



Metzler Physik (4. Auflage)

ISBN 978-3-507-10710-6

PLANUNGSHILFEN

Stoffverteilungsplan NRW Leistungskurse

Inhaltsfeld 2: Relativitätstheorie	Seite <u>2</u>
Inhaltsfeld 3: Elektrik	Seite <u>7</u>
Inhaltsfeld 4: Quantenphysik	Seite <u>20</u>
Inhaltsfeld 5: Atom-, Kern und Elementarteilchenphysik	Seite <u>26</u>

Mit dem Kernlehrplan für die Sekundarstufe II für Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen im Fach Physik hat ein Paradigmenwechsel von der Input- zur Outputorientierung in der Form von im Lehrplan vorgegebenen Kompetenzen stattgefunden. Der Lehrplan unterscheidet dabei die vier Kompetenzbereiche Umgang mit Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung. Thematisch umfasst der Kernlehrplan die vier Inhaltsfelder Relativitätstheorie, Elektrik, Quantenphysik und Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik. Kompetenzen in den Inhaltsfeldern treten oft gemeinsam auf, überschneiden sich zum Teil inhaltlich und sind nicht immer scharf voneinander abzugrenzen. Im Rahmen dieses kompetenzorientierten Kernlehrplans ergeben sich verschiedene, für einen Leistungskurs im Fach Physik mögliche Schemata für ein Schulcurriculum.

Die im Folgenden vorgestellte Variante orientiert sich an dem in der Metzler Physik vorgeschlagenen Lehrgang und stellt durch vollständige Zuordnung der Kompetenzen, der im Kernlehrplan formulierten inhaltlichen Schwerpunkte und der möglichen Kontexte dar, wie die Kompetenzanforderungen und Inhalte des NRW-Kernlernplans für das Fach Physik in der Sek II (von 2014) für Leistungskurse mit dem Lehrbuch Metzler-Physik (4. Auflage) abbildbar sind. Auf Stundenvorschläge wird verzichtet. Empfohlen wird, die Inhaltsfelder 2 und 3 in der Q1 zu behandeln, die Inhaltsfelder 4 und 5 in der Q2.

Anmerkungen zu den getroffenen Zuordnungen sind im Folgenden blau markiert. Ebenso blau markiert sind, als Anregungen und Vorschläge zur weiteren Verwendung des Lehrbuchs, Buchinhalte und Kompetenzerwerb-vorschläge, die über den Kernlehrplan hinausgehen.

Die 27 verbindlichen Grundversuche sind im Folgenden fett markiert.

Inhaltsfeld 2: Relativitätstheorie

		Inhalte, Kontexte und Kompetenzen lt. KLP NRW G8				
Seite	Inhalte der Metzler Physik (4. Auflage)	Inhaltliche Schwerpunkte und Kontexte	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
350/351	<p>9.1 Die Relativitätspostulate</p> <p><i>Exkurs:</i> Das Michelson-Experiment - Abschied von der Äthervorstellung</p> <p><i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Konstanz der Lichtgeschwindigkeit • <i>Kontext:</i> Satellitennavigation 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS begründen mit dem Ausgang des Michelson-Morley-Experiments die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit (UF4, E5, E6) • SuS erläutern die Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als Ausgangspunkt für die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie (UF1) <p>[Anm.: Zur Messung der Lichtgeschwindigkeit siehe auch S. 300/301]</p>			
352/353	<p>9.2 Relativistische Kinematik</p> <p>9.2.1 Die relative Gleichzeitigkeit</p> <p><i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Problem der Gleichzeitigkeit • <i>Kontext:</i> Gedankenexperimente 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern das Problem der relativen Gleichzeitigkeit mit in zwei verschiedenen Inertialsystemen jeweils synchronisierten Uhren (UF2) 			<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds (B4)
354/355	<p>9.2.2 Die Zeitdilatation</p> <p><i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Zeitdilatation 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern das Problem der relativen Gleichzeitigkeit mit in zwei verschiedenen Inertialsystemen jeweils synchronisierten Uhren (UF2) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS leiten mithilfe der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und des Modells Lichtuhr quantitativ die Formel für die Zeitdilatation her (E5) • SuS reflektieren die 		

				Nützlichkeit des Modells Lichtuhr hinsichtlich der Herleitung des relativistischen Faktors (E7)		
356	9.2.3 Myonen im Speicherring <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Struktur der Materie	<ul style="list-style-type: none"> • Zeitdilatation und Längenkontraktion • <i>Kontext:</i> Höhenstrahlung 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die relativistischen Phänomene Zeitdilatation und Längenkontraktion anhand des Nachweises von in der oberen Erdatmosphäre entstehenden Myonen (Myonenzerfall) (UF1) 			<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds (B4)
357	<i>Exkurs:</i> Das Hafele-Keating-Experiment	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Kontext:</i> Satellitenavigation 				
358	9.2.4 Die Längenkontraktion	<ul style="list-style-type: none"> • Zeitdilatation und Längenkontraktion • <i>Kontext:</i> Höhenstrahlung 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die relativistischen Phänomene Zeitdilatation und Längenkontraktion anhand des Nachweises von in der oberen Erdatmosphäre entstehenden Myonen (Myonenzerfall) (UF1) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS begründen den Ansatz zur Herleitung der Längenkontraktion (E6) 		
359	9.2.5 Raum-Zeit-Diagramme				<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3) 	
360	9.2.6 Minkowski-Diagramme				<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3) 	

362/363	<p>9.2.7 Die Lorentz-Transformation</p> <p><i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Struktur der Materie</p>		<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern den Unterschied zwischen der Galilei-Transformation und der Lorentz-Transformation (UF1,UF2) • SuS erläutern mithilfe der Lorentz-Transformation die Relativität der Gleichzeitigkeit (E1,E5,UF1) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS leiten mithilfe der Lorentz-Transformation die Formel für die Zeitdilatation her (E5) • SuS leiten mithilfe der Lorentz-Transformation die Formel für die Längenkontraktion her (E5) • SuS leiten mithilfe der Lorentz-Transformation die Formel für die relativistische Geschwindigkeitsaddition her (E5) 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds (B4)
363	<p>9.2.8 Addition der Geschwindigkeiten</p>		<ul style="list-style-type: none"> • SuS begründen mit der Lichtgeschwindigkeit als Obergrenze für Geschwindigkeiten von Objekten Auswirkungen auf die additive Überlagerung von Geschwindigkeiten (UF2) 			<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds (B4)
364	<p>9.2.9 Der optische Doppler-Effekt</p> <p><i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung</p> <p>[Anm.: siehe auch Seiten 128/129 u. 544]</p>		<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Entstehung des optischen Doppler-Effekts als Folge der Zeitmessung in gegeneinander bewegten Bezugssystemen (UF1) 			
365	<p><i>Exkurs:</i> Die Raum-Zeit</p>		<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern in einem Minkowski-Diagramm die Invarianz einer Weltlinie (UF1) 			

366/367	<p>9.3 Relativistische Dynamik 9.3.1 Die Gesetze der Dynamik - hergeleitet aus Postulaten</p> <p><i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Struktur der Materie Energie</p>	<ul style="list-style-type: none"> Energie-Masse-Beziehung 	<ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern die Energie-Masse-Beziehung(UF1) SuS berechnen die relativistische Energie von Teilchen mithilfe der Masse-Energie-Beziehung(UF2) 		<ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern auf der Grundlage historischer Dokumente ein Experiment (Bertozzi-Versuch [Anm.: nicht im Lehrbuch enthalten]) zum Nachweis der relativistischen Massenzunahme (K2,K3) [Anm.: Die Versuche zur e/m-Bestimmung, das Zyklotron oder der Wien-Filter (BUCHERER 1908, Seite 238/239) eignen sich ebenso als experimenteller Nachweis der relativistischen Massenzunahme)] 	<ul style="list-style-type: none"> SuS bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds (B4)
368/369	<p>9.3.2 Die Gesetze der Dynamik - hergeleitet aus der Kinematik</p>	<ul style="list-style-type: none"> Energie-Masse-Beziehung Relativistische Massenzunahme <i>Kontext:</i> Gedankenexperimente 	<ul style="list-style-type: none"> SuS berechnen die relativistische kinetische Energie von Teilchen mithilfe der Energie-Masse-Beziehung (UF2), 			
370	<p>9.3.3 Die Impuls-Energie</p> <p><i>Basiskonzepte:</i> Energie</p>	<ul style="list-style-type: none"> Relativistische Massenzunahme Energie-Masse-Beziehung 	<ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern die Energie-Masse-Beziehung(UF1) 			
371 - 373	<p><i>Exkurs:</i> Die allgemeine Relativitätstheorie</p> <p><i>Basiskonzepte:</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> Der Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung 	<ul style="list-style-type: none"> SuS beschreiben qualitativ den Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung (UF4) SuS beschreiben quantitativ 	<ul style="list-style-type: none"> 	<ul style="list-style-type: none"> SuS veranschaulichen mithilfe eines einfachen gegenständlichen Modells den durch Einwirkung von 	<ul style="list-style-type: none"> SuS bewerten Auswirkungen der Relativitätstheorie auf die Veränderung des physikalischen Weltbilds (B4)

	Wechselwirkung Energie		den Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung (UF4)		<p>massebehafteten Körpern hervorgerufenen Einfluss der Gravitation auf die Zeitmessung sowie die „Krümmung de Raums“ (K3)</p> <ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben Konsequenzen der relativistischen Einflüsse auf Raum und Zeit anhand anschaulicher und einfacher Abbildungen (K3) • SuS referieren über das Experiment „Lichtablenkung im Rahmen einer Sonnenfinsternis“ aus dem Jahre 1919, über „Schwarze Löcher/Schwarzschild-Radius“, über „Zwillingsparadoxon“, über „Gravitationswellen“ (K1,K3) 	
--	---------------------------	--	-----------------------------------------------------------	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Inhaltsfeld 3: Elektrik

		Inhalte, Kontexte und Kompetenzen lt. KLP NRW G8 (fett gedruckt: 27 verbindliche Grundversuche für den Leistungskurs)				
Seite	Inhalte der Metzler Physik (4. Auflage)	Inhaltliche Schwerpunkte und Kontexte	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
186/187	5.1 Das elektrische Feld 5.1.1 Elektrische Ladungen <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung	<ul style="list-style-type: none"> Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder 	<ul style="list-style-type: none"> SuS erklären elektrostatische Phänomene und Influenz mithilfe grundlegender Eigenschaften elektrischer Ladungen (Elektrostatik, Influenz) (UF2, E6) 			
188/189	5.1.2 Messung elektrischer Ladungen <i>Exkurs:</i> Die gesetzliche Ampere-Definition					<ul style="list-style-type: none"> SuS treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1)
190	5.1.3 Die elektrische Feldstärke <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung	<ul style="list-style-type: none"> Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder 	<ul style="list-style-type: none"> SuS definieren die elektrische Feldstärke analog zur Gravitationsfeldstärke (UF1) 			<ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Raum und Zeit) (B1,B4)
191	<i>Exkurs:</i> Die Entstehung von Gewittern					

192/193	<p>5.1.4 Radialsymmetrische Felder</p> <p><i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung</p>		<ul style="list-style-type: none"> • SuS wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus (Coulomb-Gesetz) (UF2) 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS erstellen bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrizität aus (K1, K3, UF3) 	
194	<p>5.1.5 Messung elektrischer Felder Exkurs: Der Laserdrucker</p> <p><i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder • <i>Kontext:</i> Elektromagnetische Phänomene in elektrotechnischen Geräten 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Funktionsweise physikalischer und technischer Geräte (UF4) 			
195	<p>5.1.6 Das Coulomb'sche Gesetz</p> <p><i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung</p>		<ul style="list-style-type: none"> • SuS wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze problembezogen aus [Coulomb-Gesetz] (UF2) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Strukturgleichheit der Formel für die Coulomb-Kraft und der Gravitationskraft sowie deren Kräfteverhältnis für das Beispiel Elektron-Elektron (UF4) 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1) [Anm.: Für Coulomb-Feld bieten sich beide Möglichkeiten an] • SuS bewerten das Kräfteverhältnis der Coulombkraft und der Gravitationskraft für das Beispiel Elektron-Elektron (UF4, E1)
196/197	<p>5.1.7 Darstellung elektrischer Felder</p>		<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen 	

			elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6)		Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4) • SuS beschreiben Feldlinienbilder von elektrischen Feldern, generieren diese mithilfe von Simulationssoftware (E,K1,K4)	
198/199	5.2 Energie im elektrischen Feld 5.2.1 Potential und Spannung im homogenen elektrischen Feld <i>Basiskonzepte:</i> Energie Wechselwirkung	<ul style="list-style-type: none"> Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder 	<ul style="list-style-type: none"> SuS wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze ([...] Spannung im homogenen Feld)problembezogen aus (UF2) 	<ul style="list-style-type: none"> SuS leiten physikalische Gesetze (Beziehung zwischen Spannung und Feldstärke) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF1) 		<ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Raum und Zeit) (B1,B4) SuS entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1)
200/201	5.2.2 Potential im radialsymmetrischen Feld	<ul style="list-style-type: none"> Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder 	<ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern den Gedankengang zur Bildung des Potentialbegriffs (UF3) 			
202/203	5.2.3 Das elektrische Feld als	<ul style="list-style-type: none"> Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder 	<ul style="list-style-type: none"> SuS beschreiben Eigenschaften und Wirkungen 	<ul style="list-style-type: none"> SuS beschreiben qualitativ und quantitativ bei vorge- 		

	<p>Energiespeicher</p> <p><i>Basiskonzepte:</i> Energie Wechselwirkung</p>	<p>scher Ladungen und ihrer Felder</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Kontext:</i> Elektromagnetische Phänomene in elektrotechnischen Geräten 	<p>homogener elektrischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der entsprechenden Feldstärken [Kondensator] (UF1,UF2)</p> <ul style="list-style-type: none"> • SuS ermitteln die in elektrischen bzw. magnetischen Feldern gespeicherte Energie (Kondensator) (UF2) • SuS wählen begründet mathematische Werkzeuge zur Darstellung und Auswertung von Bereichen der Elektrik wenden diese an und bewerten die Güte der Messergebnisse (B5, E4) 	<p>gebenen Lösungsansätzen, Ladungs- und Entladungsvorgänge in Kondensatoren (E4, E5, E6) [<i>Anm.:</i> siehe auch Seite 224!]</p>		
204/205	<p>5.3 Bewegung elektrischer Ladungen im elektrischen Feld</p> <p>5.3.1 Die Elementarladung</p> <p><i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder • Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen Feldern • <i>Kontext:</i> Untersuchung von Elektronen 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahles in einer Elektronenstrahlröhre (UF1, K3) • SuS erläutern den Aufbau und die Durchführung des Millikan-Versuchs (UF1,UF2) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern, dass Ladungen nur ganzzahlige Vielfach der Elementarladung e sein können (E1;E4,E5) 		
206 - 209	<p>5.3.2 Elektrische Leitungsvorgänge und das Ohm'sche Gesetz</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Kontext:</i> Elektromagnetische Phänomene in elektrotechnischen Geräten 				

210 - 212	5.3.3 Elektrische Spannungsquellen Exkurs: Die Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzelle	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Kontext:</i> Elektromagnetische Phänomene in elektrotechnischen Geräten 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Grundbedingungen für das Vorhandensein einer elektrischen Spannung (UF1) 			
213	Exkurs: Reizleitung in Nervenzellen		<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die elektrochemischen Vorgänge der Reizleitung (UF4) 			
214/215	5.3.4 Austritt von Elektronen aus Leiteroberflächen Exkurs: Das Feldemissionsmikroskop		<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben qualitativ die Erzeugung eines Elektronenstrahles [...] (UF1, K3) 			
216/217	5.3.5 Bewegte Elektronen in elektrischen Feldern Exkurs: Das Oszilloskop		<ul style="list-style-type: none"> • SuS ermitteln die Geschwindigkeitsänderung eines Ladungsträgers nach Durchlaufen einer Spannung (auch relativistisch) (UF2, UF4, B1) 			
230/231	6.1 Kräfte im Magnetfeld 6.1.1 Magnetfelder Exkurs: Erdmagnetismus		<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern den Feldbegriff und zeigen dabei Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Gravitationsfeld, elektrischem und magnetischem Feld auf (UF3, E6) 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1)
232/233	6.1.2 Die magnetische Feldstärke <i>Basiskonzepte:</i>		<ul style="list-style-type: none"> • SuS wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS erstellen bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen

	Wechselwirkung		<p>problembezogen aus (Definition von B mit Stromwaage im homogenen Feld) (UF2)</p> <ul style="list-style-type: none"> SuS beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der entsprechenden Feldstärken (UF2, UF1) 		Bereich der Elektrizität aus (K1, K3, UF3)	<p>(elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Raum und Zeit) (B1, B4)</p> <ul style="list-style-type: none"> SuS treffen im Bereich Elektrizität Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1) SuS erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Raum und Zeit) (B1, B4)
234/235	<p>6.1.3 Lorentz-Kraft</p> <p><i>Exkurs:</i> Die Fernsehöhre</p> <p><i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung</p>	<ul style="list-style-type: none"> Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern <i>Kontext:</i> Elektromagnetische Phänomene 	<ul style="list-style-type: none"> SuS beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener elektrischer und magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der entsprechenden Feldstärken (UF2, UF1) SuS bestimmen die relative Orientierung von Bewegungsrichtung eines 	<ul style="list-style-type: none"> SuS leiten physikalische Gesetze (Term für die Lorentz-Kraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF1) 	<ul style="list-style-type: none"> SuS erstellen bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrizität aus (K1, K3, UF3) 	<ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Raum und Zeit) (B1, B4)

		in elektro-technischen Geräten	Ladungsträgers, Magnetfeldrichtung und resultierender Kraftwirkung mithilfe einer Drei-Finger-Regel (UF2, E6),			
236/237	6.1.4 Der Hall-Effekt <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung	<ul style="list-style-type: none"> • Bewegung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben und bestimmen das Magnetfeld eines Helmholtz-Spulenpaares (UF1,UF2) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetische Feldern, sowie gekreuzten Feldern (Hall-Effekt) (E1-4, UF1, UF4) 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1) • SuS treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1)
238/239	6.1.5 Die Masse geladener Teilchen <i>Exkurs:</i> Massenspektrografie <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Struktur der Materie		<ul style="list-style-type: none"> • SuS wählen Definitionsgleichungen zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze [...] problembezogen aus (UF2) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS schließen aus spezifischen Bahnkurvendaten beim Massenspektrometer auf wirkende Kräfte sowie Eigenschaften von Feldern und bewegten Ladungsträgern (E5, UF2) • SuS beschreiben qualitativ und quantitativ die Bewegung von Ladungsträgern in homogenen elektrischen und magnetischen Feldern sowie in gekreuzten Feldern (Wien-Filter) (E1, E2, E3, E4, E5, UF1, UF4) 		
240	6.1.6 Das Zyklotron		<ul style="list-style-type: none"> • SuS wählen Definitionsgleichungen 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern den Einfluss der relativistischen Massen- 		

	<p><i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Energie Struktur der Materie</p>		<p>zusammengesetzter physikalischer Größen sowie physikalische Gesetze [...] problembezogen aus (UF2)</p>	<p>zunahmen auf die Bewegung geladener Teilchen im Zyklotron (E6, UF4)</p>		
241 - 245	<p><i>Exkurse:</i> Teilchenbeschleuniger, Elektronenmikroskopie. Polarlicht und Van-Allen'scher Strahlungsgürtel</p>		<ul style="list-style-type: none"> SuS referieren über den Einsatz physikalischer Phänomene und Anordnungen und in technischen Geräten und zeigen wie mithilfe physikalischer Phänomene Naturerscheinungen zu erklären sind (UF4) 			
246/247	<p>6.2 Magnetfelder von Strömen 6.2.1 Magnetfeld von Leiter und Spule</p>	<ul style="list-style-type: none"> Eigenschaften elektrischer Ladungen und ihrer Felder 	<ul style="list-style-type: none"> SuS beschreiben Eigenschaften und Wirkungen homogener magnetischer Felder und erläutern die Definitionsgleichungen der entsprechenden Feldstärken (Magnetfeld einer Spule, Definition von B für eine Spule) (UF1,UF2) 	<ul style="list-style-type: none"> SuS nutzen eine Hall-Sonde zur Bestimmung der mag. Feldstärke B in einer Spule(UF4, E4) 	<ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern und veranschaulichen die Aussagen, Idealisierungen und Grenzen von Feldlinienmodellen, nutzen Feldlinienmodelle zur Veranschaulichung typischer Felder und interpretieren Feldlinienbilder (K3, E6, B4), SuS erstellen bei Variation mehrerer Parameter, Tabellen und Diagramme zur Darstellung von Messwerten aus dem Bereich der Elektrik aus (K1, K3, UF3) 	<ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Raum und Zeit) (B1,B4) SuS treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1)
248/249	<p>6.2.2 Das Durchflutungsgesetz</p>		<ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern den Gedankengang, der vom Zusammenhang zwischen Stromstärke und magnetischer Feldstärke zu einer 			

			allgemeinen Formulierung führt (UF1)			
250/251	6.2.3 Ferromagnetismus <i>Exkurs:</i> Ferromagnetische Domänen (Weiß'sche Bezirke)		<ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern die Aussage einer Hysteresekurve und erklären deren Verlauf mithilfe von Festkörpereigenschaften (UF1) 			
252/253	6.3 Elektromagnetische Induktion 6.3.1 Induktionsversuche <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Energie	<ul style="list-style-type: none"> Elektromagnetische Induktion 	<ul style="list-style-type: none"> SuS bestimmen die Richtungen von Induktionsströmen mithilfe der Lenz'schen Regel (UF2, UF4, E6) 	<ul style="list-style-type: none"> SuS begründen die Lenz'sche Regel mithilfe des Energie- und Wechselwirkungskonzepts (E6,K4) 	<ul style="list-style-type: none"> SuS informieren sich über Wirbelströme und deren Einsatz in der Verkehrstechnik(E1,E6) 	
254 - 257	6.3.2 Das Induktionsgesetz <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung	<ul style="list-style-type: none"> Elektromagnetische Induktion 	<ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern den magnetischen Fluss und die induzierte Spannung als zeitliche Änderung des magnetischen Flusses.(UF4) 	<ul style="list-style-type: none"> SuS führen das Auftreten einer Induktionsspannung auf die zeitliche Änderung der von einem Leiter überstrichenen gerichteten Fläche in einem Magnetfeld zurück(u.a. bei der Erzeugung einer Wechselspannung) (E6) SuS identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße <i>B</i> in Anwendungs- und Alltagssituationen (E1, E6, UF1) SuS planen und realisieren Experimente zum Nachweis von Teilaussagen des Induktionsgesetzes (E2, 		<ul style="list-style-type: none"> SuS entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrizität, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1) SuS erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Raum und Zeit) (B1,B4) SuS treffen im Bereich

				E4, E5)		Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1)
258/259	6.3.3 Kräfte als Ursache der Induktion <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung	<ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetische Induktion 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erklären die Entstehung einer Induktionsspannung bei einem bewegten Leiter in einem homogenen Feld mithilfe der Lorentzkraft (UF1) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS leiten physikalische Gesetze (u. a. die im homogenen elektrischen Feld gültige Beziehung zwischen Spannung und Feldstärke und den Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2) 		
260/261	6.3.4 Die Selbstinduktion <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Energie	<ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetische Induktion 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS definieren die Induktivität L einer Spule (UF2) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS identifizieren Induktionsvorgänge aufgrund der zeitlichen Änderung der magnetischen Feldgröße B in Anwendungs- und Alltagssituationen (E1, E6, UF1) • SuS planen und realisieren Experimente zum Nachweis von Teilaussagen des Induktionsgesetzes (E2, E4, E5) • SuS ermitteln mithilfe der Differentialgleichung für den LR-Kreis die Funktionen zum Einschalt-/Ausschaltvorgang in Abhängigkeit von R und L (UF4, E1) 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik, ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1) • SuS treffen im Bereich Elektrik Entscheidungen für die Auswahl von Messgeräten (Empfindlichkeit, Genauigkeit, Auflösung und Messrate) im Hinblick auf eine vorgegebene Problemstellung (B1)
262/263	6.3.5 Energie des Magnetfelds	<ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften elek- 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS ermitteln die in magnetischen Feldern 			<ul style="list-style-type: none"> • SuS entscheiden für Problemstellungen aus der Elektrik,

	<p><i>Exkurs:</i> Magnetisch gespeicherte Information</p> <p><i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Energie</p>	<p>trischer Ladungen und ihrer Felder</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Kontext:</i> Elektromagnetische Phänomene in elektrotechnischen Geräten 	<p>gespeicherte Energie (Spule) (UF2)</p>			<p>ob ein deduktives oder ein experimentelles Vorgehen sinnvoller ist (B4, UF2, E1)</p>
264/265	<p>6.3.6 Die Maxwell'schen Gleichungen</p>			<ul style="list-style-type: none"> • leiten physikalische Gesetze (u. a. die im homogenen elektrischen Feld gültige Beziehung zwischen Spannung und Feldstärke und den Term für die Lorentzkraft) aus geeigneten Definitionen und bekannten Gesetzen deduktiv her (E6, UF2), 		
266/267	<p>6.3.7 Ausbreitung von Feldern</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetische Schwingungen und Wellen • <i>Kontext:</i> Drahtlose Nachrichtenübermittlung 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei B- bzw. E-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (UF1, UF4, E6) 			
286 - 289	<p>7.2 Elektrische Schwingungen und elektromagnetische Wellen</p> <p>7.2.1 Der elektrische Schwingkreis</p> <p>7.2.2 Elektrische</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetische Schwingungen und Wellen 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern qualitativ die bei einer ungedämpften elektromagnetischen Schwingung in der Spule und im Kondensator ablaufenden physikalischen Prozesse (UF1, UF2) • SuS beschreiben den 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die die Erzeugung elektromagnetische Schwingungen, erstellen aussagekräftige Diagramme und werten diese aus (E2, E4, E5, B1). • SuS ermitteln mithilfe der 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS vergleichen mechanischen und elektromagnetischen Schwingkreis (UF1,UF4) [Anm.: zu 7.2.1] 	

	Schwingungen <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Energie		Schwingvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energiewandlungsprozess und benennen wichtige Ursachen für die Dämpfung (ZF1, UF2, E5)	Differentialgleichung für den ungedämpften Schwingkreis die Formel für die Schwingungsdauer (Thomson-Gleichung) (UF4,E1) [Anm.: zu 7.2.1]		
290/291	7.2.3 Ungedämpfte Schwingungen <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Energie		<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben den Schwingungsvorgang im RLC-Kreis qualitativ als Energiewandlungsprozess und benennen wichtige Ursachen für die Dämpfung (ZF1, UF2, E5) 			
292 - 295	7.2.4 Elektromagnetische Wellen <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Energie	<ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetische Schwingungen und Wellen 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben den Hertz'schen Dipol als einen (offenen) Schwingkreis (UF1, UF2, E6) • SuS erläutern qualitativ die Entstehung eines elektrischen bzw. magnetischen Wirbelfelds bei <i>B</i>- bzw. <i>E</i>-Feldänderung und die Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle (UF1, UF4, E6) • Erläutern qualitativ die Ausbreitung harmonischer Wellen als räumlich und zeitlich periodischen Vorgang (UF1, E6) [Anm.: siehe auch S. 124ff.] 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern anhand schematischer Darstellungen Grundzüge der Nutzung elektromagnetischer Trägerwellen zur Übertragung von Informationen (K2, K3, E6) 	
296/297	Mikrowellen		<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Eigenschaften elektromagnetischer Wellen (UF1) 			

298/299	Rundfunktechnik <i>Exkurs:</i> Rundfunk und Fernsehen in Deutschland	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Kontext:</i> Drahtlose Nachrichtenübermittlung 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Eigenschaften elektromagnetischer Wellen (UF1) 			
300	7.3 Wellenoptik 7.3.1 Die Lichtgeschwindigkeit <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Energie		<ul style="list-style-type: none"> • SuS erklären das messtechnische Prinzip zur Messung der Lichtgeschwindigkeit (UF1) 			
301	<i>Exkurs:</i> Historische Experimente zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit		<ul style="list-style-type: none"> • SuS erklären, wie Olaf RÖMER auf die Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit schließen konnte (UF1) 			
302/303	7.3.2 Beugung und Interferenz am Doppelspalt	<ul style="list-style-type: none"> • Elektromagnetische Schwingungen und Wellen <p>[Anm.: Zur Wiederholung der Eigenschaften von Wellen siehe auch Seiten 132-137]</p>	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben die Phänomene Reflexion, Beugung, Brechung und Interferenz im Wellenmodell und begründen sie qualitativ mithilfe des Huygens'schen Prinzips (UF1, E6) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben die Interferenz am Doppelspalt und Gitter im Wellenmodell und leiten die entsprechenden Terme für die Lage der jeweiligen Maxima n-ter Ordnung her (UF1, UF2, E6) • SuS ermitteln auf der Grundlage von Brechungs-, Beugungs- und Interferenzerscheinungen (mit Licht und Mikrowellen) die Wellenlängen und die Lichtgeschwindigkeit (E2, E4, E5) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern konstruktive und destruktive Interferenz sowie die entsprechenden Bedingungen mithilfe geeigneter Darstellungen (K3, UF1) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern an Beispielen den Stellenwert experimenteller Verfahren bei der Definition physikalischer Größen (elektrische und magnetische Feldstärke) und geben Kriterien zu deren Beurteilung an (z.B. Genauigkeit, Reproduzierbarkeit, Unabhängigkeit von Raum und Zeit) (B1, B4)
304/305	7.3.3 Beugung und Interferenz am Gitter					

Inhaltsfeld 4: Quantenphysik

		Inhalte, Kontexte und Kompetenzen lt. KLP NRW G8				
Seite	Inhalte der Metzler Physik (4. Auflage)	Inhaltliche Schwerpunkte und <i>Kontexte</i>	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
376/377	<p>10.1 Die Quantelung der Strahlung 10.1.1 Der lichtelektrische Effekt</p> <p><i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Energie Struktur der Materie</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Licht und Elektronen als Quantenobjekte • <i>Kontext:</i> Von klassischen Vorstellungen zur Quantenphysik • <i>Kontext:</i> Die Quantenphysik verändert das Weltbild 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die qualitativen Vorhersagen der klassischen Elektrodynamik zur Energie von Photoelektronen (bezogen auf die Frequenz und Intensität des Lichts) (UF2,E3) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern den Widerspruch der experimentellen Befunde zum Photoeffekt zur klassischen Physik und nutzen zur Erklärung die Einsteinsche Lichthypothese(E1,E6) • SuS legen am Beispiel des Photoeffekts und seiner Deutung dar, dass neue physikalische Experimente und Phänomene zur Veränderung des physikalischen Weltbilds bzw. der Erweiterung oder Neubegründung physikalischer Theorien und Modelle führen können (E7) 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten den Einfluss der Quantenmechanik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbilds und auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis (B4, E7)
378/379	<p>10.1.2 Das Planck'sche Wirkungsquantum</p> <p><i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Energie Struktur der Materie</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Licht und Elektronen als Quantenobjekte • <i>Kontext:</i> Von klassischen Vorstellungen zur Quantenphysik 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS stellen anhand geeigneter Phänomene dar, wann Licht durch ein Wellenmodell bzw. ein Teilchenmodell beschrieben werden kann (UF1, K3, B1) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS ermitteln aus den experimentellen Daten eines Versuchs zum Photoeffekt das Planck'sche Wirkungsquantum (E5,E6) • SuS erläutern die Bedeutung der Austrittsarbeit und der 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur <i>h</i>-Bestimmung und zur Elektronenbeugung)(K2, K3) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten den Einfluss der Quantenmechanik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbilds und auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis (B4, E7)

				<p>Grenzfrequenz (E4)</p> <ul style="list-style-type: none"> • SuS legen den Paradigmenwechsel, dar, dass einer Frequenz eine Energie zugeordnet wird (E7) 		
380	<p>10.1.3 Die Lichtquantenhypothese</p> <p><i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Energie Struktur der Materie</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Licht und Elektronen als Quantenobjekte • <i>Kontext:</i> Von klassischen Vorstellungen zur Quantenphysik • <i>Kontext:</i> Die Quantenphysik verändert das Weltbild 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS stellen anhand geeigneter Phänomene dar, wann Licht durch ein Wellenmodell bzw. ein Teilchenmodell beschrieben werden kann (UF1, K3, B1) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS legen den Paradigmenwechsel, dar, dass einer Frequenz eine Energie zugeordnet wird (E7) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS diskutieren und begründen das Versagen der klassischen Modelle der Deutung quantenmechanischer Prozesse (K4, E6) • SuS führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten den Einfluss der Quantenmechanik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbilds und auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis (B4, E7)
381	<p>10.1.4 Umkehrung des lichtelektrischen Effekts mit Leuchtdioden</p> <p><i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Energie Struktur der Materie</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Licht und Elektronen als Quantenobjekte • <i>Kontext:</i> Von klassischen Vorstellungen zur Quantenphysik 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die <i>h</i>-Bestimmung mithilfe von Leuchtdioden (UF1, UF2) 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur <i>h</i>-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K3, K2) 	
382/383	<p>10.1.5 Die kurzwellige Grenze der Röntgenstrahlung</p> <p><i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Energie Struktur der Materie</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Licht und Elektronen als Quantenobjekte 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben den Aufbau einer Röntgenröhre (UF1), • SuS erklären die Entstehung von Bremspektrum und des charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung (UF1) [Anm.: Inhaltsfeld 5] 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Bragg-Reflexion an einem Einkristall und leiten die Bragg'schen Reflexionsbedingungen her (E6) • SuS deuten die Entstehung der kurzwelligen Röntgenstrahlung als Umkehrung des 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (K2, K3) • SuS diskutieren und begründen das Versagen der klassischen Modelle 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten den Einfluss der Quantenmechanik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbilds auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis (B4, E7)

	[Anm.: siehe auch Seite 334/335 sowie Seite 438/439]			Photoeffekts (E6) <ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern die Grenzfrequenz bei Röntgenstrahlung und deren Berechnung (E1, E4, E5) 	der Deutung quantenmechanischer Prozesse (K4, E6)	
384/385	10.1.6 Der Compton-Effekt <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Energie	<ul style="list-style-type: none"> Licht und Elektronen als Quantenobjekte 	<ul style="list-style-type: none"> SuS beschreiben Impuls und Masse eines Photons (UF 1) 		<ul style="list-style-type: none"> SuS recherchieren zum Compton-Effekt und präsentieren Erkenntnisse des Versuchs (K2, K3) 	
386/387	10.2 Verteilung der Photonen im Raum 10.2.1 Die Photonverteilung hinter dem Doppelspalt <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Struktur der Materie	<ul style="list-style-type: none"> Welle-Teilchen-Dualismus und Wahrscheinlichkeitsinterpretation <i>Kontext:</i> Von klassischen Vorstellungen zur Quantenphysik <i>Kontext:</i> Die Quantenphysik verändert das Weltbild 	<ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern den Begriff des Quantenobjekts am Beispiel des Photons (UF1,UF3) SuS erläutern bei Quantenobjekten das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität (UF1, E3) 		<ul style="list-style-type: none"> SuS diskutieren und begründen das Versagen der klassischen Modelle der Deutung quantenmechanischer Prozesse (K4, E6) 	<ul style="list-style-type: none"> SuS diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (E7)
388	10.2.2 Photonverteilung bei geringer Intensität <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Struktur der Materie	<ul style="list-style-type: none"> Licht und Elektronen als Quantenobjekte Welle-Teilchen-Dualismus und Wahr- 	<ul style="list-style-type: none"> SuS erläutern den Begriff des Quantenobjekts am Beispiel des Photons (UF1,UF3) 			<ul style="list-style-type: none"> SuS diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und

		scheinlichkeitsinterpretation				Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (E7)
389	10.2.3 Simulation der Photonenverteilung <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Struktur der Materie	<ul style="list-style-type: none"> • Licht und Elektronen als Quantenobjekte • Welle-Teilchen-Dualismus und Wahrscheinlichkeitsinterpretation 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Bedeutung von Gedankenexperimenten und Simulationsprogrammen zur Erkenntnisgewinnung bei der Untersuchung von Quantenobjekten (E6,E7) 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (E7)
390/391	10.3 Welleneigenschaften der Elektronen 10.3.1 De-Broglie-Wellen <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Struktur der Materie Energie	<ul style="list-style-type: none"> • Licht und Elektronen als Quantenobjekte 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erklären die de Broglie-Hypothese am Beispiel von Elektronen (UF1) • SuS erläutern bei Quantenobjekten das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität (UF1, E3) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von Elektronen (E1,E5,E6) • SuS interpretieren die de Broglie-Gleichung als Zusammenführung von Größen aus unterschiedlichen Modellvorstellungen der Physik (Welle, Teilchen) (E1, E5,E6) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (u.a. zur h-Bestimmung und zur Elektronenbeugung) (K2,K3) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (E7)
392/393	10.3.2 Das Elektron - kein klassisches Teilchen <i>Exkurs:</i> Interferenzen von Neutronen	<ul style="list-style-type: none"> • Licht und Elektronen als Quantenobjekte • <i>Kontext:</i> Von 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern bei Quantenobjekten das Auftreten oder Verschwinden eines Interferenzmusters mit dem Begriff der Komplementarität (UF1, E3) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS interpretieren experimentelle Beobachtungen an der Elektronenbeugungsröhre mit den Welleneigenschaften von 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS diskutieren und begründen das Versagen der klassischen Modelle der Deutung quantenmechanischer Prozesse (K4, E6) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten den Einfluss der Quantenmechanik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbilds und auf

	<i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung	klassischen Vorstellungen zur Quantenphysik		Elektronen (E1,E5,E6)		Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis (B4, E7)
394/395	<i>Exkurs:</i> Grenzgänger: Welleneigenschaften großer Moleküle	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Kontext:</i> Die Welt kleinster Dimensionen: Mikroobjekte und Quantentheorie 			<ul style="list-style-type: none"> • SuS führen Recherchen zu komplexen Fragestellungen der Quantenphysik (Fullerene) durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3) 	
396/397	10.4 Quantenphysik und klassische Physik 10.4.1 Das Unschärfeprinzip <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Struktur der Materie	<ul style="list-style-type: none"> • Quantenphysik und klassische Physik • <i>Kontext:</i> Von klassischen Vorstellungen zur Quantenphysik • <i>Kontext:</i> Die Quantenphysik verändert das Weltbild 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Aussagen und die Konsequenzen der Heisenberg'schen Unschärferelation (Ort-Impuls, Energie-Zeit) an Beispielen (UF1, K3) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Bedeutung von Gedankenexperimenten und Simulationsprogrammen zur Erkenntnisgewinnung bei der Untersuchung von Quantenobjekten (E6,E7) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS diskutieren und begründen das Versagen der klassischen Modelle der Deutung quantenmechanischer Prozesse (K4, E6) • SuS führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten den Einfluss der Quantenmechanik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbilds auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis (B4, E7) • SuS diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (E7)
398/399	10.4.2 Messung der Unschärfe bei Photonen <i>Exkurs:</i> Der Welle-Teilchen-Dualismus	<ul style="list-style-type: none"> • Quantenphysik und klassische Physik • Licht und Elektronen 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Aussagen und die Konsequenzen der Heisenberg'schen Unschärferelation (Ort-Impuls, Energie-Zeit) an Beispielen (UF1, K3) 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben und erläutern Aufbau und Funktionsweise von komplexen Versuchsaufbauten (K2,K3) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten den Einfluss der Quantenmechanik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbilds auf Grundannahmen zur

	<p><i>Basiskonzepte:</i> Struktur der Materie</p>	<p>als Quantenobjekte</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Kontext:</i> Die Quantenphysik verändert das Weltbild 				<p>physikalischen Erkenntnis (B4, E7)</p>
400	<p>10.4.3 Die Wellenfunktion</p> <p><i>Basiskonzepte:</i> Struktur der Materie</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Welle-Teilchen-Dualismus und Wahrscheinlichkeitsinterpretation 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS deuten das Quadrat der Wellenfunktion qualitativ als Maß für die Aufenthaltswahrscheinlichkeit von Elektronen (UF1, UF4) • SuS erläutern die Aufhebung des Welle-Teilchen-Dualismus durch die Wahrscheinlichkeitsinterpretation (UF1, UF4) 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS diskutieren und begründen das Versagen der klassischen Modelle der Deutung quantenmechanischer Prozesse (K4, E6) • SuS führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten den Einfluss der Quantenmechanik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbilds auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis (B4, E7) • SuS diskutieren das Auftreten eines Paradigmenwechsels in der Physik am Beispiel der quantenmechanischen Beschreibung von Licht und Elektronen im Vergleich zur Beschreibung mit klassischen Modellen (E7)
404/405	<p><i>Exkurs:</i> Interpretationsprobleme der Quantenphysik</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Die Quantenphysik verändert das Weltbild 			<ul style="list-style-type: none"> • Sus führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten den Einfluss der Quantenphysik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbildes und auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis (B4, E7).
<p>[Anm.: Linearer Potentialtopf siehe Seite 420-423, in diesem Dokument auf Seite 28]</p>						

Inhaltsfeld 5: Atom-, Kern- und Elementarteilchenphysik

Inhalte, Kontexte und Kompetenzen lt. KLP NRW G8						
Seite	Inhalte der Metzler Physik (4. Auflage)	Inhaltliche Schwerpunkte und <i>Kontexte</i>	Fachwissen	Erkenntnisgewinnung	Kommunikation	Bewertung
406 - 408	11.1 Energieaustausch mit Atomen 11.1.1 Die quantenhafte Absorption <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Struktur der Materie	<ul style="list-style-type: none"> • Atomaufbau 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS stellen die Bedeutung des Franck-Hertz-Versuchs und der Experimente zu Linienpektren in Bezug auf die historische Bedeutung des Bohr'schen Atommodells dar (E7) • SuS erklären Linienpektren in Emission und Absorption sowie den Franck-Hertz-Versuch mit der Energiequantelung in der Atomhülle (E5) 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten an ausgewählten Beispielen Rolle und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1)
409	11.1.2 Die quantenhafte Emission <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Struktur der Materie	<ul style="list-style-type: none"> • Atomaufbau • <i>Kontext:</i> Lichtquellen und ihr Licht 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern, dass die Analyse von Linienpektren zur Balmer-Formel führen (UF1, UF4) • SuS erklären Linienpektren in Emission und Absorption sowie den Franck-Hertz-Versuch mit der Energiequantelung in der Atomhülle (E5) 		
410	11.1.3 Die Resonanzabsorption <i>Basiskonzepte:</i>		<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern Versuchsaufbau und Versuchsergebnis zur Umkehr der Natriumlinie (UF1,UF3) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erklären Linienpektren in Emission und Absorption sowie den Franck-Hertz-Versuch mit der Energiequantelung in 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben Fraunhofer-Linien als Beispiel von Resonanzabsorption (K1, K3,K4) 	

	Wechselwirkung Struktur der Materie [Anm.: siehe auch Seite 332]			der Atomhülle (E5)		
411	11.2 Die Entwicklung der Atommodelle 11.2.1 Erforschung des Atoms mit Streuversuchen <i>Basiskonzepte:</i> Struktur der Materie	<ul style="list-style-type: none"> • Atomaufbau • <i>Kontext:</i> Geschichte der Atommodelle 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS geben wesentliche Schritte in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell wieder (u.a. Rutherford Streuversuch) (UF1) <p>[Anm.: siehe Seite 156 für den Ölfleckversuch: „SuS erläutern Durchführung und Ergebnis vom Ölfleckversuch (UF1, UF3)“]</p>			<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten an ausgewählten Beispielen Rolle und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1)
412	11.2.2 Der Rutherford'sche Streuversuch <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Struktur der Materie	<ul style="list-style-type: none"> • Atomaufbau • <i>Kontext:</i> Geschichte der Atommodelle 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS geben wesentliche Schritte in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell wieder (u.a. Rutherford Streuversuch) (UF1) 			<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten an ausgewählten Beispielen Rolle und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1)
413	11.2.3 Das Atommodell von RUTHERFORD <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Struktur der Materie	<ul style="list-style-type: none"> • Atomaufbau • <i>Kontext:</i> Geschichte der Atommodelle 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS geben wesentliche Schritte in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell wieder (u.a. Rutherford Streuversuch) (UF1) 			<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten an ausgewählten Beispielen Rolle und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1)
414 - 417	11.2.4 Das Bohr'sche Atommodell 11.2.5 Die Spektralserien des Wasserstoffatoms	<ul style="list-style-type: none"> • Atomaufbau • <i>Kontext:</i> Geschichte der Atommodelle 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS geben wesentliche Schritte in der historischen Entwicklung der Atommodelle bis hin zum Kern-Hülle-Modell wieder (u.a. 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS stellen die Bedeutung des Franck-Hertz-Versuchs und der Experimente zu Linienpektren in Bezug 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS ermitteln nach dem Bohr'schen Atommodell den Atomdurchmesser und vergleichen diesen mit den Ergebnissen 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten an ausgewählten Beispielen Rolle und Beiträge von Physikerinnen und Phy-

	<p><i>Exkurs:</i> Messungen an gebundenen Systemen</p> <p><i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Struktur der Materie</p>		<p>Rutherford Streuversuch) (UF1)</p> <ul style="list-style-type: none"> • SuS formulieren die Bohr'schen Postulate und geben die Balmer-Formel an(,UF1,K4) • SuS leiten die die Balmer-Formel aus dem Bohrschen Atommodell ab(UF2,UF4) 	<p>auf die historische Bedeutung des Bohr'schen Atommodells dar (E7)</p>	<p>vom Ölfleckversuch (K1, K3)</p> <ul style="list-style-type: none"> • SuS ermitteln die Bahngeschwindigkeit auch dem Bohr'schen Atommodell und vergleichen diese mit der Lichtgeschwindigkeit (K1, K4) 	<p>sichern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1)</p> <ul style="list-style-type: none"> • SuS formulieren geeignete Kriterien zur Beurteilung des Bohr'schen Atommodells aus der Perspektive der klassischen Physik und der Quantenmechanik (B1,B4)
418/419	<p>11.2.6 Vom klassischen zum quantenphysikalischen Atommodell</p> <p><i>Basiskonzepte:</i> Struktur der Materie</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Atomaufbau • <i>Kontext:</i> Geschichte der Atommodelle 			<ul style="list-style-type: none"> • SuS geben Grenzen des Bohr'schen Atommodells an (K4) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten an ausgewählten Beispielen Rolle und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1) • SuS formulieren geeignete Kriterien zur Beurteilung des Bohr'schen Atommodells aus der Perspektive der klassischen Physik und der Quantenmechanik (B1,B4)
420 - 423	<p>11.3 Das Atommodell der Quantenphysik</p> <p>11.3.1 Der lineare Potentialtopf</p> <p>11.3.2 Anwendungen des Potentialtopf-</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Atomaufbau • <i>Kontext:</i> Geschichte der Atommodelle 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS ermitteln die Wellenlänge und die Energiewerte von im linearen Potentialtopf gebundenen Elektronen (UF2, E6) [<i>Anm.: Inhaltsfeld 4</i>] 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erkennen, dass sich Energiezustände im linearen Potentialtopf durch den Rückgriff auf stehende Wellen beschreiben lassen im Verbund mit der Born'schen Wahrschein- 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten den Einfluss der Quantenmechanik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbilds auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis

	modells <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Energie Struktur der Materie			lichkeitsinterpretation des Quadrats der Amplitude der ψ -Funktion (E6,E7) • SuS erläutern Farbstoffmoleküle oder chemische Bindungen als Beispiele zum linearen Potentialtopf (E6,E7)		(B4, E7)
424 - 432	11.3.3-11.3.7 Die Schrödinger-Gleichung		• SuS erklären den Gedankengang bei der Anwendung quantenphysikalischer Erkenntnisse auf atomare Systeme (UF1)			
433	11.3.8 Quantenzahlen des Atoms		• SuS geben die Quantenzahlen und deren Bedingungen an und erläutern damit den Aufbau des Periodensystems (UF1)			
434/435	11.3.9 Das Periodensystem der Elemente <i>Basiskonzepte:</i> Struktur der Materie		• SuS benennen Protonen und Neutronen als Kernbausteine, Identifizieren Isotope und erläutern den Aufbau der Nuklidkarte (UF1)			
436/437	Exkurs: Verschränkte Zustände und spukhafte Fernwirkung	• Die Quantenphysik verändert das Weltbild			• Sus führen Recherchen zu komplexeren Fragestellungen der Quantenphysik durch und präsentieren die Ergebnisse (K2, K3)	• SuS bewerten den Einfluss der Quantenmechanik im Hinblick auf Veränderungen des Weltbilds auf Grundannahmen zur physikalischen Erkenntnis (B4, E7)
438/439	11.4 Leistungen der Atommodelle		• SuS erklären die Entstehung von Bremsspektrum und des	• SuS erläutern das Moseley-Gesetz und		

	<p>11.4.1 Die charakterische Röntgenstrahlung und das Moseley'sche Gesetz</p> <p>11.4.2 Absorption von Röntgenstrahlung</p> <p>[Anm.: siehe auch Seite 382/383, Inhaltsfeld 4]</p>		<p>charakteristischen Spektrums der Röntgenstrahlung (UF1)</p>	<p>Absorptionskanten als Folgerung der Analyse der Röntgenstrahlung (E1, E4, E5)</p>		
480/481	<p>13.1 Radioaktivität</p> <p>13.1.1 Die ionisierende Wirkung radioaktiver Strahlung</p> <p><i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ionisierende Strahlung 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS benennen den Nulleffekt als natürliches Phänomen (UF1) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6) [Anm.: siehe auch Exkurse Seite 491 und 494/495] 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten an ausgewählten Beispielen Rolle und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1)
482/483	<p>13.1.2 Strahlungsarten</p> <p>13.1.3 Kernbausteine</p> <p><i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Struktur der Materie</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ionisierende Strahlung 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS unterscheiden α-, β- und γ-Strahlung (UF1, UF4) • SuS nennen Kernbausteine und kennen die Nuklidschreibweise (UF1, K1) • SuS erklären die Ablenkbarkeit von ionisierenden Strahlen in elektrischen und magnetischen Feldern sowie Ionisierungsfähigkeit und Durchdringungsfähigkeit mit ihren Eigenschaften (UF3) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Ablenkung radioaktiver Strahlung im Magnetfeld (UF1, E4, K3) 		

<p>484 - 487</p>	<p>13.1.4 Ordnung der Nuklide 13.1.5 Arten der Kernumwandlung <i>Exkurs:</i> Auf der Suche nach neuen Elementen <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung</p>		<ul style="list-style-type: none"> • SuS identifizieren natürliche Zerfallsreihen sowie künstlich herbeigeführte Kernumwandlungsprozesse mithilfe der Nuklidkarte (UF2) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern Zerfallsreihen vom Anfangsnuklid bis hin zum stabilen Nuklid der Zerfallsreihe (UF1, K3) 		
<p>488/489</p>	<p>13.1.6 Das Zerfallsgesetz <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Struktur der Materie</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Radioaktiver Zerfall • <i>Kontext:</i> Altersbestimmungen 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C14-Methode(UF2) [<i>Anm.:</i> siehe Seite 521] • SuS bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der Uran-Blei-Methode (UF2, E1) [<i>Anm.:</i> siehe Seite 521] 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS leiten das Gesetz für den radioaktiven Zerfall einschließlich eines Terms für die Halbwertszeit her (E6) • SuS entwickeln Experimente zur Bestimmung der Halbwertszeit radioaktiver Substanzen (E4,E5) 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4)
<p>490 - 493</p>	<p>13.2 Wechselwirkung von Strahlung mit Materie 13.2.1 Wechselwirkungsprozesse geladener Teilchen <i>Exkurs:</i> Das Geiger-Müller-Zählrohr 13.2.2 Energieabgabe von γ-Quanten 13.2.3 Energiemessung; Dosimetrie</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ionisierende Strahlung • <i>Kontext:</i> Physik in der Medizin 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern das Absorptionsgesetz für Gamma-Strahlung, auch für verschiedene Energien (UF3) 	<p>SuS benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6) [<i>Anm.:</i> siehe auch <i>Exkurs</i> Seite 494/495]</p>	<ul style="list-style-type: none"> • SuS nutzen Hilfsmittel., um bei radioaktiven Zerfällen den funktionalen Zusammenhang zwischen Zeit und Abnahme der Stoffmenge sowie der Aktivität radioaktiver Substanzen zu ermitteln (K3) • SuS erläutern in allgemein verständlicher Form bedeutsame Größen der Dosimetrie (Aktivität, Energie- und Äquivalenzdosis) auch hinsichtlich der 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4)

	<i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Struktur der Materie Energie				Vorschriften zum Strahlenschutz (K3)	
494/495	<i>Exkurs:</i> Strahlungsdetektoren	<ul style="list-style-type: none"> • Ionisierende Strahlung 		SuS benennen Geiger-Müller-Zählrohr und Halbleiterdetektor als experimentelle Nachweismöglichkeiten für ionisierende Strahlung und unterscheiden diese hinsichtlich ihrer Möglichkeiten zur Messung von Energien (E6) [Anm.: siehe auch <i>Exkurse</i> Seite 491]		
496/497	<i>Exkurs:</i> Biologische Wirkung von Strahlung <i>Exkurs:</i> Strahlenschutz	<ul style="list-style-type: none"> • Ionisierende Strahlung 				<ul style="list-style-type: none"> • SuS beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4)
498/499	13.3 Aufbau und Energie der Kerne 13.3.1 Masse und Massendefekt <i>Basiskonzepte:</i> Struktur der Materie	<ul style="list-style-type: none"> • Atomaufbau 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien (quantitativ) und Kernkräften (qualitativ) (UF4) • SuS berechnen freierwerdende Energie mithilfe des Massendefekts (UF2, UF4) 			<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten den Massendefekt hinsichtlich seiner Bedeutung für die Gewinnung von Energie (B1)
507 - 509	13.4 Nutzung der Kernenergie 13.4.1 Kernreaktionen <i>Basiskonzepte:</i> Energie	<ul style="list-style-type: none"> • Kernspaltung und Kernfusion • <i>Kontext:</i> Energiegewinnung durch nukleare Prozesse 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien (quantitativ) und Kernkräften (qualitativ) (UF4) • SuS berechnen freierwerdende Energie mithilfe des 			<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten den Massendefekt hinsichtlich seiner Bedeutung für die Gewinnung von Energie (B1) • SuS beurteilen die Bedeutung der

			Massendefekts (UF2, UF4)			Beziehung $E=mc^2$ für Erforschung und technische Nutzung von Kernspaltung und Kernfusion (B1, B3)
510/511	13.4.2 Kernspaltung <i>Basiskonzepte:</i> Energie	<ul style="list-style-type: none"> • Kernspaltung und Kernfusion 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien (quantitativ) und Kernkräften (qualitativ) (UF4) 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS recherchieren zur Entwicklung der Atombombe (K2,K3) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beurteilen die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für Erforschung und technische Nutzung von Kernspaltung und Kernfusion (B1, B3)
512/513	13.4.3 Aktivierungsenergie und Multiplikationsfaktor <i>Basiskonzepte:</i> Energie	<ul style="list-style-type: none"> • Kernspaltung und Kernfusion 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Entstehung einer Kettenreaktion als relevantes Merkmal für einen selbstablaufenden Prozess im Nuklearbereich (E6) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS recherchieren zur Entwicklung der Atombombe (K2,K3) 	
514/515	13.4.4 Technische Nutzung der Kernenergie <i>Basiskonzepte:</i> Energie	<ul style="list-style-type: none"> • Kernspaltung und Kernfusion • <i>Kontext:</i> Energiegewinnung durch nukleare Prozesse 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Entstehung einer Kettenreaktion als relevantes Merkmal für einen selbstablaufenden Prozess im Nuklearbereich (E6) 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS beurteilen Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion anhand verschiedener Kriterien (B4)
516	13.4.5 Probleme und Risiken bei der Nutzung der Kernenergie <i>Basiskonzepte:</i> Struktur der Materie	<ul style="list-style-type: none"> • Kernspaltung und Kernfusion • <i>Kontext:</i> Energiegewinnung durch 				<ul style="list-style-type: none"> • SuS hinterfragen Darstellungen in Medien hinsichtlich technischer und sicherheitsrelevanter Aspekte der Energiegewinnung durch Spaltung und

	Wechselwirkung Struktur der Materie Energie	nukleare Prozesse				Fusion (B3, K4) <ul style="list-style-type: none"> SuS beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen Aspekten (B4)
517 - 519	13.4.6 Kernfusion 13.4.7 Technik der Fusion <i>Basiskonzepte:</i> Struktur der Materie Wechselwirkung Struktur der Materie	<ul style="list-style-type: none"> Kernspaltung und Kernfusion <i>Kontext:</i> Energiegewinnung durch nukleare Prozesse 	<ul style="list-style-type: none"> SuS beschreiben Kernspaltung und Kernfusion unter Berücksichtigung von Bindungsenergien (quantitativ) und Kernkräften (qualitativ) (UF4) SuS berechnen freiwerdende Energie mithilfe des Massendefekts (UF2, UF4) 		<ul style="list-style-type: none"> SuS beschreiben den prinzipiellen Aufbau eines Fusionsreaktors (z.B. Tokamak-Anordnung) (K2, K3) 	<ul style="list-style-type: none"> SuS beurteilen Nutzen und Risiken von Kernspaltung und Kernfusion anhand verschiedener Kriterien (B4) SuS beurteilen die Bedeutung der Beziehung $E=mc^2$ für Erforschung und technische Nutzung von Kernspaltung und Kernfusion (B1, B3) [<i>Anm.:</i> Inhaltsfeld 2] SuS hinterfragen Darstellungen in Medien hinsichtlich technischer und sicherheitsrelevanter Aspekte der Energiegewinnung durch Spaltung und Fusion (B3, K4)
520	13.5 Anwendungen der Kernphysik 13.5.1 Radionuklide als Strahlungsquellen	<ul style="list-style-type: none"> Ionisierende Strahlung <i>Kontext:</i> Physik in der Medizin 	<ul style="list-style-type: none"> SuS stellen die physikalischen Grundlagen von Röntgenaufnahmen und Szintigrammen als bildgebende Verfahren dar (UF4) 		<ul style="list-style-type: none"> SuS beschreiben qualitativ die Wirkungen der Bestrahlung mit radioaktiver Strahlung 	<ul style="list-style-type: none"> SuS beurteilen Nutzen und Risiken ionisierender Strahlung unter verschiedenen

	Basiskonzepte: Wechselwirkung				in der Medizin (UF1, K3) <ul style="list-style-type: none"> • SuS recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen der Elementarteilchenphysik (K2) [<i>Beispiel: Medizinische Anwendungen</i>] 	Aspekten (B4)
521	13.5.2 Altersbestimmung	<ul style="list-style-type: none"> • Radioaktiver Zerfall • <i>Kontext:</i> Altersbestimmungen 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der C14-Methode (UF2) • SuS bestimmen mithilfe des Zerfallsgesetzes das Alter von Materialien mit der Uran-Blei-Methode (UF2, E1) 			
522/523	13.5.3 Tracermethoden <i>Exkurs:</i> Kernspintomografie <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung	<ul style="list-style-type: none"> • Radioaktiver Zerfall • <i>Kontext:</i> Physik in der Medizin 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS stellen die physikalischen Grundlagen von Röntgenaufnahmen und Szintigrammen als bildgebende Verfahren dar (UF4) • SuS erläutern qualitativ das PET-Verfahren mithilfe der Annihilation von Positron und Elektron 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erläutern die Tracermethode als unterstützendes Mittel zum bildgebenden Verfahren in der Medizin (E1, K3) 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen der Elementarteilchenphysik (K2) [<i>Beispiel: Medizinische Anwendungen</i>] 	
528/529	14.1 Vom Elektron zum Teilchenzoo	<ul style="list-style-type: none"> • Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen • <i>Kontext:</i> Forschung an 				<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten an ausgewählten Beispielen Rolle und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkennt-

		Teilchenbeschleunigern				nissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1)
529 - 533	14.2 Das Standardmodell 14.2.1 Quarks im Standardmodell <i>Exkurs:</i> Collider, Speicherringe und Riesendetektoren <i>Basiskonzepte:</i> Struktur der Materie	<ul style="list-style-type: none"> • Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen • <i>Kontext:</i> Forschung an Teilchenbeschleunigern 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS systematisieren mithilfe des heutigen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3) • SuS unterscheiden Photonen, Gluonen und Feldquanten (W-Bosonen, Z-Boson) als Austauschteilchen im Standardmodell 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS nennen Quarks und Leptonen als elementare Teilchen des Standardmodells • SuS unterscheiden Myonen und Baryonen als von Quarks gebildete Masseteilchen (Hadronen) im Standardmodell 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben, dass es zu jedem Quarkteilchen auch ein Antiteilchen gibt 	
534	14.2.2 Gebundene Systeme <i>Basiskonzepte:</i> Struktur der Materie Energie	<ul style="list-style-type: none"> • Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS systematisieren mithilfe des heutigen Standardmodells den Aufbau der Kernbausteine und erklären mit ihm Phänomene der Kernphysik (UF3) 			
535	14.2.3 Die Leptonen	<ul style="list-style-type: none"> • Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen 		<ul style="list-style-type: none"> • SuS nennen Quarks und Leptonen als elementare Teilchen des Standardmodells 		
536/537	14.2.4 Reaktionen im Standardmodell <i>Basiskonzepte:</i> Wechselwirkung Struktur der Materie Energie [Anm.: siehe auch Seite 509]	<ul style="list-style-type: none"> • Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen • <i>Kontext:</i> Forschung in Teilchenbeschleunigern 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS erklären an Beispielen Teilchenumwandlungen im Standardmodell mithilfe der Heisenberg'schen Unschärferelation und der Energie-Masse-Äquivalenz (UF1) • SuS beschreiben die Bedeutung der Energie-Masse-Äquivalenz hinsichtlich der Annihilation von Teilchen und Antiteilchen (UF4) [Anm.: Inhaltsfeld 2] • SuS erläutern die Paar- 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS vergleichen das Modell der Austauschteilchen im Bereich der Elementarteilchen mit dem Modell des Feldes (Vermittlung, Stärke und Reichweite von Wechselwirkungskräften) (E6) • SuS bestimmen und bewerten den bei der Annihilation von Teilchen 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben, dass bei Teilchenreaktionen in der Regel nicht nur Energie und Impulssatz gelten, sondern auch Erhaltung der Leptonen- und Baryonenzahl. • SuS recherchieren in Fachzeitschriften, Zeitungsartikeln bzw. Veröffentlichungen von Forschungseinrichtungen 	<ul style="list-style-type: none"> • SuS bewerten an ausgewählten Beispielen Rolle und Beiträge von Physikerinnen und Physikern zu Erkenntnissen in der Kern- und Elementarteilchenphysik (B1)

			<p>vernichtung(Annihilation) und die Paarerzeugung im Standardmodell</p>	<p>und Antiteilchen frei werdenden Energiebetrag (E7,B1) [Anm.: Inhaltsfeld 2]</p> <ul style="list-style-type: none"> • SuS beschreiben weshalb bei Paarvernichtung kein einzelnes Photon auftreten kann [Anm.: Impulssatz wäre verletzt, siehe Seite 509] • SuS erläutern Elementarreaktionen mithilfe von Feynman-Diagrammen • SuS verwenden Feynman-Diagramme zur Veranschaulichung von Teilchenreaktionen im Standardmodell 	<p>n zu ausgewählten aktuellen Entwicklungen der Elementarteilchenphysik (K2) [Beispiele: Higgs-Boson, Forschungsprojekte am CERN]</p>	
--	--	--	--------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--