

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte  (Zeitungfang)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans  Die Schülerinnen und Schüler können...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen  Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Wie schnell bin ich?</b></p> <p>Geschwindigkeit Beschleunigung</p> <p>(6 Ust.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verschiedene Arten von Bewegungen mithilfe der Begriffe Geschwindigkeit und Beschleunigung analysieren und beschreiben (UF1, UF3),</li> <li>• mittlere und momentane Geschwindigkeiten unterscheiden und Geschwindigkeiten bei gleichförmigen Bewegungen berechnen (UF1, UF2),</li> <li>• Kurvenverläufe in Orts-Zeit-Diagrammen interpretieren (E5, K3),</li> <li>• Messdaten zu Bewegungen oder Kraftwirkungen in einer Tabellenkalkulation mit einer angemessenen Stellenzahl aufzeichnen, mithilfe von Formeln und Berechnungen auswerten sowie gewonnene Daten in sinnvollen, digital erstellten Diagrammformen darstellen (E4, E5, E6, K1).</li> </ul>	<p>Fahrradfahrt auf Schulhof. Bestimmung von <b>Geschwindigkeiten</b> (per Tacho; <b>Durchschnittsgeschwindigkeit</b> auch auf Teilstrecken; ggf. per Ultraschallsensoren).</p> <p>Vergleich der unterschiedlichen Ergebnisse führt zum Begriff der Geschwindigkeit bzw. <b>Momentangeschwindigkeit</b>.</p> <p>Ausführliche <b>Auswertung der Messergebnisse</b> (s(t)-Diagramm, Ausgleichsgerade, Interpretation der Steigung, v(t)-Diagramm, Messgenauigkeit, Mittelwert, Fehlerbetrachtung), vor allem computergestützt. <b>MKR 1.2, 1.3, 6.2</b></p> <p><b>Beschleunigung</b> nicht formal, aber in verschiedenen Aspekten (Geschwindigkeitsänderung, Bremsvorgänge, Richtungsänderung usw.), anhand von Diagrammen argumentieren.</p>

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	Sport-Videos bei youtube	z.B. 100m Weltrekordlauf von Usain Bolt
2	<a href="https://phyphox.org/">https://phyphox.org/</a>	App Phyphox zur Messung von Beschleunigung etc.

### 3. Einfache Maschinen und Werkzeuge: Kleine Kräfte, lange Wege (12 Ust.)

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<p><b>Wie kann ich mit kleinen Kräften eine große Wirkung erzielen?</b></p>	<p><b>IF 7: Bewegung, Kraft und Energie</b></p> <p>Kraft:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewegungsänderung</li> <li>• Verformung</li> <li>• Gewichtskraft und Masse</li> <li>• Kräfteaddition und Kraftzerlegung</li> </ul> <p>Goldene Regel der Mechanik:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einfache Maschinen</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler können...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[UF3: Ordnung und Systematisierung]</b> ... physikalische Sachverhalte nach fachlichen Strukturen systematisieren und zentralen physikalischen Konzepten zuordnen.</li> <li>• <b>[E4: Untersuchung und Experiment]</b> ... Untersuchungen und Experimente systematisch unter Beachtung von Sicherheitsvorschriften planen, dabei zu verändernde bzw. konstant zu haltende Variablen identifizieren sowie die Untersuchungen und Experimente zielorientiert durchführen und protokollieren,</li> <li>• <b>[E5: Auswertung und Schlussfolgerung]</b> ... Beobachtungs- und Messdaten mit Bezug auf zugrunde liegende Fragestellungen und Hypothesen darstellen, interpretieren und daraus qualitative und einfache quantitative Zusammenhänge bzw. funktionale Beziehungen zwischen Größen ableiten und mögliche Fehler reflektieren.</li> <li>• <b>[B1: Fakten- und Situationsanalyse]</b> ... in einer Bewertungssituation relevante physikalische und naturwissenschaftlich-technische Sachverhalte und Zusammenhänge identifizieren, fehlende Informationen beschaffen sowie ggf. gesellschaftliche Bezüge beschreiben</li> </ul>
<p><b>Vereinbarungen und Hinweise ...</b></p> <p>Experimentelles Arbeiten, Anforderungen an Messgeräte</p> <p><i>... zur Vernetzung:</i> Vektorielle Größen, Kraft <math>\leftarrow</math> Geschwindigkeit (IF 7)</p> <p><i>...zu Synergien:</i> Bewegungsapparat, Skelett, Muskeln <math>\leftarrow</math> Biologie (IF 2) Lineare und proportionale Funktionen <math>\leftarrow</math> Mathematik (IF Funktionen)</p>		

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte  (Zeitungumfang)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans  Die Schülerinnen und Schüler können...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen  Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Was kann man mit Kraft alles erreichen?</b></p> <p>Bewegungsänderung Verformung Kraft als vektorielle Größe</p> <p>(2 Ust.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kräfte identifizieren, die zu einer Änderung des Bewegungszustands oder einer Verformung von Körpern führen (E2).</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Diskussion von <b>Bewegungsänderung</b> und <b>Verformung</b> als Wirkungen von Kräften anhand von Beispielen (Auto in der Kurve, Verformung von Knetmasse etc.; Kraftangriffspunkte thematisieren).</li> <li>2) Dabei Betrachtung der Kraft auch als <b>vektorielle Größe</b> mit Betrag und Richtung, allerdings nicht mit Komponentenschreibweise.</li> <li>3) Alternativ: Einführung der Kraft nach der vertieften, formalen Behandlung der Energie (Vorteil: Anknüpfung an bereits bekannte Themen der Stufe 6)</li> <li>4) Alternativ: Erarbeitung des gesamten Themenfeldes mittels des Mausefallenprojektes [4].</li> </ol>
<p><b>Wie misst man Kraft?</b></p> <p>Kraftmessung Gewichtskraft und Masse</p> <p>(4 Ust.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Massen und Kräfte messen sowie Gewichtskräfte berechnen (E4, E5, UF1, UF2),</li> <li>• Messdaten zu Bewegungen oder Kraftwirkungen in einer Tabellenkalkulation mit einer angemessenen Stellenzahl aufzeichnen, mithilfe von Formeln und Berechnungen auswerten sowie gewonnene Daten in sinnvollen, digital erstellten Diagrammformen darstellen (E4, E5, E6, K1).</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5) Optional Überlegungen zu den Anforderungen an einen Kraftmesser, z.B. im Schülerversuch mit unterschiedlichen Federn und Gummiband.</li> <li>6) Einführung der <b>Kraftmessung</b> über die Auslenkung eines Federkraftmessers durch verschiedene <b>Massen</b>, Identifizierung der Proportionalitätskonstanten als <b>Erdbeschleunigung</b> (daraus folgend Einführung der <b>Gewichtskraft</b>). Vertiefung der Unterscheidung von Gewichtskraft und Masse z.B. durch Simulationen mit unterschiedlichen Schwerebeschleunigungen und/oder Videos von Mondspaziergängen.</li> <li>7) Optional Behandlung der Kraft anhand des <b>Hookeschen Gesetzes</b> zur Verdeutlichung der Proportionalität, z.B. im Schülerversuch mit Federn verschiedener Härte (auch Gummiband). Auswertung auch per Tabellenkalkulation (Ursprungsgerade und Quotientengleichheit). <b>MKR 1.2, 1.3, 6.2</b></li> </ol>

<p><b>Wie wirken mehrere Kräfte zusammen?</b></p> <p>Addition von Kräften Kräftegleichgewicht Wechselwirkungsprinzip</p> <p>(ca. 2 Ust.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kräfte als vektorielle Größen beschreiben und einfache Kräfteadditionen grafisch durchführen (UF1, UF2),</li> <li>• die Konzepte Kraft und Gegenkraft sowie Kräfte im Gleichgewicht unterscheiden und an Beispielen erläutern (UF3, UF1).</li> </ul>	<p>8) Einführung der <b>Addition von Kräften</b>, z.B. anhand von Tausziehen oder Schieben von Gegenständen (hier auch Kraftangriffspunkte thematisieren und damit auch Unterschiede zwischen <b>Wechselwirkungsprinzip</b> und <b>Kräftegleichgewicht</b>). <b>Nur zeichnerische Darstellung</b> der auftretenden Kräfte.</p>
<p><b>Wie wurden die Pyramiden gebaut?</b></p> <p>Hebel und Flaschenzug als Kraftwandler</p> <p>(4 Ust.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Goldene Regel anhand der Kraftwandlung an einfachen Maschinen erläutern (UF1, UF3, UF4),</li> <li>• die goldene Regel der Mechanik mit dem Energieerhaltungssatz begründen (E1, E2, E7, K4),</li> <li>• Einsatzmöglichkeiten und den Nutzen von einfachen Maschinen und Werkzeugen zur Bewältigung von praktischen Problemen aus einer physikalischen Sichtweise bewerten (B1, B2, B3),</li> <li>• Zugänge zu Gebäuden unter dem Gesichtspunkt Barrierefreiheit beurteilen (B1, B4).</li> </ul>	<p>9) Einführung von <b>Hebelkräften</b>, z.B. über Werkzeuge und Maschinen beim Bau der Pyramiden, möglichst auch formale Berechnung (Einführung des Begriffs Drehmoment nur in leistungsstarken Lerngruppen).</p> <p>10) Diskussion der Funktionsweise von <b>Flaschenzügen</b> nur kurz anhand von Beispielen.</p> <p>11) Verallgemeinerung: <b>Goldene Regel der Mechanik</b>. Anwendung auch auf <b>barrierefreien Zugang zu Gebäuden</b>. <b>VB Ü, VB D, Z2, Z4, Z6</b></p> <p>12) Übergang zum <b>Energiebegriff</b> (Arbeit als übertragene Energie) und <b>Energieerhaltung</b>.</p>

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	<a href="https://phet.colorado.edu/de/simulation/forces-and-motion-basics">https://phet.colorado.edu/de/simulation/forces-and-motion-basics</a>	Simulation zur Untersuchung der wirkenden Kräfte beim Tauziehen oder beim Schieben einer Kiste (Variation von Kräften, Massen und Reibung)
2	<a href="https://phet.colorado.edu/de/simulation/legacy/energy-skate-park">https://phet.colorado.edu/de/simulation/legacy/energy-skate-park</a>	Simulation, in der ein Skater unter verschiedenen Bedingungen (Bahnverlauf, Reibung, Gravitation) in einer Bahn fährt; energetische Betrachtung
3	<a href="http://www.leifiphysik.de/mechanik/kraefteaddition-und-zerlegung">http://www.leifiphysik.de/mechanik/kraefteaddition-und-zerlegung</a>	Simulation zur Kräfteaddition und -zerlegung
4	<a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/2625">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/2625</a>	Mausefallenrennen
5	<a href="https://phet.colorado.edu/de/simulation/balancing-act">https://phet.colorado.edu/de/simulation/balancing-act</a>	Simulation zum Hebelgesetz
6	<a href="http://www.walter-fendt.de/html5/phde/lever_de.htm">http://www.walter-fendt.de/html5/phde/lever_de.htm</a>	Simulation zum Hebelgesetz
7	<a href="https://phet.colorado.edu/de/simulation/hookes-law">https://phet.colorado.edu/de/simulation/hookes-law</a>	Simulation zum Hookeschen Gesetz
8	<a href="http://www.walter-fendt.de/html5/phde/pulleysystem_de.htm">http://www.walter-fendt.de/html5/phde/pulleysystem_de.htm</a>	Simulation zum Flaschenzug

#### 4. Energie treibt alles an (8 Ust.)

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<p><b>Was ist Energie?</b>  <b>Wie kann ich schwere Dinge heben?</b></p>	<p><b>IF 7: Bewegung, Kraft und Energie</b></p> <p>Energieformen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lageenergie</li> <li>• Bewegungsenergie</li> <li>• Spannenergie</li> </ul> <p>Energieumwandlung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieerhaltung</li> <li>• Leistung</li> </ul>	<p><b>Schülerinnen und Schüler können ...</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[UF1: Wiedergabe und Erläuterung]</b>  ... physikalisches Wissen strukturiert sowie bildungs- und fachsprachlich angemessen darstellen und Bezüge zu zentralen Konzepten und übergeordneten Regeln, Modellen und Prinzipien herstellen;</li> <li>• <b>[UF3: Ordnung und Systematisierung]</b>  ... physikalische Sachverhalte nach fachlichen Strukturen systematisieren und zentralen physikalischen Konzepten zuordnen.</li> </ul>
<p><b>Vereinbarungen und Hinweise ...</b></p> <p>Energieverluste durch Reibung thematisieren, Energieerhaltung erst hier, Energiebilanzierung</p> <p><i>... zur Vernetzung</i></p> <p>Energieumwandlungen, Energieerhaltung ← Goldene Regel (IF 7)</p> <p>Energieumwandlungen, Energieerhaltung ← Energieentwertung (IF 1, IF 2)</p> <p><i>... zu Synergien</i></p> <p>Energieumwandlungen ← Biologie (IF 2)</p> <p>Energieumwandlungen, Energieerhaltung ← Biologie (IF 4)</p> <p>Energieumwandlungen, Energieerhaltung, Energieentwertung → Biologie (IF 7)</p> <p>Energieumwandlungen, Energieerhaltung → Chemie (alle bis auf IF 1 und IF 9)</p>		

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte  (Zeitumfang)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans  Die Schülerinnen und Schüler können...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen  Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Wie viel muss ich essen, um einen Berg hinaufzulaufen zu können?</b></p> <p>Lageenergie Andere Energieformen Energieerhaltung Energieumwandlung Reibung</p> <p>(6 Ust.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mithilfe der Definitionsgleichung für Lageenergie einfache Energieumwandlungsvorgänge berechnen (UF1, UF3),</li> <li>• Spannenergie, Bewegungsenergie und Lageenergie sowie andere Energieformen bei physikalischen Vorgängen identifizieren (UF2, UF3),</li> <li>• Energieumwandlungsketten aufstellen und daran das Prinzip der Energieerhaltung erläutern (UF1, UF3),</li> <li>• Nahrungsmittel auf Grundlage ihres Energiegehalts bedarfsangemessen bewerten (B1, K2, K4).</li> </ul>	<p>Einführung der <b>Lageenergie</b>, z.B. über Handexperimente zu Fallbewegungen aus verschiedenen Höhen, dabei auftretenden Geräuschen etc.</p> <p>In dem Zusammenhang auch Einführung der <b>kinetischen und der Spannenergie</b> ohne Formalismen, sondern nur als Energieform.</p> <p>Formale Einführung der <b>Energieerhaltung</b> (auch hinsichtlich Energiegehalt von Nahrung; Bilanzierung mit Lageenergie) und Wiederholung der <b>Energieentwertung</b> in <b>Energieumwandlungsketten</b> (Energieflussdiagramme). <b>VB B, Z1</b></p> <p>Dabei Diskussion von Energieverlusten durch <b>Abwärme und Reibung</b> anhand von Beispielen aus Natur und Technik, z.B. Körperwärme, Verbrennungsmotoren etc. <b>VB Ü, D</b></p> <p>Betrachtung von Umwandlungen von Energieformen an Anwendungsbeispielen, z.B. Rekuperation. <b>VB Ü, D</b></p>
<p><b>Wer bringt die höhere Leistung?</b></p> <p>Leistung</p> <p>(2 Ust.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• den Zusammenhang zwischen Energie und Leistung erläutern und formal beschreiben (UF1, UF3),</li> <li>• an Beispielen Leistungen berechnen und Leistungswerte mit Werten der eigenen Körperleistung vergleichen (UF2, UF4).</li> </ul>	<p>Einführung der <b>Leistung</b> über Beispiele aus dem Sport, z.B. Klettern am Seil, schnellem Treppensteigen etc. <b>VB B, D</b></p>

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	<a href="https://phet.colorado.edu/de/simulation/friction">https://phet.colorado.edu/de/simulation/friction</a>	Simulation zur Reibung

## 5. Druck und Auftrieb (10 Ust.)

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<p><b>Was ist Druck?</b></p>	<p><b>IF 8: Druck und Auftrieb</b></p> <p>Druck in Flüssigkeiten und Gasen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Druck als Kraft pro Fläche</li> <li>• Schweredruck</li> <li>• Luftdruck (Atmosphäre)</li> <li>• Dichte</li> <li>• Auftrieb</li> <li>• Archimedisches Prinzip</li> </ul> <p>Druckmessung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Druck und Kraftwirkungen</li> </ul>	<p><b>Schülerinnen und Schüler können...</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[UF1: Wiedergabe und Erläuterung]</b> ... physikalisches Wissen strukturiert sowie bildungs- und fachsprachlich angemessen darstellen und Bezüge zu zentralen Konzepten und übergeordneten Regeln, Modellen und Prinzipien herstellen,</li> <li>• <b>[UF2: Auswahl und Anwendung]</b> ... Konzepte zur Analyse und Lösung von Problemen begründet auswählen und physikalisches Fachwissen zielgerichtet anwenden,</li> <li>• <b>[E5: Auswertung und Schlussfolgerung]</b> ... Beobachtungs- und Messdaten mit Bezug auf zugrunde liegende Fragestellungen und Hypothesen darstellen, interpretieren und daraus qualitative und einfache quantitative Zusammenhänge bzw. funktionale Beziehungen zwischen Größen ableiten und mögliche Fehler reflektieren,</li> <li>• <b>[E6: Modell und Realität]</b> ... mit Modellen, auch in formalisierter oder mathematischer Form, Phänomene und Zusammenhänge beschreiben, erklären und vorhersagen sowie den Gültigkeitsbereich und die Grenzen kritisch reflektieren.</li> </ul>
<p><b>Vereinbarungen und Hinweise ...</b></p> <p>Anwendung experimentell gewonnener Erkenntnisse</p> <p><i>... zur Vernetzung</i></p> <p>Druck ← Teilchenmodell (IF 1)</p> <p>Auftrieb ← Kräfte (IF 7)</p> <p><i>... zu Synergien</i></p> <p>Dichte ← Chemie (IF 1)</p>		

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte  (Zeitungfang)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans  Die Schülerinnen und Schüler können...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen  Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Wieso bekommt man im Flugzeug „Druck auf die Ohren“?</b></p> <p>Luftdruck (Atmosphäre)</p> <p>(2 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bei Flüssigkeiten und Gasen die Größen Druck und Dichte mithilfe des Teilchenmodells erläutern (UF1, E6).</li> <li>• die Nichtlinearität des Luftdrucks in Abhängigkeit von der Höhe mithilfe des Teilchenmodells qualitativ erklären (E6, K4).</li> </ul>	<p>13) <b>Luftdruck</b> über einfache Phänomene/Versuche (z.B. zusammengedrückte PET-Flasche oder „Druck auf Ohren“) erarbeiten mittels Teilchenmodell thematisieren.</p> <p>14) Luftdruckmessungen durchführen (ggf. mit Smartphone). <b>MKR 1.2</b></p> <p>15) Dazu auf die Nichtlinearität der Höhenformel eingehen, aber <b>keine quantitative Beschreibung</b> des Luftdrucks über Exponentialfunktion.</p>
<p><b>Weshalb wird ein Fakir auf einem Nagelbrett nicht verletzt?</b></p> <p>Druck als Kraft pro Fläche</p> <p>(2 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• den Druck bei unterschiedlichen Flächeneinheiten in der Einheit Pascal angeben (UF1).</li> </ul>	<p>16) Phänomene des <b>Drucks</b> anhand von <b>Freihandversuchen</b> einführen und verdeutlichen, dazu andere <b>Stationen</b>, u.a. Darstellung des Drucks (Auflagedruck) als Kraft pro Fläche an Alltagsbeispielen (u.a. Fakirbrett, Stöckelschuh, Schneeschuhe, Reißzwecken, ...).</p> <p>17) Einführung der Einheit Pascal und Einübung der damit verbundenen <b>Einheitenumrechnungen</b> (Pa als N/m<sup>2</sup>)</p>
<p><b>Wie entsteht Druck?</b></p> <p>Formale Beschreibung des Schweredrucks</p> <p>(2 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bei Flüssigkeiten und Gasen die Größen Druck und Dichte mithilfe des Teilchenmodells erläutern (UF1, E6),</li> <li>• die Formelgleichungen für Druck und Dichte physikalisch erläutern und daraus Verfahren zur Messung dieser Größen ableiten (UF1, E4, E5)</li> <li>• den Schweredruck in einer Flüssigkeit in Abhängigkeit von der Tiefe bestimmen (E5, E6, UF2),</li> </ul>	<p>18) Definition des Drucks auf <b>Flüssigkeiten</b> übertragen (Teilchenmodell). Formale Einführung bzw. Wiederholung der <b>Dichte</b> ← Chemie (IF 1).</p> <p>19) Herleitung der <b>Schweredruckformel</b> über Formelpuzzle möglich.</p> <p>20) Behandlung der <b>Hydraulik (z.B. Hebebühne) nur fakultativ.</b></p>

<p><b>Warum schwimmen metallene Containerschiffe?</b></p> <p>Schweredruck und Auftrieb</p> <p>(4 Ust.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• anhand physikalischer Faktoren begründen, ob ein Körper in einer Flüssigkeit oder einem Gas steigt, sinkt oder schwebt (E3, K4),</li> <li>• die Entstehung der Auftriebskraft auf Körper in Flüssigkeiten mithilfe des Schweredrucks erklären und in einem mathematischen Modell beschreiben (E5, E6, UF2),</li> <li>• Auftriebskräfte unter Verwendung des Archimedischen Prinzips berechnen (UF1, UF2, UF4),</li> <li>• Angaben und Messdaten von Druckwerten in verschiedenen Alltagssituationen auch unter dem Aspekt der Sicherheit sachgerecht interpretieren und bewerten (B1, B2, B3, K2).</li> </ul>	<p>21) Phänomene des <b>Auftriebs</b> anhand von <b>Stationen</b> (u.a. Rosinenlift, Cartesischer Taucher, schwimmende Knete, Überlaufgefäß...). Anschließend Verweis auf <b>Archimedisches Prinzip</b>.</p> <p>22) <b>Sinken, Schweben, Schwimmen</b> mit Blick auf das Zusammenspiel von <b>Dichte</b> der Flüssigkeit und Dichte des Körpers thematisieren.</p> <p>23) <b>Kräfte</b> am schwimmenden Körper darstellen, <b>Auftriebskraft formal beschreiben</b>.</p>
--	--	--

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	<a href="https://phet.colorado.edu/de/simulation/under-pressure">https://phet.colorado.edu/de/simulation/under-pressure</a>	Simulation zum Druck
2	<a href="http://www.daserste.de/information/wissen-kultur/kopfball/videosextern/wassertransport-in-baeumen-104.html">http://www.daserste.de/information/wissen-kultur/kopfball/videosextern/wassertransport-in-baeumen-104.html</a>	Kopfball-Video zum Wassertransport in Bäumen / Schweredruck

## 6. Blitze und Gewitter (8 Ustd.)

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<p><b>Warum schlägt der Blitz ein?</b></p>	<p><b>IF 9: Elektrizität</b></p> <p>Elektrostatik:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• elektrische Ladungen</li> <li>• elektrische Felder</li> <li>• Spannung</li> </ul> <p>elektrische Stromkreise:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektronen-Atomrumpf-Modell</li> <li>• Ladungstransport und elektrischer Strom</li> </ul>	<p><b>Schülerinnen und Schüler können ...</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[UF1: Wiedergabe und Erläuterung]</b> ... physikalisches Wissen strukturiert sowie bildungs- und fachsprachlich angemessen darstellen und Bezüge zu zentralen Konzepten und übergeordneten Regeln, Modellen und Prinzipien herstellen.</li> <li>• <b>[E4: Untersuchung und Experiment]</b> ... Untersuchungen und Experimente systematisch unter Beachtung von Sicherheitsvorschriften planen [...] sowie die Untersuchungen und Experimente zielorientiert durchführen und protokollieren.</li> <li>• <b>[E5: Auswertung und Schlussfolgerung]</b> ... Beobachtungs- und Messdaten mit Bezug auf zugrundeliegende Fragestellungen und Hypothesen darstellen, interpretieren und daraus qualitative und einfache quantitative Zusammenhänge [...] ableiten und mögliche Fehler reflektieren.</li> <li>• <b>[E6: Modell und Realität]</b> ... mit Modellen, auch in formalisierter oder mathematischer Form, Phänomene und Zusammenhänge beschreiben, erklären und vorhersagen sowie den Gültigkeitsbereich und die Grenzen kritisch reflektieren.</li> </ul>
<p><b>Weitere Vereinbarungen</b></p> <p><i>... zur Schwerpunktsetzung</i> Anwendung des Elektron-Atomrumpf-Modells</p> <p><i>... zur Vernetzung</i> ← Elektrische Stromkreise (IF 2)</p> <p><i>... zu Synergien</i> Kern-Hülle-Modell ← Chemie (IF 5)</p>		

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte  (Zeitungfang)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans  Die Schülerinnen und Schüler können...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen  Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Warum schlägt der Blitz ein?</b></p> <p>elektrische Ladung elektrische Felder Elektronen-Atomrumpf-Modell Ladungstrennung führt zu Spannungen</p> <p>(4 UStd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Funktionsweise eines Elektroskops erläutern (UF1, E5, UF4, K3),</li> <li>• elektrische Aufladung und Leitungseigenschaften von Stoffen mithilfe eines einfachen Elektronen-Atomrumpf-Modells erklären (E6, UF1),</li> <li>• Wechselwirkungen zwischen geladenen Körpern durch elektrische Felder beschreiben (E6, UF1, K4),</li> <li>• die Entstehung einer elektrischen Spannung durch den erforderlichen Energieaufwand bei der Ladungstrennung qualitativ erläutern (UF1, UF2).</li> </ul>	<p>Ausgehend von der Beobachtung kurzer Filmaufnahmen zu Gewittern (s. z.B. [2]) wird in Experimenten untersucht, wie Blitze entstehen.</p> <p>Erzeugung von Reibungselektrizität, <b>auch im Schülerexperiment</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• negative Ladungen: PVC-Stab und Papiertücher, Luftballon an Haaren</li> <li>• positive Ladungen: Plexiglas-Stab und leerer Luftballon</li> </ul> <p>Einführung bzw. Verwendung des aus der Chemie bekannten Kern-Hülle-Modells, Erweiterung zum <b>Elektronen-Atomrumpf-Modell</b>; Unterscheidung von Leitern und Nichtleitern über die Beweglichkeit von (Leitungs-)Elektronen</p> <p>Mögliches Vorgehen zum <b>Einführen des Spannungsbegriffes</b> (Lehrerexperiment!):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laden der Leidener Flaschen einer Influenzmaschine durch eine zunehmende Anzahl <math>n</math> von Umdrehungen führt bei gleichem Abstand der Elektrodenkugeln zu immer stärkeren Funken → <math>U \sim n</math></li> <li>• kV-Meter an Plattenkondensator anschließen und die Anzeige beobachten, während der Plattenabstand <math>d</math> zwischen den Elektroden vergrößert wird → <math>U \sim d</math></li> <li>• in beiden Fällen nimmt die Spannung mit der aufgewandten Energie zu, daher Spannung als Maß für die aufgewandte Energie zur Trennung von Ladungen, welche danach streben, sich auszugleichen</li> </ul> <p>Zurück zur ursprünglichen Frage: Die Entstehung von Blitzen im Gewitter lässt sich jetzt als Folge von Ladungstrennung erklären.</p> <p>Erweiterungsmöglichkeit: Behandlung des elektrischen Feldes in Analogie zum magnetischen Feld sowie Betrachtung technischer</p>

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte  (Zeitung)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans  Die Schülerinnen und Schüler können...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen  Schwerpunkte im Fettdruck
		Anwendungen (Faraday-Käfig, elektrostatisches Beschichten/Lackieren, Elektrofilter)
<p><b>Was ist elektrischer Strom?</b></p> <p>Ladungstransport und Strom Messung von Stromstärke und Spannung</p> <p>(4 UStd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• elektrische Schaltungen sachgerecht entwerfen, in Schaltplänen darstellen und anhand von Schaltplänen aufbauen (E4, K1),</li> <li>• Spannungen und Stromstärken messen [...] (E2, E5).</li> </ul>	<p><b>Einführung des elektr. Stroms und der Stromstärke in Analogie zu anderen Strömen</b> (Autos, Menschen, Wasser, Daten etc.); Erleichterung der Analogiebildung durch sukzessiven Übergang von wenigen transportierten Ladungen (Konduktorkugel zwischen Glimmlampen im offenen Stromkreis) zum elektrischen Strom in einem geschlossenen Stromkreis (Kabel zwischen Glimmlampen); Definition der Stromstärke als Ladungsbetrag pro Zeiteinheit</p> <p><b>Erweiterung des Elektronen-Atomrumpf-Modells zu einem Modell freier Elektronen und fest sitzender Atomrümpfe in einem elektrischen Leiter („Elektronengas“)</b>, Verwendung zur Erklärung der unterschiedlichen Leitfähigkeit verschiedener Materialien</p> <p><b>Einüben des korrekten Gebrauchs der Begriffe Ladung, Spannung und Stromstärke</b> – entsprechende Alltagsbegriffe haben eine eher diffuse Bedeutung bzw. werden oft falsch verwendet; möglich hier: Welche Bedeutung hat die Kapazität (Ladungsmenge) eines Akkus (in mAh)?</p> <p><b>klare Unterscheidung zwischen Einheit und Größe</b></p> <p><b>Einüben des Umgangs mit Multimetern, Unterscheidung von Strom- und Spannungsmessung</b></p>

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
-----	---------------------	---

1	<a href="https://www.planet-schule.de/warum/blitze/themenseiten/t_index/s1.html">https://www.planet-schule.de/warum/blitze/themenseiten/t_index/s1.html</a>	Entstehung von Gewittern, Blitzsimulator, ...
2	<a href="https://www.focus.de/panorama/videos/blitze-am-nachthimmel-so-wunderschoen-sieht-ein-gewitter-in-zeitlupe-aus_id_4751480.html">https://www.focus.de/panorama/videos/blitze-am-nachthimmel-so-wunderschoen-sieht-ein-gewitter-in-zeitlupe-aus_id_4751480.html</a>	Zeitlupenaufnahmen von Blitzen
3	<a href="https://www.einfache-elehre.de">https://www.einfache-elehre.de</a>	Interessante Anregungen zu einem Elektronengas-Modell mit Arbeitsmaterialien

10.4. Konkretisierte Unterrichtsvorhaben Sek. I – Jgst. 10 (G9)

**1. Sicherer Umgang mit Elektrizität (14 Ustd.)**

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<p><b>Wann ist Strom gefährlich?</b></p>	<p><b>IF 9: Elektrizität</b>                      elektrische Stromkreise:                      • elektrischer Widerstand                      • Reihen- und Parallelschaltung                      • Sicherungsvorrichtungen                      elektrische Energie und Leistung</p>	<p><b>Schülerinnen und Schüler können ...</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[UF4: Übertragung und Vernetzung]</b>                              ... naturwissenschaftliche Konzepte sachlogisch vernetzen und auf variable Problemsituationen übertragen.</li> <li>• <b>[E4: Untersuchung und Experiment]</b>                              ... Untersuchungen und Experimente systematisch unter Beachtung von Sicherheitsvorschriften planen, dabei zu verändernde bzw. konstant zu haltende Variablen identifizieren sowie die Untersuchungen und Experimente zielorientiert durchführen und protokollieren.</li> <li>• <b>[E5: Auswertung und Schlussfolgerung]</b>                              ... Beobachtungs- und Messdaten mit Bezug auf zugrunde liegende Fragestellungen und Hypothesen darstellen, interpretieren und daraus qualitative und einfache quantitative Zusammenhänge bzw. funktionale Beziehungen zwischen Größen ableiten und mögliche Fehler reflektieren.</li> <li>• <b>[E6: Modell und Realität]</b>                              ... mit Modellen, auch in formalisierter oder mathematischer Form, Phänomene und Zusammenhänge beschreiben, erklären und vorhersagen sowie den Gültigkeitsbereich und die Grenzen kritisch reflektieren.</li> <li>• <b>[B3: Abwägung und Entscheidung]</b>                              ... Handlungsoptionen durch Gewichten und Abwägen von Kriterien und nach Abschätzung der Folgen für die Natur, das Individuum und die Gesellschaft auswählen.</li> </ul>
<p><b>Vereinbarungen und Hinweise ...</b></p> <p><i>... zur Schwerpunktsetzung</i>                      Analogiemodelle (z.B. Wassermmodell); Mathematisierung physikalischer Gesetze; keine komplexen Ersatzschaltungen</p> <p><i>... zur Vernetzung</i>                      ← Stromwirkungen (IF 2)</p> <p><i>... zu Synergien</i>                      Nachweis proportionaler Zuordnungen; Umformungen zur Lösung von Gleichungen ← Mathematik (Funktionen erste Stufe)</p>		

<b>Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte</b>  (Zeitungumfang)	<b>Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans</b>  Die Schülerinnen und Schüler können...	<b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b>  Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Was treibt den Strom an, was behindert ihn?</b></p> <p>elektrischer Widerstand Ohm'sches Gesetz</p> <p>(4 UStd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zwischen der Definition des elektrischen Widerstands und dem Ohm'schen Gesetz unterscheiden (UF1),</li> <li>• elektrische [...] Leitungseigenschaften von Stoffen mithilfe eines einfachen Elektronen-Atomrumpf-Modells erklären (E6, UF1),</li> <li>• Spannungen und Stromstärken messen und elektrische Widerstände ermitteln (E2, E5),</li> <li>• die mathematische Modellierung von Messdaten in Form einer Gleichung unter Angabe von abhängigen und unabhängigen Variablen erläutern und dabei auftretende Konstanten interpretieren (E5, E6, E7),</li> <li>• Versuche zu Einflussgrößen auf den elektrischen Widerstand unter Berücksichtigung des Prinzips der Variablenkontrolle planen und durchführen (E2, E4, E5, K1).</li> </ul>	<p>Möglicher Einstieg: Wie kann ich eine LED (1,2 V; 10 mA) mit meiner Flachbatterie (4,5 V) betreiben?</p> <p>klare <b>Unterscheidung zwischen Definition des Widerstands</b> (Quotient von Spannung und Stromstärke) <b>und Ohm'schem Gesetz</b> (Temperaturkonstanz als Bedingung für konstanten Widerstand)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>graphische und rechnerische Mathematisierung</b></li> <li>• <b>Kennlinien mit und ohne Gültigkeit des Ohm'schen Gesetzes aufnehmen</b> (Glühlampe, Konstantan, aufgewickelter Eisendraht gekühlt und ungekühlt)</li> </ul> <p><b>Erklärung der unterschiedlichen elektrischen Widerstände verschiedener Stoffe anhand des eingeführten Modells elektrischer Leiter</b> („Elektronengas“)</p> <p>spezifischer Widerstand als eigenständige Experimentieraufgabe, auch mathematische Behandlung des antiproportionalen Zusammenhangs und der Verknüpfung verschiedener Proportionalitäten (<math>R \sim l</math> und <math>R \sim 1/A \rightarrow R \sim l/A</math>)</p> <p><b>Auswertung mithilfe einer Tabellenkalkulation:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Darstellung im Diagramm</li> <li>• Nutzung von Regressionsanalysen (Trendlinie, Formel) <b>MKR 1.2</b></li> </ul> <p><b>Technische Anwendungen</b> (technische Widerstände, NTC, PTC)</p>

<p><b>Wie lassen sich Stromstärke und Spannung in Reihen- und Parallelschaltungen vorhersagen?</b></p> <p>Spannungen und Stromstärken bei Reihen- und Parallelschaltung</p> <p>(5 UStd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Beziehung von Spannung, Stromstärke und Widerstand in Reihen- und Parallelschaltungen mathematisch beschreiben und an konkreten Beispielen plausibel machen (UF1, UF4, E6),</li> <li>• elektrische Schaltungen sachgerecht entwerfen, in Schaltplänen darstellen und anhand von Schaltplänen aufbauen (E4, K1),</li> <li>• den prinzipiellen Aufbau einer elektrischen Hausinstallation darstellen (UF1, UF4).</li> </ul>	<p>Möglicher Einstieg: Gefahren durch Überlast an einer Mehrfachsteckdose</p> <p><b>Ableitung der physikalischen Gesetzmäßigkeiten zu Spannungen, Stromstärken und Widerständen in Reihen- und Parallelschaltungen aus Messwerten (Schülerexperimente), anschließende Mathematisierung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• gefundene Gesetzmäßigkeiten an konkreten Beispielen mit physikalischen Argumenten plausibel machen (z.B. über Vorhersageexperimente)</li> <li>• <b>keine ausgiebige Berechnung von Ersatzwiderständen zu komplexen Schaltungen</b></li> </ul> <p>Zurück zum Alltagsbezug:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prinzip einer Hausinstallation als Parallelschaltung</li> <li>• Gefahr der Überlast bei Anschluss mehrerer Geräte an eine Steckerleiste</li> </ul>
<p><b>Wann ist Strom gefährlich und wie sorgen wir vor?</b></p> <p>Sicherungseinrichtungen</p> <p>(2 UStd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wirkungen von Elektrizität auf den menschlichen Körper in Abhängigkeit von der Stromstärke und Spannung erläutern (UF1),</li> <li>• den prinzipiellen Aufbau einer elektrischen Hausinstallation darstellen (UF1, UF4),</li> <li>• Gefahren und Sicherheitsmaßnahmen beim Umgang mit elektrischem Strom und elektrischen Geräten beurteilen (B1, B2, B3, B4). <b>VB B, D / Z1, Z5</b></li> </ul>	<p>Ausgehend von den alltäglichen Gefahren im Umgang mit elektrischem Strom erfolgt eine Behandlung der <b>Elektroinstallation im Haus</b> mit den entsprechenden <b>Sicherungseinrichtungen</b>; Hinweise zu Hautwiderstand und gefährlichen Strömen/Spannungen s. RISU (auch für SuS)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schutzleiter, Neutralleiter („Nullleiter“) und Außenleiter („Phase“)</li> <li>• Sicherungsautomat</li> <li>• Grundprinzip und Kenndaten des FI-Schalters</li> </ul>
<p><b>Leuchtet eine Hoch- oder eine Niedervoltlampe heller?</b></p> <p>Elektrische Energie und Leistung</p> <p>(3 UStd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Definitionsgleichungen für elektrische Energie und elektrische Leistung erläutern und auf ihrer Grundlage Berechnungen durchführen (UF1),</li> <li>• Energiebedarf und Leistung von elektrischen Haushaltsgeräten ermitteln und die entsprechenden Energiekosten berechnen (UF2, UF4), <b>VB D / Z3, Z5</b></li> </ul>	<p>Einstieg über vergleichende Helligkeitsabschätzung von Nieder- und Hochvolthalogenlampen gleicher Bauart und Leistung – die Schülerinnen und Schüler vermuten i.d.R., dass die Hochvolt-Lampe heller leuchtet</p> <p>Daraus folgt durch Messung der Stromstärken der Zusammenhang zwischen P, U, I.</p> <p><b>Alltagsbezug und Verbraucherbildung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stromrechnung (<b>Einheit kWh</b>)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kaufentscheidungen für elektrische Geräte unter Abwägung physikalischer und außerphysikalischer Kriterien treffen (B1, B3, B4, K2). VB Ü, D / Z1, Z3, Z5</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Standby-Leistung von Haushaltsgeräten messen; Betrachtung als Kriterium für Kaufentscheidungen</li> </ul>
--	--	--

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	<a href="http://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/elektrische-grundgroessen/ausblick/stromsicherheit">http://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/elektrische-grundgroessen/ausblick/stromsicherheit</a>	Stromsicherheit inklusive Simulation zum Schuko-System
2	<a href="http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/stromleitung.html">http://www.chemie-interaktiv.net/html_flash/stromleitung.html</a>	Simulation unter „Metallischer Leiter – Modelldarstellung“
3	<a href="http://www.linear.com/designtools/software/#LTspice">http://www.linear.com/designtools/software/#LTspice</a>	Für besonders interessierte und leistungsstarke Schülerinnen und Schüler: LTspice, freie Software zur Simulation von Schaltkreisen, geht weit über die Grundlagen hinaus

## 2. Gefahren und Nutzen ionisierender Strahlung (15 Ustd.)

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<p><b>Ist ionisierende Strahlung gefährlich oder nützlich?</b></p>	<p><b>IF 10: Ionisierende Strahlung und Kernenergie</b></p> <p>Atomaufbau und ionisierende Strahlung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alpha-, Beta-, Gamma Strahlung,</li> <li>• radioaktiver Zerfall,</li> <li>• Halbwertszeit,</li> <li>• Röntgenstrahlung</li> </ul> <p>Wechselwirkung von Strahlung mit Materie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nachweismethoden,</li> <li>• Absorption,</li> <li>• biologische Wirkungen,</li> <li>• medizinische Anwendung,</li> <li>• Schutzmaßnahmen</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler können...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[UF4: Übertragung und Vernetzung]</b> ... neu erworbene physikalische Konzepte in vorhandenes Wissen eingliedern und Alltagsvorstellungen hinterfragen.</li> <li>• <b>[E1: Problem und Fragestellung]</b> ... in einfachen Zusammenhängen Probleme erkennen und Fragen formulieren, die sich mit physikalischen Methoden klären lassen.</li> <li>• <b>[E7: Naturwissenschaftliches Denken und Arbeiten]</b> ... anhand von Beispielen die Entstehung, Bedeutung und Weiterentwicklung physikalischer Erkenntnisse, insbesondere von Regeln, Gesetzen und Modellen beschreiben.</li> <li>• <b>[K2: Informationsverarbeitung]</b> ... nach Anleitung physikalisch-technische Informationen aus analogen und digitalen Medien (Fachtexte, Filme, Tabellen, Diagramme, Abbildungen, Schemata) entnehmen sowie deren Kernaussagen wiedergeben und die Quelle notieren.</li> </ul>
<p><b>Hinweise ...</b></p> <p><i>... zur Schwerpunktsetzung:</i> Quellenkritische Recherche, Präsentation,</p> <p><i>... zur Vernetzung:</i> Atommodelle ← Chemie (IF 5) Radioaktiver Zerfall ← Mathematik Exponentialfunktion (Funktionen zweite Stufe) → Biologie (SII, Mutationen, 14C)</p>		

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte  (Zeitungfang)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans  Die Schülerinnen und Schüler können...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen  Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Was ist ionisierende Strahlung und wie kann man sie nachweisen?</b></p> <p>Nachweismethoden</p> <p>(3 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Entwicklung und das Wirken von Forscherinnen und Forschern im Spannungsfeld von Individualität, Wissenschaft, Politik und Gesellschaft darstellen (E7, K2, K3),</li> <li>• die Aktivität radioaktiver Stoffe messen (Einheit Bq) und dabei den Einfluss der natürlichen Radioaktivität berücksichtigen (E4),</li> <li>• verschiedene Nachweismöglichkeiten ionisierender Strahlung beschreiben und erläutern (UF1, UF4, K2, K3).</li> </ul>	<p>Historischer Einstieg: Entdeckung der Strahlung durch M. Curie, H. Becquerel; dabei auch schon Thematisierung weiterer Forscher (Meitner, Hahn, Strassmann, ...) unter den Aspekten der Bedeutung für Forschung, Politik und Gesellschaft [5]</p> <p>Damit Strukturierung der Reihe (Zeitstrahl) über das Wirken / die Bedeutung der Wissenschaftler (Advance Organizer)</p> <p><b>Demoexperiment, Video [8] bzw. Simulation zur Ionisation von Luft (Entladung eines Elektroskops, funktioniert nur mit starkem Strahler) [6]</b></p> <p>Messung mit Hilfe des Zählrohrs und Thematisierung des Nulleffekts und der natürlichen Radioaktivität.</p> <p>Recherche in verschiedenen Quellen zu unterschiedlichen Nachweismethoden – <b>Aufbau und grundlegende Wirkungsweise des Zählrohrs, Nebelkammer, Fotofilm etc.</b></p>
<p><b>Welche Eigenschaften hat radioaktive bzw. Röntgenstrahlung?</b></p> <p>Alpha-, Beta-, Gamma Strahlung, Röntgenstrahlung Lorentzkraft</p> <p>(3 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenschaften verschiedener Arten ionisierender Strahlung (Alpha-, Beta-, Gammastrahlung sowie Röntgenstrahlung) beschreiben (UF1, E4),</li> <li>• mit Wirkungen der Lorentzkraft Bewegungen geladener Teilchen in einem Magnetfeld qualitativ beschreiben (UF1).</li> </ul>	<p>Bild einer Röntgenaufnahme (Zahnarzt) bzw. Bild zur Materialprüfung: Weshalb sind die Sicherheitsvorkehrungen so unterschiedlich?</p> <p>Erarbeitung der <b>Abschirmbarkeit und Reichweite radioaktiver Strahlung anhand der typischen Versuche</b> (i.d.R. Demoexperiment, ggfs. SV).</p> <p><b>Ablenkung von <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-Strahlung im Magnetfeld</b> zur Identifizierung der Strahlungsarten erfolgt mit Hilfe der <b>Lorentzkraft</b>. Durchführung des Leiterschaukelversuchs zur Wirkung der Lorentzkraft (nur als Phänomen und qualitativ, keine Formel). <b>Bestimmung der Richtung der Lorentzkraft mit Hilfe der Drei-Finger-Regel</b></p> <p>Vorgabe der Identität der Strahlung (bzw. Schüler recherchieren lassen)</p> <p>Herausarbeitung von <b>Gemeinsamkeiten und Unterschiede von <math>\gamma</math>-Strahlung und Röntgenstrahlung</b></p>



Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte  (Zeitungumfang)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans  Die Schülerinnen und Schüler können...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen  Verbindliche Absprachen und Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Wie entsteht radioaktive Strahlung und was bedeutet radioaktiver Zerfall?</b></p> <p>radioaktiver Zerfall Halbwertszeit</p> <p>(3 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• den Aufbau von Atomen, Atomkernen und Isotopen [...] mit einem passenden Modell beschreiben (E6, UF1),</li> <li>• Quellen und die Entstehung von radioaktiver Strahlung beschreiben (UF1),</li> <li>• mit dem zufälligen Prozess des radioaktiven Zerfalls von Atomkernen das Zerfallsgesetz und die Bedeutung von Halbwertszeiten erklären (E5, E4, E6).</li> </ul>	<p>Bezug zur Verwendung von Strahlung in der Medizin: Welche Substanzen sind für die medizinische Verwendung geeignet? Geringe Verweildauer im Körper wichtig...</p> <p><b>Aufbau von Atomen und Atomkernen.</b> Klärung, dass radioaktive Strahlung aus <b>Kernumwandlungen</b> resultiert mit Hilfe des <b>Kern-Hülle-Modells</b> (aus Chemie bekannt / Verweis auf Rutherford-Versuch).</p> <p>Beschreibung von Nukliden über die Schreibweise  sowie damit Einübung der Darstellung von Zerfallsgleichungen und Beschreibung von Isotopen.</p> <p>Betrachtung der Nuklidkarte und Zerfallsreihen möglich, aber nicht obligatorisch.</p> <p><b>Einführung und Klärung des Begriffs der Halbwertszeit;</b> dazu Durchführung von Modellexperimenten (Bierschaum oder Würfelwurf)</p> <p>Dabei auch Fokus auf die Anwendbarkeit und die Grenzen des Modells des radioaktiven Zerfalls. <b>Radioaktiver Zerfall als Zufallsprozess.</b></p> <p>Mathematisierung über die Exponentialfunktion sinnvoll.</p> <p>Betrachtung der C-14 Methode zur Altersbestimmung biologischer Systeme möglich (Absprache mit Biologie)</p>

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte  (Zeitung)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans  Die Schülerinnen und Schüler können...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen  Verbindliche Absprachen und Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Was passiert, wenn radioaktive Strahlung bzw. Röntgenstrahlung auf Materie trifft?</b></p> <p>Absorption biologische Wirkungen Schutzmaßnahmen</p> <p>(3 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Wechselwirkung ionisierender Strahlung mit Materie erläutern sowie Gefährdungen und Schutzmaßnahmen erklären (UF1, UF2, E1),</li> <li>• Daten zu Gefährdungen durch Radioaktivität anhand der effektiven Dosis (Einheit Sv) unter Berücksichtigung der Aussagekraft von Grenzwerten beurteilen (B2, B3, B4, E1, K2, K3), <b>VB B, Z3, Z4</b></li> <li>• Maßnahmen zum persönlichen Strahlenschutz begründen (B1, B4).</li> </ul>	<p>Einstieg: Verwendung von Bleischürzen o.Ä. bei Röntgenuntersuchungen</p> <p><b>Absorptionsversuch mit Bleiplatten. Falls keine Strahler vorhanden sind, Verwendung einer Simulation bzw. IBE [2].</b></p> <p>Auswertung über Exponentialfunktion</p> <p>Erarbeitung der biologischen Strahlenwirkung, der <b>Dosimetrie, des Strahlenschutzes und der Strahlenbelastung des Menschen</b> ggfs. arbeitsteilig durch die SuS [1,4].</p> <p>Anhand der Regeln für den Strahlenschutz und der Wirkungen der Strahlung auf den Menschen u.a. zu thematisieren (Präsentation und Diskussion):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Maßnahmen zum Erhalt der eigenen Gesundheit,</b></li> <li>• <b>Abwägungen bezüglich medizinischer und technischer Anwendungen,</b></li> <li>• <b>Diskussion von gesetzlichen Grenzwerten</b></li> </ul> <p><b>Dosimeter</b></p>
<p><b>Was sind die Nutzen und Risiken der radioaktiven Strahlung und Röntgenstrahlung?</b></p> <p>biologische Wirkungen medizinische Anwendung Schutzmaßnahmen</p> <p>(3 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• medizinische und technische Anwendungen ionisierender Strahlung sowie zugehörige Berufsfelder darstellen (UF4, E1, K2, K3).</li> <li>• Nutzen und Risiken radioaktiver Strahlung und Röntgenstrahlung auf der Grundlage physikalischer und biologischer Erkenntnisse begründet abwägen (K4, B1, B2, B3), <b>VB Ü, VB B, Z2, Z3, Z4, Z5</b></li> </ul>	<p>Einstieg: Radioaktiv belastete Pilze (Stiftung Warentest) [7]</p> <p><b>Abwägung von Nutzen und Risiken der radioaktiven Strahlung in Recherchearbeit</b> (auch unter Rückbezug auf Schutzmaßnahmen und Dosimetrie); dabei auch Anleitung zum kritischen Hinterfragen von unterschiedlichen Quellen.</p> <p>Dazu auch Betrachtung von typischen Berufsfeldern aus Medizin, Industrie, Luftfahrt, ...</p> <p>Mediengestützte Präsentation</p>

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	<a href="http://www.kernfragen.de/">http://www.kernfragen.de/</a>	vielfältige Informationen / Statistiken/ ... (Informationskreis Kernenergie / Deutsches Atomforum)
2	<a href="http://mackspace.de/unterricht/simulationen_physik/kernphysik/sv/absorption.php">http://mackspace.de/unterricht/simulationen_physik/kernphysik/sv/absorption.php</a>	Simulation zur Absorption von Strahlung
3	<a href="https://www.planet-wissen.de/technik/atomkraft/das_reaktorunglueck_von_tschernobyl/strahlung-harmlos-oder-gefaehrlich-100.html">https://www.planet-wissen.de/technik/atomkraft/das_reaktorunglueck_von_tschernobyl/strahlung-harmlos-oder-gefaehrlich-100.html</a>	Videos zu Strahlenbelastung und Gefährlichkeit von ionisierender Strahlung.
4	<a href="https://www.umwelt-im-unterricht.de">https://www.umwelt-im-unterricht.de</a>	Weitgehende Informationen zum Thema Radioaktivität, Dosimetrie, Gesundheit, Strahlenschutz (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit)
5	<a href="https://www.br.de/radio/bayern2/sendungen/radiowissen/atomkraft164.html">https://www.br.de/radio/bayern2/sendungen/radiowissen/atomkraft164.html</a>	Alles zum Thema Geschichte der Atomkraft, ABs, Radiosendung
6	<a href="https://www.leifiphysik.de/kern-teilchenphysik/radioaktivitaet-einfuehrung/aufgabe/nachweis-von-ionisierender-strahlung-mit-dem-elektroskop">https://www.leifiphysik.de/kern-teilchenphysik/radioaktivitaet-einfuehrung/aufgabe/nachweis-von-ionisierender-strahlung-mit-dem-elektroskop</a>	Simulation zur Entladung eines Elektroskops durch radioaktive Strahlung.
7	<a href="https://www.test.de/Wildpilze-sammeln-und-zubereiten-Tipps-fuer-den-sicheren-Genuss-1163075-1163675/">https://www.test.de/Wildpilze-sammeln-und-zubereiten-Tipps-fuer-den-sicheren-Genuss-1163075-1163675/</a>	Stiftung Warentest – Belastete Lebensmittel
8	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=3VUe-sqtsPo">https://www.youtube.com/watch?v=3VUe-sqtsPo</a>	Ionisation von Luft durch Alphastrahlung

### 3. Energie aus Atomkernen (10 Ustd.)

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<p><b>Ist die Kernenergie beherrschbar?</b></p>	<p><b>IF 10: Ionisierende Strahlung und Kernenergie</b></p> <p>Kernenergie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kernspaltung,</li> <li>• Kernfusion,</li> <li>• Kernkraftwerke,</li> <li>• Endlagerung</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler können:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[K2: Informationsverarbeitung]</b> ... selbstständig aus analogen und digitalen Medien Daten und Informationen gewinnen, sie in Bezug auf ihre Relevanz, ihre Qualität, ihren Nutzen und ihre Intention analysieren, sie aufbereiten und deren Quellen korrekt belegen.</li> <li>• <b>[K4: Argumentation]</b> ... auf der Grundlage physikalischer Erkenntnisse und naturwissenschaftlicher Denkweisen faktenbasiert, rational und schlüssig argumentieren sowie zu Beiträgen anderer respektvolle, konstruktiv-kritische Rückmeldungen geben.</li> <li>• <b>[B1: Fakten- und Situationsanalyse]</b> ... in einer Bewertungssituation relevante physikalische und naturwissenschaftlich-technische Sachverhalte und Zusammenhänge identifizieren, fehlende Informationen beschaffen sowie ggf. gesellschaftliche Bezüge beschreiben.</li> <li>• <b>[B3: Abwägung und Entscheidung]</b> ... Handlungsoptionen durch Gewichten und Abwägen von Kriterien und nach Abschätzung der Folgen für die Natur, das Individuum und die Gesellschaft auswählen.</li> </ul>
<p><b>Hinweise ...</b></p> <p><i>... zur Schwerpunktsetzung</i> Meinungsbildung, Quellenbeurteilung, Entwicklung der Urteilsfähigkeit</p> <p><i>... zur Vernetzung:</i> ← Zerfallsgleichung aus IF 10.1 → Vergleich der unterschiedlichen Energieanlagen (IF 11)</p>		

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte  (Zeitungumfang)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans  Die Schülerinnen und Schüler können...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen  Schwerpunkte im Fettdruck
<b>Kernenergie – Segen oder Fluch?</b>  (1 Ustd.)		Einstieg über Debatte zur Kernenergie: Gegensatz Unfall in Fukushima & Ausstieg in Deutschland und Europa bzw. weltweite Neubauten von KKW [8].  Hier finden sich zahlreiche Videos, z.B. [3] und Zeitungsartikel.  Entwicklung von Fragestellungen, Advance Organizer für den Verlauf der Unterrichtsreihe; die Sequenzierung der nachfolgenden Abschnitte kann mit der Lerngruppe vereinbart werden, evtl. teilweise auch arbeitsteiliges Vorgehen
<b>Woher stammt die Energie bei der Spaltung von Atomkernen?</b>  Kernspaltung (1 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>[...] die Kernspaltung [...] mit einem passenden Modell beschreiben (E6, UF1),</li> <li>die Entwicklung und das Wirken von Forscherinnen und Forschern im Spannungsfeld von Individualität, Wissenschaft, Politik und Gesellschaft darstellen (E7, K2, K3).</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Thematisierung der freiwerdenden Energie bei der Spaltung anhand der Zerfallsgleichung von U-235 in Ba-144 und Kr-89.</b></p> Auswertung des Diagramms „Massenzahl gegen Mittlere Bindungsenergie pro Nukleon“ möglich, dabei ggfs. Hinweis auf Massendefekt
<b>Wie ist ein Kernkraftwerk aufgebaut und wie wird die Energieumwandlung kontrolliert?</b>  Kernspaltung Kernkraftwerke (3 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>die kontrollierte Kettenreaktion in einem Kernreaktor erläutern sowie den Aufbau und die Sicherheitseinrichtungen von Reaktoren erklären (UF1, UF4, E1, K4).</li> </ul>	<p><b>Aufbau und Funktion eines KKW</b> (Kreisläufe, Kettenreaktion, kritische Masse, Brennstäbe, Moderator, ...) anhand eines Films [2] und Infomaterial [1, 6] erarbeiten; dabei Druckwasserreaktor im Fokus, andere Reaktortypen optional.</p> Erarbeitung der <b>Reaktorsicherheit</b> beispielsweise über ABs / Internetrecherche, ...  Noch keine Bewertung der Kernenergie, hier nur Erarbeitung der physikalischen Fakten.

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte  (Zeitungsumfang)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans  Die Schülerinnen und Schüler können...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen  Verbindliche Absprachen und Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Sollen Kernkraftwerke abgeschaltet werden?</b></p> <p>Kernkraftwerke Endlagerung</p> <p>(4 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationen verschiedener Interessengruppen zur Kernenergienutzung aus digitalen und gedruckten Quellen beurteilen und eine eigene Position zur Nutzung der Kernenergie vertreten (B1, B2, B3, B4, K2, K4), MKR 2.2, 2.3, 5.2</li> <li>• Daten zu Gefährdungen durch Radioaktivität anhand der effektiven Dosis (Einheit Sv) unter Berücksichtigung der Aussagekraft von Grenzwerten beurteilen (B2, B3, B4, E1, K2, K3).</li> </ul>	<p><b>Thematisierung der Unfälle in Tschernobyl und Fukushima sowie der Endlagerung.</b></p> <p>Recherche in unterschiedlichen Quellen [3, 5, 7] zu Nutzen/ Risiken.</p> <p>Hinterfragung der Intention/Seriosität der verwendeten Quellen und Bildung eines persönlichen Standpunktes zum Thema Kernenergie (Entwicklung der Urteilsfähigkeit).</p> <p>Dabei besonderer Fokus auf Auswirkungen auf Gesellschaft, Alltag, Umwelt, Nachhaltigkeit, ...</p> <p>Geeignete (medial unterstützte) Präsentationsform (ProContra-Diskussion, Podiumsdiskussion, o.Ä. möglich).</p>
<p><b>Ist die Kernfusion eine Alternative?</b></p> <p>Kernfusion</p> <p>(1 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [...] die Kernfusion mit einem passenden Modell beschreiben (E6, UF1).</li> </ul>	<p>Sonne als Beispiel für natürliche Kernfusion.</p> <p>Anknüpfung an die <b>Kenntnisse über Kernspaltung</b> aus vorherigem Abschnitt. Ggfs. Verwendung des Diagramms „Massenzahl gegen Mittlere Bindungsenergie pro Nukleon“.</p> <p>Problematik der Aufrechterhaltung der künstlichen Fusion.</p>

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	<a href="http://www.planet-schule.de/sf/php/mmewin.php?id=146">http://www.planet-schule.de/sf/php/mmewin.php?id=146</a>	Kraftwerkssimulator, in der u.a. die Drosselung eines Kernkraftwerks mithilfe der Steuerstäbe untersucht werden kann
2	<a href="https://www.planet-schule.de/wissenspool/total-phaenomenal/inhalt/sendungen/kernkraft.html">https://www.planet-schule.de/wissenspool/total-phaenomenal/inhalt/sendungen/kernkraft.html</a>	Film (14:30 min) zum Thema Kernkraft: Funktionsweise von Kernkraftwerken, Reaktorsicherheit und Störfälle, Druckwasserreaktor, radioaktiver Abfall
3	<a href="https://www1.wdr.de/mediathek/video/sendungen/quarks-und-co/video-tihange---wann-killt-es-102.html">https://www1.wdr.de/mediathek/video/sendungen/quarks-und-co/video-tihange---wann-killt-es-102.html</a>	Video (43:31) „Tihange – Wann knallt es?“, weitere Sendungen zum Thema Kernenergie bei Quarks & Co
4	<a href="https://www.planet-wissen.de/sendungen/sendung-atomausstieg-100.html">https://www.planet-wissen.de/sendungen/sendung-atomausstieg-100.html</a>	Videos zu zahlreichen Aspekten des Themenbereichs Radioaktivität und Strahlung
5	<a href="https://www.kernenergie.de/kernenergie/Politik-und-Gesellschaft/04_index.php">https://www.kernenergie.de/kernenergie/Politik-und-Gesellschaft/04_index.php</a>	Infos zum Thema Kernenergie und Politik / Gesellschaft (Informationskreis Kernenergie / Deutsches Atomforum)
6	<a href="https://www.kernenergie.de/kernenergie/">https://www.kernenergie.de/kernenergie/</a>	Weitreichende Informationen über Endlagerung, Rückbau, Rohstoffe, ... Bezugsquelle von Unterrichtsmaterial ( <a href="https://www.kernenergie.de/kernenergie-wAssets/docs/006_SchulenUnis_Bestellschein.pdf">https://www.kernenergie.de/kernenergie-wAssets/docs/006_SchulenUnis_Bestellschein.pdf</a> ).
7	<a href="https://www.gruene-bundestag.de/atomausstieg.html">https://www.gruene-bundestag.de/atomausstieg.html</a>	Informationen zur Endlagerungsproblematik, Atomausstieg, Fukushima,... aus der Sicht von Bündnis 90. Bezugsquelle von Unterrichtsmaterial ( <a href="https://www.gruene-bundestag.de/fileadmin/media/gruenebundestag_de/publikationen/bestelliste.pdf">https://www.gruene-bundestag.de/fileadmin/media/gruenebundestag_de/publikationen/bestelliste.pdf</a> )
8	<a href="https://www.kernd.eu/kernd-wAssets/docs/service/056kernkraftwerke_europa.pdf">https://www.kernd.eu/kernd-wAssets/docs/service/056kernkraftwerke_europa.pdf</a>	Europakarte der Kernenergie

#### 4. Versorgung mit elektrischer Energie (14 Ustd.)

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<p><b>Wie erfolgt die Übertragung der elektrischen Energie vom Kraftwerk bis zum Haushalt?</b></p>	<p><b>IF 11: Energieversorgung</b></p> <p>Induktion und Elektromagnetismus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektromotor</li> <li>• Generator</li> <li>• Wechselspannung</li> <li>• Transformator</li> </ul> <p>Bereitstellung und Nutzung von Energie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieübertragung</li> <li>• Energieentwertung</li> <li>• Wirkungsgrad</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler können:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[E4: Untersuchung und Experiment]</b> ... Untersuchungen und Experimente systematisch unter Beachtung von Sicherheitsvorschriften planen, dabei zu verändernde bzw. konstant zu haltende Variablen identifizieren sowie die Untersuchungen und Experimente zielorientiert durchführen und protokollieren.</li> <li>• <b>[B2: Bewertungskriterien und Handlungsoptionen]</b> ... Bewertungskriterien und Handlungsoptionen benennen.</li> </ul>
<p><b>Hinweise ...</b></p> <p>... zur <i>Schwerpunktsetzung</i>: Verantwortlicher Umgang mit Energie</p> <p>... zur <i>Vernetzung</i>: ← Lorentzkraft, Energiewandlung (IF 10) ← mechanische Leistung und Energie (IF 7), elektrische Leistung und Energie (IF 9)</p>		

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte  (Zeitungumfang)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans  Die Schülerinnen und Schüler können ...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen  Schwerpunkte im Fettdruck
<b>Wie kommt die elektrische Energie ins Haus?</b>  (1 Ustd.)		Erstellung einer Bilderkette, anhand der beteiligte Energieformen und -umwandlungen thematisiert werden: Turbinenhalle im KKW – Hochspannungsmasten – beleuchtetes Haus mit Ventilator
<b>Wie wird im Kraftwerk elektrische Energie erzeugt?</b>  Induktion Generator Elektromotor Wechselspannung  (5 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• den Aufbau und die Funktionsweise einfacher Elektromotoren anhand von Skizzen beschreiben (UF1),</li> <li>• den Aufbau und die Funktion von Generator [...] beschreiben und die Erzeugung und Wandlung von Wechselspannung mithilfe der elektromagnetischen Induktion erklären (UF1),</li> <li>• Einflussfaktoren für die Entstehung und Größe einer Induktionsspannung erläutern (UF1, UF3),</li> <li>• magnetische Felder stromdurchflossener Leiter mithilfe von Feldlinien darstellen und die Felder von Spulen mit deren Überlagerung erklären (E6).</li> </ul>	<p>Zunächst den <b>Generator</b> behandeln [1]. Dazu die <b>elektromagnetische Induktion in Schülerversuchen</b> erarbeiten lassen (Relativbewegung zwischen Magnet und Leiter, Stärke des Magnetes, Anzahl der Windungen). Die Lorentzkraft ist aus IF 10 bekannt.</p> <p>Die <b>Erzeugung von Wechselspannung</b> durch Drehung einer Leiterschleife im Magnetfeld wird im Demoexperiment thematisiert (nur qualitative Beschreibung, keine mathematische Formulierung).</p> <p>Dann Behandlung des <b>Elektromotors</b> als Umkehrung des Generators: Aufbau des Elektromotors (nur einfache Darstellungen, Bausätze sind günstig zu erwerben) beschreiben und Funktion erarbeiten, dabei auch Energieumwandlungen und <b>magnetische Felder um stromdurchflossene Leiter</b> (insb. Spule) betrachten [2].</p>
<b>Wie erfolgt der Transport der elektrischen Energie vom Kraftwerk zum Verbraucher?</b>  Transformator Energieübertragung Energieentwertung  (4 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieumwandlungen vom Kraftwerk bis zum Haushalt unter Berücksichtigung von Energieentwertungen beschreiben und dabei die Verwendung von Hochspannung zur Übertragung elektrischer Energie in Grundzügen begründen (UF1),</li> <li>• an Beispielen aus dem Alltag die technische Anwendung der elektromagnetischen Induktion beschreiben (UF1, UF4).</li> </ul>	Erarbeitung der <b>Trafogesetze (Spannungstransformation)</b> nach Möglichkeit im SV (Hinweis auf besondere Vorsicht beim Experimentieren). Der belastete Trafo kann über Energieerhaltung (fakultativ) angesprochen werden. Die Leistungsgleichheit führt zur zweiten Trafogleichung. Hier kann die physikalische Bedeutung von mathematischen Verhältnissen/Brüchen thematisiert werden.

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte  (Zeitung)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans  Die Schülerinnen und Schüler können ...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen  Schwerpunkte im Fettdruck
		<p>Zur Erklärung der <b>Funktion des Transformators</b> wird die <b>elektromagnetische Induktion</b> verwendet (Notwendigkeit von Wechselspannung).</p> <p>Die Übertragung von elektrischer Energie kann anhand eines Demoexperiment (Modellexperiment Freileitungen) verdeutlicht werden (siehe SII), allerdings ohne konkrete Rechnungen zur Verlustleistung etc. Der Grund für die Verwendung von Hochspannung steht im Vordergrund. Berechnungen dazu erfolgen in der SII.</p> <p>Auf das Verteilungsnetz in Deutschland und Europa kann ergänzend eingegangen werden.</p> <p>Beim gesamten Energieübertragungsprozess steht auch die <b>Betrachtung von Energiewandlungen und -entwertungen</b> von elektrischer Energie (z.B. Flussdiagramm) im Fokus.</p> <p>Weiterhin werden <b>weitere technische Anwendungen der elektromagnetischen Induktion</b> betrachtet, außerhalb des eigentlichen Kontextes: elektrische Zahnbürste, kontaktloses Aufladen von Smartphones / E-Autos, Induktionskochfeld, Wirbelstrombremse, ...</p>
<p><b>Wie kann elektrische Energie gespeichert werden?</b></p> <p>(1 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probleme der schwankenden Verfügbarkeit von Energie und aktuelle Möglichkeiten zur Energiespeicherung erläutern (UF2, UF3, UF4, E1, K4).</li> </ul>	<p>Einstieg: Halbzeitpause Fussball-WM 2014 [4]</p> <p>Notwendigkeit von Speichermöglichkeiten von elektrischer Energie, um Spitzenlasten schnell zu bedienen.</p> <p>Dazu Bearbeitung <b>typischer Speichereinheiten</b> (Pumpspeicherkraftwerk, <b>elektrostatische Speicherung, elektromagnetische Speicherung, ...</b>) sowie Betrachtung deren Wirtschaftlichkeit.</p>

Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte  (Zeitungfang)	Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans  Die Schülerinnen und Schüler können ...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen  Schwerpunkte im Fettdruck
<p><b>Wie kann die Effizienz eines Gerätes / einer Anlage beurteilt werden?</b></p> <p>Wirkungsgrad Energieentwertung</p> <p>(3 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>den Wirkungsgrad eines Energiewandlers berechnen und damit die Qualität des Energiewandlers beurteilen (E4, E5, B1, B2, B4, UF1),</li> <li>Daten zur eigenen Nutzung von Elektrogeräten (u.a. Stromrechnungen, Produktinformationen, Angaben zur Energieeffizienz) auswerten (E1, E4, E5, K2), <b>VB Ü, VB D, Z3, Z6</b></li> </ul>	<p>Einstieg über Bilder von Energielabel (C, A+, A++, ...).</p> <p><b>Betrachtung der Stromrechnung</b> und Berechnung von Kosten für z.B. Standby-Betrieb von elektrischen Geräten (<b>Umrechnung von kWh in Joule</b>).</p> <p><b>Wirkungsgrad als Maß für die Effektivität / Qualität eines elektrischen Geräts</b> einführen und konkrete Bestimmung des Wirkungsgrads eines Elektromotors/Elektrogeräts durchführen. Dabei auch Wirkungsgrade von konventionellen Kraftwerken thematisieren.</p> <p>Anschließend Verknüpfung der Ergebnisse mit dem Energielabel von oben und Diskussion über Auswirkungen auf Kaufentscheidungen und Nachhaltigkeit.</p>

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	<a href="https://phet.colorado.edu/de/simulation/faradays-law">https://phet.colorado.edu/de/simulation/faradays-law</a>	Simulation zur elektromagnetischen Induktion mit Feldliniendarstellung
2	<a href="https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/kraft-auf-stromleiter-e-motor/versuche/gleichstrom-elektromotor-simulation">https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/kraft-auf-stromleiter-e-motor/versuche/gleichstrom-elektromotor-simulation</a>	Simulation Elektromotor
3	<a href="https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/transformator-fernuebertragung/downloads/idealer-transformator-simulation">https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/transformator-fernuebertragung/downloads/idealer-transformator-simulation</a>	Simulation zum Transformatorgesetz

4	<a href="https://www.wdr.de/tv/applications/fernsehen/wissen/quarks/pdf/Q_Strom.pdf">https://www.wdr.de/tv/applications/fernsehen/wissen/quarks/pdf/Q_Strom.pdf</a>	Schwankung von Energiebedarf, Fußballspiel - Halbzeit
---	---	---

## 5 Energieversorgung der Zukunft (5 Ustd.)

Fragestellung	Inhaltliche Schwerpunkte	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung
<p><b>Wie können regenerative Energien zur Sicherung der Energieversorgung beitragen?</b></p>	<p><b>IF 11: Energieversorgung</b></p> <p>Bereitstellung und Nutzung von Energie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kraftwerke</li> <li>• Regenerative Energieanlagen</li> <li>• Energieübertragung</li> <li>• Energieentwertung</li> <li>• Wirkungsgrad</li> <li>• Nachhaltigkeit</li> </ul>	<p>Die Schülerinnen und Schüler können:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>[UF4: Übertragung und Vernetzung]</b> ... naturwissenschaftliche Konzepte sachlogisch vernetzen und auf variable Problemsituationen übertragen.</li> <li>• <b>[K2: Informationsverarbeitung]</b> ... selbstständig physikalisch-technische Informationen und Daten aus analogen und digitalen Medienangeboten filtern, ...</li> <li>• <b>[B3: Abwägung und Entscheidung]</b> ... Handlungsoptionen durch Gewichten und Abwägen von Kriterien und nach Abschätzung der Folgen für die Natur, das Individuum und die Gesellschaft auswählen.</li> <li>• <b>[B4: Stellungnahme und Reflexion]</b> ... Bewertungen und Entscheidungen argumentativ vertreten und reflektieren.</li> </ul>
<p><b>Hinweise ...</b></p> <p><i>... zur Schwerpunktsetzung:</i> Verantwortlicher Umgang mit Energie, Nachhaltigkeitsgedanke</p> <p><i>... zur Vernetzung:</i> ← Kernkraftwerk, Energiewandlung (IF 10)</p> <p><i>... zu Synergien:</i> Energie aus chemischen Reaktionen ← Chemie (IF 3, 10); Energiediskussion ← Erdkunde (IF 5), Wirtschaft-Politik (IF 3, 10)</p>		

<b>Sequenzierung Fragestellungen inhaltliche Aspekte  (Zeitungfang)</b>	<b>Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans  Die Schülerinnen und Schüler können...</b>	<b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen  Schwerpunkte im Fettdruck</b>
<p><b>Welche regenerativen Energieanlagen gibt es als Alternativen zu den konventionellen Kraftwerken?</b></p> <p>regenerative und konventionelle Energieanlagen</p> <p>(2 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beispiele für konventionelle und regenerative Energiequellen angeben [...] (UF4, UF1, K2, K3, B1, B2).</li> </ul>	<p>Einstieg über Bild [3], das starke/geringe Emission der Stromerzeugung aufzeigt (Windräder vor Kohlekraftwerk).</p> <p>Erarbeitung von <b>Aufbau und Funktion regenerativer Energieanlagen</b> (Geothermie, Solarthermie, Photovoltaik, Gezeitenkraftwerk, Aufwindkraftwerk, Windenergie, Wasserkraft, ...) in arbeitsteiliger Gruppenarbeit / Recherchearbeit [4]. Auch Beleuchtung weiterer Vor- und Nachteile.</p> <p>Anschließend erfolgt die Präsentation der Ergebnisse (hier noch ohne abschließende Wertung, Vorbereitung für anschließende Diskussion).</p>
<p><b>Wo liegen die Vor- und Nachteile dieser Anlagen im Vergleich zu konventionellen Kraftwerken?</b></p> <p>energetische Beschreibung komplexer Vorgänge Vergleich der unterschiedlichen Energieanlagen</p> <p>(3 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beispiele für konventionelle und regenerative Energiequellen [...] unter verschiedenen Kriterien vergleichen (UF4, UF1, K2, K3, B1, B2),</li> <li>die Notwendigkeit eines verantwortungsvollen Umgangs mit (elektrischer) Energie argumentativ beurteilen (K4, B3, B4),</li> <li>Vor- und Nachteile erneuerbarer und nicht erneuerbarer Energiequellen mit Bezug zum Klimawandel begründet gegeneinander abwägen und bewerten (B3, B4, K2, K3),</li> <li>Chancen und Grenzen physikalischer Sichtweisen bei Entscheidungen für die Nutzung von Energieträgern aufzeigen (B1, B2),</li> <li>im Internet verfügbare Informationen und Daten zur Energieversorgung sowie ihre Quellen und dahinterliegende mögliche Strategien kritisch bewerten (B1, B2, B3, B4, K2), MKR 2.3, 5.2, VB Ü, VB C, Z2, Z3</li> </ul>	<p>Mit den Kenntnissen über Aufbau und Funktion über unterschiedliche regenerative Energieanlagen, erfolgt jetzt eine <b>Bewertung der jeweiligen Anlagen</b>, unter der Hauptfragestellung, wie und ob die Anlagen <b>die Sicherheit der Versorgung mit elektrischer Energie zukünftig gewährleisten</b> können und inwieweit ein Umdenken in der Energiepolitik überhaupt nötig ist [4].</p> <p>Dazu erfolgt eine Erarbeitung von <b>Bewertungskriterien</b> (Wirkungsgrad, Kosten, Eingriffe in die Umwelt, Standortabhängigkeit usw.).</p> <p>Dann z.B. Podiumsdiskussion. Dabei im Blick:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Auswirkungen auf Gesellschaft, Alltag, Umwelt, ...</b></li> <li><b>Bedeutung für die zukünftige Versorgungssicherheit mit elektrischer Energie</b></li> <li><b>Nachhaltigkeitsgedanke / Notwendigkeit des sparsamen Umgangs mit Energie</b></li> <li><b>Hinterfragung der Intention / Seriosität der verwendeten Quellen</b></li> <li><b>Diskussion der CO<sub>2</sub>-Problematik und des Treibhauseffekts mit Blick auf den Klimawandel</b></li> </ul> <p>Hier sollte auch thematisiert werden, in welchen Bereichen jede einzelne Person Energie bzw. CO<sub>2</sub> einsparen kann.</p> <p>An dieser Stelle bietet sich eine Zusammenarbeit mit den Fächern Wirtschaft-Politik/Erdkunde an!</p>

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	<a href="https://www.planet-schule.de/sf/php/sendungen.php?sendung=8275">https://www.planet-schule.de/sf/php/sendungen.php?sendung=8275</a>	Film (30 min) zur Entwicklung des Elektroautos (Macher, Visionäre und Widerstände)
2	<a href="http://www.planet-schule.de/sf/php/sendungen.php?sendung=7976">http://www.planet-schule.de/sf/php/sendungen.php?sendung=7976</a>	Film (15 Minuten) zur Geothermie
3	<a href="https://www.welt.de/regionales/nrw/article152691174/Die-Stimmung-ist-aggressiv.html">https://www.welt.de/regionales/nrw/article152691174/Die-Stimmung-ist-aggressiv.html</a>	Kohlekraftwerksemission neben Windrädern bildlich dargestellt.
4	<a href="https://www.umwelt-im-unterricht.de/medien/dateien/umweltfreundlich-energie-erzeugen-schuelerheftsek/">https://www.umwelt-im-unterricht.de/medien/dateien/umweltfreundlich-energie-erzeugen-schuelerheftsek/</a>	Umfangreiche Informationen zu erneuerbaren Energiequellen und deren Notwendigkeit uvm. (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit)

## 10.5. Konkretisierte Unterrichtsvorhaben Sek. II

### 10.5.1. Einführungsphase

#### **Inhaltsfeld: *Mechanik***

#### **Kontext: *Physik und Sport***

Leitfrage: Wie lassen sich Bewegungen vermessen, analysieren und optimieren?

Inhaltliche Schwerpunkte: Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können ...

(E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen

(K4) physikalische Aussagen und Behauptungen mit sachlich fundierten und überzeugenden Argumenten begründen bzw. kritisieren.

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,



<p>Beschreibung und Analyse von linearen Bewegungen (16 Ustd.)</p>	<p>unterscheiden gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen und erklären zugrundeliegende Ursachen (UF2), vereinfachen komplexe Bewegungs- und Gleichgewichtszustände durch Komponentenerlegung bzw. Vektoraddition (E1), planen selbstständig Experimente zur quantitativen und qualitativen Untersuchung einfacher Zusammenhänge (u.a. zur Analyse von Bewegungen), führen sie durch, werten sie aus und bewerten Ergebnisse und Arbeitsprozesse (E2, E5, B1), stellen Daten in Tabellen und sinnvoll skalierten Diagrammen (u. a. <i>t-s</i>- und <i>t-v</i>-Diagramme, Vektordiagramme) von Hand und mit digitalen Werkzeugen angemessen präzise dar (K1, K3), erschließen und überprüfen mit Messdaten und Diagrammen funktionale Beziehungen zwischen mechanischen Größen (E5), bestimmen mechanische Größen mit mathematischen Verfahren und mithilfe digitaler Werkzeuge (u.a. Tabellenkalkulation, GTR) (E6),</p>	<p>Digitale Videoanalyse (z.B. mit <i>VIANA</i>, <i>Tracker</i>) von Bewegungen im Sport (Fahrradfahrt o. anderes Fahrzeug, Sprint, Flug von Bällen)</p> <p><b>Luftkissenfahrbahn mit digitaler Messwerterfassung:</b> <b>Messreihe zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung</b></p> <p><b>Freier Fall</b> und Bewegung auf einer schiefen Ebene</p> <p><b>Wurfbewegungen</b> Basketball, Korbwurf, Abstoß beim Fußball, günstigster Winkel</p>	<p>Einführung in die Verwendung von digitaler Videoanalyse (Auswertung von Videosequenzen, Darstellung der Messdaten in Tabellen und Diagrammen mithilfe einer Software zur Tabellenkalkulation) Unterscheidung von gleichförmigen und (beliebig) beschleunigten Bewegungen (insb. auch die gleichmäßig beschleunigte Bewegung) Erarbeitung der Bewegungsgesetze der gleichförmigen Bewegung</p> <p>Untersuchung gleichmäßig beschleunigter Bewegungen im Labor Erarbeitung der Bewegungsgesetze der gleichmäßig beschleunigten Bewegung Erstellung von <i>t-s</i>- und <i>t-v</i>-Diagrammen (auch mithilfe digitaler Hilfsmittel), die Interpretation und Auswertung derartiger Diagramme sollte intensiv geübt werden. Planung von Experimenten durch die Schüler (Auswertung mithilfe der Videoanalyse) Schlussfolgerungen bezüglich des Einflusses der Körpermasse bei Fallvorgängen, auch die Argumentation von Galilei ist besonders gut geeignet, um Argumentationsmuster in Physik explizit zu besprechen Wesentlich: Erarbeitung des Superpositionsprinzips (Komponentenerlegung und Addition vektorieller Größen) Herleitung der Gleichung für die Bahnkurve nur optional</p>
--	--	--	--

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>
<p>Newton'sche Gesetze, Kräfte und Bewegung (12 Ustd.)</p>	<p>berechnen mithilfe des Newton'schen Kraftgesetzes Wirkungen einzelner oder mehrerer Kräfte auf Bewegungszustände und sagen sie unter dem Aspekt der Kausalität vorher (E6), entscheiden begründet, welche Größen bei der Analyse von Bewegungen zu berücksichtigen oder zu vernachlässigen sind (E1, E4), reflektieren Regeln des Experimentierens in der Planung und Auswertung von Versuchen (u. a. Zielorientierung, Sicherheit, Variablenkontrolle, Kontrolle von Störungen und Fehlerquellen) (E2, E4), geben Kriterien (u.a. Objektivität, Reproduzierbarkeit, Widerspruchsfreiheit, Überprüfbarkeit) an, um die Zuverlässigkeit von Messergebnissen und physikalischen Aussagen zu beurteilen, und nutzen diese bei der Bewertung von eigenen und fremden Untersuchungen (B1),</p>	<p><b>Luftkissenfahrbahn mit digitaler Messwerterfassung:</b> <b>Messung der Beschleunigung eines Körpers in Abhängigkeit von der beschleunigenden Kraft</b> <b>Protokolle: Funktionen und Anforderungen</b></p>	<p>Kennzeichen von Laborexperimenten im Vergleich zu natürlichen Vorgängen besprechen, Ausschalten bzw. Kontrolle bzw. Vernachlässigen von Störungen Erarbeitung des Newton'schen Bewegungsgesetzes Definition der Kraft als Erweiterung des Kraftbegriffs aus der Sekundarstufe I. Berechnung von Kräften und Beschleunigungen beim Kugelstoßen, bei Ballsportarten, Einfluss von Reibungskräften</p>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Energie und Leistung Impuls (12 Ustd.)	<p>erläutern die Größen Position, Strecke, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Masse, Kraft, Arbeit, Energie, Impuls und ihre Beziehungen zueinander an unterschiedlichen Beispielen (UF2, UF4),</p> <p>analysieren in verschiedenen Kontexten Bewegungen qualitativ und quantitativ sowohl aus einer Wechselwirkungsperspektive als auch aus einer energetischen Sicht (E1, UF1),</p> <p>verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6),</p> <p>beschreiben eindimensionale Stoßvorgänge mit Wechselwirkungen und Impulsänderungen (UF1),</p> <p>begründen argumentativ Sachaussagen, Behauptungen und Vermutungen zu mechanischen Vorgängen und ziehen dabei erarbeitetes Wissen sowie Messergebnisse oder andere objektive Daten heran (K4),</p> <p>bewerten begründet die Darstellung bekannter mechanischer und anderer physikalischer Phänomene in verschiedenen Medien (Printmedien, Filme, Internet) bezüglich ihrer Relevanz und Richtigkeit (K2, K4),</p>	<p>Einsatz des GTR zur Bestimmung des Integrals</p> <p>Fadenpendel (Schaukel)</p> <p>Sportvideos</p> <p><b>Luftkissenfahrbahn mit digitaler Messwerterfassung:</b></p> <p><b>Messreihen zu elastischen und unelastischen Stößen</b></p>	<p>Begriffe der Arbeit und der Energie aus der SI aufgreifen und wiederholen</p> <p>Deduktive Herleitung der Formeln für die mechanischen Energiearten aus den Newton'schen Gesetzen und der Definition der Arbeit</p> <p>Energieerhaltung an Beispielen (Pendel, Achterbahn, Halfpipe) erarbeiten und für Berechnungen nutzen</p> <p>Energetische Analysen in verschiedenen Sportarten (Hochsprung, Turmspringen, Turnen, Stabhochsprung, Bobfahren, Skisprung)</p> <p>Begriff des Impulses und Impuls als Erhaltungsgröße</p> <p>Elastischer und inelastischer Stoß auch an anschaulichen Beispielen aus dem Sport (z.B. Impulserhaltung bei Ballsportarten, Kopfball beim Fußball, Kampfsport)</p> <p>Hinweis: Erweiterung des Impulsbegriffs am Ende des Kontextes „Auf dem Weg in den Weltraum“</p>
<b>42 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

### **Kontext: Auf dem Weg in den Weltraum**

Leitfrage: Wie kommt man zu physikalischen Erkenntnissen über unser Sonnensystem?

Inhaltliche Schwerpunkte: Gravitation, Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

(UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

(E3) mit Bezug auf Theorien, Modelle und Gesetzmäßigkeiten auf deduktive Weise Hypothesen generieren sowie Verfahren zu ihrer Überprüfung ableiten,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

(E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>
Aristotelisches Weltbild, Kopernikanische Wende (3 Ustd.)	stellen Änderungen in den Vorstellungen zu Bewegungen und zum Sonnensystem beim Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit dar (UF3, E7),	<b>Arbeit mit dem Lehrbuch: Geozentrisches und heliozentrisches Planetenmodell</b>	Einstieg über Film zur Entwicklung des Raketenbaus und der Weltraumfahrt Besuch in einer Sternwarte, Planetarium Bochum Beobachtungen am Himmel Historie: Verschiedene Möglichkeiten der Interpretation der Beobachtungen

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>
Planetenbewegungen und Kepler'sche Gesetze (5 Ustd.)	ermitteln mithilfe der Kepler'schen Gesetze und des Gravitationsgesetzes astronomische Größen (E6), beschreiben an Beispielen Veränderungen im Weltbild und in der Arbeitsweise der Naturwissenschaften, die durch die Arbeiten von Kopernikus, Kepler, Galilei und Newton initiiert wurden (E7, B3).	Drehbare Sternkarte und aktuelle astronomische Tabellen  Animationen zur Darstellung der Planetenbewegungen	Orientierung am Himmel Beobachtungsaufgabe: Finden von Planeten am Nachthimmel Tycho Brahes Messungen, Keplers Schlussfolgerungen Benutzung geeigneter Apps
Newton'sches Gravitationsgesetz, Gravitationsfeld (6 Ustd.)	beschreiben Wechselwirkungen im Gravitationsfeld und verdeutlichen den Unterschied zwischen Feldkonzept und Kraftkonzept (UF2, E6),	Arbeit mit dem Lehrbuch, Recherche im Internet	Newton'sches Gravitationsgesetz als Zusammenfassung bzw. Äquivalent der Kepler'schen Gesetze Newton'sche „Mondrechnung“ Anwendung des Newton'schen Gravitationsgesetzes und der Kepler'schen Gesetze zur Berechnung von Satellitenbahnen Feldbegriff diskutieren, Definition der Feldstärke über Messvorschrift „Kraft auf Probekörper“

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>
Kreisbewegungen (8 Ustd.)	analysieren und berechnen auftretende Kräfte bei Kreisbewegungen (E6),	<b>Messung der Zentralkraft</b> <b>An dieser Stelle sollen das experimentell-erkundende Verfahren und das deduktive Verfahren zur Erkenntnisgewinnung am Beispiel der Herleitung der Gleichung für die Zentripetalkraft als zwei wesentliche Erkenntnismethoden der Physik bearbeitet werden.</b>	Beschreibung von gleichförmigen Kreisbewegungen, Winkelgeschwindigkeit, Periode, Bahngeschwindigkeit, Frequenz Experimentell-erkundende Erarbeitung der Formeln für Zentripetalkraft und Zentripetalbeschleunigung: Herausstellen der Notwendigkeit der Konstanthaltung der restlichen Größen bei der experimentellen Bestimmung einer von mehreren anderen Größen abhängigen physikalischen Größe (hier bei der Bestimmung der Zentripetalkraft in Abhängigkeit von der Masse des rotierenden Körpers) Ergänzend: Deduktion der Formel für die Zentripetalbeschleunigung Massenbestimmungen im Planetensystem, Fluchtgeschwindigkeiten Bahnen von Satelliten und Planeten
Impuls und Impulserhaltung, Rückstoß (6 Ustd.)	verwenden Erhaltungssätze (Energie- und Impulsbilanzen), um Bewegungszustände zu erklären sowie Bewegungsgrößen zu berechnen (E3, E6), erläutern unterschiedliche Positionen zum Sinn aktueller Forschungsprogramme (z.B. Raumfahrt, Mobilität) und beziehen Stellung dazu (B2, B3).	Skateboards und Medizinball Wasserrakete Raketentriebwerke für Modellraketen Recherchen zu aktuellen Projekten von ESA und DLR, auch zur Finanzierung	Impuls und Rückstoß Bewegung einer Rakete im luftleeren Raum Untersuchungen mit einer Wasserrakete, Simulation des Fluges einer Rakete in einer Excel-Tabelle Debatte über wissenschaftlichen Wert sowie Kosten und Nutzen ausgewählter Programme
<b>28 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Schall**

Leitfrage: Wie lässt sich Schall physikalisch untersuchen?

Inhaltliche Schwerpunkte: Schwingungen und Wellen, Kräfte und Bewegungen, Energie und Impuls

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

(E2) kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden,

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien/Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,

(K1) Fragestellungen, Untersuchungen, Experimente und Daten nach gegebenen Strukturen dokumentieren und stimmig rekonstruieren, auch mit Unterstützung digitaler Werkzeuge

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>
Entstehung und Ausbreitung von Schall (4 Ustd.)	erklären qualitativ die Ausbreitung mechanischer Wellen (Transversal- oder Longitudinalwelle) mit den Eigenschaften des Ausbreitungsmediums (E6),	Stimmgabeln, Lautsprecher, Frequenzgenerator, Frequenzmessgerät, Schallpegelmesser, rußgeschwärzte Glasplatte, Schreibstimmgabel, Klingel und Vakuumglocke	Erarbeitung der Grundgrößen zur Beschreibung von Schwingungen und Wellen: Frequenz (Periode) und Amplitude mittels der Höreindrücke des Menschen
Modelle der Wellenausbreitung (4 Ustd.)	beschreiben Schwingungen und Wellen als Störungen eines Gleichgewichts und identifizieren die dabei auftretenden Kräfte (UF1, UF4),	<b>Lange Schraubenfeder, Wellenwanne</b>	Entstehung von Longitudinal- und Transversalwellen Ausbreitungsmedium, Möglichkeit der Ausbreitung longitudinaler. bzw. transversaler Schallwellen in Gasen, Flüssigkeiten und festen Körpern

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar/didaktische Hinweise</b>
Erzwungene Schwingungen und Resonanz (2 Ustd.)	erläutern das Auftreten von Resonanz mithilfe von Wechselwirkung und Energie (UF1).	Stimmgabeln	Resonanz (auch Tacoma-Bridge, Millennium-Bridge) Resonanzkörper von Musikinstrumenten
<b>10 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

## 10.5.2. Qualifikationsphase Grundkurs

### Inhaltsfeld: *Quantenobjekte (GK)*

#### Kontext: *Erforschung des Photons*

Leitfrage: Wie kann das Verhalten von Licht beschrieben und erklärt werden?

Inhaltliche Schwerpunkte: Photon (Wellenaspekt)

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

(E2) kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden,

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Beugung und Interferenz Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz, Kreiswellen, ebene Wellen, Beugung, Brechung (7 Ustd.)	veranschaulichen mithilfe der <i>Wellenwanne</i> qualitativ unter Verwendung von Fachbegriffen auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Beugung, Interferenz, Reflexion und Brechung (K3),  bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit <i>Doppelspalt</i> und <i>Gitter</i> (E5),	<b>Doppelspalt</b> und <b>Gitter</b> , <b>Wellenwanne</b>  quantitative Experimente mit Laserlicht	Ausgangspunkt: Beugung von Laserlicht Modellbildung mit Hilfe der Wellenwanne (ggf. als Schülerpräsentation)  Bestimmung der Wellenlängen von Licht mit Doppelspalt und Gitter  Sehr schön sichtbare Beugungsphänomene finden sich vielfach bei Meereswellen (s. Google-Earth)

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar/didaktische Hinweise
Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit (7 Ustd.)	demonstrieren anhand eines <i>Experiments zum Photoeffekt</i> den Quantencharakter von Licht und bestimmen den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsarbeit der Elektronen (E5, E2),	<b>Photoeffekt</b> Hallwachsversuch Vakuumphotozelle	Roter Faden: Von Hallwachs bis Elektronenbeugung Bestimmung des Planck'schen Wirkungsquantums und der Austrittsarbeit Hinweis: Formel für die max. kinetische Energie der Photoelektronen wird zunächst vorgegeben. Der Zusammenhang zwischen Spannung, Ladung und Überföhrungsarbeit wird ebenfalls vorgegeben und nur plausibel gemacht. Er muss an dieser Stelle nicht grundlegend hergeleitet werden
<b>14 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

### **Kontext: *Erforschung des Elektrons***

Leitfrage: Wie können physikalische Eigenschaften wie die Ladung und die Masse eines Elektrons gemessen werden?

Inhaltliche Schwerpunkte: Elektron (Teilchenaspekt)

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,

(UF3) physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren,

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Elementarladung (5 Ustd.)	erläutern anhand einer vereinfachten Version des <i>Millikanversuchs</i> die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (UF1, E5),  untersuchen, ergänzend zum Realexperiment, Computersimulationen zum Verhalten von Quantenobjekten (E6).	schwebender Wattebausch <b>Millikanversuch</b> Schwebefeldmethode (keine Stokes'sche Reibung)  Auch als Simulation möglich	Begriff des elektrischen Feldes in Analogie zum Gravitationsfeld besprechen, Definition der Feldstärke über die Kraft auf einen Probekörper, in diesem Fall die Ladung  Homogenes elektrisches Feld im Plattenkondensator, Zusammenhang zwischen Feldstärke im Plattenkondensator, Spannung und Abstand der Kondensatorplatten vorgeben und durch Auseinanderziehen der geladenen Platten demonstrieren
Elektronenmasse (7 Ustd.)	beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen. (UF2, UF1),  bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2),  modellieren Vorgänge im <i>Fadenstrahlrohr</i> (Energie der Elektronen, Lorentzkraft) mathematisch, variieren Parameter und leiten dafür deduktiv Schlussfolgerungen her, die sich experimentell überprüfen lassen, und ermitteln die Elektronenmasse (E6, E3, E5),	<b><i>e/m</i>-Bestimmung mit dem Fadenstrahlrohr und Helmholtzspulenpaar</b>  auch Ablenkung des Strahls mit Permanentmagneten (Lorentzkraft) evtl. Stromwaage bei hinreichend zur Verfügung stehender Zeit) Messung der Stärke von Magnetfeldern mit der Hallsonde	Einführung der 3-Finger-Regel und Angabe der Gleichung für die Lorentzkraft:  Einführung des Begriffs des magnetischen Feldes (in Analogie zu den beiden anderen Feldern durch Kraft auf Probekörper, in diesem Fall bewegte Ladung oder stromdurchflossener Leiter) und des Zusammenhangs zwischen magnetischer Kraft, Leiterlänge und Stromstärke.  Vertiefung des Zusammenhangs zwischen Spannung, Ladung und Überführungsarbeit am Beispiel Elektronenkanone.
Streuung von Elektronen an Festkörpern, de Broglie-Wellenlänge (3 Ustd.)	erläutern die Aussage der de Broglie-Hypothese, wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim <i>Elektronenbeugungsexperiment</i> an und bestimmen die Wellenlänge der Elektronen (UF1, UF2, E4).	<b>Experiment zur Elektronenbeugung an polykristallinem Graphit</b>	Veranschaulichung der Bragg-Bedingung analog zur Gitterbeugung
<b>15 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Photonen und Elektronen als Quantenobjekte**

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

Inhaltliche Schwerpunkte: Elektron und Photon (Teilchenaspekt, Wellenaspekt), Quantenobjekte und ihre Eigenschaften

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

(E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.

(K4) sich mit anderen über physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse kritisch-konstruktiv austauschen und dabei Behauptungen oder Beurteilungen durch Argumente belegen bzw. widerlegen.

(B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
Licht und Materie (5 Ustd.)	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <p>erläutern am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik (E6, E7),                      verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogramme) (K3).                      zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen auf (B4, K4),                      beschreiben und diskutieren die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus (B4, K4).</p>	<p>Computersimulation</p> <p><b>Doppelspalt</b></p> <p><b>Photoeffekt</b></p>	<p>Reflexion der Bedeutung der Experimente für die Entwicklung der Quantenphysik</p>
<b>5 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

## **Inhaltsfeld: *Elektrodynamik (GK)***

### **Kontext: *Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren***

Leitfrage: Wie kann elektrische Energie gewonnen, verteilt und bereitgestellt werden?

Inhaltliche Schwerpunkte: Spannung und elektrische Energie, Induktion, Spannungswandlung

### **Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können**

(UF2) zur Lösung physikalischer Probleme zielführend Definitionen, Konzepte sowie funktionale Beziehungen zwischen physikalischen Größen angemessen und begründet auswählen,

(UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

(E2) kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden,

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,

(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<p><b>Wandlung von mechanischer in elektrische Energie:</b></p> <p>Elektromagnetische Induktion</p> <p>Induktionsspannung</p> <p>(5 Ustd.)</p>	<p>erläutern am Beispiel der <i>Leiterschaukel</i> das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6),</p> <p>definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2),</p> <p>bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),</p> <p>werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).</p>	<p>bewegter Leiter im (homogenen) Magnetfeld - „<b>Leiterschaukelversuch</b>“</p> <p>Messung von Spannungen mit diversen Spannungsmessgeräten (nicht nur an der <b>Leiterschaukel</b>)</p> <p>Gedankenexperimente zur Überführungsarbeit, die an einer Ladung verrichtet wird.</p> <p>Deduktive Herleitung der Beziehung zwischen <math>U</math>, <math>v</math> und <math>B</math>.</p>	<p>Definition der Spannung und Erläuterung anhand von Beispielen für Energieumwandlungsprozesse bei Ladungstransporten, Anwendungsbeispiele.</p> <p>Das Entstehen einer Induktionsspannung bei bewegtem Leiter im Magnetfeld wird mit Hilfe der Lorentzkraft erklärt, eine Beziehung zwischen Induktionsspannung, Leitergeschwindigkeit und Stärke des Magnetfeldes wird (deduktiv) hergeleitet.</p> <p>Die an der Leiterschaukel registrierten (zeitabhängigen) Induktionsspannungen werden mit Hilfe der hergeleiteten Beziehung auf das Zeit-Geschwindigkeit-Gesetz des bewegten Leiters zurückgeführt.</p>
<p><b>Technisch praktikable Generatoren:</b></p> <p>Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen</p> <p>(4 Ustd.)</p>	<p>recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2),</p> <p>erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3),</p>	<p>Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen, Filme und Applets zum Generatorprinzip</p> <p>Experimente mit drehenden Leiterschleifen in (näherungsweise homogenen) Magnetfeldern, Wechselstromgeneratoren</p>	<p>Hier bietet es sich an, arbeitsteilige Präsentationen auch unter Einbezug von Realexperimenten anfertigen zu lassen.</p>

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
	<p>erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in Generatoren (E2, E6),</p> <p>werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).</p> <p>führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4),</p>	<p>Messung und Registrierung von Induktionsspannungen mit <b>Oszilloskop</b> und <b>digitalem Messwerterfassungssystem</b></p>	<p>Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der senkrecht vom Magnetfeld durchsetzten Fläche wird „deduktiv“ erschlossen.</p>
<p><b>Nutzbarmachung elektrischer Energie durch „Transformation“</b></p> <p>Transformator</p> <p>(5 Ustd.)</p>	<p>erläutern adressatenbezogen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3),</p> <p>ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim <i>Transformator</i> (UF1, UF2).</p> <p>geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an (E4),</p> <p>werten Messdaten, die mit einem <i>Oszilloskop</i> bzw. mit einem <i>Messwerterfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5).</p> <p>führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4),</p>	<p>diverse „Netzteile“ von Elektrokleingeräten (mit klassischem Transformator)</p> <p>Internetquellen, Lehrbücher, Firmeninformationen</p> <p>Demo-Aufbautransformator mit geeigneten Messgeräten</p> <p>ruhende Induktionsspule in wechselstromdurchflossener Feldspule - mit <b>Messwerterfassungssystem</b> zur zeitaufgelösten Registrierung der Induktionsspannung und des zeitlichen Verlaufs der Stärke des magnetischen Feldes</p>	<p>Der Transformator wird eingeführt und die Übersetzungsverhältnisse der Spannungen experimentell ermittelt. Dies kann auch durch einen Schülervortrag erfolgen (experimentell und medial gestützt).</p> <p>Der Zusammenhang zwischen induzierter Spannung und zeitlicher Veränderung der Stärke des magnetischen Feldes wird experimentell im Lehrerversuch erschlossen.</p> <p>Die registrierten Messdiagramme werden von den SuS eigenständig ausgewertet.</p>

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Energieerhaltung Ohm'sche „Verluste“ (4 Ustd.)	<p>verwenden ein physikalisches <i>Modellexperiment zu Freileitungen</i>, um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3),</p> <p>bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B1),</p> <p>zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4),</p> <p>beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4).</p>	<b>Modellexperiment</b> (z.B. mit Hilfe von Aufbautransformatoren) zur Energieübertragung und zur Bestimmung der „Ohm'schen Verluste“ bei der Übertragung elektrischer Energie bei unterschiedlich hohen Spannungen	Hier bietet sich ein arbeitsteiliges Gruppenpuzzle an, in dem Modellexperimente einbezogen werden.
<b>18 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

## Kontext: Wirbelströme im Alltag

Leitfrage: Wie kann man Wirbelströme technisch nutzen?

Inhaltliche Schwerpunkte: Induktion

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

(UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Lenz'sche Regel (4 Ustd.)	erläutern anhand des <i>Thomson'schen Ringversuchs</i> die Lenz'sche Regel (E5, UF4), bewerten bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter Wirbelströme (B1),	Freihandexperiment: Untersuchung der Relativbewegung eines aufgehängten Metallrings und eines starken Stabmagneten  <b>Thomson'scher Ringversuch</b> diverse technische und spielerische Anwendungen, z.B. Dämpfungselement an einer Präzisionswaage, Wirbelstrombremse, „fallender Magnet“ im Alu-Rohr.	Ausgehend von kognitiven Konflikten bei den Ringversuchen wird die Lenz'sche Regel erarbeitet  Erarbeitung von Anwendungsbeispielen zur Lenz'schen Regel (z.B. Wirbelstrombremse bei Fahrzeugen oder an der Kreissäge)
<b>4 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

## Inhaltsfeld: *Strahlung und Materie (GK)*

### Kontext: *Erforschung des Mikro- und Makrokosmos*

Leitfrage: Wie gewinnt man Informationen zum Aufbau der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Energiequantelung der Atomhülle, Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

### Kompetenschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,

(E5) Daten qualitativ und quantitativ im Hinblick auf Zusammenhänge, Regeln oder mathematisch zu formulierende Gesetzmäßigkeiten analysieren und Ergebnisse verallgemeinern,

(E2) kriteriengeleitet beobachten und messen sowie auch komplexe Apparaturen für Beobachtungen und Messungen erläutern und sachgerecht verwenden,

Inhalt	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
(Ustd. à 45 min)	Die Schülerinnen und Schüler...		
Kern-Hülle-Modell (2 Ustd.)	erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4),	Literaturrecherche, Schulbuch	Ausgewählte Beispiele für Atommodelle
Energieniveaus der Atomhülle (2 Ustd.)	erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6),	Erzeugung von <b>Linienspektren</b> mithilfe von Gasentladungslampen	Deutung der Linienspektren

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen (3 Ustd.)	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse</i> , die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> sowie die <i>charakteristischen Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7),	<b>Franck-Hertz-Versuch</b>	Es kann das Bohr'sche Atommodell angesprochen werden (ohne Rechnungen)
Röntgenstrahlung (3 Ustd.)	erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung und Linienspektren bzw. Spektralanalyse</i> , die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> sowie die <i>charakteristischen Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7),	Aufnahme von <b>Röntgenspektren</b> (kann mit interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE) oder Lehrbuch geschehen, falls keine Schulröntgeneinrichtung vorhanden ist)	Im Zuge der „Elemente der Quantenphysik“ kann die Röntgenstrahlung bereits als Umkehrung des Photoeffekts bearbeitet werden Mögliche Ergänzungen: Bremspektrum mit h-Bestimmung / Bragg-Reflexion
Sternspektren und Fraunhoferlinien (3 Ustd.)	interpretieren Spektralfeln des <i>Sonnenspektrums</i> im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe (K3, K1), erklären Sternspektren und Fraunhoferlinien (UF1, E5, K2), stellen dar, wie mit spektroskopischen Methoden Informationen über die Entstehung und den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können (E2, K1),	<b>Flammenfärbung</b> Darstellung des <b>Sonnenspektrums</b> mit seinen <b>Fraunhoferlinien</b> <b>Spektralanalyse</b>	u. a. Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung)
<b>13 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

## Kontext: Mensch und Strahlung

Leitfrage: Wie wirkt Strahlung auf den Menschen?

Inhaltliche Schwerpunkte: Kernumwandlungen, Ionisierende Strahlung, Spektrum der elektromagnetischen Strahlung

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,

(B3) an Beispielen von Konfliktsituationen mit physikalisch-technischen Hintergründen kontroverse Ziele und Interessen sowie die Folgen wissenschaftlicher Forschung aufzeigen und bewerten,

(B4) begründet die Möglichkeiten und Grenzen physikalischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen bewerten.

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Strahlungsarten (2 Ustd.)	unterscheiden $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwerionenstrahlung (UF3), erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von Absorptionsexperimenten (E4, E5), bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1, B3),	Recherche  <b>Absorptionsexperimente zu <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>-Strahlung</b>	Wiederholung und Vertiefung aus der Sek. I

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Elementumwandlung (1 Ustd.)	erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1),	Nuklidkarte	
Detektoren (3 Ustd.)	erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung ( <i>Geiger-Müller-Zählrohr</i> ) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2),	<b>Geiger-Müller-Zählrohr</b>	An dieser Stelle können Hinweise auf Halbleiterdetektoren gegeben werden.

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
<p>Biologische Wirkung ionisierender Strahlung und Energieaufnahme im menschlichen Gewebe</p> <p>Dosimetrie (3 Ustd.)</p>	<p>beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen (UF1),</p> <p>bereiten Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung für unterschiedliche Adressaten auf (K2, K3, B3, B4),</p> <p>begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen von ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, UF4),</p> <p>erläutern das Vorkommen künstlicher und natürlicher Strahlung, ordnen deren Wirkung auf den Menschen mithilfe einfacher dosimetrischer Begriffe ein und bewerten Schutzmaßnahmen im Hinblick auf die Strahlenbelastungen des Menschen im Alltag (B1, K2).</p> <p>bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung physikalischer Prozesse, u. a. von ionisierender Strahlung, auf der Basis medizinischer, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Gegebenheiten (B3, B4)</p> <p>bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien (B3, B4),</p>	<p>ggf. Einsatz eines Films / eines Videos</p>	<p>Sinnvolle Beispiele sind die Nutzung von ionisierender Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle technische Anlagen.</p> <p>Erläuterung von einfachen dosimetrischen Begriffe: Aktivität, Energiedosis, Äquivalentdosis</p>
<b>9 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Forschung am CERN und DESY**

Leitfrage: Was sind die kleinsten Bausteine der Materie?

Inhaltliche Schwerpunkte: Standardmodell der Elementarteilchen

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

(UF3) physikalische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen und strukturieren,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Kernbausteine und Elementarteilchen (4 Ustd.)	erläutern mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3, E6), erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell (UF1). recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2).	In diesem Bereich sind i. d. R. keine Realexperimente für Schulen möglich. Es z.B. kann auf Internetseiten des CERN und DESY zurückgegriffen werden.	Mögliche Schwerpunktsetzung: Paarerzeugung, Paarvernichtung,

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
(Virtuelles) Photon als Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung Konzept der Austauschteilchen vs. Feldkonzept (2 Ustd.)	vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes (E6).	Lehrbuch, Animationen	Veranschaulichung der Austauschwechselwirkung mithilfe geeigneter mechanischer Modelle, auch Problematik dieser Modelle thematisieren
<b>6 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

## **Inhaltsfeld: Relativität von Raum und Zeit (GK)**

### **Kontext: *Navigationssysteme***

Leitfrage: Welchen Einfluss hat Bewegung auf den Ablauf der Zeit?

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation

### **Kompetenzschwerpunkte: Schülerinnen und Schüler können**

(UF1) physikalische Phänomene und Zusammenhänge unter Verwendung von Theorien, übergeordneten Prinzipien / Gesetzen und Basiskonzepten beschreiben und erläutern,

(E6) Modelle entwickeln sowie physikalisch-technische Prozesse mithilfe von theoretischen Modellen, mathematischen Modellierungen, Gedankenexperimenten und Simulationen erklären oder vorhersagen,

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Relativität der Zeit (5 Ustd.)	<p>interpretieren das <i>Michelson-Morley-Experiment</i> als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4),</p> <p>erklären anschaulich mit der <i>Lichtuhr</i> grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation (E6, E7),</p> <p>erläutern qualitativ den <i>Myonenzerfalls</i> in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation (E5, UF1).</p> <p>erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung (K3),</p> <p>begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten, dass eine additive Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für „kleine“ Geschwindigkeiten gilt (UF2),</p> <p>erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1),</p>	<p><b>Experiment von Michelson und Morley</b> (Computersimulation)</p> <p><b>Lichtuhr</b> (Gedankenexperiment / Computersimulation)</p> <p><b>Myonenzerfall</b> (Experimentepool der Universität Wuppertal)</p>	<p>Ausgangsproblem: Exaktheit der Positionsbestimmung mit Navigationssystemen</p> <p>Begründung der Hypothese von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments</p> <p>Herleitung der Formel für die Zeitdilatation am Beispiel einer „bewegten Lichtuhr“.</p> <p>Der Myonenzerfall in der Erdatmosphäre dient als experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation. Betrachtet man das Bezugssystem der Myonen als ruhend, kann die Längenkontraktion der Atmosphäre plausibel gemacht werden.</p> <p>Die Formel für die Längenkontraktion wird angegeben.</p>
<b>5 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Teilchenbeschleuniger**

Leitfrage: Ist die Masse bewegter Teilchen konstant?

Inhaltliche Schwerpunkte: Veränderlichkeit der Masse, Energie-Masse Äquivalenz

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

(UF4) Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen natürlichen bzw. technischen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten physikalischen Wissens erschließen und aufzeigen.

(B1) fachliche, wirtschaftlich-politische und ethische Kriterien bei Bewertungen von physikalischen oder technischen Sachverhalten unterscheiden und begründet gewichten,

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern (2 Ustd.)	erläutern die Funktionsweise eines <i>Zyklotrons</i> und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte (K4, UF4),	<b>Zyklotron</b> (in einer Simulation mit und ohne Massenveränderlichkeit)	Der Einfluss der Massenzunahme wird in der Simulation durch das „Aus-dem-Takt-Geräten“ eines beschleunigten Teilchens im Zyklotron ohne Rechnung veranschaulicht.
Ruhemasse und dynamische Masse (4 Ustd.)	erläutern die Energie-Masse Äquivalenz (UF1). zeigen die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für die Kernspaltung und -fusion auf (B1, B3)	Film / Video	Die Formeln für die dynamische Masse und $E=mc^2$ werden als deduktiv herleitbar angegeben.  Erzeugung und Vernichtung von Teilchen,  Hier können Texte und Filme zu Hiroshima und Nagasaki eingesetzt werden.
<b>6 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Das heutige Weltbild**

Leitfrage: Welchen Beitrag liefert die Relativitätstheorie zur Erklärung unserer Welt?

Inhaltliche Schwerpunkte: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, Zeitdilatation, Veränderlichkeit der Masse, Energie-Masse Äquivalenz

**Kompetenzschwerpunkte:** Schülerinnen und Schüler können

(E7) naturwissenschaftliches Arbeiten reflektieren sowie Veränderungen im Weltbild und in Denk- und Arbeitsweisen in ihrer historischen und kulturellen Entwicklung darstellen.

(K3) physikalische Sachverhalte und Arbeitsergebnisse unter Verwendung situationsangemessener Medien und Darstellungsformen adressatengerecht präsentieren,

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit (2 Ustd.)	diskutieren die Bedeutung von Schlüsselexperimenten bei physikalischen Paradigmenwechseln an Beispielen aus der Relativitätstheorie (B4, E7), beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3)	Lehrbuch, Film / Video	
<b>2 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

10.5.3. Qualifikationsphase Leistungskurs

**Inhaltsfeld: Relativitätstheorie (LK)**

<b>Kontext: Satellitennavigation – Zeitmessung ist nicht absolut</b> <b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und Problem der Gleichzeitigkeit Inertialsysteme Relativität der Gleichzeitigkeit (4 Ustd.)	begründen mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4, E5, E6), erläutern das Problem der relativen Gleichzeitigkeit mit in zwei verschiedenen Inertialsystemen jeweils synchronisierten Uhren (UF2), begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten Auswirkungen auf die additive Überlagerung von Geschwindigkeiten (UF2).	Experiment von Michelson und Morley (Computersimulation) Relativität der Gleichzeitigkeit (Video / Film)	Ausgangsproblem: Exaktheit der Positionsbestimmung mit Navigationssystemen (z.B. über vorbereitenden Hausaufgabe anhand von Internetinformationen zur Satellitennavigation) Wegen der Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit für die (spezielle) Relativitätstheorie wird das Experiment von Michelson und Morley (in einer Computersimulation) im Unterricht behandelt. Das Additionstheorem für relativistische Geschwindigkeiten braucht nicht hergeleitet zu werden (wie dies etwa anhand der Lorentz-Transformationsgleichungen möglich ist), sondern kann ergänzend angegeben werden.
<b>4 Ustd.</b>		<b>Summe</b>	

**Kontext: Höhenstrahlung**

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b>	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Zeitdilatation und relativistischer Faktor (2 Ustd., zusätzlich Exkursion)	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <p>leiten mithilfe der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und des Modells Lichtuhr quantitativ die Formel für die Zeitdilatation her (E5), reflektieren die Nützlichkeit des Modells Lichtuhr hinsichtlich der Herleitung des relativistischen Faktors (E7). erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1)</p>	<p>Lichtuhr (Gedankenexperiment / Computersimulation) Myonenzerfall (Experimentepool der Universität - Exkursion)</p>	<p>Für die Herleitung der Zeitdilatation ist die „Lichtuhr“ ein sehr geeignetes Gedankenexperiment. Zudem wird hiermit der relativistische Faktor <math>\gamma</math> hergeleitet. Der Myonenzerfall in der Erdatmosphäre dient danach als eine experimentelle Bestätigung der Zeitdilatation.</p>
Längenkontraktion (2 Ustd.)	<p>begründen den Ansatz zur Herleitung der Längenkontraktion (E6), erläutern die relativistischen Phänomene Zeitdilatation und Längenkontraktion anhand des Nachweises von in der oberen Erdatmosphäre entstehenden Myonen (UF1), beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3),</p>	<p>Myonenzerfall (Experimentepool der Universität – Exkursion) – s. o.</p>	<p>Der Myonenzerfall in der Erdatmosphäre dient danach als eine experimentelle Bestätigung der Längenkontraktion (im Vergleich zur Zeitdilatation) – s. o. Im Anschluss an die Exkursion: Abschließender Schülervortrag „Myonenzerfall und Längenkontraktion“</p>
<b>4 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Teilchenbeschleuniger – Warum Teilchen aus dem Takt geraten**

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Ruhemasse und dynamische Masse (2 Ustd.)	erläutern die Energie-Masse-Beziehung (UF1) berechnen die relativistische kinetische Energie von Teilchen mithilfe der Energie-Masse-Beziehung (UF2)		Die Formel für die dynamische Masse braucht nicht explizit hergeleitet zu werden.
„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern (4 Ustd.)	erläutern auf der Grundlage historischer Dokumente ein Experiment (Bertozzi-Versuch) zum Nachweis der relativistischen Massenzunahme (K2, K3),	Bertozzi-Experiment (anhand von Literatur)	Z.B. das Bertozzi-Experiment soll mithilfe einer Schülerpräsentation behandelt werden (ggf. auch anhand einer Zentralabituraufgabe)  Simulation: Die Massenzunahme eines Teilchens im Zyklotron („Aus-dem-Takt-Geraten“)
Bindungsenergie im Atomkern Annihilation (2 Ustd.)	beschreiben die Bedeutung der Energie-Masse-Äquivalenz hinsichtlich der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen (UF4), bestimmen und bewerten den bei der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen frei werdenden Energiebetrag (E7, B1), beurteilen die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für Erforschung und technische Nutzung von Kernspaltung und Kernfusion (B1, B3),	Historische Aufnahme von Teilchenbahnen	Interpretation des Zusammenhangs zwischen Bindungsenergie pro Nukleon und der Kernspaltungs- bzw. Kernfusionsenergie bei den entsprechenden Prozessen  Hiroshima, Nagasaki  Erzeugung und Vernichtung von Teilchen
<b>8 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Satellitennavigation – Zeitmessung unter dem Einfluss von Geschwindigkeit und Gravitation**

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Gravitation und Zeitmessung (2 Ustd.)	beschreiben qualitativ den Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung (UF4)	Der Gang zweier Atomuhren in unterschiedlicher Höhe in einem Raum (früheres Experimente der PTB Braunschweig)  Flug von Atomuhren um die Erde (Video)	Dieser Unterrichtsabschnitt soll lediglich einen ersten – qualitativ orientierten – Einblick in die Äquivalenz von Gravitation und gleichmäßig beschleunigten Bezugssystemen geben  Elemente des Kontextes Satellitennavigation können genutzt werden, sowohl die Zeitdilatation (infolge der unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Satelliten) als auch die Gravitationswirkung (infolge ihres Aufenthalts an verschiedenen Orten im Gravitationsfeld der Erde) zu verdeutlichen.
Die Gleichheit von träger und schwerer Masse (im Rahmen der heutigen Messgenauigkeit) (2 Ustd.)	veranschaulichen mithilfe eines einfachen gegenständlichen Modells den durch die Einwirkung von massebehafteten Körpern hervorgerufenen Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung sowie die „Krümmung des Raums“ (K3).	Einsteins Fahrstuhl-Gedankenexperiment  Das Zwillingsparadoxon (mit Beschleunigungsphasen und Phasen der glf. Bewegung  Film / Video (z.B.: <a href="http://www tivi de/infosundtip ps/wissen/popup/06888/index.html">http://www tivi de/infosundtip ps/wissen/popup/06888/index.html</a> ; Jan 2012)	Präsentation durch Schülerin oder Schüler (mithilfe der Nutzung von Informations- und Animationsmaterial aus dem Internet)
<b>4 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: *Das heutige Weltbild***

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b>	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Gegenseitige Bedingung von Raum und Zeit (2 Ustd.)	Die Schülerinnen und Schüler...  bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds (B4).		
<b>2 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Inhaltsfeld: *Elektrik (LK)***

**Kontext: *Untersuchung von Elektronen***

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
<p><b>Grundlagen:</b> Ladungstrennung, Ladungsträger (4 Ustd.)</p>	<p>erklären elektrostatische Phänomene und Influenz mithilfe grundlegender Eigenschaften elektrischer Ladungen (UF2, E6),</p>	<p>einfache Versuche zur Reibungselektrizität – Anziehung / Abstoßung,  halbquantitative Versuche mit Hilfe eines Elektrometerverstärkers: Zwei aneinander geriebene Kunststoffstäbe aus unterschiedlichen Materialien tragen betragsmäßig gleiche, aber entgegengesetzte Ladungen, Influenzversuche</p>	<p>Es kann auf zwei verschiedene Arten von „Elektrizität“ geschlossen werden (Wiederholung aus der SI).  Ladungen werden nicht erzeugt, sondern nur getrennt.  In Anlehnung an SI-Vorkenntnisse wird das Elektron als (ein) Träger der negativen Ladung benannt, seine Eigenschaften sollen im Folgenden erforscht werden.</p>
<p><b>Bestimmung der Elementarladung:</b> elektrische Felder, Feldlinien  potentielle Energie im elektrischen Feld, Spannung  Kondensator  Elementarladung (10 Ustd.)</p>	<p>beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der entsprechenden Feldstärken (UF2, UF1),  erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),</p>	<p>Skizzen zum prinzipiellen Aufbau des Millikanversuchs, realer Versuchsaufbau oder entsprechende Medien (z. B: RCL (remote control laboratory),  einfache Versuche und visuelle Medien zur Veranschaulichung elektrischer Felder im Feldlinienmodell,  Plattenkondensator (homogenes E-Feld),</p>	<p>Die Versuchsidee „eines“ Millikanversuchs wird erarbeitet,  dazu werden der Begriff des elektrischen Feldes sowie die Veranschaulichung elektrischer Felder im Feldlinienmodell, eingeführt.  Definition der elektrischen Feldstärke in einem Punkt eines elektrischen Feldes,(Vermeidung von Zirkelschlüssen)  Definition des homogenen Feldes,  Definition der Spannung,</p>

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
	<p>leiten physikalische Gesetze (u.a. die im homogenen elektrischen Feld gültige Beziehung zwischen Spannung und Feldstärke und den Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p>	<p>evtl. Apparatur zur Messung der Feldstärke gemäß der Definition,</p> <p>Spannungsmessung am Plattenkondensator,</p> <p>Bestimmung der Elementarladung mit dem Millikanversuch</p>	<p>Zusammenhang zwischen E und U im homogenen Feld,</p> <p>Bestimmung der Elementarladung mit Diskussion der Messgenauigkeit,</p> <p>Übungsaufgaben (z.B. auch zum Coulomb'schen Gesetz, welches evtl. nur per Plausibilitätsbetrachtung eingeführt wird.)</p>
<p><b>Bestimmung der Masse eines Elektrons:</b></p> <p>magnetische Felder, Feldlinien,</p> <p>potentielle Energie im elektrischen Feld, Energie bewegter Ladungsträger,</p> <p>Elektronenmasse</p> <p>(10 Ustd.)</p>	<p>erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit) (B1, B4),</p> <p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</p> <p>beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3),</p> <p>ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1),</p>	<p>Fadenstrahlrohr (zunächst) zur Erarbeitung der Versuchsidee,</p> <p>(z.B.) Stromwaage zur Demonstration der Kraftwirkung auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld sowie zur Veranschaulichung der Definition der magnetischen Feldstärke,</p> <p>Versuche mit z.B. Oszilloskop, Fadenstrahlrohr, altem (Monochrom-) Röhrenmonitor o. ä. zur Demonstration der Lorentzkraft,</p> <p>Fadenstrahlrohr zur <math>e/m</math> – Bestimmung (das Problem der Messung der magnetischen Feldstärke wird ausgelagert.)</p>	<p>Im Sinne der Kontextarbeit wird nach der Masse des Elementarteilchens Elektron gefragt. Eventuell wird thematisiert, dass die Ablenkung im elektrischen Feld (im nichtrelativistischen Fall) nicht ausreicht.</p> <p>Als Versuchsidee wird (evtl. in Anlehnung an astronomischen Berechnungen in der EF) die Auswertung der Daten einer erzwungenen Kreisbewegung des Teilchens erarbeitet.</p> <p>Dazu werden der Begriff des magnetischen Feldes sowie die Veranschaulichung magnetischer Felder (incl. Feldlinienmodell) eingeführt.</p> <p>Definition der magnetischen Feldstärke, Definition des homogenen Feldes,</p> <p>Kraft auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld, Herleitung der Lorentzkraft,</p> <p>Ein Verfahren zur Beschleunigung der Elektronen sowie zur Bestimmung ihrer Geschwindigkeit wird erarbeitet.</p>

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
	<p>erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),</p> <p>bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),</p> <p>leiten physikalische Gesetze (Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter, Hall-Effekt) (E1, E2, E3, E4, E5 UF1, UF4),</p> <p>schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten bei der e/m-Bestimmung und beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern (E5, UF2),</p>		
<b>24 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Aufbau und Funktionsweise wichtiger Versuchs- und Messapparaturen**

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
<p><b>Anwendungen in Forschung und Technik:</b></p> <p>Bewegung von Ladungsträgern in Feldern (12 Ustd.)</p>	<p>beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter, Hall-Effekt) (E1, E2, E3, E4, E5 UF1, UF4),</p> <p>erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrizität (K1, K3, UF3),</p> <p>beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahls in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3),</p> <p>ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1),</p> <p>schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern, (E5, UF2),</p> <p>erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6),</p> <p>erläutern den Einfluss der relativistischen Massenzunahme auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron (E6, UF4),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p>	<p>Hallsonde, Halleffektgerät, diverse Spulen, deren Felder vermessen werden (insbesondere lange Spulen und Helmholtzspulen), Elektronenstrahlableitkröhre visuelle Medien, Computersimulationen und RCLs zum Massenspektrometer, Zyklotron und evtl. weiteren Teilchenbeschleunigern</p>	<p>Das Problem der Messung der Stärke des magnetischen Feldes der Helmholtzspulen (e/m – Bestimmung) wird wieder aufgegriffen, Vorstellung des Aufbaus einer Hallsonde und Erarbeitung der Funktionsweise einer Hallsonde, Veranschaulichung mit dem Halleffektgerät (Silber), Kalibrierung einer Hallsonde, Messungen mit der Hallsonde u. a. nachträgliche Vermessung des Helmholtzspulenfeldes, Bestimmung der magnetischen Feldkonstante, Arbeits- und Funktionsweisen sowie die Verwendungszwecke diverser Elektronenstrahlröhren, Teilchenbeschleuniger und eines Massenspektrometers werden untersucht.</p>

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
	<p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen <math>E</math>-Feld) problembezogen aus (UF2),</p>		

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
<p><b>Moderne messtechnische Verfahren sowie Hilfsmittel zur Mathematisierung:</b></p> <p>Auf- und Entladung von Kondensatoren, Energie des elektrischen Feldes (10 Ustd.)</p>	<p>erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Ort und Zeit) (B1, B4),</p> <p>erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen <math>E</math>-Feld) problembezogen aus (UF2),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>ermitteln die in elektrischen bzw. magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Kondensator) (UF2),</p> <p>beschreiben qualitativ und quantitativ, bei vorgegebenen Lösungsansätzen, Ladungs- und Entladungsvorgänge in Kondensatoren (E4, E5, E6),</p>	<p>diverse Kondensatoren (als Ladungs-/ Energiespeicher),</p> <p>Aufbaukondensatoren mit der Möglichkeit die Plattenfläche und den Plattenabstand zu variieren,</p> <p>statische Voltmeter bzw. Elektromessverstärker,</p> <p>Schülerversuche zur Auf- und Entladung von Kondensatoren sowohl mit großen Kapazitäten (Messungen mit Multimeter) als auch mit kleineren Kapazitäten (Messungen mit Hilfe von Messwert-erfassungssystemen),</p> <p>Computer oder GTR/CAS-Rechner zur Messwertverarbeitung</p>	<p>Kondensatoren werden als Ladungs-/ Energiespeicher vorgestellt. (z.B. bei elektronischen Geräten wie Computern)</p> <p>Die (Speicher-) Kapazität wird definiert und der Zusammenhang zwischen Kapazität, Plattenabstand und Plattenfläche für den Plattenkondensator (deduktiv mit Hilfe der Grundgleichung des elektrischen Feldes) ermittelt.</p> <p>Plausibilitätsbetrachtung zur Grundgleichung des elektrischen Feldes im Feldlinienmodell,</p> <p>Ermittlung der elektrischen Feldkonstante (evtl. Messung),</p> <p>Auf- und Entladevorgänge bei Kondensatoren werden messtechnisch erfasst, computerbasiert ausgewertet und zusätzlich (auch mit Differentialgleichungen) beschrieben.</p> <p>deduktive Herleitung der in Kondensatoren gespeicherten elektrischen Energien</p>

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
	<p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</p> <p>wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computergestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),</p>		
<b>22 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie**

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
<p><b>Induktion, das grundlegende Prinzip bei der Versorgung mit elektrischer Energie:</b></p> <p>Induktionsvorgänge, Induktionsgesetz, Lenz'sche Regel, Energie des magnetischen Feldes</p> <p>(22 Ustd.)</p>	<p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze (u.a. Coulomb'sches Gesetz, Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld, Lorentzkraft, Spannung im homogenen E-Feld) problembezogen aus (UF2),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>planen und realisieren Experimente zum Nachweis der Teilaussagen des Induktionsgesetzes (E2, E4, E5),</p> <p>führen das Auftreten einer Induktionsspannung auf die zeitliche Änderung der von einem Leiter überstrichenen gerichteten Fläche in einem Magnetfeld zurück (u.a. bei der Erzeugung einer Wechselspannung) (E6),</p> <p>erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrik (K1, K3, UF3),</p> <p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</p> <p>identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße <math>B</math> in Anwendungs- und Alltagssituationen (E1, E6, UF4),</p>	<p>Medien zur Information über prinzipielle Verfahren zur Erzeugung, Verteilung und Bereitstellung elektrischer Energie,</p> <p>Modellversuch bestehend aus Antrieb für einen (eisenlosen) AC-Kleingenerator, unterschiedlich langen Überlandleitungen aus CrNi-Draht, und diversen „Verbrauchern“ (Glühlämpchen) sowie ggf. zweier Trafostationen,</p> <p>Bewegung eines Leiters im Magnetfeld - Leiterschaukel,</p> <p>einfaches elektrodynamisches Mikrofon,</p> <p>Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren (vereinfachte Funktionsmodelle für Unterrichtszwecke)</p> <p>quantitativer Versuch zur elektromagnetischen Induktion bei Änderung der Feldgröße <math>B</math>, registrierende Messung von <math>B(t)</math> und <math>U_{ind}(t)</math>,</p> <p>„Aufbau-“ Transformatoren zur Spannungswandlung</p>	<p>Die Sonderrolle der Photovoltaik (Energie-wandlung ohne Generator) wird aufgezeigt, die Gemeinsamkeiten der übrigen „Kraftwerke“ werden erarbeitet. Die Arbeitsweise großer (Verbund-) Netze sowie deren Steuerungsprobleme werden nur kurz angesprochen, wegen seiner Einfachheit wird nur ein „klassisches“ lokales (lineares) Verteilungsnetz behandelt, die wesentlichen physikalischen Grundlagen können auch daran erarbeitet werden.</p> <p>Leiterschaukelversuch evtl. auch im Hinblick auf die Registrierung einer gedämpften mechanischen Schwingung auswertbar,</p> <p>Gleich- und Wechselspannungsgeneratoren werden nur qualitativ behandelt.</p> <p>Das Induktionsgesetz in seiner allgemeinen Form wird erarbeitet:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Flächenänderung (deduktive Herleitung)</li> <li>2. Änderung der Feldgröße <math>B</math> (quantitatives Experiment)</li> </ol> <p>Drehung einer Leiterschleife (qualitative Betrachtung)</p> <p>Der magnetische Fluss wird definiert, das Induktionsgesetz als Zusammenfassung und Verallgemeinerung der Ergebnisse formuliert.</p> <p>qualitative Deutung des Versuchsergebnisses zur Selbstinduktion</p>

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
	<p>wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrizität (auch computer-gestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),</p> <p>ermitteln die in magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Spule) (UF2),</p> <p>bestimmen die Richtungen von Induktionsströmen mithilfe der Lenz'schen Regel (UF2, UF4, E6),</p> <p>begründen die Lenz'sche Regel mithilfe des Energie- und des Wechselwirkungskonzeptes (E6, K4),</p>	<p>Modellversuch zu einer „Überlandleitung“ (aus CrNi-Draht) mit zwei „Trafo-Stationen“, zur Untersuchung der Energieverluste bei unterschiedlich hohen Spannungen,</p> <p>Versuch (qualitativ und quantitativ) zur Demonstration der Selbstinduktion (registrierende Messung und Vergleich der Ein- und Ausschaltströme in parallelen Stromkreisen mit rein ohmscher bzw. mit induktiver Last),</p> <p>Versuche zur Demonstration der Wirkung von Wirbelströmen,</p> <p>diverse „Ringversuche“</p>	<p>Deduktive Herleitung des Terms für die Selbstinduktionsspannung einer langen Spule (ausgehend vom Induktionsgesetz), Interpretation des Vorzeichens mit Hilfe der Lenz'schen Regel</p> <p>Definition der Induktivität,</p> <p>messtechnische Erfassung und computerbasierte Auswertung von Ein- und Ausschaltvorgängen bei Spulen, zusätzlich Beschreibung auch mit Differentialgleichungen</p> <p>deduktive Herleitung der in Spulen gespeicherten magnetischen Energien</p>
<b>22 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Physikalische Grundlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung**

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen	Experiment / Medium	Kommentar
<p><b>Der elektromagnetische Schwingkreis – das Basiselement der Nachrichtentechnik:</b></p> <p>Elektromagnetische Schwingungen im RLC-Kreis, Energieumwandlungsprozesse im RLC-Kreis (12 Ustd.)</p>	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <p>erläutern die Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen, erstellen aussagekräftige Diagramme und werten diese aus (E2, E4, E5, B1),</p> <p>treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1),</p> <p>erläutern qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der Spule und am Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (UF1, UF2),</p> <p>beschreiben den Schwingvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energieumwandlungsprozess und benennen wesentliche Ursachen für die Dämpfung (UF1, UF2, E5),</p>	<p>MW-Radio aus Aufbauteilen der Elektriksammlung mit der Möglichkeit, die modulierte Trägerschwingung (z.B. oszilloskopisch) zu registrieren),</p> <p>einfache Resonanzversuche (auch aus der Mechanik / Akustik),</p>	<p>Zur Einbindung der Inhalte in den Kontext wird zunächst ein Mittelwellenradio aus Aufbauteilen der Elektriksammlung) vorgestellt.</p> <p>Der Schwingkreis als zentrale Funktionseinheit des MW-Radios: Es kann leicht gezeigt werden, dass durch Veränderung von L bzw. C der Schwingkreis so „abgestimmt“ werden kann, dass (z.B. oszilloskopisch) eine modulierte Trägerschwingung registriert werden kann, also der Schwingkreis „von außen“ angeregt wird.</p> <p>Die Analogie zu mechanischen Resonanzversuchen wird aufgezeigt.</p>
	<p>wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Messwerten im Bereich der Elektrik (auch computer-gestützte graphische Darstellungen, Linearisierungsverfahren, Kurvenanpassungen), wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (E5, B4),</p> <p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p>	<p>RLC - Serienschwingkreis insbesondere mit registrierenden Messverfahren und computergestützten Auswerteverfahren,</p> <p>Meißner- oder Dreipunkt-Rückkopplungsschaltung zur Erzeugung / Demonstration entdämpfter elektromagnetischer Schwingungen</p>	<p>Die zentrale Funktionseinheit „Schwingkreis“ wird genauer untersucht.</p> <p>Spannungen und Ströme im RCL – Kreis werden zeitaufgelöst registriert, die Diagramme sind Grundlage für die qualitative Beschreibung der Vorgänge in Spule und Kondensator.</p> <p>Quantitativ wird nur die ungedämpfte Schwingung beschrieben (incl. der Herleitung der Thomsonformel).</p>

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
	<p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2).</p>		<p>Die Möglichkeiten zur mathematischen Beschreibung gedämpfter Schwingungen sowie Möglichkeiten der Entdämpfung / Rückkopplung werden nur kurz und rein qualitativ angesprochen.</p>
<p><b>Materiefreie Übertragung von Information und Energie:</b></p> <p>Entstehung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen,</p> <p>Energietransport und Informationsübertragung durch elektromagnetische Wellen,</p> <p>(16 Ustd.)</p>	<p>beschreiben den Hertz'schen Dipol als einen (offenen) Schwingkreis (UF1, UF2, E6),</p> <p>erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei <math>B</math>- bzw. <math>E</math>-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (UF1, UF4, E6),</p> <p>beschreiben qualitativ die lineare Ausbreitung harmonischer Wellen als räumlich und zeitlich periodischen Vorgang (UF1, E6),</p> <p>erläutern anhand schematischer Darstellungen Grundzüge der Nutzung elektromagnetischer Trägerwellen zur Übertragung von Informationen (K2, K3, E6).</p> <p>ermitteln auf der Grundlage von Brechungs-, Beugungs- und Interferenzerscheinungen (mit Licht- und Mikrowellen) die Wellenlängen und die Lichtgeschwindigkeit (E2, E4, E5).</p> <p>beschreiben die Phänomene Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz im Wellenmodell und begründen sie qualitativ mithilfe des Huygens'schen Prinzips (UF1, E6).</p> <p>erläutern konstruktive und destruktive Interferenz sowie die entsprechenden Bedingungen mithilfe geeigneter Darstellungen (K3, UF1),</p>	<p>L-C-Kreis, der sich mit einem magnetischen Wechselfeld über eine „Antenne“ zu Schwingungen anregen lässt,</p> <p>dm-Wellen-Sender mit Zubehör (Empfängerdipol, Feldindikatorlampe),</p> <p>Visuelle Medien zur Veranschaulichung der zeitlichen Änderung der E- und B-Felder beim Hertz'schen Dipol, entsprechende Computersimulationen,</p> <p>Ringentladungsröhre (zur Vertiefung der elektromagnetischen Induktion),</p> <p>visuelle Medien zur magneto-elektrischen Induktion,</p> <p>Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle, entsprechende Computersimulationen,</p> <p>Versuche mit dem dm-Wellen-Sender (s.o.),</p>	<p>Erinnerung an die Anregung des MW-Radio-Schwingkreises durch „Radiowellen“ zur Motivation der Erforschung sogenannter elektromagnetischer Wellen,</p> <p>Was ist eine elektromagnetische Welle? Wie kann eine elektromagnetische Welle erzeugt werden? Wie breiten sich elektromagnetische Wellen (selbst im Vakuum) aus?</p> <p>Übergang vom Schwingkreis zum Hertz'schen Dipol durch Verkleinerung von L und C,</p> <p>Überlegungen zum „Ausbreitungsmechanismus“ elektromagnetischer Wellen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Induktion findet auch ohne Leiter („Induktionsschleife“) statt!</li> <li>• (Z.B.) Versuch zur Demonstration des Magnetfeldes um stromdurchflossene Leiter, über die ein Kondensator aufgeladen wird.</li> <li>• Auch im Bereich zwischen den Kondensatorplatten existiert ein magnetisches Wirbelfeld.</li> </ul>

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
	<p>entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1),</p> <p>leiten physikalische Gesetze aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2),</p> <p>beschreiben die Interferenz an Doppelspalt und Gitter im Wellenmodell und leiten die entsprechenden Terme für die Lage der jeweiligen Maxima n-ter Ordnung her (E6, UF1, UF2),</p> <p>wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (UF2),</p> <p>erstellen, bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten (K1, K3, UF3).</p>	<p>Visuelle Medien zur Veranschaulichung der Ausbreitung einer linearen (harmonischen) Welle, auch Wellenmaschine zur Erinnerung an mechanische Wellen, entsprechende Computersimulationen,</p> <p>Mikrowellensender / -empfänger mit Gerätesatz für Beugungs-, Brechungs- und Interferenzexperimente,</p> <p>Interferenz-, Beugungs- und Brechungsexperimente mit (Laser-) Licht an Doppelspalt und Gitter (quantitativ) – sowie z.B. an Kanten, dünnen Schichten,... (qualitativ)</p>	<p>Beugungs-, Brechungs- und Interferenzerscheinungen zum Nachweis des Wellencharakters elektromagnetischer Wellen,</p>
<b>28 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

## Inhaltsfeld: *Quantenphysik (LK)*

### Kontext: Erforschung *des Photons*

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
Lichtelektrischer Effekt (1 Ustd.)	diskutieren und begründen das Versagen der klassischen Modelle bei der Deutung quantenphysikalischer Prozesse (K4, E6) legen am Beispiel des Photoeffekts und seiner Deutung dar, dass neue physikalische Experimente und Phänomene zur Veränderung des physikalischen Weltbildes bzw. zur Erweiterung oder Neubegründung physikalischer Theorien und Modelle führen können (E7),	Entladung einer positiv bzw. negativ geladenen (frisch geschmirgelten) Zinkplatte mithilfe des Lichts einer Hg-Dampf-Lampe (ohne und mit UV-absorbierender Glas-scheibe)	Qualitative Demonstration des Photoeffekts
Teileigenschaften von Photonen Planck'sches Wirkungsquantum (7 Ustd.)	erläutern die qualitativen Vorhersagen der klassischen Elektrodynamik zur Energie von Photoelektronen (bezogen auf die Frequenz und Intensität des Lichts) (UF2, E3), erläutern den Widerspruch der experimentellen Befunde zum Photoeffekt zur klassischen Physik und nutzen zur Erklärung die Einstein'sche Lichtquantenhypothese (E6, E1), diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (B2, E7), beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2), ermitteln aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum (E5, E6),	1. Versuch zur h-Bestimmung: Gegenstrommethode (Hg-Linien mit Cs-Diode) 2. Versuch zur h-Bestimmung: Mit <b>Simulationsprogramm</b> (in häuslicher Arbeit)	Spannungsbestimmung mithilfe Kondensatoraufladung erwähnen

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Compton-Effekt (2 Ustd.)			Bedeutung der Anwendbarkeit der (mechanischen) Stoßgesetze hinsichtlich der Zuordnung eines Impulses für Photonen Keine detaillierte (vollständig relativistische) Rechnung im Unterricht notwendig, Rechnung ggf. als Referat vorstellen lassen
<b>10 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Röntgenstrahlung, Erforschung des Photons**

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Röntgenröhre Röntgenspektrum (2 Ustd.)	beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre (UF1),	Röntgenröhre der Schulröntgeneinrichtung  Sollte keine Röntgenröhre zur Verfügung stehen, kann mit einem interaktiven Bildschirmexperiment (IBE) gearbeitet werden (z.B. <a href="http://www.mackspace.de/unterricht/simulationen_physik/quantenphysik/sv/roentgen.php">http://www.mackspace.de/unterricht/simulationen_physik/quantenphysik/sv/roentgen.php</a> oder <a href="http://www.uni-du.de/physik/ap/iabe/roentgen_b10/roentgen_b10_uebersicht.html">http://www.uni-du.de/physik/ap/iabe/roentgen_b10/roentgen_b10_uebersicht.html</a> )	Die Behandlung der Röntgenstrahlung erscheint an dieser Stelle als „Einschub“ in die Reihe zur Quantenphysik sinnvoll, obwohl sie auch zu anderen Sachbereichen Querverbindungen hat und dort durchgeführt werden könnte (z.B. „Physik der Atomhülle“)  Zum jetzigen Zeitpunkt müssen kurze Sachinformationen zum Aufbau der Atomhülle und den Energiezuständen der Hüllelektronen gegeben (recherchiert) werden.  Die IBE sollten für die häusliche Arbeit genutzt werden.
Bragg'sche Reflexionsbedingung (2 Ustd.)	erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'sche Reflexionsbedingung her (E6),	Aufnahme eines Röntgenspektrums (Winkel-Intensitätsdiagramm vs. Wellenlängen-Intensitätsdiagramm)	Die Bragg'sche Reflexionsbedingung basiert auf Welleninterpretation, die Registrierung der Röntgenstrahlung mithilfe des Detektors hat den Teilchenaspekt im Vordergrund
Planck'sches Wirkungsquantum (1 Ustd.)	deuten die Entstehung der kurzwelligen Röntgenstrahlung als Umkehrung des Photoeffekts (E6),		Eine zweite Bestimmungsmethode für das Planck'sche Wirkungsquantum

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Strukturanalyse mithilfe der Drehkristallmethode  Strukturanalyse nach Debye-Scherrer  (2 Ustd.)			Schülerreferate mit Präsentationen zur Debye-Scherrer-Methode
Röntgenröhre in Medizin und Technik  (2 Ustd.)	führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3),	Film / Video / Foto  Schülervorträge auf fachlich angemessenem Niveau (mit adäquaten fachsprachlichen Formulierungen)	Schülerreferate mit Präsentationen anhand Internetrecherchen  Ggf. Exkursion zum Röntgenmuseum in Lennep  Ggf. Exkursion zur radiologischen Abteilung des Krankenhauses (die aber auch in Rahmen der Kernphysik (s. dort: „Biologische Wirkung ionisierender Strahlung“) durchgeführt werden kann)
<b>9 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: *Erforschung des Elektrons***

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Wellencharakter von Elektronen (2 Ustd.)	interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E1, E5, E6),	Qualitative Demonstrationen mit der Elektronenbeugungsröhre Qualitative Demonstrationen mit Hilfe RCL (Uni Kaiserslautern: <a href="http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/">http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/</a> )	Hinweise auf erlaubte nichtrelativistische Betrachtung (bei der verwendeten Elektronenbeugungsröhre der Schule)
Streuung und Beugung von Elektronen De Broglie-Hypothese (4 Ustd.)	beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2), erklären die de Broglie-Hypothese am Beispiel von Elektronen (UF1),	Quantitative Messung mit der Elektronenbeugungsröhre	Herausstellen der Bedeutung der Bragg'schen Reflexionsbedingung für (Röntgen-) Photonen wie für Elektronen mit Blick auf den Wellenaspekt von Quantenobjekten Dabei Betonung der herausragenden Bedeutung der de Broglie-Gleichung für die quantitative Beschreibung (lichtschnellen und nicht lichtschneller) Quantenobjekte
<b>6 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Die Welt kleinster Dimensionen – Mikroobjekte und Quantentheorie**

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
linearer Potentialtopf Energiewerte im linearen Potentialtopf (4 Ustd.)	deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen (UF1, UF4), ermitteln die Wellenlänge und die Energiewerte von im linearen Potentialtopf gebundenen Elektronen (UF2, E6).		Auf die Anwendbarkeit des Potentialtopf-Modells bei Farbstoffmolekülen hinweisen Die Anwendbarkeit des (mechanischen) Modells der stehenden Welle kann insofern bestätigt werden, als dass die für die stehenden Wellen sich ergebende DGI mit derjenigen der (zeitunabhängigen) Schrödinger-DGI strukturell übereinstimmt Ein Ausblick auf die Schrödinger-Gleichung genügt
Wellenfunktion und Aufenthaltswahrscheinlichkeit (4 Ustd.)	erläutern die Aufhebung des Welle-Teilchen-Dualismus durch die Wahrscheinlichkeitsinterpretation (UF1, UF4), erläutern die Bedeutung von Gedankenexperimenten und Simulationsprogrammen zur Erkenntnisgewinnung bei der Untersuchung von Quantenobjekten (E6, E7). erläutern bei Quantenobjekten das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität (UF1, E3), diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (B2, E7), stellen anhand geeigneter Phänomene dar, wann Licht durch ein Wellenmodell bzw. ein Teilchenmodell beschrieben werden kann (UF1, K3, B1),	Demonstration des Durchgangs eines einzelnen Quantenobjekts durch einen Doppelspalt mithilfe eines Simulationsprogramms und mithilfe von Videos	Exkursion zur Universität, wenn dort Demonstrationsversuche zum Passieren einzelner Quantenobjekte durch Spalte bzw. Doppelspalte gezeigt werden

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Heisenberg'sche Unschärferelation (2 Ustd.)	erläutern die Aussagen und die Konsequenzen der Heisenberg'schen Unschärferelation (Ort-Impuls, Energie- Zeit) an Beispielen (UF1, K3),  bewerten den Einfluss der Quantenphysik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbildes und auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis (B4, E7).		Die Heisenberg'sche Unschärferelation kann (aus fachlicher Sicht) nur plausibel gemacht werden aufgrund des sich aus der Interferenzbedingung ergebenden Querimpulses eines Quantenobjekts, wenn dieses einen Spalt passiert.
<b>10 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

## Inhaltsfeld: *Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik (LK)*

### Kontext: *Geschichte der Atommodelle, Lichtquellen und ihr Licht*

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Atomaufbau:</b> Kern-Hülle-Modell (2 Ustd.)	geben wesentliche Schritte in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell wieder (UF1),	Recherche in Literatur und Internet  Rutherford'scher Streuversuch	Diverse Atommodelle (Antike bis Anfang 20. Jhd.)  Per Arbeitsblatt oder Applet (z.B. <a href="http://www.schulphysik.de/java/physlet/applets/rutherford.html">http://www.schulphysik.de/java/physlet/applets/rutherford.html</a> )
Energiequantelung der Hüllelektronen (3 Ustd.)	erklären Linienspektren in Emission und Absorption sowie den Franck-Hertz-Versuch mit der Energiequantelung in der Atomhülle (E5),	Linienspektren, Franck-Hertz-Versuch	Linienspektren deuten auf diskrete Energien hin
Linienspektren (3 Ustd.)	stellen die Bedeutung des Franck-Hertz-Versuchs und der Experimente zu Linienspektren in Bezug auf die historische Bedeutung des Bohr'schen Atommodells dar (E7).	Durchstrahlung einer Na-Flamme mit Na- und Hg-Licht (Schattenbildung), Linienspektren von H	Demonstrationsversuch, Arbeitsblatt
Bohr'sche Postulate (2 Ustd.)	formulieren geeignete Kriterien zur Beurteilung des Bohr'schen Atommodells aus der Perspektive der klassischen und der Quantenphysik (B1, B4),	Literatur, Arbeitsblatt	Berechnung der Energieniveaus, Bohr'scher Radius
<b>10 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Physik in der Medizin (Bildgebende Verfahren, Radiologie)**

Inhalt (Ustd. à 45 min)	Kompetenzen Die Schülerinnen und Schüler...	Experiment / Medium	Kommentar
<b>Ionisierende Strahlung:</b> Detektoren (3 Ustd.)	benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6),	Geiger-Müller-Zählrohr, Arbeitsblatt Nebelkammer	Ggf. Schülermessungen mit Zählrohren (Alltagsgegenstände, Nulleffekt, Präparate etc.) Demonstration der Nebelkammer, ggf. Schülerbausatz Material zu Halbleiterdetektoren
Strahlungsarten (5 Ustd.)	erklären die Ablenkbarkeit von ionisierenden Strahlen in elektrischen und magnetischen Feldern sowie die Ionisierungsfähigkeit und Durchdringungsfähigkeit mit ihren Eigenschaften (UF3), erklären die Entstehung des Bremsspektrums und des charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung (UF1), benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6), erläutern das Absorptionsgesetz für Gamma-Strahlung, auch für verschiedene Energien (UF3),	Absorption von $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -Strahlung Ablenkung von $\alpha$ -Strahlen im Magnetfeld Literatur (zur Röntgen-, Neutronen- und Schwerionenstrahlung)	Ggf. Absorption und Ablenkung in Schülerexperimenten
Dosimetrie (2 Ustd.)	erläutern in allgemein verständlicher Form bedeutsame Größen der Dosimetrie (Aktivität, Energie- und Äquivalentdosis) auch hinsichtlich der Vorschriften zum Strahlenschutz (K3),	Video zur Dosimetrie Auswertung von Berichten über Unfälle im kerntechnischen Bereich	

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Bildgebende Verfahren (4 Ustd.)	stellen die physikalischen Grundlagen von Röntgenaufnahmen und Szintigrammen als bildgebende Verfahren dar (UF4), beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4),	Schülervorträge auf wissenschaftlichem Niveau (mit fachsprachlichen Formulierungen) Exkursion zur radiologischen Abteilung des Krankenhauses	Nutzung von Strahlung zur Diagnose und zur Therapie bei Krankheiten des Menschen (von Lebewesen) sowie zur Kontrolle bei technischen Anlagen
<b>14 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

### **Kontext: (Erdgeschichtliche) Altersbestimmungen**

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Radioaktiver Zerfall:</b> Kernkräfte (1 Ustd.)	benennen Protonen und Neutronen als Kernbausteine, identifizieren Isotope und erläutern den Aufbau einer Nuklidkarte (UF1),	Ausschnitt aus Nuklidkarte	Aufbauend auf Physik- und Chemieunterricht der Mittelstufe
Zerfallsprozesse (7 Ustd.)	identifizieren natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse mithilfe der Nuklidkarte (UF2),	Elektronische Nuklidkarte	Umgang mit einer Nuklidkarte Siehe <a href="http://www.marcoschwarz-online.de/einstein-sagt/download-nukliddaten/">http://www.marcoschwarz-online.de/einstein-sagt/download-nukliddaten/</a>
	entwickeln Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit radioaktiver Substanzen (E4, E5),	Radon-Messung im Schulkeller (Zentralabitur 2008)	Siehe <a href="http://www.physik-box.de/radon/radonseite.html">http://www.physik-box.de/radon/radonseite.html</a> Ggf. Auswertung mit Tabellenkalkulation durch Schüler

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
	nutzen Hilfsmittel, um bei radioaktiven Zerfällen den funktionalen Zusammenhang zwischen Zeit und Abnahme der Stoffmenge sowie der Aktivität radioaktiver Substanzen zu ermitteln (K3),  leiten das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (E6),	Tabellenkalkulation  Ggf. CAS	Linearisierung, Quotientenmethode, Halbwertszeitabschätzung, ggf. logarithmische Auftragung  Aufbauend auf der Herleitung der Kondensatorrentladung
Altersbestimmung (2 Ustd.)	bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C14-Methode (UF2),	Arbeitsblatt	Ggf. Uran-Blei-Datierung
<b>10 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Energiegewinnung durch nukleare Prozesse**

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Kernspaltung und Kernfusion:</b> Massendefekt, Äquivalenz von Masse und Energie, Bindungsenergie (2 Ustd.)	bewerten den Massendefekt hinsichtlich seiner Bedeutung für die Gewinnung von Energie (B1), bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1),	Video Kernwaffenexplosion	Z.B. YouTube
Kettenreaktion (2 Ustd.)	erläutern die Entstehung einer Kettenreaktion als relevantes Merkmal für einen selbstablaufenden Prozess im Nuklearbereich (E6), beurteilen Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion anhand verschiedener Kriterien (B4),	Mausefallenmodell, Video, Applet	Mausefallenmodell ggf. per YouTube (z.B. <a href="http://www.youtube.com/watch?v=uniJX8FeCcU">http://www.youtube.com/watch?v=uniJX8FeCcU</a> )
Kernspaltung, Kernfusion (5 Ustd.)	beschreiben Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien (quantitativ) und Kernkräften (qualitativ) (UF4), hinterfragen Darstellungen in Medien hinsichtlich technischer und sicherheitsrelevanter Aspekte der Energiegewinnung durch Spaltung und Fusion (B3, K4).	Diagramm $B/A$ gegen $A$ , Tabellenwerk, ggf. Applet Recherche in Literatur und Internet Schülerdiskussion, ggf. Fish Bowl, Amerikanische Debatte, Pro-Kontra-Diskussion	Z.B. <a href="http://www.leifiphysik.de">http://www.leifiphysik.de</a> Siehe <a href="http://www.sn.schule.de/~sud/methodenkompendium/module/2/1.htm">http://www.sn.schule.de/~sud/methodenkompendium/module/2/1.htm</a>
<b>9 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

**Kontext: Forschung am CERN und DESY – Elementarteilchen und ihre fundamentalen Wechselwirkungen**

<b>Inhalt</b> (Ustd. à 45 min)	<b>Kompetenzen</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Experiment / Medium</b>	<b>Kommentar</b>
Kernbausteine und Elementarteilchen (4 Ustd.)	systematisieren mithilfe des heutigen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3),	Existenz von Quarks (Video) Internet (CERN / DESY)	Da in der Schule kaum Experimente zum Thema „Elementarteilchenphysik“ vorhanden sind, sollen besonders Rechercheaufgaben und Präsentationen im Unterricht genutzt werden.  Internet: <a href="http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/">http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/</a>  Schülerreferate
Kernkräfte Austauschteilchen der fundamentalen Wechselwirkungen (4 Ustd.)	vergleichen das Modell der Austauschteilchen im Bereich der Elementarteilchen mit dem Modell des Feldes (Vermittlung, Stärke und Reichweite der Wechselwirkungskräfte) (E6).  erklären an Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell mithilfe der Heisenberg'schen Unschärferelation und der Energie-Masse-Äquivalenz (UF1).	Darstellung der Wechselwirkung mit Feynman-Graphen (anhand von Literatur)	Besonderer Hinweis auf andere Sichtweise der „Kraftübertragung“: Feldbegriff vs. Austauschteilchen  Die Bedeutung der Gleichung $E=mc^2$ (den SuS bekannt aus Relativitätstheorie) in Verbindung mit der Heisenberg'schen Unschärferelation in der Form $\Delta E \Delta t \approx h$ (den SuS bekannt aus Elementen der Quantenphysik) für die Möglichkeit des kurzzeitigen Entstehens von Austauschteilchen ist herauszustellen
Aktuelle Forschung und offene Fragen der Elementarteilchenphysik (z.B. Higgs-Teilchen, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie, ...) (3 Ustd.)	recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen in der Elementarteilchenphysik (K2),	Literatur und Recherche im Internet  „CERN-Rap“: <a href="http://www.youtube.com/watch?v=7VshToyoGI8">http://www.youtube.com/watch?v=7VshToyoGI8</a>	Hier muss fortlaufend berücksichtigt werden, welches der aktuelle Stand der Forschung in der Elementarteilchenphysik ist (derzeit: Higgs-Teilchen, Dunkle Materie, Dunkle Energie, Asymmetrie zwischen Materie und Antimaterie, ...)  Der CERN-Rap gibt eine für Schülerinnen und Schüler motivierend dargestellte Übersicht über die aktuelle Forschung im Bereich der Elementarteilchenphysik
<b>11 Ustd.</b>	<b>Summe</b>		

Hinweis: In diesem Bereich sind i. d. R. keine bzw. nur in Ausnahmefällen Realexperimente für Schulen möglich. Es sollte daher insbesondere die Möglichkeit genutzt werden, auf geeignete Internetmaterialien zurück zu greifen. Nachfolgend sind einige geeignet erscheinende Internetquellen aufgelistet. Internet-Materialien (Letzter Aufruf Jan 2012):

- CERN-Film zum Standardmodell (sehr übersichtlich):
  - <http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/kurzvideos/film6.wmv>
- 3SAT-Film zum Standardmodell (elementar):
  - <http://www.youtube.com/watch?v=WfiDw-mpdso>
- Einführung in Teilchenphysik (DESY):
  - <http://teilchenphysik.desy.de/>
  - <http://kworkquark.desy.de/1/index.html>
- Übungen und Erklärungen zu Ereignisidentifikation (umfangreiche CERN-Internetseite zum Analysieren von (Original-) Eventdisplays) am Computer:
  - <http://kjende.web.cern.ch/kjende/de/wpath.htm>
- Ausgezeichnete Unterrichtsmaterialien des CERN zur Teilchenphysik:
  - <http://project-physicsteaching.web.cern.ch/project-physicsteaching/german/>
- Übungen zur Teilchenphysik in der Realität:
  - <http://physicsmasterclasses.org/neu/>
  - <http://www.teilchenwelt.de/>
- Naturphänomene und Anregungen für den Physikunterricht:
  - <http://www.solstice.de>
- ... und vieles mehr:
  - <http://www.teilchenwelt.de/material/materialien-zur-teilchenphysik/>