

Lehrplan

Physik

Gymnasium

Klassenstufen 7 und 8

Schuljahr 2013/14

Erprobungsphase

Inhalt

Vorwort

Jahrgangsübergreifender Teil

Der Beitrag des Faches Physik zur gymnasialen Bildung
Kompetenzorientierung

Jahrgangsbezogener Teil

Zum Umgang mit dem Lehrplan

Themenfelder Klassenstufe 7

Themenfelder Klassenstufe 8 (Sprachenzweig)

Themenfelder Klassenstufe 8 (naturwissenschaftlicher Zweig)

Anhang

Operatorenliste

Vorwort

Kompetenzorientierte Lehrpläne für das Gymnasium

Das saarländische Gymnasium als eine der beiden Säulen des allgemeinbildenden Sekundarbereichs bietet den Schülerinnen und Schülern in einem achtjährigen Bildungsgang eine ihren Neigungen und Fähigkeiten entsprechende Erziehung und Bildung. Neben der Vermittlung fachlicher Kenntnisse sowie sozialer, methodischer, sprachlicher, interkultureller und ästhetischer Kompetenzen liegt sein Auftrag in der Entwicklung und Stärkung der Persönlichkeit und einer Weltorientierung, die sich aus der Begegnung mit zentralen Gegenständen unserer Kultur ergibt. Mit dem Abschluss des gymnasialen Bildungsgangs sollen die Schülerinnen und Schüler in der Lage sein, ihr privates und berufliches Leben sinnbestimmt zu gestalten und als mündige Bürgerinnen und Bürger verantwortungsvoll am gesellschaftlichen Leben sowie an demokratischen Willensbildungs- und Entscheidungsprozessen mitzuwirken.

Der Bildungsgang am Gymnasium umfasst die Jahrgangsstufen 5 bis 12. Er ist wissenschaftspropädeutisch angelegt und führt zur Allgemeinen Hochschulreife. Aufbauend auf den in der Grundschule erworbenen Fähigkeiten und Fertigkeiten vermittelt er Schülerinnen und Schülern, die erhöhten Anforderungen gerecht werden, unabhängig von sozialen und kulturellen Voraussetzungen eine vertiefte allgemeine Bildung. Die gymnasiale Bildung bereitet auf ein Hochschulstudium vor, befähigt aber ebenso zum Eintritt in berufsbezogene Bildungsgänge.

Der Unterricht berücksichtigt individuelle Lern- und Entwicklungsvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler. Durch das Angebot verschiedener Profile sowie Wahl- und Zusatzangebote bietet das Gymnasium die Möglichkeit, eigene Schwerpunkte zu setzen. Dabei kommt der Förderung leistungsschwächerer ebenso wie besonders leistungsstarker Schülerinnen und Schüler hohe Bedeutung zu. Der Unterricht soll so angelegt sein, dass die Kinder und Jugendlichen die Freude am Lernen und zunehmend auch die Anstrengungsbereitschaft, die Konzentrationsfähigkeit und die Genauigkeit entwickeln, die eine vertiefte Beschäftigung mit anspruchsvollen bis hin zu wissenschaftlichen Aufgabenstellungen ermöglichen.

Der stetige Zuwachs an wissenschaftlichen Erkenntnissen erfordert in zunehmendem Maße lebenslanges Lernen. Der Unterricht trägt dem Rechnung durch die besondere Betonung methodischer Kompetenzen und durch exemplarisches Lernen. Damit verbunden sind inhaltliche Reduktion sowie der zunehmende Einsatz schülerzentrierter Sozialformen, die eigenständiges Lernen und Teamfähigkeit fördern.

Auch die Verfügbarkeit moderner Medien zur Informationsbeschaffung und zur Kommunikation stellt an die Ausgestaltung des Unterrichts neue Anforderungen. Es ist grundsätzlich Aufgabe aller Fächer, den Schülerinnen und Schülern einen sachgerechten und verantwortungsvollen Umgang mit den neuen Medien zu vermitteln.

Der Unterricht am Gymnasium berücksichtigt die im Rahmen der Kultusministerkonferenz (KMK) vereinbarten Bildungsstandards. Die Standards umfassen neben inhaltsbezogenen Kompetenzen auch allgemeine Kompetenzen wie zum Beispiel Beurteilungskompetenz und Kommunikationskompetenz sowie methodische Kompetenzen und Lernstrategien, über die die Schülerinnen und Schüler verfügen sollen, um die inhaltsbezogenen Kompetenzen erwerben zu können.

Die vorliegenden Lehrpläne gehen jeweils von einem fachspezifischen Kompetenzmodell aus, um inhaltsbezogene und allgemeine Kompetenzerwartungen zu formulieren. Die verbindliche Festlegung der allgemeinen Kompetenzen eröffnet Chancen für eine Weiterentwicklung der Unterrichtskultur. Dabei kommt individuellen und kooperativen Lernformen, die selbstorganisiertes Handeln sowie vernetztes Denken fördern, besondere Bedeutung zu.

Die Lehrpläne greifen die schulformübergreifenden Vorgaben der KMK-Bildungsstandards auf und tragen gleichzeitig durch die Auswahl und den Anspruch der inhaltlichen Vorgaben dem besonderen Anforderungsprofil des Gymnasiums Rechnung. Sie beschränken sich auf wesentliche Inhalte und Themen, die auch Bezugspunkte für schulische und schulübergreifende Leistungsüberprüfungen sind, und enthalten darüber hinaus Hinweise und Vorschläge zur Unterrichtsgestaltung.

Unabhängig von den durch die KMK vereinbarten Bildungsstandards werden sukzessive für alle Fächer kompetenzorientierte Lehrpläne entwickelt. Die Ausrichtung an Kompetenzen ist entscheidend dadurch begründet, dass der Blick auf den Lernprozess und die zu erwerbenden Fähigkeiten und Fertigkeiten der Schülerinnen und Schüler gerichtet wird. Damit wird eine schülerzentrierte und offene Gestaltung des Unterrichtes gefördert.

Lehrplan Physik

Gymnasium

Jahrgangsübergreifender Teil

Der Beitrag des Faches Physik zur gymnasialen Bildung

Der Physikunterricht vermittelt den Schülerinnen und Schülern ein physikalisches Verständnis, das in einer modernen Wissensgesellschaft von großer Bedeutung ist. In einem Wirtschaftsraum, der stark von technischen Entwicklungen abhängt und sich im Zuge der Globalisierung in einer weltweiten Konkurrenzsituation befindet, gewährleistet eine fundierte physikalische Bildung, dass die Schülerinnen und Schüler sich in diesem Raum orientieren können und darin selbstbestimmt und effektiv entscheiden und handeln können.

Der Physikunterricht versetzt die Schülerinnen und Schüler als Verantwortliche von morgen in die Lage, Risiken und Chancen technologischer Entwicklungen in ihren Auswirkungen und Zusammenhängen zu erkennen, um eine behutsame Abwägung der Nutzung von Technologien hinsichtlich ihres Wertes und ihrer Gefahren für die Gesellschaft vornehmen zu können.

Neben der Bedeutung für die zukünftige Entwicklung unseres Lebensraums ist eine physikalische Grundbildung auch zum Verständnis der gesellschaftlichen und kulturellen Entwicklung im historischen Sinne unabdingbar. Sowohl die positiven und bahnbrechenden Entdeckungen als auch die vielen Fehlschritte der vergangenen Jahrhunderte auf dem Gebiet der Physik bieten wichtige Entscheidungsgrundlagen für zukünftige Problemstellungen.

Im Physikunterricht lernen die Schülerinnen und Schüler die Funktionsweise technischer Geräte aus ihrer Lebenswelt kennen. Die erworbenen Kenntnisse ermöglichen ihnen den sachgerechten, gewinnbringenden und umweltbewussten Umgang mit diesen im Alltag. Weiterhin werden die Schülerinnen und Schüler durch die erlernten praktischen Fertigkeiten sowie die Kenntnis und die Beachtung von Sicherheitsmaßnahmen beim Experimentieren in die Lage versetzt, auch in Alltagssituationen Gefahren zu erkennen und abzuwenden.

Durch die Kenntnis typischer physikalischer Arbeitsmethoden und Denkstrukturen wird das kognitive Vermögen der Schülerinnen und Schüler angesprochen und herausgefordert. Im Besonderen werden im Physikunterricht das Erkennen von Problemen und Zusammenhängen sowie die Eigeninitiative beim Aufspüren von Strategien zur Problemlösung und eigenständiges Denken gefördert. Dabei entwickeln die Schülerinnen und Schüler wichtige anschlussfähige Kompetenzen, die ihnen den Einstieg in eine entsprechende Berufsausbildung oder ein Studium erleichtern.

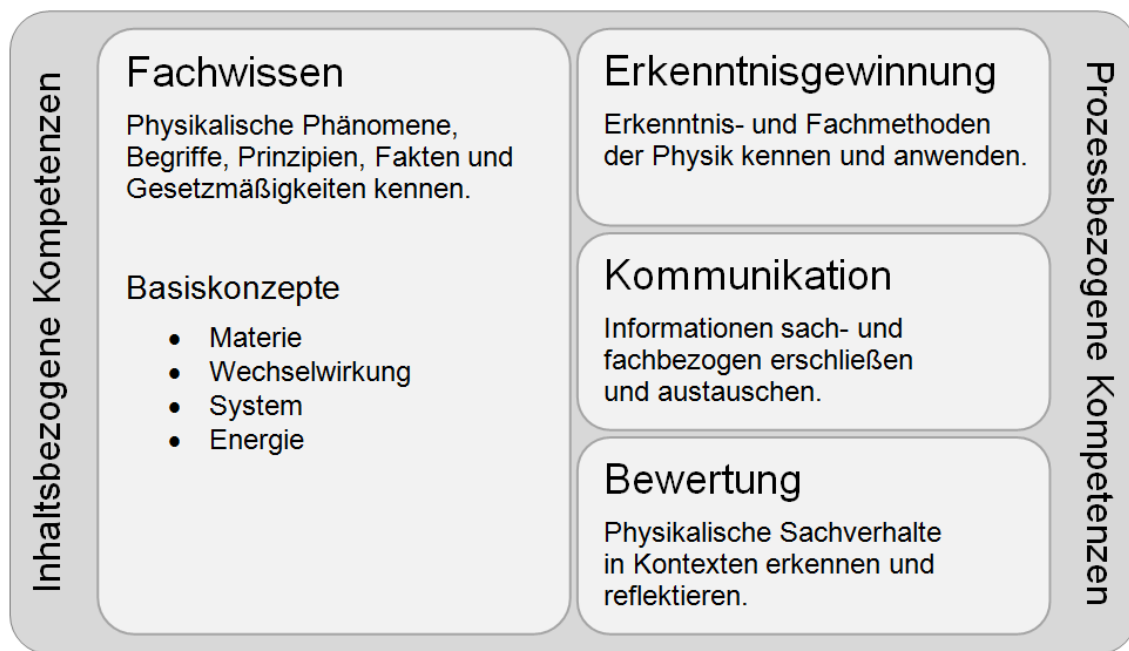
Naturwissenschaftliche und ingenieurwissenschaftliche Berufssparten nehmen in einer modernen Industriegesellschaft einen breiten Raum ein und der Arbeitsmarkt der Zukunft benötigt entsprechend gebildete Arbeitskräfte. Die dazu nötige solide Grundbildung erfahren die Schülerinnen und Schüler im Physikunterricht. Nicht zuletzt führt ein motivierender Physikunterricht dazu, dass Schülerinnen und Schüler sich später für Berufe mit physikalisch-technischer Prägung entscheiden. Die Schülerinnen und Schüler, die sich ganz anderen Gebieten zuwenden, erhalten aus der Erfahrung im gymnasialen Unterricht ihr bleibendes Bild von der Physik.

Schließlich wird durch den Physikunterricht die Neugier, das Interesse und die Freude der Schülerinnen und Schüler am Entdecken und an der selbständigen aktiven Bearbeitung physikalischer Fragestellungen geweckt und erhalten. Dadurch werden die Schülerinnen und Schüler angeregt und befähigt, sich auch im täglichen Leben mit Naturphänomenen und physikalischen Fragestellungen zu befassen, und auf diese Weise ihr Weltwissen entscheidend zu erweitern.

Kompetenzorientierung

Unter Berücksichtigung der Bildungsstandards sowie der Allgemeinen Prüfungsanforderungen für das Abitur (APA) konkretisiert der Lehrplan für das Fach Physik die grundlegenden kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, die Schülerinnen und Schüler im gymnasialen Physikunterricht erwerben sollen.

Physikalische Kompetenz umfasst neben dem hervorgehobenen Bereich Fachwissen die Bereiche Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung. Die vier Basiskonzepte Materie, Wechselwirkung, System und Energie können als übergreifende Leitideen genutzt werden, ein gegebenes Thema unter wiederkehrenden fachlichen Aspekten zu betrachten. Dadurch kann die Vernetzung physikalischer Sachverhalte gefördert werden.



Zur Beschreibung von Kompetenzerwartungen können Operatoren nützlich sein. In der Tabelle im Anhang sind Beispiele für Operatoren in der Physik und die Beschreibung der entsprechenden erwarteten Leistung aufgeführt.

Lehrplan Physik

Gymnasium

Jahrgangsbezogener Teil

Zum Umgang mit dem Lehrplan

Die jahrgangsbezogenen Teile des Lehrplans sind nach Themenfeldern gegliedert, denen jeweils didaktische und methodische Kommentare vorangestellt sind. Diese betreffen z. B. geeignete Schwerpunktsetzungen in der unterrichtlichen Umsetzung, Hinweise auf die Tiefe der Behandlung und Hinweise auf die Basiskonzepte.

Daran anschließend sind in zwei Spalten verbindliche Kompetenzerwartungen bzw. Schüleraktivitäten, die zum Kompetenzaufbau beitragen, aufgeführt. In der linken Spalte sind Kompetenzerwartungen aus dem Bereich Fachwissen (inhaltsbezogene Kompetenzen) ausgewiesen. In der rechten Spalte werden diesen Kompetenzerwartungen aus den Bereichen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung (prozessbezogene Kompetenzen) zugeordnet.

Die Kompetenzschwerpunkte sind bewusst detailliert beschrieben. Dies geschieht mit dem Ziel, die Intensität der Bearbeitung möglichst präzise festzulegen. So kann vermieden werden, dass Lernbereiche entweder zu intensiv oder zu oberflächlich behandelt werden. Die detaillierte Darstellung darf hierbei nicht als Stofffülle missverstanden werden. Der Lehrplan beschränkt sich vielmehr auf wesentliche Inhalte und Themen, die auch Bezugspunkte für schulische und schulübergreifende Leistungsüberprüfungen sind.

Kontexte und Unterrichtsmethoden können grundsätzlich frei gewählt werden. Häufig können Inhalte exemplarisch ausgewählt werden. Die Wahl der Experimente, mit denen die verbindlichen Teilkompetenzen aufgebaut werden können, bleibt in allen Fällen, in denen kein bestimmtes Experiment verpflichtend vorgegeben ist, der Lehrkraft überlassen.

Zusätzlich zum verbindlichen Rahmen gibt der Lehrplan zu jedem Thema Hinweise für eine mögliche unterrichtliche Umsetzung wie z. B. Hinweise zu Experimenten, Projekten, Kontexten, außerschulische Lernorten, usw. Daneben werden Bezüge zu anderen Fächern aufgezeigt. Auf eine Auflistung von Standardexperimenten wurde mit Blick auf zahlreiche Lehr- und Arbeitsmaterialien in der Regel verzichtet. Diese Hinweise haben lediglich orientierenden Charakter. Sie sollen Hilfen bei der didaktischen und methodischen Ausgestaltung des Unterrichts anbieten und können je nach gewähltem Kontext gewinnbringend verwertet werden.

Als Richtwerte für die Gewichtung der verbindlich zu behandelnden Lernbereiche bei der Planung des Unterrichts sind Prozentwerte angegeben. Darüber hinaus lässt der Lehrplan Zeit für Vertiefungen, individuelle Schwerpunktsetzungen, fächerübergreifende Bezüge und die Behandlung aktueller Themen.

Die im Lehrplan angegebene Reihenfolge innerhalb des Schuljahres ist nur insofern verbindlich, wie es sachlogisch geboten scheint und wie Rahmenbedingungen es vorgeben (z. B. Vergleichsarbeiten, Beschlüsse der Fachkonferenz). Die Anordnung im Lehrplan zeigt eine mögliche Reihenfolge der Bearbeitung auf.

Themenfelder Klassenstufe 7

Themenfelder Klassenstufe 7	Physik
Grundlagen der Elektrizität	50 %
Elektrischer Stromkreis	
Elektrische Spannung	
Wirkungen des elektrischen Stroms	
Elektrische Stromstärke	
Ohm'sches Gesetz	
Sicherer Umgang mit Elektrizität	
Grundlagen der Optik	25 %
Lichtausbreitung	
Lochkamera	
Reflexion	
Grundlagen der Mechanik	25 %
Masse und Dichte	
Bewegungen	

Im Anfangsunterricht müssen die zum Teil schon aus der Grundschule und dem Fach Naturwissenschaften mitgebrachten Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler berücksichtigt werden. Vor dem eigenständigen Experimentieren sollen die Schülerinnen und Schüler wissen, dass elektrische Erscheinungen mit Gefahren verbunden sein können. Das Experimentieren mit Batterien, Lämpchen, Kabeln und Schaltern führt zu einer hohen Motivation. Mit zunehmendem Verständnis wird allmählich die Fähigkeit zu angstfreiem, vorsichtigem und gefahrlosem Umgang mit elektrischen Schaltungen entwickelt (*Basiskonzept System*). Die Untersuchung von Materialien auf Leitfähigkeit erfolgt zunächst nur qualitativ. Welche Stoffe als Leiter und Nichtleiter erkannt werden, hängt bei einfachen Versuchen vom Nachweisgerät ab. Die Erkenntnis, wie gut und unter welchen Bedingungen der Mensch leitet, kann bei der Besprechung von Gefahrensituationen thematisiert werden.

Das Bedürfnis nach Modellvorstellungen muss durch die Beobachtung und die Beschreibung von Phänomenen erst geweckt werden. Das Modell zur Stromvorstellung sollte einfach gehalten werden. Das Modell der Elementarmagnete eignet sich, die Bedeutung von Modellvorstellungen und Hypothesen an dieser Stelle exemplarisch zu veranschaulichen (*Basiskonzepte Materie, Wechselwirkung*).

Die Terminologie sollte zum einen eine dem Entwicklungsstand der Schüler entsprechend sinnvolle Beschreibung der Grundphänomene ermöglichen, zum anderen später einen bruchlosen Übergang zu ausgeschärfte, quantitativen Begriffen ermöglichen (z. B. „stärkere“ Quelle → Quelle mit der höheren Spannung, „schlechterer“ Leiter → Leiter mit dem größeren Widerstand).

Die elektrische Stromstärke wird als erste Größe im Physikunterricht eingeführt. Die Festlegung einer Messvorschrift muss im Fall der elektrischen Stromstärke als einer Basisgröße ohne Rückgriff auf andere Größen erfolgen. Die dazu notwendigen drei Schritte (Einheit, Gleichheit und Vielfachheit) erfolgen exemplarisch für die Einführung weiterer Basisgrößen. Besondere Beachtung verdient hier eine ausreichende Differenzierung des Strombegriffs vom Spannungsbegriff. Eine Definition der elektrischen Spannung kann jedoch erst nach Kenntnis der physikalischen Größe Energie in Klassenstufe 9 erfolgen.

Der Zusammenhang zwischen den Größen Stromstärke und Spannung wird experimentell ermittelt (*Basiskonzept Materie*). Die Wertetabelle sowie das dazugehörige Diagramm liefern zunächst nur einzelne Wertepaare bzw. isolierte Messpunkte. Diese unbefriedigende Information motiviert die Einführung einer Ausgleichskurve, die per Augenmaß eingezeichnet wird. Messabweichungen werden angesprochen. Es sollte thematisiert werden, dass nicht ein Streckenzug, sondern eine „glatte“ Kurve den allgemeinen Zusammenhang zwischen den beiden Größen zutreffend graphisch abbildet (→ Kennlinie).

Bei der Hinführung zum Ohm'schen Gesetz scheint es sinnvoll, zunächst den allgemeinen Fall einer nichtlinearen Kennlinie in den Vordergrund zu stellen. Nur dann können die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass der proportionale Zusammenhang eine Besonderheit des verwendeten Leiters darstellt. Die Einführung der Proportionalitätskonstanten R (Ohm'scher Widerstand) und der kalkülhafte Umgang mit der Widerstandsdefinition erfolgen erst in der Klassenstufe 9. In Klassenstufe 7 steht die Arbeit mit Diagrammen im Vordergrund. Es sollte thematisiert werden, dass je-desto-Formulierungen nicht hinreichend für Proportionalität sind.

Kompetenzerwartungen	
Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<p>Elektrischer Stromkreis</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • geben an, dass elektrische Schaltungen mit Gefahren verbunden sein können, 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • bauen mit Hilfe eines Schaltplanes einfache Schaltungen auf,

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> nennen verschiedene Elektrizitätsquellen, benennen die wesentlichen Elemente eines Stromkreises und zeichnen die entsprechenden Schaltsymbole (Quelle, Leiter, Schalter, Lämpchen), beschreiben den Aufbau und die Funktionsweise der UND- und der ODER-Schaltung, unterscheiden zwischen Leitern und Isolatoren. 	<ul style="list-style-type: none"> zeichnen bei einer gegebenen einfachen Schaltung ein Schaltbild, finden Fehler in einfachen Schaltungen (Kurzschluss), planen einfache Experimente zur Untersuchung der Leitfähigkeit und führen sie durch, belegen mit einem Beispiel, dass die Eigenschaft eines Stoffes, ein Leiter oder Nichtleiter zu sein, von Bedingungen abhängen kann.
<p>Elektrische Spannung Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> bezeichnen die elektrische Spannung mit dem Symbol U und geben ihre Einheit an: $[U] = 1 \text{ V}$, unterscheiden zwischen physikalischer Größe, Formelzeichen und Einheit. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> entwickeln in Analogie zum Wasserstromkreis die Vorstellung vom Ladungstransport im elektrischen Stromkreis, beschreiben den elektrischen Strom als bewegte elektrische Ladung, interpretieren eine Elektrizitätsquelle als „Ladungsträgerpumpe“ und die elektrische Spannung als „Maß für die Pumpstärke“, bestimmen die Pole einer Gleichspannungsquelle mit Hilfe einer Glühlampe (Lehrerexperiment).
<p>Wirkungen des elektrischen Stromes Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> geben die Wärmewirkung als Eigenschaft des elektrischen Stromes an, beschreiben den Aufbau und die Wirkungsweise einer Schmelzsicherung, geben die magnetische Wirkung als Eigenschaft des elektrischen Stromes an, erläutern die Kraftwirkung von Dauermagneten und die Festlegung der Magnetpole, 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> führen die Funktionsweise eines entsprechenden elektrischen Gerätes auf die Wärmewirkung des elektrischen Stromes zurück, recherchieren Geräte (im Haushalt), welche die Wärmewirkung des elektrischen Stromes nutzen, beschreiben Aufbau und Funktionsweise eines Kompasses, erläutern die historische Bedeutung des Kompasses zur Orientierung,

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> • klassifizieren Stoffe nach ihren magnetischen Eigenschaften, • erläutern das Modell der Elementarmagnete zur Beschreibung von Magnetisierungs- und Entmagnetisierungsvorgängen, • geben an, dass eine Modellvorstellung das Erklären von Beobachtungen und das Aufstellen von Hypothesen ermöglichen kann, • erläutern das Feldlinienmodell zur Beschreibung von Magnetfeldern. 	<ul style="list-style-type: none"> • beurteilen den Einsatz eines Kompasses zur Orientierung in der Natur, • erklären mit Hilfe des Modells der Elementarmagnete Magnetisierungs- und Entmagnetisierungsvorgänge, • zeichnen und interpretieren einfache Feldlinienbilder (Interpretation auch räumlich), • vergleichen Feldlinienbild und magnetische Wirkung von stromdurchflossener Spule und Stabmagnet, • bauen einen einfachen Elektromagneten, • beschreiben als Anwendung des Elektromagnetismus den Aufbau einer Klingel oder eines Relais und erklären die Wirkungsweise.
<p>Elektrische Stromstärke</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • erklären basierend auf einer Wirkung des elektrischen Stromes das Prinzip eines Messgerätes für die elektrische Stromstärke, • bezeichnen die elektrische Stromstärke mit dem Symbol I und geben ihre Einheit an: $[I] = 1 \text{ A},$ • definieren den Vorgang des „Messens“ als Vergleich mit einer vorher festgelegten Einheit, • geben an, dass jeder Messvorgang unvermeidbar mit Messabweichungen verbunden ist, 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • nutzen Analogien zur Deutung der elektrischen Stromstärke als Maß für die Ladung, die in einer bestimmten Zeiteinheit durch einen Leiterquerschnitt fließt (ohne Formel), • nutzen die Analogie zur Längenmessung zur Festlegung eines Messverfahrens für die elektrische Stromstärke (Betrachtung von Einheit, Gleichheit und Vielfachheit),

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> • geben an, wie ein Amperemeter in einen Stromkreis eingebaut werden muss. 	<ul style="list-style-type: none"> • bestimmen die elektrische Stromstärke mit Hilfe eines Amperemeters abhängig vom eingestellten Messbereich, • recherchieren und vergleichen Stromstärken in unterschiedlichen Alltagssituationen.
<p>Ohm'sches Gesetz</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • formulieren das Ohm'sche Gesetz: Für metallische Leiter gilt bei konstanter Temperatur: $U \sim I$, • lösen einfache Aufgaben mit Hilfe von U-I-Kennlinien. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • planen ein Experiment zur Bestimmung des Zusammenhangs zwischen Stromstärke und Spannung, führen es durch und dokumentieren das Ergebnis in Form einer U-I-Kennlinie.
<p>Sichererer Umgang mit Elektrizität</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • geben an, dass zu hohe Ströme für den menschlichen Körper gefährlich sind, • nennen Besonderheiten und Schutzmaßnahmen des technischen Wechselstromnetzes. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • bewerten mögliche Gefahrenquellen im Umgang mit Elektrizität im Alltag.

Hinweise

- keine Verwendung des Begriffes „Stromquelle“
- Glühlampe als Indikator und vorläufiges Vergleichsgerät für elektrische Ströme
- Gehäuse als Teil des Stromkreises (z. B. Taschenlampe, Fahrrad, Modelleisenbahn)
- Lernen an Stationen (ODER-, UND-, ENTWEDER-ODER-, WECHSEL-Schaltung)
- Dokumentation der Schaltzustände in (Schalt-)Tabellen
- Unterscheidung zwischen Glühlampe und Glimmlampe
- Aufbau von Leitungsdraht, Schaltern und Lampenfassungen
- Leitfähigkeit im Erdboden
- Umweltbelastung durch Herstellung und Entsorgung von Batterien
- Verdeutlichung der Umsetzung physikalischer Erkenntnisse in technischen Anwendungen am Beispiel von Geräten im Haushalt (z. B. Toaster, Bügeleisen, Glühlampe)
- Demonstration verschiedener Typen von Schmelzsicherungen (z. B. Haushalt, Auto)
- Feldlinienmodell zur Veranschaulichung im Vergleich zum Modell der Elementarmagnete zur Erklärung von Phänomenen (→ Lernen mit Modellen und über Modelle), Stabmagnet als einfaches Modell für die Erde
- Unterscheidung zwischen (Maß-)einheit (1 A) und Benennung (A)
- Angabe einer physikalischen Größe stets mit Maßzahl und Benennung

Hinweise

- Willkürliche, aber reproduzierbare Festlegung von (Maß-)Einheiten
- Begriffe Eichen versus Kalibrieren bzw. Skalieren
- Strategie beim Messen einer physikalischen Größe (→ Messbereich), Ableseübungen an verschiedenen Skalen (→ Parallaxenfehler)
- Zunächst keine Verwendung von Vielfachmessgeräten
- Knotenregel, Widerstandsdefinition in Klasse 9

Zusätzliche geeignete (Schüler-)Experimente

- Aufbau eines geschlossenen Stromkreises aus Glühlampe und Flachbatterie
- Zerlegung von Lampen (z. B. Taschenlampe)
- Nachbau des Stromkreises der Fahrradbeleuchtung
- Aufbau von „Minilichterketten“
- UND-Schaltung als Sicherheitsschaltung, ENTWEDER-ODER- Schaltung
- Modellexperiment zu Halogenleuchten
- Bau einer Wechselschaltung
- Bau einer Fußgänger-/Autoampelschaltung
- Testen der Leitfähigkeit verschiedener Materialien (z. B. Kamm, Schere, Bleistift, Gummi)
- Bau eines Elektromagneten

Projekte

- Elektroinstallation im Modellhaus
- Styroporschneider
- Bau eines Kompasses
- Bau einer Alarmanlage
- Bau eines Strommessgerätes

Außerschulische Lernorte

- Schrottplatz
- Müllsortierungsanlage

Fachübergreifende und fächerverbindende Bezüge

- Mathematik: Größen im Alltag, Ober- und Untereinheiten, Messen, Darstellung und Umrechnungen von Größen, Proportionale Zuordnungen
- Biologie: Magnetische Bakterien, Magnetsinn bei Vögeln, Wandern von Langusten
- Erdkunde: Erde als Magnet

Geeignete Kontexte

- Stromkreis in einer Modelleisenbahn
- Schaltungen im Haushalt (z. B. Steckdosenleiste [mit Schalter], Klingelanlage, Halogenleuchten, Weihnachtsbaumbeleuchtung)
- UND-Sicherheitsschaltung im Alltag (z. B. bei Waschmaschine, Geschirrspüler, Heckenschere, Kreissäge)

Hinweise

- Lichtanlage am Auto (z. B. Innenbeleuchtung, Scheinwerfer)
- Ampelschaltungen (Fußgänger, Auto)
- Schalter und Kabel (Leitfähigkeit)
- Leitfähigkeit des menschlichen Körpers
- Verschiedene Schaltertypen (z. B. Wipp-, Tast-, Reed-, Um-, Kreuzschalter)
- Schmelzsicherungen im Alltag (z. B. Haushalt, Auto)
- Sortieren mit Magneten
- Orientierung mit Hilfe eines Kompasses, Navigieren im Magnetfeld der Erde
- Magnetisches Spielzeug
- Elektromagnete im Alltag (z. B. Weiche bei der Modelleisenbahn, Hebemagnet auf dem Schrottplatz)
- Schalter mit magnetischer Wirkweise (z. B. Reedrelais)

In der Sekundarstufe I steht die geometrische Optik im Vordergrund. Bei der Beschreibung optischer Phänomene müssen Schülervorstellungen berücksichtigt werden, die das Lernen erschweren. Das Bewusstwerden dieser Fehlvorstellungen ist notwendig, um diese im Sinne eines Konzeptwechsels behutsam in physikalische Vorstellungen zu überführen. Im Unterricht steht zunächst der Sehvorgang im Vordergrund. Die Begriffsbildung kann dadurch erschwert werden, dass optische Phänomene stets im Zusammenwirken von Licht und Auge wahrgenommen werden (*Basiskonzepte System, Wechselwirkung*). Die Sammlung von Lichtquellen, die in der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler eine Rolle spielen, führt zu einer einfachen Klassifizierung. Die Vorgänge selbst, die zur Lichtaussendung führen, können allenfalls auf einfache Weise beschrieben werden, da der Energiebegriff noch nicht zur Verfügung steht (*Basiskonzept Energie*).

Das Modell des Lichtstrahls muss im Unterricht entwickelt werden. Nach seiner Einführung lassen sich die optischen Phänomene in elementarer Form beschreiben und mit Rückgriff auf geometrisch formulierte Aussagen erklären. Schattenphänomene treten in der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler vielfältig auf. Diese können nun physikalisch gedeutet werden (*Basiskonzepte System, Wechselwirkung*). Auf die Größe der Lichtgeschwindigkeit kann an anderer Stelle (→ Mechanik, Geschwindigkeit) eingegangen werden. Dann können einfache Aufgaben auch eine Vorstellung über astronomische Entfernungen vermitteln.

Anhand der Lochkamera werden Begriffe entwickelt, die für die Beschreibung jeder optischen Abbildung, insbesondere auch der Linsenabbildung in Klassenstufe 9, notwendig sind. Einfache Lochkameras können zu Hause von den Schülerinnen und Schülern gebaut werden. Durch systematisches und zielgerichtetes Vorgehen (→ Hypothesenbildung, Falsifikation/Verifikation im Experiment) bei der Untersuchung physikalischer Gesetzmäßigkeiten erhalten die Schülerinnen und Schüler aufgrund ihrer eigenen Überlegungen einen unmittelbaren Zugang zur wissenschaftlichen Arbeitsweise. Auf Berechnungen kann an dieser Stelle noch verzichtet werden. Die Behandlung der Abbildungsgleichung wird nicht in Klasse 7 gefordert. Zusammenhänge können als je-desto-Aussagen formuliert werden, konkrete Werte können aus der Konstruktionszeichnung abgelesen werden (*Basiskonzept Wechselwirkung*).

Die Aussage über die geradlinige Ausbreitung des Lichtes wird spätestens bei der Behandlung der Reflexion präziser gefasst werden müssen (*Basiskonzept Wechselwirkung*). Die Chance, die Schülerinnen und Schüler das Reflexionsgesetz im Unterricht selbst entdecken zu lassen, führt dazu, dass im Unterricht der Spezialfall der gerichteten Reflexion und nicht die diffuse Reflexion im Vordergrund steht. Das Reflexionsgesetz ermöglicht auch die Ermittlung von Lage und Größe von Bildern an Spiegeln durch eine geometrische Konstruktion. Auch an dieser Stelle sollten Schülervorstellungen thematisiert werden, z. B. die typische Fehlvorstellung, ein Spiegel vertausche rechts und links.

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<p>Lichtausbreitung</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • unterscheiden selbstleuchtende und beleuchtete Körper als Lichtquellen, • geben an, dass ein Körper dann gesehen wird, wenn Licht vom Körper in das Auge gelangt, • erläutern das Strahlenmodell zur Beschreibung der Lichtausbreitung, 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • beschreiben einen Versuch zur Sichtbarmachung von Lichtbündeln, • konstruieren mit Hilfe des Strahlenmodells Schattenräume,

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> definieren die Begriffe Schattenraum, Kern- und Halbschattenraum. 	<ul style="list-style-type: none"> beschreiben exemplarisch astronomische Schattenerscheinungen und führen sie auf die Schattenbildung zurück.
<p>Lochkamera</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> beschreiben den Aufbau einer Lochkamera. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> stellen Hypothesen zu Zusammenhängen zwischen den physikalischen Größen bei Abbildungen mit der Lochkamera auf und überprüfen diese im Experiment und durch Konstruktion, erläutern den Einfluss der Blendenöffnung auf das Bild.
<p>Reflexion</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> formulieren das Reflexionsgesetz zur Reflexion am ebenen Spiegel (Begriffe Einfallslot, Einfalls-/Reflexionsebene, Einfalls-/Reflexionswinkel), nennen Eigenschaften des Spiegelbildes. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> führen einfache Versuche zur Reflexion durch, erklären mit Hilfe des Strahlenmodells die Reflexion, wenden das Reflexionsgesetz auf die Entstehung und die Konstruktion von Spiegelbildern an.

Hinweise

- Besondere Lichtquellen (z. B. Laser, Flutlicht, Sonne, lebendige Lichtquellen)
- Hinweis auf Gefahren im Umgang mit Lichtquellen (z. B. Laser)
- Vorführung der Lichtquellen, die später im Unterricht verwendet werden (z. B. Laser, Halogenlampen, Gasentladungslampen, Bogenlampen)
- Endliche Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes
- Begründung des Modells „Lichtstrahl“ aus der Beobachtung von Lichtbündeln
- Entstehung von Schattenräumen als Folge der geradlinigen Lichtausbreitung
- Beobachtung einer realen Mond-, Sonnenfinsternis (→ Sicherheitsmaßnahmen)
- Konkurrenzsituation von Helligkeit und Schärfe bei der Lochkamera
- Abbildungsgesetz fakultativ bzw. in Klasse 9
- Unterscheidung von diffuser Reflexion (Streuung) und gerichteter Reflexion
- Verwendung eines in jeder Richtung asymmetrischen Gegenstandes (z. B. Würfel mit verschieden farbigen Flächen) statt eines teilsymmetrischen Körpers bei der Untersuchung der Eigenschaften des Spiegelbildes
- Begriff „Toter Winkel“ im Straßenverkehr
- Nachweis der Lage des Spiegelbildes mit einer Glasscheibe („lichtdurchlässiger Spiegel“)

Hinweise

- Verwendung von Spiegelkacheln bei (Schüler-)Versuchen
- Kombination von Themen (z. B. Lichtquellen, Schatten und Spiegel) zur Differenzierung
- Fermat'sches Prinzip zur Beschreibung der Reflexion
- Gültigkeit des Reflexionsgesetzes bei rauhen Oberflächen für ebene Teilflächen

Zusätzliche geeignete (Schüler-)Experimente

- Schattenexperimente mit Taschenlampen bzw. Kerzen/Teelichtern (→ Sicherheitsmaßnahmen)
- Reflexion an verschiedenen Oberflächen (z. B. Papier, Glanzpapier, Alufolie)
- Bestätigung des Reflexionsgesetzes durch Stecknadelversuche
- Spiegelbild an einer Glasscheibe

Projekte

- Bau einer Sonnenuhr
- Bau einer Lochkamera
- Bau eines Periskops

Außerschulische Lernorte

- Planetarium
- Sternwarte Braunshausen
- Planetenweg in Nonnweiler
- Sportplatz (Darstellungen der Entfernungen zwischen Sonne, Erde und Mond)

Fachübergreifende und fächerverbindende Bezüge

- Mathematik: Strahl, Gerade, Symmetrie, Punkt- und Geradenspiegelung, Winkel, Strahlensätze
- Biologie: Licht als Voraussetzung für Leben, lichtaussendende Lebewesen (z. B. Glühwürmchen, Korallenfische), Lumineszenz
- Erdkunde: Bewegung des Mondes, Finsternisse, Entstehung der Jahreszeiten
- Bildende Kunst: Perspektive
- Informatik: Modell Sender – Übertragungsweg – Empfänger bei der Nachrichtenübertragung

Geeignete Kontexte

- „Sehen und gesehen werden – Sicherheit im Straßenverkehr“ (z. B. Blinklicht von Polizei und Feuerwehr, Auto- und Fahrradbeleuchtung, Kennzeichnung von Kleidung mit „Warnfarben“, Reflektoren)
- Tarnung (z. B. von Wildtieren)
- Historische Entwicklung von Lichtquellen
- Schattenspiele
- Astronomische Schattenerscheinungen (z. B. Tag/Nacht, Mondphasen, Phasen der Erde vom Weltall aus betrachtet, Finsternisse, Zeitzonen)
- Sterne als Lichtquellen und Sternenbilder

Hinweise

- Spiegel im Straßenverkehr (z. B. Tripel-, Rückspiegel)
- Spiegelschriften
- Technik der Spiegelherstellung
- Spiegelungen in der Natur (z. B. Luftspiegelungen, Spiegelung an einem ruhenden Gewässer, Spiegelung an Fensterscheiben)
- Mehrfachspiegelungen, Spiegellabyrinth, „unendliche Kerze“
- Reflexion an gekrümmten Spiegeln (→ Anamorphosen)

Bei der Einführung der physikalischen Größe Masse kann gewinnbringend auf den Mathematikunterricht in der Klasse 5 zurückgegriffen werden. Die Einheit der Masse nimmt insofern eine Sonderstellung ein, als dass sie von einem Prototyp verkörpert wird. An dieser Stelle können historische Bezüge besonders motivieren. Die Angabe einer Messvorschrift über die Schrittfolge Einheit, Gleichheit, Vielfachheit kann knapp gehalten werden, wenn die Vorgehensweise am Beispiel der Stromstärkeinheit ausführlich erfolgte (*Basiskonzept Materie*).

Mit der Behandlung der Dichte lernen die Schülerinnen und Schüler eine abgeleitete Größe kennen. Die Motivation kann aus der Fragestellung erfolgen, volumen- oder massegleiche Körper zu unterscheiden. Im Unterricht können an dieser Stelle Schülerexperimente im Vordergrund stehen. Bei unregelmäßig geformten Körpern wird das Volumen anhand des verdrängten Volumens beim Eintauchen in einen Messzylinder oder in ein Überlaufgefäß ermittelt. Die Ergebnisse der Experimente liefern zum einen die Proportionalität zwischen Masse und Volumen, zum anderen den Quotienten aus Masse und Volumen als geeignetes Maß zur Unterscheidung von verschiedenen Stoffen (*Basiskonzept Materie*).

Ausgehend von unterschiedlichsten Situationen im Alltag werden schließlich verschiedenartige Bewegungen untersucht. Aus zunächst qualitativen Beschreibungen werden Begriffe, physikalische Größen und mathematische Modelle (Formeln, Diagramme, Tabellen) entwickelt, die Bewegungsarten klassifizieren. Zunächst wird zwischen der gleichförmigen und der beschleunigten Bewegung differenziert, ohne auf die Bewegungsursachen einzugehen (*Basiskonzept Wechselwirkung*). Durch den konsequenten, beispielgebenden Gebrauch der physikalischen Begriffe und der Absetzung von der mehrdeutigen Alltagssprache (z. B. „Stundenkilometer“) wirkt der Unterricht sprachbildend. Einfache auch von Schülerinnen und Schülern durchgeführte Versuche schulen das genaue Beobachten, der praktische Umgang mit Maßband und Stoppuhr wird geübt. Die Auswertung von Messungen zeigt, wann die Linearität akzeptiert werden kann, obwohl unvermeidbare Messfehler das Idealbild verfälschen. Die Ausgleichskurve wird nach Augenmaß eingezeichnet. Mögliche Ursachen für auffällige Abweichungen werden diskutiert. Die gewonnenen Gesetze werden zum Lösen von Bewegungsaufgaben herangezogen. Aufgaben zur Thematik Geschwindigkeit eignen sich besonders, um authentische Materialien zu integrieren. Dabei kann ein Wechsel der Darstellungsform das Verstehen erleichtern. Schließlich können die Schülerinnen und Schüler ihr Wissen zur Gewinnung von nützlichen Verhaltensregeln z. B. im Straßenverkehr im Alltag nutzen (→ Bewertungskompetenz).

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<p>Masse und Dichte</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> bezeichnen die physikalische Größe Masse mit dem Symbol m und geben ihre Einheit an: $[m] = 1 \text{ kg}$, definieren die physikalische Größe Dichte als Quotient aus Masse und Volumen und geben ihre Einheit an: $\rho = \frac{m}{V}$, $[\rho] = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> geben ein Messverfahren für die Masse an (Betrachtung von Einheit, Gleichheit und Vielfachheit), bestimmen mit einer Balkenwaage die Massen verschiedener Gebrauchsgegenstände, erklären, dass man Körper anhand ihrer Dichte unterscheiden kann (Stoffkonstante),

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> • unterscheiden zwischen einer Basisgröße und einer abgeleiteten Größe, • rechnen gebräuchliche Dichteeinheiten ineinander um, • lösen einfache Aufgaben mit Hilfe der Gesetzmäßigkeit $m = \rho \cdot V$, • geben die Dichte von Wasser an. 	<ul style="list-style-type: none"> • bestimmen experimentell das Volumen von regelmäßig und unregelmäßig geformten Festkörpern, • bestimmen experimentell die Dichte von regelmäßig und unregelmäßig geformten Festkörpern, • entwickeln Verfahren zur experimentellen Bestimmung der Dichte von Flüssigkeiten und von Gasen.
<p>Bewegungen</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • charakterisieren eine Bewegung als ungleichförmige (beschleunigte) Bewegung oder gleichförmige Bewegung ($\Delta s \sim \Delta t$) und grenzen die Bewegungsarten gegeneinander ab, • definieren für eine gleichförmige Bewegung die physikalische Größe Geschwindigkeit als Quotient aus der zurückgelegten Strecke und der dafür benötigten Zeit und geben ihre Einheit an: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}, \quad [v] = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}},$ • rechnen gebräuchliche Geschwindigkeitseinheiten ineinander um, • lösen einfache Aufgaben mit Hilfe der Gesetzmäßigkeit $\Delta s = v \cdot \Delta t$, 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • realisieren gleichförmige und ungleichförmige Bewegungen in einfachen Experimenten, • ordnen vorgegebenen Bewegungsabläufen aus dem Alltag eine Bewegungsart zu, • verwenden verschiedene Darstellungsformen zur Beschreibung von Bewegungen (z. B. sprachliche Darstellung, Wertetabellen, $s(t)$–Diagramme), • planen einfache Experimente (Maßband, Stoppuhr) zur Geschwindigkeitsmessung und führen sie durch, • führen bei Messungen einfache Fehlerbetrachtungen durch, • recherchieren Geschwindigkeiten in unterschiedlichen Alltagssituationen und verwenden diese in Diskussionen sachgerecht,

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> • interpretieren den Quotienten $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ bei ungleichförmigen Bewegungen als mittlere Geschwindigkeit \bar{v}, • lösen einfache Aufgaben mit Hilfe der Gesetzmäßigkeit $\Delta s = \bar{v} \cdot \Delta t$ (auch für zusammengesetzte Bewegungen). 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern eigene und vorgegebene Rechenwege, Ergebnisse und Darstellungen, • finden, erklären und korrigieren Fehler in vorgegebenen Lösungen von Aufgaben.

Hinweise

- Veröffentlichungen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB)
- Urkilogramm als internationales Massennormal, Sekundärnormal bei der PTB, Neudefinition des Kilogramm
- Begriffe Eichen versus Kalibrieren bzw. Skalieren
- Grundgrößen (Basisgrößen) und abgeleitete Größen
- Angabe der Flächendichte als Qualitätsmaßstab bei Papier
- Begriff der mittleren Dichte bei inhomogenen Körpern
- Verwendung eines Aräometers (Dichte von Flüssigkeiten)
- Verwendung eines Schrittzählers (z. B. Geschwindigkeit von Fußgängern, Wanderern)
- Beschränkung auf geradlinige Bewegungen im festen Bezugssystem (Physiksaal)
- kein Einsatz von Messwerterfassungssystemen in Klasse 7
- Messverfahren bei Geschwindigkeitsmessung:
 - a) Vorgabe einer festen Strecke (→ Messung der benötigten Zeit),
 - b) Vorgabe eines Zeitintervalls (→ Messung der zurückgelegten Strecke),
 Vor- und Nachteile bei der Durchführung der Messung (→ Bewertungskompetenz)
- Einzeichnen der Ausgleichskurve nach Augenmaß (unkorrektes Verbinden der Messdaten thematisieren)
- Äquivalente Aussagen für die Proportionalität (Ursprungsgerade als Schaubild, Quotientengleichheit, Vielfacheneigenschaft)
- Bestimmung der Geschwindigkeit bei gleichförmigen Bewegungen stets durch Bestimmung der Steigung der Ausgleichsgeraden und nicht durch Differenzenquotient zweier Messpunkte
- Keine Unterscheidung zwischen systematischen und statistischen Messfehlern
- Erste Hinweise auf Momentangeschwindigkeit („Augenblicksgeschwindigkeit“) ohne den Grenzübergang $\Delta t \rightarrow 0$ zu thematisieren (z. B. Verkehrszeichen, Tachometeranzeige, Fahrtenschreiberaufzeichnungen)
- Arbeit mit Fahrplänen (→ zusammengesetzte Bewegungen)

Zusätzliche geeignete (Schüler-)Experimente

- Volumenbestimmung unregelmäßig geformter Körper (auch als Heimversuch)
- Massebestimmung mit Wägesatz (z. B. Geldmünzen)

Hinweise

- Bestimmung der (Volumen-)Dichte von Papier
- Bestimmung der (mittleren) Dichte eines Menschen
- Bestimmung der Geschwindigkeit eines Fußgängers (Radfahrers, Skateboardfahrers)
- Bestimmung der Geschwindigkeit eines Modellautos
- Bestimmung der Fließgeschwindigkeit eines Baches
- Abschätzung der Schallgeschwindigkeit auf dem Sportplatz
- Untersuchung der Bewegung einer aufsteigenden Luftblase in einem mit einer Flüssigkeit gefüllten Rohr, Schrägstellung des Rohres (Untersuchung des Einflusses des Neigungswinkel)
- Aufnahme eines t-s-Diagramms beim 100-Meter-Lauf (200-Meter-Lauf, ...) durch mehrere längs der Strecke positionierte Schülerinnen und Schüler
- Versuch, eine vorgegebene Strecke ohne Zeitangabe nach Möglichkeit mit konstanter Geschwindigkeit zurückzulegen (zu Fuß, mit dem Fahrrad)

Projekte

- Bau eines Aräometers
- Erstellen von Diagrammen mit Hilfe des Computers

Außerschulische Lernorte

- Bauernmarkt (→ historische Waagen, Schnellwaage, Zehntwaage)
- Sportanlagen
- Bahnhöfe
- Fußgängerzone
- Schulhof

Fachübergreifende und fächerverbindende Bezüge

- Mathematik: Umrechnungen von Einheiten, Volumenberechnung verschiedener Körper, Rechnen mit Proportionalitäten, Abschätzungen, sinnvolles Runden, Arbeit mit Tabellen und Diagrammen
- Biologie: Rekorde im Tierreich
- Sport: Schnelllaufen, ausdauerndes Laufen, Schwimmen

Geeignete Kontexte

- „Wägen gestern und heute“ (Waagentypen und ihre historische Entwicklung)
- Technische Geräte zur Dichtebestimmung (z. B. Pyknometer, Aräometer)
- Bewegungen im Sportunterricht, sportliche Höchstleistungen
- Rekorde im Tierreich, Rekorde für technische Objekte (z. B. Autos, Flugzeuge, Schiffe)
- Saarländische Premiumwanderwege (→ zusammengesetzte Bewegungen, Einfluss der Höhenmeter auf die mittlere Geschwindigkeit)
- Saarbahn (→ Fahrpläne)
- Eisenbahn (→ Fahrpläne)
- Geschwindigkeitsangaben auf See (z. B. Knoten)

Hinweise

- Lichtgeschwindigkeit (→ Astronomische Entfernungen)
- Schallgeschwindigkeit (→ Echolot)
- Verkehrsphysik (→ Tempomat, Geschwindigkeitskontrolle, Verhalten im Straßenverkehr)
- Gegen- und Rückenwind
- Rückhaltesysteme bei Fahrzeugen (Sicherheitsgurt, Airbag)

Themenfelder Klassenstufe 8

Themenfelder Klassenstufe 8 (Sprachenzweig)	Physik
Kraft	30 %
Kraftmessung	
Gewichtskraft	
Kraft als Vektor	
Kraftwandler	
Reibungskraft	
Mechanische Energie	20 %
Arbeit	
Energie	
Leistung	
Druck	20 %
Stempeldruck	
Schweredruck	
Luftdruck	
Auftrieb	
Temperatur	15 %
Temperaturmessung	
Zustandsgleichung	
Innere Energie	15 %
Spezifische Wärmekapazität	
Ausbreitung von Wärme	

Die statische Festlegung der Kräfteinheit (1 N als Gewichtskraft eines Körpers mit der Masse 102 g) ist für die Klassenstufe 8 altersgerecht und hinreichend präzise. Die dynamische Festlegung der Kräfteinheit erfolgt erst in Klassenstufe 10 im Zusammenhang mit dem dynamischen Grundgesetz. Erst dann kann erklärt werden, worauf die zunächst willkürlich erscheinende Festlegung (102 g) basiert.

Das Hooke'sche Gesetz eignet sich, exemplarisch das induktive Verfahren beim Auffinden physikalischer Gesetzmäßigkeiten zu beschreiben (*Basiskonzept Wechselwirkung*). Analog zur Behandlung des Ohm'schen Gesetzes in Klassenstufe 7 ist darauf zu achten, dass die Schülerinnen und Schüler den linearen Zusammenhang zwischen Kraft und Verformung als etwas Besonderes erkennen und nicht als selbstverständlich ansehen. Dazu ist es sinnvoll, zunächst nicht den Sonderfall in den Vordergrund zu stellen, sondern zuerst den Zusammenhang beispielsweise an einem Gummiband näher zu untersuchen. Es sollte deutlich zwischen dem Hooke'schen Gesetz als einem physikalischen Naturgesetz und der Definition der Federkonstanten als einer zweckmäßigen Festlegung unterschieden werden. Analog zu den Definitionen der Geschwindigkeit und der Dichte kann hier auf die Willkürlichkeit, aber Zweckmäßigkeit physikalischer Definitionen eingegangen werden.

Die Abweichung der Erde von der Kugelgestalt ist den Schülerinnen und Schülern aus dem Geographieunterricht bekannt. Die im Vergleich zur Gewichtskraft an den Polen geringere Gewichtskraft am Äquator weist auf eine Abnahme der Anziehungskraft mit zunehmender Entfernung vom Erdmittelpunkt hin. Die genaue Abhängigkeit sowie die Deutung des Ortsfaktors als Gravitationsfeldstärke werden erst in der gymnasialen Oberstufe thematisiert.

Die Behandlung der Kräfteaddition ist in allen Zweigen obligatorisch, die Kräftezerlegung wird verpflichtend lediglich im naturwissenschaftlichen Zweig thematisiert. Die Gleichwertigkeit der beiden Aussagen, dass zwei in einem Punkt angreifende gegengleiche Kräfte sich in ihrer Wirkung aufheben und dass für die resultierende Kraft $F_{res} = 0$ gilt, ist zu betonen. Die Bedeutung der resultierenden Kraft wird erst bei der Betrachtung des Zusammenwirkens nicht paralleler Kräfte offenkundig. Um Verwechslungen mit dem dritten Newton'schen Axiom („*actio est reactio*“) vorzubeugen, sollte darauf hingewiesen werden, dass die Kräfte eines Gleichgewichtspaares stets am selben Körper angreifen (*Basiskonzept System*).

Das Thema Kraftwandler (*Basiskonzept System*) eignet sich insbesondere, die Schülerinnen und Schüler mit einfachen Mitteln selbst experimentieren zu lassen. Der fachübergreifende und fächerverbindende Aspekt kann zur weiteren Erhöhung der Motivation genutzt werden. Im Zusammenhang mit Hebeln können zur Einführung Beispiele dienen, bei denen zwei Kräfte senkrecht zum Stab angreifen. Damit kann das Hebelgesetz schnell entdeckt und anschließend formuliert werden. Die Verallgemeinerung kann später erfolgen. Im Sprachenzweig werden nur zweiseitige Hebel verpflichtend behandelt.

Reibungs- und Trägheitseffekte gehören zur Alltagserfahrung der Schüler und bieten motivierende Gesprächsanlässe im Unterricht. Im Zusammenhang mit dem Trägheitssatz und den Reibungsgesetzen kann die Bedeutung von Idealisierungen und Näherungen in der Physik angesprochen werden.

Kompetenzerwartungen

Fachwissen

Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung

Kraftmessung

Die Schülerinnen und Schüler

- geben Kräfte als Ursache für Geschwindigkeitsänderungen oder Verformungen von Körpern an,

Die Schülerinnen und Schüler

- entscheiden begründet, ob eine Verformung elastisch oder plastisch ist,

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> • formulieren den Trägheitssatz: Wirkt auf einen Körper keine (resultierende) Kraft ein, so bleibt er entweder in Ruhe oder er bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit auf einer Geraden, • bezeichnen die physikalische Größe Kraft mit dem Symbol F und geben ihre Einheit an: $[F] = 1 \text{ N}$, • nennen Körper, für deren Verformung ein linearer Zusammenhang gilt, und Körper, für deren Verformung ein nichtlinearer Zusammenhang gilt, • formulieren das Hooke'sche Gesetz für bestimmte elastische Festkörper: Die erzielte Längenänderung ist proportional zur wirkenden (Zug-)Kraft: $\Delta s \sim F$, • definieren die physikalische Größe Federkonstante als Quotient aus (wirkender Zug-)Kraft und erzielter Längenänderung und geben ihre Einheit an: $D = \frac{F}{\Delta s}, \quad [D] = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}},$ • lösen einfache Aufgaben mit Hilfe von Dehnungsdiagrammen und der Gesetzmäßigkeit $F = D \cdot \Delta s$. 	<ul style="list-style-type: none"> • erklären Alltagsphänomene unter Verwendung des Trägheitssatzes, • planen Experimente zur Aufnahme von Dehnungsdiagrammen und führen sie durch (für einen linearen und einen nicht linearen Zusammenhang), • begründen an Beispielen, dass das Hooke'sche Gesetz nur in bestimmten Grenzen Gültigkeit hat, • bauen einen einfachen Kraftmesser.
<p>Gewichtskraft</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • bezeichnen die physikalische Größe Gewichtskraft mit dem Formelzeichen F_G, • geben an, dass (an einem festen Ort) die Gewichtskraft eines Körpers proportional zu seiner Masse ist, • definieren die physikalische Größe Ortsfaktor als Quotient aus der Gewichtskraft eines Körpers und seiner Masse und geben ihre Einheit an: $g = \frac{F_G}{m}, \quad [g] = 1 \frac{\text{N}}{\text{kg}},$ 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • erläutern die unterschiedliche Verwendung der Begriffe Masse und Gewicht(s-kraft) in Alltags- und Fachsprache, • führen Experimente zur Bestimmung der Gewichtskraft von Alltagsgegenständen durch,

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> • geben den Wert des Ortsfaktors auf der geografischen Breite Deutschlands an: $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}},$ • lösen einfache Aufgaben mit Hilfe der Gesetzmäßigkeit $F_G = m \cdot g$. 	<ul style="list-style-type: none"> • schätzen Gewichtskräfte mit dem Näherungswert $10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ ab.
<p>Kraft als Vektor</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • geben an, dass eine Kraft eindeutig durch die Bestimmungsstücke Betrag, Angriffspunkt und Richtung festgelegt ist, • geben an, dass zwei Kräfte mit gleichem Angriffspunkt durch die resultierende Kraft ersetzt werden können, • definieren den Begriff Kräftegleichgewicht. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • ermitteln experimentell die resultierende Kraft bei zwei an einem Punkt angreifenden nicht parallelen Kräften, • konstruieren in einfachen Fällen Kräfteparallelogramme,
<p>Kraftwandler</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • bezeichnen ein System, das wenigstens ein Bestimmungsstück einer Kraft verändert, als Kraftwandler, • nennen Beispiele für einfache Kraftwandler, • definieren den Begriff Hebel als starren, um eine feste Achse frei drehbaren Stab, • formulieren das Hebelgesetz: An einem Hebel herrscht Gleichgewicht, wenn die Produkte aus Kraftbetrag und Hebelarmlänge auf beiden Seiten der Drehachse gleich sind, • lösen einfache Aufgaben unter Verwendung des Hebelgesetzes, • erklären den Aufbau und die Funktionsweise eines Flaschenzuges, 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • realisieren mit Gewichtsstücken Gleichgewicht an einem zweiseitigen Hebel, • verallgemeinern ihre Beobachtungen zum Hebelgesetz, • stellen experimentell Gleichgewicht an freier, fester und loser Rolle sowie am Flaschenzug her, • erklären die Kräfteverhältnisse bei freier, fester und loser Rolle sowie am Flaschenzug im Gleichgewicht,

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> bestimmen bei einfachen Flaschenzügen die Anzahl der tragenden Seilstücke, geben an, dass eine Kraftübersetzung stets die entsprechende Weguntersetzung nach sich zieht, lösen einfache Aufgaben zu Flaschenzügen. 	<ul style="list-style-type: none"> entscheiden sich bei vorgegebener Problemstellung begründet für einen geeigneten Kraftwandler.
<p>Reibungskraft</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> unterscheiden Haft-, Gleit- und Rollreibung, formulieren das Reibungsgesetz: Der Betrag der Reibungskraft ist (in guter Näherung) proportional zum Betrag der Anpresskraft, definieren die physikalische Größe Reibungskoeffizient als Quotient aus den Beträgen von Reibungskraft und Anpresskraft und geben ihre Einheit an: $f_R = \frac{F_R}{F_N}, [f_R] = 1,$ lösen einfache Aufgaben mit Hilfe der Gesetzmäßigkeit $F_R = f_R \cdot F_N$. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> begründen mit Hilfe des Trägheitssatzes an geeigneten Beispielen aus dem Alltag die Einsicht in das Wirken einer Reibungskraft, führen Experimente zum Größenvergleich von (maximaler) Haftreibungskraft, Gleitreibungskraft und Rollreibungskraft durch, erklären mit Hilfe eines Modells die Reibungsarten mikroskopisch und begründen damit die Größenverhältnisse der drei Reibungskräfte, recherchieren Reibungskoeffizienten für verschiedene Stoffkombinationen, diskutieren geeignete Maßnahmen zur Erhöhung bzw. zur Verminderung der Reibung.
<p>Hinweise</p>	
<ul style="list-style-type: none"> – Einsatz von Filmsequenzen von Crashtests (Trägheitssatz) – Bewertung der Notwendigkeit eines Sicherheitsgurtes im Straßenverkehr aus physikalischer Sicht – Masse als Skalar vs. Kraft als Vektor (gerichtete Größe) – Tafel Schokolade (mit Alufolie) als Musterkörper für „1 N“ 	

Hinweise

- Abgrenzung von elastischer Verformung zu plastischer Verformung
- Elastizitäts-/Proportionalitätsbereich beim Hooke'schen Gesetz
- Ableseübungen an Diagrammen mit nicht proportionalen Zusammenhängen
- Angabe des Maßstabes beim Zeichnen von Kräften
- Verwendung des Kraftvektors nur in Zeichnungen
- Schwerpunkt als Angriffspunkt der Gewichtskraft
- Keine Vermischung von Kräftegleichgewicht und Wechselwirkungsprinzip
- Konsequente Unterscheidung von vorgegebenen Kräften und der Resultierenden in Zeichnungen z. B. durch verschiedene Farben
- Einsatz dynamischer Geometriesoftware (z. B. Veranschaulichung der Abhängigkeit der Beträge der Kraftkomponenten vom Winkel zwischen den Krafrichtungen)
- Kennzeichnung der Drehachse eines Hebels in der (zweidimensionalen) Zeichnung als Drehpunkt
- Stationenlernen beim Hebel
- Balkenwaage als Hebel
- Reibungsgesetz als idealisierte Vorstellung, in der Realität Einfluss der Fläche
- Bürstenmodell zur Erklärung der Reibung
- Betrachtungen zur Reibung im Sprachenzweig nur bei horizontaler Unterlage, im naturwissenschaftlichen Zweig auch an der schiefen Ebene
- Abhängigkeit des Reibungskoeffizienten von ggf. vorhandener Schmierung (z. B. Öl)
- Streuen von Sand, Asche, Splitt zur Aufrauung glatter Oberflächen
- Bremswirkung bei Glatteis („Stotterbremsung“ vs. dauerhaftem Blockieren der Räder)

Zusätzliche geeignete (Schüler-)Experimente

- Bau eines Kraftmessers aus Papprolle, Feder und Faden (Münzen als Massen)
- Kraft-Dehnungsdiagramme von Gymnastikbändern
- Dehnen eines Expanders
- Experimentelle Bestätigung (Messung mit Kraftmesser) der durch Konstruktion ermittelten Werte für Hangabtriebskraft und/oder Normalkraft bei einer schiefen Ebene mit vorgegebenem Neigungswinkel (im naturwissenschaftlichen Zweig)
- Experimente zur Reibung mit Fahrradreifen
- Klettern an Kletterstange aus Holz oder Metall ohne bzw. mit Schuhen und Handschuhen aus Wolle, Gummi oder Leder.
- Zerbrechen eines Streichholzes in immer kürzere Stücke

Projekte

- Schwerelosigkeit
- Bau eines tragfähigen Brückenmodells (z. B. aus Papier bei vorgegebener Spannweite und Tragfähigkeit)
- Wettbewerbe der Ingenieurskammer des Saarlandes
- Bau eines Mobile

Hinweise

Außerschulische Lernorte

- Klettergarten
- Entwicklungsabteilung der Autoindustrie (Crashtest)
- Baustelle (Lastentransport)

Fachübergreifende und fächerverbindende Bezüge

- Mathematik: Proportionalität (Federkonstante, Ortsfaktor, Reibungskoeffizient), maßstäbliche Konstruktion von Kräfteparallelogrammen
- Erdkunde: Maßstab, Variation von g an der Erdoberfläche
- Biologie: Spinnenseide (Elastizität und Belastbarkeit), Gelenke als Hebel
- Geschichte: Einsatz von Werkzeugen als Kraftwandler
- Sport: Biomechanische Aspekte bei Sportarten

Geeignete Kontexte

- Verkehrsphysik (Trägheit beim Anfahren, Abbremsen, Änderung der Richtung, Unfälle bei glattem Straßenbelag)
- Bewegungslehre des Aristoteles, Entdeckung des Trägheitsgesetzes (Aristoteles, Galilei, Newton)
- Bewegung von Raumsonden nach „Verlassen des Sonnensystems“
- Gravimetrie (z. B. zur Entdeckung von Öl-, Gasvorkommen)
- Verformungen beim Menschen
- Bungee-Sprung (Dehnung des Seiles)
- Materialprüfung (z. B. Zugfestigkeitsprüfung bei Stahlbeton, Prüfung von Fahrradhelmen auf Belastbarkeit)
- Schwerelosigkeit
- Tauziehen
- Fußball (Betrag, Richtung und Angriffspunkt von Kräften)
- Treideln an Kanälen, Flüssen
- Hebelwirkung beim Sport Judo
- Hebelwirkung bei Werkzeugen
- Hebel am menschlichen Körper
- Klettersport, Bergrettung (Einsatz von Kraftwandlern)
- „Welt ohne Reibung“
- Pyramidenbau
- Wintersport (Technik beim Skilanglauf)
- Knoten (Zunahme der Haftkraft mit der Belastung)
- Reibung bei Schiffstauen
- Bauphysik

Der Energiebegriff und die damit verbundene Betrachtung der physikalischen Arbeit zählen zu den elementaren Inhalten des Physikunterrichts. Die Bedeutung des Energiebegriffs für den naturwissenschaftlichen Unterricht wird nicht zuletzt durch die Aufnahme des übergeordneten Basiskonzepts „Energie“ in die Bildungsstandards für das Fach Physik untermauert.

Nach der Behandlung des Themenfeldes Kraft ist es sinnvoll, zunächst die physikalische Arbeit einzuführen. Dabei sollte eine deutliche Abgrenzung zwischen dem physikalischen Fachbegriff und dem Arbeitsbegriff im Alltag erfolgen. Es ist auch möglich, den Energiebegriff vor die Betrachtung der physikalischen Arbeit zu stellen. Für beide Begriffe dienen eine Vielzahl von Vorgängen aus der Alltagserfahrung der Schülerinnen und Schüler (Schaukel, Achterbahn, Heben von Lasten, Trampolin usw.) als Anknüpfungspunkte.

Die Formel zur Berechnung der Beschleunigungsarbeit kann in Klassenstufe 8 angegeben werden, ihre Herleitung erfolgt in Klassenstufe 10. Die Formel für die elastische Verformungsarbeit soll im Sprachenzweig angegeben, im naturwissenschaftlichen Zweig mit Hilfe eines F(s)-Diagramms und der entsprechenden Flächenbetrachtung ermittelt werden.

Die Unterscheidung zwischen der Beschreibung eines Vorgangs (durch die physikalische Größe Arbeit) und der Beschreibung eines Zustands erfolgt mit der Einführung des Energiebegriffs. Dabei soll verdeutlicht werden, dass ein in sich veränderliches System durch die Energie als Erhaltungsgröße umfassend beschrieben werden kann. Dieser Aspekt spielt auch fachübergreifend eine Rolle (Chemie, Biologie, Erdkunde). Zur notwendigen Abgrenzung zwischen den physikalischen Größen Arbeit und Energie ist es sinnvoll, zunächst unterschiedliche Formelzeichen zu verwenden. Zu einem späteren Zeitpunkt kann für beide Größen das Formelzeichen W verwendet werden.

Der aus der Erfahrungswelt der Schülerinnen und Schüler bekannte Begriff der Leistung kann auch unmittelbar nach der unterrichtlichen Behandlung der Arbeit eingeführt werden.

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<p>Arbeit</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> definieren die physikalische Größe Arbeit als Produkt aus Kraftbetrag und Weglänge (bei konstanter Kraft in Wegrichtung) und geben ihre Einheit an: $W = F \cdot s, [W] = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ J},$ unterscheiden zwischen verschiedenen Formen mechanischer Arbeit und geben die zugehörigen Formeln an: Hubarbeit $W_H = m \cdot g \cdot h,$ Reibungsarbeit $W_R = f_R \cdot F_N \cdot s,$ Verformungsarbeit $W_{sp} = \frac{1}{2} D \cdot s^2,$ 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> untersuchen exemplarisch den Zusammenhang zwischen Kraftübersetzung und Weguntersetzung bei einem Kraftwandler, vergleichen den physikalischen und umgangssprachlichen Arbeitsbegriff, leiten unter Verwendung der allgemeinen Definition die Formeln für Hubarbeit und Reibungsarbeit her,

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<p>Beschleunigungsarbeit $W_B = \frac{1}{2} m \cdot v^2$,</p> <ul style="list-style-type: none"> formulieren die Goldene Regel der Mechanik. 	
<p>Energie</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> definieren die Fähigkeit eines Systems, Arbeit zu verrichten, als Energie und geben ihre Einheit an: $[E] = [W] = 1 \text{ J}$, unterscheiden zwischen verschiedenen Formen mechanischer Energie und geben die zugehörigen Formeln an: Lageenergie (potenzielle Energie): $W_{pot} = m \cdot g \cdot h$, Spannenergie: $W_{Sp} = \frac{1}{2} D \cdot s^2$, Bewegungsenergie (kinetische Energie): $W_{kin} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$, formulieren den Energieerhaltungssatz der Mechanik: Bei wechselseitiger, reibungsfreier Umwandlung mechanischer Energieformen bleibt die Gesamtenergie erhalten, lösen einfache Aufgaben unter Verwendung des Energieerhaltungssatzes. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> erklären den Zusammenhang zwischen der an/von einem System verrichteten Arbeit und der Energie des Systems, erläutern an einem Beispiel, dass das Verrichten von Reibungsarbeit nicht zu einem Zuwachs von mechanischer Energie führt.
<p>Leistung</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> definieren die physikalische Größe Leistung als Quotient aus der verrichteten Arbeit und der dazu benötigten Zeit und geben ihre Einheit an: $P = \frac{W}{t}$, $[P] = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \text{ W}$. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> recherchieren Dauerleistungen im Alltag.

Hinweise

- Abgrenzung des physikalischen Arbeitsbegriffs vom Alltagsbegriff
- Formel für Spannarbeit durch Mittelwertbildung (Maximalkraft - mittlere Kraft)
- Diskussion zum perpetuum mobile
- Drehmoment und Arbeit als verschiedene physikalische Größen mit der Einheit 1 Nm (im naturwissenschaftlichen Zweig)
- Unterscheidung zwischen Spitzenleistung und Dauerleistung
- Energieumwandlungen im Straßenverkehr und beim Skifahren (Bremsvorgänge als Beispiel für die Umwandlung von mechanischer Energie in innere Energie)
- Arbeit mit Flussdiagrammen (Energieumwandlungsketten)
- Zahlenangaben zu wissenswerten Energien
- Vergleich von Dauerleistungen (Mensch, Tiere, Maschinen)
- Umrechnung der Einheiten Kilowatt (1 KW) und Pferdestärke (1 PS)

Zusätzliche geeignete (Schüler-)Experimente:

- Körper unterschiedlicher Massen verursachen beim Fall aus unterschiedlichen Höhen unterschiedliche Eindringtiefen eines Nagels in eine Styroporplatte
- Experimente mit Flummi, Jojo, Looping
- Experimente mit „Springspielzeug“
- Experimente mit Knete

Projekte

- Bestimmung der Leistung beim Treppensteigen
- „Mausefallenauto“-Wettbewerb

Fachübergreifende und fächerverbindende Bezüge

- Mathematik: Quadratwurzel, quadratische Funktionen
- Biologie: Körperbau von Mensch und Tier
- Chemie: Reaktionsgleichungen
- Erdkunde: Energieumwandlung durch Wasserkraft

Geeignete Kontexte

- Energiebetrachtungen beim Sport
- Sportliche Höchstleistungen, Bergsteigen („100 Höhenmeter pro Stunde“), Belastungsergometrie beim Arzt
- Mensch als Energiewandler
- Verschiedene Möglichkeiten (Wasser, Luft, Treibstoff) zum Antrieb
- Perpetuum-mobile-Konstruktionen

Bei der Einführung der physikalischen Größe Druck erscheint es sinnvoll, diese nicht unmittelbar über den Auflagedruck ("Kraft pro Fläche") einzuführen sondern Druck zunächst wie eine Basisgröße zu behandeln, die das "Gepresstsein" eines Gases oder einer Flüssigkeit beschreibt. Erst danach führen weitere Überlegungen dazu, dass man dem Druck in einem Gas bzw. in einer Flüssigkeit einen Wert zuordnen kann, indem man die Kräfte misst, die das Gas bzw. die Flüssigkeit aufgrund des "Gepresstseins" auf Begrenzungsflächen ausüben. Die Proportionalität zwischen dem Betrag der wirkenden Kraft und dem Maß der betrachteten (Teil-)Fläche ist beispielsweise mit dem „Druck-Kraft-Gerät“ experimentell leicht zu überprüfen, womit man zur Formulierung "Druck ist bestimmbar durch den Quotienten aus Kraft und Fläche" gelangt. Dieser Zugang beinhaltet eine solide Differenzierung zwischen Kraft als vektorieller Größe und der Zustandsgröße Druck als Skalar, die vielen falschen Schülervorstellungen vorbeugt und falsche Begriffsbildungen wie "Druckkraft" nicht zulässt.

Die Vorstellung des "Gepresstsein" kann bei der anschließenden Behandlung von Schwere- und Luftdruck gewinnbringend genutzt werden. Die gepressten Teilchen in der Tiefe h einer Flüssigkeit üben demnach allseitige Kräfte auf ihre Umgebung, sowohl auf benachbarte Teilchen als auch auf Begrenzungsflächen, aus. Da die uns umgebende Luft bereits gepresst ist (Luftdruck), übt sie demnach Kräfte auf alle Begrenzungsflächen aus. Solche Kräfte heben sich in den meisten Fällen gegenseitig auf (Kräftegleichgewicht). Die Kraftwirkung des Luftdrucks ist folglich nur dann beobachtbar, wenn zu beiden Seiten einer Begrenzungsfläche unterschiedlich stark gepresste Luftmengen vorliegen.

Im Sprachenzweig wird die Formel für die Auftriebskraft nicht thematisiert. Die Dichtekriterien für das Steigen, Schweben und Sinken eines Körpers in Wasser können von den Schülerinnen und Schülern im Experiment entdeckt werden.

An Beispielen zu Druck und Auftrieb können das deduktive und induktive Verfahren miteinander verglichen werden und deren Bedeutung für die Erkenntnisgewinnung in der Physik den Schülerinnen und Schülern bewusst gemacht werden.

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<p>Druck als Zustand</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • geben an, dass eine eingeschlossene Flüssigkeit durch Kräfte, die auf Teile ihrer Begrenzungsfläche wirken, in einen „Druckzustand“ versetzt werden kann (Stempeldruck), • geben an, dass der Druckzustand einer Flüssigkeit an Kräften erkennbar ist, die senkrecht auf Begrenzungsflächen wirken, 	<ul style="list-style-type: none"> • erklären den Druckzustand einer Flüssigkeit mit Hilfe eines einfachen Teilchenmodells, • planen ein einfaches Experiment zur Kraftübertragung mit Hilfe einer Flüssigkeit, • untersuchen für eine abgeschlossene Flüssigkeitsmenge den Zusammenhang zwischen Kraft und Begrenzungsfläche quantitativ, • entwickeln an einem Beispiel (Hebebühne, Hydraulikanlage) den grundlegenden Zusammenhang für hydraulische Systeme: $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2},$

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> definieren die physikalische Größe Druck als Quotient aus dem Betrag der Kraft und dem Flächeninhalt und geben ihre Einheit an: $p = \frac{F}{A}, [P] = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2},$ lösen einfache Aufgaben mit Hilfe der Gesetzmäßigkeit $F = p \cdot A$ (einschließlich einfacher Berechnungen an hydraulischen Systemen aus dem Alltag). 	<ul style="list-style-type: none"> übertragen den Druckbegriff von Flüssigkeiten auf Gase, schätzen vorkommende Drücke bzw. Kräfte in Industrieanlagen ab.
<p>Schweredruck</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> nennen die Gewichtskraft einer Flüssigkeit oder eines Gases als Ursache für den Schweredruck, geben die Gesetzmäßigkeit für den Schweredruck $p = \rho \cdot g \cdot h$ an. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> leiten die Formel für den Schweredruck her, erklären an verschiedenen Beispielen aus dem Alltag das Prinzip der verbundenen Gefäße.
<p>Luftdruck</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> interpretieren den Luftdruck als Schweredruck der Lufthülle, erklären Aufbau und Funktionsweise eines Dosenbarometers als Messinstrument für den Luftdruck, geben den mittleren Luftdruck auf Meereshöhe an. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> veranschaulichen die Existenz des Luftdrucks in einem einfachen Experiment, planen ein Experiment zur Bestimmung des Luftdrucks und führen es durch, vergleichen den mittleren Luftdruck auf Meereshöhe mit dem Schweredruck in einer bestimmten Wassertiefe, recherchieren nach historischen Experimenten zum Luftdruck und präsentieren ihre Ergebnisse,

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<p>Auftrieb</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • geben die Auftriebskraft als Ursache für den Auftrieb in einer Flüssigkeit an. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • bestimmen die Auftriebskraft eines Festkörpers im Experiment, • entwickeln im Experiment Dichtekriterien für das Steigen, Schweben und Sinken eines Festkörpers in Wasser, • legen das induktive und deduktive Verfahren zur Erkenntnisgewinnung an Beispielen dar.

Hinweise

- Betonung des Drucks als Zustandsgröße
- Behandlung des Teilchenmodells nur in einfacher Form (2-dim: Münzen, 3-dim: Kugeln)
- Beschränkung auf einfache Aufgaben
- Hydraulische Systeme ohne Wegbetrachtung (im Sprachenzweig)
- Betrachtung von Kraftübersetzung und Weguntersetzung bei hydraulischen Systemen führt erneut zur Goldenen Regel der Mechanik (im naturwissenschaftlichen Zweig)
- Spürbare durch den Luftdruck verursachte Kraftwirkung nur gegenüber einem (teilweise) evakuierten Raum
- Anwendungen des Luftdrucks (Pumpen, Stechheber, Winkelheber, Saugnapf, Zerstäuber)
- Verwendung der Druckeinheit 1 mmHg (Millimeter Quecksilbersäule) bei der Blutdruckmessung

Zusätzliche geeignete (Schüler-)Experimente

- Magdeburger Halbkugeln
- Barometer als Höhenmesser
- Blutdruckmessung
- Kartesischer Taucher
- Rosinen in Mineralwasser

Projekte

- Bau eines einfachen Dosenbarometers
- Bau eines Wasser(säulen)barometers
- Bau eines hydraulischen Hebekissens
- Bau eines Galileo-Thermometers

Hinweise**Außerschulische Lernorte**

- Schwimmbad
- Schleusenanlagen
- Wetterwarte

Fachübergreifende und fächerverbindende Bezüge

- Mathematik: Umrechnungen von Einheiten, Volumenberechnung verschiedener Körper, Rechnen mit Proportionalitäten, Abschätzungen, sinnvolles Runden, Arbeit mit Tabellen und Diagrammen
- Biologie: Blutkreislauf, Blutdruckmessung, Aufbau des Ohres, Schwimmblase bei Fischen
- Erdkunde: Schleusen in der Schifffahrt, Eisberge, Luftdruck und Wetter
- Geschichte: Historische Bewässerungssysteme, historische Unglücke aus physikalischer Sicht (Hindenburg, Titanic)

Geeignete Kontexte

- Schlauchwaage an Baustellen
- Hydraulische Bremse bei Fahrrad und Auto
- Hoch- und Tiefdruckgebiete bei der Wettervorhersage
- Bau von Staudämmen
- Rettungswerkzeuge (hydraulisch arbeitende Scheren und Spreizer)
- Physik des Tauchens
- Bewegung von U-Booten
- Wasserversorgungssysteme
- Schleusenanlagen
- Moderne Luftschifffahrt

Die physikalische Zustandsgröße Temperatur nimmt als nicht additive Größe eine Sonderstellung unter den SI-Basiseinheiten ein. Sie wird bereits in Klassenstufe 5 im Fach Naturwissenschaften mit dem Symbol T und der Einheit 1°C eingeführt. Mit einem (Celsius-)Thermometer werden Siede- und Schmelztemperaturen geeigneter Stoffe gemessen. Im Physikunterricht der Klassenstufe 8 legen die präzise Festlegung der Celsiusskala (Hervorhebung der Bedeutung der Fixpunkte) und die Abgrenzung zwischen Celsius- und Kelvintemperatur (Indizierung) eine Grundlage zur nachfolgenden Behandlung der Gasgesetze.

Durch den praktischen Umgang mit verschiedenen Thermometern gewinnen die Schülerinnen und Schüler weitere Sicherheit im Ablesen an verschiedenen Skalen. Die Einschränkung des Messbereiches durch die Zustandsänderungen der Thermometerflüssigkeit motiviert andere Messmethoden. Als elektrischer Temperatursensor kann beispielsweise ein Heißleiter dienen. Seine Kalibrierung sollte im Schülerexperiment erfolgen. An dieser Stelle wird an einem nichtlinearen Zusammenhang ($I(T_C)$ -Kennlinie) der Umgang mit Diagrammen weiter vertieft und das Verfahren der Messung der elektrischen Stromstärke wiederholt.

Im Sprachenzweig ist es legitim, die Größe Kelvin-Temperatur ohne Herleitung vorzugeben und lediglich die Umrechnung zwischen Celsius- und Kelvintemperaturen zu üben. Im naturwissenschaftlichen Zweig wird die Kelvin-Skala durch den linearen Zusammenhang zwischen Volumenänderung und Temperaturänderung von Luft bzw. anderen Gasen motiviert (Extrapolation). Eine weitere Motivation der Kelvinskala ist die einfache Darstellung des Zusammenhangs von Volumen und Temperatur bei konstantem Druck im Gesetz von Gay-Lussac.

Es genügt, im Sprachenzweig entweder das Gesetz von Gay-Lussac oder das Gesetz von Boyle-Mariotte exemplarisch zu behandeln. Im naturwissenschaftlichen Zweig lassen sich beide Gesetze schließlich zur allgemeinen Gasgleichung verbinden.

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<p>Temperaturmessung</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • geben die thermische Dehnung als Grundlage für ein objektives Messverfahren an, • bezeichnen die physikalische Größe Celsius-Temperatur mit dem Symbol T_C und geben ihre Einheit an: $[T_C] = 1^\circ\text{C}$, • geben die Fixpunkte der Celsius-Skala an und legen die Celsius-Temperatur fest, • unterscheiden zwischen Temperaturpunkten und Temperaturunterschieden, 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • diskutieren die Unzulänglichkeiten des subjektiven Empfindens zur Temperaturmessung, • begründen, dass Schmelz- und Siedetemperatur des Wassers als mögliche Fixpunkte geeignet sind, • planen ein Experiment zur Kalibrierung eines elektrischen Thermometers, führen es durch und dokumentieren das Ergebnis in Form eines Temperatur-Stromstärke-Diagramms, • messen Temperaturen unter sachgerechter Verwendung unterschiedlicher Thermometer,

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> • geben Auswirkungen des Dehnungsverhaltens verschiedener Materialien in Natur und Technik an, • beschreiben die Anomalie des Wassers, • bezeichnen die physikalische Größe Kelvin-Temperatur mit dem Symbol T_K und geben ihre Einheit an: $[T_K] = 1 \text{ K}$, • rechnen Celsius- und Kelvintemperaturen ineinander um. 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern exemplarisch positive und negative Auswirkungen der Dichteanomalie des Wassers auf Vorgänge in Natur und Umwelt.
<p>Zustandsgleichung</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • nennen die Größen Druck, Volumen und Temperatur als Zustandsgrößen einer abgeschlossenen Gasmenge, • geben an, dass alle Gase gleiches Ausdehnungsverhalten zeigen, • formulieren das Gesetz von Gay-Lussac <u>oder</u> das Gesetz von Boyle-Mariotte <p>Gesetz von Gay-Lussac: Bei konstantem Druck ist das Volumen einer abgeschlossenen Gasmenge zu seiner Kelvin-Temperatur proportional.</p> $\frac{V}{T_K} = \text{konst.},$ <p>Gesetz von Boyle-Mariotte: Bei konstanter Temperatur ist das Volumen einer abgeschlossenen Gasmenge zum Druck umgekehrt proportional:</p> $p \cdot V = \text{konst.},$ <ul style="list-style-type: none"> • lösen einfache Aufgaben mit Hilfe der Gesetzmäßigkeit $\frac{V}{T_K} = \text{konst.} \text{ bzw. } p \cdot V = \text{konst.}$	

Hinweise

- Qualitative Betrachtung des Ausdehnungsverhaltens von Festkörpern, Flüssigkeiten und nicht idealen Gasen ohne Einführung des Ausdehnungskoeffizienten
- Gummi zieht sich beim Erwärmen zusammen (Entropie-Elastizität in kautschukähnlichen Materialien)
- Unterscheidung der Celsius- und Kelvintemperatur durch Symbole
- Kennzeichnung von Temperaturunterschieden durch die Delta-Schreibweise (hier keine Indizierung erforderlich, da $\Delta T_C = \Delta T_K = \Delta T$)
- Recherchieren von Fixpunkten für andere Temperaturskalen
- Sachgerechte Verwendung von Thermometern schließt auch die anwendungsbezogene korrekte Auswahl ein
- Ableseübungen an Thermometern mit unterschiedlichen Skalen
- Einführung der Fahrenheittemperatur im naturwissenschaftlichen Zweig
- Unterschiedliches Ausdehnungsverhalten von Glas und Thermometerflüssigkeit
- Ausnutzung der unterschiedlichen Ausdehnung zweier unterschiedlicher Metalle in Anwendungen (Bimetallthermometer, Thermostat, thermischer Schutzschalter)
- Gleiches Ausdehnungsverhalten von Stahl und Beton (Stahlbeton)
- Temperaturmessung durch thermischen Kontakt vs. berührungslose Temperaturmessung
- Gasthermometer
- Arbeit mit Diagrammen (Ableseübungen an Klimadiagrammen)
- Dichteänderung als Folge der Volumenänderung bei Temperaturänderung (Wärmekonvektion)
- Wassermolekül als elektrischer Dipol (→ Anomalie der Ausdehnung von Wasser)
- Gasgesetze von Gay-Lussac, Boyle-Mariotte und Amontons als Sonderfälle der allgemeinen Zustandsgleichung der Gase
- Hinweis auf den Begriff ideales Gas
- Gültigkeit des allgemeinen Gasgesetzes für den Gesamtdruck (im naturwissenschaftlichen Zweig)
- Messung des Reifendrucks als Überdruck zum Luftdruck
- Auswirkungen der Temperatur auf andere Stoffeigenschaften (z. B. Supraleitung)

Zusätzliche geeignete (Schüler-)Experimente

- Messung der Lufttemperatur über einen längeren Zeitraum (Tag, Woche) und Auswertung mit einem Diagramm (als Heimversuch)
- Eigenbau eines Thermometers z. B. mit Spiritus
- Experimente zur Volumenausdehnung mit Plastikflaschen
- Bolzensprenger (Lehrerversuch)

Projekte

- Bau einfacher Modelle zur Anwendung der Bimetallwirkung
- (Thermostat, automatischer Feuermelder)
- Bau eines einfachen Heißluftballons
- Wetterbeobachtung und -aufzeichnung (Temperatur, Luftdruck, Beschreibung der Bewölkung) über einen längeren Zeitraum, Zusammenhang zwischen Beobachtung und Messung

Hinweise

Außerschulische Lernorte

- Wetterwarte

Fachübergreifende und fächerverbindende Bezüge

- Mathematik: Diagramme
- Biologie: Körpertemperatur, Fieberkurve, Körpertemperatur von Tieren (Winterschlaf, -ruhe, -starre), Schichtung von Wasser in Seen, Überleben von Fischen bei Frost, Blutdruckmessung
- Chemie: Gesetze von Gay-Lussac, Boyle-Mariotte und Amontons
- Erdkunde: Flug eines Wetterballons, Klimadiagramme, Verwitterung von Gestein (Einwirkung von Wasser, Eis, Temperaturänderungen), Frostaufbrüche, Nutzung der Anomalie des Wassers in der Landwirtschaft, Plattentektonik

Geeignete Kontexte

- Klassische Temperaturskalen: Réaumur, Fahrenheit
- Temperaturregelung mit Thermostaten (z. B. Bimetall)
- Sprinkleranlagen
- Richtige Lagerung von Lebensmitteln
- Infrarot-Thermografie (Temperaturfarbskala)
- Längenausdehnung in der Technik (Schleifen/Zwischenstücke bei Rohrleitungen, Dehnungsfugen bei Brücken, Gleit-/Rollenlagerung von Brücken, Ausdehnungsgefäße in geschlossenen Wasserkreisläufen)
- Eisenbahn (Ausdehnung von Schienen, „Reifenwechsel“ bei der Eisenbahn [Aufziehen von Radreifen])
- Auswirkungen der Anomalie des Wassers in Natur und Umwelt (Frostaufbrüche, Zufrieren von Seen, Ausnutzung in der Landwirtschaft, Rohrbruch, Frostschutzmittel)
- Heißluftballons
- Meeresströmungen
- Antrieb der Plattenverschiebung durch Dichteunterschiede zwischen kalter Erdkruste und heißer Magma

Aus dem Themenbereich der Wärmelehre sind im Physikunterricht der Klassenstufe 8 Betrachtungen zur inneren Energie und zu den Phasenübergängen Gegenstand des Unterrichts. In diesem Themenfeld können Phänomene aus dem Alltag gewinnbringend zur Motivation genutzt werden. Im Unterricht ist grundsätzlich darauf zu achten, dass analog zur Thematik Arbeit / Energie zwischen der Austauschform (Wärme) und der Speicherform (innere Energie) unterschieden wird (*Basiskonzept Energie*).

Bei der Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität eines Stoffes bieten sich zwei Verfahren an, die innere Energie eines Stoffes zu erhöhen: Verrichten von Reibungsarbeit oder Zuführen von Wärme. Verwendet man dazu einen Tauchsieder bekannter Leistung, ist die Formel zur Bestimmung der elektrischen Leistung aus elektrischer Stromstärke und elektrischer Spannung, die erst in Klassenstufe 9 betrachtet wird, nicht erforderlich.

Im naturwissenschaftlichen Zweig kann die Betrachtung des Teilchenmodells auch im Zusammenhang mit der Behandlung der Phasenübergänge erfolgen. Das Aufgreifen des Teilchenmodells im Chemieunterricht und Physikunterricht des naturwissenschaftlichen Zweiges der Klassenstufe 8 sollte dazu genutzt werden, den Schülerinnen und Schülern verschiedene Sichtweisen auf ein Thema bewusst zu machen (*Basiskonzept Materie*).

Die Bedeutung physikalischer Erkenntnisse für die industrielle Entwicklung kann besonders im Rahmen der Betrachtung zu Energiewandlern anschaulich gemacht werden (*Basiskonzept System*). Die Einführung des Begriffs Wirkungsgrad ist im naturwissenschaftlichen Zweig auch bereits bei der Behandlung der mechanischen Energie in Verbindung mit dem Energieerhaltungssatz möglich. Eine weitere Vertiefung erfolgt im naturwissenschaftlichen Zweig in Klassenstufe 9.

Im Zusammenhang mit der Behandlung der Sonnenenergie bieten sich Diskussionen zu aktuellen gesellschaftlichen Problemen (Energieversorgung, Treibhauseffekt, Klimawandel) an.

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<p>Spezifische Wärmekapazität Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • geben die innere Energie eines Körpers als Summe aller kinetischen und potenziellen Energien der enthaltenen Teilchen an, • geben den Zusammenhang zwischen Temperatur und kinetischer Energie der Teilchen eines Körpers als je-desto-Formulierung an, • bezeichnen die Änderung der inneren Energie mit dem Symbol ΔE_i und geben ihre Einheit an: $[\Delta E_i] = 1 \text{ J}$, 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • unterscheiden die Energieübertragung im mechanischen Fall (Arbeit) vom thermischen Fall (Wärme),

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> • geben die Änderung der inneren Energie mit $\Delta E_i = c \cdot m \cdot \Delta T$ an, • definieren die physikalische Größe spezifische Wärmekapazität und geben ihre Einheit an: $c = \frac{\Delta E_i}{m \cdot \Delta T}, [c] = 1 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}},$ • geben die spezifische Wärmekapazität von Wasser an, • stellen Energiebilanzgleichungen zu einfachen Mischungsproblemen auf. 	<ul style="list-style-type: none"> • planen ein Experiment zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Temperaturerhöhung und der Änderung der inneren Energie und führen es durch, • legen an Beispielen dar, was man unter einer Stoffkonstanten versteht, • planen ein Experiment zur Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität eines Stoffes und führen es durch, • diskutieren verschiedene Auswirkungen der hohen spezifischen Wärmekapazität von Wasser in Natur und Technik, • begründen mit Hilfe des Energieerhaltungssatz das Zustandekommen einer Mischungstemperatur.
<p>Ausbreitung von Wärme</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • unterscheiden zwischen Wärmeleitung, Konvektion und Wärmestrahlung, • geben an, dass der Energieeinfall von der Sonne nur in Form von (Wärme-) Strahlung möglich ist, • geben die Solarkonstante an. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • führen geeignete Experimente zur Ausbreitung von Wärme durch, • diskutieren mögliche Maßnahmen zur Reduzierung von Wärmeverlusten, • diskutieren Möglichkeiten zur Nutzung der Sonnenenergie, • führen mit Hilfe der Solarkonstante einfache Abschätzungen durch.
<p>Hinweise</p>	
<ul style="list-style-type: none"> – Abgrenzung der Begriffe Wärme (Austauschform) und innere Energie (Speicherform) – Übergang der inneren Energie nur vom Körper höherer zum Körper mit niedrigerer Temperatur – Hinweis auf spezifische Größen als (in der Regel) auf die Masse bezogene Größen (spezifische Wärmekapazität, spezifische Verdampfungsenergie und spezifische Schmelzenergie im naturwissenschaftlichen Zweig) – Vergleich der Erwärmung von verschiedenen Materialien durch Sonneneinstrahlung – Erhöhung der inneren Energie durch Reibung (Schürholzversuch, Bohrmaschine) – Energieaufnahme einer Knautschzone bei Unfällen 	

Hinweise

- Aufgaben zu Mischungsproblemen nur auf einfache Fälle beschränken, im Sprachenzweig Beschränkung auf Energiebilanzgleichungen
- Rückgriff auf die Inhalte im Fach Chemie zur Behandlung der Aggregatzustände
- Abgrenzung der Begriffe Verdunstung und Verdampfung
- Betrachtung der Wetterphänomene Regen, Schnee, Hagel, Reif, Nebel, Wirbelsturm
- Druckabhängigkeit des Aggregatzustands eines Stoffes
- Funktionsweise eines Schnellkochtopfs
- Funktionsweise von Wärmekissen
- Wirkungsgrad als Zahlenfaktor (ohne Einheit)
- Beispiele für Energiewandler:
Verbrennungsmotor, Stirlingmotor, Gas- oder Ölheizkessel, Latentwärmespeicher
- Isoliergefäße (Thermoskanne), Wärmeisolierung von Gebäuden zur Verringerung von Wärmeverlusten
- Kühlung durch Temperaturstrahlung
- Erzwungene Konvektion (Luft- bzw. Wasserkühlung eines Computers)

Zusätzliche geeignete (Schüler-)Experimente

- Erhitzen verschiedener Wassermengen mit Herdplatte, Heißwasserkocher oder Kerzen
- Aufnahme eines Temperatur-Zeit-Diagramms beim Erhitzen verschiedener Flüssigkeiten (z. B. Wasser, Öl)
- Eigenbau eines Kalorimeters (Plastikflasche mit "Styropor-Folie" bekleben)
- Erhitzen eines Eis-Wasser-Gemisches mit einem Tauchsieder oder Mischungsexperimente von Eis mit heißem Wasser im Kalorimeter zur Bestimmung der spez. Schmelzwärme von Eis
- Verdampfen von Wasser mit einem Wasserkocher zur Bestimmung der spez. Verdampfungswärme von Wasser
- Verdunstung als Kühlmöglichkeit
- Wäschetrocknen im Winter
- Wasser als schlechter Wärmeleiter (Eis im unteren Teil eines Reagenzglases mit Draht befestigt, Erhitzen des Wassers im oberen Teil)

Projekte

- Funktionsweise von Kühlschränken und Wärmepumpe
- Thermogramm eines Wohnhauses
- Heizungsanlage

Außerschulische Lernorte

- Kohlekraftwerk

Hinweise

Fachübergreifende und fächerverbindende Bezüge

- Mathematik: Proportionalität einer Größe zu zwei anderen Größen
- Biologie: Kühlung durch Transpiration, „Zwiebelprinzip“, Schutz von Tieren gegen niedrige bzw. hohe Temperaturen
- Chemie: Teilchenmodell, Aggregatzustände
- Erdkunde: Windentstehung (Verhalten von Land- und Meermassen), Konvektion und Meeresströmung, Einfluss von Meeresströmungen auf das Klima, Klima und Treibhauseffekt
- Geschichte: Historische Entwicklung der Dampfmaschine

Geeignete Kontexte

- Bauphysik (Dämmung, Heizung)
- Wärme und innere Energie beim Kochen
- Folgen der Erderwärmung
- Solaranlagen
- Sonne als Wärmequelle
- Leben im Iglu
- Eisberge in der Schifffahrt
- Klima und Wetter
- Meeresströmungen
- Kühltürme
- Heatpipes (PC, KFZ, Weltraumtechnik)

Themenfelder Klassenstufe 8

Themenfelder Klassenstufe 8 (naturwissenschaftlicher Zweig)	Physik
Kraft	25 %
Kraftmessung	
Gewichtskraft	
Kraft als Vektor	
Kraftwandler	
Reibungskraft	
Mechanische Energie	10 %
Arbeit	
Energie	
Leistung	
Druck	15 %
Stempeldruck	
Schweredruck	
Luftdruck	
Auftrieb	
Temperatur	15 %
Temperaturmessung	
Zustandsgleichung	
Innere Energie	20 %
Spezifische Wärmekapazität	
Aggregatzustände	
Energiewandler	
Ausbreitung von Wärme	
Wahlthema	15 %

Die statische Festlegung der Kräfteinheit (1 N als Gewichtskraft eines Körpers mit der Masse 102 g) ist für die Klassenstufe 8 altersgerecht und hinreichend präzise. Die dynamische Festlegung der Kräfteinheit erfolgt erst in Klassenstufe 10 im Zusammenhang mit dem dynamischen Grundgesetz. Erst dann kann erklärt werden, worauf die zunächst willkürlich erscheinende Festlegung (102 g) basiert.

Das Hooke'sche Gesetz eignet sich, exemplarisch das induktive Verfahren beim Auffinden physikalischer Gesetzmäßigkeiten zu beschreiben (*Basiskonzept Wechselwirkung*). Analog zur Behandlung des Ohm'schen Gesetzes in Klassenstufe 7 ist darauf zu achten, dass die Schülerinnen und Schüler den linearen Zusammenhang zwischen Kraft und Verformung als etwas Besonderes erkennen und nicht als selbstverständlich ansehen. Dazu ist es sinnvoll, zunächst nicht den Sonderfall in den Vordergrund zu stellen, sondern zuerst den Zusammenhang beispielsweise an einem Gummiband näher zu untersuchen. Es sollte deutlich zwischen dem Hooke'schen Gesetz als einem physikalischen Naturgesetz und der Definition der Federkonstanten als einer zweckmäßigen Festlegung unterschieden werden. Analog zu den Definitionen der Geschwindigkeit und der Dichte kann hier auf die Willkürlichkeit, aber Zweckmäßigkeit physikalischer Definitionen eingegangen werden.

Die Abweichung der Erde von der Kugelgestalt ist den Schülerinnen und Schülern aus dem Geographieunterricht bekannt. Die im Vergleich zur Gewichtskraft an den Polen geringere Gewichtskraft am Äquator weist auf eine Abnahme der Anziehungskraft mit zunehmender Entfernung vom Erdmittelpunkt hin. Die genaue Abhängigkeit sowie die Deutung des Ortsfaktors als Gravitationsfeldstärke werden erst in der gymnasialen Oberstufe thematisiert.

Die Behandlung der Kräfteaddition ist in allen Zweigen obligatorisch, die Kräftezerlegung wird verpflichtend lediglich im naturwissenschaftlichen Zweig thematisiert. Die Gleichwertigkeit der beiden Aussagen, dass zwei in einem Punkt angreifende gegengleiche Kräfte sich in ihrer Wirkung aufheben und dass für die resultierende Kraft $F_{res} = 0$ gilt, ist zu betonen. Die Bedeutung der resultierenden Kraft wird erst bei der Betrachtung des Zusammenwirkens nicht paralleler Kräfte offenkundig. Um Verwechslungen mit dem dritten Newton'schen Axiom („*actio est reactio*“) vorzubeugen, sollte darauf hingewiesen werden, dass die Kräfte eines Gleichgewichtspaares stets am selben Körper angreifen (*Basiskonzept System*).

Das Thema Kraftwandler (*Basiskonzept System*) eignet sich insbesondere, die Schülerinnen und Schüler mit einfachen Mitteln selbst experimentieren zu lassen. Der fachübergreifende und fächerverbindende Aspekt kann zur weiteren Erhöhung der Motivation genutzt werden. Im Zusammenhang mit Hebeln können zur Einführung Beispiele dienen, bei denen zwei Kräfte senkrecht zum Stab angreifen. Damit kann das Hebelgesetz schnell entdeckt und anschließend formuliert werden. Die Verallgemeinerung kann später erfolgen. Im Sprachenzweig werden nur zweiseitige Hebel verpflichtend behandelt.

Reibungs- und Trägheitseffekte gehören zur Alltagserfahrung der Schüler und bieten motivierende Gesprächsanlässe im Unterricht. Im Zusammenhang mit dem Trägheitssatz und den Reibungsgesetzen kann die Bedeutung von Idealisierungen und Näherungen in der Physik angesprochen werden.

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<p>Kraftmessung</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> geben Kräfte als Ursache für Geschwindigkeitsänderungen oder Verformungen von Körpern an, 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> entscheiden begründet, ob eine Verformung elastisch oder plastisch ist,

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> • formulieren den Trägheitssatz: Wirkt auf einen Körper keine (resultierende) Kraft ein, so bleibt er entweder in Ruhe oder er bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit auf einer Geraden, • bezeichnen die physikalische Größe Kraft mit dem Symbol F und geben ihre Einheit an: $[F] = 1 \text{ N}$, • nennen Körper, für deren Verformung ein linearer Zusammenhang gilt, und Körper, für deren Verformung ein nichtlinearer Zusammenhang gilt, • formulieren das Hooke'sche Gesetz für bestimmte elastische Festkörper: Die erzielte Längenänderung ist proportional zur wirkenden (Zug-)Kraft: $\Delta s \sim F$, • definieren die physikalische Größe Federkonstante als Quotient aus (wirkender Zug-)Kraft und erzielter Längenänderung und geben ihre Einheit an: $D = \frac{F}{\Delta s}, \quad [D] = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}},$ • lösen einfache Aufgaben mit Hilfe von Dehnungsdiagrammen und der Gesetzmäßigkeit $F = D \cdot \Delta s$. 	<ul style="list-style-type: none"> • erklären Alltagsphänomene unter Verwendung des Trägheitssatzes, • planen Experimente zur Aufnahme von Dehnungsdiagrammen und führen sie durch (für einen linearen und einen nicht linearen Zusammenhang), • begründen an Beispielen, dass das Hooke'sche Gesetz nur in bestimmten Grenzen Gültigkeit hat, • bauen einen einfachen Kraftmesser.
<p>Gewichtskraft</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • bezeichnen die physikalische Größe Gewichtskraft mit dem Formelzeichen F_G, • geben an, dass (an einem festen Ort) die Gewichtskraft eines Körpers proportional zu seiner Masse ist, • definieren die physikalische Größe Ortsfaktor als Quotient aus der Gewichtskraft eines Körpers und seiner Masse und geben ihre Einheit an: $g = \frac{F_G}{m}, \quad [g] = 1 \frac{\text{N}}{\text{kg}},$ 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • erläutern die unterschiedliche Verwendung der Begriffe Masse und Gewicht(s-kraft) in Alltags- und Fachsprache, • führen Experimente zur Bestimmung der Gewichtskraft von Alltagsgegenständen durch,

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> geben den Wert des Ortsfaktors auf der geografischen Breite Deutschlands an: $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}},$ lösen einfache Aufgaben mit Hilfe der Gesetzmäßigkeit $F_G = m \cdot g$. 	<ul style="list-style-type: none"> schätzen Gewichtskräfte mit dem Näherungswert $10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ ab.
<p>Kraft als Vektor</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> geben an, dass eine Kraft eindeutig durch die Bestimmungsstücke Betrag, Angriffspunkt und Richtung festgelegt ist, geben an, dass zwei Kräfte mit gleichem Angriffspunkt durch die resultierende Kraft ersetzt werden können, definieren den Begriff Kräftegleichgewicht, definieren den Begriff Kräftezerlegung. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> ermitteln experimentell die resultierende Kraft bei zwei an einem Punkt angreifenden nicht parallelen Kräften, konstruieren in einfachen Fällen Kräfteparallelogramme, ermitteln bei einer gegebenen Kraft und zwei vorgegebenen Richtungen die beiden Kraftkomponenten.
<p>Kraftwandler</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> bezeichnen ein System, das wenigstens ein Bestimmungsstück einer Kraft verändert, als Kraftwandler, nennen Beispiele für einfache Kraftwandler, definieren den Begriff Hebel als starren, um eine feste Achse frei drehbaren Stab, unterscheiden einseitige und zweiseitige Hebel, definieren die physikalische Größe Drehmoment als Produkt aus Kraftbetrag und Hebelarm und geben ihre Einheit an: $M = F \cdot a, [M] = 1 \text{ Nm (mit } \vec{F} \perp \vec{a}),$ 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> identifizieren einseitige und zweiseitige Hebel im Alltag, realisieren mit Gewichtsstücken Gleichgewicht an einem Hebel,

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> • formulieren das Hebelgesetz: An einem Hebel herrscht Gleichgewicht, wenn die Summe der linksdrehenden Drehmomente gleich der Summe der rechtsdrehenden Drehmomente ist, • lösen einfache Aufgaben unter Verwendung des Hebelgesetzes, • erklären den Aufbau und die Funktionsweise eines Flaschenzuges, • bestimmen bei Flaschenzügen die Anzahl der tragenden Seilstücke, • geben an, dass eine Kraftübersetzung stets die entsprechende Weguntersetzung nach sich zieht, • lösen einfache Aufgaben zu Flaschenzügen. 	<ul style="list-style-type: none"> • verallgemeinern ihre Beobachtungen zum Hebelgesetz, • stellen experimentell Gleichgewicht an freier, fester und loser Rolle sowie am Flaschenzug her, • erklären die Kräfteverhältnisse bei freier, fester und loser Rolle sowie am Flaschenzug im Gleichgewicht, • entscheiden sich bei vorgegebener Problemstellung begründet für einen geeigneten Kraftwandler.
<p>Reibungskraft</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • unterscheiden Haft-, Gleit- und Rollreibung, • formulieren das Reibungsgesetz: Der Betrag der Reibungskraft ist (in guter Näherung) proportional zum Betrag der Anpresskraft, • definieren die physikalische Größe Reibungskoeffizient als Quotient aus den Beträgen von Reibungskraft und Anpresskraft und geben ihre Einheit an: $f_R = \frac{F_R}{F_N}, [f_R] = 1,$ • lösen einfache Aufgaben mit Hilfe der Gesetzmäßigkeit $F_R = f_R \cdot F_N$. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • begründen mit Hilfe des Trägheitssatzes an geeigneten Beispielen aus dem Alltag die Einsicht in das Wirken einer Reibungskraft, • führen Experimente zum Größenvergleich von (maximaler) Haftreibungskraft, Gleitreibungskraft und Rollreibungskraft durch, • erklären mit Hilfe eines Modells die Reibungsarten mikroskopisch und begründen damit die Größenverhältnisse der drei Reibungskräfte, • recherchieren Reibungskoeffizienten für verschiedene Stoffkombinationen, • diskutieren geeignete Maßnahmen zur Erhöhung bzw. zur Verminderung der Reibung.

Hinweise

- Einsatz von Filmsequenzen von Crashtests (Trägheitssatz)
- Bewertung der Notwendigkeit eines Sicherheitsgurtes im Straßenverkehr aus physikalischer Sicht
- Masse als Skalar vs. Kraft als Vektor (gerichtete Größe)
- Tafel Schokolade (mit Alufolie) als Musterkörper für „1 N“
- Abgrenzung von elastischer Verformung zu plastischer Verformung
- Elastizitäts-/Proportionalitätsbereich beim Hooke'schen Gesetz
- Ableseübungen an Diagrammen mit nicht proportionalen Zusammenhängen
- Angabe des Maßstabes beim Zeichnen von Kräften
- Verwendung des Kraftvektors nur in Zeichnungen
- Schwerpunkt als Angriffspunkt der Gewichtskraft
- Keine Vermischung von Kräftegleichgewicht und Wechselwirkungsprinzip
- Konsequente Unterscheidung von vorgegebenen Kräften und der Resultierenden in Zeichnungen z. B. durch verschiedene Farben
- Einsatz dynamischer Geometriesoftware (z. B. Veranschaulichung der Abhängigkeit der Beträge der Kraftkomponenten vom Winkel zwischen den Krafrichtungen)
- Kennzeichnung der Drehachse eines Hebels in der (zweidimensionalen) Zeichnung als Drehpunkt
- Stationenlernen beim Hebel
- Balkenwaage als Hebel
- Reibungsgesetz als idealisierte Vorstellung, in der Realität Einfluss der Fläche
- Bürstenmodell zur Erklärung der Reibung
- Betrachtungen zur Reibung im Sprachenzweig nur bei horizontaler Unterlage, im naturwissenschaftlichen Zweig auch an der schiefen Ebene
- Abhängigkeit des Reibungskoeffizienten von ggf. vorhandener Schmierung (z. B. Öl)
- Streuen von Sand, Asche, Splitt zur Aufrauung glatter Oberflächen
- Bremswirkung bei Glatteis („Stotterbremsung“ vs. dauerhaftem Blockieren der Räder)

Zusätzliche geeignete (Schüler-)Experimente

- Bau eines Kraftmessers aus Papprolle, Feder und Faden (Münzen als Massen)
- Kraft-Dehnungsdiagramme von Gymnastikbändern
- Dehnen eines Expanders
- Experimentelle Bestätigung (Messung mit Kraftmesser) der durch Konstruktion ermittelten Werte für Hangabtriebskraft und/oder Normalkraft bei einer schiefen Ebene mit vorgegebenem Neigungswinkel (im naturwissenschaftlichen Zweig)
- Experimente zur Reibung mit Fahrradreifen
- Klettern an Kletterstange aus Holz oder Metall ohne bzw. mit Schuhen und Handschuhen aus Wolle, Gummi oder Leder.
- Zerbrechen eines Streichholzes in immer kürzere Stücke

Projekte

- Schwerelosigkeit

Hinweise

- Bau eines tragfähigen Brückenmodells (z. B. aus Papier bei vorgegebener Spannweite und Tragfähigkeit)
- Wettbewerbe der Ingenieurskammer des Saarlandes
- Bau eines Mobile

Außerschulische Lernorte

- Klettergarten
- Entwicklungsabteilung der Autoindustrie (Crashtest)
- Baustelle (Lastentransport)

Fachübergreifende und fächerverbindende Bezüge

- Mathematik: Proportionalität (Federkonstante, Ortsfaktor, Reibungskoeffizient), maßstäbliche Konstruktion von Kräfteparallelogrammen
- Erdkunde: Maßstab, Variation von g an der Erdoberfläche
- Biologie: Spinnenseide (Elastizität und Belastbarkeit), Gelenke als Hebel
- Geschichte: Einsatz von Werkzeugen als Kraftwandler
- Sport: Biomechanische Aspekte bei Sportarten

Geeignete Kontexte

- Verkehrsphysik (Trägheit beim Anfahren, Abbremsen, Änderung der Richtung, Unfälle bei glattem Straßenbelag)
- Bewegungslehre des Aristoteles, Entdeckung des Trägheitsgesetzes (Aristoteles, Galilei, Newton)
- Bewegung von Raumsonden nach „Verlassen des Sonnensystems“
- Gravimetrie (z. B. zur Entdeckung von Öl-, Gasvorkommen)
- Verformungen beim Menschen
- Bungee-Sprung (Dehnung des Seiles)
- Materialprüfung (z. B. Zugfestigkeitsprüfung bei Stahlbeton, Prüfung von Fahrradhelmen auf Belastbarkeit)
- Schwerelosigkeit
- Tauziehen
- Fußball (Betrag, Richtung und Angriffspunkt von Kräften)
- Treideln an Kanälen, Flüssen
- Hebelwirkung beim Sport Judo
- Hebelwirkung bei Werkzeugen
- Hebel am menschlichen Körper
- Klettersport, Bergrettung (Einsatz von Kraftwandlern)
- „Welt ohne Reibung“
- Pyramidenbau
- Wintersport (Technik beim Skilanglauf)
- Knoten (Zunahme der Haftkraft mit der Belastung)
- Reibung bei Schiffstauen
- Bauphysik

Der Energiebegriff und die damit verbundene Betrachtung der physikalischen Arbeit zählen zu den elementaren Inhalten des Physikunterrichts. Die Bedeutung des Energiebegriffs für den naturwissenschaftlichen Unterricht wird nicht zuletzt durch die Aufnahme des übergeordneten Basiskonzepts „Energie“ in die Bildungsstandards für das Fach Physik untermauert.

Nach der Behandlung des Themenfeldes Kraft ist es sinnvoll, zunächst die physikalische Arbeit einzuführen. Dabei sollte eine deutliche Abgrenzung zwischen dem physikalischen Fachbegriff und dem Arbeitsbegriff im Alltag erfolgen. Es ist auch möglich, den Energiebegriff vor die Betrachtung der physikalischen Arbeit zu stellen. Für beide Begriffe dienen eine Vielzahl von Vorgängen aus der Alltagserfahrung der Schülerinnen und Schüler (Schaukel, Achterbahn, Heben von Lasten, Trampolin usw.) als Anknüpfungspunkte.

Die Formel zur Berechnung der Beschleunigungsarbeit kann in Klassenstufe 8 angegeben werden, ihre Herleitung erfolgt in Klassenstufe 10. Die Formel für die elastische Verformungsarbeit soll im Sprachenzweig angegeben, im naturwissenschaftlichen Zweig mit Hilfe eines F(s)-Diagramms und der entsprechenden Flächenbetrachtung ermittelt werden.

Die Unterscheidung zwischen der Beschreibung eines Vorgangs (durch die physikalische Größe Arbeit) und der Beschreibung eines Zustands erfolgt mit der Einführung des Energiebegriffs. Dabei soll verdeutlicht werden, dass ein in sich veränderliches System durch die Energie als Erhaltungsgröße umfassend beschrieben werden kann. Dieser Aspekt spielt auch fachübergreifend eine Rolle (Chemie, Biologie, Erdkunde). Zur notwendigen Abgrenzung zwischen den physikalischen Größen Arbeit und Energie ist es sinnvoll, zunächst unterschiedliche Formelzeichen zu verwenden. Zu einem späteren Zeitpunkt kann für beide Größen das Formelzeichen W verwendet werden.

Der aus der Erfahrungswelt der Schülerinnen und Schüler bekannte Begriff der Leistung kann auch unmittelbar nach der unterrichtlichen Behandlung der Arbeit eingeführt werden.

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<p>Arbeit</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> definieren die physikalische Größe Arbeit als Produkt aus Kraftbetrag und Weglänge (bei konstanter Kraft in Wegrichtung) und geben ihre Einheit an: $W = F \cdot s, \quad [W] = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ J},$ unterscheiden zwischen verschiedenen Formen mechanischer Arbeit und geben die zugehörigen Formeln an: Hubarbeit $W_H = m \cdot g \cdot h,$ Reibungsarbeit $W_R = f_R \cdot F_N \cdot s,$ Verformungsarbeit $W_{Sp} = \frac{1}{2} D \cdot s^2,$ 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> untersuchen exemplarisch den Zusammenhang zwischen Kraftübersetzung und Weguntersetzung bei einem Kraftwandler, veranschaulichen die Fläche unter der Kraftkurve im F(s)-Diagramm als Maß für die Arbeit, vergleichen den physikalischen und umgangssprachlichen Arbeitsbegriff, leiten unter Verwendung der allgemeinen Definition die Formeln für Hubarbeit und Reibungsarbeit her, leiten den Term für die Verformungsarbeit aus dem F(s)-Diagramm her.

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<p>Beschleunigungsarbeit $W_B = \frac{1}{2} m \cdot v^2$,</p> <ul style="list-style-type: none"> formulieren die Goldene Regel der Mechanik. 	
<p>Energie</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> definieren die Fähigkeit eines Systems, Arbeit zu verrichten, als Energie und geben ihre Einheit an: $[E] = [W] = 1 \text{ J}$, unterscheiden zwischen verschiedenen Formen mechanischer Energie und geben die zugehörigen Formeln an: Lageenergie (potenzielle Energie): $W_{pot} = m \cdot g \cdot h$, Spannenergie: $W_{Sp} = \frac{1}{2} D \cdot s^2$, Bewegungsenergie (kinetische Energie): $W_{kin} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$, formulieren den Energieerhaltungssatz der Mechanik: Bei wechselseitiger, reibungsfreier Umwandlung mechanischer Energieformen bleibt die Gesamtenergie erhalten, lösen einfache Aufgaben unter Verwendung des Energieerhaltungssatzes. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> erklären den Zusammenhang zwischen der an/von einem System verrichteten Arbeit und der Energie des Systems, erläutern an einem Beispiel, dass das Verrichten von Reibungsarbeit nicht zu einem Zuwachs von mechanischer Energie führt.
<p>Leistung</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> definieren die physikalische Größe Leistung als Quotient aus der verrichteten Arbeit und der dazu benötigten Zeit und geben ihre Einheit an: $P = \frac{W}{t}$, $[P] = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \text{ W}$. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> recherchieren Dauerleistungen im Alltag.

Hinweise

- Abgrenzung des physikalischen Arbeitsbegriffs vom Alltagsbegriff
- Formel für Spannarbeit durch Mittelwertbildung (Maximalkraft - mittlere Kraft)
- Diskussion zum perpetuum mobile
- Drehmoment und Arbeit als verschiedene physikalische Größen mit der Einheit 1 Nm (im naturwissenschaftlichen Zweig)
- Unterscheidung zwischen Spitzenleistung und Dauerleistung
- Energieumwandlungen im Straßenverkehr und beim Skifahren (Bremsvorgänge als Beispiel für die Umwandlung von mechanischer Energie in innere Energie)
- Arbeit mit Flussdiagrammen (Energieumwandlungsketten)
- Zahlenangaben zu wissenswerten Energien
- Vergleich von Dauerleistungen (Mensch, Tiere, Maschinen)
- Umrechnung der Einheiten Kilowatt (1 KW) und Pferdestärke (1 PS)

Zusätzliche geeignete (Schüler-)Experimente:

- Körper unterschiedlicher Massen verursachen beim Fall aus unterschiedlichen Höhen unterschiedliche Eindringtiefen eines Nagels in eine Styroporplatte
- Experimente mit Flummi, Jojo, Looping
- Experimente mit „Springspielzeug“
- Experimente mit Knete

Projekte

- Bestimmung der Leistung beim Treppensteigen
- „Mausefallauto“-Wettbewerb

Fachübergreifende und fächerverbindende Bezüge

- Mathematik: Quadratwurzel, quadratische Funktionen
- Biologie: Körperbau von Mensch und Tier
- Chemie: Reaktionsgleichungen
- Erdkunde: Energieumwandlung durch Wasserkraft

Geeignete Kontexte

- Energiebetrachtungen beim Sport
- Sportliche Höchstleistungen, Bergsteigen („100 Höhenmeter pro Stunde“), Belastungsergometrie beim Arzt
- Mensch als Energiewandler
- Verschiedene Möglichkeiten (Wasser, Luft, Treibstoff) zum Antrieb
- Perpetuum-mobile-Konstruktionen

Bei der Einführung der physikalischen Größe Druck erscheint es sinnvoll, diese nicht unmittelbar über den Auflagedruck ("Kraft pro Fläche") einzuführen sondern Druck zunächst wie eine Basisgröße zu behandeln, die das "Gepresstsein" eines Gases oder einer Flüssigkeit beschreibt. Erst danach führen weitere Überlegungen dazu, dass man dem Druck in einem Gas bzw. in einer Flüssigkeit einen Wert zuordnen kann, indem man die Kräfte misst, die das Gas bzw. die Flüssigkeit aufgrund des "Gepresstseins" auf Begrenzungsflächen ausüben. Die Proportionalität zwischen dem Betrag der wirkenden Kraft und dem Maß der betrachteten (Teil-)Fläche ist beispielsweise mit dem „Druck-Kraft-Gerät“ experimentell leicht zu überprüfen, womit man zur Formulierung "Druck ist bestimmbar durch den Quotienten aus Kraft und Fläche" gelangt. Dieser Zugang beinhaltet eine solide Differenzierung zwischen Kraft als vektorieller Größe und der Zustandsgröße Druck als Skalar, die vielen falschen Schülervorstellungen vorbeugt und falsche Begriffsbildungen wie "Druckkraft" nicht zulässt.

Die Vorstellung des "Gepresstsein" kann bei der anschließenden Behandlung von Schwere- und Luftdruck gewinnbringend genutzt werden. Die gepressten Teilchen in der Tiefe h einer Flüssigkeit üben demnach allseitige Kräfte auf ihre Umgebung, sowohl auf benachbarte Teilchen als auch auf Begrenzungsflächen, aus. Da die uns umgebende Luft bereits gepresst ist (Luftdruck), übt sie demnach Kräfte auf alle Begrenzungsflächen aus. Solche Kräfte heben sich in den meisten Fällen gegenseitig auf (Kräftegleichgewicht). Die Kraftwirkung des Luftdrucks ist folglich nur dann beobachtbar, wenn zu beiden Seiten einer Begrenzungsfläche unterschiedlich stark gepresste Luftmengen vorliegen.

Im Sprachenzweig wird die Formel für die Auftriebskraft nicht thematisiert. Die Dichtekriterien für das Steigen, Schweben und Sinken eines Körpers in Wasser können von den Schülerinnen und Schülern im Experiment entdeckt werden.

An Beispielen zu Druck und Auftrieb können das deduktive und induktive Verfahren miteinander verglichen werden und deren Bedeutung für die Erkenntnisgewinnung in der Physik den Schülerinnen und Schülern bewusst gemacht werden.

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<p>Druck als Zustand</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • geben an, dass eine eingeschlossene Flüssigkeit durch Kräfte, die auf Teile ihrer Begrenzungsfläche wirken, in einen „Druckzustand“ versetzt werden kann (Stempeldruck), • geben an, dass der Druckzustand einer Flüssigkeit an Kräften erkennbar ist, die senkrecht auf Begrenzungsflächen wirken, 	<ul style="list-style-type: none"> • erklären den Druckzustand einer Flüssigkeit mit Hilfe eines einfachen Teilchenmodells, • planen ein einfaches Experiment zur Kraftübertragung mit Hilfe einer Flüssigkeit, • untersuchen für eine abgeschlossene Flüssigkeitsmenge den Zusammenhang zwischen Kraft und Begrenzungsfläche quantitativ, • entwickeln an einem Beispiel (Hebebühne, Hydraulikanlage) den grundlegenden Zusammenhang für hydraulische Systeme: $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> definieren die physikalische Größe Druck als Quotient aus dem Betrag der Kraft und dem Flächeninhalt und geben ihre Einheit an: $p = \frac{F}{A}, [P] = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2},$ lösen einfache Aufgaben mit Hilfe der Gesetzmäßigkeit $F = p \cdot A$ (einschließlich einfacher Berechnungen an hydraulischen Systemen aus dem Alltag). 	<ul style="list-style-type: none"> übertragen den Druckbegriff von Flüssigkeiten auf Gase, schätzen vorkommende Drücke bzw. Kräfte in Industrieanlagen ab.
<p>Schweredruck</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> nennen die Gewichtskraft einer Flüssigkeit oder eines Gases als Ursache für den Schweredruck, geben die Gesetzmäßigkeit für den Schweredruck $p = \rho \cdot g \cdot h$ an, erläutern das hydrostatische Paradoxon. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> leiten die Formel für den Schweredruck her, erklären an verschiedenen Beispielen aus dem Alltag das Prinzip der verbundenen Gefäße.
<p>Luftdruck</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> interpretieren den Luftdruck als Schweredruck der Lufthülle, erklären Aufbau und Funktionsweise eines Dosenbarometers als Messinstrument für den Luftdruck, geben den mittleren Luftdruck auf Meereshöhe an. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> veranschaulichen die Existenz des Luftdrucks in einem einfachen Experiment, planen ein Experiment zur Bestimmung des Luftdrucks und führen es durch, vergleichen den mittleren Luftdruck auf Meereshöhe mit dem Schweredruck in einer bestimmten Wassertiefe, recherchieren nach historischen Experimenten zum Luftdruck und präsentieren ihre Ergebnisse, erläutern mit Hilfe eines p(h)-Diagramms die Abhängigkeit des Luftdrucks von der Höhe.

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<p>Auftrieb</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • geben die Auftriebskraft als Ursache für den Auftrieb in einer Flüssigkeit an, • leiten den Ausdruck zur Bestimmung der Auftriebskraft $F_A = \rho_{\text{Fl}} \cdot V_{\text{verdrängt}} \cdot g$ her und formulieren das Gesetz des Archimedes: Die Auftriebskraft ist gleich der Gewichtskraft der vom Körper verdrängten Flüssigkeitsmenge. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • bestimmen die Auftriebskraft eines Festkörpers im Experiment, • untersuchen experimentell den Einfluss der Dichte einer Flüssigkeit auf die Auftriebskraft auf den eingetauchten Körper, • entwickeln Dichtekriterien für das Steigen, Schweben und Sinken eines Festkörpers in einer Flüssigkeit (induktiver oder deduktiver Zugang), • übertragen das Phänomen Auftrieb auf Gase, • legen das induktive und deduktive Verfahren zur Erkenntnisgewinnung an Beispielen dar.

Hinweise

- Betonung des Drucks als Zustandsgröße
- Behandlung des Teilchenmodells nur in einfacher Form (2-dim: Münzen, 3-dim: Kugeln)
- Beschränkung auf einfache Aufgaben
- Hydraulische Systeme ohne Wegbetrachtung (im Sprachenzweig)
- Betrachtung von Kraftübersetzung und Weguntersetzung bei hydraulischen Systemen führt erneut zur Goldenen Regel der Mechanik (im naturwissenschaftlichen Zweig)
- Spürbare durch den Luftdruck verursachte Kraftwirkung nur gegenüber einem (teilweise) evakuierten Raum
- Anwendungen des Luftdrucks (Pumpen, Stechheber, Winkelheber, Saugnapf, Zerstäuber)
- Verwendung der Druckeinheit 1 mmHg (Millimeter Quecksilbersäule) bei der Blutdruckmessung

Zusätzliche geeignete (Schüler-)Experimente

- Magdeburger Halbkugeln
- Barometer als Höhenmesser
- Blutdruckmessung
- Kartesischer Taucher
- Rosinen in Mineralwasser

Hinweise**Projekte**

- Bau eines einfachen Dosenbarometers
- Bau eines Wasser(säulen)barometers
- Bau eines hydraulischen Hebekissens
- Bau eines Galileo-Thermometers

Außerschulische Lernorte

- Schwimmbad
- Schleusenanlagen
- Wetterwarte

Fachübergreifende und fächerverbindende Bezüge

- Mathematik: Umrechnungen von Einheiten, Volumenberechnung verschiedener Körper, Rechnen mit Proportionalitäten, Abschätzungen, sinnvolles Runden, Arbeit mit Tabellen und Diagrammen
- Biologie: Blutkreislauf, Blutdruckmessung, Aufbau des Ohres, Schwimmblase bei Fischen
- Erdkunde: Schleusen in der Schifffahrt, Eisberge, Luftdruck und Wetter
- Geschichte: Historische Bewässerungssysteme, historische Unglücke aus physikalischer Sicht (Hindenburg, Titanic)

Geeignete Kontexte

- Schlauchwaage an Baustellen
- Hydraulische Bremse bei Fahrrad und Auto
- Hoch- und Tiefdruckgebiete bei der Wettervorhersage
- Bau von Staudämmen
- Rettungswerkzeuge (hydraulisch arbeitende Scheren und Spreizer)
- Physik des Tauchens
- Bewegung von U-Booten
- Wasserversorgungssysteme
- Schleusenanlagen
- Moderne Luftschifffahrt

Die physikalische Zustandsgröße Temperatur nimmt als nicht additive Größe eine Sonderstellung unter den SI-Basiseinheiten ein. Sie wird bereits in Klassenstufe 5 im Fach Naturwissenschaften mit dem Symbol T und der Einheit 1°C eingeführt. Mit einem (Celsius-)Thermometer werden Siede- und Schmelztemperaturen geeigneter Stoffe gemessen. Im Physikunterricht der Klassenstufe 8 legen die präzise Festlegung der Celsiusskala (Hervorhebung der Bedeutung der Fixpunkte) und die Abgrenzung zwischen Celsius- und Kelvintemperatur (Indizierung) eine Grundlage zur nachfolgenden Behandlung der Gasgesetze.

Durch den praktischen Umgang mit verschiedenen Thermometern gewinnen die Schülerinnen und Schüler weitere Sicherheit im Ablesen an verschiedenen Skalen. Die Einschränkung des Messbereiches durch die Zustandsänderungen der Thermometerflüssigkeit motiviert andere Messmethoden. Als elektrischer Temperatursensor kann beispielsweise ein Heißleiter dienen. Seine Kalibrierung sollte im Schülerexperiment erfolgen. An dieser Stelle wird an einem nichtlinearen Zusammenhang ($I(T_C)$ -Kennlinie) der Umgang mit Diagrammen weiter vertieft und das Verfahren der Messung der elektrischen Stromstärke wiederholt.

Im Sprachenzweig ist es legitim, die Größe Kelvin-Temperatur ohne Herleitung vorzugeben und lediglich die Umrechnung zwischen Celsius- und Kelvintemperaturen zu üben. Im naturwissenschaftlichen Zweig wird die Kelvin-Skala durch den linearen Zusammenhang zwischen Volumenänderung und Temperaturänderung von Luft bzw. anderen Gasen motiviert (Extrapolation). Eine weitere Motivation der Kelvinskala ist die einfache Darstellung des Zusammenhangs von Volumen und Temperatur bei konstantem Druck im Gesetz von Gay-Lussac.

Es genügt, im Sprachenzweig entweder das Gesetz von Gay-Lussac oder das Gesetz von Boyle-Mariotte exemplarisch zu behandeln. Im naturwissenschaftlichen Zweig lassen sich beide Gesetze schließlich zur allgemeinen Gasgleichung verbinden.

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<p>Temperaturmessung</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • geben die thermische Dehnung als Grundlage für ein objektives Messverfahren an, • bezeichnen die physikalische Größe Celsius-Temperatur mit dem Symbol T_C und geben ihre Einheit an: $[T_C] = 1^\circ\text{C}$, • geben die Fixpunkte der Celsius-Skala an und legen die Celsius-Temperatur fest, • unterscheiden zwischen Temperaturpunkten und Temperaturunterschieden, 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • diskutieren die Unzulänglichkeiten des subjektiven Empfindens zur Temperaturmessung, • begründen, dass Schmelz- und Siedetemperatur des Wassers als mögliche Fixpunkte geeignet sind, • planen ein Experiment zur Kalibrierung eines elektrischen Thermometers, führen es durch und dokumentieren das Ergebnis in Form eines Temperatur-Stromstärke-Diagramms, • messen Temperaturen unter sachgerechter Verwendung unterschiedlicher Thermometer,

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> • geben Auswirkungen des Dehnungsverhaltens verschiedener Materialien in Natur und Technik an, • beschreiben die Anomalie des Wassers. 	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern exemplarisch positive und negative Auswirkungen der Dichteanomalie des Wassers auf Vorgänge in Natur und Umwelt.
<p>Zustandsgleichung</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • nennen die Größen Druck, Volumen und Temperatur als Zustandsgrößen einer abgeschlossenen Gasmenge, • geben an, dass alle Gase gleiches Ausdehnungsverhalten zeigen, • bezeichnen die physikalische Größe Kelvin-Temperatur mit dem Symbol T_K und geben ihre Einheit an: $[T_K] = 1 \text{ K}$, • führen einfache Umrechnungen in die verschiedenen Temperatureinheiten aus, • formulieren das Gesetz von Gay-Lussac: Bei konstantem Druck ist das Volumen einer abgeschlossenen Gasmenge zu seiner Kelvin-Temperatur proportional: $\frac{V}{T_K} = \textit{konst.},$ • formulieren das Gesetz von Boyle-Mariotte: Bei konstanter Temperatur ist das Volumen einer abgeschlossenen Gasmenge zum Druck umgekehrt proportional: $p \cdot V = \textit{konst.},$ 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • planen ein Experiment zur Bestimmung des Zusammenhangs zwischen Volumen und Temperatur einer abgeschlossenen Gasmenge bei konstantem Druck und dokumentieren das Ergebnis in Form eines $V(\Delta T_C)$-Diagramms, • entwickeln aus dem $V(\Delta T_C)$-Diagramm durch graphische Extrapolation die Kelvin-Skala, • planen ein Experiment zur Bestimmung des Zusammenhangs zwischen Druck und Volumen einer abgeschlossenen Gasmenge bei konstanter Temperatur und dokumentieren das Ergebnis in Form eines p-V-Diagramms,

Kompetenzerwartungen

Fachwissen

- geben die allgemeine Zustandsgleichung für Gase an,
- lösen einfache Aufgaben mit Hilfe der Gesetzmäßigkeit:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_{K1}} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_{K2}}$$

Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung

- entwickeln aus den Gesetzen von Gay-Lussac und Boyle-Mariotte den Zusammenhang:

$$\frac{p \cdot V}{T_K} = \text{konst.}$$

Hinweise

- Qualitative Betrachtung des Ausdehnungsverhaltens von Festkörpern, Flüssigkeiten und nicht idealen Gasen ohne Einführung des Ausdehnungskoeffizienten
- Gummi zieht sich beim Erwärmen zusammen (Entropie-Elastizität in kautschukähnlichen Materialien)
- Unterscheidung der Celsius- und Kelvintemperatur durch Symbole
- Kennzeichnung von Temperaturunterschieden durch die Delta-Schreibweise (hier keine Indizierung erforderlich, da $\Delta T_C = \Delta T_K = \Delta T$)
- Recherchieren von Fixpunkten für andere Temperaturskalen
- Sachgerechte Verwendung von Thermometern schließt auch die anwendungsbezogene korrekte Auswahl ein
- Ableseübungen an Thermometern mit unterschiedlichen Skalen
- Einführung der Fahrenheittemperatur im naturwissenschaftlichen Zweig
- Unterschiedliches Ausdehnungsverhalten von Glas und Thermometerflüssigkeit
- Ausnutzung der unterschiedlichen Ausdehnung zweier unterschiedlicher Metalle in Anwendungen (Bimetallthermometer, Thermostat, thermischer Schutzschalter)
- Gleiches Ausdehnungsverhalten von Stahl und Beton (Stahlbeton)
- Temperaturmessung durch thermischen Kontakt vs. berührungslose Temperaturmessung
- Gasthermometer
- Arbeit mit Diagrammen (Ableseübungen an Klimadiagrammen)
- Dichteänderung als Folge der Volumenänderung bei Temperaturänderung (Wärmekonvektion)
- Wassermolekül als elektrischer Dipol (→ Anomalie der Ausdehnung von Wasser)
- Gasgesetze von Gay-Lussac, Boyle-Mariotte und Amontons als Sonderfälle der allgemeinen Zustandsgleichung der Gase
- Hinweis auf den Begriff ideales Gas
- Gültigkeit des allgemeinen Gasgesetzes für den Gesamtdruck (im naturwissenschaftlichen Zweig)
- Messung des Reifendrucks als Überdruck zum Luftdruck
- Auswirkungen der Temperatur auf andere Stoffeigenschaften (z. B. Supraleitung)

Hinweise

Zusätzliche geeignete (Schüler-)Experimente

- Messung der Lufttemperatur über einen längeren Zeitraum (Tag, Woche) und Auswertung mit einem Diagramm (als Heimversuch)
- Eigenbau eines Thermometers z. B. mit Spiritus
- Experimente zur Volumenausdehnung mit Plastikflaschen
- Bolzensprenger (Lehrerversuch)

Projekte

- Bau einfacher Modelle zur Anwendung der Bimetallwirkung
- (Thermostat, automatischer Feuermelder)
- Bau eines einfachen Heißluftballons
- Wetterbeobachtung und -aufzeichnung (Temperatur, Luftdruck, Beschreibung der Bewölkung) über einen längeren Zeitraum, Zusammenhang zwischen Beobachtung und Messung

Außerschulische Lernorte

- Wetterwarte

Fachübergreifende und fächerverbindende Bezüge

- Mathematik: Diagramme
- Biologie: Körpertemperatur, Fieberkurve, Körpertemperatur von Tieren (Winterschlaf, -ruhe, -starre), Schichtung von Wasser in Seen, Überleben von Fischen bei Frost, Blutdruckmessung
- Chemie: Gesetze von Gay-Lussac, Boyle-Mariotte und Amontons
- Erdkunde: Flug eines Wetterballons, Klimadiagramme, Verwitterung von Gestein (Einwirkung von Wasser, Eis, Temperaturänderungen), Frostaufbrüche, Nutzung der Anomalie des Wassers in der Landwirtschaft, Plattentektonik

Geeignete Kontexte

- Klassische Temperaturskalen: Réaumur, Fahrenheit
- Temperaturregelung mit Thermostaten (z. B. Bimetall)
- Sprinkleranlagen
- Richtige Lagerung von Lebensmitteln
- Infrarot-Thermografie (Temperaturfarbskala)
- Längenausdehnung in der Technik (Schleifen/Zwischenstücke bei Rohrleitungen, Dehnungsfugen bei Brücken, Gleit-/Rollenlagerung von Brücken, Ausdehnungsgefäße in geschlossenen Wasserkreisläufen)
- Eisenbahn (Ausdehnung von Schienen, „Reifenwechsel“ bei der Eisenbahn [Aufziehen von Radreifen])
- Auswirkungen der Anomalie des Wassers in Natur und Umwelt (Frostaufbrüche, Zufrieren von Seen, Ausnutzung in der Landwirtschaft, Rohrbruch, Frostschutzmittel)
- Heißluftballons
- Meeresströmungen
- Antrieb der Plattenverschiebung durch Dichteunterschiede zwischen kalter Erdkruste und heißer Magma

Aus dem Themenbereich der Wärmelehre sind im Physikunterricht der Klassenstufe 8 Betrachtungen zur inneren Energie und zu den Phasenübergängen Gegenstand des Unterrichts. In diesem Themenfeld können Phänomene aus dem Alltag gewinnbringend zur Motivation genutzt werden. Im Unterricht ist grundsätzlich darauf zu achten, dass analog zur Thematik Arbeit / Energie zwischen der Austauschform (Wärme) und der Speicherform (innere Energie) unterschieden wird (*Basiskonzept Energie*).

Bei der Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität eines Stoffes bieten sich zwei Verfahren an, die innere Energie eines Stoffes zu erhöhen: Verrichten von Reibungsarbeit oder Zuführen von Wärme. Verwendet man dazu einen Tauchsieder bekannter Leistung, ist die Formel zur Bestimmung der elektrischen Leistung aus elektrischer Stromstärke und elektrischer Spannung, die erst in Klassenstufe 9 betrachtet wird, nicht erforderlich.

Im naturwissenschaftlichen Zweig kann die Betrachtung des Teilchenmodells auch im Zusammenhang mit der Behandlung der Phasenübergänge erfolgen. Das Aufgreifen des Teilchenmodells im Chemieunterricht und Physikunterricht des naturwissenschaftlichen Zweiges der Klassenstufe 8 sollte dazu genutzt werden, den Schülerinnen und Schülern verschiedene Sichtweisen auf ein Thema bewusst zu machen (*Basiskonzept Materie*).

Die Bedeutung physikalischer Erkenntnisse für die industrielle Entwicklung kann besonders im Rahmen der Betrachtung zu Energiewandlern anschaulich gemacht werden (*Basiskonzept System*). Die Einführung des Begriffs Wirkungsgrad ist im naturwissenschaftlichen Zweig auch bereits bei der Behandlung der mechanischen Energie in Verbindung mit dem Energieerhaltungssatz möglich. Eine weitere Vertiefung erfolgt im naturwissenschaftlichen Zweig in Klassenstufe 9.

Im Zusammenhang mit der Behandlung der Sonnenenergie bieten sich Diskussionen zu aktuellen gesellschaftlichen Problemen (Energieversorgung, Treibhauseffekt, Klimawandel) an.

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<p>Spezifische Wärmekapazität Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • geben die innere Energie eines Körpers als Summe aller kinetischen und potenziellen Energien der enthaltenen Teilchen an, • geben den Zusammenhang zwischen Temperatur und kinetischer Energie der Teilchen eines Körpers als je-desto-Formulierung an, • bezeichnen die Änderung der inneren Energie mit dem Symbol ΔE_i und geben ihre Einheit an: $[\Delta E_i] = 1 \text{ J}$, 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • unterscheiden die Energieübertragung im mechanischen Fall (Arbeit) vom thermischen Fall (Wärme),

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> • geben die Änderung der inneren Energie mit $\Delta E_i = c \cdot m \cdot \Delta T$ an, • definieren die physikalische Größe spezifische Wärmekapazität und geben ihre Einheit an: $c = \frac{\Delta E_i}{m \cdot \Delta T}, [c] = 1 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}},$ • geben die spezifische Wärmekapazität von Wasser an, • lösen einfache Aufgaben zu Mischungsproblemen (insbesondere Energiebilanzgleichungen). 	<ul style="list-style-type: none"> • planen ein Experiment zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Temperaturerhöhung und der Änderung der inneren Energie und führen es durch, • legen an Beispielen dar, was man unter einer Stoffkonstanten versteht, • planen ein Experiment zur Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität eines Stoffes und führen es durch, • diskutieren verschiedene Auswirkungen der hohen spezifischen Wärmekapazität von Wasser in Natur und Technik, • begründen mit Hilfe des Energieerhaltungssatz das Zustandekommen einer Mischungstemperatur, • berechnen die Mischungstemperatur bei einfachen Mischungsproblemen und überprüfen das Ergebnis im Experiment.
<p>Aggregatzustände</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • geben die Aggregatzustände fest, flüssig gasförmig an, • charakterisieren Phasenübergänge mit den Begriffen Schmelzen, Erstarren, Verdampfen, Kondensieren, Sublimieren und Resublimieren, • stellen Energiebilanzgleichungen zu Phasenübergängen auf, • bezeichnen die Energie, die bei einem Phasenübergang zugeführt werden muss bzw. frei wird, mit dem Begriff Umwandlungsenergie, 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • unterscheiden mit Hilfe des Teilchenmodells die Aggregatzustände hinsichtlich der Atom- bzw. Molekülbewegung, • erklären die Änderung der Eigenschaften eines Stoffes bei einem Phasenübergang mit Hilfe des Teilchenmodells,

Kompetenzerwartungen

Fachwissen	Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung
<ul style="list-style-type: none"> definieren die physikalische Größe spezifische Umwandlungsenergie eines Stoffes als Quotient aus der Umwandlungsenergie und der Masse des Stoffes und geben ihre Einheit an: $\lambda = \frac{E}{m}, \quad [\lambda] = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}},$ lösen einfache Aufgaben mit Hilfe der Gesetzmäßigkeit $E = \lambda \cdot m$. 	<ul style="list-style-type: none"> bestimmen exemplarisch für einen Phasenübergang die spezifische Umwandlungsenergie im Experiment, erläutern exemplarisch positive und negative Auswirkungen von Phasenübergängen auf Vorgänge in Natur und Technik.
<p>Energiewandler</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> bezeichnen eine Vorrichtung, die die Energie zwischen zwei Systemen austauscht, als Energiewandler, nennen verschiedene Energiewandler, definieren den Wirkungsgrad als Quotient aus der von einem Energiewandler abgegebenen Energie (Nutzenergie) und der ihm zugeführten Energie: $\eta = \frac{E_{ab}}{E_{zu}},$ lösen einfache Aufgaben mit der Gesetzmäßigkeit $E_{ab} = \eta \cdot E_{zu}$. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> beschreiben die Energieumwandlungen exemplarisch an ausgewählten Energiewandlern.
<p>Ausbreitung von Wärme</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> unterscheiden zwischen Wärmeleitung, Konvektion und Wärmestrahlung, geben an, dass der Energieeinfall von der Sonne nur in Form von (Wärme-) Strahlung möglich ist, geben die Solarkonstante an. 	<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> führen geeignete Experimente zur Ausbreitung von Wärme durch, diskutieren mögliche Maßnahmen zur Reduzierung von Wärmeverlusten, diskutieren Möglichkeiten zur Nutzung der Sonnenenergie, führen mit Hilfe der Solarkonstante einfache Abschätzungen durch.

Hinweise

- Abgrenzung der Begriffe Wärme (Austauschform) und innere Energie (Speicherform)
- Übergang der inneren Energie nur vom Körper höherer zum Körper mit niedrigerer Temperatur
- Hinweis auf spezifische Größen als (in der Regel) auf die Masse bezogene Größen (spezifische Wärmekapazität, spezifische Verdampfungsenergie und spezifische Schmelzenergie im naturwissenschaftlichen Zweig)
- Vergleich der Erwärmung von verschiedenen Materialien durch Sonneneinstrahlung
- Erhöhung der inneren Energie durch Reibung (Schürholzversuch, Bohrmaschine)
- Energieaufnahme einer Knautschzone bei Unfällen
- Aufgaben zu Mischungsproblemen nur auf einfache Fälle beschränken, im Sprachenzweig Beschränkung auf Energiebilanzgleichungen
- Rückgriff auf die Inhalte im Fach Chemie zur Behandlung der Aggregatzustände
- Abgrenzung der Begriffe Verdunstung und Verdampfung
- Betrachtung der Wetterphänomene Regen, Schnee, Hagel, Reif, Nebel, Wirbelsturm
- Druckabhängigkeit des Aggregatzustands eines Stoffes
- Funktionsweise eines Schnellkochtopfs
- Funktionsweise von Wärmekissen
- Wirkungsgrad als Zahlenfaktor (ohne Einheit)
- Beispiele für Energiewandler:
Verbrennungsmotor, Stirlingmotor, Gas- oder Ölheizkessel, Latentwärmespeicher
- Isoliergefäße (Thermoskanne), Wärmeisolierung von Gebäuden zur Verringerung von Wärmeverlusten
- Kühlung durch Temperaturstrahlung
- Erzwungene Konvektion (Luft- bzw. Wasserkühlung eines Computers)

Zusätzliche geeignete (Schüler-)Experimente

- Erhitzen verschiedener Wassermengen mit Herdplatte, Heißwasserkocher oder Kerzen
- Aufnahme eines Temperatur-Zeit-Diagramms beim Erhitzen verschiedener Flüssigkeiten (z. B. Wasser, Öl)
- Mischung verschiedener Metalle bzw. Wasser gleicher Temperatur und gleicher Masse mit kaltem Wasser
- Eigenbau eines Kalorimeters (Plastikflasche mit "Styropor-Folie" bekleben)
- Erhitzen eines Eis-Wasser-Gemisches mit einem Tauchsieder oder Mischungsexperimente von Eis mit heißem Wasser im Kalorimeter zur Bestimmung der spez. Schmelzwärme von Eis
- Verdampfen von Wasser mit einem Wasserkocher zur Bestimmung der spez. Verdampfungswärme von Wasser
- Verdunstung als Kühlmöglichkeit
- Wäschetrocknen im Winter
- Wasser als schlechter Wärmeleiter (Eis im unteren Teil eines Reagenzglases mit Draht befestigt, Erhitzen des Wassers im oberen Teil)

Hinweise**Projekte**

- Funktionsweise von Kühlschrank und Wärmepumpe
- Thermogramm eines Wohnhauses
- Heizungsanlage

Außerschulische Lernorte

- Kohlekraftwerk

Fachübergreifende und fächerverbindende Bezüge

- Mathematik: Proportionalität einer Größe zu zwei anderen Größen
- Biologie: Kühlung durch Transpiration, „Zwiebelprinzip“, Schutz von Tieren gegen niedrige bzw. hohe Temperaturen
- Chemie: Teilchenmodell, Aggregatzustände
- Erdkunde: Windentstehung (Verhalten von Land- und Meermassen), Konvektion und Meeresströmung, Einfluss von Meeresströmungen auf das Klima, Klima und Treibhauseffekt
- Geschichte: Historische Entwicklung der Dampfmaschine

Geeignete Kontexte

- Bauphysik (Dämmung, Heizung)
- Wärme und innere Energie beim Kochen
- Folgen der Erderwärmung
- Solaranlagen
- Sonne als Wärmequelle
- Leben im Iglu
- Eisberge in der Schifffahrt
- Klima und Wetter
- Meeresströmungen
- Kühltürme
- Heatpipes (PC, KFZ, Weltraumtechnik)

Im naturwissenschaftlichen Zweig sieht der Lehrplan verpflichtend ein Wahlthema vor. Das Thema kann frei von der Lehrkraft gewählt werden. Die inhaltsbezogenen und prozessbezogenen Kompetenzerwartungen für das ausgewählte Thema sind von der Lehrkraft zu formulieren. Das Wahlthema kann auch als Praktikum oder Projekt angelegt sein.

Beispiele für Wahlthemen

- Wetter und Klima (Auswirkungen der spez. Wärmekapazität sowie Kondensations- und Schmelzwärme von Wasser auf Wetter und Klima, globaler Wasserkreislauf, Strömungen, Turbulenzen, Windentstehung, Wolken-, Nebel-, Tau- und Reifbildung, Wetterfront, Wolkenformen, Niederschlagsbildung, Wettervorhersage, Instrumente zur Datenerfassung, Lesen von Wetterkarten)
- Klimawandel, Treibhauseffekt
- Bauphysik (EnEV, Isolierfenster, Wärmedämmverbundsystem, Kondensationspunkt bei Innen- und Außendämmung, Schimmelprobleme, richtiges Lüften, Lüftungstechnik mit Wärmerückgewinnung, Brennwerttechnik, Wärmespeicher (fühlbare Speicher [Wasser] und Latentspeicher [Paraffin] für Heizkessel bzw. Solarkollektoren)
- Energieversorgung mit Wasserstoff und Brennstoffzellen
- Wärmekraftmaschinen (von der Dampfmaschine zum Kreisprozess, Dampfturbine, Kolbenmotor, Gasturbine, Stirlingmotor)
- Schall (Schallentstehung, -ausbreitung, Nachweis von Schall, Wahrnehmung von Schall, Töne und Klänge, Resonanz, Musikinstrumente, Lärm, gesundheitliche Risiken, Schallschutz)
- Schiffsbau (Krängung, Gewichts- und Formstabilität, Schiffparameter (Länge, Breite, Tiefgang, Seitenhöhe, Freibord [Markierung an der Außenwand eines Schiffes]), Entwicklung von Schiffstypen, Schiffsunglücke, Heben eines gesunkenen Schiffes)
- Kühltechnik (Geschichte der Kühlung, Kühlung durch Verdunstung, Kältemischungen)
- Flugphysik
- Mechanik mit dem Fahrrad
- Bogen- und Brückenbau
- Physik des Kochens
- Sensorik

Lehrplan Physik

Gymnasium

Anhang

Operatorenliste	
Operator	Beschreibung der erwarteten Leistung
abschätzen	durch begründete Überlegungen Größenordnungen angeben
analysieren/ untersuchen	wichtige Bestandteile oder Eigenschaften auf eine bestimmte Fragestellung hin herausarbeiten (beinhaltet gegebenenfalls auch praktische Inhalte)
anwenden/übertragen	einen bekannten Zusammenhang oder eine bekannte Methode auf einen anderen Sachverhalt beziehen
aufbauen (Experimente)	Objekte und Geräte zielgerichtet anordnen und kombinieren
aufstellen (Hypothesen)	eine begründete Vermutung ausgehend von Beobachtungen, Untersuchungen, Experimenten oder Aussagen formulieren
auswerten	Daten, Einzelergebnisse oder andere Elemente in einen Zusammenhang stellen, gegebenenfalls zu einer Gesamtaussage zusammenführen und Schlussfolgerungen ziehen
begründen/zeigen	Sachverhalte auf Regeln, Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Zusammenhänge zurückführen
berechnen/bestimmen/ ermitteln	ein Ergebnis ausgehend von einem Ansatz oder aus einem Diagramm gewinnen, den Lösungsweg unter Angabe von Zwischenschritten darstellen und das Ergebnis formulieren
beschreiben	Sachverhalte, Verfahren oder Zusammenhänge strukturiert unter Verwendung der Fachsprache wiedergeben
bestätigen	die Gültigkeit einer Aussage z. B. einer Hypothese, einer Modellvorstellung oder eines Gesetzes durch ein Experiment belegen
beurteilen/bewerten/ Stellung nehmen	zu einem Sachverhalt eine selbstständige Einschätzung nach fachwissenschaftlichen und fachmethodischen Kriterien formulieren
darstellen	Sachverhalte, Zusammenhänge, Methoden und Verfahren in fachtypischer Weise strukturiert wiedergeben
diskutieren/erörtern	in Zusammenhang mit Sachverhalten, Aussagen oder Thesen unterschiedliche Positionen bzw. Pro- und Contra-Argumente einander gegenüberstellen und abwägen
dokumentieren	alle notwendigen Erklärungen, Herleitungen und Skizzen darstellen
durchführen (Experimente)	an einer Experimentieranordnung zielgerichtete Messungen und Änderungen vornehmen
entscheiden	sich bei verschiedenen Möglichkeiten begründet und eindeutig festlegen
entwerfen/planen (Experimente)	zu einem vorgegebenen Problem eine Experimentieranordnung finden und eine Experimentieranleitung erstellen
entwickeln	Sachverhalte und Methoden zielgerecht miteinander verknüpfen; eine Hypothese, eine Skizze, ein Experiment, ein Modell oder eine Theorie schrittweise weiterführen und ausbauen
erklären	einen Sachverhalt nachvollziehbar und verständlich zum Ausdruck bringen mit Bezug auf Regeln, Gesetzmäßigkeiten und Ursachen

Operatorenliste	
Operator	Beschreibung der erwarteten Leistung
erläutern	einen Sachverhalt durch zusätzliche Informationen verständlich machen
herleiten	aus Größengleichungen durch mathematische Operationen eine physikalische Größe freistellen und dabei wesentliche Lösungsschritte kommentieren
interpretieren/deuten	kausale Zusammenhänge in Hinblick auf Erklärungsmöglichkeiten untersuchen und abwägend herausstellen
nennen/angeben	Elemente, Sachverhalte, Begriffe, Daten ohne Erläuterungen aufzählen
protokollieren	Beobachtungen oder die Durchführung von Experimenten detailgenau und in fachtypischer Weise wiedergeben
skizzieren	Sachverhalte auf das Wesentliche reduziert übersichtlich darstellen
strukturieren/ordnen	Objekte oder Sachverhalte kategorisieren und hierarchisieren
überprüfen/prüfen/testen	Sachverhalte oder Aussagen an Fakten oder innerer Logik messen und eventuelle Widersprüche aufdecken
verallgemeinern	aus einem erkannten Sachverhalt eine erweiterte Aussage formulieren
vergleichen	Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten und Unterschiede ermitteln (beinhaltet gegebenenfalls einen Fehler berechnen)
zeichnen	eine exakte grafische Darstellung beobachtbarer oder gegebener Strukturen anfertigen
zusammenfassen	das Wesentliche in konzentrierter Form herausstellen

Hinweis:

Insbesondere bei Operatoren, die in den Naturwissenschaften unterschiedlich formuliert sind, muss die Eindeutigkeit ggf. durch zusätzliche Angaben präzisiert werden.