

Inhaltsfeld/Kontext			
Ustd	Inhalt	Kompetenzen	Seite im Schülerbuch
Quantenobjekte: Erforschung des Photons			Kapitel: Erforschung des Photons
7	Beugung und Interferenz, Kreiswellen, ebene Wellen, Beugung, Brechung	Die Schülerinnen und Schüler... - veranschaulichen mithilfe der <i>Wellenwanne</i> qualitativ unter Verwendung von Fachbegriffen auf der Grundlage des Huygens'schen Prinzips Kreiswellen, ebene Wellen sowie die Phänomene Beugung, Interferenz, Reflexion und Brechung (K3),	S. 8 Experiment: Versuche mit Wasserwellen S. 10 Die Ausbreitung von Wasserwellen
	Beugung und Interferenz, Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz, Beugung	- bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit dem <i>Doppelspalt</i> (E5),	S. 13 Experiment: Untersuchung von Licht am Doppelspalt S. 14 Interferenzen am Doppelspalt
	Beugung und Interferenz, Lichtwellenlänge, Lichtfrequenz, Beugung	- bestimmen Wellenlängen und Frequenzen von Licht mit dem <i>Gitter</i> (E5),	S. 16 Experiment: Untersuchung von Licht am optischen Gitter S. 17 Interferenz von Licht am optischen Strichgitter S. 19 Exkurs: Holografie S. 20 Exkurs: Beugung von Licht S. 22 Methoden: Interferometer selbst gebaut Zusatzinhalt: S. 23 Die Geschwindigkeit des Lichtes S. 24 Licht als elektromagnetische Welle
7	Quantelung der Energie von Licht, Austrittsarbeit	- demonstrieren anhand eines <i>Experiments zum Photoeffekt</i> den Quantencharakter von Licht und bestimmen den Zusammenhang von Energie, Wellenlänge und Frequenz von Photonen sowie die Austrittsarbeit der Elektronen (E5, E2),	S. 26 Experiment: Der Fotoeffekt I: Der Hallwachs-Versuch S. 27 Experiment: Der Fotoeffekt II: Versuche mit der Vakuum-Fotозelle S. 28 Licht löst Elektronen aus S. 31 Photonen erzeugen Beugungsbilder
14	Summe		

	Inhaltsfeld/Kontext		
Ustd	Inhalt	Kompetenzen	Seite im Schülerbuch
Quantenobjekte: Erforschung des Elektrons			Kapitel: Erforschung des Elektrons
5	Elementarladung	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <ul style="list-style-type: none"> - beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen (UF2, UF1) - definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2), - bestimmen die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer elektrischen Spannung (UF2), - erläutern anhand einer vereinfachten Version des <i>Millikanversuchs</i> die grundlegenden Ideen und Ergebnisse zur Bestimmung der Elementarladung (UF1, E5), 	<p>S. 38 Die elektrische Ladung S. 40 Elektrische Felder</p> <p>S. 42 Energie und Spannung im elektrischen Feld</p> <p>S. 44 Ladungsträger im elektrischen Feld S. 44 Exkurs: Die Braun'sche Röhre</p> <p>S. 46 Experiment: Der Millikanversuch S. 47 Nachweis der Elementarladung</p>
7	Elektronenmasse	<ul style="list-style-type: none"> - beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen (UF2, UF1), - modellieren Vorgänge im <i>Fadenstrahlrohr</i> (Energie der Elektronen, Lorentzkraft) mathematisch, variieren Parameter und leiten dafür deduktiv Schlussfolgerungen her, die sich experimentell überprüfen lassen, und ermitteln die Elektronenmasse (E6, E3, E5), - beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern deren Definitionsgleichungen (UF2, UF1), 	<p>S. 49 Das magnetische Feld S. 51 Elektronen im Magnetfeld S. 53 Exkurs: Messung der magnetischen Flussdichte S. 54 Exkurs: Magnetische Felder spezieller Leiteranordnungen</p> <p>S. 55 Experiment: Bestimmung der Masse eines Elektrons S. 56 Elektronen haben eine Masse</p> <p>S. 57/58 Exkurs: Geladene Teilchen in Feldern</p>
3	Streuung von Elektronen an Festkörpern, de Broglie-Wellenlänge	<ul style="list-style-type: none"> - erläutern die Aussage der de Broglie-Hypothese, wenden diese zur Erklärung des Beugungsbildes beim <i>Elektronenbeugungsexperiment</i> an und bestimmen die Wellenlänge der Elektronen (UF1, UF2, E4) 	<p>S. 59 Experiment: Wechselwirkung von Elektronen mit einer Graphitpulverschicht S. 60 Interferenz mit Elektronen S. 62 Exkurs: Elektronen erzeugen Beugungsbilder</p> <p>S. 63 Exkurs: Elektronenbeugung in der Forschung S. 64 Exkurs: Mikroskopie mit Elektronen</p>
15	Summe		

	Inhaltsfeld/Kontext		
Ustd	Inhalt	Kompetenzen	Seite im Schülerbuch
Quantenobjekte: Photonen und Elektronen als Quantenobjekte			Kapitel: Quantenobjekte
5	Licht und Materie	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <ul style="list-style-type: none"> - erläutern am Beispiel der Quantenobjekte Elektron und Photon die Bedeutung von Modellen als grundlegende Erkenntniswerkzeuge in der Physik (E6, E7), - verdeutlichen die Wahrscheinlichkeitsinterpretation für Quantenobjekte unter Verwendung geeigneter Darstellungen (Graphiken, Simulationsprogramme) (K3), - zeigen an Beispielen die Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Wellen- und Teilchenmodellen für Licht und Elektronen auf (B4, K4), <p>- beschreiben und diskutieren die Kontroverse um die Kopenhagener Deutung und den Welle-Teilchen-Dualismus (B4, K4)</p>	<p>S. 70 Zwei-Wege-Experimente S. 72 Quantenobjekte</p> <p>S. 74 Exkurs: Die Heisenberg'sche Unbestimmtheitsrelation S. 75 Exkurs: Auswirkungen der Heisenberg'schen Unbestimmtheitsrelation</p> <p>Zusatzinhalt: S. 76 Der Tunneleffekt</p> <p>S. 77 Deutungen</p>
5	Summe		

	Inhaltsfeld/Kontext		
Ustd	Inhalt	Kompetenzen	Seite im Schülerbuch
Elektrodynamik: Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren			Kapitel: Energieversorgung und Energietransport
5	Wandlung von mechanischer in elektrische Energie: Elektromagnetische Induktion Induktionsspannung	Die Schülerinnen und Schüler... - definieren die Spannung als Verhältnis von Energie und Ladung und bestimmen damit Energien bei elektrischen Leitungsvorgängen (UF2), - erläutern am Beispiel der <i>Leiterschaukel</i> das Auftreten einer Induktionsspannung durch die Wirkung der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger (UF1, E6), - bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe der Drei-Finger-Regel (UF2, E6), - werten Messdaten, die mit einem Oszilloskop bzw. mit einem <i>Messwert-erfassungssystem</i> gewonnen wurden, im Hinblick auf Zeiten, Frequenzen und Spannungen aus (E2, E5),	S. 82 Energie bei elektrischen Vorgängen S. 83 Experiment: Erzeugung einer Induktionsspannung an einer Leiterschaukel S. 85 Elektrische Spannung durch Magnetfelder S. 84/86 Methoden: Einsatz von Messwert-erfassungssystemen I/II S. 87 Methoden: Induktionsspannung und Differenzialrechnung
4	Lenz'sche Regel	- erläutern anhand des <i>Thomson'schen Ringversuchs</i> die Lenz'sche Regel (E5, UF4), - bewerten bei technischen Prozessen das Auftreten erwünschter bzw. nicht erwünschter Wirbelströme (B1)	S. 88 Experiment: Der Thomson'sche Ringversuch S. 89 Das Lenz'sche Gesetz S. 91 Wirbelströme
4	Technisch praktikable Generatoren: Erzeugung sinusförmiger Wechselspannungen	- führen Induktionserscheinungen an einer <i>Leiterschleife</i> auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4), - erläutern adressatenbezogenen Zielsetzungen, Aufbauten und Ergebnisse von Experimenten im Bereich der Elektrodynamik jeweils sprachlich angemessen und verständlich (K3), - erläutern das Entstehen sinusförmiger Wechselspannungen in <i>Generatoren</i> (E2, E6),	S. 92 Experiment: Leiterschleifen im Magnetfeld S. 93 Wechselspannung und Wechselstrom S. 95 Methoden: Mathematische Beschreibung der Wechselspannung
5	Nutzbarmachung elektrischer Energie durch „Transformation“ Transformator	- ermitteln die Übersetzungsverhältnisse von Spannung und Stromstärke beim <i>Transformator</i> (UF1, UF2), - geben Parameter von Transformatoren zur gezielten Veränderung einer elektrischen Wechselspannung an (E4), - führen Induktionserscheinungen an einer Leiterschleife auf die beiden grundlegenden Ursachen „zeitlich veränderliches Magnetfeld“ bzw. „zeitlich veränderliche (effektive) Fläche“ zurück (UF3, UF4),	S. 97 Experiment: Messungen am Transformator S. 98 Der Transformator S. 99 Exkurs: Anwendungen des Transformators

	Inhaltsfeld/Kontext		
Ustd	Inhalt	Kompetenzen	Seite im Schülerbuch
Elektrodynamik: Energieversorgung und Transport mit Generatoren und Transformatoren			Kapitel: Energieversorgung und Energietransport
4	Energieerhaltung Ohm'sche „Verluste“	<ul style="list-style-type: none"> - verwenden ein physikalisches <i>Modellexperiment zu Freileitungen</i>, um technologische Prinzipien der Bereitstellung und Weiterleitung von elektrischer Energie zu demonstrieren und zu erklären (K3), - bewerten die Notwendigkeit eines geeigneten Transformierens der Wechselspannung für die effektive Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B1), - zeigen den Einfluss und die Anwendung physikalischer Grundlagen in Lebenswelt und Technik am Beispiel der Bereitstellung und Weiterleitung elektrischer Energie auf (UF4), - beurteilen Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen (B2, B1, B4) - recherchieren bei vorgegebenen Fragestellungen historische Vorstellungen und Experimente zu Induktionserscheinungen (K2), 	<p>S. 100 Experiment: Modellexperiment zu Freileitungen S. 101 Transport und Verteilung elektrischer Energie S. 103 Exkurs: Einsatz von Transformatoren</p> <p>S. 102 Exkurs: Anfänge der elektrischen Energieversorgung S. 107 Aufgaben</p>
22	Summe		

	Inhaltsfeld/Kontext		
Ustd	Inhalt	Kompetenzen	Seite im Schülerbuch
Strahlung und Materie: Erforschung des Mikro- und Makrokosmos			Kapitel: Erforschung des Mikro- und Makrokosmos
2	Kern-Hülle-Modell	Die Schülerinnen und Schüler... - erläutern, vergleichen und beurteilen Modelle zur Struktur von Atomen und Materiebausteinen (E6, UF3, B4),	S. 110 Atome S. 112 Methoden: Theorie der Rutherford-Streuung
3	Quantenhafte Emission und Absorption von Photonen	- erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung</i> und <i>Linienspektren</i> bzw. <i>Spektralanalyse</i> , die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> sowie die <i>charakteristischen Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7),	S. 113 Experiment: Der Franck-Hertz-Versuch S. 114 Anregung und Ionisation von Atomen
2	Energieniveaus der Atomhülle	- erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung</i> und <i>Linienspektren</i> bzw. <i>Spektralanalyse</i> , die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> sowie die <i>charakteristischen Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7), - erklären die Energie absorbierter und emittierter Photonen mit den unterschiedlichen Energieniveaus in der Atomhülle (UF1, E6),	S. 115 Experiment: Untersuchung des Lichtes verschiedener Spektralröhren S. 115 Experiment: Untersuchung des Sonnenlichtes S. 116 Spektraluntersuchungen S. 116 Experiment: Flammenuntersuchungen S. 121 Untersuchung von Wasserstoff S. 122 Exkurs: Leistungen und Grenzen des Bohr'schen Atommodells
3	Sternspektren und Fraunhoferlinien	- interpretieren Spektraltafeln des <i>Sonnenspektrums</i> im Hinblick auf die in der Sonnen- und Erdatmosphäre vorhandenen Stoffe (K3, K1), - erklären Sternspektren und Fraunhoferlinien (UF1, E5, K2), - stellen dar, wie mit spektroskopischen Methoden Informationen über die Entstehung und den Aufbau des Weltalls gewonnen werden können (E2, K1),	S. 115 Experiment: Untersuchung des Sonnenlichtes S. 118 Das Spektrum elektromagnetischer Strahlung S. 120 Spektralanalyse in der Astronomie
3	Röntgenstrahlung	- erläutern die Bedeutung von <i>Flammenfärbung</i> und <i>Linienspektren</i> bzw. <i>Spektralanalyse</i> , die Ergebnisse des <i>Franck-Hertz-Versuches</i> sowie die <i>charakteristischen Röntgenspektren</i> für die Entwicklung von Modellen der diskreten Energiezustände von Elektronen in der Atomhülle (E2, E5, E6, E7) - beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen (UF1),	S. 128 Experiment: Aufnahme von Röntgenspektren S. 129 Charakteristisches Röntgenspektrum S. 131 Exkurs: Moderne Physik – Moderne Medizin
13	Summe		

	Inhaltsfeld/Kontext		
Ustd	Inhalt	Kompetenzen	Seite im Schülerbuch
Strahlung und Materie: Mensch und Strahlung			Kapitel: Radioaktivität und Kernphysik
3	Detektoren	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <ul style="list-style-type: none"> - erläutern den Aufbau und die Funktionsweise von Nachweisgeräten für ionisierende Strahlung (<i>Geiger-Müller-Zählrohr</i>) und bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2), - bewerten an ausgewählten Beispielen Rollen und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1, B3), 	<p>S. 137 Radioaktive Strahlung S. 138 Nachweis der Radioaktivität mit dem Geiger-Müller-Zählrohr S. 138 Experiment: Das Geiger-Müller-Zählrohr S. 139 Methoden: Zählstatistik S. 140 Exkurs: Detektoren</p>
2	Strahlungsarten	<ul style="list-style-type: none"> - unterscheiden α-, β-, γ-Strahlung und Röntgenstrahlung sowie Neutronen- und Schwerionenstrahlung (UF3), - erläutern den Nachweis unterschiedlicher Arten ionisierender Strahlung mithilfe von <i>Absorptionsexperimenten</i> (E4, E5), 	<p>S. 141 Experiment: Nachweis verschiedener Strahlungsarten S. 142 Eigenschaften radioaktiver Strahlung S. 144 Experiment: Absorption von γ-Strahlung S. 145 Wechselwirkung von γ-Strahlung mit Materie</p>
1	Elementumwandlung	<ul style="list-style-type: none"> - erläutern den Begriff Radioaktivität und beschreiben zugehörige Kernumwandlungsprozesse (UF1, K1), - bestimmen Halbwertszeiten und Zählraten (UF1, E2), 	<p>S. 146 Die Entstehung radioaktiver Strahlung S. 148 Exkurs: Energie der γ-Strahlung S. 148 Exkurs: Die Entdeckung des Neutrons S. 149 Radioaktiver Zerfall</p>
3	<p>Biologische Wirkung ionisierender Strahlung und Energieaufnahme im menschlichen Gewebe</p> <p>Dosimetrie</p>	<ul style="list-style-type: none"> - beschreiben Wirkungen von ionisierender und elektromagnetischer Strahlung auf Materie und lebende Organismen (UF1), - bereiten Informationen über wesentliche biologisch-medizinische Anwendungen und Wirkungen von ionisierender Strahlung auf (K2, K3, B3, B4), - begründen in einfachen Modellen wesentliche biologisch-medizinische Wirkungen von ionisierender Strahlung mit deren typischen physikalischen Eigenschaften (E6, UF4), - erläutern das Vorkommen künstlicher und natürlicher Strahlung, ordnen deren Wirkung auf den Menschen mithilfe einfacher dosimetrischer Begriffe ein, bewerten Schutzmaßnahmen im Hinblick auf die Strahlenbelastungen des Menschen im Alltag (B1, K2), - bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung physikalischer Prozesse, u. a. von ionisierender Strahlung, auf der Basis medizinischer, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Gegebenheiten (B3, B4), - bewerten Gefahren und Nutzen der Anwendung ionisierender Strahlung unter Abwägung unterschiedlicher Kriterien (B3, B4) 	<p>S. 151 Dosimetrische Größen S. 152 Strahlenbelastung des Menschen S. 154 Exkurs: Moderne Physik – moderne Medizin</p> <p>Zusatzinhalte: S. 155 Energie aus dem Atomkern</p> <p>S. 157 Exkurs: Leichtwasser-Kernreaktoren S. 158 Exkurs: Nutzen und Risiken der Kernenergie-technik S. 159 Exkurs: Wissenschaft und Gesellschaft</p>

	Inhaltsfeld/Kontext		
Ustd	Inhalt	Kompetenzen	Seite im Schülerbuch
Strahlung und Materie: Mensch und Strahlung			Kapitel: Radioaktivität und Kernphysik
4	Kernbausteine und Elementarteilchen	- erläutern mithilfe des aktuellen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3, E6), - erklären an einfachen Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell (UF1),	S. 160 Elementarteilchen
2	(Virtuelles) Photon als Austauschteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung Konzept der Austauschteilchen vs. Feldkonzept	- vergleichen in Grundprinzipien das Modell des Photons als Austauschteilchen für die elektromagnetische Wechselwirkung exemplarisch für fundamentale Wechselwirkungen mit dem Modell des Feldes (E6)	S. 160 Elementarteilchen
15	Summe		

	Inhaltsfeld/Kontext		
Ustd	Inhalt	Kompetenzen	Seite im Schülerbuch
Relativität von Raum und Zeit: Relativitätstheorie			Kapitel: Relativitätstheorie
5	Relativität der Zeit	<p>Die Schülerinnen und Schüler...</p> <ul style="list-style-type: none"> - interpretieren das Michelson-Morley-Experiment als ein Indiz für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4), - erläutern qualitativ den Myonenerfall in der Erdatmosphäre als experimentellen Beleg für die von der Relativitätstheorie vorhergesagte Zeitdilatation (E5, UF1), - erklären anschaulich mit der Lichtuhr grundlegende Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie und ermitteln quantitativ die Formel für die Zeitdilatation (E6, E7), - erläutern die relativistische Längenkontraktion über eine Plausibilitätsbetrachtung (K3), - beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3). - begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten, dass eine additive Überlagerung von Geschwindigkeiten nur für „kleine“ Geschwindigkeiten gilt (UF2), - erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1), 	<p>S. 170 Experiment: Das Michelson-Morley-Experiment S. 171 Die Einstein'schen Postulate</p> <p>S. 173 Experiment: Thermoskannenversuch zum Myonenerfall S. 174 Ort, Zeit, Ereignis</p> <p>S. 176 Experiment: Gedankenexperiment Lichtuhr S. 176 Exkurs: Uhren auf Weltreise S. 177 Messen und Wahrnehmen S. 178 Methoden: Zeitdilatation und Längenkontraktion ermitteln</p> <p>S. 179 Methoden: Geschwindigkeitsaddition S. 179 Exkurs: Vergangenheit und Zukunft</p>
2	„Schnelle“ Ladungsträger in E- und B-Feldern	- erläutern die Funktionsweise eines <i>Zyklotrons</i> und argumentieren zu den Grenzen einer Verwendung zur Beschleunigung von Ladungsträgern bei Berücksichtigung relativistischer Effekte (K4, UF4),	S. 180 Experiment: Zyklotron-Experimente
4	Ruhemasse und dynamische Masse	- erläutern die Energie-Masse Äquivalenz (UF1). - zeigen die Bedeutung der Beziehung $E = mc^2$ für die Kernspaltung und -fusion auf (B1, B3)	S. 181 Relativistische Masse, Energie und Impuls S. 182 Methoden: Relativistische Erhaltungsgrößen
11	Summe		