

In den vorangegangenen Jahrgangsstufen haben die Schüler in einfacher Weise Erfahrungen mit Inhalten und Handlungsweisen aus dem Bereich Naturwissenschaft und Technik gesammelt. Dabei haben sie bereits fachsystematische Ansätze kennengelernt und einen Überblick gewonnen, wie man Ordnungsstrukturen findet und darstellt. Mit der zunehmend höheren Fähigkeit zum abstrahierenden Denken können die Schüler nun komplexere Zusammenhänge besser erfassen und darstellen.

Im Schwerpunkt Physik greifen die Schüler Erfahrungen aus den Vorjahren auf. Sie erkennen, wie man Sachverhalte durch einfache Modellvorstellungen erklären kann, und lernen, wie sie Gesetzmäßigkeiten finden und beschreiben können. Dabei bieten die Themenbereiche Elektrik, Mechanik und Optik viele Verbindungen zu Biologie, Chemie und Technik.

Im Schwerpunkt Informatik erwerben die Schüler Hintergrundwissen zu vernetzten Informationsstrukturen und zum Austausch von Information, das ihnen das Verständnis und die Nutzung des Internets erleichtert. Mit dem Beschreiben von Abläufen durch Algorithmen lernen sie u. a., das ihnen bereits bekannte schrittweise Vorgehen beim Experimentieren in den Naturwissenschaften besser zu verstehen und klarer darzustellen.

Eine intensive Zusammenarbeit in Form eines gemeinsamen Unterrichtsprojekts zwischen den Schwerpunkten Physik und Informatik bietet sich vor allem beim Nutzen und eigenständigen [Erstellen von Hypertexten](#) an. Die Schüler festigen und erweitern dabei die für ein effektives Arbeiten im Team nötigen sozialen Kompetenzen.

In der Jahrgangsstufe 7 erwerben die Schüler folgendes Grundwissen:

- Sie kennen grundlegende Vorgehensweisen beim [Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten](#).
- Sie sind in der Lage, beim Rechnen mit physikalischen Größen sinnvolle Genauigkeitsangaben zu machen und Einheiten richtig zu verwenden.
- Sie kennen ein einfaches Atommodell, eine Modellvorstellung des elektrischen Stroms und die Größen Stromstärke, Spannung und Widerstand.
- Sie kennen kinematische Grundgrößen und können sie auf einfache Beispiele aus dem Alltag anwenden.
- Sie sind mit den Zusammenhängen zwischen Kraft und Bewegungsänderung sowie Kraft und Verformung vertraut und können den Trägheitssatz anwenden.
- Sie haben einen Einblick in die Eigenschaften von Gravitationskraft und elektrischer Kraft.
- Sie können die Bildentstehung bei Spiegeln und Sammellinsen für einfache Fälle erklären.
- Sie können vernetzte Strukturen zur Darstellung inhaltlicher Zusammenhänge verwenden.
- Sie können sich durch Einsatz geeigneter Werkzeuge und Suchstrategien Informationen im Internet beschaffen.
- Sie können die Vorgänge beim Austausch von E-Mail unter Verwendung der Grundbegriffe der objektorientierten Beschreibung von Informatiksystemen erklären.
- Sie können einfache, automatisierbare Vorgänge algorithmisch beschreiben.

NT 7.1 Schwerpunkt Physik (ca. 56 Std.)

Die Schüler üben und vertiefen die bereits bekannten Arbeitsmethoden wie Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten und lernen physikalische Grundbegriffe und Denkweisen genauer kennen. Sie beschreiben die dabei entdeckten physikalischen Zusammenhänge sowie Gesetzmäßigkeiten unter Verwendung der erforderlichen Fachbegriffe zunächst überwiegend verbal [→ D 7.1, NT 7.2.3]. Mit der Fähigkeit, technische Anwendungen und alltägliche Naturerscheinungen erklären zu können, wachsen bei Mädchen und Jungen das Interesse und der Mut, sich mit komplexeren naturwissenschaftlichen Zusammenhängen auseinanderzusetzen. Sie erkennen, dass die Physik auch Fragestellungen aus Biologie, Chemie und Geographie klärend aufgreift und vergegenwärtigen sich so die wichtige Rolle der Physik innerhalb der Naturwissenschaften. Durch eine behutsame Verwendung mathematischer Methoden wird den Schülern deren Nutzen deutlich und sie gewinnen allmählich Sicherheit im rechnerischen Umgang mit physikalischen Größen und Einheiten [→ M 7.6]. Beim Rechnen mit dem Taschenrechner wird ihnen bewusst, dass bei Größen auf sinnvolle Genauigkeitsangaben zu achten ist.

Als Projekt in Verbindung mit dem Schwerpunkt Informatik können die Schüler zu Inhalten und Anwendungen aus allen Bereichen Informationen aus dem Internet zusammenstellen und eigene Hypertexte erstellen. [Regelmäßige Schülereperimente, experimentelle Hausaufgaben und Referate](#) regen die Schüler zu kreativem und eigenverantwortlichem Arbeiten an und wecken so die Freude an der Physik und am Forschen.

NT 7.1.1 Elektrischer Strom (ca. 18 Std.)

Die Schüler entwickeln eine Modellvorstellung vom elektrischen Stromkreis und lernen ein einfaches Atommodell kennen. Sie können mit den Wirkungen des elektrischen Stroms einfache technische Anwendungen erklären sowie die Gefahren beim Umgang mit Elektrizität besser einschätzen. Zudem erfahren sie, dass in der Technik physikalische Größen und entsprechende Messverfahren benötigt werden.

- elektrischer Stromkreis
 - [Bestandteile eines Stromkreises](#)
 - Strom als Bewegung von Ladungen, [einfaches Atommodell](#)
 - Überblick über die [Wirkungen des elektrischen Stroms](#), Gefahren beim Umgang mit Elektrizität
 - [einfache Stromkreise](#) in Technik und Haushalt
- Magnetismus
 - Dauermagnet
 - Elektromagnet
- Größen zur Beschreibung des elektrischen Stromkreises
 - [Stromstärke, Spannung, Widerstand](#) (ohne Ohm'sches Gesetz), Messen elektrischer Größen

NT 7.1.2 Kräfte in der Natur und in der Technik (ca. 22 Std.)

Bei der Betrachtung einfacher Bewegungen lernen die Schüler die grundlegenden kinematischen Größen kennen. Durch die [Einführung der Kraft als Ursache für Bewegungsänderungen](#) wird den Schülern ein Einblick in die Vielfalt der Naturkräfte und deren Eigenschaften ermöglicht. In Zusammenhang mit dem Trägheitssatz lernen sie, Gefahren im Straßenverkehr einzuschätzen.

Beim Überblick über die Kraftarten lernen sie die elektrische Ladung und die Masse als Ursachen von elektrischer Kraft und Gravitationskraft kennen. Dabei wird ihnen deutlich, dass Kräfte stets wechselseitig zwischen Körpern auftreten und dass die [Masse eines Körpers](#) auch seine Trägheit bestimmt. Mithilfe von Kraftpfeilen können die Schüler [Kräfte in einfachen Fällen addieren](#) und alltägliche Phänomene sowie einfache technische Anwendungen erklären.

- Grundgrößen der Kinematik
 - [Geschwindigkeit und Beschleunigung](#)
- Kraft und Bewegungsänderung
 - Kraftpfeile, [Trägheitssatz](#) und Kräftegleichgewicht
 - Kraft als Ursache von Bewegungsänderungen
 - [Kraft als Produkt von Masse und Beschleunigung](#), „Newton“ als abgeleitete Maßeinheit
- Überblick über Kraftarten und ihre Ursachen
 - Gravitations- und elektrische Kraft, Wechselwirkungsgesetz
 - [Fallbeschleunigung und Gewichtskraft](#)
 - [Hinweis auf Reibungs- und magnetische Kraft](#)
- [Kräfteaddition](#) an einfachen Beispielen
- Kraft und Verformung
 - [Dehnungs-Kraft-Diagramm](#)
 - [Gesetz von Hooke](#)

NT 7.1.3 Optik (ca. 16 Std.)

Die direkte Wahrnehmbarkeit optischer Phänomene [→ NT 5.1]. bietet den Schülern die Möglichkeit, unterschiedliche Erscheinungen aus ihrer Erfahrungswelt zu beobachten und unter Verwendung der Fachsprache zu beschreiben. Sie erfahren, wie die Entstehung von Bildern bei Spiegeln und Sammellinsen mithilfe einfacher Modellvorstellungen, wie z. B. Lichtstrahlen oder [Lichtbündel](#), erklärt werden kann und wenden diese Modellvorstellungen auf das Auge oder ein optisches Instrument an.

- [geradlinige Ausbreitung des Lichts](#)
 - [Licht und Schatten](#)
 - Mondphasen, Sonnen- und Mondfinsternis

- Bilder bei Spiegeln und Sammellinsen
 - Reflexion und Spiegelbild [→ M 7.1.1]
 - [Brechung](#), [Abbildung durch Sammellinsen](#), Entstehung reeller Bilder
 - [Auge und Fehlsichtigkeit](#) [→ NT 5.2] oder Bildentstehung bei einem [optischen Instrument](#)
- Farben
 - spektrale Zerlegung von weißem Licht, Hinweis auf den Regenbogen
 - [Farbwahrnehmung und "Sehen" als physikalischer Prozess](#)

NT 7.2 Schwerpunkt Informatik (ca. 28 Std.)

Aufbauend auf den Kenntnissen über die Darstellung und Ordnung von Information aus Jahrgangsstufe 6 lernen die Schüler nun komplexere Strukturen kennen, wie sie bei der Vernetzung von Information im Internet ihren Niederschlag finden. Bei diesen vernetzten Strukturen wie auch beim Austausch von Information durch E-Mail erweist sich die objektorientierte Sichtweise wiederum als tragfähiges Mittel, die betrachteten Zusammenhänge auf altersgemäßem Niveau zu verstehen.

Darüber hinaus finden die Schüler anhand altersgemäßer Aufgabenstellungen einen einfachen, schrittweisen Zugang zu einer präzisen Beschreibung von Abläufen durch Algorithmen. Damit wird algorithmisches Denken gefördert, dessen Tragweite bei der Beschreibung naturwissenschaftlicher Experimente, technischer Vorgänge sowie alltäglicher Abläufe deutlich wird. Die Schüler arbeiten mit einem einfachen Programmiersystem und erhalten so einen Einblick in die Steuerung von Abläufen, wie sie auch im Bereich der Robotik eine wesentliche Rolle spielen.

NT 7.2.1 Vernetzte Informationsstrukturen - Internet (ca. 13 Std.)

Die Schüler erfahren, dass inhaltliche Zusammenhänge zwischen Dokumenten zu vernetzten Strukturen führen können, für die eine hierarchische Darstellung nicht ausreicht. An Beispielen aus dem Internet sammeln sie Erfahrungen mit dem Hypertext-Konzept, das sich besonders gut zur Darstellung solcher Strukturen eignet und die Zusammenhänge einfach verfolgen lässt. In einem gemeinsamen Projekt mit dem Schwerpunkt Physik vertiefen sie die neu gewonnenen Kenntnisse, indem sie selbst Hypertexte beispielsweise zum Thema „optische Geräte“ erstellen. Ihr Wissen über die Informationsstruktur des Internets macht ihnen die Notwendigkeit geeigneter Suchstrategien deutlich, um die erforderlichen Informationen zu beschaffen. In diesem Rahmen werden auch rechtliche Aspekte des Interneteinsatzes angesprochen.

- das Vernetzungsprinzip von Hypertexten, insbesondere im Internet
- die Klassen „Verweis“ und „Verweisziel“, Adressen als Attributwerte von Verweisen
- die Beziehung „verweist auf“ zwischen Objekten
- Analysieren und Erstellen von Hypertextstrukturen; Informationsbeschaffung im Internet

NT 7.2.2 Austausch von Information – E-Mail (ca. 2 Std.)

Bei der Verwendung elektronischer Postsysteme erkennen die Schüler die vielfältigen Möglichkeiten zur bequemen, schnellen, weltweiten Kommunikation. Mithilfe des entsprechenden Objektmodells verstehen sie die wichtigsten Abläufe.

- die Klassen „Nachricht“ und „Anhang“, Adressen als Attributwerte von Nachrichten
- Verfassen, Versenden und Empfangen elektronischer Nachrichten
- Transportmechanismen: Zustellen und Abholen; Analogie zur Briefpost; Sicherheit

NT 7.2.3 Beschreibung von Abläufen durch Algorithmen (ca. 13 Std.)

Die Schüler lernen eines der wichtigsten Grundprinzipien der automatischen Informationsverarbeitung kennen und erhalten einen ersten Einblick in seine Anwendung. Sie lernen, dass sich ganz allgemein mit Algorithmen Abläufe präzise und verständlich beschreiben lassen, und üben an konkreten Sachverhalten, insbesondere naturwissenschaftlichen Experimenten, Vorgänge aus einfachen Bausteinen aufzubauen. Dabei arbeiten sie mit einem Programmiersystem, mit dem sie die Algorithmen intuitiv umsetzen können und bei dem die Einzelschritte des Ablaufs altersgemäß visualisiert werden.

- Formulieren von Verarbeitungsvorschriften und Versuchsabläufen in Alltagssprache [→ D 6.2, D 7.1 Vorgänge beschreiben; NT 7.1]
- Bausteine von Algorithmen: Anweisung, Sequenz, Bedingte Anweisung, Wiederholung
- Programmieren eines einfachen Informatiksystems unter Verwendung dieser Bausteine

Energieerhaltung – ein fundamentales Naturprinzip

Im Fach Natur und Technik haben die Schüler bereits Erfahrungen mit typischen physikalischen Arbeitsweisen gesammelt, die vorwiegend auf zielgerichtetem Experimentieren beruhen. Diese Fertigkeiten werden in der Jahrgangsstufe 8 ausgebaut und durch Methoden naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung ergänzt, die zunehmend auf der Fähigkeit zu logischer Argumentation aufbauen.

Mit der Energieerhaltung lernen die Jugendlichen eines der wichtigsten physikalischen Grundprinzipien kennen, das sich auf sämtliche Teilbereiche der Physik erstreckt und alle Naturwissenschaften miteinander verbindet. Durch intensive Beschäftigung mit dem Teilchenmodell der Materie können sie viele Phänomene aus der Wärmelehre erklären und qualitative Vorhersagen machen.

Geeignet ausgewählte Vertiefungen aus der Natur oder der Technik helfen den Schülern, eine Beziehung zwischen physikalischen Erkenntnissen und ihrer eigenen Lebenswelt herzustellen und so die Relevanz des Erlernten zu erkennen. Dabei vernetzen die Jugendlichen ihre Kenntnisse und üben die typischen Fachmethoden ein. In regelmäßigen Schülerexperimenten erlernen sie selbständig physikalische Arbeitsmethoden und erweitern ihre persönlichen Kompetenzen in der Zusammenarbeit im Team, im Umgang mit Information [→ D 8.4] und bei der Präsentation geeigneter Ergebnisse [→ D 7.1, D 8.1]. Dies erreichen sie insbesondere auch im Rahmen eines etwa fünfstündigen Unterrichtsprojekts, in welchem sie sich neben anderen Kompetenzen auch das Wissen aus einem der angegebenen Themenbereiche selbst aneignen.

Die Schüler des Naturwissenschaftlich-technologischen Gymnasiums haben im Profildbereich die Möglichkeit, sich intensiv mit weitergehenden Inhalten aus der Vorschlagsliste in Ph 8.4 zu beschäftigen und ihre Kenntnisse und Fertigkeiten auszubauen.

In der Jahrgangsstufe 8 erwerben die Schüler folgendes Grundwissen:

- Sie kennen das Erhaltungsprinzip als Grundidee des Energiekonzepts und können damit einfache Probleme auch quantitativ lösen.
- Sie wissen, dass es verschiedene, ineinander umwandelbare Energiearten gibt und dass Arbeit und Wärme Formen übertragener Energie sind.
- Sie können den Aufbau der Materie und die Änderung von Aggregatzuständen im Teilchenmodell erklären.
- Sie wissen, dass die Temperatur ein Maß für die mittlere kinetische Energie der Materiebausteine ist und dass Temperatur- und Aggregatzustandsänderungen mit Änderungen der inneren Energie verbunden sind.
- Sie können natürliche Phänomene und technische Abläufe, die zum Themenbereich Wärmelehre gehören, selbständig untersuchen und zugehörige Erklärungen finden.
- Sie können die Größen Spannung, Stromstärke, Widerstand und elektrische Energie auf einfache Beispiele aus der Technik anwenden.
- Sie haben einen Überblick über Energieversorgungssysteme und deren Auswirkung auf die Umwelt.

Ph 8.1 Die Energie als Erhaltungsgröße (ca. 20 Std.)

Anhand lebensnaher Beispiele erkennen die Schüler die Bedeutung der Energie als Größe, für die das Erhaltungsprinzip gilt.

Ausgehend von qualitativen Beschreibungen mechanischer Energieumwandlungen wird ihnen über die Goldene Regel der Mechanik die Formel für die Höhenenergie plausibel und sie begreifen, wie sich mit dieser und dem Erhaltungsprinzip auch die kinetische Energie mathematisch fassen lässt. An einfachen Beispielen lernen die Jugendlichen dann, wie sie mithilfe der Energieerhaltung physikalische Problemstellungen auch quantitativ lösen können.

Die Arbeit lernen sie als Maß für die einem System zu- oder abgeführte Energie kennen.

- Überblick über verschiedene [Energiearten](#) - Prinzip der Energieerhaltung [→ C_{NTG} 8.1]
- Energieformen in der Mechanik
 - [qualitative Beispiele](#) für Energieumwandlungen in der Mechanik
 - [Goldene Regel](#) der Mechanik anhand eines Kraftwandlers

- [mathematische Beschreibung](#) der Höhenenergie und der [kinetischen Energie](#), qualitative Beschreibung der Spannenergie
- [Anwendung des Erhaltungsprinzips](#) bei der quantitativen Beschreibung von Energieumwandlungen
- [Arbeit](#) als Maß für die einem System zugeführte oder entzogene mechanische Energie
- Leistung und Wirkungsgrad, [Perpetuum mobile](#)

Ph 8.2 Aufbau der Materie und Wärmelehre (ca. 18 Std.)

Bereits in Jahrgangsstufe 5 haben sich die Schüler im Fach Natur und Technik einfache Aussagen des Teilchenmodells erarbeitet. Dieses Modell wird jetzt für eine genauere Vorstellung vom Aufbau der Materie in verschiedenen Aggregatzuständen und zur Deutung der inneren Energie genutzt. Bei Berechnungen im Zusammenhang mit Änderungen der inneren Energie beschränken sich die Schüler auf elementare Beispiele.

- **Aufbau der Materie**
 - Beschreiben der Aggregatzustände im [Teilchenmodell](#) [→ C_{NTG} 8.1]
 - Temperatur als Maß für die mittlere kinetische Energie der Teilchen, Definition des absoluten Temperaturnullpunkts
 - Beschreibung von [Schmelzen](#), [Sieden](#) und Verdunsten im Teilchenmodell
- **innere Energie**
 - [innere Energie](#) als Summe von potentieller und kinetischer Energie der Teilchen
 - Änderung der inneren Energie durch Arbeit oder Wärme
 - Zusammenhang zwischen [Temperaturänderung](#) bzw. Änderung des Aggregatzustands und Änderung der inneren Energie nur anhand einfacher Beispiele
- **Volumenänderung**
 - qualitative Betrachtungen zum Verhalten von Gasen, Flüssigkeiten und festen Körpern bei Temperaturänderung
 - Anomalie des Wassers

Ph 8.3 Elektrische Energie (ca. 18 Std.)

Bei der Formulierung des Ohm'schen Gesetzes und dessen Anwendung in einfachen Schaltungen greifen die Schüler ihre in Jahrgangsstufe 7 erworbenen Kenntnisse auf und festigen diese. Dabei erkennen sie, wie hilfreich die aus der Mathematik bekannte Proportionalität [→ M 8.1.1] sein kann. Bei der Umwandlung elektrischer Energie in andere Energiearten lernen sie, auch elektrische Größen in das gesamte Energiekonzept einzubetten.

Das Thema Energieversorgung erlaubt eine Zusammenschau der unterschiedlichen Facetten des Begriffs Energie. Hierbei wird den Jugendlichen auch bewusst, wie notwendig die Klärung von Energiefragen für ihre eigene Zukunft ist [→ K 8.1, Ev 8.1, Et 8.4].

- [Widerstände in einfachen Stromkreisen](#)
 - Ohm'sches Gesetz
 - Serien- und Parallelschaltung
- [elektrische Energie und Leistung](#)
 - Zusammenhang zwischen Stromstärke und Ladung, Elementarladung
 - Umwandlung von elektrischer Energie in andere Energiearten
 - Zusammenhang zwischen elektrischer Leistung, Spannung und Stromstärke
- **Einblick in die Energieversorgung**
 - Ressourcen und verantwortungsbewusster Umgang mit Energie
 - Umweltfragen und Zukunftsperspektiven

Ph 8.4 Profilbereich am NTG

Im Profilbereich vertiefen die Schüler des Naturwissenschaftlich-technologischen Gymnasiums anhand von Themen aus der unten aufgeführten Vorschlagsliste die in Ph 8.1 bis Ph 8.3 beschriebenen Inhalte. Die Auswahl der Themen orientiert sich an den Interessen der Schüler und bietet damit viele Anknüpfungspunkte an persönliche Erfahrungen. Ihre Kreativität wird bei vielfältigen experimentellen Untersuchungen gefordert; dabei

wird ihnen die große Bedeutung des Experiments als Methode der Erkenntnisgewinnung bewusst. An unterschiedlichen Beispielen erfahren die Schüler die für die Technik charakteristische problemorientierte Vorgehensweise und können diese in einfacher Weise nachvollziehen.

Schülerzentrierte Unterrichtsformen, wie z. B. arbeitsteiliger Gruppenunterricht, Schülerexperimente oder Projektunterricht, ermöglichen den Jugendlichen in hohem Maß, selbständig und selbstverantwortlich zu arbeiten. Das fördert nicht nur die Weiterentwicklung ihrer naturwissenschaftlichen Kompetenzen, sondern auch allgemeine Arbeitstechniken wie den Umgang mit Information, die Zusammenarbeit im Team und das Präsentieren der gewonnenen Ergebnisse.

Die angegebenen Inhalte sind als Anregungen zu verstehen.

Energietechnik

- Solartechnik
Bau und Untersuchung von Sonnenkollektoren, Experimente mit Solarzellen, Bestimmung der Solarkonstante, Typen von Solarkraftwerken
- Kraftmaschinen
Spezialflaschenzüge, Kettenschaltung, Getriebe, historische Maschinen, Physik des Fahrrads
- Kraftwerke
Aufbau und Modelle von verschiedenen Kraftwerkstypen, Turbinen, Energie- und Umweltproblematik
- Energiespeicher
Aufbau und Funktionsweise von Batterien [→ C_{NTG} 8.3, C_{NTG} 8.4], Kennlinie und Innenwiderstand von Batterien, Technologie moderner Batterien und Akkumulatoren, Wasserstofftechnik

Druck

- Druck in Gasen
Aufnahme meteorologischer Daten [→ Geo 8.5], Eigenschaften der Atmosphäre, Treibhauseffekt
- Druck in Flüssigkeiten
Auftrieb, Blutdruck, Tauchen, Schwimmblase bei Fischen, Hydraulik, U-Boot

Messtechnik

- Bau und Anwendung einfacher Messgeräte
Leitfähigkeitsmessgerät [→ C_{NTG} 8.4], Photometer, Temperaturmessgeräte, Wärmemessung mit Peltier-elementen

Physik und Technik in der Gesellschaft

- Physik und Sport [→ S 8.1, S 8.2]
Untersuchung von Bewegungsvorgängen, Sportgeräte, Biomechanik, Energieumsetzung im Körper [→ S 8.1.1, C_{NTG} 8.1]
- historische Entwicklung der Physik und der Technik [→ G 8.4]
Entwicklung des Energiebegriffs, Elektrifizierung, technische Erfindungen

Physik als Grundlage moderner Technik

In den vorangehenden Jahrgangsstufen haben die Schüler einen Überblick über die verschiedenen Bereiche der Physik erhalten, typische physikalische Arbeitsweisen eingeübt und mit der Energieerhaltung ein weitreichendes Prinzip kennengelernt. In Jahrgangsstufe 9 beschäftigen sie sich eingehend mit der Elektrizität und begreifen in diesem Zusammenhang, welche bedeutende Rolle die Physik in der modernen Technik spielt. Dabei zeigt sich, wie wichtig solide physikalische Kenntnisse für viele moderne Berufe sind [→ WR_{WSG-W} 9.1, WR 9.1.3] und wie man mit ihrer Hilfe Funktionsprinzipien von Geräten versteht, die im Alltag benutzt werden.

In der Atomphysik erhalten die Jugendlichen einen ersten Einblick in den Aufbau der Materie, die Radioaktivität und die Möglichkeiten der Energiegewinnung durch Kernspaltung bzw. -fusion. Die Schüler erkennen dabei die Notwendigkeit, sich fundiertes und aktuelles Wissen anzueignen, um bei gesellschaftlich relevanten Themen einen eigenen Standpunkt zu finden und in Diskussionen fair vertreten zu können.

Geeignet ausgewählte Vertiefungen aus der Natur und der Technik helfen den Schülern, eine Beziehung zwischen physikalischen Erkenntnissen und ihrer eigenen Lebenswelt herzustellen und so die Relevanz des Erlernten zu erkennen. Durch die Mitwirkung bei [Planung und Durchführung von Versuchen](#) erweitern sie ihre experimentellen Fähigkeiten sowie ihre Kompetenzen in der Zusammenarbeit im Team, im Umgang mit Information und bei der Präsentation eigener Ergebnisse. Dies erreichen sie insbesondere auch im Rahmen eines etwa fünfständigen Unterrichtsprojekts, in dem sie sich neben anderen Kompetenzen auch das Wissen aus einem der angegebenen Themenbereiche selbst aneignen.

Die Schüler des Naturwissenschaftlich-technologischen Gymnasiums haben im Profilbereich die Möglichkeit, sich mit weitergehenden Inhalten aus der Vorschlagsliste in Ph 9.4 vertraut zu machen und vertiefen damit ihre Kenntnisse und Fertigkeiten.

In der Jahrgangsstufe 9 erwerben die Schüler folgendes Grundwissen:

- Sie verstehen technische Anwendungen, die auf der Lorentzkraft bzw. auf der Induktion basieren.
- Sie kennen Modellvorstellungen vom Aufbau der Materie und können sie zur Erklärung von Naturphänomenen heranziehen.
- Sie können das Prinzip der Energieerhaltung in der Atom- und Kernphysik anwenden.
- Sie kennen die Strahlenarten radioaktiver Stoffe, eine Nachweismethode und ihre jeweilige Wirkung auf Lebewesen.
- Sie kennen die Grundlagen der Kern- bzw. Energietechnologie und können sich bei der Diskussion darüber ihrem Alter entsprechend kompetent beteiligen.
- Sie können Bewegungsabläufe (auch aus dem eigenen Erfahrungsbereich) anhand von Bewegungsdiagrammen analysieren und in einfachen Fällen durch mathematische Funktionen beschreiben.
- Sie haben ein vertieftes Verständnis für den Zusammenhang von Kraft, Masse und Beschleunigung.

Ph 9.1 Elektrizität (ca. 18 Std.)

Der Feldbegriff eröffnet den Schülern eine Möglichkeit, Kraftwirkungen im Raum zu beschreiben. Bei der Einführung der Feldlinien lernen sie eine weitere Art der Modellbildung kennen. Die Jugendlichen verstehen die Funktionsprinzipien technischer Geräte, die auf der Kraftwirkung auf geladene Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern beruhen. Mit der Induktion erschließt sich ihnen ein physikalisches Phänomen, das beim Generator zur Erzeugung elektrischer Energie genutzt wird.

- [magnetisches und elektrisches Feld](#)
 - Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld
 - [Elektromotor](#)
 - [Kräfte auf freie Ladungen](#) im elektrischen und magnetischen Feld, Lorentzkraft
- Induktion

- [Erzeugen von Induktionsspannungen](#)
- [Generator](#) und [Transformator](#)
- [Lenz'sche Regel](#)

Ph 9.2 Atome (ca. 22 Std.)

Die Schüler gewinnen einen Einblick in den Aufbau der Atomhülle und des Atomkerns. Sie lernen, dass Atome Licht und Röntgenstrahlung nur in ganz bestimmten Portionen emittieren und absorbieren können. Dabei vollziehen sie auf einem elementaren Niveau nach, dass das Emissions- und Absorptionsverhalten von Stoffen zu deren Identifikation genutzt werden kann.

Die Jugendlichen bekommen einen Überblick über die Strahlungsarten radioaktiver Kerne, über eine Nachweismethode der radioaktiven Strahlung und über Grundaussagen des Strahlenschutzes. Hierbei lernen sie auch die Auswirkung von Strahlung auf Lebewesen kennen.

Schließlich lernen sie, dass die universelle Äquivalenz von Masse und Energie die Grundlage für die Energiegewinnung durch Spaltung bzw. Fusion von Atomkernen ist. Sie erfahren, dass der Traum der Alchimie, Elemente ineinander umzuwandeln, durch Kernumwandlungen zumindest für einzelne Atome verwirklicht werden kann.

- [Aufbau der Atome](#) [→ C_{NTG} 8.2, C 9.2]
 - [Abschätzung des Atomdurchmessers](#)
 - [Rutherford-Streuung](#), Größenordnung des Atomkernradius
 - Aufbau des Atomkerns aus Protonen und Neutronen, [Hinweis auf die Existenz von Quarks](#)
- [Aufnahme und Abgabe von Energie](#) [→ C_{NTG} 9.1]
 - Photonenmodell des Lichts, Demonstration optischer Emissionsspektren und Interpretation als Abgabe diskreter Energiemengen durch die Atomhülle, diskrete Energiestufen der Atomhülle
 - Röntgenstrahlung als Sonderfall der Emission aus hoch angeregten Atomen
 - [Absorption von Photonen als Umkehrprozess der Emission](#)
 - [technische und medizinische Anwendungen von Spektroskopie und Röntgenstrahlung](#)
- Strahlung radioaktiver Nuklide
 - [Strahlungsarten und ihre grundlegenden Eigenschaften](#)
 - [Funktionsprinzip eines Nachweisgeräts](#)
 - [Zerfall radioaktiver Stoffe, Halbwertszeit](#)
 - [biologische Strahlenwirkung](#) und Strahlenschutz
 - [Radioaktivität in Medizin, Biologie und Technik](#) [→ B 9.3]
- Kernumwandlungen
 - Kernzerfall, Prinzip der [Kernspaltung und Kernfusion](#)
 - [Grundlegende Betrachtungen zur Energiebilanz bei Kernspaltung und Kernfusion](#), Äquivalenz von Masse und Energie

Ph 9.3 Kinematik und Dynamik geradliniger Bewegungen (ca. 16 Std.)

Anknüpfend an Grundbegriffe aus der Jahrgangsstufe 7 lernen die Schüler, durch Deutung von Bewegungsdiagrammen den zeitlichen Verlauf von Bewegungen zu analysieren. Bei der Behandlung von Bewegungen mit konstanter Geschwindigkeit bzw. mit konstanter Beschleunigung wird deutlich, dass sich idealisierte Vorgänge durch mathematische Funktionen [→ M 9.2] beschreiben lassen und dass so genauere Vorhersagen möglich werden. An weiterführenden Beispielen zum Zusammenhang zwischen Kraft, Masse und Beschleunigung gewinnen die Jugendlichen ein tieferes Verständnis des Kraftbegriffs.

- Darstellung von Bewegungsabläufen in Diagrammen
 - qualitative Deutung von Bewegungsverläufen im Alltag anhand von [Zeit-Ort- und Zeit-Geschwindigkeits-Diagrammen](#)
 - [quantitative Untersuchungen von Bewegungen](#) mit abschnittsweise konstanter Beschleunigung mithilfe von Diagrammen
- [Bewegungsfunktionen](#) (Zeit-Ort, Zeit-Geschwindigkeit, Zeit-Beschleunigung) für Bewegungen unter konstanter Krafteinwirkung
 - Ermitteln der Bewegungsfunktionen unter [Einbeziehung des Kraftgesetzes](#)
 - [Kräftezerlegung in einfachen Fällen](#), insbesondere an der schiefen Ebene

- Vergleich mit experimentell gewonnenen Diagrammen
- [Gewichtskraft und freier Fall](#)

Ph 9.4 Profilbereich am NTG

Im Profilbereich vertiefen die Schüler des Naturwissenschaftlich-technologischen Gymnasiums anhand von Themen aus der unten aufgeführten Vorschlagsliste die in Ph 9.1 bis Ph 9.3 beschriebenen Inhalte. Die Auswahl der Themen orientiert sich an den Interessen der Schüler und bietet damit viele Anknüpfungspunkte an persönliche Erfahrungen. Ihre Kreativität wird bei vielfältigen experimentellen Untersuchungen gefordert; dabei wird ihnen die große Bedeutung des Experiments als Methode der Erkenntnisgewinnung bewusst. An unterschiedlichen Beispielen erfahren die Schüler die für die Technik charakteristische problemorientierte Vorgehensweise und können diese in einfacher Weise nachvollziehen.

Schülerzentrierte Unterrichtsformen, wie z. B. arbeitsteiliger Gruppenunterricht, Schülerexperimente oder Projektunterricht, ermöglichen den Jugendlichen in hohem Maß, selbständig und selbstverantwortlich zu arbeiten. Das fördert nicht nur die Weiterentwicklung ihrer naturwissenschaftlichen Kompetenzen, sondern auch allgemeine Arbeitstechniken wie den Umgang mit Information, die Zusammenarbeit im Team und das Präsentieren der gewonnenen Ergebnisse.

Die angegebenen Inhalte sind als Anregungen zu verstehen.

Elektrotechnik

- Energietechnik
regionale und globale Energieversorgungssysteme, Hochspannungstechnik zur Energieübertragung, Kraftwerkstechnik, Einsatz regenerativer Energiequellen, Kraft-Wärme-Kopplung, Auswirkungen auf die Umwelt, Nachhaltigkeit
- Haushaltstechnik
elektrischer Herd, Mikrowellenherd, Wirkungsgrad, Laser in CD-Playern, Detektoren für elektrische Leitungen, UV-Lampen, Schuko-System, Gefahren im Haushalt
- Ausgewählte Versuche zur Elektrotechnik
Alarmanlagen, Blinklicht, Elektromotor, Induktionstaschenlampe, Elektrisierenanlage

Halbleiter und Mikroelektronik

- einfaches Modell eines Halbleiters, Heißleiter, Photowiderstand, Diode, Solarzelle, Transistor als Schalter und Verstärker, Bau einfacher Schaltungen, z. B. Feuchtigkeitsmelder oder Blinklicht, Ätzen von Platinen [→ C_{NTG} 9.4, C_{NTG} 9.6]
- Grundsaltungen (Und-, Oder-, Nor-Schaltung), Simulation von Schaltungen mithilfe eines geeigneten Programms, Flip-Flop, Ampelschaltung, Addierwerk, Bau einer einfachen Schaltung

Neurobiologie [→ B 9.1], Medizintechnik und weitere Anwendungen der Atom- und Kernphysik

- photoelektrischer Pulsmesser, Ultraschall- und Röntgendiagnostik, Kernspin-Tomographie, Signalleitung und -verarbeitung bei Tieren, nuklearmedizinische Diagnostik, Strahlentherapie
- analytische Methoden [→ C_{NTG} 9.1, C_{NTG} 9.6]
Bau eines einfachen Spektrometers, Nachweis von Stoffen, Spurenanalyse in der Kriminalistik
- Computeranwendungen
Computersimulationen zur Bewegung von geladenen Teilchen in Feldern oder zum radioaktiven Zerfall, Aufnahme von Messwerten und Auswertung von Experimenten

Transport und Verkehr

- Videoanalyse und Messwerterfassung mit dem Computer
- Abschätzungen bei Überholvorgängen, Steuerung und Regelung, Energiebetrachtungen, Auswirkungen auf die Umwelt, Sicherheit

Physikalische Weltbilder

Bei Jugendlichen dieser Altersstufe entwickelt sich zunehmend Interesse an philosophischen und weltanschaulichen Themen. Damit verbunden sind auch Fragen nach dem Aufbau und den Gesetzmäßigkeiten des Mikro- und Makrokosmos. Die Schüler der Jahrgangsstufe 10 erfahren, wie sich das Bild von der Natur aus den Vorstellungen in der Antike über das auf wenigen Prinzipien aufbauende System Newtons bis hin zur Quantenphysik entwickelt hat. Hierbei erkennen sie, dass zunehmend verfeinerte Untersuchungsmethoden zu Ergebnissen führen können, die mit den jeweils geltenden Vorstellungen und Theorien nicht in Einklang zu bringen sind und deshalb die Entwicklung neuer umfassenderer Modellvorstellungen erzwingen.

Die Schüler verstehen, dass physikalische Erkenntnisse nicht nur einen fundamentalen Wandel des Weltbilds bewirken, sondern auch durch ihre Auswirkungen auf Gesellschaft und Technik die Lebensbedingungen des Menschen mitbestimmen können. Sie erkennen dabei die ethische und gesellschaftliche Dimension der physikalischen Forschung und lernen, diese differenziert zu betrachten.

Anhand ausgewählter Vertiefungen können die Jugendlichen die Fachinhalte festigen und Fachmethoden weiterentwickeln. Im Rahmen von Referaten und einem etwa fünfständigen Unterrichtsprojekt eignen sich die Schüler neben anderen Kompetenzen das Wissen aus einem der angegebenen Themenbereiche selbst an. Dabei erweitern sie ihre Fähigkeiten, Probleme allein oder im Team eigenverantwortlich zu behandeln und dabei auch wissenschaftliche Arbeitsmethoden zu benutzen.

Die Schüler des Naturwissenschaftlich-technologischen Gymnasiums haben im Profildbereich die Möglichkeit, sich mit weitergehenden Inhalten aus der Vorschlagsliste in Ph 10.4 vertraut zu machen und vertiefen damit ihre Kenntnisse und Fertigkeiten.

In der Jahrgangsstufe 10 erwerben die Schüler folgendes Grundwissen:

- Sie kennen wichtige Entwicklungsstufen des astronomischen Weltbilds.
 - Sie können für verschiedene Bewegungsvorgänge die wirkenden Kräfte angeben, um damit die zugehörige Bewegungsgleichung aufzustellen und numerisch zu lösen.
 - Sie kennen mathematische Beschreibungen für idealisierte Bewegungen und können sie auf Beispiele aus ihrer Erfahrungswelt übertragen.
 - Sie kennen grundlegende Begriffe und Phänomene im Zusammenhang mit Wellen.
 - Sie kennen grundlegende Aussagen der Quantenphysik und deren Auswirkungen auf das physikalische Weltbild.
 - Sie kennen Denk- und Arbeitsweisen der klassischen und modernen Physik und sind sich des Modellcharakters physikalischer Aussagen und derer Grenzen bewusst.
 - Sie können ein physikalisches Thema unter Berücksichtigung wissenschaftlicher Arbeitsmethoden (Experimentieren, Umgang mit Informationen, Präsentieren) selbständig behandeln.
-

Ph 10.1 Astronomische Weltbilder (ca. 8 Std.)

Die Schüler gewinnen einen Einblick in wesentliche Entwicklungsstationen der Vorstellungen vom Aufbau unseres Planetensystems. Sie lernen auch historische Ansätze kennen, die sich später als korrekturbedürftig erwiesen haben, und solche, die sich zwar zunächst nicht durchsetzen konnten, die aber unserer heutigen Vorstellung weitgehend entsprechen. Sie erfahren, dass Erkenntnisse der Physik zur Weiterentwicklung des astronomischen Weltbilds und schließlich zum modernen kosmologischen Weltbild geführt haben.

- Entwicklung des astronomischen Weltbilds von der Antike bis zu Kepler [→ L 10.1.3]
 - [geozentrisches und heliozentrisches Weltbild](#) vor dem jeweiligen geistesgeschichtlichen und gesellschaftlichen Hintergrund
 - Mitteilung der [Kepler'schen Gesetze](#) und Anwendung auf die Bewegungen von Himmelskörpern
- [Aspekte der modernen Kosmologie](#)
 - Überblick über Urknall, Expansion und Struktur des Universums

Ph 10.2 Die Mechanik Newtons (ca. 32 Std.)

Die Grundlagen der Mechanik Newtons haben sich die Schüler bereits in den vorherigen Jahrgangsstufen erarbeitet, als sie sich im Rahmen der Kinematik und der Dynamik mit der Beschreibung und Deutung von Bewegungsabläufen beschäftigt haben. Sie erkennen nun den großen Fortschritt der kausal erklärenden Theorie Newtons gegenüber dem Vorgehen durch Galilei und Kepler, die für bestimmte Bewegungsabläufe zwar exakte Beschreibungen, aber keine verbindende Theorie angeben konnten.

Die Jugendlichen lernen, wie sie eine Vielfalt von Bewegungen theoretisch und experimentell untersuchen können. Hierzu werden die Einflüsse auf einen Körper analysiert und die auf ihn wirkende Gesamtkraft sowie die Anfangsbedingungen formuliert. Sie erkennen, dass die aus der Gesamtkraft und dem 2. Newton'schen Gesetz sich ergebende Bewegungsgleichung gelöst werden muss, um Vorhersagen für die Bewegung zu ermöglichen. Die Schüler haben in der Jahrgangsstufe 9 für den Sonderfall der konstanten Kraft eine analytische Lösungsmethode kennengelernt. Nun werden sie mit einer einfachen numerischen Methode vertraut gemacht, die auch Lösungen für realistischere Bewegungsabläufe liefert. In erster Linie bestimmen sie die wirkenden Kräfte, interpretieren aus physikalischer Sicht kritisch die sich z. B. aus Simulationen ergebenden Ergebnisse und vergleichen diese mit entsprechenden experimentellen Daten. Bei der Anwendung des Impulserhaltungssatzes beschränken sie sich auf eindimensionale Probleme.

- [Newtons Gesetze](#) als Grundlage für die Erklärung von Bewegungsabläufen
- Eindimensionale Bewegungen
 - [Einführung eines einfachen numerischen Verfahrens](#) [→ Inf 9.1] zum Lösen der Bewegungsgleichung anhand eines geeigneten Beispiels
 - Überprüfung des Verfahrens anhand der bekannten Funktionen für Bewegungen unter konstanter Krafteinwirkung
 - Anwendung des numerischen Verfahrens auf die [harmonische Schwingung](#) und experimentelle Bestätigung
 - [Anwendung des numerischen Verfahrens auf eine weitere, eindimensionale Bewegung mit nicht konstanter Krafteinwirkung](#)
- [Impuls als Erhaltungsgröße](#)
 - Impulserhaltungssatz
 - Anwendung von Impuls- und Energieerhaltungssatz auf einfache Fälle
- [Waagrechter Wurf](#)
- [Kreisbewegung](#) mit konstanter Winkelgeschwindigkeit
 - Winkelgeschwindigkeit, Zentripetalkraft [→ M 10.2]
 - [das Newton'sche Gravitationsgesetz](#)
 - Bewegungen unter Einwirkung der Gravitationskraft; Planetenbewegung
- Ausblick auf die [Grenzen der Newton'schen Mechanik](#)
 - [schwache und starke Kausalität](#)
 - Grundaussagen der [speziellen Relativitätstheorie](#)

Ph 10.3 Wellenlehre und Einblick in die Quantenphysik (ca. 16 Std.)

Die Schüler erarbeiten sich grundlegende Kenntnisse über Wellen und deren Ausbreitung. Experimente verdeutlichen den Wellen- und Teilchencharakter von Licht sowie von Masseteilchen und führen zu einer neuen Physik – der Quantenphysik. Die Jugendlichen gewinnen einen Einblick in grundlegende Inhalte und Denkweisen dieser Theorie. Dabei wird ihnen bewusst, dass ihre bisherige, von der klassischen Mechanik bestimmte Anschauung in manchen Fällen versagt und dass die Quantenphysik zwangsläufig zu einem fundamental anderen physikalischen Weltbild führt.

- Wellenphänomene in verschiedenen Bereichen der Physik
 - Transversal- und Longitudinalwellen
 - [Interferenz zweier kreisförmiger Wellen](#), Beugung
- [Wellencharakter und Teilchencharakter des Lichts](#)
 - qualitative Experimente zur Interferenz von Licht am Doppelspalt
 - qualitativer Nachweis des Photoeffekts und dessen Deutung durch Photonen
 - [Zusammenhang zwischen Lichtwellenlänge und Photonenenergie](#)
- [Teilchencharakter und Wellencharakter von Elektronen](#)
 - Demonstration der Elektronenbeugung im Experiment

- Diskussion des Doppelspaltexperiments mit Elektronen anhand einer Simulation
- **Photonen und Masseteilchen als Quantenobjekte**
 - Aufgabe der klassischen Vorstellung von Ort und Geschwindigkeit eines Teilchens
 - Unmöglichkeit der Vorhersage von Einzelereignissen
 - **Quantenphysik als Grundlage moderner Technologien (z. B. Laser)**

Ph 10.4 Profilbereich am NTG

Im Profilbereich vertiefen die Schüler des Naturwissenschaftlich-technologischen Gymnasiums anhand von Themen aus der unten aufgeführten Vorschlagsliste die in Ph 10.1 bis Ph 10.3 beschriebenen Inhalte. Die Auswahl der Themen orientiert sich an den Interessen der Schüler und bietet damit viele Anknüpfungspunkte an persönliche Erfahrungen. Die Jugendlichen verwenden aufwändigere experimentelle und mathematische Verfahren und erreichen damit auch ein höheres Abstraktionsniveau. An Beispielen aus der modernen Technologie wenden die Schüler die ihnen bekannte problemorientierte Vorgehensweise der Technik an.

Schülerzentrierte Unterrichtsformen, wie z. B. arbeitsteiliger Gruppenunterricht, Schülerexperimente oder Projektunterricht, ermöglichen den Jugendlichen in verstärktem Maß, selbständig und selbstverantwortlich zu arbeiten. Das fördert nicht nur die Weiterentwicklung ihrer naturwissenschaftlichen Kompetenzen, sondern auch allgemeine Arbeitstechniken wie den Umgang mit Information, die Zusammenarbeit im Team und das Präsentieren der gewonnenen Ergebnisse.

Die angegebenen Inhalte sind als Anregungen zu verstehen.

Probleme aus der Dynamik

- Videoanalyse von Bewegungsabläufen
- Physik und Sport [→ S 10.2]
 - optimaler Wurf, Sprung, usw.; Magnuseffekt bei Ballspielarten (Topspin)
- Flugphysik
 - Experimente mit dem Windkanal, Bau von Modellraketen, Vermessung der Flughöhe
- Kräfte in beschleunigten Bezugssystemen
 - Zentrifugalkraft, Corioliskraft, Wetterphänomene, Drift von Flüssen
- Physik auf dem Jahrmarkt
 - Messung von Geschwindigkeiten und Beschleunigungen bzw. Kräften bei Fahrgeschäften, Diskussion von Sicherheitsbestimmungen
- Nichtlineare Dynamik und Strukturbildung [→ Inf 10.3]
 - Sensitivität, Ordnung und Chaos, Bifurkationsszenario, Iteration und Rückkopplung, Selbstorganisation, Fraktale; Beispiele aus verschiedenen Bereichen der Naturwissenschaft

Physik am Computer

- Computermodellierung [→ Inf 10.3]
 - Verwendung eines Modellbildungssystems, Fehler durch numerische Verfahren
- Computersimulation eines komplexeren mechanischen Systems [→ Inf 10.3]
 - Zwei- oder Dreikörperproblem, Doppelpendel

Kosmologie

- Sternentwicklung, kosmische Größenordnungen

Wellen und Quanten in der Technik

- Anwendungen von elektromagnetischen Wellen
 - Funk- und Telekommunikation, Experimente mit dem Mikrowellenofen
- Resonanz
 - Experimente zu erzwungenen Schwingungen, Resonanzkatastrophe
- Akustik
 - Schallpegel, Untersuchungen an Instrumenten, Fourier-Analyse, Physik des Hörens
- Ausblick auf weiterführende Themen der Quantenphysik

Während die Schüler im bisherigen Unterricht einen Überblick über die wichtigsten Teilgebiete und Konzepte der Physik erworben haben, erweitern sie nun in der Oberstufe ihre Fähigkeiten, indem sie ihre Kenntnisse durch theoretische Grundlagen vertiefen und miteinander verknüpfen. Dies führt einerseits zu einer breiten naturwissenschaftlichen Allgemeinbildung, die vor allem auf der zielgerichteten Verwendung fundamentaler Prinzipien und zeitgemäßer physikalischer Modelle beruht, andererseits erwerben die Schüler auf diese Weise ein modernes Weltbild, in das diese Prinzipien und Modelle sinnvoll eingebettet sind.

Auch durch die Verwendung abstrakter Modelle können die Schüler nun anspruchsvollere Probleme lösen, wobei die Nützlichkeit mathematischer Verfahren an vielen Stellen deutlich wird. Darüber hinaus erkennen sie, dass physikalische Modelle die Basis für das Verständnis vieler Alltagsphänomene und technischer Anwendungen bilden. Die regelmäßige Verwendung geeigneter Software erleichtert ihnen einerseits das Auswerten und Dokumentieren von Experimenten und veranschaulicht ihnen andererseits komplizierte physikalische Sachverhalte.

Zur Vorbereitung auf Beruf und Studium arbeiten die Schüler vermehrt selbständig, insbesondere im Rahmen der Seminare und bei der Mitwirkung an Experimenten.

Elektromagnetismus und ein Einblick in die spezielle Relativitätstheorie sind die zentralen Themen der Jahrgangsstufe 11. Aufbauend auf qualitativen Vorstellungen entwickeln die Schüler ein tragfähiges Feldkonzept, das auf wenigen Grundaussagen basiert und mithilfe dessen sich viele scheinbar unterschiedliche statische und dynamische Phänomene erklären lassen, da sie auf gleichen Prinzipien beruhen. Im Rahmen der speziellen Relativitätstheorie lernen die Schüler einige erstaunliche Effekte kennen, die bei Bewegungen sehr hoher Geschwindigkeit auftreten. Dabei erkennen sie, dass die Ideen Einsteins das heutige Verständnis von Raum und Zeit entscheidend geprägt haben.

Schüler, die die Lehrplanalternative Biophysik wählen, lernen die Grundlagen eines modernen und faszinierenden Zweigs der Physik kennen, der zunehmend an Bedeutung gewinnt und mittlerweile eine Schlüsselposition in der interdisziplinären Forschung innehat. Vor diesem Hintergrund begreifen die Schüler, dass mithilfe physikalischer Modelle und Arbeitsmethoden weitreichende Aussagen über die Funktionsweise biologischer Systeme getroffen werden können. Dabei erfahren die jungen Erwachsenen auch, dass geeignete Modelle einerseits einen gewissen Komplexitätsgrad haben müssen, um sinnvolle Aussagen zu ermöglichen, andererseits die Beherrschbarkeit von Modellen mit ihrem Komplexitätsgrad rapide abnimmt.

Um auch bei Wahl der Lehrplanalternative Biophysik die notwendigen Voraussetzungen zur Fortsetzung des Physikkurses in der Jahrgangsstufe 12, ggf. auch im Rahmen der Lehrplanalternative Astrophysik, zu schaffen, sind die Abschnitte „Auge und Ohr“, „Typische Untersuchungsmethoden der Biophysik“ sowie „Neuronale Signalleitung und Informationsverarbeitung“ im Umfang der empfohlenen Unterrichtszeit verpflichtend zu unterrichten. Da die Biophysik jedoch eine Wissenschaft mit unzähligen Teildisziplinen ist und deshalb im vorgegebenen Rahmen nicht erschöpfend unterrichtet werden kann, kann ein weiterer Themenbereich im Rahmen von etwa 21 Unterrichtsstunden frei ausgewählt werden. Es wird empfohlen, diesen aus einem der Bereiche „Photosynthese“, „Strahlenbiophysik und Medizinphysik“ und „Grundlagen der Biomechanik“ zu wählen. In der Jahrgangsstufe 12 steht der Themenbereich „Struktur der Materie“ im Mittelpunkt, wobei die ersten Begegnungen mit der Quantenphysik in Jahrgangsstufe 10 aufgegriffen, ausgebaut und untermauert werden. Damit ist es möglich, Atome und Atomkerne aus quantenphysikalischer Sicht zu betrachten, wodurch die Schüler einen Überblick über den aktuellen Stand der Vorstellung vom Aufbau der Materie erhalten. Dieses erweiterte Wissen versetzt sie in die Lage, sich zu vielen gesellschaftlich relevanten Themen eine eigene, fachlich fundierte Meinung zu bilden und diese verantwortungsbewusst zu vertreten.

Bei Wahl der Lehrplanalternative Astrophysik lernen die Schüler, dass hier verschiedene Teilgebiete der Physik zusammenwirken und insbesondere Erkenntnisse aus der Atom- und Kernphysik sowie der Relativitätstheorie große Fortschritte ermöglicht haben. Sie lernen zudem, dass in der Astrophysik häufig nur Abschätzungen möglich sind, die aber trotzdem zu stichhaltigen Aussagen führen, wobei stets die Annahme zugrunde liegt, dass die physikalischen Gesetze universelle Gültigkeit besitzen. Wo immer möglich fließen Ergebnisse aus aktuellen Forschungsprojekten in den Unterricht ein, da die steigende Präzision astrophysikalischer Messungen fortwährend zu einer Fülle neuer Informationen führt, die ganz entscheidend zum tieferen Verständnis des Universums beitragen. Damit erleben die Schüler die Astrophysik als aktuelle und lebendige Wissenschaft.

Da die Betrachtung des Sternhimmels jeden Schüler fasziniert, ist sie durch keine Unterrichtsmethode zu

ersetzen. Deshalb soll den Schülern mehrfach die Gelegenheit zu Beobachtungsabenden gegeben werden.

Jahrgangsstufe 11

Ph 11.1 Statisches elektrisches Feld (ca. 16 Std.)

Die Schüler lernen, wie sich das bisher nur qualitativ betrachtete elektrische Feld über die Kraftwirkung auf einen geladenen Probekörper quantitativ und in seiner räumlichen Struktur genauer erfassen lässt. [Für einfache Fälle](#) wird die Überlagerung elektrischer Felder veranschaulicht und plausibel gemacht. Ergänzend führen Energiebetrachtungen zum [Begriff des elektrischen Potentials](#). Dabei erkennen die Schüler die Bedeutung der Spannung als Potentialdifferenz. Elektrostatische Phänomene aus der Lebenswelt der Schüler machen ihnen schließlich die Bedeutung der Physik im Alltag deutlich.

- Beschreibung des elektrischen Feldes durch die elektrische Feldstärke
 - [Veranschaulichung elektrischer Felder durch Feldlinienbilder](#)
 - Definition der elektrischen Feldstärke über die Kraftwirkung auf eine Probeladung
 - Vektorcharakter der Feldstärke
- das homogene elektrische Feld
 - potentielle Energie geladener Teilchen im Plattenkondensator, [Potential, Spannung als Potentialdifferenz](#), Zusammenhang zwischen Spannung und elektrischer Feldstärke
 - Plattenkondensator als Ladungsspeicher, Kapazität
 - [Plattenkondensator als Energiespeicher](#)
- Feld einer punktförmigen Ladung
 - Kraft zwischen zwei Punktladungen, Analogie zum Gravitationsgesetz
 - Feldstärke von Punktladungen, [Überlagerung von elektrischen Feldern](#)
 - graphische [Veranschaulichung des Potentialverlaufs](#)
 - [ein Beispiel eines Phänomens oder einer Anwendung in Natur und Technik](#) (z. B. Entstehung von Gewittern, Reizleitung in Nervenzellen, Funktionsprinzip der Xerographie, piezoelektrischer Effekt)

Ph 11.2 Statisches magnetisches Feld (ca. 8 Std.)

Die Schüler übertragen das zur Beschreibung des elektrischen Feldes entwickelte Konzept auf das Magnetfeld. Die magnetische Flussdichte definieren sie über die Kraftwirkung auf ein stromdurchflossenes Leiterstück. Dabei erkennen sie, dass die Bewegung von Ladungen eine Ursache für Magnetfelder ist und lernen, wie damit homogene Magnetfelder erzeugt werden können. Bei der Gegenüberstellung der Größen und Eigenschaften von elektrischem und magnetischem Feld werden Gemeinsamkeiten, aber auch Unterschiede deutlich.

- Beschreibung des magnetischen Feldes durch die magnetische Flussdichte
 - Veranschaulichung eines statischen Magnetfeldes durch den Feldlinienverlauf
 - [Permanentmagnet und Weiß'sche Bezirke](#)
 - Definition der magnetischen Flussdichte über die Kraftwirkung auf ein stromdurchflossenes Leiterstück
- elektrische Ströme als Ursache von Magnetfeldern
 - Feldlinienverlauf um einen geraden stromdurchflossenen Leiter
 - [magnetische Flussdichte](#) und Feldlinienverlauf im Innern einer langgestreckten Spule

Ph 11.3 Bewegung geladener Teilchen in Feldern und Einblick in die spezielle Relativitätstheorie (ca. 22 Std.)

Die in Jahrgangsstufe 10 erarbeiteten Newton'schen Gesetze werden nun auf elektrisch geladene Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern angewandt, um deren Bewegung qualitativ und quantitativ zu beschreiben. Bei Experimenten mit Elektronen höherer Energie erkennen die Schüler, dass Effekte auftauchen, die durch die klassische Mechanik nicht beschrieben werden können. Sie erfahren einerseits, dass mithilfe der Relativitätstheorie die Massenzunahme erklärt werden kann, andererseits erhalten Sie einen Einblick in die enorm weitreichenden Auswirkungen der Einstein'schen Ideen.

- Bewegung geladener Teilchen in homogenen elektrischen Feldern
 - Erzeugung eines Elektronenstrahls
 - Bewegungen geladener Teilchen im Längs- und [Querfeld](#)
 - ein Beispiel einer technischen Anwendung, z. B. Oszilloskop mit Braun'scher Röhre
- Bewegung geladener Teilchen in homogenen Magnetfeldern
 - Kräfte auf bewegte Ladungen
 - Kreisbahnen bewegter Ladungen im homogenen Magnetfeld; Bestimmung der spezifischen Ladung des Elektrons
 - Hall-Effekt, Funktionsprinzip der Hall-Sonde
- Anwendungen in der Wissenschaft
 - einfacher Massenspektrograph
 - Zyklotron, Anwendung von Teilchenbeschleunigern, z. B. in der Grundlagenforschung
 - Massenzunahme bei hochenergetischen Elektronen anhand eines historischen Versuchs (z. B. Bucherer/Kaufmann)
 - relativistische Masse $E = mc^2$
- [Grundaussagen der speziellen Relativitätstheorie](#)
 - Postulate
 - Hinweis auf Zeitdilatation und Längenkontraktion
 - Auswirkungen auf die Vorstellung von Raum und Zeit
- ein Beispiel eines Phänomens oder einer Anwendung in Natur und Technik (z. B. Bestrahlungstherapie mit geladenen Teilchen, Entstehung des Polarlichts)

Ph 11.4 Elektromagnetische Induktion (ca. 14 Std.)

Wurden bisher statische elektrische und magnetische Felder ausschließlich unabhängig voneinander betrachtet, so entdecken die Schüler bei der Untersuchung von Induktionsvorgängen einen Zusammenhang zwischen diesen Feldern, der im Induktionsgesetz seine mathematische Formulierung findet. Die Schüler erleben dabei, wie das Zusammenwirken von Experiment und Theorie zu neuen Erkenntnissen führt. Die Vielfalt technischer Anwendungen, die auf dem Induktionsgesetz beruhen, führt ihnen die Bedeutung der Physik in ihrer täglichen Umgebung vor Augen. Bei der Behandlung der Energie des magnetischen Feldes bietet sich eine zusammenfassende Analogiebetrachtung zwischen elektrischem und magnetischem Feld an.

- Induktion
 - Induktion im bewegten und im ruhenden Leiter
 - [magnetischer Fluss und Induktionsgesetz](#)
 - [Erzeugung sinusförmiger Wechselspannung](#)
 - [Energieerhaltung und Lenz'sche Regel](#)
- Selbstinduktion
 - [Ein- und Ausschaltvorgang bei der Spule](#); Induktivität
 - Energie des magnetischen Feldes
- [ein Beispiel einer technischen Anwendung](#) (z. B. magnetische Datenspeicher, Induktionsherd)

Ph 11.5 Elektromagnetische Schwingungen und Wellen (ca. 24 Std.)

Im Rahmen der Behandlung des elektromagnetischen Schwingkreises vertiefen die Schüler ihr Wissen über elektrische und magnetische Felder. Sie entdecken dabei gleichzeitig neue Phänomene und die enge Beziehung zu mechanischen Schwingungen. Beim Vergleich von mechanischen und elektromagnetischen Schwingungen nehmen die Schüler die Analogiebetrachtung ein weiteres Mal als typische Vorgehensweise in der Physik wahr. In der Folge erfahren sie, dass auch ein Dipol ein elektromagnetisch schwingungsfähiges System ist. Experimente und geeignete Visualisierungen machen ihnen plausibel, wie sich von einem Dipol elektrische und magnetische Wechselfelder ausbreiten. Damit bekommen sie einen Zugang zum Verständnis moderner Kommunikationstechnologie. Darüber hinaus erfahren sie, dass elektromagnetische Strahlung immer dann entsteht, wenn Ladungen beschleunigt werden. Anknüpfend an Ph 10.3 greifen die Schüler wieder das Thema mechanische Wellen auf und festigen ihre Modellvorstellung von Licht als elektromagnetischer Welle. Dabei lernen sie, dass sich die Welleneigenschaften von Licht experimentell analog zur Dipolstrahlung nachweisen lassen. Vor diesem Hintergrund sind die Schüler in der Lage, viele Naturerscheinungen zu erklären, die auf

elektromagnetische Wellen zurückzuführen sind. Von den zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten lernen sie ein Beispiel aus Technik, Wissenschaft und Forschung kennen.

- elektromagnetische Schwingungen
 - periodische Energieübergabe zwischen Spule und Kondensator beim Schwingkreis
 - [Analogie zwischen mechanischer und elektromagnetischer Schwingung](#)
 - [Abhängigkeit der Schwingungsdauer von Kapazität und Induktivität](#)
 - [Prinzip der Erzeugung ungedämpfter, elektromagnetischer Schwingungen; Rückkopplung](#)
 - [Erzeugung und Ausbreitung elektromagnetischer Wechselfelder, Dipol](#)
- elektromagnetische Wellen
 - [Überblick über grundlegende Phänomene](#) (Reflexion, Brechung, Interferenz, Beugung, Polarisation); Huygens'sches Prinzip
 - stehende Wellen als Interferenzphänomen
 - Interferenz von Licht am Doppelspalt
 - Licht als elektromagnetische Welle, Hinweis auf den Zusammenhang zwischen den Feldkonstanten und der Lichtgeschwindigkeit
 - Beugungsgitter und Wellenlängenbestimmung von Licht, elektromagnetisches Spektrum
- ein Beispiel eines Phänomens oder einer Anwendung in Natur, Technik, Wissenschaft und Forschung (z. B. Interferenz an dünnen Schichten, Grundlagen der Rundfunktechnik, Mikrowellen und Mobilfunkstrahlung, Vergütung von Linsen)

11 Lehrplanalternative Biophysik

Ph_{Bio} 11.1 Auge und Ohr (ca. 21 Std.)

Auge und Ohr sind diejenigen Sinnesorgane, mit denen der Mensch und andere Lebewesen die durch Licht und Schallwellen übertragenen Signale aufnehmen und in Nervenimpulse umwandeln; diese werden dem Gehirn über Nervenbahnen zugeleitet und durch entsprechende Verschaltung von Nervenzellen zu verwertbaren Informationen verarbeitet. Die Schüler erfahren, dass sich diese Antennen im Lauf der Evolution in faszinierender Weise den physikalischen Gegebenheiten der Umwelt und der Lebensweise unterschiedlicher Organismen angepasst haben.

Über grundlegende Erkenntnisse aus Optik und Akustik, durch geeignete Analogieexperimente und die Anwendung entsprechender physikalischer Modelle erlangen die Schüler ein vertieftes Verständnis der Funktionsweise der Sinnesorgane Auge und Ohr.

- Das Auge
 - Aufbau des menschlichen Auges und Konstruktion des Strahlenverlaufs
 - Linsengleichung als Bedingung für scharfes Sehen, Akkommodation, Funktion der Pupille
 - Anpassung des Auges an verschiedene Lebensräume, z. B. Fischauge, Adlerauge
 - Einblick in die Funktionsweise der Retina, Stäbchen und Zapfen, spektrale Empfindlichkeit
- Grenzen unserer Sehleistung
 - Beugung und Interferenz am Doppel- und Einfachspalt
 - Grenzen des Auflösungsvermögens aufgrund von Beugung, Sehzellendichte, konvergenter Signalverarbeitung und Linsenfehlern
- Grundlagen der Akustik
 - Wellencharakter von Schall
 - Schalldruck und Schalldruckpegel, Frequenz und Tonhöhe
- Das Ohr
 - Außen- und Mittelohr, Impedanzanpassung
 - Schallausbreitung im Innenohr, Wanderwellentheorie
 - Corti'sches Organ und Erzeugung von Nervenimpulsen

Ph_{Bio} 11.2 Typische Untersuchungsmethoden der Biophysik (ca. 21 Std.)

An ausgewählten Beispielen erkennen die Schüler die Bedeutung physikalischer Untersuchungsmethoden in der Biophysik, die Aussagen über strukturelle und physikalische Eigenschaften von Biomolekülen und biologischen Systemen ermöglichen. Dabei greifen die Schüler auf ihnen bereits bekannte physikalische Grundkonzepte aus der Strahlenoptik, Wellenlehre und Elektrizitätslehre zurück. Sie festigen, vertiefen und erweitern diese Grundkenntnisse, um die Funktionsprinzipien mikroskopischer und spektroskopischer Methoden zu begreifen.

- Lichtmikroskop
 - Aufbau, Vergrößerung und Auflösungsvermögen in Analogie zum Auge
- Grundlagen elektrischer und magnetischer Felder
 - Potential und elektrisches Feld im Plattenkondensator, Kapazität
 - Kräfte auf Ladungen im homogenen elektrischen Feld
 - magnetische Flussdichte und Lorentzkraft in homogenen Magnetfeldern
 - Bewegung geladener Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern, relativistische Massenzunahme
- Elektronenmikroskop
 - Wellencharakter von Elektronen, Wellenlänge nach de Broglie
 - Grundprinzip magnetischer Linsen
 - Aufbau und Strahlengang des Transmissionselektronenmikroskops
 - Auflösungsvermögen in Analogie zum Lichtmikroskop
- Spektroskopische Verfahren
 - Absorptionsspektroskopie
 - Aufbau und Funktionsweise eines einfachen Massenspektrometers
 - Funktionsprinzip des Rasterkraftmikroskops

PhBio 11.3 Neuronale Signalleitung und Informationsverarbeitung (ca. 21 Std.)

Die Schüler betrachten grundlegende neurophysiologische Vorgänge sowie elementare Mechanismen der Informationsverarbeitung und beschreiben diese anhand biologischer und physikalischer Modelle auf zellulärer bzw. molekularer Ebene. Sie erkennen, dass das Verhalten biologischer Systeme auf physikalischen Grundprinzipien beruht und über physikalische Modelle auch quantitativ beschrieben werden kann.

- Zelluläre Grundlagen
 - Aufbau von Nervenzellen und Zellmembranen
 - Diffusion und Membranpotential
 - Beschreibung der Zellmembran durch einen elektrischen Ersatzschaltkreis
- Erregungsleitung im Nervensystem
 - passive und aktive Signalleitung
 - passive Signalleitung im Ersatzschaltkreis
 - Strategien zur Maximierung der Signalleitungsgeschwindigkeit
 - Einblick in die Signalübertragung zwischen Nervenzellen
- Optische Täuschungen und ihre Ursachen
 - Grundprinzipien der Signalerzeugung in den Rezeptorzellen des Auges
 - Anpassung der Empfindlichkeit von Sinneszellen
 - Verschaltungsprinzipien bei Nervenzellen

PhBio 11.4 Photosynthese (ca. 21 Std.)

Durch biologische Systeme wird kontinuierlich Energie aufgenommen und wieder abgegeben. Die Energiequelle, von der alles Leben auf unserer Erde abhängt, ist die Sonne. Die Schüler lernen mit der Photosynthese den auch für unsere Existenz unabdingbaren, lebenserhaltenden Prozess kennen. Sie knüpfen an ihre Erkenntnisse über Materiewellen an und erarbeiten sich ein quantenmechanisches Atommodell. Sie übertragen diese Erkenntnisse auf Moleküle und können damit das Absorptionsverhalten der Photosynthesepigmente verstehen. Sie erkennen weiterhin, dass biophysikalische Methoden und Konzepte dazu geeignet sind, für uns lebenswichtige Prozesse aufzuklären, und welche Rolle eine geeignete Modellierung dabei spielt.

- Umwandlung von Licht in chemische Energie
 - Überblick über Ablauf und Ort der Photosynthese
 - Photosystem I und II
 - Licht- und Dunkelreaktion

- Wanderung der Elektronen und Protonen
- Der eindimensionale Potentialtopf als Atommodell
 - Elektronen als stehende Wellen, Energieniveaus
 - Aufenthaltswahrscheinlichkeit und Orbitale
 - Lichtabsorption und Emission im Potentialtopfmodell
- Übertragung des Orbitalmodells auf Moleküle
 - räumliche Orientierung von σ - und π -Orbitalen, Pauliprinzip
 - Absorption eines Lichtquants durch ein Chlorophyllmolekül
- Vom Lichtquant bis zur Ladungstrennung
 - Absorptionsverhalten der Photosynthesepigmente
 - Antennensystem
 - strahlungsloser Energietransport, Elektron-Loch-Wanderung
 - Effizienz des Antennensystems, Schutzsystem, Quantenausbeute

PhBio 11.5 Strahlenbiophysik und Medizinphysik (ca. 21 Std.)

Die Schüler gewinnen ein vertieftes Verständnis dafür, wie grundlegende physikalische Wechselwirkungen von ionisierender Strahlung, elektromagnetischen Feldern und Schall mit biologischem Gewebe für die Gewinnung von Information über Vorgänge im menschlichen Körper genutzt werden können. Das prinzipielle Verständnis der Absorptionsmechanismen ionisierender Strahlung in lebendem Gewebe versetzt die Schüler in die Lage, den Nutzen und die Gefahren beim Einsatz in der medizinischen Therapie zu verstehen.

- Therapeutische Nutzung ionisierender Strahlung
 - Röntgenröhre und Teilchenbeschleuniger in der Medizin
 - biologische Wirkung ionisierender Strahlung
 - Tumorbekämpfung durch Bestrahlung
- Nutzung ionisierender Strahlung in der Diagnose
 - Projektionsröntgentechnik, Computertomographie
 - nuklearmedizinische Messtechnik, Überblick über häufig verwendete Radionuklide
 - Tracermethoden, Positronen-Emissions-Tomographie (PET)
- Sonographie
 - Erzeugung und Eigenschaften von Ultraschall
 - Prinzip der Sonographie und Anwendung, Dopplersonographie
- Elektrische Felder in Diagnose und Therapie, z. B. EKG, EEG, Defibrillator

PhBio 11.6 Grundlagen der Biomechanik (ca. 21 Std.)

Mit der Biomechanik lernen die Schüler den ältesten, aber immer noch aktuellen Zweig der Biophysik kennen. Aus der Analyse der äußeren und inneren Kräfte, denen Pflanzen und Tiere im bewegten und unbewegten Zustand ausgesetzt sind, ergeben sich viele interessante Anwendungsmöglichkeiten der in der Natur verwirklichten technischen Prinzipien.

- Biostatik
 - Hebel und Drehmoment
 - Dehnungsverhalten einfacher Systeme, z. B. Schrauben- und Blattfeder
 - Elastizität, Plastizität und Reißfestigkeit
 - Stabilitätsbetrachtungen bei Pflanzenkörpern und Knochen
 - Anpassung der menschlichen Wirbelsäule an die aufrechte Haltung
- Laufen, Schwimmen, Fliegen
 - Struktur und Funktion von Skelettmuskeln
 - einfache Betrachtungen zum Springen und Gehen
 - Grundlagen der Strömungsmechanik, Betrachtungen am Strömungskanal (Simulationen)
 - Erzeugung von Vortrieb unter Wasser
 - Fliegen am Beispiel des Gleitens, Ausblick auf aktiven Flug

Ph 12.1 Eigenschaften von Quantenobjekten (ca. 12 Std.)

Nachdem die Schüler in der Jahrgangsstufe 10 einen Einblick in grundlegende Inhalte und Denkweisen der Quantenphysik gewonnen haben, untersuchen sie nun exemplarisch Eigenschaften von Quantenobjekten genauer. Mit der quantitativen Auswertung und Deutung des Photoeffekts erlangen sie ein weitergehendes Verständnis für den Teilchencharakter von Photonen. Der Wellencharakter von Elektronen lässt sich anhand eines Experiments zur Elektronenbeugung zeigen und unter Einbeziehung der De-Broglie-Wellenlänge auch plausibel machen. Die Schüler lernen, dass im mikroskopischen Bereich der strenge Determinismus durch Wahrscheinlichkeitsaussagen ersetzt werden muss, und erfahren die Bedeutung der Unbestimmtheitsrelation von Heisenberg. So erkennen sie, dass das klassische Teilchenbild zur Beschreibung des Mikrokosmos ungeeignet ist und durch ein neues Teilchenkonzept ersetzt werden muss.

- Teilchencharakter von Photonen
 - [quantitative Behandlung des Photoeffekts, Deutung nach Einstein](#)
 - Energie und Impuls des Photons
- [Wellencharakter von Elektronen](#)
 - Zusammenhang zwischen Impuls und Wellenlänge nach de Broglie
 - qualitative Experimente mit der Elektronenbeugungsröhre, quantitative Datenauswertung von Doppelspalt- oder Gitterversuchen, z. B. auch mithilfe geeigneter [Simulationsprogramme](#)
 - technische Anwendung, z. B. Prinzip des Elektronenmikroskops
- [Beschreibung des Verhaltens von Quantenobjekten](#)
 - Wahrscheinlichkeitsaussagen zu Interferenzversuchen mit einzelnen Quantenobjekten
 - [Unbestimmtheitsrelation von Heisenberg](#)

Ph 12.2 Ein Atommodell der Quantenphysik (ca. 21 Std.)

Aus Jahrgangsstufe 9 ist den Schülern bereits bekannt, dass Atome nur diskrete Energiemengen aufnehmen und abgeben. Bereits die quantenphysikalische Deutung eines eindimensionalen Potentialtopfs mit unendlich hohen Wänden, in dem ein Elektron eingesperrt ist, führt zu diskreten Energiewerten.

Analog zu den Newton'schen Gesetzen, die als Axiome der klassischen Mechanik betrachtet werden können, liefert die Schrödingergleichung, die nur in ihrer zeitunabhängigen, eindimensionalen Form betrachtet wird, den Schlüssel zur Lösung quantenmechanischer Probleme. Bei der graphischen Darstellung von Lösungen der Schrödingergleichung für weitere einfache quantenmechanische Systeme können die Schüler Computerprogramme verwenden. Auch bei der Untersuchung eines Elektrons im realistischen Coulombpotential des Kerns kann der Computer sinnvoll eingesetzt werden, um die Energiewerte für das Wasserstoffatom zu finden. Durch die Aufnahme des Spektrums können diese theoretisch erhaltenen Werte experimentell bestätigt werden. Dreidimensionale Darstellungen der Aufenthaltswahrscheinlichkeiten von Elektronen vermitteln den Schülern einen visuellen Eindruck der vor allem in der Chemie wichtigen Orbitale und zeigen die Bedeutung der Quantenzahlen auf.

Die Schüler erfahren, wie die Systematik des Periodensystems der Elemente mit der Besetzung von Mehrelektronensystemen zusammenhängt. Schließlich sind sie in der Lage, das Atommodell zur Erklärung von Phänomenen wie Röntgenstrahlung oder Fraunhofer'sche Linien zu nutzen und technische Anwendungen wie z.B. die Spektralanalyse zur Identifikation von Stoffen zu verstehen.

- Beschreibung eines Elektrons im eindimensionalen Potentialtopf
 - emittiertes und absorbiertes Licht atomarer Gase, Zusammenhang zwischen Linienspektren und Energiestufen, Energieniveauschema
 - Elektron im Potentialtopf mit unendlich hohen Wänden, stehende Wellen und Aufenthaltswahrscheinlichkeiten, diskrete Energiewerte
 - [Hinweis auf die zeitunabhängige, eindimensionale Schrödingergleichung als quantenphysikalische Grundgleichung](#)
 - Interpretation der graphischen Lösungen der Schrödingergleichung für den endlich hohen Potentialtopf, Hinweis auf den Tunneleffekt
- quantenphysikalisches Modell des Wasserstoffatoms
 - [Veranschaulichung mehrdimensionaler stehender Wellen, z. B. durch Chladni-Figuren](#)

- [graphische Veranschaulichung der Lösungen der Schrödingergleichung für das Coulombpotential, dreidimensionale Darstellung der Aufenthaltswahrscheinlichkeiten durch Orbitale](#)
- Interpretation der Nullstellen von Wellenfunktionen als Knotenflächen stehender Wellen
- Spektrallinien des Wasserstoffatoms als experimentelle Bestätigung
- [Ausblick auf Mehrelektronensysteme](#)
 - Charakterisierung der Elektronenzustände durch Quantenzahlen, Pauli-Prinzip
 - Deutung des Periodensystems der Elemente mithilfe von Quantenzahlen
- experimentelle Befunde und Anwendungen zum quantenphysikalischen Atommodell
 - Energieaufnahme durch Stoßanregung (Franck-Hertz-Versuch)
 - Röntgenstrahlung (Erzeugung, Spektrum)
- ein Beispiel einer Anwendung in Wissenschaft und Technik (z. B. Einblick in die Absorptions- und Emissionsspektroskopie, auch in der Astronomie, [Funktionsprinzip des Lasers](#))

Ph 12.3 Strukturuntersuchungen zum Aufbau der Materie (ca. 6 Std.)

Die Methoden, mit denen in der Wissenschaft der Aufbau der Materie in immer kleineren Dimensionen untersucht wird, sind sich prinzipiell ähnlich. In der Regel beschießt man die zu untersuchende Materie mit geeigneten Teilchen und analysiert die durch Wechselwirkungsprozesse gestreuten oder erzeugten Teilchen. Die Schüler verstehen, dass das Erforschen immer kleinerer Strukturen Teilchen mit immer kleinerer Wellenlänge und damit Beschleuniger für höhere Teilchenenergie notwendig macht. Die Beschäftigung mit den Strukturuntersuchungen auf sehr kleinen Längenskalen macht den Schülern die Bedeutung und die Notwendigkeit von Grundlagenforschung für die Gewinnung neuer Erkenntnisse bewusst.

Die Schüler befassen sich abschließend mit den [fundamentalen Teilchen und Wechselwirkungen des Standardmodells der Teilchenphysik](#). Damit verfügen sie über eine abgerundete Vorstellung vom Aufbau der Materie, die mit dem Stand der Forschung zu Beginn des 21. Jahrhunderts vereinbar ist.

- Aufbau der Materie und Teilchenfamilien des Standardmodells
 - Entdeckung des Atomkerns durch Streuung von Alpha-Teilchen
 - Zusammensetzung der Hadronen aus Quarks, Hinweis auf Streuexperimente
 - Leptonen, Quarks und ihre Antiteilchen
 - die fundamentalen Wechselwirkungen und ihre Austauschteilchen

Ph 12.4 Ein einfaches Kernmodell der Quantenphysik (ca. 8 Std.)

Die Beschäftigung mit der mittleren Bindungsenergie pro Nukleon in Abhängigkeit von der Zahl der Nukleonen in einem Atomkern zeigt den Schülern die prinzipiellen Möglichkeiten der „Energiegewinnung“ aus Atomkernen auf. Ausgehend von dem vereinfachten Ansatz, dass sich jedes Nukleon in einem Kastenpotential befindet und für die Protonen zusätzlich das Coulombpotential zu berücksichtigen ist, wird den Schülern das Auftreten diskreter Energieniveaus für die Nukleonen verständlich. Die Schüler erfahren, dass die Nukleonen wie die Quarks selbst, durch die starke Wechselwirkung im Kern aneinander gebunden werden.

- Protonen und Neutronen im Potentialtopf der Kernkraft
 - Massendefekt und mittlere Bindungsenergie je Nukleon in Abhängigkeit von der Nukleonenzahl, „Energiegewinnung“ aus Atomkernen
 - Eigenschaften der Kernkraft und zugehöriges [Potentialtopfmodell](#), Verteilung der Protonen und Neutronen auf die jeweils möglichen Energieniveaus, diskrete Energiewerte von γ -Quanten
 - Stabilität von Atomkernen, Entstehung von α - und [\$\beta\$ -Strahlung](#) durch Kernumwandlungen

Ph 12.5 Radioaktivität und Kernreaktionen (ca. 16 Std.)

Aufbauend auf den in der Jahrgangsstufe 9 erworbenen Grundkenntnissen über die Radioaktivität vertiefen die Schüler ihr Verständnis über die Wechselwirkung von radioaktiver Strahlung mit Materie. Damit können sie die nötigen Maßnahmen zum Strahlenschutz verstehen und einschätzen. Ihre inzwischen erworbenen mathematischen Kenntnisse und Fertigkeiten erlauben es ihnen, Berechnungen zur Altersbestimmung mithilfe des radioaktiven Zerfalls durchzuführen.

Die Schüler eignen sich die physikalischen Grundlagen der technischen Nutzung der Kernphysik an. Damit soll

die Möglichkeit geschaffen und die Bereitschaft geweckt werden, sich bei Fragen zur Kerntechnik ein eigenes, fachlich fundiertes Urteil zu bilden und dieses verantwortungsbewusst zu vertreten.

- Radioaktive Strahlung
 - Experimente zur Unterscheidung der Strahlungsarten
 - natürliche Zerfallsreihen, Nuklidkarte
 - [Abstandsgesetz](#)
 - [Zerfallsgesetz](#) [→ M11.4, → M 12.4]
 - Anwendung des radioaktiven Zerfalls zur Altersbestimmung
 - Strahlenbelastung des Menschen durch natürliche und künstliche Strahlung, Maßnahmen zum Strahlenschutz
- Kernreaktionen, Aspekte der Nutzung der Kernenergie
 - [Energie- und Impulsbilanzen bei Kernreaktionen](#)
 - Kernspaltung, Kettenreaktion, Prinzip eines Kernreaktors
 - Kernfusion, Prinzip eines Fusionsreaktors
 - [Entdeckung und Nachweis des Neutrons](#)
 - [Anwendungen in der Medizin](#)
 - Chancen und Risiken der Kernenergietechnik, Sicherheitsvorkehrungen, Entsorgung radioaktiver Materialien

12 Lehrplanalternative Astrophysik

PhAst 12.1 Orientierung am Himmel (ca. 6 Std.)

Die Betrachtung typischer astronomischer Objekte vermittelt den Schülern einen ersten Eindruck von der Vielfalt der Strukturen im Weltall. Im Rahmen von Beobachtungsabenden lernen sie markante Sternbilder sowie typische astronomische Objekte kennen und überzeugen sich von deren scheinbarer Bewegung am Himmel. Die drehbare Sternkarte erweist sich dabei als effizientes Hilfsmittel. Das Erlebnis der eigenen Beobachtung, ansprechendes Bildmaterial und der Besuch eines Planetariums oder einer Sternwarte regen die Schüler zur Auseinandersetzung mit weitergehenden Fragestellungen an.

- Überblick über typische astronomische Objekte
 - Beobachtung von Sternbildern und astronomischen Objekten
 - Überblick über astronomische Größenordnungen von Entfernungen, Zeiten, Massen
- tägliche und jährliche Bewegung von Himmelskörpern
 - scheinbare Bewegung von Sternen und Planeten
 - Bewegung der Sonne und der Planeten relativ zum Fixsternhintergrund

PhAst 12.2 Überblick über das Sonnensystem (ca. 9 Std.)

Die Schüler lernen die typischen physikalischen Eigenschaften der Objekte unseres Sonnensystems im Überblick kennen. Bei der Bestimmung von Massen, Bahnradien und Umlaufzeiten im Planetensystem werden die in Jahrgangsstufe 10 behandelten Gesetze von Kepler und das Gravitationsgesetz aufgegriffen. Die Schüler erkennen darin universelle Instrumente, mit denen sich auch Informationen z. B. über andere Planeten- und Sternsysteme sowie Galaxien gewinnen lassen. Zum Studium unterschiedlicher Bahnformen setzen die Schüler Computersimulationen ein.

- Überblick über den Aufbau des Sonnensystems
 - Planeten und ihre Monde, ausgewählte Beispiele zu Zwergplaneten
 - Kometen, Meteoriten, Hinweis auf Kleinkörper im Sonnensystem
- Bestimmung von Massen und Bahnparametern im Sonnensystem
 - Wiederholung der Gesetze von Kepler und des Gravitationsgesetzes
 - Prinzip der Massenbestimmung von Sonne, Planeten und Monden
 - künstliche Satelliten und Raumsonden

PhAst 12.3 Die Sonne (ca. 17 Std.)

Die Sonne ist der einzige Stern, der von der Erde aus als ausgedehnte Scheibe sichtbar ist und bei dem Vorgänge und Strukturen auf der Oberfläche beobachtbar sind. Im Wechselspiel zwischen Theoriebildung und zielgerichteter Beobachtung gewinnen die Schüler eine Fülle von Informationen über die Sonne, die sie später auf andere Sterne übertragen können. Bei der Untersuchung des Sonnenspektrums vertiefen sie die in Ph 9.2 gewonnenen Kenntnisse aus der Atomphysik und lernen die Spektralanalyse als eine wesentliche Arbeitsmethode der Astrophysik kennen.

Die Schüler erfahren, wie sich mithilfe der Strahlungsgesetze aus der Energieabstrahlung der Sonne deren Oberflächentemperatur bestimmen lässt. Ausgehend von der Messung der Bestrahlungsstärke des direkten Sonnenlichts auf der Erdoberfläche ermitteln sie die Größenordnung der Strahlungsleistung der Sonne. Bei der Klärung der Frage nach der Energiequelle wird den Schülern die Bedeutung kernphysikalischer Kenntnisse bewusst.

- Spektrum der Sonne
 - Linienspektren und ihre Deutung durch die Atomphysik
 - Sonnenspektrum, Fraunhofer'sche Linien
- Energieabstrahlung der Sonne
 - Solarkonstante und Leuchtkraft der Sonne
 - Strahlungsgesetze von Stefan-Boltzmann und Wien
 - Oberflächentemperatur der Sonne
- Energieerzeugung im Inneren der Sonne
 - kernphysikalische Grundlagen, Energiebetrachtungen bei Kernumwandlungen
 - Bedingungen für die Wasserstoff-Fusion im Zentralbereich der Sonne
- Aufbau der Sonne und Energietransport
 - Aufbau der Sonne, Diagramme zu Druck und Temperatur in der Sonne
 - Energietransport vom Zentralbereich der Sonne zur Oberfläche
 - Oberflächenphänomene, Sonnenwind

PhAst 12.4 Sterne (ca. 18 Std.)

Der Vergleich von Strahlungsspektren verschiedener Sterne mit dem der Sonne macht den Schülern plausibel, dass es sich bei Sternen um sehr weit entfernte „Sonnen“ handelt und dass sich die am Beispiel der Sonne gewonnenen Erkenntnisse auf Sterne übertragen lassen. Mit der Bestimmung der Radialgeschwindigkeit mittels des Dopplereffekts wird ein Verfahren verwendet, das sich auch bei anderen astronomischen Fragestellungen als sehr hilfreich erweist. Bei der Beschäftigung mit Entfernungen von Sternen werden den Schülern auch die Möglichkeiten und Grenzen unterschiedlicher Messmethoden bewusst.

Die enorme Energieabgabe von Sternen einerseits und der begrenzte Vorrat an Materie andererseits führen unmittelbar zur Frage nach der Entwicklung von Sternen. Die Schüler lernen mit dem Hertzsprung-Russell-Diagramm ein wichtiges Ordnungsschema für die verschiedenen Sterntypen kennen. Sie lernen, wie Sterne entstehen und wieder vergehen, und unter welchen Bedingungen sich extreme Endzustände wie z. B. Schwarze Löcher ausbilden. Letztendlich wird ihnen bewusst, dass der gesamte Lebenslauf eines Sterns entscheidend von seiner Anfangsmasse bestimmt wird.

- Entfernungsbestimmung und Bewegung von Sternen
 - jährliche trigonometrische Parallaxe
 - Dopplereffekt, charakteristische Beispiele zu Tangential- und Radialbewegung
 - Nachweis von Exoplaneten
- Zustandsgrößen von Sternen
 - scheinbare und absolute Helligkeit, Entfernungsmodul
 - Leuchtkraft, Oberflächentemperatur, Radius
 - Massenbestimmung, auch bei Doppelsternsystemen
- Hertzsprung-Russell-Diagramm
 - Systematik der Einordnung von Sternen
 - Bereiche der Sterntypen Hauptreihenstern, Roter Riese, Weißer Zwerg
 - Beziehung zwischen Masse und Leuchtkraft für Hauptreihensterne
 - Hertzsprung-Russell-Diagramm von Sternhaufen
- Sternentwicklung

- Entstehung von Sternen, Hauptreihenstadium
- Riesenstadium, Überblick über die möglichen Endzustände

PhAst 12.5 Großstrukturen im Weltall (ca. 13 Std.)

Mit der Milchstraße lernen die Schüler eine typische Spiralgalaxie kennen und erfahren, wie sich aus radioastronomischen Beobachtungen die Lage unserer Sonne innerhalb der Milchstraße bestimmen lässt. Davon ausgehend gewinnen sie einen Eindruck vom Aufbau und der Größe einer Spiralgalaxie. Außerdem lernen sie Methoden kennen, mit denen sich Informationen über andere Galaxien gewinnen lassen und erweitern dabei nochmals ihr Wissen über astronomische Strukturen. Die Untersuchung von weit entfernten Objekten einschließlich Quasaren führt unter anderem zur Hubble-Beziehung, die ebenso wie die kosmische Hintergrundstrahlung ein Beleg für die Expansion des Universums ist. Dadurch wird die Urknalltheorie für die Schüler in ihren Grundaussagen verständlich.

- die Milchstraße als typische Spiralgalaxie
 - Aufbau und Abmessungen der Milchstraße, Abschätzung ihrer Masse
- Entfernungsbestimmung von Galaxien
 - Cepheiden und Supernovae als Standardkerzen
 - Radialgeschwindigkeit von Galaxien, Hubble-Gesetz
 - Ausblick auf Quasare
- Kosmologie
 - Expansion des Universums, kosmische Hintergrundstrahlung
 - Ausblick auf das Urknall-Modell, Größe und Alter des Universums
 - Hinweis auf Dunkle Materie und Dunkle Energie