



# **KULTUSMINISTER KONFERENZ**

## **Eckpunkte für die curricularen Vorgaben der gymnasialen Oberstufe in den Fächern Biologie, Chemie, Physik**

(Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020)

## **0. Vorbemerkung**

Die Kultusministerkonferenz hat mit Beschluss vom 18.06.2020 Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife in den Fächern Biologie, Chemie und Physik verabschiedet. Sie hat ferner vorgesehen, für die Umsetzung der Bildungsstandards in die Lehr- und Bildungspläne der Länder Eckpunkte für curriculare Vorgaben zu entwickeln. Diese Eckpunkte konkretisieren die jeweilige Ziffer 2.6 der Bildungsstandards, in der die Inhalte beschrieben werden.

## **1. Prämissen der Eckpunktegestaltung**

Die inhaltlichen Konkretisierungen des Kapitels 2.6 der Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife in den Fächern Biologie, Chemie und Physik (Beschlüsse der KMK vom 18.06.2020) orientieren sich am Minimum der zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit (2-stündige bzw. 4-stündige Kurse).

Die unterschiedlichen Lehr- und Bildungspläne der Sekundarstufe I und die verschiedenen Wochenstundenzahlen in der Sekundarstufe I und der Sekundarstufe II bedingen, dass Länder bezogen auf die Bildungsstandards ggf. inhaltliche Ergänzungen oder länderspezifische Schwerpunktsetzungen in ihren Lehr- und Bildungsplänen vornehmen.

Die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife in den Fächern Biologie, Chemie und Physik weisen ebenso wie die Konkretisierungen durch die Eckpunkte zentrale Inhalte aus, über die die Lernenden zum Zeitpunkt des Erwerbs der Allgemeinen Hochschulreife verfügen sollen, wobei einige der zentralen Inhalte in manchen Ländern üblicherweise bereits in der Sek I oder in der Einführungsphase vermittelt werden. Dies erfordert unterschiedliche Herangehensweisen zur Entwicklung der Lehr- und Bildungspläne in Passung zur Sekundarstufe I.

## **2. Fachliche Grundsätze der Eckpunktegestaltung**

### **a. Fachbegriffe**

Die im Kapitel 2.6 der Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife in den Fächern Biologie, Chemie und Physik verwendeten Begriffe bilden die Grundlage der Lehr- und Bildungspläne der Länder.

Die zur Konkretisierung der zentralen Inhalte verwendeten Begriffe der Eckpunkte sind rein deskriptiv, da sie einem Wandel in Fachwissenschaft und Fachdidaktik unterliegen. Eine alternative Begriffsverwendung in den Vorgaben der Länder ist möglich.

## **b. Experimente**

Um die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife in den Fächern Biologie, Chemie und Physik zu erfüllen, sind Experimente unter Beachtung gesetzlicher Regelungen (vgl. auch die Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht, RISU) durchzuführen. Sie sind zentrales Element der Erkenntnisgewinnung. Eine Konkretisierung zu Experimenten erfolgt ggf. länderspezifisch.

## **c. Inhaltliche Progression**

Eine Reihenfolge oder Verknüpfung von Inhalten bzw. Themen, insbesondere die Zuordnung zu Semestern oder Jahrgangsstufen erfolgt ggf. länderspezifisch.

## **d. Quantitative Festlegung**

Eine quantitative Festlegung der Inhalte bzw. Themen erfolgt ggf. länderspezifisch in Abhängigkeit von den Vorgaben in den Lehr- und Bildungsplänen der Länder für die Sekundarstufe I.

## **3. Inhaltliche Konkretisierungen zu Kap. 2.6 der Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife in den Fächern Biologie, Chemie und Physik**

Die Konkretisierungen erfolgen in den Fächern Chemie und Physik mit dem Ergebnis, dass nun in allen drei Naturwissenschaften die zentralen Inhalte in vergleichbarer Ausschärfungstiefe vorliegen. Im Fach Biologie liegt diese Ausschärfungstiefe bereits in den Bildungsstandards vor.

Die inhaltlichen Konkretisierungen sind in den Tabellen der Bildungsstandards im Folgenden farbig hervorgehoben.

## a. Biologie

### 2.6.1 Inhaltsbereich Leben und Energie

Inhalte für das grundlegende und das erhöhte Anforderungsniveau	Zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<b>Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel, Stoffwechselregulation auf Enzymebene</li> <li>◆ Stofftransport zwischen Kompartimenten</li> <li>◆ Chemiosmotische ATP-Bildung</li> <li>◆ Redoxreaktionen, Energieumwandlung, Energieentwertung, ATP-/ADP-System</li> </ul>	
<b>Aufbauender Stoffwechsel</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Funktionale Anpassungen: Blattaufbau, Feinbau Chloroplast, Absorptionsspektrum von Chlorophyll, Wirkungsspektrum</li> <li>◆ Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren</li> <li>◆ Calvin-Zyklus: Fixierung, Reduktion, Regeneration</li> <li>◆ Zusammenhang von Primär- und Sekundärreaktionen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Lichtsammelkomplex</li> <li>◆ Energetisches Modell der Lichtreaktionen</li> <li>◆ C<sub>4</sub>-Pflanzen</li> </ul>
<b>Abbauender Stoffwechsel</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Feinbau Mitochondrium</li> <li>◆ Stoff- und Energiebilanz von Glykolyse, oxidative Decarboxylierung, Tricarbonsäurezyklus und Atmungskette</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Energetisches Modell der Atmungskette:</li> <li>◆ Alkoholische Gärung und Milchsäuregärung</li> </ul>
<b>Fachliche Verfahren</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Chromatografie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Tracer-Methode</li> </ul>

## 2.6.2 Informationsverarbeitung in Lebewesen

Inhalte für das grundlegende und das erhöhte Anforderungsniveau	Zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<b>Grundlagen der Informationsverarbeitung</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Bau und Funktionen von Nervenzellen: Ruhepotenzial, Aktionspotenzial, Erregungsleitung</li> <li>◆ Synapse: Funktion der erregenden chemischen Synapse, Stoffeinwirkung an Synapsen, neuromuskuläre Synapse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Rezeptorpotenzial</li> <li>◆ Primäre und sekundäre Sinneszelle</li> <li>◆ Hormone: Hormonwirkung, Verschränkung hormoneller und neuronaler Steuerung</li> </ul>
<b>Neuronale Plastizität</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Verrechnung: Funktion einer hemmenden Synapse, räumliche und zeitliche Summation</li> <li>◆ Zelluläre Prozesse des Lernens</li> <li>◆ Störungen des neuronalen Systems</li> </ul>
<b>Fachliche Verfahren</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Potenzialmessungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Neurophysiologische Verfahren</li> </ul>

## 2.6.3 Inhaltsbereich: Lebewesen in ihrer Umwelt

Inhalte für das grundlegende und das erhöhte Anforderungsniveau	Zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<b>Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Biotop und Biozönose: biotische und abiotische Faktoren</li> <li>◆ Einfluss abiotischer Faktoren auf Organismen: Toleranzkurven, ökologische Potenz</li> <li>◆ Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Kohlenstoffkreislauf, Nahrungsnetz</li> <li>◆ Intra- und interspezifische Beziehungen: Konkurrenz, Parasitismus, Symbiose, Räuber-Beute-Beziehungen</li> <li>◆ Ökologische Nische</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Fortpflanzungsstrategien: r- und K-Strategien</li> <li>◆ Stickstoffkreislauf</li> <li>◆ Idealisierte Populationsentwicklung: exponentielles und logistisches Wachstum</li> </ul>

<b>Einfluss des Menschen auf Ökosysteme, Nachhaltigkeit, Biodiversität</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Folgen des anthropogen bedingten Treibhauseffekts</li> <li>◆ Ökosystemmanagement: Ursache-Wirkungszusammenhänge, Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen, nachhaltige Nutzung, Bedeutung und Erhalt der Biodiversität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Hormonartig wirkende Substanzen in der Umwelt</li> <li>◆ Ökologischer Fußabdruck</li> </ul>
<b>Fachliche Verfahren</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Erfassung ökologischer Faktoren und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Quantitative Erfassung von Arten in einem Areal</li> </ul>

#### 2.6.4 Inhaltsbereich: Vielfalt des Lebens

Inhalte für das grundlegende und das erhöhte Anforderungsniveau	Zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<b>Molekulargenetische Grundlagen des Lebens</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Speicherung und Realisierung genetischer Information: Bau der DNA, Transkription und Translation, semikonservative Replikation</li> <li>◆ Genmutationen</li> <li>◆ Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten: Transkriptionsfaktoren, Modifikationen des Epigenoms durch Methylierung, Zusammenhänge zwischen genetischem Material, Genprodukten und Merkmal</li> <li>◆ Genetik menschlicher Erkrankungen: Familienstammbäume, Gentest und Beratung, Gentherapie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Krebs: Krebszellen, Onkogene und Anti-Onkogene, personalisierte Medizin</li> <li>◆ Modifikationen des Epigenoms: Histonmodifikation</li> <li>◆ RNA-Interferenz</li> </ul>
<b>Entstehung und Entwicklung des Lebens</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Stammbäume: ursprüngliche und abgeleitete Merkmale</li> <li>◆ Belege für die Evolution: molekularbiologische Homologien</li> <li>◆ Grundlegende Prinzipien der Evolution: Rekombination, Mutation, Selektion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Evolution des Menschen: Ursprung, Fossilgeschichte, Stammbäume und Verbreitung des heutigen Menschen</li> <li>◆ Kulturelle Evolution: Werkzeuggebrauch, Sprachentwicklung</li> </ul>

<p>tion, Verwandtschaft, Variation, Fitness, Isolation, Drift, Artbildung, Biodiversität, Koevolution, populationsgenetischer Artbegriff</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ adaptiver Wert von Verhalten: reproduktive Fitness, Kosten-Nutzen-Analyse</li> <li>◆ Synthetische Evolutionstheorie, Abgrenzung von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Sozialverhalten bei Primaten: exogene und endogene Ursachen, Fortpflanzungsverhalten, reproduktive Fitness</li> </ul>
<b>Fachliche Verfahren</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ PCR</li> <li>◆ Gelelektrophorese</li> <li>◆ Gentechnik: Veränderung und Einbau von DNA, gentechnisch veränderte Organismen, Gentherapeutische Verfahren</li> </ul>

## b. Chemie

## 2.6.1 Inhaltsbereich: Stoffe, Strukturen, Eigenschaften

## Verbindungen mit funktionellen Gruppen

Inhalte für das grundlegende und erhöhte Anforderungsniveau	Zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Mehrfachbindungen</li> <li>◆ Hydroxy-, Carbonyl-, Carboxy-, Estergruppe</li> <li>◆ Aminogruppe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ aromatisches System               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Struktur, Reaktivität</li> <li>- Mesomerie (Benzen/Benzol)</li> </ul> </li> </ul>

## Chemische Bindung

Inhalte für das grundlegende und erhöhte Anforderungsniveau	Zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Elektronenpaarbindung</li> <li>◆ Ionenbindung</li> <li>◆ Metallbindung               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elektronengasmodell</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ koordinative Bindung               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wechselwirkung von Metallkationen und Teilchen mit freien Elektronenpaaren</li> </ul> </li> </ul>

## Strukturen ausgewählter organischer und anorganischer Stoffe

Inhalte für das grundlegende und erhöhte Anforderungsniveau	Zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Inter- und intramolekulare Wechselwirkungen (einschließlich Ionen-Dipol-Wechselwirkungen)</li> <li>◆ Ionengitter               <ul style="list-style-type: none"> <li>- keine Gittertypen</li> </ul> </li> <li>◆ Metallgitter               <ul style="list-style-type: none"> <li>- keine Gittertypen</li> </ul> </li> <li>◆ Molekülgeometrie (EPA-Modell)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Chiralität               <ul style="list-style-type: none"> <li>- asymmetrisches C-Atom</li> </ul> </li> <li>◆ Nanostrukturen               <ul style="list-style-type: none"> <li>- exemplarisch eine Nanostruktur und eine Oberflächeneigenschaft</li> </ul> </li> </ul>

## Natürliche und synthetische Stoffe

Inhalte für das grundlegende und erhöhte Anforderungsniveau	Zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Kunststoffe               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Struktur und Eigenschaften</li> <li>- Einteilung nach Thermoplaste, Duroplaste, Elastomere</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Ein zusätzlicher Inhalt: Fette, Proteine, Kohlenhydrate oder Farbstoffe               <ul style="list-style-type: none"> <li>für Farbstoffe:                   <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einteilung, Struktur, Eigenschaften</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>



<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Fette oder Proteine oder Kohlenhydrate</li> <li>- Struktur, Eigenschaften, Nachweis</li> <li>- Bedeutung/Verwendung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bedeutung/Verwendung</li> </ul>
---	--

## 2.6.2 Inhaltsbereich: Chemische Reaktionen

### Protonenübergänge

Inhalte für das grundlegende und erhöhte Anforderungsniveau	Zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Säure-Base-Konzept nach Brönsted</li> <li>◆ Säure-Base-Konstanten</li> <li>- qualitative Betrachtung</li> <li>◆ pH-Wert Berechnung wässriger Lösungen von Säuren und Basen (bei vollständiger Protolyse)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ pH-Wert Berechnungen wässriger Lösungen von Säuren und Basen (bei nicht vollständiger Protolyse)</li> <li>◆ Puffersysteme</li> <li>- Bedeutung, Zusammensetzung, Wirkung</li> </ul>

### Elektronenübergänge

Inhalte für das grundlegende und erhöhte Anforderungsniveau	Zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Redoxreaktionen als Elektronenübergang</li> <li>- Oxidationszahlen</li> <li>◆ elektrochemische Spannungsreihe</li> <li>◆ Berechnung der Zellspannung</li> <li>◆ elektrochemische Spannungsquellen</li> <li>◆ Elektrolyse</li> <li>◆ Korrosion</li> <li>- Metallkorrosion</li> <li>- Korrosionsschutz (Opferanode)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ NERNST-Gleichung</li> <li>- Konzentrationszelle</li> <li>- Berechnungen ohne pH- und Temperatur-abhängigkeit</li> <li>◆ FARADAY-Gesetz</li> <li>◆ Überspannung</li> <li>- Zersetzungsspannung</li> </ul>

### Reaktionsmechanismen in der organischen Chemie

Inhalte für das grundlegende und erhöhte Anforderungsniveau	Zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundprinzipien</li> <li>◆ radikalische Substitution</li> <li>◆ elektrophile Addition</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ nucleophile und elektrophile Substitution</li> <li>- S<sub>N</sub>1</li> <li>- Erstsabstitution an Aromaten</li> </ul>

## Energetische und kinetische Aspekte chemischer Reaktionen

Inhalte für das grundlegende und erhöhte Anforderungsniveau	Zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Reaktionsgeschwindigkeit               <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Abhängigkeiten und Stoßtheorie</b></li> </ul> </li> <li>◆ Katalyse               <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>homogene und heterogene Katalyse</b></li> </ul> </li> <li>◆ 1. Hauptsatz der Thermodynamik</li> <li>◆ Enthalpie               <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Kalorimetrie</b></li> <li>- <b>Berechnung von Standard-Reaktionsenthalpien</b></li> </ul> </li> <li>◆ Satz von HESS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 2. Hauptsatz der Thermodynamik</li> <li>◆ Entropie</li> <li>◆ freie Enthalpie</li> <li>◆ GIBBS-HELMHOLTZ-Gleichung               <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Berechnungen mit GIBBS-HELMHOLTZ</b></li> </ul> </li> </ul>

## Gleichgewichtsreaktionen

Inhalte für das grundlegende und erhöhte Anforderungsniveau	Zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Chemisches Gleichgewicht</li> <li>◆ Prinzip von LE CHATELIER</li> <li>◆ Massenwirkungsgesetz (<math>K_c</math>)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Änderung der Stöchiometriezahlen = 0</b></li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Konzentrationsberechnungen im Gleichgewicht (MWG)</b></li> <li>◆ Löslichkeitsgleichgewichte               <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Interpretation von KL-Werten</b></li> </ul> </li> </ul>

## 2.6.3 Inhaltsbereich: Arbeitsweisen

## Qualitative Analyse

Inhalte für das grundlegende und erhöhte Anforderungsniveau	Zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Nachweis von Ionen und funktionellen Gruppen               <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Chlorid-, Bromid-, Carbonate (Hydroxid-Ion, Hydronium-/ Oxonium-Ion), Ammonium-Ion</b></li> <li>- <b>Aldehyd-Gruppe, Carboxy-Gruppe</b></li> <li>- <b>Doppelbindungen zwischen Kohlenstoffatomen</b></li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Chromatografie               <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Prinzip der Chromatografie</b></li> <li>- <b>Rf-Werte Ermittlung und Interpretation</b></li> </ul> </li> </ul>

## Quantitative und instrumentelle Analyse

Inhalte für das grundlegende und erhöhte Anforderungsniveau	Zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Säure-Base-Titration (mit Umschlagspunkt)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- bei vollständiger Protolyse (Salzsäure/Natronlauge)</li> <li>- Berechnung (Konzentration)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Säure-Base-Titration (mit Titrationskurve)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Titration auch mehrprotoniger Säure</li> <li>- Titration bei unvollständiger Protolyse</li> <li>- Berechnungen von charakteristischen Punkten der Titrationskurve</li> </ul> </li> <li>◆ Redoxtitration</li> <li>◆ ein Verfahren der instrumentellen Analyse (z.B. Konduktometrie, potentiometrische pH-Wert-Messung, Fotometrie, Polarimetrie)</li> </ul>

## Synthesen

Inhalte für das grundlegende und erhöhte Anforderungsniveau	Zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Estersynthese</li> <li>◆ Kunststoffsynthese               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Polymerisation</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Mechanistische Betrachtung der Estersynthese               <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>S_N1</math> am Bsp. der Estersynthese</li> </ul> </li> <li>◆ Mechanistische Betrachtung einer Kunststoffsynthese               <ul style="list-style-type: none"> <li>- radikalische Polymerisation</li> </ul> </li> </ul>

## 2.6.4 Inhaltsbereich: Lebenswelt und Gesellschaft

## Aktuelle Technologien und chemische Produkte

Inhalte für das grundlegende und erhöhte Anforderungsniveau	Zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ moderne Werkstoffe</li> <li>◆ Rohstoffgewinnung und –verarbeitung</li> <li>◆ Recycling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Nanomaterialien</li> <li>◆ ein technisches Syntheseverfahren</li> </ul>

## Ökonomische und ökologische Aspekte der Chemie

Inhalte für das grundlegende und erhöhte Anforderungsniveau	Zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ alternative Energieträger</li> <li>◆ Recycling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Energiespeicherung</li> <li>◆ Werkstoffkreisläufe</li> </ul>

## c. Physik

## 2.6.1 Inhaltsbereich: Elektrische und magnetische Felder

## Das Feldkonzept zur Beschreibung von Wechselwirkungen

Inhalte für das grundlegendes und das erhöhte Anforderungsniveau	zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Begriff des Feldes am Beispiel von elektrischen und magnetische. Feldern <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundlegende Eigenschaften eines Feldes / Definition des Begriffs <i>Feld</i></li> <li>- elektrische und magnetische Feldlinienbilder, u. a. Radialfeld, Dipolfeld, homogenes Feld</li> <li>- Superposition von Feldern</li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Elektrische Feldstärke <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definition der elektrischen Feldstärke</li> <li>- Zusammenhang zwischen Spannung und elektrischer Feldstärke im Plattenkondensator</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Coulomb'sches Gesetz</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Elektrische Energie in einem geladenen Kondensator <ul style="list-style-type: none"> <li>- Energieinhalt des elektrischen Feldes eines Plattenkondensators</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Spannung als Potentialdifferenz <ul style="list-style-type: none"> <li>- Potential, Spannung als Potentialdifferenz</li> <li>- Zusammenhang zwischen Spannung und elektrischer Feldstärke</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Kondensator als Energiespeicher, Kapazität <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definition der Kapazität</li> <li>- Abhängigkeit der Kapazität von geometrischen Daten des Plattenkondensators</li> <li>- Beispiel für eine Einsatzmöglichkeit des Kondensators als Energiespeicher</li> <li>- zeitlicher Verlauf der Stromstärke beim Aufladevorgang am Kondensator</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dielektrikum</li> <li>- zeitlicher Verlauf von Stromstärke und Spannung beim Auf- und Entladevorgang am Kondensator, Einfluss der Parameter Widerstand und Kapazität</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Magnetische Flussdichte <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definition der magnetischen Flussdichte</li> <li>- Messung von Flussdichten bei Elektromagneten</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Spule und ihre Eigenschaften, insbesondere Induktivität <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definition der Induktivität</li> <li>- magnetische Flussdichte einer langgestreckten stromdurchflossenen Spule</li> <li>- Energieinhalt des Feldes einer stromdurchflossenen Spule</li> </ul> </li> </ul>

## Körper in statischen Feldern

Inhalte für das grundlegende und das erhöhte Anforderungsniveau	zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Kräfte auf Körper in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern, Bahnformen (qualitativ) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kraft auf geladene Teilchen bei gegebener elektrischer Feldstärke</li> <li>- Lorentzkraft auf geladene Teilchen bei gegebener magnetischer Flussdichte</li> <li>- geladene Teilchen im homogenen elektrischen Längs- und Quersfeld (qualitativ)</li> <li>- geladene Teilchen im homogenen magnetischen Feld (qualitativ)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Quantitative Betrachtung von Bahnformen in homogenen Feldern <ul style="list-style-type: none"> <li>- geladene Teilchen im homogenen elektrischen Längs- und Quersfeld (quantitativ)</li> <li>- Kreisbahnen von geladenen Teilchen in homogenen Magnetfeldern</li> <li>- geladene Teilchen in orthogonal aufeinander stehenden, homogenen elektrischen und magnetischen Feldern in technischen Anwendungen</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Energiebetrachtungen von Körpern in homogenen elektrischen Feldern <ul style="list-style-type: none"> <li>- potentielle Energie einer Probeladung im homogenen elektrischen Feld</li> <li>- Energiebetrachtung bei der Beschleunigung von geladenen Teilchen</li> </ul> </li> </ul>	

## Veränderliche elektromagnetische Felder

Inhalte für das grundlegende und das erhöhte Anforderungsniveau	zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Induktion durch Änderung des magnetischen Flusses <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definition des magnetischen Flusses</li> <li>- Induktionsgesetz unter Verwendung der mittleren Änderungsrate des magnetischen Flusses (Differenzenquotient)</li> <li>- Anwendung des Induktionsgesetzes in den Spezialfällen konstanter Fläche oder konstanter magnetischer Flussdichte</li> <li>- Beispiel für eine technische Anwendung der Induktion</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Induktionsgesetz in differentieller Form <ul style="list-style-type: none"> <li>- Induktionsgesetz in differentieller Form</li> <li>- Beispiele für Anwendungen der Induktion</li> <li>- Selbstinduktion, Ein-/Ausschaltvorgänge bei der Spule</li> </ul> </li> </ul>

## 2.6.2 Inhaltsbereich: Mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen

## Schwingungen

Inhalte für das grundlegende und das erhöhte Anforderungsniveau	zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ mechanische und elektromagnetische harmonische Schwingungen: charakteristische Größen und ihre Zusammenhänge               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definition der Begriffe Schwingung, Schwingungsebene, transversal/longitudinal, Auslenkung, Amplitude</li> <li>- Zusammenhang zwischen Frequenz und Periodendauer</li> <li>- Abhängigkeit der Periodendauer von systembeschreibenden Größen an einem Beispiel</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lineares Kraftgesetz als Bedingung für die Entstehung einer mechanischen harmonischen Schwingung</li> <li>◆ gedämpfte Schwingungen</li> <li>◆ Vergleich von mechanischen und elektromagnetischen Schwingungen unter energetischen Aspekten</li> <li>◆ Resonanz bei erzwungenen Schwingungen</li> </ul>

## Eigenschaften und Ausbreitung von Wellen

Inhalte für das grundlegende und das erhöhte Anforderungsniveau	zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ harmonische Wellen: charakteristische Größen und ihre Zusammenhänge               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definition des Begriffs Welle</li> <li>- Definition der Begriffe Wellenlänge, Ausbreitungsgeschwindigkeit</li> <li>- Erzeugung, Ausbreitung</li> <li>- Phänomene: Brechung, Reflexion, Beugung</li> <li>- Zusammenhang zwischen Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wellenlänge und Frequenz</li> </ul> </li> <li>◆ Longitudinal- und Transversalwelle, lineare Polarisation               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lineare Polarisation als Unterscheidungsmerkmal von Transversal- und Longitudinalwelle</li> <li>- Unterscheidung von polarisierten und unpolarisierten Wellen</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beschreibung der zeitlichen und räumlichen Entwicklung einer harmonischen eindimensionalen Welle in einer mathematischen Darstellung</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Spektrum elektromagnetischer Wellen</li> <li>- Überblick über die verschiedenen Frequenzbereiche elektromagnetischer Wellen</li> </ul>	
---	--

### Überlagerung von Wellen

Inhalte für das grundlegendes und das erhöhte Anforderungsniveau	zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Interferenz am Doppelspalt auch mit polychromatischem Licht</li> <li>- Superposition von Wellen</li> <li>- Interferenz am Doppelspalt</li> <li>- Wellenlängenbestimmung von monochromatischem Licht</li> <li>- Entstehung des Spektrums von weißem Licht beim Doppelspalt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Einzelspalt mit monochromatischem Licht</li> <li>◆ Interferometer</li> <li>- Beugung und Interferenz am Einfachspalt</li> <li>- Aufbau und Funktionsweise eines Interferometers</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ stehende Wellen</li> <li>- Überlagerung von Wellen im eindimensionalen Fall</li> <li>- Wellenlängenbestimmung mittels einer durch Reflexion erzeugten stehenden Welle</li> </ul>	

### 2.6.3 Inhaltsbereich: Quantenphysik und Materie

#### Quantenobjekte

Inhalte für das grundlegendes und das erhöhte Anforderungsniveau	zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Grundlegende Aspekte der Quantentheorie: Stochastische Vorhersagbarkeit, Interferenz und Superposition, Determiniertheit der Zufallsverteilung, Komplementarität</li> <li>- konkretes Beispiel, z. B. Elektron am Doppelspalt</li> <li>- Photon und Elektron als Quantenobjekt</li> <li>- Determiniertheit der zeitlichen Entwicklung der Quantenzustände</li> <li>- Komplementarität von Weginformation und Interferenzfähigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ stochastische Deutung mittels des Quadrats der quantenmechanischen Wellenfunktion (qualitativ)</li> <li>- Betragsquadrat der Wellenfunktion zur Beschreibung der Nachweiswahrscheinlichkeitsdichte</li> <li>- Delayed-choice-Experiment</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Zusammenhänge der Größen Energie, Impuls, Frequenz und Wellenlänge zur Beschreibung von Quantenobjekten <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zusammenhang zwischen Energie/Impuls und Wellenlänge/Frequenz am Beispiel eines Quantenobjekts</li> <li>- de Broglie-Beziehung</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Ort-Impuls-Unbestimmtheit <ul style="list-style-type: none"> <li>- Konzept der Unbestimmtheit in der Form: Unmöglichkeit, einen Zustand zu präparieren, bei dem zueinander komplementäre Größen jeweils einen exakten Wert haben</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ quantenphysikalisches Weltbild hinsichtlich der Begriffe Realität, Lokalität, Kausalität, Determinismus <ul style="list-style-type: none"> <li>- Problematik der Übertragung von Begriffen aus der Anschauungswelt in die Quantenphysik</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Koinzidenzmethode zum Nachweis einzelner Photonen</li> </ul>

### Atomvorstellung

Inhalte für das grundlegendes und das erhöhte Anforderungsniveau	zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ qualitative Betrachtung eines quantenmechanischen Atommodells <ul style="list-style-type: none"> <li>- Energiestufenmodell</li> <li>- Energiewerte für Wasserstoff</li> <li>- Orbitale des Wasserstoffatoms als Veranschaulichung der Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron</li> </ul> </li> <li>◆ Emission und Absorption, Zusammenhang zwischen diskretem Spektrum und Energieniveauschema <ul style="list-style-type: none"> <li>- Emission und Absorption von Photonen als Energieabgabe und Anregung von Atomen</li> <li>- Veranschaulichung von Emission und Absorption im Energieniveauschema</li> <li>- Entstehung von Linienspektren</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Modell des eindimensionalen Potenzialtopfs und seine Grenzen <ul style="list-style-type: none"> <li>- diskrete Energiewerte, Wellenfunktionen und Nachweiswahrscheinlichkeiten für das Elektron im Potenzialtopf mit unendlich hohen Wänden; begrenzte Gültigkeit dieser Modellvorstellung unter Berücksichtigung der Unbestimmtheitsrelation</li> <li>- Energiewerte für wasserstoffähnliche Atome</li> <li>- Ausblick auf Mehrelektronensysteme, Pauli-Prinzip</li> </ul> </li> <li>- Entstehung des kontinuierlichen und diskreten Röntgenspektrums</li> </ul>