



Lehrplan

Physik

Gymnasium

Klassenstufe 9

Sprachenzweig

– Erprobungsphase –

2014

Themenfelder Klassenstufe 9

Themenfelder Klassenstufe 9 (Sprachenzweig)	Physik
Optische Abbildungen und Farben	20 %
Brechung und Totalreflexion	
Abbildungen durch Linsen	
Optische Geräte zur Vergrößerung	
Spektralfarben	
Gesetze des elektrischen Stromkreises	40 %
Elektrische Ladung	
Elektrischer Strom und elektrische Spannung	
Elektrische Arbeit und elektrische Leistung	
Serien- und Parallelschaltung von Widerständen	
Elektromagnetische Wechselwirkung	25 %
Stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld	
Elektromagnetische Induktion	
Transformator	
Energieströme	15 %
Energiewandler und Energieerhaltung	
Kraftwerke	
Energiehaushalt und Energiebewertung	

Die Grundlagen der Optik aus Klassenstufe 7 werden an dieser Stelle durch die Phänomene der Brechung, Totalreflexion und Spektralzerlegung ergänzt.

Das bereits bekannte Modell der strahlenförmigen Ausbreitung des Lichts zeigt in diesen neuen Zusammenhängen seine volle Leistungsfähigkeit. Es erlaubt auf einfache Weise komplizierte Abbildungssituationen und anspruchsvolle Anwendungen zu beschreiben. Durch die altersgemäße Erweiterung des Strahlenmodells um quantitativ beschreibende Größen wie die Brennweite können nun konstruktive Vorhersagen getroffen werden.

Das Strahlenmodell liefert allerdings keine Begründung für das Verhalten des Lichts. Der Unterschied zwischen einem (beschreibenden) Modell und einer (erklärenden) Theorie kann hier exemplarisch aufgezeigt werden. Gleichwohl sind die beiden konkurrierenden Lichttheorien von Newton (Teilchen) und Huygens (Welle) nicht Gegenstand dieses Lehrplans. Erst in den Klassenstufen 11 und 12 nehmen die historischen und modernen Theorien zur Natur des Lichts den ihnen gebührenden Raum ein. Ohne Theorie muss zumindest exemplarisch das konkrete Experiment den Konstruktionen gegenübergestellt werden, um das Modell zu validieren.

Die Konstruktionen sollten zunächst mit „Papier und Bleistift“ erfolgen, gerade weil der Aufwand an Zeit und Sorgfalt die Qualität der Ergebnisse bestimmt. Im weiteren Verlauf wird die Verwendung von dynamischer Geometrie-Software dringend empfohlen. Es bietet sich die Gelegenheit den Computer in seiner wichtigen physikalischen Rolle als Simulationswerkzeug kennenzulernen. Die Schülerinnen und Schülern können beispielsweise die Bedingungen für den Übergang von vergrößernden zu verkleinernden Abbildungen oder von reellen zu virtuellen Bildern selbst entdecken.

Bei den (technischen) Anwendungen nimmt das Mikroskop eine Sonderstellung ein, da es als Arbeitsmittel bereits in den Fächern Biologie und Naturwissenschaften seit der Klassenstufe 5 benutzt wird. Die Schülerinnen und Schüler lernen nun wie das Mikroskop funktioniert.

Das menschliche Auge erfährt eine umfassendere Betrachtung als Sinnesorgan im Fach Biologie. Die Kenntnis der Abbildung durch Linsen wird dort vorausgesetzt. Eine Vertauschung der Reihenfolge der Themenfelder sollte deshalb nur in Absprache mit den Kolleginnen oder Kollegen des Fachbereichs der Biologie erfolgen.

Kompetenzerwartungen

Fachwissen

**Erkenntnisgewinnung,
Kommunikation, Bewertung**

Brechung und Totalreflexion

Die Schülerinnen und Schüler

- bezeichnen die Richtungsänderung eines Lichtstrahls an der Grenzfläche beim Übergang in ein anderes Material als Brechung,
- erläutern die wesentlichen Bestandteile des geometrischen Modells der Lichtbrechung mit einfallendem Lichtstrahl, Einfallslot, Einfallswinkel α , gebrochenem Lichtstrahl und Brechungswinkel β ,
- erklären einfache Alltagsphänomene mit Hilfe des Modells der Lichtbrechung,

Die Schülerinnen und Schüler

- führen ein einfaches Experiment zur Lichtbrechung durch,
- planen ein Experiment zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Einfallswinkel und Brechungswinkel, beteiligen sich aktiv an der Durchführung und dokumentieren das Ergebnis in Form eines $\beta(\alpha)$ -Diagramms („Brechungsdiagramm“),
- ordnen mit Hilfe eines vorgegebenen Brechungsdiagramms Einfallswinkel und Brechungswinkel einander zu,
- konstruieren den Strahlengang durch ein Prisma oder eine planparallele Platte,

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> • erläutern das Phänomen der Totalreflexion. 	<ul style="list-style-type: none"> • recherchieren Anwendungen der Totalreflexion.
<p>Abbildungen durch Linsen</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • unterscheiden Sammell- und Zerstreuungslinsen hinsichtlich ihrer Bauform, • erklären den Strahlengang an Linsen mit Hilfe der Brechung, • erläutern die wesentlichen Bestandteile des geometrischen Modells einer konkreten Abbildungssituation mit optischer Achse, Linsenebene, Brennpunkt, Brennweite f, Gegenstandsweite g, Gegenstandsgröße G, Bildweite b und Bildgröße B, • nennen Parallelstrahl, Mittelpunktstrahl und Brennstrahl als ausgezeichnete Strahlen und erläutern ihren Verlauf beim Durchgang durch eine Linse, • unterscheiden reelle und virtuelle Bilder bei Linsen. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • beobachten die unterschiedliche Wirkung verschiedener Linsen auf parallel einfallende Lichtstrahlen, • zeichnen den Strahlengang an Sammell- und Zerstreuungslinsen für parallel einfallende Lichtstrahlen, • führen ein einfaches Experiment zur Bestimmung der Brennweite einer Sammellinse durch, • führen ein Experiment durch, bei dem eine Sammellinse einen leuchtenden Gegenstand scharf auf einem Schirm abbildet, • stellen eine konkrete Abbildungssituation mit Hilfe des geometrischen Modells dar, • konstruieren mit Hilfe ausgezeichneter Strahlen reelle und virtuelle Bilder an Sammellinsen, • erklären mit Hilfe des geometrischen Modells, unter welchen Bedingungen eine Sammellinse von einem Gegenstand ein reelles Bild, kein Bild oder ein virtuelles Bild erzeugt, • erklären mit Hilfe des geometrischen Modells, unter welchen Bedingungen eine Sammellinse von einem Gegenstand ein vergrößertes Bild, ein Bild in Originalgröße oder ein verkleinertes Bild erzeugt.
<p>Optische Geräte zur Vergrößerung</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Grenzen der Vergrößerung durch Annäherung an ein Objekt, • nennen Lupe, Fernrohr und Mikroskop als Vergrößerungsgeräte, • beschreiben den Aufbau und erklären die Funktionsweise des Mikroskops. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • beobachten die Vergrößerung eines Objektes durch Annäherung an das Auge, • beobachten die vergrößernde Wirkung einer Lupe in Abhängigkeit von der Gegenstandsweite und vom eigenen Standpunkt und schätzen die Vergrößerung.

Kompetenzerwartungen

Fachwissen

Erkenntnisgewinnung,
Kommunikation, Bewertung

Spektralfarben

Die Schülerinnen und Schüler

- bezeichnen die bei der Zerlegung von Licht auftretenden Farben als Spektralfarben und ihre Gesamtheit als Spektrum,
- bezeichnen die unsichtbare Strahlung, die sich im Spektrum an das rote bzw. violette Licht anschließt als Infrarot-Strahlung (IR-Strahlung) bzw. ultraviolette Strahlung (UV-Strahlung),
- geben Wirkungen von IR-Strahlung und UV-Strahlung an.

Die Schülerinnen und Schüler

- beobachten die Zerlegung des weißen Lichts am Prisma,
- beobachten den Nachweis der IR- und der UV-Strahlung,
- recherchieren Anwendungen oder Phänomene im Zusammenhang mit IR- oder UV-Strahlung.

Hinweise

Allgemeine Hinweise:

- Einfache Brechungsexperimente: Gegenstände in Bechergläsern oder Tassen
- Bestimmung von Brechungswinkeln nur über Brechungsdiagramme, kein snelliussches Brechungsgesetz
- Linsen, für die das geometrische Modell gültig ist, sind „dünne“ Linsen
- Keine Betrachtung von „dicken“ Linsen und Linsenfehlern
- Beschreibung des Fotoapparats nur fakultativ
- Grenzen der Annäherung:
 - Nahgrenze des Auges (→ Mikroskop)
 - unerreichbare Objekte (→ Teleskop)
- Erreichbare Vergrößerungen
 - Lupe: ca. 10fach
 - Lichtmikroskop: ca. 1000fach
 - Amateur-Teleskop: ca. 1000fach
 - Groß-Teleskope: wird nicht angegeben, Auflösung ist entscheidend
- Wirkungen von UV-Strahlung auch unter Gesundheitsaspekt:
 - Negativ: Hautkrebsrisiko, Sonnenbrand
 - Positiv: Vitamin D Produktion

Zusätzliche geeignete (Schüler-)Experimente

- Objektbetrachtung mit planparallelen Platten
- Durchsichtige Wasserflaschen oder Wassertropfen als Linse
- Bestimmung der Nahgrenze des Auges
- Fernrohr oder Mikroskop aus zwei in den Händen gehaltenen Linsen

Hinweise**Projekte**

- Klassisches Fotografieren
- Himmelsbeobachtungen mit und ohne optische Geräte

Außerschulische Lernorte

- Sternwarte am Peterberg
- Planetarien
- Edelsteinschleiferei
- Weinlese

Fachübergreifende und fächerverbindende Bezüge

- Mathematik: Konstruktionen mit und ohne dynamische Geometrie-Software
- Erdkunde: Scheinbare Abplattung der tiefstehenden Sonne, Bewegung der Fixsterne und Planeten am Himmel
- Biologie: Auge als Sinnesorgan, Lupe und Mikroskop als Arbeitsmittel
- Chemie: Herstellung von Glas, Konzentrationsbestimmung mit Refraktometern

Geeignete Kontexte:

- Vom Edelstein zum Brillanten
- Zuckergehalt im Traubenmost: Oechsle und deren Bestimmung
- Glasfaserkabel in der Datenübertragung
- Optische Täuschungen (z. B. Fata Morgana)
- Regensensor im Auto
- Abblendspiegel im Auto
- Overheadprojektoren

Elektrische Ladung ist die grundlegende Eigenschaft jedes Körpers, der an der elektromagnetischen Wechselwirkung teilhat. Sie bildet deshalb den Einstieg in das Kapitel und wird als physikalische Größe noch vor der Stromstärke eingeführt. Die Einheit der Ladung 1C als Vielfaches der Elementarladung kann als vorläufig angesehen werden, die Anbindung an die SI-Basiseinheit 1A wird zweckmäßig erst bei deren Einführung diskutiert. Obwohl der Lehrplan dies nicht vorschreibt, ist hier ein Exkurs über das SI-Einheitensystem und die vielfältigen Definitionsänderungen in der Geschichte der Einheiten möglich und sinnvoll.

Ein Schwerpunkt des Kapitels ist die Ausbildung eines tragfähigen Atommodells, das zusammen mit der Coulomb-Kraft die Erklärung vieler physikalischer Sachverhalte ermöglicht. Das Umschalten zwischen der makroskopischen Ebene der Phänomene und der atomistischen Deutung stellt hohe Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler, ist aber eine der unverzichtbaren Methoden der Erkenntnisgewinnung.

Die elektrische Energie wird konsistent zu den mechanischen Energieformen der Klassenstufe 8 als Speicherform der elektrischen Arbeit eingeführt. Dass Elektrizitätsquellen im Regelfall keine Energiespeicher darstellen, deren elektrische Energie aufgebraucht wird, führt auf die Notwendigkeit reflektierte Sprachregelungen zu finden, die ohne „Energieverbrauch“ auskommen und eine Brücke schlagen zwischen der korrekten Fachsprache und den im Alltag sowie in Aufgabenstellungen üblichen Formulierungen.

In Fortführung der in den Klassenstufen 7 und 8 begonnenen Δ -Schreibweise werden die Formeln für die Stromstärke, die Spannung und die elektrische Arbeit konsistent angegeben. Dies erleichtert die in späteren Klassenstufen anstehende Mathematisierung in Form differenzieller und integraler Schreibweisen.

Die Gesetzmäßigkeiten in Netzwerken von Widerständen können deduktiv hergeleitet werden (wie im naturwissenschaftlichen Zweig) oder induktiv aus Experimenten gewonnen werden. Wird die deduktive Methode gewählt, ist die Überprüfung der hergeleiteten Formeln für Ersatzwiderstände, Teilströme und Teilspannungen im Experiment Pflicht.

Kompetenzerwartungen

Fachwissen

Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung

Elektrische Ladung

Die Schülerinnen und Schüler

- bezeichnen die in der Natur vorkommenden Ladungen mit elektrisch positiv und elektrisch negativ,
- bezeichnen die zwischen ruhenden elektrischen Ladungen auftretende Kraft als Coulomb-Kraft F_C ,
- erläutern die wesentlichen Bestandteile eines Atommodells mit positivem Atomkern und einer Atomhülle aus negativen Elektronen mit Bindung an den Kern,
- bezeichnen die elektrische Ladung eines Elektrons als Elementarladung e ,

Die Schülerinnen und Schüler

- führen einfache Versuche zur Berührungselektrizität durch, bei denen anziehende und abstoßende Kräfte zwischen elektrisch geladenen Körpern auftreten,
- schließen vom Vorhandensein anziehender und abstoßender Kräfte zwischen elektrischen Ladungen auf die Existenz zweier unterschiedlicher Ladungsarten,

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> • formulieren das Gesetz der Ladungserhaltung: Bei allen physikalischen Vorgängen ist die Summe der beteiligten Ladungen konstant, • definieren die physikalische Größe Ladung Q als Vielfaches der Elementarladung und geben ihre Einheit an: $[Q] = 1\text{C} (= 6,24 \cdot 10^{18}\text{e})$, • unterscheiden Isolatoren und elektrische Leiter hinsichtlich der Bindung ihrer Elektronen an den Kern, • nennen das Elektroskop als Nachweisgerät für Ladungen und beschreiben seinen Aufbau. 	<ul style="list-style-type: none"> • erklären die Leitfähigkeit von Metallen mit Hilfe der Beweglichkeit einzelner Elektronen, • erklären die Funktionsweise des Elektroskops mit Hilfe des Atommodells und der Coulomb-Kraft.
<p>Elektrischer Strom und elektrische Spannung</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • erläutern ein Modell des elektrischen Stromes mit Ladungsträgern, deren gerichtete Bewegung vom Ladungsunterschied zwischen zwei Orten (Polen) angetrieben wird, • unterscheiden zwischen technischer Stromrichtung und Bewegungsrichtung der Elektronen, • bezeichnen den Austritt von Elektronen aus stark erhitzten Metallen als glüh-elektrischen Effekt, • definieren die physikalische Größe Stromstärke als Quotient aus der transportierten Ladung ΔQ und dem zum Transport benötigten Zeitintervall Δt und geben ihre Einheit an: $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$, $[I] = 1\frac{\text{C}}{\text{s}} = 1\text{A}$, • nennen die Stromstärke als Basisgröße im SI – Einheitensystem, • rechnen gebräuchliche Ladungseinheiten ineinander um, 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • beobachten ein Experiment zum Nachweis des Elektronenstroms in einer Vakuumdiode, • messen die Stromstärke in einem einfachen Stromkreis für verschiedene Elektrizitätsquellen und verschiedene „Verbraucher“ mit einem Multimeter,

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> definieren die physikalische Größe Spannung als Quotient aus der zur Ladungstrennung benötigten elektrischen Arbeit W_{el} und der getrennten Ladung ΔQ: $U = \frac{W_{el}}{\Delta Q}, [U] = 1 \frac{J}{C} = 1V.$ 	<ul style="list-style-type: none"> begründen, dass zur Trennung von elektrischen Ladungen Arbeit verrichtet werden muss, messen die Spannung an den Polen verschiedener Elektrizitätsquellen mit einem Multimeter.
<p>Elektrische Arbeit und elektrische Leistung</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> formulieren die Gesetzmäßigkeit für die elektrische Arbeit: $W_{el} = U \cdot I \cdot \Delta t, [W_{el}] = 1VA s = 1J,$ bezeichnen die in der Trennung von Ladungen gespeicherte elektrische Arbeit als elektrische Energie, rechnen gebräuchliche Energieeinheiten ineinander um, formulieren die Gesetzmäßigkeit für die elektrische Leistung: $P_{el} = \frac{W_{el}}{\Delta t} = U \cdot I, [P_{el}] = 1VA = 1W,$ lösen einfache Aufgaben zur Stromstärke, Spannung, elektrischen Arbeit und elektrischen Leistung. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> vergleichen Fachsprache und Alltagssprache hinsichtlich der Begriffe im Wortfeld „elektrische Energie“ und beurteilen deren Gebrauch in verschiedenen Kontexten, recherchieren und vergleichen die elektrischen Leistungen von Haushaltsgeräten, Industrieanlagen, Großstädten.
<p>Serien- und Parallelschaltung von Widerständen</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> definieren die physikalische Größe (elektrischer) Widerstand (eines Bauteils) als Quotient aus anliegender Spannung U und erzielter Stromstärke I und geben ihre Einheit an: $R = \frac{U}{I}, [R] = 1 \frac{V}{A} = 1\Omega,$ geben an, dass der Begriff "Widerstand" sowohl für ein Bauteil in einer Schaltung als auch für die physikalische Größe verwendet wird, lösen einfache Aufgaben unter Verwendung der Beziehung $U = R \cdot I$, unterscheiden Serien- und Parallelschaltung von Widerständen, 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> bestimmen den elektrischen Widerstand verschiedener Bauteile, zeichnen das Schaltbild einer Serienschaltung von Widerständen,

Kompetenzerwartungen

Fachwissen

Erkenntnisgewinnung,
Kommunikation, Bewertung

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • formulieren die Maschenregel:
Die Summe der Spannungen entlang jedes Weges von einem Punkt zu einem anderen Punkt eines Netzwerkes ist gleich groß, • geben an, dass in einer Serienschaltung die Stromstärke durch alle Bauteile gleich ist, • definieren den Ersatzwiderstand eines Netzwerkes als den Widerstand, der an derselben Spannung denselben Strom bewirken würde, • geben die Formel für den Ersatzwiderstand R_S einer Serienschaltung aus k Einzelwiderständen an:
$R_S = R_1 + R_2 + \dots + R_k,$ • formulieren die Knotenregel: • Die Summe der Stromstärken, der in einen Knoten hineinfließenden Ströme ist gleich der Summe der Stromstärken der Ströme, die aus ihm hinausfließen, • geben an, dass in einer Parallelschaltung die an allen Bauteilen anliegende Spannung gleich ist, • geben die Formel für den Ersatzwiderstand R_P einer Parallelschaltung aus k Einzelwiderständen an:
$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_k},$ • berechnen Ersatzwiderstände, Teilspannungen und Teilströme an parallel oder in Serie geschalteten Widerständen. | <ul style="list-style-type: none"> • zeichnen das Schaltbild einer Parallelschaltung von Widerständen, • begründen die Maschenregel mit Hilfe des Energieerhaltungssatzes, • planen ein Experiment zur Überprüfung der Formel für den Ersatzwiderstand einer Serienschaltung von Widerständen und führen es durch, • begründen die Knotenregel in einem Netzwerk mit Hilfe des Gesetzes der Ladungserhaltung, • planen ein Experiment zur Überprüfung der Formel für den Ersatzwiderstand einer Parallelschaltung von Widerständen und führen es durch, • recherchieren Anwendungen der Serien- und Parallelschaltung von Widerständen im Alltag. |
|---|---|

Hinweise

Allgemeine Hinweise:

- Unterscheidung der Driftgeschwindigkeit der Elektronen von der Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektrischen Kraftwirkung längs des Leiters
- Ohmsches Gesetz (**ohne** Widerstandsdefinition) bereits in KS 7
- Knotenregel nicht experimentell ermitteln (da zur Eichung eines Amperemeters die Knotenregel bereits benutzt wird)
- Ersatzwiderstand einer Serienschaltung größer als größter Einzelwiderstand
- Ersatzwiderstand einer Parallelschaltung kleiner als kleinster Einzelwiderstand
- Stromnetz im Haushalt als Parallelschaltung
- Weihnachtsbaumbeleuchtung als Serienschaltung mit parallel geschalteten Heißeleitern

Hinweise**Zusätzliche geeignete (Schüler-)Experimente**

- Messung des Körperwiderstandes (elektrischen Widerstands zwischen linker und rechter Hand) der Schülerinnen und Schüler, auch in Serien- oder Parallelschaltung

Projekte

- Lametta-Elektroskop
- Elektrizitätsquelle im Eigenbau: „Obstbatterie“
- Widerstände im Eigenbau: gewickelter Draht als fester Widerstand oder als Schiebewiderstand

Fachübergreifende und fächerverbindende Bezüge

- Chemie: Coulomb-Kraft als Ursache für Ionenbindung, Elektrolyse (historische Festlegung von 1 A), chemische Vorgänge in Batterien
- Biologie: Reizweiterleitung in den Nerven

Geeignete Kontexte

- Rauchgasreinigung: Elektrofilter zur Entstaubung von Rauchgasen
- Kunststoffrecycling: Elektrostatische Trennung chemisch verschiedener Kunststoffteilchen ähnlicher Dichte (z. B. PET und PVC)
- Gewitterentstehung und Blitzschutz
- Funktionsweise von Laserdruckern oder Kopiergeräten

Die elektromagnetische Wechselwirkung ist innerhalb der Physik eines der anspruchsvollsten Stoffgebiete. Zwar fußt ein Großteil unserer technisierten Welt auf ihr, aber in den Geräten des täglichen Gebrauchs ist sie verborgen und der unmittelbaren Erfahrung entzogen. Eine übergeordnete Aufgabe innerhalb dieses Themenfeldes besteht deshalb darin, die Phänomene der elektromagnetischen Wechselwirkung für die Schülerinnen und Schüler erlebbar zu machen.

Inhaltlich wird zunächst das Magnetfeld über die aus Klassenstufe 7 bekannte Wirkung auf Testmagnete „bezeichnet“ und am Kapitelende über die neu entdeckte Wirkung auf bewegte Ladungsträger „definiert“. Die beiden Festlegungen widersprechen sich nicht, da die Elementarmagnete, aus denen die Testmagnete „bestehen“, als kreise(l)nde Elektronen im Atom interpretiert werden können.

Bei der Induktion wird in der Regel die Induktionsspannung gemessen. Digitale Multimeter zum Nachweis der Induktion, wie sie in Klassenstärke oft vorhanden sind, haben (meist) träge Anzeigen und die Ziffern des Displays vermitteln keinen Eindruck vom auftretenden Spannungsstoß. Gute Zeigergeräte oder zeitaufgelöste Messwerterfassungssysteme sind hier (didaktisch) überlegen.

Dort wo Induktionsströme auftreten, wird von der Rückwirkung auf die Induktionsursache (im Sinne der Lenz'schen Regel) abgesehen. Experimente, die diese Rückwirkung in den Vordergrund stellen, sollten unterbleiben - auch wenn sie zum Teil „spektakulär“ sind. Betrachtungen zur Energie und Leistung bei offenem bzw. geschlossenem Induktionskreis sind hingegen möglich und sinnvoll (Generator, Transformator).

Das Induktionsgesetz wird qualitativ formuliert über „die Änderung des Magnetfeldes, das eine Spule durchsetzt“. Die Schülerinnen und Schüler sollten dabei das Bild der Feldlinien, die durch die Leiterschleife „hindurchgehen“, vor Augen haben. Dazu sind bei den Auswertungen der Einzelexperimente entsprechend gestaltete, konsistente Zeichnungen nützlich. Eine quantitative Fassung des Induktionsgesetzes und die Definition des magnetischen Flusses erfolgen erst in der Klassenstufe 11.

Bei der Beschreibung des Wechselstroms kann auf die Formulierung „sinusförmig“ verzichtet werden. Die experimentell gewonnenen $U(t)$ -Diagramme sind in der Regel nicht sinusförmig und den Schülerinnen und Schülern ist der sinusförmige Verlauf unbekannt, da sich die trigonometrischen Funktionen und ihre Graphen erst im Mathematikunterricht der Klassenstufe 10 finden. Dennoch können Maximalwerte, Periode und Frequenz als Kennzeichen sich wiederholender Zeitabläufe angegeben, aus Diagrammen abgelesen oder in sie eingezeichnet werden.

Ohne mathematische Kenntnisse der Sinusfunktion kann auch der Umrechnungsfaktor zwischen Scheitelwerten und Effektivwerten nicht hergeleitet werden. Es genügt daher die einfache Angabe für die Wechselspannung des öffentlichen Stromnetzes ohne weitere Problematisierung.

Kompetenzerwartungen	
Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<p>Stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> bezeichnen einen Raum, in dem ein Probemagnet durch eine Kraftwirkung ausgerichtet wird, als magnetisches Feld, 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> führen ein Experiment durch, bei dem sie verdeckte Magnete und deren Nord- und Südpole lokalisieren,

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> • formulieren das Induktionsgesetz: Induktion tritt in einer Leiterschleife auf, wenn sich das Magnetfeld, das die Leiterschleife durchsetzt, zeitlich ändert, • beschreiben den Aufbau eines Wechselspannungsgenerators, • bezeichnen die Dauer einer Wiederholung als Periode T, • definieren die physikalische Größe Frequenz f als Quotienten aus der Anzahl Δn von Wiederholungen und der dazu benötigten Zeit Δt und geben ihre Einheit an: $f = \frac{\Delta n}{\Delta t}, [f] = 1 \frac{1}{s} = 1 \text{ Hz}$ • rechnen Perioden und Frequenzen ineinander um mit Hilfe der Beziehung: $f = \frac{1}{T},$ • geben den Maximalwert und die Frequenz der Wechselspannung des öffentlichen Stromnetzes an, • erläutern anhand eines U(t)-Diagramms, dass eine Wechselspannung an einem Widerstand keine konstante Leistung erbringt, • geben an, dass von Wechselspannungen immer „Leistungsmittelwerte“ angegeben werden, die kleiner als der Maximalwert sind (Effektivwerte), • geben den Effektivwert der Spannung des öffentlichen Stromnetzes an. 	<ul style="list-style-type: none"> • beobachten das Auftreten der Induktion in einer Leiterschleife (oder Spule) beim Ein- und Ausschalten einer „benachbarten“ Spule, • beteiligen sich aktiv an einem Experiment zum zeitlichen Verlauf der Induktionsspannung bei der gleichförmigen Drehung einer Leiterschleife (oder Spule) in einem homogenen Magnetfeld und dokumentieren das Ergebnis in Form eines U(t)-Diagramms, • bestimmen Perioden und Maximalwerte von Wechselspannungen aus U(t)-Diagrammen,
<p>Transformator</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben den Aufbau eines Transformators und erklären seine Funktionsweise mit Hilfe des Induktionsgesetzes, 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • beobachten das Auftreten einer Induktionsspannung an der Sekundärspule eines Transformators in Abhängigkeit von der Art der angelegten Primärspannung (Gleichspannung / geschaltete Gleichspannung / Wechselspannung),

Kompetenzerwartungen

Fachwissen

Erkenntnisgewinnung,
Kommunikation, Bewertung

- formulieren die beiden Transformator-gesetze:

Bei einem unbelasteten Transformator verhalten sich die Spannungen wie die Windungszahlen:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2},$$

Bei einem belasteten Transformator verhalten sich die Stromstärken in guter Näherung umgekehrt wie die Windungszahlen:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1},$$

- lösen einfache Aufgaben zu den Trans-formatorgesetzen,
- geben die Bedingungen für die Windungs-zahlen beim Hochspannungs- und Hoch-stromtransformator an,
- erläutern technische oder industrielle An-wendungen des Transformators.

- beobachten bei einem unbelasteten Trans-formator die Sekundärspannung in Abhängigkeit von der Primärspannung,

- beobachten Experimente zu den Wir-kungen von Hochspannungstransformator und Hochstromtransformator.

Hinweise

Allgemeine Hinweise

- Feldlinienbilder von Stab- und Hufeisenmagnet, geradem Leiter und Spule bereits aus Klassenstufe 7 bekannt
- Eigenschaften magnetischer Feldlinien:
 - keine Kreuzungen,
 - geschlossen,
 - im Außenbereich von Dauermagneten vom Nordpol weggerichtet und zum Südpol hingerrichtet
- UVW-Regel:
 - rechte Hand für positiv geladene Teilchen (technische Stromrichtung),
 - linke Hand für negativ geladene Teilchen (Elektronenstromrichtung)
- Schutzwirkung des Erdmagnetfeldes vor dem "Sonnenwind", Entstehung von Polarlichtern
- Technik: Magnetische Ablenkung von Strahlung (z. B. Fernsehöhre, Zyklotron)
- Gleichstrommotor: Stator („Ständermagnet“), Rotor („Anker“), Kommutator mit Bürsten
- Generatorprinzip und Transformatorprinzip als "Spezialfälle" des Induktionsgesetzes
- Generator als Umkehrung des Elektromotors
- Herleitung des zweiten Transformatorgesetzes nicht erforderlich, Angabe genügt

Hinweise**Zusätzliche geeignete (Schüler-)Experimente**

- Drehen eines Generators über eine Handkurbel mit und ohne Last
- Drehen einer Generators mit und ohne Kommutator

Projekte

- Bau eines Elektromotors
- Bürstenlose Motoren als Antrieb im Modellbau

Außerschulische Lernorte

- Umspannwerk

Geeignete Kontexte

- Kontaktlose Ladestationen für Akkus (z. B. Zahnbürste, Handy)
- Kochen mit Induktionsfeldern
- Bereitstellung beliebiger Spannungen (z. B. Laptop, Handy) unter Nutzung des öffentlichen Stromnetzes

Energie wird bis zu diesem Kapitel, ausgehend von der Definition, als Arbeitsfähigkeit verstanden. Diese legt die Verknüpfung des Energiebegriffs mit Zuständen nahe, die Energie haben. Tatsächlich tritt Energie im Zusammenhang mit dynamischen Transport- oder Übertragungsvorgängen eher häufiger auf als bei eindeutig identifizierbaren statischen Zuständen. Hierfür hat sich der Begriff des Energiestromes oder Energieflusses herausgebildet, und die oben genannte Energiedefinition erweist sich bei dessen Betrachtung als wenig hilfreich.

Für die Schülerinnen und Schüler wird die Energiedefinition dennoch nicht formal geändert oder ergänzt. In der Beschäftigung mit konkreten Energiewandlern soll vielmehr die individuelle „Vorstellung von dem, was Energie ist“ um diesen Aspekt erweitert werden. Eine Vielzahl von Energiewandlern dient als Beispiel, gerade auch solche, deren Funktionsweise den Schülerinnen und Schülern vollkommen unbekannt ist. Energieflussdiagramme spiegeln diese Sichtweise des Energiewandlers als Black Box, durch die Energie hindurchströmt und dabei ganz oder teilweise von einer Energieform in eine oder mehrere andere Energieformen umgewandelt wird.

Energiewandler, die nur untereinander Energie austauschen, bilden ein abgeschlossenes System. In diesen ist definitionsgemäß die Energie erhalten - der allgemeine Energieerhaltungssatz erscheint aus Schülersicht banal. Erst wenn die Schülerinnen und Schüler den Fragen nachgehen, welche Energiewandler im konkreten Fall zu einem abgeschlossenen System „dazugehören“ und ob (oder in welchem Maße) man ein Teilsystem vom Rest abkoppeln kann, offenbart sich die Reichweite dieses wichtigsten Satzes der Physik.

Der Schwerpunkt des Themenfeldes ist jedoch die gesellschaftliche Dimension der Energie. Die Schülerinnen und Schüler sollen in die Lage versetzt werden, an der Diskussion um die heutige und zukünftige Energieversorgung verantwortlich teilzunehmen. Dazu ist von den relevanten Energiewandlern vom Typ Kraftwerk ein hinreichendes Faktenwissen unabdingbar.

Die Beschaffung dieses Wissens und dessen adressatengerechte Weitergabe soll von den Schülerinnen und Schülern möglichst eigenverantwortlich geleistet werden. Den anschließenden Diskussionen muss genügend Zeit zugebilligt werden, und sie müssen ergebnisoffen geführt werden.

Kompetenzerwartungen

Fachwissen

Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung

Energiewandler und Energieerhaltung

Die Schülerinnen und Schüler

- beschreiben den prinzipiellen Aufbau eines Kohlekraftwerks und erläutern seine Funktionsweise,
- erläutern die Energieumwandlungsprozesse in einem Kohlekraftwerk,
- bezeichnen eine Vorrichtung, die die Energie zwischen zwei Systemen austauscht, als Energiewandler,
- nennen verschiedene Energiewandler und die jeweiligen Formen der zugeführten und abgegebenen Energie,

Die Schülerinnen und Schüler

- stellen Energiewandler als Bausteine eines Energieflussdiagramms dar,
- zeichnen das Energieflussdiagramm eines einfachen Stromkreises aus Batterie und Glühlampe,
- zeichnen das Energieflussdiagramm eines Kohlekraftwerks,

Kompetenzerwartungen

Fachwissen

Erkenntnisgewinnung,
Kommunikation, Bewertung

- unterscheiden bei der abgegebenen Energie zwischen Nutzenergie und Energieverlust,
- bezeichnen die von einem Energiewandler abgegebene Nutzenergie auch als von ihm „bereitgestellte oder erzeugte Energie“,
- bezeichnen die Bereitstellung elektrischer Energie auch als „Stromerzeugung“,
- bezeichnen Körper, die nur untereinander Energie austauschen, als abgeschlossenes System,
- formulieren den allgemeinen Energieerhaltungssatz:
In einem abgeschlossenen System ist die Gesamtenergie konstant,
- definieren den Wirkungsgrad eines Energiewandlers als Quotient aus der abgegebenen Nutzenergie und der ihm in der gleichen Zeit zugeführten Energie:
$$\eta = \frac{E_{\text{nutz}}}{E_{\text{zu}}}$$
- geben typische Wirkungsgrade häufig gebrauchter Energiewandler an,
- geben an, dass für jeden Energiewandler gilt: $\eta \leq 1$,
- lösen einfache Aufgaben zur Energieumwandlung mit der Beziehung:
$$E_{\text{nutz}} = \eta \cdot E_{\text{zu}}$$

- zeichnen die Energieflussdiagramme von Solarzelle und Leuchtdiode als Umkehrung voneinander.

Kraftwerke

- unterscheiden Wärmekraftwerke hinsichtlich der eingesetzten Primärenergieträger,
- unterscheiden bei Wärmekraftwerken zwischen fossilen und regenerativen Primärenergieträgern.

- recherchieren und vergleichen die Gesamtwirkungsgrade von verschiedenen Wärmekraftwerken,
- erläutern anhand von schematischen Darstellungen den Aufbau und die Funktionsweise von Wasser-, Wind- oder Solarkraftwerken,
- recherchieren die Umwelteinflüsse durch die Rohstoffgewinnung und den Betrieb verschiedener Kraftwerkstypen,
- diskutieren und bewerten verschiedene Kraftwerkstypen und ihren Anteil an der Stromerzeugung in ökonomischer und ökologischer Hinsicht.

Kompetenzerwartungen

Fachwissen

Erkenntnisgewinnung,
Kommunikation, Bewertung**Energiehaushalt und Energieentwertung**

- geben den jährlichen Bedarf an elektrischer Energie für einen durchschnittlichen Haushalt an,
 - geben die elektrischen Leistungen verschiedener Haushaltsgeräte an,
 - berechnen den jährlichen Energiebedarf und die Kosten von selbst genutzten Geräten,
 - ordnen Energieformen eine Wertigkeit zu, entsprechend ihrer Wandelbarkeit in andere Energieformen,
 - nennen innere Energie von Körpern mit Umgebungstemperatur als niederwertigste Energieform,
 - unterscheiden Energieerhaltung und Energieentwertung bei Energiewandlern.
- diskutieren Maßnahmen zur Energieeinsparung auf lokaler und globaler Ebene.

Hinweise

Allgemeine Hinweise:

- Energiewandlungsprozesse am konkreten Beispiel des Kohlekraftwerks einführen
- Häufig gebrauchte Energiewandler (maximaler Wirkungsgrad Stand 2013):
 - Elektromotor (90%)
 - Batterie (Bleiakku 60%, Lithium-Ionen-Akku 90%)
 - Generator (99%)
 - Verbrennungsmotor (Ottomotor 40%, Pkw-Diesel 50%, Schiffsdiesel 55%)
- Kernkraftwerke zählen zu den Wärmekraftwerken, Funktionsprinzip des nuklearen Teils erst in Klassenstufe 10
- Kraftwerke (typischer Wirkungsgrad Stand 2013):
 - Kohlekraftwerk (veraltete 25%, moderne 38%)
 - Gas- und Dampfkraftwerke (58%)
 - Solarzellen (16%)
 - Windkraftanlagen (bis 50%)
 - Wasserkraftwerke (80–90%)
 - Kernkraftwerke (30%)
- Beschäftigung mit der gesellschaftlichen Diskussion zur künftigen Energieversorgung ausdrücklich erwünscht

Zusätzliche geeignete (Schüler-)Experimente

- Wirkungsgrade von Haushaltsgeräten als Wandler von elektrischer in mechanische Energie bestimmen (Mixer oder Bohrmaschine verrichten Hubarbeit)

Hinweise

- Wirkungsgrad eines Heißwasserkochers als Wandler von elektrischer Energie in innere Energie des Wassers bestimmen
- Aufbau von Stromkreisen mit alternativen Elektrizitätsquellen wie Solarzelle, Brennstoffzelle, Windgenerator
- Aufbau von Stromkreisen mit baugleichen Elektromotoren und Generatoren

Projekte

- Energiedetektive 1: Wofür wird die Energie in unserem Haushalt bzw. unserer Schule aufgewandt?
- Energiedetektive 2: Wo „verliert“ unser Haus bzw. unsere Schule Energie?
- Kraftwerksutopien: Wie sieht unsere Energieversorgung in 100 Jahren aus?
- Energie ernten: Wie sammelt man „freie“ Energie?

Außerschulische Lernorte

- Besichtigung eines Kraftwerks (z. B. Kohle, Wind)
- Schülerlabore (z. B. EnerTec)

Fachübergreifende und fächerverbindende Bezüge

- Politik:
Bürgerbeteiligung an Genehmigungsverfahren für Windkraft- oder Photovoltaikanlagen, politische Entscheidungen zur Energieversorgung auf lokaler, nationaler und internationaler Ebene
- Erdkunde:
Lagerstätten und Transportwege der Primärenergieträger, Länderspezifische Unterschiede in der Energieversorgung (Industrienationen/Entwicklungsländer oder Exportnationen/Importnationen), Geothermie Standorte, regenerativen Energieformen als Wirtschafts- und Standortfaktor

Geeignete Kontexte:

- Energetische Sanierung von Altbauten
- Energetische Mindeststandards für Neubauten
- Kampagne „Reuse-Reduce-Recycle“
- Müllverbrennung - Müllvermeidung
- Treibhauseffekt
- Bevölkerungsentwicklung weltweit und die notwendige Energieversorgung
- Leitungsneubau: Nord/Süd, Gleichstrom/Wechselstrom