

**Hinweise und Erläuterungen zum
Rahmenplan**

Physik

für die Klassen 7 - 10

Gymnasium

Hamburg, September 2002

Impressum

Herausgeber:

Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Bildung und Sport
Amt für Schule
Hamburger Straße 31, 22083 Hamburg

Referat:

Mathematisch-naturwissenschaftlich-technischer Unterricht, S 13/2

Referatsleitung: Werner Renz

Fachreferent Physik: Henning Sievers

Redaktion: Joachim Reinhardt (Gymn. Billstedt)
Herbert Wild (Gymn. Grootmoor)

Rahmenplan Physik für das Gymnasium

Sekundarstufe 1

Hinweise und Erläuterungen

(Entwurf Stand 3. Januar 2002)

Welche neuen Akzente werden gesetzt?	1
Block 1 Phänomene der Physik	4
Elektrik (1)	5
Optik (1).....	8
Akustik	12
Wärme	15
Block 2 Messen in der Physik	17
Mechanik (1).....	18
Elektrik (2)	22
Optik (2).....	25
Block 3 Erhaltung und Entwertung von Energie	27
Baustein Überblick.....	29
Baustein Energiewandler.....	31
Baustein Energieverbrauch des Menschen	33
Baustein Leistung	44
Baustein Wirkungsgrad und Lageenergie.....	47
Baustein Elektrische Spannung.....	51
Baustein Wärme	56
Baustein Elektrischer Widerstand.....	57
Block 4 Mikro- und Makrokosmos, Anwendungen	58
Atom- und Kernphysik	60
Wetter und Klima	66
Elektronik.....	69
Solartechnik.....	71
Steuerung und Regelung.....	73
Strahlung und Materie	76
Astronomie und Kosmologie.....	78
Relativistische Phänomene	81
Beispiele konkreter Unterrichtsgänge	84
Block 1	84
Block 2.....	86
Block 3.....	89
Block 4.....	91

Redakteure: Joachim Reinhardt (Gymn. Billstedt)
Herbert Wild (Gymn. Grootmoor)

Welche neuen Akzente werden im Rahmenplan gesetzt?

Organisatorisch:

Blöcke statt Jahre

Mit Rücksicht auf die je nach Schule individuelle Organisation des Unterrichts sind die verbindlichen Inhalte in Blöcke aufgeteilt. Bei 2 Schülerwochenstunden in einem Schuljahr steht ein Block für den Umfang eines Schuljahres. Die Inhalte und Herangehensweisen der einzelnen Blöcke entsprechen der altersgemäßen Entwicklung des Verständnisses in den Jahrgangsstufen 7 bis 10, was in den Blocküberschriften deutlich wird. Dem gemäß wiederholen sich fachliche Themen (spiralförmiges Curriculum).

Block 1	Block 2	Block 3	Block 4
Phänomene	Messen	Energie	Mikro- und Makro-Kosmos
Elektrik	Mechanik	Mechanik	Atom- und Kernphysik
Optik	Elektrik	Wärme	Umwelt und Technik
Akustik	Optik	Elektrik	Modernes Weltbild
Wärme			

Inhaltlich:

Der Rahmenplan Physik betont - ähnlich wie der RP Chemie - stärker als bisher den lebensweltlichen Bezug der Stoffaufbereitung und -auswahl zu den Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler sowie zu aktuellen Problemen.

1. Akustik ist nach vielen Jahren wieder im Plan

Warum?

- Der Schüler steht mit seinen Sinnesorganen im Mittelpunkt. Im Vordergrund steht die sinnliche und erlebnishaft Erfahrung.
- Die Möglichkeit handlungs- und schülerorientierten Unterrichts.
- Vielfältige Anknüpfungspunkte an Vorerfahrungen.
- Fachverbindung mit Musik, Biologie und Mathematik.

2. Was bedeutet die Aufgabe von Magnetismus in diesem Block?

- Man kann davon ausgehen, dass die magnetischen Phänomene von Permanentmagneten bekannt sind. Deshalb tritt das Thema nur noch bei den Wirkungen des elektrischen Stroms auf.
- Der Feldbegriff wird aber dadurch nicht in der Sek. I aufgegeben, denn ein phänomenologischer Zugang ist in Block 2 bei Bewegungen von Ladungen in elektrischen und magnetischen Feldern vorgesehen.

3. Beitrag der Physik zum Erwerb eines vielfältig vernetzten, für das lebenslange Lernen anschlussfähigen Orientierungswissens.

- Verbindung von Technik und Physik
- Erkenntnistheoretische Fragen, bezogen auf das Weltbild

Aus dem Anspruch nach dem Aufbau eines Orientierungswissens ergibt sich, dass sowohl gesellschaftliche Aspekte Bestandteil des Physikunterrichts sind (etwa im Zusammenhang mit der Kernenergienutzung) als auch die altersgemäße Auseinandersetzung mit Erkenntnissen der neueren Physik wegen deren Bedeutung für unsere "Bilder von der Welt". Dieses führt z.B. zum Wahlpflichtbereich "Das moderne Weltbild" im Block 4 der verbindlichen Inhalte.

4. Die Akzentuierung der Physik des 20. Jahrhunderts unter dem Aspekt der Verbindung des Mikro- und Makrokosmos im Block 4

- Erkenntnisgewinnung über den Aufbau der Welt im Großen und im Kleinen
- Neueste Forschungsergebnisse altersgemäß durch die Auswahl der Themen verständlich machen
- Schüler lernen bei den Themen aus Block 4 wesentliche Beiträge der Physik zur Entwicklung unserer Kultur kennen (weltbildprägende Erkenntnisse)

Für Schülerinnen und Schüler besonders interessant (und für den Aufbau von Orientierungswissen gleichermaßen erforderlich) sind Erkenntnisse der Physik und technische Anwendungen des 20. Jahrhunderts. Diese sind im vorliegenden Rahmenplan deutlich konsequenter als in früheren Hamburger Lehrplänen, aber auch als in aktuellen Plänen anderer Bundesländer zu finden (Beispielthemen: Supraleitung, Satellitenbewegung, Bewegung geladener Teilchen in Feldern wie z.B. in Teilchenbeschleunigern, Wahlthema *Relativistische Phänomene* u.ä.).

5. Hinweise zur graphischen Darstellungen der Inhalte der vier Blöcke (Kapitel 3):

Im Zentrum stehen die verbindlichen Inhalte

Links unterlegt sind 4 Kästen mit sogenannten „Erschließungskategorien“.

Bei der Behandlung eines Themengebietes ist neben der fachwissenschaftlichen Erschließungskategorie mindestens eine der drei weiteren Bezüge (Kultur, Natur und Umwelt oder Alltag und Technik) heran zu ziehen.

Die Kästen rechts beziehen sich auf

- Beispiele für handlungsorientierten Unterricht
- fachübergreifende Gesichtspunkte
- Anwendungen in Aufgabengebieten

Methodisch:

Eine zentrale Konsequenz aus dem im Bildungsplan umschriebenen Lernbegriff ist die hohe Gewichtung von Lernsituationen, in denen die Schülerinnen und Schüler sich aktiv mit physikalischen Fragestellungen auseinander zu setzen haben; dazu gehört die Entwicklung, Vorstellung und Verfechtung eigener Ideen, die dann auch zur Durchführung von selbst entworfenen Experimenten führen. In diesem Sinne ist die Handlungsorientierung ein durchgängiges Prinzip des Physikunterrichts.

Darüber hinaus bilden das (zwar nicht durchgängige, aber doch weitgehend vorhandene) Spiralcurriculum, ferner die an die Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler anknüpfenden Erschließungswege (Kultur, Natur und Umwelt, Alltag und Technik) sowie die exemplarische Auswahl der Stoffe eine tragfähige Basis dafür, dass die Schülerinnen und Schüler ein Bild von der Fachsystematik bei sich entstehen lassen können und dabei erfahren, dass dieses zwar Anstrengung erfordert, aber zugleich auch spezifische fachliche Kompetenzerfahrung ermöglicht.

1. Der Lernbegriff mit seinen Konsequenzen für auch nicht fachsystematische Zugänge und Offenheit für Handlungsorientierung

Aufgrund des gewandelten Lernbegriffs treten folgende Aspekte in den Vordergrund:

- Lernen ist ein Vorgang in der Person,
- Lehrer schaffen Lernsituationen,
- vom Schüler individuell verantwortetes Lernen
- Konsequenzen für den Rahmenplan Physik
- Erschließungskategorien (Kultur, Natur und Umwelt, Alltag und Technik)
- Handlungsorientierung
- Fachübergreifende Gesichtspunkte
- Einbeziehung der Aufgabengebiete

Die Realisierung dieser vielfältigen methodischen Ansätze wird im Folgenden besonders für Block 3 ausführlich dargestellt, um die Möglichkeiten für selbständige Arbeitsformen, Gruppen- und Projektarbeit, Methodenlernen und Einsatz der neuen Medien aufzuzeigen. Dieser Abschnitt enthält überdies eine reichhaltige Materialiensammlung für Schüler und Lehrer.

2. Der Schwerpunkt der Praktika

Insgesamt soll **mindestens 25% der Unterrichtszeit** der Sek I verwendet werden, um Inhalte in Form von Schülerversuchen und in projektartigen Arbeitsformen zu erarbeiten. Dadurch soll sichergestellt werden, dass der Anteil des fragend-entwickelnden Frontalunterrichts, der nach TIMSS auch im naturwissenschaftlichen Bereich dominiert, zurückgedrängt und durch schülerorientierte Unterrichtsformen ersetzt wird.

Hieraus ergeben sich Konsequenzen für Raumbedarf und –ausstattung, Stundenorganisation und Lerngruppenfrequenz.

Die Tätigkeit im Schülerpraktikum soll sich nicht beschränken auf den Nachweis „bloßer“ Proportionalitäten und die Beschäftigung mit eng präparierten künstlichen Versuchsaufbauten.

Die Messwerterfassung mit dem Computer bietet die Möglichkeit, dass die Schüler auch wirklichkeitsnähere, komplexere Systeme untersuchen. Die Schüler „ersticken“ nicht in der Messwerterfassung, sondern sind in der Lage, die Messkurven für Fragestellungen und Interpretationen zu nutzen.

Block 1**Phänomene der Physik**

Im ersten Block begegnet den Schülerinnen und Schülern die Physik in Form von einfachen Sachverhalten und von überschaubaren Phänomenen, die ihnen aus ihrer Alltagserfahrung heraus vertraut sind oder ihnen leicht zugänglich sind. Zugänge über Erlebnisse und Phänomene haben Vorrang vor systematischer Theorienbildung.

Alltagserfahrung
(A 2.1)

Die Sammlung von Schülerfragen zum Gesamtthema oder zu einzelnen Phänomenen kann dazu dienen, auf die Motive der Schülerinnen und Schüler, warum sie sich mit Physik beschäftigen, einzugehen und somit die intrinsische Motivation zu fördern.

Das Beschreiben und das entdeckende Kennenlernen stehen im Vordergrund. Dabei geschieht das Kennenlernen vornehmlich im Schülerexperiment. Hier lernen die Schülerin und der Schüler Grundformen physikalischen Denkens und Arbeitens kennen: Experimentieren, Beobachten, Beschreiben. Die Beschreibung des Beobachteten wird im Wesentlichen in der Umgangssprache vorgenommen. Physikalische Begriffe werden immer dann definiert, wenn sie zur Ausschärfung des Verständnisses hilfreich sind.

Handlungsorien-
tierung (A 2.3)

Eigene Experimente mit einfach zugänglichen Hilfsmitteln, die auch zu Hause ausgeführt werden können, motivieren die Schülerinnen und Schüler, Erkenntnisse selbstständig zu gewinnen. Im gemeinsamem Experimentieren und Präsentieren lernen sie Teamarbeit. Durch Beschreibung und Präsentation der eigenen Experimente üben sich die Schülerinnen und Schüler im fachlichen Präzisieren der Begriffe und in sprachlicher Kommunikation.

Sprachliche
Kommunikation
(A 2.3)

Bei der Auswahl effektvoller, motivierender Phänomene ist darauf zu achten, dass beim Elementarisieren der Zusammenhang mit dem Ausgangsphänomen nicht verloren geht.

Emotionale
Entwicklung
(A 1.3)

Da im ersten Block Phänomene im Vordergrund stehen, ist auf dieser Stufe das unmittelbare Erleben im Schülerexperiment dem Multimedia-Einsatz vorzuziehen. Die Einübung in das Beobachten und Interpretieren steht im Zentrum.

Schriftliche
Dokumentation

Dazu gehört grundsätzlich die schriftliche Dokumentation der Versuchsplanung, einer Skizze des Aufbaus (bildhafte Darstellung), Versuchsdurchführung und –beobachtung sowie möglicher Erklärungen aus Schülersicht.

Zusammenarbeit
mit Deutsch

Eine Zusammenarbeit mit dem Fach Deutsch ist anzustreben.

Thema Elektrik (1)

Einsicht in die Bedeutung des Themas gewinnen Schülerinnen und Schüler, wenn sie sich vorstellen, wie ihr Alltag ohne Elektrizität aussähe.

Alltagserfahrungen (A.2.1)

Viele elektrische Geräte und Schaltungen veranlassen die Schülerinnen und Schüler zu Fragen nach deren Funktionieren und dem Wunsch nach Erklärung. Umgekehrt stellt der Versuch, eine Funktion durch einen elektrisch betriebenen Realaufbau zu verwirklichen, eine für die Schülerinnen und Schüler dieser Altersgruppe reizvolle Herausforderung dar.

Technik im Alltag

Auf das Einhalten von Sicherheitsregeln und ein sicheres Hantieren mit elektrischen Schaltungen muss nachdrücklich und fortwährend geachtet werden.

Sicherheit

Da man elektrischen Strom nicht sieht, sondern aus seinen Wirkungen auf seine Existenz zurückschließt, ist die gedankliche Analyse von elektrischen Schaltungen nicht so offensichtlich wie bei den Aufbauten zur Optik, in denen man den Weg des Lichtes sichtbar machen kann. Viele Schülerinnen und Schüler dieser Altersstufe haben Schwierigkeiten, einen (abstrakten) Schaltplan zu verstehen. Daher ist das praktische Üben sehr wichtig.

Methodenkompetenz erlangen die Schülerinnen und Schüler durch das intensive Pendeln zwischen Realschaltungen und Schaltplänen.

Experimentelle Kompetenz

Auch wenn die Schülerinnen und Schüler zu dieser Unterrichtseinheit häufig Kenntnisse aus der Grundschule mitbringen, haben viele von ihnen Schwierigkeiten, die Übergänge zwischen den verschiedenen „Ebenen“ (reale Schaltung – Labormodell – Abbildung – Schaltplan – Erklärungsmodell) nachzuvollziehen bzw. selbstständig durchzuführen. Viele Kenntnisse sind auch wieder verschüttet.

Methodenkompetenz

Die Ziele der Unterrichtseinheit sind deshalb

- das Ordnen und Einordnen von Erfahrungen mit Elektrizität unter dem Begriff des elektrischen Stromkreises
- Entwurf und Realisierung einfacher elektrischer Schaltungen
- die Darstellung realer Schaltungen durch abstrakte Schaltpläne
- der Aufbau realer Schaltungen nach Schaltplanvorlagen
- systematisches Vorgehen bei der Fehlersuche
- Einblick nehmen in die technische Umwelt, insbesondere die elektrisch geprägte Haushaltstechnik

Die Begriffe Spannung und Stromstärke bzw. die Einheiten Volt und Ampere stehen als Bezeichnungen auf den gängigen benutzten Geräten, so dass Schülerfragen hierzu nicht

Spannung und Stromstärke

übergangen werden sollten. Die Spannung wird in diesem Block nur als Kenngröße der Quelle eingeführt; die Größenordnungen der Stromstärke im Haushalt, beim Fahrrad, in Autos und in elektronischen Geräten sollten erkundet werden. Eine Tabelle der technischen Geräte mit ihren typischen Betriebsspannungen und Stromstärken sollte in diesem Block ausreichen.

Schaltzeichen sollten nur dann eingeführt werden, wenn sie gebraucht werden.

Schaltzeichen

Das Elektronenmodell des elektrischen Stromkreises ist erst im Zusammenhang mit dem Ladungsbegriff (Block 2, Elektrik 2) sinnvoll.

Elektronenmodell

Durch verschiedene Themenkreise zur Technik im Alltag – die auch projektartig durchgeführt werden können – lernen die Schülerinnen und Schüler die verbindlichen Inhalte des Themas kennen und vertiefen sie, z.B.:

Technik im Alltag

- Fahrradbeleuchtung
- Licht- und Klingelschaltungen in Wohnhäusern
- Sicherheit im Haushalt: Schutzkontakt, Sicherung, Alarmanlage (Relaisschaltungen)

Dabei lernen die Schülerinnen und Schüler folgende **Bauteile elektrischer Stromkreise** kennen:

- *Stromquellen* (Gleich- und Wechselspannung): Batterie, Fahrraddynamo, Autobatterie, Solarzelle, Akku, Netzgerät (Trafo), Steckdose
- *Elektrogeräte* (mit genau zwei Anschlussstellen): Glühlampe, Leuchtdiode mit Schutzwiderstand, Elektromotor, Summer, Relais
- *Verbindungen*: Feste und flüssige Leiter und Nichtleiter, Schalter

Bauteile

Die **Strom-Indikatoren** in dieser ersten Unterrichtseinheit beschränken sich auf Wärmewirkung (Licht) und magnetische Wirkung. Neben der *Glühlampe* eignet sich besonders die *Leuchtdiode*. Sie ist wegen der niedrigen Spannung eine ungefährliche Version der bekannten Glimmlampenversuche. Sie ist mit einem Vorwiderstand zu benutzen, so dass nicht mehr als 20 mA Strom fließt. Sie ist geeignet für einen Versuch zur Unterscheidung zwischen Gleich- und Wechselstrom.

Stromindikator

„Brücke“ zu Optik und Wärme

Neben den Schaltungen selbst sollten auch die Funktionsweisen und Einsatzmöglichkeiten von Schaltungen und Elektrogeräten geklärt werden. Hierbei erschließt die magnetische Wirkung des Stromes eine Vielzahl technischer Elektrogeräte des Alltags, deren Modelle im häuslichen Eigenbau hergestellt werden können (Elektromotor, Relais, Alarmanlagen, Elektromagnet, Morseapparat).

Bezug zur Arbeitswelt

Heimversuche

Beispiele für Themenkreise technischer Anwendungen

und ihr Zusammenhang mit den verbindlichen Inhalten.

Verschiedenste Arbeitsformen sind denkbar.

1. Fahrradbeleuchtung: vom realen Fahrrad über die bildliche Darstellung zum Schaltplan, Experimente mit Dynamo und Fahrrad-Glühlampen, Modell-Experiment mit Batterie und Glühlampen)
→ Parallel- und Reihenschaltung mit deren spezifischen Eigenschaften
Aufbau einer Glühlampe
→ Wärmewirkung des Stromes; Glühen - Licht
Fahrrad
2. Schaltungen im Haus
Treppenhausbeleuchtung
Klingelanlage
Alarmanlage in der Schule
Summer / Türglocke
→ magnetische Wirkung des Stromes
→ logische Schaltungen
Haus
3. Schaltungen im Haushalt
Kurzschluss-Modellexperiment mit Lamettafaden als Sicherung, Sicherungen im Haushalt
→ Wärmewirkung des Stromes
Stromkreise mit zwei Schaltern und einer Glühlampe
→ Kurzschluss
Stromschlag,:
→ Leiter – Nichtleiter
Bügeleisen
→ Körperschluss, Erdschluss, Kurzschluss, Fehlerstrom
Sicherheitsschaltungen
→ Relais, Lichtschranke, Feuermelder
Haushalt

Literatur

- Impulse Physik, Versuche, Klett 1994:
selbstgebauter Elektromagnet (S. 47)
Elektromotor im Selbstbau (S. 63)
Selbstbau-Messgerät für Strom (S. 48)
schwimmender Kompass (S. 47)
- Martin Volkmer, Stromkreis und Stromwirkungen, HEW 1999:
Arbeitsblätter für Experimente, Aufgaben,
Sachinformationen

Thema Optik (1)

Eindrucksvolle Effekte und Alltagssituationen (Finsternisse, Sonnentaler, Katzenauge, Abblend-Rückspiegel beim Auto) veranlassen zu Fragen und dem Wunsch nach Erklärungen.

Die Umgangssprache beschreibt das Sehen häufig als aktiven Vorgang („Ich blicke...“, „Mein Blick fällt auf...“). Es ist nötig, an Beispielen deutlich zu machen, dass das Auge beim Sehvorgang keine Strahlen aussendet, sondern ein Empfänger ist, und dass der Mensch aufgrund der Strahlen urteilt, die in sein Auge fallen.

Optische Erscheinungen lassen sich mit Hilfe des Lichtstrahlmodells beschreiben und zeichnerisch darstellen. Durch Anwendung des Lichtstrahlmodells wird es dem Menschen ermöglicht, Naturvorgänge und technische Systeme zu entmystifizieren und rational zu erklären (*Physik als Teil unserer kulturellen Entwicklung*).

Als experimentelle Grundstruktur bleibt die Anordnung der Aufbauten zu diesem Thema grundsätzlich erhalten (Sender, ..., Empfänger). Die Versuchsergebnisse liegen unmittelbar vor im Gegensatz zur Elektrik (aus Wirkungen wird zurückgeschlossen). Andererseits ist in der Optik genaues Justieren notwendig, um aussagekräftige Versuchsergebnisse zu erhalten.

Die Behandlung der Reflexion von Licht orientiert sich an drei Schwerpunkten: (1) Die Wahrnehmung von Licht setzt die Reflexion an Streukörpern voraus; (2) Durch Reflexion lässt sich Licht umlenken (3) Bildentstehung durch Reflexion.

Schülerinnen und Schüler sollen erfahren, in welchen Formen Spiegel in Alltag und Umwelt vorkommen. Die Bildentstehung soll jedoch nur am ebenen Spiegel behandelt werden.

Der Optik-Unterricht soll weder zum Geometrie- noch zum Algebra-Unterricht verkümmern.

Methodenkompetenz erlangen die Schülerinnen und Schüler beim Umgang mit dem Lichtstrahlmodell, beim Vergleich (Analogie) von Modellen (Lichtstrahl, Wasserstrahl) und bei der Verknüpfung von Phänomenbereichen (Optik und Akustik).

Es sind verschiedene Lichtquellen vorzustellen. Als Lichtempfänger sollen außer dem menschlichen Auge auch technische Geräte (phänomenologisch, „black box“) vorgestellt werden (Fotowiderstand, Solarzelle).

Das Lichtstrahlmodell lässt sich einerseits durch Ausblenden aus einem Lichtkegel herleiten, aber auch durch Einsatz des Lasers gut zeigen. Hier sind Verbindungen zu technischen Anwendungen im Bauwesen angebracht. Der Vergleich von Lichtstrahl und Wasserstrahl bzgl. deren Ausbreitung (Gerade, Parabel) sowie der gegenseitigen Durchdringung übt die Analogiebetrachtung von Modellen und macht deren Grenzen deutlich.

Das Beispiel „Blitz und Donner“ verknüpft die Phänomenbereiche Optik und Akustik und lenkt die

Entwicklung von
Schülervorstellungen
(A 2.3)

Vertrautwerden mit
physikalischen
Betrachtungsweisen
(A 2.3)

Methodenkompetenz

Inhalte

Aufmerksamkeit auf die verschiedenen Ausbreitungsgeschwindigkeiten von Licht und Schall. Die Laufzeiten des Lichts von der Sonne zum Mond bzw. zur Erde sind nützlich zur Festigung des Vorstellungsvermögens über die Größenverhältnisse im System Sonne – Erde - Mond.

Begriffe wie Gegenstandsgröße, Einfallslot, Einfallswinkel, einfallender Strahl, reflektierter Strahl dienen dazu, Aussagen über Beobachtungen zu präzisieren.

Verschiedene Zugänge sind denkbar (siehe Teil B), z.B.

- *Licht als Lebensspender*: Die Frage, wie unser Leben sich ohne Licht darstellt, führt über Dunkelheit auch auf fehlende Wärme (nicht nur die Augen nehmen Licht wahr, sondern auch die Haut), somit auf die Absorption von Licht auch durch Pflanzen, damit auf Photosynthese und Entstehung unserer Ernährungsgrundlage sowie unserer primären Energievorräte. Die Sonne als beherrschende Lichtquelle, Pflanzen und Lebewesen als Empfänger und die Ausbreitung des Lichtes führen im weiteren Verlauf zu den fachspezifischen Aspekten Ausbreitung und Reflexion. Natur und Umwelt
- *Mondphasen*: (Demonstrationsversuch) Der Mond wird als Styroporkugel durch ein Gebläse zum Schweben gebracht, die Sonne wird durch eine Lampe simuliert, die um die Styroporkugel herumgeführt wird. Die Schüler an ihren Plätzen befinden sich auf der „Erde“. Sie erkennen durch diesen Versuch das Zustandekommen der Mondphasen als Lagebeziehung zwischen den drei Himmelskörpern. fachübergreifend
- *Finsternisse*: Aktuelle Anlässe führen durch Anwendung des Lichtstrahlmodells auf Erklärungen.
- *Optische Täuschungen*: Durch Nachmessen können die Täuschungen entlarvt werden. Sie machen deutlich, dass die Physik nur einen Teil der Wahrnehmung durch das Auge erklären kann und dass optische Wahrnehmung entscheidend bestimmt wird durch die Informationsverarbeitung, die sich an den Abbildungsvorgang mit dem Empfänger „Auge“ im Gehirn anschließt. fachübergreifend
- *Laser und Solarzelle*: Lichtsender und Lichtempfänger müssen nicht natürlichen Ursprungs sein. Die Ausbreitung des Lichts kann erst durch Streuung an Kreidestaub beobachtet werden. Alltag und Technik
- *Optische Telegrafie*: Die Anlehnung an historische Beispiele zeigt, dass die Ausbreitungseigenschaften des Lichts schon seit Jahrtausenden zur Informationsübertragung genutzt wurden.

Hinweise zu den Arbeitsformen

- Schattenbild mit Kerze, matter und klarer Glühlampe als Lichtquelle Schülerexperimente mit einfachen Hilfsmitteln
- Bau einer Lochkamera aus Papprollen und Butterbrotpapier unter den Fragestellungen maximaler Schärfe bzw. maximaler Helligkeit des Bildes.

-
- Verfolgung des Lichtweges durch Pappröhren bei der Reflexion
 - Stecknadelversuche zur Reflexion (Peilen)
 - „Brennende Kerze im Wasserglas“: Eine Glasplatte wird als Spiegel benutzt, hinter der Glasplatte wird ein Wasserglas so aufgestellt, dass das Bild der Kerze im Wasser steht. Die Schülerinnen und Schüler erkennen die Lage des Spiegelbildes und machen die überraschenden Erkenntnis, dass dieser Effekt von der Stelle des Beobachters vor dem Spiegel unabhängig ist.
 - Bastel- und Werkaufgaben: Kaleidoskop, Periskop (→ Literatur) projektartiges Arbeiten
 - Fotografieren mit der Lochkamera (z.B. Teedose, Fotopapier, Entwickeln in der Dunkelkammer)
 - Bau einer begehbaren Lochkamera (→ Literatur)
 - Optische Telegrafie in Anlehnung an historische Beispiele (→ Literatur)
 - Regionalaspekt: optische Telegrafie zwischen Hamburg und Cuxhaven, Schiffssignale.
 - Brücke zum Thema Elektrik: Morse-Telegrafie
 - Zeichnen eines Schattenbildes von Mitschülerinnen oder Mitschülern an der Tafel, Präsentationen im Team
 - Schattenspiele
 - Simulation von Finsternissen durch Nachvollziehen der Bewegungen von Erde und Mond um die Sonne als Rollenspiel
 - Biologie: das Lochauge des Tintenfisches Nautilus (→ Literatur) fächer-
verbindend
 - Erdkunde: Finsternisse, Tag und Nacht, Jahreszeiten werden in Klassenstufe 6 behandelt
- Hinweise zur Einbeziehung von Aufgabengebieten**
- Energiesparen durch Überprüfung der benötigten Beleuchtungsstärke (→ Literatur) Umwelterziehung
 - Durch Winkelspiegel lassen sich Reflektoren erklären. Verkehrserziehung
 - Beeinträchtigungen der Wahrnehmung durch Blenden im Straßenverkehr (Abblendspiegel, Scheinwerferkonstruktion bei Autos).
 - Durch Verwendung von Spiegeln kann Licht zur Beleuchtung dunkler Räume genutzt werden, was angeblich in ägyptischen Gräbern genutzt wurde. Interkulturelle Erziehung
 - Die Empfindlichkeit der Sehzellen des Auges wird deutlich durch Unfälle mit Lasern und bei der Beobachtung der Sonne. Gesundheit

Literatur

zu „Handexperimenten“: Impulse Physik, Versuche, Klett 1994
 zu „Lochauge des Nautilus“: Cornelsen, Physik für Gymnasien, 1991, Gesamtband Länderausgabe A, S.55
 zu „begehbare Lochkamera“: Mie – Frey, Physik in Projekten, IPN 1988

- zu „optischer Telegrafie“: Rolf Oberliesen; Information, Daten und Signale; Rowohlt 1987: Kapitel 2 und 3
- zu „Messung der Beleuchtungsstärke“: fifty-fifty-Broschüren
- zu „optische Täuschungen“: Buch-Aktiv-Box; arsEdition; München 1996; ISBN 3-7606-5458-9
- zu „Reflexion“: Bastelanleitung Entfernungsmesser in Physik-Unterrichtsmaterialien Kopiervorlage O 32 Schroedel Hannover

Thema Akustik

Die Unterrichtseinheit bietet hervorragende Möglichkeiten für einen handlungs- und schülerorientierten Unterricht. Die Mehrzahl der Versuche ist als Schülerübung durchführbar. In der Regel sind nur einfache Versuchsgeräte und Materialien notwendig, um die wesentlichen physikalischen Phänomene des Themas zu erfahren und zu erklären. Die Versuchsaufbauten sind überschaubar und ermöglichen den Schülern, experimentelle Grunderfahrungen und Experimentiertechniken zu erwerben. Die Versuchsergebnisse lassen sich leicht interpretieren und benötigen auf dieser Stufe nur einfache mathematische Hilfsmittel.

Handlungsorientierung (A 2.3)

Methodenkompetenz

Im Vordergrund steht die sinnliche und erlebnishafte Erfahrung akustischer Phänomene. Der Zusammenhang zwischen Periodendauer und Frequenz sowie die Darstellung des s-t-Diagramms bleiben dem Unterricht in der Oberstufe vorbehalten. Die Frequenz bildet hier den zentralen Begriff, um die Tonhöhe zu beschreiben und wird an geeigneten Messgeräten abgelesen.

Das Thema bietet vielfältige Anknüpfungspunkte an die Vorerfahrungen der Schüler. Mit Musikinstrumenten kommen sie oft in der Familie, im Kindergarten, spätestens aber im Musikunterricht in der Schule in Kontakt.

Alltagserfahrungen (A 2.1)

Die Akustik wird in der Sekundarstufe 1 nicht fortgeführt. Die unterrichtliche Behandlung des Schalls bietet aber die Möglichkeit, einen leichteren Übergang zu späteren Themen des Physikunterrichts zu finden. In der Optik kann es z.B. eine Hilfe sein, wenn das Lichtspektrum (Farben haben unterschiedliche Frequenzen) mit der Tonleiter (Tonhöhen haben unterschiedliche Frequenzen) verglichen werden kann. Weitere Bereiche sind die Themen Echo und Reflexion, die vergleichend betrachtet werden können. Darüber hinaus liefert die Akustik ein gutes Beispiel für ein System, in dem Energie ohne Massentransport übertragen wird. So lässt sich z.B. mit Versuch V5 thematisieren, dass Schall kein Körper ist, sondern ein fortschreitender Bewegungsvorgang.

Konventioneller Unterrichtsgang

V1: Die Schüler sammeln verschiedenartige Materialien, wie leere Dosen, Flaschen, Gummibänder, Folien, Zigarrenkisten, Nägel, trockene Bohnen, Reiskörner, Hartholzstücke u.a.m. und stellen daraus einfache Musikinstrumente her. Sie beschreiben, wie die Töne entstehen.

Wie entsteht Schall?

V2: Am Faden aufgehängte Styroporkugeln wirken als Detektoren für Schwingungen von Saiten, Sandkörner für schwingende Flächen; die Schwingungen einer Stimmgabel kann man erkennen, wenn man sie in Wasser taucht.

V3: Aus einer Schnur und Pappbechern baut man ein Schnurtelefon.

Wie breitet sich Schall aus?

V4: Zwei Pappröhren werden mit Gummihäuten bespannt und mit ihren offenen Enden einander gegenübergestellt. An der

einen Membran wird ein Tischtennisball so aufgehängt, dass er sie leicht berührt. Die andere Membran wird angeschlagen, unmittelbar danach wird der Ball von der Membran weggeschleudert.

V5: Eine Waschpulvertonne wird mit einer starken Folie überspannt. Im Tonnenboden befindet sich ein Loch. Schlägt man mit der Hand auf die Folie, breitet sich ein Luftstoß durch den Raum aus. Die Kerzenflamme flackert, wenn die Membran angeschlagen wird. Evtl. lässt sich die Kerze sogar „auspusten“. Alternativ kann ein Luftballon neben einer Kerze mit einer Nadel „erstochen“ werden.

V6: Eine elektrische Klingel läutet unter einer Glasglocke. Mit einer Vakuumpumpe wird die Luft herausgepumpt. Je mehr Luft herausgepumpt wird, umso leiser hören wir das Läuten, bis es schließlich (fast) ganz verstummt.

V7: Zwei Schülergruppen (eine „optische“ und eine „akustische“) stellen sich 100m von einem Schüler mit Starterklappe entfernt auf. Die „akustische“ Schülergruppe wendet sich ab, so dass sie keinen Blickkontakt mit dem Starter hat. Beide Gruppen starten ihre Stoppuhr, wenn sie das Signal wahrnehmen. Auf eine Anweisung hin stoppen beide Gruppen dann gleichzeitig ihre Uhren. Mit Hilfe der von den Gruppen gemessenen Zeitdifferenz wird die Schallgeschwindigkeit bestimmt. Nicht die Genauigkeit, sondern das Messprinzip und die Größenordnung (in Luft ca. 1 km in 3 s) bilden den Schwerpunkt.

Wie schnell ist der Schall?

V8: Die Fähigkeit des Gehörs, Schall zu empfangen, ist individuell verschieden. Ortung, Lautstärke und Tonhöhe von Schallquellen erleben die Schüler durch gemeinsames Zuhören und Schallerzeugen (Sprache, Flüstern) in einem großen Raum (Pausenhalle). Das Zuhalten eines Ohres hat Auswirkungen auf die Ortung der Schallquelle, erlaubt es aber auch, den eigenen Herzschlag zu hören.

Wie wird Schall empfangen?

V9: Mit Hilfe eines Mikrofons und eines Oszillographen können die Schüler ihre Geräusche und Töne optisch wahrnehmen. Man erkennt den Zusammenhang zwischen Lautstärke und Amplitude und die Unterscheidung zwischen Klang – Knall – Geräusch.

Messung von Lautstärke und Frequenz

V10: Der Hörbereich der Schülerinnen und Schüler kann mit dem Sinusgenerator und einem Lautsprecher ausgetestet werden. Er liegt unter 20000 Hz.

V11: Die Schwingung einer 100-Hz-Stimmgabel, an der eine Metallzunge befestigt ist, kann mit Hilfe einer berußten Glasplatte oder einer rotierenden Schallplatte sichtbar gemacht werden.

Verschiedene Zugänge sind denkbar (siehe Teil B), z.B.

– **Lärm:**

Lärmschutz, Schalldämmung, Bässe, Walkman

Wie würde ein tauber Mensch experimentell herausfinden, was Schall ist? (Resonanz)

Umwelt
Gesundheit

fachübergreifend
- Musik

<ul style="list-style-type: none"> – <i>Musikinstrumente:</i> Saiteninstrumente: Monochord (wirksame Saitenlänge – Tonhöhe) Blasinstrumente: schwingende Luftsäulen, z.B. über mit Wasser gefüllten Reagenzgläsern, die mit einem Strohhalm angeblasen werden. So kann eine Tonleiter erstellt werden. – <i>Tiere:</i> Tonerzeugung und Wahrnehmung bei Tieren (Heuschrecke, Stechmücke, Ultraschall – Fledermaus), Frequenzbereiche für Senden und Hören (Marderschreck, Hundepfeife), Orientierung durch akustische Verfahren (Echolot – Delphin; Schleiereule) – Experiment zum Richtungshören – <i>Ohr</i> als Empfänger und menschliche <i>Stimme</i> als Sender – Ultraschall (Medizin, Technik) Echolot (Seefahrt) Marderschreck (Auto), Hundepfeife Flüstergewölbe, Sirene (Lochsirene) 	<p>fachübergreifend - Biologie</p>
<p>Hinweise zu den Arbeitsformen</p> <ul style="list-style-type: none"> – Schallerzeuger – Detektoren – Schnurtelefon – Richtungshören (Partner klopft auf einen Schlauch, der hinter dem Schüler von einem Ohr zum anderen geführt ist) – Reagenzglas-Organ, Monocord, – Panflöte aus Strohhalmen – Bastel- und Werkaufgaben: Saiten- und Blasinstrumente – Projekt „Lärm“ nach Themenheft NiU, Heft 11, 1981 – Messung der Schallgeschwindigkeit (V7) – Vorführung eines selbstgebauten Instrumentes – Sinnesorgan Ohr, Stimme, Musikinstrumente 	<p><i>Alltag und Technik</i></p>
<p>Hinweise zur Einbeziehung von Aufgabengebieten</p> <ul style="list-style-type: none"> – Lärmbelästigung, Lärmschutz – Ultraschall, Hupe, Echolot Beeinträchtigungen der Wahrnehmung Musik bzw. Lärm – Flüstergewölbe Musikinstrumente verschiedener Kulturen – Lärm, Ultraschall, Kopfhörer 	<p>Schülerexperimente mit einfachen Hilfsmitteln</p>
<p>Literatur</p> <p>zu „Handexperimenten“: Impulse Physik, Versuche, Klett 1994</p> <p>zu „Tiere“: Cornelsen, Physik für Gymnasien, 1999, Gesamtband Länderausgabe D</p> <p>zu „Lärm“: Umwelt Physik, Klett 1986 und Cornelsen, Physik für Gymnasien, „Lärm und Lärmbekämpfung“ und Themenheft NiU, Heft 11, 1981</p> <p>zu „menschliche Stimme“: Cornelsen, Physik für Gymnasien, 1994</p>	<p>projektartiges Arbeiten Präsentationen im Team</p> <p>fächerverbindend</p> <p>Umwelterziehung</p> <p>Verkehrserziehung</p> <p>Interkulturelle Erziehung</p> <p>Gesundheit</p>

Thema Wärme (1)

Die Schülerinnen und Schüler nehmen die vielfältigen Wirkungen der Ausdehnung bei Erwärmung in Umwelt und Technik unreflektiert wahr. Diese Beobachtungen werden gesammelt, ergänzt und eingeordnet. Die Ausdehnung von Körpern bei Erwärmung wird durch geeignete Verfahren sichtbar gemacht.

Naturwissenschaftliche Erklärung von Phänomenen

Sprache

Für feste Körper, Flüssigkeiten und Gase wird im Zusammenhang mit deren Ausdehnung bei Erwärmung der gemeinsame Begriff „Körper“ gewählt, um die räumliche Begrenztheit deutlich zu machen.

Kreativität

Die Schwierigkeit, die relativ geringen Ausdehnungswerte sichtbar zu machen, kann gut dazu verwandt werden, die Kreativität der Schülerinnen und Schüler anzuregen.

Phänomene

Es ist nicht daran gedacht, die Wärmeausdehnung von Körpern quantitativ zu behandeln.

Alltag und Technik

Für die Anwendung und Berücksichtigung der Wärmeausdehnung gibt es besonders viele praktische Beispiele (u. a. Thermostatventile bei der Heizung, Rollenlager).

Temperatur-Messung

Als Anwendung der Ausdehnung von Flüssigkeiten wird das Thermometer als Messinstrument kennengelernt, die Notwendigkeit für Kalibrierung eingesehen und grundsätzlich eine solche Kalibrierung durchgeführt. Im Gegensatz zu den übrigen Einheiten dieses Blocks wird hier zum ersten Mal die Funktionsweise eines Messgeräts erarbeitet. Dies leitet über zu Block 2 („Messen in der Physik“).

Arbeitswelt
Lebenswelt

Für die leicht zu demonstrierenden Eigenschaften des Flüssigkeitsthermometers werden Schülerexperimente empfohlen. Hier können Schülerinnen und Schüler lernen, Messgeräte selbst zu bauen.

Brücke zur
Elektrizität

Ergänzend sollten auch andere Wärmewirkungen für den Bau von Temperatur-Messinstrumenten angesprochen werden, z.B. die Ausdehnung von Metallen (Bimetall-Thermometer) oder die Erzeugung von Spannung in einem Thermoelement (elektronisches Thermometer) oder Widerstandsänderungen im NTC bzw. PTC.

Fachwissenschaft

Beim Kalibrieren eines Thermometers erfahren die Schülerinnen und Schüler, dass die Einheit für die Temperatur aufgrund sinnvoller, reproduzierbarer Festlegungen zustande kommt.

Fachwissenschaft

Die Festlegung der Fixpunkte der verschiedenen Skalen (Celsius, Reaumur, Fahrenheit) macht die Relativität der Messung deutlich. Umso erstaunlicher ist der Ausblick, dass es eine „absolute Temperatur“ gibt (Kelvin-Skala). Zur Vertiefung dient die Vereinbarung, in Zukunft Temperaturdifferenzen durch die Einheit „Kelvin“ zu bezeichnen.

Mathematik

Die Umrechnung zwischen den Skalen soll im Physikunterricht nicht behandelt werden, könnte jedoch im Mathematikunterricht als Anwendungsbeispiel für lineare Funktionen dienen.

Die Zustandsänderungen des Wassers bieten wegen ihrer vielfältigen Bedeutung für das physische Geschehen auf der Erde Möglichkeiten für fächerverbindenden Unterricht (mit Biologie und Erdkunde zusammen).

Biologie,
Erdkunde

Verschiedene Zugänge sind denkbar

- Energiesparen beim Heizen und Lüften
- Wetterbeobachtungen
- Unfälle, die auf Wärmeausdehnung von Körpern beruhen

Hinweise zu den Arbeitsformen

- Bau und Kalibrierung eines Flüssigkeitsthermometers
- Bau eines einfachen Thermoelements (Kupfer- und Eisendraht)
- Bimetallthermometer aus Silberpapier einer Kaugummiverpackung
- Temperaturprofile erstellen

projektartiges
Arbeiten

Erdkunde:
Temperatur-
diagramme

Einbeziehung von Aufgabengebieten

Schülerinnen und Schüler sollten Temperaturkontrollen im Klassenraum vornehmen und anhand der Temperaturdiagramme ein Organisationsverfahren entwickeln, um die Heizkörper entsprechend nachzuregulieren. Sinnvoll wäre auch ein Vergleich mit den herrschenden Außentemperaturen. An diese Tabelle könnte in Block 3 (Energie) angeknüpft werden.

Umwelterziehung
fifty-fifty

Literatur

- Dampfboot *in* Physik in Projekten, Klaus Mie, Karl Frey (Hrsg.), IPN Kiel 1988
- Die Temperatur im Klassenzimmer *in* Energiesparen in der Schule, Arbeitskreis Schulinformation Energie, Energie-Verlag, Heidelberg 1996
- fifty/fifty aktuell, Informationsdienst für Hamburger Schulen, Umweltbehörde
- Bau eines Digitalthermometers (z.B. mit Computing-Baukästen, welche ein Interface mit AD-Wandler enthalten), bei – unproblematischer – ausgeweiteter Programmgestaltung als Aufzeichnungsgerät für Temperaturprofile geeignet, in Schüler-experimentieren-2000 für Garzeit von Kartoffeln genutzt

Projekt

Schüler
experimentieren

Block 2**Messen in der Physik**

Im zweiten Block beginnt die Einführung in die quantitative Behandlung der Physik. Dieser Übergang muss sehr behutsam erfolgen, kommen doch auf die Schülerinnen und Schüler neue, nicht unbeträchtliche Schwierigkeiten zu: Sie werden in eine strengere Begrifflichkeit eingeführt, sie erfahren, wie Grundgrößen und abgeleitete Größen definiert werden. Die Problematik des Messens einer Grundgröße (Gleichheit, Vielfachheit, Einheit) soll wenigstens an einer der einzuführenden Grundgrößen thematisiert werden. Geeignet dabei sind Masse, Kraft, Stromstärke.

Heranführen an die Fachsprache (A 2.3)

Die Schülerinnen und Schüler lernen an ersten Beispielen, wie physikalische Gesetze gefunden und angewendet werden; sie begegnen den ersten, einfachen Formulierungen von Gesetzmäßigkeiten (je – desto - Beziehungen, graphische Darstellung der Abhängigkeit zweier Größen, Proportionen, Verhältnisgleichungen). Auch grundlegende physikalische Modelle tauchen im Unterricht auf (Vektormodell, Feldmodell).

Einüben spezifischer Methoden der Physik (A 1.4)

Im Bereich der drei Themen des zweiten Blocks haben die Schülerinnen und Schüler Erfahrungen aus ihrer natürlichen und technischen Umgebung; sie können auch viele Erkenntnisse durch aktives Experimentieren selbständig gewinnen. Zu diesen Themen gibt es zahlreiche unmittelbare technische Anwendungen, die kennen zu lernen ein wesentlicher Teil der Unterrichtseinheiten ist. Damit zeigt sich einerseits die Bedeutung der gewonnenen Ergebnisse für die Lebensverhältnisse, andererseits bietet der Anwendungsbezug eine Gewähr gegen eine nicht altersgemäße Betonung der begrifflich-theoretischen Seite der Physik.

Natur und Umwelt (A 1.2)

Alltag und Technik (A 1.3)

Mechanik (1)

Die quantitative Erfassung einer Bewegungen in Form eines s-t-Diagramms ist theoretisch aus verschiedenen Übungsaufgaben des Mathematikunterrichts bekannt. Physikalisch interessant ist das Austüfteln oder auch nur das Nachvollziehen von Messmethoden (z.B. Zeitmarken auf einem Papierstreifen, Lichtschranken, Spiegelmessverfahren, Handlog, Tachometer, Fahrtmesser in Cornelsen, Physik für Gymnasien, Gesamtband Länderausgabe N, 1991¹, S. 438, 440, 442) und natürlich das Durchführen von Messungen. Dabei wird die gleichförmige Bewegung als Sonderfall erkannt werden und unterschieden werden von beschleunigten Bewegungen.

Verbindung zur Mathematik

Messen von Geschwindigkeit

Am Beispiel der Begriffe Masse und Kraft erfahren die Schülerinnen und Schüler, wie sich physikalische Begriffe von den entsprechenden in der Umgangssprache unterscheiden: Die Masse als Körper-Eigenschaft; die Dichte als zugehörige Material- (Stoff-) Eigenschaft, Kraft als gerichtete Größe; die Gewichtskraft eines Körpers in ihrer Ortsabhängigkeit; Gleichgewicht zweier Kräfte; vektorielle Addition von Kräften. Neu im physikalischen Erkenntnisprozess ist die Einführung einer vektoriellen Größe am Beispiel der Kraft.

Unterscheidung zwischen Masse und Kraft

Die Schülerinnen und Schüler haben von den hier behandelten Begriffen zumeist unphysikalische Vorstellungen, die die Begriffe nicht klar gegeneinander abgrenzen. So wird unter "Masse" wird häufig schon etwas Mengenartiges verstanden; im umgangssprachlichen Begriff "Kraft" allerdings finden sich viele Aspekte der physikalischen Begriffe "Kraft", "Arbeit", "Energie" und "Leistung" wieder. Der Unterricht sollte bei diesem Vorverständnis einsetzen.

Eine Einführung des Begriffs "Masse" erfordert eine qualitative Vorstellung von Kraft. Auch bei der Behandlung der Kraft ist es hilfreich, über eine qualitative Vorstellung von Masse zu verfügen. Es erscheint daher zweckmäßig, zunächst beide Begriffe parallel einzuführen: Dabei wird deutlich, dass beide Begriffe unterschieden werden müssen, aber auch, dass sie miteinander zusammenhängen.

Die ersten erläuternden Beispiele zum Begriff "Masse" sollten sich hauptsächlich auf die träge Masse beziehen. Das heißt, dass auch bei der Behandlung der Kraft die Gewichtskraft nicht im Vordergrund stehen kann. Die Unterscheidung zwischen Kraft und träger Masse wird Schülerinnen und Schülern dadurch deutlich, dass (Gedanken-)Experimente betrachtet werden, bei denen jeweils eine der beiden Größen konstant gehalten wird und sich mit der Veränderung der anderen eine unterschiedliche Wirkung einstellt.

Trägheit

Bei der Behandlung des Zusammenhangs zwischen Masse und Gewichtskraft sollte die Massenanziehung zwischen zwei

Körpern qualitativ besprochen werden. Die Bezeichnung "Gewicht" sollte dabei vermieden werden.

Die Unterrichtseinheit erlaubt es, die unterschiedlichen Definitionsarten für eine Grundgröße (Masse) und für eine abgeleitete Größe (Dichte, Ortsfaktor) zu verdeutlichen. Die Kraft kann in dieser Altersstufe ebenfalls als Grundgröße eingeführt werden, der Ortsfaktor $\frac{F}{m}$ muss nicht als Beschleunigung interpretiert werden.

Größenskalkül

Die Behandlung der Dichte und des Ortsfaktors dient unter anderem dazu, die Begriffe Masse, Volumen und Gewichtskraft anzuwenden und zu vertiefen. Bei der Anwendung der beiden Definitionsgleichungen sind qualitative Interpretationen (verbale Aussagen, Untersuchungen von Proportionalitäten, graphische Darstellungen) wichtiger als das Rechnen mit Größengleichungen.

Man kann auch darauf eingehen, dass neben der Masse als Körpereigenschaft und der Dichte als Stoffeigenschaft die Kraft eine Eigenschaft einer Wechselwirkung darstellt.

Es bietet sich an, ein Kräftegleichgewicht auch durch mehr als zwei Kräfte zu zeigen, wenn man die – für die Schülerinnen und Schüler neue – Notwendigkeit begründen will, dass die Größe *Kraft* wesentlich eine Richtung enthält. Als Vertiefung kommen vor allem Beispiele aus der Statik (Kräfte und Kräftegleichgewicht) bei Brücken, Gebäuden u. ä. in Frage.

Kraftrichtung

Am Beispiel der physikalischen Begriffe Masse und Kraft erfahren die Schülerinnen und Schüler wiederum, wie durch Reduktion und Ausschärfung physikalische Begriffe entstehen, die durch Festlegung von Messverfahren zu physikalischen Grundgrößen werden. Die Schülerinnen und Schüler sollen Massen, Volumina und Kräfte messen können.

Die gleichmäßige Kreisbewegung wird oft mit der gleichförmigen Bewegung verwechselt. Besonders bei der Planetenbewegung und bei Satelliten ist der Unterschied zwischen kräftefreier und beschleunigter Bewegung nur schwierig nachzuvollziehen.

Andere
Bewegungstypen

Mehrfach treten in dieser Unterrichtseinheit proportionale Zusammenhänge auf:

- der proportionale Zusammenhang zwischen zurückgelegter Strecke und abgelaufener Zeit führt auf die (Durchschnitts-) Geschwindigkeit.
- der proportionale Zusammenhang zwischen der Masse und dem Volumen von Körpern gleichen Materials führt auf die Definition der Dichte;
- der proportionale Zusammenhang zwischen der Gewichtskraft und der Masse von Körpern am selben Ort führt auf den Ortsfaktor;

auch Dreisatz
möglich

Möglicher Unterrichtsgang

Dieser Unterrichtsgang beschreibt einen projektartigen Unterricht zum Thema „Rund um das Fahrrad“. Eine Konzentration des Physikunterrichts auf zusammenhängende Stunden oder Tage ist dazu nicht unbedingt notwendig.

Nach einer Einführung der Grundlagen zu Geschwindigkeit, Kraft, Masse und Trägheit können sich die Schülerinnen und Schüler ein Thema „rund um das Fahrrad“ wählen, das sie genauer bearbeiten wollen. Die Bearbeitung der Themen ist mit den vorhandenen Hilfsmitteln im Rahmen der einzelnen Physikstunden ohne weiteres möglich. Eine sorgfältige Präsentation der Gruppenergebnisse hat neben dem Übungseffekt den Erfolg, dass die Schülerinnen und Schüler mit gewachsenem Selbstbewusstsein physikalische Experimente durchführen werden.

Im Folgenden wird dargestellt, was die Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung einiger ausgewählter Themen lernen und erfahren können:

Überprüfung der Tachoanzeige:

Die Definition der Geschwindigkeit wird im praktischen Umgang begriffen, wenn deutlich wird, dass nur Zeit und Umfang gemessen werden und der Fahrradcomputer daraus die Geschwindigkeit berechnet; nebenbei wird deutlich, dass digitale Messgeräte von einer Torzeit abhängig sind; das Anbringen eines Tachos im Modellaufbau im Physikraum sowie die Erzeugung einer konstanten Umdrehungszahl des Reifens erfordern den Erwerb praktischer Fertigkeiten.

Bremswege bei verschiedenen Geschwindigkeiten:

Das Problem der Geschwindigkeitsmessung, von der ab gebremst wird, muss gelöst werden. Als Versuche sind möglich: verschiedenen Untergründe, Bremsen mit der Handbremse, vorn und/oder hinten, Bremsen mit der Rücktrittbremse.

Mit Hilfe graphischer Auswertung von Tabellenkalkulationsprogrammen kann man leicht die quadratische Abhängigkeit nachweisen und deren Bedeutung für die Sicherheit problematisieren.

Kräfte bei verschiedenen Gängen:

Werden die Kräfte z.B. beim Anfahren gemessen, so ergibt sich durch die praktische Anwendung plötzlich für die Schülerinnen und Schüler das Problem der Krafrichtung. Man kann die Richtung der Pedale während einer Umdrehung der Kurbel genau beobachten (Video) und daraus die Krafrichtung erschließen. Wenn sich eine lineare Abhängigkeit der Kraft von dem gewählten Gang ergibt, ergibt sich die Frage, ob das technisch gewollt war.

Funktionsweise einer Gangschaltung:

Anwendungen der Hebelgesetze auf Zahnräder (Übersetzungsverhältnis) und der Zusammenhang zwischen Kraft und Geschwindigkeit können von guten Schülern erkannt werden.

Haftreibung:

Für mit verschiedenen Gewichten belastete Mantelteile und auch das ganze Fahrrad ergeben Kraftmessungen auf gleichem

Projekt

handlungsorientiert

Praktikum

Präsentation

Geschwindigkeit

Geschwindigkeit
Verkehrssicherheit

Krafrichtung

Technische
Interpretation der
Proportionalität

Hebel

Verkehrssicherheit

Kräfte

Untergrund den Reibungsfaktor. Für verschiedene Untergründe können verschiedene Reibungsfaktoren erkannt werden. Auswirkungen auf sicheres Fahren lassen sich formulieren.

Rahmenformen:

Belastungskräfte in den einzelnen Teilen lassen sich in nachgebauten Modellen messen. Besonders belastete Teile lassen sich auch durch polarisiertes Licht in Plexiglasmodellen zeigen. Über Internetrecherche sind Vertiefungen bis hin zum Kennenlernen der Methode der finiten Elemente möglich.

Zug- und
Druckkräfte in
Fachwerken

Unterscheidung verschiedener Fahrradtypen

Der Sinn bestimmter Konstruktionsmerkmale (Lenker, Sattel, Reifenprofil) ist naheliegend. Methoden der Überprüfung dieser Vermutungen stellen die Schülerinnen und Schüler vor kreative Mess-Aufgaben.

Kreativer Einsatz
von
Messverfahren

Ergänzungen:

Hookesches Gesetz; Komponentenzzerlegung einer Kraft; kraftumformende Maschinen

Projekte:

Verkehrserziehung: Geschwindigkeitsmessungen an verkehrsreichen Straßen (ohne Radar) – fächerverbindend mit Mathematik (Statistik)

Die grüne Welle (Cornelsen S. 441)

Rund um das Fahrrad Daniel Düsentrieb Preis Hamburg 2001

Verkehrserziehung

Literatur

Skript von Jessen, Eickmann, Mirow, Meyer: ein Unterrichtsgang, in dem messend vorgegangen wird und die Begriffe über Messverfahren eingeführt werden.

Rund um das
Fahrrad

Thema Elektrik (2)

Das Thema ist bzgl. der zu behandelnden Begriffe recht umfangreich.

Durch Auswahl geeigneter Experimente sollen die Begriffe geklärt sowie Zusammenhang und Abgrenzung deutlich werden. Dabei soll genügend Raum für praktische Übungsbeispiele bleiben:

- *Strommesser* selbst bauen durch Anwendung der erkannten Wirkungen des Stromes;
- Strommesser benutzen zur Messung von Stromstärken in einfachen und verzweigten Stromkreisen. Eine Aufgabenstellung kann dabei die Bestätigung der KIRCHHOFFSchen Gesetze sein. Für das zweite KIRCHHOFFSche Gesetz kann bei bekannten Widerständen und gemessenen Stromstärken die Verhältnisgleichung formuliert werden.
- *Herstellung geladener Körper* durch Kontakt verschiedener Materialien (Reibung)
- *Ladungsnachweis* durch ein Elektroskop (Eigenbau mit Lamettafäden möglich). Elektroskop als (stromfreier) Spannungsmesser.

Abgrenzung der Begriffe
Stromstärke,
Ladung und
Spannung

Die Schülerinnen und Schüler sollen auch Kenntnisse über die Größenordnungen gebräuchlicher Stromstärken gewinnen (z.B. bei Fahrradlampchen und in Autos, elektrischen Haushaltsgeräten, Transistorradios, Computern und Taschenrechnern, Sicherungen im Haus, Schweißgeräten und beim Blitz).

Größenordnungen von Stromstärken kennen

Zur Demonstration des Zusammenhangs zwischen Strom und Ladung wird folgender Versuch empfohlen: ein graphitierter Tischtennisball pendelt im Stromkreis zwischen den zwei Platten eines Kondensators, ein Glimmlampe oder ein Strommesser zeigt dabei Stromstöße an. Je kürzer die Schwingungszeit, desto größer die mittlere Stromstärke: $I \cdot t = Q$. Der Ball transportiert bei jedem Übergang die gleiche Ladung.

Strom als bewegte Ladung

Der Spannungsbegriff wird in diesem Block in eingeschränktem Sinn als Klemmenspannung der Stromquelle eingeführt; es geht um die Einführung des Messgerätes und die richtige Schaltung. Der stromführende Spannungsmesser (im Vielfachmessinstrument) wird vorerst als Black Box behandelt. Die Definition der Spannungseinheit wird erst in Block 3 thematisiert. In diesem Block wird vermittelt, dass die Einheit der Spannung „Volt“ heißt, welche Größenordnungen verschiedene technische Spannungsquellen haben und welche Gefahren für den Menschen damit verbunden sind.

Spannung als Grundgröße

Ladungsunterschied an den Klemmen der Batterie und Spannung:

Beispiel: „Handbatterie“

Fragestellung: „Zwischen welchen Platten erzeugt dein Körper die höchste Spannung“

menschlicher Körper

Bei diesem Experiment ist der Mensch der aktive Teil des Stromkreises, denn er berührt mit seinen Händen je eine Zink- und eine Kupferplatte, welche an einen Spannungsmesser angeschlossen sind. Er übernimmt die Funktion, die in einer Kfz-Batterie die Schwefelsäure hat und die „Elektrolyt“ genannt wird. Das Experiment gibt Anlässe, die Begriffe Ladung, Spannung und Stromstärke zuzuordnen und voneinander abzugrenzen. Vertiefung: Korrosion, Lochfraß.

Spannungs-Strom-Diagramme für verschiedene Körper führen auf den Widerstandsbegriff. Dabei sind auch Temperaturabhängigkeiten zu untersuchen (Heiß- und Kaltleiter). Um die anfallende Vielzahl der Messungen zu bewältigen, bietet sich der Einsatz des Computers an (Tabellenkalkulation oder Messwerterfassung mit Diagrammerstellung).

neue Medien

Zur Einführung der *Feldvorstellung* bieten sich Experimente aus der Elektrostatik und der Magnetostatik an, welche es erlauben, Feldlinienbilder zu erstellen: Bahnen geladener Körper im elektrischen Feld und schwimmender Kompass im magnetischen Feld und / oder Orientierung von Dipolen (Grieskörner auf Rizinusöl, Eisenfeilspäne auf Pappe). Mit diesen Modellen können die Funktionsweisen von BRAUNscher Röhre, Oszilloskop und Teilchenbeschleuniger erklärt werden.

Feldvorstellung

Technik und Alltag

Zugänge

- Stromschlag bei elektrostatischer Aufladung
- Bau eines Messgerätes für Stromstärke
- Bau eines Messgerätes für Ladung
- Gewitter als Entladung in einem elektrischen Feld
- Kompass im Magnetfeld der Erde

Kreativität

Natur

Anwendungen in der Technik,

die angesprochen werden können

- Kopierer,
- Elektrofilter zur Rauchgasreinigung

Technik und Alltag

Computer-Simulation

Computer-Simulationsprogramme für selbstentwickelte und selbstdimensionierte Schaltkreise motivieren wegen des Medieneinsatzes, vertiefen die richtige Handhabung der Messgeräte und schaffen ein Gefühl für die zusammengehörige Dimensionierungen in einem Schaltkreis.

Neue Medien

Literatur:

zu *Heimversuche*:

Impulse Physik 1, Versuche, Klett 1994
S. 47 schwimmender Kompass, S. 47
Lametta-Elektroskop

S. 48 Selbstbau-Messgerät für Strom

S. 48 elektrostatische Kräfte

zu Praktikumversuche:

Impulse Physik 1, Versuche, Klett 1994 S. 51ff Spannung und Stromstärke

zu Anwendungen:

Elektrische Ladung:

- Entstaubungsanlage in Kohlekraftwerken Cornehlens S. 111
- Faradayscher Käfig Cornehlens S. 113
- Blitzschutz heute: Cornehlens S. 114

Elektrischer Strom

- Elektrische Vorgänge in Lebewesen Cornehlens S. 118

Experimente:

Elektrische Ladung:

- Drehbarer Ladungsanzeiger (analog Kompass): Cornehlens S. 107
- Elektrische Ladung: Cornehlens S. 106, S. 109

Elektrischer Strom

- Messung elektrischer Ströme Cornehlens S.119
- Bedienungsanleitung für Strommesser Cornehlens S.121

Simulationsprogramme:

Crocodile Clips

Theorie

Messverfahren für Stromstärke Cornehlens S.120

Stromstärke und Ladung Cornehlens S. 122

Optik (2)

Im zweiten Teil des Optik-Unterrichts wird die unglaubliche Vielfalt der Aspekte der Physik bzgl. der Natur sowie der technischen Anwendungen und deren Entwicklung deutlich.*) Hinzu kommt das Wissen, wie die Entwicklung der Optik dem Menschen zu vertiefender Erkenntnis im Mikro- und Makrokosmos verholfen hat.

Natur
Technik
Kulturgeschichte

Diese Einheit muss aus der berausenden Vielzahl von eindrucksvollen Themen eine gezielte Auswahl treffen, die fachwissenschaftlich gegliedert ist nach dem Gesetz der Lichtbrechung und der Abbildung durch optische Linsen, aber dabei in jedem Fall Zugänge aus den Bereichen Natur, Technik und Kulturgeschichte einbeziehen sollte. Die fachwissenschaftlichen Anteile eignen sich sehr gut dazu, dass die Schülerinnen und Schüler ihre Erkenntnisse in Praktikumsversuchen gewinnen. Das gleiche gilt dort, wo es möglich ist, durch einfache Freihandversuche überraschende Phänomene wahrzunehmen. Bei der Zusammenstellung des Unterrichtsganges ist neben dem Schülerinteresse auch zu beachten, dass das Orientierungswissen der Schülerinnen und Schüler nicht zu kurz kommt.

Auswahl

Praktikum

Orientierungswissen

Bei aktuellen technischen Geräten bieten sich ggf. eine Internetrecherche oder eine Betriebsbesichtigung an.

Hier wird eine mögliche Gliederung des Unterrichtsablauf nach fachsystematischen Gesichtspunkten vorgestellt, wobei allerdings bei jedem Teilgebiet die genannten Zugänge eingehalten sind.

Lichtbrechung

- Messen: für Praktikum geeignet
- Graphische Darstellung der Messwerte
- Ablesen aus dem Diagramm
- Geknickter Stab im See
- Münze im Becher (ohne und mit Wasser gefüllt)
- Schätzung der Wassertiefe eines Beckens (zwei zum Vergleich, ein volles und ein leeres mit geringerer Tiefe)

Methodisch –
fachwissenschaftlich
Natur – Umwelt
Praktikum und
Referate

Totalreflexion

- Medizin, Technik (Rohrreinigung), Internetrecherche oder Betriebsbesichtigung
- Glasfaser in Nachrichtenübertragung
Betriebsbesichtigung bei der Post

Internet
Betriebsbesichtigung

Farbzerlegung

- Regenbogen (siehe auch Anhang)
- Farbe und Größe der Sonne zu verschiedenen Tageszeiten

Fragen an die
Natur

Bildentstehung bei Sammellinsen

- Messen: für Praktikum geeignet
- Grundkonstruktionen mit ausgewählten Strahlen

Methodisch –
fachwissenschaftlich

<ul style="list-style-type: none"> – einfache Bedingungen für Lage des Bildes $f < g < 2f \Rightarrow b > 2f$ und $B > G$; $g > 2f \Rightarrow f < b < 2f$ und $B < G$; $g = 2f \Rightarrow b = 2f$ und $B = G$ – keine reine Rechenübungen zur Auflösung der Abbildungsgleichung nach gesuchten Variablen, – keine komplizierten Termumformungen, allenfalls Reziproktaste des Taschenrechners nutzen – Brillengläser – Kontaktlinsen 	no math
<p>Optische Geräte (Auswahl)</p> <ul style="list-style-type: none"> – Erklärung durch Zusammensetzung der Grundkonstruktionen – Die Vergrößerung wird nicht mit Hilfe des Seh winkels erklärt, sondern unter Nutzung des Augenmodells als Verhältnis (Bildgröße mit Instrument / Bildgröße ohne Instrument) eingeführt. – Kamera – Wiss.entwicklung (z.B. Medizin): Mikroskop – Fernrohr – Galilei 	Mensch Methodisch – fachwissenschaftlich
<p>Abbildende Systeme (phänomenologisch),</p> <ul style="list-style-type: none"> – Elektronenmikroskop, Elektronenrastermikroskop, Röntgenmikroskop (Freie Elektronenlaser) Schüler sollen den Stand der Wissenschaft – also das Maß der Verkleinerung – kennen und die Begriffe der Geräte einordnen können – Gravitationslinse Schüler sollen um diesen Effekt wissen Schüler sollen am Modell der Linse sehen, wie die Wirklichkeit abgebildet wird, und daran erkennen, wie man mit Hilfe des G-Linsen-Modells Rückschlüsse auf die Wirklichkeit ziehen kann. Modell der Gravitationslinse und deren Anwendung: Bergedorfer Sternwarte, Ulf Borgeest, http://www.seh-stern.de 	Alltag und Technik Kulturgeschichte
	Orientierungswissen
	Orientierungswissen

*) Hierbei sind die Fragestellungen eines Laien völlig verschieden von denen, die Physiklehrer stellen. Dies ist eindrucksvoll von Josef Leisen, Koblenz, am Beispiel des Regenbogens dargestellt (siehe Anlage).

Block 3 Erhaltung und Entwertung von Energie

Bisher stellten sich die Themengebiete der Physik den Schülerinnen und Schülern als bunt zusammengewürfelt dar. Im dritten Block ergibt sich über den Energiebegriff durch die Energiewandlungen eine erste Zusammenschau.

Die Schülerinnen und Schüler können im dritten Block bereits zurückgreifen auf Kenntnisse physikalischer Phänomene sowie auf deren Beschreibung und Messung durch physikalische Größen. Dies ermöglicht es zunehmend, selbstständigere Arbeitsformen einzuführen.

Arbeitsformen

Die Bedeutung der Energie für unser Leben und die grundlegenden Erkenntnisse über Energie durch das Fach Physik werden in diesem Block deutlich.

Die Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler ermöglichen es, Beispiele aus dem täglichen Leben schon zu Beginn der Unterrichtseinheit zu besprechen, dabei ergeben sich ganz von selbst die Notwendigkeit, Begriffe auszuscharfen, sowie fachübergreifende Bezüge. Deshalb sollte eine Einheit „Überblick“ vorangestellt werden.

Alltagsbezug

Das Einführen und Arbeiten mit physikalischen Größen ist in diesem Block besonders wichtig, da ein anschauliches Verständnis der Größen und ihrer Größenordnungen für das Leben in unserer Umwelt unabdingbar ist.

Physikalische Fachlichkeit und Fachsystematik müssen in diesem Block nicht von außen vorgegeben werden, vielmehr können sie sich im Verlauf des Unterrichts bereits dadurch aufdrängen, dass physikalische Begriffe (insbesondere Größen) geklärt, geordnet und eingeordnet werden müssen, damit der Überblick nicht verloren geht.

Fachsystematik

Gruppenarbeit bietet sich an vielen Stellen durch die Vielseitigkeit der experimentellen oder theoretischen Zugänge an. Für Projektarbeit (1 bis 3 volle Schultage) können auch regelmäßig aktuelle Anlässe gewählt werden, die sich auf politische Ereignisse bzgl. der Energieversorgung, auf Energiesparen allgemein oder in der Schule oder auf alternative Energien beziehen.

Gruppenarbeit

Projektarbeit

Energie, Leistung und Wirkungsgrad spielen wegen ihrer Bedeutung im täglichen Leben die Hauptrollen. „Arbeit“ dient nur dazu, ein Maß für die Energie zu finden. Die andere Übertragungsform der Energie, nämlich Wärmemenge, dient der Beschreibung der Änderung der inneren Energie eines Systems.

notwendige
Fachbegriffe

Die Energiewandler bilden einen Schwerpunkt. Dabei wird das Energieerhaltungsprinzip (stillschweigend) vorausgesetzt. Energiewandler, insbesondere Kraftwerke, bilden auch eine Gelenkfunktion zwischen den einzelnen Teilthemen des Blocks. Diagramme, die die Wandlung veranschaulichen, durchziehen

fachliche
Schwerpunkte

Methodenlernen

den gesamten Unterricht und stellen auch eine allgemeine Einübung in Methodenlernen dar.

Computereinsatz ist vielseitig möglich und sinnvoll

- Aktuelle Informationsbeschaffung durch Internet
- Verarbeitung numerischer Daten (Excel)
- Präsentation von Gruppenarbeitsergebnissen (Power-Point)
- Einsatz als Messgerät (z.B für Langzeiterfassungen der Temperatur)
- Simulation von Experimenten

Neue Medien

Bausteine:

Ansätze für einen nicht traditionellen Unterrichtsgang

Statt den Unterrichtsgang nach fachsystematischen Prinzipien aufzubauen, werden hier Anregungen gegeben, den Unterricht zum Thema Energie durch das Vorwissen, das Vorverständnis und die Interessenschwerpunkte der Schülerinnen und Schüler zu steuern. Priorität hat nicht die traditionelle Reihenfolge der Themen; sie wird durchbrochen und entfällt weitgehend. Hier geht es vielmehr darum, zu Beginn aus den Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler die Vorstellung der allgemeinen Begriffe und Zusammenhänge, die in allen Themenbereichen gemeinsam auftreten, zu präzisieren.

schülerorientiert

Der Unterricht erlaubt es an vielen Stellen, über das Schüler-Experimentieren hinaus projektartiges Arbeiten zu üben. Dies sollte jedoch nicht durchgängig die Unterrichtsmethode sein, da diese Methode die Schülerinnen und Schüler dann überfordert. Außerdem sollten die projektartigen Arbeitsphasen so mit den anderen Fächern abgestimmt werden, dass die Schülerinnen und Schüler nicht gleichzeitig an mehreren Projekten arbeiten.

projektartiges
Arbeiten

Um Offenheit für die Unterrichtsgestaltung bzgl. der Akzentuierung zu ermöglichen, werden die Abschnitte in „Bausteinen“ dargestellt.

Bausteine

Die Bausteine erlauben eine Straffung des Fachlichen und ermöglichen weitere Vertiefungen nach Methoden gemäß der dritten Spalte in der Darstellung der Inhalte zu Block 3 in den Bereichen Schülerexperimente, projektartiges Arbeiten, fachübergreifendes Arbeiten, Aufgabengebiete.

Schülerexperimente
, projektartiges
Arbeiten,
fachübergreifendes
Arbeiten,
Aufgabengebiete

1. Baustein: Überblick
2. Baustein: Energiewandler
3. Baustein: Energieverbrauch des Menschen
4. Baustein: Wirkungsgrad und Lageenergie
5. Baustein: Leistung
6. Baustein: Zusammenhang zwischen Strom und Leistung - Spannung
7. Baustein: Wärme
8. Baustein: Zusammenhang zwischen Strom und Spannung - Widerstand

Die Bausteine sind mehrheitlich gegliedert in Vorbemerkungen, Voraussetzungen, Ziele und Unterrichtsablauf. Auf diese Weise kann man sich schnell einen Eindruck verschaffen, an welcher

Stelle ein Baustein sinnvoll einsetzbar ist. Außerdem stellen die Unterrichtsabläufe Beispiele für die Durchführung dar.

Die Bausteine stammen aus einer Zusammenarbeit im Jahr 1995/96 von Erhard Meyer (IfL), Peter Jessen (Studienseminar), Ernst Eickmann (Studienseminar), Joachim Reinhardt (Gy. Billstedt) und Herbert Wild (Gy. Grootmoor).

Literatur

Arbeitskreis Schulinformation Energie: Unterrichtsmaterialien
Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) Energiedaten

Henk, Hans-Heinrich: Arbeitstransparente Erzeugung
elektrischer Energie, Hrsg. HEW 1979

Henk, Hans-Heinrich und Koppe, Johannes: Basiswissen zum
Thema Energie Teil 1 Hrsg. HEW

Folienbuch Physik Phänomene II, Stuttgart 1994 (Ernst Klett
Verlag)

Perelmann, Jakob: Unterhaltsame Physik, Leipzig 1985 (VEB
Fachbuchverlag)

Vom Wirkungsgrad zur Energievernunft, Hrsg.
Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft (IZE),
Postfach 700561, 60555 Frankfurt am Main

Schlichting Energie und Energieentwertung, Quelle & Meyer
Gerhard Kobe, Auftrag Zukunft, Informationen und
Unterrichtsprojekte zum Thema Energie und Umwelt,
HeinGas Hamburger Gaswerke GmbH, Hamburg 1997

1. Baustein: Überblick

Ziel dieses Bausteins ist eine erste Klärung von Begriffen und
grundlegenden Phänomenen und Zusammenhängen:

Ziele

- Energiequelle – Energietransport – Energieempfänger
- Lebewesen, Naturvorgänge und Gesellschaft brauchen
Energie
- Energie ist an Materie oder Strahlung gebunden.
- Energie kann übertragen werden.
- Energie tritt in verschiedenen Formen auf.
- Energie kann von einer Form in eine andere umgewandelt
werden.
- Wandlung von Primärenergien in elektrische Energie sowie
die Wandlung elektrischer Energie in die vom Verbraucher
gewünschte Energieform. „Energieverbraucher“ sind
„Energiewandler“. Darstellung von Umwandlungsketten.

Vorkenntnisse und Interessen der Schülerinnen und Schüler
werden durch einen Fragebogen mit den drei Fragen (ggf.
getrennt nach Jungen und Mädchen) ausgelotet:

Fragebogen

1. Welche Bedeutung hat Energie für dich persönlich?
2. Welche Wörter fallen dir in Verbindung mit dem Begriff Energie ein?
3. Welche Fragen stellen sich dir im Zusammenhang mit dem Energiebegriff?

Auswertung und Zusammenstellung der Antworten führen zu Schwerpunkten des Interesses und eröffnen Mängel der Kenntnisse über Begriffe und Zusammenhänge.

Es ergeben sich z.B. Gleichsetzungen der Energie mit Strom und Kraft, aber auch Fragen nach Herkunft der Energie und nach Funktionsweisen technischer Geräte und Anlagen. Ebenso interessieren sich die Schülerinnen und Schüler zu Beginn für Größenordnungen des Energieverbrauchs sowie für den Energieverbrauch (Ernährung) des einzelnen Menschen.

Jetzt wird man im Klassengespräch die Fragestellungen präzisieren und die Schülerinnen und Schüler dazu anleiten, in Gruppen selbstgewählte Quellen (Lexika, Bücher, Physikbuch, Internet, Anleitungen für Haushaltsgeräte) zu befragen und zu ersten eigenen (vorläufigen) Antworten zu finden und diese vorzutragen. Für diese Phase sollten nicht mehr als 6 bis 8 Unterrichtsstunden angesetzt werden. (Bei der Zeitplanung mit den Schülerinnen und Schülern ist deutlich zu machen, dass es sich hier erst einmal nur um Vorüberlegungen handelt.)

Am Ende dieser Unterrichtsphase liegt ein fachübergreifender Überblick zum Thema Energie vor und zugleich ergeben sich Fragestellungen, zu deren Lösung die Physik beitragen kann.

Ebenso zeigt sich, dass die benutzten Quellen häufig zu viel Vorwissen erwarten, die Frage nicht direkt beantworten, zu speziell oder zu komplex sind. Hier wird die Bedeutung des Unterrichtsfaches Physik deutlich.

Zu Beginn des Unterrichts wird auch der Begriff der Leistung fallen und die Schüler werden nach den physikalischen Begründungen fragen. Damit die solchermaßen geschaffene intrinsische Motivation nicht erlischt, darf die physikalische Klärung zeitlich nicht zu weit hinausgeschoben werden. Da Größenordnungen für Energiewandlungen bekannt sind, kann man aus dem jeweiligen Thema den Leistungsbegriff entwickeln mit

Themenfindung

arbeitsteilige
Gruppenarbeit
für Referate

Leistung

$$\text{Leistung} = (\text{Energieverbrauch})/(\text{Zeit})$$

bzw.

$$P=W/t$$

und

$$1W = 1J/1s$$

2. Baustein: Energiewandler

Vorbemerkungen

- Falls in der einführenden Umfrage (Baustein1) Schülerfragen nach Entstehung und Verbrauch von Energie und nach Funktionsweisen bestimmter Energieerzeuger und Energieverbraucher auftreten, ist dieser Baustein zu deren Klärung gedacht. Auf diese Fragen gibt die Beschäftigung mit dem Thema „Energiewandler“ erste Antworten.
- Durch die Wandlung einer Energieform in eine andere lernen die Schüler zusätzlich zur Funktionsweise der Maschinen verschiedene Erscheinungsformen der „Energie“ kennen.
- Die Fragen nach „Entstehung“ und „Verbrauch“ werden als physikalisch unzutreffend entlarvt, die Vorstellungen von „Entstehung“ und „Verbrauch“ werden ersetzt durch die Erkenntnis, dass auf Grund der Energieerhaltung physikalisch nur von „Umwandlung“ die Rede sein kann.
- Die Einführung des „Wirkungsgrades“ klärt Fragen zur Wirtschaftlichkeit und zum Energiesparen.
- An diesen Baustein „Energiewandler“ können sich folgende Themen anschließen:
 - Methoden zur Bestimmung des Wirkungsgrades und damit physikalische, formale Beschreibungen von Energie und Leistung
 - „Lageenergie“ und Bestimmung anderer mechanischer Energieformen durch geeignete Umwandlungsexperimente.

Voraussetzungen

- Für die physikalischen Größen Energie und Leistung genügt ein allgemeines Vorverständnis der Schüler, z.B. eine mengenartige Vorstellung der Energie.
- Einheiten und Größenordnungen sind nicht vorausgesetzt und werden jeweils mitgeteilt.

Ziele

- verstehen, wie einige Energie umformende Maschinen funktionieren,
- erkennen, dass die Fragen nach „Entstehung“ und „Verbrauch“ von Energie physikalisch unzutreffend sind, dass vielmehr auf Grund der Energieerhaltung nur von „Umwandlung“ die Rede sein kann,
- erfahren, dass Energie in verschiedenen Formen auftritt,
- den Begriff Wirkungsgrad qualitativ kennenlernen.

Unterrichtsablauf

12 bis 14 Stunden

Der Ablauf gliedert sich in drei Abschnitte:

- Problemstellung (zur Vorbereitung der Referate)
- Referate über verschiedene Energiewandler,
- Zusammenfassung der besprochenen Energieformen, Wandler und Prozesse in einer Tabelle

Problemstellung

ca. 2 Stunden

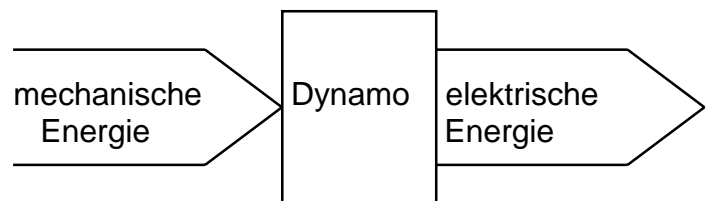
Als Ausgangspunkt der Überlegungen bieten sich die Schülerfragen „Wie wird Energie verbraucht?“ und „Wie geschieht dies?“ an. Die Überlegung, welche bekannten Maschinen Energie „erzeugen“ oder „verbrauchen“, führt auf eine Sammlung etwa folgender Art:

- | | | |
|----------------------------|------------------|-------------------|
| – Viertaktmotor | – Auto | – Solarkraftwerk |
| – Zweitaktmotor | – Rakete | – Windkraftwerk |
| – Dieselmotor | – Generator | – Wasserkraftwerk |
| – Elektromotor | – Fahrraddynamo | – Glühlampe |
| – Dampfmaschine | – Heizung | – Batterie |
| – Heißluftmotor | – Solarzelle | – Akkumulator |
| – Gas- und
Dampfturbine | – Kühlschrank | – Brennstoffzelle |
| – Wasserturbine | – Wärmepumpe | – Lautsprecher |
| – Kran | – Atomkraftwerk | – CD-Spieler |
| | – Kohlekraftwerk | – ... |

Es ist zu erwarten, dass die Schüler die genannten Maschinen unterteilen in Maschinen,

- welche Energie erzeugen (z.B. Kraftwerk, Benzinmotor, Solarzelle),
- welche Energie verbrauchen (z.B. Kühlschrank, Glühlampe),
- welche Energie umwandeln (Fahrraddynamo)

Als Vorbereitung der Referat-Phase wird an einem Beispiel (z.B. Fahrraddynamo) die Energieumwandlung besprochen und diese in einem Schema dargestellt.



Hier schließt sich die Frage an, ob die gesamte zugeführte Energie

„verloren geht“. Die Schüler wissen aus Erfahrung, dass Energie „verloren geht“. Man kann auch auf das Experiment zurückgreifen und prüfen, ob ein „perpetuum mobile“ möglich ist. Das führt auf den Begriff „Wirkungsgrad“ mit der Erklärung:

Der Wirkungsgrad η gibt an, wie viel Prozent der zugeführten Energie genutzt wurde.

Es ist sinnvoll, das Wandler-Diagramm rechts um einen Pfeil „nicht gewünschte Energieform“ zu ergänzen. Es ist leicht einzusehen, dass η zwischen Null und Eins liegt.

Referate

(8 bis 10 Stunden)

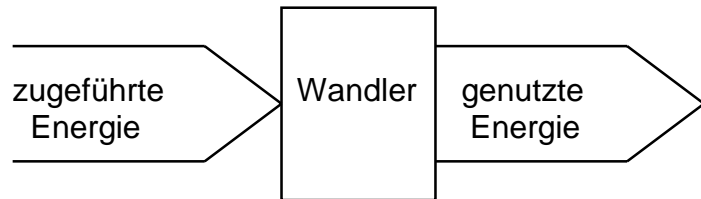
Die genannten Vorbereitungen ermöglichen es den Schülern, in Gruppen selbständig mit Hilfe des Physikbuches und/oder weiterführender Literatur- bzw. Internetrecherchen arbeitsteilig Referate bzw. Präsentationen über Energie umwandelnde Maschinen zu erarbeiten. Die Anzahl der Referate wirkt sich auf den geplanten Stundenumfang aus. Zum Teil kann es sich dabei um Referate mit Experimenten handeln, in welchen die Maschinen vorgeführt werden. Die Referate sollen nicht länger als 15 min dauern und können gemäß folgenden Fragestellungen gegliedert sein:

- 1) Erklärung der *Konstruktion und der Funktionsweise* anhand eines Modells, eines Modellversuchs, einer Folie oder einer Abbildung im Physikbuch.
- 2) a) Welche Energieform wird genutzt (*Ausgangsenergie* bzw. *Primärenergie*)
 b) Welche Energieform wird geliefert (*genutzte* Energieform)
 c) Welche *Energieumwandlung* findet in der Maschine statt (Wandlungsschema)
- 3) Welchen Wirkungsgrad hat die Maschine?

Zusammenfassung

(2 Stunden)

Nach Abschluss der Referate können die Ergebnisse, die sich auf die ursprüngliche Fragestellung der Energiewandlung beziehen, noch einmal zusammengefasst werden: Jede der behandelten Maschinen lässt sich in einem gleichartigen Schema darstellen. Das führt auf folgende Ergebnisse:



- Man kann alle genannten Maschinen als Energiewandler betrachten. Jede dieser Maschinen nimmt Energie auf und gibt wieder Energie ab.
- Die Erscheinungsform der zugeführten Energie ist entweder die gleiche oder eine andere als die der abgegebenen Energieform.

Gemeinsam wird aus den bisher genannten Energieformen eine Tabelle erstellt, wobei jede Energieform in einer Zeile als zugeführte Energieform und in einer Spalte als genutzte Energieform vorkommt. In den entstandenen Feldern werden die Wandler bzw. die Umwandlungsprozesse eingetragen. Ggf. werden auch noch Energieformen und -wandlungen ergänzt.

Die Tabelle (hier unvollständig ausgefüllt) kann etwa folgende Form haben und als Arbeitsblatt zum gemeinsamen Ausfüllen dienen.

(Quelle: THEMA ENERGIE, Bausteine für den Unterricht in SII, Verlag wwt Bad Harzburg, 1985)

Energieformen und ihre Umwandlungen

		genutzte Energieformen					
		mechanisch	thermisch	chemisch	elektrisch	Strahlung	nuklear
Zugeführte Energieformen	mechanisch		Kompression Reibung		Generator		
	thermisch	Expansion	Berührung	endotherme Prozesse	Thermo-Element		
	chemisch	Osmose, Muskel	Verbrennung	Chemische Reaktionen	Batterie Akku Brennstoffzelle		
	elektrisch	Elektromagnet Elektromotor	Tauchsieder			Glühlampe	
	Strahlung	Radiometer	Absorption	Photosynthese, Fotografie	Photoeffekt	Fluoreszenz	
	nuklear	Atombombe	Kernspaltung Kernfusion			γ -Strahlung, Sonne	

3. Baustein: Energieverbrauch des Menschen

1. Vorbemerkungen

- Der Mensch stellt ein Beispiel für ein energieumformendes System dar. Es kommt dem Interesse der Schüler daher sicherlich entgegen, wenn die Thematik Energieverbrauch mit dem Menschen begonnen wird. Da Messungen hierzu nicht

möglich sind, ist der Unterricht auf Werte aus der Literatur angewiesen (siehe Tabellen im Anhang!).

- Die größere Lebensnähe dieses Beginns wird mit einer größeren Undurchschaubarkeit erkauft. Insbesondere ist es naheliegend, dass die Schüler die Energie mit dem Energieträger Nahrung identifizieren und sich stofflich vorstellen. Diese Vorstellung soll zwar nicht gefördert, sie kann hier aber auch nicht wirksam behoben werden. Eine Unterscheidung zwischen Energie und Energieträger ist beispielsweise besser möglich, wenn die chemische Energie von Kohle, Öl oder Gas besprochen wird.
- Im Lehrplan Biologie Sek. I von 1988 wird fachübergreifendes Lernen angestrebt und das Thema Energie als ein hierfür geeignetes angesehen (Seite 7). Zum Stoff- und Energiewechsel (Seite 4), findet sich für Klasse 5/6 im Bereich 1 unter Punkt 3 'Bewusste Lebensführung' das Thema 'Gesunde Ernährung', wo auch vom Nährwert verschiedener Nahrungsmittel gesprochen wird (Seite 14) sowie für die Klasse 7/8 im Bereich 2 'Abhängigkeit des Menschen' unter Punkt 1 'Leistungen grüner Pflanzen' die Zielsetzung: „Der Schüler erfährt, dass die grünen Pflanzen ... die Energieform Licht in die Energieform chemische Energie und so ... den tierischen Lebewesen energiereiche Substanzen (Nährstoffe) liefern.“ Es ist die Frage, ob an entsprechendes Vorwissen aus dem Biologieunterricht angeknüpft werden kann.

2. Voraussetzungen

- Die biologischen bzw. chemischen Vorgänge bei der Energieumsetzung im menschlichen Organismus sind den Schülern noch nicht bekannt, und sie sollen hier natürlich auch nicht besprochen werden. Im Unterricht kann jedoch davon ausgegangen werden, dass den Schülern bekannt ist, dass für die Aufrechterhaltung der Lebensfunktionen des Menschen Energie benötigt wird, die mit der Nahrung aufgenommen oder aus den Körperreserven gewonnen wird. Einige werden schon von „Kalorientabellen“ bzw. Kilojoule-Tabellen gehört haben und solche in den Unterricht einbringen können. Ferner dürfte den Schülern geläufig sein, dass die unterschiedlichen Tätigkeiten verschieden viel Energie erfordern. Von einem derartig allgemeinen Vorverständnis soll ausgegangen werden.
- In einem traditionell fachsystematischen Lehrgang ist der didaktische Ort dieses Themas eher am Ende anzusiedeln, wenn es denn überhaupt im Physikunterricht behandelt wird. Hier wird vorgeschlagen, diesen Baustein ziemlich an den Anfang zu stellen. Um einen unvermittelten Beginn zu vermeiden, sollte jedoch auf jeden Fall eine allgemeine Einstimmung in das Thema Energie vorausgehen, in der ein Überblick zur Energiethematik und ihrer Bedeutung erstellt wird (Relevanz-Phase). In dem Baustein „Umfrage“ wird dieses beispielsweise geleistet.

3. Ziele

Die Schüler sollen

- wissen, dass Energien in Joule bzw. Kilojoule gemessen werden.
- wissen, dass der Grundbedarf eines durchschnittlichen Erwachsenen 8400 kJ beträgt.

- aus dem Energieverbrauch für eine bestimmte Zeitdauer den Energieverbrauch pro Sekunde berechnen können - und umgekehrt.
- ihren Tages-Energiebedarf aus den zugrunde gelegten Tätigkeitsabschnitten mit Hilfe vorgegebener Tabellen ermitteln können.
- den Energiegehalt eines selbst zusammengestellten Tagesmenüs mit Hilfe einer Kilojoule-Tabelle ermitteln können.
- die Energie als Bilanzierungsgröße kennenlernen.

4. Unterrichtsablauf 2-4 Std.

Zur Vorbereitung auf diese Unterrichtsstunde erhalten die Schüler zwei Erkundungsaufträge, die Antwort auf die folgenden beiden Fragen geben sollen:

1. Was alles benötigt der menschliche Körper zum Leben? (Überblick!)
2. Was versteht man unter energiereicher bzw. energiearmer Kost?

Die Ergebnisse der Schüler werden zusammengetragen und notiert:

Der Mensch benötigt zum Leben Sauerstoff, Wasser, Mineralstoffe, Kohlenhydrate, Eiweiß und Fett. Zur Aufrechterhaltung der Lebensfunktionen wie Atmung, Herztätigkeit, Blutkreislauf und Muskeltätigkeit benötigt der Mensch Energie. Er nimmt die Energie mit den Nahrungsmitteln auf.

Es ist zu erwarten, dass einige Schüler eine sogenannte Kalorientabelle aufgestöbert und mitgebracht haben. Sollte das nicht der Fall sein, so hat der Lehrer eine parat. Der Energiegehalt verschiedener Nahrungsmittel (siehe Anhang: Tabelle 3!), gemessen in **Kilojoule** für jeweils 100g, wird zusammengestellt. Die alte Energieeinheit Kilokalorie sowie die Umrechnung $1 \text{ kcal} = 4,2 \text{ kJ}$ wird genannt. Der Lehrer teilt mit, dass Energien heutzutage in Joule (1 J) bzw. in Kilojoule ($1 \text{ kJ} = 1000 \text{ J}$) gemessen werden. Auf die zu erwartende Frage, wie viel denn 1 Joule ist oder wie ein Joule festgelegt worden ist, verweist der Lehrer auf die noch folgende physikalische Klärung.

Fragen der Unter-, Über- und der gesunden Ernährung können zur Sprache kommen oder auch „Meine Mutti macht gerade eine Diät, die isst nur ...“ (siehe auch die Ernährungspyramide im Anhang!). Falls das Gespräch nicht schon von selber dahin geführt hat, wird als nächstes eine der folgenden Fragen gestellt:

- *Benötigen alle Menschen gleich viel Energie?*
- *Wovon hängt es ab, wie viel Energie ein Mensch benötigt?*
- *Bei welchen beruflichen Tätigkeiten wird viel bzw. weniger Energie benötigt?*
- *Wie viel Energie wird für bestimmte allgemeine Tätigkeiten benötigt?*

Als Ergebnis wird festgehalten:

*Der Energiebedarf eines Menschen hängt von seinem Körpergewicht ab. Häufig wird ein durchschnittlicher Mensch der Masse 70 kg zugrunde gelegt. Für die Aufrechterhaltung der Lebensfunktionen eines Durchschnittsmenschen werden pro Tag **8400 kJ** benötigt. Diese Größe wird **Grundbedarf** genannt.*

Weitere Antworten geben die Tabellen 2 und 3 (siehe Anhang!). Die Schüler vergleichen die Angaben und geben gegebenenfalls eine Bewertung dazu ab. Danach werden Energiebilanzen aufgestellt. Beispiele dafür bieten die folgenden Aufgaben.

Aufgaben (unter Benutzung der Tabellen im Anhang):

1. Wie viel Energie wird für eine Stunde Schlafen, Radfahren und Tennisspielen benötigt?
2. Stelle einen Tagesablauf (24 Std.) mit Tätigkeiten aus der Tabelle 1 zusammen, und zwar entweder Deinen eigenen oder einen ausgedachten! Berechne die Energie, die für die verschiedenen Abschnitte und für den ganzen Tag benötigt werden! Vergleiche den Wert mit dem Grundbedarf von 8400 kJ!

3. Wie viel Energie pro Sekunde benötigt ein Mensch, der nichts besonderes tut (Energiesparer!)? Lege für die Rechnung den Grundbedarf von 8400 kJ am Tag zugrunde!
- 4.1 Wie viel Energie benötigt eine Sekretärin pro Tag, und zwar
 - a) insgesamt,
 - b) als Grundbedarf und
 - c) speziell (zusätzlich) für 8 Stunden beruflicher Arbeit?
 - d) Wie viel „berufsspezifische“ Energie benötigt sie pro Sekunde?
- 4.2 Berechne dasselbe für einen Briefträger und für einen Maurer!
5. Stelle Dir aus Tabelle 3 ein Tagesmenü zusammen und gib den Energieinhalt an!
6. Kann jemand mit 5 Tafeln Schokolade seinen Tagesbedarf decken?
7. Was geschieht, wenn man seinen Tagesbedarf (über längere Zeit) nicht deckt?
8. Versuche etwas über den Energiebedarf von Tieren in Erfahrung zu bringen!
Beispiele:

Maus	0,2 J/s	Ratte	1,6 J/s
Kaninchen	6,0 J/s	Hund	25 J/s
Stier	600 J/s	Elefant	2400 J/s

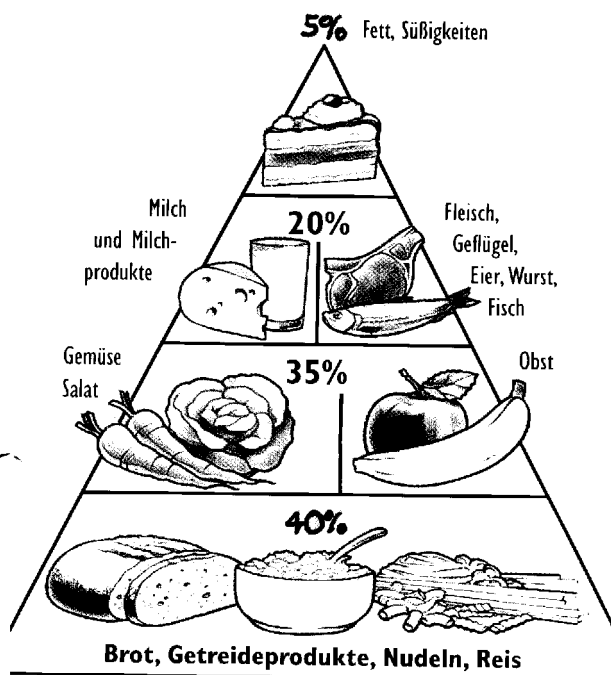
4. Anhang

Die Ernährungspyramide auf einer Kelloggschachtel

— Die Ernährungspyramide

Gesund essen — mit Vergnügen

Essen soll schmecken und Spaß machen. Die Pyramide zeigt, wie's geht.
Essen Sie täglich etwas aus jeder Lebensmittelgruppe.
Wichtig ist, daß die Basis aus Getreide stimmt.



Quelle: US-Dep. of Agriculture and US-Dep. of Health and Human Services

40%

Getreide – solide Basis für gesundes Essen

Man erkennt's auf einen Blick: Die Basis unserer Nahrung sollte aus Getreide stammen. Praktisch heißt das, zu jeder Mahlzeit Brot, Cerealien (CORN FLAKES u.ä. Getreideprodukte), Nudel- oder Reisgerichte essen.

35%

Gut ein Drittel unseres Speisezettels sollten Gemüse, Kartoffeln und Obst bestreiten – mit leichtem Schwerpunkt auf Gemüse. Bis zu 1 kg darf es sein und 3 Portionen Obst.

20%

Wählen Sie nur etwa ein Viertel des täglichen Essens aus tierischen Produkten wie Milch, Käse u.a. Milchprodukte, Eier, Fisch, Fleisch, Wurst und Geflügel.

5%

Fette und Süßigkeiten nur gelegentlich essen.

Essen und Trinken gehören zusammen!

Jeden Tag 1 bis 1,5 Liter Flüssigkeit trinken.

Der Energiebedarf eines durchschnittlichen erwachsenen Menschen

Grundbedarf bzw. Grundumsatz: **8400 kJ** pro Tag

Der Grundbedarf dient zur Aufrechterhaltung der allgemeinen Lebensfunktionen. Bei körperlichen Tätigkeiten ist der Energiebedarf höher.

Tabelle 1: Energiebedarf bei verschiedenen Tätigkeiten

Schlafen	81 J/s
Ruhiges Sitzen	106 J/s
Singen	153 J/s
Schreibmaschine schreiben	162 J/s
Abwaschen, Bügeln	176 J/s
Spazieren gehen	269 J/s
Radfahren	309 J/s
Langsames Laufen	357 J/s
Treppen hinuntergehen	404 J/s
Schwimmen, Tennis	582 J/s
Sprinten	1121 J/s
Treppauf gehen	1254 J/s

Tabelle 2: Energiebedarf pro Tag bei 8 Stunden Arbeit in verschiedenen Berufen

leichte Arbeit	Angestellter, Beamter, Sekretärin	9660 kJ
	Arzt (außer Chirurg)	11340 kJ
	Hausfrau	12000 kJ
mittelschwere Arbeit	Briefträger	13020 kJ
	Chirurg	14280 kJ
schwere Arbeit	Maler	14700 kJ
	Bäcker	14800 kJ
sehr schwere Arbeit	Bergmann	16800 kJ
	Maurer, Landarbeiter, Hochleistungssportler	17850 kJ
	Holzfäller, Landarbeiter während der Erntezeit	23100 kJ

Tabelle 3: Energiegehalt von 100g verschiedener Nahrungsmittel

Gurken	30 kJ
Bohnen	130 kJ
Äpfel	210 kJ
Forelle	220 kJ
Milch mit (3,5% Fett)	275 kJ
Kartoffeln	350 kJ
Schweinefleisch mager	600 kJ
Frankfurter Würstchen	1045 kJ
Roggenbrot	1060 kJ

Pommes frites	1130 kJ
Camembert (45% Fett)	1255 kJ
Cornflakes	1620 kJ
Zucker	1650 kJ
Vollmilchschokolade	2355 kJ
Speck	2530 kJ
Butter	3240 kJ
Olivenöl	3880 kJ

Literaturquellen

Kuhn: Physik Band 1, Braunschweig 1984 (Westermann), Seite 340

Bredthauer u.a.: Impulse Physik 1, Stuttgart 1993 (Klett), Seite 252

Falk, Herrmann: Neue Physik Das Energiebuch, Hannover 1981 (Schroedel), Seite 59 und 62

Mathelitsch: Physik und Natur, Wien 1991 (Verlag hpt)

Die Küche der Schlanken und Schönen, herausgegeben von der Zeitschrift ESSEN & TRINKEN

Weitergehende Sachinformationen I

Tabelle: Empfehlenswerte Höhe der Energiezufuhr

(nach: Deutsche Gesellschaft für Ernährung 1975; aus Unterricht Biologie, Heft 6, 1977, Friedrich, Seelze 1977)

	Alter	Energie kJ/Tag m	Energie kJ/Tag w
Erwachsene	25 Jahre	10900	9200
	45 Jahre	10000	8400
	65 Jahre	9200	7500
Säuglinge	0–6 Monate	2500	2500
	7–12 Monate	3800	3800
Kinder	1–3 Jahre	5000	5000
	4–6 Jahre	6700	6700
	7–9 Jahre	8400	8400
	10–12 Jahre	10000	8800
Jugendliche	13–14 Jahre	11300	10000
	15–18 Jahre	13000	10500
Schwangere	ab 6. Monat		10900
Stillende			11700

Die Werte für Erwachsene gelten für Personen mit vorwiegend sitzender Tätigkeit (Leichtarbeiter). Für andere Berufsgruppen sind folgende Zuschläge erforderlich:

Mittelschwerarbeiter:	2500 kJ/Tag
Schwerarbeiter	5000 kJ/Tag
Schwerstarbeiter	6700 kJ/Tag

Beispiel:

Ein 45jähriger männlicher Erwachsener benötigt bei vorwiegend sitzender Tätigkeit eine Energiezufuhr von 10000 kJ/Tag. Bei einer gesunden Ernährungsweise sollten davon entfallen:

auf Kohlenhydrate	50% : 5000 kJ/Tag
auf Fette	35% : 3500 kJ/Tag
auf Proteine	15% : 1500 kJ/Tag.

Daraus ergeben sich unter Berücksichtigung der physiologischen Brennwerte (siehe unten) die zuzuführenden Mengen an

$$\text{Kohlenhydraten: } \frac{5000}{17,18} \cdot \frac{\text{kJ} \cdot \text{g}}{\text{Tag} \cdot \text{kJ}} \approx 291 \text{ g/Tag}$$

$$\text{Fetten: } \frac{3500}{38,96} \cdot \frac{\text{kJ} \cdot \text{g}}{\text{Tag} \cdot \text{kJ}} \approx 90 \text{ g/Tag}$$

$$\text{Proteinen: } \frac{1500}{17,18} \cdot \frac{\text{kJ} \cdot \text{g}}{\text{Tag} \cdot \text{kJ}} \approx 87 \text{ g/Tag}$$

Mit Hilfe von Energietabellen von Nahrungsmitteln lassen sich auf diese Weise individuelle Ernährungspläne aufstellen.

Weitergehende Sachinformationen II

- [1] Duden, Abiturhilfen, Stoffwechsel und Energieumsatz, Mannheim 1990
- [2] Schroedel, Materialien für die Sek. II, Biologie, Stoffwechselphysiologie, Hannover 1977
- [3] Klett, Schwarzmaier, Zauner: Kursheft Energiehaushalt, Stuttgart 1981
- [4] Löwe, Riedl: Stoffwechsel-Ökologie; C. C. Buchners, Bamberg 1987

Zusammensetzung der Nahrung

Die Nahrung besteht hauptsächlich aus Kohlenhydraten, Fetten und fettähnlichen Stoffen (Lipoiden), Proteinen, Wasser, anorganischen Salzen und Vitaminen.

Kohlenhydrate und Fette stellen die Energiequellen für den Organismus dar, sie werden deshalb als Betriebsstoffe bezeichnet. Kohlenhydrate sollten ca. 50%, Fette ca. 35% der Tagesenergiemenge ausmachen. Mit den Kohlenhydraten werden auch die unverdaulichen Ballaststoffe aufgenommen, die ein wichtiger Bestandteil einer gesunden Ernährung sind. Bei den Fetten ist darauf zu achten, dass dem Körper solche in ausreichender Menge zugeführt werden, die essentielle Fettsäuren enthalten. Dies sind vor allem die mehrfach ungesättigten Fettsäuren der Pflanzenfette.

Die *Proteine* in der Nahrung werden hauptsächlich zum Aufbau des Körpereiwisses benötigt, sie heißen daher Baustoffe. Ihr Anteil an der Tagesenergiemenge sollte ca. 15% betragen. Da der Organismus nicht alle körpereigenen Aminosäuren aus den Nahrungsstoffen herstellen kann, müssen manche Aminosäuren über die Nahrung aufgenommen werden. Solche essentiellen Aminosäuren sind Bestandteil aller Proteine in Nahrungsmitteln tierischer, aber auch pflanzlicher (Kartoffel, Sojabohne) Herkunft.

Die *anorganischen Salze* sind ebenfalls als Baustoffe unentbehrlich, obwohl sie in geringen Mengen aufgenommen werden müssen. Sie sind Bestandteile der Knochen und der Zähne und sind in Enzymen und in der Körperflüssigkeit enthalten.

Vitamine sind sogenannte Wirkstoffe, welche in nur sehr geringen Mengen dem Körper zugeführt werden müssen, aber für die normalen Lebensfunktionen unbedingt notwendig sind. Für einige Vitamine ließ sich zeigen, dass sie Coenzyme sind oder zum Aufbau von Coenzymen dienen. Zum Beispiel ist die Nicotinsäure ein Vitamin der B₂ - Gruppe.

Verdauung

Unter Verdauung versteht man die Zerlegung der mit der Nahrung aufgenommenen Makromoleküle in kleinere niedermolekulare Einheiten (Monomere), wobei die Nahrung verflüssigt wird. Diese Vorgänge spielen sich unter Einwirkung von Enzymen in Verdauungsorganen ab. Die Kohlenhydrate werden dabei zu Monosacchariden, die Proteine zu Aminosäuren und die Fette zu Glycerin und Fettsäuren abgebaut.

Resorption

Die flüssigen Verdauungsprodukte der Kohlenhydrate und Proteine treten nun durch die Darmwand in die Blutgefäße der Darmzotten über, werden in der Pfortader gesammelt und von ihr zur Leber transportiert. Dort geschieht z.T. ein Umbau der Verbindungen, z.T. eine Speicherung. Über die untere Hohlvene gelangt das Blut mit Verdauungsprodukten außerdem zu den Körperzellen, wo sie aufgenommen werden.

Die Resorption der Fette kann in Form äußerst feiner Tröpfchen erfolgen, wenn diese einen Durchmesser von weniger als 0,5 µm besitzen. Die bei der Fettsplattung entstandenen Fettsäuren und Glycerin werden nur teilweise von den Blutgefäßen der Darmzotten aufgenommen. Ein Teil dieser Spaltprodukte wird beim Durchgang durch die Darmwand zu Fettmolekülen vereinigt. Diese treten mit länger-kettigen Fettsäuren in den Lymphraum der Zotten über. Die Lymphgefäße vereinigen sich zum

Lymphbrustgang, der seinen Inhalt in die linke Schlüsselbeinvene abgibt. Mit dem Blutkreislauf werden nun die Produkte der Fettverdauung an die Organe des Körpers verteilt.

Die Resorption von anorganischen Salzen, Vitaminen und Wasser erfolgt sowohl im Dünndarm als auch im Dickdarm.

Energiehaushalt

Bei allen Lebensvorgängen wird Energie benötigt: z.B. zum Aufbau neuer Körpersubstanz, zur Muskelbewegung, zur Erregungsleitung bei Nerven oder zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur. Die Energie wird in Form chemisch gebundener Energie mit der Nahrung aufgenommen.

Die Gesamtheit aller energetischen Vorgänge im Organismus wird als dessen Energiehaushalt bezeichnet.

Energiewerte von Nährstoffen

Die drei wichtigsten Nährstoffe sind Kohlenhydrate, Fette und Eiweiß.

Verbrennt man jeweils ein Gramm eines Stoffes und bestimmt die dabei gebildete Wärmeenergie in einem Kalorimeter, so erhält man den *physikalischen Brennwert*.

Den entsprechenden Energiewert aus der Oxidation eines Nährstoffes im Organismus bezeichnet man als *physiologischen Brennwert*.

	Kohlenhydrate	Fette	Eiweißstoffe
<i>physikalischer Brennwert (kJ/g)</i>	17,18	38,96	23,88
<i>physiologischer Brennwert (kJ/g)</i>	17,18	38,96	17,18

Kohlenhydrate und Fette werden im Körper vollständig zu CO_2 und H_2O abgebaut, Eiweiße werden dagegen im Körper nur bis zum Harnstoff abgebaut, der als energiehaltige Verbindung ausgeschieden wird.

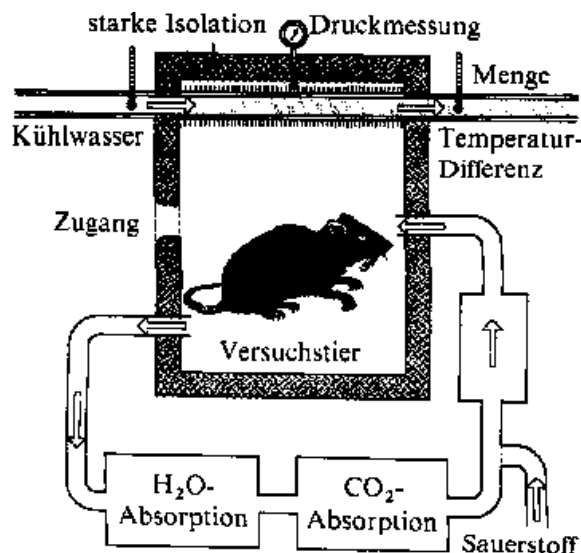
Messung des Energieumsatzes

Direkte Kalorimetrie

Durch die *direkte Kalorimetrie* werden alle Energieumwandlungen, die innerhalb eines Organismus ablaufen, über die Wärmeabgabe gemessen. Wichtig dabei ist, dass bei der Bestimmung des Grundumsatzes keine äußere Arbeit, wie z.B. Bewegung, vom Organismus selbst geleistet wird und dazu definierte äußere Bedingungen (Temperatur) herrschen. Die Versuchstiere werden dazu in einen völlig geschlossenen Raum gebracht, bei dem Zuluft und Abluft sowie Wärmeabgabe genau kontrolliert werden können.

Indirekte Kalorimetrie

Die *indirekte Kalorimetrie* geht von der Voraussetzung aus, dass bei biologischen Verbrennungsvorgängen im Körper eine stöchiometrische Beziehung besteht zwischen der verbrauchten Substanzmenge und der zur Oxidation verbrauchten O_2 - Menge. Man braucht bei dieser Methode also lediglich die Menge des aufgenommenen und des verbrauchten Sauerstoffs zu bestimmen. Auch die Menge des bei der Oxidation gebildeten CO_2 kann durch Absorption gemessen werden.



Das Prinzip der direkten Kalorimetrie

Kalorisches Äquivalent

Um aus dem Sauerstoffverbrauch jedoch den Energieverbrauch berechnen zu können, muss man wissen, wie viel Energie bei der Verbrennung bestimmter Nährstoffe pro Liter Sauerstoff entsteht. Man nennt dies *kalorisches Äquivalent* für Sauerstoff. Sein Wert ist abhängig von der Art des verbrannten Stoffes. Für Glucose (Kohlenhydrat) beträgt der physiologische Brennwert 15,7 kJ/g. Für ein mol Glucose (= 180 g) beträgt er demnach 2826 kJ. Nach der Oxidationsgleichung für Glucose lässt sich die entsprechende Menge Sauerstoff bestimmen: $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O$. das heißt, für die Oxidation von 1 mol Glucose werden 6 mol Sauerstoff, das sind $6 \cdot 22,4$ Liter = 134,4 Liter, verbraucht und 134,4 Liter Kohlendioxid gebildet. Bezieht man die abgegebene Wärme auf 1 Liter Sauerstoff, so erhält man eine charakteristische konstante Energiemenge:

$$\frac{2826kJ}{134,4l} = 21,03 \frac{kJ}{l}$$

Voraussetzung für solch eine Messung ist, dass der Organismus während der Messung nur einen einzigen Nährstoff oxidativ abbaut.

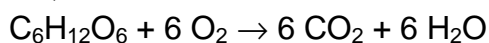
Für das Pflanzenfett Tripalmitin ergibt sich 19,65 kJ / l.

Respiratorischer Quotient RQ

In Wirklichkeit liegt für die Ernährung aber eine Mischkost vor. Außerdem bezieht der Körper seine Energie aus dem Abbau verschiedener körpereigener Speicherstoffe. Für die Bestimmung des Energieverbrauchs ist also die Kenntnis der veratmeten Stoffe notwendig.

In welcher Zusammensetzung Kohlenhydrate, fette und Proteine in der Nahrung vorliegen, kann man durch die Bestimmung des *Atmungsquotienten* (= *respiratorischer Quotient* RQ) ermitteln. Unter dem RQ - Wert versteht man das Verhältnis aus dem Volumen des bei der Atmung abgegebenen Kohlendioxids und dem Volumen des verbrauchten Sauerstoffs. Die Bestimmung von RQ - Werten erfolgt beim Menschen mittels Respirationsspirometer.

RQ - Wert für Glucose:



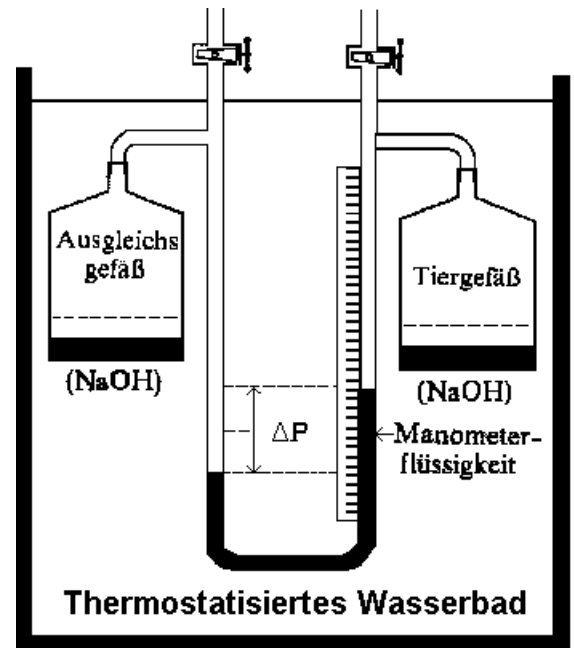
$$RQ = \frac{\text{Volumen}_{\text{Kohlendioxid}}}{\text{Volumen}_{\text{Sauerstoff}}} = \frac{6 \text{ mol}_{\text{Kohlendioxid}}}{6 \text{ mol}_{\text{Sauerstoff}}} = \frac{6 \cdot 22,4l}{6 \cdot 22,4l} = 1$$

	RQ
Kohlenhydrate (Glucose)	1,0
Fette (Stearinsäureglycerinester)	0,7
Fette (Tripalmitin))	0,71
Eiweiße (Alanin)	0,83
Proteine	0,8

Untersuchungen zeigen, dass der Proteinanteil zur Energiebereitstellung beim Menschen im Durchschnitt etwa 15% ausmacht und relativ konstant ist.

Man kann nun für jeden RQ - Wert den entsprechenden Wert für das kalorische Äquivalent berechnen und zuordnen. Dies muss nicht jedes Mal neu geschehen, da entsprechende Tabellen [3] vorhanden sind.

Apparatur zur Messung des respiratorischen Quotienten: Ausgleichsgefäß und Tiergefäß besitzen gleiches Volumen. Durch die Atmung der Tiere (Sauerstoffverbrauch) entsteht zwischen den beiden Gefäßen eine Druckdifferenz (CO_2 wird ggf. durch NaOH absorbiert). Die Niveaudifferenz in den beiden Manometerschenkeln ist proportional dem verbrauchten Sauerstoffvolumen.



Grundumsatz (GU)

Der Grundumsatz ist derjenige Energiebetrag, den ein Körper in völliger Ruhe innerhalb einer bestimmten Zeit freisetzt. Diesen Energiebetrag benötigt der Körper also nur dazu, um alle seine Lebensfunktionen aufrechtzuerhalten. Grundumsatzmessungen erfolgen im nüchternen Zustand.

GU = kalorische Äquivalent · Anzahl der verbrauchten Liter Sauerstoff
(bezogen auf die Zeit von 24 Stunden bei völliger Ruhe)

GU - Messungen beim Menschen ergeben Werte zwischen 5000 kJ/24h und 7000 kJ/24h.

Der GU ist z.B. abhängig von der Körpergröße (genauer der Körperoberfläche), vom Alter und vom Geschlecht.

Bestimmung des GU:

Eine Person verbraucht in einer halben Stunde 7,0 l Sauerstoff. Mittels des gemessenen RQ - Wertes lässt sich ein kalorische Äquivalent von 20,32 kJ / l O_2 ablesen:

$$\text{GU} = 20,32 \cdot 7,0 \cdot \frac{\text{kJ} \cdot \text{l}_{\text{Sauerstoff}}}{\text{l}_{\text{Sauerstoff}} \cdot 0,5\text{h}} = 20,32 \cdot 336 \cdot \frac{\text{kJ} \cdot \text{l}_{\text{Sauerstoff}}}{\text{l}_{\text{Sauerstoff}} \cdot 24\text{h}} = 6825,2 \cdot \frac{\text{kJ}}{24\text{h}}$$

Gesamtumsatz

Außer dem Energiebedarf für den Grundumsatz benötigt der Organismus zusätzlich Energie, z.B. für den Ablauf von Verdauungsprozessen, für die Aufrechterhaltung einer konstanten Körpertemperatur bei geringerer Außentemperatur und für Bewegung. Diese zusätzlichen Energie verbrauchenden Vorgänge werden in ihrer Gesamtheit als *Leistungsumsatz* bezeichnet. Grundumsatz und Leistungsumsatz zusammen ergeben den Gesamtumsatz (= *Arbeitsumsatz*).

Über die empfehlenswerte Höhe der täglichen Energiezufuhr für den Gesamtumsatz bei gesunder Ernährungsweise gibt die Tabelle Auskunft. Daraus ist zu ersehen, dass die notwendigen Energiewerte abhängig sind vom Alter der Person, vom Geschlecht und von der Art der körperlichen Belastung.

Aus den angegebenen Energiewerten und mit Hilfe der physiologischen Brennwerte lassen sich die täglich zuzuführenden Mengen an Kohlenhydraten, Fetten und Eiweißstoffen ermitteln.

4. Baustein: Leistung

1. Vorbemerkungen

- Die Leistung wird normalerweise, d.h. in einem fachsystematisch orientierten Unterrichtsgang, nach der Definition der Arbeit - als Verhältnis aus der verrichteten Arbeit und der Zeit - eingeführt. Hier soll ein Unterrichtsbaustein vorgestellt werden, der zu einem relativ frühen Zeitpunkt eingesetzt werden kann und ohne diese Voraussetzung auskommt.
- Die Leistung soll als Energieverbrauch pro Zeit eingeführt werden. Das setzt nur voraus, dass aus mindestens einem Bereich Angaben zum Energieverbrauch bekannt sind. Es ist zu diesem Zeitpunkt nicht erforderlich, dass diese Angaben nachprüfbar sind. Die Messung von Leistungen und Energien kann später erfolgen.
- Ähnliche Unterrichtsbeispiele lassen sich entwerfen, wenn von Angaben zum Energieverbrauch aus anderen Lebensbereichen ausgegangen wird. Möglicherweise ist jedoch der Energieverbrauch des menschlichen Körpers für die Schüler von besonderem Interesse und deshalb für den Einstieg besonders geeignet. Beim Bereich „Energieverbrauch im Haushalt“ kommt erschwerend hinzu, dass die hier übliche Energieeinheit die Kilowattstunde ist.
- Der Leistungsbegriff wird später auf Energieerzeuger - Beispiel Kraftwerke - ausgedehnt.
- Der Leistungsbegriff wird an Energieraten festgemacht, die ihren Besitzer wechseln.
- Typische Leistungsangaben werden ähnlich wie typische Energieangaben als Standardbeispiele im Unterricht benutzt.

2. Voraussetzungen

- Das folgende Unterrichtsbeispiel geht davon aus, dass der Energieverbrauch des Menschen behandelt worden ist. Auf die Tabellen 1 - 3 aus dem Baustein „Energieverbrauch des Menschen“ wird Bezug genommen.
- Zu mindestens einem Bereich sollten konkrete Werte über Energien bekannt sein.

3. Ziele

Die Schüler sollen

- wissen, dass Leistungen in Watt gemessen werden
- den Zusammenhang zwischen einem Watt und einem Joule angeben und erklären können
- unter der Vorgabe von Zeitdauern zwischen Energie- und Leistungsangaben umrechnen können
- mit einigen Leistungsangaben vertraut werden (Größenordnung)

4. Unterrichtsablauf

2 - 4 Std.

Es wird davon ausgegangen, dass mit den Schülern die Tabelle mit dem Energiebedarf eines durchschnittlichen Erwachsenen für verschiedene Tätigkeiten (siehe Anhang!) besprochen worden ist. Dabei sollte geklärt sein:

Je anstrengender eine körperliche Tätigkeit ist, desto mehr Energie wird pro Sekunde benötigt.

Sollte dieses noch nicht geschehen sein, so kann die Stunde hiermit begonnen werden.

Ausgangspunkt kann folgende Problemstellung sein:

Was ist anstrengender: Gymnastik treiben oder zu Fuß gehen?

Für eine Stunde Gymnastik werden 727 Kilojoule, für eine Dreiviertelstunde Zu-Fuß-Gehen 665 Kilojoule benötigt.

Die Schüler erhalten 5 Minuten Zeit, um zur Beantwortung dieser Frage Vorüberlegungen anzustellen bzw. Lösungsvorschläge zu entwerfen. Bei der Sammlung der Lösungen wird geklärt, dass ein Vergleich der beiden Tätigkeiten nur möglich ist, wenn dieselbe Zeitdauer zugrunde gelegt wird. Hierfür gibt es verschiedene Möglichkeiten. Geeignet erscheinen eine Stunde und eine Sekunde. Wählt man die Sekunde, so ist ein Vergleich mit den übrigen in Tabelle 1 aufgeführten Tätigkeiten möglich ist. Tabelle 1 wird entsprechend ergänzt.

Zur Übung und Kontrolle dient die folgende analoge Aufgabenstellung:

Die Tabelle 1 soll durch zwei weitere Angaben ergänzt werden: Für 30 Minuten Tischtennis spielen werden 790 kJ, für 30 Minuten Paddeln 954 kJ benötigt.

Der Lehrer teilt nun mit, dass für die Einheit 1 J/s eine neue Bezeichnung gebräuchlich ist, nämlich 1 **Watt** = 1W, und ferner, dass für den Energieverbrauch pro Zeit der Name **Leistung** verwendet wird. Die Schüler werden überrascht sein, dass ihnen hier das Watt begegnet, welches sie jedenfalls dem Namen nach von elektrischen Verbrauchern her kennen. Ein Vergleich kann durchaus schon angestellt werden: Der Mensch benötigt etwa dieselbe Leistung wie eine 100W-Lampe. Die Verwendung des Namens Leistung lässt sich dadurch einsichtig machen, dass bei größerer körperlicher Leistung auch mehr Energie pro Zeit benötigt wird.

Vor der Formalisierung werden einige zahlenmäßig einfache Beispiele mündlich besprochen, etwa:

- Wie groß ist die Leistung in Watt, wenn in einer Sekunde 100 Joule verbraucht werden?
- Wie viel Energie wird in einer Sekunde verbraucht, wenn die Leistung 50 Watt beträgt?
- Wie viel Energie wird in zehn Sekunden verbraucht, wenn die Leistung 50 Watt beträgt?
- Erkläre an Hand von zwei verschiedenen Beispielen, was die Leistungsangabe 150 Watt bedeutet!

Zum Schluss wird noch das Formelsymbol P für die Leistung eingeführt, es wird die Definitionsgleichung der Leistung und ihrer Einheit aufgeschrieben, ferner die durch Umformen entstehenden Gleichungen.

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Energieverbrauch}}{\text{Zeit}} \quad \text{bzw.} \quad P = \frac{E}{t} \quad \text{Einheit: } 1\text{W} = \frac{1\text{J}}{1\text{s}}$$

$$\text{Energieverbrauch} = \text{Leistung} \cdot \text{Zeit} \quad \text{bzw.} \quad E = P \cdot t$$

$$\text{Einheit: } 1\text{J} = 1\text{W} \cdot 1\text{s}$$

Übungs- bzw. Hausaufgaben:

Die folgenden Aufgaben werden am einfachsten mit Hilfe des Größenkalküls (einfache Einsetzungsaufgaben) gelöst.

1. Wie viel Energie benötigt jemand, der 10 Minuten lang schwimmt! Schreibe die Rechnung a) nach Art eines Zweisatzes, b) unter Benutzung der Formel auf!
2. Jemand verbraucht in einer Stunde 968400 Joule. Welche Leistung benötigt er dafür? Geht er einer eher schweren oder leichten Tätigkeit nach?
3. Wie groß ist der Leistungsbedarf eines Menschen für seinen Grundbedarf von 8400 kJ am Tag?
4. Welche Leistung benötigt ein Chirurg bzw. ein Holzfäller während seiner Berufsausübung?
(also für seinen Beruf und für seine eigenen Lebensfunktionen)
5. Der Mensch benötigt eine Leistung von 81 Watt, wenn er schläft.
Wie viel Energie würde er für 24 Stunden Schlaf benötigen?
Vergleiche das Ergebnis mit dem Grundbedarf von 8400 kJ und erkläre den Unterschied!

Anhang

Der Energiebedarf eines durchschnittlichen erwachsenen Menschen

Grundbedarf bzw. Grundumsatz: 8400 kJ pro Tag.

Der Grundbedarf dient zur Aufrechterhaltung der allgemeinen Lebensfunktionen. Bei körperlichen Tätigkeiten ist der Energiebedarf höher.

Tabelle 1: Energiebedarf bei verschiedenen Tätigkeiten

Schlafen	81 J/s
Ruhiges Sitzen	106 J/s
Singen	153 J/s
Schreibmaschine schreiben	162 J/s
Abwaschen, Bügeln	176 J/s
Spazieren gehen	269 J/s
Radfahren	309 J/s
Langsames Laufen	357 J/s
Treppen hinuntergehen	404 J/s
Schwimmen, Tennis	582 J/s
Sprinten	1121 J/s
Treppauf gehen	1254 J/s

5. Baustein: Wirkungsgrad und Lageenergie

Vorbemerkungen

Der Unterrichtsgang ist an speziellen Fragen, die sich nach Möglichkeit für die Schülerinnen und Schüler aus dem Unterrichtsablauf ergeben sollten, orientiert. Es wird also einproblemorientiertes Vorgehen angestrebt.

Im beschriebenen Unterrichtsablauf sind diese Fragen oder Aufgaben kursiv gedruckt und unterstrichen. Der vorliegende Vorschlag ist in vier Teile geteilt, die durch doppelt unterstrichene Überschriften erkennbar sind. Man kann sie auffassen als Stundenthemen bei minimalem Zeitbedarf. Zwischenergebnisse und Ergebnisse werden fett gedruckt.

Voraussetzungen

Kenntnis einiger Wirkungsgrade von Energiewandlern, Masse und Kraft, Ortsfaktor und Gewichtskraft, Energieformen.

Ziele

- wissen, dass der Wirkungsgrad immer zwischen 0% und 100% liegt,
- den Wirkungsgrad von einfachen Maschinen experimentell ermitteln können,
- die Berechnungsformel für die Lageenergie eines Körpers kennen und anwenden können.

Unterrichtsablauf

4 – 6 Stunden

Wirkungsgrad und Energieformen bei bestimmten Energiewandlern, Größe von Wirkungsgraden

Nachdem evtl. in Referaten der Begriff des Wirkungsgrades schon mehrfach vorgekommen ist und eine Begriffsbildung etwa im Sinne „Der Wirkungsgrad gibt das Verhältnis von verbrauchter und gewünschter Energie bei einem Energiewandler an“ stattgefunden hat, wird mit einer Tabelle eine Zusammenfassung gemacht.

Man kann als Provokation nach Ausfüllen der Tabelle noch ein perpetuum mobile als Energiewandler hinzufügen, um das Augenmerk auf den Wirkungsgrad zu lenken.

Energiewandler	eingeegebene Energieform	gewünschte Energieform	andere, verlorene Energieformen	Wirkungsgrad
Ottomotor				25%
Dieselmotor				37%
Großer Elektromotor				93%
Dampfturbine				46%
Dampfmaschine				9%
Dampfkraftwerk				40%
Dampfkessel				88%
Elektrogenerator				99%
Trockenbatterie				90%
Tauchsieder				100%
Glühlampe				5%
Leuchtstofflampe				20%
Solarzelle				10% - 20%
perpetuum mobile	Lageenergie	Bewegungsenergie		130%

Bei Betrachtung der ausgefüllten Tabelle und eventueller Klärung der Unmöglichkeit des letzten Wandlers fällt auf, dass der Wirkungsgrad sehr unterschiedlich sein kann und immer größer als 0% und höchstens 100% sein kann.

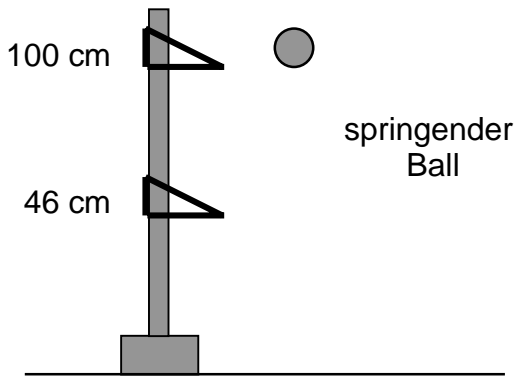
Der Wirkungsgrad eines Energiewandlers liegt immer zwischen 0% und 100%.

Bestimmung des Wirkungsgrades eines aufspringenden Balles
Lageenergie und Höhe

Bei Betrachtung der Tabelle stellt sich die Frage:

Wie kann man den Wirkungsgrad eines Energiewandlers bestimmen?

Aus dem vorläufigen Begriff des Wirkungsgrades (Verhältnis von gewünschter und verbrauchter Energie) lässt sich die Definition erarbeiten:



$$\eta = \frac{\text{gewünschte Energie}}{\text{hineingesteckte Energie}}$$

Zur Bestimmung des Wirkungsgrades benötigt man die Größen der hinein- und die der herausgezogenen Energien.

Wie kann man die Größen der hineingesteckten und der herausgezogenen Energien bestimmen?

Der Lehrer teilt mit, dass das zunächst an Beispielen betrachtet werden soll, bei denen nur mechanische Energieformen vorkommen.

An einem sehr einfachen Beispiel wird das erprobt:

Man lässt einen Ball (z.B. einen Tennisball, später einen Flummi) aus der Höhe 1 Meter herabfallen und fängt ihn nach dem ersten Aufprall in der Luft auf. Die Frage, wie man bei diesem Ball den Wirkungsgrad bestimmen kann, wird besprochen. Als gewünschte und hineingesteckte Energieform erkennt man die Lageenergie.

Wahrscheinlich werden die Schülerinnen und Schüler nach Messen der Höhe nach dem ersten Aufprall den Wirkungsgrad des Versuchs nach der Skizze mit 46% benennen.

Sicher können die Schülerinnen und Schüler erklären, wie sie auf diesen Wirkungsgrad gekommen sind:

Wenn sich nur die Anfangshöhe und die Endhöhe im Experiment unterscheiden, ist der Wirkungsgrad der Quotient aus der Endhöhe und der Anfangshöhe.

Einige Fragen die man eventuell untersuchen kann, werden sich anschließen können:

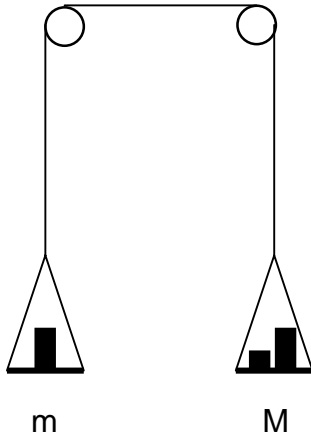
- Wie hoch wird der Ball springen, wenn man ihn mehrfach aufspringen lässt? – Hier wird sich zeigen, dass der Wirkungsgrad von der Anfangshöhe abhängig ist.
- Wie oft wird der Ball aufspringen, bis er zur Ruhe kommt? – Hier eröffnet sich ein weites Problemfeld für Schüleraktivitäten.

Zu diesem Zeitpunkt muss geklärt werden, dass man sich auf die oben gefundene Definition für den Wirkungsgrad beziehen muss und dass man in dem behandelten Beispiel doch noch nicht die hineingesteckte und herausgezogene Energie bestimmt hat.

Man kann jetzt einen weiteren Versuch mit dem Flummi durchführen, wobei die Anfangshöhe anders ist.

Klar wird an diesen Beispielen, dass die Höhe in die Berechnung der Lageenergie eingehen muss. Entweder lässt sich an dieser Stelle schon die Berechnungsformel für die Lageenergie finden oder man macht noch ein weiteres Experiment.

Bestimmung des Wirkungsgrades einer Hebemaschine
(Lageenergie und Masse)



Über zwei Stativstangen, die horizontal in gleicher Höhe angebracht sind, wird ein Band gelegt (Paketband eignet sich gut). An einem Ende des Bandes ist eine Waagschale befestigt (Skizze linke Seite), auf der ein Gewichtsstück liegt. Durch Ziehen an dem anderen Ende des Bandes kann man die Waagschale mit dem Gewichtsstück von der Tischplatte anheben. Man kann das Gerät „**Hebemaschine**“ oder ähnlich nennen. Die Schülerinnen und Schüler benennen die Energieform der hineingesteckten Energie beim Ziehen an dem Band (chemische Energie der aufgenommenen Nahrung) und die erwünschte Energieform (Lageenergie). Hier muss geklärt werden, dass man

die Lageenergie der Waagschale, die gehoben wird, mit zur gewünschten Energie zählen muss.

Die Aufgabe an die Klasse ist, den Wirkungsgrad dieser Maschine experimentell zu ermitteln.

Dazu befestigt man an dem leeren Ende des Bandes eine weitere baugleiche Waagschale und legt so lange Gewichtsstücke auf diese Waagschale, bis die Hebemaschine sehr langsam zu heben beginnt.

Auch bei diesem Beispiel können die Schülerinnen und Schüler den Wirkungsgrad voraussichtlich angeben als Quotient der Massen m und M (Massen inklusive Waagschalen).

Dieser Versuch zeigt, dass die Masse eine Rolle spielen muss, wenn man die Lageenergie eines Körpers berechnen will. Dass man statt der Masse in der Berechnungsformel die Gewichtskraft benutzen muss, ergibt sich schon aus der Überlegung, dass die Hebemaschine im schwerelosen Zustand nicht funktionieren würde.

Hieraus lässt sich nun die Berechnungsformel für die Lageenergie eines Körpers finden:

**Wird ein Körper der Masse m um die Höhe h angehoben,
so nimmt seine Lageenergie um $\Delta W = m \cdot g \cdot h$ zu.**

Jetzt kann man die Wirkungsgrade von einfachen Maschinen berechnen, bei denen Lageenergie eingesetzt wird und herauskommt. Es ergibt sich aber auch eine Erweiterungsmöglichkeit, die mechanische Arbeit als Größe der Energieänderung hier einzuführen. Ersetzt man die zweite Waagschale (Zugwaagschale) durch einen Kraftmesser, kann man die Bestimmung der hineingesteckten Energie sehr vereinfachen, indem man mit der Kraft rechnet. Man kommt auf die verallgemeinerte Definition der hineingesteckten Energie:

$$\Delta W = F \cdot s \quad \text{bzw.} \quad W = F \cdot s.$$

Mögliche Vertiefung: Wirkungsgrade von Rollen

Zur Wiederholung und Ergänzung kann man z.B. in Schülergruppen den Wirkungsgrad einer festen Rolle bestimmen lassen oder im

Demonstrationsexperiment eine feste und eine lose Rolle verwenden (hier sind sowohl die Höhen als auch die Massen verschieden). Die Behandlung des Wirkungsgrades von Flaschenzügen könnte sich anschließen.

Mögliche Vertiefung: Wirkungsgrad des Pumpspeicherwerks Geesthacht

Hierbei wird auch die elektrische Energieform berücksichtigt, was bei geeigneter Reihenfolge der Bausteine möglich ist. Folgende Daten lassen sich dabei nutzen:

Speicherbecken

nutzbares Fassungsvermögen 3,3 Mio m³

Wasserpegel

Oberwasser-Speicherbecken max. 90,60 m üNN,
min. 76,60 m üNN

Unterwasser Elbe 4,00 m üNN

Höhe der Maschinenwelle 2,50 m üNN

Kraftwerksleistung

Leistungsabgabe 120 MW

Pumpbetrieb 96 MW

Energiepotenzial 600 MWh

Turbinen: 63 m³ / s; d = 3,15 m; P = 43,5 MW

Motoren-Generatoren: P = 40 MW

Pumpen: 41 m³ / s; d = 3,58 m; P = 31 MW

6. Baustein: Zusammenhang zwischen Strom und Leistung - elektrische Spannung

Der Unterrichtsvorschlag baut auf folgenden Unterrichtseinheiten auf

- Block 1 Elektrik (1): Elektrischer Stromkreis (7.2),
- Block 2 Elektrik (2): Elektrische Stromstärke, Spannung, Widerstand und Ladung
- Block 3 Energie- und Leistungsbegriff

Den Schülern sind die Begriffe Stromstärke, Spannung und Leistung geläufig, aber nicht deren Zusammenhang.

Auf Modellbildung zum Spannungsbegriff wird verzichtet,

- weil der Spannungsbegriff dafür zu komplex ist,
- weil auch die Modelle zu komplex sind bzw. nicht durch Unterrichtseinheiten vorbereitet sind (z.B. Druck im Wassermmodell)
- weil der Zeitaufwand zu groß ist,
- um stattdessen schneller dazu zu kommen, praktisch mit dem Spannungsmesser zu arbeiten.
- weil ein exakter Zugang in der Oberstufe so nicht verbaut wird.

Auf Fachsystematik wird verzichtet,

- weil in der bisherigen Praxis festgestellt wurde, dass der Spannungsbogen zu groß ist und dadurch das Ziel nicht erreicht wird,
- weil der Anwendungsbezug dann zu kurz kommt.

Ein Einstieg über spürbares Erfahren (Gefährlichkeit, Dynamot) erfordert wiederum Modellbildung, s.o.

1. Stunde Aufschriften auf elektrischen Verbrauchern im Haushalt - Leistung ist proportional zur Stromstärke -

Kurzfassung des Inhalts

Die Aufschriften auf elektrischen Verbrauchern werden untersucht.

Hinweis: Die auf dem Verbraucher mit der Einheit V angegebene Größe wird "Nennspannung" genannt.

Verbraucher werden mit Nennspannung betrieben und die Größe der Stromstärke wird jeweils gemessen.

Die Proportionalität von Leistung und Stromstärke wird erkannt.

Dieses Ergebnis wird auch für Verbraucher mit anderen Nennspannungen bestätigt.

Einstieg:

Verschiedene Verbraucher (z.B. Heizplatte, Tauchsieder, Glühlampen 220V/60W, 3,8V/0,07A, 6V/5A, 6V/25W, 6V/2,4W) werden vom Lehrer mitgebracht und an die Schüler verteilt. Diese sollen die Aufschriften finden und vorlesen.

Auswertung: Tabelle

Die Werte werden in eine Tabelle eingetragen:

Verbraucher	W	A	V

Die Abkürzungen werden benannt.

Die Einheiten Watt und Ampère sind bekannt für die Größen Leistung und Stromstärke.

Daraus ergibt sich für die Schüler die Frage: "Warum wird die Spannung immer, warum werden aber von Fall zu Fall entweder nur Leistung oder nur Stromstärke angegeben?"

Experiment: Anschluss einer Glühlampe 220V an verschiedene Stromquellen.

Auswertung: Die Einheit Volt ist den Schülern geläufig, meist wissen sie, dass sie angibt, mit welcher Stromquelle der Verbraucher betrieben werden muss. Der Einheit Volt wird jetzt die Größe "Nennspannung des Verbrauchers" zugeordnet.

Experiment: Strommessung bei der Nennspannung 220V.

Die verschiedenen (220V)-Verbraucher werden jeweils an die Steckdose angeschlossen und es wird der Stromstärke gemessen. Die Ergebnisse sowie die Größenbezeichnungen werden in der Tabelle ergänzt:

Bezeichnung des Verbrauchers	$\frac{P}{W}$	$\frac{I}{A}$	$\frac{U}{V}$

Ergebnis: Je größer die Leistung, desto größer die Stromstärke.

Die numerische Auswertung der Tabelle ergibt: $P/I \sim 220 \text{ W/A}$, d.h., der Zahlenwert 220V entspricht der aufgedruckten Nennspannung.

Problemstellung: Kann dieses Ergebnis verallgemeinert werden?

Es werden andere Verbraucher (z.B. Glühlampen 6V/25W, 6V/2,4W) mit geringeren Nennspannungen analog untersucht.

Das Ergebnis kann verallgemeinert werden: („V“ als Mitteilung durch den Lehrer)

Wenn ein Verbraucher mit seiner Nennspannung betrieben wird, so ergibt der Quotient aus Leistung und Stromstärke seine Nennspannung.

$$\text{Größengleichung: } \frac{P}{I} = U_{\text{Nenn}} \quad \text{Einheit: } \frac{W}{A} = V$$

Experiment: Anpassung der elektrischen Quelle an den Verbraucher

Durchbrennen einer Glühbirne mit Quelle größerer Spannung.

Auch auf elektrischen Quellen ist eine V-Angabe aufgedruckt, nämlich die zulässige Maximalspannung.

Hinweis: Wenn man z.B. eine 3,8V-Lampe mit 220V betreibt, sind

Sicherheitsmaßnahmen zu beachten.

Die Nennspannung des Verbrauchers entspricht der zulässigen Maximalspannung der Quelle.

Die Nennspannung der elektrischen Quelle darf die Nennspannung des Verbrauchers nicht übersteigen.

Hausaufgabe:

Bestimme aus den Aufschriften von Haushaltsgeräten (Kaffeemaschine, Waffeleisen, Heizlüfter, Heizkissen, Kühlschrank, Fernseher, Kofferradio, Computer, Walkman, Taschenrechner; z.T. auch in Gebrauchsanweisungen unter "Technischen Daten" enthalten) deren Stromstärken und trage die Ergebnisse in eine P-I-Tabelle ein.

2. Stunde Leistungsmessung

Kurzfassung des Inhalts

Einführung des Stromzählers.

Wiederholung des Zusammenhangs $P=W/t$.

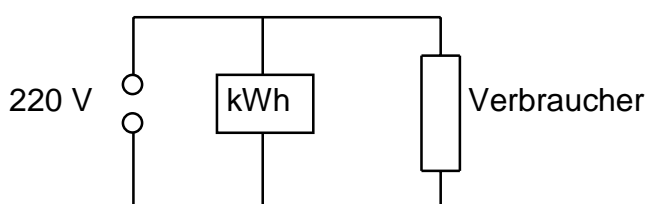
Leistungsmessung an einer Herdplatte mit Hilfe des Stromzählers, eines Strommessers und einer Uhr.

Einstieg: Die Leistungsangabe einiger Verbraucher soll im Experiment überprüft werden.

Experiment: Messung elektrischer Arbeit.

Kennenlernen des Stromzählers als Messgerät.

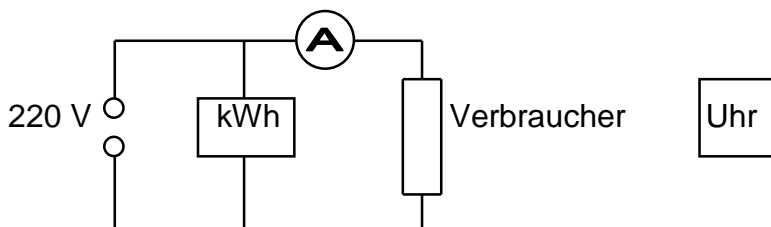
Mit dem aus dem Haushalt bekannten Stromzähler wird die elektrische Arbeit verschiedener Verbraucher gemessen.



Experiment: Bestimmung der Leistung verschiedener 220V-Geräte

Als Hilfsmittel werden der bekannte Strommesser und der Stromzähler verwendet. Die Aufschrift "kWh" gibt an, dass der Stromzähler Energie (bzw. Arbeit) misst. Zur Leistungsmessung ist also noch eine Uhr notwendig.

Hinweis: Wegen der Gerätetoleranzen sollten vor den Experimenten geeignete Gerätekombinationen ausgewählt werden.



Hausaufgabe:

Leistungsbestimmung eines elektrischen Haushaltsgerätes mit Stromzähler und Uhr.

3. Stunde Definition der elektrischen Spannung

Kurzfassung des Inhalts

Bestimmung der Spannung einer elektrischen Quelle mit abgedeckter Volt-Angabe.

Bau eines Messgerätes zur Spannungsmessung aus Stromzähler, Strommesser und Uhr und Definition der elektrischen Spannung.

Einstieg:

Eine elektrische Quelle mit abgedeckter Volt-Angabe wird vorgestellt.

Aufgabe: Die Volt-Angabe soll ermittelt werden.

Planung des Experiments

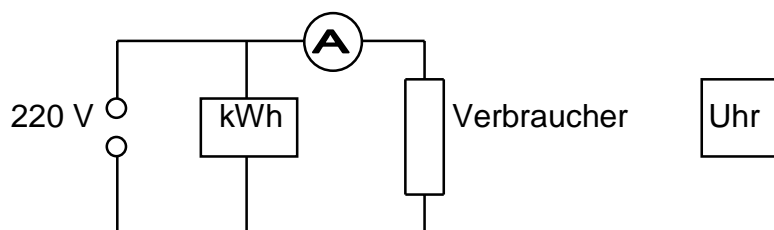
Rückgriff auf Ergebnis der 1. Stunde ergibt, dass Leistung und Stromstärke eines angeschlossenen Verbrauchers zu bestimmen sind.

Experiment:

Es folgt die Überprüfung in einem Experiment.

Vorschlag: Elektrische Quelle mit 110V, Glühbirne 220V, 60W.

Schaltskizze:

Definition der elektrischen Spannung (einer Stromquelle):

Aus dem Experiment ergibt sich:

Wird ein Verbraucher mit einer elektrischen Stromquelle betrieben und werden dabei die Leistung P und die Stromstärke I festgestellt, dann hat die elektrische Stromquelle die Spannung $U=P/I$.

Hausaufgabe:

Bestimme zu Hause die Stromstärke für einen eingeschalteten Verbraucher (z.B. Wäschetrockner) mit Hilfe des Stromzählers und einer Uhr.

4. Stunde Der SpannungsmesserKurzfassung des Inhalts

Einführung des Spannungsmessers als Blackbox.

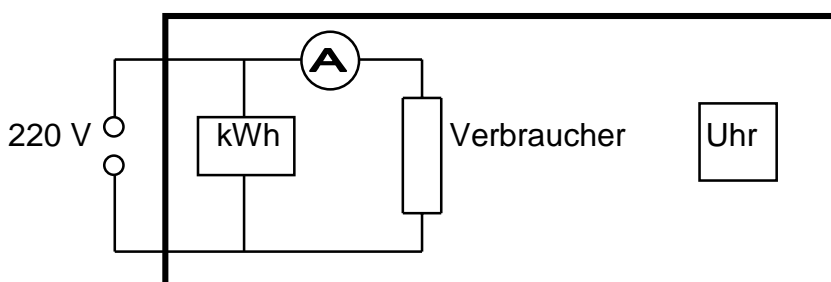
Experiment: Wie baut man die Skala eines Voltmeters auf?

Elektrische Quelle mit variabel einstellbarer Spannung,

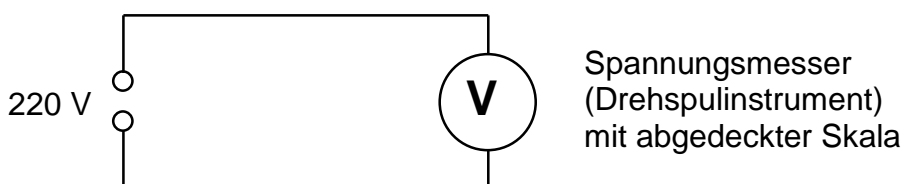
Stromzähler, Strommesser, Uhr

Spannungsmesser (Drehspulinstrument) mit abgedeckter Skala

Dazu In der Schaltskizze dieses Experiments werden Stromzähler, Strommesser, Uhr und Verbraucher zu einem Gerät (Black Box) zusammengefasst:



Daraus ergibt sich die Schaltung des Spannungsmessers.



Jetzt werden einige Spannungswerte berechnet, auf die Abdeckung der Skala des Spannungsmessers eingetragen und mit der vorhandenen Skala verglichen.

Anhang: verschiedene Herleitungen der Spannung

- *die nach DIN festgelegte*

siehe DIN 1223 und DIN 1324

- *die fachwissenschaftliche NiU-P/C (1982) Nr. 11*

Bei der Größe Spannung handelt es sich um einen sehr abstrakten Begriff, der physikalisch-fachlich über das Integral der elektrischen Feldstärke längs eines Weges im Feld herzuleiten ist. Diese Herleitung ist für die Altersstufe der 9. Klasse zu theoretisch.

- *das "Karlsruher Modell"*

Hierbei handelt es sich um einen integrierten Unterrichtsgang, der inhaltlich und in der Reihenfolge vom gültigen Lehrplan völlig abweicht. Für die Einführung nach diesem Modell ist eine Genehmigung der Behörde notwendig. (Nachfragen in Gy. Farmsen).

Dieser Unterrichtsgang bereitet den Potentialbegriff vor und wendet ihn analog auf den elektrischen Stromkreis an.

- *die Analogiebildung zum Wassermodell PdN-Ph.2/44, Jg. 1995 S.28ff*

"Elektrizitätslehre mit Wassermodellen", Schwedes, Dudeck, Seibel, das Problem ergibt sich hier durch eine irgendwie geartete Einführung des Potentialbegriffes, wodurch vom Anspruch her die fachwissenschaftliche Einführung erreicht ist, allerdings ergänzt durch das Modell.

- *die chemische*

atomares Modell: Elektron und Kern

Hier werden Fakten vorge setzt, die nicht aus der Umwelt-Erfahrung der Schülerinnen und Schüler bekannt sind, allerdings ein Verfahren, das in den übrigen Naturwissenschaften gängig ist. Es ergibt sich lediglich ein Widerspruch zu den typischen Zielen des Physikunterrichts (Lehrplan Teil A, Kapitel 1.1, Absätze 2 und 3, Kapitel 1.2, Absatz 1, 2).

- *die begrifflich-spiritistische: in Hamburg macht Schule 4-94*

Der Begriff Spannung in seiner herkömmlichen Sprachbedeutung wird in Gruppenarbeit geklärt. Dieser motivierende Einstieg über 4 Unterrichtsstunden wird abgeschlossen mit der physikalischen Spannungsdefinition.

- *mechanische Arbeit, die in der Stromquelle an den Ladungen verrichtet wird*

Ladungstrennung in der Stromquelle

(a) $F_S = U \cdot Q$. Versuchsanordnung von PHYWE mit Kraftmesser, Probeladung und Kondensatorplatten oder

(b) mechanisches Auseinanderschieben der geladenen Kondensatorplatten.

Zu (a): Der Wiederholungsaufwand für das Verständnis des Experimentes ist sehr groß.

Zu (b): Das qualitative Ergebnis mit der Glimmlampe, die heller aufleuchtet, ist ebenso mit größerer Stromstärke zu erklären, so dass sich die Notwendigkeit des Spannungsbegriffes nicht zeigt.

- *mechanische Leistung an einer Stromquelle*

Man erhält mit einem Fahrrad-Dynamo oder noch besser mit dem DYNAMOT die beeindruckenden Ergebnisse, dass höherer Kraftaufwand die Stromstärke erhöht und höhere Drehzahl die Spannung, hat aber beim Spannungsabfall am Widerstand das Problem, mit dem "Antrieb der Elektronen" zu argumentieren, worin wiederum der Potentialbegriff versteckt ist.

- *Gefährlichkeit von Stromquellen*

Einstieg praxisorientiert, Sortieren verschiedener Stromquellen nach ihrer Gefährlichkeit, Eignung für zugehörige Verbraucher. Der Vergleich von Niedervoltlampen und 220V-Glühlampen führt auf gleiche Helligkeit (gleiche Leistung) trotz verschiedener Stromstärken.

- *elektrische Leistung und elektrische Arbeit*

Einstieg praxisorientiert über Aufschriften von Verbrauchern, Verwendung des Stromzählers, des Strommessers und einer Uhr führen auf Spannungsmesser.

Problem: Der Stromzähler reagiert (abgesehen von einem kurzen Anlauf) nur dann, wenn ein Verbraucher im Stromkreis ist.

Dieser letzte Einstieg wurde dennoch für den vorliegenden Unterrichtsgang ausgewählt.

7. Baustein: Wärme

Das Orientierungswissen bzgl. Umweltschutz erfordert grundlegende Kenntnisse der Wärmelehre. Eine Beschreibung der Energieform „Wärme“ unter Verwendung der Größe „Temperatur“ ist einsichtig, die Formel $W = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$ ist in wenigen Stunden hergeleitet. Interessant und neu ist hier die Abhängigkeit der Wärme von den zwei Größen (m und $\Delta\vartheta$). Es ergeben sich Graphen mit Parametern. Dies ist ein theoretisches Nebenergebnis, auf das heute nicht verzichtet werden sollte. Die Hilfsmittel der Tabellenkalkulation und der zugehörigen Diagrammdarstellung beschleunigen die Darstellung und motivieren.

Unter Verwendung von (z.B. DERIVE) ist das Lösen von Gleichungen für Mischungsversuche kein Problem mehr. Der physikalische Aspekt, aufgenommenen Energie und abgegebene Energie zu bestimmen, kann so im Vordergrund stehen. Ferner wird es bedeutsam, sinnlose Ergebnisse zu erkennen. Die Fehlersuche ist nun nur noch physikalisch motiviert und das „Lernen aus Fehlern“ führt auf vertieftes physikalisches Verständnis.

Auf diese Weise ist es auch in angemessener Zeit möglich, verschiedenste Stoffkonstanten im Schülerpraktikum experimentell abzuleiten: spezifische Wärmekapazitäten, Verdampfungswärme, Schmelzwärme, Brennwert, Wärmedurchgangskoeffizient. Gefäße können in der Berechnung problemlos berücksichtigt werden. Alle diese Stoffkonstanten haben in Umwelt und Technik praktische Bedeutung. Dabei ist wegen der offensichtlichen Wärmeverluste vertiefendes Betrachten möglich bzgl. geeigneter Versuchsaufbauvariationen sowie bzgl. der Fehlerabschätzungen.

Der Bau des Modells eines Energiesparhauses oder der Besuch entsprechender Messen in Hamburg unterstreicht die Umwelt-Bedeutung des Themas.

Umweltschutz

eine zentrale Formel

Graphen mit Parametern

Tabellenkalkulation

Algebra-Programme

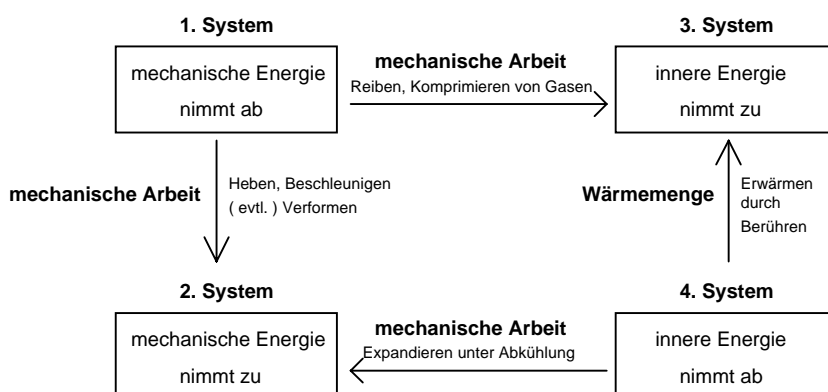
physikalisches Denken
„Lernen aus Fehlern“

Stoffkonstanten

zielgerichtetes Experimentieren

Energiesparhaus

Ein Blockbild kann zur Veranschaulichung der Zusammenhänge zwischen neu eingeführten und schon bekannten Begriffen hilfreich sein oder als Hilfe zum Strukturieren dienen:



8. Baustein: Zusammenhang zwischen Strom und Spannung - elektrischer Widerstand

Dieser Baustein schließt an den Baustein 6 an.

Nach Einführung des Spannungsmessers zur Messung der Nennspannung eines Netzgerätes lässt sich der Spannungsmesser auch anwenden auf Teile im Stromkreis, was zum Begriff des Spannungsabfalls im Stromkreis führt.

Spannungsabfall

Als Ursache hierfür wird man auf den Widerstand der Bauteile kommen. Dessen Messung für verschiedene Körper kann Anlass für Schülerpraktika sein. Für temperaturabhängige Widerstände (PTC, NTC) bieten sich elektronische Messwerterfassungssysteme (z.B. Leybold-Cassy) an. Die Auswertung mit Tabellenkalkulation oder direkt durch Auswertungssoftware bereitet die Schülerinnen und Schüler auf Studium und Beruf vor.

Schülerpraktikum

elektronische
Messwerterfassungssysteme

Computerunterstützte
Auswertung

Im Schülerpraktikum lassen sich auch die Gesetze für den Ersatzwiderstand von Widerständen in Parallel- und Reihenschaltung bearbeiten.

Alternativ oder ergänzend bieten sich hier auch Simulationsprogramme, z.B. Crocodile-Clips an. In mit Informatik gekoppelten Wahlpflichtkursen können solche Simulationen von den Schülern programmiert werden.

Computer-Simulation

Interessant sind die vielfältigen technischen Anwendungen. Im Zusammenhang mit einem Desy-Besuch (z.B. als Projekttag zum Thema Druck) können auch Supraleiter und deren Bedeutung erläutert werden. Interessant ist der Aspekt, dass allein durch den Widerstand eines Stromkreises (Gleichstrom vorausgesetzt) bei vorgegebener Spannung die Stromstärke bestimmt wird. Diese „schaltungsimmanente Intelligenz“ gibt Anlass zum Wundern, macht aber auch die Bedeutung von Sicherungen im Stromkreis (Block 1) bewusst.

Supraleiter

Philosophie

Im Rückblick auf Baustein 6 kann man auch die Innenwiderstände von Stromquellen untersuchen. Hier werden z.B. die Unterschiede in der Belastbarkeit von Kleinspannungstrafos, Batterien und Solarzellen deutlich.

Innenwiderstände von
Stromquellen

Block 4 Mikro - und Makrokosmos, Anwendungen

Die modernen technischen Anwendungen und die Erkenntnisgewinnung über den Aufbau der Welt im Großen und im Kleinen nehmen eine zentrale Rolle im Block 4 ein. Er wird in der Regel in der Klassenstufe 10 unterrichtet. Die dann 15- bis 16-jährigen Schülerinnen und Schüler können nach dreijährigem Physikunterricht auf einen Fundus an fachlichen und methodischen Kenntnissen und Fertigkeiten zurückgreifen und sie bringen bei altersgemäßer intellektueller Reife auch Voraussetzungen mit, um Fragen nachzugehen wie z.B. "Bis zu welchem Grad ist das technisch Machbare verantwortbar ausführbar?" , „Wie gewinnt man in den Naturwissenschaften und außerhalb der Naturwissenschaften Erkenntnisse über den Aufbau der Welt?“ , „Wie ist es um die Stabilität von Atomen, aus denen wir aufgebaut sind, und um die unseres Sonnensystems, in dem wir leben, bestellt?“ Diese Fragen von ethischer und existenzieller Tragweite können Anlass sein, sich den verbindlichen Themen „Atom- und Kernphysik“ , „Umwelt und Technik“ und „Das moderne Weltbild“ zu nähern. Der Physikunterricht leistet hier in besonderer Weise einen Beitrag zur Lebensorientierung, indem er auch Hilfen für die individuell zu beantwortenden Grundfragen "Was ist gut?", "Wie soll ich handeln?" bereitstellt.

Zugänge

Alle Themen des Blocks 4 sind geeignet, mit den Schülerinnen und Schülern die Auswirkungen (natur)wissenschaftlicher Erkenntnisse auf das Leben zu reflektieren und den Schülern sich diese Auswirkungen auf ihr Leben bewusst werden zu lassen.

Alltagsbezug

Die Schülerinnen und Schüler können insbesondere bei den Themen „Kernphysik“ , „Klima“ , „Solartechnik“ , „Elektronik“ ihr eigenes Verhalten und das der Gesellschaft reflektieren und verantwortlichen Umgang mit ihrer natürlichen Umwelt und zahlreichen technischen Geräten erlernen. So können die Schülerinnen und Schüler einige unverzichtbare Bestandteile von Lebenskompetenz erwerben: ethische Kompetenz (Redlichkeit, gewissenhafte Technikfolgenabschätzung), Lernkompetenz (Denkweisen, Bemühen um Objektivität).

Kompetenzen

Der Energiebegriff, den die Schülerinnen und Schüler im Block 3 zur einheitlichen Beschreibung mechanischer, thermischer und elektrischer Phänomene kennen gelernt haben, erfährt durch seine Anwendbarkeit auf atomare, subatomare und kosmische Objekte eine wesentliche Erweiterung.

Fachsystematik

Durch das verbindliche Thema „Atom- und Kernphysik“ und die Wahlpflichtbereiche „Das moderne Weltbild“ , „Umwelt und

Orientierungswissen

Technik“ wird der Aufbau eines breiten Orientierungs-wissens akzentuiert, das auch ein Wissen um die Beiträge der Physik zur Entwicklung unserer Kultur beinhaltet. Neben dem Beitrag der Physik zur Fortentwicklung der Technik (Auslösung technischer Revolutionen) spielt auch ihr Beitrag zur Veränderung des Weltbildes eine wesentliche Rolle. So sind die in den zurückliegenden 100 Jahren gewonnen Einsichten (z.B. „Atome existieren real, also nicht nur als Vorstellung der Menschen“ , „Atome haben Struktur“ , „Sterne sind nicht fix, sie entstehen und vergehen auch heute.“) weltbildprägende Erkenntnisse.

Physik und Kultur

Die Lebensdauer der Sonne in ihrem jetzigen Strahlungszustand lässt sich mit den Erkenntnissen aus der Kernphysik unter Anwendung elementarer mathematischer Mittel der Sekundarstufe I abschätzen; durch die Wahl des astronomischen Themas aus dem Wahlpflichtbereich „Das moderne Weltbild“ ergibt sich zwanglos für die Lernenden ein Verständnis der Welt in größeren Zusammenhängen. Dieser phantastische Zusammenhang braucht ihnen nicht langer verborgen zu bleiben.

Bei der selbstständigen und eigenverantwortlichen Aneignung von Kenntnissen und Fertigkeiten können die Schülerinnen und Schüler neben dem Schülerexperiment (Ölfleckversuch, Versuche zur Radioaktivität im NW-Zentrum, Versuche zum Vakuum beim DESY, Versuche zur Astrophysik an der Hamburger Sternwarte, Jugend-forscht-Cafe, Astrophysik im Projekt Seh-Stern) in arbeitsteiliger Gruppenarbeit recherchieren, selbst gewählte Quellen (Lexika, Bücher, Internet, Zeitungsmeldungen, Mitteilungen von Verbänden und Betrieben) befragen und darüber vortragen.

Arbeitsformen

Literatur

Hinweise zur Einbeziehung von Aufgabengebieten :

Gesundheitserziehung
Strahlenschutz, Radionuklide

Medienerziehung :
Präsentationsformen der Schülerarbeiten
Messwerterfassung mit dem Computer
Simulation des radioaktiven Zerfalls (E. Meyer, IFL)

Atom- und Kernphysik

Das Thema bietet die Möglichkeit,

- die in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts erfolgte rasche Entwicklung einer schon in der Antike geäußerten Idee und von den Chemikern im 18. Jahrhundert aufgegriffenen Vorstellung historisch nachzuvollziehen, Kulturgut
- gemeinsame Ziele des Chemie- und Physikunterrichts bei der Beschreibung und Untersuchung von Reaktionen zu erreichen, fächerverbindender Ansatz
- eine grundlegende Forschungsmethode kennenzulernen (die in der Atomphysik erdacht wurde - RUTHERFORDSches Streuexperiment - und in der Kern- und Elementarteilchenphysik eine nachhaltige Fortentwicklung in Form von Beschießungs- und Streuexperimenten zur Strukturuntersuchung gefunden hat; DESY / HERA) Fachsystematik

Verschiedene Zugänge zu diesem Themenbereich sind denkbar: verschiedene Zugänge

Die Fragen nach

- dem Aufbau der Materie (Wie sucht man nach den Bausteinen der Materie?), Kulturgut (fachwissenschaftliches Konzept)
- der (natürlichen) Radioaktivität (Was ist das und was bewirkt diese und wie kann man dies Unsichtbare messend erkunden?), Natur und Umwelt
- dem Energievorrat der Sonne (Was ist Kernfusion?)
- der Anwendung ionisierender Strahlung in Medizin, Technik und Wissenschaft
- dem Betrieb von Kernkraftwerken (Was sind Brennstoffe und wie entsorgt man deren radioaktive Abfälle?) Alltag und Technik

können von den Schülerinnen und Schülern aufgeworfen werden und zum Einstieg in den weiten Themenbereich führen.

Konventioneller Unterrichtsgang

Der langjährig erprobte Unterrichtsgang orientiert sich an der experimentellen Erschließung der Atom- und Kernphysik unter starker Bezugnahme auf die historische Entwicklung und könnte auch unter der Überschrift "Schnelle Teilchen und Atomforschung" subsummiert werden.

In einem ersten Abschnitt *Atomphysik* werden Atomvorstellungen, Größe von Atomen und ihr Aufbau aus Kern- und Hülle besprochen. Die zentrale Frage "Wie groß ist ein Atom bzw. ein Molekül?" kann durch den Ölfleckversuch (Schülerexperiment!) mit elementaren Hilfsmitteln und -Vorstellungen zumindest hinsichtlich der Größenordnung beantwortet werden. Als Ergebnis sollte eine griffige und die Anschaulichkeit fördernde Formulierung gefunden werden,

Schülerexperiment

z.B.: *Moleküldurchmesser liegen in der Größenordnung von Nanometern oder zehn Milliarden (10 Giga) Atome bilden aneinandergereiht eine Kette von ca. einem Meter.*

In diesem Zusammenhang ist ein Hinweis auf die Nanostrukturforschung (im MARCH - Microstructure Advanced Research Center Hamburg - der Universität Hamburg, Abtlg.Prof. R.Wiesendanger) angebracht; seit wenigen Jahren sind Experimente mit einzelnen Molekülen/Atomen auf der Nanometerskala möglich und eröffnen weitere Entwicklungsschritte in der Chiparchitektur.

Ein weiterer Hinweis macht den rasanten Fortschritt der physikalischen Forschung deutlich: Heute kann man einzelne Atome, gefangen in einer elektrischen Falle und gekühlt mit Laserlicht für das bloße Auge sichtbar machen; in diesem Sinne ist das Atom genauso "real" wie die Gegenstände unseres täglichen Lebens. Bedeutende Physiker wie Erwin Schrödinger waren noch der Ansicht, dass man einzelne Moleküle und Atome nicht "sehen" oder experimentell handhaben könne; Schrödinger war davon überzeugt, dass die Physik dieser Teilchen nicht zur wirklichen, erfassbaren Welt gehört: *"Wir experimentieren niemals mit nur einem Atom oder Teilchen. In Gedankenexperimenten nehmen wir manchmal an, dass wir das könnten; doch dies hat stets lächerliche Konsequenzen"* (E.Schrödinger, zitiert nach DPG Denkschrift zum Jahr der Physik, DPG e.V., November 2000, S.41)

Fortschritt der physikalischen Forschung

Mit ihren Kenntnissen aus der Elektrostatik können die Sek-I-Schüler die grundlegende Idee der RUTHERFORDSchen Streuversuche verstehen; eine quantitative Behandlung ist auf dieser Stufe unangebracht. Bezüglich der Nanometerskala kann das Ergebnis z.B. so formuliert werden: *eine Millionen Kerne aneinandergereiht bilden eine Kette von einem Nanometer.* Der Hinweis, dass die Atome eine Hülle-Kern-Struktur aufweisen, unterstreicht den entscheidenden Bruch gegenüber der antiken Atomvorstellung (atomos - Unteilbares). Wegen der Widersprüche der BOHRschen Vorstellung zur Unbestimmtheitsrelation sollte bei der Thematisierung der Hüllenphysik die Ausdrucksweise "Elektronenbahn" vermieden werden; es reicht die Feststellung: *Elektronen bewegen sich in einem Raum von ein Zehntel Nanometer Durchmesser um den Kern.*

Suche nach den Bausteinen der Materie

Modellvorstellung und Sprache

Im konventionellen Unterrichtsgang ist es üblich, vor der Behandlung des *Aufbaus der Atomkerne* die Themen *Ionisation* und *radioaktive Strahlung* zu behandeln; man kann auch mit der radioaktiven Strahlung beginnen und gelangt dann zwangsläufig über deren Anwendung zur Ionisierung und zum Atomaufbau. Im unten zitierten zweiten Unterrichtskonzept aus dem Karlsruher Physikkurs wird der Kernaufbau vorangestellt und die historisch bedingte

Einteilung in Alpha-, Beta- und Gamma-Strahlung als drei unter anderen mögliche Kernreaktionen abgehandelt.

Die Themen *Ionisation* und *radioaktive Strahlung* stellen wegen ihrer experimentellen Möglichkeiten in der eigenen Schule oder im NW-Zentrum einen zentralen Abschnitt dieses Unterrichtsganges dar.

Das radioaktive Zerfallsgesetz lässt sich experimentell nachweisen (Isotopengenerator Cs-137/Ba-137) und die Halbwertszeit graphisch ermitteln. Alternativ können das Zählrohr oder ein Halbleiterdetektor mit dem Computer gekoppelt werden; die Auswertung kann numerisch und auch graphisch über ein Computerprogramm erfolgen, so dass vor allem Einsicht in den statistischen Charakter des einzelnen Zerfalls erzeugt werden kann. Bei der Mathematisierung dieses Gesetzes genügt die Darstellung durch eine Exponentialfunktion mit der Basis zwei; hier ist eine Absprache mit dem Mathematiklehrer empfehlenswert, da Exponentialfunktionen zum Themenkanon des Mathematikunterrichtes in Klasse 10 gehören.

Das Thema *Strahlengefahr und Strahlenschutz* interessiert die Schüler in der Regel besonders. Es kann mit den experimentell gewonnenen Erkenntnissen über die Eigenschaften der radioaktiven Strahlung, insbesondere ihrer Fähigkeit, Atome zu ionisieren, und das Wissen über die Halbwertszeit des radioaktiven Zerfalls verstanden werden.

Die wesentlichen Schülereinsichten in die Grundregeln des Strahlungsschutzes können als "4A-Merkregel" zusammengefasst werden: "**A**bstand halten, auf **A**bschirmung achten, kurze **A**rbeitszeit, mit der geringst möglichen **A**ktivität arbeiten"

Im Abschnitt *Aufbau der Kerne* wird mit der Kugelvorbildung gearbeitet; die Vorstellung, dass alle Nuklide aus winzig kleinen Kugeln, den Protonen und Neutronen, zusammengesetzt sind ("Himbeerbildchen") braucht nicht problematisiert zu werden. In diesem Abschnitt steht weniger das Experiment, als vielmehr der Lehrervortrag oder das Schülerreferat im Vordergrund.

Hier - wie auch z.B. bei der Entdeckung der natürlichen und künstlichen Radioaktivität - bietet sich die Gelegenheit, die Rolle der Frau in der physikalischen Forschung und ihre Bildungschancen in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts zu thematisieren (Marie Curie geb. Sklodowska, Irène Joliot-Curie, Lise Meitner).

Von der Beziehung $E = m \cdot c^2$ haben die Schüler i.d.R. schon mal gehört; sie kann wegen der Einheitenproblematik leichter in der Form $E = k \cdot m \sim m$ mit $k = 9 \cdot 10^{16} \text{ J/kg}$ angewandt werden. Dass dieser grundlegende

Alltag und Technik

Projekttag im NW-Zentrum

Medien/Computer

Statistik /
Determinismus

Hinweis auf andere
Fächer/Mathematik

Aufgabengebiet
Gesundheitsförderung

Rolle der Frau
in der physika-
lischen Forschung

Masse als Energie-
form: ein neues
Konzept der Physik

Zusammenhang erst ca. 50 Jahre nach Einführung des Energiebegriffs durch Joule, Mayer und Helmholtz von Einstein entdeckt wurde, lässt sich mit der ungeheuerlichen Größe des Proportionalitätsfaktors k plausibel machen: So wird z.B. eine Monozelle, die beim Entladen ca. 10kJ Energie abgibt, nur um $1,1 \cdot 10^{-13}$ kg leichter, was mit Waagen nicht feststellbar ist.

Am Beispiel der Kernspaltungsreaktion von U-235 können die Schülerinnen und Schüler bei bekannter Masse der beteiligten Kerne aus dem Massendefekt, der ca. ein Promill (ein geringer, aber sehr wirkungsvoller Anteil) der Masse des Uran-Kerns ausmacht (griffige Merkregel), die frei werdende Energie berechnen. Dieser Wert kann und sollte auch aus dem Verlauf der Bindungsenergie pro Nukleon in Abhängigkeit von der Massenzahl abgeschätzt werden. Der Begriff der Bindungsenergie oder Trennarbeit hat über die Kernphysik hinausgehende Bedeutung zur Beschreibung gebundener Systeme und sollte daher sehr sorgfältig erarbeitet werden (Magnetmodell; Hinweis auf frei werdende latente Wärmen beim Kondensieren oder Erstarren).

Aus dem Verlauf der Bindungsenergie pro Nukleon in Abhängigkeit von der Massenzahl der Kerne lässt sich unmittelbar Verständnis erzeugen für die beiden in der Natur vorkommenden Wege, in Kernen gebundene Energie freizusetzen, nämlich durch Spaltung oder Fusion.

Bei der Frage nach den Konsequenzen für die Entsorgungsproblematik und das Erdklima durch eine Entscheidung für eine nukleare oder fossile oder alternative Energieversorgung bieten sich viele Möglichkeiten für einen rückgreifenden Unterricht (Klasse 9, Energie) und für eigenständiges Arbeiten der Schülerinnen und Schüler (Recherche bei Energieversorgern und im MPI für Meteorologie und Meteorologisches Institut der Universität Hamburg); das Thema Verantwortbarkeit des technisch Machbaren lässt sich fachübergreifend mit dem Ethikunterricht gestalten.

Spiralcurriculum

fachübergreifender
Unterricht / Ethik

Zum Schluss dieses Unterrichtsgangs haben die Schülerinnen und Schüler das Rüstzeug, um die Lebensdauer der Sonne aus der Solarkonstante und der bei der Fusion von Wasserstoff zu Helium frei werdenden Bindungsenergie (unter der Annahme, dass während der Phase des Wasserstoffbrennens ca. 10% des solaren Wasserstoffs zu Helium fusionieren) abzuschätzen [$T_{\text{nuklear}} = 7 \cdot 10^9$ a] und mit der Lebensdauer einer Modellsonne zu vergleichen, die ihre gesamte Masse durch einen chemischen Verbrennungsvorgang (sozusagen als fossile Sonne, Heizwert 30 MJ(kg) in Strahlung umsetzt [$T_{\text{fossil}} \text{ ca. } 5 \cdot 10^3$ a]).

Unterrichtsgang nach dem Karlsruher Physikkurs

In Ergänzung zum stark experimentell orientierten konventionellen Unterrichtsgang wird hier die Kernphysik – befreit von historischen Umwegen – mit Hilfe grundlegender Erhaltungskonzepte der Physik dargestellt: Erhaltung von Energie, Erhaltung von elektrischer Ladung, Erhaltung von leptonischer und baryonischer Ladung (Anzahl).

Fachsystematik
/Erhaltungskonzept

Eine Besonderheit dieses unterrichtlichen Ansatzes liegt darin, dass die Schülerinnen und Schüler

- unter Verwendung von Datenmaterial über Trennarbeiten (Bindungsenergien) die Reaktionsrichtung von Kernreaktionen eigentätig ermitteln können,
- die Stabilität von Proton, die Instabilität von freiem Neutron herausfinden können,
- den Kernspaltungsvorgang als autokatalytische Reaktion in Analogie zu entsprechenden chemischen Reaktionen beschreiben lernen,
- den Einfluss von Katalysatoren auf den Reaktionswiderstand und damit auf die Umsatzrate kennenlernen,
- für chemische wie für nukleare Reaktionen ein einheitliches deskriptives Konzept benutzen und dabei das Gemeinsame von Gamma-Zerfall und Lumineszenz, von Kettenreaktion und autokatalytischer Reaktion, von Kernzerfall und monomolekularer Reaktion, von Aktivität und Umsatzrate erkennen können.

fächerverbindender
Ansatz

Literatur

ausführliche Hinweise auf Didaktik, Methodik und apparative Konzepte sowie auf Informationsquellen zum Thema (Kern)Energie im Lehrerband zu Dorn * Bader Physik Mittelstufe, Schroedel Schulbuchverlag, ISBN 3-507-86 201-8

Broschüren der Lehrer- und Schulinformation:

Experimente zur Radioaktivität Bestell-Nr.: 33-07

Basiswissen zum Thema Kernenergie Bestell-Nr.: 33-08

Radioaktivität und Strahlenschutz Bestell-Nr.: 33-09

Kernenergie und Umweltradioaktivität Bestell-Nr.: 33-10

Natürliche Strahlenbelastung Bestell-Nr.: 33-11

Strahlenschutz beim Transport von radioaktiven Stoffen Bestell-Nr.: 33-12

Strahlung & Strahlenschutz

Unterrichtserien für Primar- und Sekundarstufe, Europäische Kommission, Generaldirektion Umwelt, nukleare Sicherheit und Katastrophenschutz, ISBN 92-827-4238-5

A.Wünschmann: *Was ist nukleare Energie?*

A.Wünschmann: $E = m c^2$ - eine Formel verändert das physikalische Weltbild

Schriftenreihe zur naturwissenschaftlichen Bildung, Studien-Verlag Wünschmann, Kahlenbergring 38, 67292 Kirchheimbolanden

A.Wünschmann: *Umwelt und Verantwortung - der energetische Imperativ*

A.Wünschmann: *Die rasante Entwicklung der Technik - Segen oder Fluch?*

Schriftenreihe zur Akzeptanz der Kernenergie und moderner Technologien, Studien-Verlag Wünschmann

Wirkung schwacher radioaktiver Strahlung auf den Menschen

Informationsreihe Gesundheit und Umwelt, Gesundheitsbeh. Hamburg, 1988

Natürliche radioaktive Elemente im Menschen,

Christiane Dörich, NiU-PC 35 (1987)

Didaktische Gesichtspunkte zur Neugestaltung des Unterrichtsthemas "Radioaktivität",

M.Volkmer, NiU-PC 35 (1987)

Diverse Schriften zur Kernenergie, herausgegeben vom Informationskreis Kernenergie, Heussallee 10, Bonn

Der Karlsruher Physikkurs, Ein Lehrbuch für die Sekundarstufe I, Bd.3 Reaktionen, Wellen, Atome, Aulis Verlag Deubner&Co KG, Köln, 1998

W. Gerlach: *Otto Hahn - Ein Forscherleben unserer Zeit,*

Große Naturforscher, Bd.45, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, 1984

Charlotte Kerner: *Lise, Atomphysikerin - Die Lebensgeschichte der Lise Meitner*

Beltz&Gelberg, Weinheim, 1987 (Deutscher Jugendliteraturpreis 1987)

Patricia Rife: *Lise Meitner - Ein Leben für die Wissenschaft*

Claassen Verlag GmbH, Hildesheim, 1992

Wetter und Klima (u.a. Druck und Auftrieb)

Druck – ein zentraler
Begriff der
Fachsystematik
und ein
notwendiger

Das Thema ist bezüglich der zu behandelnden Phänomene sehr umfangreich. Der zentrale Begriff dieser Unterrichtseinheit ist der Druck. Er ist für die Schülerinnen und Schüler nicht leicht zu erfassen, wenngleich ihnen im Alltag Reifendruck, Luftdruck, Blutdruck, Druck aufs Trommelfell, Überdruck häufig begegnet sind. Der Druckbegriff sollte sehr sorgfältig und aller Erfahrung nach zu Anfang der Unterrichtseinheit mit den Schülerinnen und Schülern erarbeitet werden, um ihn einerseits gegen den Kraftbegriff abzugrenzen und ihn als kräftiges neues Begriffswerkzeug zur gewinnbringenden Analyse interessanter Phänomene aus Natur und Technik einzusetzen.

Der Druck ist im Grunde eine Rechengröße; unmittelbar gemessen werden Kräfte oder Auslenkungen an Manometern. Der Druckbegriff bewährt sich allerdings, denn die Schülerinnen und Schüler können bald erkennen, dass es für ihn einfache Gesetze gibt (Gesetz des Schweredruckes, Druckgleichheit im Pump- und Presskolben einer hydraulischen Presse) und dass sie mit diesem Begriff vielfältige Phänomene erfassen, beschreiben und verstehen können. Dieses spricht für eine fachsystematische Unterrichtsphase, die eher Einstieg als Ausklang der Unterrichtseinheit sein sollte. Der an der Fachsystematik orientierte Einstieg kann für die Schüler motivierend gestaltet werden, wenn der Unterricht experimentell ausgerichtet und die Statik der Flüssigkeiten parallel zur Statik der Gase behandelt wird. Die Gebiete der Statik der Flüssigkeiten und Gase bieten zahlreiche Anwendungen, um den Schülerinnen und Schülern zu zeigen, dass sie laufend in ihrer Umgebung der Physik begegnen. Diese Chance sollte genutzt werden, denn so erfahren die Schülerinnen und Schüler, dass es sinnvoll und gewinnbringend ist, sich mit den Phänomenen der Umwelt mit Hilfe ihres physikalischen Wissens geistig auseinander zu setzen. Der Einstieg über ein komplexes Thema - z.B. Warum fliegen Flugzeuge oder warum schwimmen Schiffe aus Stahl? - mag seinen Reiz haben, doch in der Regel werden die Schülerinnen mehr verwirrt, als dass sie etwas lernen.

Zum Thema hydraulische Presse, Auftrieb, Schwimmen, Schweben und Sinken gibt es ein reichhaltiges Aufgabenmaterial zum Üben der erarbeiteten Unterrichtsinhalte. Es ist ratsam, nicht nur Aufgaben auszuwählen, in denen gerechnet werden muss, sondern in denen durch Beschreibung, qualitative Erörterung und Argumentation Ergebnisse erhalten werden. Die Aufgaben sollten den Charakter von Physikaufgaben nicht verlieren und nicht zu bloßen Rechenaufgaben degenerieren, wenngleich gerade bei diesem Thema die Mathematisierung ihre Berechtigung hat; diese sollte den Schülerinnen und Schülern auf keinen Fall vorenthalten werden.

Das Thema Auftrieb / Satz des Archimedes ist eines der wenigen Themen der Sekundarstufe I, bei denen den Schülerinnen und Schülern die induktive und deduktive Arbeitsweise der Physik nahegebracht werden kann.

"Wetterkunde" stellt eine ideale Wahl für einen fachübergreifenden und fächerverbindenden Unterrichtsgegenstand dar: Die Schülerinnen und Schüler können dabei in den Fächern Biologie, Wirtschaft, Geschichte vornehmlich die Auswirkungen von Wettergeschehen (auf die Vegetation, auf das ökonomisches Gefüge, auf die Lebensgewohnheiten von Menschen und z.B. den Ausgang von deren Feldzügen) kennenlernen, in den Fächern Erdkunde und Physik dagegen eher den Ursachen und Zusammenhängen des Wettergeschehens nachgehen.

Hier kann der Physikunterricht die Rolle des Erklärs übernehmen, indem Prozesse des Wettergeschehens in Labor- und Schülerexperimenten simuliert und im Detail untersucht werden. Vorschläge für Schülerexperimente (teilweise im Badezimmer auszuführen) findet man bei *F.J.Schröder, G. Müller (Bearb.) in ihrer Handreichung "Elemente der Wetterkunde", IPN, Kiel, 1983*

- Schülerexperimente zum Thema Luftfeuchtigkeit und Kondensation,
- Experimente zur Verdampfungs- und Kondensationswärme (hier ergeben sich Verbindungen zum Begriff der Bindungsenergie aus der Kernphysik),
- Schülerexperimente zur Untersuchung von Luftströmungen und deren Verknüpfungen mit Druckverhältnissen

Die Schülerinnen und Schüler können in dieser Unterrichtseinheit lernen, das Wetter zu beobachten, Messwerte aufzunehmen, diese darzustellen, zu analysieren und themenorientiert zu interpretieren; sie erleben also viele Tätigkeiten aus dem Spektrum naturwissenschaftlicher Arbeit.

Die Unterrichtseinheit bietet Gelegenheit für Projektarbeit:

- Durchführung von Langzeitmessungen (Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, minimale/maximale Tagestemperaturen, Luftdruck, Niederschlag) Hier ist der Einsatz des Computers zur Erfassung und Darstellung der Messwerte denkbar.
- Bau von Mess- und Beobachtungsgeräten
- Systematische Photographie der Wettersatellitenphotos und der zugehörigen Wetterkarte im Fernsehen
- Besuch des Deutschen Klimarechenzentrums in Hamburg (DKRZ) und des Deutschen Seewetterdienstes in Hamburg

Lernanlässe ergeben sich aus der unmittelbaren Erfahrungswelt der Schülerinnen und Schüler. Nach dem verregneten Wochenende, der nicht enden wollenden Hitzewelle während der Ferien, dem Winter ohne Schneefall stellen sich Fragen: Ist das normal? Hat es das schon mal gegeben? Häufen sich solche Wetterrekorde in letzter Zeit?

Arbeitsweisen der Physik

fachübergreifender Unterricht

Schülerexperimente

Arbeit in Projekten

Alltagsbezug

Die Auswirkungen des Wetters auf das Befinden des Menschen (Wetterfühligkeit) sowie der Unterschied zwischen subjektiv empfundener und objektiv gemessener Temperatur können in dieser Unterrichtseinheit Lernanlässe darstellen. Die Beschäftigung mit dem Wetter steht im Spannungsfeld zwischen reiner Wetterbeobachtung (Temperatur-, Luftdruck-, Niederschlags- und Luftfeuchtheitsmessung) und der reinen Beschreibung und physikalischen Deutung von Wettererscheinungen (Hoch- und Tiefdruckgebiet, Föhn, Monsun, Passat).

Literatur:

- C.-J. Bausch Aufbau und Einsatz einer elektronischen Wetterstation an der Schule
Mit Beispielen für die fächerverbindende Unterrichtsarbeit
Amt für Schule, 1997
- J. J. Schröder "Elemente der Wetterkunde" , IPN, Kiel, 1983
- G. Müller (Bearb.)
G. Borchert Klimageographie in Stichworten
Verlag Ferdinand Hirt, 1978
- GEO** Spezial Wetter, Heft Nr.2, Verlag Gruner & Jahr, 1.Quartal 1982
- H. Haber Unser Wetter - Eine Einführung in die moderne Meteorologie
Deutsche Verlagsanstalt Stuttgart, 1971
Das Buch enthält gute Grundlagen für Schülerreferate.
- R. Hardy, P. Wright, Das Wetterbuch
J. Gribbin, J. Kington Christian Verlag, 1982
Das Buch enthält hervorragendes Bildmaterial und gute Grundlagen für Schülerreferate.
- G. Roth Wetterkunde für alle
BLV Verlagsgesellschaft München, 1977
- Scherhag, Blüthgen, Klimatologie
Lauer In: Das geographische Seminar, Westermann, 9.Auflage, 1977
als Hintergrundlektüre für den Lehrer geeignet
- P.D. Thomson, Das Wetter
R. O'Brien In: Life-Bild-Sach-Buch, Rowohlt TB, 1970
Das Buch behandelt auch historische Aspekte der Meteorologie.

Internet-Adressen: Aktuelle Wetterdaten der Wetterstation am Gymnasium Ohmoor:
<http://www.hamburg.de/hbs>
Aktuelle Wetterkarte und viele zusätzliche Informationen zum Wetter und zum Aufzeichnen von Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes:
<http://www.dwd.de>

Arbeitstransparente zum Thema Klimazone, Klimatypen, Bau der Zyklone, typische Wetterlagen ... erschienen bei Westermann ...
bei der Fachvertretung Erdkunde anfragen

Filme der LBS Warum weht der Wind? FWU 322832, 16mm, Lichtton/Farbe, 14min
Wie entstehen die Wolken? FWU 322831, 16mm, Lichtton/Farbe, 16min
Tropische Zirkulation FWU 323192, 16mm, Lichtton/Farbe, 13min

Elektronik

Elektronik ist in allen Bereichen unserer technischen Umwelt unverzichtbar geworden, man könnte sogar von einem irreversiblen Abhängigkeitsverhältnis der Menschen in den Industrienationen von den technischen Anwendungen der Elektronik sprechen.

Umwelt

Das Thema „Elektronik“ kann nur die allerersten Grundlagen klären helfen. Dennoch ermöglicht diese Klärung ein Verständnis des Prinzips elektronischer Technikanwendungen.

Überblickswissen

Dieses Thema kann darüber hinaus für die Berufsfindung in technischen Bereichen motivieren.

Arbeitswelt

Das Thema „Elektronik“ schließt an die Themen zur Elektrizität in den vorangegangenen Blöcken 1, 2 und 3 an.

Schwerpunkte dieser Unterrichtseinheit sind das Kennenlernen des Aufbaus und der Funktionsweise von Halbleitern sowie der praktische Umgang mit grundlegenden Halbleiterbauteilen.

Fachwissenschaft

Handlungsorientierung
Produktübersicht

Dabei wird das Aufbauen von Schaltungen sowie das Messen von Stromstärke und Spannung vertieft.

Methodenlernen

Das Bauteil Kondensator ist in den meisten elektronischen Schaltungen unverzichtbar und bedarf dann einer gesonderten Behandlung. Diese gliedert sich sinnvoll in den Anwendungsteil dieser Unterrichtseinheit ein, denn für die Aufnahme der Lade- und Entladekurven und die damit verbundene Verwendung in Schaltungen eignen sich Schülerversuche (bei konstantem Ladestrom, der durch eine mit der Zeit linear wachsende Spannung erzeugt wird).

Sonderfall Kondensator

Fachlich bedeutsam sind folgende Kenntnisse über Leitfähigkeitseigenschaften von Halbleitern:

Fachlicher Überblick

- Durch Energiezufuhr (Wärme, Licht) können in Atomen gebundene Elektronen frei (beweglich) werden: äußerer Photoeffekt.
- Kristallgitter von Halbleitern (z.B. Silizium), Bindungselektronen
- Durch Energiezufuhr (Wärme, Licht) können (ortsfeste) Bindungselektronen in Kristallgittern zu (frei beweglichen) Leitungselektronen werden: innerer Photoeffekt.
- Auch durch Dotierung können im Kristallgitter bewegliche Elektronen erzeugt werden.
- Die entscheidende Anwendung von Halbleitern in der Elektronik liegt in der Ausnutzung des Grenzschichtenphänomens, wenn positiv und negativ dotierte Halbleiter aneinandergrenzen.

Für das Verständnis der Leitungsvorgänge können gut Modelle verwendet werden, z.B. das Parkhausmodell (Dorn-Bader, Physik-Mittelstufe, Schroedel, 1992) oder die

Modelle

Unterscheidung in Elektronen- und Löcherleitung.

Die Anwendung des Grenzschichtenphänomens in den vielfältigen grundlegenden Bauteilen kann bereits von den Schülerinnen und Schülern selbst erarbeitet und die Auswirkungen der Anwendung in kleinen Schaltungen präsentiert werden. Hier bieten sich arbeitsteilige Referate oder Lernen in Stationen an.

Referate oder
Lernen in Stationen

Das ersatzweise Experimentieren mit elektronischen Schaltungen unter Verwendung von Simulationsprogrammen (Crocodile Clips oder Logische Schaltungen des Dümmler-Verlags o.a.) entspricht durchaus der professionellen Entwicklung elektronischer Schaltungen und kann ergänzend den Unterricht bereichern.

Simulationen der
Schaltungen

Der Einsatz von computergesteuerten Messwerterfassungssystemen oder von Oszilloskopen kann sehr sinnvoll sein, da – insbesondere bei Verwendung von Kondensatoren – sehr schnelle Messwertänderungen auftreten können.

Computer als Messgerät

Die Auswahl der Bauteile kann je nach Interessenlage oder Ausstattung der Physiksammlung in verschiedene Richtungen gehen bzw. Einblicke in verschiedene Gebiete geben, z.B.:

- Diode, Transistor, astabiler Multivibrator (Blinkschaltung)
- Diode, Transistor als Verstärker, Radioempfänger
- Diode, Transistor als Schalter, logische Schaltungen (Computer), Flip-Flop, ...
- Diode, Leuchtdiode, Display (LCD-Monitor)
- Diode, Fotodiode, Solarzelle

Computer als Inhalt

geschichtliche Entwicklung

Einstiege

- Geschichtlich: Ablösung von Röhren und Relais, Entwicklung hin zu immer kleineren Spannungen und immer kleineren Bauteilen aktuelle politische Anlässe zur Energieversorgung (z.Zt. Preiserhöhung für herkömmliche Energieträger)
- Bau kleiner elektronischer Geräte (Rauchmelder, Lichtschranke, Blinklämpchen, Feuchtigkeitmelder,...)
- Glühelektrischer Effekt, NTC

Projekte

systematisch

Literatur und Material

- Erhard Meyer Elektronik in er Schule
Arbeitsblätter für Schüler und Lehrer, HEW
- Martin Volkmer, Projekt Elektrische Energie aus Solarzellen, Arbeitsblätter und Antworten, HEW 1998
- Martin Volkmer, Vorschläge für ein Praktikum in Elektronik (Sekundarstufe 1), HEW
- Elektronikbausätze für Schülerpraktika von Leybold, Phywe, Kröncke, Philips u.a.

Solartechnik

Das Thema „Solartechnik“ ist eingebettet in das stets politisch aktuelle Umweltthema der „Energieversorgung“ und schließt an die Thematik „Energie“ und „Energiewandler“ in Block 3 an.

Umwelt

Solartechnik hat zwei Grundpfeiler, die „Solarzellen“ als ein neues Produkt der Halbleitertechnik zur Erzeugung elektrischer Energie sowie die „Sonnenkollektoren“, die die eingestrahlte Energie in Wärme für Brauchwasser umwandeln.

Technik

Beide sind auf Hausdächern zu finden, aus Solarzellen zusammengesetzte Anlagen befinden sich auf vielen Schulen.

Als alternative Energiequelle wird die Solarenergie mit der herkömmlichen ständig verglichen, so dass immer aktuelle energietechnische und energiewirtschaftliche Daten und Fakten in den Unterricht einbezogen werden müssen.

Wirtschaft

Energiesparhäuser werden wegen der staatlichen Subventionen sowie wegen der gesetzlichen Umwelt-Anforderungen in Familien geplant oder diskutiert.

Wohnen

Solarenergie breitet sich auch im Camping- und im Kleingartenbereich aus. In Kaufhäusern und Elektronik-Fachgeschäften wird Zubehör angeboten. In Hamburg finden regelmäßig Messen statt, in denen Solartechnik ausgestellt wird.

Freizeit

Standort

Im Gegensatz zu Wärmekraftwerken lassen sich solarelektrische Stromversorgungsanlagen schon in der Mittelstufe berechnen, da letztlich nur Flächenberechnungen notwendig sind. Das verschafft den Schülerinnen und Schülern Kompetenzen zur wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Beurteilung.

Überschaubarkeit

Die Vielfalt der technischen Anwendungen sowie die Aktualität begünstigen für dieses Thema den projektartigen und handlungsorientierten Unterricht. Als Produkte sind solarbetriebene Modelle denkbar. Für Sonnenkollektoren sind Internet-Recherchen zu empfehlen.

Handlungsorientierung

Produkte

Eine Beschränkung auf Solarzellen ist sinnvoll, wenn der physikalische Aspekt der Halbleitertechnik im Vordergrund stehen soll. Die verschiedenen Experimente können in Form von Stationenlernen erarbeitet werden.

Halbleitertechnik

Stationenlernen

Voraussetzung für dies UE sind Kenntnisse über Strom- und Spannungsmessung (Block 2), über Reihen- und Parallelschaltung (Block 1 und Block 3) und über Energiewandler (Block 3).

Einstiege

- aktuelle politische Anlässe zur Energieversorgung (z.Zt. Preiserhöhung für herkömmliche Energieträger)
- Besichtigung der schuleigenen Solaranlage
- Exkursion zu einer entsprechenden Messe-Veranstaltung in Hamburg oder Hannover

Messe-
Öffnung des Unterrichts

- Besichtigung eines Kraftwerks, z.B. Energiepark Geesthacht
- Durchführung von Experimenten mit Solarzellen

Unterthemen (auch für Schüler-Experimente)

- | | |
|---|---------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> – Solarzelle als Spannungs- und Stromquelle – Wirkungsgrad von Solarzellen – Aufbauprinzip einer solarelektrischen Stromversorgungsanlage (durch geeignete Reihen- und Parallelschaltung der Solarzellen) – Bedarfsberechnungen an elektrischer Energie | Bedeutung |
| <ul style="list-style-type: none"> – Solarzelle als Energiewandler – Aufbau einer Solarzelle – Diodenfunktion einer Solarzelle – Leerlaufspannung einer Silicium-Solarzelle – Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom bei unterschiedlicher Bestrahlungsstärke – Kurzschlussstrom bei unterschiedlichem Einfallswinkel des Lichts – Innenwiderstand einer Solarzelle – Reihenschaltung von Solarzellen – Parallelschaltung von Solarzellen – Wirkung eines Schattens auf eine beleuchtete Solarbatterie – Ausgangskennlinie einer Solarbatterie – Leistungskennlinie einer Solarbatterie – Wirkungsgrad einer Solarbatterie – Solarbatterie lädt einen Akku – Bedeutung der Rücksperrdiode beim Laden eines Akkus mit einer Solarbatterie – Erzeugung von Wasserstoffgas mit einer Solarbatterie – Die spektrale Empfindlichkeit einer Solarbatterie | Experimente mit der Solarzelle |
| <ul style="list-style-type: none"> – Absorptionsvermögen verschiedener Sonnenkollektoren (Farbe, Material, Form, Flüssigkeit) – Kombination Solarbatterie und Sonnenkollektor in der Haustechnik zur Brauchwasserbereitung | Sonnenkollektoren
Regelungstechnik |

Literatur

- Martin Volkmer, Projekt Elektrische Energie aus Solarzellen, Arbeitsblätter und Antworten, HEW 1998
 - Sonnenkollektoren, Energie frei Haus, Hauptberatungsstelle für Elektrizitätsanwendung HEA e.V., <http://www.hea.de>
 - Prospekte verschiedener Hersteller von Sonnenkollektoren
- Öffnung

Steuerung und Regelung

Technische Lösungen, die auf „Steuern und Regeln“ beruhen, begegnen uns im Alltag (z.B. im Haushalt, im Auto), sind für Fertigungsprozesse der Wirtschaft und Überwachungsvorgänge, z.B. im Krankenhaus, unentbehrlich.

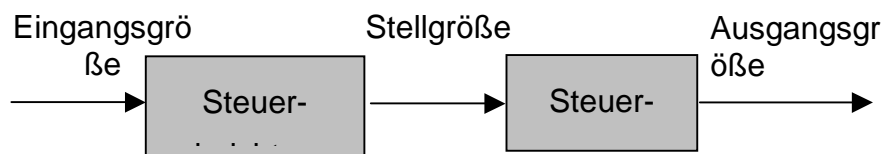
Alltag und Technik

Das Thema Steuerung und Regelung spielt aber nicht nur in der Technik, sondern auch in der Biologie eine große Rolle. Physiologische Prozesse wie Herzschlag, Atembewegungen, Hormonausschüttung und physiologische Zustände wie Körpertemperatur, Blutdruck, Blutzuckergehalt, Kohlendioxydgehalt des Blutes werden durch Regelkreismechanismen konstant gehalten (Brockhaus). Viele Vorgänge in sozialen Gruppen sind mit Hilfe der Regeltheorie gut zu beschreiben. Die Bevölkerungsdichte bei Tieren wird u. a. durch negative Rückkopplung, die über die Fortpflanzungsrate oder die Lebensdauer wirksam wird, auf annähernd konstantem Wert gehalten.

Biologie

Das *Steuern* – die *Steuerung* – ist ein Vorgang, bei dem eine oder mehrere Eingangsgrößen auf vorher festgelegte Weise eine oder mehrere Ausgangsgrößen beeinflussen. Kennzeichnend für das Steuern ist der offene Wirkungsablauf in einem einzigen Übertragungsglied oder in einer Steuerkette.

Definition
„Steuerung“



Die Bezeichnung der Blöcke und der Größen mag in verschiedenen Darstellungen unterschiedlich sein; entscheidend ist der offene Wirkungsablauf. Wenn die Ausgangsgröße z. B. durch Störgrößen vom gewünschten Ergebnis der Steuerung abweicht, wird diese Tatsache nicht an die Steuereinrichtung zurückgemeldet.

Beispiele für
Steuerung

Das bekannteste Beispiel ist die Ampelsteuerung. Aber es gibt viele weitere Beispiele für eine Maschinensteuerung, bei der bestimmte Größen fest eingestellt sind oder sich nach vorher festgelegtem Plan ändern. Die Bezeichnung Programmsteuerung für eine Reklamebeleuchtung oder für eine bestimmte Fertigungseinrichtung macht deutlich, dass ein bestimmter Ablauf durch Festlegung der einzelnen Programmschritte bestimmt ist.

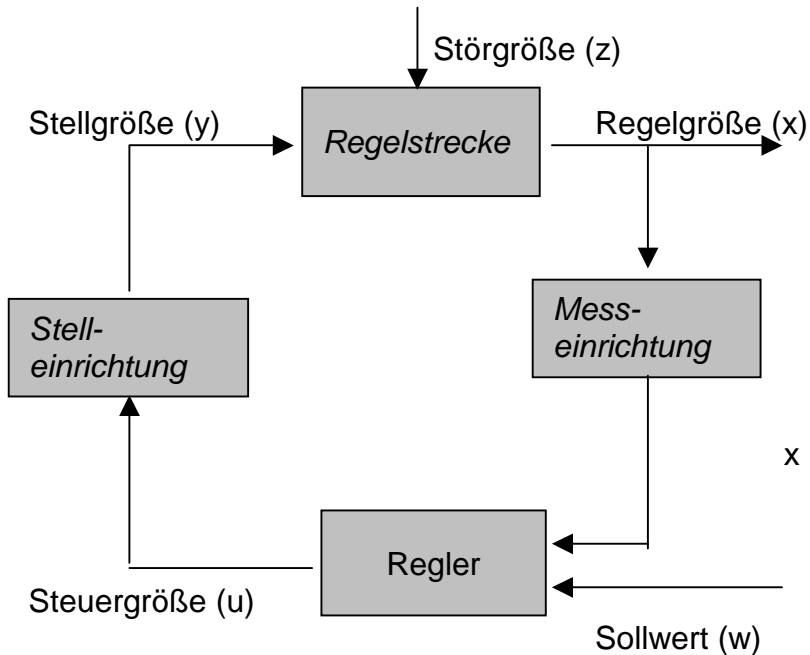
Häufig sind die Steuerungsvorgänge schon mit Regelungsmechanismen verknüpft. Bei der Anpassung des Ampelprogramms an das Fahrzeugaufkommen wird das Ergebnis des gewählten Ampelprogramms am Verkehrsfluss überprüft. Bei der Fahrzeugsteuerung handelt es sich wohl

Verbindung von
Steuerung und
Regelung

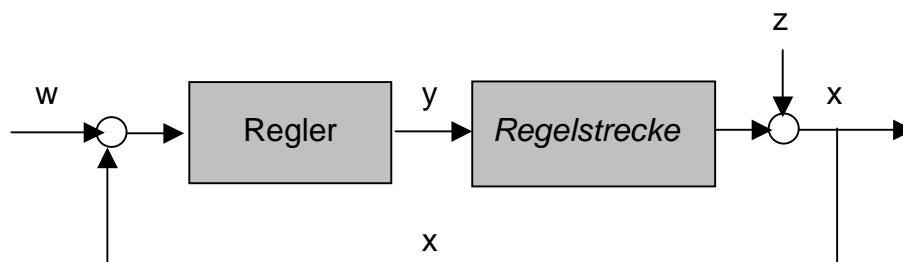
eher um einen Regelungs- als um einen Steuerungsprozess.

Das *Regeln* – die *Regelung* – ist ein Vorgang, bei dem eine Größe, die zu regelnde Größe (z. B. eine Temperatur, eine Drehzahl, eine Spannung), fortlaufend erfasst und mit einer anderen vorgegebenen Größe gleicher Art (der Führungsgröße) verglichen wird. Abhängig vom Ergebnis dieses Vergleichs wird durch den Regelvorgang eine Angleichung der zu regelnden Größe an den Wert der vorgegebenen Größe vorgenommen.

Definition
„Regelung“



Für die Regelung sind auch vereinfachte Blockdarstellungen üblich:



Das Entscheidende an der Regelung ist die Tatsache, dass SOLL- und IST-Wert der Regelgröße ständig verglichen werden und dass bei Abweichungen (z. B. durch den Einfluss von Störgrößen) sofort versucht wird, das gewünschte Verhalten wieder herzustellen.

SOLL- und IST-
Wert

Im Prinzip kann jede physikalische Größe Regelgröße sein. Beispiele dafür sind: Regelung von Helligkeit (oder genauer: Beleuchtungsstärke); Temperaturregelung; Füllstandsregelung; Spannungsregelung; Drehzahlregelung.

Beispiele für
Regelung

Mögliche Unterrichtsgänge

Zwei Unterrichtsgänge sind in der Handreichung „Computer im Physikunterricht: CIP“ beschrieben: „U3: Steuern und Regeln“ und „U4: Zweipunktregelung: Umdrehungszeit eines Motors“.

Beim Unterrichtsgang „U3: Steuern und Regeln“ werden für Helligkeits- und Temperaturregelungen neben einem Computer Modelle, Hard- und Software von Fischertechnik und von Cornelsen Experimenta eingesetzt.

Beim Unterrichtsgang „U4: Zweipunktregelung: Umdrehungszeit eines Motors“ werden mehrere unterschiedliche Aspekte der Informationstechnik an einem einfachen Beispiel einer Zweipunktregelung behandelt. An diesem Beispiel wird deutlich, dass der Computer die Steuerung sehr viel zuverlässiger durchführen kann als der Mensch. Die Bauanleitung für das Motorbrett mit Elektronik für die Motoransteuerung und die Lichtschrankenabfrage liegen im IfL vor. Dieses Brett kann im IfL unter Anleitung für den Einsatz in der Schule gebaut werden.

Fertige Handreichungen in CIP

Quellen und Unterstützung

Zu den Themen „Einführung in die Steuerungstechnik“ und „Schulversuche zur Regelung“ stehen im IfL einige Arbeitsblätter zur Verfügung.

Eine Modellschaltung für eine Ampelanlage (Straßenkreuzung und Fußgängerüberweg) kann im IfL unter Anleitung für den Einsatz in der Schule gebaut werden. Die Ansteuerung kann mit Signalen einer Digitalschaltung oder mit Hilfe eines Computers vorgenommen werden.

Das IfL plant, viele der hier erwähnten Versuche zum Thema Steuern und Regeln im NW-Zentrum bereitzustellen. Es soll Schulklassen ermöglicht werden, ausgewählte Versuche dort durchzuführen.

Unter der Internetadresse: „http://techni.tachemie.uni-leipzig.de/vipratech/index_ge.html“ findet man Hilfen und Hinweise zur Regelungstechnik.

Die Lehrmittelfirmen bieten zum Thema Steuern und Regeln viele Versuchsbeschreibungen und das dazu notwendige Arbeitsgerät an.

Die Firma Leybold Didactic bietet zum Thema Informationstechnische Grundbildung eine Hardware Funcam und die zugehörige Software Funcad an. Mit Hilfe der zugehörigen Modelle können Steuerungsaufgaben durchgeführt werden: Kreuzungsampel, Fußgängerüberweg, Parkhaus, Styroporschneider, XY-Schreiber, Autowaschanlage.

IfL:

Arbeitsblätter

Modellschaltung

NW-Zentrum

Internet

Lehrmittelfirmen:

Versuchsbeschreibungen und Arbeitsgeräte

Strahlung und Materie

Die Erforschung der **Wechselwirkung** zwischen Strahlung und Materie gab im letzten Jahrhundert wesentliche Anstöße zu einer Wandlung des (physikalischen) Weltbildes. Heute finden sich regelmäßig in den Wissenschaftsspalten der allgemeinen Journale Berichte zu neuen Forschungen und Erkenntnissen auf diesem Gebiet.

Modernes Weltbild

Aktualität

Wichtig ist die Erkenntnis, dass Strahlung und Materie sich gegenseitig bedingen und ein Wandlungsprozess vorliegt, wobei die Massenänderung wegen ihrer Kleinheit allerdings meist nicht durch Messung erfassbar ist. Auf entsprechende Hinweise zur Relativitätstheorie ($E = mc^2$) sollte nicht verzichtet werden.

Physik des 20.Jh.

Vertiefung

Durch diese Unterrichtseinheit wird für die Schülerinnen und Schüler der Zusammenhang zwischen Strahlung und Energietransport (Block 3) vertieft. Die Sammlung der Phänomene unter dem zusammenfassenden Thema fördert das Überblickwissen der Schülerinnen und Schüler. Der Blick wird über den Rand des sichtbaren Spektrums hinaus erweitert. Anwendungen der Erkenntnisse auf Umwelt und Technik sind durchgängig vorhanden.

Überblick

Umwelt und Technik

Einordnung in
Physik-Curriculum

Es bestehen viele Anschlussmöglichkeiten an Themen des vierten Blocks:

- Umwelt und Technik:
 - Elektronik (Radiowellen, Fotoeffekt),
 - Solartechnik (Fotoeffekt, Wärmestrahlung)
- Atom- und Kernphysik (radioaktiver Zerfall, Neutrinos, Laser)

Bei mehreren Themen sind altersgemäß angepasste Ausschnitte aus dem Oberstufenstoff möglich und sinnvoll. Die Behandlung in der Mittelstufe kann die Schülerinnen und Schüler motivieren, in der Oberstufe diese Themen vertiefen zu wollen. Manche Themen sind fachübergreifend zur Biologie.

Aktuelle Befürchtungen in der Gesellschaft (z.B. Elektrosmog, UV-Strahlung durch Ozonloch) können zum Anlass genommen werden sich mit diesem Themenkreis zu beschäftigen.

Folgende Phänomene lassen sich unter dem Oberthema Strahlung und Materie behandeln. Die Aufzählung beansprucht nicht vollständig zu sein. Zwischen den einzelnen Themen bestehen innere Zusammenhänge, so dass sich mehrere Themen je nach Zeitrahmen und Interesse auswählen und zusammenstellen lassen. Auf diese Weise sind viele verschiedene Unterrichtsgänge möglich.

verschiedene
Unterrichtsgänge

- Direkte Umwandlung von Strahlung in Materie und umgekehrt:
 γ -Photon \Leftrightarrow Elektron + Positron
als Bestätigung der Einsteingleichung [1, Seite 7f]
- Erzeugung des Lichts in der Sonne
„Nach der Gleichung $E=mc^2$ wird die Sonne in jeder Sekunde um vier Millionen Tonnen leichter“ [1, Seite 8f]
- sichtbares Spektrum, unterschiedliche Spektren von Glühdraht und Sonne,
Rand des sichtbaren Spektrums: IR und UV [2, S. 236ff]
- äußerer Photoeffekt, Photokathode [2, S. 268],
Entstehung von Licht im angeregten Atom [3, S. 236f],
Laser [3, S. 288 f]
- Röntgenstrahlung, Lichterzeugung in der
Fernsehröhre [2, S. 284ff]
- Schwarze Strahlung – Temperaturstrahlung
Stärkere Temperaturstrahlung durch schwarze Körper,
Energietransport ohne Materie, Wechselwirkung mit
Körpern durch Absorption, Energieabstrahlung der
Erde in den Weltraum, Treibhauseffekt [2, S. 95, S. 97]
- Urknall und Hintergrundstrahlung im Weltraum,
Entstehung der Elemente [3, S. 358] ,
Neutrinostrahlung [3, S. 355]
- innerer Photoeffekt, LED, NTC [2, S. 270]
- Ionisierende Strahlung – biologische Wirkung
[2, S.286; S.296 ff]
- Elektrosmog – biologische Wirkung
Aktualität durch flächendeckende
Empfangsmöglichkeit für Handys und Rundfunk,
Möglichkeit der Gewebeerwärmung durch Photonen
niederer Energie [Hinweis in 3, S.245]
- Mikrowellen – biologische Wirkung
- Ultraschall – biologische Wirkung

fachübergreifend
mit Biologie

Literatur

[1] A. Wünschmann, $E=mc^2$ Eine Formel verändert das physikalische Weltbild, Studienverlag Wünschmann, Sonderdruck 2000

[2] Dorn-Bader, Physik Mittelstufe, Schroedel 1996, Druck der Serie A (2000)

[3] Dorn-Bader, Physik Gymnasium Sek II 12/13, Schroedel 2000 Druck A

Astronomie und Kosmologie

Die Astronomie beinhaltet viele Themen der Physik und außerdem zentrale Aspekte der Chemie, der Geowissenschaften, der Technik, der Mathematik und Informatik und als älteste Wissenschaft überhaupt auch Teile unserer Kulturgeschichte und der Philosophie. Zugleich ist die Astronomie aktuell und zukunftsweisend, wie Projekte der Raumforschung und Satellitentechnik einschließlich innovativer Techniken belegen.

fachübergreifende Aspekte

Schülerinnen und Schüler zeigen reges Interesse an Themen aus Astronomie und Raumfahrt, begegnen sie doch hier den "großen Fragen":

Motivation

- Was hat zur Entstehung des Universums geführt ?
- Gibt es weitere, der Erde ähnliche Planeten ?
- Wie entstand das Sonnensystem, wie stabil ist es ?
- Wie lange strahlt die Sonne noch in ihrem jetzigen Zustand?

Astronomische Praktika, wie sie seit Erstellung dieses Rahmenplans an der Hamburger Sternwarte unterrichtsbegleitend für Lerngruppen der Sekundarstufe I (Pflichtunterricht Physik oder Wahlbereich Astroniekurs) angeboten werden, stellen faszinierende Ergänzungen und eine Bereicherung des Physikunterrichtes dar:

Praktika

- Der Blick durch ein großes Teleskop ist ein bewegendes Erlebnis; die Schüler können selbstständig digitale Aufnahmen von Himmelskörpern herstellen und anschließend am Computer bearbeiten.
- Darüber hinaus stehen ihnen eine riesige Auswahl von Bildern und Daten (Spektren) zur Verfügung, die von internationalen Observatorien im Internet veröffentlicht werden. Die Schülerinnen und Schüler können diese Daten unter vielfältigen Aspekten mit dem Computer sichten und bearbeiten und so das Internet für selbstständiges Lernen nutzen.

Motivation durch Emotion

Medienerziehung selbstständiges Lernen

Aus der Themenfülle der Astronomie muss eine Auswahl getroffen werden, die insbesondere das moderne Weltbild (d.h. die astrophysikalischen Erkenntnisse aus dem 20. Jahrhundert) zu vermitteln erlaubt. Thematische Schwerpunkte können sein:

1. Entstehung der chemischen Elemente
2. Kosmische Evolution der Himmelskörper (zeitliche Endlichkeit der Strukturen, Abkehr vom aristotelischen Weltbild)
3. Aufbau und Größe des Weltalls (hierarchische Strukturen)
4. Unsere Sonne - live und in Zukunft

Es ist möglich, die Themen "Elementarteilchen", "Strahlung und Materie" oder "Relativistische Phänomene" in das Thema "Astronomie und Kosmologie" zu integrieren.

Literatur und Material:

- Dr. U. Borgeest Materialien zur Begleitung des Projektes Seh Stern, Astrophysik im Schulunterricht, Praktika an der Hamburger Sternwarte (ausführliche Handreichung) weitere Informationen auf der Website <http://www.Seh-Stern.de>
- W. Schlosser Astronomische Musterversuche für die Sekundarstufe I Handreichung zur Einbeziehung der Astronomie in den Naturkunde-,Rechen- und Erdkundeunterricht
- G.-D. Schmidt
(Hrsg) Die Sonne - Quelle unseres Lebens
Lehrerheft für den fachübergreifenden Lernbereich "Naturwissenschaften"
paetec Gesellschaft für Bildung und Technik mbH, Berlin, 1996
Das Schülerheft ist in diesem Lehrerheft integriert.
- K. Ullerich Kopiervorlagen, Geräte und Modelle für den
Astronomieunterricht
paetec Gesellschaft für Bildung und Technik mbH, Berlin, 1996
- P. Bammes
R. Herbst Die Ausstellung Astronomie im Deutschen Museum
Deutsches Museum, München, 1994
- A. Meyer Astronomie - Kopiervorlagen, Stundenblätter , Sek I
Volk und Wissen Verlag GmbH, Berlin, 1999
- K. Lindner
M. Schukowski Astronomie
Lehrbuch für die Sekundarstufe I, Arbeitsheft,Lehrerband,
Lösungsheft
Volk und Wissen Verlag GmbH, Berlin, 1994/5
- K. Lindner
M. Schukowski Astronomie - Arbeitsheft
Volk und Wissen Verlag GmbH, Berlin, 1995
- D. Block Astronomie als Hobby
Sternbilder und Planeten erkennen und benennen
Falken-Verlag GmbH, Niedernhausen, 1992
- D. Vornholz Astronomie auf Klassenfahrten
Westermann Schulbuchverlag GmbH, Braunschweig,
1992
- A. Weiß
F.-P. Burkard Geheimnisvoller Kosmos
Wie Menschen sich die Welt erklärten
Verlag Herder, Freiburg, 1994

- A. Szabó
Das geozentrische Weltbild
Astronomie, Geographie und Mathematik der Griechen
dtv 4490, München, 1992
- U. Hameyer
T. Kapune (Hrsg)
Weltall und Weltbild
IPN, Kiel, 1984
- G. D. Roth
Kosmos-Astronomiegeschichte
Astronomen, Instrumente, Entdeckungen
Franckh'sche Verlagshandlung W.Keller&Co, Stuttgart,
1987
- R. Simek
Erde und Kosmos im Mittelalter
Das Weltbild vor Kolumbus
C.H.Beck'sche Verlagsbuchhandlung, München, 1992
- J. Krautter (Hrsg)
Die Entstehung der Sterne
Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH&Co,
Heidelberg, 1986
- J. Herrmann
dtv-Atlas zur Astronomie
Tafeln und Texte
dtv 3006, München, 1973
- J. Hamel
K.-H. Tiemann
M. Pape (Hrsg)
Alexander von Humboldt: Über das Universum,
Die Kosmosvorträge 1827/28 in der Berliner
Singakademie
it 1540, Insel Verlag Frankfurt am Main, 1993
- A. Unsöld
B. Baschek
Der neue Kosmos
Springer Verlag, Berlin, 1988
- G.D. Roth (Hrsg)
Handbuch für Sternfreunde
Wegweiser für die praktische astronomische Arbeit
Springer Verlag, Berlin, 1989

Relativistische Phänomene

Der Einfluss physikalischer Forschung auf das Denken der Gesellschaft wird gerade in Bezug auf die Relativitätstheorie deutlich. „Im Rahmen der Popularisierung der speziellen Relativitätstheorie sind von den Geisteswissenschaftlern leider eine Reihe falscher Schlüsse gezogen worden, z.B. dieser: ‚Seht, schon Einstein hat gesagt, dass alles relativ sei.‘ Daher gebe es auch auf dem Gebiet der Ethik, Kunst und Religion keine verbindlichen Maßstäbe, vielmehr sei alles – wie sogar in der Physik – relativ. Auf dem Gebiet der Physik hat Einstein genau das Gegenteil gezeigt: Er hat in der speziellen Relativitätstheorie ein universales Invarianzgesetz der Natur entdeckt.“ [1, S. 40] Man registriert die daraus resultierenden Phänomene im Alltagsleben nur deshalb nicht, weil die hier auftretenden Geschwindigkeiten sehr klein gegenüber der Lichtgeschwindigkeit sind.

Missverständnis der Relativitätstheorie in der Gesellschaft

Neben diesem engen Berührungspunkt zwischen Gesellschaft und Naturwissenschaft motiviert viele Schülerinnen und Schüler auch die Persönlichkeit Einsteins, als Wissenschaftler, als Weltbürger und als Mensch. [1], [2]

Einstein als Persönlichkeit

Wissenschaftstheoretisch wird an diesem Thema deutlich, dass die klassische Physik ein Grenzfall der Relativitätstheorie ist und dass eine neue Theorie die gültigen Ergebnisse früherer Theorien einschließen muss.

Wissenschaftstheorie

Es geht in dieser Unterrichtseinheit um das Kennenlernen von Phänomenen, die mit der klassischen Physik nicht erklärbar sind, sowie um das Kennenlernen von Gedankenexperimenten, die aus der Theorie folgern und „paradox“ erscheinen. Dabei soll auch das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler aktiviert werden, das aus populärwissenschaftlichen Fernsehsendungen, Science Fiction Filmen und allgemeinem Hörensagen stammt.

Phänomene

Vorwissen der Schülerinnen und Schüler

Für die Mittelstufe ist nicht daran gedacht, die Lorentz-Transformationen herzuleiten. Vielmehr steht im Zentrum der Ansatz der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit. Hieraus folgen erstaunliche Ergebnisse für die Gleichzeitigkeit von Ereignissen. Für Schülerinnen und Schüler dieses Alters sollte es genügen, die bekannten Formeln der speziellen Relativitätstheorie für Zeitdilatation, Längenkontraktion und Energie-Masse-Äquivalenz anzuwenden und die Ergebnisse zu interpretieren. Es ist aber auch möglich, die Schülerinnen und Schüler aufzufordern, Gedankenexperimente z.B. zur Messung der Länge bewegter Körper vorzuschlagen.

Zentrale Inhalte

Methodisches Vorgehen

Gedankenexperimente

Die klassische Relativbewegung stellt die Schülerinnen und Schüler vor gleichartige Probleme wie die relativistischen [2]. Deshalb ist es nicht unbillig, zuerst klassische Phänomene zu untersuchen [2, S. 7 – 9]

Graphische Darstellungen auf Arbeitsblättern dürften im wesentlichen die Grundlagen für Unterrichtsgespräche geben [2]. Java-Applets zu diesem Themenkreis sollten im Internet auf den einschlägigen Seiten der Universitäten zunehmend vertreten sein.

Arbeitsblätter

Internet

Unterrichtsgang 1

Beschreibung von Bewegungen in verschiedenen Bezugssystemen [2]

Bezugssysteme

Beispiele:

[A] Eine Person wirft in einem mit 30 km/h fahrenden Auto einen Ball senkrecht nach oben.

[B] Eine Person wirft in einem mit 30 km/h fahrenden Zug einen Ball mit 20 km/h in Richtung Lokomotive.

Ergebnisse:

Nicht nur die Bahnkurve eines Objekts hängt vom Bewegungszustand des Beobachters ab, sondern auch die Geschwindigkeit, mit der es sich bewegt. Bewegungen sind immer relativ zum Bezugssystem.

Einsteins Relativitätsprinzip und Prinzip von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit. [2]

Konstanz der Lichtgeschwindigkeit

Beispiel: wie [B], nur mit Taschenlampe anstatt Ball

Ergebnisse:

Widerspruch zur herkömmlichen Addition von Geschwindigkeiten.

Einsteins Additionsgesetz für Geschwindigkeiten [1, S. 29] wird mitgeteilt und angewendet.

Gleichzeitigkeit [2]

Arbeitsblatt: Einstein-Synchronisation von Uhren.

Gleichzeitigkeit

Ergebnisse:

Zwei Ereignisse sind gleichzeitig, wenn sie von Lichtsignalen ausgelöst werden, die zugleich von einer Quelle in der Mitte zwischen den beiden Ereignisorten ausgehen. „Gleichzeitig“ ist relativ zum jeweiligen Bezugssystem.

Zeitdilatation

Zeitdilatation [2]

Arbeitsblätter: Lichtuhr, bewegte Lichtuhr

Ergebnis:

Eine bewegte Uhr geht langsamer als eine ruhende Uhr.

Beispiele:

Atomuhren im Flugzeug (1971)

Zwillingsparadoxon,

nach Vorgabe der Formel: schnell fliegende Teilchen zerfallen langsamer als ruhende [1]

<p><i>Zunahme der Masse eines Teilchens mit wachsender Geschwindigkeit</i> [1, S. 30] Vorgabe der Formel Beispiele: Masse von Elektronen beim radioaktiven Zerfall, bei welcher Geschwindigkeit hat ein Elektron die gleiche Masse wie ein ruhendes Proton? (Elektronenbeschleuniger)</p>	relativistische Masse
<p><i>Äquivalenz von Masse und Energie</i> [1, S. 31] Vorgabe der Formel Beispiel: Vergleich mit chemischen Reaktionen, z.B. Verbrennung von 12g Kohlenstoff Elementarteilchenphysik: Ruhenergie in MeV oder pJ, Elektronengeschwindigkeiten in Beschleunigern</p>	$E = m c^2$
<p><i>Lorentzkontraktion</i> [1, S. 38] Vorgabe der Formel Beispiele: Eine schnell bewegte Kugel wird in Bewegungsrichtung zusammengedrückt Illustrationen aus [3]</p>	Lorentzkontraktion
<p>Literatur</p> <p>[1] A. Wünschmann, $E=mc^2$ Eine Formel verändert das physikalische Weltbild, Studienverlag Wünschmann, Sonderdruck 2000</p> <p>[2] C. Stumhofer (Prof. Dr. Dr. Hartmut Wiesner) Eine Einführung in die spezielle Relativitätstheorie an der Realschule, Schriftliche Hausarbeit aus dem Fach Physik, LMU München, Didaktik der Physik, 2001</p> <p>[3] G. Gamow , Mr. Tompkins seltsame Reisen durch Kosmos und Mikrokosmos</p>	

Beispiel eines konkreten Unterrichtsgangs

Block 1 (z.B. Klasse 7)			
Verbindliche Inhalte	Konkretisierung	Aufgabengebiete Hinweise auf andere Fächer	Kompetenzen
Elektrik (1) <ul style="list-style-type: none"> Elektrischer Stromkreis Wirkungen des elektrischen Stroms 	Projekt: Elektrifizierung eines Modellhauses (incl. Sicherung, Treppenhaus, Klingelanlage, eventuell Alarmanlage) Anwendung: Beleuchtung in Haus und Schule	<i>Gesundheitsförderung:</i> sicherer Umgang mit Elektrizität <i>Verkehrserziehung:</i> Auto- und Fahrradbeleuchtung	Förderung der Kreativität: Anwendungsbezogener und problemorientierter Umgang mit den Themen Bauteile des elektr. Stromkreises, Reihen- und Parallelschaltung Orientierungswissen: Einsichten in den Bezug der physikalischen Inhalte zu Kultur, Alltag und Technik
Optik (1) <ul style="list-style-type: none"> Ausbreitung des Lichts Reflexion des Lichts 	Schülerexperimente zum Thema Spiegel durch „Lernen an Stationen“ (ein erprobtes Konzept kann durchgeführt werden; siehe z.B. Unterricht Physik, Heft 37, 1/97, Friedrich Verlag)	<i>Gesundheitsförderung:</i> Blendschutz <i>Verkehrserziehung:</i> Reflektoren <i>Erdkunde:</i> Finsternisse, Mondphasen <i>Biologie:</i> opt. Täuschungen, 3D-Bilder, bewegte Bilder <i>Mathematik:</i> Strahlensätze, Geradenspiegelungen	Verantwortung für das eigene Lernen übernehmen z.B. im Hinblick auf die Auswahl des speziellen Lerngegenstands (es gibt Pflicht- und Wahlpflichtstationen)

Beispiel eines konkreten Unterrichtsgangs

Block 1 (z.B. Klasse 7)			
Verbindliche Inhalte	Konkretisierung	Aufgabengebiete Hinweise auf andere Fächer	Kompetenzen
Akustik <ul style="list-style-type: none"> • Ausbreitung des Schalls • Töne 	Bau von einfachen Musikinstrumenten mit abschließender Präsentation Anwendung auf Funktionsweise der menschlichen Stimme	<i>Gesundheitsförderung:</i> Lärmschutz <i>Biologie:</i> das Ohr ; Tonerzeugung und –wahrnehmung bei Tieren (z.B. Heuschrecken, Stechmücken, Fledermaus) ; Hörbereich <i>Musik:</i> Töne, Intervalle, Klänge	Förderung interaktiver und kommunikativer Fähigkeiten bei der Auswahl und dem Bau des speziellen Musikinstrumentes innerhalb der jeweiligen Gruppe; selbständige Aneignung von Spezialwissen (z.B. Intervalle bei einem Monochord)
Wärme <ul style="list-style-type: none"> • Ausdehnung bei Erwärmung • Thermometer 	Schülerexperiment: Kalibrieren eines Thermometers oder Thermoelements Anwendungen: fifty-fifty-Ausschuss der Schule, umweltbewusstes Heizen	<i>Umwelterziehung:</i> Temperaturkontrolle im Klassenraum <i>Erdkunde:</i> Temperaturdiagramme	handlungsorientierter Erwerb inhaltlichen und methodischen Wissens; Mitverantwortung und Mitgestaltung in der Schule

Beispiel eines konkreten Unterrichtsgangs

Block 2 (z.B. Klasse 8)			
Verbindliche Inhalte	Konkretisierung	Aufgabengebiete Hinweise auf andere Fächer	Kompetenzen
Optik (2) <ul style="list-style-type: none"> • Lichtbrechung • Bildentstehung bei Sammellinsen • Optische Geräte (Auswahl) 	Ausgleich von Fehlsichtigkeit und optische Sehhilfen (Brille, Lupe, Fernrohr, Mikroskop)	<i>Gesundheitsförderung:</i> Augenpflege, Augenkrankheiten <i>Biologie:</i> Augen bei Menschen und Tieren	Sinnliche Wahrnehmung Förderung interaktiver und kommunikativer Fähigkeiten bei der Auswahl und dem Bau des Experiments sowie bei der Präsentation
	oder Projekt „optische Miniphänomente“ z.B. Münze im Becher, Prinzip des Fotoapparates, Münze unter leerem bzw. mit Wasser gefülltem Glas, Tiefenvergleich von gefülltem und ungefülltem Gefäß, Farbzerlegung, Erzeugung einer Fata-Morgana	<i>Verkehrserziehung:</i> Luftspiegelung auf heißem Asphalt <i>Erdkunde:</i> Fata-Morgana	
Kombination von Optik (2) <ul style="list-style-type: none"> • Abbildende Systeme (phänomenologisch) Mechanik (1) Satelliten- und Planetenbewegung (phänomenologisch.)	Astronomische Exkursion zum Planetarium oder zur Sternwarte mit Vorträgen und Demonstrationen u.a. zu den Themen: Planeten, Massen und Dichten von Sternen, Gravitationslinsen		Intellektuelle Fähigkeit, mit dem Größenkalkül umzugehen: z.B. Massen und Dichten bei alltäglichen Dingen sowie Sternmassen und -dichten; Bewegungen im Alltag (z.B. Autos) und im Weltall; optische Linse und Gravitationslinse

Beispiel eines konkreten Unterrichtsgangs

Block 2 (z.B. Klasse 8)			
Verbindliche Inhalte	Konkretisierung	Aufgabengebiete Hinweise auf andere Fächer	Kompetenzen
Mechanik (1) <ul style="list-style-type: none"> • Masse und Dichte • Kraft • Bewegungen 	Schülerexperimente zur Dichte versch. Stoffe, Unterscheidung Masse und Gewichtskraft Messwertaufnahmen bei Bewegungen: Autos auf einer Hauptstrasse; in einer Tempo 30-Zone;	<i>Verkehrserziehung:</i> Geschwindigkeit im Verkehr; Bremsen, Beschleunigen, Kurven fahren; Sicherheitsgurte	Förderung der experimentellen Kompetenz (Versuchsaufbau, Messungen, Auswertung, Ergebnis)
	oder Projekt: Rund um das Fahrrad Überprüfung der Tachoanzeige, Bremswege bei verschiedenen Geschwindigkeiten und Untergründen, Haftreibung, Kraftzunahme von Gang zu Gang, Funktionsweise einer Gangschaltung, Rahmenformen; Fahrradtypen	<i>Verkehrserziehung:</i> Einschätzung von Bremswegen <i>Gesundheit:</i> Erkenntnisse über Ursachen der Bremswege; richtiges Nutzen der Gangschaltung	Förderung der Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit bei der Planung und der Durchführung der Messwerterfassung sowie der Präsentation der Ergebnisse

Beispiel eines konkreten Unterrichtsgangs

Block 2 (z.B. Klasse 8)			
Verbindliche Inhalte	Konkretisierung	Aufgabengebiete Hinweise auf andere Fächer	Kompetenzen
Elektrik (2) <ul style="list-style-type: none"> • Spannung • Strom • Ladung • Bewegung von Ladungen in elektrischen und magnetischen Feldern (qualitativ, phänomenologisch) 	Praktikum: Messen in realen Schaltkreisen und/oder mit Computersimulationsprogrammen; Oszilloskop: Funktionsweise und Verwendung als Messgerät; Phänomen: Ablenkung des Elektronenstrahls durch einen Magneten	<i>Biologie:</i> Größenordnungen der elektrische Ströme und Spannungen im Nervensystem	Methodenkompetenz bzgl. Handhabung von Messgeräten; Auseinandersetzung mit Computersimulation

Beispiel eines konkreten Unterrichtsgangs

Block 3 (z.B. Klasse 9)			
Verbindliche Inhalte	Konkretisierung	Aufgabengebiete Hinweise auf andere Fächer	Kompetenzen
Mechanik (2) <ul style="list-style-type: none"> • Mechanische Arbeit • Mechanische Leistung • Mechanische Energie • Wirkungsgrad 	Verschiedene Experimente zum Rahmenthema Kraftverstärkende Werkzeuge werden in Gruppenerarbeit und anschließend präsentiert (Zange, „Kuhfuß“, Flaschenzug, schiefe Ebene) zur Themenfindung: Exkursion ins Kiekebergmuseum und/oder Energiepark Geesthacht	<i>Geschichte:</i> Industrialisierung <i>Umwelterziehung:</i> ressourcensparende Energiewandlung	Förderung der Sprachkompetenz: Unterscheidung Alltags-Sprache / wissenschaftliche Sprache durch Erlernen versch. phys. Größen (Kraft, Arbeit, Energie, Leistung), die in der Alltagssprache nicht so klar unterschieden werden
Wärme (2) <ul style="list-style-type: none"> • Thermische Arbeit • Wärmekraftmaschinen 	Modell für Energiesparhaus Isolierung, Kühlschrank, Wärmepumpe, Sonnenkollektor zur Warmwasserbereitung	<i>Umwelterziehung:</i> Energiesparen <i>Erdkunde:</i> Rohstoffressourcen, Klima <i>Sozial- und Rechtserziehung:</i> gesetzliche Vorgaben für Isolation	Orientierungswissen bzgl. Gesetzgebung, bauphysikalischer Eigenschaften von Werkstoffen;
Elektrik (3) <ul style="list-style-type: none"> • Definition der Spannung • Arbeit und Leistung • Widerstand • Supraleitung (phänomenologisch) • Transformator • Elektromotor, Generator (qualitativ) 	Nachbau einer Solaranlage, eines Windrades im Zusammenhang mit dem Modell des Energiesparhauses	<i>Erdkunde:</i> Sonnenstand – Breitengrad <i>Berufsorientierung:</i> Energieelektroniker <i>Geschichte:</i> physikalische Grundlagen der industriellen Revolutionen	Förderung der Kreativität beim selbstständigen Entwickeln bzw. Nachvollziehen und Übertragen der Informationen aus Prospekten auf das Modell; Förderung der Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit bei der Planung und dem Bau des Modellhauses

Beispiel eines konkreten Unterrichtsgangs

Block 3 (z.B. Klasse 9)			
Verbindliche Inhalte	Konkretisierung	Aufgabengebiete Hinweise auf andere Fächer	Kompetenzen
<p>oder Elektrik (3) Schwerpunkte sind Energiewandlung und Wirkungsgrad; alle verbindlichen Inhalte sind integriert</p>	<p>Der Unterrichtsgang besteht aus einer Gruppe von Bausteinen, die je nach Bedürfnissen der Schülerinnen und Schüler kombiniert werden und verschieden gewichtig eingesetzt werden können:</p> <p>Fragebogen zu Vorkenntnissen und Interessen; in Gruppen Bearbeitung von Energiewandlern, Energieverbrauch des Menschen, Wirkungsgrad und Lageenergie, thermische Stoffkonstanten und ihre Bedeutung für das Energiesparen, Zusammenhänge zwischen Strom, Spannung und Leistung sowie zwischen Strom, Spannung und Widerstand</p>	<p><i>Biologie:</i> Energieumsatz des Menschen</p> <p><i>Umwelterziehung:</i> Energiesparen</p>	<p>Vertieftes Erfassen des Energiebegriffs</p> <p>Nutzung der eigenen Betroffenheit als Motivation zu selbstständigem Lernen</p> <p>Förderung der Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit bei der Planung und Durchführung der Unterrichtsthemen</p> <p>Förderung der Verantwortlichkeit für die Wahl und die Umsetzung des Unterrichtsthemas</p>

Beispiel eines konkreten Unterrichtsgangs

Block 4 (z.B. Klasse 10)			
Verbindliche Inhalte	Konkretisierung	Aufgabengebiete Hinweise auf andere Fächer	Kompetenzen
<p>Atom- und Kernphysik</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau eines Atoms • Radioaktivität und ionisierende Strahlung • Kernspaltung • Kernfusion 	<p>Besuch des NW-Zentrums oder DESY: Schülerversuche zur Radioaktivität</p> <p>Besuch des Informationszentrums KKW Krümmel</p>	<p><i>Gesundheitsförderung:</i> Strahlenschutz</p> <p><i>Biologie:</i> Radionuklide in Ökosystemen</p> <p><i>Geschichte:</i> Einsatz von Atombomben</p> <p><i>Ethik:</i> Entsorgung und Erdklima</p>	<p>Förderung der Urteilsfähigkeit zu relevanten gesellschaftlichen Fragen (Kernenergie, Kernwaffen etc) durch physikalische Sachkenntnisse</p> <p>Umgang mit Konflikten (nukleare Abschreckung, Einsatz von Kernwaffen)</p>
<p>Umwelt und Technik Wetter und Klima</p> <ul style="list-style-type: none"> • Druck • Auftrieb • Kondensation • Bindungsenergie • Treibhauseffekt 	<p>Nach der Klärung der physikalischen Größe Druck kann sich eine der folgenden Aktivitäten anschließen:</p> <p>a) In Schülerexperimenten werden Wettersituationen simuliert</p> <p>b) Es werden reale Langzeitmessungen aufgenommen und ausgewertet (Globe-Projekt).</p> <p>c) Es wird das DKRZ oder der Deutschen Seewetterdienst besucht.</p>	<p><i>Biologie:</i> Vegetation und Klimazonen</p> <p><i>Sozialkunde (Wirtschaft):</i> Auswirkungen von Wetter und Klima auf ökonomische und soziale Gefüge</p> <p><i>Geschichte:</i> Wetter als strategisches Kriterium, Völkerwanderung</p> <p><i>Erdkunde:</i> Erklärung von Wind und Wetter</p> <p><i>Interkulturelle Erziehung:</i> globale Verantwortung, Nord-Süd-Konflikt</p>	<p>Orientierungswissen durch Kenntnisse der physikalischen Grundlagen von Phänomenen aus Geowissenschaft und Biologie</p> <p>Ethische Kompetenz: gewissenhafte Technikfolgenabschätzung</p>

Beispiel eines konkreten Unterrichtsgangs

Block 4 (z.B. Klasse 10)			
Verbindliche Inhalte	Konkretisierung	Aufgabengebiete Hinweise auf andere Fächer	Kompetenzen
Umwelt und Technik Steuern und Regeln	Projekt bzw. Praktikum: Bau von Modellen für Helligkeits- und Temperaturregelungen sowie zur Drehzahlregelung eines Motors	<i>Biologie:</i> Regelkreismechanismen bei physiologischen Prozessen	Orientierungswissen: Einsicht in die Funktionsweise natürlicher und technischer Regelungsabläufe
Umwelt und Technik Elektronik (im Hinblick auf physikalische Grundlagen der Datenverarbeitung) <ul style="list-style-type: none"> • Halbleiter • p-n-Übergang • Diode, Transistor • ICs 	Theorie und Schülerexperimente zu den Themen: Speicherung von Informationen mit Flipflopschaltungen; logische Grundschaltungen; Anwendungen mit ICs der Familie „74 HC“ (z.B. Zählen, Addieren)	<i>Geschichte:</i> Dritte industrielle Revolution durch Mikroelektronik (Datenverarbeitung) <i>Umwelterziehung:</i> Entsorgung von Elektronikschrott	Orientierungswissen: Kenntnis der physikalischen Grundlagen der Datenverarbeitung Einblick in Bedeutung der Menschenrechte (Datenschutz)
Umwelt und Technik Elektronik (im Hinblick auf elektronische Geräte) <ul style="list-style-type: none"> • Halbleiter • p-n-Übergang • Diode, Transistor • Kondensator 	Theorie und Projekt: Bau kleiner elektronischer Geräte , z.B. Rauchmelder, Lichtschranke, Blinklämpchen, Feuchtigkeitmelder	<i>Berufsorientierung:</i> Elektronik-Fachrichtung <i>Umwelterziehung:</i> Entsorgung von Elektronikschrott	Orientierungswissen: Einsicht in die Funktionsweise elektronischer Geräte und damit verbundener Probleme

Beispiel eines konkreten Unterrichtsgangs

<p>Umwelt und Technik Solartechnik</p>	<p>Experimente mit Solarzellen zur Erkundung ihrer Funktionsweise und Anwendung</p>	<p><i>Umwelterziehung:</i> Alternative Energien</p>	<p>Orientierungswissen Einsatzmöglichkeiten von Solarenergie</p>
<p>Block 4 (z.B. Klasse 10)</p>			
<p>Verbindliche Inhalte</p>	<p>Konkretisierung</p>	<p>Aufgabengebiete Hinweise auf andere Fächer</p>	<p>Kompetenzen</p>
<p>Das moderne Weltbild Elementarteilchen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teichen / Antiteilchen • Leptonen • Quarks • Die vier Wechselwirkungen 	<p>Ein Besuch des DESY (Führung durch die Ausstellung in der Eingangshalle und Einführung in Aufgaben und Ziele der Großforschungsanlage) kann z.B. auf eine der folgende Weisen ausgewertet werden:</p> <p>Einführung in das Standardmodell nach WALOSCHEK, Neuere Teilchenphysik – einfach dargestellt; Praxis Schriftenreihe Physik Band 47, Aulis 1991 (Foliensatz bei DESY)</p> <p>Tesla-Projekt von DESY (Foliensatz liegt an den Schulen vor)</p>	<p><i>Sozial- und Rechtserziehung:</i> Finanzierung und Förderung der Grundlagenforschung</p>	<p>Orientierungswissen, mit welchen Methoden Erkenntnisse über den Aufbau der Materie gewonnen werden</p>

Beispiel eines konkreten Unterrichtsgangs

Das moderne Weltbild Strahlung und Materie	Phänomene zur Wechselwirkung zwischen Strahlung und Materie Spektrenvergleich von Glühdraht und Sonne Photoeffekt (äußerer, innerer) Temperaturstrahlung Elektrosmog ionisierende Strahlung Mikrowellen Ultraschall	<i>Biologie / Gesundheitserziehung:</i> Zellschädigungen durch ionisierende Wirkung von Strahlung Anwendung in der Medizin (Diagnose und Therapie) <i>Chemie:</i> Spektralanalyse	Orientierungswissen über die verschiedenen Erscheinungsformen der Energie in Form von Strahlung und Materie
---	--	--	---

Beispiel eines konkreten Unterrichtsgangs

Block 4 (z.B. Klasse 10)			
Verbindliche Inhalte	Konkretisierung	Aufgabengebiete Hinweise auf andere Fächer	Kompetenzen
<p>Das moderne Weltbild Astronomie und Kosmologie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entstehung der chemischen Elemente • Kosmische Evolution der Himmelskörper • Aufbau und Größe des Weltalls • Unsere Sonne – live und in Zukunft • Schwarze Löcher, Gravitationslinsen, dunkle Materie 	<p>Theoretischer Unterricht in der Schule <i>und/oder</i> Schülerpraktika an der Hamburger Sternwarte: visuelle Beobachtungen; digitale Aufnahmen mit CCD-Kamera und Bildverarbeitung am Computer; z.B. Messung von Helligkeitsschwankungen eines Quasars; CCD-Aufnahme eines Doppelquasars, optische Gravitationslinsenexperiment</p> <p>Die Handreichung von Dr. U. Borgeest erscheint Ende 2001 www.Seh-Stern.de</p>	<p><i>Interkulturelle Erziehung:</i> Weltbilder verschiedener Kulturen <i>Erdkunde:</i> Geschichte der Erde <i>Biologie:</i> Aufbau des Menschen <i>Religion:</i> Schöpfungsgeschichte, <i>Geschichte:</i> Schöpfungsmythen <i>Mathematik:</i> Abschätzungen und Vergleich von Größenverhältnissen</p>	<p>Orientierungswissen: Kenntnisse über wesentliche Beiträge der Physik zu unserem heutigen Weltbild über den Makrokosmos; Wissen darüber, dass die Evolution des Kosmos durch die Gesetze des Mikrokosmos erklärbar sind. Medienkompetenz: Nutzung des Computers für Bilddatenverarbeitung</p>
<p>Das moderne Weltbild Relativistische Phänomene</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konstanz der Lichtgeschwindigkeit • Gleichzeitigkeit von Ereignissen • Zeitdilatation, • Längenkontraktion • Energie-Masse-Äquivalenz 	<p>Gedankenexperimente, die von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit ausgehen, führen auf erstaunliche Ergebnisse für die Gleichzeitigkeit von Ereignissen. Die bekannten Formeln für Zeitdilatation, Längenkontraktion und Energie-Masse-Äquivalenz werden angewendet und interpretiert.</p>	<p><i>Geschichte:</i> Wirkung der Persönlichkeit EINSTEINS als Forscher, Pazifist, Deutscher, Schweizer und Amerikaner und als Zionist in der internationalen Gesellschaft; Atombombe: Hiroshima; <i>Ethik / Religion / Deutsch:</i> Verantwortung der Naturwissenschaften</p>	<p>Ethische Kompetenz (Redlichkeit): Bereitschaft entwickeln, Sichtweisen, die dem gesunden Menschenverstand widersprechen, ernsthaft zu prüfen statt sie vorschnell zu verwerfen. Wissen um das Beharrungsvermögen menschlicher Vorstellungen über Raum und Zeit.</p>