

FACHCURRICULUM
DES FACHS PHYSIK DER
KLAUS-GROTH-SCHULE NEUMÜNSTER
BESCHLUSSFASSUNG ZUR SEK. 1 & SEK. 2

FACHSCHAFT PHYSIK
August 2025

Inhaltsverzeichnis

1 Vorbemerkungen	6
1.1 Die Rolle des schulinternen Fachcurriculums	6
1.2 Die Basiskonzepte der Physik	6
1.3 Erkenntnismethoden und didaktisches Leitbild	6
1.4 Rahmenbedingung Kontingenztafel	9
1.5 Farblegende	9
2 Einordnung und Reihenfolge der Sachgebiete	10
3 Sachgebiete der 7. Klasse	11
3.1 Magnetismus (ca. 10 Std.): Inhalte und Hinweise	11
3.1.1 Fachsprache	12
3.1.2 Zentrale Experimente	12
3.1.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole	12
3.1.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen	12
3.2 Optik 1 – Licht und Schatten, Farben (ca. 20 Std.): Inhalte und Hinweise	13
3.2.1 Fachsprache	14
3.2.2 Zentrale Experimente	14
3.2.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole	15
3.2.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen	15
3.3 Wärme 1 – Temperatur (ca. 20 Std.): Inhalte und Hinweise	16
3.3.1 Fachsprache	16
3.3.2 Zentrale Experimente	16
3.3.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole	16
3.3.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen	17
3.4 Energie 1: qualitativer Begriff (ca. 10 Std.): Inhalte und Hinweise	18
3.4.1 Fachsprache	19
3.4.2 Zentrale Experimente	19
3.4.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole	19
3.4.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen	19
3.5 Energie 2: quantitativer Begriff	19
4 Sachgebiete der 8. Klasse	20
4.1 Mechanik 1 (ca. 20 Std.): Inhalte und Hinweise	20
4.1.1 Fachsprache	21
4.1.2 Zentrale Experimente	21
4.1.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole	21
4.1.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen	21
4.2 Elektrizitätslehre 1 – einfache elektrische Stromkreise und Stromstärke (ca. 20 Std.): Inhalte und Hinweise	22
4.2.1 Fachsprache	23
4.2.2 Zentrale Experimente	23

4.2.3	Verbindliche Gleichungen / Symbole	23
4.2.4	Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen	23
4.3	Optik 2 – Lichtbrechung, optische Abbildungen und Farben (ca. 20 Std.): Inhalte und Hinweise	24
4.3.1	Fachsprache	25
4.3.2	Zentrale Experimente	25
4.3.3	Verbindliche Gleichungen / Symbole	25
4.3.4	Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen	25
5	Sachgebiete der 9. Klasse	26
5.1	Mechanik 2 – Statische Kräfte und Druck (ca. 18 Std.): Inhalte und Hinweise	26
5.1.1	Fachsprache	27
5.1.2	Zentrale Experimente	27
5.1.3	Verbindliche Gleichungen / Symbole	27
5.1.4	Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen	28
5.2	Wärme 2 – Wärmetransport (ca. 10 Std.): Inhalte und Hinweise	29
5.2.1	Fachsprache	29
5.2.2	Zentrale Experimente	29
5.2.3	Verbindliche Gleichungen / Symbole	30
5.2.4	Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen	30
5.3	Elektrizitätslehre 2 – Elektrisches Potenzial und Spannung (ca. 18 Std.): Inhalte und Hinweise	31
5.3.1	Fachsprache	32
5.3.2	Zentrale Experimente	32
5.3.3	Verbindliche Gleichungen / Symbole	32
5.3.4	Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen	32
5.4	Elektrizitätslehre 3 – Elektromagnetismus (ca. 14 Std.): Inhalte und Hinweise	33
5.4.1	Fachsprache	33
5.4.2	Zentrale Experimente	33
5.4.3	Verbindliche Gleichungen / Symbole	33
5.4.4	Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen	33
6	Sachgebiete der 10. Klasse	34
6.1	Elektrizitätslehre 4 – Induktion und Energie (ca. 20 Std.): Inhalte und Hinweise	34
6.1.1	Fachsprache	34
6.1.2	Zentrale Experimente	34
6.1.3	Verbindliche Gleichungen / Symbole	34
6.1.4	Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen	35
6.2	Mechanik 3 – Beschleunigte Bewegungen (ca. 10 Std.): Inhalte und Hinweise	36
6.2.1	Fachsprache	36
6.2.2	Zentrale Experimente	36
6.2.3	Verbindliche Gleichungen / Symbole	36
6.2.4	Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen	36
6.3	Atom- und Kernphysik – Elementarteilchen (ca. 2 Std.): Inhalte und Hinweise	37
6.4	Atom- und Kernphysik – Radioaktiver Zerfall und Kernenergie (ca. 20 Std.): Inhalte und Hinweise	38

6.4.1	Fachsprache	38
6.4.2	Zentrale Experimente	39
6.4.3	Verbindliche Gleichungen / Symbole	39
6.4.4	Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen	39
7	Sachgebiete der Einführungsphase	40
7.1	Mechanik - Kinematik und Dynamik: Inhalte und Hinweise	40
7.1.1	Fachsprache	41
7.1.2	Zentrale Experimente	41
7.1.3	Verbindliche Gleichungen / Symbole	41
7.1.4	Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen	42
7.2	Felder - Elektrische Felder und Bewegung im homogenen elektrischen Feld	43
7.2.1	Fachsprache	44
7.2.2	Zentrale Experimente	44
7.2.3	Verbindliche Gleichungen / Symbole	44
7.2.4	Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen	44
8	Sachgebiete der Qualifizierungsphase 1	45
8.1	Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen: Inhalte und Hinweise	45
8.1.1	Fachsprache	46
8.1.2	Zentrale Experimente	46
8.1.3	Verbindliche Gleichungen / Symbole	46
8.1.4	Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen	46
8.2	Bewegungen in Magnetfeldern und Elektrodynamik: Inhalte und Hinweise	48
8.2.1	Fachsprache	49
8.2.2	Zentrale Experimente	49
8.2.3	Verbindliche Gleichungen / Symbole	49
8.2.4	Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen	49
9	Sachgebiete der Qualifizierungsphase 2	51
9.1	Quantenphysik: Inhalte und Hinweise	51
9.1.1	Fachsprache	52
9.1.2	Zentrale Experimente	53
9.1.3	Verbindliche Gleichungen / Symbole	53
9.1.4	Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen	53
9.2	Quantenphysik und Wahlthema: Inhalte und Hinweise	54
9.2.1	Fachsprache	55
9.2.2	Zentrale Experimente	55
9.2.3	Verbindliche Gleichungen / Symbole	55
9.2.4	Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen	55
10	Hinweise zur Vorbereitung auf das schriftliche Zentralabitur	55

11 Leistungsbewertung	56
12 Beitrag zur Medienkompetenzbildung	57
13 Fördermaßnahmen	58
14 Evaluation und Ausbau des Fachcurriculums	59

1 Vorbemerkungen

1.1 Die Rolle des schulinternen Fachcurriculums

Die Umstellung auf den neunjährigen Bildungsgang an weiterführenden allgemeinbildenden Schulen macht u.a. aufgrund der veränderten Kontingenztafel eine Neuordnung der Unterrichtsinhalte notwendig. Auch aus diesem Grund wurden im Februar 2019 neue, sogenannte Fachanforderungen für das Fach Physik vom Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur des Landes Schleswig-Holstein veröffentlicht. Sie sind unter der Adresse <https://lehrplan.lernnetz.de> zu finden. Dort ist zu lesen: „Die Fachanforderungen beschreiben die didaktischen Grundlagen der jeweiligen Fächer und den spezifischen Beitrag der Fächer zur allgemeinen und fachlichen Bildung. Darauf aufbauend legen sie fest, was Schülerinnen und Schüler jeweils am Ende der Sekundarstufe I beziehungsweise am Ende der Sekundarstufe II wissen und können sollen.“

Den Schulen wird innerhalb der Rahmenvorgaben dieser Fachanforderungen Freiheit hinsichtlich der genaueren Ausgestaltung des Physikunterrichts und der Anpassung der Unterrichtsinhalte und -methoden an die nicht landesweit einheitliche Verteilung der Physikstunden auf die Klassenstufen gegeben.

In dem hier vorliegenden Fachcurriculum dokumentiert die Fachkonferenz Physik ihre Vereinbarungen zur genaueren Gestaltung des Physikunterrichts an der Klaus-Groth-Schule.

1.2 Die Basiskonzepte der Physik

Basiskonzepte der Physik sind nach den Fachanforderungen im Wesentlichen fachtypische, den einzelnen Sachinhalten übergeordnete Begriffe der Erkenntnisstrukturierung. Sie besitzen sowohl innerhalb der Sachgebiete als auch sachgebietübergreifend eine hohe Relevanz. Die Fachanforderungen nennen vier dieser Basiskonzepte:

- | | |
|------------|-------------------|
| 1. Energie | 3. System |
| 2. Materie | 4. Wechselwirkung |

Ein Ziel ist es, diese Begriffe an vielen Stellen des Unterrichts aufzunehmen, um eine Vernetzung von Einzelinhalten zu schaffen und somit strukturierende Zusammenfassungen über die Sachgebiete hinweg vorzunehmen. Sicherlich, so denken wir, gäbe es andere oder weitere Basiskonzepte, die durch explizite Nennung einen besonderen, übergeordnet-strukturierenden Schwerpunkt bilden könnten, beispielsweise das Konzept der Erhaltungssätze, welches aber im Basiskonzept *System* aufgeht. Darüber hinaus sind wir der Möglichkeit eigener Setzungen übergeordneter Aspekte durch die Fachanforderungen nicht beraubt.

Das Basiskonzept *Energie* nimmt unter den Basiskonzepten insofern eine Sonderrolle ein, als dass es neben dem übergeordneten Aspekt auch in eigenen Sachgebieten (Energie 1 und 2) mit bedeutenden Einzelinhalten behandelt wird. Insbesondere die

Inhalte des Sachgebiets *Energie 2* sollen an konkreten Beispielen anderer Sachgebiete aufgenommen und angewendet werden.

1.3 Erkenntnismethoden und didaktisches Leitbild

Der Unterricht im Fach Physik fragt nach den grundlegenden Verhaltensprinzipien unbelebter Natur. Unserem Wahrnehmungsapparat tritt die uns umgebende unbelebte Natur nun grob gesagt als eine Ansammlung von Gegenständen entgegen, die Eigenschaften besitzen und Beziehungen haben. Diese Eigenschaften und Beziehungen zu beschreiben und nachzuweisen, ist eine Hauptaufgabe der Physik. In der fachdidaktischen Literatur, aber auch in unseren Erfahrungen mit jungen Lernenden, haben sich u.a. die folgenden Aspekte herauskristallisiert, die hinsichtlich eines knappen didaktischen Leitbildes von besonderer Bedeutung sind:

- **Beobachtung / genaue Beschreibung:**

Ein erster Schritt, um der Frage nach dem Verhalten von Gegenständen näher zu kommen, ist sicherlich die genaue Beobachtung dieses Verhaltens. Aus diesem Grund sollten die Schüler*innen im Physikunterricht an vielen Beispielen trainieren, ihr Beobachtungsvermögen zu schärfen. Die Kommunikation über das Beobachtete gewinnt u.a. seine hohe Bedeutung durch:

- die prozessorientierte Präzisierung der Sprache.
- die Ausprägung klarer Begriffe, bereits eine Beschreibung kann einen physikalischen Begriff nahelegen.
- den Abgleich verschiedener Beobachtungen.
- die klare Trennung der Beobachtung von vorhandenen Modellierungs- und Erklärungskonzepten.

Es kann zur Betonung des letztgenannten Aspekts sinnvoll sein, den Lernenden z.B. durch eine abgestimmte Protokollstruktur Hilfen bei der Beschreibung zu geben, auch um die Beobachtung auf Teilaspekte zu fokussieren.

- **Abstraktion:**

Die der Wahrnehmung zugänglichen Gegenstände besitzen eine unglaubliche Fülle von Eigenschaften. Zudem werden bestimmten Gegenständen insbesondere im fantasievollen, kindlichen Bewusstsein weitere nicht unmittelbar beobachtbare Eigenschaften zugeschrieben. So könnte z.B. die Sonne einen Charakter besitzen, sie will dann aufgehen und den Tag erhellen. Um den grundlegenden, messbaren und dadurch belegbaren Eigenschaften näher zu kommen, wird von fast allen diesen Eigenschaften abstrahiert: Die Gegenstände werden als stark reduziert gedacht. Die Sonne würde im Bereich der Gravitationsmechanik z.B. nur hinsichtlich ihres Anziehungsaspekts betrachtet und oft sogar lediglich als Massenpunkt gesehen. Dieser im Denken stattfindende Reduktionsprozess (die eigentliche Abstraktion)

ist ein schwieriger, weil der Wahrnehmung widersprechender und ungewohnter Denkprozess für junge Lernende.

Es ist somit entscheidend, die Abstraktionsschritte kindgerecht zu wählen und das Abstraktionsvermögen an vielen Untersuchungen der Grundeigenschaften von Gegenständen zu trainieren.

Der Abstraktionsprozess bei der Analyse der Gegenstandseigenschaften führt nicht selten auf einen physikalischen Begriff, wie z.B. den der Masse eines Körpers, dem nur noch die Eigenschaften der Trägheit und der Schwere zukommen. Die Lernenden sollten im Unterricht Gelegenheit erhalten, einen solchen Begriff aus vielen konkreten, anschaulichen Beobachtungen heraus zu extrahieren.

Auch die Darstellung der Beziehungen zwischen den, den Gegenstand betreffenden, physikalischen Begriffen unterliegt einem zunehmenden Abstraktionsprozess. Exemplarisch könnte die Bewegung eines Schlittens dargestellt werden durch:

1. eine verbale Beschreibung des konkret sichtbaren Vorgangs
2. eine Pfeildarstellung, die den Schlitten und seine Bewegung näher beschreibt
3. konkrete Messdaten, Zahlen, die zeigen, wo der Schlitten wann ist (Zeit und Ort)
4. einen Graphen, der die Messdaten in einem Koordinatensystem abbildet
5. die Beschreibung des Graphen durch Begriffe wie Steigung oder Je-desto-Sätze
6. eine kompakte mathematische Gleichung, die die Beziehung zwischen Zeit und Ort beschreibt
7. Begriffe wie z.B. *konstante Beschleunigung*, die die Bewegung charakterisiert

Es ist aufgrund der immensen Vorteile bei der Lösung physikalischer Probleme anzustreben, im Verlauf der Physikausbildung zunehmend die mathematische Sprache zu verwenden und die Kraft des mathematischen Formalismus aus der Sicht der Physik kennen zu lernen. Es sollte jedoch stark darauf geachtet werden, diesen Formalismus nicht zu früh und nicht ohne die vorangegangenen Konkretionen zu verwenden, um ihn nicht gegenstandslos zu verwenden oder als bloßes „Formelgeschiebe“ zu deklassieren.

• Experimente:

Experimente, manchmal auch als *Versuch*¹ bezeichnete Tätigkeiten, treten an vielen Stellen des Physikunterrichts auf. Sie haben oft eine der folgenden drei Funktionen:

¹Es ist durchaus tiefgründig, dass das bescheidene Wort *Versuch* die untersuchende Tätigkeit beschreibt. Interessant ist die Frage, was eigentlich versucht wird: eine Beobachtung, eine Bestätigung der Modellierung, das Hervorrufen eines neuen Effekts oder eine präzise Messung?

1. Den Schüler*innen wird eine neue Beobachtung zugänglich gemacht. Diese Beobachtung ist interessant (verblüffend, unerwartet, schön, wirkt paradox etc.) und regt deshalb dazu an, Erklärungen des beobachteten Verhaltens der Natur nachzuspüren. In dieser Funktion sollte das Experiment einen wohl gewählten Komplexitätsgrad aufweisen, um je nach Unterrichtsziel angemessen viele Erklärungsansätze berücksichtigen zu können.
2. Anknüpfend an die im Punkt „Modellierung“ genannten, möglicherweise Unsicherheit erzeugenden Fragen soll ein Experiment dazu dienen, eine gezielte Frage nach dem Verhalten der Natur in einem hinsichtlich der Einflussgrößen reduzierten Arrangement zu beantworten. Es kann sehr wertvoll sein, den gesamten Prozess vom Ringen um eine präzise Fragestellung über die Planung eines passenden Experiments zur Beobachtung und dem Rückschluss auf die Ausgangsfrage in Schüler*innenhände zu geben.
3. In diesem Fall wird zwar etwas untersucht, der Fokus liegt aber auch auf der Einübung des Umgangs mit den Experiment- und Messelementen. Der Umgang z.B. mit elektrischen Multimetern zur Messung von Stromstärken und Spannungen sollte trainiert werden, um in folgenden Experimenten die Konzentration überhaupt von der Bedienung auf die Beobachtung / Messung lenken zu können.

Der Wert von Experimenten im Unterricht hinsichtlich des Lernzuwachses ist in der Fachliteratur umstritten. In jedem Fall sind sie aber ein unverzichtbarer Bestandteil des physikalischen Erkenntnisweges, der den Lernenden bekannt gemacht werden sollte.

• Modellbildung:

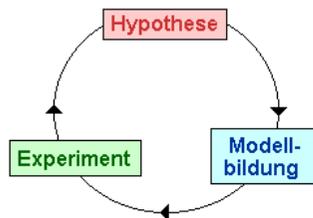
Der kreative Prozess der Modellbildung in der Physik besteht u.a. in einer Unterstellung von Gegenständen in Beobachtungssituationen: Der Natur werden Gegenstände und wohl gewählte Eigenschaften dort hinzugedacht, wo der Wahrnehmung eigentlich keine Gegenstände zugänglich sind. Z.B. erklären wir das Leuchten einer Lampe im elektrischen Stromkreis (der Stromkreis ist bereits eine Unterstellung) mit der Existenz von Elektronen, ihrem Bewegungsverhalten und ihrer Eigenschaft, Energie transportieren zu können. Tatsächlich sieht wohl aber niemand Elektronen in einem solchen Experiment. Der Drang nach einer Ursache (der nach Schopenhauer im Menschen verankerte Satz vom zureichenden Grunde) sowie unsere Eigenschaft, in unserer Wahrnehmung der Umgebung Gegenstände zu finden, treibt uns in die Erfindung neuer Gegenstände und ihrer kausal wirkenden Eigenschaften.

Man ist geneigt zu sagen: Wir möchten Gegenstände haben, um Ursachen benennen zu können und Beobachtungen kausal zu erklären.

Diese Vergegenständlichung ist natürlich nicht eindeutig und zudem wieder mit Abstraktion behaftet, weil wir nur die Gegenstände und Eigenschaften hinzudenken wollen, die zur ursächlichen Erklärung der Beobachtung auch nötig sind.

Besonders drei Aspekte erscheinen uns für den Unterricht dabei relevant:

1. Dem Hinzudenken der Gegenstände sollte Zeit eingeräumt werden. Selbstverständlich ist die Kreativität der Schüler*innen, wenn sie selbst modellieren sollen, angemessen zu berücksichtigen. Der Unsicherheit bei der Modellierung, die sich aus dem Fragenkomplex *Gibt es die hinzugedachten Gegenstände denn? Wie sehen die eigentlich aus? Wie verhalten die sich denn, wenn ...? Ist es wirklich so, wie wir uns das denken?* ergibt, sollte u.a. mit Rücksicht und Verständnis begegnet werden. Erfolgreiche Vorhersagen über das Verhalten der Natur, die sich aus der Modellierung ergeben, können das Vertrauen in die hinzugedachten Gegenstände stärken und somit die Unsicherheit mildern.
2. Um der Modellierung, also den hinzugedachten Gegenständen, Eigenschaften und zugehörigen Regeln, eine konkretere Fassbarkeit zu geben, muss es die Möglichkeit der Ausschärfung der Modellbildung durch weitere Beobachtungen geben. Die Modellierung bleibt zwar allein im Denken verortet, gewinnt aber durch häufige Anwendung und die damit einhergehende Gewöhnung an Gestalt.
3. Der Modellbildungsprozess ist nie abgeschlossen. Insbesondere in späteren Phasen des Physikunterrichts sollten die Grenzen der Modellierung thematisiert werden. Es kann sehr wertvoll sein, die Haltung zu betonen, dass das Ziel unseres unterrichtlichen Forschens nicht die Bestätigung der Modellierung, sondern im Sinne Poppers die Grenzfindung und Widerlegung der Modellierung ist, um bessere Modellierungen / Abwandlungen zu finden und dadurch unseren Erklärungs- und Vorhersageraum auszuweiten. Die Modellbildung, ob in der Schule oder im professionellen Wissenschaftsbetrieb ist somit vereinfacht dargestellt in einen fortwährenden Entwicklungskreislauf eingebunden, die auf die experimentellen Ergebnisse und sich daraus ergebenden Hypothesen mit Anpassung reagieren muss.²



- **Handlungsorientierung:**

Die Schüler*innen sollen durch den Physikunterricht befähigt werden, selbst handelnd Erkenntnisse zu gewinnen. Die Fachanforderungen schreiben hierzu: „Vielmehr muss die Vermittlung einer [...] Wissensbasis kombiniert werden mit dem

Erwerb der Schülerinnen und Schüler von Fähigkeiten und Fertigkeiten, die sie zur Gewinnung eigener Erkenntnisse sowie zur Bewertung und Kommunikation von Erkenntnissen befähigen.“

Deshalb sollten die Lerngelegenheiten Raum für eigene Handlungen, das selbsttätige Experimentieren sowie Anwenden bekannter Inhalte auf neue Situationen, geben.

- **Vorwissen:**

Die Schüler*innen bringen eine Menge eigener Erlebnisse, Beobachtungen, sprachlicher Beschreibungen und Kenntnisse aus ihrem Alltag mit in den Physikunterricht. Der Unterricht sollte dies als Chance verstehen, die Präkonzepte der Lernenden, also ihre bereits verankerten Denkinhalte mit den Unterrichtsinhalten sinnvoll, manchmal korrigierend abzugleichen und zu verknüpfen. Dies birgt die Vorteile, durch die Vernetzung mit dem Erleben der Schüler*innen einerseits eine höhere Lerneffektivität zu erreichen, andererseits die physikalischen Lerninhalte nicht als separaten Teil der Erkenntnis dastehen zu lassen und so Motivation und Erkenntnisintegration zu fördern.

- **Sinnstiftung:**

Alltägliche Erfahrung und Konsens in der Lernforschung ist es, dass Lerninhalte dann besser aufgenommen und verankert werden können, wenn sie als relevant und damit potentiell sinnvoll für das eigene Leben eingestuft werden. Es soll betont werden, dass die Einschätzung der Sinnhaftigkeit nicht ausschließlich utilitaristischen Kriterien folgt. Für den Physikunterricht ist es somit wertvoll, Kontexte zu nutzen, die von den Schüler*innen als relevant eingestuft werden können.

Dies ist nun deshalb für die Lehrkraft gar nicht so einfach, weil wir das Leben der jungen Menschen und ihr „Relevanzprofil“ ja gar nicht genau kennen. Verschiedene Aspekte halten wir in diesem Zusammenhang für wichtig:

- **Relevanz kennen lernen:**

Z.B. durch Interessenabfragen oder einfach durch persönliche Gespräche kann ein Eindruck von dem bekannt werden, was den Schüler*innen im weiten physikalischen Bereich wichtig erscheint.

- **persönliche und gesellschaftliche Relevanz nutzen:**

Ohne große Abfragen lassen sich sicherlich bestimmte Kontexte von Relevanz benennen: Z.B. sind die Kontexte *Klima, seine Veränderung und Auswirkungen auf unser Leben* oder *elektronische Kommunikation, mein Handy* oder *elektrische Energie, Probleme der Erzeugung und der Verteilung* sowohl bei Schüler*innen und in der gesellschaftlichen Diskussion omnipräsent. Aber auch ein auf den ersten Blick kleinerer Kontext wie *Abbildungen – Bedürfnis nach ihnen, Herstellung und Reproduktion* kann als sinnstiftend bezeichnet werden.

Insbesondere im Bereich von Großkontexten ist es wertvoll im Unterricht

²Die folgende Abbildung ist dem Landesbildungsserver Baden-Württemberg entnommen.

kleinere Kontexte zu bilden (*Speicherung elektrischer Energie – wie gelingt meinem Handy das? oder Warum wird das Deo-Spray so kalt?*) um dem Sachgegenstand gerecht werden zu können und dabei den Großkontext nicht zu verlieren.

– **Relevanz schaffen:**

Das, was wir oder die Gesellschaft als relevant einstufen, muss für junge Menschen noch lange nicht relevant sein. So liegt es am unterrichtlichen Geschehen, Relevanz zu schaffen und so Sinnstiftung zu ermöglichen. Z.B. kann die Relevanz der Energieproblematik durch das Bewusstsein der Abhängigkeit des eigenen Lebens von der Nutzung elektrischer Energie gefördert werden – wie sähe mein Leben ohne Nutzung elektrischer Energie aus? Dem Versuch der Relevanzschaffung sollte im Unterricht genügend Zeit eingeräumt werden.

Die Bewertung von Rahmenkontexten als besonders relevant unterliegt einem zeitlichen Wandel. Man denke z.B. an die Entwicklung der Relevanz des Klimakontextes in unserer Gesellschaft. Die hier folgende Darstellung der Sachgebiete weist wesentliche Rahmenkontexte **magentafarben hinterlegt aus**. Sie Bedarf einer stetigen Prüfung, die in Kapitel 14 näher beschrieben wird.

1.4 Rahmenbedingung Kontingenzstundentafel

Die Kontingenzstundentafel weist für das Fach Physik in den Mittelstufenklassen eine durchgehende Zweistündigkeit aus. Die Reihenfolge der Themen und die Angaben der vorgesehenen Stunden je Sachgebiet orientieren sich an dieser Planung.

1.5 Farblegende

Teile des folgenden Textes sind farbig gekennzeichnet. Sie sollen auf bestimmte Kategorien und Bezüge aufmerksam machen:

- Gelb hinterlegte Kennzeichnungen verweisen auf Möglichkeiten des **digitalen Arbeitens**.
- Im Hinblick auf die **Förderung von Bewegung** im Unterricht werden Vorschläge zur Umsetzung in den Hinweisen mit orange gekennzeichnet. Es sei hier darauf hingewiesen, dass der Physikunterricht durch seine Fülle an Schülerexperimenten ohnehin ein – im Vergleich zu anderen Fächern – hohes Maß an Bewegungsmöglichkeiten bietet. Die Fachschaft Physik strebt an, diese noch durch eine Sammlung von erfahrungsgemäß hochmotivierenden Escape-Szenarien auszubauen.
- Blau hinterlegte Kennzeichnungen stellen Bezüge zu dem Themengebiet **Energie 2 – quantitativer Energiebegriff** dar.
- Die Möglichkeit zu **fächerübergreifendem Arbeiten** ist grün gekennzeichnet.
- Der Hinweis auf mögliche **Rahmenkontexte** ist magentafarben hinterlegt.
- In der Oberstufe wird zwischen dem grundlegenden und dem erhöhten Anforderungsniveau unterschieden. Die zusätzlichen Inhalte des **erhöhten Niveaus** sind wie in den Fachanforderungen grau hinterlegt.

2 Einordnung und Reihenfolge der Sachgebiete

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht der Sachgebiete in ihrer Reihenfolge sowie die von der Fachschaft eingeschätzte notwendige Stundenzahl zur Behandlung der jeweiligen Sachgebiete. Die Fachschaft hat sich darauf geeinigt, dass eine Änderung der Abfolge der Themen innerhalb eines Schuljahres stattfinden darf, das letztgenannte Thema des Schuljahres aber an dieser Stelle verbleiben soll.

Die angegebenen Stundenzahlen sind als grobe Richtwerte zu verstehen. So weist die Summe der Stunden eines Schuljahres eine geringere Stundenzahl aus, als nach Planung für die Jahressumme vorgesehen ist. Dies ist mit Bedacht festgelegt worden, um den alltäglichen Umständen der Schule begegnen zu können und Flexibilität zu schaffen.

Klassenstufe	Sachgebiet mit ungefährender Dauer in Unterrichtsstunden
7	Magnetismus (10 Std.) Optik 1 – Licht und Schatten, Farben (20 Std.) Wärme 1 – Temperatur (20 Std.) Energie 1 - qualitativer Begriff (10 Std.)
8	Mechanik 1 (20 Std.) Elektrizitätslehre 1 – einfache Stromkreise und Stromstärke (20 Std.) Optik 2 – Lichtbrechung, optische Abbildungen und Farben (20 Std.)
9	Mechanik 2 - statische Kräfte und Druck (18 Std.) Wärme 2 – Wärmetransport (10 Std.) Elektrizitätslehre 2 – Stromstärke und Spannung (18 Std.) Elektrizitätslehre 3 – Elektromagnetismus (14 Std.)
10	Elektrizitätslehre 4 – Induktion und Energie (20 Std.) Mechanik 3 – beschleunigte Bewegungen (10 Std.) Atom- und Kernphysik – Elementarteilchen (2 Std.) Atom- und Kernphysik – radioaktiver Zerfall und Kernenergie (20 Std.) Vorbereitung auf das Arbeiten in der Oberstufe
11	Mechanik – Kinematik und Dynamik Elektrische Felder und Bewegung im homogenen elektrischen Feld
12	Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen Bewegungen in Magnetfeldern und Elektrodynamik
13	Quantenphysik Quantenphysik und Wahlthema

3 Sachgebiete der 7. Klasse

3.1 Magnetismus (ca. 10 Std.): Inhalte und Hinweise

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> • magnetische Pole • Anziehung, Abstoßung • Anziehbarkeit: Magnetismus und Material / Stoff (Eisen, Nickel, Holz, Kunststoffe etc.) • Magnetisierbarkeit • Elementarmagnetmodell • Magnetfeldlinien von Stabmagnet und Hufeisenmagnet • Magnetfeld der Erde • Kompass 	<p>Die Schüler*innen</p> <ul style="list-style-type: none"> • untersuchen Grundphänomene des Magnetismus und führen diese auf Wechselwirkungen zurück. • erläutern Grundphänomene des Magnetismus mithilfe von Modellen. • beschreiben die Struktur unterschiedlicher Magnetfelder. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Anziehbarkeit von unterschiedlichen Stoffen durch Magneten kann durch eine ausführliche Materialuntersuchung von im Raum verstreuten Gegenständen erfolgen. • Magnetische Pole sind an geeigneter Stelle von elektrischen Polen abzugrenzen. • Auch Elektromagnete können bereits im Einführungsunterricht genutzt werden, ohne dass dabei auf ihre Funktionsweise eingegangen wird. • Die Dualität der magnetischen Wirkung macht eine definitonische Unterscheidung magnetischer Pole notwendig: Magnetisch Nord kann dabei über einen „Urkompass“ definiert werden. Die Seite der Pfeilspitze wird dabei als magn. Nord definiert. Exemplarisch wird dadurch das definitonische Vorgehen von physikalischen Grundgrößen sowie die folgende Abhängigkeit aller anderen Magnetpolbenennungen deutlich. • Einflussgrößen der Wirkstärke von Magneten kann untersucht werden: Abstands- und Richtungsabhängigkeit. • Die Entmagnetisierung durch Hitze und Druck kann behandelt werden. • Geeignete Kontexte sind: Navigation (Luft- und Seefahrt), Orientierung von Vögeln und Menschen im Erdmagnetfeld. • Die Herstellung eines Kompasses kann in Projektarbeit umgesetzt werden. • Unterschiede zwischen Ferro-, Dia- und Paramagnetismus müssen nicht behandelt werden.

3.1.1 Fachsprache

- magnetische Pole: magnetischer Nord- und Südpol
- Anziehung / Abstößung
- Kompass
- Magnetfeld und Magnetfeldlinien
- Magnetisierbarkeit und Entmagnetisierung
- Elementarmagnete

3.1.2 Zentrale Experimente

Hinweis: Die hier und in den folgenden Teilen unter *Zentrale Experimente* aufgelisteten Experimente sind nicht als verbindlich anzusehen. Vielmehr stellen sie aus Sicht der Fachschaft geeignete Ausgangspunkte im Erkenntnisprozess dar.

- Anziehung und Abstößung von Stabmagneten
- Anziehung (ferromagnetischer) Stoffe
- Magnetisieren und Entmagnetisieren
- Zerteilen eines magnetisierten Gegenstandes (z.B. Büroklammer)
- Visualisierung des Magnetfeldes eines Stabmagneten und eines Hufeisenmagnets mithilfe von Eisenfeilspänen, Magnetfeldplatten oder Zeichenkompassen

3.1.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole

N(ord) und S(üd) zur Bezeichnung der Pole.

3.1.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen

Schwerpunkt Erkenntnisgewinnung:

Die Schüler*innen

- erkennen Experimente als Methode zum Erkenntnisgewinn über Sachverhalte in der Natur.
- führen Experimente zur Abstößung und Anziehung durch.
- führen Experimente zur Magnetisierbarkeit und Entmagnetisierung durch.
- führen Experimente mit dem Kompass durch.

- fertigen Versuchsbeschreibungen und Zeichnungen der Experimente an.
- erstellen erste Versuchsprotokolle.
- nutzen Eisenfeilspäne oder Magnetfeldtafeln und den Kompass zur Visualisierung des Magnetfeldes.
- nutzen das Feldlinienmodell zur Veranschaulichung und der Wirkweise von Magneten.
- nutzen das Elementarmagnetmodell zur Veranschaulichung und Erklärung von Magnetisierbarkeit und Entmagnetisierung.

Schwerpunkt Kommunikation:

Die Schüler*innen

- beschreiben Beobachtungen, Modelle und Analogien.
- formulieren eigene Überlegungen und Fragestellungen.
- äußern Vermutungen und begründen diese argumentativ.

3.2 Optik 1 – Licht und Schatten, Farben (ca. 20 Std.): Inhalte und Hinweise

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> • Lichtquellen und abgrenzend beleuchtete Gegenstände • Lichtdurchlässigkeit • Lichtbündel und Lichtstrahlen • Schatten, Halbschatten, Kernschatten • Finsternisse, Mondphasen, Jahreszeiten • Bildentstehung und Bildeigenschaften bei Abbildungen mithilfe einer Blende • Grundfarben, Mischung von Farben: Farbaddition • Absorption bestimmter Farben: Farbsubtraktion 	<p>Die Schüler*innen</p> <ul style="list-style-type: none"> • erklären, warum Gegenstände gesehen oder nicht gesehen werden können (Licht muss in Auge / auf Netzhaut treffen). • beschreiben den Sehvorgang. • beschreiben die Form von Lichtbündeln (parallel, divergent, konvergent) • deuten Lichtstrahlen als ein Modell zur Ausbreitung von Licht. • erklären die Entstehung von Schatten als relativ lichtfreien Raum. • konstruieren Schattenbilder. • treffen qualitative Voraussagen über die Größe von Schatten. • wenden die erworbenen Kenntnisse auf optische Phänomene im Sonnensystem an. • konstruieren Strahlengänge an Blenden. • treffen qualitative Vorhersagen über Bildeigenschaften bei der Abbildung an Blenden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Abgrenzung von Fehlvorstellungen des Sehens: „Sehstrahl“, „Blick werfen“ • Streuung und Absorption sollen nur phänomenologisch an beleuchteten Gegenständen behandelt werden. • Es bietet sich an, Jahreszeiten fachübergreifend mit dem Fach Geographie zu unterrichten. Die Erklärung der unterschiedlichen Erwärmung der Erdteile benötigt einen ersten anschaulichen Intensitätsbegriff. Dieser kann halbquantitativ durch Zählen von Lichtstrahlen in einer Zeichnung, die verschiedene Einfallswinkel auf dem Erdboden darstellt, plausibel gemacht werden. Auch sind Messungen dazu denkbar sowie eine erste Verknüpfung zum Energiebegriff. • Die Abbildungen an Blenden (Lochkamera) oder Aspekte davon können auch im Kontext optischer Abbildungen behandelt werden. • Ein erstes Abbildungsprinzip zur Entstehung scharfer Bilder kann formuliert werden: Zur Entstehung eines scharfen Bildes ist es notwendig, dass das Licht, was von einem Ort ausgeht, auch an einem Ort (auf dem Schirm) auftritt. Der Strahlengang an einer Blende / Lochkamera soll zur Begründung der Bildeigenschaften herangezogen werden. • Der Bau einer einfachen Lochkamera kann als Projektthema umgesetzt werden. • Finsternisse können durch interaktive Darstellungen sowie Bewegungen im Raum mit Bällen und Taschenlampen veranschaulicht werden. • Als Erweiterung können farbige Schatten behandelt werden.

<ul style="list-style-type: none"> • Reflexionsgesetz • Umkehrbarkeit des Lichtweges • Eigenschaften von Spiegelbildern 	<ul style="list-style-type: none"> • wenden das Reflexionsgesetz bei der Konstruktion von Spiegelbildern an. • beschreiben und erklären mögliche Anwendungen von Spiegeln. • analysieren Spiegelungen in Natur und Technik. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es ist sinnvoll, die Farbaddition am Beispiel von Displays und die Farbsubtraktion am Beispiel der Farben von Kleidungsstücken zu behandeln. • Weitere Eigenschaften wie Sättigung, Helligkeit, Farbton können thematisiert werden. • Subjektive Aspekte der Farbwahrnehmung können die Grenzen einer Farbtheorie aufzeigen. • Wölb- und Hohlspiegel sind nicht verbindlich zu unterrichten, können aber zur Vertiefung genutzt werden. • Es bietet sich an, Aspekte wie Symmetrie und Winkel fachübergreifend mit dem Fach Mathematik zu unterrichten. • Sicherheit im Straßenverkehr kann einen Kontext darstellen, Bsp.: Rückspiegel und toter Winkel. • Die Anwendungen von Spiegeln im Alltag und in der Technik können interessante Unterrichtsgegenstände sein: Sonnenofen in den Pyrenäen, Grillen mit Spiegeln, Lasershow mit Spiegel an Zahnbürstenkopf etc.
--	--	---

3.2.1 Fachsprache

- Lichtquelle
- Absorption und Streuung
- geradlinige Lichtausbreitung, Lichtbündel, Lichtstrahl
- Schattenarten (Halb- und Kernschatten), (relativ) lichtfreier Raum
- Mondphasen (Vollmond, Halbmond, Neumond, zunehmender und abnehmender Mond)
- Sonnen- und Mondfinsternis
- (Loch-)Blende
- Bild- und Gegenstandsweite, Bild- und Gegenstandsgröße, Abbildungsmaßstab
- Reflexion

- Strahlengang, Lot, Einfallswinkel- und Reflexions- / Ausfallswinkel

3.2.2 Zentrale Experimente

- Sichtbarmachung eines Laserlichtstrahls mit der Nebelmaschine oder Kreidestaub
- Streuung und Absorption mit hellen und dunklen Gegenständen
- Schattenarten und Schattengröße durch Beleuchtung von Gegenständen
- Mondphasen im Schüler*innen-Experiment
- Reflexion am Spiegel z.B. mit Optikkästen
- Notwendige Größe eines Spiegels (auch als Heimversuch möglich)
- Abbildungserzeugung an Lochblenden

3.2.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole

- Reflexionsgesetz am ebenen Spiegel: $\alpha_{\text{Ein}} = \alpha_{\text{Aus}}$ sowie $\alpha = \alpha'$.
- $\frac{B}{G} = \frac{b}{g} = A$

3.2.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen

Schwerpunkt Erkenntnisgewinnung:

Die Schüler*innen

- führen Experimente zur Schattenbildung und Reflexion durch.
- zeichnen den beobachteten Verlauf von Lichtstrahlen.
- konstruieren Strahlengänge zur Vorhersage von Beobachtungen.

- formulieren Hypothesen über den Strahlengang des Lichts zur Erklärung von optischen Anwendungen.

Schwerpunkt Kommunikation:

Die Schüler*innen

- beschreiben ihre Beobachtungen unter Verwendung eines Modells zur Ausbreitung von Lichtstrahlen.
- beschreiben einen Perspektivwechsel z.B. bei der Erklärung der Mondphasen.

Schwerpunkt Bewertung:

Die Schüler*innen

- bewerten die Eignung von Lochblenden zur Bilderzeugung (Größe der Blende in Bezug zu Schärfe des Bildes und Bildhelligkeit).

3.3 Wärme 1 – Temperatur (ca. 20 Std.): Inhalte und Hinweise

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> • Einfaches Teilchenmodell • Celsius-Skala • Ausdehnung von Stoffen • Flüssigkeitsthermometer, (Bimetallthermometer) • Temperaturbegriff: Maß für die (mittlere / durchschnittliche) Stärke der Bewegung von Teilchen • Aggregatzustände • Kelvinskala 	<p>Die Schüler*innen</p> <ul style="list-style-type: none"> • messen Temperaturen. • stellen Temperaturverläufe in Diagrammen dar. • erklären das Verhalten von Stoffen bei verschiedenen Temperaturen mit einem einfachen Teilchenmodell. • wenden die erworbenen Kenntnisse auf thermische Phänomene in der Alltagswelt an. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Ausdehnung von Stoffen soll qualitativ beschrieben werden. • Mit einem einfachen Teilchenmodell lassen sich thermische Phänomene schon früh zum Beispiel in Rollenspielen „begreifen“. • Die Temperatureinheiten können als Beispiel für international maßgebliche Standardisierungen gelten. • Die Bedeutung der Temperaturabhängigkeit von Naturphänomenen / physikalischen Größen des Alltags sollte qualitativ behandelt werden. • Die Anomalie des Wassers sollte als abgrenzendes Beispiel herangezogen werden. • Die selbst aufgenommenen Bilder einer Wärmebildkamera können zur Analyse von z.B. Gesichtswärmezonen oder Wärmeverteilungen an Häusern analysiert werden. Auch ist ein Bezug zum Reflexionsgesetz durch Wärmestrahlungsreflexion herstellbar.

3.3.1 Fachsprache

- Temperaturskalen, Eichung und Kalibrierung
- Thermometer
- Temperatur
- Ausdehnung durch Wärme, das Bimetall
- Siedepunkt und Schmelzpunkt
- die Aggregatzustände (fest, flüssig, gasförmig) sowie ihre Übergänge (schmelzen, erstarren, verdampfen, kondensieren)
- Teilchenmodell

3.3.2 Zentrale Experimente

- Kalibrierung eines Thermometers
- Erhitzen von Wasser unterschiedlicher Mengen
- Schmelzen von Eis und Sieden von Wasser
- Erhitzen unterschiedlicher Materialien: Messung der Längenausdehnung
- Herstellung eines einfachen Analogons zum Bimetall-Thermometer

3.3.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole

Als Formelsymbol der Temperatur ist T reserviert, ΔT für Temperaturdifferenzen.

3.3.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen

Schwerpunkt Erkenntnisgewinnung:

Die Schüler*innen

- führen Experimente zur Eichung eines Thermometers, zur Ausdehnung von Stoffen bei Temperaturänderungen und zu den Aggregatzuständen durch.

Schwerpunkt Kommunikation:

Die Schüler*innen

- vermitteln ihre Ergebnisse von Temperaturverläufen in Diagrammen und beschreiben diese.
- beschreiben ihre Beobachtungen unter Verwendung von Modellen zur Teilchenbewegung bei Aggregatzustandsänderungen.

3.4 Energie 1: qualitativer Begriff (ca. 10 Std.): Inhalte und Hinweise

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> • Energieformen: Lageenergie, Spannenergie, Bewegungsenergie, elektrische Energie, chemische Energie, thermische Energie, Strahlungsenergie • Energieumwandlungen • Energieerhaltung • Aggregatzustände, siehe Wärme 1 	<p>Die Schüler*innen</p> <ul style="list-style-type: none"> • ordnen Alltagsbeispielen darin auftretende Energieformen zu. • beschreiben und analysieren Vorgänge, in denen Energie umgewandelt wird. • nennen Beispiele, an denen deutlich wird, dass bei der Nutzung von Energie nicht die gesamte vorhandene Energie genutzt werden kann. • erklären den Wechsel des Aggregatzustandes mit der Zufuhr oder dem Entzug von Energie. 	<ul style="list-style-type: none"> • „Es wird empfohlen, diese Einheit zum qualitativen Energiebegriff zu Beginn des Physikunterrichts durchzuführen, um frühzeitig tragfähige Vorstellungen zu verankern, denn die Schülerinnen und Schüler kommen in der Regel schon mit einem rudimentären, aber teils sehr unterschiedlichen Verständnis des Energiebegriffs an den weiterführenden allgemeinbildenden Schulen.“ Aufgrund des höheren Abstraktionsgrades / der fehlenden Gegenständlichkeit legen wir dieses Thema ans Ende des Schuljahres. • Die Umwandlung von Energie durch den menschlichen Körper kann durch Treppensteig- oder Massenhub-Experimente veranschaulicht und sogar „spürbar“ gemacht werden. • Auf die besondere Rolle der Sonne als Energiequelle ist einzugehen. • „Wertlegung auf das Verständnis des Energie-Begriffs“ : Bitte genaue Einigung: Was soll Energie für die S. sein? Vorschlag: Besitzvorstellung, frühes Maß finden, um Konkretion zu schaffen. • Die Darstellung der Energieformen kann in einer Mind-Map geschehen. • Alltägliche Energiewandler und Energiewandlungsketten sind zu betrachten (LED, E-Motor, Solarzelle etc.). • Primär- und Sekundärenergieträger können unterschieden werden. • Fächerübergreifendes Arbeiten mit biologischen Aspekten (Mensch als Energiewandler, Tiere und Energiehaushalt etc.), Geographie (Primärenergieträger Kohle, Gas, Öl) sowie Sport (Brennwert und Energieumsatz bei Bewegungen) bietet sich an.

		<ul style="list-style-type: none"> • Im Rahmen des Themas <i>Nachhaltigkeit</i> sollten aktuelle Aspekte der Energieproblem-Diskussion sowie energetische Folgen von menschlichem Verhalten einbezogen werden. Hier bieten sich auch kleine Projekte zu ausgewählten Themenbereichen an. • Erste Aspekte der Energiebewertung können behandelt werden.
--	--	--

3.4.1 Fachsprache

- Energie, Energieform, Energieumwandlung, System, Komponenten des Systems, abnehmen, zunehmen, umwandeln, transportieren, speichern.
- Bewegungsenergie, Lageenergie, elektrische Energie, chemische Energie, thermische Energie, Strahlungsenergie, Spannenergie, Kernenergie.
- **Es ist zu überlegen, ob Begriffe der aktuellen Energieproblem-Diskussion aufgenommen werden sollten, so z.B.: Geo-Fracking, Eis-Albedo-Rückkopplung etc.**

3.4.2 Zentrale Experimente

- Untersuchung von Energieumwandlung an z.B. Spielzeugen
- Experimentelle Untersuchung von Energieformen (Fahrbahn, Pendel)
- Experimente an Wandlerketten
- Lageenergie und Leistung: Treppenversuch? → Maß für Energie und Leistung

3.4.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole

Die Größe *Energie* wird mit *E* abgekürzt.

3.5 Energie 2: quantitativer Begriff

Die Fachanforderung schreiben hierzu: „Es ist nicht intendiert, die aufgeführten Inhalte als zusammenhängende Einheit zu unterrichten, vielmehr wird empfohlen, die Inhalte im Rahmen der anderen Sachgebiete zu nutzen, um einen vernetzten Energiebegriff im Sinne eines Basiskonzepts aufzubauen.“

Die quantitativen Analysen des Energiekomplexes, aber auch die qualitativen Eigenschaften des Energiekonzepts werden somit an vielen Stellen anderer Sachgebiete immer wieder behandelt. Im folgenden Text wird der direkte Bezug anderer Sachgebiete zum quantitativen Energiebegriff **blau hinterlegt dargestellt.**

3.4.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen

Schwerpunkt Erkenntnisgewinnung:

Die Schüler*innen

- beschreiben Energie und Energieumwandlungen
- benennen Systeme und ihre Komponenten (Modellbildung)
- verknüpfen die Zunahme von Energie in einem System mit gleichzeitiger Abnahme von Energie eines anderen Systems (und umgekehrt)
- führen Experimente zur halbquantitativen Bestimmung der Energieformen durch.

Schwerpunkt Kommunikation:

Die Schüler*innen

- beschreiben Energietransportketten mit Flussdiagrammen

Schwerpunkt Bewertung:

Die Schüler*innen

- beschreiben, dass Energieumwandlungen immer mit „Verlusten“ einhergehen
- beschreiben politische und wirtschaftliche Auswirkungen von begrenzten Energieressourcen

4 Sachgebiete der 8. Klasse

4.1 Mechanik 1 (ca. 20 Std.): Inhalte und Hinweise

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> • Geschwindigkeit und ihre Einheiten • Geschwindigkeit als gerichtete Größe • Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit (letztere intuitiv, siehe Hinweise) • Schall- und Lichtgeschwindigkeit • Darstellungsformen von Bewegungen: Text, Wertetabelle, Zeit-Weg-Diagramm, Gleichung 	<p>Die Schüler*innen</p> <ul style="list-style-type: none"> • bestimmen Geschwindigkeiten, indem sie Strecke und Zeit messen. • vergleichen Geschwindigkeitsangaben miteinander. • bestimmen mithilfe der Durchschnittsgeschwindigkeit zurückgelegte Wege. • analysieren Bewegungsabläufe anhand von Daten in verschiedenen Darstellungsformen. • wechseln situationsgerecht zwischen verschiedenen Darstellungsformen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Der Begriff der Momentangeschwindigkeit soll ohne exakte mathematische Herleitung eingeführt werden. Der intuitive Zugang kann über alltägliche Geschwindigkeitsanzeigen (Tacho an Auto oder Fahrrad) sowie am Graphen (Steilheit des t-s-Graphen, direkt am t-v-Graphen) erfolgen. • Die Auswertung eigener Läufe durch Messung und anschließender Erstellung von Diagrammen fördert die Bewegung im Unterricht. • Die Messung von Schall- und Lichtgeschwindigkeit ist mit Impulsverfahren elektronisch umsetzbar. • Die Bestimmung der Schallgeschwindigkeit im Park mit Hilfe von Startklappen bietet sich an. • Kontexte können das Einschätzen von Gewitterfrontentfernungen sowie das Einordnen von Alltagsgeschwindigkeiten (Verkehr, Sport, Wind, Strömungen etc.) sein. • Videoanalyse von selbst erstellten / gezielt gewählten Videos sollen betrachtet werden (VianaNet). • Digitale Messwerterfassung mit LoggerPro oder Apps wie Phyfox führen zu Messwerttabellen und Graphen. • Die Umstellung der Geschwindigkeitsgleichung führt zu Lösungen von Aufgaben. • Die Umrechnung alltagsüblicher Geschwindigkeitsangaben sollte behandelt werden.

4.1.1 Fachsprache

- Zeit, Ort, Weg , Durchschnittsgeschwindigkeit
- Momentangeschwindigkeit
- Beschleunigung (qualitativ) als Geschwindigkeitsänderung

4.1.2 Zentrale Experimente

- mannigfaltige Experimente mit bewegten Objekten
- digitale Analyse von Bewegungsvideos
- Messung der Schallgeschwindigkeit

4.1.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole

- $\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, wobei hier mit s der Weg / die Strecke gemeint ist. Abgrenzung zum Ortsbegriff wichtig.
- Anstelle der Gleichung für die Durchschnittsbeschleunigung ist mit Bezug zum Thema *Lineare Gleichungen* des Fachs Mathematik nicht nur eine Weg-Gleichung, sondern die Orts-Gleichung $s(t) = v \cdot t + s_0$ zu behandeln. Hierbei ein ein präziserer und zum Steigungsbegriff der 8. Klasse anknüpfungsfähigerer Zugang zur Geschwindigkeit als Steigung im t-s-Graphen möglich.
- v als Momentangeschwindigkeit.

4.1.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen

Schwerpunkt Erkenntnisgewinnung:

Die Schüler*innen

- beschreiben Bewegungsvorgänge mit Hilfe von Messwerttabellen, Graphen und Fachbegriffen.
- berechnen Durchschnittsgeschwindigkeiten.
- analysieren Bewegungsvideos und werten die Darstellungen aus.
- formulieren die Abhängigkeiten von v , s und t .

Schwerpunkt Kommunikation:

Die Schüler*innen

- verwenden die Fach- und Symbolsprache korrekt.
- präsentieren Analyseergebnisse von Bewegungsbetrachtungen.

4.2 Elektrizitätslehre 1 – einfache elektrische Stromkreise und Stromstärke (ca. 20 Std.): Inhalte und Hinweise

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> • elektrische Sicherheit • elektrische Ladung und ihre gegenseitige Wirkung • elektrischer Strom, elektrische Stromstärke (Bedeutung und Einheit) • Leiter, Isolatoren • einfache, geschlossene Stromkreise • Kurzschluss und Sicherungen • Schaltzeichen und Schaltpläne • Reihen- und Parallelschaltung • Und- und Oder-Schaltung mit Schaltern • Ladungs- und Energietransport • Knotenregel 	<p>Die Schüler*innen</p> <ul style="list-style-type: none"> • berücksichtigen die Gefahren beim Umgang mit elektrischem Strom. • erklären elektrostatische Grundphänomene mit Hilfe des Ladungsbegriffs. • untersuchen die Leitfähigkeit von Stoffen. • beschreiben die Funktion der Elemente eines elektrischen Stromkreises. • bauen Schaltungen nach vorgegebenen Schaltplänen auf beziehungsweise zeichnen Schaltpläne zu einem vorgegebenen Aufbau. • erklären die Knotenregel qualitativ mithilfe von Analogien. • entwickeln und erproben Schaltungen zu Situationen aus dem Alltag. • unterscheiden zwischen dem Transport von Ladung und von Energie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Ladungsvorzeichendefinition kann mit der Glimmlampe erfolgen. • Die Wechselschaltung kann zur Differenzierung verwendet werden. • Ladungs- und Energietransport sollten schon früh unterschieden werden. Ein einfaches, anschauliches Transportmodell ist hier sinnvoll. • Elektrischer Ladungstransport in unterschiedlichen einfachen Schaltungen inkl. Messung der Stromstärke sollte durch Rollenspiele durch Nutzung des Physikraums (Schulhof, Parks) veranschaulicht werden. • Die Knotenregel ist bei der Einführung zum elektrischen Stromkreis nur argumentativ zu behandeln. • Die Modellhafte Begründung der Knotenregel verwendet einen naiven Widerstandsbegriff. • Eine Abschätzung der Stromstärke sollte zunächst nur qualitativ erfolgen, zum Beispiel über die Helligkeit von gleichen Glühlampen. • Die Knotenregel soll in Beschränkung auf die Nullsumme ein- und auslaufender Ströme am Knoten behandelt werden. Eine Begründung der genauen Aufteilung der Teilströme wird nicht erwartet. • Es ist dringend ratsam, die Behandlung elektrischer Stromkreise in sinnstiftende Kontexte einzubetten. Kontexte könnten „Vielfache praktische Anwendungen von elektrischen Schaltungen im Alltag“, „Schutz von Menschen und Geräten“, „Steuerung von Körperfunktionen (Muskeln, Nerven) durch Ladungen“ oder „Ladestrom des Handys“ sein.

4.2.1 Fachsprache

- elektrische Ladung, Elektronen als Objekte negativer Ladung, (evtl. Protonen als Objekte positiver Ladung)
- Ladungsverschiebung
- elektrischer Strom als Elektronenbewegung, elektrische Stromstärke, elektrische Stromrichtung
- elektrische Energie
- Begriffe der Schaltungsbezeichnung: geschlossener Stromkreis, Schalter / Taster, elektrischer Energiewandler und zugehörige Symbolik, Reihenschaltung, Parallelschaltung, Wechselschaltung, Und- / Oder-Schaltung, Kurzschluss
- evtl. Schutzwiderstand
- naiver Widerstandsbegriff als stromflussminderndes Phänomen

4.2.2 Zentrale Experimente

- Elektroskop-Versuche zur Unterscheidung elektrischer Ladungen und ihrer Kraftwirkung
- Aufbau und Analyse vielfacher elektrischer Schaltungen
- Beobachtung der Helligkeit von Lampen- oder LED-Kreisen in Reihen-Schaltung, Parallel-Schaltung und Kombination.
- Umsetzung einer Wechselschaltung
- Messung der Stromstärke in Reihenschaltung und an Verzweigungen

4.2.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole

- Elektrische Ströme werden mit dem Symbol I bezeichnet.
- Knotenregel: $I_{\text{ges}} = I_1 + I_2 + \dots$

4.2.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen

Schwerpunkt Erkenntnisgewinnung:

Die Schüler*innen

- planen Experimente, führen diese durch und werten diese aus.
- stellen mathematische Beziehungen zur Stromstärke auf.

- nutzen gewonnene Beobachtungsergebnisse zur Modellbildung.

Schwerpunkt Kommunikation:

Die Schüler*innen

- zeichnen Bilder zu elektrostatischen Ladungsverteilungen und beschreiben sie.
- skizzieren Schaltbilder und erläutern ihre Funktion.
- vergleichen Ergebnisse mit zuvor formulierten Hypothesen.

4.3 Optik 2 – Lichtbrechung, optische Abbildungen und Farben (ca. 20 Std.): Inhalte und Hinweise

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> • Brechung • Totalreflexion • sammelnde und zerstreue Eigenschaften von Linsen • Brennweite von Sammellinsen • Einfluss der Brennweite auf das reelle Bild • Beziehung zwischen Größen und Abständen bei der Linsenabbildung • Auge, Augenfehler des unscharfen Sehens • Lupe (virtuelles Bild) • Mikroskop oder Fernglas • spektrale Zerlegung des Lichts 	<p>Die Schüler*innen</p> <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben das Verhalten von Lichtstrahlen an Grenzflächen. • analysieren und erklären Brechungsphänomene in der Natur. • konstruieren den Verlauf von Lichtstrahlen an Grenzflächen. • untersuchen verschiedene Linsentypen und bestimmen deren optische Eigenschaften. • analysieren den Einfluss der Brennweite auf das Bild. • konstruieren optische Abbildungen mithilfe ausgezeichneter Lichtstrahlen. • untersuchen und erklären die Beziehung zwischen Größen und Abständen bei der Linsenabbildung. • beschreiben und erklären die Bildentstehung im menschlichen Auge. • beschreiben die Nutzung und erklären die Funktionsweise optischer Geräte zur Erhaltung und Erweiterung der menschlichen Wahrnehmung. • deuten die Zerlegung weißen Lichts mit Hilfe von Spektralfarben. • erläutern das Zustandekommen unterschiedlicher Farben durch die Addition von Grundfarben. • erläutern die Farbigkeit von Gegenständen mit der Absorption bestimmter Farben. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die intensive Nutzung von Schülerexperimenten („Optikkästen“) bietet sich hier an. • Es ist nicht vorgesehen, die Formel des Brechungsgesetzes zu behandeln. Zur Konstruktion von Lichtstrahlen genügt es, Daten zur Abhängigkeit des Brechungswinkels vom Einfallswinkel zu verwenden. • Es sollten auch Phänomene betrachtet werden, bei denen Brechung und (Mehrfach-) Reflexion gemeinsam auftreten. • Die Linsengleichung und das Abbildungsgesetz können behandelt werden; auf umfängliche Rechnungen soll jedoch verzichtet werden. • Es empfiehlt sich, die Themen Auge und Mikroskop in Abstimmung mit dem Fach Biologie zu unterrichten. • Die Behandlung von optischen Täuschungen ist eine mögliche Ergänzung. • Die Verwendung eines g-b-Graphen ist sinnvoll zur Diskussion der Abhängigkeiten von f, g, b. • Das erste Abbildungsprinzip aus Optik 1 sollte aufgegriffen werden. • Bei der Zerlegung des Lichts soll auf die Grenzen des sichtbaren Spektrums (ultraviolett, infrarot) kurz eingegangen werden.

4.3.1 Fachsprache

- Linsenformen: konvex, konkav, plan und Kombinationen (plan-konvex, plan-konkav, bikonvex, bikonkav)
- Funktion der Linsen: Sammellinse und Zerstreuungslinse
- Brennpunkt F , Brennweite f
- Begriffe der Abbildungsgeometrie in Wiederholung: Bildweite b , Gegenstandsweite g , Bildgröße B , Gegenstandsgröße g
- Brechung, Lot, Brechungswinkel
- Strahlengang, optische Achse, Brennpunktstrahl, achsenparalleler Strahl
- Totalreflexion, Grenzwinkel
- Kurz- und Weitsichtigkeit
- Begriffe zum anatomischen Aufbau des Auges: Hornhaut, Augenflüssigkeit, Iris, Linse, Ziliarmuskeln, Glaskörper, Netzhaut, Netzhautrezeptoren: Zapfen und Stäbchen, Sehnerv
- Helligkeit
- Absorption
- additive und subtraktive Farbmischung
- Lichtspektrum

4.3.2 Zentrale Experimente

- Brechung an ebenen Grenzflächen
- Strahlengang ausgezeichneter Strahlen an Linsen

- Messung der Abhängigkeiten von abbildungsbestimmenden Größen
- Experimente zu virtuellen Bildern (z.B. bei Brechung an Wasseroberfläche)
- Spektralzerlegung
- additive Farbmischung z.B. mit Drei-Farben-LED

4.3.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole

- Wiederholung des Abbildungsmaßstabs: $\frac{B}{G} = \frac{b}{g} = A$.
- Die Abbildungsgleichung: $\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$. Siehe Hinweis zu Rechennotwendigkeit und alternativer Graphnutzung.

4.3.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen

Schwerpunkt Erkenntnisgewinnung:

Die Schüler*innen

- beschreiben den Strahlengang von Lichtstrahlen im Brechungsfall.
- diskutieren die geometrischen Eigenschaften zur Abbildungsentstehung.
- unterscheiden zwischen abhängigen und unabhängigen Größen.

Schwerpunkt Kommunikation:

Die Schüler*innen

- beobachten und beschreiben optische Phänomene.
- erfassen und diskutieren Informationen aus zunehmend komplexeren Darstellungen.
- erstellen komplexere Versuchsprotokolle und vergleichen wesentliche Aspekte dieser Darstellung.

5 Sachgebiete der 9. Klasse

5.1 Mechanik 2 – Statische Kräfte und Druck (ca. 18 Std.): Inhalte und Hinweise

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> • Kraft als gerichtete Größe • Hookesches Gesetz • Masse und Gewichtskraft • Kräfteaddition • Wechselwirkungsprinzip • Optional: Behandlung des Hebelgesetzes 	<p>Die Schüler*innen</p> <ul style="list-style-type: none"> • planen Experimente zur Messung von Kräften mit Federn. • berechnen Gewichtskräfte aus Masse und Ortsfaktor. • berücksichtigen situativ die Richtung und den Betrag einer Kraft. • skizzieren das Zusammenspiel von mehreren Kräften, die auf einen Körper wirken. • beschreiben Beispiele, anhand derer das Wechselwirkungsprinzip deutlich wird. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ein Kräftegleichgewicht liegt vor, wenn die (vektorielle) Summe aller Kräfte, die auf einen Körper wirken, Null ergibt. • Im Falle der Hebelgesetzbehandlung, Projekt: Bau einer einfachen Balkenwaage möglich. Thema: Hebel als Helfer (Getriebe, Werkzeuge etc.). • Im Bereich <i>statische Kräfte</i> wird dem Kraftbegriff die ihn bestimmende Ursacheneigenschaft (Änderung der Geschwindigkeit) nicht ins Zentrum gerückt. Denkbar wäre der Kraftzug über die Anziehung (schwerer) Massen – Erdanziehungskraft. Sie wird einerseits erfahrbar für die S. durch die beschleunigende Wirkung, was hier aber wohl nicht betrachtet werden soll – andererseits über das „Spüren“ der Schwere. Es ist zu prüfen, ob ein rein statischer Zugang zum Kraftbegriff tragfähig ist. • Das Wechselwirkungsprinzip (Newton 3) kann sicherlich in statischen Situationen messbar und erfahrbar gemacht werden (z.B. Tauziehen). Allerdings sind in vielen interessanten Fällen des Alltags gerade Geschwindigkeitsänderungen vorhanden (der klassische Sprung vom Boot, Schubsen auf dem Schulhof etc.). Damit ist dann ein impliziter Trägheitsbegriff im Spiel und auch ein naiver Beschleunigungsbegriff (Newton 1 und 2). Diese Schwierigkeiten im Zugang sind angemessen zu berücksichtigen. • Zirkelschlussgefahr beim Hookeschen Gesetz: Wir wollen die Additivität der Gravitationskraft hinsichtlich der Masse und nicht die Längenausdehnung von (idealen) Federn implizit voraussetzen.

<ul style="list-style-type: none"> • Masse, Dichte, Volumen • Vergleich der (mittleren) Dichten von Körpern und Flüssigkeiten • Druck • Prinzip des Archimedes 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben den Zusammenhang zwischen Masse, Dichte und Volumen. • bestimmen Massen und Volumina und berechnen damit Dichten. • schätzen Massen mithilfe von Volumen und Dichte ab. • überprüfen experimentell das Verhalten von Körpern in ruhenden Flüssigkeiten. • erklären Phänomene und Experimente mit Hilfe des Drucks. • erklären die Entstehung des Schweredruckes in der Atmosphäre und in Flüssigkeiten. 	<ul style="list-style-type: none"> • Experimentelle Untersuchungen von Materialien sowie Verdrängungsversuche bieten sich hier an. • Bei diesem Thema bietet sich anstelle einer fachlichen Strukturierung eine Kontextorientierung (Schwimmen, Schweben und Sinken) in besonderem Maße an. • Der Begriff der mittleren Dichte kann sinnvoll sein. • Eine Behandlung des Drucks, die über statische Situationen hinausgeht, ist nicht verbindlich vorgesehen. • Optional können Spezialfälle des idealen Gasgesetzes (Boyle-Mariotte, Gay-Lussac) behandelt werden. • Kontexte können durch Schwimmblasen bei Fischen, Tiefgang von Schiffen, Spritzen, Wagenheber, Fahrradreifen- druck (Einheiten), Luftdruck bei Wetterbeschreibungen, Ohrinnendruck (Tauchgefühl des Drucks) etc. gegeben sein.
--	--	---

5.1.1 Fachsprache

- Gewichtskraft, Ortsfaktor
- Kraftvektor
- (schwere) Masse, Dichte, mittlere Dichte, Volumen
- Druck
- Auftriebskraft, verdrängtes Volumen

5.1.2 Zentrale Experimente

- Messung der Gewichtskraft mit Federkraftmessern sowie digitalen Kraftmessungsmethoden wie LoggerPro, Phyphox
- Dehnungseigenschaft von Federn und Gummibändern: Messdatendarstellung mit Excel
- Kräfte an schiefer Ebene und Slackline
- Bestimmung der Dichte verschiedener Stoffe.

- Cartesischer Taucher
- Schokokuss / Luftballon in Vakuumglocke
- evtl. Modell eines Heißluftballons
- Messung der Auftriebskraft in der Vakuumglocke

5.1.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole

- Masse m
- Gewichtskraft: $F_g = m \cdot g$, Einheit N(ewton)
- Hooksches Gesetz: $F(x) = -D \cdot x$
- $\vec{F}_{\text{ges}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$
- Dichte: $\rho = \frac{m}{V}$
- Druck: $p = \frac{F}{A}$, Einheit Pa als abgeleitete SI-Einheit, hPa im meteorologischen Zusammenhang, bar, Atü
- Auftriebskraft: $F_A = V \cdot \rho \cdot g$

5.1.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen

Schwerpunkt Erkenntnisgewinnung:

Die Schüler*innen

- berücksichtigen in ihren Analysen Richtung und Betrag einer Kraft.
- planen Experimente zur Messung von Kräften mit Federn.
- berechnen Gewichtskräfte aus Masse und Ortsfaktor.
- stellen Beziehungen zwischen Kräften und Drücken zur Erklärung von beobachteten Phänomenen her.

Schwerpunkt Kommunikation:

Die Schüler*innen

- skizzieren das Zusammenwirken mehrerer Kräfte auf einen Körper (Kräfteparallelogramm).
- beschreiben Beispiele, anhand derer das Wechselwirkungsprinzip deutlich wird.
- stellen ihre Argumentation zur Erklärung von Phänomenen wie dem Schweben, Schwimmen, Sinken auf verschiedenen Darstellungsebenen (Kraftpfeile, mathematische Kraftbeziehungen, verbale Äußerungen) dar.

5.2 Wärme 2 –Wärmetransport (ca. 10 Std.): Inhalte und Hinweise

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> • Wärme als thermische Energie • Wärmeleitung • Wärmemitführung (Konvektion) • Wärmestrahlung 	<p>Die Schüler*innen</p> <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben den Zusammenhang zwischen Wärme und Temperatur. • erkennen den Temperaturunterschied als Ursache für die Wärmeleitung. • unterscheiden die verschiedenen Arten, thermische Energie zu transportieren. • übertragen ihr Wissen über die Wärmetransporte auf die Wärmedämmung bei Häusern und Lebewesen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ein erster Hinweis auf den Treibhauseffekt, der im Zusammenhang mit den Herausforderungen der Energieversorgung betrachtet wird, sollte bereits an dieser Stelle erfolgen. • Zum Themenkomplex der Treibhausgase bietet das Buch <i>Kleine Gase – große Wirkung</i> von Nelles / Serrer durch seine anschaulichen Grafiken Möglichkeiten der Umsetzung kurzer Referate. • Die quantitative Analyse von Wärmetransporten kann im Zusammenhang mit dem Thema Herausforderungen der Energieversorgung behandelt werden. • Aufgrund der hohen Relevanz für Alltagsphänomene soll die Wärmekapazität zusätzlich behandelt werden. • Kontexte können Temperaturerhöhungen durch Sonnenstrahlung, Rotlichtlampen, Heizkreisläufe, Golfstrom, Wetter-Luftströmungen sowie Wärmedämmungen bei Lebewesen und Häusern sein. • Fächerübergreifendes Arbeiten mit Geographie und Biologie ist bei o.g. Kontexten möglich. • Digitale Messwerterfassung mit LoggerPro, Wärmebrücken und -gradienten können mit Wärmebildkamera sichtbar gemacht werden.

5.2.1 Fachsprache

- Wärme und Wärmeenergie werden synonym verwendet.
- Wärmestrahlung
- Konvektion
- spezifische Wärmekapazität

5.2.2 Zentrale Experimente

- Sichtbarmachung der Konvektion z.B. mit Teelicht und Papierspirale
- Fühlbarmachung der Wärmestrahlung mit einer Wärmelampe
- Analyse von Wärmebildern bei Wärmeleitungsprozessen

5.2.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole

spezifische Wärmekapazität: $c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$, anstelle von Q kann ΔE verwendet werden.

5.2.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen

Schwerpunkt Kommunikation:

Die Schüler*innen

- stellen ihre Ergebnisse von Temperaturverläufen in Diagrammen dar.
- beschreiben ihre Beobachtungen unter Verwendung von Modellen zur Teilchenbewegung bei Wärmeleitungsprozessen.

5.3 Elektrizitätslehre 2 – Elektrisches Potenzial und Spannung (ca. 18 Std.): Inhalte und Hinweise

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> • elektrisches Potenzial • elektrische Spannung • elektrische Energie und Leistung • Knoten- und Maschenregel • Ohmsches Gesetz • Drähte als Widerstände • Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen 	<p>Die Schüler*innen</p> <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben, dass elektrische Ströme einen Antrieb benötigen und durch Widerstände gehemmt werden. • messen Stromstärke und Spannung. • berechnen Spannung, Stromstärke, elektrische Energie und Leistung in elektrischen Stromkreisen. • beurteilen die Gefahren beim Umgang mit elektrischem Strom. • erklären den elektrischen Strom als Transport von elektrischen Ladungen. • beschreiben das Verhalten von Schaltungen mithilfe von Stromstärke, Spannung und Widerstand. • erläutern die Knoten- und Maschenregel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Zur Vorbereitung des Ladungsbegriffs ist zum Beispiel ein Zugang über die Elektrostatik oder über Elektronenröhren möglich. Bei uns bereits früher, siehe E-Lehre 1. • Analogien und Modelle zur Erläuterung der Knoten- und Maschenregel können hilfreich sein. • Die Berechnung komplexer Widerstandsnetze ist nicht gefordert. • Aufgrund ihrer hohen Verbreitung sollten auch Schaltungen mit Leuchtdioden untersucht werden, wobei die Erklärung der Vorgänge im Innern der Dioden nicht erwartet wird. • Im Rahmen eines Rucksackmodells bietet sich auch der Begriff der Spannung als Potentialdifferenz an, da er anschaulich betrachtet werden muss, um Spannungen an einem Wandler zu bestimmen. • Der Begriff der Leitfähigkeit kann im Rahmen der Behandlung des Ohmschen Gesetzes sinnvoll sein. • Eine Abgrenzung der Gültigkeit des Ohmschen Gesetzes am Beispiel von Glühlämpchen und LEDs ist sinnvoll. • Da der Spannungsbegriff einen expliziten Energiebezug benötigt, ist es bereits hier sinnvoll (und nicht erst in E-Lehr 4) den Leistungsbegriff zu behandeln. Dadurch ist erstens der alltagsrelevante Aspekt von Stromkreisen (Energietransport) und zweitens der Bezug zum Energiebegriff aus Energie 1 sinnstiftend aufzunehmen. • Die projektartige Untersuchung von einfachen Elektrogeräten kann sinnvoll sein. • Fächerübergreifendes Arbeiten: Die Zusammenarbeit mit ANT bietet sich an, um den erhöhten Abstraktionsgrad durch Gegenständlichkeit zusätzlich zu unterstützen.

5.3.1 Fachsprache

- elektrische Größen mit Standardsymbolik und -einheiten, so wie bei inhaltsbezogenen Kompetenzen
- elektrischer Widerstand, Potentiometer
- Spannungsteiler
- elektrische Leistung

5.3.2 Zentrale Experimente

- einfache Schaltungen in Schülerexperimenten mit Batterie oder Netzgerät, Kabel, Glühlampen, LEDs und (selbst gebauten) Schaltern
- Schaltungen mithilfe der Experimentierkästen

5.3.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole

- Ohmsches Gesetz: $U = R \cdot I$
- Ersatzwiderstand einer Reihenschaltung: $R_{\text{ges}} = R_1 + R_2 + \dots$
- Ersatzwiderstand einer Parallelschaltung: $\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$

- Grundlegende Leistungsgleichung: $P = I \cdot U$

5.3.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen

Schwerpunkt Erkenntnisgewinnung:

Die Schüler*innen

- fertigen Versuchsbeschreibungen und Zeichnungen der Experimente an.
- planen Schülerexperimente, führen diese durch und werten ihre Beobachtungen hinsichtlich der Modellbildung aus.
- stellen Beziehungen zwischen der anschaulichen Modellebene und den physikalisch fachsprachlichen Begriffen her.
- erschließen Regeln in einfachen Stromkreisen und ziehen die Modellebene zu Erklärungen heran.

Schwerpunkt Kommunikation:

Die Schüler*innen

- lesen und zeichnen Schaltpläne.
- beschreiben Beobachtungen und Modelle zum Elektrizitäts- und Energietransport.

5.4 Elektrizitätslehre 3 – Elektromagnetismus (ca. 14 Std.): Inhalte und Hinweise

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> • Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters und einer Spule, Linke-Faust-Regel, Linke-Hand-Regel • Induktion, Anmerkung: Die geforderte Behandlung des Induktionskomplexes ist in unserem schulinternen FC erst in Klasse 10 vorgesehen. Der dritte Block der Elektrizitätslehre der FA geht in unserem FC also in den Teilen 3 und 4 auf. Themen mit direktem Induktionsbezug sind deshalb dorthin verlagert. • Lautsprecher und Mikrofon • Elektromotor (10. Klasse: und Generator) 	<p>Die Schüler*innen</p> <ul style="list-style-type: none"> • untersuchen die magnetische Wirkung des elektrischen Stroms. • untersuchen das magnetische Feld und seine Strukturabhängigkeit einer Spule • beschreiben und erklären die Funktion von technischen Geräten mit Hilfe des Elektromagnetismus. 	<ul style="list-style-type: none"> • Anwendungen des Elektromagnetismus wie Hebemagneten, Relais, E-Motoren im Alltag etc. sollten behandelt werden. • Der Bau eines Elektromotors kann projektartig umgesetzt werden. • Die Drei-Finger-Regel soll behandelt werden. • Das Kennenlernen des Schrittmotors als Grundlage vieler technischer Anwendungen bietet sich an. • Die Drei-Finger-Regel soll nicht UVW-Regel genannt werden, Linke-Hand-Regel für Elektronenstrom (da anschlussfähig an E-Lehre 1), alternative Handhaltung zur besseren Unterscheidung (flache Hand, Daumen - Bewegung der E., Finger - Feldlinien, Drückrichtung der Handfläche - Lorentz-Kraft)

5.4.1 Fachsprache

- Stromstärke
- Magnetfeld, Magnetfeld-Richtung, Feldliniendichte
- **Lorentz-Kraft**

5.4.2 Zentrale Experimente

- Ørstedt-Versuch
- Vermessung und Zeichnung der Feldlinienstruktur von geradem Leiter und Spule
- Leiterschaukel oder Analoga (rollender Stab)

5.4.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole

Hier können Proportionalitäten bei der Behandlung der Lorentz-Kraft sinnvoll herausgestellt werden.

5.4.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen

Schwerpunkt Erkenntnisgewinnung:

Die Schüler*innen

- analysieren die Feldlinienstruktur mit Bezug zu der Stärke und der Richtung seiner Wirkung auf Permanentmagneten und Ladungsträger.
- erschließen die genaue Funktionsweise eines Elektromotors.

Schwerpunkt Kommunikation:

Die Schüler*innen

- zeichnen Feldlinienbilder und beschreiben ihre Struktur.
- erläutern die konkrete Anwendung der Drei-Finger-Regel.

6 Sachgebiete der 10. Klasse

In der 10. Klasse muss eine Klassenarbeit im Umfang von 45 Minuten geschrieben werden.

6.1 Elektrizitätslehre 4 – Induktion und Energie (ca. 20 Std.): Inhalte und Hinweise

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> • Induktion • Generator • Wechselspannung • Transformator, Hochspannungsleitung • elektrische Energieübertragung ; Hochspannungsleitungen • Energietransport, -speicherung • elektrische Leistung 	<p>Die Schüler*innen</p> <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und erklären Phänomene mit Hilfe der Induktion. • erläutern Energieumwandlungen mit Hilfe Induktionsprinzips. • beschreiben und erklären Voraussetzungen für die Bereitstellung und Nutzung elektrischer Energie im Haushalt. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eine mathematische Beschreibung des Induktionsgesetzes ist nicht gefordert. • Fächerübergreifendes Arbeiten mit dem Fach ANT bietet sich an. • Ein anschaulicher Begriff des magnetischen Flusses kann durch Zählen der Feldlinien pro Fläche gewonnen werden. Insbesondere sind die komplexen Beziehungen von Vorzeichen dadurch sichtbar zu machen. • Die digitale Messwerterfassung ist gut geeignet, um Induktionsspannungen in ihrem zeitlichen Verlauf zu vermessen. • Ein Besuch der lokalen Energieversorger kann sinnvoll sein. • Als Erweiterung kann die Lenzsche Regel behandelt werden.

6.1.1 Fachsprache

siehe inhaltsbezogene Kompetenzen

6.1.2 Zentrale Experimente

- Grundversuche zur Erzeugung von Induktionsspannungen: bewegter Magnet, bewegte Spule
- Experimente zum Generator: Wechselspannungserzeugung. Hier kann mit dem Fach Mathematik (Sinus) zusammengearbeitet werden.
- Transformatorexperimente mit und ohne Eisenkern (Induktion in Luft und mit verstärkendem Medium)
- Hochspannungs- und Hochstrom-Transformatoren

- Experiment zur Hochspannungsleitung: Bedeutung der Verlustwärme
- Fallrohrexperiment, Wirbelstrombremse
- glühender Nagel am Hochstromtrafo
- Thomsonscher Ringversuch

6.1.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole

- Leistungsgleichung: $P = I \cdot U$
- $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{I_2}{I_1}$

6.1.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen

Schwerpunkt Erkenntnisgewinnung:

Die Schüler*innen

- messen den zeitlichen Verlauf der Induktionsspannung und setzen ihn in Beziehung zum konkreten Experimentablauf.
- werten Versuche zur Größe von Induktionsspannungen aus.
- analysieren die physikalischen Größen bei der Energieübertragung am Transformator auf ihren Zusammenhang hin.

- beschreiben die Änderung des Magnetfeldes als Ursache der Induktionsspannung.

Schwerpunkt Kommunikation:

Die Schüler*innen

- beschreiben und erklären mehrere Experimentbeobachtungen unter Verwendung des Induktionsprinzips
- stellen die Änderung von Spannungen und Magnetfelder grafisch dar.

6.2 Mechanik 3 – Beschleunigte Bewegungen (ca. 10 Std.): Inhalte und Hinweise

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> gleichförmige und beschleunigte Bewegungen, Begriff der Gleichförmigkeit nicht gut: Er sollte verwendet aber präzisiert werden. Trägheitsprinzip Kraft als Ursache für Geschwindigkeitsänderung Reibungskräfte 	<p>Die Schüler*innen</p> <ul style="list-style-type: none"> beschreiben Beschleunigungsvorgänge aus dem Alltag. erstellen und analysieren Zeit-Weg- und Zeit-Geschwindigkeits-Diagramme. führen Geschwindigkeitsänderungen auf das Wirken von Kräften zurück. wenden das Trägheitsprinzip zur Beschreibung und Erklärung einfacher Alltagssituationen an. erklären die Abnahme der Geschwindigkeit von Fahrzeugen mit Reibungskräften. 	<ul style="list-style-type: none"> Es ist in dieser Unterrichtseinheit zu beachten, dass eine quantitative Analyse beschleunigter Bewegungen der Sekundarstufe II vorbehalten ist. Der Schwerpunkt liegt somit auf der qualitativen Analyse und Interpretation von beschleunigten Bewegungen sowie auf der Kraft als Ursache solcher Bewegungen. Analyse von Videaufnahmen eigener Bewegungsabläufe und die qualitative Auswertung der t-s- und t-v-Diagramme bietet sich an. Fächerübergreifendes Arbeiten mit dem Fach Sport ist möglich.

6.2.1 Fachsprache

- Massenträgheit
- (Durchschnitts-) Beschleunigung
- Kraft
- Reibungskräfte in Spezialfällen: Gleitreibung, Rollreibung, Haftreibung

6.2.2 Zentrale Experimente

- Messungen von Zeit-Orts-Kurven / Zeit-Geschwindigkeits-Kurven zur Beschreibung von Geschwindigkeiten und ihren Änderungen
- Messungen von Wirkungen verschiedener Kräfte auf die Bewegung von Objekten
- Versuche an schiefen Ebenen
- Bestimmung von Reibungskräften mit Hilfe von Kraftmessern oder Kräftegleichgewichten
- Messung der Fallbeschleunigung

6.2.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole

F_R als Reibungskraft

6.2.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen

Schwerpunkt Erkenntnisgewinnung:

Die Schüler*innen

- erschließen den Ursache-Charakter von Kräften. Der Ursache-Aspekt wird logisch und nicht zeitlich verstanden.
- nutzen das Trägheitsgesetz zur Erklärung von Bewegungsvorgängen.
- stellen Beziehungen zwischen wirkenden Kräften und messbaren Beschleunigungen her.

Schwerpunkt Kommunikation:

Die Schüler*innen

- beschreiben Bewegungsvorgänge mit Hilfe verschiedener Darstellungsformen.
- formulieren Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge.

6.3 Atom- und Kernphysik – Elementarteilchen (ca. 2 Std.): Inhalte und Hinweise

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> • Proton, Neutron und Elektron (Wdh. aus dem Chemieunterricht) • Kernladungszahl, Massenzahl, Isotope (Wdh. aus dem Chemieunterricht) 	<p>Die Schüler*innen</p> <ul style="list-style-type: none"> • vergleichen die Eigenschaften von Elementarteilchen. • erläutern den Aufbau von Atomkernen. • unterscheiden zwischen Elementen und Isotopen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlegende Kenntnisse über den Aufbau der Atome werden im Chemieunterricht vermittelt. Der Physikunterricht konzentriert sich daher auf die Untersuchung von Atomkernen. Für das Verständnis der Vorgänge im Atomkern sind Kenntnisse über Elementarteilchen von grundlegender Bedeutung. • Ein kurzer Einblick in das Standardmodell anhand der stabilen Elementarteilchen soll im Unterricht gegeben werden. • Im Fach Chemie wird in 8.2 im Rahmen des Stoffteilchen-Konzepts (siehe Fachanforderungen Chemie) die Grundstruktur des Atomaufbaus besprochen. Dabei werden, zunächst ausgehend vom Dalton-Modell (explizit ohne Unteilbarkeitsaussage), die Elementarteilchen Elektron, Proton und Neutron eingeführt und u.a. der Begriff der Isotope behandelt. Bei geschickter zeitlicher Abstimmung könnte das Fach Physik also diese Inhalte aufgreifen und mit Fokus auf die Kern-Mechanismen vertiefen. Fächerübergreifendes Arbeiten mit dem Fach Chemie geboten. • Es scheint sinnvoll zu sein, die Inhalte dieses Themas in das des folgenden Themas zu integrieren.

6.4 Atom- und Kernphysik – Radioaktiver Zerfall und Kernenergie (ca. 20 Std.): Inhalte und Hinweise

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> • α-, β- und γ-Zerfall, natürlicher Zerfall • Aktivität • Halbwertszeit • Zerfallsgesetz • Nachweis und Messung radioaktiver Strahlung • Nullrate • Abschirmung • Abstandsgesetz 	<p>Die Schüler*innen</p> <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben Verfahren zum Nachweis radioaktiver Strahlung. • nennen Möglichkeiten der Abschirmung radioaktiver Strahlung. • analysieren Zerfallsreihen radioaktiver Kerne. • führen (Modell-)Versuche zum radioaktiven Zerfall durch. • berechnen mit Hilfe des Zerfallsgesetzes Anteile von zerfallenen Kernen. • bewerten die Lagerung radioaktiver Abfälle hinsichtlich Abschirmung und Dauer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Zerfallsprozesse und Halbwertszeiten lassen sich mit Hilfe von Modellen (zum Beispiel Würfel) darstellen. • Es wird eine Absprache mit dem Fach Mathematik hinsichtlich der Einführung von Exponentialfunktionen empfohlen.
<ul style="list-style-type: none"> • Radioaktivität in Umwelt und Medizin • Energiebilanzen bei Kernreaktionen, Massendefekt, Bindungsenergie • Kernfusion in Fusionsreaktoren und Sonne • Kernspaltung und Kettenreaktionen bei Kernkraftwerken und Kernwaffen • Nuklidkarte 	<p>Die Schüler*innen</p> <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben und analysieren Kernreaktionen. • verwenden Energiebilanzen zur Beschreibung von Kernreaktionen. • vergleichen Kernkraftwerke mit konventionellen Kraftwerken. • bewerten Chancen und Risiken der Nutzung von Kernenergie. • nennen die Folgen radioaktiver Strahlung. • nennen Anwendungen in Medizin und Umwelt. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die technische Umsetzung im Kernkraftwerk beziehungsweise Fusionsreaktor ist nur soweit zu behandeln, dass ein Vergleich mit konventionellen Kraftwerken möglich wird. • Es ist ratsam, eine intensive Absprache mit dem Fach Mathematik zu pflegen.

6.4.1 Fachsprache

- Elementarteilchen (Proton, Neutron, Elektron)
- Atomkern und -hülle
- Kernladungs- und Ordnungszahl

- Massenzahl
- Isotope
- Nuklide
- α -, β - und γ -Zerfall, α -, β - und γ -Strahlung

- Radioaktivität
- Halbwertszeit
- Nullrate
- Geiger-Müller-Zählrohr
- Abschirmung
- Nuklidkarte
- Kernspaltung und -fusion
- Spaltprodukte
- Kettenreaktion
- Kernkraft(werk)
- Kernwaffen
- Energiebilanzen
- Reaktor
- Steuerstäbe
- Dosimetrie

6.4.2 Zentrale Experimente

- Messung der Radioaktivität unter Berücksichtigung der Nullrate
- Experiment zur Unterscheidung der Strahlungsarten.
- Bestimmung der Halbwertszeit (Simulation oder Experiment)
- Nachweis des Lambert-Beer'schen Gesetzes (Abschirmung)

6.4.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole

- Zerfallsgesetz: $N(t) = N_0 \cdot 0,5^{\frac{t}{T_h}}$
- Absorptionsgesetz optional: $I(d) = I_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{-\mu \cdot d}$
- $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$ als gegebene Blackbox

6.4.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen

Schwerpunkt Erkenntnisgewinnung:

Die Schüler*innen

- werten die genannten Experimente zur Messung der Radioaktivität aus.
- schließen aus Messergebnissen auf die Eigenschaften der Strahlungsarten.

Schwerpunkt Kommunikation:

Die Schüler*innen

- erläutern den Aufbau von Atomkernen.
- beschreiben und analysieren Prozesse beim radioaktiven Zerfall.
- beschreiben Verfahren zum Nachweis und zur Abschirmung radioaktiver Strahlung.

Schwerpunkt Bewertung:

Die Schüler*innen

- benennen Risiken und Sicherheitsmaßnahmen im Umgang mit radioaktiver Strahlung.
- bewerten die Lagerung radioaktiver Abfälle hinsichtlich Abschirmung und Dauer.

7 Sachgebiete der Einführungsphase

7.1 Mechanik - Kinematik und Dynamik: Inhalte und Hinweise

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> • Ort, Zeit, Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit, Beschleunigung • gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegung • freier Fall • waagerechter Wurf • Energieerhaltung • Masse, Kraft, Beschleunigung • Trägheitsprinzip • Reibungskraft • Impuls • Impulserhaltung • Bahn- und Winkelgeschwindigkeit • Zentripetalkraft • Drehimpuls und Drehimpulserhaltung • Gravitationsgesetz • Energieaustausch im radialsymmetrischen Feld: Fluchtgeschwindigkeit 	<p>Die Schüler*innen</p> <ul style="list-style-type: none"> • analysieren Bewegungen auch anhand von Bild- oder Videomaterial. • identifizieren gleichförmige und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen als Spezialfälle allgemeiner Bewegungen. • bestimmen Strecken, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen auch mit Methoden der Differenzial- und Integralrechnung • führen komplexere Bewegungen auf die Überlagerung von einfachen Bewegungen zurück. • führen eine quantitative Analyse des waagerechten Wurfes durch. • wenden den Energieerhaltungssatz zur quantitativen Beschreibung von Bewegungen an. • beschreiben und berechnen Kräfte als Ursache von Bewegungsänderungen. • nutzen ihr Wissen über den vektoriellen Charakter der Kraft zur Kräfteaddition und Kraftzerlegung. • unterscheiden zwischen realen und idealisierten Bewegungen. • sagen reale Bewegungen mithilfe iterativer Verfahren voraus. • erläutern den Impulserhaltungssatz. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eine eigene Unterrichtseinheit zur Wiederholung der gleichförmigen Bewegung ist nicht vorgesehen. • Der mathematische Zusammenhang zwischen einer Größe und ihrer zeitlichen Änderungsrate soll basierend auf dem Kenntnisstand der Schülerinnen und Schüler zur Differential- und Integralrechnung im Verlauf der Oberstufe zunehmend an Relevanz gewinnen. • Der Anteil der Kinematik an der Mechanik soll zugunsten der Betrachtung von dynamischen Konzepten deutlich reduziert werden. • Zur Analyse von Bewegungen eignen sich digitale Messwerterfassungssysteme, wie Viana, LoggerPro und Phyphox. • Die Integration der Kinematik in die Dynamik von Anfang an kann sinnvoll sein, zum Beispiel indem der Einfluss von Kräften auf Bewegungen als Ursache einer Beschleunigung früh behandelt wird. • Kontexte, in denen eine Integration von Kinematik und Dynamik denkbar wären, sind: Fallschirmspringen, Formel 1, Sport und Raumfahrt. • Fächerübergreifendes Arbeiten mit den Fächern Sport und Informatik ist möglich. • Im Profulfach Physik ist eine mehrdimensionale vektorielle Beschreibung von Bewegungen zur Vertiefung möglich.

	<ul style="list-style-type: none"> • wenden den Impulserhaltungssatz zur quantitativen Beschreibung von elastischen und unelastischen Stößen an. • beschreiben die Kreisbewegung als beschleunigte Bewegung. • berechnen Bahn- und Winkelgeschwindigkeiten bei Kreisbewegungen. • erläutern die auftretenden Kräfte bei Kreisbewegungen. • erklären Drehbewegungen unter Nutzung der Drehimpulserhaltung. • analysieren und berechnen Kreisbewegungen im Gravitationsfeld. 	
--	--	--

7.1.1 Fachsprache

- Massenpunkt, Bahnkurve, Bezugssystem
- Zeit, Ort, Weg
- Durchschnitts- und Momentangeschwindigkeit
- Steigung, Differenzenquotient, Flächeninhalt, Ableitung, Vektor
- Beschleunigung, Kraft, Impuls
- mechanische, potenzielle, kinetische Energie und Spannenergie
- schwere und träge Masse
- Haft- und Gleitreibung, Stokessches Reibungsgesetz
- Superpositionsprinzip
- elastischer und unelastischer Stoß

7.1.2 Zentrale Experimente

- Bewegung von Körpern im freien Fall und beim waagerechten Wurf
- Luftkissenbahn zur Bestimmung von Bewegungsgleichungen, Betrachtung von Stoßprozessen und Trägheit
- Faden- und Federpendel unter dem Aspekt Energieerhaltung
- schiefe Ebene zur Betrachtung von Reibungskräften

7.1.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole

- mittlere Geschwindigkeit: $\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$
- Momentangeschwindigkeit: $v = \frac{ds}{dt}$
- mittlere Beschleunigung: $\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
- Momentanbeschleunigung: $a = \frac{dv}{dt}$
- Zeit-Weg-Gesetz bei konstanter Beschleunigung: $s(t) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 + v_0 \cdot t + s_0$
- Zeit-Geschwindigkeits-Gesetz bei konstanter Beschleunigung: $v(t) = a \cdot t + v_0$

- potentielle Energie: $E_{pot} = m \cdot g \cdot h$
- kinetische Energie: $E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$
- Grundgleichung der Mechanik: $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$
- Impuls: $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$
- Haftreibung: $\vec{F}_{HR} = \mu_{HR} \cdot \vec{F}_N$
- Gleitreibung: $\vec{F}_{GR} = \mu_{GR} \cdot \vec{F}_N$
- Gravitationsgesetz: $\vec{F}(\vec{r}) = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \cdot \vec{e}_{\vec{r}}$
- Bahngeschwindigkeit: $v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T} = 2 \cdot \pi \cdot f$
- Winkelgeschwindigkeit: $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$
- Zentripetalkraft: $\vec{F}_Z = m \cdot \omega^2 \cdot r$
- Spannenergie: $E_s = \frac{1}{2} \cdot D \cdot s^2$

7.1.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen

Schwerpunkt Erkenntnisgewinnung und Fachmethoden:

Die Schüler*innen

- formulieren Hypothesen und führen unter Berücksichtigung der Variablenkontrollstrategie Experimente durch.

- verwenden zur Auswertung digitale Messwertaufzeichnungen wie Videoanalysen, LoggerPro, und Phyphox.
- werten Experimente qualitativ und quantitativ aus und formulieren physikalische Zusammenhänge und Gesetze.

Schwerpunkt Kommunikation:

Die Schüler*innen

- beobachten und beschreiben Bewegungen sowie die zugrundeliegenden mathematischen Zusammenhänge.
- stellen Bewegungen mit Hilfe unterschiedlicher Darstellungsformen wie Tabellen, Graphen und Funktionen dar.
- analysieren Graphen hinsichtlich Steigung und Fläche unter Verwendung einer angemessenen Fachsprache.

Schwerpunkt Bewertung und Reflexion:

Die Schüler*innen

- bewerten Sicherheitsmaßnahmen im Straßenverkehr und nutzen dafür ihr physikalisches Wissen.
- leiten Bewertungskriterien für die Diskussion eines generellen Tempolimits auf Autobahnen her und unterscheiden zwischen Werten, Normen, Befunden und Fakten.

7.2 Felder - Elektrische Felder und Bewegung im homogenen elektrischen Feld

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> • elektrische Ladung • geladene Körper • dielektrische Polarisierung • Kräfte zwischen Ladungen • Abschirmung • elektrische Feldstärke • Potential, Spannung und potentielle Energie • Feldlinien, Äquipotentiallinien • Eigenschaften des Plattenkondensators: Kapazität, gespeicherte Ladungsmenge, gespeicherte Energie • Bewegung im homogenen elektrischen Feld • Beschleunigung und Ablenkung von Ladungen • Coulomb'sches Gesetz • Millikanversuch • Elementarladung 	<p>Die Schüler*innen</p> <ul style="list-style-type: none"> • interpretieren Experimente zum Nachweis elektrischer Ladungen. • beschreiben die Kräfte zwischen und innerhalb von geladenen Körpern. • erläutern den Zusammenhang von Kraft und elektrischer Feldstärke. • beschreiben den Zusammenhang von potentieller Energie einer Ladung und dem Potential im elektrischen Feld. • skizzieren elektrische Felder mittels Feld- und Äquipotentiallinien. • • berechnen Kapazität und gespeicherte elektrische Energie eines Plattenkondensators. • analysieren die Bewegung geladener Teilchen im homogenen elektrischen Feld. • berechnen die Geschwindigkeit von beschleunigten Ladungen mit Hilfe des Energiesatzes. • vergleichen die Bewegungen im homogenen elektrischen Feld mit denen im Gravitationsfeld. • erläutern technische Anwendungen, in denen Ladungen beschleunigt beziehungsweise abgelenkt werden. • erläutern Experimente zur Bestimmung der Ladung und der Masse des Elektrons und werten sie aus. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kontexte: Rutschen, Gewitter und Blitzableiter • Es ist didaktisch sinnvoll Bezüge zwischen der Bewegung von Ladungen im elektrischen Feld und der Bewegung von Körpern im Gravitationsfeld herzustellen. Auf diese Weise wird ein permanenter Vergleich zwischen den konservativen Kraftfeldern ermöglicht. • Neben der Größe Energie ist erscheint die Einführung der Arbeit sinnvoll. • Ein Feldkonzept zur Beschreibung von Wechselwirkungen ist anzulegen • Als Vertiefung bieten sich die Auf- und Entladevorgänge eines Kondensators im Experiment sowie die Bedeutung kapazitiver Bauelemente in Stromkreisen an. Eine Betrachtung von Reihen- und Parallelschaltungen von Kondensatoren kann erfolgen. • Es sollte die Analogie zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung und dem waagerechten Wurf aus der Mechanik hergestellt werden. • Im Zusammenhang mit der Beschleunigung von Ladungen bietet es sich an, auf die Grenzen der klassischen Physik bei höheren Geschwindigkeiten hinzuweisen.

7.2.1 Fachsprache

- elektrisches Feld
- elektrische Feldstärke
- Feldlinien
- Äquipotentiallinie, Potential(-differenz), Spannung
- Influenz
- Elementarladung
- Coulomb'sches Gesetz
- Kraftfeld
- homogen, inhomogen
- (Platten-)Kondensator
- Kapazität, elektrische Energie
- Dielektrikum, Polarisierung

7.2.2 Zentrale Experimente

- Nachweis von Ladungen mittels Elektroskop
- Influenzphänomene
- Bestimmung der Polarität von Ladungen
- Ladungstransport zwischen geladenen Körpern
- Faraday-Becher
- Feldlinienbilder von Ladungsverteilungen
- Ladung im Plattenkondensator
- **Energiespeicherung im Feld eines Kondensators**
- **Abhängigkeit der Kapazität eines Plattenkondensators von seinen Abmessungen**
- **Laden und Entladen eines Kondensators**
- Millikanversuch

7.2.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole

- Ladung Q
- Probeladung q
- Potenzial φ , Potentialdifferenz $\Delta\varphi$, Spannung U
- Elementarladung e
- elektrische Feldstärke: $\vec{E}(\vec{r}) = \frac{\vec{F}(\vec{r})}{q}$
- Coulomb'sches Gesetz: $\vec{F}(\vec{r}) = \frac{Q \cdot q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cdot \vec{e}_{\vec{r}}$
- elektrische Feldstärke im Plattenkondensator: $E = \frac{U}{d}$
- Kapazität im Plattenkondensator: $C = \frac{Q}{U} = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$
- **Energie des elektrischen Feldes: $E = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$**

7.2.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen

Schwerpunkt Erkenntnisgewinnung und Fachmethoden:

Die Schüler*innen

- formulieren Hypothesen und führen begründete Experimente zur Überprüfung ihrer Hypothese durch.
- verwenden das Feldkonzept für die Erklärung der Wechselwirkung zwischen Ladungen.
- führen mathematische Umformungen zur Berechnung physikalischer Größen durch.

Schwerpunkt Kommunikation:

Die Schüler*innen

- tauschen sich über physikalische Erkenntnisse und deren Anwendung unter angemessener Fachsprache aus, greifen Beiträge auf und entwickeln sie weiter.
- setzen bei der Präsentation von Ergebnissen Schwerpunkte durch zweckmäßige Darstellungsformen.
- verknüpfen neue Informationen mit bereits vorhandenem Wissen aus der Mechanik und stellen Zusammenhänge her.

Schwerpunkt Bewertung und Reflexion:

Die Schüler*innen

- beurteilen am Beispiel eines Gewitters Maßnahmen und Verhaltensweisen zur Erhaltung der eigenen Gesundheit.

8 Sachgebiete der Qualifizierungsphase 1

Anzahl Klausuren: gA: eine zweistündige Klausur pro HJ; eA: zwei zweistündige Klausuren pro HJ

8.1 Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen: Inhalte und Hinweise

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> • charakteristische Größen: Schwingungsdauer, Frequenz, Wellenlänge, Amplitude, Elongation, Ausbreitungsgeschwindigkeit • Faden- und Federpendel • el.-magn. Schwingkreis • Schwingungsgleichung • Longitudinal- und Transversalwellen • stehende Wellen • Dopplereffekt • Beugung • Huygens'sches Prinzip • Interferenzphänomene: Doppelspalt, Gitter, Einfachspalt, dünne Schichten • Kohärenz. • Farben • Polarisation • Interferometer 	<p>Die Schüler*innen</p> <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben Schwingungen und Wellen mit Hilfe ihrer charakteristischen Größen. • stellen Schwingungen und Wellen mit Hilfe von Sinusfunktionen graphisch dar. • ermitteln aus der Schwingungsgleichung die charakteristischen Größen. • erklären die Ausbreitung und Reflexion von Wellen mit Hilfe von gekoppelten Oszillatoren. • untersuchen Interferenzphänomene experimentell. • erklären mithilfe des Huygens'schen Prinzips die Entstehung von Interferenzmustern. • berechnen die Lage von Maxima und Minima bei Interferenzphänomenen. • erläutern die Voraussetzungen für Interferenz unter Berücksichtigung von Kohärenz. • erklären das Entstehen eines Spektrums bei Interferenz mit weißem Licht. • untersuchen Polarisationsphänomene experimentell. • beschreiben den Aufbau und erklären die Funktionsweise eines Interferometers. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mechanische Wellen sind nur insoweit zu behandeln, als es zum Verständnis der optischen Wellen nötig ist. Dies kann sowohl vorgeschaltet als auch integriert geschehen. • Beispiele aus der Akustik stellen eine sinnvolle Ergänzung dar. • Das didaktische Konzept des Zeigermodells eignet sich zur Veranschaulichung von periodischen Vorgängen im Zusammenhang von Schwingungen und Interferenzphänomenen. • Zur Analyse von schwingenden Systemen eignen sich digitale Messwerterfassungssysteme, wie Viana, LoggerPro und Phyphox. • Auf grundlegendem Niveau sind Einfachspalt und dünne Schichten nur phänomenologisch zu betrachten. • Kontexte: Erdbeben: Gefährliche Schwingungen, Unterhaltungstechnik und Raumakustik, Fotografie, 3D-Kino, Materialprüfung (Spannungsanalyse). • Fächerübergreifendes Arbeiten mit den Fächern Geographie, Sport und Musik ist möglich.

8.1.1 Fachsprache

- Schwingungsdauer, Frequenz, Wellenlänge, Amplitude, Elongation, Ausbreitungsgeschwindigkeit
- Resonanz
- Oszillator
- Longitudinal, transversal
- Wellental, Wellenberg, Wellenfront, Wellennormale, Elementarwelle
- Konstruktive und destruktive Interferenz, Interferenzmuster, Hauptmaxima, Nebenmaxima, Intensität, Kohärenz
- Reflexion, Brechung
- Polarisation, Polarisationsfilter, Brewster-Winkel
- stehende Welle, Schwingungsbauch, Schwingungsknoten
- Resonanzkatastrophe
- kontinuierliches Spektrum, Linienspektrum

8.1.2 Zentrale Experimente

- Faden- und Federpendel
- Resonanz von Stimmgabeln
- Gekoppelte Schwingungen
- Wellenwanne, Wellenmaschine
- Interferenz von Schallwellen mit Lautsprechern
- Interferenz am Doppelspalt
- Interferenz am Einfachspalt
- Interferenz am Gitter
- Interferenz an dünnen Schichten
- Herleitung und Anwendung des Gesetzes von Malus

8.1.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole

- Frequenz f , Schwingungsdauer T
- Elongation y , Amplitude \hat{y}
- Ausbreitungsgeschwindigkeit c
- Phasenwinkel φ , Kreisfrequenz ω
- Wellenlänge λ
- Schwingungsgleichung: $y(t) = \hat{y} \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0)$
- Wellengleichung: $y(t) = \hat{y} \cdot \sin(2\pi \cdot (\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}))$
- Dopplereffekt: $f = f_0 \cdot \frac{c}{c-v}$ bzw. $f = f_0 \cdot \frac{c}{c+v}$
- Interferenz am Doppelspalt: $\lambda = \frac{g \cdot d}{l \cdot n}$ mit g : Spaltmittenabstand, d : Abstand von Maxima, l : Abstand Schirm und Lichtquelle
- konstruktive Interferenz: $\Delta s = n \cdot \lambda$
- destruktive Interferenz: $\Delta s = (2n + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$
- Gesetz von Malus: $I = I_0 \cdot \cos^2(\alpha)$
- Brewster-Winkel: $\theta_B = \tan^{-1}(\frac{n_2}{n_1})$

8.1.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen

Schwerpunkt Erkenntnisgewinnung und Fachmethoden:

Die Schüler*innen

- bestimmen unter Einhaltung der Variablenkontrollstrategie die Abhängigkeit der Schwingungsdauer von Faden- und Federpendel.
- verwenden zur Auswertung digitale Messwerterfassungssysteme wie Videoanalysen, LoggerPro, und Phyphox.
- führen mittels Versuchen Schwingungen auf die Anwesenheit von Oszillatoren zurück.
- idealisieren aus Messdaten funktionale Zusammenhänge unter Verwendung verschiedener Formen der Mathematisierung.
- nutzen das Huygens'sche Prinzip als Modell, um beobachtbare Phänomene im Kontext von Reflexion, Brechung und Beugung zu erläutern.
- ermitteln die Wellenlängen von Lichtquellen und die Oberflächenbeschaffenheit mithilfe von Interferenzversuchen.

- kennen die Funktion eines Experiments (Phänomenbeschreibung; Entscheidungsfunktion in Bezug auf die Hypothesen; Initialfunktion in Bezug auf Ideen; Grundlagenfunktion in Bezug auf Theorien).

Schwerpunkt Kommunikation:

Die Schüler*innen

- verfassen zu Versuchen Protokolle, wie z.B. der Bestimmung der Schwingungsdauer von Faden- und Federpendel.
- analysieren Informationsquellen und Argumente im Hinblick auf ihre Aussagekraft und den Wahrheitsgehalt.

- erklären Alltagserscheinungen mithilfe ihres Vorwissens unter Einbeziehung einer angemessenen Fachsprache.

Schwerpunkt Bewertung und Reflexion:

Die Schüler*innen

- bewerten Risiken und Sicherheitsmaßnahmen im Zusammenhang von schwingungsfähigen Systemen, wie z.B. Brücken oder Wolkenkrafter..
- reflektieren Auswirkungen der Entdeckung und Nutzung von Interferenz in technischen und gesellschaftlichen Zusammenhängen.

8.2 Bewegungen in Magnetfeldern und Elektrodynamik: Inhalte und Hinweise

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> • Magnetische Flussdichte • Lorentzkraft • homogenes Magnetfeld • Halleffekt • Bewegungen von Ladungen in homogenen Magnetfeldern • Anwendung elektrischer und magnetischer Felder <ul style="list-style-type: none"> – Fadenstrahlrohr – Kreisbeschleuniger – Massenspektrometer – Hallsonde • e/m-Bestimmung • Masse des Elektrons • Magnetfeld einer Spule • Induktionsgesetz • Wirbelströme • Induktivität einer Spule • Selbstinduktion • Anwendungen der Induktion 	<p>Die Schüler*innen</p> <ul style="list-style-type: none"> • stellen das Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters und einer stromdurchflossenen Spule dar. • beschreiben und berechnen die Kräfte auf elektrische Leiter und bewegte Ladungen im Magnetfeld. • erläutern den Zusammenhang zwischen Kraft und magnetischer Feldstärke. • erklären den Halleffekt zur Messung der magnetischen Feldstärke. • analysieren die Bewegung geladener Teilchen in homogenen Magnetfeldern. • erläutern technische Anwendungen, in denen Ladungen in Magnetfeldern abgelenkt werden. • erläutern das Induktionsgesetz. • analysieren technische Anwendungen der Induktion. • berechnen die magnetische Feldstärke um einen Leiter und in einer langen Spule. • berechnen die Induktivität einer Spule. • erläutern das zeitliche Verhalten einer Spule im Stromkreis. • berechnen die Energie des magnetischen Feldes einer Spule. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kreisbeschleuniger (z.B. Zyklotron) • Massenspektrometer (nach Aston; mit Wienschen Geschwindigkeitsfilter) • Kontexte: Spektroskopie – Beschleuniger und Massenspektrometer; Induktives Laden – Induktion; Windkraft – Wechselspannung; perfekter Klang – Stromkreise mit Spulen • Fächerübergreifendes Arbeiten mit den Fächern Musik, Chemie, Informatik ist möglich. • Ein Ausblick auf die Maxwell-Gleichungen bietet sich an dieser Stelle ebenso an, wie die Analyse der physikalischen Vorgänge von Wechselstromkreisen.

8.2.1 Fachsprache

- Magnetische Flussdichte, magnetischer Fluss
- Magnetische Permeabilität
- Ferro-, Dia-, Paramagnetismus, Supraleiter
- Hysteresekurve, Remanenz, Curietemperatur
- Linke-Hand-Regel
- Induktivität, Selbstinduktivität
- Lorentzkraft
- Hall-Spannung
- Ladungsträgerdichte
- Elektromagnetische Induktion
- Wirbelstrom
- Kapazitiver und induktiver Widerstand, Impedanz

8.2.2 Zentrale Experimente

- Oerstedt-Versuch (Wdh. SEK I)
- Wechselwirkung zwischen stromdurchflossenen Leitern
- Grundversuche zur Relativbewegung von Leitern in Magnetfeldern
- Fadenstrahlrohr mit Helmholtzspulen
- Hallsonde
- Hertzscher Dipol
- Auf- und Entladungsvorgang einer Spule
- Ringversuch nach Thomsen
- WALTENHOFEN'sches Pendel
- Generator
- Schwingkreis
- Ringentladungsröhre

8.2.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole

- Magnetische Flussdichte B , magnetischer Fluss Φ
- Magnetische Flussdichte $B = \frac{F}{I \cdot s}$
- Magnetischer Fluss $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A}$
- Magnetfeld von Leitern: $B = \mu_0 \cdot \frac{I}{2\pi r}$
- Magnetfeld einer Spule: $B = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{l}$
- Lorentzkraft: $\vec{F}_L = q \cdot \vec{v} \cdot \vec{B}$
- Hallspannung: $b \cdot v \cdot B$
- Induktionsgesetz: $U_{ind} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$
- Induktivität: $L = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N^2}{l} \cdot A$
- Wechselspannung: $U(t) = U_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$

8.2.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen

Schwerpunkt Erkenntnisgewinnung und Fachmethoden:

Die Schüler*innen

- identifizieren und formulieren auf der Grundlage von Idealisierungen Fragestellungen, die mit Hilfe von physikalischen und anderen Kenntnissen oder Untersuchungen beantwortet werden.
- beschreiben in Analogie zu Bewegungen im Gravitationsfeld und Bewegungen in elektrischen Feldern Phänomene und Vorgänge von Bewegungen in Magnetfeldern.
- formulieren Hypothesen in Zusammenhängen von elektrischen Wechselstromschaltungen.
- interpretieren und bewerten Ergebnisse von Experimenten (Messfehler, Genauigkeit, Ausgleichsgerade, mehrfache Messung und Mittelwertbildung).
- beschreiben (historische) Einflüsse auf Entwicklungen und Veränderungen physikalischer Erkenntnisse.

Schwerpunkt Kommunikation:

Die Schüler*innen

- erfassen und strukturieren Informationen aus zunehmend komplexen Texten und Darstellungen sowie Unterrichtsbeiträgen.
- beschreiben Beobachtungen, Modelle, Analogien und Verfahren sowie den Aufbau einfacher technischer Geräte und deren Funktionsweise.
- veranschaulichen Daten angemessen mit sprachlichen, symbolischen, mathemati-

schen und bildlichen Gestaltungsmitteln, auch mit Hilfe elektronischer Werkzeuge.

Schwerpunkt Bewertung und Reflexion:

Die Schüler*innen

- diskutieren Geschlechtsstereotype bezüglich Interesse und Berufswahl im naturwissenschaftlich-technischen Bereich.
- reflektieren Prozesse zur Entscheidungsfindung.

9 Sachgebiete der Qualifizierungsphase 2

Anzahl Klausuren: gA: eine zweistündige Klausur pro HJ; eA: eine zweistündige Klausur und eine Vorabiturklausur im 1. HJ

9.1 Quantenphysik: Inhalte und Hinweise

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> • Photoeffekt • Eigenschaften von Photonen • Röntgenbremsspektrum • Braggreflexion • Doppelspalt-Experimente und Simulationen mit Licht, einzelnen Photonen und Elektronen • quantenphysikalisches Weltbild hinsichtlich der Begriffe „Realität“, „Lokalität“, „Kausalität“, „Determinismus“ • stochastische Deutung mittels des Quadrats der quantenmechanischen Wellenfunktion (qualitativ) • Delayed-Choice-Experiment • Eigenschaften von Quanten-objekten (Photonen, Elektronen): Energie, Masse, Impuls, Frequenz, Wellenlänge • Materiewellen • De-Broglie-Wellenlänge • Bragg-Reflexion mit Elektronen • Ort-Impuls-Unbestimmtheit • Koinzidenz-Methode zum Nachweis einzelner Photonen 	<p>Die Schüler*innen</p> <ul style="list-style-type: none"> • erläutern die experimentellen Befunde zum Photoeffekt. • erklären den Photoeffekt mit den Teilcheneigenschaften des Lichts. • beschreiben das Verhalten von Licht mithilfe von Photoneigenschaften. • erläutern die Entstehung der Röntgenbremsstrahlung. • untersuchen mit Hilfe der Bragg-Reflexion Röntgenspektren. • benennen und erklären grundlegende Aspekte und Eigenschaften der Quantentheorie (mit Hilfe „grundlegender Wesenszüge“). • beschreiben Gemeinsamkeiten und Unterschiede des Verhaltens von klassischen Wellen, klassischen Teilchen und Quantenobjekten. • erläutern, dass sich der scheinbare Widerspruch des Welle-Teilchen-Dualismus durch eine Wahrscheinlichkeitsinterpretation beheben lässt. • treffen Vorhersagen über das Verhalten von Quantenobjekten mithilfe von Wahrscheinlichkeitsaussagen. • beschreiben die Probleme bei der Übertragung von Begriffen aus der Anschauungswelt in die Quantenphysik. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die beobachteten Phänomene in Experimenten zur Quantenphysik können durch grundlegende Wesenszüge beschrieben werden, welche Quantenobjekte von klassischen Objekten besonders augenfällig unterscheiden. Das betrifft beispielsweise die Quantelung, das statistische Verhalten, die Fähigkeit zur Interferenz, die Eindeutigkeit von Messergebnissen und die Komplementarität. (siehe hierzu z.B. http://www.milq.info/ oder entsprechende Inhalte bei http://www.leifiphysik.de/) • Strahlteilerexperimente (im Experiment oder in der Simulation) in diesem Zusammenhang sinnvoll. • Viele der anschaulichen klassischen Vorstellungen vom Aufbau der Materie sind im Bereich der Atome nicht mehr anwendbar: Deshalb ist das Bohr'sche Modell auch im Sinne eines Energiestufenmodells zu behandeln. Ziel des Unterrichts ist ein grundlegendes Verständnis einer quantenmechanischen Beschreibung eines Atoms. Grundsätzlich ist im Bereich der Atomphysik eine Absprache mit der Fachschaft Chemie zu empfehlen. Die Behandlung der Schrödinger-Gleichung ist nicht verbindlich vorgesehen, stellt aber eine mögliche Vertiefung dar.

<ul style="list-style-type: none"> • Grenzen des Bohr'schen Atommodells • Linienspektren • Emissions- und Absorptionsspektren • Energieniveaus des Wasserstoffatoms und wasserstoffähnlicher Atome • charakteristische Röntgenstrahlung • Orbitale des Wasserstoffatoms 	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben den Zusammenhang zwischen Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Quantenobjekten anhand eines Delayed-Choice-Experiments. • berechnen Impulse bzw. Wellenlängen von Quantenobjekten. • erläutern die Vorgänge beim Compton-Effekt. • werten Experimente zu den Welleneigenschaften von Elektronen aus. • erläutern die Konsequenzen für ein Quantenobjekt hinsichtlich der Bestimmung von komplementären Größen. • erläutern Grenzen des Bohr'schen Atommodells. • erklären die Emission und Absorption von Licht mit Hilfe eines Energiestufenmodells. • erläutern die Entstehung von Linienspektren. • berechnen Linienspektren mit Hilfe von vorgegebenen Energieniveaus. • erklären die Entstehung der charakteristischen Röntgenstrahlung. • erklären die Bedeutung eines Orbitals. 	
---	---	--

9.1.1 Fachsprache

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Anode, Kathode, Photoelektronen, Photostrom • Gegenfeldmethode, Auslösearbeit • Sättigungsstromstärke, Grenzwellenlänge • Plancksches Wirkungsquantum h, Einsteinmethode, Einsteingerade | <ul style="list-style-type: none"> • Duant-Hunt-Gesetz • Bremsspektrum / kontinuierliches Spektrum • charakteristische Spektrum / Linienspektrum • Laue- und Debaye-Scherrer-Verfahren • Valenzelektronen |
|--|--|

- Compton-Wellenlänge

9.1.2 Zentrale Experimente

- Hallwachs-Versuch
- Photoeffekt (ggf. mit Applet)
- h-Bestimmung mit LEDs (Schülerkästen)
- Absorption von Röntgenstrahlung („Durchleuchtung“ von Gegenständen)
- Aufnahme eines Röntgenspektrums
- Bragg Reflexion (Drehkristallmethode)
- Elektronenbeugungsversuch
- Analyse von Spektren (z.B. Absorptionslinienspektrum)
- innerer Fotoeffekt (LED-Versuch)

9.1.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole

- Moseley'sches Gesetz
- Duant-Hunt-Gesetz: $E_{kin} = e \cdot U = h \cdot f_G$
- $E_{ph} = h \cdot f = W_A + E_{kin}$
- Bragg-Bedingung
- $E_{ph} = h \cdot f$
- de Broglie Wellenlänge: $\lambda_{dB} = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v}$

9.1.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen

Schwerpunkt Erkenntnisgewinnung und Fachmethoden:

Die Schüler*innen

- stellen theoriegeleitet anhand der Wesenszüge von Quantenobjekten Hypothesen / Vorhersagen auf zu deren Verhalten im Experiment.

- formulieren die Hypothese, dass die kinetische Energie der Photoelektronen von der Frequenz des einfallenden Lichts abhängt. Sie planen ein Experiment, in dem sie Licht unterschiedlicher Frequenzen auf eine Metalloberfläche richten und die kinetische Energie der freigesetzten Elektronen messen.
- erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen.
- reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses sowie der gewonnenen Erkenntnisse.

Schwerpunkt Kommunikation:

Die Schüler*innen

- entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder.
- formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert.
- tauschen sich mit anderen konstruktiv über physikalische Sachverhalte aus, vertreten, reflektieren und korrigieren gegebenenfalls den eigenen Standpunkt.

Schwerpunkt Bewertung und Reflexion:

Die Schüler*innen

- erläutern aus verschiedenen Perspektiven Eigenschaften einer schlüssigen und überzeugenden Argumentation.
- bilden sich reflektiert und rational in außerfachlichen Kontexten ein eigenes Urteil.
- beurteilen Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung und Konsequenzen und schätzen Risiken, auch in Alltagssituationen, ein.

9.2 Quantenphysik und Wahlthema: Inhalte und Hinweise

Verbindliche Inhalte	Inhaltsbezogene Kompetenzen	Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> • Franck-Hertz-Versuch • Unschärferelation • linearer Potentialtopf • Ausblick auf Mehrelektronensysteme • Quantenzahlen • Pauli-Prinzip • Aufbau des Periodensystems <p>Mögliche Wahlthemen:</p> <p>Spezielle Relativitätstheorie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Äquivalenz von Masse und Energie • Dynamische Masse • Relativität der Gleichzeitigkeit • Zeitdilatation und Längenkontraktion <p>Astrophysik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entstehung des Sonnensystems • Sterne und Sternentwicklung • Weiße Zwerge und schwarze Löcher • Astrophysikalische Methoden 	<p>Die Schüler*innen</p> <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben, dass Quantenobjekte stets Wellen- und Teilcheneigenschaften aufweisen, sich diese aber nicht unabhängig voneinander beobachten lassen. • verwenden den linearen Potentialtopf als einfaches Atommodell zur Bestimmung quantisierter Energieniveaus. • stellen den Aufbau des Periodensystems mit Hilfe der Quantenzahlen und des Pauli-prinzips dar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Der Franck-Hertz-Versuch ist insbesondere zur Vertiefung der Kenntnisse bezüglich weitere Anregungsformen geeignet. Dieser ist im besonderen Maße als Experiment im Unterricht geeignet. • Im Profilkurs sollte nach der Erarbeitung der Pflichtinhalte Zeit für die Vorbereitung auf das schriftliche Abitur eingeplant werden. • Bei der Erarbeitung der Wahlthemen ist jeder Lehrkraft ein großer Ermessensspielraum gegeben. Hierbei sollte insbesondere auf Interessen und Neigungen sowohl der Schüler und Schülerinnen als auch der Lehrkraft eingegangen werden.

<p>Klimaphysik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Kohlenstoffdioxid-Problematik • Genauigkeit von Klimaprognosen <p>Atome, Atomkerne, Quarks</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau der Atomkerne • Systematik der Elementarteilchen • Quarks und Leptonen • Hochenergiephysik <p>Quantenphysik des Festkörpers</p> <ul style="list-style-type: none"> • Supraleiter • Halbleiter • Elektronen und Löcher in Festkörper • Funktionsweise elektronischer Bauelemente 		
---	--	--

9.2.1 Fachsprache

- Quantenhafte Absorption / Energiequantisierung (diskrete Energieauf- und abnahme)
- Orbital-Modell

9.2.2 Zentrale Experimente

- Franck-Hertz-Versuch

9.2.3 Verbindliche Gleichungen / Symbole

9.2.4 Beitrag zu prozessbezogenen Kompetenzen

10 Hinweise zur Vorbereitung auf das schriftliche Zentralabitur

Zur Vorbereitung auf das schriftliche Zentralabitur ist es ratsam, sich rechtzeitig mit den „Begleitenden Dokumenten“ auf der Seite des IQB (Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen) zu beschäftigen. Vor allem sollte man die „Inhaltliche Vereinbarungen zur Gestaltung der Aufgaben – Physik“ mit den Inhalten aus dem ei-

genen Unterricht abgleichen und ggf. Inhalte ergänzen. Weiterhin bietet es sich an die Beispielaufgaben des IQB an passender Stelle mit in den Unterricht einzubinden, um das Format des Zentralabiturs einzuüben.

11 Leistungsbewertung

Die Fachanforderungen sowie der Erlass *Leistungsnachweise in der Primar- und Sekundarstufe I, Mai 2018* formulieren klare Rahmenvorgaben zur Leistungsbewertung im Fach Physik der Sekundarstufe I. Danach sind die von der Lehrkraft beobachteten Schüler*innenhandlungen die Grundlage der Beurteilung. Hierbei sind die vier Kompetenz- sowie die drei Anforderungsbereiche ausgewogen zu berücksichtigen:

Kompetenzbereiche

1. Fachwissen
2. Erkenntnisgewinnung
3. Kommunikation
4. Bewertung

Anforderungsbereiche

1. **Anforderungsbereich I:**
einfache Sachverhalte und Fachmethoden reproduzieren und anwenden, Sachverhalte in vorgegebener Form darstellen, einfache Bezüge darstellen
2. **Anforderungsbereich II:**
komplexere Sachverhalte und Fachmethoden reorganisieren und übertragen, Kommunikationsformen situationsgerecht anwenden, Bewertungsansätze wiedergeben, einfache Bezüge herstellen
3. **Anforderungsbereich III:**
komplexe Sachverhalte und Fachmethoden problembezogen anwenden und übertragen, Kommunikationsformen situationsgerecht auswählen, Bezüge herstellen, Sachverhalte bewerten

Da der o.g. Erlass keine schriftlichen Leistungsnachweise im Sinne von Klassenarbeiten für die Sek. I vorsieht, bilden die vielfältigen Unterrichtsbeiträge das alleinige Zentrum der Beurteilung. Zu den möglichen Unterrichtsbeiträgen können zählen:

Unterrichtsgespräch

1. Teilnahme am Unterrichtsgespräch mit konstruktiven Beiträgen
2. Formulierung von Problemstellungen und Hypothesen
3. Verwendung von Fachsprache und Modellen

Aufgaben und Experimente

1. Formulierung von Problemstellungen und Hypothesen
2. Organisation, Bearbeitung und Durchführung
3. Formulierung von Vorgehensweisen, Beobachtungen, Ergebnissen
4. Ziehen von Schlussfolgerungen und Ableiten von Regeln

Dokumentation

1. Zusammenstellung von Materialsammlungen
2. Verwendung von Fachsprache und Modellen
3. den Anforderungen des Unterrichts entsprechende Heftführung
4. geeignete Dokumentation von Versuchsergebnissen und Aufgaben
5. Erstellen von Lerntagebüchern und Portfolios

Präsentation

1. mündliche und schriftliche Darstellung von Arbeitsergebnissen
2. Kurzvorträge und Referate
3. Verwendung von Fachsprache und Modellen
4. Präsentation von Wettbewerbsbeiträgen

schriftliche Überprüfungen

1. schriftliche Leistungsüberprüfungen bis zu einer Arbeitsdauer von maximal 20 Minuten (sogenannte Tests)
2. Sie sind als Unterrichtsbeiträge zu berücksichtigen.

Die Fachkonferenz kann sich auf bestimmte verpflichtende, einzelnen Sachgebieten zugeordnete, Unterrichtsbeiträge verständigen. Die folgenden Einigungen wurden **von der Fachkonferenz beschlossen:**

1. Mindestens jedes Sachgebiet, welches oben ausgewiesen ist, soll durch einen Test gewürdigt werden.

2. Der Unterricht sollte die Vielfalt möglicher Unterrichtsbeiträge berücksichtigen, um den verschiedenen Stärken der Lernenden gerecht zu werden.

3. Verpflichtende Unterrichtsbeiträge wie z.B. eine Projektdokumentation werden im schulinternen Fachcurriculum gesondert in der Sachgebietstabelle ausgewiesen.

12 Beitrag zur Medienkompetenzbildung

Die *Ergänzung zu den Fachanforderungen Medienkompetenz — Lernen mit digitalen Medien* des Ministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur des Landes Schleswig-Holstein in der Fassung vom Juli 2018 benennt Kompetenzbereiche der Medienbildung, zu denen die einzelnen Unterrichtsfächer ihren Beitrag leisten sollen. Diese Ergänzung ist unter <https://lehrplan.lernnetz.de> veröffentlicht. Dabei ist nicht vorgesehen und wohl auch kaum möglich, dass jedes Unterrichtsfach die verschiedenen Kompetenzbereiche in gleicher Weise fördert. Deshalb hat sich die Fachschaft Physik im schulinternen Abstimmungsprozess auf die in der Tabelle ausgewiesenen Kompetenzbereiche als Schwerpunkte verständigt.

Auf besondere Möglichkeiten, digitale Messwerterfassungen durchzuführen, wird im Sachgebetsbereich durch **einen gelben Texthintergrund** aufmerksam gemacht.

K 1.1	Browsen, Suchen und Filtern
K 1.2	Auswerten und Bewerten
K 1.3	Speichern und Abrufen
K 2.2	Teilen
K 4.4.1	Umweltauswirkungen digitaler Technologien berücksichtigen
K 5.1	Technische Probleme lösen
K 5.2	Werkzeuge bedarfsgerecht einsetzen
K 5.4	Digitale Werkzeuge und Medien zum Lernen, Arbeiten und Problemlösen nutzen

13 Fördermaßnahmen

Eine wesentliche Verantwortung der Lehrkräfte liegt in der Förderung der Schüler*innen unterschiedlicher Leistungsniveaus im unterrichtlichen Rahmen. Daneben bietet die Klaus-Groth-Schule verschiedenste Strukturen zur außerunterrichtlichen Förderung der Lernenden im physikalisch-naturwissenschaftlichen Bereich an. Für leistungsstarke Schüler*innen sind dies u.a.:

- Drehtürmodell zur Umsetzung von Schüler*innen-Forschungsprojekten im Denklabor
- Mentoring (Projekt des Bundes „LemaS“)
- Verstärkungsunterricht ANT
- MINT-Excellence-Angebote durch den MINT-EC: bundesweites Begabungsnetzwerk, Schülercamps, MINT-EC-Zertifikat, Kooperation Schule – Wirtschaft – Uni, Projektförderung
- Enrichment mit jährlich wechselnden Angeboten
- Wettbewerbe und Akademien (Jugend forscht, Olympiaden, Software-Challenge, F1 in Schools u.v.m.)
- Juniorstudium in Zusammenarbeit mit der CAU Kiel
- Experiment / Molekül des Monats
- eigener Mathematik-Adventskalender
- Projekt Navigator
- „Professoren zum Frühstück“
- Schüler-Labor
- Schüler-Uni
- Webinare
- AG-Angebote wie Robotik
- fachbezogenes Patenmodell

Leistungsschwächere Schüler*innen finden neben der unterrichtlichen und durch Lernpläne abgestimmten Förderung die folgenden Strukturen vor:

- Intensivierungsstunden
- Hausaufgabenhilfe

- Förderunterricht
- Schüler-helfen-Schülern-Programm
- Sommerakademie

In jedem Fall ist insbesondere hier in individueller Absprache mit dem Elternhaus auf Basis der Lernstandsanalyse genauer zu prüfen, welche Fördermöglichkeiten motivierend, sinnvoll und erfolversprechend erscheinen.

14 Evaluation und Ausbau des Fachcurriculums

Die Evaluation des schulinternen Fachcurriculums erfolgt durch Reflexion erprobter Unterrichtsinhalte. Im halbjährlichen Rhythmus werden mögliche Anpassungsnotwendigkeiten u.a. während der Fachschaftssitzungen diskutiert. Entsprechend des jetzt vorliegenden Ausarbeitungsstandes sind neben der Reihenfolge und Dauer von Unterrichtseinheiten die folgenden Aspekte zu betrachten:

- didaktisches Vorgehen zum Bereich Energie 1
- Ergänzung / Fixierung verbindlicher Projektthemen (bisher E-Motor, Lochkamera)
- Prüfung und Ergänzung sinnstiftender Kontexte
- Ergänzung von Möglichkeiten digitalen Arbeitens
- Fixierung der Heranführung an das Arbeiten in der Oberstufe