

**Hinweise und Erläuterungen
zum Rahmenplan**

Physik

für die Klassen 7 - 10

Haupt und Realschule

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:

Reinhard Brandt

Martin Braß (Studienseminar)

Martin Volkmer (Institut für Lehrerfortbildung)

Inhalt

1. Der innovative Ansatz des Rahmenplans
2. Anmerkungen und ergänzende Hinweise zu den Zielen
 - 2.1. Physikunterricht und schulische Bildung
 - 2.2. Wissenschaftsorientierung und Schülerorientierung
 - 2.3. Aspekte der Realität und die Entwicklung von Unterrichtszielen
3. Anmerkungen und Hinweise zu den didaktischen Grundsätzen
 - 3.1. Vorkenntnisse und Alltagserfahrungen
 - 3.2. Motivation
 - 3.3. Das Experiment als Mittelpunkt des Unterrichts
 - 3.4. Sprachentwicklung und Fachsprache
 - 3.5. Der mathematische Aspekt
 - 3.6. Modell- und Theoriebildung
 - 3.7. Üben und Sichern
 - 3.8. Differenzierung
4. Abgrenzung und Brücken – die Fachgrenzen überschreitendes Lernen
5. Anforderungen und Beurteilungskriterien
 - 5.1. Anforderungen
 - 5.2. Beurteilungskriterien
6. Hinweise zur Arbeit in Aufgabengebieten
7. Anmerkungen zu den verbindlichen Inhalten
 - 7.1. Physik 5/6 (Haupt- und Realschule)
 - 7.1.1. Behutsam zur Physik hinführen
 - 7.1.2. Offene Arbeitsformen fördern
 - 7.2. Phänomene in der Elektrizität
 - 7.2.1. Inhaltliche Schwerpunkte
 - 7.2.2. Arbeitsformen
 - 7.2.3. Vorkenntnisse und Alltagsvorstellungen
 - 7.2.4. Ergänzende Hinweise
 - 7.3. Phänomene in der Wärmelehre
 - 7.3.1. Inhaltliche Schwerpunkte
 - 7.3.2. Arbeitsformen
 - 7.3.3. Vorkenntnisse und Alltagsvorstellungen
 - 7.3.4. Ergänzende Hinweise
 - 7.4. Luft und Luftdruck
 - 7.4.1. Inhaltliche Schwerpunkte
 - 7.4.2. Arbeitsformen
 - 7.4.3. Vorkenntnisse und Alltagsvorstellungen
 - 7.4.4. Ergänzende Hinweise

- 7.5. Akustik (Wahlthema)
 - 7.5.1. Inhaltliche Schwerpunkte
 - 7.5.2. Arbeitsformen
 - 7.5.3. Vorkenntnisse und Alltagsvorstellungen
 - 7.5.4. Ergänzende Hinweise
- 7.6. Anmerkungen zu Block 1
 - 7.6.1. Den Weg zum Gesetz langsam beschreiben
 - 7.6.2. Selbständigkeit fördern
- 7.7. Block 1: Elektrik
 - 7.7.1. Inhaltliche Schwerpunkte
 - 7.7.2. Arbeitsformen
 - 7.7.3. Vorkenntnisse und Alltagserfahrungen
 - 7.7.4. Ergänzende Hinweise
- 7.8. Block 1: Optik
 - 7.8.1. Inhaltliche Schwerpunkte
 - 7.8.2. Arbeitsformen
 - 7.8.3. Vorkenntnisse und Alltagsvorstellungen
 - 7.8.4. Ergänzende Hinweise
- 7.9. Block 1: Mechanik
 - 7.9.1. Inhaltliche Schwerpunkte
 - 7.9.2. Arbeitsformen
 - 7.9.3. Vorkenntnisse und Alltagserfahrungen
 - 7.9.4. Ergänzende Hinweise
- 7.10. Anmerkungen zu Block 2 (Hauptschule)
 - 7.10.1. Eine übergeordnete Struktur kennen lernen
 - 7.10.2. Zu verantwortungsvollem Bewerten und Handeln anregen
 - 7.10.3. Erste Einblicke in Mikrokosmos und Makrokosmos
- 7.11. Energie
 - 7.11.1. Inhaltliche Schwerpunkte
 - 7.11.2. Arbeitsformen
 - 7.11.3. Vorkenntnisse und Alltagserfahrungen
 - 7.11.4. Ergänzende Hinweise
- 7.12. Atom- und Kernphysik
 - 7.12.1. Inhaltliche Schwerpunkte
 - 7.12.2. Arbeitsformen
 - 7.12.3. Vorkenntnisse und Alltagserfahrungen
 - 7.12.4. Ergänzende Hinweise
- 7.13. Anmerkungen zu Block 2 (Realschule)
 - 7.13.1. Aufbau einer übergeordneten Struktur
 - 7.13.2. Bezüge zur Umwelt und zum Naturschutz
 - 7.13.3. Erweiterte Informationsbeschaffung
- 7.14. Mechanische Energie

- 7.14.1. Inhaltliche Schwerpunkte
- 7.14.2. Arbeitsformen
- 7.14.3. Vorkenntnisse und Alltagserfahrungen
- 7.14.4. Ergänzende Hinweise
- 7.15. Thermische Energie
 - 7.15.1. Inhaltliche Schwerpunkte
 - 7.15.2. Arbeitsformen
 - 7.15.3. Vorkenntnisse und Alltagserfahrungen
 - 7.15.4. Ergänzende Hinweise
- 7.16. Elektrische Energie
 - 7.16.1. Inhaltliche Schwerpunkte
 - 7.16.2. Arbeitsformen
 - 7.16.3. Vorkenntnisse und Alltagserfahrungen
 - 7.16.4. Ergänzende Hinweise
- 7.17. Anmerkungen zu Block 3 (Realschule)
 - 7.17.1. Einblicke in den atomistischen Aufbau der Materie
 - 7.17.2. Bezüge zur Umwelt und zum Umweltschutz
 - 7.17.3. Zuwahl weiterer Themen
- 7.18. Atom- und Kernphysik
 - 7.18.1. Inhaltliche Schwerpunkte
 - 7.18.2. Arbeitsformen
 - 7.18.3. Vorkenntnisse und Alltagserfahrungen
 - 7.18.4. Ergänzende Hinweise
- 7.19. Wahlthema Elektronik
 - 7.19.1. Inhaltliche Schwerpunkte
 - 7.19.2. Arbeitsformen
 - 7.19.3. Vorkenntnisse und Alltagserfahrungen
 - 7.19.4. Ergänzende Hinweise
- 8. Hinweise auf Literatur und Arbeitshilfen

1. Der innovative Ansatz des Rahmenplans

Der Rahmenplan beschreibt die didaktischen Grundpositionen für einen Physikunterricht der Klassen 5 bis 10 an Haupt- und Realschulen. Dabei sind neuere Erkenntnisse der Physikdidaktik berücksichtigt worden. Insofern ist dieser Plan als Weiterentwicklung des bisherigen Lehrplans aufzufassen. Vier Veränderungen prägen den Rahmenplan. Sie beziehen sich sowohl auf die Inhalte als auch auf die Arbeitsformen.

Inhalte

- Es sind Inhalte aufgenommen worden, die den Unterricht stärker an die aktuelle Forschung und an die durch Physik geprägte moderne Technik heranführen. Beispiele sind Solarzelle, Wärmepumpe, Lichtleiter, Kelvinskala, Supraleitung, Sternentwicklung oder die Entwicklung des Weltbildes.
- Die physikalischen Inhalte werden in sinnstiftende Kontexte eingebunden. Das geschieht mit Hilfe verbindlicher Erschließungskriterien (Kultur, Natur und Umwelt, Alltag und Technik) und durch Arbeiten in einem Aufgabengebiet (z.B. Umwelterziehung, Gesundheitsförderung, Verkehrserziehung, Berufsorientierung,). Damit aber Schülerinnen und Schüler eine an der Fachwissenschaft orientierte elementare Struktur der Physik kennen lernen, werden bei der Behandlung eines jeden Themengebietes die fachwissenschaftlichen Inhalte, Konzepte und Methoden herausgestellt und gesichert.

Arbeitsformen

- Grundlegende Arbeitsform ist das praktische Tun. Dazu gehören neben dem Experimentieren die Analyse technischer Geräte, die Herstellung von Modellen, die Beschaffung aktueller Informationen, die Gestaltung von Präsentationen sowie die Beteiligung an Wettbewerben. Dabei werden Schülerinnen und Schüler befähigt, selbständig und eigenverantwortlich zu arbeiten. Die damit verbundene Stärkung der Eigenkompetenz ist ausgerichtet auf die Entwicklung eigenverantwortlichen Handelns.
- Wann immer möglich, sollten offene Formen des Arbeitens und Lernens gefördert werden. Dabei liegen Arbeitsabläufe und Arbeitsergebnisse nicht von vornherein fest, sondern ergeben sich erst im Prozess der Auseinandersetzung mit den jeweiligen Sachverhalten oder Problemen. Aufgaben, die alternative Lösungsmöglichkeiten zulassen, kommt dabei eine besondere Bedeutung zu.
Projektorientiertes Arbeiten besitzt in der Regel einen offenen Charakter, weil dabei zwar eine Orientierung am Produkt, an

seiner Analyse oder einer Präsentation gegeben ist, Inhalte, sachliche Struktur sowie der Arbeitsprozess aber erst durch die Arbeitsgruppe erforscht und entwickelt werden müssen.

2. Anmerkungen und ergänzende Hinweise zu den Zielen

2.1. Physikunterricht und schulische Bildung

Der Physikunterricht ist Teil der schulischen Bildung und somit ausgerichtet am Bildungs- und Erziehungsauftrag der Schule (§2 des Schulgesetzes.) Danach ist es Aufgabe der Physiklehrkräfte, den Physikunterricht so zu planen und zu gestalten, dass Schülerinnen und Schüler sowohl Sach- und Fachkompetenz als auch Kompetenzen auf sozialem, sprachlich-kommunikativen und allgemein methodischem Gebiet erwerben können. Dazu sind Absprachen mit den Kolleginnen und Kollegen der anderen Fächer nötig. Hierdurch wird auch Lernen jenseits der vertrauten Fachsystematik ermöglicht. Die Lehrkräfte planen und realisieren Bildungsaufgaben im Rahmen der Aufgabengebiete oder eines Lernbereichs.

2.2. Wissenschaftsorientierung und Schülerorientierung

Eine Wissenschaftsorientierung des Unterrichts ist notwendig, weil die heutige Industriegesellschaft in vielen Bereichen durch Wissenschaft mitbestimmt wird. Indem sich der Physikunterricht an der Wissenschaft Physik orientiert, bezieht er grundsätzliche Denkansätze, Untersuchungs- und Arbeitsmethoden sowie Modell- und Theoriebildungen in den Unterricht ein. Dass das nur exemplarisch geschehen kann, ist durch die begrenzte Lernfähigkeit der Schülerinnen und Schüler in der Sekundarstufe I sowie die geringe Stundenzahl bedingt.

Den Gegenpol zur Wissenschaftsorientierung bildet die Schülerorientierung. Erfolgreiches Lernen ist nämlich nur möglich, wenn die für den Unterricht ausgewählten Sachverhalte auf Schülerinnen und Schüler hinorientiert werden. Es bedeutet: Berücksichtigung der Vorkenntnisse und Vorerfahrungen der Schülerinnen und Schüler, ihrer individuellen und sozialen Lebenswelt sowie ihrer Lernfähigkeit. Stark vereinfacht ergibt sich die Forderung, Schülerinnen und Schüler dort abzuholen, wo sie sich „geistig“ befinden.

So ist es z.B. wenig ratsam bei der Behandlung der Induktion mit dem Leiterschaukelversuch zu beginnen. Es ist sinnvoller, die Fahrradlichtmaschine an den Anfang zu stellen, sie zu zerlegen und zu untersuchen.

2.3. Aspekte der Realität und die Formulierung von Unterrichtszielen

Die übergeordneten Ziele des Physikunterrichts in der Sekundarstufe I beziehen sich auf

- fachwissenschaftliche Erkenntnisse,
- die Arbeitsweisen der Physik sowie
- die wechselseitigen Einflüsse zwischen Physik, Umwelt und Gesellschaft.

Für die unterrichtliche Auseinandersetzung mit den verbindlichen Inhalten müssen Lehrerinnen und Lehrer die Unterrichtsziele festlegen. Dabei bilden die im Rahmenplan bei 1.4 genannten fachwissenschaftlichen Konzepte, Inhalte und Methoden die Basis, die durch das gewählte Erschließungskriterium und die Einbindung des Themas in ein Aufgabengebiet eine Erweiterung bzw. Konkretisierung erfährt. Abhängig von der für die jeweilige Lerngruppe getroffenen didaktischen Entscheidungen ergeben sich dann unterschiedliche Zielformulierungen.

Die Ziele werden durch das Thema, die dem Thema innewohnenden fachwissenschaftlichen Inhalte, Konzepte und Methoden sowie durch das gewählte Erschließungskriterium bzw. das gewählte Aufgabengebiet bestimmt. Sie prägen dann (zusammen mit weiteren didaktischen Faktoren) Struktur und Ablauf des Lernprozesses.

So ergeben sich z.B. bei dem Thema „Messung thermischer Energie“ (Block 3/Thermische Energie) die konkreten Unterrichtsziele in Abhängigkeit vom gewählten Erschließungskriterium bzw. Aufgabengebiet. Wird die Einheit Joule im Rahmen der Gesundheitsförderung eingeführt, stehen Nährwert und gesunde Ernährung im Vordergrund der Betrachtung. Erschließt man das Thema durch Behandlung des Viertaktmotors, werden Verbrennungsvorgänge im Motor, Energieinhalte von Kraftstoffen (Heizwerte) und das Viertaktverfahren eine besondere Bedeutung erlangen und die Unterrichtsziele prägen.

Es ist Aufgabe der Physiklehrerinnen und Physiklehrer mit der jeweiligen Lerngruppe festzulegen, mit Hilfe welcher Erschließungskriterien oder im Rahmen welchen Aufgabengebietes ein verbindlicher Inhalt von Schülerinnen und Schülern am besten bearbeitet werden kann. Dabei sind die Leistungsmöglichkeiten, das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler, ihre experimentellen Erfahrungen, die messtechnischen und mathematischen Fähigkeiten sowie ihre Motivationslage zu berücksichtigen.

Es ist nicht zwingend, entweder ein Erschließungskriterium oder ein Aufgabengebiet zu wählen. Die Nutzung mehrerer methodischer Möglichkeiten gleichzeitig kann durchaus sinnvoll sein. So ist der Schnellkochtopf ein Beispiel für die Nutzung thermischer Energie in Alltag und Technik, gleichzeitig aber eine

Möglichkeit für eine gesunde und energiesparende Nahrungszubereitung (Aufgabengebiete Umwelterziehung und Gesundheitsförderung.) Es ist jedoch davor zu warnen, einen Inhalt in zu viele Sachzusammenhänge gleichzeitig einzubetten. Der Gegenstand des Lernens wird dann für Schülerinnen und Schüler zu komplex und unübersichtlich. Anschaulichkeit, von Interesse geleitetes Arbeiten, klare Strukturen der Sache und im Prozess sind am lernwirksamsten.

Die im Rahmenplan unter 1.4 zusammengestellten Ziele des Physikunterrichts können nicht der Reihe nach „abgearbeitet“ werden. Sie sind häufig zu mehreren oder sogar alle gleichzeitig für den Unterricht von Bedeutung. Ein Ziel oder einige wenige Ziele werden aber meist besonders betont.

3. Anmerkungen und ergänzende Hinweise zu den didaktischen Grundsätzen

3.1. Vorkenntnisse und Alltagserfahrungen

Schülerinnen und Schüler erwerben auch außerhalb der Schule Kenntnisse zu physikalisch-technischen Sachverhalten und sammeln Erfahrungen im Umgang mit der Technik. Das geschieht durch Beobachtungen in der Natur und in der technischen Welt, den Umgang mit technischen Geräten und technischem Spielzeug sowie durch Fernsehsendungen und die Computernutzung. Der Unterricht kann deshalb in der Regel an bereits gemachte Erfahrungen und dabei erworbene Kenntnisse und Fähigkeiten anknüpfen und sie für erfolgreiches Lernen nutzen. Eine solche Vorgehensweise entspricht dem heute allgemein anerkannten Lernbegriff, der Lernen als die Konstruktion des Neuen auf der Basis bereits erworbenen Wissens beschreibt. Wie dies methodisch umgesetzt werden kann, ist den Hinweisen zu den Inhalten zu entnehmen.

Zur Deutung der im Alltag gemachten Beobachtungen sowie der erworbenen Erfahrungen entwickeln Schülerinnen und Schüler eigene Erklärungsmuster und Theorien. Sie stimmen oft nicht mit den wissenschaftlichen Erklärungen überein und sind auch kaum in einem übertragenen Sinn zu akzeptieren. (z.B. Sehstrahlvorstellung, Stromverbrauch)

Es sollte Lehrerinnen und Lehrer nicht verwundern, wenn Schülerinnen und Schüler über lange Zeit an ihren Erklärungen und Theorien festhalten und die im Unterricht erarbeiteten nur zögernd übernehmen. Der geistige Wechsel von der Alltagswelt in die Welt der Physik ist ein langwieriger Prozess. Entscheidend ist, die Erklärungen der Schülerinnen und Schüler ernst zu nehmen, sie im Unterricht zu thematisieren und sie behutsam zur Einsicht zu führen, dass aus Experimenten gewonnene Erklärungen und die Definitionen physikalischer Begriffe und Größen eine große Hilfe zur Deutung der

Sachwelt darstellen (Siehe auch: 3.4 Sprachentwicklung und Fachsprache.)

3.2. Motivation

Schülerinnen und Schüler zu motivieren bedeutet, ihr Interesse zu wecken für ein Unterrichtsthema, ein Problem, einen Sachverhalt oder eine besondere Form des Arbeitens. Durch eine ausreichende Motivation werden günstige Bedingungen für ein erfolgreiches Lernen geschaffen. Es sollte einkalkuliert werden, dass Schülerinnen und Schüler nicht für alle Unterrichtsinhalte in gleichem Maße zu motivieren sind. Unabhängig von ihrem Lerninteresse muss eine Lernhaltung erreicht werden, zu der auch die Bereitschaft gehört, sich Fremdem und Anstrengendem zuzuwenden.

Die Motivation der Schülerinnen und Schüler wird häufig auf die einleitende Phase des Unterrichts beschränkt, die deshalb auch als Motivationsphase bezeichnet wird. Man sollte sich jedoch bewusst sein, dass eine kurzzeitige Motivation in der Regel nicht besonders lernwirksam ist. Vielmehr sollten alle unterrichtlichen Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Motivation beitragen.

Die Planung motivierender Maßnahmen ist eng mit der Festlegung von Unterrichtszielen verbunden. Erst wenn die Ziele festliegen, kann überlegt werden, wie Schülerinnen und Schüler für das Erreichen der Ziele zu motivieren sind. Dabei ist zu bedenken, dass ihre individuellen Kenntnisse, Fähigkeiten, Fertigkeiten und Einstellungen sowie ihre Neigungen eine Entwicklung differenzierter Motivationsmaßnahmen erforderlich machen. Von ganz besonderer Bedeutung ist die Berücksichtigung der unterschiedlichen Interessen von Jungen und Mädchen. Es sollte auch einkalkuliert werden, dass sich Interesse an einem physikalischen Inhalt u.U. erst im Laufe des Unterrichts entwickelt, also quasi am Ende des Lernprozesses auftritt.

Zu aufwendige und vom physikalischen Inhalt wegführende Motivationsmaßnahmen können Schülerinnen und Schüler gegebenenfalls verwirren, so dass sie dann nicht mehr erkennen, worum es in der Unterrichtsstunde eigentlich geht. Es muss deshalb sichergestellt sein, dass alle Schülerinnen und Schüler zu jedem Zeitpunkt wissen, an welcher Aufgabe gearbeitet werden soll.

Im Physikunterricht lässt sich eine motivierende Wirkung durch verschiedene Maßnahmen hervorrufen, von denen hier einige besonders bedeutsame genannt werden. Ihre Reihenfolge stellt keine Rangfolge dar.

- Eingehen auf Vorerfahrungen, Vorkenntnisse oder Schülerfragen.
- Aufgreifen eines besonderen Ereignisses, über das die Medien berichtet haben: z.B. Umkippen eines Krans auf einer Baustelle, Blitzeinschlag in ein Gebäude.

- Einbeziehung von Alltagsgegenständen oder Alltagsproblemen: z.B. Funktion eines Fahrraddynamos, Energieeinsparung durch Energiesparlampen.
- Interessante Formulierungen des Unterrichtsthemas: Mensch unter Strom (Leitfähigkeit des menschlichen Körpers;) Tauchen in 10000 m Tiefe.
- Vorstellen eines faszinierenden Versuchs: z.B. Nagel schmelzen mit einem Hochstromtransformator, Zünden eines Benzindampf-Luft-Gemisches,
- Bericht des Lehrers über interessante Sachverhalte aus Forschung und Technik, z.B. Entdeckung der Quarks, Störung von Computermonitoren durch Magnetfelder elektrischer Bahnen.
- Ansporn zur Lösung eines komplexen Problems: z.B. Fehlersuche bei der Lichtanlage eines Fahrrades.
- Einbeziehung außerschulischer Lernorte: z.B. Kohlekraftwerk, Sternwarte,
- Vorführen eines Films: z.B. Landung des Menschen auf dem Mond, Kreiskolbenmotor.
- Durchführung von Schülerversuchen in neuer Form: z.B. Lernen an Stationen, offenes Experimentieren mit neuen Geräten.
- Herstellung von Funktionsmodellen und Gebrauchsgegenständen: z.B. Tauchsiedermodell, Briefwaage.
- Analyse technischer Geräte: z.B. Öffnen einer Glühlampe, Zerlegen einer Schmelzsicherung.
- Beschäftigung mit berufsorientierten Aufgaben: z.B. Strahlenschutz für Röntgenassistentinnen, Einstellungstest für einen technischen Lehrberuf

3.3. Das Experiment als Mittelpunkt des Unterrichts

Im Mittelpunkt des Unterrichts steht das Experiment als entscheidende Methode naturwissenschaftlichen Arbeitens. Dabei erfahren Schülerinnen und Schüler, dass der Mensch mit seiner Hilfe unabhängig von zufälligen Beobachtungen, Vorerfahrungen und Vorstellungen wird. Er kann die Fragestellungen an die Natur so eingrenzen, dass auf eine physikalische Frage eine Antwort gefunden werden kann.

- Das physikalische Experiment weist eine charakteristische Stufung auf, die im Prinzip auch für die Struktur vieler Physikstunden gilt. Am Anfang steht eine Frage oder Hypothese. Um sie zu überprüfen, muss im allgemeinen eine entsprechende Apparatur bzw. Messeinrichtung entwickelt werden. Außerdem muss genau überlegt werden, welche Größen gemessen und welche konstant gehalten werden. Die Durchführung des Experiments führt zu Messwerten, die eine neue Klasse von Phänomenen liefern. Durch die Auswertung der Messwerte kann eine Antwort auf die

eingangs formulierte Frage gegeben, die Hypothese bestätigt bzw. verworfen oder eine Gesetzmäßigkeit formuliert werden. Experimentieren im Physikunterricht ist ein vielschichtiger, ergebnisorientierter Prozess.

- Ein Ziel des Experimentierens liegt in der quantitativen Beschreibung von Ereignissen, also in der Verknüpfung von Beobachtung und Begrifflichkeit mit Hilfe der Gesetze der Mathematik. Die Unterrichtsarbeit wird aber in der Hauptschule nur selten, in der Realschule nicht durchgängig bis zur mathematischen Zusammenfassung der im Experiment gewonnenen Daten vordringen.
- Das Entscheidende eines Schulexperiments braucht nicht die Ergebnisformulierung zu sein. Jede einzelne Stufe des physikalischen Experiments kann für den Unterricht besondere Bedeutung erlangen und den Lernprozess prägen. Die Gesamtheit aller Stufen stellt in ihrer fachlichen Systematik einen erkenntnistheoretischen Wert dar, der die Schülerinnen und Schüler zu eigenständigem und methodenkompetentem Tun befähigt.
- Wenn das Thema, die Geräteausstattung, die Organisationsmöglichkeiten sowie die Sicherheitsvorschriften es zulassen, sollten Schülerinnen und Schüler in Arbeitsgruppen selbst experimentieren. Dazu gehören auch die selbständige Planung, Durchführung und Auswertung des Experiments.
- Bei Experimenten kommen speziell für die Schule entwickelte Arbeitsmaterialien, aber auch Originalteile aus Alltag, Technik und Umwelt zum Einsatz, die einen Bezug zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler herstellen. Die technischen Details regen sie zu weiteren Aktivitäten an. Die experimentellen Möglichkeiten von technischen Baukästen, naturwissenschaftlichen Experimentierkästen und Spielzeug sollten verstärkt im Physikunterricht genutzt werden. Es ist darauf zu achten, dass die Physiksammlung eine ausreichende Zahl von Schülerarbeitsgeräten enthält.
- Der Grundsatz der Handlungsorientierung gibt der eigenen experimentellen Tätigkeit der Schülerinnen und Schüler Vorrang vor der Demonstration durch Lehrerinnen und Lehrer. Schülerexperimente werden aber nicht in jeder Unterrichtsstunde möglich sein, da für diese Arbeitsform sehr viel Zeit erforderlich ist. Manche Experimente dürfen oder können von Schülerinnen und Schülern aus Sicherheitsgründen nicht durchgeführt werden. Einige Experimente erfordern die konzentrierte Beobachtung durch die gesamte Klasse. Grundsätzlich ist zu bedenken, dass Schülerinnen und Schüler nicht die gesamte Physik im Experiment „nacherfinden“ können. Es sollten daher auch andere Arbeitsformen gewählt werden. Eine physikalische Fragestellung

kann z.B. durch den Einsatz geeigneter Informationsquellen (Lehrbuch, Fachbuch, Internet, Film und Video) bearbeitet werden. Bei manchen Themen können auch Computer sinnvoll eingesetzt werden, beispielsweise zum Messen, Auswerten und Darstellen von Daten und der Simulation technischer Abläufe. Die Herstellung physikalischer Funktionsmodelle und einfacher Gebrauchsgegenstände ergänzt den experimentellen Physikunterricht sinnvoll.

- Bei der Durchführung von Schülerexperimenten muss die Zahl der Schülergruppen für Lehrerinnen und Lehrer überschaubar bleiben, damit sie die einzelnen Gruppen bei ihrer Arbeit unterstützen können und ausreichend Sicherheit gewährleistet ist. Acht Arbeitsgruppen mit je zwei Schülerinnen oder Schülern bilden in der Regel die Obergrenze. Bei bestimmten Themen ist auch ein Experimentieren mit der ganzen Klasse möglich. Bei der Gruppenarbeit muss jede Schülerin bzw. jeder Schüler einen sinnvollen Arbeitsauftrag übernehmen.

3.4 Sprachentwicklung und Fachsprache

In Bezug auf die Sprache verfolgt der Physikunterricht zwei Intentionen. Er fördert die allgemeine Sprachentwicklung und führt in die Fachsprache der Physik ein. Damit ist jede Physikstunde auch Sprachunterricht. Für den Physikunterricht sind Vorgangs- und Funktionsbeschreibung, Protokoll und Referat die wesentlichen sprachlichen Ausdrucksformen. Sie werden im Deutsch- und Physikunterricht eingeübt. Eine Zusammenarbeit mit dem Deutschlehrer ist deshalb unerlässlich.

Damit Schülerinnen und Schüler den Unterschied zwischen Alltagssprache und Fachsprache verstehen und befähigt werden, sprachliche Darstellungen in der Fachsprache zu liefern, sollte man möglichst oft spezielle Sprachübungen durchführen. Sie dienen besonders der Verbesserung des aktiven und passiven Wortschatzes und des sprachlichen Ausdrucks.

Beispiele:

- Sinnerfassendes Lesen von Sachtexten
- Vorlesen und Vortragen, auch in freier Rede
- Erlernen der Bezeichnungen für bestimmte Arbeitsgeräte, Begriffe, Größen, Einheiten, wichtige Sachverhalte und Vorgänge.
- Bewusst machen, mit wie vielen Bedeutungen ein bestimmtes Wort verwendet wird (Kraft: Waschkraft, Krafttraining, Sehkraft, Hubkraft usw.)
- Einen kurzen Vorgang in der Alltagssprache und in der Fachsprache beschreiben lassen (zweispaltige Tabelle verwenden.)

- Versuchsprotokolle anfangs in der Alltagssprache anfertigen lassen, dann in Richtung Fachsprache einengen, indem man die physikalischen Begriffe festlegt, die verwendet werden sollen.
- Bestimmte Arbeitsblätter und Vorlagen, die in der Fachsprache formuliert sind, bei der Protokollierung und Auswertung von Versuchen verwenden.
- Schülerinnen und Schüler führen eine Arbeitsmappe. Darin legen sie ein Glossar mit wichtigen Begriffen, Größen und Einheiten an.
- Prüfung von Zeitungsberichten über physikalisch-technische Ereignisse, ob die physikalische Fachsprache richtig verwendet worden ist.

Bestimmte Größen, Einheiten und Formelzeichen leiten sich aus dem Englischen ab. Die Bedeutung des Englischen als Weltsprache der Naturwissenschaften lässt sich daher auch im Physikunterricht exemplarisch aufzeigen. Informationen im Internet sind häufig nur in englischer Sprache zugänglich, sie müssen gegebenenfalls übersetzt werden. Hier leistet der Physikunterricht einen sinnvollen Beitrag zur Verbesserung der fremdsprachlichen Kompetenz der Schülerinnen und Schüler.

3.5 Der mathematische Aspekt

Bei vielen Themen ist es notwendig, ein Versuchsergebnis quantitativ zu beschreiben, um es in seiner eigentlichen Bedeutung zu erfassen. Schülerinnen und Schüler sollen deshalb an ausgewählten Beispielen erfahren, dass Sachverhalte der Physik zahlenmäßig erfassbar, grafisch darstellbar und durch bestimmte mathematische Methoden auswertbar sind.

In der Realschule gehört der Umgang mit Größengleichungen zum Pflichtteil des Unterrichts. Die prägnanteste Form der Ergebnisformulierung ermöglicht es, die Verbindung zwischen Physik und Mathematik verstärkt aufzuzeigen, Rechenverfahren abzukürzen (Verwendung von Formeln) und bei bestimmten physikalischen Aufgaben mehrere Gleichungen miteinander zu verknüpfen.

Lehrerinnen und Lehrer sollten bei der Mathematisierung zwei Grundsätze beachten:

1. Vor der Verwendung von Gleichungen und Formeln sollte das Verständnis der benutzten Größen stehen. Dafür bieten besonders die Inhalte des 2. Blockes (Grundgesetze der Physik) grundlegende Möglichkeiten. Mit leistungsfähigen Gruppen kann dabei auch die Ableitung einer Formel erarbeitet werden.

2. Termumformungen sind notwendig, um fehlende Größen in bekannten Zusammenhängen zu berechnen. Sie müssen deshalb von den Schülerinnen und Schülern beherrscht werden. Das reine Formelrechnen und Rechenaufgaben ohne Praxisbezug sind zu vermeiden. Schülerinnen und Schüler sollen vielmehr anhand von realistischen Aufgabenstellungen unterschiedliche Lösungsstrategien kennen lernen und anwenden.

Zu den verbindlichen Inhalten des Rahmenplans gehören verschiedene Messverfahren der physikalischen Größen (Temperatur, Kraft, Stromstärke, Zeit, usw. .) Dafür sind Ablesübungen an Messgeräten, Umrechnungen von Messbereichen, Wägungen, usw. notwendig. Sie erfordern ein Zahlenverständnis und einen sicheren Umgang mit den Grundrechenarten. Erst durch ständiges Training gewinnen Schülerinnen und Schüler hierbei Sicherheit und Kompetenz. Rechenttraining gehört aber nicht zu den Aufgaben des Physikunterrichts.

3.6 Modell- und Theoriebildung

Modelle spielen im physikalischen Erkenntnisprozess eine wichtige Rolle. Ist ein Objekt oder Vorgang der menschlichen Anschauung nicht unmittelbar zugänglich, wird nach einem Schema, Bild oder Gegenstand gesucht, um mit Hilfe ihrer Struktur das Objekt zu beschreiben. Das Modell stimmt in einigen Merkmalen mit dem unanschaulichen Objekt überein und veranschaulicht es dadurch.

Der Physikunterricht kommt ohne Modelle und Analogien nicht aus (z. B. Atommodell, Stromkreismodell, Lichtstrahlmodell, Modell des Elementarmagneten). Sie sollten im Unterricht aber erst dann eingeführt werden, wenn Schülerinnen und Schüler durch eine ausreichende Anzahl von Erfahrungen darauf vorbereitet sind und sie die Notwendigkeit für die Bildung eines Modells begreifen. Dabei ist stets darauf zu achten, dass sie zwischen Phänomen und Modell unterscheiden können und sie den Gültigkeitsbereich eines Modells und die Möglichkeit erkennen, es durch ein leistungsfähigeres zu ersetzen.

In der Physik gewonnene Einzelerkenntnisse lassen sich zu Systemen zusammenfassen und als in sich geschlossene widerspruchsfreie gedankliche Strukturen darstellen. Solche Systeme werden als Theorien bezeichnet. (z.B. Theorie des elektrischen Stromes, Theorie der geometrischen Optik, Atomtheorie). Sie können zur Deutung physikalischer Erscheinungen herangezogen werden und bieten gleichzeitig das gedankliche Schema, von dem aus der Erkenntnisprozess weitergeführt werden kann.

Der Physikunterricht muss Schülerinnen und Schüler auf Theorien umfassend vorbereiten. Dafür ist es notwendig, dass sie sich mit

konkreten Einzelfällen beschäftigen, bevor daraus eine übergeordnete Theorie entwickelt wird. Das sollte behutsam und in einer der Altersstufe angemessenen Form geschehen. Erst wenn Schülerinnen und Schüler begreifen, dass die Theorie eine gedankliche Hilfe darstellt, die Ordnung schafft und Deutungen ermöglicht, werden sie diese in ihrer naturwissenschaftlichen Bedeutung verstehen.

3.7 Üben und Sichern

Im Vordergrund der Unterrichtsarbeit stehen das Experiment als Frage an die Natur und das Begreifen von physikalisch-technischen Zusammenhängen. Das Erfahrene und Erlernte wird aber nur dann geistiger Besitz der Schülerinnen und Schüler und in ihr Langzeitgedächtnis aufgenommen, wenn es in immer wieder neuen Zusammenhängen wiederholt und geübt wird.

Der Physikunterricht muss daher auf vorangegangene Themen zurückgreifen, sie mit dem neuen Thema verknüpfen und ausreichend Trainingsmöglichkeiten schaffen. Das darf keine einmalige Angelegenheit sein, sondern muss den Unterricht durchgängig prägen. Wiederholungsübungen sollten methodisch vielfältig und motivierend gestaltet werden. Ständige kurze und strukturierte Übungen sind wirksamer als einmalig lange. Darüber hinaus kann es durchaus sinnvoll sein, am Ende eines Schuljahres an Hand der geführten Arbeitsmappe noch einmal die behandelten Themen durchzugehen, damit sich Schülerinnen und Schüler ihres Wissenszuwachses bewusst werden.

Es wird empfohlen, zu jedem Thema eines verbindlichen Inhalts Wiederholungs- und Trainingsaufgaben zu entwickeln. Sie sollten Schülerinnen und Schülern jederzeit zur Verfügung stehen und den Charakter einer Lernhilfe haben. Dabei sind besonders auch solche Aufgaben wichtig, die mehr auf methodische Kompetenzen als auf Faktenwissen zielen. Werden die Aufgaben im Computer gespeichert, können sie Unterrichtsveränderungen leicht angepasst werden.

3.8 Differenzierung

Die Lern- und Leistungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler weist große Unterschiede auf. Es ist deshalb erforderlich, im Unterricht den unterschiedlichen Fähigkeiten entsprechende Arbeits- und Leistungsmöglichkeiten anzubieten. In der Haupt- und Realschule wird nach der 6. Klasse eine äußere Leistungsdifferenzierung vorgenommen. Sie wird durch die Einrichtung von Wahlpflichtkursen, Arbeitsgemeinschaften und die Teilnahme an naturwissenschaftlich – technischen Wettbewerben ergänzt. Hierbei erfolgt eine Differenzierung nach Leistung und Interesse. Auch wenn eine äußere Differenzierung schon erfolgt ist, sind die Lerngruppen nicht homogen. Einige Gründe dafür sind,

- die große Zahl von Schülern, die nach der Beobachtungsstufe der Haupt- und Realschule in die Realschule übertreten,
- die zunehmende Zahl ausländischer Jugendlicher mit sehr ungleichen Lernvoraussetzungen und oft unzureichenden Deutschkenntnissen
- die Integration behinderter Kinder in Regelklassen,
- die zunehmende Zahl von Kindern mit Verhaltensauffälligkeiten, besonders bei den Wahrnehmungsleistungen.

Die Lehrkräfte können darauf nur angemessen reagieren, wenn sie beim selben Unterrichtsthema unterschiedlich anspruchsvolle Lernwege ermöglichen und dafür entsprechende Arbeitsmaterialien, Hilfen und Experimente vorsehen. Die zusätzliche Arbeit für den Lehrer ist häufig beträchtlich und belastend. Einerseits sollten Lehrerinnen und Lehrer stets bemüht sein, eine zu starke Ausdifferenzierung der Schülerleistungen abzuschwächen, um eine kollektive Unterrichtsführung sicherzustellen. Es bedeutet, leistungsschwächere und wenig interessierte Schülerinnen und Schüler immer wieder an die interessierten und leistungsstärkeren heranzuführen. Andererseits müssen besonders Befähigte und Interessierte ebenfalls gezielt gefördert werden.

Im folgenden werden einfache Differenzierungsmöglichkeiten vorgestellt, die beiden Ansprüchen gerecht werden und im Unterricht ohne allzu großen Aufwand an Material und Zeit durchgeführt werden können. Sie sind von unterschiedlicher didaktischer Qualität und nicht klassifiziert.

Beispiele:

- Unterrichtsaktivitäten werden auf zwei Ebenen geführt, einer Erarbeitungsebene und einer Wiederholungs- bzw. Überprüfungsebene. Schülerinnen und Schüler mit höherer Leistungsfähigkeit werden stärker an der Erarbeitung eines Themas beteiligt.
- Im problemorientierten Unterricht erhalten Schülerinnen und Schüler die Gelegenheit, Hypothesen zu bilden und Experimente selbst zu planen. Hierdurch werden begabte Schülerinnen und Schüler besonders gefördert.
- Unterrichtsgespräche werden im Sinne eines immer stärkeren Eindringens in einen Sachverhalt oder ein Problemfeld geführt und dabei immer höhere Leistungsanforderungen gestellt.
- Aufgaben werden so ausgewählt und formuliert, dass unterschiedliche Lösungswege möglich sind. Sie stellen unterschiedliche Anforderungen (auch im sprachlichen Bereich) an Schülerinnen und Schüler.
- Bei Schülerexperimenten werden die Arbeitsgruppen so zusammengesetzt, dass die zu verteilenden Aufgaben die unterschiedliche Leistungsfähigkeit (dazu gehört auch ihre sprachliche Kompetenz) der Schülerinnen und Schüler

berücksichtigen. Kooperative Lernformen nützen sowohl den Schwächeren, als auch den Leistungsstärkeren.

- Bei der Durchführung von Experimenten, der Lösung von Aufgaben oder Problemen, der Beantwortung von Fragen sowie bei sprachlichen Auseinandersetzungen mit physikalischen Sachverhalten wird ein abgestuftes System von Hilfen eingesetzt.
- Bei offeneren Unterrichtsformen können Schülerinnen und Schüler oft länger an einem Problem verweilen, die Zeit selbst einteilen, stärker ihren Interessen folgen und sich Aufgaben stellen und Probleme suchen. Dabei ist aber die Lernbereitschaft der Schüler notwendig.

4. Abgrenzung und Brücken

Die Physik betrachtet die Welt unter einem bestimmten Aspekt. Die in unserer Gesellschaft zu lösenden Aufgaben und Sachprobleme sind aber in der Regel komplex und nur durch Zusammenwirken mehrerer Fachdisziplinen zu lösen. Schülerinnen und Schüler sollen deshalb von Beginn der Sekundarstufe I an lernen, bei Bedarf die Fachgrenzen zu überschreiten bzw. ein Thema unter verschiedenen Fachaspekten anzugehen. Es bedeutet nicht, die besonderen Arbeits- und Denkweisen der Physik zu vernachlässigen, sondern sie in einen größeren Sachzusammenhang einzubringen.

Für die Unterrichtspraxis ergeben sich daraus zwei Forderungen:

1. Bedeutsame fachwissenschaftliche Inhalte, Konzepte und Methoden der Physik müssen Schülerinnen und Schülern verständlich gemacht werden, damit im Laufe der Schuljahre eine nutzbare Struktur der Physik entwickelt werden kann. Das verlangt in vielen Fällen eine Themenbehandlung in Lehrgangsform sowie eine Zusammenfassung und Ordnung gewonnener Erkenntnisse.
2. Wann immer möglich, sollten Aufgaben und Fragestellungen in einen sinnstiftenden Kontext eingebunden werden (Orientierung an Natur, Umwelt, Technik, Lebensproblemen usw.). Es ergibt sich dann die Notwendigkeit, Wissensbestände und Methoden unterschiedlicher Fachdisziplinen zur Lösung einzusetzen.
Eine Möglichkeit ist, für den Physikunterricht interessante Sachverhalte anderer Fachdisziplinen zu berücksichtigen.

Beispiele:

- Magnetismus / Biologie: Orientierung von Vögeln beim Vogelzug am Magnetfeld der Erde, Engerlinge ruhen stets in Nord-Süd-Richtung in der Erde.
- Wärmelehre / Chemie: Kompressorkühlschrank, Abbau der Ozonschicht durch FCKW.

- Elektrik / Geographie: Standorte von Kraftwerken, Transport von elektrischer Energie im europäischen Verbundnetz.

Eine weitere Möglichkeit ist, ein Thema durchgehend neben dem physikalischen unter einem weiteren Aspekt zu betrachten.

Beispiele:

- Elektrik / Mathematik: Parallelschaltung von Glühlampen, Darstellung von Dualzahlen mit Hilfe parallelgeschalteter Lampen.
- Elektrik / Chemie: Kohlekraftwerk als Energiewandler und als Stoffwandler.
- Kernphysik / Biologie: Physikalische und biologische Wirkung ionisierender Strahlung.

Beim Fachgrenzen überschreitenden Arbeiten werden Aufgaben oder Sachprobleme von vornherein so beschrieben bzw. festgelegt, dass an ihrer Lösung mehrere Fachdisziplinen mitwirken müssen. Dafür können Fächer kooperieren, ein Projekt geplant oder die Arbeit innerhalb eines Aufgabengebietes oder Lernbereichs organisiert werden.

Beispiele:

- Verkehr und Umwelt: Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor, Akku oder Brennstoffzelle (Chemie, Physik), Landschaftsveränderung durch Straßen- und Schienenbau (Geographie, Biologie), Lärm und Lärmschutz (Physik, Biologie), Verkehrskonzepte (Politik, Geographie) usw.
- Klima und Umwelt: Solarenergie (Physik), Wetterphänomene (Physik, Geographie), Abbau der Ozonschicht und Erhöhung der Intensität der UV-Strahlung (Chemie, Biologie, Physik, Geographie), Nutzung umweltschonender Energiegewinnungsmethoden (Physik, Chemie, Biologie, Geographie, Politik) usw.

Die Bearbeitung komplexerer Themen kann durch einzelne Fächer auch zeitlich versetzt vorgenommen werden. Wenn z.B. im Rahmen eines Projekts das Thema „Klima und Umwelt“ behandelt werden soll, können die physikalischen und technischen Sachverhalte bereits vorab im Physikunterricht bearbeitet werden. Grundkenntnisse und grundlegende Erfahrungen darüber stehen dann bereits bei Projektbeginn zur Verfügung.

Die Organisation eines fächerüberschreitenden Projekts lässt sich u. U. erleichtern, wenn dafür die an der Schule üblichen Projektzeiten genutzt oder neu eingeführt werden. Dies gilt auch für die Aufgabengebiete. Sie sollten verstärkt in Projektzeiten berücksichtigt

werden, aber auch im Unterricht ständig präsent sein. Letztgenannte Möglichkeit ist sicherlich ebenso lernwirksam.

5. Anforderungen und Beurteilungskriterien

5. 1. Anforderungen

In den Haupt- und Realschulen werden an Schülerinnen und Schüler unterschiedliche Anforderungen gestellt. Die folgenden Kriterien können als Orientierungshilfen für die Gestaltung des Unterrichts mit erweiterten Anforderungen in der Realschule dienen, wobei die Lehrkräfte für ihre Lerngruppe entscheiden, welche Kriterien bei der Unterrichtsgestaltung verstärkt berücksichtigt werden.

- Der Unterricht sieht einen zügigeren Lernfortschritt vor. (Zusammengefasste Behandlung verschiedener Teilgebiete, Bearbeitung unterschiedlicher Themen durch einzelne Schülergruppen mit anschließender Ergebnisdiskussion. Einsatz des Lehrbuchs oder anderer Medien zur häuslichen Vor- oder Nachbereitung des Themas u.Ä.).
- Es werden umfangreicheres Wissen und eine größere Zahl von Fähigkeiten und Fertigkeiten vermittelt. (Vorstellen einer größeren Anzahl von Größen und Einheiten. Anreicherung des Unterrichts durch mehr Faktenwissen, Einbeziehung unterschiedlicher Untersuchungsmethoden und Darstellungsformen u.Ä.).
- Der Lernprozess verlangt eine stärkere Eigenleistung der Schüler. (Fragestellung selbst herausarbeiten, Versuche eigenständig planen, selbständige Ergebnisformulierung und Protokollierung, alternative Vorschläge bewerten u.Ä.).
- Physikalische Sachverhalte werden weitergehend bzw. differenzierter untersucht und erklärt. (Mehrperspektivische Untersuchung eines Sachverhalts z.B. in einem fächerüberschreitenden Projekt, Überprüfung einer Hypothese mit Hilfe unterschiedlicher Versuchsanordnungen, Diskussion von Messfehlern und Messunsicherheiten, Anwendung differenzierter Erklärungsmodelle, Festlegung des Gültigkeitsbereichs von Gesetzmäßigkeiten. Verwendung von Modellen mit größerem Gültigkeitsbereich, Vergleich von induktivem und deduktivem Lösungsweg u. Ä.).
- Zunächst getrennt behandelte Themen werden häufiger miteinander verknüpft und unter übergeordneten Gesichtspunkten untersucht. (Phänomene oder Erkenntnisse miteinander vergleichen, Herausarbeiten von Unterschieden und Gemeinsamkeiten, Erweiterung von Definitionen, Integration von Ergebnissen und Erkenntnissen in die bereits erarbeitete Struktur der Physik, Entwicklung von Systemen und Theorien u.Ä.).
- Die physikalische Fachsprache wird konsequenter verwendet. (Stärkere Abgrenzung zwischen Umgangssprache und Fachsprache, detaillierte Benennungen mit Hilfe fachsprachlicher Begriffe, Ausschärfung verwendeter Begriffe, Fachsprache als

Ausdruck einer besonderen Denkweise, mathematische Formel als physikalische Sprachaussage u.Ä.)

- Der mathematische Aspekt wird deutlicher hervorgehoben. (Durchführung quantitativer Versuche, Aufstellen von Messreihen, Kennlinienaufnahme, Verwendung von Größengleichungen und Formeln, Modellrechnungen, Rechnungen bei Anwendungs- und Transferaufgaben, Ableitung eines neuen Gesetzes aus einem bereits bekannten u.Ä.).
- Arbeit an einer offenen Fragestellung an der sich forschendes Lernen, auch im Rahmen eines naturwissenschaftlichen Wettbewerbs, entfalten kann.

5.2. Beurteilungskriterien

Zur Beurteilung der Leistungen werden die Ergebnisse der Tests und der laufenden Mitarbeit herangezogen. Während in Tests alle Schülerinnen und Schüler mit denselben Aufgaben konfrontiert werden, ergibt sich die laufende Mitarbeit aus sehr unterschiedlichen Aktivitäten.

Unterrichtsgespräch:

- sachlich richtige Wiedergabe
- Verwendung der Fachbegriffe, Größen, Gesetzmäßigkeiten und Modelle
- Wiedergabe des Weges, auf dem physikalische Gesetzmäßigkeiten gefunden wurden
- zielgerichtete Argumentation; weiterführende Fragen und Anregungen; Hinweise auf ähnliche Situationen und Sachverhalte (Transfer)
- Einbeziehung von Problemen aus Natur, Umwelt, Alltag und Technik
- Verknüpfung von Themen und Neustrukturierung eines Themas

Referate und Dokumentationen:

- Sachlich richtige Aussagen
- übersichtliche Darstellung
- Verwendung von Medien
- Sammlung von Informationen
- Einhaltung des Themas
- Gliederung der Darstellung
- freie Rede
- Kontakt zu den Zuhörern
- sachbezogene Beantwortung von Fragen

Mappenführung:

- Einhaltung der formalen Vorgaben

- übersichtliche und saubere Darstellung
- Vollständigkeit
- sachlich richtige Texte und Abbildungen
- sprachliche Richtigkeit
- erweiterte Eintragungen und freiwillige Leistungen

Experimentieren, Gruppenarbeit:

- Aktive Beteiligung an der Arbeitsplanung
- selbständige Arbeitsorganisation
- richtiger Aufbau der Versuche
- Herstellung eines Modells oder einer physikalischen Werkaufgabe
- Sorgfalt beim Experimentieren
- Sachgerechter und pfleglicher Umgang mit dem Arbeitsmaterial
- Offenheit für alternative Interpretationen und Variationen des Experiments
- Kooperation mit den Gruppenmitgliedern
- Beschaffung von Informationen (auch aus dem Internet)
- selbständige Auswertung der Versuchsergebnisse
- sachgerechte Ergebnisdarstellung
- Beachtung der Sicherheitsregeln beim Experimentieren und der Ordnung im Fachraum

6. Hinweise zur Arbeit in Aufgabengebieten

Damit der Unterricht auch besondere Bildungs- und Erziehungsaufgaben übernehmen kann, gibt es neben Fächern und Lernbereichen so genannte Aufgabengebiete. Sie bilden Lern- und Erfahrungsräume, in denen ein Sachverhalt, eine Aufgabe, ein Problem oder eine Werteordnung im Vordergrund stehen. Die Arbeit in den Aufgabengebieten ist also grundsätzlich auf etwas Ganzheitliches ausgerichtet und deshalb fachübergreifend.

Das hamburgische Schulgesetz von 1997 weist acht Aufgabengebiete aus: Umwelterziehung, Gesundheitsförderung, Sexualerziehung, Sozial- und Rechtserziehung, interkulturelle Erziehung, Berufsorientierung, Verkehrserziehung und Medienerziehung.

Im Rahmenplan sind einige Beispiele vermerkt, die das Fach Physik im Rahmen der Aufgabengebiete übernehmen kann. Weitere Hinweise finden sich in den Rahmenplänen der Aufgabengebiete. Die Beiträge sind von unterschiedlichem Umfang und unterschiedlicher Qualität. Sie sind bei Umwelterziehung, Verkehrserziehung und Berufsorientierung sehr viel bedeutsamer als bei Gesundheitsförderung oder Medienerziehung. Sexualerziehung, Sozial- und Rechtserziehung sowie interkulturelle Erziehung bedürfen eines Beitrags durch das Fach Physik gar nicht oder nur in einem sehr geringen Umfang.

Die Arbeit in den Aufgabengebieten vollzieht sich auf zwei Ebenen.

- Die einzelnen Fächer leisten Beiträge, wobei sich sinnvolle Ergebnisse in der Regel erst dann ergeben, wenn die Einzelbeiträge koordiniert bzw. zu einem sinnvollen Ganzen zusammengefügt werden. Andererseits wird durch die Vielzahl von Einzelbeiträgen garantiert, dass ein Thema über längere Zeit wachgehalten wird.
- Es wird ein Zeitraum festgelegt, innerhalb dessen die Arbeit am Thema eines Aufgabengebietes gestaltet werden kann. Erfahrungsgemäß sind die Projektzeiten von einer Woche Dauer. Dieser Zeitraum kann auch genutzt werden, aufbauend auf den Beiträgen der einzelnen Fächer, eine Zusammenfassung bzw. Themenvertiefung vorzunehmen.
- Das Fach Physik wird dabei nur bei wenigen Themen oder Teilthemen eine Leitfunktion übernehmen können, und zwar immer dann, wenn der physikalisch-technische Anteil besonders umfangreich ist oder ihm eine Schlüsselfunktion zukommt.

Beispiele für physikalisch-technische Teilthemen innerhalb dreier Aufgabengebiete:

Umwelterziehung:

Energiegewinnung und Energienutzung, Kohlekraftwerk/
Kernkraftwerk/ Solarelektrische Stromversorgungsanlage,
Energiesparen durch Erhöhung des Wirkungsgrades, Verfahren zur
Abfalltrennung, Lärmemission und Lärmbelästigung, Elektrosmog.

Berufsorientierung:

Berufsbilder des Optikers, Elektrikers, Kfz – Mechanikers,
Klimatechnikers, Hörgeräteakustikers.

Verkehrserziehung:

Umweltschonende Beförderungssysteme, Magnetschwebebahn,
verkehrssicheres Fahrrad, Sicherheitseinrichtungen im Kfz.

7. Anmerkungen zu den verbindlichen Inhalten

7.1 Physik 5/6 (Haupt- und Realschule)

7.1.1 Behutsam zur Physik hinführen

Die verbindlichen Inhalte für das 5. und 6. Schuljahr an Haupt- und Realschulen sind Bestandteil des Rahmenplans Naturwissenschaften/Technik 5/6. Sie bieten die Möglichkeit, Schülerinnen und Schüler in die Physik einzuführen. Dafür wird ein innovativer Ansatz vorgeschlagen.

- Im Mittelpunkt des Unterrichts stehen Geräte, Aufgaben oder Probleme aus Natur, Umwelt, Alltag und Technik. Die Physik kommt dadurch ins Spiel, dass sich Schülerinnen und Schüler bei der Arbeit intensiver mit einzelnen Fragen beschäftigen und sie das Experiment als eine besondere Form der Auseinandersetzung mit der Sachwelt kennen lernen. Dabei entdecken sie, dass Aussagen möglich sind, die nicht nur für den konkreten Einzelfall, sondern allgemein gelten.
- Damit während des Unterrichts auch eine elementare Theorie des jeweiligen Teilgebietes der Physik entsteht, müssen kennen gelernte fachwissenschaftliche Inhalte, Konzepte und Methoden als besondere Ergebnisse zusammengestellt werden. Schülerinnen und Schüler sollen verstehen, welche große Bedeutung eine allgemeine Erkenntnis hat. Ob dafür Merksätze oder Schaubilder entwickelt werden, ist im Einzelfall zu entscheiden.
- Auch im Physik-Anfangsunterricht können Schülerinnen und Schüler in einfacher Form erfahren, wie die Physik zur Veränderung unseres Lebens und unseres Weltbildes beiträgt. Dabei stehen historische Betrachtungen im Vordergrund (Elektrifizierung, Beginn einer objektiven Temperaturmessung, Entdeckung des Vakuums). Sie machen deutlich, welcher großer Wandel sich in den vergangenen 300 Jahren vollzogen hat. Auf das bei Schülerinnen und Schülern zu diesem Zeitpunkt noch relativ schwach ausgebildete Geschichtsbewusstsein muss Rücksicht genommen werden.

7.1.2 Offene Arbeitsformen fördern

Grundlegende Arbeitsform ist das praktische Tun. Schülerinnen und Schüler untersuchen z.B. Geräte, beantworten Fragen mit Hilfe des Experiments, bauen Modelle oder erarbeiten Präsentationen. Durch die Eigentätigkeit lernen sie intensiver und nachhaltiger. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass bestimmte Arbeitstechniken durch Vormachen des Lehrers und Nachmachen der Schüler erst eingeübt werden müssen.

Auch zu Beginn der Sekundarstufe 1 sind Schülerinnen und Schüler zu selbständigem und eigenverantwortlichem Arbeiten fähig. Offene Formen des Unterrichts, die sich bei der unterrichtlichen Behandlung der drei verbindlichen Themen ergeben, sollen deshalb genutzt und gefördert werden. Dazu gehören die Informationsbeschaffung aus Büchern oder dem Internet, die selbständige Planung und Durchführung von Experimenten, die Vorbereitung einer Präsentation, Entwicklung oder Erfindung von Funktionsmodellen oder die Arbeit an einem Projekt.

Diese offenen Arbeitsformen müssen behutsam eingeführt und ausgiebig trainiert werden, sollen sie von den Schülerinnen und Schülern in den folgenden Jahrgangsstufen sicher beherrscht werden. Dass bei offenen Arbeitsformen über die Grenzen des Faches Physik hinaus gearbeitet wird, sollte auch im Anfangsunterricht selbstverständlich sein. Die Vernetzung zwischen unterschiedlichen fachlichen Zugängen im Rahmen des Unterrichts bzw. in einem Aufgabengebiet lässt sich jedoch nur eingeschränkt realisieren, weil dafür ein Denken und Handeln in größeren, z.T. auch komplexeren Strukturen erforderlich ist. Das entwickelt sich aber erst im Laufe der Sekundarstufe 1, wird aber in den Klassen 5 und 6 im Ansatz begonnen (siehe Vorschläge im Rahmenplan).

7.2 Phänomene in der Elektrizität

7.2.1 Inhaltliche Schwerpunkte

Der Unterricht führt Schülerinnen und Schüler in die Elektrizitätslehre ein, indem er den elektrischen Stromkreis und zwei wichtige Stromwirkungen behandelt. Dabei stehen Fragen, Probleme oder Sachverhalte aus Alltag, Handwerk und Technik im Vordergrund. Das Thema hat fünf inhaltliche Schwerpunkte:

- Bedeutung der Elektrotechnik für eine Industriegesellschaft.
- Anschlussbedingungen für ein einzelnes Elektrogerät oder für mehrere Elektrogeräte gleichzeitig.
- Sicherheitsregeln für den Umgang mit dem elektrischen Strom
- Schalter zur Bedienung von Elektrogeräten als Sensoren in der Steuerungstechnik und als Elemente der Computertechnik.
- Aufbau und Funktion von Elektrogeräten, in denen Stromwirkungen genutzt werden.

Fachwissenschaftliche Inhalte, Konzepte und Methoden können in einer Übersicht zusammengestellt werden. Sie dient als Sicherung

gewonnener physikalischer Erkenntnisse sowie der Orientierung während des Unterrichts.

7.2.2 Arbeitsformen

Offenes bzw. projektorientiertes Arbeiten ist bei folgenden Arbeiten möglich:

- Herstellung eines Durchgangsprüfers zur Fehlersuche.
- Reparatur einer Fahrradlichtanlage.
- Aufstellen von Sicherheitsregeln für den Umgang mit dem elektrischen Strom.
- Vorbereitung einer Ausstellung „Zerlegte Elektrogeräte“.
- „Erfinden“ von mechanischen Schaltern, die als Sensoren verwendet werden können.
- Tätigkeiten eines Elektrikers.

Im einführenden Elektrikunterricht ist es relativ leicht möglich, Schülerinnen und Schüler selbständig hantieren, bauen, untersuchen und experimentieren zu lassen, damit sie „begreifen“, worum es geht. Beispiele:

- Demontage ausgedienter Elektrogeräte.
- Bau von Hilfsgeräten und Hilfsschaltungen (Durchgangsprüfer mit einer Leuchtdiode).
- Herstellung von Modellen, mit denen sich Gerätefunktionen erklären lassen (Tauchsiedermodell, E-Magnet).
- Aufbau von Schaltungen nach vorgegebenen Schaltplänen.

Damit Experimente nicht auf den Unterricht beschränkt bleiben, sondern von Schülerinnen und Schülern auch zu Hause vorgenommen werden können, empfiehlt sich die Herstellung eines einfachen Gerätesystems aus Holzklötzen mit aufgeschraubten Bauteilen. Dazu kann ein Projekttag in der Schule vorgesehen werden.

7.2.3 Vorkenntnisse und Alltagsvorstellungen

Schülerinnen und Schüler besitzen bereits verschiedene Vorkenntnisse über den elektrischen Strom (Elektrogeräte im Haushalt, elektrisches Spielzeug, Lehrbaukästen, Sachunterricht in der Grundschule, Fernsehsendungen). An die Vorkenntnisse bzw. Erfahrungen sollte durch sinnvolle Aufgabenstellungen angeknüpft werden.

Das Wort Strom wird in der Alltagssprache im Sinne von elektrischer Energie verwendet (Stromzähler, Stromrechnung). Man sollte sich deshalb nicht wundern, wenn Schülerinnen und Schüler über längere Zeit behaupten, es werde Strom verbraucht.

Auch wenn der elektrische Stromkreis mit dem Wasserstromkreis verglichen wird, neigen Schülerinnen und Schüler immer wieder dazu,

den Elektronenfluss von der Stromquelle nur bis zum Elektrogerät zu verfolgen, in dem die Stromwirkung auftritt. Die Vorstellung, dass immer ein Kreislauf vorhanden sein muss – auch durch die Stromquelle hindurch - entwickelt sich erst langsam.

7.2.4 Ergänzende Hinweise

Der elektrische Strom kann auch dann schon als Elektronenstrom beschrieben werden, wenn der Ladungsbegriff noch nicht zur Verfügung steht. Für Schülerinnen und Schüler ist es außerordentlich hilfreich, wenn sie sich in den Leitungen etwas Fließendes vorstellen können. Außerdem wird erst dann ein Vergleich mit dem Wasserstromkreis möglich.

In der Elektrotechnik wird – historisch bedingt – der elektrische Stromkreis vom Pluspol der Stromquelle durch den Verbraucher bis zum Minuspol beschrieben. Tatsächlich bewegen sich die Elektronen aber vom Minuspol zum Pluspol. Es wird empfohlen, diese Elektronenflussrichtung zu verwenden und auf die technische Stromrichtung hinzuweisen.

Wie die im Leitungsdraht sich bewegenden Elektronen zu einer Temperaturerhöhung des Leiters sowie zum Aufbau eines Magnetfeldes führen, lässt sich Schülerinnen und Schülern im einführenden Elektrikunterricht noch nicht erklären und auch nicht plausibel machen. Der Unterricht begnügt sich, die Phänomene zu beschreiben.

Die Verbindung zwischen Elektrizität und Magnetismus wird hier durch den Vergleich von Elektromagnet und Dauermagnet verdeutlicht. Hierauf bei der elektromagnetischen Induktion zurückgegriffen.

Wenn beim Einsatz eines so genannten Stromversorgungsgerätes Spannung bzw. Stromstärke erhöht werden um einen bestimmten Effekt (z.B. Erwärmung eines Konstantandrahtes) deutlicher hervortreten zu lassen, wird man umgangssprachlich von einem größeren oder kleineren Elektronenstrom sprechen. Die physikalischen Größen Spannung und Stromstärke stehen ja noch nicht zur Verfügung.

Unterschiedliche Stromquellen (Batterien, Akku, Solarzelle, Dynamo) werden nicht hinsichtlich ihrer Spannungsabgabe und elektrischen Leistung klassifiziert, sondern lediglich im Zusammenhang mit der Versorgung bestimmter „elektrischer Verbraucher“ behandelt.

7.3 Phänomene in der Wärmelehre

7.3.1 Inhaltliche Schwerpunkte

Der Unterricht beschäftigt sich mit der Volumenänderung von festen, flüssigen und gasförmigen Körpern bei Temperaturänderungen. Im Vordergrund stehen aber nicht allgemeine physikalische Betrachtungen, sondern sehr konkrete Sachverhalte:

- Entwicklung eines objektiven Temperaturmessverfahrens (Flüssigkeitsthermometer, Celsius-Skala, historische Entwicklung),
- Durchführung auch umfangreicherer Temperaturmessungen zur Überwachung der Umwelt und zur Energieeinsparung,
- Nutzung der Volumen- bzw. Längenänderung von Körpern bei Temperaturänderung für die Temperaturregelung und damit die Energieeinsparung,
- Erkennen und Vermeiden von Zerstörungen, die durch die Volumenänderung von Körpern bei Temperaturänderung auftreten können.

Das Verhalten des Wassers zwischen 0°C und $+4^{\circ}\text{C}$ (Anomalie des Wassers) ist sowohl für die Natur als auch für die Technik von großer Bedeutung und sollte deshalb an geeigneter Stelle angesprochen werden. Eine Erklärung ist aber auf dieser Altersstufe nicht möglich.

Wird das Teilchenmodell eingeführt, können Temperatur und Temperaturänderungen über die Teilchenbewegung genauer erklärt werden. Außerdem verstehen Schülerinnen und Schüler dann besser, dass es einen absoluten Temperatur-Nullpunkt gibt.

7.3.2 Arbeitsformen

Temperaturmessungen über längere Zeit (z.B. bei Wetterbeobachtungen oder bei der Überwachung der Temperatur des Klassenzimmers) bieten sich als projektorientiertes Arbeiten an. Dabei sollten Schülerinnen und Schüler angeleitet werden, selbständig Erkundigungen darüber einzuholen, wie solche Temperaturmessungen durchzuführen sind, wie man sie dokumentiert und wie über längere Zeit Temperaturablesungen garantiert werden können. Das Angebot an Schülerversuchen ist reichhaltig.

- Kalibrierung eines Thermometers ohne Skala
- Entwicklung von Versuchsanordnungen, mit denen die Längen- oder Volumenänderung verschiedener Körper bei Temperaturänderung nachgewiesen wird
- Aufbau elektrischer Schaltungen mit Thermostaten

Lediglich beim Einsatz des Bolzensprengers muss der Lehrer experimentieren.

Damit Schülerinnen und Schüler einfache Versuche auch zu Hause durchführen können, empfiehlt sich, eine Liste von Freihandversuchen zusammenzustellen. Anregungen finden sich entweder im verwendeten Lehrbuch oder in der Fachliteratur.

7.3.3 Vorkenntnisse und Alltagsvorstellungen

Thermometer, die Schülerinnen und Schüler aus dem Alltag kennen, sind meist Bimetallthermometer oder elektrische Thermometer. Die klassischen Flüssigkeitsthermometer sind dagegen seltener in Gebrauch. Man muss also davon ausgehen, dass ein vorgestelltes Flüssigkeitsthermometer für sie neu ist.

Die in der Natur bzw. in der Technik stattfindenden Volumenänderungen bei Temperaturänderungen sind in der Regel sehr langsam ablaufende Vorgänge, bei denen außerdem nur sehr geringe Volumen- bzw. Längenänderungen auftreten. Ausnahmen bilden der Überlauf bei Warmwasserbereitern und die Volumenabnahme beim Abkühlen von heißem Fruchtsaft, der in Flaschen gefüllt worden ist. Man kann deshalb nicht damit rechnen, dass Schülerinnen und Schüler Vorkenntnisse zu diesem Thema besitzen. Bekannt sind ihnen jedoch eine Reihe von Vorrichtungen, mit denen die zerstörerischen Wirkungen bei der temperaturbedingten Ausdehnung eines Körpers kompensiert werden sollen, ohne dass sie dafür eine physikalische Erklärung geben können (Rollenlager bei Brücken, Dehnungsfugen bei Gebäuden oder Betonstraßen, Ausgleichsbogen bei Rohrleitungen, Ausgleichsgefäß bei Autokühlern usw.). Daran kann der Unterricht gegebenenfalls anknüpfen.

Manche Beispiele aus Natur und Technik scheinen zu diesem Thema zu gehören, sind aber über die Ausdehnung von Körpern bei Erwärmung nicht zu erklären (z. B. Überkochen von Milch; Bersten von Wasserrohren bei Gefrieren des Wassers).

7.3.4 Ergänzende Hinweise

Nicht alle Körper dehnen sich beim Erwärmen aus und ziehen sich beim Abkühlen zusammen. Gummi und einige Kunststoffe verhalten sich genau entgegengesetzt. Der Unterricht sollte auf diese Ausnahmen hinweisen.

Bei der Kalibrierung eines Thermometers kann darauf hingewiesen werden, dass es unterschiedliche Skalen gibt (Celsius, Fahrenheit, Reaumur, Kelvin).

Schülerinnen und Schüler sollen ausgewählte Temperaturen aus Natur und Technik kennen, sie in der Regel selbst messen oder aus geeigneten Informationsquellen entnehmen.

Die Volumenänderung von Körpern ist von der Stoffart, dem Volumen des Stoffes und der Temperaturerhöhung abhängig. Das sollte nicht im Detail experimentell untersucht werden. Durch Beobachtung lässt sich jedoch ermitteln, dass das Ausdehnungsverhalten verschiedener Stoffe unterschiedlich ist (wird für das Bimetall benötigt) und welchen Einfluss eine steigende Temperatur hat. Berechnungen von Volumen- und Längenänderungen bei verschiedenen Stoffen werden auf dieser Stufe nicht durchgeführt.

Schülerinnen und Schüler sollten darauf hingewiesen werden, dass aus Sicherheitsgründen keine wasserhaltigen Getränke in Tiefkühlfächern aufbewahrt werden dürfen.

7.4 Luft und Luftdruck

7.4.1 Inhaltliche Schwerpunkte

Das Thema behandelt ein Teilgebiet der Mechanik, und zwar die physikalischen Eigenschaften der Luft (eines Gasgemisches). Im Hinblick auf ihre Bedeutung als Lebensgrundlage in der natürlichen Umwelt und für eine technische Nutzung stehen fünf inhaltliche Schwerpunkte im Vordergrund.

- Die Erde ist von einer Lufthülle umgeben, in der sich im wesentlichen das Leben abspielt.
- Der Luftdruck entsteht durch die Gewichtskraft der Luft und ihr Ausdehnungsbestreben.
- Der atmosphärische Luftdruck bestimmt das Wettergeschehen.
- Mit Hilfe von Luftdruckunterschieden lassen sich z.B. Maschinen und Pumpen betreiben sowie Abdichtungen, Spezialverpackungen oder Haftverschlüsse realisieren.
- Zusammengepresste Luft ist elastisch und kann für Federungen und Sicherheitssysteme genutzt werden (z.B. Luftmatratze, Fahrzeugreifen, Airbag, Transportkissen für Verletzte).

Das Vakuum erscheint nicht als inhaltlicher Schwerpunkt, weil es an mehreren Stellen angesprochen wird (Raum außerhalb der Erdatmosphäre; Luft aus einem Gefäß herauspumpen zur Unterdruckerzeugung).

Zur Erklärung des Luftdruckes in einem abgeschlossenen Gefäß ist das Teilchenmodell erforderlich (Luftteilchen bewegen sich regellos und prallen dabei auf die Gefäßwände). Da zur Erklärung des

Verhaltens von Körpern beim Erwärmen das Teilchenmodell eingeführt worden ist, kann es hier erneut eingesetzt werden. Eine Definition der Druckeinheit 1 Bar ist an dieser Stelle des Physikunterrichts nicht möglich. Was man unter 1 Bar versteht, lässt sich aber plausibel machen: 1 Liter Milch ruht auf der Fläche des Daumens.

7.4.2 Arbeitsformen

Bei diesem Thema bietet es sich an, Wetterbeobachtungen (Temperaturmessungen und Luftdruckmessungen) durchzuführen. Dabei können Schülerinnen und Schüler auch Kontakt zum Wetteramt aufnehmen oder aktuelle Wetterdaten aus dem Internet abrufen. Alternativ dazu eignet sich der Themenbereich „Gesunde Luft und Atmung“ um besonders die Interessen der Mädchen der Lerngruppe zu berücksichtigen. Hierbei werden auch biologische Sachverhalte in den Physikunterricht aufgenommen.

Für Schülerversuche gibt es vielfältige Möglichkeiten:

- Untersuchung von Kleingeräten, bei denen der Luftdruck die entscheidende Rolle spielt (z.B. Saughaken für Kachelwände, Abflusssauger, Einweckglas, Luftpumpe)
- Umgang oder Aufbau von Funktionsmodellen (z.B. Senkkasten aus Trichter und Gummischlauch, Atmungsmodell, Ventilpumpen).
- Einfache Experimente (z. B. Luftgewichtsbestimmung, Bestimmung des Atemvolumens, Nachweis von Schmutzteilchen in der Luft; Wirkung des Luftdrucks auf einen evakuierten Blechkanister, Versuche mit der Vakuumglocke, Antrieb eines „Raketenwagens“ mit einem Luftballon nach dem Rückstoßprinzip).

7.4.3 Vorkenntnisse und Alltagsvorstellungen

Der Umgang mit Luft (Luftpumpe, Luftdruck im Fahrrad- und Autoreifen, vakuumverpackte Lebensmittel, Luftmatratze, Fußball, Luftdruck-Wasserpistole usw.) ist Schülerinnen und Schülern vertraut. Der Unterricht kann also an Ereignissen bzw. Gegenständen aus Alltag und Technik anknüpfen.

Bei Pumpvorgängen mit Hilfe des atmosphärischen Luftdruckes wird von Schülerinnen und Schülern der Begriff „Saugen“ verwendet. Dass es sich um einen Druckvorgang handelt, muss deshalb im Unterricht eingehend geklärt werden.

Das Vakuum ist Schülerinnen und Schülern insofern vertraut, als sie sich einen luftleeren Raum außerhalb der Erdatmosphäre im Weltraum vorstellen können.

7.4.4 Ergänzende Hinweise

Luft ist ein unsichtbarer Körper. Es muss deshalb von anderen beobachtbaren Ereignissen auf das Vorhandensein von Luft rückgeschlossen werden. Das sollte Schülerinnen und Schülern stets bewusst sein.

Bei der Bestimmung des Luftgewichtes ist ein qualitativer Nachweis ausreichend. Dass 1 Liter Luft etwa 1,3g wiegt, kann man Schülerinnen und Schülern mitteilen. Die Zusammensetzung der Luft wird erst im Chemieunterricht untersucht, einzelne Bestandteile wie Sauerstoff, Stickstoff und Kohlenstoffdioxid sind den Schülern in der Regel aber schon bekannt.

Für Versuche mit Überdruck und Unterdruck gelten besondere Sicherheitsbestimmungen, die unbedingt einzuhalten sind.

Da bei Wetterberichten häufig die Druckeinheit Hektopascal (hPa) genannt wird, sollten die Schülerinnen und Schüler auf die Beziehung $1\text{mbar} = 1\text{hPa}$ hingewiesen werden.

7.5 Akustik (Wahlthema)

7.5.1 Inhaltliche Schwerpunkte

Der Unterricht beschäftigt sich mit der Schallerzeugung, der Schallübertragung und der Schallwahrnehmung sowie der Nutzung des Schalls in Natur, Alltag, Technik und Medizin bzw. dem Schutz vor schädlichem Schall (Lärmschutz).

Schwerpunkte des Unterrichts bilden vier Sachverhalte:

- Sender-Empfänger-Modell: Schall wird von Schallquellen (z. B. Stimmbändern) erzeugt, mit einer bestimmten Geschwindigkeit (Schallgeschwindigkeit) durch Medien übertragen und von einem Empfänger (z. B. Ohr) wahrgenommen.
- Schall lässt sich durch Angabe von Frequenz und Amplitude charakterisieren.
- Ultraschall kann zur Ortung von Objekten und bei speziellen Reinigungsverfahren eingesetzt werden.
- Lärm beeinträchtigt unsere Gesundheit. Er muss deshalb verhindert oder durch besondere Lärmschutzmaßnahmen abgeschirmt werden.

Musik und Musikinstrumente werden hier nicht als eigener Schwerpunkt genannt. Schülerinnen und Schüler beschäftigen sich damit bei der Betrachtung verschiedener Schallquellen. Das Thema

Frequenz wird in der Regel an Hand von hohen und tiefen Tönen behandelt, die man mit einem Musikinstrument erzeugt.

7.5.2 Arbeitsformen

Für projektorientiertes Arbeiten eignen sich folgende Aufgaben:

- Bau eines Fadentelephons und Untersuchung verschiedener Fäden bzw. Fadenspannungen.
- Erfinden von Musikinstrumenten und Erzeugung verschieden hoher Töne.
- Ermittlung des Schallpegels in der Umgebung der Schule.
- Erkundung von Schallschutzmaßnahmen im Stadtteil. Dabei kann gegebenenfalls Kontakt mit dem Amt für Umweltschutz aufgenommen werden.
- Bau eines einfachen Musikinstruments als physikalische Werkaufgabe.

Es gibt eine große Anzahl einfacher Versuche, die von Schülerinnen und Schülern in der Schule oder auch zu Hause durchgeführt werden können.

- Erzeugung von Schall mit verschiedenen Materialien und auf unterschiedliche Weise.
- Nachweis der Schwingungen verschiedener Schallquellen mit Wasser oder Styroporkugeln.
- Aufzeichnungen von Schallschwingungen mit Hilfe einer Schreibstimmgabel und einer beruhten Glasplatte.
- Transport des Schalls durch verschiedene Medien.
- Ausblasen einer Kerze mit einem Schallimpuls.

Der Nachweis der Schallreflexion und die Untersuchung von Dämmstoffen wird in der Regel im Lehrerversuch vorgenommen, weil dabei ein Schallpegelmesser eingesetzt wird. Messungen zum Hörbereich des Menschen mit Hilfe eines Sinusgenerators und die Darstellung von Tönen und Geräuschen mit einem Oszilloskop sind ebenfalls nur als Lehrerversuch durchführbar.

7.5.3 Vorkenntnisse und Alltagsvorstellungen

Akustische Phänomene spielen im Leben der Schülerinnen und Schüler in erster Linie als Sprache und Musik eine Rolle. Darüber hinaus haben sie aber auch schon Erfahrungen mit Lärm bzw. Lärmschutzmaßnahmen. Es ist deshalb naheliegend, dass der Unterricht von diesen Erfahrungen ausgeht und sie für das weitere Lernen nutzt.

Die Schallwahrnehmung des Menschen ist immer auch mit subjektiven Empfindungen verbunden. Man sollte sich deshalb bewusst sein, dass es gerade für junge Menschen schwierig ist, zwischen dem physikalischen Ereignis und der Empfindung zu unterscheiden. Zur Beschreibung der Vorgänge in einer Schallquelle benutzen Schülerinnen und Schüler meist die Wörter vibrieren oder zittern. Da die Physik dafür aber den Begriff „schwingen“ festgelegt hat, muss also ein neuer fachsprachlicher Begriff gelernt werden.

7.5.4 Ergänzende Hinweise

Wie der Schall von einer Schallquelle zum Ohr eines Menschen gelangt, lässt sich nur dann plausibel machen, wenn das Teilchenmodell benutzt wird. Da es jedoch bei den Themen Wärme und Luft bereits eingesetzt worden ist, kann hier darauf aufgebaut werden.

Bei keinem anderen Thema des Physikunterrichts der Klassenstufe 5/6 werden so viele neue Begriffe benutzt wie beim Thema Akustik. Es muss deshalb für jede Lerngruppe entschieden werden, welche Wörter im Sinne der Physik definiert und welche Wörter nur eine Zeit lang zur Beschreibung einer neuen Beobachtung benötigt werden.

Im Laufe der Sekundarstufe I wird die Akustik nicht fortgeführt. Die unterrichtliche Behandlung des Schalls bietet aber die Möglichkeit, einen leichteren Übergang zu späteren Themen des Physikunterrichts zu finden. In der Optik ist es eine Hilfe, wenn das Lichtspektrum mit der Tonleiter verglichen werden kann. Weitere Bereiche sind die Themen Echo und Reflexion.

7.6 Anmerkungen zu Block 1

7.6.1 Den Weg zum Gesetz langsam beschreiten

Die verbindlichen Inhalte des zweiten Blocks sind für das 7. und 8. Schuljahr vorgesehen. Sie führen stärker zur Physik hin, indem sie Schülerinnen und Schüler vermitteln, was physikalische Gesetze sind, wie sie zustande kommen und weshalb sie für den Menschen hilfreich sind.

Auf dem Weg dahin werden sie angeleitet

- genau zu beobachten
- Abhängigkeiten zu erkennen und zu formulieren (wenn .., dann ..)
- sachgerecht zu formulieren
- Ergebnisse abzuschätzen und vorherzusagen
- vom unstrukturierten Probieren zum zielgerichteten Experimentieren zu kommen.

Daran anknüpfend, sollte dreierlei bedacht werden:

- Allen Schülerinnen und Schülern muss die auf einen konkreten Sachverhalt oder ein konkretes Ereignis hin bezogene Fragestellung klar sein, die zur Ermittlung des physikalischen Gesetzes führen soll. Erst wenn sie wissen, was sie tun und warum sie es tun, ist erfolgreiches Physiklernen möglich.
- Eine Reihe von Messwerten wirkt auf Schülerinnen und Schüler u.U. verwirrend. Es ist deshalb unbedingt erforderlich, ihnen bei der Entdeckung des Gesetzes zu helfen. Wird es von ihnen nicht gefunden, kann es vom Lehrer vorgegeben und anhand einzelner Messwerte überprüft werden.
- Die Anwendung des Gesetzes darf nicht zur Einübung der Lösungsverfahren von Größengleichungen verkommen. Es ist notwendig, aus Alltag, Technik, Umwelt und Berufswelt Aufgaben auszuwählen, die Schülerinnen und Schülern sinnvoll erscheinen und zeigen, wie hilfreich das Gesetz bei ihrer Lösung ist.

7.6.2 Selbständigkeit fördern

Die drei verbindlichen Themen sind im Unterricht so zu organisieren, dass die Selbständigkeit der Schülerinnen und Schüler und ihre Methodenkompetenz gefördert werden. Das ist vor allem bei der Planung und Durchführung der Experimente, bei der Beschaffung von Informationen und der Dokumentation möglich.

Selbständiges Arbeiten muss ausgiebig vorbereitet werden. Dazu gehört in erster Linie die Schaffung einfacher Strukturen, die als gedankliche Gerüste genutzt werden können (z.B. feste Gliederung für Versuchsbeschreibung und Protokolle, formale Vorgaben für die Arbeitsmappe und Referate).

7.7 Block 1: Elektrik

7.7.1 Inhaltliche Schwerpunkte

Das Thema Elektrik ist als Fortsetzung des Themas „Phänomene in der Elektrik“ konzipiert. Es wird die Stromkreisvorstellung vertieft sowie die Stromversorgung im Haushalt unter schaltungstechnischen und sicherheitstechnischen Gesichtspunkten behandelt.

Fünf Schwerpunkte prägen den Unterricht:

- In allen Lerngruppen wird der elektrische Strom mindestens in Analogie zum Wasserstromkreis als Elektronenfluss vorgestellt. In der Realschule und in leistungsfähigen Gruppen erfolgt eine differenziertere Betrachtung. Dabei ist der Ladungsbegriff von grundlegender Bedeutung für die Elektrizitätslehre. Es werden

deshalb unterschiedliche Ladungen, zwischen Ladungen auftretende Kräfte, Zufuhr und Abgabe negativer Ladungen bei Körpern sowie die Bewegung von Ladungen in elektrischen Leitern betrachtet (elektrischer Strom).

- Die Behandlung der Größen Spannung, Stromstärke und Widerstand verlangt ihre Erklärung, Definition und messtechnische Erfassung. Man vergleicht zunächst den elektrischen Stromkreis mit einem Wasserstromkreis und macht dabei die drei Größen plausibel. In der Realschule müssen ergänzend Stromstärke und Widerstand im Sinne der Physik definiert werden. Die Definition der elektrischen Spannung wird zu einem späteren Zeitpunkt im Zusammenhang mit der elektrischen Energie vorgenommen. Für die Spannungs- und Stromstärkemessung sind die unterschiedliche Anordnung der Messgeräte im Stromkreis, die Maßeinheiten sowie die Ablesung der Messwerte an Skalen von Bedeutung.
- Der elektrische Widerstand wird als Bauteil und als Eigenschaft dieser Bauteile vorgestellt. Von grundlegender Bedeutung ist zu ermitteln, wie sich die Stromstärke ändert, wenn der Widerstandswert variiert wird. Zur Variation der Widerstandswerte lassen sich unterschiedliche Drahtmaterialien, Drahtquerschnitte und Drahtlängen verwenden.

Das ohmsche Gesetz $U \sim I$ und die daraus resultierende ohmsche Regel $U/I=R$ ermöglichen eine Widerstandsdefinition sowie eine Bestimmung von Widerstandswerten.

Mit den kirchhoffschen Gesetzen wird in der Realschule die Möglichkeit geschaffen, die Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen quantitativ zu beschreiben. Dabei steht im Vordergrund zu verstehen, welche Ereignisse sich mit den Gesetzen beschreiben lassen, nicht jedoch das Formelrechnen.

- Die elektrische Anlage eines Hauses oder einer Wohnung kann als Parallelschaltung beschrieben werden. Alle Geräte liegen parallel an 230V. Die wichtigsten Teile der Anlage sind Wechselstromzähler, Sicherungen, dreiadrige Leitungen (zwei Adern für den Betriebsstromkreis, eine Ader als Schutzleiter), Abzweigdose, Steckdose und Schalter.
- Sicherheitseinrichtungen im Haus dienen dem Brandschutz und dem Personenschutz.
Brandschutz:
Schmelzsicherungen, Leitungsschutzschalter.
Personenschutz:
Abdeckungen, Isolierungen, besondere konstruktive Gestaltungen, Schutzleiter, Kleinspannung. (Potentialausgleich und Fehlerstromschutzschalter können im Rahmen dieses Themas noch nicht behandelt werden.)

Die Reihen- und Parallelanordnung von Widerständen und Geräten spielt bei allen Teilthemen eine wichtige Rolle. Es ist deshalb zu empfehlen, die Unterschiede beider Schaltungsarten zu Beginn der Unterrichtseinheit zu wiederholen.

7.7.2 Arbeitsformen

Zu allen Teilthemen lassen sich Schülerversuche durchführen. Eine ausreichende Anzahl von Arbeitsgeräten steht in der Regel zur Verfügung und die Versuche sind als ungefährlich einzustufen.

Um die physikalischen Inhalte in sinnstiftenden Kontexten behandeln zu können, sollten Sachprobleme im Vordergrund stehen, zu deren Lösung dann einfache Versuche durchzuführen sind.

- Versuche zur Elektrostatik: Elektrische Aufladung beim Gehen auf Kunststoffteppich (oder Gewitter.)
- Spannungsmessung: Reihenschaltung von Monozellen zur Spannungserhöhung.
- Stromstärkemessung: Abhängigkeit der Stromstärke vom Widerstand z.B. bei einem Schiebe- oder Drehwiderstand (Helligkeits- oder Lautstärkeregelung).
- Ohmsches Gesetz $U \sim I$: Warum sind hohe Spannungen für den Menschen gefährlich?
- Ohmsche Regel: $U/I = R$: Bestimmung der Widerstände von Elektrogeräten (Widerstand als Eigenschaft von Verbrauchern.)
- Kirchhoffsche Gesetze: Überlastung im Haushalt durch Parallelschaltung mehrerer Elektrogeräte, Spannungsteilung bei einer Weihnachtsbaumbeleuchtung.
- Kurzschluss und Überlastung: Wie funktionieren verschiedene Sicherungstypen? Untersuchung einer Sicherungspatrone und Durchführung von Modellversuchen. Sicherungsautomaten (Leitungsschutzschalters): Aufbau verschiedener Funktionsmodelle.

Stromstärke- und Spannungsmessungen werden auch noch im Block 2 und in einzelnen Wahlthemen des 3. Blocks der Realschule durchgeführt. Sie bereiten Schülerinnen und Schülern im allgemeinen große Schwierigkeiten. Diese können abgebaut werden, wenn ein straff geführter Lehrgang „Spannungs- und Stromstärkemessung“ oder ein Messpraktikum durchgeführt werden. Dabei werden die verschiedenen Messgeräte (Spannungsmesser, Strommesser, Multimeter) kennen gelernt, ihre Handhabung gezeigt, die Wahl des richtigen Messbereichs und das Ablesen der Skalen geübt.

Es ist hilfreich, wenn für die einführenden Experimente die Schaltungen so gewählt werden, dass die Ergebnisse der Messreihen innerhalb eines Messbereichs liegen. In der Physiksammlung sollten sowohl Messgeräte für Spannung und Stromstärke mit einem

Messbereich als auch Multimeter vorhanden sein. Messgeräte mit digitaler Anzeige können parallel benutzt werden.

Offene Arbeitsformen, z.B. projektorientiertes Arbeiten, sind bei diesem Thema nur eingeschränkt möglich. Denkbar wären eine Ausstellung zum Thema „Elektrische Sicherheit“ oder der Aufbau vorschriftsmäßiger Elektroinstallationen auf Holzplatten. Die Anlagen werden aus Sicherheitsgründen mit Kleinspannung betrieben. Eigenständige Informationsrecherche (Schulbuch, Internet) kann bei Bedarf vorgenommen werden.

7.7.3 Vorkenntnisse und Alltagserfahrungen

Aus dem täglichen Leben ist Schülerinnen und Schülern in der Regel nur die Größe Spannung mit der Einheit Volt bekannt, weil Geräte nur richtig funktionieren, wenn sie an die richtige Spannung angeschlossen werden.

Schülerinnen und Schüler, die bereits mit Elektro-Experimentier-Baukästen gespielt haben, kennen u.U. alle drei elektrischen Größen und ihre Einheiten. Dieses Vorwissen Einzelner sollte nicht zurückgewiesen, sondern für die Arbeit im Unterricht genutzt werden (Schülerreferate, erfahrene Schüler helfen unerfahrenen.)

Es ist nicht auszuschließen, dass Schülerinnen und Schüler Kenntnisse oder Erfahrungen aus der Berufswelt mitbringen (Praktikum, Betriebserkundung, Beruf der Eltern). Diese können meist vorteilhaft für den Unterricht genutzt werden. Manchmal fließt aber ein Technikerjargon in den Unterricht ein, der das Begriffslernen erschwert. So kommt es z.B. im Elektrohandwerk nicht selten vor, dass von „Stromspannung“ gesprochen wird, um anzugeben, dass es sich nicht um mechanische Spannungen handelt. Einen solchen Doppelbegriff sollte man nicht zulassen.

Über die elektrische Anlage im Haus und elementare Sicherheitseinrichtungen besitzen Schülerinnen und Schüler üblicherweise Vorerfahrungen, an die im Unterricht angeknüpft werden kann.

Wenn in den Medien über Stromunfälle berichtet wird, kann dies zum Thema des Unterrichts gemacht werden. Gleiches gilt, wenn Schüler von „Stromschlägen“ berichten, bei denen es sich meist um gefahrlose, elektrostatische Entladungen handelt.

7.7.4 Ergänzende Hinweise

Auch wenn man die Größen Spannung, Stromstärke und Widerstand an Hand eines Wasserstromkreises einzeln plausibel macht, sollten sie im Unterricht grundsätzlich als Größenpaare betrachtet werden: Der

Widerstand eines Stromkreises bestimmt die Stromstärke (bei konstanter Spannung) und die Spannung bestimmt die Stromstärke. (bei konstantem Widerstand)

Bei der Ermittlung des Widerstands werden im allgemeinen zwei Werte gemessen (Spannung, Stromstärke) und danach durch Rechnung auf den Widerstand geschlossen. Darin kann für die Schülerinnen und Schüler eine Schwierigkeit bestehen, ein grundlegendes Verständnis des elektrischen Widerstands aufzubauen.

Bei der Ergebnisformulierung sollte man in Abhängigkeit von der Leistungsfähigkeit der Lerngruppe differenziert vorgehen und behutsam abstrahieren.

Beispiel „ohmsches Gesetz“:

- Qualitativ :Je höher die Spannung, desto größer die Stromstärke (bei konstantem Widerstand)
Je kleiner der Widerstand, desto größer die Stromstärke (bei konstanter Spannung)
- Halbqualitativ: 2fache Spannung ergibt 2fache Stromstärke, 3fache Spannung ergibt 3fache Stromstärke usw.
- Größengleichung: $U \sim I \vee U = c * I$ (eine grafische Darstellung der Proportionalität kann zusätzlich vorgenommen werden.)

Auf Widerständen, wie sie in elektronischen Schaltungen üblich sind, wird der Widerstandswert in Ohm heute meist als Farbcode angegeben. Die Entschlüsselung des Codes sollte Schülerinnen und Schülern gezeigt werden, wenn längere Zeit mit solchen Bauteilen gearbeitet wird.

Temperatur- und lichtabhängige Widerstände stellen eine sinnvolle Themenweiterung dar, die zu interessanten technischen Anwendung führen (z.B. elektronisches Thermometer, Lichtschranke.) Diese können im Wahlthema „Elektronik“ aufgegriffen und durch elektronische Schaltungen ergänzt werden.

Bei der Behandlung der elektrischen Anlage eines Hauses (einer Wohnung) sind Sicherheitsregeln zu formulieren und diese mit den Schülerinnen und Schülern ausführlich zu besprechen.

Bei der Lösung von Aufgaben mit den kirchhoffschen Gesetzen und der ohmschen Regel sollte die Benutzung eines Taschenrechners zugelassen werden. Umfangreiche Rechnungen und aufwendige Termumformungen fallen dann weg.

7.8 Block 1: Optik

7.8.1 Inhaltliche Schwerpunkte

Das Thema behandelt die Grundlagen der geometrischen Optik, indem es die Ausbreitung des Lichtes und sein Verhalten an Grenzflächen (Schattenkörper, Spiegel, Prisma, Linse) vorstellt. Die Bedeutung des Lichtes für den Menschen und seine Nutzung bei verschiedenen technischen Systemen stehen im Vordergrund. Daraus ergeben sich sechs inhaltliche Schwerpunkte:

- Menschen können sehen, weil Licht von selbstleuchtenden oder beleuchteten Körpern (Lichtsender) in die Augen des Menschen (Lichtempfänger) gelangt.
- Mit den Phänomenen Licht und Schatten kann man verschiedene Naturphänomene erklären. (Tag und Nacht, Mondphasen, Sonnen- und Mondfinsternis)
- Die gerichtete Reflexion des Lichtes lässt sich mit einem Gesetz beschreiben (Reflexionsgesetz). Es ist von grundlegender Bedeutung für die gesamte Physik.
- Spiegel tragen dazu bei, die Sicherheit im Straßenverkehr zu erhöhen. (Reflektoren, Rückspiegel, Verkehrsspiegel, Scheinwerferspiegel)
- Auge und Fotoapparat erzeugen von Gegenständen Bilder.
- Weißes Licht besteht aus sieben verschiedenen Farben. Diese Spektralfarben bestimmen die Farbigekeit unserer Welt.

Die Lichtgeschwindigkeit bildet keinen eigenen Schwerpunkt. Sie wird bei der von Lichtquellen ausgehenden Strahlung mit genannt. Die Lichtbrechung kann nur phänomenologisch behandelt werden, da für das Brechungsgesetz die mathematischen Voraussetzungen fehlen.

7.8.2 Arbeitsformen

Offene bzw. projektorientierte Arbeitsformen bieten sich bei folgenden Themen an:

- Bau einer Sonnenuhr (Lichtausbreitung, Schatten)
- Bau eines Periskops oder Kaleidoskops (Erarbeitung der Reflexion)
- Bau einer Lochkamera und Herstellung von Fotografien (Abbildungen)
- Selbständige Vorbereitung von Kurzreferaten oder kleinen Ausstellungen zu den Themen „Augentypen im Tierreich“ oder „Beleuchtung früher und heute“
- Kooperation mit der Landesverkehrswacht zum Thema „Sehen und gesehen werden – Sicherheit im Straßenverkehr“

Bei der Durchführung von Schülerversuchen ist vorteilhaft, dass der Verlauf der schmalen Lichtbündel (vereinfacht als Lichtstrahlen bezeichnet) leicht beobachtet werden kann und dadurch die Ergebnisse eines Versuches unmittelbar angezeigt werden. Mit dem Lichtstrahlmodell kann man die Zerlegung des weißen Lichtes in die Spektralfarben jedoch nicht erklären.

Alle Grundversuche lassen sich mit den üblichen Arbeitsgeräten von Schülerinnen und Schülern selbständig durchführen. Der Unterricht läuft daher über weite Strecken handlungsorientiert ab.

7.8.3 Vorkenntnisse und Alltagsvorstellungen

Schülerinnen und Schüler kennen Naturphänomene und technische Geräte, die mit Licht zu tun haben. Ob sie in den Unterricht einbezogen werden können, hängt davon ab, ob sie sich in einer der Altersstufe der Jugendlichen angemessenen Form erklären lassen.

Auch wenn Lichtquellen als Lichtsender und die Augen des Menschen als Lichtempfänger erklärt werden, ist nicht auszuschließen, dass Schülerinnen und Schüler immer wieder die Sehstrahlvorstellung ins Spiel bringen. Einige Ausdrücke der Umgangssprache legen eine solche Vorstellung nahe (hinblicken, einen Blick auf etwas werfen, mit durchdringendem Blick ansehen usw.)

Schüler meinen: Sobald eine Lichtquelle betrieben wird, ist das Licht im Raum um die Quelle ohne Zeitverzögerung existent. Dass sich Licht mit einer bestimmten Geschwindigkeit vom Ort der Erzeugung fortbewegt, kann im Alltag nicht erfahren werden. Die Lichtgeschwindigkeit lässt sich aber an Entfernungsangaben im Weltall (z.B. Sonne – Erde) verständlich machen.

Viele im Alltag leicht zu beobachtende optische Phänomene wie Regenbogen, Fata Morgana, die durch Lichtreflexion und Lichtbrechung entstehen, verlangen eine relativ aufwendige physikalische Erklärung. Ihre Einbeziehung in den Unterricht sollte deshalb mit besonderer Vorsicht erfolgen.

7.8.4 Ergänzende Hinweise

Die grundlegenden Versuche zur Optik lassen sich am besten mit einem Gerätesystem durchführen, bei dem die Lichtquelle auf dem Tisch ruht und das Lichtbündel streifend über den Tisch fällt. Schülerinnen und Schüler können dann auf einem untergelegten Blatt Papier den Strahlenverlauf gut nachzeichnen.

Bei einem Lichtstrahl handelt es sich um ein geometrisches Modell, das den Schülerinnen und Schülern erklärt werden muss.

Auf dieser Altersstufe werden noch keine Größengleichungen formuliert. Rechenaufgaben kommen nur in Ausnahmefällen vor. Aufwändigere geometrische Konstruktionen sind dann sinnvoll, wenn Schülerinnen und Schüler im Geometrieunterricht der Klassenstufe entsprechende Fertigkeiten erworben haben.

Laser oder Minilaser (Laserpointer) gehören zum Erfahrungsbereich der Schülerinnen und Schüler. Werden sie in den Unterricht einbezogen, sind die Sicherheitsvorschriften zu beachten.

7.9. Block 1: Mechanik

7.9.1 Inhaltliche Schwerpunkte

Bei diesem Thema werden die physikalischen Größen Masse, Dichte und Kraft eingeführt sowie Kräfte bei einfachen Maschinen betrachtet. Es ist sinnvoll, sieben Schwerpunkte zu bilden:

- Jeder Körper hat eine Masse. Sie kann in Kilogramm gemessen werden.
- Der Quotient aus der Masse und dem Volumen eines Körpers ergibt die Dichte. Sie ist eine wichtige Stoffeigenschaft.
- Kräfte misst man in Newton. Zu jeder Kraft gehört eine Gegenkraft.
- Die Gewichtskraft ist ortsabhängig. Sie ist an verschiedenen Stellen der Erde und auf verschiedenen Himmelskörpern unterschiedlich.
- Trägheitskräfte können im Verkehr zu gefährlichen Situationen führen. Zu ihrer Vermeidung gibt es verschiedene Sicherheitsvorrichtungen (z.B. Kopfstütze, Sicherheitsgurt, Airbag.)
- Hebel, Rolle und Flaschenzug sowie schiefe Ebene sind sowohl von kulturgeschichtlicher Bedeutung als auch Elemente aktueller Handhabungsgeräte. (Bagger, Verpackungsmaschinen, Roboter usw.)
- Das Hebelgesetz ist ein Grundgesetz der elementaren Mechanik. Mit seiner Hilfe lassen sich viele Sachverhalte oder Ereignisse in Natur und Technik quantitativ beschreiben.

Die Dichte ist nur dann ein eigenständiger Schwerpunkt, wenn sie nicht schon im einführenden Chemieunterricht behandelt wurde.

7.9.2 Arbeitsformen

Offene bzw. projektorientierte Arbeitsformen lassen sich bei folgenden Aufgaben entwickeln:

- Bau einer Briefwaage aus einer Holz- oder Pappscheibe (Hebelgesetz).
- Bau eines Schraubenflaschenzuges mit Teilen aus einem technischen Baukasten.
- Informationsbeschaffung über Sicherheitssysteme in Kraftfahrzeugen, durch die gefährliche Trägheitskräfte unwirksam gemacht werden.
- Zusammenstellung einer Bild- und Textdokumentation über den Einsatz von Rolle, Hebel und schiefer Ebene in vorindustrieller Zeit.
- Herstellung von Funktionsmodellen zur Erklärung der Bewegung eines Roboterarms.
- Hebel in der Natur (Gliedermaßen beim Menschen, Krallen einer Katze usw.).
- Aufbau und Untersuchung von Getrieben mit technischen Baukästen.

Nahezu alle Experimente lassen sich von Schülerinnen und Schülern durchführen, da von Lehrmittelfirmen eine ausreichende Anzahl leicht zu handhabender Geräte angeboten wird.

Typische Schülerversuche sind:

- Dichtebestimmungen regelmäßiger und unregelmäßiger Körper
- Kalibrieren eines Kraftmessers
- Kraftmessungen an Werkzeugen
- Erarbeitung des Hebelgesetzes
- Kraftmessungen bei Rolle, Flaschenzug und schiefer Ebene
- Ermittlung von Reibungskräften

Die genannten Schülerversuche führen Schülerinnen und Schüler in die besonderen Mess- und Untersuchungsmethoden der Mechanik ein. Sie dienen teilweise der beruflichen Orientierung. Mechanische Messmethoden werden auch in den Pflicht- und Wahlthemen des 3. und 4. Blockes und in anderen, technisch orientierten Fächern benötigt (Arbeitslehre, Natur und Technik an der Gesamtschule). Es kann deshalb auch hier vorgeschlagen werden, einen Teil der Unterrichtszeit für einen Lehrgang „Mechanische Messmethoden“ zu verwenden.

Damit Schülerinnen und Schüler auch zu Hause experimentieren können, sollten in der Physiksammlung auch leicht zu transportierende Versuchsgeräte vorhanden sein (z.B. Messzylinder aus Kunststoff, einfache 50g Gewichte).

Kräfte und ihre Wirkungen können mit den üblichen Versuchsgeräten in der Regel nachgewiesen und gemessen werden. Für die Schülerinnen und Schüler ist es aber auch wichtig, dass Kräfte erfahrbar werden. Dies gelingt nur mit Geräten aus Alltag und Technik. Deshalb sollten auch Werkzeuge, die Hebel enthalten (Zange, Schraubenschlüssel, Brecheisen), Rollen und Flaschenzüge im Unterricht benutzt werden.

7.9.3 Vorkenntnisse und Alltagserfahrungen

In der Umgangssprache hat das Wort Kraft sehr unterschiedliche Bedeutungen.

- Nicht-physikalische Verwendung bei den Ausdrücken Waschkraft, Tatkraft, Überzeugungskraft, Geisteskraft usw.
- Genaue Verwendung des Kraftbegriffs. Kraft als Fähigkeit, etwas zu verformen, hochzuheben oder zu bewegen.

Im Unterricht kommt es also darauf an, Schülerinnen und Schülern deutlich zu machen, was man in der Physik unter Kraft versteht und was nicht.

Die meisten im Unterricht behandelten Maschinen kennen Schülerinnen und Schüler bereits aus dem Alltag. Hebel, Rolle, Flaschenzug und schiefe Ebene werden von ihnen oft nicht als Maschinen angesehen. Dies kann man umgehen, wenn komplexere Maschinen analysiert, die elementaren Maschinenteile herausgestellt und das zu Grunde liegende physikalische Prinzip erarbeitet wird.

7.9.4 Ergänzende Hinweise

Im einführenden Mechanikunterricht wird bei der Definition der Kraft vom statischen Kraftbegriff ausgegangen (Kräfte können Körper bleibend oder vorübergehend verformen). – Der dynamische Kraftbegriff wird in der Regel erst am Ende der Sekundarstufe I oder zu Beginn der Sekundarstufe II behandelt. (Kraft als Ursache von Bewegungsänderungen).

Die Funktion eines Hebels lässt sich sachgerecht nur mit dem Arbeitsbegriff erklären. Da er zu diesem Zeitpunkt noch nicht zur Verfügung steht, begnügt man sich, die goldene Regel der Mechanik zu formulieren. Beim Flaschenzug genügt als Erklärung, dass die Last an mehreren Tragseilen hängt.

7.10 Anmerkungen zu Block 2 (Hauptschule)

7.10.1 Eine übergeordnete Struktur kennen lernen

Für Schülerinnen und Schüler stehen die einzelnen Themen bzw. Inhalte des Physikunterrichts in der Regel isoliert nebeneinander. Im 2. Block wird versucht, mit Hilfe des Energiebegriffs eine übergeordnete Struktur zu entwickeln. Viele Ereignisse lassen sich mit dem Energiebegriff erklären und dabei auch quantitativ beschreiben. Der Gedanke, dass die Physik ein einheitliches Gebilde ist, kann auch hierdurch vermittelt werden.

7.10.2 Zu verantwortungsvollem Bewerten und Handeln anregen

Anhand der Themen „Elektrische Energie“ und „Kernenergie“ wird besonders deutlich, dass physikalische Erkenntnisse zu technischen Systemen führen, die u. U. unsere Lebenswelt nachhaltig beeinflussen. Zwischen physikalischer Erkenntnis und technischer Nutzung muss deshalb eine verantwortungsvolle, von ethischen Normen und Werten getragene Bewertung stehen, die auf den Erhalt unserer Lebenswelt gerichtet ist. In Block 2 (Hauptschule) dieses Rahmenplans wird erstmals ausführlicher auf diesen Gesichtspunkt eingegangen.

7.10.3 Erste Einblicke in Mikrokosmos und Makrokosmos

Im Rahmen des Themas Atom- und Kernphysik erwerben Schülerinnen und Schüler erste Kenntnisse über Elementarteilchen und den Aufbau der Materie. Wird das Thema „Astronomie“ hinzugewählt, kann ergänzend dazu ein Blick in den Kosmos vorgenommen und das Geschehen im Weltall in elementarer Form erklärt werden (Sternentwicklung). Kernphysik und Astrophysik zeigen gleichzeitig auf, in welchen extremen Grenzbereichen heute naturwissenschaftliche Forschung stattfindet.

7.11 Energie

7.11.1 Inhaltliche Schwerpunkte

Das Thema führt den Energiebegriff ein und stellt Energieformen und Energieumwandlungen vor. Erzeugung, Verteilung und Umwandlung elektrischer Energie werden wegen ihrer besonderen Bedeutung für eine Industriegesellschaft ausführlicher behandelt. Die Reihenfolge der inhaltlichen Schwerpunkte gibt eine grobe Stufung für den Unterricht vor.

Energie, Energieformen, Energieumwandlungen:

- Energie wird als Fähigkeit bezeichnet, eine physikalische Arbeit zu verrichten (etwas hochzuheben, anzutreiben, zu verformen oder Licht, Wärme, elektrischen Strom oder Funksignale zu erzeugen).
- Es gibt verschiedene Formen von Energie (Höhenenergie, Bewegungsenergie, Spannenergie, Wärmeenergie, Lichtenergie, elektrische Energie, chemische Energie, Kernenergie). Stehen geeignete Maschinen zur Verfügung, können mit diesen Energieformen physikalische Arbeiten verrichtet werden.
- Wird eine physikalische Arbeit verrichtet, findet eine Energiewandlung statt. Dabei wird die der Maschine zugeführte Energie z.T. in nutzbare Energie umgewandelt. Es treten Energieverluste auf (Wirkungsgrad).
- Energien lassen sich messen. Dafür stehen die Einheiten Newtonmeter, Joule und Wattsekunde zur Verfügung. Es gilt :

$$1\text{Nm} = 1\text{J} = 1\text{Ws}$$

Elektrische Energie:

- Elektrische Energie kann auf verschiedene Weise erzeugt werden, durch Reibung von Isolatoren (Reibungselektrizität), Kristallverformung (Piezoelektrizität), chemische Prozesse (galvanisches Element), Licht (Solarzelle), Wärme (Thermoelement), Induktion (Generator).
- Heute erzeugt man elektrische Energie nahezu ausschließlich mit Hilfe von Generatoren (Induktionsprinzip). In Zukunft wird ein immer größerer Anteil der benötigten Energie mit Hilfe von Solarzellen erzeugt werden.
- Damit bei der Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen nur geringe Verluste auftreten, wird eine möglichst hohe Übertragungsspannung gewählt. Dafür verwendet man Transformatoren.
- Bei der Anwendung und Nutzung elektrischer Energie finden Energieumwandlungen statt. Wie viel Energie umgewandelt wird, lässt sich messen (Wechselstromzähler, Messung von Spannung, Stromstärke und Zeit). Die Maßeinheit ist die Wattsekunde ($3\,600\,000\text{Ws} = 1\text{kWh}$). Die Leistung gibt die Energieumwandlung pro Zeit an.
- Die derzeitige Erzeugung elektrischer Energie in Kohle- und Kernkraftwerken stellt eine große Umweltbelastung dar. Die Umwelt muss deshalb durch sparsamen Umgang mit elektrischer Energie geschont werden.

7.11.2 Arbeitsformen

Bei nahezu allen Teilthemen lassen sich Schülerversuche durchführen. Eine ausreichende Anzahl von Arbeitsgeräten steht in der Regel zur Verfügung. Lediglich bei Transformatorversuchen und beim Einsatz eines Wechselstromzählers müssen aus Sicherheitsgründen Lehrerdemonstrationen vorgenommen werden.

Bei der Einführung des Energiebegriffs und der Darstellung der Energieformen sowie Energieumwandlungen muss der Unterricht als Lehrgang organisiert werden, da sich nur dabei die Begriffe sauber erarbeiten lassen.

Bei der Behandlung der elektrischen Energie können offenere Arbeitsformen gewählt werden (z.B. Arbeiten an Lernstationen).

Von zentraler Bedeutung ist die Zerlegung eines Fahrraddynamos und die Durchführung von Versuchen zur Induktion. Eine ausreichende Anzahl zerlegbarer Dynamos sollte deshalb in der Physiksammlung vorhanden sein.

Um Schülerinnen und Schüler erleben zu lassen, wie in Zukunft ein immer größerer Anteil elektrischer Energie erzeugt werden wird, müssen Schülerversuche mit Solarzellen durchgeführt werden. Dabei stehen Reihen- und Parallelanordnung von Solarzellen zur Erhöhung von Spannung und Stromstärke im Vordergrund.

Bei einigen Teilthemen lassen sich Schülerreferate vergeben, z. B. Funktion von Kohle- und Kernkraftwerk, europäisches Verbundnetz, Wechselstromzähler und Stromrechnung. Wichtig dabei ist, dass einzelne Schülerinnen oder Schüler über kleine, überschaubare Sachverhalte berichten und ein Kurzreferat anfertigen und vortragen (Zeitrichtwert ca. 5min.).

Wenn projektorientiert gearbeitet wird, kann z. B. ein Vergleich zwischen verschiedenen Kraftwerken im Mittelpunkt stehen. Bei der Einbeziehung von Umweltgesichtspunkten werden die Grenzen des Faches Physik überschritten. Informationsbeschaffungen über die örtlichen Energieversorgungsunternehmen können von Schülerinnen und Schülern genutzt werden.

7.11.3 Vorkenntnisse und Alltagserfahrungen

In der Alltagssprache bedeutet das Wort Energie sehr Unterschiedliches. Bei der Einführung des physikalischen Energiebegriffs kommt es deshalb darauf an, Schülerinnen und Schülern bewusst zu machen, dass durch die Definition nur noch eine bestimmte Bedeutung zugelassen wird.

Der Wechselstromzähler ist Schülerinnen und Schülern in der Regel bekannt. Der Name legt aber die Vermutung nahe, dass mit dem Zähler Wechselstrom gemessen wird. Es muss deshalb konsequent darauf hingewirkt werden, den Wechselstromzähler als Energiemessgerät anzusehen.

Schülerinnen und Schüler nennen im Zusammenhang mit Energie in der Regel auch den Begriff „Energiesparen“ und können dazu auch Maßnahmen, etwa zur Einsparung elektrischer Energie (Reduzierung des „Stromverbrauchs“), benennen. Man sollte dieses Vorwissen aufgreifen und mindestens ein exemplarisches Beispiel für Energiesparen erarbeiten.

Wofür Fahrraddynamo, Transformator (z.B. Spielzeugtransformator, Ladegerät für Handy) sowie Elektrogeräte des Haushalts verwendet werden können, wissen Schülerinnen und Schüler bereits. Es geht also nicht darum, diese Geräte im Unterricht bekannt zu machen, sondern ihren inneren Aufbau und ihre physikalisch-technische Funktion zu entdecken. Das ist am besten dadurch möglich, dass man einige dieser Geräte öffnet bzw. in Einzelteile zerlegt.

Die Erzeugung, Verteilung und Anwendung elektrischer Energie ist von großer energiewirtschaftlicher und energiepolitischer Bedeutung. Das wissen Schülerinnen und Schüler in der Regel aus den in Medien geführten Diskussionen. Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass sie auch wirtschaftliche und politische Argumentationen in den Unterricht einfließen lassen. Ziel des Physikunterrichts muss es deshalb sein, ihnen den Unterschied zwischen physikalischer, technischer, wirtschaftlicher, politischer und ökologischer Argumentation bewusst zu machen.

7.11.4 Ergänzende Hinweise

Bei diesem Thema lernen Schülerinnen und Schüler erstmals zwei unterschiedliche Beschreibungsarten kennen:

- Beschreibung mit Hilfe des Energiebegriffs.
- Beschreibung mit Hilfe der Begriffe Stromkreis, Induktion sowie der Größen Spannung, Stromstärke und Widerstand.

Der elektrischen Energie kommt eine besondere Bedeutung zu, weil sie sich in fast alle anderen Energieformen umwandeln lässt (Ausnahme: Kernenergie). Im Unterricht können deshalb Verbindungen zu allen anderen Bereichen der Physik, aber auch Teilbereichen der Chemie (z.B. Elektrochemie) hergestellt werden.

Welche Energiemenge 1kWh darstellt, kann man Schülerinnen und Schülern dadurch veranschaulichen, dass man 1kWh im Gedankenexperiment vollständig in mechanische Energie

(Höhenenergie) umwandelt. Es lassen sich damit 3670 Wassereimer mit 10 Liter Inhalt 10m hoch transportieren.

Energiemengen werden für sie „handgreiflich“ erfahrbar, wenn man Versuche mit einem Handgenerator und einem Energiemessgerät durchführen lässt.

7.12 Atom- und Kernphysik

7.12.1 Inhaltliche Schwerpunkte

Das Thema behandelt den Aufbau der Atome, die Entstehung von Kernstrahlung sowie die Spaltung von Urankernen in Kernkraftwerken. Dabei wird mit dem Bohrschen Atommodell und einfachen Modellvorstellungen gearbeitet.

Mit einfachen Versuchsanordnungen lassen sich die Kernstrahlung nachweisen und einige ihrer Eigenschaften ermitteln. Dadurch wird es Schülerinnen und Schülern möglich, Strahlenschutzmaßnahmen kennen zu lernen und zu verstehen.

Im Detail ergeben sich fünf inhaltliche Schwerpunkte, durch die jedoch keine Reihenfolge der Teilthemen vorgegeben ist.

- Atome sind sehr kleine Teilchen, die man sich aus einem extrem kleinen Kern (Protonen, Neutronen) und einer Hülle (Elektronen) vorstellen kann. Manche Atome (sog. radioaktive Atome) haben instabile Kerne, die sich in stabile Kerne umwandeln, indem sie Teilchen (Alphateilchen, Betateilchen) oder Energieportionen (Gammaquanten) ausschleudern.
- Die aus den Kernen radioaktiver Atome ausgeschleuderten Teilchen oder Energieportionen bilden eine energiereiche Strahlung. Sie lässt sich mit speziellen elektrischen Stromkreisen (Funkenstrecke) nachweisen und durch geeignete Maßnahmen abschirmen.
- Die Aktivität gibt an, wie viele Atomkerne sich in einer Sekunde umwandeln. Je mehr Kernumwandlungen in einer Sekunde stattfinden, desto mehr Strahlung wird in dieser Zeitspanne abgegeben. Finden keine Kernumwandlungen mehr statt, wird auch keine Strahlung mehr ausgesandt.
- Unter bestimmten Bedingungen lassen sich Kerne von Uranatomen mit Hilfe von Neutronen spalten. Die dabei entstehenden zwei kleineren Kerne fliegen auseinander und prallen auf Nachbaratome, wodurch diese heftiger schwingen. Dadurch steigt die Temperatur des Urans. Mit erhitztem Uran kann Wasser verdampft werden. Der

Wasserdampf treibt eine Dampfturbine mit angekoppeltem Generator.

- Die bei der Spaltung von Uran entstehenden neuen Kerne besitzen eine hohe Aktivität und senden oft über einen sehr langen Zeitraum intensive Strahlung aus. Diese Spaltprodukte müssen deshalb sicher aus der Biosphäre ferngehalten werden (z.B. Einlagerung in speziellen Bergwerken).

7.12.2 Arbeitsformen

Die Messgeräte zum Nachweis ionisierender Strahlung stehen meist nicht für Schülerversuche in ausreichender Zahl zur Verfügung. Der Lehrer kann aber einzelne Schülerinnen oder Schüler an Aufbau und Durchführung von Demonstrationsversuchen beteiligen oder die Arbeitsmöglichkeiten im NWZ oder bei DESY nutzen. Dort können alle grundlegenden Versuche als Schülerversuche durchgeführt werden.

Da sich der Unterricht bei diesem Thema mit Sachverhalten beschäftigt, die mit den menschlichen Sinnen nicht wahrnehmbar sind, kommt einer Modellbildung bzw. Veranschaulichung eine besondere Bedeutung zu. Das Anfertigen von Skizzen, Bildern und Grafiken ist deshalb bevorzugte Arbeitsform. Ergänzende Texte sollten so kurz wie möglich gehalten werden.

Bei den Teilthemen Kernenergie und Umweltradioaktivität besteht die Möglichkeit, an Schülerinnen und Schüler Suchaufträge oder Kurzreferate zu vergeben. Die Bewältigung solcher Aufgaben fällt ihnen erfahrungsgemäß nicht leicht, deshalb müssen entsprechende Hilfestellungen von Seiten des Lehrers geboten werden. Vergibt man Aufträge nicht an einzelne Schüler, sondern an Schülergruppen, können die besonderen Fähigkeiten und Fertigkeiten der einzelnen Gruppenmitglieder besser ins Spiel gebracht werden. Gleichzeitig stärkt man die Kommunikationsfähigkeit innerhalb der Lerngruppe.

7.12.3 Vorkenntnisse und Alltagserfahrungen

Man kann davon ausgehen, dass Schülerinnen und Schüler sehr geringe oder gar keine kernphysikalischen Vorkenntnisse besitzen. Ihr Vorwissen ist in der Regel energiewirtschaftlicher bzw. energiepolitischer, manchmal auch medizinisch-technischer Natur (Sollen die Kernkraftwerke abgeschaltet werden? Wohin mit dem Atommüll? Krebstherapie durch Bestrahlung). Für den Lehrer entsteht dadurch die Situation, dass er die Vorkenntnisse und Alltagserfahrungen aufgreifen sollte, aber auch Schülerinnen und Schüler befähigt, zwischen nicht naturwissenschaftlichen und naturwissenschaftlich-technischen Argumentationen unterscheiden zu können.

Eine besondere Schwierigkeit bereiten die in den Medien verwendeten Begriffe „Verstrahlung“ und „Strahlenbelastung“. Es handelt sich dabei nicht um definierte Begriffe der Physik, sondern um journalistische Begriffe, mit denen sehr Unterschiedliches gemeint sein kann. Der Unterricht wird nicht umhin können, sich damit auseinander zu setzen.

Eine weitere besondere Schwierigkeit besteht darin, latente Ängste und emotionale Einstellungen der Schülerinnen und Schüler zu thematisieren. Zwischen diesen und einer von ethischen Werten geprägten Diskussion muss der Physikunterricht seine Aufgabe wahrnehmen, zu einer vorurteilsfreien Sachlichkeit und Verantwortung zu erziehen und zu befähigen.

Elementare Kenntnisse über Atome und Moleküle besitzen Schülerinnen und Schüler oft bereits aus dem Chemieunterricht. Dazu gehört auch die Aufstellung von Reaktionsgleichungen. Wie viel davon für den Unterricht in Kernphysik genutzt werden kann, ist im Einzelfall zu entscheiden. Dabei ist besonders zu bedenken, dass bei chemischen Reaktionen die Atome der Elemente erhalten bleiben, beim radioaktiven Zerfall sich aber Atome anderer Elemente ergeben.

In der Hauptschule ist eine grafische Darstellung oder Wortgleichung einer Kernreaktion der Reaktionsgleichung vorzuziehen.

7.12.4 Ergänzende Hinweise

Bei der Durchführung von Versuchen mit radioaktiven Stoffen ist die Strahlenschutzverordnung in der jeweils gültigen Fassung zu beachten. Bei Schülerversuchen sollen nur genehmigungsfreie radioaktive Stoffe eingesetzt werden. Der Lehrer sollte Strahlenschutzbeauftragter sein.

Grundsätzlich lassen sich alle Basisversuche mit einem Radium-Strahler $A=3,7\text{kBq}$ (Aktivität unter der Freigrenze) durchführen. Als Universalstrahler deutlich höherer Aktivität wird ein Radiumstrahler $A=60\text{kBq}$ empfohlen.

Bei den Schulversuchen geht es im Prinzip immer um Impulsratemessungen. Aus dem Unterschied zweier Impulsraten lässt sich dann auf stattgefundenere Ereignisse (z.B. Abschirmung, Ablenkung) rückschließen. Diese Art der Deutung muss Schülerinnen und Schülern ausführlich erklärt werden.

Die Besonderheiten eines Kernkraftwerkes lassen sich am besten durch Vergleich mit einem Kohlekraftwerk herausstellen.

7.13 Anmerkungen zu Block 2 (Realschule)

7.13.1 Aufbau einer übergeordneten Struktur

Der für die Realschulen vorgesehene Block 3 umfasst die Themenbereiche mechanische Energie, thermische Energie und elektrische Energie. Es werden also drei unterschiedliche Technik- bzw. Wissenschaftsbereiche unter einem gemeinsamen Aspekt betrachtet und dadurch in elementarer Form eine übergeordnete Struktur entwickelt.

Beim Aufbau dieser Struktur ist es erforderlich, den Energiebegriff der Altersstufe gemäß zu definieren, Energieformen und Energieumwandlungen kennen zu lernen sowie Energien zu messen und zu berechnen. Das geschieht an einfachen Beispielen aus Alltag, Technik, Natur und Umwelt.

7.13.2 Bezüge zur Umwelt und zum Umweltschutz

Eine ausführlichere Beschäftigung mit verschiedenen Energieformen führt dazu, dass auch energietechnische, energiewirtschaftliche und energiepolitische Fragen in den Unterricht einbezogen werden. Damit öffnet sich der Unterricht für Lebensbereiche, die im klassischen Sinn nicht zur Physik gehören. Die inhaltliche Erweiterung zeigt aber Schülerinnen und Schülern, dass die Physik einen Beitrag zur Erklärung unserer Welt und unseres Lebens leisten kann und dass Forderungen des Umweltschutzes auf naturwissenschaftlichen Fakten basieren. Erst durch Messungen und Berechnungen lassen sich Umweltprobleme präzise formulieren und wichten.

7.13.3 Erweiterte Informationsbeschaffung

Die Ausweitung der drei Physikthemen in Richtung Energietechnik, Energiewirtschaft und Umweltschutz bedeutet, dass Informationen aus angrenzenden Lebens- und Wissenschaftsbereichen beschafft und bewertet werden müssen. Das stellt eine zusätzliche Herausforderung für Schülerinnen und Schüler dar.

Eine Informationsbeschaffung allein ist jedoch nicht ausreichend. Der Unterricht muss aufzeigen, nach welchen Kriterien Informationen bewertet werden. Dazu gehört vor allem die Vermittlung der Erkenntnis, dass physikalische, technische, wirtschaftliche und politische Aussagen in ihren Zusammenhängen betrachtet werden müssen. Sie haben klar eingegrenzte Gültigkeitsbereiche.

7.14 Mechanische Energie

7.14.1 Inhaltliche Schwerpunkte

Im Unterricht werden der Energiebegriff definiert, mechanische Energieformen vorgestellt und anhand einfacher Systeme Energieumwandlungsmöglichkeiten aufgezeigt. Mechanische Energie, mechanische Arbeit und Leistung lernen Schülerinnen und Schüler als Größen kennen, mit deren Hilfe sich bestimmte physikalische Ereignisse quantitativ beschreiben lassen.

Bei der Unterrichtsplanung sind sechs Schwerpunkte zu berücksichtigen, deren Reihenfolge nicht den Unterrichtsverlauf vorgibt.

- Wenn man einen Körper hochhebt, bewegt (antreibt), verformt oder reibt, wird eine physikalische Arbeit verrichtet. Diese Arbeiten werden als Hubarbeit, Beschleunigungsarbeit, Spannarbeit und Reibungsarbeit bezeichnet. Zur Verrichtung der Arbeiten ist Energie erforderlich, bzw. Energie ist die Fähigkeit eines Systems Arbeit zu verrichten.
- Es gibt drei Formen mechanischer Energie: Höhenenergie, Bewegungsenergie und Spannenergie. Sie lassen sich zur Verrichtung einer physikalischen Arbeit einsetzen. Wird eine physikalische Arbeit verrichtet, findet eine Energieumwandlung statt. Dabei wird die dem Gerät oder der Maschine zugeführte Energie nur zum Teil in nutzbare Energie umgewandelt. Es treten Energieverluste auf. Das wird durch Angabe des Wirkungsgrades beschrieben.
- Mechanische Energie wird in der Einheit Newtonmeter (Nm) gemessen. Wenn eine Masse von etwa 100 g (Gewichtskraft 1N) 1m hochgehoben werden soll, ist dafür eine Energie von 1 Nm erforderlich (Energieverluste nicht berücksichtigt).
- Wird die Energie von 1 Nm vollständig in eine andere Energieform umgewandelt, verrichtet die Maschine eine Arbeit von 1 Nm. Die Einheit 1 Nm beschreibt also sowohl den Energiebetrag als auch den Betrag an Arbeit, der bei der Energieumwandlung verrichtet wird.
- Die Leistung gibt an, in welcher Zeit eine Arbeit verrichtet worden ist.

7.14.2 Arbeitsformen

Bei allen Teilthemen können Schülerversuche durchgeführt werden, weil dafür nur sehr einfache Geräte und Materialien erforderlich sind,

der Zeitbedarf je Versuch relativ gering ist und kaum Gefährdungen entstehen.

Für die Versuche benötigt man nur Seil, Stange, Gummiband, Schraubenfeder und Stoppuhr. Da von solchen Materialien keine besondere Faszination ausgeht, muss auf anderem Wege für eine das Lernen fördernde Motivation gesorgt werden. Das kann z.B. durch eine interessante Aufgabenstellung oder durch Einbeziehung von Materialien aus dem Erfahrungsbereich der Schülerinnen und Schüler geschehen. Dazu gehören z.B. Expander, Hantel, Personenwaage, Flaschenzug aus dem Baumarkt und Turngeräte. Die Verknüpfung von Physik und Sport, wenn etwa die persönliche Leistung eines Menschen ermittelt wird, kann auch zu motivierenden Lernsituationen führen.

Bei diesem Thema wird eine neue Begriffsstruktur entwickelt. Offene bzw. projektorientierte Arbeitsformen sind nur sehr eingeschränkt möglich. Der Unterricht wird daher überwiegend als Lehrgang organisiert. Offenere Lernformen ergeben sich nur bei Erfindung kleinerer Energieumwandlungsmaschinen (z.B. Boote oder Fahrzeuge mit unterschiedlichem Antrieb).

Bei zwei Teilthemen lassen sich Suchaufträge bzw. Schülerreferate vergeben:

- Welche mechanischen Energiequellen haben die Menschen früher eingesetzt? (Mensch, Tier, Wind, Wasserkraft.)
- Welches sind heute die größten mechanischen Energiequellen? (Stauseen, Pumpspeicherkraftwerke, Wind, Gezeiten)

7.14.3. Vorkenntnisse und Alltagserfahrungen

Das Wort Energie ist in der Alltagssprache bereits verankert, hat dort aber eine andere Bedeutung als in der Physik. (vgl. 7.11.1 – 7.11.3) Im physikalischen Sinne setzen Schüler Energie oft mit Strom oder Kraft gleich. Es ergibt sich also schon am Anfang des Unterrichts die Notwendigkeit, Begriffe auszuscharfen und im Sinne der Physik zu definieren. Dabei ist für eine Definition der mechanischen Energie – nämlich der Fähigkeit, eine physikalische Arbeit zu verrichten - von Vorteil, dass man die Energieträger in ihrem besonderen Zustand sehen kann (hochgehobener Körper, bewegter Körper, gespannte Feder). Da hochgehobenes Wasser in einem Stausee, fließendes Wasser oder strömende Luft auch heute noch wichtige Energieträger sind, werden vielfältige Möglichkeiten zur Verknüpfung der Unterrichtsthemen mit unserer Industriekultur geschaffen.

Das es anstrengend ist, etwas Schweres hochzuheben oder zu bewegen, bzw. einen steifen Körper zu verformen, haben

wahrscheinlich alle Schülerinnen und Schüler schon einmal selbst erlebt. Anders als bei vielen anderen Themen der Physik liegen hier also bereits reichhaltige Erlebnisse und Erfahrungen vor. Sie werden aufgegriffen und zur Vorbereitung von grundlegenden Experimenten genutzt.

7.14.3 Ergänzende Hinweise

In Block 1 werden Schülerinnen und Schüler mit den Grundlagen der Mechanik bekannt gemacht. Dabei lernen sie Kräfte zu messen und die Funktion von Hebel und Flaschenzug zu erklären. Daran kann hier angeknüpft werden, indem z.B. überlegt wird, ob man mit einem Flaschenzug Arbeit sparen kann.

Obwohl das Thema „Mechanische Energie“ heißt, wird also zunächst der Begriff der physikalischen Arbeit eingeführt. Es hat den Vorteil, dass zu Beginn des Themas eine Vielzahl von Arbeiten verrichtet, beschrieben und gemessen werden können. Dadurch steht das praktische Tun im Vordergrund.

Betrachtungen zur Energieerhaltung sind erst sinnvoll, wenn die thermische Energie kennen gelernt worden ist. Dann kann auch der nicht in nutzbare Energie umgewandelte Energieanteil entdeckt und beschrieben werden. Entsprechendes gilt auch für den Begriff der Energieentwertung.

Höhenenergie und Spannenergie bezeichnet man in der Physik eigentlich als potentielle Energie. Hier werden aus didaktischen Gründen die anschaulicheren Begriffe Höhenenergie und Spannenergie verwendet.

Um mit Höhenenergie, Spannenergien oder Bewegungsenergie eine bestimmte Arbeit verrichten zu können, braucht man spezielle Vorrichtungen bzw. Maschinen. Sie müssen zur jeweiligen Arbeitsverrichtung bzw. Energieumwandlung passen. Dies Schülerinnen und Schülern verständlich zu machen, ist auch eines der Unterrichtsziele.

Für mechanische Arbeit und mechanische Energie wird dieselbe Einheit Newtonmeter verwendet. Das führt anfangs bei Schülerinnen und Schülern zu Verständnisschwierigkeiten. Es kommt also darauf an, Arbeit und Energie als etwas Zusammengehörendes anzusehen. Wenn die Arbeit von 1 Nm verrichtet wird, benötigt man dafür 1 Nm Energie.

Werden im Unterricht schwere Lasten gehoben (z.B. Papierkorb mit Ziegelsteinen) oder steife Körper verformt, müssen die entsprechenden Sicherheitsbestimmungen beachtet werden.

7.15. Thermische Energie

7.15.1 Inhaltliche Schwerpunkte

Die thermische Energie wird als weitere Energieform kennen gelernt und im Rahmen verschiedener Energieumwandlungen betrachtet. Um bei der Anwendung thermischer Energie bzw. bei ihren Wirkungen quantitative Aussagen machen zu können, müssen Verfahren zur Messung thermischer Energie sowie die Energieeinheit Joule (J) eingeführt werden.

Auf der Basis dieser Überlegungen ergeben sich für den Unterricht sieben Schwerpunkte:

- Unter bestimmten Bedingungen lässt sich mit Hilfe erwärmter Körper eine physikalische Arbeit verrichten. Diese Fähigkeit erwärmter Körper wird thermische Energie genannt. Thermische Energie kann man nicht vollständig in mechanische Energie umwandeln, mechanische Energie aber vollständig in thermische Energie.
- Bei einer Energieumwandlung kann immer nur ein Teil der zugeführten Energie E_{zu} in Nutzenergie E_{nutz} umgewandelt werden. Das wird mit dem Wirkungsgrad η (eta) beschrieben. Er ist stets kleiner als 1.

$$\eta = \frac{E_{nutz}}{E_{zu}}$$

Verluste treten in Form thermischer Energie auf.

- Mit Hilfe des Teilchenmodells lässt sich der Unterschied zwischen Temperatur und thermischer Energie beschreiben. Die Temperatur ist abhängig von der mittleren Bewegungsenergie je Teilchen. Die thermische Energie gibt die Summe der Bewegungsenergien aller Teilchen eines Körpers an.
- Thermische Energie wird in der Einheit Joule (J) gemessen. Wenn 1g Wasser die Energie von 1J zugeführt wird, steigt seine Temperatur um $0,238^\circ \text{C}$ (etwa $0,25^\circ \text{C}$) an.

1J entspricht 1Nm. $1\text{J} = 1\text{Nm}$

- Thermische Energie kann erzeugt werden durch Reibung, mit Hilfe des elektrischen Stromes, durch Verbrennen von Stoffen, durch Nutzung von Abwärme und natürlichen Wärmequellen

(Solarwärme, Erdwärme). Wie viel thermische Energie beim Verbrennen von 1 kg eines Stoffes frei wird, gibt der Heizwert bzw. der Brennwert an. (Bei Nahrungsmitteln, die „langsam“ im menschlichen Körper verbrannt werden, spricht man vom Nährwert)

- Beim Schmelzen, Erwärmen und Verdampfen eines Stoffes muss thermische Energie zugeführt werden; beim Kondensieren, Abkühlen und Erstarren werden die zugeführten Energiebeträge wieder abgegeben.
- Um die Temperatur von 1kg eines Stoffes um 1° C zu erhöhen, muss verschiedenen Stoffen unterschiedlich viel thermische Energie zugeführt werden. Das wird durch den Begriff der spezifischen Wärmekapazität ausgedrückt.

7.15.2 Arbeitsformen

Schülerversuche sind nahezu durchgängig möglich, weil ihre Durchführung nur sehr einfache Geräte und Materialien erfordert: Glasgefäße, Gas- oder Esbitbrenner bzw. Tauchsieder für Kleinspannung, Thermometer und Stoppuhr. Die eigentliche Schülerleistung besteht darin, aus Temperaturänderungen die richtigen thermodynamischen Schlussfolgerungen zu ziehen und physikalisch einwandfrei zu formulieren.

Da die thermische Energie eine weitere Energieform neben der mechanischen Energieform ist, erfährt die beim Thema „Mechanische Energie“ entwickelte übergeordnete Struktur „Energie“ eine Erweiterung. Es ist deshalb notwendig, anfangs entwickelte Graphiken über mögliche Energieumwandlungen zu vervollständigen. Das sollten Schülerinnen und Schüler in eigener Verantwortung selbst vornehmen (z.B. Grafiken im Arbeitsheft, Großgrafiken für eine Ausstellung).

Bei den im Rahmenplan angegebenen Wahlthemen müssen Schülerinnen und Schüler u.U. erst Informationen beschaffen, ehe sie sich im Unterricht damit auseinandersetzen. Das trifft vor allem für die Themen Energiesparen, Wärmekraftmaschine, Wärmepumpe oder Wetter und Klima zu. Ziel dabei ist, die Informationen zu ordnen, naturwissenschaftlich zu bewerten und in die übergeordnete physikalisch-technische Struktur einzuordnen.

7.15.3 Vorkenntnisse und Alltagserfahrungen

Im täglichen Leben bedeutet Energiesparen in erster Linie, dass Heizöl und Kraftstoff sowie elektrischer Strom (elektrische Energie)

sparsam eingesetzt werden. Es ist also für Schülerinnen und Schüler durchaus naheliegend, dass Wärme (Heizöl und Kraftstoffe werden verbrannt, elektrischer Strom erzeugt vorwiegend Wärme) irgend etwas mit thermischer Energie zu tun hat. Aufgabe des Unterrichts ist es, diesen Sachverhalt im Sinne der Physik zu klären.

Sobald der Begriff der thermischen Energie eingeführt worden ist, können vollständige Energiebilanzen aufgestellt und der Energieerhaltungssatz besprochen werden. Dieser Satz widerspricht jedoch den im Alltag gemachten Erfahrungen, dass Energie beim Umwandlungsprozess auf irgend eine Weise verschwindet. An dieser Stelle des Unterrichts kann man auch den Begriff der Energieentwertung einführen. Die bei einem Umwandlungsprozess ungewollt entstehende thermische Energie befindet sich in der Regel auf so niedrigem Temperaturniveau, dass sie für den Menschen nicht mehr nutzbar ist. Sie ist also vorhanden, aber entwertet.

Schülerinnen und Schülern fällt es schwer, zwischen Temperatur und thermischer Energie zu unterscheiden, da bei einem einheitlichen Stoff und konstanter Masse die thermische Energie eines Körpers allein durch seine Temperatur bestimmt wird. Das entspricht auch ihren Alltagserfahrungen: Je höher z.B. die Temperatur in einer Wohnung gewählt wird, desto mehr Energie muss dem Heizkessel zugeführt werden und desto mehr Energie geben die Heizkörper in den Raum ab. Der Unterricht muss deshalb Schülerinnen und Schülern verständlich machen, dass es sinnvoll ist, zwischen der Größe Temperatur und der Größe thermische Energie zu unterscheiden.

Thermische Energie (bzw. Energie allgemein) wird in Joule gemessen. Bei Nährwerten ist im täglichen Leben aber immer noch die Einheit Kalorie gebräuchlich (kalorienarme Kost, kalorienbewusste Ernährung, „Kalorienbombe“ u.Ä.). Im Unterricht sollte aber konsequent die Einheit Joule verwendet, jedoch auf die alte Einheit hingewiesen werden.

$$1 \text{ Joule} = 0,24 \text{ cal} \quad 1 \text{ Kalorie} = 4,2 \text{ J}$$

7.15.4 Ergänzende Hinweise

Die thermische Energie (auch Wärmeenergie genannt) wird in der Wissenschaft als innere Energie bezeichnet. Damit meint man die Summe der Bewegungsenergien und der potentiellen Energien ihrer kleinsten Teilchen. Von Wärme, Wärmeenergie oder thermischer Energie spricht man dann, wenn sich zwei Körper unterschiedlicher Temperatur berühren und die schnelleren Teilchen des heißeren Körpers die langsameren Teilchen des kälteren Körpers anstoßen. Dabei werden die schnelleren Teilchen des heißeren Körpers langsamer und die langsameren Teilchen des kälteren Körpers schneller. Die innere Energie eines Körpers wird erhöht. Diese übertragene Energie wird Wärme, Wärmeenergie oder thermische Energie genannt. Es handelt sich also um eine Übertragungsgröße. Im Unterricht wird jedoch nicht zwischen Zustand und Übertragung

unterschieden und für beide Sachverhalte der Begriff thermische Energie verwendet.

Die bei den verbindlichen Inhalten des Rahmenplans angegebenen Wahlthemen sind nicht als mögliche Ergänzung aufzufassen. Der Unterricht ist verpflichtet, sich mit thermischer Energie in Natur und Technik zu beschäftigen, wobei dem Lehrer und der Lerngruppe jedoch die Wahl des Beispiels freigestellt ist. Da man sich im Unterricht stets bemühen sollte, von konkreten Beispielen auszugehen, liegt es sogar nahe, z.B. mit der Wärmekraftmaschine „Otto-Motor“ zu beginnen und sich anschließend mit den Kraftstoffen und ihrem Energieinhalt sowie Verfahren zur Bestimmung thermischer Energie zu beschäftigen.

Beim Umgang mit offenen Flammen und heißen Flüssigkeiten sind besondere Sicherheitsvorkehrungen zu treffen und die geltenden Sicherheitsbestimmungen zu beachten.

7.16 Elektrische Energie

7.16.1 Inhaltliche Schwerpunkte

Als dritte der zu behandelnden Energiearten wird die elektrische Energie vorgestellt. Da sie für eine Industriegesellschaft von besonderer Bedeutung ist, beschäftigt sich der Unterricht mit ihr ausführlicher. Dabei geht es um Möglichkeiten der Gewinnung elektrischer Energie, um Maßnahmen zur weiträumigen Verteilung sowie ihre vielfältigen Anwendungen. Elektrische Energie bzw. elektrische Arbeit und Leistung sind die Größen, mit denen sich alle Vorgänge quantitativ beschreiben lassen.

Die sieben inhaltlichen Schwerpunkte beziehen sich auf physikalische und technische Sachverhalte sowie auf die Belange des Umweltschutzes.

- Spannung und Stromstärke sind zwei aufeinander bezogene Größen. Erst wenn eine Spannung vorhanden ist, kann in einem Leiterkreis ein elektrischer Strom fließen. (Vergleich: Spannung = Wasserdruck / Stromstärke = ausfließende Wassermenge pro Zeit)
- Die elektrische Energie E , die erzeugt oder umgewandelt wird, ist von der Spannung U , der Stromstärke I und der Zeit t abhängig.

$$E_{el} = U \cdot I \cdot t$$

Da $1\text{V} \cdot 1\text{A} = 1\text{VA}$ als 1 Watt (W) bezeichnet wird, ist die Einheit der elektrischen Energie die Wattsekunde (Ws).

$1\text{kWh} = 3\,600\,000\text{Ws}$.

Für die drei Energieeinheiten gilt:

$$1\text{Nm} = 1\text{J} = 1\text{Ws}$$

- Elektrische Energie kann auf verschiedene Weise gemessen werden:
 - Bestimmung der Anzahl der Umdrehungen eines Wechselstromzählers.
 - Messen von Spannung, Stromstärke und Betriebszeit.
 - Bestimmung der Temperaturerhöhung einer bestimmten Wassermenge. (Wenn elektrische Energie im Wasser in thermische Energie umgewandelt wird.)
- Damit elektrische Energie zur Verfügung steht, muss eine elektrische Spannung erzeugt werden. Dafür gibt es verschiedene Möglichkeiten. Heute erzeugt man elektrische Energie nahezu ausschließlich mit Hilfe von Wechselstromgeneratoren (Induktionsprinzip). In Zukunft wird ein immer größerer Anteil der benötigten elektrischen Energie mit Hilfe von Solarzellen erzeugt werden.

- Zur Übertragung elektrischer Energie über große Entfernungen wird die Spannung erhöht und dadurch die Stromstärke erniedrigt.

$$E_{\text{el}} = U * I * t$$

↑
↓
Dafür verwendet man Transformatoren. Am Verbrauchsort erniedrigt man wieder die Spannung und erhöht dadurch die Stromstärke.

- Bei der Anwendung elektrischer Energie in Geräten und Maschinen finden Energieumwandlungen statt. Wie viel Nutzenergie E_{nutz} aus der dem Gerät zugeführten elektrischen Energie E_{zu} gewonnen werden kann, gibt man mit Hilfe des Wirkungsgrades η (eta) an.

$$\eta = \frac{E_{\text{nutz}}}{E_{\text{zu}}}$$

- Elektrische Energie wird heute zu über 90% in Kohle- und Kernkraftwerken erzeugt. Da diese Kraftwerke nicht nur Energiewandler, sondern auch Stoffwandler sind, ergeben sich eine Vielzahl von Umweltproblemen. Dagegen können solarelektrische Stromversorgungsanlagen ohne Belastung für die Umwelt betrieben werden.

7.16.2 Arbeitsformen

Da Schülerarbeitsgeräte zur Elektrik in den Physiksammlungen der Schulen in der Regel reichlich vorhanden sind, können bei nahezu allen Teilthemen Schülerversuche durchgeführt werden. Lediglich bei Transformatorversuchen und beim Einsatz eines Wechselstromzählers gelten aus Sicherheitsgründen gewisse Einschränkungen. (Siehe Sicherheitsbestimmungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht)

Die von Schülerinnen und Schülern bei diesem Thema zu untersuchenden technischen Geräte sind Fahrraddynamo, Aufbautransformator und Tauchsiedermodell (12V- Anschluss) sowie Elektromotor. Sie sind Ausgangspunkt für Versuche und Versuchsreihen, die in der Regel als Lehrgang organisiert werden. Zur Wiederholung und Festigung des Gelernten kann auch „Lernen an Stationen“ vorgesehen werden.

Bei Versuchen mit Solarzellen, bei denen ebenfalls durchgängig Schülerversuche möglich sind, stehen Reihen- und Parallelanordnung von Zellen, Spannungs- und Stromstärkemessung sowie die Bestimmung der Ausgangsleistung im Vordergrund. Ein Solarzellenpraktikum mit der ganzen Lerngruppe kann u.U. im NWZ durchgeführt werden.

Soll geklärt werden, wie ein Kohlekraftwerk funktioniert, was man unter dem europäischen Verbundnetz versteht, wie hoch die Übertragungsverluste sind und nach welchen Gesichtspunkten eine so genannte Stromrechnung erstellt wird, können Schülerreferate vergeben werden.

Bei projektorientiertem Arbeiten empfiehlt sich, Kohlekraftwerk und solarelektrische Stromversorgungsanlage zu vergleichen. Informationen können von Schülerinnen und Schülern über das örtliche Stromversorgungsunternehmen oder das Internet beschafft und für den Unterricht aufbereitet werden (Vortrag, Ausstellung, Video-Clip u. Ä.). Auch eine Besichtigung der genannten Anlagen ist empfehlenswert. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass sich bestimmte Teile dieses Themas nur als Lehrgang organisieren lassen.

7.16.3 Vorkenntnisse und Alltagserfahrungen

In der Umgangssprache werden die Ausdrücke „elektrischer Strom“ und „elektrische Energie“ meist synonym verwendet. (Stromsparen = Energiesparen) Selbst die Elektrizitätswerke sprechen von Wechselstromzähler und Stromrechnung, obwohl es exakt Energiemessgerät und Energierechnung heißen müsste. Es ist Aufgabe des Unterrichts, Schülerinnen und Schülern mitzuteilen, wie

diese Begriffe in der Physik definiert sind. Nur dadurch wird es ihnen möglich, sich in der Struktur der Physik zurechtzufinden.

Schülerinnen und Schüler wissen in der Regel, wofür Fahrraddynamo, Transformator (z.B. Spielzeugtransformator, Ladegerät fürs Handy, Halogenscheinleuchten mit Trafo) sowie Elektrogeräte des Haushalts verwendet werden. Bei der Einbeziehung dieser Geräte in den Unterricht geht es also nicht um ihre Verwendung im täglichen Leben, sondern um Klärung ihres Aufbaus und ihrer physikalischen Funktion. Es ist am besten dadurch möglich, dass man einige dieser Geräte öffnet bzw. in Einzelteile zerlegt und Experimente dazu durchführen lässt.

Durch die Medien wissen Schülerinnen und Schüler meist, welche große energiewirtschaftliche Bedeutung die elektrische Energie hat. Deshalb kann man davon ausgehen, dass sie auch energiewirtschaftliche und energiepolitische Fragen und Argumentationen in den Unterricht einbringen. Das sollte auf keinen Fall blockiert werden. Es ist aber Aufgabe des Physikunterrichts, ihnen den Unterschied zwischen physikalischer, technischer, wirtschaftlicher, politischer und ökologischer Argumentation bewusst zu machen.

7.16.4. Ergänzende Hinweise

Der elektrischen Energie kommt eine besondere Bedeutung zu, weil sie sich in fast alle anderen Energieformen umwandeln lässt (Ausnahme: Kernenergie). Bei der Besprechung dieses Sachverhalts wird man die Reihe der Energieformen durch Hinzufügen von chemischer Energie und Lichtenergie ergänzen. Außerdem muss eine differenziertere Aussage darüber gemacht werden, wofür Energie benötigt wird: Nicht nur zum Hochheben, Beschleunigen oder Verformen eines Körpers sowie zur Wärmeerzeugung, sondern auch zur Erzeugung von Licht, für bestimmte chemische Prozesse, um Funksignale zu erzeugen, zu empfangen oder zu verstärken sowie zur Erzeugung elektrischer Spannung.

Bei diesem Thema haben Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, elektrische Systeme auf zweierlei Art zu beschreiben: Beschreibung mit Hilfe des Stromkreismodells oder mit Hilfe des Energiebegriffs. Bei der späteren Behandlung der Digitalelektronik wird eine dritte Beschreibungsart hinzugefügt, nämlich die ausschließliche Hervorhebung von Informationsübertragung und Informationsverarbeitung.

Welche Energiemenge 1kWh darstellt, kann man Schülerinnen und Schülern auf zweierlei Art veranschaulichen:

1. Man lässt 1kWh in Nm umrechnen und den erhaltenden Betrag zum Verrichten einer mechanischen Arbeit verwenden, bei der keine Energieverluste auftreten.

$$1\text{kWh} = 3\,600\,000\text{Ws} = 3\,600\,000\text{ Nm}$$

Könnte man 1kWh z.B. vollständig in Höhenenergie umwandeln, ließen sich 3600 Wassereimer mit 10 Liter Inhalt 10m hoch transportieren (Gewicht der Eimer nicht mitgerechnet).

2. Stehen ein Generator mit Handkurbelantrieb und ein Energie- und Arbeitsmessgerät zur Verfügung, schließt man z.B. an den Generator einen Tauchsieder für 12 V an. Die Schüler werden aufgefordert, mit dem Generator den Tauchsieder zu betreiben und das Wasser zum Sieden zu bringen. Das Energiemessgerät misst dabei die dem Wasser zugeführte elektrische bzw. thermische Energie. Die Schüler erfahren dabei wie klein die „erzeugte“ Energiemenge am Ende einer Unterrichtsstunde ist, weshalb es ihnen nicht gelingt, das Wasser aufzuheizen.

In der Bundesrepublik benötigt ein Durchschnittshaushalt (2,4 Personen, Elektrospeicherheizung nicht berücksichtigt) im Jahr etwa 3100 kWh. An diesem Wert kann man sich bei der Beurteilung von Energiebeträgen orientieren.

7.17 Anmerkungen zu Block 3 (Realschule)

7.17.1 Einblicke in den atomistischen Aufbau der Materie.

Die Entdeckung des Atoms und seiner Struktur in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts gilt zu Recht als Auslöser für die moderne Technikentwicklung. Im Rahmen des verbindlichen Themas „Atom- und Kernphysik“ werden Schülerinnen und Schüler mit elementaren Forschungsergebnissen damaliger Zeit vertraut gemacht und gleichzeitig an aktuelle Ergebnisse herangeführt. Dabei ist wichtig, dass bei jedem Teilthema aufgezeigt wird, wie Ergebnisse atomphysikalischer Forschung in Technik umgesetzt worden sind und zu einer Veränderung unserer Industriegesellschaft geführt haben.

7.17.2. Bezüge zur Umwelt und zum Umweltschutz

Die Beschäftigung mit der Kernenergie und ihrer Nutzung in Kernkraftwerken ist in der Regel Anlass, sich mit Fragen des Umweltschutzes und der Umweltverträglichkeit von Technik zu beschäftigen. Dazu gehören auch die Beschäftigung mit der Nutzung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung in Wissenschaft, Technik und Medizin. Der Physikunterricht öffnet sich also für Sachverhalte, die im klassischen Sinn nicht zur Physik gehören. Durch die inhaltliche Erweiterung wird aber Schülerinnen und Schülern gezeigt, dass Physik sehr effizient einen Teil unserer Welt und unseres

Lebens erklären kann und dass Forderungen des Umweltschutzes auf naturwissenschaftlichen Fakten basieren.

7.17.3 Zuwahl weiterer Themen

Grundsätzlich kann jedes Thema aus dem Bereich der Wahlthemen behandelt werden. Im folgenden wird auf drei Themen eingegangen.

Wird als zweites Thema die Astronomie gewählt, kann der Bogen vom Mikrokosmos (Atomphysik) zum Makrokosmos (Astrophysik) geschlagen werden. Die Entstehung des Universums und seine Entwicklung ist mit Hilfe des Atommodells recht gut zu erklären. Schülerinnen und Schüler erhalten dadurch einen Zugang zu einem modernen Weltbild.

Beim Thema Elektronik können Schülerinnen und Schüler die Grundlagen moderner Steuerungs-, Regelungs- und Informationstechnik kennen lernen. Da die Konstruktion elektronischer Bauelemente nur auf der Basis atomphysikalischer Erkenntnisse möglich geworden ist, stellt auch dieses Thema eine sinnvolle Ergänzung des Themas „Atom- und Kernphysik“ dar.

Beim Thema „Informations- und Kommunikationstechnik“ wird erstmals eine neue Betrachtungsweise von Schaltungen und Systemen vorgestellt. Es geht nicht mehr primär um Spannung, Stromstärke, Widerstand und Leistung, sondern um Darstellung, Speicherung, Übertragung und Verarbeitung von Informationen. Dabei werden neue Arbeitsstrategien und Gesetze der Informationstechnik kennen gelernt, und es wird über den Bereich der klassischen Physik hinaus gezeigt, in welchem bedeutsamen Maße die Physik die Grundlagen für die moderne Kommunikationstechnik legt.

7.18 Block 4 :Atom- und Kernphysik

7.18.1 Inhaltliche Schwerpunkte

Bei den Inhalten dieses Themas steht das Phänomen der Radioaktivität im Vordergrund. Radioaktive Atomkerne senden Strahlung aus, die nachgewiesen und abgeschirmt werden kann. Trifft sie auf Lebewesen, ruft sie Veränderungen an den Atomen hervor (Anregung oder Ionisation), woraus sich Schädigungen ergeben können.

Im einzelnen sind 6 Schwerpunkte zu nennen:

- Der Aufbau eines Atoms aus Kern und Hülle sowie die Entstehung ionisierender Strahlung bei der Umwandlung radioaktiver Atomkerne lassen sich im Modell beschreiben.
- Die Haupteigenschaft der aus den Kernen radioaktiver Atomkerne ausgesandten Strahlung ist ihre ionisierende Wirkung. Dadurch

wird die Strahlung mit Hilfe einer speziellen Messvorrichtung nachweisbar. Durch Ionisationen können auch Lebewesen geschädigt werden.

- Die Strahlung stellt einen Strom von Elementarteilchen oder Energieportionen dar. Die Strahleneigenschaften werden durch Masse und Ladung der Teilchen sowie ihre Energie bestimmt.
- Zur Charakterisierung einer radioaktiven Substanz dienen die Größen Aktivität und Halbwertszeit. Je größer die Aktivität, desto kleiner ist die Halbwertszeit. Mit Hilfe der spezifischen Aktivität lassen sich Umweltbelastungen beschreiben.
- Unter bestimmten Bedingungen lassen sich Kerne von Uranatomen spalten. Dabei entstehen zwei kleinere Kerne (sog. Spaltkerne) und zwei bis drei Neutronen. Die freigesetzten Neutronen können weitere Urankerne spalten, so dass unter geeigneten Bedingungen eine Kettenreaktion möglich wird. Die auseinanderfliegenden Spaltkerne versetzen die umgebenden Atome bzw. Moleküle in heftige Schwingungen und erhöhen dadurch die Temperatur des Urans (Nutzung thermischer Energie in Kernkraftwerken). – Die Spaltkerne sind radioaktiv und senden z.T. sehr lange Zeit eine ionisierende Strahlung aus (Hauptproblem bei der Nutzung der Kernenergie.).
- Radioaktive Stoffe und die von ihnen erzeugte ionisierende Strahlung können für vielfältige Zwecke in Naturwissenschaft, Technik und Medizin verwendet werden.

7.18.2 Arbeitsformen

Der Unterricht beschäftigt sich mit Sachverhalten, die den menschlichen Sinnen nicht zugänglich sind und zu denen es nur eine stark eingeschränkte Anzahl von Schulversuchen gibt. Simulationen, Grafiken, Skizzen, Abbildungen, Filme und Videos stehen deshalb im Vordergrund. Sie müssen erläutert und interpretiert werden. Das kann durch den Lehrer oder Schüler bzw. Schülergruppen geschehen (Kurzreferate).

Für grundlegende Versuche mit ionisierender Strahlung gibt es Messgeräte, die jedoch meist nicht in ausreichender Anzahl für Schülerübungen zur Verfügung stehen. Der Lehrer kann aber einzelne Schülerinnen oder Schüler an Aufbau und Durchführung von Demonstrationsversuchen beteiligen oder die Arbeitsmöglichkeiten im NW-Zentrum oder bei DESY nutzen. Dort lassen sich alle grundlegenden Versuche als Schülerversuche durchführen. Auch der Informationspavillon des KKW Krümmel lässt sich als außerschulischer Lernort nutzen.

Bei den Teilthemen Kernenergie und Umweltradioaktivität ist auch projektorientiertes Arbeiten möglich, indem Schülerinnen und Schüler z. B. den Auftrag erhalten, Kohlekraftwerk und Kernkraftwerk miteinander zu vergleichen. Einzelne Schüler oder Schülergruppen erhalten dann Arbeits- oder Suchaufträge, über deren Ergebnisse sie in Kurzreferaten berichten.

Die Bewältigung solcher Aufgaben fällt ihnen erfahrungsgemäß nicht leicht, deshalb müssen geeignete Hilfen von Seiten des Lehrers geboten werden. Bei Gruppenarbeit können die besonderen Fähigkeiten und Fertigkeiten der einzelnen Gruppenmitglieder besser ins Spiel gebracht werden. Gleichzeitig stärkt man die Kommunikationsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler

7.18.3 Vorkenntnisse und Alltagserfahrungen

Man kann davon ausgehen, dass Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 10 bereits aus dem Chemieunterricht Kenntnisse über den Aufbau eines Atoms besitzen. Daran kann der Unterricht anknüpfen und sich nun intensiver mit den aus Protonen und Neutronen bestehenden Atomkernen beschäftigen.

Kernphysikalische Vorkenntnisse besitzen Schülerinnen und Schüler in der Regel nicht. Ihr Vorwissen beschränkt sich meist auf energietechnische, energiewirtschaftliche oder energiepolitische Fragen (Sollen Kernkraftwerke abgeschaltet werden? Wohin mit dem Atommüll? Bestrahlung bei Krebstherapie?). Für den Lehrer entsteht dadurch die Situation, dass er zwar die Vorkenntnisse und Alltagserfahrungen berücksichtigen muss, der Unterricht sich aber nicht in allgemeinen Diskussionen verlieren darf.

Eine besondere Schwierigkeit bereiten die in den Medien verwendeten Begriffe „Verstrahlung“ und „Strahlenbelastung“. Es handelt sich dabei nicht um definierte Begriffe der Physik, sondern um journalistische Begriffe, mit denen sehr Unterschiedliches gemeint sein kann. Der Unterricht wird nicht umhin können, sich damit auseinander zu setzen.

Latente Ängste und emotionale Einstellungen der Schülerinnen und Schüler können den Unterricht erheblich beeinflussen. Es wird also darauf ankommen, Gefahren und Risiken genau zu beschreiben und zu bewerten.

7.18.4 Ergänzende Hinweise

Bei der Durchführung von Versuchen mit radioaktiven Stoffen ist die Strahlenschutzverordnung in der jeweils gültigen Fassung zu beachten. Bei Schülerversuchen sollen nur genehmigungsfreie

radioaktive Stoffe eingesetzt werden. Der Lehrer sollte Strahlenschutzbeauftragter sein.

Grundsätzlich lassen sich alle Basisversuche mit einem Radium-Strahler $A = 3,7 \text{ kBq}$ durchführen. Seine Aktivität liegt unterhalb der Freigrenze. Als Universalstrahler höherer Aktivität wird ein Radium-Strahler $A = 60 \text{ kBq}$ empfohlen.

Bei den Schulversuchen geht es im Prinzip immer um Impulsratemessungen. Aus den Unterschieden zweier Impulsraten lässt sich dann auf stattgefundenere Ereignisse rückschließen. (z.B. Absorption, Ablenkung.) Diese Art der Deutung muss Schülerinnen und Schülern immer wieder bewusst gemacht werden.

Es ist zu bedenken, dass sich Impulsratemessungen grundsätzlich von den bisher im Unterricht durchgeführten Messungen unterscheiden. Jetzt werden lediglich Zufallsereignisse registriert, die grundsätzlich mit einem Fehler behaftet sind, da der radioaktive Zerfall ein statistischer Vorgang ist. Im Unterricht müssen deshalb Messungen mehrfach durchgeführt und der Mittelwert der Werte gebildet werden.

Auf die Kernfusion wird bei diesem Thema nur dann eingegangen, wenn Schülerinnen und Schüler danach fragen. Diese Form der Energiefreisetzung wird üblicherweise in der Astronomie (Vorgänge in der Sonne, Sternentwicklung) ausführlicher behandelt.

7.19 Wahlthema Elektronik

7.19.1 Inhaltliche Schwerpunkte

Der Unterricht behandelt Diode und Transistor einschließlich elementarer Anwendungsschaltungen mit diesen Bauelementen sowie die Grundlagen der IC-Technik. Da heute die Digitalelektronik von größerer Bedeutung ist als die Analogelektronik (es werden nur zwei unterschiedliche Zustände einer Schaltung beschrieben), sollte die Digitalelektronik im Vordergrund stehen.

Die Anzahl der inhaltlichen Schwerpunkte ist z.T. davon abhängig, wie umfangreich das Thema angelegt werden kann. Lassen sich aufwendigere Schaltungen behandeln, verschieben sich u.U. die inhaltlichen Schwerpunkte bzw. es wird ihre Anzahl zunehmen.

Für einen elementaren Unterrichtsgang ergeben sich 6 Schwerpunkte.

- Die Diode ist ein elektrisches Ventil, das den Strom nur in einer Richtung fließen lässt, in Gegenrichtung aber sperrt.

- Wichtige Anwendungen von Dioden sind der Gleichrichter (Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom), die 7-Segment-Anzeige mit Leuchtdioden sowie die Diodenmatrix als Beispiel für einen programmierbaren Speicher.
- Der Transistor ist ein elektronischer Schalter und Verstärker. Seine Funktion wird mithilfe zweier unterschiedlicher Ströme beschrieben: Sobald ein schwacher Basisstrom fließt, kann ein viel stärkerer Kollektorstrom fließen, das ist der Verstärkungseffekt.
- Kombiniert mit diversen Sensoren und Relais lassen sich Transistorschaltungen zur Steuerungs- und Regelungstechnik aufbauen. Dabei werden auch neue handwerkliche Fertigkeiten erworben (Umgang mit speziellen Werkzeugen, Löttechnik, Lesen von Schaltplänen usw.).
- Zur Überleitung vom Transistor zum IC wird die Transistorfunktion nicht mehr mit Hilfe elektrischer Ströme sondern mit Hilfe des Spannungsabfalls erklärt. Eine Schaltung wird dann dadurch beschrieben, dass nur noch die Spannung am Eingang und Ausgang der Schaltung betrachtet wird.
- Das IC 7404 (oder auch 7414) enthält die einfachste integrierte Schaltung. Die 6 Inverter können als Nicht-Glieder und als Speicher verwendet werden. Es ergeben sich dann z.B. folgende Anwendungsaufgaben: Spiel „sichere Hand“, Einbruchsicherung, Füllstandsüberwachung, Taktgeber und Tongenerator.

Der Themenbereich „Integrierte Schaltungen“ bietet verschiedene Ergänzungsmöglichkeiten: Untersuchung und Anwendung von ICs mit logischen Gattern oder mit Verstärkerschaltungen. Letztere können auch im Wahlthema „Informations- und Kommunikationstechnik“ behandelt werden.

7.19.2 Arbeitsformen

Bei der Untersuchung von elektronischen Bauelementen sowie dem Aufbau von elektronischen Schaltungen sind durchgängig Schülerversuche möglich, da preiswerte Arbeitsgeräte von nahezu allen Lehrmittelfirmen angeboten werden und sich einzelne Aufgaben relativ leicht strukturieren lassen. Einschränkungen der Schülerselbsttätigkeit sind nur beim Einsatz sehr empfindlicher Messgeräte gegeben.

Eine Einführung in die Elektronik lässt sich am besten als Lehrgang organisieren, bei dem aber an einigen Stellen Arbeitsaufträge erteilt werden können, die eine besondere Kreativität der Schülerinnen und Schüler verlangen. Dazu gehört z.B. die gezielte Veränderung von Schaltungen oder ihre Nutzung bei konkreten Anwendungen.

Projektartiges Arbeiten wird nur in Ausnahmefällen möglich sein, wenn im Rahmen eines Wettbewerbs (z.B. „Schüler experimentieren“) gearbeitet wird oder ein größeres Schaltungssystem für die Schule entwickelt werden soll (z.B. 7-Segment-Großanzeige einschließlich Ansteuerung für Sportveranstaltungen).

Die Beschäftigung mit der Elektronik hat eine berufsorientierende Dimension. Man sollte deshalb darauf achten, dass man die in der Berufswelt üblichen Materialien, Arbeitstechniken und Arbeitsformen einsetzt.

Arbeitsblätter stellen in der Regel eine Erleichterung für lehrgangsorientiertes Lernen dar. Man sollte jedoch darauf achten, dass Schülerinnen und Schüler Schaltungen immer wieder selbst zeichnen, damit sich ihnen ihre Struktur einprägt.

Sollen sich Schülerinnen und Schüler der physikalischen Struktur einer elementaren Elektronik bewusst werden, eignet sich dafür am besten die Entwicklung einer Ausstellung (z.B. Elternsprechtag, Schulfest, Tag der offenen Tür). Es werden dann noch einmal alle Erkenntnisse und Ergebnisse des Unterrichts zusammengetragen, geordnet und unter physikalisch-technischem Aspekt dargestellt.

7.19.3 Vorkenntnisse und Alltagserfahrungen

Obwohl Schülerinnen und Schüler elektronische Geräte im Alltag benutzen und z.T. virtuos handhaben können, kann man nicht erwarten, dass sie über Grundkenntnisse der Elektronik verfügen. Sie werden Aufbau und Funktion solcher Geräte nicht erklären können. Über elektronisches Grundwissen verfügen meistens nur die Schüler, die schon einmal außerhalb der Schule mit Elektronik-Baukästen gearbeitet haben.

Der tägliche Umgang mit z.T. sehr komplexen elektronischen Geräten verführt Schülerinnen und Schüler leicht zu der Annahme, der Unterricht würde sich ebenfalls mit solchen Geräten beschäftigen, sie analysieren oder herstellen. Dass Fernsehgerät, Handy, Gameboy, Lichtorgel oder Computer nicht Gegenstand eines einführenden Elektronikunterrichts sein können, führt bei Schülerinnen und Schülern u. U. zu einer gewissen Enttäuschung. Dieser Schwierigkeit begegnet man am besten dadurch, dass man eine sehr einfache Schaltung im Hinblick auf eine konkrete, für Schüler interessante Anwendung entwickelt und z.B. einen einfachen elektronischen Gebrauchsgegenstand herstellen lässt.

Zum Verständnis elektronischer Bauteile und Schaltungen sind nur elementare Kenntnisse der Elektrizität erforderlich. Sie lassen sich mit folgenden Begriffen grob umschreiben: Stromkreis, Wechselstrom und Gleichstrom, Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen,

Stromstärke, Widerstand, Spannung, Spannungsteilung bei der Reihenschaltung von Widerständen. Da der Physikunterricht diese Themen spätestens in Klasse 9 behandelt, lässt sich das Wahlthema Elektronik in Klasse 10 sinnvoll gestalten.

7.19.4 Ergänzende Hinweise

Die Funktion elektronischer Bauteile und einiger elektronischer Schaltungen kann bei diesem einführenden Lehrgang nicht genau erklärt werden. Das trifft z.B. für die Leitungsvorgänge in Diode und Transistor oder die Innenschaltung von ICs zu. Man muss in diesen Fällen mit Hilfe von Analogien geeignete Erklärungen geben.

In der Physiksammlung sind häufig vorgefertigte Komponenten vorhanden, die beim Zusammenfügen bestimmte elektronische Schaltungen ergeben. Bei diesem Thema wollen Schülerinnen und Schüler aber Schaltungen und einfache Geräte selbst bauen und mit nach Hause nehmen. Man sollte deshalb versuchen, während des Lehrgangs Elektronik zwei solche Werkaufgaben durchzuführen. Dabei haben sich verschiedene Aufbaumethoden bewährt:

- Brettschaltung ohne Löten: Die Bauteile werden in Lüsterklemmen eingeklemmt und über Drahtleitungen verbunden.
- Brettschaltung mit Aderendhülsen und einfachen Lötarbeiten: Die Bauteile werden in so genannte Aderendhülsen eingelötet, die entsprechend dem Schaltplan und den Abmessungen der Bauteile in ein Holzbrett gesetzt werden.
- Verwendung einer vorgefertigten Platine: Die Bauteile werden entsprechend dem Bestückungsaufdruck eingesetzt und festgelötet.

Da Halbleiterbauelemente temperaturempfindlich sind, muss beim Löten darauf geachtet werden, dass bestimmte Grenztemperaturen nicht überschritten werden. Thermische Zerstörungen von Dioden und Transistoren sind aber nie ganz auszuschließen. Es ist deshalb ratsam, genügend Ersatzteile vorrätig zu haben.

Elektronische Bastelarbeiten gelingen nur mit speziellem Werkzeug (kleiner Seitenschneider, kleine Flachzange, Abisolierzange, kleiner Schraubendreher, Lötstation).

Für die Stromversorgung der Schaltungen sind meistens wiederaufladbare Akkus (1,5 V – 9 V) ausreichend. Werden Netzgeräte für Gleichstrom verwendet, muss deren Ausgangsspannung (z.B. 5 V für IC – Versuche) in der Regel gut geglättet oder elektronisch stabilisiert sein.

8. Literaturverzeichnis

[1] **Götz, R. u.a. (Hrsg.): Handbuch des Physikunterrichts.** Sekundarbereich I. 8 Bände (Mechanik, Optik, Elektrik, Elektronik, Energie und Umwelt, Atom- und Kernphysik, Astronomie) Köln: Aulis – Verlag, 1986 – 2000.

[2] **Zeitschrift: Unterricht Physik.** Velber: Friedrich Verlag.

Themenhefte 1989 – 2001

- | | |
|------|---|
| 1989 | Magnetismus / Informationstechnische Grundbildung I / Elektrischer Widerstand |
| 1990 | Mädchen im Physikunterricht / Der Generator / Informationstechnische Grundbildung II / Druck |
| 1991 | Freihandversuche / Messen und Rechnen im Physikunterricht |
| 1992 | Fotografie / Physik und Sport / Elektrische Energie / Spiegel / Fächerübergreifender Unterricht |
| 1993 | Schülervorstellungen Elektrizität / Offener Unterricht / Experimente im Physikunterricht / Astronomie |
| 1994 | Versuche zur Radioaktivität / Hebel und Rolle / Reibung |
| 1995 | Versuche mit ICs / Analogien im Physikunterricht / Physik und Verkehrserziehung |
| 1996 | Induktion und Wirbelströme / Umweltbildung / Lernen in Science - Zentren/ Selbstgebaute Versuchsgeräte und Funktionsmodelle |
| 1997 | Unterricht bewerten / Energie sparen: Elektrische Energie / Faszinierende Versuche der Elektrik / Teilchen / Physikalische Wetterkunde |
| 1998 | Physikalische Zaubereien / Begabte fördern / Themen vertiefen / Schulversuche mit neuen Messgeräten / Üben |
| 1999 | Mädchen, Jungen und Physik / Elektrostatik / Lernen an Stationen : Elektrizitätslehre / Energie sparen : Wärmepumpe / TIMMS – Anregungen für einen effektiven Physikunterricht? |
| 2000 | Elektrische Sicherheitseinrichtungen / Das Auge / Experimentieren mit einfachen Mitteln / Lärm / Gebrauchsgegenstände herstellen |
| 2001 | Solarenergie : Thermische Nutzung / Projektorientierter Physikunterricht / Kraft / Neue Alltagstechnik |

[3] **Walz, A. (Hrsg.): Blickpunkt Physik.** Hannover : Schroedel Verlag 1997

[4] **Heepmann, B. u.a. : Natur und Technik, Physik für die Sekundarstufe I.** Berlin: Cornelsen Verlag 1995

[5] **Hepp, R. u.a. : Umwelt. Physik. Ausgabe B.** Stuttgart: Ernst Klett Verlag 1997

[6] **Schülerduden Physik.** Mannheim: Dudenverlag 2001 (4. Aufl.)

[7] **IPN – Curriculum Physik** (Ausleihe über Hamburger Lehrerbibliothek)
Magnetismus / Der elektrische Stromkreis / Licht und Schatten / Kräfte / Arbeit und Energie / Wärme / Der elektrische Strom / Rauminhalt und Artgewicht / Schwingungen / Elektrizitätswirtschaft / Die

elektrische Spannung / Steuerung und Regelung / Modelle des elektrischen Stromkreises / Elektronik / Energieversorgung durch Kernkraftwerke

[8] Mie, K., Frey, K. (Hrsg.): Physik in Projekten. Köln: Aulis Verlag 1994

[9] Müller, W.: Impulse Physik 2: Medizin und Physik. Stuttgart: Ernst Klett Verlag 1998

[10] Astronomie. Arbeitsblätter Sekundarstufe I: Kopiervorlagen. Aarau: Sabe Verlag, Laurenzenvorstadt 89, CH – 5001 Aarau

[11] Volkmer, M. (Hrsg.): Sammelband Elektronik der Zeitschrift „Unterricht Physik“. Velber: Friedrich Verlag 2001

[12] Pütz, J. (Hrsg.): Einführung in die Elektronik. Köln: Verlagsgesellschaft Schulfernsehen

[13] Glagla, J. ; Lindner, G. : Wege in die Elektronik. Ravensburg: Otto Maier Verlag 1987

[14] Bernhard, H. u. a. : Astronomie 10. Berlin: Volk und Wissen 1991 (5. Aufl.)