

**Physik**

**Klasse 6**

**Unterrichtshilfen**

# Unterrichtshilfen Physik Klasse 6



Volk und Wissen  
Volkseigener Verlag Berlin  
1989

**Autoren:**

**Dr. Lore Graumann (Einleitung, Mechanik, Reflexion des Lichtes)**

**Rolf Scheurer (Einführung in den Physikunterricht, Mechanik)**

**Dr. Karl-Heinz Spröd (Aufbau der Stoffe)**

**Prof. Dr. Hans-Joachim Wilke (Wärmelehre)**

**Bärbel Grimm (Gegenstand der Physik)**

**Eberhard Eichler (Geometrische Optik)**

**Leiter des Autorenkollektivs: Dr. Lore Graumann**

**Redaktion: Günter Meyer, Bärbel Grimm, Werner Golm**

**Unterrichtshilfen Physik Klasse 6. – 4., stark bearb. Aufl. – Berlin : Volk u. Wissen, 1989. – 136 S. :  
Ill.**

**ISBN 3-06-022193-6**

**4., stark bearbeitete Auflage des Buches „022165 Unterrichtshilfen Physik Klasse 6“  
Ausgabe 1989**

**© Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1983**

**Lizenz-Nr. 203 · 1000/89 (SN 022193-1)**

**Printed in the German Democratic Republic**

**Schrift: 9/10 Garamond, Fotosatz**

**Gesamtherstellung: Grafischer Großbetrieb Völkerfreundschaft, Dresden**

**Einband: Atelier vvv**

**Typographische Gestaltung: Atelier vvv**

**Zeichnungen: Heinz Grothmann**

**Redaktionsschluß: 25. November 1988**

**LSV 0671**

**Bestell-Nr. 7094825**

**01200**

# Inhalt

<b>Zu den Zielen, den inhaltlichen und methodischen Schwerpunkten des Physikunterrichts in Klasse 6</b> . . . . .	6
<b>Stoffgebiet Einführung in den Physikunterricht</b>	11
Vorschlag zur Gliederung des Stoffgebietes . . . . .	11
Empfehlungen zur Gestaltung des Stoffgebietes . . . . .	12
<b>Stoffgebiet Mechanik</b>	15
<b>Stoffeinheit Eigenschaften der Körper</b> . . . . .	16
Ziele und inhaltliche Schwerpunkte . . . . .	16
Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit . . . . .	17
Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten . . . . .	18
Gemeinsame Eigenschaften von Körpern . . . . .	18
Volumen von Körpern . . . . .	19
Form und Volumen von Körpern . . . . .	22
<b>Stoffeinheit Bewegung von Körpern</b> . . . . .	23
Ziele und inhaltliche Schwerpunkte . . . . .	23
Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit . . . . .	25
Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten . . . . .	26
Bewegung und Ruhe . . . . .	26
Geschwindigkeit eines Körpers . . . . .	27
<b>Stoffeinheit Kraft und ihre Wirkungen auf Körper</b> . . . . .	33
Ziele und inhaltliche Schwerpunkte . . . . .	33
Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit . . . . .	34
Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten . . . . .	35
Bewegungs- und Formänderungen von Körpern . . . . .	35
Physikalische Größe Kraft . . . . .	37
<b>Stoffeinheit Masse eines Körpers</b> . . . . .	40
Ziele und inhaltliche Schwerpunkte . . . . .	40
Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit . . . . .	41
Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten . . . . .	42
Trägheit von Körpern . . . . .	42
Messen der Masse eines Körpers . . . . .	43

<b>Stoffeinheit Dichte eines Stoffes</b>	45
Ziele und inhaltliche Schwerpunkte	45
Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit	47
Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten	47
Dichte eines Stoffes	47
Festigung und Kontrolle	49
<b>Stoffeinheit Aufbau der Stoffe aus Teilchen</b>	52
Ziele und inhaltliche Schwerpunkte	52
Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit	53
Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten	54
Aufbau der Stoffe aus Teilchen	54
Aufbau von Gasen, Flüssigkeiten und festen Stoffen	58
Wiederholung und Systematisierung	60
<b>Stoffgebiet Wärmelehre</b>	64
<b>Stoffeinheit Temperatur eines Körpers</b>	65
Ziele und inhaltliche Schwerpunkte	65
Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit	66
Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten	66
Temperatur und Thermometer	66
Temperaturmessung und Temperatur-Zeit-Diagramm	68
<b>Stoffeinheit Verhalten des Volumens der Körper bei Temperaturänderung</b>	70
Ziele und inhaltliche Schwerpunkte	70
Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit	71
Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten	72
Volumenänderung fester Körper bei Temperaturänderung	72
Volumenänderung von Flüssigkeiten und Gasen bei Temperaturänderung	74
Volumenänderung der Körper bei Temperaturänderung	76
<b>Stoffeinheit Zustandsänderung eines Stoffes beim Erwärmen und Abkühlen</b>	77
Ziele und inhaltliche Schwerpunkte	77
Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit	79
Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten	80
Schmelzen und Erstarren	80
Verdampfen und Kondensieren	84
Wiederholung und Systematisierung	86
<b>Stoffeinheit Wärmeübertragung</b>	89
Ziele und inhaltliche Schwerpunkte	89
Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit	90
Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten	91
Wärmeleitung, Wärmeströmung und Wärmestrahlung	91
Wärmeübertragung und Wärmedämmung	94
<b>Stoffeinheit Der Aufbau des Atoms und elektrische Ladungen</b>	97
Ziele und inhaltliche Schwerpunkte	97
Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit	99
Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheit	99
Aufbau des Atoms und elektrische Ladungen	99

<b>Stoffgebiet Gegenstand der Physik und physikalische Arbeitsweisen</b> . . . . .	103
Vorschlag zur Gliederung des Stoffgebietes . . . . .	104
Empfehlungen zur Gestaltung des Stoffgebietes . . . . .	105
Gegenstand der Physik und physikalische Arbeitsweisen . . . . .	105
<b>Stoffgebiet Geometrische Optik</b> . . . . .	108
<b>Stoffeinheit Lichtquellen und Lichtausbreitung</b> . . . . .	109
Ziele und inhaltliche Schwerpunkte . . . . .	109
Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit . . . . .	110
Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheit . . . . .	110
Lichtquellen, beleuchtete Körper, Ausbreitung des Lichtes . . . . .	110
<b>Stoffeinheit Reflexion des Lichtes</b> . . . . .	112
Ziele und inhaltliche Schwerpunkte . . . . .	112
Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit . . . . .	113
Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten . . . . .	113
Reflexion des Lichtes, Reflexionsgesetz am ebenen Spiegel . . . . .	113
Hohlspiegel und Anwendungen zur Reflexion . . . . .	115
<b>Stoffeinheit Brechung des Lichtes</b> . . . . .	117
Ziele und inhaltliche Schwerpunkte . . . . .	117
Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit . . . . .	118
Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten . . . . .	118
Brechungsgesetz . . . . .	118
Strahlenverlauf durch Prismen und Linsen . . . . .	120
Festigung und Zusammenfassung zu Reflexion und Brechung . . . . .	122
<b>Stoffeinheit Bildentstehung durch Brechung und Reflexion des Lichtes</b> . . . . .	124
Ziele und inhaltliche Schwerpunkte . . . . .	124
Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit . . . . .	125
Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten . . . . .	126
Bildentstehung an der Sammellinse . . . . .	126
Bildentstehung am Hohlspiegel und am ebenen Spiegel . . . . .	128
<b>Stoffeinheit Optische Geräte</b> . . . . .	131
Ziele und inhaltliche Schwerpunkte . . . . .	131
Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit . . . . .	132
Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten . . . . .	133
Bildwerfer, Fotoapparat und Auge . . . . .	133
Fernrohr und Mikroskop . . . . .	135

# **Zu den Zielen, den inhaltlichen und methodischen Schwerpunkten des Physikunterrichts in Klasse 6**

## **1. Inhaltliche und methodische Schwerpunkte des Physikunterrichts in Klasse 6**

Der Physikunterricht setzt in Klasse 6 als zweites naturwissenschaftliches Unterrichtsfach in der Oberschule ein. In seinem Zentrum steht „die Aneignung soliden, anwendbaren Wissens über grundlegende Gesetze der Mechanik, Elektrizitätslehre, Thermodynamik, Optik und Atomphysik, das eine wesentliche Voraussetzung ist, damit die Schüler Vorgänge in Natur und Technik verstehen und erklären, mit technischen Geräten sachgemäß umgehen und nach Verlassen der Schule erfolgreich weiterlernen können“ (vgl. Allgemeinbildung und Lehrplanwerk, VWV Berlin 1987, S. 165).

Während im Biologieunterricht, dem in Klasse 5 eingeführten naturwissenschaftlichen Unterrichtsfach, Erscheinungen und Vorgänge der lebenden Natur untersucht werden, erfolgt dies im Physikunterricht für die nichtlebende Natur, wobei die erkannten Zusammenhänge und Gesetze teilweise auch auf die lebende Natur angewendet werden.

Schwerpunkt des Physikunterrichts in Klasse 6 ist, den Schülern auf der Basis ihres bisher vorwiegend im Heimatkundeunterricht und im täglichen Leben erworbenen Wissens über Naturvorgänge Einblicke in alle Gebiete der Physik, wenn auch in unterschiedlichem Umfang und verschiedener Tiefe, sowie Wissen über wesentliche physikalische Größen zum Erfassen und Beschreiben physikalischer Zusammenhänge und ausgewählter grundlegender Gesetze der Mechanik, Wärmelehre und Optik zu vermitteln. Die Schüler lernen physikalische Arbeitsweisen, wie das Beobachten, Beschreiben, Experimentieren, Erklären und Lösen von Aufgaben kennen und in einem dem Alter angepaßten Umfang zu beherrschen. Dabei werden die Schüler an die Erkenntnis herangeführt, daß alle Vorgänge der Natur nach bestimmten Gesetzen verlaufen, die erkennbar sind. Der Physikunterricht in Klasse 6 ist Anfangsunterricht. Das muß bei seiner methodischen Gestaltung berücksichtigt werden. Die Schüler haben durch den bisherigen Unterricht, vorwiegend in den Fächern Heimatkunde, Werken und Biologie, und durch ihr Spielen mit technischem Spielzeug, durch Rundfunk- und Fernsehsendungen sowie durch Kinderzeitschriften bereits bestimmte Vorstellungen von physikalischen Vorgängen und Zusammenhängen. Diese sind für die einzelnen Stoffeinheiten, wie später jeweils ausgewiesen, sehr unterschiedlich. Sie müssen möglichst genau analysiert werden, um einerseits darauf aufbauen zu können und andererseits falsche Vorstellungen abzubauen. So muß der Physikunterricht in Klasse 6 besonders lebensverbunden gestaltet werden, indem an das Alltagswissen der Schüler angeknüpft und praktisch bedeutsame Erscheinungen und Vorgänge aus der Erfahrungswelt der Schüler einbezogen werden. Die Berücksichtigung der Altersspezifik der Schüler erfordert auch, manche physikalischen Zusammenhänge und Gesetze in einer didaktisch vereinfachten Form zu behandeln. Dabei ist entscheidend, daß die Vereinfachungen fachlich exakt bleiben und zu einem ausbaufähigen Wissen der Schüler führen.

Der Physikunterricht in Klasse 6 legt wesentliche Grundlagen für den Physikunterricht in den folgenden Klassenstufen sowie für den Unterricht in den Fächern Biologie, Chemie und Einführung in die sozialistische Produktion. Wie sich der in Klasse 6 zu behandelnde Unterrichtsstoff in den Gesamtlehrgang Physik der Oberschule einordnet, wird im folgenden dargestellt.

### **Einordnung des Physiklehrstoffes der Klasse 6 in den Gesamtlehrgang Physik der Oberschule**

Im Stoffgebiet „Mechanik“ stehen Eigenschaften von Körpern und Stoffen, Bewegungen von Körpern, Wirkungen von Kräften sowie physikalische Größen zur Beschreibung von Vorgängen der Kinematik und Dynamik im Mittelpunkt. Dabei werden qualitativ bereits die Newtonschen Gesetze der Dynamik erörtert, ohne diese explizite zu benennen. Fortgesetzt werden die Betrachtungen über Kräfte in Klasse 7 bei der Behandlung kraftumformender Einrichtungen und bei der Einführung der Begriffe Arbeit, Leistung, Energie, Druck, Auftrieb. In den Klassen 9 und 10 wird sowohl in der Kinematik als auch in der Dynamik an das Wissen und Können der Schüler über mechanische Größen und Vorgänge aus Klasse 6 angeknüpft. In diesen Klassen gewinnen neben den qualitativen auch die quantitativen Beziehungen an Bedeutung. Auch der Unterricht im Fach ESP baut auf dem Wissen über mechanische Vorgänge auf.

Das Stoffgebiet „Wärmelehre“ wird in Klasse 6 phänomenologisch behandelt. Dabei sind in einfacher Form die Hauptsätze der Thermodynamik qualitativ zu erläutern, ohne diese direkt zu benennen. Bereits in dieser Klassenstufe sollte der Lehrer darauf achten, daß Wärme immer im Sinne einer Arbeit, einer Prozeßgröße, benutzt wird. Ohne den Energiebegriff explizite zu benutzen, sind bei der Behandlung der Wärmeübertragung Grundlagen zu vermitteln, an die in Klasse 7 im Stoffgebiet „Energie in Natur und Technik“ angeknüpft wird. Im Stoffgebiet „Wärmelehre“ stehen das thermische Verhalten von Körpern und Stoffen sowie einfache Anwendungen im Mittelpunkt. Erfahrungen der Schüler aus dem Werkunterricht sind dabei aufzugreifen, z. B. das Erwärmen und Umformen von Plaste. Einige Vorgänge, so z. B. Wärmeleitung, Wärmeströmung und Wärmestrahlung, werden nur in dieser Klasse behandelt, andere phänomenologisch behandelte Vorgänge werden in Klasse 8 im Stoffgebiet „Thermodynamik“ wieder aufgegriffen und teilweise quantitativ, teilweise molekular kinetisch weitergeführt.

Im Stoffgebiet „Geometrische Optik“ lernen die Schüler die Ausbreitung des Lichtes, das Reflexionsgesetz (quantitativ) und das Brechungsgesetz (qualitativ) kennen. Die Schüler zeichnen den Strahlengang des Lichtes am Spiegel sowie durch Linsen und beschreiben diesen in einfachen optischen Geräten (Kamera, Bildwerfer). Bei der Behandlung des Mikroskops ist das im Biologieunterricht der Klasse 6 erworbene Wissen und Können beim Arbeiten mit dem Mikroskop aufzugreifen. So kennen die Schüler den Aufbau des Mikroskops, sie wissen, daß der Spiegel die Beleuchtung des Objektes beeinflusst, daß durch Veränderung der Stellung des Okulars die Bildschärfe beeinflusst wird. Vom Fernrohr wird nur das Grundprinzip erläutert.

Die Bildentstehung durch Linsen und am Spiegel bilden einen Schwerpunkt des Stoffgebietes, dabei lernen die Schüler wirkliche (reelle) und scheinbare (virtuelle) Bilder kennen. Aufgegriffen und auf quantitativer Ebene weitergeführt wird dieses Wissen und Können in Klasse 10 im Stoffgebiet „Optik“ und im Astronomieunterricht.

In den Stoffeinheiten „Aufbau der Stoffe aus Teilchen“ und „Der Aufbau des Atoms und elektrische Ladung“ werden erste Grundlagen zur Erfassung des Aufbaus der Stoffe gelegt. Damit werden Voraussetzungen für den Chemieunterricht ab Klasse 7 geschaffen, in dem

eine Vertiefung dieses Wissens erfolgt. Im Physikunterricht wird ab Klasse 7 dieses Wissen aufgegriffen und zur Erklärung einiger ausgewählter Erscheinungen und Vorgänge genutzt, so z. B. zur Erklärung des Druckes in Gasen und seiner Abhängigkeit von der Temperatur und dem Volumen (Kl. 7) sowie zum Erfassen der elektrischen Leitungsvorgänge in verschiedenen Stoffen (Kl. 9). Im Physikunterricht der Klasse 6 werden durch die Behandlung der Diffusion als Beleg für die ständige Bewegung der Teilchen für den Biologieunterricht der Klassen 8 und 9 die erforderlichen physikalischen Voraussetzungen für die Behandlung der Atmung und der Wasseraufnahme geschaffen.

Im Physikunterricht der Klasse 10 erfolgt im Stoffgebiet „Kernphysik“ eine Zusammenfassung und Vertiefung des Wissens der Schüler über Atome aus dem vorangegangenen Physikunterricht. Durch die Einführung elektrisch geladener Körper und das Betrachten der Wirkungen zwischen diesen kommen die Schüler in Klasse 6 auch mit dem Gebiet der Elektrizitätslehre in Berührung. Weitergeführt werden diese Betrachtungen in den Klassen 8 und 9 jeweils im Stoffgebiet „Elektrizitätslehre“.

Im Stoffgebiet „Gegenstand der Physik und physikalische Arbeitsweisen“ wird den Schülern der Erkenntnisweg erstmalig bewußtgemacht. Die Bedeutung des Experimentes und der Anwendung der Mathematik in der Physik wird hervorgehoben. Damit werden wesentliche Grundlagen für den weiterführenden Physikunterricht geschaffen. Aber nicht nur in diesem Stoffgebiet, sondern im gesamten Physikunterricht der Klasse 6 wird Wissen und Können über Arbeitsweisen entwickelt, das in den folgenden Klassenstufen immer wieder angewendet wird.

So messen die Schüler in Klasse 6 die physikalischen Größen Volumen, Weg, Zeit, Geschwindigkeit, Masse, Kraft, Temperatur. Sie eignen sich Wissen und Können über mindestens ein Meßverfahren für alle physikalischen Größen, ausgenommen die elektrischen Größen, an, das sie bis zur Klasse 10 bei der Durchführung von Schülerexperimenten anwenden müssen. Die Schüler haben bereits Erfahrungen hinsichtlich des Messens physikalischer Größen, und zwar hinsichtlich der Länge aus dem Werkunterricht der Klassen 4 bis 6, hinsichtlich der Temperatur aus dem Heimatkundeunterricht der Unterstufe. Auch einfache Meßfehler sind ihnen bekannt.

Die *Anwendung der Mathematik* erfolgt in Klasse 6 beim quantitativen Erfassen der physikalischen Größen, beim Erkennen einfacher Zusammenhänge zwischen den Größen und beim Darstellen dieser Zusammenhänge in Diagrammen sowie beim kalkülmäßigen und beim inhaltlichen Lösen von Aufgaben. Auch dieses Wissen und Können wird in allen folgenden Klassenstufen im Physikunterricht weitergeführt.

Das *selbständige Experimentieren* der Schüler beginnt in Klasse 6. In einfachster Form werden dabei Fragen an die Natur gestellt und beantwortet. Die Freude der Schüler am Experimentieren wird zur Interessenbildung für das Fach Physik genutzt.

Die Schüler lernen die Schülerexperimentiergeräte Mechanik, Glasgerätesatz, Kalorik, Geometrische Optik und das Stativmaterial kennen und mit diesen umzugehen. Mit entsprechenden Demonstrationsgeräten werden die Schüler bekannt gemacht. Aber nicht allein die Befähigung im Umgang mit den Geräten ist das Ziel der Schülerexperimente, sondern die Erziehung der Schüler zum zielgerichteten Beobachten, zum Beschreiben des Beobachteten, zum Erkennen der Zusammenhänge und zum Formulieren der Ergebnisse. Schrittweise werden die Schüler zum selbständigen Planen und Aufbauen von einfachen Experimentieranordnungen geführt. Bei diesen Arbeiten werden Charaktereigenschaften der Schüler, wie z. B. Zielstrebigkeit, Ehrlichkeit, Ordnungsliebe, Gewissenhaftigkeit, besonders gefestigt. Es werden bereits in Klasse 6 Gewohnheiten beim Experimentieren herausgebildet. In allen folgenden Klassenstufen werden diese Zielstellungen beim selbständigen Experimentieren fortgesetzt.

Mit den Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe aus Teilchen, dem Aufbau eines Atoms und mit dem Lichtstrahl lernen die Schüler Modelle kennen und mit diesen zu arbeiten. Der

Modellbegriff wird aber an dieser Stelle noch nicht eingeführt. Diesbezüglich erfolgt eine erste Zusammenfassung in Klasse 8. Im gesamten Physikunterricht der Klasse 6 ist dem richtigen Gebrauch der Muttersprache und dem exakten Formulieren unter Verwendung der Fachtermini große Aufmerksamkeit zu schenken. Hierbei ist anzuknüpfen an das im Muttersprachunterricht entwickelte Können der Schüler, besonders hinsichtlich

- des Verstehens geschriebener Sachtexte, wobei der Gedankengang und die Hauptinformation wörtlich oder in Stichpunkten notiert werden,
- des Beschreibens von Vorgängen und Gegenständen,
- des Vorbereitens und Haltens von Kurzvorträgen nach Stichpunkten.

Im Physikunterricht ist das Beschreiben des Aufbaus und das Erklären der Wirkungsweise einfacher technischer Geräte, das Erläutern von Beispielen für die untersuchten Zusammenhänge, das Interpretieren von Größengleichungen und Diagrammen mit den Schülern vielfältig zu üben. Dabei sollte der Lehrer in Klasse 6 bereits die ab Klasse 7 in den Lehrbüchern enthaltenen Handlungsprogramme für ausgewählte Tätigkeiten als Grundlage nutzen. Diese Handlungsprogramme sind keinesfalls den Schülern in Klasse 6 zu geben, aber die Ausführung der Tätigkeiten sollte vom Lehrer entsprechend gelenkt werden, damit in den folgenden Klassenstufen für die Schüler kein Umlernen, sondern eine echte Weiterführung und das Bewußtmachen dieser Tätigkeiten erfolgen kann.

## 2. Aufbau und Verwendung der Unterrichtshilfen

Die vorliegenden Unterrichtshilfen sind Hilfen für die individuelle Planung des Physiklehrers. Sie beziehen sich auf den Lehrplan Physik für die Klasse 6, der ab 1. 9. 1983 Gültigkeit besitzt. Sie ersetzen keinesfalls die Vorbereitung des Lehrers auf die einzelne Unterrichtsstunde, da diese stets die spezifischen Besonderheiten der Schule, den Leistungsstand, den Erfahrungsschatz und die Interessen der Schüler berücksichtigen muß und von der Persönlichkeit des Lehrers geprägt wird. Die angebotenen Hilfen sollten schöpferisch umgesetzt werden. Eine Entscheidung für eine der dargelegten Varianten sollte möglichst frühzeitig, spätestens bei der Planung der Stoffeinheit, erfolgen und nicht erst bei der Planung der Unterrichtsstunde. Im folgenden wird der Inhalt der einzelnen Gliederungspunkte der Unterrichtshilfen kurz dargestellt:

Für jedes *Stoffgebiet* werden einleitend die wesentlichen Ziele dargestellt.

Für die *Stoffeinheiten* werden die Ziele, inhaltlichen Schwerpunkte und die methodische Konzeption erläutert. Des weiteren sind Angaben zu Schwerpunkten des Wissens und Könnens enthalten, die Inhalte von Leistungskontrollen sein können. Damit erfolgt für den Lehrer eine Hilfe zur Lehrplaninterpretation und um begründete Entscheidungen über die inhaltliche und methodische Gestaltung seines Unterrichts fällen zu können.

Es werden auch Möglichkeiten für ein methodisch unterschiedliches Vorgehen, das bis zu einer unterschiedlichen Anordnung der Inhalte führen kann, aufgezeigt.

Die *Vorschläge zur Gliederung der Stoffeinheiten* geben einen Überblick, wie der Unterrichtsstoff in *thematische Einheiten* gliedert und wie die laut Lehrplan zur Verfügung stehende Unterrichtszeit aufgeteilt werden kann. Die Tabellen enthalten inhaltliche Schwerpunkte der thematischen Einheiten, das aus dem bisherigen Physikunterricht zu reaktivierende Wissen und Können, Vorleistungen aus anderen Unterrichtsfächern sowie Angaben zu entscheidenden Demonstrations- und Schülerexperimenten, zu Unterrichtsmitteln und Schüleraufträgen.

Als Unterrichtsmittel werden an dieser Stelle nur langfristig zu beschaffende oder selbst herzustellende genannt.

In den *Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten* sind zunächst die Ziele, die im Unterricht der gesamten thematischen Einheit erreicht werden sollen, und notwendige Unterrichtsmittel ausgewiesen. Auf eine Angabe von Teilzielen einzelner Unterrichtsstunden wird verzichtet. Die Unterrichtsmittel, die durch die Angabe des Experimentes in den Physikalischen Schulexperimenten erfaßt sind, werden nicht gesondert angegeben.

Die *Schwerpunkte und Hinweise* geben detaillierte inhaltliche und methodische Empfehlungen zur jeweiligen thematischen Einheit. Dabei wird stets vom komplexen Unterrichtsprozeß ausgegangen, aber keine vollständige Darstellung des Ablaufs des Unterrichts gegeben.

Es werden Varianten für die Reaktivierung, Motivierung und Zielorientierung angeboten. Die Demonstrationsexperimente und Schülerexperimente werden in den Erkenntnisprozeß eingeordnet und, wenn notwendig, Hinweise zu deren praktischer Durchführung gegeben. Die Arbeit mit dem Lehrbuch, Beispiele für Festigungen, Wiederholungen und tägliche Übungen finden Beachtung. Dabei wurden Erfahrungen erfolgreicher Lehrer genutzt.

Ein gesonderter Plan für tägliche Übungen (Festigungen), in dem auch weiter zurückliegende Inhalte des Physikunterrichts erfaßt werden müssen, kann nicht vorgegeben werden, da dieser ohne Berücksichtigung der speziellen Bedingungen der Klasse nicht nutzbar wäre. Dieser Plan muß Teil der unmittelbaren Vorbereitung der Stoffeinheit durch den Lehrer sein.

Für schriftliche Leistungskontrollen sind Beispiele für Aufgaben zur Auswahl enthalten, in denen das anzustrebende Niveau zum Ausdruck kommt. Bei der Zusammenstellung von Leistungskontrollen sollte stets beachtet werden, daß die Beherrschung möglichst vieler Zielstellungen des Physikunterrichts überprüft, aber einzelne Zielstellungen nicht überbetont werden und daß von den Schülern unterschiedliche Tätigkeiten gefordert werden müssen. Deshalb sind aus den für Leistungskontrollen ausgewiesenen verschiedenen Aufgabengruppen jeweils Aufgaben auszuwählen.

Die vorgeschlagenen Tafelbilder sind als Beispiele zu betrachten. Vielfach ist der Aufbau dieser Tafelbilder auf analoge Themen übertragbar. Die Tafelbilder beziehen sich entweder auf Teile einer Unterrichtsstunde, auf eine vollständige Unterrichtsstunde oder in Ausnahmefällen auch auf eine gesamte thematische Einheit.

In diesen Unterrichtshilfen werden folgende Abkürzungen benutzt:

AB	Arbeitsblatt	LV	Lehrervortrag
Bio	Biologie	Ma	Mathematik
Ch	Chemie	PhiS	Zeitschrift „Physik in der Schule“
DE	Demonstrationsexperiment	PhÜb	Physik in Übersichten
ESP	Einführung in die sozialistische Produktion	PSE	Physikalische Schulexperimente
Fo	Folie	PSV	Physikalische Schulversuche
Ge	Geschichte	R	Diareihe
HA	Hausaufgabe	SE	Schülerexperiment
Hk	Heimatkunde	SV	Schülervortrag
K-F	Kassettenfilm	TB	Tafelbild
LB	Lehrbuch	T-R	Tonbildreihe
LBA	Lehrbuchabbildung	We	Werken

Diese ersten Unterrichtsstunden sollen den Schülern einen Einblick in die Physik als Wissenschaft geben und sie in das Fach einführen. Der Gegenstandsbereich der Physik kann zu diesem Zeitpunkt nur durch Beispiele erschlossen werden. Im Vordergrund stehen einfache physikalische Vorgänge, die in der Hauptsache in Form von Experimenten vorgestellt werden. Mit diesen Experimenten sind wesentliche Tätigkeiten verbunden, die bei physikalischen Untersuchungen angewandt werden und zum Teil schon in anderen Fächern, wie dem Biologie- und Deutschunterricht, bewußt ausgeführt wurden. Dazu gehören das Beobachten, das Beschreiben von Erscheinungen und Vorgängen sowie einfache Erklärungen. Dem Erfassen des Gegenstandsbereiches der Physik dient auch das Einordnen von Vorgängen und Erscheinungen in Teilgebiete.

Technische Anwendungsbeispiele zeigen die Bedeutung der Physik für die Praxis auf. Da ein erfolgreicher Physikunterricht von guten Organisationsformen und wirksamen Arbeitstechniken abhängt, muß der Lehrer diese von Anfang an vermitteln und durchsetzen. Besonders wichtig für die naturwissenschaftlichen Fächer sind die Belehrungen, die dem Unfallschutz dienen.

In diesem Stoffgebiet sind die *Schwerpunkte im Wissen und Können*:

- erste Vorstellungen vom Gegenstand der Physik, von ihrer Bedeutung für die Praxis und von ihren Arbeitsmethoden;
- Kennen der für die jeweilige Schule geltenden Ordnungs- und Verhaltensnormen im Fachraum und der Bestimmungen für den Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutz.<sup>1</sup>

## Vorschlag zur Gliederung des Stoffgebietes

Thematische Einheiten, Stundenanzahl	Vorleistungen, zu reaktivierendes Wissen	Experimente, besondere Unterrichtsmittel, Schüleraufträge
<i>Bedeutung, Gegenstand und Arbeitsmethoden der Physik</i>  2 Std.	Untersuchen (Bio 5) Messen, Näherungswerte (We 4, 5; Ma 4, 5) Beschreiben (D 5)	Experimente aus verschiedenen Teilgebieten, technische Objekte, Sammeln von Abbildungen

<sup>1</sup> Anweisung vom 1. Februar 1984 zum Gesundheits- und Arbeitsschutz sowie Brandschutz im naturwissenschaftlichen Unterricht und in der außerunterrichtlichen Arbeit auf dem Gebiet der Naturwissenschaften (VuM 2/84) in der Fassung der 2. Anweisung vom 12. September 1984 (VuM 8/84), Anweisung Nr. 3 vom 8. 5. 87 (VuM 4/87), 4. Anweisung vom 1. 2. 88 (VuM 3/88)

## Empfehlungen zur Gestaltung des Stoffgebietes

### *Bedeutung, Gegenstand und Arbeitsmethoden der Physik*

2 Stunden

#### Ziele

##### Die Schüler

- erlangen erste Vorstellungen davon, daß in der Physik Vorgänge und Erscheinungen vor allem in der nichtlebenden Natur untersucht und beschrieben werden;
- wissen, daß die Untersuchungsergebnisse der Physik vielseitig sinnvoll genutzt werden;
- wissen, daß zur Untersuchung von Zusammenhängen Experimente durchgeführt werden, bei denen genau beobachtet und oft auch gemessen werden muß.

Die Schüler werden mit Verhaltensregeln und Bestimmungen für den Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutz bekannt gemacht.

#### Unterrichtsmittel

Beispiele technischer Objekte nach Wahl der DE, z. B. Luftströmerzeuger, Diaskop, Polydigit; T-R 75 (z. B. 6; 17; 19; 20); R 1163 (z. B. 18)

#### Schwerpunkte und Hinweise

**Einführung.** Für die Einführung in den Physikunterricht sind unterschiedliche Formen möglich, die auch im späteren Ablauf angewendet werden können:

- Das interessante Beispiel

Dazu gibt das Lehrbuch auf Seite 5 f. Anregung. In ähnlicher Weise können territorial bedeutsame Fakten oder aktuelle Ereignisse herangezogen werden.

- Die historische Betrachtung

Der Lehrer stellt in einem Vortrag dar, wie die Menschen, veranlaßt durch Bedürfnisse, aber auch aus gesunder Neugier, Erkenntnisse gesucht und gefunden haben. Die Veranschaulichung erfolgt durch Skizzen, Dias und Realobjekte. Der Lehrer kann dabei an Vorleistungen des Geschichtsunterrichts anknüpfen und Aussagen über die Entwicklung der Wissenschaften aus dem Lehrbuch für Geschichte in Klasse 5 zitieren.

Der Einfluß der Physik auf die Entwicklung der Technik läßt sich durch Gegenüberstellung von sehr alten und neuen Geräten verdeutlichen. Gut eignen sich dazu Sanduhr, Handstoppuhr, Digitaluhr (Polydigit) sowie Quirl und elektrisch betriebener Rührer.

- Das literarisch gestaltete Beispiel

Wirksam sind Zitate aus populärwissenschaftlichen Büchern. Durch das kurze Vorstellen weiterer Bücher können die Schüler zum Lesen solcher Bücher angeregt werden. Geeignet sind dafür: aus dem Kinderbuchverlag H. Backe „Rund um die Physik“, K. Recak „Rund um die Erfindungen“, A. Maruscha „Wunder auf Rädern“ und W. Hirte „Hammer, Zange, scharfe Zähne“, aus dem Verlag Junge Welt „Warum, Weshalb, Wieso?“ und aus dem Urania-Verlag H. Wille „Geburt der Technik“.

- Fragen aus dem Alltag

Erfahrungen der Schüler aus dem Alltag werden genutzt, um durch konkrete Fragestellungen deutlich zu machen, daß im Physikunterricht Zusammenhänge aufgedeckt werden sollen. Beispiele hierfür sind: Weshalb leuchtet die Taschenlampe nicht mehr? Weshalb rollt die Kugel vom Tisch? Wie kann eine festsitzende Schraube gelöst werden? Warum „verfliegt“ Parfüm schneller als Wasser?

**Gewinnen von Erkenntnissen zum Gegenstandsbereich der Physik.** Alle Formen der Einführung müssten in Experimente münden. Selbstverständlich könnte die Arbeit auch mit einer Reihe von Experimenten begonnen werden, die für sich selbst sprechen sollen. Damit die Schüler bereits den Inhalt des Physikunterrichts erfassen und einige grundsätzliche Erkenntnisse gewinnen können, müssten bei der Auswahl folgende Gesichtspunkte beachtet werden: Die Experimente müssten

- einfach erkennbare physikalische Vorgänge enthalten,
- allen Teilgebieten der Physik entnommen sein, die in Klasse 6 in irgendeiner Form behandelt werden,
- Anwendungen in der Praxis haben, die den Schülern weitgehend vertraut sind.

Als Möglichkeiten seien genannt:

- Mechanik:**
- Fallender Körper, der einen Stab in den Sand treibt
  - Strömendes Wasser, das ein Wasserrad antreibt
  - Ziehen eines schweren Körpers ohne und mit untergelegten Kartoffelscheiben (mit Zwischenschalten einer Schraubenfeder oder eines Federkraftmessers)
- Wärmelehre:**
- Sieden von Wasser
  - Schmelzen von Blei
  - Erwärmen eines randvoll mit Wasser gefüllten Gefäßes (Bild 1)

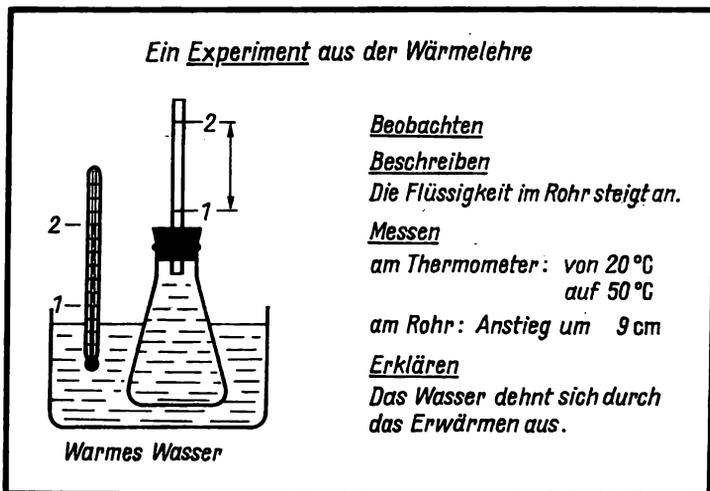


Bild 1

- Elektrizitätslehre:**
- Anschließen einer Glühlampe an eine Flachbatterie
  - Anschließen einer Spule und anziehende Wirkung auf Eisengegenstände
  - Vorführen von Funken am Bandgenerator
- Optik**
- Sammeln von Licht mit Hilfe einer Linse („Brennglas“)
  - Ablenken eines Lichtbündels durch Glas oder Glanzpapier
  - Vorführen der Scharfeinstellung am Projektor

Für die ausgewählten Experimente wird nach der Beschreibung herausgearbeitet, welcher wesentliche physikalische Vorgang ablief, welchem Teilgebiet der Vorgang zuzuordnen ist und welche Bedeutung er in der Praxis hat.

Anstreben könnte man folgende Form der mündlichen oder auch schriftlichen Darstellung durch die Schüler:

„Das Sieden ist ein physikalischer Vorgang. Es gehört zur Wärmelehre. Bedeutung hat es z. B. bei der Zubereitung von Speisen.“ Es ist auch möglich, die Gesichtspunkte jeweils nacheinander an einer Reihe solcher Experimente zu besprechen.

Bei den Experimenten werden die Vorgänge von allen Schülern bewußt beobachtet und von einigen Schülern mündlich oder auch einmal von allen schriftlich beschrieben. Da die Schüler in dieser Altersstufe noch nicht selbst das physikalisch Wesentliche beurteilen können, muß der Lehrer beim Beobachten der Experimente den Schülern mitteilen, worauf sie besonders achten sollen. Auch für das Beschreiben sind Hinweise durch gezielte Fragen oder Aufträge hilfreich: Was mache ich mit diesem Gegenstand? Beachtet die Veränderung, die ich vornehme! Welche Wirkung (welche Veränderung) wird hervorgerufen?

Bei manchen der Experimente ergibt sich zwangsläufig, daß ein genaues Beobachten nur dann möglich ist, wenn Messungen ausgeführt werden. Das Messen wird als eine wesentliche Arbeitsmethode herausgestellt. Es fördert das Interesse der Schüler, wenn sie bereits in diesen Einführungsstunden ein einfaches Experiment selbst ausführen dürfen, z. B. Experiment 2 im Lehrbuch, S. 10. Das genaue Beobachten am eigenen Arbeitsplatz kann dabei gut geübt werden.

In der Physik werden Zusammenhänge untersucht. Das wird den Schülern zunächst deutlich, indem sie die Aussagen zu den Vorgängen der Experimente in die Form von Sätzen mit „Wenn ..., dann ...“ bringen. (Wenn das Lichtbündel auf eine Glasplatte trifft, dann wird es abgelenkt. Wenn das Bündel schräger auftrifft, wird es stärker abgelenkt.)

Der Lehrer macht an einigen Beispielen deutlich, daß mit dem Wissen über Zusammenhänge Möglichkeiten zum Erklären von Erscheinungen gegeben sind (Das Wissen um den elektrischen Funken läßt die Erklärung des Blitzes als elektrische Naturerscheinung zu.). Ein im Experiment erkannter Zusammenhang wird zur Erklärung einer anderen entsprechenden Erscheinung herangezogen. (Warum ist das Licht vom Tageslichtschreibprojektor an der Projektionswand zu sehen, obwohl die Öffnung des Gerätes nach oben zeigt? Zur Erklärung werden Vorgänge am Spiegel genutzt.)

An ausgewählten Beispielen kann der Lehrer erläutern, daß physikalische Vorgänge sowohl in der lebenden Natur als auch in der nichtlebenden Natur Bedeutung haben. (Lichtsammeln durch Glaskörper, Glasscherben, Wassertropfen, Augenlinsen; Ausströmen von Wasser aus Gefäßen, Ausströmen von Blut aus Blutgefäßen). Definitionen für Begriffe sind in diesen Einführungsstunden nicht verlangt.

**Einführung in Arbeits- und Verhaltensnormen.** In enger Verbindung mit den geplanten Tätigkeiten sollten die Schüler mit Arbeits- und Verhaltensnormen im Physikunterricht bekannt gemacht werden und deren Beachtung sofort erleben. Entsprechend den gesetzlichen Vorgaben sind die Schüler in den ersten Stunden zu belehren. Für die Schüler erhält die Belehrung besondere Bedeutung, wenn der geforderte Aktenvermerk im Klassenbuch vor den Augen der Schüler, für sie erkennbar, vorgenommen wird.

Ziel des Stoffgebietes „Mechanik“ ist es, daß sich die Schüler ein sicheres, ausbaufähiges Wissen über ausgewählte mechanische Erscheinungen und Vorgänge aneignen, durch das sie in die Lage versetzt werden, Vorgänge ihrer Umwelt besser zu verstehen. Die Schüler können verschiedene Bewegungen von Körpern unterscheiden und beschreiben sowie Form- und Bewegungsänderungen von Körpern mit dem gegenseitigen Einwirken von Körpern erklären.

Die Schüler lernen Eigenschaften von Körpern und Stoffen sowie die physikalische Bedeutung, Formelzeichen, Einheiten und Meßgeräte der physikalischen Größen Volumen, Geschwindigkeit, Kraft, Masse und Dichte kennen und können mit diesen einige physikalische Zusammenhänge formulieren. Die Schüler wenden die erkannten physikalischen Zusammenhänge zum Erklären von Vorgängen und Lösen von Aufgaben an. Sie beschreiben unter Verwendung der Fachtermini mechanische Vorgänge, Meßvorgänge und Experimentieranordnungen.

Die Schüler werden an das selbständige Experimentieren herangeführt. Das Messen der physikalischen Größen Volumen, Weg, Zeit, Kraft und Masse wird mit zunehmender Genauigkeit und Selbständigkeit von ihnen durchgeführt, es bildet den Schwerpunkt der experimentellen Arbeit der Schüler.

Die Schüler lernen die Mathematik zur Erfassung von Zusammenhängen nutzen. Sie werden an das Zeichnen und Interpretieren von Weg-Zeit-Diagrammen, Längenänderung-Kraft-Diagrammen und Masse-Volumen-Diagrammen herangeführt und erwerben Sicherheit im Eintragen und Ablesen von Meßwertpaaren. Sie lernen die physikalischen Größen Geschwindigkeit und Dichte durch Quotientenbildung zweier physikalischer Größen berechnen.

Die Schüler werden mit dem Lösen mathematisch-physikalischer Aufgaben bekannt gemacht und können einfache Aufgaben kalkülmäßig oder inhaltlich selbständig lösen.

Die Schüler erwerben in der Stoffeinheit „Aufbau der Stoffe aus Teilchen“ Wissen über die Anordnung und Bewegung der Teilchen verschiedener Stoffe. Sie erklären mit den Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe aus Teilchen das Form- und Volumenverhalten der Körper.

Eigenschaften der Schüler, wie z. B. Sorgfalt, Genauigkeit, Ordnungsliebe, Ausdauer und kollektive Zusammenarbeit, werden besonders beim selbständigen Experimentieren und beim Lösen von Aufgaben gefördert.

## Ziele und inhaltliche Schwerpunkte

Im Mittelpunkt des Unterrichts dieser Stoffeinheit steht das Erarbeiten grundlegender Eigenschaften von Körpern und das Heranführen der Schüler an das Messen von physikalischen Größen, speziell an das Messen des Volumens fester Körper und Flüssigkeiten.

Die Schüler lernen das zielgerichtete Beobachten von Experimenten, das exakte Beschreiben des Beobachteten und des Meßvorganges. Ihr Interesse an der Physik, ihr Drang, physikalisches Wissen zu erwerben, ist durch übersichtliche Demonstrationsexperimente, durch problemhafte Unterrichtsgestaltung, durch das Aufgreifen von Erfahrungen der Schüler aus der Umwelt und durch das Durchführen von Schülerexperimenten zu entwickeln.

Der Begriff Körper wird durch das Betrachten verschiedener Gegenstände und das Nennen von Beispielen herausgearbeitet, jedoch nicht exakt definiert. Eine Erweiterung des Begriffsinhalts erfolgt durch das Erarbeiten der Eigenschaften der Körper. Innerhalb dieser Stoffeinheit geht es dabei um folgendes:

- Jeder Körper besteht aus Stoff und nimmt einen Raum ein.
- Es gibt feste Körper, Flüssigkeiten und Gase.
- Jeder feste Körper hat eine bestimmte Form; die Form jeder Flüssigkeit und jedes Gases richtet sich nach dem Gefäß, in dem diese sich befinden.
- Jeder feste Körper und jede Flüssigkeit hat ein bestimmtes Volumen; das Volumen eines jeden Gases ist abhängig von dem Gefäß, in dem es sich befindet.

Ausgehend von der Eigenschaft, daß jeder Körper einen Raum einnimmt, ist herauszuarbeiten, daß es für die Praxis wichtig ist, diese Eigenschaft zu messen und damit eine Aussage über die Größe des Raumes zu gewinnen. Damit sind die ersten Schritte bei der Erarbeitung einer physikalischen Größe „Wir beobachten und vergleichen in Natur und Technik“ sowie „Wir vereinfachen die Erscheinungen und Vorgänge aus der Sicht der Physik und lernen die physikalische Bedeutung der Größen kennen“ getan (vgl. Klaus Liebers: Anwendung der Mathematik im Physikunterricht, VWV Berlin 1983). Die weiteren Schritte können in diesem Fall sehr verkürzt werden, da das aus dem Mathematikunterricht bekannte Volumen als die dafür geeignete physikalische Größe eingeführt wird. Der Begriff physikalische Größe wird benutzt, ohne diesen exakt zu definieren.

Als Einheit des Volumens werden ein Kubikmeter und ein Liter angegeben. Beide Einheiten sind ebenso wie Vielfache und Teile dieser Einheiten aus dem Mathematikunterricht bekannt. Wichtig ist, daß die Schüler mit den Einheiten Größenvorstellungen verbinden, deshalb sind viele Beispiele aus der Umwelt der Schüler zu betrachten.

Der Lehrer kann entscheiden, ob die Schüler zunächst als Wiederholung aus dem Mathematikunterricht der Klasse 5 das Volumen eines Quaders berechnen oder ob sie gleich die Volumenbestimmung von Flüssigkeiten mit dem Meßzylinder kennenlernen sollen. Den Schülern sollten verschiedene Meßzylinder gezeigt und die unterschiedlichen Einteilungen der Skalen erläutert werden. Übungen führen die Schüler mit dem Meßzylinder und dem Reagenzglas mit Maßeinteilung aus dem SEG Glasgerätesatz durch. Das Bestimmen des Volumens unregelmäßiger fester Körper geschieht im Schülerexperiment.

Die Betrachtungen der Eigenschaften von Körpern werden in dieser Stoffeinheit noch erweitert durch Betrachtungen der Stoffe, aus denen die Körper bestehen. Dabei wird der Begriff Aggregatzustand, der auf Stoffe bezogen ist, eingeführt. Es wird gezeigt, daß es auch Stoffe gibt, die in mehreren Aggregatzuständen auftreten können. Aggregatzustandsänderungen werden an dieser Stelle noch nicht behandelt.

Für die Gliederung dieser Stoffeinheit in thematische Einheiten ist auch eine Variante denkbar, bei der die erste und dritte thematische Einheit (↗ Gliederung) zusammengefaßt werden. Für diese Variante spricht, daß dort der physikalische Inhalt besser als Einheit dargeboten wird. Das hat aber den Nachteil, daß in den ersten beiden Stunden viele neue Begriffe eingeführt werden und das erste Schülerexperiment erst in der zweiten Hälfte der Stoffeinheit durchgeführt wird. Der folgende Vorschlag zur Gliederung hat den Vorteil, daß die Einführung neuer Begriffe auf die einzelnen Unterrichtsstunden gut verteilt ist und die Schüler relativ früh zum selbständigen Experimentieren kommen.

In dieser Stoffeinheit sind die *Schwerpunkte im Wissen und Können*:

- gemeinsame Eigenschaften der Körper;
- physikalische Bedeutung, Formelzeichen, Einheit und Meßverfahren der physikalischen Größe Volumen;
- Beobachten und Beschreiben einfacher Experimente zur gegenseitigen Verdrängung der Körper;
- Unterscheiden der Körper nach dem Aggregatzustand des Stoffes, aus dem der Körper besteht;
- Messen des Volumens von Flüssigkeiten und Bestimmen des Volumens regelmäßiger und unregelmäßiger fester Körper.

### Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit

Thematische Einheiten, Stundenanzahl	Vorleistungen, zu reaktivierendes Wissen	Experimente, besondere Unterrichtsmittel, Schüleraufträge
<i>Gemeinsame Eigenschaften von Körpern</i> Einführung in das Stoffgebiet Körper besteht aus Stoff, nimmt einen Raum ein feste Körper, Flüssigkeiten, Gase  1 Std.	mathematische Körper (Ma 5)	DE: Einfüllen von Wasser in eine Flasche DE: Gegenseitiges Verdrängen von Körpern Körper aus unterschiedlichen Stoffen
<i>Volumen von Körpern</i> Physikalische Größe Volumen, Meßgerät Volumen fester Körper und Flüssigkeiten  4 Std.	Volumen eines Quaders, Einheiten $1 \text{ m}^3$ , $1 \text{ l}$ (Ma 5)	SE: Volumenbestimmung von Flüssigkeiten SE: Volumenbestimmung unregelmäßiger fester Körper Haushaltmeßbecher zerlegbarer Dezimeterwürfel
<i>Form und Volumen von Körpern</i> Aggregatzustand der Stoffe Systematisierung  1 Std.		DE: Versuch mit einer Knallbüchse

*Gemeinsame Eigenschaften von Körpern*

1 Stunde

**Ziele**

Die Schüler

- wissen, daß jeder Körper aus Stoff besteht und einen Raum einnimmt;
- können Experimente zur gegenseitigen Verdrängung der Körper beschreiben und ihre Beobachtungsergebnisse erklären.

**Unterrichtsmittel**

Körper aus verschiedenen Stoffen	Feder
Spielzeugfahrzeug und Brett	Plastilin
Analysenwaage	Ball
PSE Mechanik fester Körper: Einfüllen von Wasser in eine Flasche	

**Schwerpunkte und Hinweise**

**Einführung in das Stoffgebiet.** Um das Stoffgebiet Mechanik für die Schüler etwas zu kennzeichnen und Interesse an der Auseinandersetzung mit diesen Inhalten zu wecken, ist ein kurzer Lehrervortrag mit einigen Demonstrationsexperimenten aus verschiedenen Teilgebieten der Mechanik, die in Klasse 6 behandelt werden, zu empfehlen. Als Demonstrationsexperimente eignen sich z. B.:

- Bewegung eines langsam fahrenden Spielzeugfahrzeuges auf einem Brett, das gleichzeitig so gezogen wird, daß das Fahrzeug sich gegenüber dem Tisch in Ruhe befindet;
- Demonstration einer plastischen und einer elastischen Verformung, z. B. an Blatt- oder Schraubenfeder, Ball, Plastilin, Aluminiumblech;
- genaue Wägung eines Körpers, z. B. einer Tablette, mit einer Analysenwaage.

**Jeder Körper besteht aus Stoff.** Durch das Betrachten und Benennen der in den Demonstrationsexperimenten benutzten und auf dem Experimentiertisch zusätzlich vorhandenen Gegenstände wird der Begriff Körper mit Inhalt erfüllt. Dabei wird an den Gebrauch des Wortes Körper im Mathematikunterricht (mathematische Körper) und im Werkunterricht (Werkstück als Körper) ebenso wie an den Begriff Gegenstand aus dem Alltagsleben angeknüpft. Den Schülern wird bewußtgemacht, daß in der Physik alle Gegenstände, Werkstücke, sogar Lebewesen als Körper betrachtet werden. Es wird festgestellt, woraus die Körper bestehen, und der Begriff Stoff eingeführt.

Hierbei wird eine Beziehung zu dem Begriff Werkstoff aus dem Werkunterricht hergestellt. Es werden feste Körper, Flüssigkeiten und Gase unterschieden. Bei Flüssigkeiten und Gasen ist von Anfang an darauf zu achten, daß wirklich Körper, z. B. Milch in der Tasse, Luft im Luftballon, und nicht Stoffe, z. B. Milch, Luft, genannt werden (→ LB Kl. 6, S. 10).

**Jeder Körper nimmt einen Raum ein.** In diesem Abschnitt wird das erste Demonstrationsexperiment durchgeführt, mit dem eine wirkliche Frage an die Natur gestellt wird. Es soll im Demonstrationsexperiment gezeigt werden, wo ein Körper ist, kann kein zweiter sein; jeder Körper nimmt einen Raum ein. Aus der Vielzahl der möglichen Experimente

sei eines herausgegriffen: das Füllen einer Flasche durch einen Trichter. Das Demonstrationsexperiment wird zur Problemstellung durchgeführt. Die Frage lautet: Warum gelangt das Wasser nicht in die Flasche? Die Schüler stellen zur Beantwortung zunächst einige Vermutungen auf, die dann überprüft werden müssen. Methodisch günstig ist, wenn Schüler eine Vermutung aufstellen, die bei der Überprüfung abgelehnt werden muß, z. B. „Trichteröffnung ist verstopft“. Hier wäre es notwendig, das Experiment nochmals aufzubauen und den Schülern die freie Trichteröffnung zu zeigen. Bei diesem Vorgehen erkennen die Schüler bereits, daß durch Experimente geprüft werden kann, ob eine Aussage wahr oder falsch ist.

Wichtig für die Schüler ist, nicht nur zu sehen, daß bei geöffnetem Hahn das Wasser in die Flasche gelangt, sondern sie müssen auch erkennen, daß die Luft aus der Flasche entweicht. Das kann von einzelnen Schülern festgestellt werden durch das Davorhalten der Hand, oder der Lehrer leitet über einen Schlauch die entweichende Luft in ein Gefäß mit Wasser, wodurch für alle Schüler die Luftblasen erkennbar werden. Die Schüler können mit farbiger Kreide diesen Vorgang in einer Skizze an der Tafel kennzeichnen. Es darf aber keinesfalls nach diesem einen Experiment bereits eine Verallgemeinerung erfolgen, sondern es müssen weitere Experimente gezeigt und Beispiele beschrieben werden. Dazu sind die Bilder im Lehrbuch auf Seite 10 geeignet sowie Vorschläge von Schülern nutzbar. Auch Hausexperimente (z. B. LB, S. 11, Aufgaben 3 und 6) sollten einbezogen werden. Die Schüler müssen von Anfang an lernen, daß man aus *einem* Experiment keine allgemeingültigen Aussagen gewinnen kann.

## *Volumen von Körpern*

4 Stunden

### **Ziele**

Die Schüler

- prägen sich die physikalische Bedeutung, das Formelzeichen und die Einheiten der physikalischen Größe Volumen ein;
- können das Volumen von Flüssigkeiten messen;
- können das Volumen von Quadern und Würfeln durch Berechnung und das unregelmäßiger fester Körper durch Wasserverdrängung bestimmen.

In dieser thematischen Einheit werden die Schüler an die Arbeitsschritte beim Lösen einfacher mathematisch-physikalischer Aufgaben und beim Protokollieren eines Experimentes herangeführt.

### **Unterrichtsmittel**

Zerlegbarer Dezimeterwürfel  
verschiedene Meßzylinder  
Haushaltmeßbecher

Bechergläser  
Überlaufgefäß

SE: Satz fester Körper, Meßzylinder, Becherglas (aus SEG Glasgerätesatz)

### **Schwerpunkte und Hinweise**

**Physikalische Bedeutung des Volumens.** Ausgehend von dem bereits erworbenen Wissen, daß jeder Körper einen Raum einnimmt, kann hier vorgegeben werden, daß das Volumen angibt, wie groß der Raum ist, den ein Körper einnimmt.

**Messen des Volumens von Flüssigkeiten.** Die Forderung, das Volumen eines Körpers zu messen, führt dazu, die aus dem Mathematikunterricht bekannten Einheiten  $1 \text{ m}^3$  und  $1 \text{ l}$  sowie Teile und Vielfache der Einheiten zu wiederholen. Das Messen des Volumens von Flüssigkeiten erfordert, den Meßzylinder als Meßgerät im Physikunterricht einzuführen. Dieser ist den Schülern aus dem Mathematikunterricht Klasse 5 und in der Form von Meßbechern aus dem Haushalt schon bekannt. Das sollte zur Motivation genutzt werden. Die Schüler nennen Beispiele für die Notwendigkeit des Abmessens von Flüssigkeiten, z. B. beim Herstellen einer Düngergabe oder beim Kuchenbacken. Nun können zwei Schüler aufgefordert werden, jeweils in einem Meßbecher  $\frac{1}{4} \text{ l}$  Wasser abzumessen. Anschließend werden beide Wassermengen in je einen Meßzylinder (250 ml) gegeben. Es ist zu erwarten, daß Abweichungen auftreten, die diskutiert (sehr breite Meßbecher, nicht waagrecht auf den Meßbecher geschaut, an der Randkrümmung abgelesen) und zur Erziehung zum genauen Ablesen genutzt werden. Dazu sind die Einteilung der Skalen sorgfältig zu erläutern, Hinweise zum unmittelbaren Ablesen zu geben und vielfältige Übungen durchzuführen (z. B. LB, S. 15, Aufgaben 1 und 2). Auch die Auswahl des jeweils zweckmäßigen Meßgerätes kann bei diesen Messungen bereits erläutert werden. Dabei sollte auf die unterschiedlichen Durchmesser und Höhen der Meßzylinder eingegangen werden. Übungen im selbständigen Arbeiten mit dem Meßzylinder können zwei Aufgabentypen umfassen: Bestimmen des Volumens des Wassers im Becherglas und Abmessen einer vorgegebenen Wassermenge.

Das Messen von Flüssigkeiten bietet im Physikunterricht der Klasse 6 die erste Möglichkeit, den Schülern bewußtzumachen, daß bei jeder Messung Abweichungen (Fehler) auftreten und diese durch geeignete Meßgeräte und große Sorgfalt bei der Messung gering gehalten werden können. Den Schülern sollte verdeutlicht werden, daß das Wort Fehler in diesem Zusammenhang nicht mit falsch gleichgesetzt werden darf. Deshalb ist es zweckmäßig, häufig statt von „Fehlern“ von „Abweichungen“ zu sprechen. In diesem Sinne sollten auch Angaben z. B. auf Lebensmittelpackung Mehl ( $1060 \pm 15$ ) g oder Kosmetikartikel Zahnpaste ( $55 \pm 1,5$ ) ml mit den Schülern diskutiert werden. So werden in einfachster Form von Beginn des Physikunterrichts an Fehlerbetrachtungen einbezogen. Eine Klassifizierung der Fehler in persönliche Fehler, Fehler der Meßgeräte und Fehler der Experimentieranordnung erfolgt erst ab Klasse 7.

**Berechnen des Volumens eines Quaders.** Dieses ist aus dem Mathematikunterricht bekannt. Neu für die Schüler ist aber das Vorgehen beim Lösen einer mathematisch-physikalischen Aufgabe. Den Ausgangspunkt sollte eine Anwendungsaufgabe bilden (z. B. aus dem LB, S. 13, Aufgabe 3). Bereits in Klasse 6 sollte der Lehrer bei der methodischen Aufbereitung entsprechender Stoffabschnitte die nachfolgend genannten Arbeitsschritte beim Lösen mathematisch-physikalischer Aufgaben beachten:

- Die Schüler müssen den Text sorgfältig lesen, den dargestellten Sachverhalt erfassen. Dazu sollte eine Freihandskizze angefertigt werden, die bereits auf das Wesentliche konzentriert ist, in diesem Beispiel auf einen Quader, an dem Länge, Breite und Wassertiefe gekennzeichnet werden.
- Die Frage oder die Aufforderung in der Aufgabe wird durch das Angeben der gesuchten Größe fixiert, die gegebenen Größen werden notiert.
- Es wird der Ansatz zur Lösung der Aufgabe gesucht, für das Beispiel die aus dem Mathematikunterricht bekannte Gleichung für das Volumen eines Quaders.
- Es erfolgt das Einsetzen der Zahlenwerte und Einheiten für die physikalischen Größen in die Gleichung. Diese Forderung muß konsequent durchgesetzt werden. Die Schüler müssen bei diesem Schritt prüfen, ob vor dem Einsetzen noch eine Umrechnung der Einheit einer der Größen in eine andere Einheit vorzunehmen ist. Erst dann erfolgt die Berechnung.

- Abgeschlossen werden **Anwendungsaufgaben** mit einem Antwortsatz. Bei diesem muß der Schüler einen Bezug zur Aufgabenstellung herstellen und, wenn die Voraussetzungen der Schüler es gestatten, prüfen, ob das Ergebnis auch wirklich dem Sachverhalt entspricht.

Für den Schüler sind Beispiele für die Niederschrift mathematisch-physikalischer Aufgaben im Lehrbuch enthalten, für die Berechnung des Volumens auf Seite 12.

**Bestimmen des Volumens eines unregelmäßigen festen Körpers.** Die Forderung, das Volumen eines unregelmäßig geformten Steines zu bestimmen, soll die Schüler anregen, konkrete Vorschläge für ein mögliches Meßverfahren zu unterbreiten, da eine Berechnung wie beim Quader nicht möglich ist. Unterstützt werden kann dieses durch Impulse, wie z. B.

- Welche Eigenschaft hat jeder Körper?
- Was geschieht, wenn ihr z. B. in eine mit Wasser gefüllte Badewanne steigt?
- Entwickle aus deinem bisherigen Wissen ein Meßverfahren!

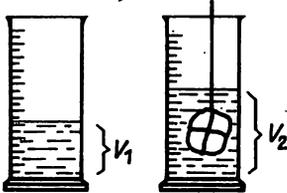
Als erstes Meßverfahren sollte die Differenzmessung im Meßzylinder erarbeitet werden. Dabei sind die Schritte des Messens hervorzuheben. Das Überlaufverfahren sollte auch gezeigt werden. Für das Schülerexperiment ist zu empfehlen, einen Satz Körper anzulegen, der nicht nur für dieses Experiment genutzt wird, sondern auch für das Schülerexperiment zur Bestimmung der Dichte und in Klasse 7 für das Schülerexperiment Bestätigen des Gesetzes von Archimedes. Diese Körper müssen in den Meßzylinder des SEG hineinpassen, aus einem bestimmten Stoff bestehen und ein Volumen besitzen, das auch für Schüler meßbar ist. Es eignen sich dazu z. B. Metallstäbe, Haushaltkerzen, Reagenzglasaufsatz aus SEG Kalorik. Diese Körper sollten durchbohrt werden, so daß sie mit einem Drahthaken in das Wasser gehalten werden können. Alle Körper sind zu numerieren, damit eine Kontrolle der Meßwerte erfolgen kann. Bei diesem Schülerexperiment wird erstmalig ein Protokoll mit den Schülern erarbeitet. Ein Muster dafür ist im Tafelbild (Bild 2) gegeben.

*Protokoll*

*Experimentiergruppe:* \_\_\_\_\_ *Datum*  
*Name* \_\_\_\_\_

***Aufgabe:* Bestimme das Volumen des unregelmäßig geformten Körpers!**

*Durchführung:*



*gemessen:*

*Volumen des Wassers*

$V_1 =$  \_\_\_\_\_

*Volumen des Wassers mit eingetauchtem Körper*

$V_2 =$  \_\_\_\_\_

$V_K = V_2 - V_1$

$V_K =$  \_\_\_\_\_

*Auswertung:*

Bild 2

Die Durchführung des Schülerexperimentes kann in Schülergruppen erfolgen. Das Volumen des Körpers sollte geschätzt werden, bevor es von *jedem* Schüler der Schülergruppe bestimmt wird. Dieses mehrfache Durchführen des Schülerexperimentes ist anzustreben, da dieses Schülerexperiment eine wesentliche Voraussetzung für das Schülerexperiment zur Bestimmung der Dichte eines Stoffes ist. Die Schüler müssen ihre Meßergebnisse untereinander und mit dem geschätzten Volumen vergleichen und bei Abweichungen nach den Ur-

sachen suchen. Bei der Kontrolle durch den Lehrer wird die Genauigkeit der Messung eingeschätzt. Außerdem sollte mit einer Anerkennung für eine übersichtliche Durchführung und Protokollierung nicht gespart werden. Besonders ist auch auf die Ordnung am Arbeitsplatz zu achten. Für das Ausgeben und Einsammeln der Geräte sollten von Anfang an feste Organisationsformen angestrebt und Gewohnheiten entwickelt werden. Dabei können einzelne Schüler spezielle Aufträge erhalten und so für einen langfristigen Einsatz als Fachhelfer vorbereitet werden.

## *Form und Volumen von Körpern*

1 Stunde

### **Ziele**

Die Schüler

- kennen die Aussagen über das Volumen und die Form von festen Körpern, Flüssigkeiten und Gasen;
- können Körper nach dem Aggregatzustand ihrer Stoffe ordnen.

### **Unterrichtsmittel**

Luftpumpe	verschiedene feste Körper
Kolbenprober	und Flüssigkeiten
PSE Mechanik fester Körper: Experiment mit einer Knallbüchse	

### **Schwerpunkte und Hinweise**

**Volumen von Gasen.** Die Wiederholung umfaßt die Volumenbestimmung von festen Körpern und von Flüssigkeiten. Als Ziel wird die Volumenbestimmung eines Gases gestellt. Durch ein Demonstrationsexperiment (z. B. Luftpumpe, Kolbenprober) wird demonstriert, daß die im Rohr befindliche Luft (also ein Gas) zusammengedrückt werden kann. Die Schüler sollen erfassen, daß Gase keine bestimmte Form und kein bestimmtes Volumen haben. Die Form und das Volumen des Gases richten sich nach der Form des abgeschlossenen Gefäßes, in dem sich der gasförmige Stoff befindet. Gegenübergestellt wird die Flüssigkeit. Die Form der Flüssigkeit richtet sich auch nach dem Gefäß, aber das Gefäß muß nicht abgeschlossen sein. Wird die Flüssigkeit in ein anderes Gefäß gegossen, so ändert sich die Form der Flüssigkeit. Das Messen des Volumens der Flüssigkeit vor und nach dem Umgießen zeigt, daß das Volumen sich nicht verändert hat. Die Flüssigkeit hat ein bestimmtes Volumen.

**Systematisierung.** Die Systematisierung sollte gemeinsame Eigenschaften aller Körper, die Aussagen über Volumen und Form unterschiedlicher Körper, über den Aggregatzustand der Stoffe, aus denen die Körper bestehen, umfassen und besonders auf die verschiedenen Möglichkeiten der Bestimmung des Volumens eingehen. Dazu eignen sich Übersichten an der Tafel und im Lehrbuch (S. 16/17) sowie das Beschreiben und Durchführen von Messungen. Hierbei ist auf das Sprechen der Schüler in zusammenhängenden Sätzen zu achten.

## Ziele und inhaltliche Schwerpunkte

In dieser Stoffeinheit werden Grundlagen der Kinematik vermittelt, auf die im folgenden Physikunterricht aufgebaut wird und die in Klasse 9 wesentlich erweitert werden. Im Mittelpunkt stehen die Begriffe Bewegung und Geschwindigkeit. Beide Begriffe sind den Schülern aus dem täglichen Leben bekannt. Es kann davon ausgegangen werden, daß die Schüler den Begriff Bewegung im allgemeinen auf Fahrzeuge, Lebewesen und Maschinen beziehen und darüber verhältnismäßig klare Vorstellungen besitzen. Das Alltagswissen der Schüler über Geschwindigkeiten ist durch Geschwindigkeitsangaben im Sport und im Verkehr geprägt. Das sollte bei der Erarbeitung der physikalischen Größe Geschwindigkeit genutzt werden. Die Vorstellung, daß Geschwindigkeiten sich immer nur auf schnelle Bewegungen beziehen, muß abgebaut werden.

Hinsichtlich der Könnensentwicklung wird in dieser Stoffeinheit zum quantitativen Erfassen physikalischer Vorgänge durch das Messen von Wegen und Zeiten, das Darstellen der Meßergebnisse im Diagramm, das Lösen mathematisch-physikalischer Aufgaben (sowohl kalkülmäßig als auch inhaltlich) sowie zum selbständigen Experimentieren beigetragen.

Zur gegenseitigen Abgrenzung der Begriffe Ruhe und Bewegung wird den Schülern bewußtgemacht, daß zur Beschreibung von Bewegungen ein Bezugskörper (eigentlich ein Bezugssystem) erforderlich ist. Verschiedene Bezugskörper werden herangezogen und ein und dieselbe Bewegung eines Körpers auf unterschiedliche Art beschrieben. So kann ein Körper gegenüber seiner Unterlage zwar in Ruhe, gegenüber dem Erdboden aber in Bewegung sein. Zur Vereinfachung der Beschreibung wird vereinbart, daß der Bezugskörper, wenn dieser die Erde oder ein mit ihr fest verbundener Körper ist, nicht angegeben werden muß. Die Schüler sollen auch erfassen, daß sie, wenn sie gegenüber der Erde in Ruhe sind, sich gegenüber der Sonne in einer sehr schnellen Bewegung befinden. So wird, ohne es explizite auszudrücken, den Schülern eine weltanschauliche Einsicht vermittelt.

Die Schüler lernen, geradlinige Bewegungen, Kreisbewegungen und Schwingungen (lediglich als Hin- und Herbewegung eines Körpers zwischen zwei Punkten), sowie gleichförmige, beschleunigte und verzögerte Bewegungen zu unterscheiden.

Bei der Erarbeitung dieser unterschiedlichen Bewegungen sollte stets vom Erfahrungsreich der Schüler ausgegangen und Experimente zur Erarbeitung der Merkmale dieser Bewegungen durchgeführt werden. Dabei werden bereits Wege und Zeiten gemessen. Die Schüler sollen verschiedene Bewegungen durch Vergleichen der Schnelligkeit der Bewegungen oder durch Vergleichen der in gleichen Zeiten zurückgelegten Wege beschreiben. Es ist das Ziel, die Schüler für konkrete Vorgänge angeben zu lassen, ob eine gleichförmige, eine beschleunigte oder eine verzögerte Bewegung vorliegt. Ihre Entscheidung sollen sie begründen können. Der Lehrer muß sich bewußt sein, daß in diesem Stoffabschnitt sehr viele neue Begriffe eingeführt werden. Vielfältige Übungen in der Einführungsstunde und in täglichen Übungen der folgenden Stunden sind erforderlich.

Bei der Behandlung der physikalischen Größe Geschwindigkeit steht wie bei der Erarbeitung der physikalischen Größe Volumen das qualitative Merkmal, das den Schülern weitgehend aus der Praxis bekannt ist, zunächst im Vordergrund. Das Suchen einer Definitionsgleichung zur zahlenmäßigen Angabe der physikalischen Größe, dem weiteren Schritt bei der Erarbeitung, erfolgt in Verbindung mit einem Demonstrationsexperiment. Die Definitionsgleichung wird in Worten formuliert und abschließend mit Formelzeichen geschrie-

ben. Das Verdeutlichen des Inhaltes der Gleichung an einfachen Beispielen schließt die Erarbeitung ab. Diese Schritte werden bei der Erarbeitung physikalischer Größen ab Klasse 6 immer wieder gegangen. Damit wird eine Denkweise praktiziert, die den gesamten Physikunterricht durchzieht.

Bei dem Demonstrationsexperiment wird von der gleichförmigen Bewegung ausgegangen. Dem Vorgehen in Klasse 9 entsprechend sollte auch hier die Geradlinigkeit der Bewegung nicht besonders betont werden, da nur mit den Beträgen der Geschwindigkeit gearbeitet wird und demzufolge die Gleichung auch für gleichförmige Bewegungen auf gekrümmter Bahn gilt. Es können dadurch auch Anwendungsaufgaben gestellt werden, bei denen die Geradlinigkeit der Bewegung nicht immer vorausgesetzt werden kann.

Es bietet sich eine Variante zu diesem Vorgehen an, bei der von den Erfahrungen der Schüler beim Beobachten eines Tachometers im Auto, im Bus bzw. in der Straßenbahn ausgegangen wird. Die physikalische Bedeutung der Geschwindigkeit ist bereits erarbeitet, die Einheit der Geschwindigkeit wird nun als bekannt angesehen, wobei darauf zu achten ist, daß diese richtig genannt wird. Es wird die Frage gestellt, wovon die Geschwindigkeit abhängt. Aus der Einheit entnehmen die Schüler, daß der Weg und die Zeit die Geschwindigkeit beeinflussen. Um den Zusammenhang zu erkennen, muß anschließend analog zur ersten Variante von einem Demonstrationsexperiment ausgegangen werden.

Mit der Einführung des *Weg-Zeit-Diagramms* lernen die Schüler im Physikunterricht erstmalig ein Diagramm kennen. Aus dem Mathematikunterricht ist ihnen der erste Quadrant des Koordinatensystems bekannt, und die Schüler können Wertepaare eintragen. Neu ist für die Schüler die Bezeichnung der Achsen mit physikalischen Größen und das Festlegen der Einheiten auf den Achsen. Hier muß der Lehrer Sorgfalt walten lassen, an der Tafel vorbildlich arbeiten und so bei den Schülern Gewohnheiten herausbilden. Um zusätzliche Schwierigkeiten zu vermeiden, sollte vom Lehrer, den einzelnen Aufgaben entsprechend, vorgegeben werden, wie die Einheiten auf den Achsen festzulegen sind. Dabei muß das Eintragen realer Meßwerte für die Schüler ohne schwierige Umrechnungen möglich sein.

Anknüpfend an die bereits durchgeführten Fehlerbetrachtungen (→ Stoffeinheit „Eigenschaften der Körper“) müssen die Schüler lernen, daß die Graphen im Diagramm nicht durch eine Verbindung der einzelnen Punkte in Form einer Zickzacklinie dargestellt werden dürfen.

Erste Übungen beim Arbeiten mit Weg-Zeit-Diagrammen verlangen das Ablesen von Wegen bei vorgegebenen Zeiten und das Ablesen von Zeiten bei vorgegebenen Wegen. Das Interpretieren von Diagrammen wird in einfachster Form hier begonnen. Dazu werden den Schülern konkrete Fragen gestellt, wie z. B.:

- Welche physikalischen Größen sind auf den Achsen abgetragen?
- Wie verändert sich der Weg, wenn die Zeit verdoppelt, verdreifacht ... wird?
- Welcher physikalische Vorgang wird durch das Diagramm beschrieben?

Die Schüler dürfen aus einem Diagramm nicht mehr herauslesen, als möglich ist. So kann aus dem Weg-Zeit-Diagramm nur eine Aussage über die Gleichförmigkeit der Bewegung, aber keine Aussage über die Geradlinigkeit der Bewegungen abgelesen werden.

Nachdem in der vorigen Stoffeinheit das kalkülmäßige Lösen von Aufgaben nach einem bestimmten Ablaufplan (→ thematische Einheit „Volumen von Körpern“) eingeführt wurde, kommt jetzt das inhaltliche Lösen von Aufgaben hinzu. Die dort dargelegten ersten beiden Schritte sowie der letzte finden hier ebenfalls Anwendung. Statt eine Gleichung als Lösungsansatz zu suchen und mit dieser weiterzuarbeiten, wird hier je nach Aufgabe der Zusammenhang zwischen Weg und Zeit oder die Interpretation der Einheit der Geschwindigkeit als Lösungsansatz benutzt. Durch logisches Schließen wird die Aufgabe gelöst. Diese Überlegungen sollten im Unterricht vorzugsweise mündlich erfolgen. Im Lehrbuch, Seite 27, ist ein Beispiel ausführlich und in Kurzform dargestellt. Im allgemeinen sollte den Schülern freigestellt werden, ob sie eine Aufgabe kalkülmäßig oder inhaltlich lösen, jedoch

können zu diesem Zeitpunkt in Klasse 6 nur Aufgaben zur Berechnung der Geschwindigkeit kalkülmäßig gelöst werden, da das Umstellen von Gleichungen im Mathematikunterricht noch nicht behandelt wurde. Außerdem ist bei diesen Aufgaben darauf zu achten, daß die Schüler am Anfang der Klasse 6 die Division natürlicher Zahlen nur ausführen können, wenn kein Rest bleibt oder der Nenner des Bruches eine Zehnerpotenz ist.

Für ungleichförmige Bewegungen wird die Durchschnittsgeschwindigkeit erarbeitet und den Schülern deutlich gemacht, welche Größen sie jeweils in die Gleichung einsetzen müssen.

In dieser Stoffeinheit sind die *Schwerpunkte im Wissen und Können*:

- Merkmale verschiedener Arten von Bewegungen;
- physikalische Bedeutung, Formelzeichen, Einheit der Geschwindigkeit;
- Beschreiben von Bewegungen bezüglich verschiedener Bezugskörper;
- Gleichung zur Berechnung der Geschwindigkeit für gleichförmige Bewegungen;
- Zeichnen und Lesen von Weg-Zeit-Diagrammen;
- Lösen einfacher Aufgaben zur Berechnung von Wegen, Zeiten und Geschwindigkeiten.

### Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit

Thematische Einheiten, Stundenanzahl	Vorleistungen, zu reaktivierendes Wissen	Experimente, besondere Unterrichts- mittel, Schüleraufträge
<i>Bewegung und Ruhe</i> Bezugskörper geradlinige Bewegung, Kreisbewegung, Schwingung gleichförmige, beschleunigte, verzögerte Bewegung physikalische Bedeutung der Geschwindigkeit  2 Std.		Spielzeugfahrzeuge, Modelleisenbahn Stoppuhr DE: verschiedene Bewegungen
<i>Geschwindigkeit eines Körpers</i> Formelzeichen, Einheit Berechnen von $v$ , $s$ und $t$ bei gleichförmiger Bewegung $s$ - $t$ -Diagramm ungleichförmige Bewegung Durchschnittsgeschwindigkeit  4 Std.	Koordinatensystem Einheiten des Weges und der Zeit (Ma 5)	Stoppuhr, Zentraluhr Spielzeugfahrzeuge, Modelleisenbahn Tachometer DE: gleichförmige Bewegung SE: gleichförmige Bewegung

## Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten

### *Bewegung und Ruhe*

2 Stunden

#### Ziele

Die Schüler

- kennen den Bewegungsbegriff als Ortsveränderung relativ zu einem Bezugskörper;
- können den Zustand der Ruhe bzw. der Bewegung eines Körpers kennzeichnen;
- können verschiedene Arten der Bewegung nach ihren Merkmalen unterscheiden und dazu Beispiele aus der Praxis nennen;
- kennen die physikalische Bedeutung der Geschwindigkeit.

#### Unterrichtsmittel

Wagen und Schiene  
Luftkissenbahn

Spielzeugfahrzeuge  
Modelleisenbahn

Lineal  
Stoppuhr

#### Schwerpunkte und Hinweise

**Relativität der Bewegung.** Der mechanische Bewegungsbegriff wird anhand ausgewählter Beispiele analog zur Erarbeitung des Begriffs Körper gewonnen. Von Anfang an wird aber auf eine Definition hingearbeitet. Zur Motivation sollten solche Demonstrationsexperimente genutzt werden, die Vorgänge aus der Praxis darstellen und bei denen erwartet wird, daß verschiedene Schüler die Bewegung unterschiedlich beschreiben. Vorgänge aus dem Erfahrungsbereich der Schüler können im Demonstrationsexperiment dargestellt werden. So kann ein Reisender in einem Zug durch einen beliebigen Körper auf dem Schienenwagen oder durch eine Puppe in einem Spielzeugfahrzeug dargestellt werden. Zum Erkennen der Relativität der Bewegungen muß der Lehrer verstärkt Hilfen geben. Es muß den Schülern deutlich gemacht werden, daß ohne Angabe eines Bezugskörpers keine eindeutige Beschreibung der Bewegung eines Körpers möglich ist. Der Text und das Bild im Lehrbuch, Seite 18, können zur Festigung genutzt werden.

Die Vereinbarung, den Bezugskörper nicht zu nennen, wenn dieser die Erde oder ein fest mit der Erde verbundener Körper ist, sollte erst erfolgen, wenn genügend Beispiele für Bewegungen aus der Natur, aus der Technik und aus dem täglichen Leben der Schüler beschrieben wurden und somit eine erste Festigung erfolgte.

**Unterscheiden von Bewegungen.** Die Vielfalt der Bewegungen sollte genutzt werden, um eine Ordnung der Bewegungen nach der Bahn der Bewegung vorzunehmen. Es werden geradlinige Bewegungen, Kreisbewegungen und Schwingungen unterschieden. Eine Unterscheidung von gleichförmigen, beschleunigten und verzögerten Bewegungen erfordert, den Schülern die Merkmale dieser Bewegungen auf verschiedene Weise bewußtzumachen. Es eignen sich Experimente mit einer Modelleisenbahn, mit möglichst langsam fahrenden Spielzeugfahrzeugen, aber auch mit dem Schienenwagen, der Luftkissenbahn oder mit rollenden Kugeln. Hiermit erfolgt eine unmittelbare Vorbereitung auf das Herausarbeiten des qualitativen Merkmals der Geschwindigkeit. Neben Formulierungen wie, der Körper bewegt sich gleich schnell, er wird immer schneller und er wird immer langsamer, sollten auch solche Formulierungen stehen wie: In gleichen Zeiten legt der Körper gleich lange Wege, immer kürzere Wege oder immer längere Wege zurück (Bild 3). An dieser Stelle be-

steht die erste Möglichkeit, die Schüler darauf hinzuweisen, daß diese Formulierungen Weg- und Zeitmessungen erfordern. Damit wird ein wesentlicher Impuls für die folgende thematische Einheit gegeben. Die Tabelle im Lehrbuch auf Seite 21 kann zur Festigung dieser Aussagen genutzt werden.

**Physikalische Bedeutung der Geschwindigkeit.** Es ist zu erwarten, daß einige Schüler bereits bei der Beschreibung verschiedener Bewegungen Formulierungen nennen wie: Die Geschwindigkeit bleibt immer gleich, wird größer oder wird kleiner. Diese Antworten sollte der Lehrer nicht zurückweisen, aber er muß sich bewußt sein, daß damit noch nicht feststeht, ob der Schüler eine klare Vorstellung von der Geschwindigkeit hat. Anknüpfend an die Betrachtung realer Bewegungen in Natur und Technik und das Hervorheben der Bedeutung der Weg- und Zeitmessungen wird die Aussage „Die Geschwindigkeit eines Körpers gibt an, wie schnell sich dieser bewegt“ formuliert.

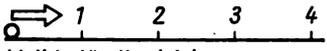
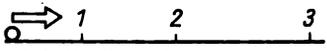
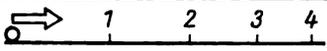
<u>Bewegungen</u>		
<i>in jeweils 1s zurückgelegter Weg</i>	<i>Der Körper bewegt sich</i>	<i>Die Geschwindigkeit des Körpers</i>
 <i>bleibt ständig gleich</i> <i>gleichförmige Bewegung</i>	<i>ständig gleich schnell</i>	<i>bleibt ständig gleich</i>
 <i>wird ständig größer</i> <i>beschleunigte Bewegung</i>	<i>ständig schneller</i>	<i>nimmt ständig zu</i>
 <i>wird ständig kleiner</i> <i>verzögerte Bewegung</i>	<i>ständig langsamer</i>	<i>nimmt ständig ab</i>

Bild 3

## *Geschwindigkeit eines Körpers*

4 Stunden

### **Ziele**

Die Schüler

- wissen, daß zur Bestimmung der Geschwindigkeit eines Körpers der zurückgelegte Weg und die dazu benötigte Zeit gemessen werden müssen;
- wissen, daß die Geschwindigkeit während einer gleichförmigen Bewegung immer gleich bleibt und  $v = s/t$  gilt;
- kennen physikalische Bedeutung, Formelzeichen, Einheit und Meßgerät der Geschwindigkeit;
- können Geschwindigkeiten, Wege und Zeiten berechnen;
- können Weg-Zeit-Diagramme bei vorgegebener Achseneinteilung zeichnen und zugeordnete Werte von Wegen und Zeiten ablesen.

## Unterrichtsmittel

Spielzeugfahrzeuge  
Wagen mit Schiene  
Luftkissenbahn

Bandgerät  
Stoppuhr

Zentraluhr  
Lineal

SE: Satz Glasrohre mit Wasserfüllung und Luftblase, Lineal (SEG Mechanik)

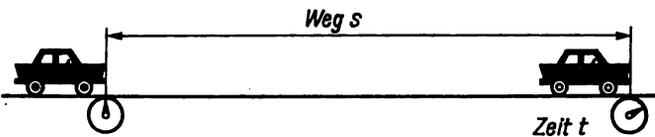
## Schwerpunkte und Hinweise

**Reaktivierung.** Die in der vorigen thematischen Einheit eingeführten Begriffe können anhand von Beispielen für Bewegungen aus Natur und Technik gefestigt werden, die vom Lehrer vorgegeben, dem Lehrbuch entnommen oder von den Schülern genannt werden. Die Schüler beschreiben die Bewegungen, geben die Art der Bewegung an und begründen ihre Aussage. Werden abschließend drei unterschiedliche, möglichst langsam fahrende Spielzeugfahrzeuge mit unterschiedlichen, aber jeweils konstanten Geschwindigkeiten nacheinander auf dem Experimentiertisch bewegt, so kann dies als Motivation für die Erarbeitung der Definitionsgleichung der Geschwindigkeit genutzt werden.

**Erarbeitung der Definitionsgleichung der Geschwindigkeit.** Die Schüler sollen die Geschwindigkeiten von drei Spielzeugfahrzeugen, die nacheinander mit jeweils konstanter Geschwindigkeit auf dem Experimentiertisch fahren, vergleichen. Weichen die Geschwindigkeiten dieser Fahrzeuge nur gering voneinander ab, so kann mit unterschiedlichen Antworten der Schüler gerechnet werden. Dieses wird genutzt, um nach einem Weg zur genauen Bestimmung der Geschwindigkeit zu suchen. Es wird herausgestellt, daß dazu die zurückgelegten Wege und die dazu benötigten Zeiten gemessen werden müssen. Der entscheidende Schritt für den Vergleich ist die Bestimmung des in einer Sekunde zurückgelegten Weges.

Diese Berechnung führt die Schüler zur Erkenntnis, daß der Quotient aus dem Weg und der Zeit eine geeignete Größe ist, um eine Aussage über die Geschwindigkeit des Körpers zu treffen. Die Definitionsgleichung wird mit Worten an die Tafel geschrieben, die Formelzeichen werden eingeführt (Bild 4).

Die Geschwindigkeit (bei gleichförmiger Bewegung)



Die Geschwindigkeit gibt an, wie schnell sich ein Körper bewegt.

Geschwindigkeit =  $\frac{\text{zurückgelegter Weg}}{\text{dazu benötigte Zeit}}$

$v = \frac{s}{t}$

Einheiten: 1 Meter je Sekunde ( $1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ )  
1 Kilometer je Stunde ( $1 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ )

Bild 4

Die *Einheit der Geschwindigkeit* muß mit den Schülern gemeinsam erarbeitet werden, ist es doch die erste, neu einzuführende, abgeleitete Einheit und außerdem eine Einheit, die im täglichen Leben häufig falsch formuliert wird. Die Entstehung der Einheit durch Einsetzen in die Definitionsgleichung muß den Schülern bewußt werden, damit sie verstehen, warum eine Formulierung wie „Stundenkilometer“ unsinnig ist. Neben den in der Praxis bedeutsamen Einheiten m/s und km/h wird aufgrund der Experimente auch die Einheit cm/s eingeführt, die Umrechnungen werden gegeben. Übungen werden dazu nicht durchgeführt, da die mathematischen Voraussetzungen fehlen.

Um Größenvorstellungen über Geschwindigkeiten bei den Schülern zu erreichen, werden Geschwindigkeiten in Natur und Technik anhand der Tabellen auf der vorderen und hinteren Umschlaginnenseite des Lehrbuches miteinander verglichen. Die Schüler sollten sich auch einige Geschwindigkeiten einprägen.

Da der Schüler oft mit dem Wort *Geschwindigkeit* nur eine große Schnelligkeit verbindet, ist besonders darauf hinzuweisen, daß mit der Geschwindigkeitsangabe  $v = 0$  gekennzeichnet wird, ein Körper ist gegenüber dem gewählten Bezugskörper in Ruhe.

**Systematisierung.** Da die Schüler nun bereits vier physikalische Größen ( $V, s, t, v$ ) im Physikunterricht kennengelernt haben, ist eine erste Systematisierung angebracht. Die Tabelle im Lehrbuch, Seite 28, gibt dazu eine Anregung. Die Schüler können diese z. B. auf der letzten Seite ihres Physikheftes anlegen und stets nach Einführung einer neuen physikalischen Größe ergänzen.

**Meßgerät.** Als Meßgerät für die Geschwindigkeit ist den Schülern im allgemeinen das Tachometer bereits bekannt. Trotzdem sollten an dieser Stelle die Schüler auf die Lehrbuchabbildung 23/1 hingewiesen werden. Der Lehrer muß der Klassensituation entsprechend entscheiden, ob er an dieser Stelle bereits mit dem Beschleunigungs-, Geschwindigkeitsmesser BM 1 die Geschwindigkeit messen will. Das ist aber nur sinnvoll, wenn dazu im weiteren Unterricht dieser Klassenstufe Experimente vorgesehen sind, weil sonst der Zeitaufwand zum Bekanntmachen mit den Geräten zu groß ist.

Zur *Festigung* müssen eine Vielzahl unterschiedlicher Aufgabenstellungen eingesetzt werden. Dazu gehören z. B.:

- Was bedeutet die Angabe: Ein Fahrzeug fährt mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h?
- Ein Fahrzeug fährt mit einer Geschwindigkeit von 60 km/h. Welchen Weg legt es in 3 h zurück? (inhaltliches Lösen)
- Ein Koffer legt auf einem Förderband in 30 Sekunden 60 Meter zurück. Wie groß ist seine Geschwindigkeit? (kalkülmäßiges Lösen)
- Zwei Schüler fahren annähernd gleichförmig mit ihren Fahrrädern. Der erste Schüler benötigt für einen bestimmten Weg doppelt soviel Zeit wie der zweite Schüler. Vergleiche die Geschwindigkeiten beider Schüler!
- In einem Kohlebergbau sind mehrere Förderbänder im Einsatz. Die Kohle auf dem Förderband 1 legt einen bestimmten Weg in 90 Sekunden zurück. Die Kohle auf dem Förderband 2 braucht für den gleichen Weg nur die halbe Zeit. Vergleiche die Geschwindigkeiten der Kohle auf beiden Förderbändern!
- Drei Fahrzeuge fahren annähernd gleichförmig auf einer Landstraße. Das Mokik fährt mit einer Geschwindigkeit von 40 km/h, der Pkw mit der doppelten Geschwindigkeit und der Lkw mit 60 km/h. Vergleiche die von den drei Fahrzeugen jeweils in  $\frac{1}{2}$  h zurückgelegten Wege!
- Ein Elefant, ein Pferd und eine Schwalbe benötigen für einen gleich langen Weg 1 h,  $\frac{1}{3}$  h bzw.  $\frac{1}{4}$  h. Vergleiche die Geschwindigkeiten der drei Tiere!

**Weg-Zeit-Diagramm.** Eine weitere Vertiefung des Geschwindigkeitsbegriffes erfolgt mit der Erarbeitung des Weg-Zeit-Diagramms. Es sollte dazu ein Experiment gewählt werden, bei dem eine langsame, gleichförmige Bewegung erfolgt, z. B. mit der Luftkissenbahn oder dem Bandgerät. So ist es möglich, im Unterricht viele Meßwertepaare aufzunehmen. Das Anlegen des Diagramms sollte parallel an der Tafel und im Heft durchgeführt werden. Dabei sind Kenntnisse der Schüler aus dem Mathematik-, Heimatkunde- und Geographieunterricht zu nutzen. Das Beschriften beider Achsen muß eingeführt werden. Auch das Eintragen von realen Meßwerten und das Einzeichnen des Graphen sind für die Schüler neu. Nachdem herausgearbeitet wurde, daß im Weg-Zeit-Diagramm der Graph für eine gleichförmige Bewegung eine Gerade durch den Koordinatenursprung ist, müssen die Schüler beim Einzeichnen der Geraden, falls nicht alle Punkte auf einer Geraden liegen, beachten, daß eine möglichst gleiche Anzahl von Punkten auf beiden Seiten der Geraden liegen. Ihnen muß bewußt werden, daß Punkte, die nicht auf dieser Geraden liegen, Meßfehler deutlich machen. Als Zusammenfassung eignet sich das Beschreiben und Erläutern einer gleichförmigen Bewegung auf drei verschiedene Arten:

Ein Körper bewegt sich gleichförmig,

- wenn er in gleichen Zeiten gleich lange Wege zurücklegt,
- wenn seine Geschwindigkeit immer gleich bleibt,
- wenn die Darstellung der Meßwertepaare von Weg und Zeit im Weg-Zeit-Diagramm eine Gerade durch den Koordinatenursprung ergibt.

Diese drei Formulierungen bilden bereits die Überleitung zur Durchführung des Schülerexperimentes.

**Schülerexperiment.** Im Demonstrationsexperiment wird die Bewegung einer Luftblase in einem mit Wasser (leicht gefärbt) gefüllten Glasrohr gezeigt und die Frage gestellt: „Bewegt sich die Luftblase gleichförmig?“ Die Beantwortung soll durch ein Schülerexperiment erfolgen. Dieses Schülerexperiment wird in der Phase der Festigung eingesetzt. Die Schüler unterbreiten Vorschläge, wie sie diese Aufgabe lösen wollen.

Dazu muß festgelegt werden, welche der drei Formulierungen geprüft werden soll; denn alle drei erfordern eine unterschiedliche Durchführung. Sollen gleich lange Wege in gleichen Zeiten nachgewiesen werden, so muß der Schüler die einzelnen auf dem Glasrohr gekennzeichneten Wege messen. Soll gezeigt werden, daß die Geschwindigkeit in allen Abschnitten gleich ist, so müssen auch die in den einzelnen Zeitabschnitten zurückgelegten Wege gemessen werden, aber der Lehrer muß als Zeitintervall 10 Sekunden wählen, weil sonst die Schüler die mathematischen Anforderungen nicht bewältigen. Soll gezeigt werden, daß im Weg-Zeit-Diagramm eine Gerade entsteht, so muß das Zeitintervall klein gewählt werden (5 s), damit möglichst viele Meßwertepaare abgelesen werden können. Hier muß die Wegmessung immer ausgehend von dem festgelegten Nullpunkt erfolgen. Dieser wird beim zweiten Zeitsignal festgelegt; denn bei dem ersten Zeitsignal wird das Glasrohr erst in die Ausgangsstellung gebracht.

Sinnvoll ist es, wenn der Lehrer zur Durchführung dieses Schülerexperimentes eine Unterrichtsstunde plant und alle drei Formen des Experimentes mit den Schülern bearbeitet (→ PhiS 1987/7/8, S. 289). Damit wird eine gute Festigung des Wissens der Schüler über gleichförmige Bewegungen erreicht. Außerdem wird der Umgang mit den Geräten geübt, da jeder Schüler die Möglichkeit erhält, die Wege zu kennzeichnen und zu messen.

Zur Durchführung dieses Schülerexperimentes sei noch darauf hingewiesen, daß die senkrechte Stellung des Glasrohres (→ LB, S. 25) auch durch eine leicht geneigte Stellung des Glasrohres gegenüber dem Tisch (ein Bleistift als Unterlage für die Neigung reicht) ersetzt werden kann. Damit wird die Bewegung langsamer, und es sind auch dann noch genügend Meßwerte zu erreichen, wenn nur relativ kurze Glasrohre vorhanden sind.

Auch bei diesem Schülerexperiment ist eine sorgfältige Vorbereitung der einzelnen Schritte der Durchführung notwendig, die durch ein Vormachen unterstützt wird. Für die

Anfertigung des Protokolls sind an der Tafel den Schülern Hilfen zu geben. Die Formulierung der Antworten sollte in selbständiger Arbeit erfolgen. Dabei sind Formulierungen wie z. B. „in gleichen Zeiten werden etwa gleich lange Wege zurückgelegt“ als gut hervorzuheben. Hier wird deutlich, daß der Schüler erkannt hat, daß seine Messungen nicht genau genug waren, um zur Aussage zu gelangen „in gleichen Zeiten werden gleich lange Wege zurückgelegt“. Die in den ersten Physikstunden begonnenen Fehlerbetrachtungen finden ihre Fortsetzung. Das ist besonders auch bei der Anfertigung des Diagramms zu beachten. Die Schüler dürfen nicht einfach den Koordinatenursprung mit einem eingetragenen Punkt verbinden, sondern sie müssen die in der Stunde zuvor durchgeführten Überlegungen hinsichtlich der Lage der Geraden anwenden.

Zur Festigung des durchgeführten Experimentes und zur Ausbildung der Fähigkeit, Experimente beschreiben zu können, sollte das Experiment (Experimentieranordnung und Messungen) von einigen Schülern mündlich beschrieben werden. Hier wird wieder angeknüpft an Vorkenntnisse aus dem Muttersprachunterricht der Klassen 5 und 6 über das Beschreiben von Vorgängen. Auch die abschließende Antwort zu diesem Experiment muß sorgfältig formuliert werden, darf sie doch nicht nur lauten „es liegt eine gleichförmige Bewegung vor“, sondern sie muß auch die Begründung enthalten, also z. B. „die Luftblase bewegt sich gleichförmig, denn sie legt in gleichen Zeiten gleich lange Wege zurück“.

**Durchschnittsgeschwindigkeit.** Die Festigung wird mit der Erarbeitung der Durchschnittsgeschwindigkeit verbunden. Dazu kann z. B. folgendes Problem gestellt werden: Einem Kraftfahrer wird (nach Auswertung des Fahrtenschreibers) der Vorwurf gemacht, er habe bei der Fahrt auf der Autobahn die zulässige Geschwindigkeit überschritten. Er meinte, daß das unmöglich sei. Die Strecke sei 50 km lang, und er habe eine halbe Stunde gebraucht. Hat er recht?

Ergebnisse der Diskussion dieses Problems sollten neben verkehrserzieherischen Gesichtspunkten die Gegenüberstellung der Begriffe gleichförmige und ungleichförmige Bewegung sowie die Einführung des Begriffes Durchschnittsgeschwindigkeit sein. An weiteren Beispielen, z. B. einer Radfahrt von einem zum anderen Ort oder eines Zuges, wird herausgearbeitet, daß die durchschnittliche Geschwindigkeit des Körpers vielfach interessiert, um z. B. für eine andere Fahrt bei bekanntem Weg eine Schlußfolgerung für die benötigte Zeit zu ziehen. Es sollte deutlich werden, daß dabei beschleunigte Bewegungen, gleichförmige und verzögerte Bewegungen auftreten können. Die Schüler sollten dazu geführt werden, daß die Gleichung  $v = s/t$  hier auch angewandt werden darf, daß aber der gesamte zurückgelegte Weg und die dazu benötigte Zeit eingesetzt werden müssen, während bei der gleichförmigen Bewegung auch aus einem beliebigen Wegabschnitt und der zugehörigen Zeit die Geschwindigkeit berechnet werden kann. Sie müssen erkennen, daß mit Hilfe der Gleichung  $v = s/t$  für ungleichförmige Bewegungen nur die Durchschnittsgeschwindigkeit des Körpers und nicht seine Geschwindigkeit an einem bestimmten Ort angegeben wird.

**Festigung und Leistungskontrolle.** Die Übungen, die sich anschließen, können sowohl das kalkülmäßige als auch das inhaltliche Lösen von Aufgaben sowie das Erläutern der Geschwindigkeitsangaben zum Inhalt haben. Um die Größenvorstellung von Geschwindigkeiten zu festigen, können verschiedene Geschwindigkeiten in Natur und Technik verglichen werden; dazu sind die Umschlaginnenseiten des Lehrbuches gut nutzbar. Für eine Kurzkontrolle eignen sich z. B. folgende Aufgaben:

1. Der Lehrer demonstriert Bewegungen mit einem Wagen.
  - Welche Art von Bewegungen vollführt der Wagen? Begründe deine Antwort!
  - Beschreibe die Bewegung des Körpers auf dem Wagen gegenüber dem Lehrertisch und gegenüber dem Wagen!

2. Vervollständige die Angaben in der folgenden Tabelle!

Name der Größe	Formelzeichen	Einheit
Weg		
	$v$	
		1 s

3. Gib die physikalische Bedeutung der Geschwindigkeit an!

4. Berechne die fehlenden physikalischen Größen!

$v$	$s$	$t$
5 m/s	30 m	
	12 km	2 h

5. Lies aus dem Diagramm (→ Bild 5) die in der Meßwertetabelle fehlenden Größen ab!

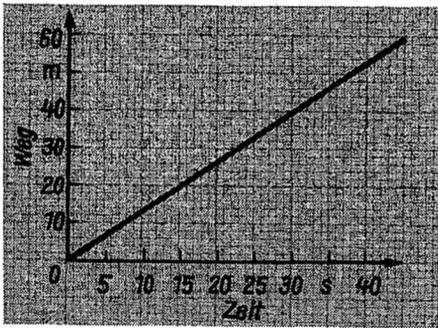


Bild 5

$s$ in m	$t$ in s
50	
	15
	30
10	

6. Ein Radfahrer fährt mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 18 km/h. Welche Zeit benötigt er für eine Strecke von 72 km/h, wenn er zwischendurch eine Pause von einer Stunde einlegt?

7. Ein Skiläufer legt eine Strecke von 15 km mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 9 km/h zurück. Wie weit war er nach  $\frac{1}{2}$  h, nach 1 h?

8. Zwei Schüler fahren annähernd gleichförmig mit ihren Fahrrädern. Der zweite Schüler legt in einer gleichen Zeit den dreifachen Weg des ersten Schülers zurück. Vergleiche die Geschwindigkeiten beider Radfahrer!

## Ziele und inhaltliche Schwerpunkte

Mit der Einführung der physikalischen Größe Kraft und ihren Wirkungen werden Grundlagen der Dynamik gelegt, die in den Klassen 7 und 9 weiter ausgebaut werden. Die Schüler besitzen über Kräfte bereits bestimmte Vorstellungen, die auf Erfahrungen mit Muskelkräften (z. B. im Sport) und Beobachtungen von großen Maschinen, z. B. Baukränen, zurückzuführen sind. Sie bezeichnen meistens mit Kraft die Fähigkeit, bestimmte Tätigkeiten auszuführen, sie wissen auch, daß durch Kraft ein Körper verformt oder bewegt werden kann, aber sie ordnen im allgemeinen die Kraft einem Menschen oder einer Maschine zu. Es ist deshalb im Physikunterricht erforderlich, durch viele Beispiele aus Natur und Technik, speziell aus dem Erfahrungsbereich der Schüler (z. B. Werkunterricht: Nageln mit dem Hammer, Schleifen mit Schleifpapier, Stemmen mit dem Stechbeitel), den Schülern das wechselseitige Einwirken zweier Körper und die daraus resultierenden Bewegungs- oder Formänderungen bewußtzumachen. Die Frage nach der Stärke des wechselseitigen Einwirkens zweier Körper führt zur Einführung der physikalischen Größe Kraft. Die Schüler beschreiben nun mit dieser Größe die betrachteten Vorgänge.

Ziel dieser Stoffeinheit ist, den Schülern die physikalische Größe Kraft im Zusammenhang mit der wechselseitigen Einwirkung zweier Körper bewußtzumachen und ihnen zu verdeutlichen, daß Form- und Bewegungsänderungen von Körpern nur durch wechselseitiges Einwirken zweier Körper entstehen können, daß dabei stets zwei Kräfte auftreten, die entgegengesetzte Richtungen haben. Aus den bisher behandelten Stoffeinheiten werden die Begriffe Bewegung, Ruhe und Form aufgegriffen. Unter dem zu erarbeitenden Begriff Bewegungsänderung wird, da der vektorielle Charakter der Geschwindigkeit in Klasse 6 nicht behandelt wird, sowohl eine Änderung der Geschwindigkeit (eigentlich des Betrages der Geschwindigkeit) als auch eine Änderung der Richtung der Bewegung (eigentlich der Richtung der Geschwindigkeit) verstanden. Das kann, wie im Lehrbuch auf S. 29 dargestellt, durch Schüler auf Rollschuhen oder auf Wagen erfolgen, die sich gegenseitig abstoßen oder durch ein Seil anziehen.

Analog muß den Schülern gezeigt werden, daß auch zur Formänderung eines Körpers ein wechselseitiges Einwirken eines anderen Körpers erforderlich ist, auch dabei treten immer zwei Kräfte auf. Dieses wird für die Schüler bei elastischen Formänderungen besser sichtbar als bei plastischen.

In dieser Stoffeinheit besteht eine gute Möglichkeit, den Schülern zu zeigen, daß bei Wiederholung des wechselseitigen Einwirkens zweier Körper unter gleichen Bedingungen stets die gleichen Bewegungs- oder Formänderungen der Körper auftreten. Damit wird der Schüler erstmalig mit einem Aspekt des Gesetzesbegriffes, mit der Wiederholbarkeit, bekannt gemacht.

Die physikalische Größe Kraft wird aus methodischen Gründen als Basisgröße eingeführt. Die Einheit Newton wird den Schülern als die Kraft veranschaulicht, mit der ein Körper von 100 g auf der Erdoberfläche z. B. an einer Feder zieht. Hierbei besteht im Physikunterricht die erste Möglichkeit, zur Unterscheidung von Kraft und Masse beizutragen. So darf nicht zugelassen werden, daß die Schüler 100 g und 1 N gleichsetzen. Es muß betont werden, ein Körper von 100 g kann auf einen anderen Körper (Feder oder seine Unterlage) einwirken, und zwar mit einer Kraft von 1 N. Die Schüler sollen mit der Einheit Newton eine Größenvorstellung verknüpfen. Deshalb sind Vergleiche mit bekannten Kräften durchzuführen.

Als Meßgerät wird der Federkraftmesser eingeführt. Seine Wirkungsweise wird den Schülern am Demonstrationsexperiment erklärt. Der Zusammenhang zwischen der Kraft und der Längenänderung der Feder wird untersucht und im Diagramm dargestellt. Dabei ist zu beachten, daß der Graph auf keinen Fall beliebig lang gezeichnet werden darf, da die Feder nur in einem bestimmten Bereich dem Hooke'schen Gesetz (dieses wird explizite nicht genannt) folgt. Dadurch werden die Schüler damit vertraut gemacht, daß Zusammenhänge oder Gesetze oft nur in einem bestimmten Bereich gültig sind, und die Einhaltung des Meßbereiches der Federkraftmesser wird damit begründet.

Weiterhin ist den Schülern zu zeigen, daß zwei Körper auch aufeinander einwirken können, wenn sie sich nicht berühren. Experimente mit Magneten oder aus der Elektrostatik eignen sich dafür besonders gut.

Das Fallen eines Körpers bildet den Ausgangspunkt für die Behandlung der Gewichtskraft eines Körpers. Die Gewichtskraft eines Körpers ist als die Kraft, mit der der Körper von der Erde angezogen wird, zu bestimmen.

In dieser Stoffeinheit sind die *Schwerpunkte im Wissen und Können*:

- Bewegungs- und Formänderungen von Körpern können nur auftreten, wenn zwei Körper wechselseitig aufeinander einwirken. Es treten dabei zwei Kräfte auf, die entgegengesetzte Richtungen haben;
- physikalische Bedeutung, Formelzeichen, Einheit und Meßgerät der Kraft;
- Beschreiben von Bewegungs- und Formänderungen der Körper;
- Messen von Kräften mit dem Federkraftmesser;
- Zeichnen eines Längenänderung-Kraft-Diagramms und Ablesen von Wertepaaren;
- Erläutern von Beispielen für Wirkungen der Gewichtskraft eines Körpers.

### Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit

Thematische Einheiten, Stundenanzahl	Vorleistungen, zu reaktivierendes Wissen	Experimente, besondere Unterrichtsmittel, Schüleraufträge
<p><i>Bewegungs- und Formänderungen von Körpern</i>  Wechselseitiges Einwirken von Körpern  physikalische Bedeutung der Kraft  elastische und plastische Verformung</p> <p style="text-align: right;">2 Std.</p>	<p>Ruhe und Bewegung von Körpern,  Geschwindigkeit (Ph 6)  Umformen von Plast (We 5)</p>	<p>DE: Gegenseitiges Einwirken von Körpern  DE: elastische und plastische Verformung  Rollschuhe oder Wagen für den Nachweis des Beharrungsvermögens  Medizinball, Tennisball</p>
<p><i>Physikalische Größe Kraft</i>  Formelzeichen, Einheit, Meßgerät  Längenänderung einer Feder  Kraft zwischen sich nicht berührenden Körpern  Gewichtskraft</p> <p style="text-align: right;">3 Std.</p>	<p>Messen von Längen (We 5)</p>	<p>DE: statische Kraftmessung  DE: Aufnahme eines Längenänderung-Kraft-Diagramms einer Feder  SE: Herstellen eines Federkraftmessers</p>

## Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten

### *Bewegungs- und Formänderungen von Körpern*

2 Stunden

#### Ziele

Die Schüler

- wissen, daß Bewegungs- und Formänderungen von Körpern nur durch wechselseitiges Einwirken von Körpern erfolgen;
- wissen, daß beim wechselseitigen Einwirken von Körpern stets zwei Kräfte auftreten, die entgegengesetzte Richtungen haben;
- können einfache Beispiele für Bewegungs- und Formänderungen von Körpern erklären;
- unterscheiden elastische und plastische Verformungen.

Die Schüler werden an das Erfassen eines gesetzmäßigen Zusammenhanges herangeführt.

#### Unterrichtsmittel

Rollschuhe bzw. Wagen für den Nachweis des Beharrungsvermögens

Medizinball

Plastilin

Kugel (Tennisball)

Blechstreifen

Holzklötz

Eisendraht

Gummiband

Feder

#### Schwerpunkte und Hinweise

**Reaktivierung.** Der genaue Inhalt der Reaktivierung wird aufgrund der in der letzten Stoffeinheit erfolgten Leistungskontrolle festgelegt. Auf jeden Fall sollten noch einmal unterschiedliche Bewegungen charakterisiert und die Begriffe Ruhe und Bewegung erläutert werden. Daraus ergibt sich als Zielstellung für die neue Stoffeinheit die Frage: „Wodurch werden Bewegungsänderungen hervorgerufen?“

Zur Motivation der neuen Stoffeinheit kann z. B. das Bild 1 im Lehrbuch, S. 29, genutzt werden, oder es wird vom Sport, z. B. vom Kugelstoßen, ausgegangen. Geprüft werden sollte auch, ob sich unmittelbar aus dem Werkunterricht ein Anknüpfungspunkt ergibt.

**Demonstrationsexperimente zur wechselseitigen Einwirkung von Körpern.** Zur Durchführung der im Lehrbuch, S. 29/30, dargestellten Experimente auf Rollschuhen ist es zweckmäßig, mit den ausgewählten Schülern am Tage zuvor das Experiment zu proben. Statt der Rollschuhe können auch Wagen genutzt werden. Es hat sich in der Praxis bewährt, daß sich die Schüler mit einem Seil wechselseitig anziehen. Wichtig ist, daß durch diese Experimente das Einwirken des einen Schülers (Körpers) auf den anderen Schüler (Körper) und umgekehrt deutlich wird. Durch mindestens ein Experiment sollte gezeigt werden; daß eine Bewegungsänderung eines Körpers ohne die Einwirkung von einem anderen Körper nicht erfolgen kann. Es müssen weiterhin Demonstrationsexperimente gezeigt werden, bei denen das wechselseitige Einwirken von Körpern nicht durch Muskelkraft eines Menschen erfolgt, sondern durch unbelebte Körper, z. B. das wechselseitige Einwirken von Kugeln, von Quadern o. ä. Analoges gilt auch für die Demonstrationsexperimente zur Formänderung der Körper. Hierbei muß beachtet werden, daß der zu verformende Körper durch seine Unterlage oder Aufhängung an einer Bewegungsänderung gehindert wird.

Erfahrungen aus dem Unterricht zeigen, daß auch ein anderer Weg beschritten werden kann. Es wird mit der Formänderung der Körper begonnen und anschließend erst auf Bewegungsänderungen eingegangen. Für manche Schüler sind Formänderungen leichter erfassbar, da sie längere Zeit bestehenbleiben können. Es ist aber zu beachten, daß bei plastischen Formänderungen das Erkennen der zwei Kräfte für Schüler schwieriger ist. Die Auswertung der Demonstrationsexperimente kann durch folgende Fragestellungen unterstützt werden:

- Was konnte bei jedem beteiligten Körper beobachtet werden?
- Könnten Veränderungen bei einem Körper aufgetreten sein, die wir nicht beobachten konnten, weil sie sehr klein waren?
- Wieviele Körper waren erforderlich, um eine Bewegungs- oder Formänderung eines Körpers zu erreichen?

Das muß zu folgenden Erkenntnissen bei den Schülern führen:

- Durch ein wechselseitiges Einwirken von Körpern tritt eine Bewegungs- oder Formänderung der Körper auf.
- Bewegungs- oder Formänderungen von Körpern werden durch wechselseitiges Einwirken von jeweils zwei Körpern erreicht.

**Physikalische Bedeutung der Kraft.** Mit der Auswertung der Demonstrationsexperimente ist der Schritt „Wir beobachten und vergleichen in Natur und Technik“ bei der Erarbeitung physikalischer Größen abgeschlossen. Nun muß der aus dem täglichen Leben bekannte Begriff Kraft als die zur genauen Beschreibung der wechselseitigen Einwirkung zweier Körper geeignete physikalische Größe eingeführt und zur Beschreibung der Experimente genutzt werden.

- Die Kraft gibt an, wie stark ein Körper auf einen anderen einwirkt.
- Beim wechselseitigen Einwirken von Körpern treten stets zwei Kräfte auf (Kraft von Körper 1 auf Körper 2 und Kraft von Körper 2 auf Körper 1), die entgegengesetzte Richtungen haben.

In zeichnerischen Darstellungen können die Kräfte durch Pfeile dargestellt werden, ohne jedoch den Schülern bereits bewußtzumachen, daß die Länge der Pfeile eine Aussage über die Beträge der Kräfte enthalten kann.

In der Praxis ist oft nur eine der auftretenden Bewegungs- oder Formänderungen bedeutsam, und demzufolge wird nur eine Kraft zur Beschreibung des Vorganges berücksichtigt. Das wird den Schülern bei der Diskussion von Beispielen aus ihrem Erfahrungsbereich erläutert.

**Elastische und plastische Verformung.** Im Werkunterricht der Klasse 5 wurde das Umformen von Plast (plastische Verformung) behandelt. Bei der zuvor besprochenen Formänderung von Körpern traten dagegen elastische Verformungen auf (z. B. am Gummiball). An dieses Wissen der Schüler und an weitere Erfahrungen aus dem täglichen Leben (z. B. elastisch: Gummiband, Feder; plastisch: Draht, verbogener Nagel) kann angeknüpft werden, um die Merkmale der elastischen und plastischen Verformung herauszuarbeiten. Auch die Abbildungen im Lehrbuch, S. 31/32, können dazu genutzt werden.

**Festigung.** In dieser thematischen Einheit bieten sich vielfältige Möglichkeiten für die Festigung. Das folgerichtige Beschreiben der beobachteten Experimente oder einfacher Beispiele bildet eine erste Stufe (Bild 6). Das Erklären der Vorgänge schließt sich an. Hierzu können den Schülern konkrete Teilfragen oder Aufträge gestellt werden, bevor zunächst selbständig eine vollständige Erklärung gefordert wird. Solche Fragen oder Aufträge können sein:

- Welche Körper wirken aufeinander ein?
- Welche Veränderung wurde durch das Einwirken erreicht?
- Gib an, welche Kräfte bei dem Vorgang auftreten!
- Welche der beiden Veränderungen ist für die Praxis bedeutsam?

Die Wiederholung eines Experimentes unter gleichen Bedingungen gibt die Möglichkeit, den Schülern bewußtzumachen, daß bei Vorgängen, die unter gleichen Bedingungen ablaufen, stets die gleichen Veränderungen auftreten; die Vorgänge laufen nach einem Gesetz ab.

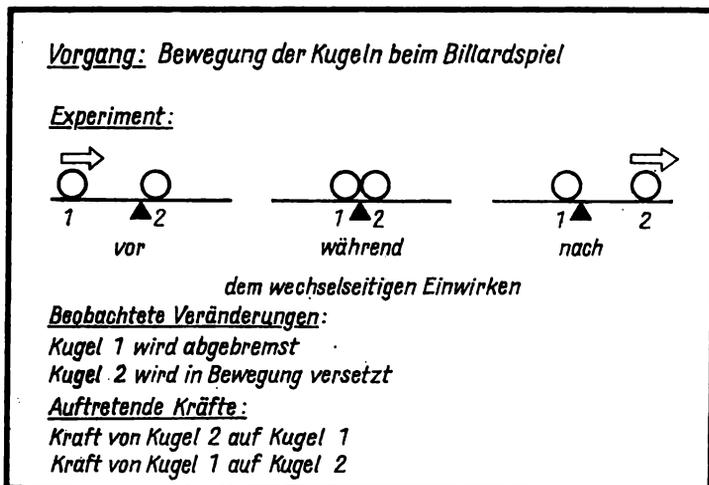


Bild 6

## Physikalische Größe Kraft

3 Stunden

### Ziele

Die Schüler

- kennen die physikalische Bedeutung, das Formelzeichen, die Einheit und das Meßgerät der Kraft;
- können den Aufbau eines Federkraftmessers und den Vorgang des Messens beschreiben;
- können Kräfte mit Federkraftmessern messen;
- wissen, daß zwischen Körpern Kräfte auftreten können, ohne daß sich diese berühren;
- können Beispiele für Wirkungen der Gewichtskraft nennen;
- können ein Längenänderung-Kraft-Diagramm zeichnen und Wertepaare ablesen.

### Unterrichtsmittel

Satz Federkraftmesser

Kunststoffstab und Reibzeug

Satz Hakenkörper

(aus Gerätesatz Elektrostatik)

Schraubenfedern

SE: Schraubenfedern, Stativmaterial, Lineal (aus SEG Mechanik),

Permanentmagnete bzw. Elektromagnete (aus Aufbausatz Elektrizitätslehre)

## Schwerpunkte und Hinweise

**Formelzeichen, Einheit, Meßgerät.** Die in der letzten thematischen Einheit bereits erarbeitete physikalische Bedeutung der Kraft wird wiederholt und das Formelzeichen  $F$  eingeführt. Ausgehend von dem Vergleich der Kräfte, die beim Spannen eines Expanders durch verschiedene Schüler auftreten, ergibt sich die Notwendigkeit, zur genaueren Angabe der Kräfte eine Einheit für die Kraft einzuführen. Die Einheit Newton ist für die Schüler neu; sie wird veranschaulicht als Kraft, mit der ein Körper von 100 g an einer Feder zieht (das Wort Masse wird an dieser Stelle noch vermieden). Um den Schülern eine Vorstellung von der Einheit Newton zu geben, sollten den Schülern entsprechende Körper in die Hand gegeben werden. Die größeren Einheiten 1 kN und 1 MN werden genannt. Die Vorsätze sind aus dem Mathematikunterricht bekannt; einige Übungen zur Umrechnung können durchgeführt werden. Als Meßgerät ist der Federkraftmesser einzuführen. Den Schülern sind verschiedene Ausführungen von Federkraftmessern direkt oder als Abbildung (LBA 34/1) zu zeigen. Auf jeden Fall müssen die Schüler die Federkraftmesser für Demonstrations- und Schülerexperimente genau kennenlernen. Der jeweilige Meßbereich des Federkraftmessers ist zu nennen, auf dessen Bedeutung kann bei den folgenden Demonstrationsexperimenten besonders eingegangen werden. Messungen sind von allen Schülern durchzuführen. Dabei ist auf die Meßgenauigkeit und die Einstellung der Nullage einzugehen. Das geht besonders gut, wenn die gleiche Kraft mit Federkraftmessern unterschiedlicher Meßbereiche gemessen wird. Dabei können die Schüler, wie bereits bei der Volumenmessung, darauf hingewiesen werden, daß immer ein geeignetes Meßgerät ausgewählt werden muß.

**Demonstrationsexperiment zur Längenänderung einer Schraubefeder.** Bei diesem Demonstrationsexperiment (vgl. Lb, S. 34) ist dem Ablesen der Längenänderung besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Es wird stets die Längenänderung, ausgehend von der Nulllage, gemessen und demzufolge immer die gesamte wirkende Kraft in die Meßwertetabelle eingetragen (Bild 7). Die jeweils an der Feder wirkende Kraft wird durch das Anhängen verschiedener Hakenkörper von jeweils 100 g hervorgerufen. An dieser Stelle sollte den Schülern bewußtgemacht werden, daß z. B. bei 5 Hakenkörpern von jeweils 100 g eine fünffache Kraft, also 5 N, an der Feder wirkt. Einige diesbezügliche Übungen sollten durchgeführt werden, da dieser Zusammenhang immer wieder benötigt wird.

Die Auswertung des Demonstrationsexperimentes umfaßt:

- das Erkennen eines Zusammenhangs zwischen der wirkenden Kraft und der Längenänderung der Feder;
- das Betrachten ausgewählter Kräfte, so z. B. das Doppelte, das Dreifache der ersten Kraft und die entsprechenden Längenänderungen;
- das Zeichnen des Längenänderung-Kraft-Diagramms;
- das Erkennen des begrenzten Bereiches, in dem der Zusammenhang besteht;
- das Ablesen von Längenänderungen für Zwischenwerte von Kräften.

Die Schüler festigen dabei das Anwenden mathematischen Wissens und Könnens auf physikalische Sachverhalte, besonders das Arbeiten mit Diagrammen.

**Schülerexperiment zum Festlegen der Skale eines Federkraftmessers.** Die Experimentieranordnung gleicht im Prinzip der des Demonstrationsexperimentes, nur das Lineal wird von einem Pappstreifen überdeckt, auf dem die Skale entsteht. Die Schüler sind besonders darauf hinzuweisen, daß die Länge der Feder stets an der gleichen Stelle der Feder, so z. B. am unteren Ende des Hakens, abzulesen ist. Mit dem selbstgefertigten Federkraftmesser sollte anschließend die Kraft gemessen werden, mit der ein Körper an der Feder zieht. Es besteht weiterhin die Möglichkeit, diese Messung mit dem Federkraftmesser aus dem SEG zu wiederholen und die Meßergebnisse zu vergleichen. Dabei kommt die Meßgenauigkeit nochmals ins Gespräch.

**Aufgabe:** Untersuche den Zusammenhang zwischen der Längenänderung einer Feder und der dehrenden Kraft!

**Durchführung:**

Kraft in N	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
------------	-----	-----	-----	-----	-----

Längenänderung in mm					
----------------------	--	--	--	--	--

**Auswertung:**

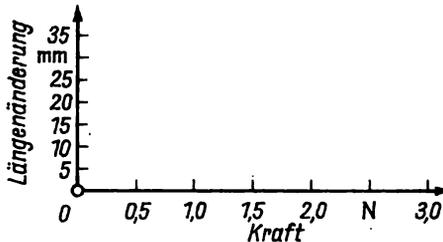


Bild 7

**Gewichtskraft.** Um den Schülern die Gewichtskraft als die Kraft, mit der ein Körper von der Erde angezogen wird, veranschaulichen zu können, ist es günstig, durch ein Demonstrationsexperiment eine Problemsituation zu schaffen. Es soll demonstriert werden, daß Bewegungs- oder Formänderungen von Körpern auch auftreten, wenn sich die wechselseitig einwirkenden Körper nicht berühren. Dazu eignen sich folgende Experimente:

- Ein starker Magnet befindet sich in einem Kasten. Eine Rasierklinge wird an einem Faden in die Nähe des Kastens gebracht. Die Rasierklinge wird angezogen.
- Zwei kleine Magnete werden auf Korken befestigt und in einem Gefäß mit Wasser zum Schwimmen gebracht. Je nach der Polung der Magnete ziehen sich diese an oder stoßen sich ab.
- Eine Spule wird an Gleichspannung angeschlossen. Oberhalb der Spulenöffnung befindet sich an einer Feder ein Eisenkörper. Der Eisenkörper wird angezogen, die Feder wird gedehnt.

Die Auswertung der Experimente führt die Schüler zu der Erkenntnis, daß zwischen Körpern auch Kräfte wirken, wenn sich diese nicht berühren.

Diese Erkenntnis kann auf das Fallenlassen einer Kugel übertragen werden. Die Schüler stellen fest, daß von der Erde eine Kraft auf die Kugel wirkt; denn die Kugel fällt auf die Erde. Ihnen sollte erläutert werden, daß auch von der Kugel eine Kraft auf die Erde wirkt; ihre Wirkung ist aber für uns nicht erkennbar. Daß die Kraft, die von der Erde auf den Körper wirkt, immer vorhanden ist, auch wenn wir den Körper in der Hand halten oder ihn auf eine Unterlage legen, kann den Schülern durch einfache Demonstrationsexperimente bewußtgemacht werden. Auch die Abbildungen im Lehrbuch auf Seite 37 sind hierfür geeignet. Den Schülern ist mitzuteilen, daß diese Kraft als Gewichtskraft bezeichnet wird. Die Schüler können nun weitere Beispiele suchen, die die Wirkung der Gewichtskraft verdeutlichen.

Den Schülern ist mitzuteilen, daß sich die Gewichtskraft eines Körpers verringert, wenn sich der Körper von der Erdoberfläche entfernt.

**Leistungskontrolle.** In einer Kurzkontrolle können Wissens- und Könnenselemente aus der Stoffeinheit überprüft werden. In geringem Umfang sollte man auch Elemente aus den vorangegangenen Stoffeinheiten berücksichtigen. Neben Aufgaben aus dem Lehrbuch können Aufgaben folgender Art gestellt werden:

1. Vervollständige die Angaben in der Tabelle!

Name der Größe	Formelzeichen	Einheit	physikalische Bedeutung
Kraft			
	$v$		
		$m^3$	

2. Gib für die folgenden Vorgänge an, ob bei ihnen elastische Formänderungen, Bewegungsänderungen oder plastische Formänderungen auftreten!
- Kneten von Teig,
  - Biegen von Blech,
  - Abstoßen eines Schwimmers vom Beckenrand,
  - Sitzen auf einem Polstersessel.
3. – Erkläre, weshalb beim Zusammenstoß zweier Autos meistens beide Autos beschädigt werden!  
 – Erkläre, weshalb Federn zur Kraftmessung geeignet sind! Denke auch an die Art der Formänderung!
4. – Beobachte und beschreibe das vom Lehrer durchgeführte Experiment (Bewegungs- oder Formänderung von Körpern)!  
 – Beschreibe einen Vorgang aus dem Haushalt oder aus dem Werkunterricht, bei dem eine Formänderung eines Körpers auftritt!

## Stoffeinheit Masse eines Körpers

4 Stunden

### Ziele und inhaltliche Schwerpunkte

In dieser Stoffeinheit steht im Mittelpunkt der Betrachtungen die physikalische Größe Masse und damit ein Begriff, der von Schülern dieser Altersstufe noch nicht in seinem vollen physikalischen Inhalt faßbar ist. Erschwerend wirkt sich dabei aus, daß das Alltagswissen dazu physikalisch nicht einwandfrei ist. Im Alltag werden die Masse eines Körpers und sein Gewicht (Gewichtskraft) oft gleichgesetzt. Die Schüler unterscheiden aufgrund ihrer Erfahrung nicht zwischen der Masse, dem Gewicht und der Schwere. Im Mathematikunterricht der Unterstufe lernen die Schüler: Die Masse eines Körpers wird mit einer Waage bestimmt, die Einheit der Masse ist 1 Kilogramm.

Auch der Begriff träge ist den Schülern aus dem Alltag bekannt. Sie verbinden damit Vorstellungen wie lustlos, schlapp, faul, langsam und auch die Unfähigkeit, Widerstände gegen bestimmte Anforderungen zu überwinden. Damit ist das bei der Mehrzahl der Schüler vorhandene Alltagswissen gekennzeichnet, mit dem im folgenden zu arbeiten ist.

Ziel dieser Stoffeinheit ist, den Schülern die physikalische Größe Masse im Zusammenhang mit der Eigenschaft eines Körpers, träge zu sein, bewußtzumachen, das Messen der Masse zu erarbeiten und die physikalischen Größen Masse und Gewichtskraft zu vergleichen. Da-

bei werden aus den bisher behandelten Stoffeinheiten die Begriffe Bewegung, Ruhe, Bewegungsänderung, Kraft, Gewichtskraft wieder aufgegriffen. Durch tägliche Übungen sollten deshalb diese Begriffe rechtzeitig reaktiviert werden.

Die Trägheit der Körper sollte vom Erleben der Schüler her erarbeitet werden. Unterstützt durch die Ergebnisse eines Experimentes müssen die Schüler erfassen, die Körper setzen einer Bewegungsänderung (z. B. dem Übergang von der Ruhe in die Bewegung) einen Widerstand entgegen. Diese Eigenschaft des Körpers wird als seine Trägheit bezeichnet.

Bei der Wiederholung des Demonstrationsexperimentes für verschiedene Körper wird festgestellt, die Trägheit verschiedener Körper ist unterschiedlich. Genauere Vergleiche können zu folgenden Formulierungen führen:

– Die Trägheit eines Körpers ist um so größer, je schwerer dieser ist (vgl. LB, S. 39),  
oder

– die Trägheit eines Körpers ist um so größer, je größer seine Masse ist.

Letztere Formulierung nutzt das Wissen der Schüler aus dem Mathematikunterricht aus und bezieht gleich die Größe Masse ein. Es kann sofort zur physikalischen Bedeutung der Masse übergegangen werden. Die zuerst genannte Formulierung erfordert, den Schritten zur Erarbeitung von physikalischen Größen folgend, zum Messen der Eigenschaften des Körpers überzugehen, dafür die physikalische Größe Masse einzuführen und deren physikalische Bedeutung zu formulieren.

Zum Messen der Masse werden sowohl die Briefwaage als auch die Balkenwaage genutzt. Dabei werden die Schüler mit dem Wägesatz vertraut gemacht. Beim bewußten Ausführen der Arbeitsschritte zum Messen, z. B. auch beim Einstellen des Meßgerätes auf die Nulllage, gewöhnen sich die Schüler an eine sorgfältige und gewissenhafte Arbeitsweise beim Messen. In dieser Stoffeinheit sind die *Schwerpunkte im Wissen und Können*:

- Trägheit als Eigenschaft eines Körpers, einer Bewegungsänderung einen Widerstand entgegenzusetzen;
- physikalische Bedeutung, Formelzeichen, Einheit und Meßgerät der Masse;
- Messen der Masse eines Körpers mit der Balkenwaage und der Briefwaage;
- Unterscheiden zwischen der Masse eines Körpers und der Gewichtskraft.

### Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit

Thematische Einheiten, Stundenanzahl	Vorleistungen, zu reaktivierendes Wissen	Experimente, besondere Unterrichts- mittel, Schüleraufträge
<i>Trägheit von Körpern</i> Widerstand bei Bewegungsänderung  1 Std.	gemeinsame Eigenschaften aller Körper, Bewegungen von Körpern, Wirkungen von Kräften (Ph 6)	DE: Eigenschaften von Körpern DE: Trägheit von Körpern
<i>Messen der Masse eines Körpers</i> Physikalische Größe Masse Zusammenhang und Unterschiede zwischen Masse und Gewichtskraft  3 Std.	Einheit der Masse (Ma 4) Gewichtskraft (Ph 6)	DE: Messen der Masse mit verschiedenen Waagen SE: Messen der Masse mit der Balken- und der Briefwaage

## Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten

### *Trägheit von Körpern*

1 Stunde

#### Ziele

Die Schüler

- wissen, daß jeder Körper einer Bewegungsänderung einen Widerstand entgegensetzt;
- wissen, daß diese Eigenschaft der Körper als Trägheit bezeichnet wird;
- wissen, daß die Trägheit unterschiedlicher Körper verschieden ist;
- können ihr Wissen über Trägheit beim Beschreiben einfacher Beispiele der Umwelt anwenden.

#### Unterrichtsmittel

Glastrog (Aquarienglas)  
Becherglas

Trinkröhrchen  
Wagen  
Schiene  
Hakenkörper  
Zentraluhr

PSE Mechanik fester Körper: Wirkungen der Trägheit

#### Schwerpunkte und Hinweise

Die *Reaktivierung des Wissens* der Schüler über Eigenschaften der Körper, über Bewegungen und Kräfte sollte möglichst an einfachen Experimenten erfolgen. Gut eignen sich

– Freihandexperimente zur gegenseitigen Verdrängung von Körpern (→ PhiS 22 (1984) 6, S. 240),

– das gegenseitige Einwirken zweier Kugeln.

Besonders sollte der Übergang von Ruhe in Bewegung und umgekehrt herausgearbeitet werden.

Als *Motivation* zur Erarbeitung des Begriffes Trägheit kann von Erlebnissen der Schüler ausgegangen werden, z. B. vom Anschieben eines leeren oder beladenen Wagens bei einer Altstoffsammlung, vom Anfahren mit dem Fahrrad, vom Anschieben eines Kindes auf einer Schaukel, vom Ziehen eines Schlittens, vom Anfahren eines beladenen und eines unbeladenen Lkw.

Diese Beispiele sollen die Schüler beschreiben und dabei besonders auf die aufzuwendende Kraft beim Übergang des Körpers von der Ruhe in die Bewegung eingehen.

**Demonstrationsexperiment zur Trägheit.** Das im Lehrbuch auf S. 38 dargestellte Demonstrationsexperiment erfordert von den Schülern eine hohe Denkleistung. Ihnen muß bewußtgemacht werden, daß dieses Experiment das bei der Motivation gewählte Beispiel darstellt. Das Experiment sollte schrittweise mit den Schülern erarbeitet und parallel dazu im Tafelbild dargestellt werden (Bild 8). Es müssen aus den Bewegungsänderungen Schlußfolgerungen gezogen werden. Dazu werden von den Schülern die in der ersten Sekunde der Bewegung zurückgelegten Wege verglichen. Das kann ohne Messung durch Deutlichmachen der Größer-Kleiner-Beziehung erfolgen. Die Schüler müssen schlußfolgern, daß die unterschiedlichen Körper bei einer gleichen Einwirkung einer Kraft der Bewegungsänderung unterschiedlichen Widerstand entgegensetzen.

**Trägheit eines Körpers.** Den Schülern ist mitzuteilen, daß die Eigenschaft des Körpers, einer Bewegungsänderung einen Widerstand entgegenzusetzen, als Trägheit des Körpers bezeichnet wird. Dabei sollten sie gefragt werden, was sie sich bisher unter träge vorgestellt haben. So kann das vorhandene Alltagswissen (Verbindung zu „langsam“ und zu „Widerstand überwinden“) ausgebaut und anderes Alltagswissen (schlapp, faul, lustlos) als für die Physik unzutreffend gekennzeichnet werden.

Als Bewegungsänderungen finden die Übergänge von Ruhe in Bewegung und von Bewegung in Ruhe besondere Beachtung. Für Schüler geeignete Beispiele sind das Anhalten eines rollenden Balles, das Auffangen eines Balles, das Bremsen eines Rades. Bei diesen Betrachtungen erfolgt immanent eine Festigung der Begriffe Ruhe, Bewegung, Bewegungsänderung und Kraft. Bevor die Verallgemeinerung „Die Trägheit eines Körpers ist um so größer, je größer seine Masse ist“ erfolgt, sind die Schüler erneut (→ Stoffeinheit „Eigenschaften der Körper“) darauf hinzuweisen, daß aus *einem* Experiment eine solche Verallgemeinerung nicht erfolgen kann, sondern dazu viele Experimente und viele Erfahrungen notwendig sind. Einige Beispiele sollten mit den Schülern diskutiert werden.

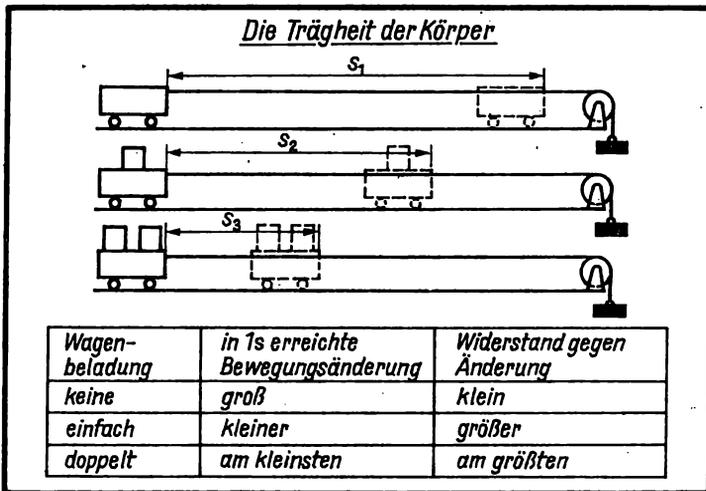


Bild 8

## Messen der Masse eines Körpers

3 Stunden

### Ziele

Die Schüler

- kennen die physikalische Bedeutung, das Formelzeichen und die Einheit der Masse;
- wissen, wie ein Wägesatz aufgebaut ist;
- können Wägungen mit der Balkenwaage und mit der Briefwaage durchführen;
- unterscheiden zwischen der Masse eines Körpers und der auf ihn wirkenden Gewichtskraft.

### Unterrichtsmittel

verschiedene Balkenwaagen

Wägesätze

SE: Balkenwaage und Wägesatz aus SEG Mechanik

Briefwaage

verschiedene Körper

## Schwerpunkte und Hinweise

**Physikalische Bedeutung der Masse.** Durch die Festigung des Wissens über Trägheit wird, entsprechend dem Schritt „Wir beobachten und vergleichen in Natur und Technik“, die physikalische Bedeutung der physikalischen Größe Masse vorbereitet.

Anknüpfend an das bisherige Vorgehen im Unterricht, eine Eigenschaft eines Körpers durch eine physikalische Größe zu beschreiben, muß den Schülern mitgeteilt werden, daß die Eigenschaft eines Körpers, träge zu sein, durch die Masse erfaßt wird. Nochmals sollte auf die Auswertung des Demonstrationsexperimentes zur Trägheit eines Körpers zurückgegangen werden. Es kann nun festgestellt werden, daß die Trägheit eines Körpers um so größer ist, je schwerer der Körper oder je größer seine Masse ist. Den Schülern sollte deutlich werden, daß die Masse eines Körpers ein sehr umfassender Begriff ist, auf den im Physikunterricht der Klassen 9 und 10 nochmals eingegangen wird.

**Einheit der Masse.** Diese ist aus dem Mathematikunterricht bekannt. Es bietet sich hier ein Überblick über die historische Entwicklung dieser Einheit an. Bei einem entsprechenden Lehrvortrag können folgende Fakten verwendet werden:

- Mit dem Warentausch und später auch dem Handel wurde es notwendig, die Masse bestimmter Waren zu bestimmen.
- In verschiedenen Ländern wurden unterschiedliche Einheiten eingeführt.
- Die unterschiedlichen Einheiten behinderten die weitere Entwicklung des Handels und der Wissenschaft, man strebte deshalb einheitliche Einheiten an.
- Vor etwa 200 Jahren haben sich Physiker und Ingenieure vieler Länder auf die Einheit 1 Kilogramm geeinigt.
- In einigen Ländern (Großbritannien) und in verschiedenen Berufsgruppen (Goldschmiede) werden noch heute besondere Einheiten (Unze, Karat) verwendet.
- 1 kg wurde ursprünglich als Masse von 1 l Wasser bei 4°C festgelegt. Die Einhaltung der Temperatur bereitete Schwierigkeiten, deshalb wurde ein Zylinder aus Platin-Iridium hergestellt, dessen Masse genau 1 kg verkörpert.
- Jedes Land, das sich der Verwendung der Einheit 1 kg angeschlossen hat, erhielt eine Kopie des Urkilogramms. Die DDR erhielt die Kopie mit der Nummer 25.

Auch hier sollten, anknüpfend an Erfahrungen der Schüler aus dem täglichen Leben, Übungen zum Vergleichen von Massen verschiedener Körper angeschlossen werden, damit jeder Schüler mit der Einheit 1 kg eine Größenvorstellung verbindet.

**Messen der Masse.** Waagen als Meßgeräte für die Masse sind den Schülern bekannt, aber es kann nicht damit gerechnet werden, daß alle Schüler schon bewußt das Wägen auf einer Balkenwaage beobachtet und den Meßvorgang erfaßt haben. Deshalb sollte an möglichst verschiedenen Balkenwaagen (eventuell als Bilder) der Aufbau einer Waage erläutert werden, bevor herauszuarbeiten ist, daß auf einer Balkenwaage die Masse eines Körpers mit der Masse verschiedener Wägestücke verglichen wird. Die durch den zu wägenden Körper zunächst hervorgerufene Bewegung des Waagebalkens muß von den Schülern auf die Gewichtskraft des Körpers, die auf die Waagschale wirkt, zurückgeführt werden. Die Schüler sollten weiterhin erkennen, daß die Gewichtskraft der Vergleichskörper (Wägestücke) auf die andere Waagschale wirkt und für ein Gleichgewicht des Waagebalkens sorgt. Der bereits im Abschnitt Kraft erarbeitete Zusammenhang zwischen der Kraft von 1 Newton und einem Körper von 100 Gramm kann nun in folgender Weise formuliert werden:

- 1 N ist die Kraft, mit der auf der Erdoberfläche ein Körper mit einer Masse von 100 g an einer Feder zieht, oder
  - ein Körper mit der Masse 100 g hat auf der Erdoberfläche eine Gewichtskraft von 1 N.
- Die Zusammenstellung bestimmter Wägestücke zu einem Wägesatz ist zu erläutern. Einfache Übungen im Arbeiten mit einem Wägesatz (und als solcher ist auch der Satz Hakenkör-

per aus dem SEG Mechanik zu betrachten) können genutzt werden, um die Schüler zur Ordnung am Arbeitsplatz zu erziehen.

Die Bedeutung des Einstellens der Nullage der Waagen muß den Schülern deutlich werden. Hier können wieder Fehlerbetrachtungen einbezogen werden. Die weiteren Arbeitsschritte zum Messen der Masse können die Schüler selbständig anhand des Textes im Lehrbuch auf S. 42 erarbeiten. Den Schülern sollte gezeigt werden, wie sie vorgehen sollen, wenn beim Auflegen des kleinsten Wägestückes die Nullage nicht erreicht wird.

Beim Wägen mit einer Briefwaage muß den Schülern der Vergleichskörper gezeigt und dabei bewußtgemacht werden, daß weitere Wägestücke entfallen und die Masse des Körpers am Zeigerausschlag ablesbar ist.

Die Schüler sollten selbständig Messungen mit der Balken- und der Briefwaage durchführen. Auf weitere Waagentypen sollte hingewiesen werden.

**Masse eines Körpers und Gewichtskraft.** Der Zusammenhang zwischen der Masse eines Körpers und der auf ihn wirkenden Gewichtskraft wurde bereits reaktiviert. Er sollte sehr deutlich hervorgehoben werden, da er in Klasse 7 wiederholt angewendet wird.

Mündliche Übungen, bei denen Körper doppelter, dreifacher oder halber Masse und deren Gewichtskräfte betrachtet werden, dienen der Festigung dieses Zusammenhanges.

Das Herausarbeiten des Unterschieds zwischen der Masse eines Körpers und der Gewichtskraft dient der Festigung bisher erworbenen Wissens und soll helfen, die oftmals vorhandene Vorstellung von der Gleichheit von Masse und Gewichtskraft abzubauen. Deshalb sollte zunächst die physikalische Bedeutung beider Größen reaktiviert werden. Dabei kann hervorgehoben werden, daß die Masse eines Körpers eine Eigenschaft des Körpers ist, die Gewichtskraft jedoch die Kraft erfaßt, mit der der Körper von der Erde angezogen wird. Da ein Körper, ganz gleich, wo er sich befindet, seine Eigenschaft, träge zu sein, behält und nicht verändert, ist die Masse eines Körpers ortsunabhängig. Die Gewichtskraft, die von der Erde auf den Körper wirkt, ist jedoch abhängig vom Abstand des Körpers von der Erde, also ortsabhängig.

Zusammenfassend können die Schüler feststellen, daß die Gewichtskraft des Körpers sowohl von der Masse des Körpers als auch vom Abstand des Körpers von der Erde abhängt, aber die Masse eines Körpers unabhängig von der Gewichtskraft und vom Abstand des Körpers von der Erde ist. Diese unterschiedlichen Eigenschaften, die unterschiedlichen Formelzeichen, Einheiten und Meßgeräte sollten analog zur Tabelle im Lehrbuch auf S. 43 übersichtlich zusammengestellt werden.

Neben den Aufgaben aus dem Lehrbuch sollten Aufgaben folgender Art in die abschließende Festigung einbezogen werden:

- Wie groß ist die Gewichtskraft eines Körpers mit der Masse von 350 g?
- Die Masse des Körpers A ist halb so groß wie die Masse des Körpers B. Vergleiche die Trägheit des Körpers A mit der Trägheit des Körpers B!

## **Stoffeinheit Dichte eines Stoffes**

5 Stunden

### **Ziele und inhaltliche Schwerpunkte**

In den bisherigen Stoffeinheiten standen Körper im Mittelpunkt der Betrachtungen. In dieser Stoffeinheit geht es darum, eine Eigenschaft des Stoffes, aus dem ein Körper besteht,

mit einer physikalischen Größe zu beschreiben. Dazu muß den Schülern der Zusammenhang zwischen dem Volumen und der Masse eines Körpers bewußtgemacht werden. Dieser Zusammenhang gehört zwar zum Erfahrungsbereich der Schüler, aber er ist ihnen bisher nicht explizite bewußtgeworden. Deshalb muß von Erfahrungen der Schüler ausgegangen werden. Diese beziehen sich in erster Linie auf das unterschiedliche Volumen von jeweils 1 kg Lebensmittel (Zucker, Salz, Mehl) und auf die unterschiedliche Masse (oft auch als Gewichtskraft) gleich großer Gegenstände (Körper) aus unterschiedlichen Stoffen (z. B. gleich großer Sack voll Laub oder voll Kohlen, gleich große Schrauben aus Aluminium oder aus Eisen, gleich große Kugeln aus Holz, Plaste oder Metall, gleich große Flaschen, gefüllt mit Öl oder mit Wasser). Dieses Wissen der Schüler sollte im Unterricht systematisiert werden. Dabei sollten Masse und Volumen der verschiedenen Körper verglichen und Größer-Kleiner-Beziehungen formuliert werden.

Schließlich sind die Schüler auch unter Nutzung von Vergleichen der Volumen und Massen von Körpern aus gleichem Stoff zur Erkenntnis zu führen: Es besteht ein Zusammenhang zwischen Volumen und Masse für jeden Stoff derart, daß bei Verdoppelung, Verdreifachung, ... des Volumens auch die Masse verdoppelt, verdreifacht, ... wird. Weiterhin ist zu zeigen, daß für jeweils 1 cm<sup>3</sup> des Stoffes die Masse einen bestimmten Wert hat. Erst dann erfolgt die Einführung der physikalischen Größe Dichte mit ihrer physikalischen Bedeutung, dem Formelzeichen, der Einheit. Letztere wird analog zur Einheit der Geschwindigkeit erarbeitet.

Aufgrund seiner eigenen Erfahrung und der Klassensituation sollte der Lehrer entscheiden, wie er an das diesbezügliche Alltagswissen der Schüler anknüpfen will. Es ergeben sich zwei Möglichkeiten:

1. Es wird ausgegangen von Körpern unterschiedlicher Stoffe und gleichen Volumens ( $V_1 = V_2 \curvearrowright m_1 \neq m_2$ ).
2. Es wird ausgegangen von Körpern unterschiedlicher Stoffe und gleicher Masse ( $m_1 = m_2 \curvearrowright V_1 \neq V_2$ ).

Bei all diesen Betrachtungen sollten Körper aus Stoffen im festen und im flüssigen Aggregatzustand einbezogen werden.

Die experimentelle Bestimmung der Dichte eines Stoffes kann im Demonstrationsexperiment nur mit Körpern erfolgen, für die die Schüler die Rechnung ausführen können, da aus dem Mathematikunterricht nur die Umwandlung von Brüchen, deren Nenner eine Zehnerpotenz ist, in Dezimalzahlen bekannt ist. Das Schülerexperiment zur Bestimmung der Dichte eines Stoffes wurde deshalb in das Stoffgebiet „Gegenstand der Physik und physikalische Arbeitsweisen“ verlagert. Ziel dieser Stoffeinheit ist aber, daß die Schüler die experimentelle Bestimmung eines Stoffes, der sich im festen bzw. im flüssigen Aggregatzustand befindet, beschreiben können. Die dazu erforderlichen Meßverfahren sind ihnen bekannt. Eine Festigung des Begriffes Dichte kann durch Vergleichen von Dichten verschiedener Stoffe (Arbeit mit Tabellen), Erläutern der Angabe von z. B.  $\rho = 0,5 \text{ g/cm}^3$  oder durch Lösen mathematisch-physikalischer Aufgaben (sowohl kalkülmäßig als auch inhaltlich) erfolgen. Im Lehrbuch ist dafür je ein Beispiel auf den Seiten 48 und 49 dargestellt. Es handelt sich dabei um Aufgaben, bei denen besonderes Augenmerk auf die Analyse der Aufgabentexte zu legen ist ( $\curvearrowright$  Stoffeinheit „Bewegungen der Körper“). Aus dem praktischen Sachverhalt muß erst der physikalische Sachverhalt erkannt werden. Der sich daraus ergebende Lösungsweg wird hier erstmalig in Klasse 6 vor der Durchführung der Lösung notiert; es wird also bereits, wie in Klasse 7 dann verstärkt, der Plan der Lösung erarbeitet.

In dieser Stoffeinheit sind die *Schwerpunkte im Wissen und Können*:

- Zusammenhang zwischen Masse und Volumen eines Körpers;
- physikalische Bedeutung, Formelzeichen, Einheit der Dichte;
- Beschreiben, wie die Dichte eines Stoffes (fest bzw. flüssig) bestimmt werden kann;
- Lösen einfacher Anwendungsaufgaben zur Dichte.

## Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit

Thematische Einheiten, Stundenanzahl	Vorleistungen, zu reaktivierendes Wissen	Experimente, besondere Unterrichtsmittel, Schüleraufträge
<i>Dichte eines Stoffes</i> Zusammenhang zwischen Masse und Volumen physikalische Größe Dichte Anwendungen 3 Std.	physikalische Größen Masse und Volumen, Meßverfahren (Ph 6)	verschiedene Körper DE: Dichtebestimmung fester und flüssiger Stoffe
<i>Festigung und Kontrolle</i> Schriftliche Leistungskontrolle 2 Std.		DE: nach Wahl der Schwerpunkte

## Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten

### *Dichte eines Stoffes*

3 Stunden

#### Ziele

Die Schüler:

- können den Zusammenhang zwischen Volumen und Masse eines Körpers erläutern;
- kennen physikalische Bedeutung, Formelzeichen, Einheit, Definitionsgleichung und Meßverfahren für die Dichte;
- können mit der Dichte die Masse von Körpern vorgegebenen Volumens berechnen;
- können beschreiben, wie die Dichte experimentell bestimmt werden kann;
- können Dichtewerte in Tabellen aufsuchen.

#### Unterrichtsmittel

Verschiedene Körper gleichen Stoffes      verschiedene Körper unterschiedlicher Stoffe

Satz Würfel zur Dichtebestimmung

DE: PSE Mechanik fester Körper: Dichtebestimmung fester und flüssiger Stoffe

#### Schwerpunkte und Hinweise

**Motivation.** Als Motivation aus dem Erfahrungsbereich der Schüler eignen sich z. B.:

- Die Schübe für Salz, Mehl und Zucker im Küchenschrank haben alle gleiches Volumen. Die Mutter hat je eine Tüte (etwa 1 kg) Salz, Zucker und Mehl gekauft und füllt die Schübe. Was stellt sie dabei fest?
- Der Lehrer stellt 2 Pakete Würfelzucker (als ein Körper) und 1 Paket Knäckebrötchen auf den Tisch. Vergleicht das Volumen beider Körper (annähernd gleich)! Vergleicht die Masse des Würfelzuckers und des Knäckebrötchens (1000 g Zucker, 257 g Knäckebrötchen)!
- Die zulässige Masse des Ladegutes eines Lkw W 50 beträgt 5000 kg. Es sollen je 5000 kg Kohlen, Sand und Laub mit dem Lkw befördert werden. Was stellen die Arbeiter beim Beladen fest?

Zur Unterstützung der sich anschließenden Diskussion sollten weitere Körper zum Vergleichen bereitgestellt werden.

**Zusammenhang zwischen Volumen und Masse.** Je nach dem gewählten Weg vergleichen die Schüler Volumen und Masse von Körpern unterschiedlicher Stoffe. Sie erkennen, daß Körper gleichen Volumens aus unterschiedlichen Stoffen verschiedene Massen haben. Zur Festigung nennen die Schüler Beispiele aus ihrer Umwelt, in denen der Zusammenhang deutlich wird. Es werden die Massen von verschiedenen Körpern aus gleichem Stoff betrachtet, deren Volumen sich möglichst wie  $1 : 2 : 3 \dots$  verhalten. Auch die Tabelle im Lehrbuch auf S. 45 kann dafür genutzt werden. Beispiele aus dem Erfahrungsbereich der Schüler sollten einbezogen werden, so z. B. 4 Löffel Zucker haben die vierfache Masse von 1 Löffel Zucker; 2 Tassen Milch haben die Hälfte der Masse von 4 Tassen Milch. Nach ausreichenden Übungen sollte eine zusammenfassende mathematische Formulierung in Worten erfolgen und u. U. je nach Klassensituation auch in Kurzform vom Lehrer an der Tafel festgehalten werden, z. B., je größer das Volumen ist, desto größer ist die Masse oder wenn  $V_1 = 3 \cdot V_2$ , dann ist  $m_1 = 3 \cdot m_2$  oder wenn  $V_3 = 1/2 \cdot V_4$ , dann ist  $m_3 = 1/2 \cdot m_4$ .

**Definitionsgleichung der Dichte.** Um zu einer Verallgemeinerung zu gelangen, müssen diese Betrachtungen auch für entsprechende Körper aus anderen Stoffen durchgeführt oder die Beispiele aus dem Lehrbuch herangezogen werden. Jetzt erst können die Schüler erfassen, daß dieser Zusammenhang für alle Körper besteht und den Stoff, aus dem der Körper besteht, kennzeichnet. Analog zur Einführung der Geschwindigkeit wird für Körper aus verschiedenen Stoffen jeweils die Masse für  $1 \text{ cm}^3$  bestimmt, entweder experimentell oder als Quotient aus Masse und Volumen (wenn diese bekannt sind) berechnet. Es wird erkannt, daß damit eine Eigenschaft des Stoffes erfaßt wird. Diese physikalische Größe wird als Dichte des Stoffes bezeichnet.

Es sollte hier den Schülern gezeigt werden, daß der Begriff Dichte keine Beziehung hat zu dem im Alltag verwendeten Begriff dicht (z. B. dichte Fenster, dichtes Gedränge).

**Einheit der Dichte.** Diese wird analog zur Einheit der Geschwindigkeit erarbeitet. Nach SI wird die Einheit  $1 \text{ kg/m}^3$  erarbeitet und  $1 \text{ g/cm}^3$  als andere gebräuchliche Einheit genannt. Die Umrechnung ist den Schülern nur mitzuteilen.

**Festigung.** Eine erste Festigung der physikalischen Größe Dichte kann anhand des Lehrbuches, S. 46/47, erfolgen. Dabei sollte die im Schülerheft angelegte Tabelle über physikalische Größen vervollständigt werden. Das Beispiel einer Anwendungsaufgabe im Lehrbuch auf S. 48 eignet sich, wenn es durch einen kurzen Lehrervortrag etwas ausgeschmückt wird, gut als Motivation für die Festigung des Wissens über die Dichte anhand des Lösen von Aufgaben. Das Durchdenken des Lösungsweges, bevor der Ansatz zur Lösung aufgeschrieben wird, kann an diesem Beispiel den Schülern bewußtgemacht werden.

In dieser Festigungsphase ist hervorzuheben, wozu das Wissen über die Dichte im praktischen Leben genutzt wird.

Je nach dem Erfahrungsbereich der Schüler eignen sich dafür:

- Bestimmen der Masse eines Körpers, wenn der Stoff und das Volumen bekannt sind und eine Wägung nicht möglich ist (z. B. Masse des Fundaments einer Maschine);
- Feststellen, ob ein Körper vollständig aus dem angegebenen Stoff besteht oder ob ein anderer Stoff als Füllmittel benutzt wurde, und wenn das Volumen meßbar ist (z. B. ob ein Schmuckstück vollständig aus Gold besteht oder ob es nur vergoldet ist);
- Feststellen, aus welchem Stoff ein Körper besteht, dessen Masse und Volumen meßbar sind; das führt aber nur zum Ziel, wenn der Körper einheitlich aus einem Stoff besteht.

Eine Festigung kann auch im Zusammenhang mit dem Masse-Volumen-Diagramm erfolgen. Dieses ist im Lehrplan nicht gefordert, und es muß vom Lehrer aufgrund seiner Kenntnis über die Schülerleistungen geprüft werden, ob es zur Festigung des Zusammenhangs von Masse und Volumen und gleichzeitig zur Festigung der Arbeit mit Diagrammen einbezogen werden soll.

Zur Festigung gehört auch, von den Schülern beschreiben zu lassen, wie die Dichte eines festen und eines flüssigen Stoffes experimentell bestimmt werden kann. Als langfristige Vorbereitung auf das Schülerexperiment sollten die Arbeitsschritte hierfür auch im Tafelbild (→ Bild 9) festgehalten werden. Die Schüler festigen dabei grundlegende Meßverfahren, den Gebrauch der Fachtermini und üben das folgerichtige Beschreiben einer Handlung. Wichtig ist, das Erläutern von Aussagen wie  $\rho = 0,5 \text{ g/cm}^3$  zu üben.

Bestimmen der Dichte einer Flüssigkeit

- Bestimmen der Masse des leeren Gefäßes  $m_G$
- Abmessen eines bestimmten Volumens der Flüssigkeit  $V_{Fl}$
- Bestimmen der Masse des Gefäßes mit der Flüssigkeit  $m$
- Berechnen der Masse der Flüssigkeit  $m_{Fl}$   

$$m_{Fl} = m - m_G$$
- Berechnen der Dichte der Flüssigkeit  $\rho$   

$$\rho = \frac{m_{Fl}}{V_{Fl}}$$

Bild 9

## *Festigung und Kontrolle*

2 Stunden

Die Ziele der Festigung werden ausgehend von den Schwerpunkten der Stoffeinheiten weitgehend bestimmt durch das von den Schülern bisher erreichte Wissen und Können und von der Auswahl der Aufgaben für die geplante schriftliche Leistungskontrolle.

### Unterrichtsmittel

Geräte je nach Wahl der den Schwerpunkten entsprechenden Demonstrationsexperimente.

### Schwerpunkte und Hinweise

Die methodische Gestaltung wird in starkem Maße beeinflusst von den bereits durchgeführten Experimenten, der Einstellung der Schüler zum Physikunterricht und dem Erfahrungsbereich der Schüler.

Unabhängig von den konkreten Bedingungen sollte in einer Festigungsstunde Methodenvielfalt herrschen. Dazu eignen sich die Durchführung von Demonstrationsexperimenten,

die Arbeit mit dem Lehrbuch und mit Tabellen, das Unterrichtsgespräch, die selbständige Arbeit der Schüler im Heft (z. B. Aufgabenlösen), die Arbeit an der Tafel, der Lehrer- sowie Schülervortrag.

Als Demonstrationsexperimente für Festigungsstunden können durchaus bisher unbekannte Experimente gewählt werden; sie müssen aber in ihrem Aufbau für die Schüler überschaubar sein, ihr Interesse wecken und möglichst vielseitig auswertbar sein. An einigen Beispielen soll das im folgenden erläutert werden.

1. Ist es das Ziel, das Wissen über die *Eigenschaften der Körper* zu festigen, so eignet sich das Experiment aus PSE Mechanik fester Körper: Verdrängung von Flüssigkeiten durch Gase – Die Taucherglocke. Einführend charakterisiert der Lehrer kurz das Anwenden von Taucherglocken. Damit soll das Interesse der Schüler geweckt werden. Die Schüler beobachten das Experiment. Während der Auswertung wird folgendes Wissen und Können gefestigt:
  - Jeder Körper besteht aus Stoff, es gibt feste Körper, Flüssigkeiten und Gase.
  - Wo ein Körper ist, kann gleichzeitig kein anderer Körper sein, jeder Körper nimmt einen Raum ein.
  - Das Volumen eines Körpers gibt an, wie groß der Raum ist, den dieser einnimmt.
  - Das zielgerichtete Beobachten und Beschreiben des Beobachteten.
  - Das Schlußfolgern aus Beobachtungen.
2. Wissen über *Bewegung – Ruhe, Bewegungsarten und Geschwindigkeit* soll gefestigt werden. Als Experiment wird das Rollen einer Kugel auf einer geneigten Ebene, einer ebenen Bahn und das Hinaufrollen auf eine weitere geneigte Ebene demonstriert. Gefestigt werden:
  - Ein Körper ist in Bewegung, wenn er seinen Ort gegenüber einem Bezugskörper ändert; er ist in Ruhe, wenn er seinen Ort gegenüber einem Bezugskörper nicht ändert.
  - Es gibt beschleunigte, gleichförmige und verzögerte Bewegungen. Die Merkmale werden auf verschiedene Weise dargestellt:
    - schneller, gleich schnell, langsamer;
    - oder durch Vergleichen der in einer Sekunde zurückgelegten Wege;
    - oder mit Hilfe der Geschwindigkeit.
  - Die Geschwindigkeit eines Körpers gibt an, wie schnell sich dieser bewegt.
  - Die Geschwindigkeit eines gleichförmig bewegten Körpers wird mit  $v = s/t$  berechnet.
  - Die Einheit der Geschwindigkeit ist m/s. Andere Einheiten sind: km/h, cm/s.
  - Weg und Zeit für die gleichförmige Bewegung werden gemessen, im Diagramm dargestellt, und die Geschwindigkeit wird berechnet.
  - Beschreiben eines Vorganges auf verschiedene Art.
  - Lösen einfacher Aufgaben.
3. Gefestigt werden sollen die Eigenschaft eines Körpers, träge zu sein, die Masse zur Kennzeichnung dieser Eigenschaft sowie die Dichte eines Stoffes. Es eignet sich das Experiment aus PSE Mechanik fester Körper: Wirkungen der Trägheit. Dieses Experiment hat viel Ähnlichkeit mit dem Experiment im Lehrbuch auf S. 38. Hier werden zwei Plastbälle benutzt, wobei einer davon mit Sand gefüllt ist. In der Auswertung werden gefestigt:
  - Jeder Körper setzt einer Bewegungsänderung einen Widerstand entgegen, diesen bezeichnen wir als Trägheit des Körpers.
  - Die Masse eines Körpers gibt an, wie träge dieser ist.
  - Körper gleichen Volumens, aber unterschiedlicher Masse, müssen aus unterschiedlichen Stoffen bestehen. Die Dichte kennzeichnet den Stoff, aus dem der Körper besteht.
  - Das Schlußfolgern aus Beobachtungen.
  - Das Vergleichen.

In diesen Komplex kann die Wiederholung der Kraft einbezogen werden. Die beiden Bälle werden durch eine Holzleiste in Bewegung gesetzt; sie können zusätzlich auch durch die Holzleiste angehalten werden. Dabei wird wiederholt:

- Wirken zwei Körper wechselseitig aufeinander ein, so entstehen zwei Kräfte, die entgegengesetzte Richtungen haben.
- Durch Kräfte können Bewegungs- und Formänderungen hervorgerufen werden.
- Auch beim Übergang von Bewegung in Ruhe ist das Einwirken zweier Körper aufeinander erforderlich.
- Die Kraft gibt an, wie stark ein Körper auf einen anderen einwirkt. Die Einheit ist 1 N.
- 1 N ist die Kraft, mit der ein Körper mit einer Masse von 100 g auf der Erdoberfläche an einer Feder zieht.

Das *Aufgabenlösen* sollte in Festigungsstunden sowohl kalkülmäßig als auch inhaltlich erfolgen. Es empfiehlt sich, alle Schüler im Heft und einen Schüler an der verdeckten Tafel arbeiten zu lassen. Anschließend kommentiert der Schüler an der Tafel seinen Lösungsweg, die anderen Schüler vergleichen.

Für die Festigung des *Arbeitens mit Diagrammen* können hinsichtlich des Ablesens von Wertepaaren Diagramme aus dem Lehrbuch genutzt werden. Soll das Zeichnen von Diagrammen geübt werden, so kann der Lehrer Meßwertetabellen vorgeben. Die Einteilung der Achsen sollte im Unterrichtsgespräch gemeinsam erarbeitet werden. Das Zeichnen erfolgt grundsätzlich auf Millimeterpapier.

Aus dem Lehrbuch sollen nicht nur Aufgaben gestellt werden, sondern die Schüler sollen auch mit dem Sachwortregister vertraut werden und die Zusammenfassungen zur Wiederholung nutzen.

**Leistungskontrolle.** Bei der Auswahl und Zusammenstellung der Aufgaben für die Leistungskontrolle kommt es darauf an, das Wesentliche zu prüfen und die Aufgaben so zu gestalten, daß die Schüler möglichst unterschiedliche geistige Tätigkeiten ausführen müssen. Gleichzeitig sollte auch Wissen aus vorangegangenen Stoffeinheiten überprüft werden. Stets sollten auch Beispiele aus dem engen Erfahrungsbereich der Schüler ausgewählt werden.

Für eine Leistungskontrolle eignen sich folgende Aufgaben, wobei aus jeder Aufgaben-  
gruppe ein Beispiel zu wählen wäre:

1. - Nenne gemeinsame und unterschiedliche Eigenschaften von Körpern!
  - Nenne die physikalische Bedeutung, das Formelzeichen, die Einheit, ein Meßgerät oder ein Meßverfahren für die physikalische Größe Volumen, Geschwindigkeit, Masse, Kraft oder Dichte!
  - Was bedeuten die Angaben:  $v = 8 \text{ m/s}$ ,  $v = 55 \text{ km/h}$ ,  $\rho = 0,3 \text{ g/cm}^3$ ?
2. - Beschreibe ein Experiment zur Bestimmung des Volumens oder der Dichte eines Steines!
  - Beschreibe je ein Beispiel für eine Formänderung und Bewegungsänderung eines Körpers oder für eine gleichförmige, eine beschleunigte und eine verzögerte Bewegung!
  - Beschreibe ein Beispiel für die Wirkung der Gewichtskraft eines Körpers!
3. - Beschreibe das vom Lehrer gezeigte Experiment (z. B. jeder Körper nimmt einen Raum ein, Wirkung der Gewichtskraft) und erkläre dein Beobachtungsergebnis!
  - Erkläre, warum die Bücher das Auflagebrett im Bücherschrank durchbiegen!
  - Beschreibe für das vom Lehrer gezeigte Experiment die Bewegung des Wagens gegenüber dem Tisch und einem von dir gewählten Bezugskörper!
4. - Auf einer Folie werden Meßzylinder mit unterschiedlichen Flüssigkeitsmengen vorgegeben.
  - Bestimme das Volumen der Flüssigkeiten!
  - Auf einer Folie werden Federwaagen vorgegeben, mit denen die Gewichtskraft unterschiedlicher Körper gemessen wird. Gib die jeweilige Gewichtskraft der Körper an!

5. – Im Abfertigungsgebäude eines Flughafens werden Koffer auf einem Förderband zur Ausgabe transportiert. Mit welcher Geschwindigkeit bewegen sich die Koffer, wenn sie für 26 Meter 20 Sekunden benötigen?
  - Blumenerde hat eine Dichte von  $2,0 \text{ g/cm}^3$ . In einen Blumenkasten für den Balkon können  $4000 \text{ cm}^3$  Blumenerde gefüllt werden. Welche Masse hat die Blumenerde? Wie groß ist die Gewichtskraft der Blumenerde?
6. – Die Geschwindigkeit eines Radfahrers ist viermal so groß wie die eines Fußgängers. Vergleiche die in gleicher Zeit zurückgelegten Wege! Vergleiche die Zeit, die Radfahrer und Fußgänger für einen gleich langen Weg benötigen!
  - Für zwei Körper gleichen Volumens gilt, daß die Masse des ersten Körpers dreimal so groß ist wie die Masse des zweiten Körpers. Vergleiche die Dichten beider Körper!
7. – Eine Meßwertetabelle und die Einteilung der Achsen eines Diagramms werden auf einer Folie vorgegeben. Zeichne das Weg-Zeit-Diagramm!
  - Ein Diagramm aus dem Lehrbuch, z. B.  $s-t$ -Diagramm, S. 25, oder Längenänderung-Kraft-Diagramm, S. 34, werden vorgegeben. Lies den Weg ab, der in 40 Sekunden zurückgelegt wird!  
Welche Kraft ist für eine Längenänderung von 30 mm erforderlich?

## Stoffeinheit Aufbau der Stoffe aus Teilchen

7 Stunden

### Ziele und inhaltliche Schwerpunkte

Das Ziel der Stoffeinheit besteht darin,

- den Schülern Kenntnisse über den Aufbau fester, flüssiger und gasförmiger Stoffe zu vermitteln

und ihnen bewußtzumachen,

- daß man das makrophysikalische Verhalten der Körper teilweise erklären kann, wenn man Kenntnisse über den Aufbau der Stoffe besitzt,
- daß zur Erklärung des makrophysikalischen Verhaltens vereinfachte Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe ausreichen und
- daß mit vereinfachten Vorstellungen nicht alle Erscheinungen erklärt werden können.

Zu diesem Zweck werden den Schülern einfache Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe vermittelt. Die Schüler sollen in die Lage versetzt werden, diese anschaulichen modellhaften Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe zu nutzen, um das ihnen bekannte makrophysikalische Verhalten der Körper bezüglich Volumen und Form zu erklären. Diese neue Betrachtungsweise ist auch für andere naturwissenschaftliche Unterrichtsfächer von Bedeutung.

In dieser Stoffeinheit sind die *Schwerpunkte im Wissen und Können*:

- Formverhalten von Körpern in den Aggregatzuständen;
- Volumenverhalten der Körper in den Aggregatzuständen beim Einwirken von Kräften;
- Anordnung und Bewegung der Teilchen eines Stoffes in den Aggregatzuständen;
- Kräfte zwischen den Teilchen in den Aggregatzuständen;
- Erklären des Form- und Volumenverhaltens der Körper in den Aggregatzuständen mit den vereinfachten Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe;

- Erklären der Brownschen Bewegung und der Diffusion mit den vereinfachten Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe;
- Erklären von Kohäsion und Adhäsion mit den Kräften zwischen den Teilchen.

**Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit**

Thematische Einheiten, Stundenanzahl	Vorleistungen, zu reaktivierendes Wissen	Experimente, besondere Unter- richtsmittel, Schüleraufträge
<p><i>Aufbau der Stoffe aus Teilchen</i> Teilbarkeit der Stoffe und ihre Grenzen Atome und Moleküle Ständige Bewegung der Teilchen Diffusion Brownsche Bewegung Vereinfachte Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe</p> <p style="text-align: right;">3 Std.</p>	<p>Werkstoffbearbeitung, Holz, Stabilität der Bauelemente (We 4)</p>	<p>DE: Zerkleinern von Kreide o. ä. SE: Zerkleinern und Auflösen von Kochsalzkristallen DE: Betrachten von Staub im Lichtbündel DE: Diffusion von Ether o. ä. und Luft DE: Mikroskopbetrachtungen Brownsche Bewegung Hafttafel mit Applikationen Luftkissentisch Gerät zur kinetischen Gastheorie mit Experimentiermotor K-F 25 Diffusion in Gasen K F 62 Brownsche Bewegung Schülerauftrag: L.B, S. 53, Aufg. 3</p>
<p><i>Aufbau von Gasen, Flüssigkeiten und festen Stoffen</i> Eigenschaften und Anordnung und Bewegung der Teilchen - bei Gasen - bei festen Stoffen - bei Flüssigkeiten Kräfte zwischen den Teilchen, Kohäsion, Adhäsion Eigenschaften der Flüssigkeiten Kapillarität</p> <p style="text-align: right;">3 Std.</p>	<p>Werkstoffbearbeitung (We 4) Atmung und Blutkreislauf, Bau der Samenpflanzen (Bio 5)</p>	<p>DE: Volumenänderung beim Mischen von Wasser und Spiritus DE: Beobachten der Kapillarität an Schwamm u. ä. Hafttafel mit Applikationen Luftkissentisch K-F 73 Aufbau der Stoffe</p>
<p><i>Wiederholung und Systematisierung</i></p> <p style="text-align: right;">1 Std.</p>		<p>DE: Teilbarkeit der Stoffe DE: Anordnung der Teilchen DE: Bewegung der Teilchen DE: Kräfte zwischen den Teilchen Kontrollarbeit</p>

## Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten

### *Aufbau der Stoffe aus Teilchen*

3 Stunden

#### Ziele

Die Schüler

- wissen, daß alle Stoffe aus Teilchen bestehen und daß sich diese Teilchen alle bewegen;
- können die Erscheinungen der Diffusion und der Brownschen Bewegung beschreiben und erklären;
- wissen, daß die Teilchen eines Stoffes gleich sind;
- wissen, daß die bewußte Vereinfachung ein wesentliches Hilfsmittel bei der Erkenntnisgewinnung ist.

#### Unterrichtsmittel

Uhrglasschalen

Ether o. ä.

Mikroskop

Gerät zur kinetischen Gastheorie mit Experimentiermotor

K-F 25 Diffusion in Gasen

K-F 62 Brownsche Bewegung

SE: Mörser mit Pistill (Chemie), Lupe (Biologie), Becherglas, Rührer, Kochsalz oder Zucker

Hafttafel mit Applikationen

Luftkissentisch

#### Schwerpunkte und Hinweise

**Motivierung.** Der Lehrer kann auf Vorgänge aufmerksam machen, bei denen Körper Kräften ausgesetzt sind (z. B. Einrammen von Betonpfählen, Spannen elektrischer Fahrleitungen, Spritzen von Injektionen, Aufpumpen eines Fußballs, Ausströmen von Verbrennungsgasen aus der Düse einer Rakete). Mit Freihandexperimenten kann eine geeignete Auswahl von Vorgängen nachgebildet werden. Die Schüler sollen diese Vorgänge in ihr Wissen bezüglich des Form- und Volumenverhaltens von Körpern einordnen. Ausgehend von der Frage:

„Warum verhalten sich feste Körper anders als Flüssigkeiten und diese wiederum anders als Gase?“ werden die Schüler angeregt, über die Ursachen der in Experimenten demonstrierten Vorgänge nachzudenken. Die Schüler sollten aufgefordert werden, Vermutungen zu äußern, damit sie erkennen, daß sie zu wenig über den Aufbau der Stoffe wissen, um das Verhalten der Körper erklären zu können. Durch ständigen Bezug zu den Experimenten und Infragestellen der unbefriedigenden Lösungsansätze der Schüler wird diesen bewußt, daß das bloße Betrachten der Körper nicht ausreicht, um Informationen über den inneren Aufbau zu erhalten, und daß zielgerichtete Experimente im Sinne von Fragen an die Natur notwendig sind. In den aufeinanderfolgenden Unterrichtsstunden sollte beim schrittweisen Vorgehen immer wieder auf dieses Ziel im Sinne einer Langzeitmotivation orientiert werden.

**Existenz von Teilchen.** Als erster Schritt bei der Untersuchung des Aufbaus der Stoffe sollte die Existenz kleinster Bausteine (Teilchen) herausgearbeitet werden. Zur Einführung des Teilchenbegriffes bieten sich mehrere Möglichkeiten an:

## Aufbau der Stoffe aus Teilchen

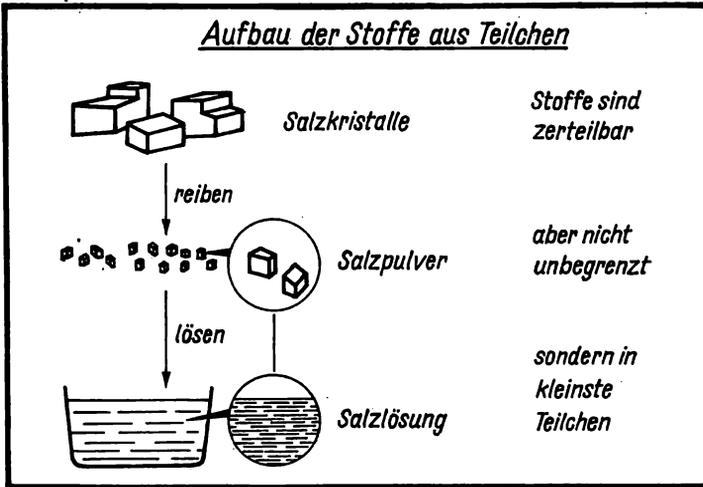


Bild 10

*Variante A:* Analog der Darstellungen im Lehrbuch wird davon ausgegangen, daß sich Stoffe zerteilen lassen. In einfachen Experimenten wird vom groben Zerteilen (Zersägen von Holz) über das Pulverisieren (Zerkleinern von Salzkrystallen im Mörser) bis zum Lösen (Kochsalz in Wasser) fortgeschritten. Den Schülern wird mitgeteilt, daß Stoffe nicht unbegrenzt teilbar sind (Bild 10). Diese Variante knüpft unmittelbar an Alltagserfahrungen an, ermöglicht das experimentelle Tätigwerden der Schüler, führt aber nicht direkt zur Existenz von Teilchen.

*Variante B:* Den Schülern wird ein Experiment zur Volumenverringerng beim Mischen von Wasser und Spiritus (PSE Mechanik der Flüssigkeiten und Gase) oder beim Lösen von Zucker in Wasser vorgeführt. Im letzten Falle verwendet man ca. 250 ml Wasser in einem Becherglas, an dem sich eine Volumenmarkierung befindet. In Wasser von etwa 60°C lassen sich durch Rühren mit einem Glasstab ca. 20 Stücke Würfelzucker lösen, ohne daß das Volumen des Wassers merklich zunimmt.

Ausgehend von der Erkenntnis: Wo ein Körper ist, kann gleichzeitig kein anderer Körper sein (LB, S. 10), kann die Verblüffung der Schüler bis zur Frage zugespitzt werden: Haben wir etwas Falsches gelernt? Zur Deutung des Ergebnisses im 1. Experiment sollte ein Modellexperiment herangezogen werden, in dem die gleichen Volumina Erbsen und Senfkörner (oder Grieß) Verwendung finden, wobei eine analoge Verringerung des Gesamtvolumens auftritt und deren Ursache erkennbar ist.

*Variante C:* Es wird von einem Realexperiment zur Brownschen Bewegung oder Diffusion ausgegangen. Gemeinsam wird nun diskutiert, wie das experimentelle Ergebnis zu deuten ist. Bei der Annahme vom Vorhandensein von Teilchen kommt es zu einer ersten Erklärung. Anschließend erfolgt die Nachbildung des physikalischen Sachverhaltes in einem Modellexperiment auf dem Luftkissentisch. Damit wird die angenommene Vermutung bestätigt. Zur weiteren Veranschaulichung dienen Applikationen an der Hafttafel sowie Analogiebetrachtungen aus dem Erfahrungsbereich der Schüler.

Die Varianten B und C legen die Existenz von Teilchen nahe, wobei mit Variante B die Schüler besonders stark überrascht sind. Bei der Auswertung der Experimente kann auf die griechischen Naturphilosophen verwiesen werden, die schon vor über 2000 Jahren annahmen, daß alle Dinge der Welt aus Atomen bestehen. Ein kurzer historischer Rückblick über die Auffassungen von der Struktur der Stoffe kann den Schülern deutlich machen, daß der Mensch seine Umwelt immer genauer erkennt und sie dadurch immer besser beherrschen kann.

**Angestrebte Vorstellungen von den Teilchen.** Die Schüler sollen sich die Teilchen als sehr kleine Kügelchen vorstellen. Zur Herausbildung einer solchen Vorstellung sollte eine Nachbildung durch verschiedenartige runde Körper wie Stahlkugeln, Erbsen, Murmeln, Schwebekörper des Luftkissentisches, Manipermappkationen und Kreise in Zeichnungen erfolgen. Beim Nennen der Wörter Atom und Molekül sollten die Schüler aufgefordert werden, über ihre diesbezüglichen Vorkenntnisse aus Literatur, Rundfunk und Fernsehen zu berichten. Das Vorlesen von Literaturauszügen und Literaturhinweise kann dazu dienen, den Lehrervortrag zu beleben und das Erkenntnisinteresse der Schüler zu wecken. Literatur: Krause: Zwischen Urstoff und Plasmafalle, Urania-Verlag Leipzig/Jena/Berlin. Von Anton bis Zylinder, Kinderbuchverlag Berlin. Kleffe: Als das Atom in Stücke sprang, Kinderbuchverlag Berlin.

**Vereinfachte Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe.** Die wesentlichen Inhalte der Stoffeinheit sind Betrachtungen von makrophysikalischen Erscheinungen und Prozessen sowie die Erarbeitung und Anwendung von vereinfachten Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe. Die Schüler sollen erkennen, daß es möglich ist, die experimentell demonstrierten Eigenschaften und Erscheinungen wie Teilbarkeit, Volumenverringerung, Diffusion und Brownsche Bewegung mit den sehr einfachen Vorstellungen zu erklären. Diese Erkenntnis wird in der folgenden thematischen Einheit weiter vertieft. Damit stellt die Vorgehensweise eine Einführung der Schüler in weitere physikalische Denk- und Arbeitsverfahren dar.

Im Stoffgebiet „Gegenstand der Physik und physikalische Arbeitsweisen“ werden u. a. am Beispiel des Beobachtens und Messens und im Stoffgebiet „Geometrische Optik“ im Zusammenhang mit dem Lichtstrahl diese Betrachtungen fortgesetzt. Ausgangspunkt und ständiger Bezugspunkt sind dabei die Experimente und die Erfahrungen der Schüler. Das Aneignen von Kenntnissen und Erkenntnissen über den Aufbau der Stoffe in den verschiedenen Aggregatzuständen und seine modellhafte Nachbildung sollte schrittweise erfolgen. Ausgangspunkt können die Realexperimente zur Brownschen Bewegung und zur Diffusion sein, die eine zentrale Stellung bei der Modellierung einnehmen. Wesentliche Ergebnisse ihrer Auswertung sind die Existenz und die ständige Bewegung der Teilchen als kleinste Bausteine der Stoffe. Nach der Durchführung dieser Realexperimente sollten die Vorstellungen der Schüler direkt an gegenständliche Modelle gebunden werden. Der Einsatz einer größeren Anzahl von Unterrichtsmitteln gibt den Schülern die notwendige Unterstützung bei der Herausbildung vereinfachter Vorstellungen. Hierzu sind besonders die Modelleexperimente auf dem Luftkissentisch geeignet. Dabei können Formulierungen gebraucht werden wie: „Wir können uns vereinfacht vorstellen, daß sich die Teilchen des Gases wie diese Schwebekörper verhalten. Sie bewegen sich so lange geradlinig, bis sie zusammenstoßen oder auf die Gefäßwand treffen.“ Das Wort „Modell“ wird nicht benutzt, es wird von „vereinfachten Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe“ gesprochen.

In Vorbereitung auf die Stoffeinheit „Der Aufbau des Atoms und elektrische Ladungen“ und auf den Chemieunterricht sollten auch die Worte Atom und Molekül verwendet werden. Der gelegentliche Hinweis, daß der Physiker das Wort Teilchen bevorzugt dann benutzt, wenn er die Vereinfachung zum Ausdruck bringen will, stellt einen weiteren Schritt zur Vorbereitung des Modellbegriffes dar.

Die Vorstellungen der Schüler über die Teilchen als auch über deren Anordnung, ihre Bewegung und die wirkenden Kräfte können stark an gegenständliche Modelle gebunden werden. Diese Vorstellungen werden besonders durch Modelleexperimente gestützt. So bilden die Schüler mit Engagement physikalische Sachverhalte mit eigenen Anschauungsmitteln nach (Brownsche Bewegung mit Murmeln und Holzstück, Diffusion mit farbigen Kugeln). Die Nachbildung der Lage der Teilchen und die Angabe ihrer jeweiligen Bewegungsrichtung kann zunächst an der Hafttafel erfolgen. Verschiedenartige Atome

werden durch verschiedenfarbige und unterschiedlich große kreisrunde Applikationen dargestellt. Gezeichnete oder haftende Pfeile können die Bewegungsrichtung angeben. Durch Verschieben mit der Hand wird die Bewegung der Teilchen angedeutet. Daran sollten Modellexperimente mit geringer Teilchengeschwindigkeit angeschlossen werden (Luftkissentisch), später mit größerer Geschwindigkeit (Gerät zur kinetischen Gastheorie).

**Real- und Modellexperimente zur Diffusion und Brownschen Bewegung.** Das Verständnis für die Erscheinungen der Diffusion und der Brownschen Bewegung kann durch einen kombinierten Einsatz von Unterrichtsmitteln erreicht werden. Jeder Schüler sollte Realexperimente zur Diffusion und zur Brownschen Bewegung gesehen haben und sich ihre Ergebnisse fest einprägen. Sie bilden das Fundament der Kenntnisse vom Aufbau der Stoffe. Sie sind in PSV Mechanik der Flüssigkeiten und Gase sowie Aufbau der Stoffe ausführlich beschrieben (Bild 11). Mikroskope stehen für das Fach Biologie ausreichend zur

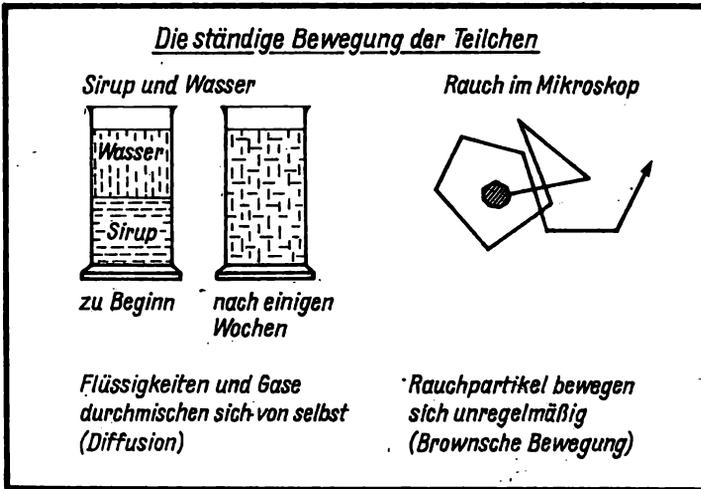


Bild 11

Verfügung, Rauch kann mittels glimmender Pappe erzeugt werden, so daß jedem Schüler die Beobachtung der Brownschen Bewegung möglich ist. Entsprechend der Klassensituation ist vom Lehrer zu entscheiden, ob das Hausexperiment (LB, S. 53, Aufg. 3) der Vorbereitung oder der Bestätigung der Diffusion dienen soll.

Mit der modellmäßigen Nachbildung der Diffusion und der Brownschen Bewegung mit mehreren Geräten (siehe Unterrichtsmittel) und auf der Hafttafel sowie ihrer Erklärung werden die Bedeutung und der Nutzen vereinfachter Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe belegt. Es wird herausgearbeitet, daß die bewußte Vereinfachung ein wesentliches Hilfsmittel bei der Erkenntnisgewinnung ist.

Zur Bestätigung der physikalischen Erscheinungen können vorwiegend audiovisuelle Unterrichtsmittel (Kassettenfilme und Folien) eingesetzt werden. Beschreibungen weiterer Experimente sowie Analogiebetrachtungen sind im Lehrbuch dargestellt.

**Experimentelle Schüleraufträge.** Auch die Erteilung experimenteller Hausaufgaben fördert das Interesse der Schüler am Physikunterricht. Die individuellen Besonderheiten berücksichtigend, sollte der Physiklehrer am Fach interessierte Schüler durch differenzierte Aufträge fordern und fördern. Z. B. können Schüler Experimente, wie sie im Lehrbuch, S. 53, Aufg. 3; S. 61, Aufg. 7 und S. 64, Aufg. 32 beschrieben sind, zu Hause durchführen, im Unterricht darüber berichten und deren Ergebnisse erklären.

## **Ziele**

Die Schüler

- wissen, wie sich Körper beim Einwirken von Kräften bezüglich des Volumens und der Form verhalten;
- wissen, wie die Teilchen in Stoffen angeordnet sind, wie sie sich bewegen und daß zwischen den Teilchen Kräfte wirken;
- wissen, daß vereinfachte Vorstellungen wesentliche Hilfsmittel bei der Erkenntnisgewinnung sind;
- können Adhäsion und Kohäsion unterscheiden und mit den vereinfachten Vorstellungen erklären;
- kennen Beispiele für die Kapillarität und deren Bedeutung.

## **Unterrichtsmittel**

Hafttafel mit Applikationen  
Luftkissentisch  
Fahrradluftpumpe  
Adhäsionsplatten  
Waage

Kraftmesser  
Fit, Kochsalz, Spiritus  
Löschpapier  
Mauerziegel  
K-F 73 Aufbau der Stoffe

## **Schwerpunkte und Hinweise**

**Prinzipielles methodisches Vorgehen.** Das methodische Vorgehen bei der Behandlung des Aufbaus fester Stoffe, von Flüssigkeiten und von Gasen kann das gleiche sein. Es werden die Eigenschaften der jeweiligen Körper und Stoffe wiederholt, die mit den vereinfachten Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe erklärt werden sollen. Ausgehend vom makroskopischen Verhalten bezüglich Form und Volumen werden Anordnung und Bewegung der Teilchen dargestellt und statisch (Zeichnung, Applikation, Modell) und dynamisch (in Modellexperimenten) veranschaulicht. Schließlich erfolgt eine Deutung der Eigenschaften mit den vereinfachten Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe. Durch das unmittelbar aufeinanderfolgende Durchführen von Realexperimenten (Freihandexperimenten) und Modellexperimenten in Verbindung mit Skizzen wird das Wesentliche deutlich herausgearbeitet. Das gleichartige Vorgehen wirkt sich förderlich auf den Aneignungsprozeß aus. Andererseits muß eine abwechslungsreiche Gestaltung der Unterrichtsstunden der Eintönigkeit vorbeugen. Das ist vor allem durch Übertragen gewonnener Erkenntnisse von einem Aggregatzustand auf andere durch die Schüler sowie durch vielfältigen Praxisbezug und Unterrichtsmiteleinsatz möglich.

**Aufbau von Gasen.** Zur Demonstration des Form- und Volumenverhaltens von gasförmigen Stoffen eignen sich eine Fahrradluftpumpe und eine nicht zu straff aufgeblasene Ballblase.

Drückt man den Kolben der Fahrradluftpumpe bei verschlossener Austrittsöffnung für die Luft in den Zylinder, so läßt sich die Zusammendrückbarkeit der Luft eindrucksvoll zeigen. Zum Vergleich kann man den Versuch mit Wasser statt Luft wiederholen.

Indem durch Drücken auf die Ballblase deren Form verändert wird, kann gezeigt werden, daß sich die in der Ballblase befindliche Luft (Gas) der Gefäßform anpaßt. Als Ursache für beide Erscheinungen werden der große Abstand der Teilchen und die geringen Kräfte zwischen den Teilchen erkannt.

Änderungen von Form und Volumen lassen sich mit dem beweglichen Kolben beim Luftkissentisch und beim Gerät zur kinetischen Gastheorie modellmäßig nachbilden. Zur Festigung der aus den Experimenten gewonnenen Erkenntnisse und in Vorbereitung auf eine Zusammenfassung können die Schüler den entsprechenden Text im Lehrbuch lesen.

**Aufbau fester Stoffe.** Ausgangspunkt der Untersuchungen können hier Berichte von Schülern bzw. vom Lehrer über Vorgänge aus dem Erfahrungsbereich der Schüler sein, wie sie zur Motivierung für die Stoffeinheit vorgeschlagen wurden (Einrammen von Betonpfählen, Spannen elektrischer Fahrleitungen usw.). Ausgehend von den großen Kräften, die zur Verformung erforderlich sind, wird auf die Kräfte zwischen den Teilchen geschlossen. Die Tatsache, daß es sich sowohl um anziehende als auch um abstoßende Kräfte handelt, muß den Schülern mit besonderer Sorgfalt z. B. unter Verwendung einer Schraubenfeder und entsprechenden Skizzen nahegebracht werden.

Als Beleg für die regelmäßige Anordnung der Teilchen können Kristalle dienen, die mit einem Lichtschreibprojektor projiziert werden, wobei die Schüler auf die regelmäßige Struktur hingewiesen werden.

Aufbauend auf der Erkenntnis von der ständigen Bewegung der Teilchen werden mögliche Bewegungsformen diskutiert, an der Hafttafel nachgestaltet und schließlich z. B. auf dem Luftkissentisch dargestellt.

**Aufbau von Flüssigkeiten.** Ausgangspunkt der Betrachtungen sollten auch hier Beispiele aus dem Erfahrungsbereich der Schüler sein, wie Fließen von Wasser in Bächen, Verhalten von Milch beim Transport von Milchtüten, Tropfenbildung am Wasserhahn, die durch einfache Experimente belegt werden. Beim Erarbeiten des Aufbaus der Flüssigkeiten wird auf die Gemeinsamkeiten mit festen Stoffen (geringer Teilchenabstand, große Kräfte zwischen den Teilchen) und Gasen (Verschiebbarkeit der Teilchen) orientiert.

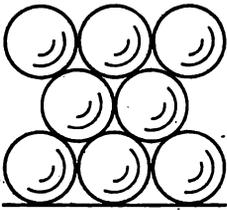
**Kohäsion und Adhäsion.** Bei der Behandlung von Kohäsion und Adhäsion sollte das Gemeinsame beider Erscheinungen im Vordergrund stehen: die Anziehungskräfte, die durch die Kräfte zwischen den Teilchen bedingt werden. Die Demonstration kann in Freihandexperimenten erfolgen (PSV Mechanik fester Körper, Adhäsionsplatten ohne und mit Flüssigkeit, Ablösen von selbstklebendem Band u. a.). Durch Fragen und Denkanstöße unterstützt (Schmutz und Teerflecke am Pkw, Festigkeit von Beton, dünner Wasserstrahl und Tropfenbildung am Wasserhahn), sollten die Schüler weitere Beispiele zur Kohäsion und Adhäsion nennen.

Jede Erscheinung sollte

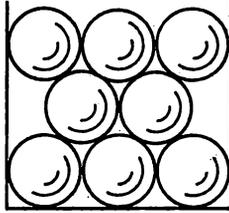
- a) der Kohäsion oder Adhäsion zugeordnet,
- b) mit einfachen Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe erklärt und
- c) in ihrer praktischen Bedeutung hervorgehoben werden.

**Kapillarität.** Die Erscheinung der Kapillarität spielt besonders in der Biologie und im Bauwesen eine entscheidende Rolle. Entsprechend den örtlichen Gegebenheiten ist die Kapillarität an einem Beispiel ausführlich zu erörtern und mit den vereinfachten Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe zu erklären. Geeignete Beispiele sind das Aufsteigen von Wasser mit Nährstoffen von den Wurzeln zu den Blättern der Pflanzen, das Aufsteigen der Feuchtigkeit im Boden und in Bauwerken und dessen Verhinderung bzw. Verringerung.

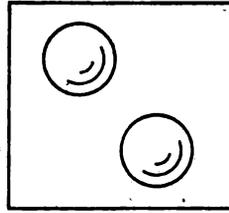
**Modellmäßige Darstellung der Aggregatzustände.** Der Aggregatzustand der Stoffe kann in einer Skizze modellmäßig durch die Anordnung der Teilchen gekennzeichnet werden. Den Schülern sollten Kreisdurchmesser von 5 mm empfohlen werden, die sich gut auf kleinkariertem Papier zeichnen lassen. Dabei ist die Benutzung von Kreisschablonen vorteilhaft (Bild 12).



a)



b)



c)

Bild 12

- a) Die Tatsache, daß die regelmäßig und dicht angeordneten Teilchen im festen Aggregatzustand eine bestimmte Form des Körpers bedingen, kann in der Skizze dadurch zum Ausdruck gebracht werden, daß nur die Unterlage markiert wird.
- b) Im flüssigen Aggregatzustand bestehen zwischen den Teilchengruppen Zwischenräume. Die damit verbundene Verschiebbarkeit der Teilchen erfordert für die Flüssigkeit ein Gefäß, um ein „Breitlaufen“ zu verhindern.
- c) Der gasförmige Stoff sollte in der Skizze in einem geschlossenen Gefäß mit wenigen Teilchen dargestellt werden.

Die hier vorgeschlagene modellmäßige Darstellung entspricht auch den Vorstellungen, die im Chemieunterricht vermittelt werden.

**Veranschaulichung des Aufbaus der Stoffe aus Teilchen.** Neben den Modellexperimenten sollten vielfältige andere Möglichkeiten zur Veranschaulichung genutzt werden. Hierfür bieten sich Zeichnungen im Tafelbild und auf Folien sowie die Nutzung von Manipulativen an. Darüber hinaus sollten auch Analogiebetrachtungen herangezogen werden. Diese sind oft viel stärker in der Erfahrungswelt der Schüler verankert als gewisse Vorkenntnisse für das Teilchenmodell (Zusammentreiben zweier Tierherden – Diffusion, Fremdkörper auf einem Ameisenhügel – Brownsche Bewegung). Die Anordnung und Bewegung der Schüler im Klassenzimmer (während des Unterrichts und in der Pause) und auf dem Schulhof ermöglicht Analogien zur Struktur der Körper in den verschiedenen Aggregatzuständen. Eine Schülergruppe, in der jeder Schüler zwei benachbart stehende mit den Armen fest umfaßt, stellt ein sehr stabiles Gebilde dar, das auf äußere Einwirkungen wie ein fester Körper ganzheitlich reagiert. Die innere Stabilität wird dabei durch die starken Kräfte zwischen den Schülern bedingt.

## Wiederholung und Systematisierung

1 Stunde

### Ziele

Die Schüler

- kennen die Aussagen über vereinfachte Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe;
- können makrophysikalische Sachverhalte mit Hilfe der vereinfachten Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe erklären.

### Unterrichtsmittel

Auswahl aus den Unterrichtsmitteln der beiden vorangehenden thematischen Einheiten

### Schwerpunkte und Hinweise

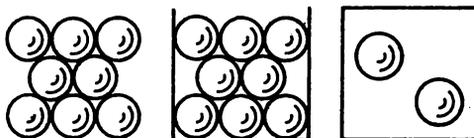
**Systematisierung der vereinfachten Vorstellungen.** Die in dieser Stunde geplanten Demonstrationsexperimente sollten den Schülern z. T. bekannt, z. T. aber auch noch nicht be-

kannt sein, um so die Schüler durch eine gewisse Erwartungshaltung erneut zu motivieren, aufmerksam und interessiert die Experimente zu beobachten und sich an der Auswertung aktiv zu beteiligen.

Nach der Durchführung jedes Experimentes erfolgt zunächst eine Beschreibung durch die Schüler. Nachfolgend werden die Ergebnisse in ihr bisher erworbenes Wissen eingeordnet. Dabei kann folgende Übersicht entstehen:

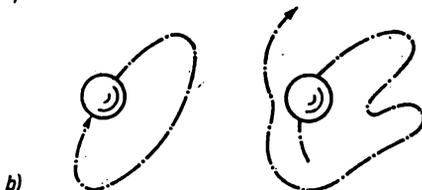
### Vereinfachte Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe (Teilchenmodell)

1. Alle Stoffe bestehen aus Teilchen.
2. Die Anordnung der Teilchen in festen Stoffen, in Flüssigkeiten und Gasen ist verschieden.



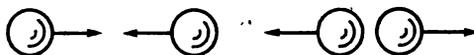
a)

3. Alle Teilchen bewegen sich.



b)

4. Zwischen den Teilchen wirken Kräfte.



c)

Bild 13

### Vorschlag für Aufgaben zur Überprüfung des Wissens und Könnens

#### Variante A:

1. Nenne Beispiele für Vorgänge, bei denen Körper in kleinere Teile zerlegt werden!
2. Stelle mit je einer Skizze, die nicht breiter als 3 cm sein sollte, die Aggregatzustände mit Hilfe von Teilchen dar!
3. Beschreibe in jeweils nur einem Satz die Bewegung der Teilchen in festen Stoffen, in Flüssigkeiten und Gasen!
4. Der Physiklehrer verwendet bei einem Experiment Ether/Spiritus, den er in ein offenes Gefäß gießt. Schon nach kurzer Zeit können alle Schüler in der Klasse den Ether/Spiritus riechen. Erkläre!

#### Variante B: Aufgaben mit gebundenen Antworten

Aufgaben und Lösungsangebote sind entweder den Schülern in schriftlicher Form auszuhandigen oder während der Kontrollarbeit nacheinander durch Projektion darzubieten. Die Schüler sind darauf hinzuweisen, daß zu einzelnen Fragen auch mehrere Antworten richtig sind.

1. Wie stellen wir uns die kleinsten Teilchen der Stoffe vor?
  - a) als kleine Lebewesen
  - b) als sehr kleine Kügelchen
2. In welchen Stoffen sind die Teilchen ganz regelmäßig angeordnet?
  - a) in festen Stoffen
  - b) in Flüssigkeiten
  - c) in Gasen

3. In welchen Stoffen ist der Teilchenabstand am größten?
  - a) in festen Stoffen
  - b) in Flüssigkeiten
  - c) in Gasen
4. Welche Stoffe lassen sich sehr leicht zusammendrücken?
  - a) feste Stoffe
  - b) Flüssigkeiten
  - c) Gase
5. Welche Stoffe vermischen sich selbständig (Diffusion)?
  - a) Wasser und Spiritus
  - b) Sand und Zement
  - c) Parfüm und Luft
6. Welche Kräfte bestehen zwischen den Teilchen?
  - a) nur abstoßende Kräfte
  - b) nur anziehende Kräfte
  - c) anziehende und abstoßende Kräfte

Ordne die folgenden Vorgänge den richtigen Begriffen zu!

7. Aufsteigen der Säfte von den Wurzeln zu den Blättern und Blüten
  - a) Kohäsion
  - b) Adhäsion
  - c) Kapillarität
8. Aufkleben von Postern
  - a) Kohäsion
  - b) Adhäsion
  - c) Kapillarität

Es gelten folgende Zuordnungen als richtig:

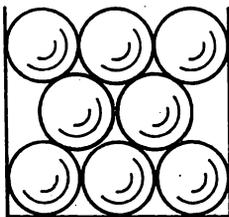
1 b, 2 a, 3 c, 4 c, 5 c, 6 c, 7 c und 8 b

Variante C: Arbeitsblatt Aufbau der Stoffe aus Teilchen

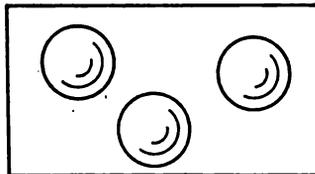
1. Ergänze die folgende Zusammenstellung!

Körper	Aggregatzustand des Stoffes	Volumen des Körpers	Form des Körpers	Teilchenabstand	Anordnung der Teilchen	Kräfte zwischen den Teilchen
Stein	fest	bestimmt				
	flüssig			klein		groß
	gasförmig		unbestimmt		unregelmäßig	

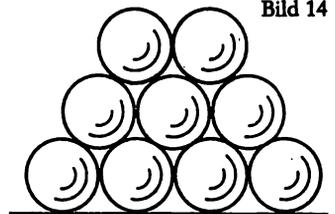
2. In welchem Aggregatzustand befindet sich ein Körper, dessen Stoff den folgenden, stark vereinfachten Aufbau besitzt?



a)



b)



c)

Bild 14

3. Wie bewegen sich die Teilchen in den Aggregatzuständen? Schreibe jeweils nur einen Satz!
4. Ein Glas ist genau zur Hälfte mit größeren, ein gleiches Glas zur Hälfte mit kleineren Kugeln gefüllt. Die kleineren Kugeln werden zu den größeren gegeben (oder umgekehrt) und kräftig durchgeschüttelt.
  - a) Skizziere den Sachverhalt!
  - b) Welches Volumen nehmen die Kugeln nach der Durchmischung ein?
  - c) Erkläre deine Feststellung!
5. Schreibe die Begriffe Kohäsion, Adhäsion und Kapillarität untereinander!  
Ordne die folgenden Erscheinungen und Vorgänge durch Angabe der Nummer den richtigen Begriffen zu!
  1. Aufwischen einer Wasserpfütze mit einem Lappen
  2. Haften von Wassertropfen an einer Fensterscheibe
  3. Festigkeit einer Tafel Schokolade, die man beim Zerbrechen feststellt
  4. Aufsteigen der Säfte von den Wurzeln zu den Blättern und Blüten
  5. Haften von Kreide an der Tafel
  6. Festigkeit von Papier, die man beim Zerreißen bemerkt
  7. Aufsteigen von Wasser in der Erde eines Blumentopfes, wenn man das Wasser in den Untersetzer gießt
  8. Aufkleben eines Posters

Das Ziel des Stoffgebietes Wärmelehre besteht darin, den Schülern Wissen über einfache thermische Erscheinungen und Prozesse zu vermitteln und sie zu befähigen, diese zu beschreiben, zu erläutern und teilweise zu erklären sowie technische Lösungen zu begründen. Das experimentelle Können der Schüler soll weiterentwickelt werden. Nach der Untersuchung mechanischer Vorgänge sollen die Schüler in diesem Stoffgebiet dazu befähigt werden, thermische Vorgänge in Natur, Technik und Haushalt besser zu verstehen. Ihre Einsicht soll vertieft werden, daß alle Vorgänge nach bestimmten Gesetzen verlaufen und der Mensch diese erkennen und zu seinem Nutzen anwenden kann. Die Schüler erwerben sicheres Wissen über die physikalische Bedeutung der Größe Temperatur, über den Zusammenhang zwischen der Temperatur und der Volumenänderung, über die Zustandsänderung eines Stoffes beim Erwärmen und Abkühlen und über die verschiedenen Formen der Wärmeübertragung.

Alle thermischen Effekte werden rein phänomenologisch behandelt. Die molekularkinetische Deutung einzelner Erscheinungen und Vorgänge erfolgt erst im Physikunterricht der Klasse 8. Durch einfache Betrachtungen zum Zusammenhang von Temperatur und Bewegung der Teilchen soll in erster Linie falschen Vorstellungen der Schüler bezüglich einer stofflichen Auffassung von der Wärme – ausgelöst durch korrekte Formulierungen wie „Wärme wird zugeführt“, „Wärme wird abgegeben“ – vorgebeugt werden. Gleichzeitig erhalten damit die Schüler einen ersten Eindruck von der Bedeutung der vereinfachten Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe aus Teilchen für die Wärmelehre.

Mit ihrem Wissen über den Aufbau der Stoffe aus Teilchen lernen die Schüler den Aufbau des Atoms und die elektrische Ladung vor allem als Vorleistung für den Chemieunterricht in Klasse 7 kennen.

Die im Lehrplan ausgewiesene und in den Unterrichtshilfen umgesetzte Stoffabfolge hat wesentliche Vorzüge. Aufgrund der Vorkenntnisse der Schüler erfolgt in der ersten Stoffeinheit die Behandlung des Thermometers. In der folgenden wird dann die Volumenänderung der Körper bei Temperaturänderung unter sachkundigem Gebrauch des Begriffes Temperatur vorgenommen. Im Sinne einer Variante ist es jedoch auch möglich, systematisch mit der Untersuchung der Volumenänderung der Körper zu beginnen. Das ist besonders dann zu erwägen, wenn die Schüler über ausreichende Kenntnisse über die Temperatur aus dem Heimatkundeunterricht verfügen. Die Behandlung des Thermometers erfolgt dann danach als Anwendung der Volumenänderung von Flüssigkeiten bei Temperaturänderung.

## Ziele und Inhaltliche Schwerpunkte

Mit der Temperatur lernen die Schüler eine physikalische Größe kennen, die für das Verständnis der Wärmelehre von großer Bedeutung ist. In den vier Unterrichtsstunden sollen die Schüler, aufbauend auf ihre Vorkenntnisse aus dem täglichen Leben und dem Heimatkundeunterricht, einfache Vorstellungen von der Temperatur erwerben. Hierfür ist insbesondere eine Abgrenzung von der Wärme erforderlich, die zwar nicht Gegenstand der Behandlung ist, jedoch häufig in Formulierungen wie z. B. „Zufuhr von Wärme“ auftritt. Einen wesentlichen Beitrag kann dazu der sorgfältige Gebrauch der Worte Temperatur und Wärme durch den Lehrer selbst und das beharrliche Korrigieren falscher Formulierungen der Schüler leisten.

Der methodische Weg zum Temperaturbegriff kann über Vergleiche subjektiver und objektiver Temperaturbestimmungen sowie die Arbeit mit dem Thermometer als Meßgerät erfolgen. Wie bei allen physikalischen Größen haben sich die Schüler die Temperatur bezüglich deren physikalischer Bedeutung, Formelzeichen, Einheit und Meßgerät fest einzuprägen. Das Kennenlernen markanter Temperaturen im täglichen Leben fördert das Verständnis. Eine gedächtnismäßige Speicherung einiger solcher Temperaturen ist notwendig. Sie wird in den folgenden Stoffeinheiten erweitert und gefestigt.

Bei der Erarbeitung des Temperaturbegriffes sowie des Aufbaus und der Wirkungsweise des Thermometers sind besonders die Vorkenntnisse der Schüler aus dem täglichen Leben und dem Heimatkundeunterricht zu nutzen. Die Schüler haben bereits Temperaturen am Thermometer abgelesen und Temperatur-Zeit-Diagramme gezeichnet. Es kommt darauf an, daß einerseits keine Unterforderung der Schüler auftritt, andererseits jeder Schüler befähigt wird, geeignete Thermometer auszuwählen und an verschiedenen Thermometerskalen abzulesen. Erfahrungsgemäß bereitet den Schülern die Beschreibung des Aufbaus und die Erklärung der Wirkungsweise des Flüssigkeitsthermometers keine Schwierigkeiten. Die Verwendung des Bimetallstreifens zur Temperaturmessung und -regelung wird in der folgenden Stoffeinheit nachgetragen.

Erstmalig im Physikunterricht der Klasse 6 erstrecken sich die Schülerexperimente über eine längere Zeit. Das erfordert vom Lehrer eine gute Organisation und die Einbeziehung von Fachhelfern, um die Experimentierzeit nicht über Gebühr auszudehnen.

Die Auswahl geeigneter Thermometer, der Umgang mit ihnen, die genaue Ablesung von Temperaturen und das Bilden von Temperaturdifferenzen – auch über den Nullpunkt hinaus – müssen intensiv geübt werden, damit die Schüler für später durchzuführende Untersuchungen ausreichende Fertigkeiten erwerben. Bei der Durchführung und Auswertung von Experimenten (auch Hausexperimenten) ist auf das Anlegen übersichtlicher Meßprotokolle und die exakte Anfertigung von Temperatur-Zeit-Diagrammen besonderer Wert zu legen.

Das Stoffgebiet Wärmelehre bietet mannigfaltige Möglichkeiten, Beobachtungen, Messungen und Untersuchungen im Rahmen von Hausaufgaben durchzuführen. Thermometer, Längen- und Volumenmeßgeräte sowie Wärmequellen stehen den Schülern ausreichend zur Verfügung. Für die Durchführung von Hausexperimenten spricht u. a. die Tatsache, daß sich einige Vorgänge sehr langsam vollziehen.

In dieser Stoffeinheit sind die *Schwerpunkte im Wissen und Können*:

- Die Temperatur und ihre Bedeutung für Natur und Technik;
- physikalische Bedeutung, Formelzeichen, Einheit und Meßgerät der Temperatur;

- Aufbau eines Flüssigkeitsthermometers;
- Festpunkte der Celsiusskale;
- Erklären der Wirkungsweise eines Flüssigkeitsthermometers;
- Messen von Temperaturen;
- Teilen eines Skalenbereiches, auch über die Fixpunkte hinaus;
- Zeichnen von Temperatur-Zeit-Diagrammen;
- Berechnen von Temperaturdifferenzen.

### Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit

Thematische Einheiten, Stundenanzahl	Vorleistungen, zu reaktivierendes Wissen	Experimente, besondere Unterrichtsmittel, Schüleraufträge
<i>Temperatur und Thermometer</i> Notwendigkeit der Temperaturmessung Aufbau und Wirkungsweise des Flüssigkeitsthermometers Celsiusskale, Festpunkte, Skaleneinteilung Umgang mit dem Thermometer Ableseübungen <p style="text-align: right;">2 Std.</p>	Temperaturmessungen und Temperaturangaben (Hk 3)	Schauthermometer Modellthermometer DE: Sinnestäuschung beim subjektiven Beurteilen von Temperaturen DE: Thermometermodell DE: Markieren der Festpunkte Fo: Thermometerskalen Schülerauftrag: Mitbringen von Thermometern Selbstbauauftrag für die nächste Stoffeinheit
<i>Temperaturmessungen und Temperatur-Zeit-Diagramm</i> Meßvorschriften Thermometerarten Temperaturdifferenzen Temperatur und Teilchenbewegung <p style="text-align: right;">2 Std.</p>	Temperaturmessungen und Temperaturangaben (Hk 3)	Schauthermometer Zentraluhr SE: Aufnahme des Temperatur-Zeit-Diagramms Fo: Thermometerskalen

### Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten

#### *Temperatur und Thermometer*

2 Stunden

#### Ziele

Die Schüler

- kennen die Temperatur als physikalische Größe (Bedeutung, Formelzeichen, Einheit, Meßgerät);
- können den Aufbau eines Flüssigkeitsthermometers beschreiben und seine Wirkungsweise erklären;
- kennen die Festpunkte der Temperaturskale;
- wissen, wie der Skalenbereich geteilt ist, auch über die Festpunkte hinaus;
- können Temperaturen mit Thermometern unterschiedlicher Skalen messen.

## Unterrichtsmittel

Schauthermometer

Heizplatte, 4 Schüsseln, Eis

Erlenmeyerkolben mit durchgebohrtem Stopfen und Steigrohr

PSE Thermodynamik: Sinnestäuschung beim subjektiven Beurteilen von Temperaturen;

Markieren der Fixpunkte bei Thermometern;

Nachprüfen der Fixpunkte an einem Thermometer.

Modellthermometer (Selbstbau)

## Schwerpunkte und Hinweise

**Einführung in die Stoffeinheit.** Die einführenden Betrachtungen geben einen Einblick in den Gegenstand der Wärmelehre. Viele der Erscheinungen und Vorgänge werden als Inhalt der folgenden Unterrichtsstunden angekündigt. Das kann durch kurzes Schildern von Beispielen erfolgen, das jeweils in eine Frage mündet. Beispiele aus dem unmittelbaren Erfahrungsbereich der Schüler (Baden, Schlittschuhlaufen, Anzünden einer Kerze usw.) werden genutzt, um ihnen die Bedeutung der Temperatur für Natur und Technik bewußt zu machen. Die Schüler sollten erkennen, daß für bestimmte Prozesse (Wachstum der Pflanzen, Ausbrüten von Kücken, Schmelzen verschiedener Stoffe) bestimmte Temperaturen erforderlich sind.

**Notwendigkeit der Temperaturmessung.** Mit dem Demonstrationsexperiment bei Einbeziehung mehrerer Schüler wird der Nachweis erbracht, daß das menschliche Temperaturempfinden nicht zuverlässig ist. Weiterhin können die Schüler ihr Temperaturempfinden anhand analoger Beispiele beschreiben.

Dieses Experiment ist sehr gut zur Einführung geeignet. Eine mögliche Variante besteht darin, zunächst vom bekannten Thermometer auszugehen und erst nachfolgend die Frage zu stellen, warum wir uns nicht auf unsere Temperaturempfindung verlassen. Danach wird das Experiment durchgeführt.

**Aufbau und Wirkungsweise des Thermometers.** Die Beschreibung des Aufbaus des Thermometers erfolgt am Schauthermometer oder mit Hilfe des Lehrbuches, Lehrervortrag und selbständige Schülerarbeit sollten sich dabei sinnvoll ergänzen. Die Schüler sollen dazu angehalten werden, den Aufbau eines Thermometers exakt zu zeichnen und entsprechend zu beschriften (LBA 66/1). In einem Unterrichtsgespräch kann die Wirkungsweise des Thermometers erarbeitet werden, indem von den vermuteten Funktionen der Teile ausgegangen wird.

**Festpunkte und Skaleneinteilung der Celsiusskala.** Das Festlegen und Nachprüfen der Festpunkte des Thermometers kann zunächst im Demonstrations-, nachfolgend im Schülerexperiment erfolgen. Im Schülerexperiment eignet sich die Abdeckhülle mit Schlitz als die zu eichende Thermometerskala. Im Zusammenhang mit der Kennzeichnung der Zweckmäßigkeit der Celsiusskala kann der Hinweis auf andere, noch gebräuchliche Temperaturskalen erfolgen.

**Ableseübungen.** Ableseübungen von Temperaturen können sehr effektiv am Schauthermometer, am Modellthermometer und an den unterschiedlichen Skalen der Folie „Thermometerskalen“ vorgenommen werden. Dabei sind die Anforderungen schrittweise von einfachen zu komplizierteren Skaleneinteilungen zu erhöhen. Die Ableseübungen können durch Angaben von Temperaturdifferenzen erweitert werden. Auf einer vorbereiteten Deckfolie zur Folie „Temperaturskalen“ könnten Meßwerte derart farbig eingetragen sein,

daß sie eine Gruppenarbeit ermöglichen und somit auch der Bewertung von Schülerleistungen dienen. Diese Ablesübungen leisten einen wesentlichen Beitrag zur Herausbildung von Fertigkeiten im Umgang mit dem Thermometer. Es sollte darauf hingewiesen werden, daß außer Ungenauigkeiten bei der Ablesung, die durch sorgfältige Arbeit möglichst klein gehalten werden müssen, auch gewisse Meßgerätefehler auftreten.

## *Temperaturmessung und Temperatur-Zeit-Diagramm*

2 Stunden

### **Ziele**

Die Schüler

- kennen die Meßvorschriften für die Temperaturmessung;
- können sachkundig mit dem Thermometer umgehen und sicher Temperaturen ablesen;
- können Temperaturdifferenzen bilden, auch über die Festpunkte hinaus;
- können aus den Meßwerten der Zeit und der Temperatur ein Diagramm anlegen.

### **Unterrichtsmittel**

Schauthermometer

Zentraluhr

Thermometerskalen

SE: Heizplatte mit Anschlußleitung, Becherglas, Thermometer

### **Schwerpunkte und Hinweise**

**Schülerexperiment zur Temperaturmessung.** Das Schülerexperiment hat das Ziel, das Können der Schüler beim Ablesen von Temperaturen am Flüssigkeitsthermometer und das Anlegen von Temperatur-Zeit-Diagrammen weiter auszuprägen. Die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung des Experimentes sollte für eine Unterrichtsstunde geplant werden.

Das Beachten von Hinweisen bei der Temperaturmessung kann durch selbständige Schülerarbeit im Lehrbuch, S. 68, erfolgen. Die Aufzeichnungen der Schüler sollten sich auf die Überschrift, die Meßwertetabelle und das Diagramm beschränken. Es empfiehlt sich, die Tabelle waagrecht anzulegen und die Temperaturwerte mit Bleistift einzutragen.

Die reine Experimentierarbeit sollte 15 Minuten nicht überschreiten. Die Zentraluhr mit Signalton ist für die Zeitmessung gut geeignet. Die Größe des Becherglases und die Wassermenge sollten so gewählt werden, daß in 10 Minuten (11 Meßwertepaare) eine Temperaturerhöhung um 40 bis 50 K erfolgt. Das selbständige Anlegen von Diagrammen bereitet den Schülern noch große Schwierigkeiten. Deshalb können gemeinsam auf Millimeterpapier (Format A6) die Achsen gezeichnet und beschriftet werden. Das Eintragen der Meßwertepaare nimmt jeder Schüler selbst vor. Abschließend wird das Schülerexperiment ausgewertet. Dabei könnten folgende Fragen und Aufträge Verwendung finden:

- Nenne und zeige die benutzten Experimentiergeräte!
- Skizziere an der Tafel mit wenigen Strichen den experimentellen Aufbau!
- In welchen Formen können Meßwerte festgehalten werden?
- Welchen Zusammenhang erkennst du zwischen den Werten der Zeit und denen der Temperatur?
- Wurden Temperaturerhöhungen ermittelt?
- Wie lange wäre die Fortführung des Experimentes noch sinnvoll?

**Meßvorschriften.** Durch das Erörtern geeigneter Beispiele (Temperaturmessung bei Erkrankung) wird den Schülern die Notwendigkeit genauer Temperaturmessung bewußtgemacht. Die dabei einzuhaltenden Vorschriften können sich die Schüler selbständig im Lehrbuch, S. 68, erarbeiten.

**Thermometerarten.** Der in der ersten Stunde der Stoffeinheit erteilte Schülerauftrag wird realisiert. Die Schüler stellen ihre Thermometerarten vor und beschreiben Aufbau und Verwendungszweck des Thermometers. Zum gleichen Thema eignet sich auch ergänzend die selbständige Schülerarbeit mit dem Lehrbuch, S. 68 und 69. In Auswertung der beschriebenen Thermometerarten kann folgende Tabelle ergänzt werden:

Nr.	Thermometerart	größter	kleinster	kleinste meßbare Temperaturdifferenz
		Skalenwert		

**Temperatur und Teilchenbewegung.** Die in der Stoffeinheit „Aufbau der Stoffe aus Teilchen“ behandelten vereinfachten Vorstellungen werden zur Deutung der physikalischen Größe Temperatur genutzt. Es erfolgt der Hinweis auf den Wert dieser Vorstellungen für die mikrophysikalische Deutung der thermischen Erscheinungen, die ausführlich in Klasse 8 behandelt werden.

**Tägliche Übungen.** Grundlegende Begriffe und Sachverhalte, die für das gesamte Stoffgebiet von Bedeutung sind, müssen im Unterricht laufend wiederholt und gefestigt werden.

Die nachfolgenden Aufgabenstellungen dienen als Anregungen für tägliche Übungen in dieser Stoffeinheit. Ihr Einsatz ist in der 2. bis 4. Stunde möglich.

I.

1. Ergänze den folgenden Satz! Die Temperatur gibt an, ...
2. Nenne die Bestandteile eines Thermometers!
3. Nenne die Körpertemperatur des Menschen!
4. In welchem Land treten besonders tiefe Temperaturen auf?

II.

1. Erläutere die Bedeutung der Temperatur an Beispielen!
2. Nenne das Formelzeichen und die Einheit der Temperatur!
3. Nenne das Meßgerät der Temperatur!
4. An welche niedrigsten und höchsten Temperaturen kannst du dich aus eigenem Erleben erinnern?
5. Welche Badetemperatur ist dem Menschen zuträglich?
6. Was weißt du über die Temperatur von 0°C bzw. 100°C?
7. Nenne dir bekannte Thermometerarten!

III.

1. Was gibt die Temperatur an?
2. Nenne Formelzeichen, Einheit und Meßgerät der Temperatur!
3. Die Außentemperatur beträgt 6°C (-5°C), die Zimmertemperatur 20°C (19°C). Gib die Temperaturdifferenz an!
4. Ein Becherglas ist mit kaltem, ein anderes mit heißem Wasser gefüllt. Treffe eine Aussage über die Bewegung der Teilchen in beiden Bechergläsern!

# Stoffeinheit Verhalten des Volumens der Körper bei Temperaturänderung

6 Stunden

## Ziele und inhaltliche Schwerpunkte

Der Unterricht in dieser und in den beiden folgenden Stoffeinheiten soll dazu beitragen, daß die Schüler das Wesen thermischer Erscheinungen näher kennenlernen und daß sie thermische Vorgänge von Vorgängen in anderen Bereichen abgrenzen können. Dabei sollen alle Untersuchungen in engem Zusammenhang mit der Erfahrungswelt der Schüler erfolgen. Die ihnen bekannten Erscheinungen werden zusammengetragen, geordnet, beschrieben und systematisch untersucht. Dabei liegt es nahe, das Verhalten der Stoffe in den verschiedenen Aggregatzuständen nacheinander zu untersuchen und den Schülern dieses systematische Vorgehen bewußtzumachen. Einige physikalische Phänomene können auch aus der Sicht eines erkannten, eines beachteten oder nicht beachteten Gesetzes erörtert werden (z. B. in der Form: Was wäre, wenn die Ingenieure ...?).

Der Nachweis der Volumenänderung erfolgt bei festen Körpern in der Regel über eine Längenänderung. Dabei treten nur geringe Beträge auf. Demgegenüber wird bei Flüssigkeiten und Gasen die Volumenänderung direkt gemessen. Das geschieht aber ebenfalls über eine Längenänderung z. B. der Wassersäule. Dadurch besteht die Gefahr einer Überbewertung des Betrags der Volumenänderung bei Flüssigkeiten.

Erschwerend kommt weiter hinzu, daß Vergleiche mit Gasen nur dann möglich sind, wenn der Druck konstant bleibt. Da die physikalische Größe Druck aber noch nicht eingeführt ist und die Schüler auch den Schweredruck der Luft nicht kennen, fällt es schwer, diese Einschränkungen zu formulieren (vgl. Stoffeinheiten „Eigenschaften von Körpern“ und „Aufbau der Stoffe aus Teilchen“). Diesen Schwierigkeiten sollte durch ein enges Binden an Beispiele der Anwendung in der Technik begegnet werden..

Am Beispiel des Thermometers, besonders aber des Bimetallstreifens, sollte den Schülern gezeigt werden, daß der Mensch die erkannten Gesetze bewußt anwendet. Die Schüler müssen erkennen, daß der Volumenänderung bei Temperaturänderung in vielerlei Hinsicht Aufmerksamkeit geschenkt werden muß. Dazu sind teilweise konstruktiv sehr aufwendige Maßnahmen erforderlich, und bei Nichtbeachtung kann erheblicher Schaden auftreten. Bezüglich der Behandlung der Volumenänderung in den verschiedenen Aggregatzuständen liegt entsprechend der Lehrplanformulierung die Reihenfolge fest, flüchtig, gasförmig nahe. Ausgehend vom Thermometer, das in der vorangegangenen Stoffeinheit behandelt wurde, kann aber auch mit der Volumenänderung bei Flüssigkeiten begonnen werden.

Das verbindliche Schülerexperiment kann zur Untersuchung der Volumenänderung eines festen Körpers, einer Flüssigkeit oder eines Gases durchgeführt werden. Im Falle fester Körper ist die Selbstherstellung einer einfachen Anordnung, z. B. nach Lehrbuchabbildung 72/2, erforderlich. Der Vorzug dieses Experimentes besteht in der geringen Experimentierdauer. Im Falle einer Flüssigkeit und eines Gases läßt sich die experimentelle Anordnung schnell zusammenstellen. Verschiedene Schülergruppen können mit unterschiedlichen Flüssigkeiten bzw. Gasen arbeiten. Bei Flüssigkeiten ist die Experimentierdauer infolge der wesentlich größeren spezifischen Wärmekapazität erheblich größer als bei Gasen.

In dieser Stoffeinheit sind die *Schwerpunkte im Wissen und Können*:

- Volumenänderung von festen Körpern bei Temperaturänderung;
- Aufbau, Wirkungsweise und Anwendung des Bimetallstreifens;
- Volumenänderung von Flüssigkeiten und Gasen bei Temperaturänderung;

- anomales Verhalten von Wasser;
- Vergleichen einiger Körper aus verschiedenen Stoffen in ihrem Verhalten bei Temperaturänderung;
- qualitatives Formulieren der Volumenänderung in Abhängigkeit von der Temperaturänderung und vom Stoff;
- Erläutern der Bedeutung der Anomalie des Wassers für die Natur;
- Erläutern der Bedeutung der Volumenänderung für die Technik anhand von Beispielen.

### Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit

Thematische Einheiten, Stundenanzahl	Vorleistungen, zu reaktivierendes Wissen	Experimente, besondere Unterrichtsmittel, Schüleraufträge
<p><i>Volumenänderung fester Körper bei Temperaturänderung</i>            Abhängigkeiten            Kräfte bei der Temperaturänderung            Bimetallstreifen            Anwendung zur Temperaturmessung und -regelung            2 Std.</p>	<p>Temperaturmessungen und Temperaturangaben (HK 3)</p>	<p>DE: Kugel-Ring-Experiment            DE: Gerät zur Demonstration der Ausdehnung der Körper            DE: Kraftwirkung bei Volumenänderung eines Körpers            SE: Nachweis der Längenänderung mit selbst hergestellten Geräten            DE: Verformung eines Bimetallstreifens            DE: Elektrische Kontaktgabe durch Bimetallstreifen            Reglerbügeleisen</p>
<p><i>Volumenänderung von Flüssigkeiten und Gasen bei Temperaturänderung</i>            Abhängigkeiten bei Flüssigkeiten            Anwendung im Thermometer            Anomalie des Wassers            Bedeutung der Anomalie für die Natur            Abhängigkeiten bei Gasen            Bedeutung            3 Std.</p>		<p>DE: Vergleich der Ausdehnung verschiedener Flüssigkeiten beim Erwärmen            DE: Temperaturschichtung des Wassers            DE: Volumenänderung von Luft beim Erwärmen            SE: Volumenänderung von Flüssigkeiten bei Temperaturänderung            Schauthermometer            Modellthermometer (aus der Stoffeinheit Temperatur eines Körpers)            Eis            Fo: Bild 15</p>
<p><i>Volumenänderung der Körper bei Temperaturänderung</i>            Wiederholung und Systematisierung            1 Std.</p>		

## Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten

### *Volumenänderung fester Körper bei Temperaturänderung*

2 Stunden

#### Ziele

Die Schüler

- kennen den Unterschied zwischen Temperatur und Wärme;
- wissen, daß sich fast alle festen Körper bei Temperaturerhöhung ausdehnen und bei Temperaturniedrigung zusammenziehen und daß dabei große Kräfte auftreten;
- wissen, daß die Volumenänderung von der Temperaturänderung und der Art des Stoffes abhängt;
- wissen, daß es möglich ist, erkannte Gesetze zielgerichtet anzuwenden;
- können feste Körper aus verschiedenen Stoffen in ihrem Verhalten bei Temperaturänderung miteinander vergleichen;
- können den Aufbau eines Bimetallstreifens beschreiben und seine Wirkungsweise erklären.

#### Unterrichtsmittel

PSE Thermodynamik: Elektrische Kontaktgabe durch einen Bimetallstreifen; Ausdehnung einer Metallkugel, Sprengen eines Metallbolzens  
Reglerbügeleisen  
von den Schülern hergestellte Geräte zur Ausdehnung

#### Schwerpunkte und Hinweise

**Temperatur und Wärme.** Das Bewußtmachen des Unterschiedes zwischen Temperatur und Wärme kann ausgehend von einer Wiederholung der Definition der Temperatur und deren mikrophysikalischer Deutung erfolgen. Die Schüler werden darauf aufmerksam gemacht, daß bei der Beschreibung von Vorgängen außer dem Begriff der Temperatur auch der der Wärme häufig Verwendung findet und daß beide Begriffe nicht miteinander vertauscht werden dürfen. Zur Kennzeichnung der Unterschiede kann der Lehrbuchtext S. 71 herangezogen werden. Weitere Formulierungen sollten als Beispiele genannt werden, wie etwa: Durch Erwärmen erhöht sich die Temperatur; bei Temperaturerhöhung vergrößert sich das Volumen eines Körpers. Schließlich sollten einige Sachverhalte wie z. B. Aufheizen einer Asphaltstraße oder der Sitze im Auto in der Sonne vorgegeben und die Schüler aufgefordert werden, diese unter Verwendung der Begriffe Temperatur und Wärme zu beschreiben.

**Volumen- und Längenänderung fester Körper.** Zur Einführung der Volumenänderung bei Temperaturänderung ist das Kugel-Ring-Experiment sehr gut als Überraschungsexperiment geeignet. Davon ausgehend kann den Schülern der Zusammenhang Volumenänderung – Längenänderung bewußtgemacht werden.

Die Schüler sollten zu Hause eine einfache experimentelle Anordnung entsprechend Lehrbuchabbildung 72/2 herstellen. Die am sorgfältigsten angefertigten Anordnungen können von den betreffenden Schülern nacheinander vor der Klasse vorgeführt werden. Zunächst sollte auf die Längenzunahme, dann auf deren Vergrößerung bei steigender Temperatur aufmerksam gemacht werden. Schließlich wird auf die Verringerung der Länge bei Tempe-

raturerniedrigung verwiesen. Auf diese Weise wird das Vorführen mehrerer Anordnungen mit immer neuen Beobachtungsaufträgen und schrittweisem Erkenntniszuwachs möglich. Zur genaueren Untersuchung kann das Gerät zur Demonstration der Ausdehnung durch Erwärmung Verwendung finden. Bringt man anstelle des Erlenmeyerkolbens einen Einfülltrichter mit Schlauch an, so kann man Wasser unterschiedlicher Temperatur durch das jeweilige Rohr strömen lassen. Dazu genügen jeweils etwa 200 ml. Den Schülern wird das Meßverfahren kurz erläutert. Mit dem Durchfließen des Wassers erfolgt die Wärmeübertragung auf das Metallrohr und ein augenblicklicher Ausschlag des Zeigers. Kaltes Wasser bewirkt einen schnellen Rückgang des Zeigers.

**Verallgemeinerung der gewonnenen Erkenntnisse.** Die experimentell gewonnene Erkenntnis, daß sich z. B. Körper aus Eisen, Kupfer und Aluminium bei Temperaturzunahme ausdehnen, die auch durch Beobachtungen im täglichen Leben (Durchhängen von Freileitungen, kleine Schienenstöße bei hohen Temperaturen im Sommer) gestützt wird, muß verallgemeinert werden, damit man einen gesetzmäßigen Zusammenhang formulieren und praktisch anwenden kann. Dabei müssen die Schüler darauf aufmerksam gemacht werden, daß man das mit der notwendigen Vorsicht tun muß, um nicht zu falschen Aussagen zu kommen. Da bekannt ist, daß z. B. Kautschuk sich bei Temperaturerhöhung zusammenzieht, kann die Formulierung nur lauten: Fast alle Körper dehnen sich bei Temperaturerhöhung aus und ziehen sich bei Temperaturerniedrigung zusammen.

**Kräfte bei der Volumenänderung.** Ausgehend von den Erfahrungen der Schüler hinsichtlich der Sprengwirkung des Eises (Zerstörung von Wassergefäßen bei Frost, Rohrbrüche, vorbeugende Maßnahmen) kann die Vermutung geäußert werden, daß bei Volumenänderung infolge Temperaturänderung große Kräfte auftreten. Mittels des Kontraktionsapparates ist es möglich, die Vermutung sowohl für die Volumenzunahme als auch die -abnahme zu überprüfen.

**Bedeutung der Volumenänderung fester Körper für die Technik.** Die Behandlung technischer Anwendungen dient einerseits dem Ziel, daß sich die Schüler den erkannten gesetzmäßigen Zusammenhang fester einprägen und seine technische Bedeutung erkennen. Andererseits sollte den Schülern an einem Beispiel die enge Verknüpfung zwischen durchgeführtem Experiment, gewonnener Erkenntnis und daraus resultierenden technischen Problemen vor Augen geführt werden. Als Beispiele sind u. a. geeignet: Dehnungsfugen bei Autobahnen, Dehnungsausgleicher bei Rohren, Schienenstöße, Rollenlagerung bei Brücken und Details im Bauwesen (Durchführen von Heizungsrohren durch die Wände). Auch auf das Entstehen von Spannungen bei ungleichem Erwärmen kann hingewiesen werden (Zerspringen von Glas) sowie auf die etwa gleiche Volumenänderung von Stahl, Glas und Beton, die deshalb im Bauwesen gut miteinander verbunden werden können. Anhand einiger der Beispiele sollte ein Beitrag geleistet werden, die Schüler schrittweise zum Erklären zu führen. Als Beispiel für eine Aufgabe mit hohen möglichen Anforderungen soll die Aufgabe 2 im Lehrbuch, S. 75, angeführt werden. Auf dem geringsten Anforderungsniveau treffen die Schüler zunächst nur eine Aussage über die Volumenänderung (z. B. bei Vergrößerung der Temperatur) und ziehen daraus Schlußfolgerungen auf die Veränderung der Breite der Fugen. Damit erfolgt eine Zurückführung auf das Gesetz der Volumenänderung bei Temperaturänderung.

Auf einem höheren Anforderungsniveau werden auch Aussagen über die Kräfte getroffen, die bei der Volumenänderung fester Körper auftreten. Bei höchstem Anspruchsniveau treffen die Schüler auch Aussagen über das Verhalten bei Temperaturerniedrigung und beziehen die Eigenschaften des Teerpechs mit ein. Dabei sind folgende Aussagen anzustreben: „Wenn im Sommer die Sonne auf die Autobahn scheint, nimmt die Temperatur des Betons

zu. Da sich feste Körper bei Temperaturzunahme ausdehnen, wird das Volumen des Betons größer. Dadurch werden die Fugen zwischen den Betonplatten schmaler. Im Winter treten tiefe Temperaturen auf. Bei Temperaturerniedrigung zieht sich der Beton zusammen. Die Fugen zwischen den Platten werden dadurch breiter. Bei der Volumenänderung fester Körper treten große Kräfte auf. Würde man keine Fugen zwischen den Platten lassen, so würden infolge der großen Kräfte Risse im Beton entstehen. Das Teerpech in den Fugen ist ziemlich weich, deshalb wird es durch die Kräfte verformt und füllt die Fugen immer aus.

**Bimetallstreifen.** Das Verhalten eines Bimetallstreifens bei Temperaturänderung kann den Schülern als Überraschungsexperiment demonstriert werden. Nachfolgend können der Aufbau analysiert und die Wirkungsweise erklärt werden (LBA 74/2,3). Eine anspruchsvolle Variante besteht in der Vorhersage der Formänderung ausgehend vom Aufbau des Bimetallstreifens. Besonders günstig ist es, zunächst von zwei Stoffen mit gleicher Ausdehnung auszugehen, die aufeinander befestigt sind, und erst danach unterschiedliche Stoffe zu wählen.

Nach den Betrachtungen zur Temperaturerhöhung sollten diese bei Temperaturerniedrigung durchgeführt werden, um eine Wiederholung unter veränderten Bedingungen zu realisieren.

**Anwendungen des Bimetallstreifens.** Am Beispiel des Bimetallstreifens sollte den Schülern zielgerichtet die technische Anwendung erkannter Zusammenhänge bewußtgemacht werden. Am Reglerbügeleisen kann den Schülern zunächst das nur zeitweise Heizen (Aufleuchten der Kontrollampe) gezeigt werden. Die Wirkungsweise des Bügeleisens können sich die Schüler anhand des Lehrbuches, S. 75, (auch als Hausaufgabe) erarbeiten.

**Festigung und Kontrolle.** Die Wiederholung kann ausgehend vom Reglerbügeleisen erfolgen. Ein Teil ist in schriftlicher Form möglich. U. a. können folgende Aufgaben gestellt werden:

- a) Zeichne, wie sich der Bimetallstreifen nach Temperaturerhöhung und Temperaturerniedrigung verformt hat! Kennzeichne die Seite mit dem Metall, dessen Länge sich stärker ändert!
- b) Warum verändert der Bimetallstreifen bei Temperaturänderung seine Form?
- c) Nenne Anwendungen des Bimetallstreifens!

Außerdem sind die Aufgaben 3 bis 6 im Lehrbuch, S. 75, für die Wiederholung geeignet.

## *Volumenänderung von Flüssigkeiten und Gasen bei Temperaturänderung*

3 Stunden

### **Ziele**

Die Schüler

- wissen, daß sich fast alle Flüssigkeiten bei Temperaturerhöhung ausdehnen und bei Temperaturerniedrigung zusammenziehen;
- wissen, daß die Volumenänderung von der Temperaturänderung und der Art des Stoffes abhängt;
- wissen, daß sich Wasser im Temperaturbereich von 0°C bis 4°C bei Temperaturänderung anders als die meisten anderen Flüssigkeiten verhält (Anomalie);
- wissen, daß die Anomalie des Wassers von großer Bedeutung für die Lebewesen im Wasser ist;

- wissen, daß sich alle Gase bei Temperaturerhöhung ausdehnen und bei Temperaturerniedrigung zusammenziehen;
- können verschiedene Flüssigkeiten in ihrem Verhalten bei Temperaturänderung miteinander vergleichen;
- können an Beispielen aus der Technik die Berücksichtigung der Volumenänderung von Flüssigkeiten und Gasen bei Temperaturänderung erläutern.

### Unterrichtsmittel

Thermometermodell

Reagenzgläser (gefüllt mit

Wasser, Spiritus, Petroleum u. a.)

mit Stopfen und Steigrohr

3 Laborthermometer (Teilung  $\frac{1}{10}^{\circ}\text{C}$ )

Demomeß-universal mit Temperaturmeßfühler

Rührer, Eis

Erlenmeyerkolben

Stopfen mit abgewinkeltm Glasrohr

Lebensmittelfarbe

SE: Heizplatte (SEG Kalorik), Stativmaterial (SEG Mechanik), Erlenmeyerkolben, durchbohrter Stopfen mit Glasrohr (SEG Glasgerätesatz), Lineal mit Halterung (SEG Mechanik), Aluminiumgefäß (SEG Kalorik)

Fo: Volumenänderung bei Temperaturänderung von Flüssigkeiten (Bild 15)

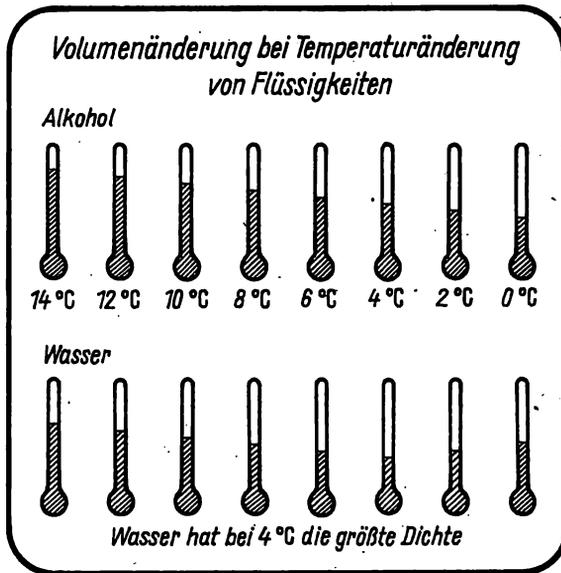


Bild 15

### Schwerpunkte und Hinweise

**Volumenänderung verschiedener Flüssigkeiten bei Temperaturänderung.** Um den Bezug zwischen dem Ziel der Stoffeinheit und der bereits behandelten Anwendung der Volumenänderung beim Thermometer bewußtzumachen, kann den Schülern wiederholend die Anordnung gezeigt werden, mit der die Wirkungsweise des Thermometers experimentell erarbeitet wurde.

Die experimentelle Untersuchung der Volumenänderung kann mit dem Schülerexperiment erfolgen. Da die Schüler bereits mit allen für das Experiment erforderlichen Geräten vertraut sind, sollte eine weitgehend selbständige Durchführung angestrebt werden. Dabei können die im Lehrbuch, S. 76, gegebenen Hinweise ggf. ergänzt oder gekürzt werden.

Zur Untersuchung der Volumenänderung verschiedener Flüssigkeiten können die bis zur gleichen Höhe mit Flüssigkeit gefüllten Reagenzgläser auch auf den Lichtschreibprojektor gelegt und abgebildet werden. Dabei sollte unbedingt der Bezug zum Aufbau und zur Wirkungsweise eines Thermometers hergestellt werden (Bild 15).

**Anomalie des Wassers.** Die Anomalie des Wassers ist für die Schüler eine komplizierte Erscheinung. Die Verständnisschwierigkeiten resultieren z. T. aus der Tatsache, daß die Anomalie in einem begrenzten Temperaturbereich auftritt, in dem die Schüler keine Erfahrungen besitzen. Weiterhin besteht die Gefahr der Verwechslung mit der Volumenzunahme des Wassers beim Erstarren.

Zur experimentellen Demonstration der Anomalie des Wassers gibt es im Prinzip zwei Möglichkeiten. Die erste ist in der Lehrbuchabbildung S. 77 dargestellt und in PSE Thermodynamik beschrieben. Sie zeigt das Phänomen direkt und in überzeugender Weise. Das Experiment setzt eine sehr sorgfältige Vorbereitung und ein verhältnismäßig langsames Erwärmen voraus, das wiederum eine große Experimentierdauer nach sich zieht (ca. 20 Minuten). Außerdem ist die Sichtbarkeit begrenzt.

Die bloße Betrachtung und Erläuterung der Abbildung mittels der Folie „Anomalie des Wassers“ (Bild 15) kann nur als Behelfslösung angesehen werden.

Die zweite Möglichkeit ist die Demonstration der Temperaturschichtung (entsprechend Lehrbuchabbildung 78/2). Das Experiment ist einfach durchzuführen, die Auswertung bereitet jedoch den Schülern Schwierigkeiten, da anstelle des bisher betrachteten Volumens die ihm umgekehrt proportionale Dichte in die Betrachtungen eingeht. Folgender Zusammenhang sollte in den Mittelpunkt der Betrachtungen gestellt werden: Wasser besitzt bei einer Temperatur von 4°C sein kleinstes Volumen und damit die größte Dichte, es ist am schwersten und bildet deshalb immer die unterste Schicht.

Bei der Charakterisierung der Bedeutung der Anomalie für die Natur ist diese Temperaturschichtung ohnehin Gegenstand der Betrachtungen (LBA 78/1,2). Die Verwendung des Temperaturmeßfühlers vom Demomeß-universal ermöglicht eine schnelle und anschauliche Ermittlung dieser Temperaturverteilung.

Die Anomalie des Wassers stellt eine günstige Möglichkeit dar, den Schülern im Physikunterricht den Gültigkeitsbereich von Gesetzen nahezubringen. Auf eine weitere wird in der nächsten Stoffeinheit im Zusammenhang mit der Aggregatzustandsänderung verwiesen.

**Volumenänderung von Gasen.** Die Volumenänderung der Gase kann analog der der Flüssigkeiten behandelt werden. Die experimentelle Untersuchung ist im Schülerexperiment möglich. Die analoge Vorgehensweise verringert die Vorbereitungszeit und erleichtert das Verständnis. Im einfachsten Falle genügt ein Erwärmen des Kolbens durch Umschließen mit den Händen.

Wird ein Parallelexperiment mit einer gleich dimensionierten Anordnung, in der sich eine Flüssigkeit befindet, vorgenommen, so kann die stärkere Volumenänderung der Gase belegt werden. Der Nachweis der gleich starken Volumenänderung verschiedener Gase ist ebenfalls im Parallelexperiment z. B. mit Luft und Stadtgas möglich. Dazu können die Ausdehnungsgefäße gleichzeitig in ein Bad mit Wasser von ca. 35°C getaucht werden.

## *Volumenänderung der Körper bei Temperaturänderung*

1 Stunde

### **Ziele**

Die Schüler

– wissen, daß sich die Volumenänderung der Körper bei Temperaturänderung gesetzmäßig vollzieht;

- können Körper aus verschiedenen Stoffen und in verschiedenen Aggregatzuständen in ihrem Verhalten bei Temperaturänderung miteinander vergleichen;
- können Erscheinungen aus Natur, Technik und Produktion mit ihren Kenntnissen über die Volumenänderung erklären.

### **Schwerpunkte und Hinweise**

**Leistungskontrolle.** Durch das Lösen von Aufgaben sollte eine Gesamtwiederholung der Volumenänderung bei Temperaturänderung, verbunden mit einer Leistungsermittlung, angestrebt werden. Hierbei können z. B. folgende Aufgaben gestellt werden:

- Vergleiche die Volumenänderung fester, flüssiger und gasförmiger Körper bei Temperaturänderung miteinander!
- Skizziere einen Bimetallstreifen bei Zimmertemperatur und den gleichen nach sehr starker Erwärmung! Beschreibe und erkläre!
- Warum dürfen Freileitungen beim Verlegen im Sommer nicht zu straff gespannt werden?
- Gib die Temperaturverteilung (Sommer und Winter) in einem ruhenden Gewässer an!

Es empfiehlt sich, an geeigneten Stellen Skizzen und Übersichten vorzubereiten. So können bei der Temperaturschichtung einige Temperaturen vorgegeben werden, die übrigen sollten die Schüler nachtragen. Weiterhin sollten aktuelle Beispiele, z. B. ausgehend von Pressenotizen, vor allem aus dem unmittelbaren Erfahrungsbereich im Territorium genannt und diskutiert werden.

**Vertiefung des Gesetzesbegriffes.** Zur Vertiefung des im Stoffgebiet Mechanik eingeführten Gesetzesbegriffes kann von einem der in den vorangegangenen Unterrichtsstunden behandelten Beispiele ausgegangen werden. Hierbei sollte einerseits auf den immer wiederkehrenden Zusammenhang von Temperaturänderung und Volumenänderung hingewiesen werden, der bei den verschiedenartigen Beispielen auftritt; andererseits wird bewußtgemacht, daß der erkannte Zusammenhang zielgerichtet zum Wohle der Menschen genutzt werden kann.

## **Stoffeinheit Zustandsänderung eines Stoffes beim Erwärmen und Abkühlen**

8 Stunden

### **Ziele und inhaltliche Schwerpunkte**

In dieser Stoffeinheit treten neben den bisher behandelten Erscheinungen (Temperaturänderung, Volumenänderung) Aggregatzustandsänderungen auf, die im Mittelpunkt stehen.

Die Schüler besitzen diesbezüglich aus dem täglichen Leben und aus dem Heimatkundeunterricht umfangreiche Kenntnisse über die Zustandsänderung der Stoffe, an die angeknüpft werden kann. Sie wissen u. a., daß Eis schmelzen, Wasser erstarren, verdunsten und sieden kann. Sie haben das Schmelzen und Erstarren bei anderen Stoffen und in anderen Temperaturbereichen beobachtet (Kerzenwachs, Lötzinn). Die Schüler wissen, daß Wasser, Benzin und andere Flüssigkeiten verdunsten können. Ihnen sind im Prinzip auch Bedingungen

bekannt (Zufuhr von Wärme, bestimmte Temperaturen), um gewisse Zustandsänderungen zu ermöglichen.

Eine wesentliche Aufgabe dieser Stoffeinheit besteht darin, den Schülern im Prinzip Bekanntes bewußtzumachen, es aufzugreifen, durch Beispiele zu belegen, in Experimenten zu demonstrieren und zu untersuchen, das Wesentliche aufzuheben, zu verallgemeinern und zu systematisieren. Dabei müssen ihre Kenntnisse optimal genutzt werden. Ihr Wissen über Aggregatzustandsänderungen muß erweitert und wissenschaftlich fundiert werden. Die zahlreichen Einzelkenntnisse der Schüler sollten dazu herangezogen werden, sie im angemessenen Rahmen zum Äußern von Vermutungen anzuregen, um experimentelle Untersuchungen vorzubereiten. Sie sollten weiterhin genutzt werden, die Anwendung von Gesetzen in der Technik zu zeigen. Dabei sollten aber möglichst viele Vorkenntnisse der Schüler physikalisch aufgearbeitet werden.

Das prinzipielle methodische Vorgehen entspricht der Stoffabfolge im Lehrplan und dem Vorgehen in der vorangegangenen Stoffeinheit. Durch die drei Aggregatzustände ist eine gute Gliederung vorgegeben, die ein schrittweises Bearbeiten aller Zusammenhänge und einen Beitrag zur Herausbildung eines systemhaften Wissens ermöglicht. Die spezielleren Betrachtungen zum Destillieren und Verdunsten, die sich an die Behandlung des Siedens und Kondensierens anschließen, legen ebenfalls ein Beginnen der Untersuchungen mit dem Schmelzen und Erstarren nahe. Durch die unmittelbare gesellschaftliche Umwelt der Schüler oder aktuelle Bezüge sind jedoch auch Veränderungen der Stoffabfolge (Beginn mit dem Sieden und Kondensieren) möglich. Das bedingt jedoch eine Erhöhung des Anspruchsniveaus.

Der in der vorangegangenen Stoffeinheit propädeutisch eingeführten und gegenüber der Temperatur abgegrenzten physikalischen Größe Wärme kommt in dieser Stoffeinheit eine größere Bedeutung zu.

In der folgenden Stoffeinheit steht dann die Wärme ganz im Mittelpunkt der Betrachtungen. In der vorliegenden Stoffeinheit dominiert noch die physikalische Größe Temperatur. Die Bemühungen um einen sachkundigen Gebrauch beider Begriffe werden dadurch erleichtert, daß während der Aggregatzustandsänderung die Temperatur in der Regel konstant bleibt (z. B. Schmelz- bzw. Erstarrungstemperatur), wobei aber eine ständige Zu- oder Abfuhr von Wärme erfolgt. Ausgehend von dem in den vorangegangenen Stoffeinheiten erworbenen Wissen muß den Schülern bewußtgemacht werden, daß Wärmezufuhr in den meisten Fällen eine Temperaturerhöhung nach sich zieht. Ist jedoch die Schmelz- bzw. Siedetemperatur eines Stoffes erreicht, dann führt die weitere Wärmezufuhr zu einer Änderung des Aggregatzustandes. Bei diesen Betrachtungen ist der Qualitätsumschlag anzudeuten.

Es kann rückblickend darauf hingewiesen werden, daß die Gesetze der Volumenänderung nur unter bestimmten Bedingungen gelten (keine Änderung des Aggregatzustandes). Die Schüler sollen erkennen, daß sich die Aggregatzustandsänderungen in der Natur und Technik in Form von Kreisläufen vollziehen, bei denen in der Regel die Wärme die Ursache der Veränderungen darstellt.

Den Schülerexperimenten kommt in dieser Stoffeinheit eine besondere Bedeutung zu. Sie stellen einen Höhepunkt in der experimentellen Schülerarbeit im Physikunterricht der Klasse 6 dar.

Der Lehrplan fordert die Aufnahme von Temperatur-Zeit-Diagrammen. Die Anforderungen sind dabei besonders hoch, da erstmalig im Physikunterricht zusätzlich folgende komplexe Aufgaben gestellt werden: Umgang mit Wärmequellen, Anlegen eines Protokolls mit Skizze der Experimentieranordnung, Tabelle der Meßwerte, ihre grafische Darstellung und deren Interpretation. Die Durchführung dieser Experimente nimmt längere Zeit in Anspruch. Deshalb ist eine sorgfältige Zeitplanung, die organisatorische Absicherung, eine gute Vorbereitung der Schüler und eine zweckmäßige Verteilung der Aufgaben der Schüler in den einzelnen Arbeitsgruppen entscheidend für den Erfolg.

Zur Orientierung der Schüler auf bestimmte Erscheinungen und zur Beschäftigung mit diesen können Beobachtungsaufträge vergeben werden. Weiterhin ist die Stoffeinheit hervorragend für die Durchführung von Hausexperimenten geeignet. Als Meßgeräte stehen den Schülern für tiefe Temperaturen im Bereich des ersten Festpunktes der Thermometerskala Kühlschrankschmelzthermometer zur Verfügung, für mittlere Temperaturen Zimmer- und Badethermometer und für Temperaturen bis zum 2. Festpunkt Einweckthermometer. Diese Experimentier- und Beobachtungsaufträge können neben den Schüler- und Demonstrationsexperimenten und den Ablesübungen im Unterricht einen nicht zu unterschätzenden Beitrag zum sachkundigen Umgang mit dem Thermometer leisten.

Bei Untersuchungen mit Temperaturen über 50°C muß der Brand-, Arbeits- und Gesundheitsschutz besonders beachtet werden. Die erforderlichen Belehrungen müssen auch die Hausexperimente betreffen. Den Schülern sind notwendige Gewohnheiten im sachkundigen Umgang mit Flammen und heißen Körpern, insbesondere heißem Wasser und Heizplatten, anzuerziehen.

In dieser Stoffeinheit sind die *Schwerpunkte im Wissen und Können*:

- Schmelzen und Erstarren;
- Schmelz- bzw. Erstarrungstemperaturen einiger Stoffe;
- Volumenänderung von Körpern beim Schmelzen bzw. Erstarren und deren Anwendung bzw. Berücksichtigung in Technik und Haushalt;
- Bedeutung der Volumenzunahme des Wassers beim Erstarren für die Natur;
- Sieden und Kondensieren;
- Verdunsten, Abhängigkeiten der Verdunstungsgeschwindigkeit;
- Siede- bzw. Kondensationstemperaturen einiger Stoffe;
- Zeichnen und Erläutern des Temperatur-Zeit-Diagramms beim Schmelzen von Eis und beim Sieden von Wasser;
- Aufstellen von kausalen Beziehungen zwischen Wärmezufuhr; Temperaturänderung und Zustandsänderung bei Vorgängen in Natur und Technik;
- Erläuterung der großen Bedeutung der Zustandsänderungen für Natur und Technik anhand von Beispielen.

### Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit

Thematische Einheiten, Stundenanzahl	Vorleistungen, zu reaktivierendes Wissen	Experimente, besondere Unterrichts- mittel, Schüleraufträge
<i>Schmelzen und Erstarren</i> Schmelz- und Erstarrungstemperatur Schmelz- und Erstarrungsvorgänge in der Natur und Technik Temperaturverlauf beim Schmelzen von Eis Volumenänderung beim Schmelzen und Erstarren Abweichendes Verhalten von Wasser Bedeutung für Natur, Technik und Haushalt <p style="text-align: right;"><b>3 Std.</b></p>	Wasser und Eis (Hk 4)	Dias und Bilder von Schmelz- bzw. Erstarrungsvorgängen Gußstücke aus Metall und Plast SE: Erstarrungstemperatur von Stearin SE: Temperaturverlauf beim Schmelzen von Eis DE: Schmelz- und Erstarrungstemperatur von Stearin DE: Volumenabnahme des Stearins beim Erstarren DE: Volumenzunahme des Wassers beim Erstarren Modellexperiment zum Gießen

Thematische Einheiten, Stundenanzahl	Vorleistungen, zu reaktivierendes Wissen	Experimente, besondere Unter- richtsmittel, Schüleraufträge
<i>Verdampfen und Kondensieren</i> Siede- und Kondensationstemperatur Temperaturverlauf beim Sieden von Wasser Destillation Verwendung von destilliertem Wasser Verdunstung Abhängigkeit der Verdunstungsgeschwindigkeit 4 Std.	Wasser und Wasserdampf Wasser verdunstet Wolken und Niederschläge (Hk 4)	SE: Temperaturverlauf beim Sieden von Wasser DE: Siedetemperatur verschiedener Flüssigkeiten DE: Kondensieren DE: Destillieren DE: Verdunsten DE: Wärmeaufnahme beim Verdunsten
<i>Wiederholung und Systematisierung</i> 1 Std.	Wolken und Niederschläge (Hk 4)	AB: Aggregatzustandsänderungen DE: Aggregatzustandsänderung

## Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten

### *Schmelzen und Erstarren*

3 Stunden

#### Ziele

Die Schüler

- wissen, daß Stoffe bei der Schmelztemperatur vom festen in den flüssigen Aggregatzustand übergehen, wenn Wärme zugeführt wird;
- wissen, daß Stoffe bei der Erstarrungstemperatur vom flüssigen in den festen Aggregatzustand übergehen, wenn Wärme abgeführt wird;
- wissen, daß Schmelz- und Erstarrungstemperatur unterschiedlicher Stoffe verschieden sind, und kennen die Schmelztemperatur einiger Stoffe;
- können den Temperaturverlauf beim Schmelzen von Eis und das Temperatur-Zeit-Diagramm erläutern;
- wissen, daß sich die meisten Körper beim Schmelzen ausdehnen, Wasser aber eine Ausnahme macht;
- kennen die Bedeutung der Volumenzunahme des Wassers beim Erstarren für Natur, Technik und Haushalt.

#### Unterrichtsmittel

Dias und Bilder von Schmelz- und Erstarrungsvorgängen  
gegossene Körper (z. B. Stativfuß, 1-kg-Wägestück, Spritzgußstücke aus Aluminium und Plast)

Gasbrenner, Schauthermometer

kleine Medizinflaschen, Eis, Blei, Stearin, Kochsalz

Zentraluhr

SE: Heizplatte, Thermometer, Rührer (SEG Kalorik), Reagenzglas, Becherglas (SEG Glasgerätesatz), Stativ (SEG Mechanik)

## Schwerpunkte und Hinweise

**Vorkenntnisse der Schüler und ihre Nutzung.** Die Schüler haben Schmelzen und Erstarren in der Natur beim Wasser bzw. Eis, in der Küche beim Braten mit Fett und im Haushalt mit Stearinkerzen so häufig beobachtet, daß im Unterricht davon ausgegangen und wiederholt darauf zurückgegriffen werden kann. Dabei sind aufbauend auf den Kenntnissen aus dem Heimatkundeunterricht höhere Anforderungen zu stellen. Die weitergehende Untersuchung der Vorgänge erfordert die überzeugende Demonstration aller wichtigen Erscheinungen in Demonstrationsexperimenten, und das nicht nur mit Wasser bzw. Eis.

**Einführung in die Stoffeinheit.** Ausgangspunkt der Betrachtungen können interessant geschilderte Erlebnisse bzw. Ereignisse mit Witterungserscheinungen (Reif, Hagel, Schnee, Glatteis, Zufrieren von Teichen und Flüssen, Entstehen von Eiszapfen, Schneeschmelze, Treibeis, Gletscher, Eisberge usw.) sein. Dabei ist der Einsatz von Dias, Bildern bzw. des Films möglich. Diese Betrachtungen sollten bereits darauf hindeuten, daß Aggregatzustandsänderungen bei bestimmten Temperaturen auftreten, wobei Wärme zu- bzw. abgeführt werden muß.

**Schmelzen.** Ausgehend von den geschilderten Erlebnissen und Ereignissen werden (im Sinne des Nachvollziehens unter vereinfachten Bedingungen, um die Prozesse besser beobachten zu können) verschiedene Stoffe geschmolzen (Eis, Stearin, Zinn, Blei). Das sollte möglichst in einfachen Experimenten erfolgen, in die die Schüler einbezogen werden. Zeitsparend ist der Einsatz von Parallelexperimenten. Die Beobachtungsaufträge sollten von Experiment zu Experiment im Anforderungsniveau steigen, indem z. B. zunächst nur Beobachtungen, nachfolgend auch Messungen einbezogen werden. Die Schüler sollten den experimentellen Aufbau und den Ablauf unter besonderer Berücksichtigung des Beobachtungsauftrages beschreiben. Sie müssen erkennen, daß die einem Körper zugeführte Wärme nur so lange zur Erhöhung der Temperatur führt, bis die Schmelztemperatur erreicht ist. Nach dem Erreichen dieser Temperatur bringt die weiterhin zugeführte Wärme den Körper zum Schmelzen.

Diese einführenden Demonstrationsexperimente ermöglichen Schlußfolgerungen hinsichtlich der unterschiedlichen Schmelztemperaturen der verschiedenen Stoffe. Das Bestimmen der Schmelztemperatur von Stearin erfolgt zweckmäßig in einem Wasserbad.

Planung, Vorbereitung, Durchführung und Auswertung des Demonstrationsexperimentes zur Bestimmung der Schmelztemperatur des Stearins sollten so angelegt sein, daß die Schüler wichtige Hinweise für die Durchführung des Schülerexperimentes erhalten. Der zweite Teil des in PSE Thermodynamik beschriebenen Experimentes kann auch als Schülerexperiment durchgeführt werden.

**Schülerexperiment „Temperatur-Zeit-Verlauf beim Schmelzen von Eis“.** Die Vorbereitung des Experimentes kann als Hausaufgabe erfolgen. Dazu lesen die Schüler den Abschnitt „Experiment“ im Lehrbuch, S. 81, und bereiten entsprechend S. 80 die Tabelle und die Auswertung im Diagramm vor (Bild 81/1). Der Lehrplan fordert u. a. im Protokoll eine Skizze der Experimentieranordnung. Die Anfertigung dieser Skizze sollte besonders sorgfältig ausgewertet werden, um Anforderungen und Maßstäbe bezüglich nachfolgender ähnlicher Aufgaben zu kennzeichnen.

Ziele des Schülerexperimentes können sein, den Vorgang des Schmelzens näher zu untersuchen und die Schmelztemperatur genau zu bestimmen und festzustellen, warum die Schmelzvorgänge (z. B. in der Natur) so langsam ablaufen.

Bei der Vorbereitung der Schüler auf das Experiment ist zu bedenken, ob diese in der Lage sind, sich die einzelnen Schritte so einzuprägen, daß sie es selbständig durchführen und auswerten können, oder ob der Lehrer nicht besser Teilaufgaben stellt und jeweils absichert, daß alle Schüler die betreffende Aufgabe gelöst haben, bevor sie die nächste in Angriff nehmen. Jeder Schüler einer Arbeitsgruppe sollte vom Gruppenleiter eine bestimmte Aufgabe erhalten (Rühren, Ansagen der Zeit, Ablesen, Überprüfen der abgelesenen Temperaturen, Eintragen in das Protokoll).

Das Becherglas sollte nur zu etwa einem Drittel mit Eisstücken gefüllt und die Heizplatte erst zu Beginn des Experimentes eingeschaltet werden. Das Experiment sollte so beendet werden, daß die Auswertung in der gleichen Stunde erfolgen kann. Bei zeitlichen Schwierigkeiten kann zunächst ausgehend von den Meßergebnissen ausgewertet werden. Die Schüler fertigen dann die grafische Darstellung als Hausaufgabe an. Der Kontrolle und Erläuterung ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

**Arbeit mit Diagrammen.** Im Unterschied zu dem  $s$ - $t$ -Diagramm, das in der Stoffeinheit „Bewegung von Körpern“ behandelt wurde, ist der Graph im  $\vartheta$ - $t$ -Diagramm keine Gerade. Die Schüler sollten dazu angehalten werden, die Kurve so zu zeichnen, daß sie durch möglichst viele Meßpunkte geht, im unteren und oberen Temperaturbereich gleichmäßig gekrümmt ist und im mittleren Teil einen etwa konstanten Anstieg besitzt. Wegen der unregelmäßigen Form des Graphen bereitet die Auswertung Schwierigkeiten. Sie sollte als eine Vorstufe des Interpretierens betrachtet werden, bei der die Schüler die auf den Achsen dargestellten physikalischen Größen kennzeichnen und den Kurvenverlauf beschreiben. Davon ausgehend sollten sie Aussagen über die Wärmezufuhr und die Temperaturänderung bzw. Temperaturkonstanz treffen und eine Zuordnung der Schmelz- bzw. Siedetemperatur vornehmen. Es ergeben sich günstige Ansatzpunkte, auf Meßfehler hinzuweisen.

**Gießen von Metallen.** Ausgehend vom Betrachten einiger Gußstücke sollten die Schüler den Bezug zu den behandelten physikalischen Inhalten selbst finden und darstellen. Dabei sollte wesentliches Wissen wiederholt und angewandt werden. Damit können Vorleistungen für den ESP-Unterricht in Klasse 7 geschaffen werden. Neben der Verarbeitung von Metallen kann auch auf die von Glas und Thermoplasten hingewiesen werden, wobei die ökonomischen Vorteile (Einsparen wertvoller Rohstoffe, schnelles, spanloses Verformen) gekennzeichnet werden sollten.

**Volumenänderung beim Schmelzen und Erstarren.** Ausgangspunkt der Betrachtungen können Maßnahmen der Winterfestmachung (z. B. an Wasserleitungen, Hydranten, Warmwasserleitungen, Ausgleichsbehälter, Kühler von Kraftfahrzeugen) sein. Aus der festgestellten Volumenänderung können die Schüler Schlußfolgerungen für das Gießen ziehen (Steiger in Gußformen), die beachtet werden müssen: Nach der Untersuchung der Volumenänderung beim Schmelzen und Erstarren und des besonderen Verhaltens von Wasser sollten die Schüler zum Beschreiben von Beispielen aufgefordert und ein Beitrag geleistet werden, sie schrittweise zum Erklären zu befähigen. Die Schüler sollen die Notwendigkeit dieses Teils der Winterfestmachung erkennen und zum Ziehen persönlicher Schlußfolgerungen für das Verhalten im Haus (keine Glas-, Keramik- oder Porzellangefäße im Tiefkühlschrank verwenden), Hof (bei Frost keine Gefäße mit Wasser stehenlassen) und Garten (Ablassen von Wasser aus Rohrleitungen, Abdecken frostgefährdeter Pflanzen) angeregt werden. Besondere Beachtung ist der Bedeutung des abweichenden Verhaltens von Wasser für die Natur zu schenken. Dabei muß hervorgehoben werden, daß dadurch im Winter bei tiefen Gewässern der Lebensraum der Tiere und Pflanzen im Wasser erhalten bleibt. Ein Bezug zur Anomalie des Wassers ist dabei sinnvoll.

Zur experimentellen Demonstration werden zwei Reagenzgläser zu etwa drei Vierteln gleich hoch mit Wasser gefüllt. Der Füllstand kann z. B. mit einem kleinen Gummiring ge-

nau markiert werden. Eines der Reagenzgläser stellt man beiseite, das andere bringt man in eine Kältemischung (kleine, trockene Stücke Eis mit Kochsalz vermengt). Eine Medizinflasche wird zum Zersprengen vollständig verschlossen, in einen kleinen Plastbeutel gesteckt und ebenfalls in die Kältemischung gebracht. Zwei weitere Reagenzgläser kann man ebenfalls etwa zu drei Vierteln gleich hoch mit Stearin füllen. Nach dem Erstarren muß man noch etwas Stearin auftropfen, damit eine ebene Oberfläche entsteht. Der Füllstand wird ebenfalls mit einem Gummiring markiert. Das Erwärmen und Abkühlen in je einem Wasserbad können Schüler nach Anleitung des Lehrers durchführen (Bild 16).

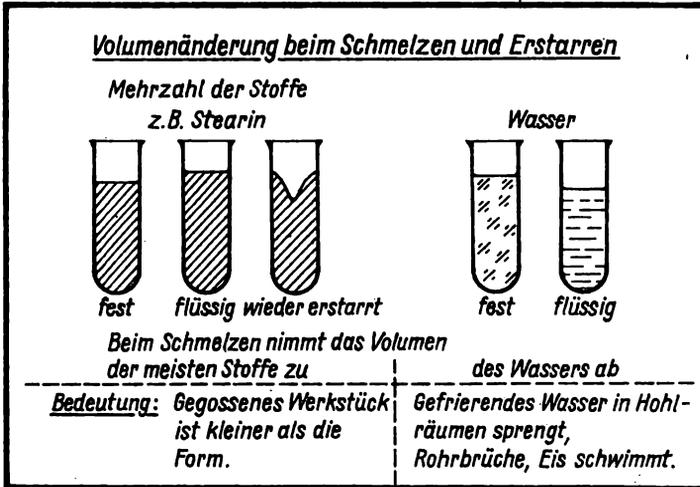


Bild 16

Die Aussage, daß Eis auf Wasser schwimmt, festes Stearin dagegen in flüssigem Stearin untergeht, können die Schüler in einem Hausexperiment überprüfen. Zur Durchführung des zweiten Experimentes eignet sich Stearin einer Haushaltskerze. Das Schmelzen sollte aus Gründen des Gesundheits-, Arbeits-, und Brandschutzes im Wasserbad erfolgen. Dabei können die Schüler auch die Volumenänderung beim Erstarren beobachten. Das gelingt besonders dann gut, wenn man das Stearin in ein schlankes, hohes Glasgefäß (Tablettenröhrchen) füllt und dieses schrittweise immer tiefer in kaltes Wasser eintaucht.

**Festigung und Kontrolle.** In der Kontrolle der Schülerleistungen am Ende der thematischen Einheit können einige der durchgeführten Experimente in gleicher oder abgewandelter Form wiederholt bzw. einige Dias und Bilder gezeigt und von den Schülern beschrieben und erläutert werden. Es ist eine schriftliche Leistungskontrolle möglich, in der u. a. einige der folgenden Aufgaben gestellt werden können (Projektion mit dem Lichtschreibprojektor):

- Was versteht man unter der Schmelztemperatur eines Stoffes?
- Vergleiche die Schmelz- und Erstarrungstemperatur ein und desselben Stoffes!
- Nenne die Schmelztemperaturen dreier Stoffe!
- Skizziere das Temperatur-Zeit-Diagramm beim Schmelzen von Eis!
- Warum verläuft die Diagrammkurve im Bereich der Schmelztemperatur parallel zur Zeit-Achse?
- Wie ändert sich das Volumen der meisten Körper beim Schmelzen?
- Begründe, inwiefern das besondere Verhalten von Wasser von Bedeutung für die Natur ist!
- Welche Arbeiten würdest du im Herbst in deinem Garten verrichten, um Schäden durch das Erstarren des Wassers zu vermeiden?

Die Kontrolle kann jedoch auch erst nach der nächsten thematischen Einheit erfolgen, da bereits das analoge Vorgehen in dieser und das mögliche Herstellen von Bezügen zum Schmelzen und Erstarren wesentlich zum Festigen beitragen kann und eine immanente Kontrolle ermöglicht.

## *Verdampfen und Kondensieren*

4 Stunden

### **Ziele**

Die Schüler

- wissen, daß die Stoffe bei der Siedetemperatur vom flüssigen in den gasförmigen Aggregatzustand übergehen, wenn Wärme zugeführt wird;
- wissen, daß Stoffe bei der Kondensationstemperatur vom gasförmigen in den flüssigen Aggregatzustand übergehen, wenn Wärme abgeführt wird;
- wissen, daß Siede- und Kondensationstemperatur ein und desselben Stoffes übereinstimmen;
- wissen, daß Siede- bzw. Kondensationstemperaturen unterschiedlicher Stoffe verschieden sind, und kennen die Siedetemperaturen einiger Stoffe;
- kennen den Temperaturverlauf beim Sieden von Wasser und können das Temperatur-Zeit-Diagramm interpretieren;
- wissen, daß Flüssigkeiten unterhalb der Siedetemperatur verdunsten können.

### **Unterrichtsmittel**

Schauthermometer

Heizplatte

2 Erlenmeyerkolben,  
einer mit Stopfen

Glasrohr und Schlauch

Glasscheibe

Ethanol

Zentraluhr

PSE Thermodynamik: Destillieren; Kondensieren.

SE: Becherglas (SEG Glasgerätesatz), Thermometer (SEG Kalorik), Rührer (SEG Kalorik), Heizplatte (SEG Kalorik), Stativ (SEG Mechanik).

### **Schwerpunkte und Hinweise**

**Einführung in die thematische Einheit.** Die Schüler kennen Sieden und Kondensieren im wesentlichen vom Wasser her. Ihre Vorkenntnisse wurden bereits im Heimatkundeunterricht weitgehend erarbeitet. Dennoch sollte Ausgangspunkt aller Betrachtungen die praktischen Erfahrungen der Schüler sein, die sie z. B. in der Küche (Sieden, Brodel, Kondensieren), beim Wäschetrocknen, Fleckentfernen und in der Natur (Austrocknen von Wasserpfützen) gewonnen haben. An jede gewonnene Erkenntnis sollten sich Betrachtungen zu deren praktischer Anwendung und Bedeutung anschließen.

Zur Zielorientierung und Einordnung der zu untersuchenden Vorgänge kann ein Lehrervortrag dienen, der u. a. auf die o. a. Beispiele verweist. Außer bei Wasser haben die Schüler das Sieden noch bei heißem Öl (Braten, Backen) beobachtet. Als wesentliches Merkmal des Siedens wird das Aufsteigen von Blasen in der Flüssigkeit genannt. Damit wird es vorbereitend gegen das Verdunsten abgegrenzt. Der Begriff Dampf wird dem Begriff Gas gleichgesetzt.

**Sieden und Kondensieren.** Die Demonstration des Siedens von Wasser kann in einem Erlenmeyerkolben erfolgen. Da der Prozeß den Schülern hinreichend bekannt ist, sollte er

mit der Temperaturmessung verknüpft werden. Parallel dazu kann das Experiment mit Ethanol durchgeführt werden. (Achtung! Keine offene Flamme benutzen! Dieses Experiment darf nur unter einem Abzug bei eingeschalteter Absaugung durchgeführt werden!) In einem weiteren Experiment sollte der Dampf gegen eine klare Glasscheibe geleitet werden. Schließlich ist es in einem weiteren Experiment möglich, den Dampf durch ein Schlauchstück in einen zweiten Erlenmeyerkolben, in dem sich das Thermometergefäß des Schauthermometers befindet, zu leiten (Bestimmung der Kondensationstemperatur).

**Schülerexperiment „Temperatur-Zeit-Diagramm beim Sieden“.** Das Schülerexperiment entspricht im Ablauf dem zur Aufnahme der Temperaturkurve beim Schmelzen des Eises. Der Lehrplan fordert nur die Durchführung eines dieser Schülerexperimente. Es ist möglich, die Vorbereitung in Form einer Hausaufgabe auf der Grundlage des Lehrbuchtextes, S. 84, und der Abbildung 84/1 durchzuführen.

Entsprechend der Tabelle auf S. 80 im Lehrbuch sollten die Schüler außerdem eine Tabelle für die Meßwerte und für die Beobachtung vorbereiten.

Das Protokoll sollte eine Skizze der Experimentieranordnung enthalten. Die höheren Anforderungen liegen in der zusätzlichen Protokollierung aller im Wasser und oberhalb der Wasseroberfläche beobachteten Effekte.

Die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung kann in enger Anlehnung an die Ausführungen im Lehrbuch erfolgen. Die wichtigsten Erkenntnisse sollten in der Unterrichtsstunde von den Schülern formuliert und notiert werden. Die grafische Darstellung der Meßergebnisse kann entsprechend der Lehrbuchabbildung 84/2 zu Hause durchgeführt werden. Es ist ein Hinweis sinnvoll, daß sich das Volumen des Wassers sehr langsam verringert (große Wärme, die zum Verdampfen des Wassers erforderlich ist).

**Wiederholung und Anwendung.** Bei der Wiederholung, die auch der Systematisierung und Anwendung dient, sollten Bezüge zum Schmelzen und Erstarren hergestellt werden. Diese kann jedoch auch erst am Ende der Stoffeinheit durchgeführt werden. Die Schüler sollten durch Fragen, Hilfsfragen und Denkanstöße dazu angehalten werden, wichtige Inhalte unter richtigem Gebrauch der eingeführten Begriffe physikalisch einwandfrei darzustellen. Besondere Aufmerksamkeit sollte dabei der Erkenntnis gewidmet werden, daß Wasserdampf eine starke technische Nutzung erfährt (Dampfturbinen in Wärme- und Kernkraftwerken, Wärmezufuhr bei technischen Prozessen und bei der Heizung von Arbeits- und Wohnräumen, Reaktionspartner bei chemischen Umwandlungen). Hierbei kann der Bezug zum Schülerexperiment hergestellt werden. Damit wird nicht nur belegt, daß die erkannten Gesetzmäßigkeiten eine breite praktische Bedeutung besitzen, es werden auch die folgenden Unterrichtsstunden (Witterungserscheinungen und Wärmeübertragung) vorbereitet.

Am Beispiel von zwei oder drei Erscheinungen im Haushalt (Beschlagen der Fenster, Brodel in der Waschküche oder an der Tülle des Wasserkessels) kann noch einmal auf den Kondensationsvorgang eingegangen werden. Die Tatsache, daß sich am Topfdeckel unabhängig von der Art der Speisen immer reines Wasser niederschlägt, kann als Ausgangspunkt für die Betrachtungen der Destillation gewählt werden.

**Destillation.** Mit der Behandlung der Destillation sollte u. a. das Ziel verfolgt werden, das Wissen über die physikalischen Vorgänge zu wiederholen, den Schülern die Zusammenhänge noch stärker deutlich zu machen und einen Einblick in eine weitere technische Anwendung zu geben. Die Schüler wenden die in der Wiederholung bereitgestellten Kenntnisse an, um die Funktion des Destillationsapparates zu beschreiben. Zunächst kann eine

mündliche Beschreibung des Aufbaus erfolgen, nachfolgend können die Schüler die Vorgänge im Destillationsapparat in wenigen Sätzen schriftlich festhalten.

Danach kann schrittweise erarbeitet werden, wie sich die Trennung des Stoffgemisches vollzieht. Der Nachweis, daß im Experiment Alkohol abgetrennt wurde, läßt sich durch Anzünden erbringen. Während sich das Alkohol-Wasser-Gemisch nicht anzünden läßt, ist die Flüssigkeit in der Vorlage brennbar. Anstelle des Alkohol-Wasser-Gemisches kann auch gefärbtes Wasser Verwendung finden. Bei Betrachtungen zur Anwendung der Destillation sollten die Herstellung und Verwendung von destilliertem Wasser im Vordergrund stehen. Weiterhin sollte auf die Bedeutung für große Bereiche der chemischen Industrie (Herstellen lokaler Bezüge), vor allem auf die Erdöl-Destillation, hingewiesen werden.

**Verdunsten.** Den Schülern sollte bewußt werden, daß einige ihnen gut bekannte Vorgänge (Trocknen von Straßen nach dem Regen, Trocknen von Wäsche und Geschirr) im Widerspruch zu dem bisher erworbenen Wissen stehen. Daraus kann die Notwendigkeit der Untersuchung dieser Erscheinung und die Einordnung in das Wissen der Schüler erwachsen.

Die Kenntnisse der Schüler aus ihrem Erfahrungsbereich befähigen sie, Vermutungen bezüglich der Abhängigkeit der Verdunstungsgeschwindigkeit von den einzelnen Parametern zu äußern. Wenn erforderlich, sollte der Lehrer Denkanstöße geben, die auf bekannte Beispiele verweisen (Trocknen von Straßen bei höheren oder niedrigen Temperaturen, Verdunsten von Wasser in einem Gefäß oder nach dem Breitgießen, Breithängen der Wäsche, Trocknen bei Wind). Dadurch wird erreicht, daß die Schüler ihre Erfahrungen nutzen. Die Schüler sollten entsprechend ihren individuellen Fähigkeiten von Experiment zu Experiment stärker in die Planung, den experimentellen Aufbau, die Durchführung und Auswertung einbezogen werden. Zur besseren Sichtbarkeit können die Experimente auf dem Lichtschreibprojektor durchgeführt werden.

**Verdunsten und Wärmeentzug.** Aus der Tatsache, daß sich Sieden nur bei Wärmezufuhr vollzieht, können die Schüler zur Vermutung geführt werden, daß beim Verdunsten ein Temperaturrückgang auftritt. Der Nachweis wird im Demonstrationsexperiment erbracht.

Ein weniger anspruchsvoller Weg besteht in der Mitteilung der Temperaturenniedrigung und der nachfolgenden experimentellen Bestätigung. Als Beispiel aus der Technik ist vor allem der Kühlturm geeignet. Auf dieses Beispiel wird in der nächsten Stoffeinheit bei der Wärmeübertragung erneut – jedoch aus anderer Sicht – eingegangen. Bei Betrachtungen zu den Witterungserscheinungen sind Bezüge zur Heimatkunde in Klasse 4 und zur Geographie möglich.

## *Wiederholung und Systematisierung*

1 Stunde

### **Ziele**

Die Schüler

- können kausale Beziehungen zwischen Wärmezufuhr, Temperaturänderung und Zustandsänderung bei Erscheinungen in Natur und Technik aufstellen;
- können die Vorgänge Schmelzen, Verdunsten, Verdampfen, Kondensieren und Erstarren erläutern und Beispiele dafür angeben;
- kennen die große Bedeutung der Zustandsänderungen für Natur und Technik.

## Unterrichtsmittel

Arbeitsblatt oder Folien Aggregatzustandsänderungen  
Schauthermometer  
Heizplatte  
Gasbrenner  
Luftdusche

Erlenmeyerkolben mit Stopfen und Glasrohr  
Turbinenrad aus Karton  
Fließpapier, leicht verdunstende Flüssigkeiten (z. B. Benzin, Benzol, Ethanol, Kohlenstofftetrachlorid)  
Zinkblech, Lötzinn, Schwefel, Eis

## Schwerpunkte und Hinweise

**Aggregatzustandsänderungen.** Zur Orientierung auf die Schwerpunkte und zum Wecken des Interesses kann die Wiederholung mit der Durchführung eindrucksvoller Demonstrationsexperimente zu allen Aggregatzustandsänderungen beginnen. Die Aufgabe der Schüler besteht darin, die beobachteten Erscheinungen in ihr Wissen einzuordnen, sie physikalisch einwandfrei unter Verwendung der eingeführten Begriffe zu beschreiben, weitere Beispiele zu nennen und zu erläutern und deren praktische Bedeutung zu kennzeichnen. Das Modellexperiment zur Dampfturbine kann entsprechend PSE Thermodynamik durchgeführt werden. Dabei ist eine Vereinfachung gemäß Versuch 43 in der Anleitung zum Schülerexperimentiergerät Kalorik möglich.

Fließpapier kann in 4 gleich große Flächen aufgeteilt werden. In die Mitte jeder Fläche wird z. B. mit Tusche der Name der jeweiligen Flüssigkeit, die dort zum Verdunsten aufgebracht wird, geschrieben. Man legt das Papier auf die Schreibfläche des Lichtschreibprojektors und gießt in die Mitte jeder Fläche ca. 1 ml der betreffenden Flüssigkeit. Der Name jeder Flüssigkeit ist so lange lesbar, bis sie verdunstet ist. Zum Nachweis der Abkühlung durch Verdunsten kann das Thermometergefäß mit einem Lappen umwickelt werden, der in Wasser getaucht wurde. Er wird dem (kalten) Luftstrom der Luftdusche ausgesetzt. Dabei sinkt die angezeigte Temperatur. Weiterhin können Zinkblech, Lötzinn und Schwefel in der Flamme eines Gasbrenners geschmolzen werden. Noch eindrucksvoller ist das Schmelzen von Woodschem Metall in heißem Wasser. Schließlich kann gezeigt werden, daß ein mit Eisstücken gefülltes Becherglas beschlägt. Wird dem Eis Kochsalz beigemischt, so bildet sich Reif am Becherglas.

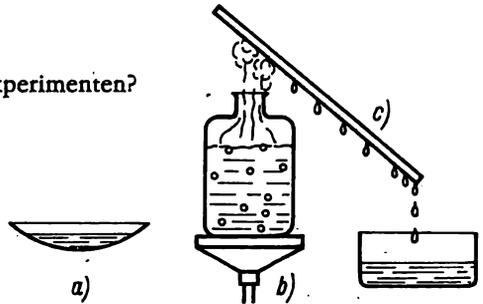
**Selbständige Schülertätigkeit.** Die nochmalige Auseinandersetzung jedes Schülers mit den wichtigsten Inhalten der Stoffeinheit, in der auch ggf. noch vorhandene Wissenslücken sichtbar werden, ist durch schriftliches Lösen von Aufgaben möglich, die in einem Arbeitsblatt oder auf Folien gestellt werden. Das kann zum Abschluß der thematischen Einheit erfolgen und soll sowohl der Festigung und Systematisierung als auch der Kontrolle und Bewertung der Schülerleistungen dienen. Von den vorgeschlagenen Aufgabenstellungen kann eine geeignete Auswahl getroffen werden, z. B. 1, 2b, 3, 4 und 6. Weitere Aufgaben können als Hausaufgabe gelöst werden.

# Arbeitsblatt

## Aggregatzustandsänderungen

1. Welche Vorgänge vollziehen sich in den Experimenten?

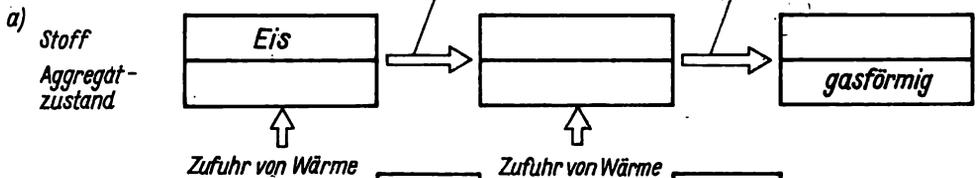
- a) .....
- b) .....
- c) .....



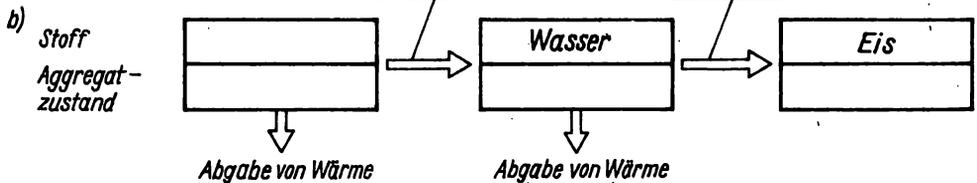
2. Setze in jedes Rechteck das richtige Wort ein!

Bild 17

Vorgang



Vorgang



3. Nenne Unterschiede zwischen Sieden und Verdunsten!

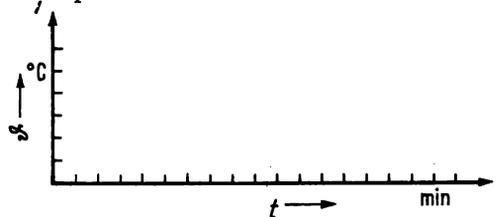
Sieden

Verdunsten

.....

4. Zeichne das Temperatur-Zeit-Diagramm beim Erwärmen von Wasser!

Beginne bei Eis von  $-10^{\circ}\text{C}$  und beende bei Dampf von  $110^{\circ}\text{C}$ !



5. Erläutere an einem Beispiel, welche Bedeutung die Anomalie des Wassers für die Natur besitzt!

6. Erläutere an einem Beispiel, welche Bedeutung die Ausdehnung des Wassers beim Erstarren für die Natur besitzt!

## Ziele und inhaltliche Schwerpunkte

Mit dieser Stoffeinheit wird die Behandlung der Wärmelehre weitergeführt und zum Abschluß gebracht. Das Anliegen besteht darin, die drei Formen der Wärmeübertragung herauszuarbeiten und ihre große Bedeutung in Natur und Technik zu kennzeichnen. Es sprechen mehrere Gründe für die Lehrplanabfolge: Wärmeleitung, -strömung und -strahlung. Die Wärmeleitung haben die Schüler unmittelbar beim Berühren von heißen oder sehr kalten Körpern erlebt (Brandverletzungen an der Hand z. B. beim Berühren einer heißen Herdplatte, Festfrieren von nassen Handschuhen z. B. an einem kalten Eisenpfahl). Sie wird im Unterricht am sorgfältigsten untersucht und zielgerichtet vielfältig genutzt bzw. weitestgehend unterbunden. Nach der Behandlung der einzelnen Formen der Wärmeübertragung wird an treffenden praktischen Beispielen ihr Zusammenwirken diskutiert, zunächst bei der Nutzung der Wärmeübertragung, nachfolgend bei der Wärmedämmung. Dadurch erfolgt eine mehrfache immanente Wiederholung, wobei jeweils neue Gesichtspunkte dominieren (Anwendung, Zusammenwirken der verschiedenen Formen, Behinderung der Wärmeübertragung).

Der zentrale Begriff der Stoffeinheit ist die Wärme. Nach der propädeutischen Einführung in der 2. Stoffeinheit der Wärmelehre wurde er durch wiederholten Gebrauch in der vorangegangenen Stoffeinheit inhaltlich angereichert.

Durch die Einführung der Begriffe „Wärmeübertragung“, „Wärmeleitung“, „Wärmeströmung“, „Wärmestrahlung“ und „Wärmedämmung“ wird den Schülern das Wesen der Wärme noch deutlicher. Der häufige und sorgfältige Gebrauch führt dazu, daß sich die Schüler auch ohne Definition den jeweiligen Begriffsinhalt einprägen. Damit erfolgt gleichzeitig eine weitere Vorbereitung des Energiebegriffs, da die Wärmeübertragung eine spezielle Art des Energietransportes ist. Letztlich erkennen die Schüler als Gemeinsamkeit aller drei Formen der Wärmeübertragung den Transport thermischer Energie, wobei ihnen auch dieser Begriff bereits inhaltlich nahegebracht wird.

Die Systematik in der unterrichtlichen Behandlung besteht darin, daß die in der Praxis meist komplex auftretenden Vorgänge der Wärmeübertragung zunächst, ausgehend von den Erfahrungen der Schüler, exemplarisch zusammengestellt werden. Danach werden sie bewußt voneinander getrennt und untersucht. Das erfolgt in engem Zusammenhang mit praktischen Beispielen. Nachfolgend wird das Zusammenwirken charakterisiert. Schließlich werden Beispiele analysiert, in denen die einzelnen Formen der Wärmeübertragung wiedergefunden werden.

Es ist jedoch auch möglich, die Abfolge der verschiedenen Formen der Wärmeübertragung zu vertauschen. Ein Grund hierfür kann z. B. die Tatsache sein, daß die Schüler mit einer Form besonders vertraut oder an ihr interessiert sind (örtliche Besonderheiten, aktueller Anlaß). Eine anspruchsvollere Gestaltung des Unterrichts ist dadurch möglich, daß an die Behandlung jeder Form der Wärmeübertragung unmittelbar Überlegungen zur Wärmedämmung angeschlossen werden. Das setzt ein gewisses Umdenken der Schüler voraus, ermöglicht aber eine Intensivierung der Schülertätigkeiten Beschreiben, Erläutern, Vergleichen und Erklären und vertieft die Kenntnisse zu den Formen der Wärmeübertragung. Zum Ende der Stoffeinheit sollte dann auch eine Wiederholung der Wärmedämmung aus der Sicht der Analyse von Anordnungen erfolgen, die alle Formen der Wärmeübertragung behindern.

Gewisse Voraussetzungen zur Behandlung der Wärmeübertragung wurden bereits bei der Untersuchung der Volumenänderung der Körper bei Temperaturänderung geschaffen. Im Lehrbuchabschnitt „Die Wärme“ (S. 71) wird bereits die Wärmeleitung von einer Kochplatte zum Topf betrachtet, ohne daß auf diesen Prozeß näher eingegangen wird. Weiterhin werden im Zusammenhang mit der Anomalie des Wassers Prozesse der Wärmeübertragung genutzt. Durch Einführen der Begriffe Reflektieren und Absorbieren sowie durch die Untersuchung der Wärmestrahlung werden Vorleistungen für die Behandlung der Optik geschaffen, die bis zur Klasse 10 reichen (Infrarotstrahlung).

In dieser Stoffeinheit sind die *Schwerpunkte im Wissen und Können*:

- Vorgang der Wärmeleitung und Wärmeströmung;
- Vorgang der Wärmestrahlung und der Reflexion und Absorption von Wärmestrahlung;
- Erläutern von Beispielen zur Wärmeleitung, Wärmeströmung und Wärmestrahlung;
- Erläutern von Vorgängen, bei denen Übertragungsformen der Wärme gleichzeitig auftreten;
- Vorschlagen und Begründen von Maßnahmen zur Wärmedämmung;
- Erklären der Vorgänge bei der Wärmedämmung.

### Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit

Thematische Einheiten, Stundenanzahl	Vorleistungen, zu reaktivierendes Wissen	Experimente, besondere Unterrichtsmittel, Schüleraufträge
<p><i>Wärmeleitung, Wärmeströmung und Wärmestrahlung</i>            Überblick: Wärmeübertragung            Wärmeleitung in festen Körpern            Abhängigkeit der Wärmeleitung vom Stoff            Wärmeströmung in Flüssigkeiten und in Gasen            Wärmestrahlung            Reflexion und Absorption von Wärmestrahlung</p> <p style="text-align: right;"><b>3 Std.</b></p>	<p>Das Wetter            Kreislauf des Wassers (Hk 4)            Plastbearbeitung (We 6)            Klima Europas (Geo 6)</p>	<p>DE: Wärmeleitfähigkeit fester Stoffe            DE: Wärmeleitfähigkeit des Wassers            DE: Wärmeströmung            DE: Reflexion, Durchdringung und Absorption von Wärmestrahlung            SE: Wärmeleitung            Dias, Bilder: Wärmeübertragung</p>
<p><i>Wärmeübertragung und Wärmedämmung</i>            Analyse von Beispielen zur Wärmeübertragung            Möglichkeiten der Wärmedämmung            Anwendung der Wärmedämmung</p> <p style="text-align: right;"><b>2 Std.</b></p>	<p>Das Wetter            Kreislauf des Wassers (Hk 4)            Klima Europas (Geo 6)            Plastbearbeitung (We 6)</p>	<p>DE: Wärmeströmung an einem Türspalt            DE: Luftströmung über Wärmequellen            Thermosflasche, Glas-, Mineralwolle, Schaumpolystyrol            Dias, Bilder: Wärmedämmung            AB: Wärmeübertragung</p>

## Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten

### *Wärmeleitung, Wärmeströmung und Wärmestrahlung*

3 Stunden

#### Ziele

Die Schüler

- wissen, daß Wärme in Stoffen aller Aggregatzustände durch Leitung übertragen werden kann;
- wissen, daß die Stoffe die Wärme unterschiedlich gut leiten, und kennen gute und schlechte Wärmeleiter;
- wissen, daß Wärme in Flüssigkeiten und Gasen durch Strömung übertragen werden kann;
- wissen, daß sich Wärme durch Strahlung ohne stoffliche Träger ausbreiten kann;
- wissen, daß Wärmestrahlung reflektiert werden kann;
- wissen, daß verschiedene Stoffe für Wärmestrahlung unterschiedlich durchlässig sind;
- können Beispiele nennen, bei denen Wärmeleitung, -strömung und -strahlung auftritt, und die Ausbreitung der Wärme beschreiben.

#### Unterrichtsmittel

Gasbrenner	Glasrohr zur Demonstration der Zirkulation des erwärmten Wassers
Metallstab	Infrarotstrahler mit Fassung
Stahlkugeln	spiegelndes Metallblech
Stearin	Glasscheiben
Zentraluhr	lichtdurchlässige Plastplatte
Schauthermometer	Platten verschiedener Stoffe
Dreifuß	Lichtschrankenordnung
Drahtnetz	elektrische Klingel
Farbstoff	Dias bzw. Bilder zur Wärmeübertragung
SE: Heizplatte mit Anschlußleitung (SEG Kalorik), Aluminiumtopf mit Stiel (SEG Kalorik), Krampen aus verschiedenen Stoffen (SEG Kalorik), Stativ (SEG Mechanik)	

#### Schwerpunkte und Hinweise

**Einführung in die Stoffeinheit.** Mit einem einführenden Lehrervortrag sollten die Schüler auf das Phänomen der Wärmeübertragung als komplexe Erscheinung aufmerksam gemacht werden. Dabei sollten Bezüge zu Betrachtungen in den vorangegangenen Stoffeinheiten hergestellt werden, bei denen die Wärmeübertragung genutzt oder beobachtet wurde (Heizplatte, Destillation). Mögliche Einführungsbeispiele sind: die Übertragung der Wärme von der Sonne zur Erde, von warmen Gebieten der Erde in kältere (Luft- und Meeresströmungen), vom Fernheizwerk in die Häuser, vom Heizkessel oder Wärmeaustauscher in die Wohnung, vom Feuer zur Oberfläche des Ofens, von der Heizung des Lötkolbens zur Lötstelle. Ausgehend von den Beispielen soll den Schülern bewußt werden, daß verschiedene Vorgänge gleichzeitig ablaufen, so daß es erforderlich ist, diese getrennt voneinander zu untersuchen. Dabei wird das Experiment wiederum als Frage an die Natur zur Untersuchung gekennzeichnet und genutzt.

**Wärmeleitung.** Die drei Formen der Wärmeübertragung werden aufeinanderfolgend und isoliert voneinander untersucht. Ohne eine explizite Definition werden die verschiedenen

Formen charakterisiert, ausgehend von praktischen Beispielen und in engem Zusammenhang mit diesen. Das sollte mittels überzeugender Experimente erfolgen. Den höchsten Stellenwert hat die Wärmeleitung. Der phänomenologische Charakter nimmt über die Wärmeströmung zur Wärmestrahlung hin zu.

Die Einführung der Wärmeleitung kann mit einem Freihandexperiment (z. B. durch Erhitzen einer Münze nach PSE Thermodynamik, (ggf. als Überraschungsexperiment am Anfang der Behandlung der thematischen Einheit) erfolgen. Zur Demonstration der Wärmeleitung ist das Experiment entsprechend Bild 18 geeignet (in Anlehnung an PSE

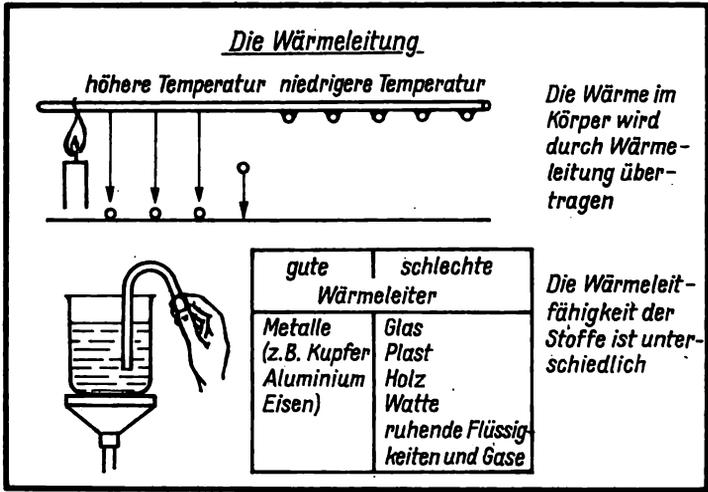


Bild 18

Thermodynamik). Das aufeinanderfolgende Abfallen der mit Stearin befestigten Kugeln macht gleichzeitig die Richtung der Wärmeausbreitung deutlich. Es sollte mittels Tafel-skizze gründlich vorbereitet und ausgewertet werden.

Das Schülereperiment dient

- der Bestätigung, daß Wärme durch Leitung übertragen werden kann,
- dem Nachweis, daß alle festen Körper Wärme leiten,
- der Erarbeitung, daß Wärmeleitung von Stoff zu Stoff verschieden ist (Ermittlung der Zeit, wie lange das eine Ende der jeweiligen Krampe in der Hand gehalten werden kann, wenn sich das andere in siedendem Wasser befindet).

Um Zeit zu sparen, müssen die Heizplatten zeitig eingeschaltet werden. Es empfiehlt sich, kurz vor der Durchführung des Experimentes die Aluminiumgefäße mit siedendem Wasser zu füllen.

**Wärmeleitung in Flüssigkeiten und Gasen.** Die Erkenntnis, daß Wärme auch in Flüssigkeiten und Gasen geleitet wird, diese jedoch schlechte Wärmeleiter sind, wird ausgehend von den Erfahrungen der Schüler mittels Experimenten gewonnen. Hinweise für Freihandexperimente findet man in PSE Thermodynamik unter „Wärmeleitfähigkeit des Wassers“ und „Wärmeleitfähigkeit der Luft“. Das Experiment mit dem Eisstück im Reagenzglas kann bei der Behandlung der Wärmeströmung zur Problemstellung Verwendung finden, wenn man es (bei schwimmendem Eis) mit Überraschungseffekt unten erwärmt.

Die geringe Wärmeleitfähigkeit der Gase sollte besonders hervorgehoben werden.

**Wärmeströmung.** Es ist zweckmäßig, bei der Behandlung der Wärmeströmung wiederum von einem der Beispiele auszugehen, die bei der Einführung der Wärmeübertragung dargestellt wurden, um die Wärmeströmung einzuordnen und damit einen Beitrag zur Herausbildung eines systemhaften Wissens zu leisten. Analog zu den Betrachtungen zur Anomalie des Wassers und in bewußter Erinnerung an diese wird die unterschiedliche Dichte als Ursache der Wärmeströmung gekennzeichnet. Es kann bei den Schülern die Voraussage ange-regt werden, daß die bei Flüssigkeiten gewonnenen Erkenntnisse auf Gase übertragen werden können. Die Bestätigung erfolgt z. B. (Bild 19) mit einer brennenden Kerze

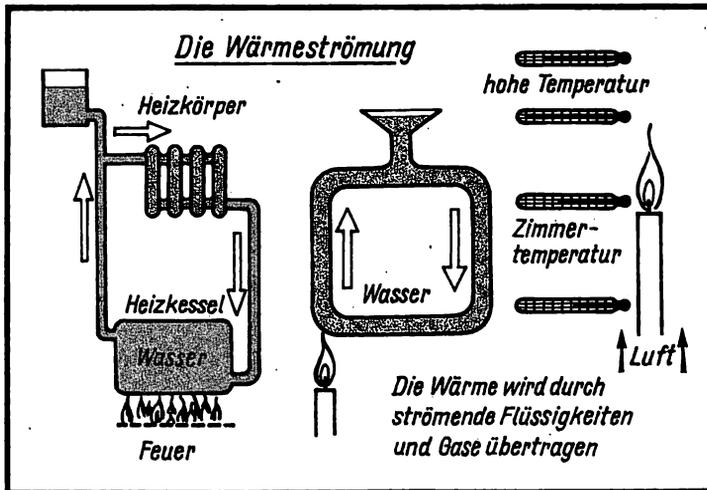


Bild 19

(Entzünden eines leicht brennbaren Körpers, Temperaturmessung an verschiedenen Stellen). Es sollte unbedingt der Bezug zu den Meeres- und Luftströmungen, die im Geographieunterricht behandelt wurden, hergestellt werden.

Um den Schülern bereits gemachte Beobachtungen in Erinnerung zu rufen, kann die Wärmeströmung in einem großen erhitzten Becherglas mit Wasser z. B. durch einige Tropfen Faserschreiber-Nachfülltinte sichtbar gemacht werden. Das Strömungsrohr sollte bewußt als vereinfachte Nachbildung einer Warmwasserheizung gekennzeichnet werden. Die Wärmeströmung in Flüssigkeiten kann durch Bewegung geeigneter Körper (PSE Thermodynamik, Wärmeströmung am Türspalt, über Wärmequellen und im geheizten Zimmer) oder durch Schlierenprojektion z. B. einer Flamme (Schattenwurf mit einem Diaprojektor) demonstriert werden.

**Wärmestrahlung.** Während den Schülern das Wesen der Wärmeleitung (Übertragung der heftigeren Teilchenbewegung jeweils auf benachbarte Teilchen) und der Wärmeströmung (Auftreten einer Strömung durch Dichteunterschiede, dadurch Bewegung von Teilchen der erhitzten Flüssigkeiten und Gase) nahegebracht werden kann, wird die Wärmestrahlung rein phänomenologisch behandelt. Dabei ist besonders die Energieübertragung von der Sonne zur Erde hervorzuheben.

Zur Untersuchung von geradliniger Ausbreitung, Durchdringung, Absorption und Reflexion eignet sich besonders eine Anordnung, die aus Infrarotstrahler und Empfänger und Schaltverstärker der Lichtschrankenordnung bzw. dem Fototransistor der Zusatzausstattung zur optischen Bank besteht. Die auftreffende Infrarotstrahlung kann z. B. über den Schaltverstärker durch Läuten einer elektrischen Klingel signalisiert werden. Die experimentelle Anordnung ist den Schülern nur soweit wie unbedingt erforderlich zu erläutern.

**Anwendung der Wärmeübertragung.** Alle in dieser thematischen Einheit behandelten physikalischen Phänomene sind den Schülern schon im täglichen Leben begegnet. Das geordnete Zusammenstellen und teilweise geistige Durchdringen sollte deshalb in der Regel mit einem Aufbereiten der Erfahrungen der Schüler beginnen. Unterstützt durch die Nachbildung in Experimenten und durch Freihandexperimente sollten Problemsituationen geschaffen werden, die gemeinsam mit den Schülern gelöst werden. Sie können in Fragen gipfeln wie „Wie kommt die Wärme von ... in ...?“ oder „Warum verbrennt man sich die Finger, wenn man eine Münze in eine Flamme hält, nicht aber, wenn man das mit einem Stein macht?“ Nach der Charakterisierung der jeweiligen Form der Wärmeübertragung sollen die Schüler diese jeweils in mindestens je einem praktischen Beispiel wiedererkennen oder Anwendungen dafür nennen und erklären. Mögliche Beispiele sind: LötKolben und Kochplatte (Wärmeleitung), Kühlturm und Schornstein (Wärmeströmung) und Infrarotstrahler bei der Tieraufzucht und im Infrarotgrill (Wärmestrahlung).

## *Wärmeübertragung und Wärmedämmung*

2 Stunden

### Ziele

Die Schüler

- wissen, daß Wärme durch Leitung, Strömung und Strahlung übertragen werden kann, und kennen die große Bedeutung der Wärmeübertragung für Natur, Technik und Produktion;
- wissen, daß Wärmeleitung und Wärmeströmung an das Vorhandensein von Stoffen gebunden sind, während Wärmestrahlung durch Stoffe behindert wird;
- können Experimente zu Wärmeleitung, -strömung und -strahlung beschreiben und Stoffe nach ihrer Wärmeleitfähigkeit und Durchlässigkeit für Wärmestrahlung ordnen;
- kennen die Notwendigkeit und die große ökonomische Bedeutung der Wärmedämmung;
- können Beispiele für die Wärmedämmung angeben, beschreiben und erläutern.

### Unterrichtsmittel

Papierschlange mit Ständer und Kerze  
 Weihnachtspyramide  
 mehrere gleichartige Thermometer  
 Thermosflasche  
 Schauthermometer

Tauchsieder  
 Dias und Bilder von Wärmeverrichtungen  
 Mineralwolle, Glaswolle, Schaumpolystyrol  
 Arbeitsblatt Wärmeübertragung

### Schwerpunkte und Hinweise

**Technische Anwendungen der Wärmeübertragung.** In dieser thematischen Einheit sollen kompliziertere praktische Beispiele analysiert und diskutiert werden. Das sollte mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad erfolgen. Es empfiehlt sich, von Beispielen zur rationellen Energieübertragung auszugehen und nachfolgend Beispiele zur möglichst wirksamen Wärmedämmung zu betrachten. Das Ziel besteht im Anwenden und Systematisieren des Wissens der Schüler, in der Wiederholung und Kontrolle. Möglichkeiten, das Wissen der vorangegangenen Stoffeinheiten einzubeziehen, sollten genutzt werden.

Zunächst können für die verschiedenen Formen der Wärmeübertragung von den Schülern Beispiele genannt werden. Das ist im Zusammenhang mit der Bearbeitung der ersten Aufgabe im Arbeitsblatt „Wärmeübertragung“ möglich. Der Lehrer bringt danach komplizier-

tere Beispiele ins Gespräch. Er sollte die gemeinsamen Betrachtungen durch Unterrichtsmittel unterstützen (Gegenstände, Experimentiergeräte, Dias, Fotos, Folien, Karten, Tafelskizzen). Die Schüler sollten jeweils angeben, um welche Arten der Wärmeübertragung es sich handelt, und diese beschreiben und erläutern. Die Beispiele sollten sich von Gegenständen des täglichen Bedarfs (Heiz- und Kochgeräte, Kühlschrank) über technische Anlagen (Hochofen, Kühlanlagen, Futterdämpfer) bis zu großräumigen geographischen Luft- und Meeresströmungen erstrecken. Ausgehend von der Skizze zur Warmwasserheizung (Arbeitsblatt) kann mittels einfacher Experimente (Nachweis der Wärmeströmung mittels Kerzenflamme und Papierschlange, Messung der Temperatur an verschiedenen Stellen, Strahlungsmessung mit berußtem Thermometer) die Wärmeübertragung im Klassenzimmer untersucht werden. Hierbei kann sowohl die Komplexität der Vorgänge deutlich gemacht als auch der Anteil der einzelnen Formen der Wärmeübertragung abgeschätzt werden.

**Kontrolle der Schülerleistungen.** Die Arbeit mit dem Arbeitsblatt bzw. den auf Folien dargestellten Inhalten zur Wärmeübertragung sowie das Nennen, Analysieren und Untersuchen der Beispiele ist sehr gut zur Leistungskontrolle geeignet. Wiederholend können dabei Fragen der Temperaturmessung, des Verhaltens des Volumens der Körper bei Temperaturänderungen, insbesondere zur Anomalie des Wassers sowie zur Zustandsänderung einbezogen werden.

# Arbeitsblatt

## Wärmeübertragung

Wärme kann durch Wärmeleitung, -strömung und -strahlung übertragen werden. Vervollständige die Tabelle!

Formen der Wärmeübertragung	Ist ein Stoff erforderlich?	Beispiele
Wärmeleitung		
Wärmeströmung		
Wärmestrahlung		

Zeichne die Rohrleitungen in die Warmwasserheizung ein! Kennzeichne die Strömung des erwärmten Wassers mit roten Pfeilen und die des abgekühlten Wassers mit blauen Pfeilen! Kennzeichne in gleicher Weise die Strömung in Luft in einem Zimmer mit Ofenheizung!

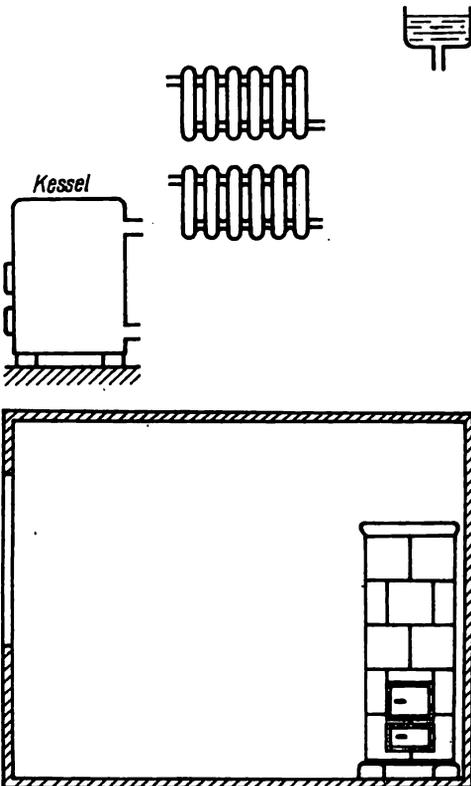


Bild 20

**Wärmedämmung.** Den Schülern sollte bewußtgemacht werden, daß bei allen Anwendungen zur Nutzung der Wärme neben der gewünschten Wärmeübertragung auch immer unerwünschte auftritt und daß der Anteil der letzteren möglichst klein gehalten werden muß. Die Herausarbeitung ist sehr gut dafür geeignet, daß die Schüler in den Möglichkeiten der Wärmedämmung ihre Kenntnisse von der Wärmeübertragung anwenden. Dabei können Fragen aufgeworfen werden wie: Wie kann erreicht werden, daß die Wärmeleitung möglichst gering ist? (Durch eine Ziegelmauer dringt unter gleichen Bedingungen die Hälfte der Wärme, durch eine Hohlziegelmauer ein Drittel und durch Glas- oder Mineralwolle weniger als ein Zehntel gegenüber Beton.) Welche Stoffe sind schlechte Wärmeleiter? Welche Maßnahmen kann man ergreifen, um die Wärmeströmung zu behindern?

**Wärmedämmung in der Technik.** In der Industrie bieten sich besonders der Wohnungsbau und die Fernheizleitungen zur Diskussion der prinzipiellen Möglichkeiten der Wärmedämmung an. Dazu sollten Bilder, Dias und Tafelskizzen und möglichst auch Realobjekte herangezogen werden. Je nach dem Erfahrungsbereich der Schüler sollten Doppel- bzw. Thermofenster, Fensterläden bzw. Jalousien, Thermoscheiben, Folienzelte, Gewächshäuser, Mieten u. a. mit in die Diskussion einbezogen werden. Ein wesentlicher Diskussionsgegenstand kann sein, wie gewonnene Erkenntnisse im Bereich des Haushalts genutzt werden und wie man diese Maßnahmen noch verbessern kann (Abdichten der Ritzen, Fenster und Türen, Doppelverglasungen, Zuhängen der Fenster, Einpacken von Wasserleitungen, zweckmäßige Kleidung). Auch der Körperbau bestimmter Tiere kann aus der Sicht der Wärmedämmung mit in die Betrachtungen einbezogen werden. Die Thermosflasche wird in ihrem Aufbau untersucht und als optimale Möglichkeit der Wärmedämmung charakterisiert. Auf die große technische Bedeutung von Thermosgefäßen zum Transport und zur Aufbewahrung von flüssiger Luft und anderen verflüssigten Gasen sollte hingewiesen werden.

**Ökonomische Bedeutung der Wärmedämmung.** Die Betrachtungen zur Wärmedämmung sind hervorragend geeignet, einen Beitrag zum sparsamen Umgang der Schüler mit Energie zu leisten. Die Schüler sollen erkennen, daß es noch viele ungenutzte Möglichkeiten der Wärmedämmung gibt, daß unsere moderne Industrie sehr gute Voraussetzungen für eine wirksamere Wärmedämmung liefert (Schaumbeton, Schaumpolystyrol, Hohlblocksteine, Glas- und Mineralwolle, Aluminiumfolie), und sie sollen dazu angeregt werden, über Möglichkeiten der verbesserten Wärmedämmung in ihrem Haushalt nachzudenken und diese zu realisieren. Das Thema bietet gute Möglichkeiten für die Gestaltung einer Wandzeitung oder Schautafel.

## **Stoffeinheit Der Aufbau des Atoms und elektrische Ladungen**

3 Stunden

### **Ziele und inhaltliche Schwerpunkte**

In dieser Stoffeinheit werden die Untersuchungen zur Struktur, die in der Stoffeinheit „Aufbau der Stoffe“ begonnen wurden, zu einem relativen Abschluß gebracht. Dort wurden die Atome und Moleküle als kleinste Bausteine der Stoffe gekennzeichnet. Durch die

Charakterisierung als „Teilchen“ wurde ihr Aufbau bewußt stark vereinfacht, weil er für die zu erklärenden Erscheinungen ohne Bedeutung war.

In der vorliegenden Stoffeinheit wird die Struktur einer Teilchenart, der Atome, näher betrachtet. Das prinzipielle Vorgehen besteht dabei darin, daß am Beispiel der vereinfachten Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe den Schülern die Notwendigkeit bewußtgemacht wird, daß es für die Erklärung bestimmter Erscheinungen nicht mehr genügt, sich die kleinsten Bausteine der Stoffe als Kügelchen vorzustellen, sondern daß man mehr über den Aufbau wissen muß. Es wird außer groben modellmäßigen Vorstellungen von den Bestandteilen des Atoms (Kern und Elektronen) und deren Anordnung auch die elektrische Ladung eingeführt. Ohne den Begriff „Modell“ zu gebrauchen, wird den Schülern bewußtgemacht, daß es sich um stark vereinfachte Vorstellungen vom Aufbau des Atoms handelt.

In der Stoffabfolge und damit auch im Anforderungsniveau sind mehrere methodische Varianten möglich. Sie resultieren vor allem daraus, daß einerseits der Ladungsbegriff Voraussetzung für die Behandlung des Aufbaus der Atome ist. Andererseits setzt die Erklärung der Ladungstrennung durch Berührung Kenntnisse über den Aufbau des Atoms voraus.

Ein möglicher Weg der schrittweisen Behandlung wird im Lehrbuch gegangen. Auf experimentellem Wege wird zunächst der Ladungsbegriff eingeführt. Danach wird der Aufbau des Atoms den Schülern mitgeteilt. Schließlich wird die Ladungstrennung mit den Vorstellungen vom Aufbau des Atoms erklärt.

Bei diesem Weg ist das Anforderungsniveau relativ gering. Es steigt im letzten Teil an, in dem die getrennt gewonnenen Erkenntnisse zusammengeführt werden.

Ein weiterer Weg besteht darin, schrittweise den Aufbau des Atoms zu behandeln und erst in der letzten Phase die Betrachtungen zu den Ladungen einzuführen und dabei die Kenntnisse vom Aufbau des Atoms zu wiederholen.

Dieser Weg ist anspruchsvoller, da den Schülern zu Beginn viele Aussagen mitgeteilt werden müssen.

Da die Atome und die elektrischen Ladungen nicht direkt mit den menschlichen Sinnesorganen wahrnehmbar sind, werden in dieser Stoffeinheit noch höhere Anforderungen an das Abstraktionsvermögen der Schüler gestellt als in der Stoffeinheit Aufbau der Stoffe.

Deshalb ist es erforderlich, der Nutzung der Kenntnisse und Erfahrungen der Schüler besondere Aufmerksamkeit zu schenken, alle empfohlenen Experimente durchzuführen und auszuwerten sowie geeignete Abbildungen, Applikationen und gegenständliche Modelle einzusetzen.

Mit der Behandlung einer räumlichen Modellvorstellung vom Atom werden wichtige Vorleistungen für den Chemieunterricht in Klasse 7 geschaffen. Deshalb sollte ein festes, ausbaufähiges Wissen angestrebt werden. Insbesondere ist zu betonen, daß es sich um stark vereinfachte Vorstellungen handelt und daß die Struktur der Atome sehr kompliziert ist.

In dieser Stoffeinheit wird ein weiterer Beitrag zur Herausbildung eines wissenschaftlichen Weltbildes geleistet. Er sollte in engem Zusammenhang mit den Zielen in der folgenden Stoffeinheit „Gegenstand der Physik und physikalische Arbeitsweisen“ gesehen werden.

Den Schülern sollte eine gewisse Vorstellung von der Kleinheit der Atome vermittelt werden. Dann werden sie darüber erstaunt sein, wie man durch sorgfältig geplante und ausgewertete Experimente wichtige Erkenntnisse über diese so kleinen Objekte erlangen kann. Dabei zeigt sich erneut die fundamentale Rolle des Experimentes als Frage an die Natur. Obwohl die Vorstellungen vom Atom stark vereinfacht sind, erwiesen sie sich im entsprechenden Bereich als richtig und praktisch nutzbar.

In dieser Stoffeinheit sind die *Schwerpunkte im Wissen und Können*:

- Kräfte zwischen elektrisch geladenen Körpern;
- Aufbau des elektrisch neutralen Atoms;
- Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Atomen verschiedener Stoffe;
- Erklären der Ladungstrennung durch Berühren mit den Kenntnissen vom Aufbau des Atoms und der elektrischen Ladung.

## Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit

Thematische Einheiten, Stundenanzahl	Vorleistungen, zu reaktivierendes Wissen	Experimente, besondere Unter- richtsmittel, Schüleraufträge
<b><i>Aufbau des Atoms und elektrische Ladungen</i></b> Grundbestandteile des Atoms Einfache Vorstellungen von ihrer Anordnung Größe des Atoms positive Ladungen und negative Ladungen Kräfte zwischen geladenen Körpern neutrale Körper <p style="text-align: right;">3 Std.</p>	Leiter und Nichtleiter (We 4) Der einfache Stromkreis (We 5)	DE, SE: Nachweis der Ladungen Hafttafel mit Applikationen räumliches Modell eines Atoms Luftkissentisch K-F-25 Diffusion in Gasen K-F-62 Brownsche Bewegung DE, SE: Kraftwirkungen zwischen geladenen Körpern

### Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheit

#### *Aufbau des Atoms und elektrische Ladungen*

3 Stunden

#### Ziele

Die Schüler

- wissen, daß die Atome die kleinsten Bestandteile vieler Stoffe sind;
- wissen, daß die Atome aus Atomkern und Atomhülle bestehen;
- wissen, daß durch intensive Berührung zweier Körper Ladungstrennung erfolgen kann;
- wissen, daß ein Körper elektrisch neutral, positiv oder negativ geladen sein kann;
- wissen, daß das Elektron Träger der kleinsten elektrischen Ladung ist;
- können den prinzipiellen Aufbau der Atome einiger Stoffe beschreiben und wissen, daß es sich dabei um vereinfachte Vorstellungen handelt.

Es wird ein Beitrag zur Überzeugung geleistet, daß man auch Erkenntnisse über Objekte erlangen kann, die mit unseren Sinnesorganen nicht direkt wahrnehmbar sind.

#### Unterrichtsmittel

Aufbausatz Elektrostatik

Bandgenerator

Glimmlampe

SE: Plastestab (SEG Elektrostatik), Reibzeug, kleine Körper geringer Dichte (Holundermark, Papierschnitzel), Plastplatte (SEG Elektrostatik), T-Fuß (SEG Optik), Nadelträger (SEG Elektrik)

Luftkissentisch

Hafttafel und Applikationen

#### Schwerpunkte und Hinweise

Reaktivierung des Wissens der Schüler über den Aufbau der Stoffe aus Teilchen. Zu Beginn empfiehlt sich eine Kennzeichnung des erreichten Wissensstandes durch eine Wie-

derholung. Der Umfang sollte sich nach dem Grad der Beherrschung des Wissens richten. Dazu kann zunächst der 1. Teil des Kassettenfilms „Brownsche Bewegung“ wiederholend vorgeführt werden. Die Schüler beschreiben die Erscheinung, die beim Blick in ein Mikroskop zu beobachten ist. Die Brownsche Bewegung kann nochmals als wichtiger Beleg für den Aufbau der Stoffe aus Teilchen gekennzeichnet und das Zustandekommen dieser Erscheinung erklärt werden. Durch das Zeigen des 2. Teils des Filmes sowie des Modellexperimentes zur Brownschen Bewegung auf dem Luftkissentisch werden diese Aussagen noch einmal veranschaulicht. Nachfolgend sollten die wichtigsten bisher gewonnenen Erkenntnisse über den Aufbau der Stoffe zusammengestellt werden: Alle Stoffe bestehen aus Teilchen, diese befinden sich in ständiger Bewegung, bei geringer Entfernung zwischen den Teilchen wirken starke Kräfte.

Wenn erforderlich, können diese Aussagen wiederholend zur Erklärung der Erscheinung der Diffusion genutzt werden. Hierbei empfiehlt sich die Durchführung des Modellexperimentes zur Diffusion von Flüssigkeiten auf dem Luftkissentisch. Bei dieser Erklärung sowie beim Erklären des Form- und Volumenverhaltens von Körpern in den verschiedenen Aggregatzuständen sollte den Schülern bewußtgemacht werden, daß die vereinfachten Vorstellungen in keiner Weise nachteilig sind, sondern das Wesentliche sogar besonders gut erkennen lassen.

**Motivierung.** Eine wirksame Motivierung besteht darin, die Schüler mit Erscheinungen zu konfrontieren, die sich mit diesen einfachen Vorstellungen nicht erklären lassen. Ausgehend vom Werkunterricht der Klassen 4 und 5 kann auf die Problematik hingewiesen werden, daß es Leiter und Isolatoren für den elektrischen Strom gibt, danach sollte auf Kräfte zwischen elektrisch geladenen Körpern orientiert werden (einführendes Demonstrations- und Schülerexperiment). Eine Auswertung der Experimente kann – das muß den Schülern bewußtgemacht werden – noch nicht vollständig erfolgen, weil dazu die Kenntnisse fehlen. Auch die schrittweise über den Aufbau des Atoms vermittelten Kenntnisse werden als noch nicht ausreichend für diese Erklärung gekennzeichnet. Damit wirkt diese Motivation auch noch für die folgenden Unterrichtsstunden.

**Bestandteile und Aufbau des Atoms.** Die Informationen über den Aufbau des Atoms werden den Schülern vom Lehrer gegeben. Anstelle des Einführens und Zeichnens einer Bahn der Elektronen wird die neutrale Formulierung „die Elektronen bewegen sich um

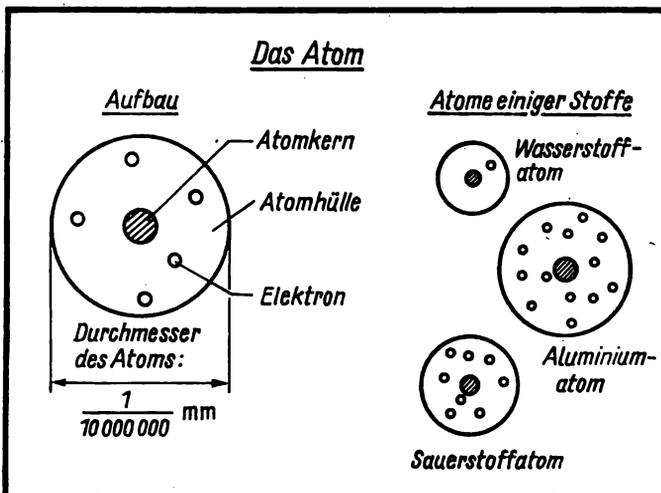


Bild 21

den Atomkern“ benutzt. Das schrittweise Vorgehen sollte durch Unterrichtsmittel unterstützt werden.

Als Applikationen sind auch die Schwebekörper vom Luftkissentisch geeignet. Sie können sowohl auf die Schreibfläche des Lichtschreibprojektors gelegt als auch an die Hafttafel gebracht werden. An 2 bis 3 Beispielen sollte auf Unterschiede im Aufbau der Atome verschiedener Stoffe hingewiesen werden. Durch einen Größenvergleich kann den Schülern ein gewisser Eindruck von den Größenverhältnissen beim Atom vermittelt werden (Bild 21). Weiterhin sollten die Schüler verschiedene Atommodelle zeichnen.

**Ladungstrennung.** In einer Reihe von Experimenten zur Ladungstrennung, die die Schüler z. T. schon aus der populärwissenschaftlichen Literatur kennen (z. B. nach Backe: „Physik selbst erlebt“), können die Schüler beobachten, daß nach dem Reiben Kräfte auftreten. Von besonderer Bedeutung ist der Nachweis anziehender Kräfte zwischen Stab und Reibzeug. Diese Experimente sind auch zur Einführung der Begriffe „elektrische Ladung“, „elektrisch geladen“, „positive und negative elektrische Ladungen“ geeignet. Entsprechend dem Bild 22 werden die Vorgänge anhand einfacher Skizzen erläutert. Dabei sollte die

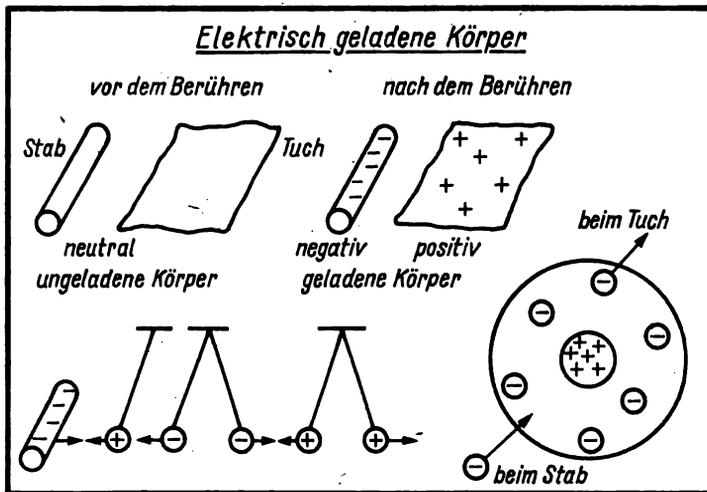


Bild 22

Gleichheit der Anzahl positiver und negativer Ladungen herausgearbeitet und der Begriff „neutral“ eingeführt werden. Die Schüler können entweder unmittelbar in die Durchführung der Experimente einbezogen werden (evtl. vorbereitete Aufträge an geeignete Schüler), oder alle Schüler wiederholen die Experimente nachfolgend. Dabei soll ihnen bewußt werden, daß durch das Reiben eine besonders innige Berührung der Körper erreicht wird. Weitere Schülererfahrungen werden im Unterrichtsgespräch oder im Lehrervortrag ergänzt (z. B. Kräfte beim Ausziehen von Kleidungsstücken, Antistatiktücher).

Um den Bezug zur Elektrizität deutlich werden zu lassen, sollten auch mit dem Bandgenerator Funken erzeugt und eine Glimmlampe zum Aufleuchten gebracht werden. Nachfolgend kann jeweils ein Schüler ein Experiment vor der Klasse vorführen und die Vorgänge beschreiben und erklären. Dabei kann er die Hafttafel benutzen. Schließlich werden die Ergebnisse auf andere Atomarten übertragen.

Der Bezug zum Atombau wird dadurch hergestellt, daß eine Erklärung der Vorgänge gegeben wird, die beim innigen Berühren von Körpern auftreten. Dabei werden die Kenntnisse über das Atom bezüglich der Ladungen im Kern und in der Hülle erweitert. Abschließend wird auf die räumliche Ausdehnung und die unterschiedliche Größe der verschiedenen Atome orientiert. Schließlich erfolgt der Hinweis, daß ein Molekül aus zwei oder mehreren Atomen besteht, die fest miteinander verbunden sind.

Bei der Auswertung der Experimente mit elektrisch geladenen Körpern kann auf gewisse Vorleistungen aus dem Werkunterricht zurückgegriffen werden. Die Schüler wissen u. a.,

- daß es Leiter und Isolatoren gibt,
- wie ein elektrischer Stromkreis aufgebaut ist (Batterie, Leitungen, Lampe, Schalter),
- daß der elektrische Strom eine Lichtwirkung hat.

Weiterhin werden bei den Betrachtungen zu den elektrischen Kräften wichtige Kenntnisse aus der Stoffeinheit „Kräfte und ihre Wirkungen“ wiederholt und vertieft. In der Gewichtskraft haben die Schüler bereits eine Kraft kennengelernt, die zwischen sich nicht berührenden Körpern auftritt. Hierzu sollte unbedingt die Analogie bewußtgemacht werden. Die Experimente mit elektrisch geladenen Körpern machen ebenfalls die gegenseitige Beeinflussung deutlich, die die Schüler bereits bei den mechanischen Kräften erkannt haben.

**Festigung.** Zur Wiederholung, Festigung und Kontrolle sind z. B. folgende Fragen bzw. Aufgaben geeignet:

- Welche Kräfte treten nach dem Reiben eines Plastestabes mit dem Reibzeug auf? Erkläre die Erscheinung mit deinen Kenntnissen vom Aufbau der Atome!
- Welche Art von Kräften tritt zwischen positiv geladenen, zwischen negativ geladenen und zwischen positiv und negativ geladenen Körpern auf?
- Zeichne ein Atom und benenne die Bestandteile!

Weiterhin ist zu erwägen, ob den Schülern eine experimentelle Aufgabe gestellt wird. Sie sollten dann aufgefordert werden, die beobachteten Erscheinungen zu beschreiben und zu erklären.

# Stoffgebiet Gegenstand der Physik und physikalische Arbeitsweisen

4 Stunden

Dieses Stoffgebiet ist dadurch gekennzeichnet, daß in Verbindung mit Wiederholung und Festigung von Schwerpunkten aus dem bereits behandelten Stoff den Schülern Arbeitsweisen verdeutlicht werden, die bei der Aneignung physikalischen Wissens angewendet werden.

Zwischen dem Stoffgebiet „Gegenstand der Physik und physikalische Arbeitsweisen“ und dem Stoffgebiet „Einführung in den Physikunterricht“ besteht eine enge inhaltliche Verbindung. In den ersten beiden Stunden des Schuljahres erhalten die Schüler ohne besondere Vorkenntnisse über das Unterrichtsfach Physik Vorstellungen vom Gegenstand der Physik, von typischen Arbeitsweisen und ihrer Bedeutung für die Praxis. In diesem Stoffgebiet können die bis zu diesem Zeitpunkt von den Schülern im Physikunterricht gemachten Erfahrungen und erworbenen Kenntnisse dafür eingesetzt werden, um Aussagen darüber zu erarbeiten, womit sich die Naturwissenschaft Physik, auch in Abgrenzung zur Biologie, beschäftigt. Es wird keine Begriffsdefinition der Naturwissenschaft Physik und ihrer Teilgebiete angestrebt. Weiteres Anliegen des Stoffgebietes ist es, daß den Schülern immer deutlicher bewußt wird, durch welche Arbeitsweisen im Physikunterricht Erkenntnisse gewonnen werden und wie die Menschen von diesen Erkenntnissen Gebrauch machen.

Antwort auf die Frage „Womit beschäftigt sich die Physik?“ kann einerseits wiederholend, wie schon erwähnt, durch eine Abgrenzung des Faches Physik zu anderen Naturwissenschaften erfolgen. Andererseits sollten vielfältige Beispiele aus dem vorangegangenen Physikunterricht und aus der Erfahrungswelt der Schüler dazu dienen, daß sie darüber nachdenken, was alles von Physikern erforscht wird. Dabei sollten Beispiele (Erwärmen von Wasser, Benutzen einer Sehhilfe [Brille], Bewegung eines Federballs) aus allen Teilgebieten der Physik berücksichtigt werden.

Die Suche nach Antwort auf die Frage „Wie kommt man zu physikalischen Erkenntnissen?“ führt zum Nachdenken über typische Arbeitsweisen in der Physik. Den Schülern soll bewußt werden, daß zielgerichtetes Beobachten, schrittweises Vorgehen, genaues Erfassen der Ergebnisse und exaktes Formulieren durch richtige Verwendung der Fachausdrücke und Begriffe wichtige Grundlagen für die Gewinnung von Erkenntnissen in der Physik sind. An zu reaktivierendem Stoff wiederholen die Schüler das kausale Verknüpfen von Vorgängen (z. B. Mechanik: Verdoppelt man die auf eine Feder wirkende Kraft, so verdoppelt sich auch die Längenänderung der Feder) und werden sich dabei darüber bewußt, daß auch das zum typischen Vorgehen in der Physik gehört.

Hier liegen unmittelbar die erzieherischen Potenzen des Stoffgebietes. Insbesondere bei der Durchführung des vorgesehenen Schülerexperimentes zur Dichtebestimmung sollte der Lehrer auf die entsprechend den typischen physikalischen Arbeitsweisen zu entwickelnden Charaktereigenschaften wie Zielstrebigkeit, Beharrlichkeit, Exaktheit, aber auch Kameradschaftlichkeit achten und auf deren Ausprägung Einfluß ausüben.

Die Antwort auf die Frage „Wozu strebt der Mensch nach physikalischen Erkenntnissen?“ läßt fachübergreifende Betrachtungen zu, z. B. zum Werkunterricht und auch zum Geschichtsunterricht (Arbeitsmittel zur Erleichterung der Arbeit), aber auch das Anknüpfen an die Erfahrungswelt der Schüler ist hier möglich (z. B. Bewegungsvorgänge im Straßenverkehr).

In diesem Stoffgebiet sind die *Schwerpunkte im Wissen und Können*:

- Anhand von Beispielen verdeutlichen, womit sich die Physik beschäftigt und wie der Mensch gewonnene Erkenntnisse nutzt;
- Bewußtmachen typischer Arbeitsweisen in der Physik;
- Anwendung der bewußtgewordenen Arbeitsweisen beim Schülerexperiment.

### Vorschlag zur Gliederung des Stoffgebietes

#### Variante A

Thematische Einheiten, Stundenanzahl	Vorleistungen, zu reaktivierendes Wissen	Experimente, besondere Unter- richtsmittel, Schüleraufträge
<p><i>Gegenstand der Physik und physikalische Arbeitsweisen</i>            Kennzeichnung der Physik als eine Naturwissenschaft mit Hilfe von Beispielen            elementare Betrachtungen zu Arbeitsweisen in der Physik und deren Bedeutung für das Gewinnen physikalischer Erkenntnisse            Arbeitsergebnisse des Physikers als Grundlage            - für das Erklären physikalischer Erscheinungen            - für die Anwendung physikalischer Erkenntnisse in der Technik            Schülerexperiment zur Bestimmung der Dichte von Glas und Salzwasser            Anwenden der Kenntnisse über die Arbeitsweisen in der Physik</p> <p style="text-align: right;">4 Std.</p>	<p>Begriff der Naturwissenschaft            Teilgebiete der Physik            Begriff physikalische Größe (Ph 6)            Kenntnisse über Arbeitsmittel (We, Ge)            Dichte (Ph 6)</p>	<p>Geräte entsprechend der vorgesehenen DE            SEG Mechanik            SE: Dichtebestimmung</p>

Bei Variante A kann das Schülerexperiment als Zielstellung für die gesamte thematische Einheit dienen. Es wird in den vorhergehenden Stunden langfristig vorbereitet und dient als Abschluß des Stoffgebietes gleichzeitig der Anwendung und Festigung des erworbenen Wissens.

#### Variante B

Es ist möglich, nach der Behandlung von Gegenstand und Arbeitsweisen der Physik das Schülerexperiment durchzuführen und daran Betrachtungen zur Anwendung der Physik anzuschließen.

Die Variante B bietet die Möglichkeit, in den dem Versuch vorangestellten Betrachtungen bereits vorbereitend für das Experiment Wiederholungen durchzuführen und das Vorgehen beim Experimentieren vorzuplanen. Entsprechend der zeitlichen Situation kann dann der Umfang des Eingehens auf Anwendungen der Physik vorgesehen werden.

#### Variante C

Eine dritte Variante wäre, das Schülerexperiment an den Anfang des Stoffgebietes zu stellen und anschließend Gegenstand, Arbeitsweisen und die Anwendung der Physik zu behandeln. Variante C stellt hohe Anforderungen an die Selbständigkeit der Schüler und an eine zügige Arbeitsweise. Die Schüler müssen vorbereitend selbständig Kenntnisse über die physikalischen Größen Dichte, Masse und Volumen wiederholen. Sie müssen bereits über eine gute Sicherheit im Gebrauch von Meßzylinder und Waage verfügen.

Will der Lehrer diese Variante nutzen, so sollte er bereits im vorangehenden Stoffgebiet bei der Planung von täglichen Festigungen auf das Experiment vorbereitende Wiederholungen einplanen. Das Schülerexperiment sollte dann bei der Behandlung der anderen Inhalte der thematischen Einheit jeweils Ausgangspunkt sein.

### Empfehlungen zur Gestaltung des Stoffgebietes

#### *Gegenstand der Physik und physikalische Arbeitsweisen*

4 Stunden

#### Ziele

Die Schüler

- können anhand von Beispielen erläutern, womit sich die Naturwissenschaft Physik beschäftigt;
- wissen, daß Beobachten, Fragen, Experimentieren sowie sorgfältiges Erfassen der Experimentiererergebnisse wichtige Arbeitsweisen in der Physik sind;
- lernen die Arbeit der Physiker achten, indem sie Beispiele der Anwendung physikalischer Erkenntnisse nennen und beschreiben;
- bestimmen die Dichte eines festen und eines flüssigen Stoffes und wenden dabei ihre Kenntnisse über die Dichte an;
- können mit Waage und Meßzylinder Masse und Volumen bestimmen;
- können den Meßvorgang beschreiben;
- halten Ordnung und arbeiten sorgfältig beim Experimentieren, achten auf Genauigkeit beim Messen und Berechnen.

#### Unterrichtsmittel

Geräte entsprechend den vorgesehenen DE	Meßzylinder
Tondiareihe T-R 75 „Gegenstand der Physik“	Becherglas
Briefwaage oder Balkenwaage	Salz
SE: Krampen (Glas, Aluminium, Stahl, Kupfer)	

#### Schwerpunkte und Hinweise

**Tägliche Festigung.** Zur Vorbereitung dieses Stoffgebietes sollte der Lehrer sorgfältig analysieren, welche Schwerpunkte des behandelten Unterrichtsstoffes entsprechend der Klas-

sensituation, bezogen auf den einzelnen Schüler, zu wiederholen, festigen oder systematisieren sind. Diese bilden eine Grundlage für die Behandlung der Themen innerhalb des Stoffgebietes und für die täglichen Festigungen. Zur Vorbereitung auf das Schülerexperiment ist es wichtig, Umrechnungen von Volumenangaben in Milliliter in Volumenangaben in Kubikzentimeter, Ableseübungen am Meßzylinder sowie die Wiederholung der physikalischen Bedeutung und der Formelzeichen von Masse, Volumen und Dichte und der Gleichung der Dichte als auch der Einheiten vorzusehen.

**Naturwissenschaft Physik.** Indem die Schüler aufgefordert werden, kurz zu berichten, was sie bisher im Physikunterricht gelernt haben, können die Teilgebiete der Physik wiederholend genannt und einige Beispiele aus dem Lebensbereich der Schüler für die Teilgebiete angegeben werden. Durch den Lehrbuchabschnitt, S. 105 f., der in die Erarbeitung des Gegenstandes der Physik einbezogen werden kann, ist das Niveau der Inhaltsangabe durch die Schüler bestimmt.

**Gewinnen von Erkenntnissen in der Physik.** Entsprechend dem zu wiederholenden Stoff sollte der Lehrer ein Demonstrationsexperiment (oder auch mehrere) für den Unterricht planen (z. B. Einfluß einer Kraft auf die Dehnung einer Feder, Volumenänderung bei Erwärmung und Abkühlung – Kugel-Ring-Versuch). Neben der Behandlung der zu wiederholenden Fragen ist es wesentliches Ziel, den Schülern bewußtzumachen, auf welche Weise sie zur Erkenntnis gelangen. Ausgehend von *Beobachtungen* und den sich daraus ergebenden Problemstellungen entstehen *Fragen*. Wenn es möglich ist, suchen wir nach einer vermutlichen Antwort. Um zu erfahren, ob diese richtig war, schafft sich der Physiker, und im Physikunterricht wird das genauso gemacht, eine Möglichkeit, den Vorgang unter Laborbedingungen ablaufen zu lassen. Dazu muß man Wesentliches von Unwesentlichem unterscheiden, muß vergleichen und vereinfachen. Der *Planung* folgt dann die *Durchführung des Experimentes*. Dabei werden physikalische Größen gemessen oder auch Vorgänge in ihrem Zusammenhang von Ursache und Wirkung beobachtet und beschrieben. Sehr wichtig ist es, die Ergebnisse des Experimentes, wenn möglich und notwendig, exakt zu erfassen und festzuhalten. In der *Auswertung des Experimentes* werden vermutete Antwort, wenn sie formuliert wurde, und Ergebnis des Experimentes kritisch miteinander verglichen. Unter richtiger Anwendung der Fachsprache folgt die Formulierung der Erkenntnis.

Bei der Durchführung des Demonstrationsexperimentes können die Schüler durch Impulse des Lehrers die Schritte des Vorgehens weitgehend selbst angeben. Sie formulieren beispielsweise: Wenn an der Feder eine Kraft wirkt, so wird sie länger. Sie beschreiben eine mögliche Experimentieranordnung und machen Vorschläge für zu messende Größen. Aufgabe des Lehrers ist es, den Schülern jeweils die Teilschritte zur Erkenntnisgewinnung bewußtzumachen (Fragestellung, Aufbau einer Versuchsanordnung, Beobachtung und Messung, Auswertung). Mit Hilfe des Lehrbuches können die Schüler selbständig die typischen Arbeitsweisen in der Physik nochmals zusammentragen.

**Schülerexperiment.** Für das Experiment sollte der Lehrer etwa eine Stunde einplanen. Anliegen der Stunde ist es, daß sich die Schüler wiederholend über Etappen der Erkenntnisgewinnung in der Physik bewußt werden. Dabei sollen sie vorwiegend selbständig tätig sein. Zu Beginn können sich die Schüler im Lehrbuch, S. 103, über den Inhalt des Experimentes informieren. Die Planung des Vorgehens bei der Bestimmung der Dichte sollte gemeinsam erfolgen. Besondere Aufmerksamkeit ist der Kennzeichnung der Massen und Volumina sowie der Benutzung der Waage zu widmen. Im Lehrbuch sind keine Ausführungen zur Dichtebestimmung (Wägung) einer Flüssigkeit enthalten. Den Schülern ist ebenfalls Hilfe für das Protokollieren der Differenzmessungen beim Bestimmen der Volumina bzw. Massen zu geben. Zu den genannten Schwerpunkten sind in PhiS 1/2, 1987, Seite 47 ff., zahlreiche Hinweise enthalten.

Günstig ist es, die zwei Dichtebestimmungen in getrennten Teilerperimenten auszuführen. Im Interesse einer rationellen Nutzung der Zeit sollten bei Verwendung von Balkenwaagen aus dem SEG den Schülern diese vorgefertigt bereitgestellt werden. Um den relativen Fehler (Meßabweichung) bei der Dichtebestimmung für Glas klein zu halten, ist es vorteilhaft, etwa 4 Krampen (nicht nur eine) zu verwenden. Da bei dieser Vorgehensweise nicht für alle Schülergruppen genügend Krampen aus gleichem Stoff zur Verfügung stehen, können die einzelnen Schülergruppen auch Krampen aus unterschiedlichen Stoffen verwenden.

Als Hilfe für das Protokollieren ist ein vorgefertigtes Tafelbild (Bild 23) geeignet (vgl. Hinweise zum Protokoll zur Volumenbestimmung, Bild 2).

Bei der Auswertung der Ergebnisse kann ein Vergleich mit den Angaben in der entsprechenden Lehrbuchtafel erfolgen. Den Schülern ist dabei bewußtzumachen, daß sich die Angaben in der Tabelle auf reine Stoffe (z. B. Kupfer) beziehen oder auf Stoffe unterschiedlicher Zusammensetzung (z. B. Glas, Holz).

**Anwendung physikalischen Wissens.** Es entsteht die Frage: Wozu beschäftigen sich die Menschen mit der Physik? Sich darüber Gedanken zu machen oder die Aufgaben 1 und 2 (LB, S. 106) zu bearbeiten, könnte vorbereitende Hausaufgabe sein.

In diesem Abschnitt soll mit Hilfe vieler Beispiele deutlich werden, daß der Physiker Wissen über Vorgänge und Erscheinungen erarbeitet, mit dem es möglich ist, diese zu erklären. Die Anwendungen seiner Arbeitsergebnisse tragen zum technischen Fortschritt und damit zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Menschen bei.

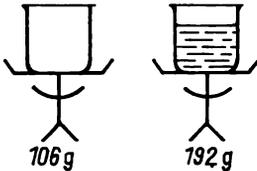
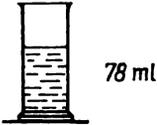
An dieser Stelle ist der Einsatz der Diaserie T-R 75 „Gegenstand der Physik“ möglich; die Vorgänge aus verschiedenen Teilgebieten der Physik, insbesondere unter dem Aspekt der Anwendung physikalischer Erkenntnisse, zeigt.

Dichte von Salzwasser

*Bestimmen  
der Masse  $m$  in g*

*Messen des  
Volumens  $V$  in  $\text{cm}^3$*

*Berechnen der Dichte*

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \rho = \frac{\dots \text{g}}{\dots \text{cm}^3} \quad \rho = \dots \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Bild 23

Im Stoffgebiet „Geometrische Optik“ erwirbt der Schüler grundlegende Kenntnisse über Lichtausbreitung, Reflexion, Brechung, Bildentstehung und einfache optische Geräte. Die Behandlung optischer Erscheinungen wird in Klasse 10 fortgesetzt. Dort erfolgt eine Vertiefung des Brechungsgesetzes durch dessen quantitative Behandlung.

Ausgehend von der geradlinigen Lichtausbreitung und mit der Einführung des Modells Lichtstrahl wird die Schattenbildung behandelt. Der Erkenntnisweg wird weitergeführt zur Betrachtung der Änderung der Richtung der Lichtausbreitung durch Reflexion und Brechung und der Formulierung von Reflexionsgesetz und Brechungsgesetz. Dabei wird der Strahlenverlauf an Spiegeln und Linsen genauer untersucht. In Anwendung der gewonnenen Erkenntnisse erfolgt die Behandlung der optischen Bilder hinsichtlich Entstehung, Lage und Eigenschaften. Schließlich festigen die Schüler das erworbene Wissen und Können bei der Untersuchung der Bildentstehung in optischen Geräten und bei deren Aufbau. Damit ergibt sich ein geschlossener Weg der Erkenntnisgewinnung und Anwendung. Folgende Erkenntnisse sollen die Schüler erwerben:

- Licht wird von Lichtquellen ausgesandt.
- Licht breitet sich in Stoffen und im Vakuum allseitig und geradlinig und mit sehr großer Geschwindigkeit aus.
- Der Lichtweg kann vom Licht auch in umgekehrter Richtung durchlaufen werden.
- Licht, das auf die Grenzfläche zweier Körper auftrifft, wird an diesen Flächen reflektiert. Es gilt: Bei der Reflexion liegen einfallender Strahl, Einfallslot und reflektierter Strahl in einer Ebene. Einfallswinkel  $\alpha$  und Reflexionswinkel  $\alpha'$  sind gleich groß.
- Licht wird im allgemeinen an der Grenzfläche zweier unterschiedlich lichtdurchlässiger Körper gebrochen. Es gilt: Treten Lichtstrahlen unter einem Einfallswinkel  $\alpha$  größer als  $0^\circ$  von Luft in Glas oder Wasser über, dann ist der Brechungswinkel  $\beta$  kleiner als der Einfallswinkel  $\alpha$ . Einfallender Strahl, Einfallslot und gebrochener Strahl liegen in einer Ebene.

Die Entwicklung des Könnens konzentriert sich auf:

- das Beobachten des Verlaufs des Lichtes bei Demonstrationsexperimenten und bei Schülerexperimenten;
- das Messen von Winkeln bei den Schülerexperimenten zur Reflexion und Brechung;
- das Durchführen und Auswerten von Experimenten (zeichnerische Darstellung von Strahlenverläufen, Formulieren von Experimentierergebnissen).

Für das Stoffgebiet sind vom Lehrplan vier verbindliche Schülerexperimente vorgesehen. Weitere sehr einfache Experimente lassen sich gegebenenfalls auch als Schülerexperimente durchführen. Bei solchen Experimenten kann auf das Führen von Protokollen verzichtet werden. Bei der Erarbeitung des Reflexions- und des Brechungsgesetzes reicht das Notieren der Meßwerte für die Winkel in übersichtlicher Form aus.

Als Variante bietet sich an, die Stoffeinheit „Optische Geräte“ aufzuschlüsseln. Einige Anwendungsbeispiele können gleich nach der Behandlung der Bildentstehung durch Brechung bzw. durch Reflexion angefügt werden.

## Stoffeinheit Lichtquellen und Lichtausbreitung

4 Stunden

### Ziele und inhaltliche Schwerpunkte

Diese Stoffeinheit dient dem Gewinnen erster Erkenntnisse über das Licht. Dabei ist zu beachten, daß die Schüler zwar Kenntnisse über Lichtquellen, Lichtausbreitung u. a. besitzen, daß aber kein bewußtes Erfassen optischer Vorgänge und Erscheinungen bisher stattgefunden hat. Es sind noch keine Kenntnisse darüber vorhanden, was Licht ist; diese werden auch in Klasse 6 nicht erworben. Das heißt, es erfolgt eine rein phänomenologische Behandlung. Der Erkenntnisweg kann in dieser Stoffeinheit so geführt werden, daß den Schülern zunächst bewußtgemacht wird, weshalb man Körper sehen kann. Aus der Erkenntnis, daß für das Sehen u. a. Licht notwendig ist, ergibt sich die Frage nach den Eigenschaften des Lichtes. Es muß auch jetzt schon die Frage gestellt werden, wie der Mensch die Kenntnisse über die Eigenschaften des Lichtes für sich nutzen kann. Zunächst wird auf der Basis von Experimenten und Erfahrungen der Schüler die Aussage gewonnen, daß Licht von Lichtquellen ausgesandt wird.

Die Gegenüberstellung der Begriffe Lichtquelle und beleuchteter Körper führt zur Benutzung des aus der Wärmelehre bereits bekannten Begriffes Reflektieren. Im folgenden wird der Verlauf des Lichtes auf empirischem Weg untersucht. Dabei gelangen die Schüler zu der Erkenntnis, daß sich Licht geradlinig ausbreitet (Bedingung: in einem einheitlichen Stoff). Die Schattenbildung kann nun vom Schüler mit Hilfe der beiden gewonnenen Aussagen erklärt werden.

Sie erfahren, wie Sonnen- und Mondfinsternisse entstehen. In dieser Stoffeinheit ist der für die Beschreibung optischer Erscheinungen wichtige Begriff Lichtstrahl einzuführen. Der Lichtstrahl ist ein Modell. Bei den Experimenten werden Lichtbündel verwendet.

Bereits in dieser Stoffeinheit werden die Schüler mit dem Demonstrationsgerät Haftoptik und dem Schülerexperimentiergerät „Ebene geometrische Optik“ (kurz Haftoptik genannt) bekanntgemacht.

Für das Stoffgebiet „Geometrische Optik“ sind die Schülertätigkeiten Experimentieren mit einer Lichtquelle, Abstrahieren vom Lichtbündel zum Lichtstrahl und zeichnerisches Darstellen von Strahlenverläufen des Lichtes bedeutsam.

Ein Beitrag zur Herausbildung eines wissenschaftlichen Weltbildes besteht darin, daß die Schüler erkennen: Licht ist eine Voraussetzung für das Wahrnehmen der Umwelt.

In dieser Stoffeinheit sind die *Schwerpunkte im Wissen und Können*:

- Licht geht von Lichtquellen aus;
- Licht breitet sich geradlinig und allseitig aus;
- Unterscheiden von Lichtquellen und beleuchteten Körpern sowie von lichtdurchlässigen und lichtundurchlässigen Körpern;
- Erklären des Entstehens von Schatten;
- Beschreiben und Zeichnen von Strahlenverläufen bei der Schattenbildung.

## Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit

Thematische Einheiten, Stundenanzahl	Vorleistungen, zu reaktivierendes Wissen	Experimente, besondere Unterrichtsmittel, Schüleraufträge
<p><i>Lichtquellen, beleuchtete Körper, Ausbreitung des Lichtes</i>                      Gegenstand der Optik                      Lichtquellen und beleuchtete Körper                      Reflexion des Lichtes von beleuchteten Körpern                      Ausbreitung des Lichtes                      Lichtbündel und Lichtstrahl                      Darstellung von Strahlenverläufen                      Schatten                      Sonnen- und Mondfinsternis                      Zusammenfassung</p> <p style="text-align: right;">4 Std.</p>	<p>Teilgebiete der Physik, Reflexion von Wärmestrahlung (Ph 6)</p> <p>Strahl (Ma 4)                      Globus (Geo 6)</p>	<p>DE: Verschiedene Geräte aus der Optik                      DE: Verschiedene Lichtquellen                      LV: Entwicklung der Lichtquellen (Literatur: Perelman, Die Sonne auf dem Tisch)                      DE: Lichtbündel – Lichtstrahl                      DE: Schattenbildung                      DE: Bekanntmachen mit Teilen des SEG Optik                      DE: Sonnen- und Mondfinsternis</p>

### Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheit

#### *Lichtquellen, beleuchtete Körper, Ausbreitung des Lichtes*

4 Stunden

#### Ziele

##### Die Schüler

- wissen, daß sich Licht allseitig und geradlinig ausbreitet;
- können Lichtquellen und beleuchtete Körper unterscheiden;
- können die Schattenbildung mit Hilfe des Wissens über die geradlinige Ausbreitung des Lichtes erklären und zeichnerisch darstellen;
- erkennen am Beispiel Sonnenfinsternis bzw. Mondfinsternis, daß Naturerscheinungen erklärbar sind und Aberglaube seine Ursache in fehlendem Wissen hat.

#### Unterrichtsmittel

Verschiedene Geräte aus dem Stoffgebiet Optik  
 Lichtquellen

Globus  
 Tischtennisball an Draht  
 Glühlampe

Demonstrationsgerät Haftoptik

SEG Ebene geometrische Optik mit allen in Klasse 6 benötigten Einzelteilen

PSE Strahlenoptik: Strahlenverlauf beim Schattenwurf

#### Schwerpunkte und Hinweise

**Einführung.** Die Einführung in das neue Stoffgebiet kann mit der zunächst simpel erscheinenden Fragestellung „Warum kann man einen Körper sehen?“ erfolgen.

Läßt man von mehreren Schülern diese Frage beantworten, so wird ihnen deutlich, daß sie hierzu noch keine ausreichenden physikalischen Kenntnisse besitzen. Daraus ergibt sich die Orientierung, diese und weitere Fragen über das Licht in den nächsten Stunden zu behandeln. Eine Demonstration verschiedener Geräte aus dem Gesamtgebiet der Optik vertieft die Orientierung auf den Inhalt der Optik.

**Lichtquellen und beleuchtete Körper.** Bei der Unterscheidung von Lichtquelle und beleuchtetem Körper erkennt der Schüler, daß Licht stets von der Lichtquelle ausgesendet wird; beleuchtete Körper dagegen reflektieren das Licht nur. Indem der Lehrer Lichtquellen zeigt, ohne deren Funktion zu erläutern, wird die Voraussetzung für eine historische Betrachtung über die Entwicklung von Lichtquellen (Kienspan, Öllampe, Wachskerze, Glühlampe, Leuchtstofflampe) geschaffen.

**Lichtdurchlässigkeit und Ausbreitung des Lichtes.** Die Lichtdurchlässigkeit kann z. B. durch Auflegen entsprechender Körper auf den Lichtschreibprojektor demonstriert werden. Die Aussage über die geradlinige Ausbreitung des Lichtes kann selbständig von den Schülern in einem Experiment gefunden werden. Hierzu bietet sich die Nutzung des Lehrbuches, Schülerexperiment 45, S. 110, an. Die aus dem Experiment gewonnene Erkenntnis wird als bedeutsam für die Betrachtung aller optischen Erscheinungen herausgestellt. Die Allseitigkeit der Lichtausbreitung können die Schüler mit ihrem Allgemeinwissen z. B. so begründen, daß eine leuchtende Glühlampe gleichzeitig von allen Seiten gesehen werden kann. Diese Erkenntnis ist besonders deshalb wichtig, weil sowohl bei Experimenten mit der Haftoptik als auch bei der Nutzung des SEG Lichtbündel nur in der Ebene beobachtet werden.

**Bekanntmachen mit dem Schülerexperimentiergerät.** Um in späteren Stunden Zeit zu sparen, sollte sich der Lehrer in dieser thematischen Einheit die Zeit nehmen, das SEG mit allen den Teilen vorzustellen, die in Klasse 6 für die Optik benötigt werden. Die Schüler lernen, wie das Stromversorgungsgerät angeschlossen wird, wie paralleles Licht eingestellt wird, und erfahren notwendige Verhaltensregeln.

**Schattenbildung.** Als Motivation für die Schattenbildung kann die Frage nach der Funktionsweise einer Sonnenuhr oder der Entstehung eines Schattenbildes dienen. „Warum zeigt eine Sonnenuhr bei bedecktem Himmel die Zeit nicht an?“ Die Schüler sollen erkennen, daß die Schattenbildung eine Folge der Lichtundurchlässigkeit der Körper und der geradlinigen Ausbreitung des Lichtes ist. Mit Hilfe des Lehrbuches (LBA 112/1) kann in einem Experiment das Entstehen eines Schattens untersucht werden. Läßt man das Experiment auf einer Seite des Schülerheftes durchführen, dann kann der Strahlengang nachgezeichnet werden, ohne daß er konstruiert werden muß. Das Entstehen von Kern- und Halbschatten sollte mit Hilfe eines Demonstrationsexperimentes erörtert werden. Zur Festigung eignet sich die Aufgabe 1, Lehrbuch, S. 113.

**Lichtstrahl – Lichtbündel.** Innerhalb dieses Stoffgebietes wird den Schülern der Unterschied zwischen einem Lichtstrahl und einem Lichtbündel bewußtgemacht. Die Schüler sollen erkennen, daß der Lichtstrahl ein Hilfsmittel zur Darstellung des Weges ist, den das Licht in Form eines mehr oder weniger breiten Lichtbündels nimmt.

**Sonnen- und Mondfinsternis.** Ausgegangen werden kann von einer Reaktivierung der Kenntnisse über Lichtquelle, geradlinige Ausbreitung des Lichtes, Schattenbildung und deren zeichnerische Darstellung. Diese kann u. U. auch als Kürzkontrolle erfolgen. Zur Motivation kann der Lehrer über abergläubische Vorstellungen in Verbindung mit Sonnen- und Mondfinsternis berichten. Der Lehrer sollte bei den Schülern dabei das Bedürfnis wecken,

aufgrund der gewonnenen Kenntnisse diese Naturerscheinungen erklären zu wollen. Dies läßt sich als Beitrag für die Entwicklung eines wissenschaftlichen Weltbildes nutzen. Ausgehend von einem Demonstrationsexperiment wird kurz auf die Stellungen bzw. auf die Bewegung von Sonne, Erde und Mond eingegangen. Die Schüler haben aus dem Geographieunterricht lediglich Kenntnisse über den Erdball (Globus), nicht aber über das Sonnensystem. Weil das Tellurium kompliziert aufgebaut und den Schülern noch nicht bekannt ist, wäre es günstig, für das Experiment einen Globus, eine Glühlampe als Sonne und einen Tischtennisball an einem Draht als Mond zu verwenden. Dabei ist ein Hinweis auf die nicht richtig wiedergegebenen Größenverhältnisse notwendig. Es werden unter Mitarbeit der Schüler die für das Entstehen von Finsternissen notwendigen Stellungen von Sonne, Erde und Mond gesucht. Die Betrachtung erfolgt sowohl aus der Sicht eines Beobachters im Weltraum als auch aus der Sicht eines Beobachters auf der Erdoberfläche. Die Erscheinung wird danach mit Hilfe der Kenntnisse über die Ausbreitung des Lichtes erklärt. Daran kann sich die Veranschaulichung mit Hilfe eines Experimentes an der Hafttafel anschließen, die die zeichnerische Darstellung im Heft unterstützt.

**Mondphasen.** Eine ausführliche Behandlung der Mondphasen erfolgt nicht. Durch einen kurzen Vortrag des Lehrers anhand der Abbildung 114/1 im Lehrbuch wird lediglich eine Abgrenzung zu den Finsternissen vorgenommen, um Verwechslungen zu vermeiden. Genauere Betrachtungen bleiben dem Astronomieunterricht der Klasse 10 überlassen.

## **Stoffeinheit Reflexion des Lichtes**

4 Stunden

### **Ziele und inhaltliche Schwerpunkte**

In dieser Stoffeinheit wird eine Möglichkeit der Richtungsänderung von Licht untersucht, das Auftreffen des Lichtes auf die Grenzfläche zweier Körper, die Reflexion des Lichtes. Es kann davon ausgegangen werden, daß die Schüler bereits Vorstellungen von der Reflexion haben. Diese beziehen sich auf die Reflexion von Wärmestrahlen (→ Stoffeinheit Wärmestrahlung), auf die Sichtbarkeit nicht selbstleuchtender Körper (→ Stoffeinheit Lichtquellen, beleuchtete Körper und Ausbreitung des Lichtes) und auf ihre Erfahrungen, die sie z. B. beim Auftreffen von Sonnenstrahlen auf einen Spiegel gesammelt haben.

Ziel dieser Stoffeinheit ist, den Schülern die Reflexion des Lichtes sowohl an glatten als auch an rauhen Flächen bewußtzumachen, das Reflexionsgesetz am ebenen Spiegel als das im Physikunterricht erste mathematisch formulierte Gesetz zu erarbeiten sowie die Reflexion am Hohlspiegel anhand der Reflexion von Parallel-, Brennpunkt- und Mittelpunktstrahlen zu erläutern. Dabei wird Wissen und Können der Schüler über Strahlen und Winkel aus dem Mathematikunterricht aufgegriffen. Die Schüler werden an das sorgfältige Zeichnen des Strahlenverlaufs des Lichtes herangeführt, das für die weitere Arbeit in der Optik eine wesentliche Voraussetzung ist.

Bei der Erarbeitung des Reflexionsgesetzes werden das Einfallslot als Hilfslinie und die Bezeichnungen einfallender und reflektierter Strahl sowie Einfalls- und Reflexionswinkel eingeführt.

Der Hohlspiegel muß von den Schülern als Teil einer Kugeloberfläche verstanden werden. Der Parabolspiegel, für den die zu erarbeitenden Gesetzmäßigkeiten strenggenommen nur

gelten, wird im Physikunterricht der Klasse 6 nicht behandelt. Deshalb wird mit achsennahen Strahlen gearbeitet, für die der behandelte Strahlenverlauf in guter Näherung gilt. Die Tatsache, daß die Brennweite halb so groß wie der Radius des Hohlspiegels ist, wird den Schülern nur zum Zwecke der richtigen zeichnerischen Darstellung mitgeteilt. Auf die Angabe des Scheitelpunktes kann verzichtet werden, da er sowohl für die Beschreibung des Strahlenverlaufs als auch bei der Bildentstehung nicht benötigt wird.

Bei der Auswahl der Anwendungen zur Reflexion ist darauf zu achten, daß Beispiele, bei denen bereits die Bildentstehung stark in den Vordergrund tritt, vermieden werden.

In dieser Stoffeinheit sind die *Schwerpunkte im Wissen und Können*:

- Reflexion des Lichtes an glatten und rauhen Flächen;
- Reflexionsgesetz am ebenen Spiegel;
- Reflexion ausgewählter Strahlen am Hohlspiegel;
- Zeichnen des Strahlenverlaufs des Lichtes am ebenen Spiegel und am Hohlspiegel;
- Beschreiben von Anwendungen zur Reflexion.

### Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit

Thematische Einheiten, Stundenanzahl	Vorleistungen, zu reaktivierendes Wissen	Experimente, besondere Unterrichtsmittel, Schüleraufträge
<i>Reflexion des Lichtes, Reflexionsgesetz am ebenen Spiegel</i> Reflexion an glatten und rauhen Flächen Reflexionsgesetz 2 Std.	Strahl, Winkel (Ma 5) Reflexion von Wärmestrahlen (Ph 6)	DE: Reflexion des Lichtes SE: Reflexionsgesetz Hafttafel mit Gummifäden Fo: Reflexion (Bild 24)
<i>Hohlspiegel, Anwendungen zur Reflexion</i> Umkehrbarkeit des Lichtweges Hohlspiegel Reflexion von Parallel-, Brennpunkt-, Mittelpunktstrahlen Anwendungen 2 Std.	Kreis (Ma 4, 5)	DE: Reflexion am Hohlspiegel DE: Parallel-, Brennpunkt-, Mittelpunktstrahlen am Hohlspiegel Fo: Strahlenverläufe (Bild 25)

### Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten

*Reflexion des Lichtes, Reflexionsgesetz am ebenen Spiegel*

2 Stunden

#### Ziele

Die Schüler

- wissen, daß Licht an glatten und rauhen Flächen reflektiert wird;
- kennen das Reflexionsgesetz am ebenen Spiegel;
- können den Strahlenverlauf des Lichtes am ebenen Spiegel zeichnen;
- können einfache Anwendungen für das Reflexionsgesetz beschreiben.

## Unterrichtsmittel

PSE Strahlenoptik: Herleitung bzw. Bestätigung des Reflexionsgesetzes; Demonstration der Lage von einfallendem und reflektiertem Strahl bei der Reflexion am ebenen Spiegel  
Demonstrationsgerät Haftoptik Fo: Übung zur Reflexion (Bild 24)  
SEG Ebene geometrische Optik

### Schwerpunkte und Hinweise

**Einführung.** Folgende Probleme können zum Beispiel gestellt werden:

- Abends ist unter einen Schrank ein Gegenstand gerollt. Wie kann man mit Hilfe der Deckenleuchte unter den Schrank leuchten?
- Wie wird beim Lichtschreibprojektor erreicht, daß das von der Lichtquelle kommende Licht auf die Tafel trifft?

Das ausgewählte Problem sollte im Verlauf der Erörterung durch ein Demonstrationsexperiment nachgebildet werden.

**Reflexion.** Beide Beispiele für die Problemstellung führen auf die Reflexion an glatten Flächen. Die Schüler müssen erkennen, daß das Licht beim Auftreffen auf die Oberfläche eines Körpers seine Richtung ändert, es wird zurückgeworfen, es wird reflektiert. Gleich an dieser Stelle sollte der Körper mit glatter Oberfläche durch einen Körper mit rauher Oberfläche ersetzt werden. Es wird nun gefragt: Wird hier auch Licht reflektiert? In die Beantwortung wird wiederholend einbezogen, daß nicht selbstleuchtende Körper nur durch die Reflexion von Licht sichtbar sind. Ein Vergleich beider Arten der Reflexion läßt die Schüler erkennen, daß bei glatter Fläche die Richtung des reflektierten Lichtes vorausgesagt werden kann. Daraus ergibt sich die Zielstellung: Wir untersuchen, *wie* das Licht an glatten Flächen reflektiert wird.

**Reflexionsgesetz.** Die Schüler sollten Vorschläge unterbreiten, wie man den Vorgang der Reflexion am ebenen Spiegel untersuchen kann. Dabei werden sie darauf gelenkt, anzugeben, was man bei der Reflexion messen kann. Zur besseren Beschreibung des Vorganges werden die Lichtstrahlen benannt und das Einfallslot als Hilfslinie eingeführt. Den Schüler-vorschlägen entsprechend sollte ein Demonstrationsexperiment aufgebaut werden. Das Schülerexperiment können die Schüler nach der Anleitung im Lehrbuch weitgehend selbständig durchführen. Sollten hierbei doch Schwierigkeiten auftreten, so kann mit dem Demonstrationsgerät Haftoptik eine zum Schülerexperiment analoge Experimentieranordnung an die Hafttafel gebracht werden. Mit Hilfe der Haftoptik kann der Abstraktionsprozeß vom Experiment (Reflexion eines sehr schmalen Lichtbündels) zur zeichnerischen Darstellung gut demonstriert werden, indem Lichtquelle, Spiegel und Strahlenverlauf (Lichtstrahl) nachgezeichnet werden.

Die Aussage über die Lage der beiden Strahlen und des Einfallslotes in einer Ebene kann in relativ kurzer Zeit durch ein Demonstrationsexperiment (vgl. LB, S. 118) gewonnen werden. Das vollständig formulierte Gesetz wird zur Erklärung des anfangs gestellten Problems angewendet.

**Festigung.** Zur Festigung erfolgt die zeichnerische Darstellung des Strahlenverlaufs des Lichtes am ebenen Spiegel. Bei den weiteren zunächst formalen Übungen werden der Spiegel in unterschiedlichen Lagen und verschiedene Einfallswinkel vorgegeben. Es können auch durch Gummifäden (Smokgummi) und Manipermsteine an der Hafttafel für alle Schüler sichtbare Beispiele dargestellt werden. Auch Folien können hier zum Einsatz kommen (Bild 24).

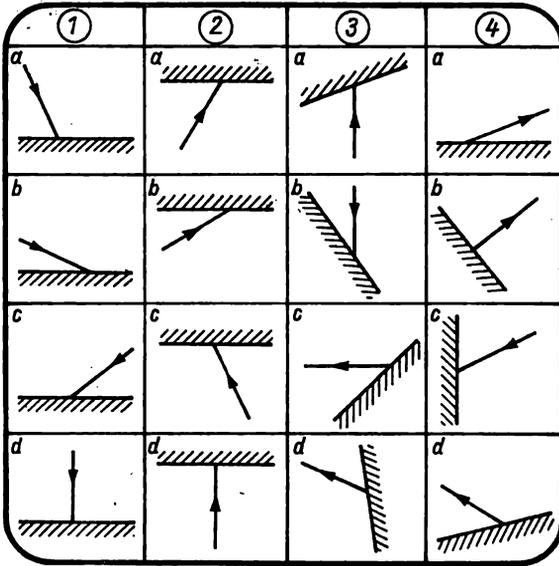


Bild 24

Entscheidend für die weitere Festigung sind Beispiele aus dem Erfahrungsbereich der Schüler (z. B. Blenden durch Sonnenstrahlen, die auf ein offenes Fenster fallen; Objekt beim Mikroskop wird durch einen Spiegel unter dem Objektträger beleuchtet) sowie die Durchführung von Freihandexperimenten (vgl. PhiS 22 [1984] 4, S. 148 ff.) und deren Beschreibung und Erklärung. Dabei kann den Schülern gezeigt werden, daß mit dem Reflexionsgesetz Voraussagen möglich sind, daß das Gesetz immer gilt und vom Menschen bewußt angewendet werden kann.

## *Hohlspiegel und Anwendungen zur Reflexion*

2 Stunden

### Ziele

Die Schüler

- wissen, daß der Lichtweg vom Licht auch in umgekehrter Richtung durchlaufen werden kann;
- kennen den Verlauf ausgewählter Strahlen am Hohlspiegel;
- können den Strahlenverlauf von Parallel-, Brennpunkt- und Mittelpunktstrahlen am Hohlspiegel zeichnen.

### Unterrichtsmittel

Demonstrationsgerät Haftoptik

SEG Ebene geometrische Optik

PSE Strahlenoptik: Demonstration der Reflexion von Parallel-, Brennpunkt-, Mittelpunkt- und Scheitelstrahlen am Hohl- bzw. Wölbspiegel

Fo: Strahlenverläufe (Bild 25)

### Schwerpunkte und Hinweise

**Umkehrbarkeit des Lichtweges.** Zur Wiederholung des Reflexionsgesetzes kann das Demonstrationsexperiment mit der Haftoptik an der Tafel nochmals durchgeführt werden.

Der Ort der Lichtquelle wird mit L und ein Punkt auf dem reflektierten Strahl mit A bezeichnet. Die Schüler werden aufgefordert, den Verlauf des Lichtes vorauszusagen, wenn die Lichtquelle in den Punkt A gestellt wird. Durch ein Demonstrationsexperiment wird die Voraussage, daß der Lichtweg auch in umgekehrter Richtung durchlaufen werden kann, bestätigt.

**Motivation.** Eine Taschenlampe und ein Fahrradscheinwerfer können z. B. genauer betrachtet und folgende Fragen gestellt werden:

- Weshalb befindet sich hinter der Glühlampe ein Spiegel?
- Warum ist das kein ebener Spiegel, sondern ein gekrümmter?

Auch ein Bild einer Lampe über dem Operationstisch oder ein Blick in den geöffneten Lichtschreibprojektor eignen sich zur Motivation.

**Reflexion am Hohlspiegel.** Zur Unterstützung der Beantwortung der gestellten Fragen sollte ein Demonstrationsexperiment erfolgen. Die Schüler müssen erkennen, daß auch am Hohlspiegel eine Reflexion des Lichtes erfolgt, daß sie aber das Reflexionsgesetz nicht unmittelbar anwenden können, da sie kein Einfallslot konstruieren und keine Winkel messen können. Es muß den Schülern mitgeteilt werden, daß zur weiteren Untersuchung der Reflexion am Hohlspiegel nur einige ausgewählte Strahlen betrachtet werden. Zunächst sollen die Schüler den Verlauf von Parallelstrahlen beobachten. Dazu ist es notwendig, die optische Achse und den Mittelpunkt des Hohlspiegels einzuführen. Die Schüler erkennen, daß alle reflektierten Strahlen durch einen Punkt verlaufen, dieser wird als Brennpunkt bezeichnet. Nun wird die Umkehrbarkeit des Lichtweges angewendet und der Verlauf von Brennpunktstrahlen verfolgt. Als dritter Strahl wird der Mittelpunktstrahl eingeführt. Nach der Beobachtung im Demonstrationsexperiment kann, wenn die Möglichkeiten vorhanden sind, auch ein entsprechendes Schülerexperiment durchgeführt werden. Die Schüler müssen abschließend den Verlauf der drei Strahlen am Hohlspiegel zeichnen (Bild 25).

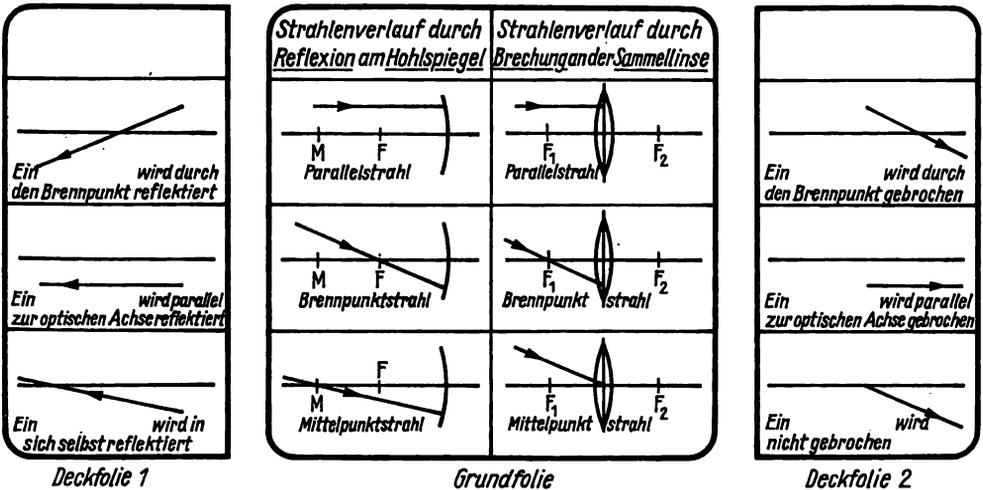


Bild 25

**Anwendungen.** Die bei der Motivation gestellten Beispiele werden mit dem Strahlenverlauf bei der Reflexion am Hohlspiegel erklärt. Zur weiteren Festigung eignen sich die Gegenüberstellung der Bedeutung des Hohlspiegels beim Sonnenofen und beim Lichtschreibprojektor. Als weitere Beispiele sollten der Scheinwerfer und der Hohlspiegel in der Medizin hervorgehoben werden.

## Ziele und inhaltliche Schwerpunkte

Die Schüler werden zunächst mit dem Vorgang der Brechung bekanntgemacht. Anschließend lernen sie das für diesen Vorgang gültige Brechungsgesetz in halbquantitativer Form kennen. Danach wird das Brechungsgesetz auf eben begrenzte Körper, insbesondere Prismen, angewandt. Für die Führung des Erkenntnisprozesses bietet sich ein zur Reflexion analoges Vorgehen an. So wird den Schülern zum einen die Gewinnung neuer Erkenntnisse erleichtert. Zum anderen ist es dadurch gut möglich, den Schülern entsprechend dem in der vorangegangenen Stoffeinheit beschrittenen Weg die Art und Weise des Vorgehens bewußt zu machen. Neu ist in dieser Stoffeinheit für viele Schüler, daß im allgemeinen eine Richtungsänderung des Lichtes beim Übergang von einem lichtdurchlässigen Körper in einen anderen lichtdurchlässigen Körper stattfindet; das Licht wird gebrochen.

Ähnlich wie bei der Reflexion am Hohlspiegel ist eine Anwendung des Brechungsgesetzes auf die durch gekrümmte Flächen begrenzte Linse nicht möglich. Deshalb wird hier auf den Verlauf ausgewählter Strahlen orientiert. Für den Verlauf dieser Strahlen ergeben sich bestimmte Analogien zur Reflexion, die für die rationelle Gestaltung des Unterrichts und für die Förderung des Aneignungsprozesses möglichst genutzt werden sollten.

Die Stoffeinheit ist dadurch gekennzeichnet, daß der Inhalt von im Unterricht bereits erworbenen Begriffen erweitert und verallgemeinert wird. Dies gilt z. B. für die Begriffe Brennpunkt und Brennweite.

Bei der Formulierung des Brechungsgesetzes ist es in der Fachwissenschaft üblich, von optischen Medien, in denen sich das Licht ausbreitet, und von der optischen Dichte eines Stoffes zu sprechen. Beide Begriffe sind für die Behandlung der Optik in Klasse 6 nicht nötig und werden deshalb nicht benutzt. Die auszuübenden Schülertätigkeiten sind insbesondere das Beschreiben und das zeichnerische Darstellen von Strahlenverläufen. Aufmerksamkeit sollte weiterhin der Entwicklung der experimentellen Fähigkeiten gewidmet werden. Mit der Gegenüberstellung der Strahlenverläufe bei Reflexion und Brechung werden die Schüler zum Vergleichen, d. h. zum Herausarbeiten von Gemeinsamkeiten und Unterschieden, veranlaßt.

Beiträge zur Herausbildung eines wissenschaftlichen Weltbildes können geleistet werden, indem den Schülern an geeigneten Stellen in enger Verbindung zum Stoffgebiet „Gegenstand der Physik und physikalische Arbeitsweisen“ das Vorgehen zum Gewinnen von Erkenntnissen bewußt gemacht wird.

In dieser Stoffeinheit sind die *Schwerpunkte im Wissen und Können*:

- Brechungsgesetz;
- Strahlenverläufe an Sammellinsen;
- Zeichnen von Strahlenverläufen an Sammellinsen;
- Vergleichen von Strahlenverläufen am Hohlspiegel und an der Sammellinse;
- Erklären einfacher Anwendungen des Brechungsgesetzes;
- Erkennen und Formulieren des Wesentlichen nach Beobachten eines Experimentes;
- Anwenden der Kenntnisse über die Umkehrbarkeit des Lichtweges auf die Brechung.

Im Rahmen der Reaktivierung, Festigung oder Kontrolle können von den Schülern folgende Aufgaben und Aufträge bearbeitet werden:

1. Nenne je drei Beispiele für Lichtquellen und beleuchtete Körper!
2. Nenne das Brechungsgesetz!
3. Wie muß ein Lichtstrahl auf einen Glaskörper treffen, damit er nicht gebrochen wird?
4. Wie kann man die Brennweite einer Sammellinse bestimmen?

5. Zeichne die drei wichtigen Strahlen an einer Sammellinse und bezeichne sie!
6. Weiterhin können folgende Möglichkeiten genutzt werden:
- Durchführen eines einfachen Schülerexperimentes;
  - Demonstrieren einer Experimentieranordnung (Haftoptik) ohne Einschalten der Lichtquelle; die Schüler sagen den Strahlenverlauf voraus;
  - Demonstrieren eines Black-box-Experimentes; die Schüler begründen den Strahlenverlauf (s. z. B. PSE Strahlenoptik).

**Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit**

Thematische Einheiten, Stundenanzahl	Vorleistungen, zu reaktivierendes Wissen	Experimente, besondere Unterrichtsmittel, Schüleraufträge
<i>Brechungsgesetz</i> Richtungsänderung des Lichtes beim Übergang Luft – Glas Brechungsgesetz Übergang Luft – Wasser Umkehrbarkeit des Lichtweges bei der Brechung      2 Std.	Lot, Winkel, Ebene, Einfallslot, Einfallswinkel (Ma 6)	DE: Haftoptik SE: Brechungsgesetz Freihandexperimente: PhiS 22 (1984) 5, S. 185ff. Fo: Übung zur Brechung (Bild 26)
<i>Strahlenverlauf durch Prismen und Linsen</i> Lichtdurchgang durch ein Prisma Begriffe an der Sammellinse Bestimmen der Brennweite einer Linse Strahlenverlauf durch Sammellinsen      2 Std.	Prisma (Ma 4)	DE: Haftoptik, Brechung SE: Lichtdurchgang durch eine Sammellinse Fo: Brechung (Bild 26) Fo: Lichtbündel und Lichtstrahl (Bild 27) Fo: Strahlenverläufe (Bild 25)
<i>Festigung und Zusammenfassung zu Reflexion und Brechung</i> Vergleichen von Reflexion und Brechung Zusammenfassen der grundlegenden Aussagen Zeichnen von Strahlenverläufen      2 Std.		DE: Übergang Luft – Wasser Fo: Strahlenverläufe (Bild 25) Fo: Festigung zu Reflexion und Brechung (Bild 28) DE: Black-box-Experiment

**Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten**

*Brechungsgesetz*

2 Stunden

**Ziele**

Die Schüler

- wissen, daß Licht beim Übergang von einem lichtdurchlässigen Körper in einen anderen seine Richtung ändert;

- kennen das Brechungsgesetz;
- wenden das Brechungsgesetz auf Einzelfälle an;
- wenden die Kenntnisse über die Umkehrbarkeit des Lichtweges auf die Brechung an;
- stellen Strahlenverläufe bei der Brechung dar.

## Unterrichtsmittel

PSE Strahlenoptik: Demonstration der Brechung des Lichtes beim Übergang von einem lichtdurchlässigen Stoff in einen anderen

Demonstrationsgerät Haftoptik

Glastrog (Pneumatische Wanne)

SEG Ebene geometrische Optik

Fo: Übung zur Brechung (Bild 26)

## Schwerpunkte und Hinweise

**Motivation.** Folgende Problemstellung ist geeignet: Es wird die planparallele Platte aus dem SEG benutzt. Die Schüler halten die Platte horizontal so vor das Auge, daß die dem Auge zugewandte lange Schmalseite mit der Blickrichtung etwa einen Winkel von  $70^\circ$  bildet. Ein senkrecht hinter das Glas gehaltener Bleistift erscheint seitlich versetzt. Die Erklärung dieser Erscheinung ist im Verlauf dieser thematischen Einheit als Anwendung des Brechungsgesetzes möglich.

Es ist nicht günstig, zur Motivierung ein Problem zu wählen, bei dem ein Körper gehoben oder nach oben geknickt erscheint, denn die Schüler erfahren danach, daß ein Lichtbündel, das von oben in das Wasser eintritt, nach unten gebrochen wird. Dies würde für die Schüler zu einem im Unterricht der Klasse 6 nicht lösbaren Widerspruch werden.

Die im Lehrbuch im Bild 129/1 gegebene Erklärung bedarf eines relativ hohen Zeitaufwandes und führt selbst dann nicht bei allen Schülern zum gewünschten Verständnis. Ursache dafür ist, daß den Schülern die Entstehung eines virtuellen Bildes noch nicht bekannt ist.

**Brechungsgesetz.** Die Behandlung des Brechungsgesetzes wird auf die Übergänge Luft – Glas, Luft – Wasser und umgekehrt beschränkt.

Auf die bei der Brechung gleichzeitig auftretende Reflexion wird hingewiesen. Die Formulierung des Brechungsgesetzes erfordert das Einführen der Begriffe Brechung, Brechungswinkel und gebrochener Strahl. Bei der Formulierung des Brechungsgesetzes wird oft auch gesagt, daß der Strahl zum Lot hin bzw. vom Lot weg gebrochen wird. Diese Formulierung wird erfahrungsgemäß von leistungsschwächeren Schülern schlecht oder gar nicht verstanden. Neben der Formulierung des Lehrbuches wäre auch solche möglich: Wenn Licht von Luft in Glas (Wasser) übergeht oder umgekehrt und der Einfallswinkel größer  $0^\circ$  ist, wird es gebrochen. Der Winkel zwischen Lot und Strahl im Glas (Wasser) ist stets kleiner als in Luft.

Bevor im zweiten Teil der thematischen Einheit der Übergang des Lichtes von Glas bzw. Wasser in Luft gezeigt wird, können die Schüler auf der Basis der Aussage über die Umkehrbarkeit des Lichtweges eine Voraussage über den Lichtweg machen. Deshalb sollten die Demonstrationsexperimente des Lichtüberganges von Luft in Glas bzw. Luft in Wasser so angelegt sein, daß auch der umgekehrte Lichtweg demonstriert werden kann.

**Schülerexperiment.** Im Lehrbuch, S. 127f., ist eine ausführliche Anleitung für das obligatorische Schülerexperiment enthalten. Dabei ist vorgesehen, Messungen der Einfallswinkel und Brechungswinkel beim Übergang des Lichtes von Luft in Glas vorzunehmen. Die Anleitung sieht als gesteigerte Anforderung an die Schüler vor, daß diese in der Auswertung das Ergebnis mit eigenen Worten formulieren.

Der Lehrer kann hier auch in Erwägung ziehen, in zwei Gruppen experimentieren und

dann Übergänge des Lichtes von Luft in Glas und von Luft in Wasser in getrennt gemeinschaftlicher Arbeitsweise gleichzeitig untersuchen zu lassen. Das erfordert umfangreichere Vorbereitungen durch den Lehrer. Für das Schülerexperiment „Übergang des Lichtes von Luft in Wasser“ müssen die Winkelmesserscheiben aus dem SEG auf einer der Gefäßwand angepaßten Unterlage so befestigt werden, daß die Durchmesserlinie mit der 90°-Markierung auf der Winkelmesserscheibe eine Linie mit der Wasseroberfläche bildet. Wichtig ist, auf die genaue Einstellung der Höhe des Wasserspiegels hinzuweisen. Von Schülern, die dieses Experiment durchführen, wird bereits eine gut entwickelte Selbständigkeit im Experimentieren und das Übertragen von Hinweisen aus dem Buch auf andere Bedingungen gefordert. Als Möglichkeit zum differenzierten Arbeiten mit den Schülern könnte diese Variante genutzt werden.

Die Auswertung des Experimentes kann zur Formulierung des Brechungsgesetzes führen.

**Festigung.** Im Rahmen der Festigung sollte unbedingt die Erklärung der eingangs erfolgten Problemstellung vorgenommen werden. Dabei und in vielfältigen weiteren Übungen ist die zeichnerische Darstellung des Lichtweges zu festigen. Dazu wird die Nutzung einer Folie (Bild 26) empfohlen. Der Schwierigkeitsgrad nimmt von 1 bis 4 zu.

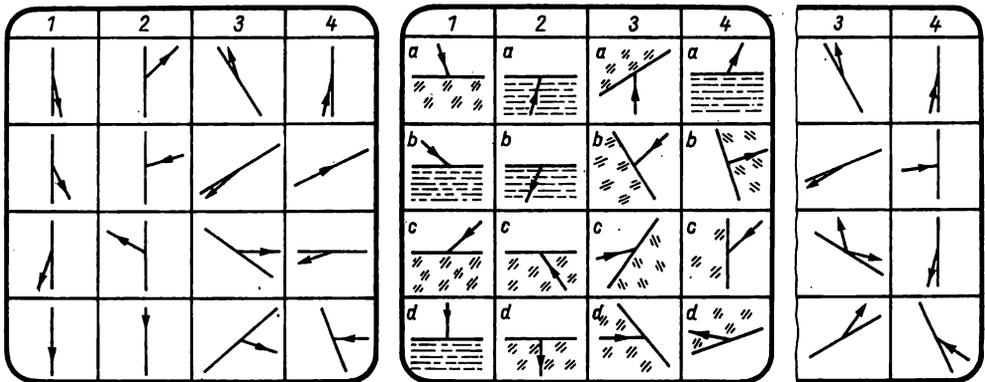


Bild 26

Die Schüler können entsprechend ihrem Leistungsvermögen verschiedene Aufgaben lösen. Eine Deckfolie mit den Lösungen zur Kontrolle ist leicht herstellbar. Die rechts dargestellte Deckfolie läßt eine andere Nutzung zu. Sie enthält richtige und falsche Darstellungen. Sowohl die Lage des Lotes als auch der Verlauf von Strahlen wurden teilweise falsch gezeichnet. Die Schüler erhalten den Auftrag, richtige und falsche Darstellungen anzugeben und ihre Antwort zu begründen.

## Strahlenverlauf durch Prismen und Linsen

2 Stunden

### Ziele

Die Schüler

- kennen die Begriffe Sammellinse und Zerstreuungslinse;
- können das Brechungsgesetz auf den Lichtdurchgang durch ein Prisma anwenden;
- kennen den Verlauf von Parallel-, Brennpunkt- und Mittelpunktstrahl an der Sammellinse;
- können den Verlauf dieser Strahlen beschreiben und zeichnen;
- wissen, wie die Brennweite einer Sammellinse bestimmt werden kann.

## Unterrichtsmittel

PSE Strahlenoptik: Demonstration des Strahlenverlaufs durch ein Prisma, Demonstration des Strahlenverlaufs bei der reellen Abbildung eines Punktes durch eine Sammellinse  
Demonstrationsgerät Haftoptik  
Optische Bank  
SEG Geometrische Optik  
Fo: Lichtbündel – Lichtstrahl (Bild 27)

## Schwerpunkte und Hinweise

**Lichtdurchgang durch ein Prisma.** Bei der Behandlung des Lichtdurchganges durch ein Prisma bietet sich der deduktive Weg an. Zur Reaktivierung und Vorbereitung der Problemlösung ist zunächst eine Übung zur Darstellung des Strahlenverlaufs entsprechend den Aufgaben 3c und 3d der Folie (Bild 26) an der Tafel geeignet, wobei der Lehrer die zwei Grenzflächen zweckmäßig so anordnet, daß sie sich anschließend zur Darstellung eines Prismas ergänzen lassen.

Nun wird ein Prisma betrachtet und auf der Grundlage der bereits wiederholten, gesicherten und theoretischen Kenntnisse der Strahlenverlauf durch das Prisma vorausgesagt. Dieser theoretisch ermittelte Strahlenverlauf wird durch ein Demonstrationsexperiment an der Hafttafel bestätigt.

Bei der Zusammenfassung sollte sich der Lehrer über die Schritte einer deduktiven Ableitung bewußt sein.

**Sammellinse.** Eine häufig anzutreffende Formulierung ist die vereinfachte Aussage: Sammellinsen sind in der Mitte dicker als am Rande. Diese Formulierung hält einer wissenschaftlichen Wertung nicht stand. Linsen, die in der Mitte dicker (bzw. dünner) sind, heißen Konvexlinsen (bzw. Konkavlinsen). Ob eine Linse Parallelstrahlen sammelt, hängt davon ab, aus welchem Material sie besteht und von welchem Medium sie umgeben ist. So wirkt eine Luftlinse (z. B. aus zwei Uhrgläsern zusammengeklebt), die konvex (also in der Mitte dicker) ist, im Wasser als Zerstreuungslinse.

Im Unterricht sollte deshalb nur festgestellt werden, daß Linsen, die Parallelstrahlen so brechen, daß sich die gebrochenen Strahlen in einem Punkt schneiden, Sammellinsen heißen. Die im Buch gemachte Aussage gilt nur, wenn die Linsen aus Glas sind und sich in Luft befinden.

Wie weit muß ein Brennglas von einem zu entzündenden Gegenstand entfernt gehalten werden? Mit dieser Fragestellung ist die Bestimmung der Brennweite einer Sammellinse gut motivierbar. Dabei wird darauf hingewiesen, daß das von der Sonne kommende Licht als parallel angesehen werden kann.

Bei der Einführung der verschiedenen Linsenformen erhalten die Schüler Linsen (nicht Linsenschnitte!) aus dem SEG Geometrische Optik. Der Verlauf eines parallelen Lichtbündels kann mit Hilfe der im Lehrbuch dargestellten Anordnung (LBA 131/1) untersucht werden. Mit der Haftoptik ist die Brennweitenbestimmung auch in einem Experiment durch jeden Schüler möglich.

Manche Schüler haben Schwierigkeiten, wenn bei der Nutzung der Haftoptik statt einer Linse ein Linsenschnitt verwendet wird. Der Lehrer kann hierauf in geeigneter Weise eingehen, wenn er das Bild 131/3 im Lehrbuch nutzt oder die Haftoptik verwendet, um zu zeigen, daß Linse und entsprechender Linsenschnitt Gleiches bewirken. Die Einführung der neuen Bezeichnungen an der Sammellinse kann in Form einer kurzen Mitteilung – unterstützt durch eine Tafelzeichnung – erfolgen. Durch weitere konsequente Nutzung der Bezeichnungen werden diese gefestigt.

**Strahlenverläufe durch Sammellinsen.** Dieser Abschnitt ist gut geeignet, den Schülern erneut bewußtzumachen, daß in der Realität nur Lichtbündel beobachtet werden können. Dies kann den Schülern mit einer Folie (Bild 27) oder einem Tafelbild gezeigt werden.

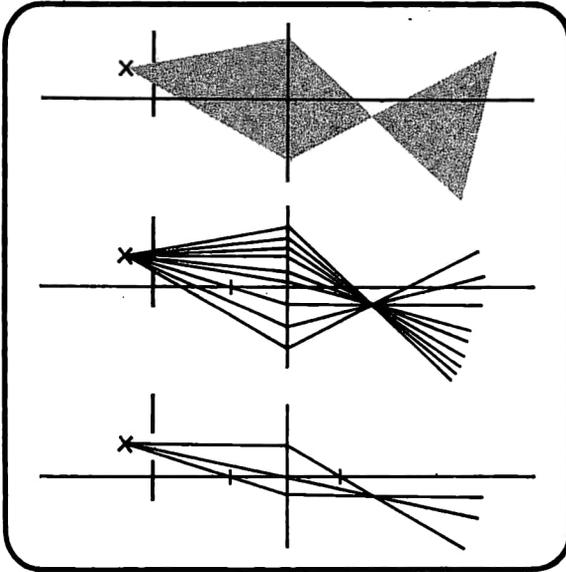


Bild 27

Sie sollen dabei wiederum erkennen, daß es genügt, den Verlauf einzelner Strahlen zu untersuchen, um Aussagen über das gesamte Lichtbündel machen zu können.

Bei der Darstellung der Strahlenverläufe erfahren die Schüler, daß sich der Brennpunkt einer Sammellinse im Krümmungsmittelpunkt der Linsenoberfläche befindet (gilt nur für dünne Linsen!). Es sollte auch darauf hingewiesen werden, daß der Lichtstrahl vereinfacht stets so gezeichnet wird, als ob er nur an der Linsenebene gebrochen wird.

Der Verlauf von Parallel-, Mittelpunkt- und Brennpunktstrahl kann durch Demonstrationsexperimente an der Hafttafel gefunden werden. In dieser Unterrichtsphase sind die Schüler in der Lage und sollten auch dazu aufgefordert werden, mittels ihrer Kenntnisse über die Umkehrbarkeit des Lichtweges den Verlauf entweder des Brennpunkt- oder des Parallelstrahles vorauszusagen. Den Verlauf der genannten Strahlen müssen die Schüler sicher beherrschen. Deshalb sollte der Lehrer sofort nach der Behandlung eine Festigung vorsehen. Hierzu wäre die Folie Strahlenverläufe (Bild 25) sowohl zur Aufgabenstellung als auch zur Ergebnisdarstellung nutzbar. Die Angaben über den Hohlspiegel bleiben dabei zunächst abgedeckt. Ein Vergleich der Strahlenverläufe soll erst in der nächsten thematischen Einheit erfolgen.

### *Festigung und Zusammenfassung zu Reflexion und Brechung*

2 Stunden

#### **Ziele**

Die Schüler

- kennen die grundlegenden Aussagen zur geometrischen Optik und können sie auf einfache Beispiele anwenden;
- festigen ihre Kenntnisse über Reflexion und Brechung durch Vergleichen und Anwenden;
- können Strahlenverläufe bei Reflexion und Brechung vergleichend betrachten.

Diese beiden Stunden dienen der Festigung des vom Lehrplan für die Reflexion und Brechung ausgewiesenen grundlegenden Wissens und Könnens. Dabei sind vom Lehrer die Ziele entsprechend der Klassensituation und schülerbezogen festzulegen.

**Unterrichtsmittel**

PSE Strahlenoptik: Black-box-Experiment  
 Fo: Festigung zur Reflexion und Brechung (Bild 28)

Bisher genutzte Folien  
 Hafttafel

**Schwerpunkte und Hinweise**

**Einführung.** Zur Einführung eignet sich ein Experiment an der Hafttafel, bei dem ein schmales Lichtbündel so auf die ebene Seite des halbrunden Linsenkörpers fällt, daß reflektierter und gebrochener Strahl sichtbar werden. Vorher können die Schüler aufgefordert werden, den Strahlenverlauf vorausszusagen. Hierbei ist das Zurückgreifen auf die Lösungen der Aufgaben 3c und 3d der Folie (Bild 26) möglich.

**Vergleich von Reflexion und Brechung.** Durch das Herausarbeiten von Gemeinsamkeiten und Unterschieden beim Betrachten von Strahlenverläufen an Hohlspiegel und Sammellinse (Bilder 25 und 28) ist das Vergleichen von Reflexion und Brechung möglich. Dabei können Analogiebetrachtungen durchgeführt werden.

Für vorbereitete Demonstrationsexperimente werden die Schüler aufgefordert, die Strahlenverläufe vorausszusagen.

Durch Anwenden der erworbenen Kenntnisse beim Erklären von Beispielen festigen die Schüler ihr Wissen (z. B. Besprechen des Lichtweges durch einen Lichtschreibprojektor oder der Anwendung im Lehrbuch, S. 124 und S. 135). Als Problemstellung für den Strahlenverlauf eignet sich die Frage, wie man Licht in einem Punkt sammeln kann. Damit wird der Schüler sowohl auf die Reflexion als auch auf die Brechung orientiert. Black-box-Experimente sind geeignet, die Schüler zum Nachdenken über Strahlenverläufe und verwendete Geräte anzuregen. Der letzte Abschnitt im Buch PSE Strahlenoptik enthält eine Reihe von Black-box-Experimenten, deren Demonstration die Schüler zum Analysieren des Gezeigten und zum Anwenden ihrer Kenntnisse veranlaßt. Einige dieser Experimente lassen mehrere Lösungen zu und schaffen so die Möglichkeit, das Interesse, das die Schüler für solche Experimente zeigen, für eine Diskussion zwischen den Schülern zu nutzen.

**Zeichnen von Strahlenverläufen.** Schon beim Vergleichen von Reflexion und Brechung können von den Schülern Strahlenverläufe gezeichnet werden. Zum Vergleichen und Systematisieren der Strahlenverläufe bei Reflexion und Brechung ist auch ein Tafelbild oder eine Folie (Bild 28) geeignet. Der untere Teil ist für die differenzierte Arbeit gedacht, denn dessen Bearbeitung stellt erhöhte Anforderungen an die Schüler.

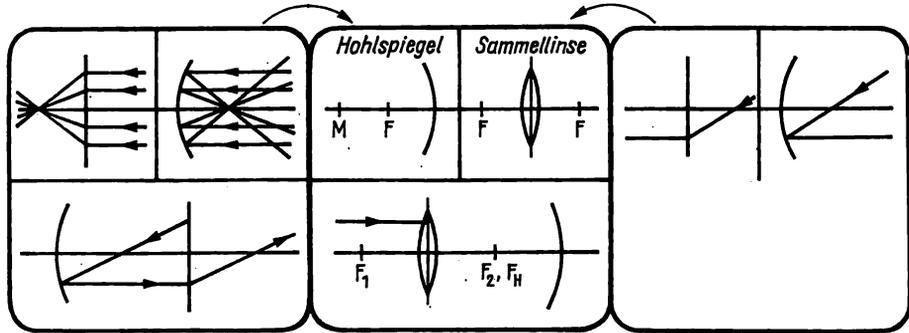


Bild 28

**Aufgaben.** Zur Reaktivierung und Festigung können u. a. folgende Aufgaben vorgeschlagen werden:

1. Darstellung von Strahlenverläufen bei der Schattenbildung (ähnlich Aufgaben 1 und 4, LB, S. 113).
2. Um welchen Winkel ändert ein Strahl seine Richtung, wenn er unter einem Einfallswinkel von  $25^\circ$  auf einen Spiegel trifft? Begründe!
3. Bezeichne die im Bild mit Ziffern markierten Punkte, Strecken und Strahlen am Hohlspiegel! (Dazu Vorgabe einer Zeichnung mit Hohlspiegel, optischer Achse und drei reflektierten Strahlen).
4. Warum ist es am Tage bei wolkenlosem Himmel in Schattenbereichen nicht dunkel?
5. Jan behauptet: „Wenn ich meinen Freund Peter in einem Spiegel sehe, dann kann auch er mich im Spiegel sehen.“  
Wie kann man die Richtigkeit dieser Behauptung erklären?

## **Stoffeinheit Bildentstehung durch Brechung und Reflexion des Lichtes**

6 Stunden

### **Ziele und inhaltliche Schwerpunkte**

Im Mittelpunkt dieser Stoffeinheit steht die Bildentstehung durch Brechung des Lichtes, mit Hilfe von Sammellinsen und durch Reflexion mit Hilfe von Hohlspiegeln und ebenen Spiegeln. Dem Schüler ist die Bildentstehung zwar von Film- und Diaprojektor, von der Arbeit mit dem Lichtschreibprojektor und auch vom „Spiegelbild“ am ebenen Spiegel bekannt. Die meisten Schüler haben dies bisher aber nicht als Bildentstehung mittels optischer Geräte bewußt erlebt. Das heißt, es bedarf bei vielen Schülern einer gewissen Zeit, bis sie die ihnen bekannten Bilder auch als Bilder eines Gegenstandes (der häufig in der Umgangssprache auch als Bild, z. B. Diapositiv, bezeichnet wird) erfassen.

Der Inhalt dieser Stoffeinheit ist weiter gekennzeichnet durch die Anwendung des in den ersten drei Stoffeinheiten erworbenen Wissens und Könnens. Dies wirkt sich auf die Festigung des bisher erworbenen Wissens und auf die Erhöhung des Niveaus des erworbenen Könnens aus.

Da in der vorhergehenden thematischen Einheit der Strahlenverlauf an Sammellinsen erörtert wurde, kann nun sofort die Bildentstehung an Sammellinsen angeschlossen werden. Entsprechend dem didaktischen Prinzip vom Einfachen zum Schwierigen ist von der Behandlung des wirklichen Bildes auszugehen und dann zum scheinbaren Bild voranzuschreiten. Die anschließende Behandlung der Bildentstehung am Hohlspiegel läßt sich in ähnlicher Weise wie bei der Sammellinse erarbeiten; dies fördert u. a. den Lernprozeß beim Schüler. Wurde zunächst bei der Erklärung und Darstellung der Bildentstehung auf die Strahlenverläufe orientiert, so gestattet die Bildentstehung am ebenen Spiegel, das Reflexionsgesetz anzuwenden.

Obwohl optische Geräte in der folgenden Stoffeinheit behandelt werden, können bereits bei der Erörterung der Bildentstehung die Erfahrungen der Schüler mit Bildwerfer, Fotoapparat, Lichtschreibprojektor u. a. für die Motivierung und die Problemstellung genutzt werden. Dabei beschränkt sich der Lehrer auf das optische Grundprinzip des jeweiligen Gerätes.

Genaueres Beobachten der Experimente durch den Schüler ist die Voraussetzung für das Vergleichen von Bild und Gegenstand und das Formulieren entsprechender Aussagen. In ähnlicher Weise sind Vergleiche von Bild und Gegenstand sowie von Bildweite und Gegenstandsweite beim zeichnerischen Darstellen anzustellen, um auch hier entsprechende Aussagen treffen zu können.

Als Unterrichtsmittel tritt an die Stelle des Demonstrationsgerätes zur Haftoptik nun die optische Bank. Diese sollte grundsätzlich um eine senkrechte Achse drehbar oder auf einem Rolltisch aufgebaut werden, um für alle Schüler ausreichende Sichtbarkeit zu gewährleisten. Die Nutzung des SEG Geometrische Optik für Schülerexperimente gestattet wiederum einen analogen Aufbau auf dem Lehrer- und dem Schülertisch.

In dieser Stoffeinheit sind die *Schwerpunkte im Wissen und Können*:

- mit Hilfe von Sammellinsen und Spiegeln können optische Bilder erzeugt werden;
- notwendige Begriffe für die Beschreibung der Bildentstehung;
- Beschreiben optischer Bilder mit Hilfe wesentlicher Merkmale der Bilder;
- wirkliches und scheinbares Bild;
- Konstruieren eines Bildpunktes an der Sammellinse;
- zeichnerisches Darstellen der Bildentstehung;
- Vergleichen von Gegenstand und Bild;
- experimentelles Untersuchen der Beziehungen zwischen Gegenstand und Bild an der Sammellinse.

### Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit

Thematische Einheiten, Stundenanzahl	Vorleistungen, zu reaktivierendes Wissen	Experimente, besondere Unterrichtsmittel, Schüleraufträge
<p><i>Bildentstehung an der Sammellinse</i>                      Abbildung und Konstruktion eines Bildpunktes                      Bildentstehung                      Wirkliches und scheinbares Bild                      Eigenschaften der Bilder                      Zeichnerisches Darstellen der Bildentstehung</p> <p style="text-align: right;"><b>3 Std.</b></p>	<p>Abbildungen (Ma 6)                      Strecke (Ma 4)</p>	<p>Haftoptik                      Optische Bank                      SEG Geometrische Optik                      Diapositiv                      Fo: Strahlenverläufe (Bild 25)                      Fo: Bildentstehung (SKUS)                      Fo: Lichtbündel – Lichtstrahl (Bild 27)                      Freilandexperimente: PhiS (1984) 5, S. 188 ff.</p>
<p><i>Bildentstehung am Hohlspiegel und am ebenen Spiegel</i>                      Wirkliches und scheinbares Bild                      Eigenschaften der Bilder                      Beziehungen zwischen Gegenstand und Bild                      Systematisierung der Bildentstehung                      Deduktives Herleiten der Bildentstehung am ebenen Spiegel                      Eigenschaften des Bildes am ebenen Spiegel                      Zusammenfassung</p> <p style="text-align: right;"><b>3 Std.</b></p>	<p>Spiegelung (Ma 5, 6)                      Reflexionsgesetz (Ph 6)</p>	<p>Optische Bank                      Haftoptik                      Uhrgläser                      Ebener Spiegel</p>

### *Bildentstehung an der Sammellinse*

3 Stunden

#### Ziele

Die Schüler

- wissen, was unter Gegenstand und Bild zu verstehen ist;
- kennen die Begriffe wirkliches und scheinbares Bild und können sie unterscheiden;
- können die Bilder mit Hilfe ihrer Merkmale beschreiben;
- können Beziehungen zwischen Gegenstand und Bild experimentell untersuchen;
- können das Bild zu einem gegebenen Gegenstand konstruieren.

#### Unterrichtsmittel

PSE Strahlenoptik: Erzeugung reeller Bilder mit Hilfe einer Sammellinse; Demonstration des Strahlenverlaufs bei der reellen Abbildung eines Punktes durch eine Sammellinse  
Demonstrationsgerät Haftoptik

Optische Bank

SEG Geometrische Optik

Fo: Lichtbündel – Lichtstrahl (Bild 27)

Fo: Bildentstehung (SKUS)

Fo: Strahlenverläufe (Bild 25)

#### Schwerpunkte und Hinweise

**Einführung, Motivation.** Zur Motivation eignet sich ein Freihandexperiment, bei dem mit einer möglichst großen Sammellinse eine Kerzenflamme oder der Glühfaden einer Glühlampe an der Decke oder Rückwand des Klassenzimmers abgebildet wird. Es kann auch von der Abbildung mittels Projektor oder Lichtschreibprojektor ausgegangen werden.

Für die Behandlung des scheinbaren Bildes ist die Durchführung eines einfachen Schülerexperimentes zweckmäßig, bei dem die Schüler eine Sammellinse aus dem SEG Geometrische Optik als Lupe bei der Betrachtung eines kleinen Gegenstandes benutzen.

**Bildentstehung.** Nicht wenige Schüler haben Schwierigkeiten, wenn bei der Darstellung der Bildentstehung nur die von der Spitze eines (meist als Pfeil dargestellten) Gegenstandes ausgehenden Strahlen gezeichnet werden. Deshalb ist es zweckmäßig, wenn zunächst von der Abbildung eines nahezu punktförmigen Gegenstandes ausgegangen wird. Dazu kann man mit Hilfe der optischen Bank eine kleine Glühlampe abbilden.

Bis zur zeichnerischen Darstellung sollte man dabei in drei Abstraktionsschritten vorgehen. Zunächst erfolgt die Demonstration in einem Experiment mit Hilfe der optischen Bank. Im ersten Schritt geht man zu einem Experiment über, bei dem mit Hilfe der Haftoptik der Verlauf des Strahlenbündels demonstriert wird. Im zweiten Abstraktionsschritt wird dieses Strahlenbündel mittels Kreide gleichmäßig weiß dargestellt. Der dritte Schritt besteht darin, daß die Kenntnis des Verlaufs einiger Strahlen dazu genutzt wird, diese in das dargestellte Lichtbündel einzutragen. Damit ist der Weg zur Bildkonstruktion abgeschlossen (Bild 29). Zur Unterstützung kann gegebenenfalls die bereits bekannte Folie Lichtbündel – Lichtstrahl (Bild 27) Verwendung finden. Anhand des entstandenen Tafelbildes ist es nun leicht möglich, die Bezeichnungen Gegenstand  $G$ , Bild  $B$ , Gegenstandsweite  $s$  und Bildweite  $s'$  einzuführen.

Im weiteren Verlauf des Unterrichts kann nun vom punktförmigen Gegenstand zu einem ausgedehnten Gegenstand übergegangen werden. Der Lehrer gibt dazu die Erläuterung,

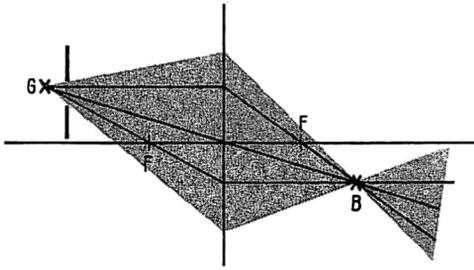


Bild 29

daß von jedem Punkt des Körpers Licht ausgeht, das zu einem Bildpunkt führt. Die vielen Bildpunkte bilden dann das gesamte Bild.

**Wirkliches Bild.** Das Entstehen eines wirklichen Bildes läßt sich gut in einem Schülerexperiment untersuchen. Vor der Durchführung des Schülerexperimentes achte der Lehrer bei dem einführenden Demonstrationsexperiment darauf, daß er einen Aufbau wählt, der dem des Schülerexperimentes möglichst gleicht. Damit erhöht sich die Effektivität, weil dem Schüler Orientierungshilfen gegeben sind.

Die Aufgabenstellung für das Schülerexperiment kann lauten: Es soll untersucht werden, bei welcher Stellung des Gegenstandes ein wirkliches Bild entsteht; Größe des Gegenstandes und des Bildes sollten dabei verglichen werden.

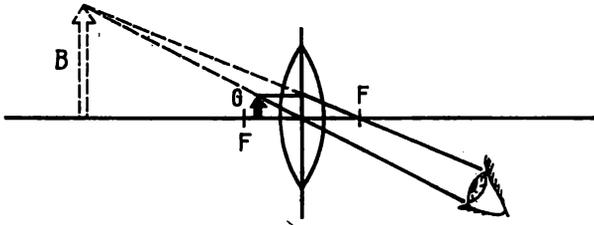
Zum Aufbau der Experimentieranordnung steht die Lehrbuchabbildung 137/2 zur Verfügung. Bei diesem Schülerexperiment hat sich die Arbeitsweise in gleicher Front als zweckmäßig erwiesen. Nach dem Aufbau des Experimentes wird zunächst die Gegenstandsweite verändert, indem der Gegenstand (das „L“) an die Linse herangeführt wird. Durch Nachführen des Schirmes wird ein scharfes Bild erzeugt und die Bildweite gemessen. Bei Nutzung der Linse mit  $f = 10$  cm haben sich die Gegenstandsweiten 25 cm, 20 cm, 15 cm, 12 cm und 10 cm bewährt. In einer Tabelle werden die Meßwerte aufgenommen.

Die Verallgemeinerung, daß bei allen Sammellinsen entsprechende Ergebnisse zu erwarten sind, wird vom Lehrer getroffen. Die Tatsache, daß bei  $s = 10$  cm offensichtlich kein wirkliches Bild entsteht, führt zu der Erkenntnis, daß weitere Untersuchungen notwendig sind. Die Schüler stellen die Versuchsergebnisse wiederum zeichnerisch dar. Das Schülerexperiment gibt Gelegenheit, das experimentelle Können zu fördern und zu vervollständigen. Das Experiment ist außerdem sehr gut geeignet, das funktionale Denken der Schüler weiterzuentwickeln. Dazu sollten die gleichzeitige Veränderung von Gegenstands- und Bildweite verglichen werden und mit „Wenn-dann-Formulierungen“ beschrieben werden. Auch der Vergleich von Gegenstandsweite und Bildgröße ist hierzu geeignet. Dies kann mit Betrachtungen zur praktischen Nutzung, z. B. bei Projektor und Lichtschreibprojektor, verknüpft werden. Jetzt ist auch Gelegenheit gegeben, das bei der Einführung durchgeführte Experiment zu wiederholen und zu erklären.

**Scheinbares Bild.** Das Erfassen des Begriffes *scheinbares Bild* ist für die Schüler schwierig, denn es verlangt bereits ein erhöhtes Abstraktionsvermögen. Der Lehrer kann bei seiner Erarbeitung etwa so vorgehen: Es wird von einer zeichnerischen Darstellung an der Tafel ausgegangen, bei der sich der Gegenstand innerhalb der Brennweite befindet. Dabei erkennen die Schüler, daß die gebrochenen Strahlen auseinanderlaufen; sie haben keinen Schnittpunkt. Es kann also kein wirkliches Bild entstehen. Nun wird ein Auge in das Tafelbild eingezeichnet (Bild 30). Jetzt wird herausgearbeitet, daß für das Auge die Strahlen von ihrem rückwärtigen Schnittpunkt herzukommen scheinen. Der Mensch nimmt das Bild an dieser Stelle wahr.

Ein anschließendes Schülerexperiment, bei dem eine Sammellinse als Lupe verwendet wird, führt schließlich zum virtuellen Bild. Jetzt ist es auch möglich zu begründen, weshalb

### Das scheinbare Bild



*Das scheinbare Bild ist nicht auf dem Schirm auffangbar.*

Bild 30

bei dem vorhergehenden Schülerexperiment bei der dort vorgegebenen Gegenstandsweite  $s = 10 \text{ cm}$  (die gleich der Brennweite der benutzten Linse ist) kein wirkliches Bild entsteht. Eine Zeichnung an der Tafel oder im Heft zeigt, daß die gebrochenen Strahlen die Bedingung für das Entstehen eines wirklichen Bildes, einander zu schneiden, nicht erfüllen; es kann kein wirkliches Bild entstehen.

**Unterscheiden von wirklichem und scheinbarem Bild.** Um den Schülern die Unterscheidung von wirklichem und scheinbarem Bild zu erleichtern, sollen sie sich für jedes dieser Bilder zwei Kennzeichen merken. Das wirkliche Bild ist immer auf einem Schirm auffangbar. In der zeichnerischen Darstellung ist es daran erkennbar, daß die Strahlen zusammenlaufen (konvergent sind) und einen Schnittpunkt haben. Das scheinbare Bild ist nicht auf einem Schirm auffangbar. In der zeichnerischen Darstellung laufen die Strahlen auseinander (sind divergent); es entsteht kein Schnittpunkt.

**Festigung.** Der Lehrplan (S. 17) fordert die Auswertung der Bildentstehung an Linsen in Form einer Tabelle. Als Schülertätigkeit wird ausgewiesen, daß die Bildentstehung an der Sammellinse und am Hohlspiegel zu vergleichen sind. Beides läßt sich gut miteinander verknüpfen, wenn man die Tabelle so anlegt, daß in ihr sowohl Aussagen über die Bildentstehung an der Sammellinse als auch über die Bildentstehung am Hohlspiegel enthalten sind. Diese Tabelle könnte schrittweise im Heft der Schüler in dieser und in der nächsten thematischen Einheit entstehen. Möglichkeiten für die Anlage der Tabelle (auch als Hausaufgabe geeignet) zeigt das Lehrbuch, S. 48, oder auch Physik in Übersichten, S. 160/161 und 166/167. Letztere müßten allerdings stark vereinfacht werden, indem man sich jeweils auf drei Fälle beschränkt und Art, Lage und Größe des Bildes in einer Spalte zusammenfaßt.

### *Bildentstehung am Hohlspiegel und am ebenen Spiegel*

3 Stunden

#### **Ziele**

Die Schüler

- wissen, daß durch Hohlspiegel wirkliche und scheinbare Bilder erzeugt werden, und können sie unterscheiden;
- können die Bildentstehung am Hohlspiegel zeichnerisch darstellen;

- wissen, daß Bildgröße und Bildweite in gleicher Weise wie bei der Sammellinse von der Gegenstandsweite abhängen;
- kennen die Eigenschaften des Bildes am ebenen Spiegel;
- können das Reflexionsgesetz bei der Darstellung der Bildentstehung am ebenen Spiegel anwenden.

### Unterrichtsmittel

PSE Strahlenoptik: Demonstration des Strahlenverlaufs bei der Abbildung eines Punktes mit Hilfe eines Hohl- bzw. Wölbspiegels; Erzeugung reeller Bilder mit Hilfe eines Hohlspiegels; Demonstration der Reflexion des Lichtes an Spiegeln und matten Flächen; Beobachtung der Bilder an einem ebenen Spiegel

Optische Bank

Glasscheibe, ebener Spiegel

Demonstrationsgerät Haftoptik

Fo: Strahlenverläufe (Bild 25)

Uhrgläser (nach Anzahl der Schülergruppen)

### Schwerpunkte und Hinweise

**Einführung.** Zur Einführung eignet sich die Fragestellung: Warum werden manche Fernrohre auch Spiegelteleskope genannt? Zur Unterstützung dieser Fragestellung ist das Diapositiv Nr. 15 (Spiegelteleskop) aus der Tondiareihe T-R 75 „Gegenstand der Physik“ geeignet. Ein Freihandversuch, bei dem eine Kerze mit Hilfe eines Hohlspiegels abgebildet wird, kann einführend die Bildentstehung demonstrieren.

**Bildentstehung am Hohlspiegel.** Der Schüler kennt die zu benutzenden Begriffe und das Wesen der Bildentstehung. Wählt der Lehrer die gleiche Art und Weise der Erarbeitung wie bei der Sammellinse, so ist dem Schüler auch die Vorgehensweise bereits vertraut.

**Das wirkliche Bild am Hohlspiegel.** Die Herleitung der Beziehungen beim Entstehen eines wirklichen Bildes erfolgt im Demonstrationsexperiment. Ausgehend von der Abbildung eines punktförmigen Gegenstandes unter Nutzung von optischer Bank und Haftoptik kann zur zeichnerischen Darstellung fortgeschritten werden (Bild 31).

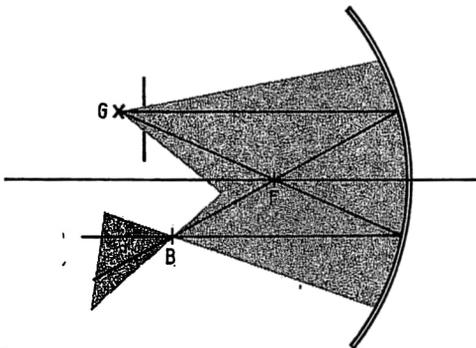


Bild 31

Die kontinuierliche Veränderung der Gegenstandsweite im Demonstrationsexperiment deckt die Zusammenhänge zwischen Gegenstand und Bild am Hohlspiegel auf. Die zeichnerische Darstellung an der Tafel und im Heft gibt Gelegenheit, die einführende Frage zu beantworten bzw. das einführende Experiment zu erklären. Führt man die in der vorhergehenden thematischen Einheit empfohlene Anlage einer Tabelle durch, so kann jetzt der Vergleich der Entstehung des wirklichen Bildes an Sammellinse und Hohlspiegel erfolgen. Es kann festgestellt werden, daß sich analoge Aussagen ergeben.

**Das scheinbare Bild am Hohlspiegel.** Der Vergleich der Aussagen über die Merkmale der Bilder an Sammellinse und Hohlspiegel gestattet, die Schüler zum Anstellen von Voraussagen zu führen, ob ein Bild entsteht, wenn man die Gegenstandsweite kleiner als die Brennweite wählt. Das notwendige Experiment zur Überprüfung der Vermutung kann gemeinsam geplant werden. Das anschließende Experiment führt zur Bestätigung der aus dem Analogieschluß gewonnenen Vermutung. Dieses Experiment könnte ohne großen Aufwand auch von den Schülern durchgeführt werden. Damit wäre die Betrachtung des scheinbaren Bildes jedem Schüler möglich, was im Demonstrationsexperiment nur schwer zu verwirklichen ist.

Für das Schülerexperiment zum Entstehen eines virtuellen Bildes sind Uhrgläser von etwa 70 mm Durchmesser, wie sie vom SKUS für den Chemieunterricht geliefert werden, zu empfehlen. Legen die Schüler das Uhrglas auf einen dunklen Untergrund und halten einen hellen Gegenstand (Bleistift o. ä.) innerhalb der „Brennweite“ vor das Uhrglas, so ist das scheinbare vergrößerte Bild gut zu erkennen.

**Festigung.** Es bietet sich an, die Kenntnisse über die Bildentstehung an Sammellinse und Hohlspiegel wegen vieler Gemeinsamkeiten vor der Behandlung der Bildentstehung am ebenen Spiegel zusammenzufassen. Ziel einer solchen Zusammenfassung für die Schüler kann u. a. sein, daß für Sammellinse und Hohlspiegel analoge Aussagen sowohl bezüglich des Strahlenverlaufs als auch bezüglich der Bildentstehung gelten. Zur Realisierung eines solchen Vergleiches können die Aufzeichnungen der Schüler im Heft und auch die Lehrbuchseiten 147 und 148 dienen.

**Bild am ebenen Spiegel.** Zur Einführung kann ein möglichst großer, ebener Spiegel dienen, in den die Schüler blicken können. Sie werden aufgefordert, ihr „Spiegelbild“ möglichst genau zu beschreiben. Dabei zeigt sich, daß die Beschreibung durch etliche Schüler noch relativ ungenau ist. Besonders auf die Frage nach dem Ort des Bildes wirkt diese Beschreibung motivierend für die weitere Untersuchung.

Es sei darauf aufmerksam gemacht, daß die häufig benutzte Formulierung, daß das Bild am ebenen Spiegel seitenvertauscht sei, nicht richtig ist. Sie beruht auf der Beschreibung von Bild und Gegenstand von verschiedenen Standpunkten aus. Bei festem Standpunkt des Beobachters (Bezugssystem) bleiben Gegenstand und Bild im Raum gleich orientiert; d. h., oben bleibt oben, rechts bleibt rechts usw. Auf diese Problematik wird jedoch in Klasse 6 nicht eingegangen.

Als ein Weg zur Erkenntnisgewinnung über das Bild am ebenen Spiegel wird empfohlen, nach der Motivation analog dem Vorgehen bei Linse und Hohlspiegel in einem Demonstrationsexperiment die Reflexion eines Lichtbündels an der Hafttafel zu demonstrieren und dann nachzuzeichnen (Bild 32a, links). Das für das Entstehen scheinbarer Bilder bereits bekannte Vorgehen führt zur Konstruktion des Bildpunktes B der Lichtquelle G. Wiederholung und Anwendung des Reflexionsgesetzes führen zum Einzeichnen der Lote und dem Winkelvergleich.

Nun erhalten die Schüler den Auftrag, unter Vorgabe der einfallenden Strahlen und unter Nutzung des Reflexionsgesetzes (Bild 32b, rechts) das Bild einer Kerze zu konstruieren. Zur Kontrolle kann ein leistungsstarker Schüler an der Tafel mitzeichnen. Es werden Gegenstands- und Bildweite wie auch Gegenstands- und Bildgröße gemessen und verglichen. Es ergibt sich die Notwendigkeit, die theoretisch gewonnene Aussage im Experiment zu überprüfen. Dazu ist ein Experiment geeignet, wie es z. B. im Lehrbuch, Seite 145, beschrieben ist. Wiederholt man jetzt das einführende Experiment, so kann die anfangs geforderte Beschreibung durch die Schüler exakt erfolgen. Beim Zusammenfassen der neuen Kenntnisse unter Nutzung der Tafel- bzw. Heftzeichnung läßt sich das Wissen der Schüler über die Symmetrie aus dem Mathematikunterricht nutzen.

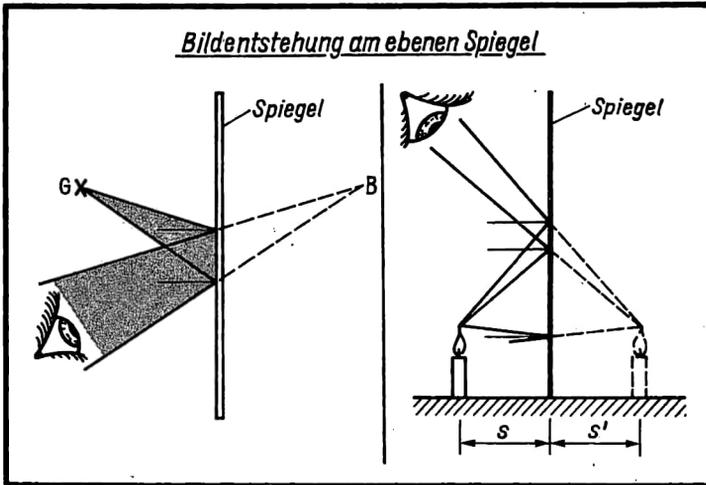


Bild 32

## Stoffeinheit Optische Geräte

5 Stunden

### Ziele und inhaltliche Schwerpunkte

Die letzte Stoffeinheit des Stoffgebietes Optik hat die Behandlung einiger optischer Geräte zum Gegenstand. Das Bekanntmachen mit Aufbau und Wirkungsweise von Kamera, Bildwerfer, Fernrohr und Mikroskop ist vor allem gekennzeichnet durch die Anwendung des bisher erworbenen Wissens und Könnens über Strahlenverläufe und Bildentstehung. Damit ist gleichzeitig auch eine Orientierung hinsichtlich der Beschränkung auf das Wesentliche gegeben. Auf technische Details kann nicht eingegangen werden.

Eine Gliederung der Stoffeinheit ist unter folgenden Gesichtspunkten möglich. Hinsichtlich des Aufbaus und der Wirkungsweise kann man die zu behandelnden Geräte in zwei Gruppen und damit den Unterrichtsstoff in zwei thematische Einheiten einteilen. In jeder dieser thematischen Einheiten gibt es bezüglich der optischen Eigenschaften der Geräte Gemeinsamkeiten bzw. Ähnlichkeiten. In die erste Gruppe gehören Kamera und Bildwerfer sowie auch das Auge. Gemeinsam ist ihnen das Erzeugen eines wirklichen Bildes mit Hilfe einer Linse (bzw. eines Linsensystems). Zur zweiten thematischen Einheit gehören Fernrohr und Mikroskop. Ihnen ist gemeinsam das Vorhandensein von Objektiv und Okular, das Erzeugen eines wirklichen Zwischenbildes und die Betrachtung eines durch das Okular erzeugten scheinbaren Bildes.

So ist es in der ersten thematischen Einheit möglich, einen sehr großen Teil des bisher im Stoffgebiet Optik erworbenen Wissens und Könnens anzuwenden. Strahlenverläufe können dargestellt und Bildkonstruktionen vorgenommen werden.

Bei der Behandlung von Fernrohr und Mikroskop können Bildkonstruktionen nicht durchgeführt werden. Die Behandlung muß sich deshalb schwerpunktmäßig auf das Beobachten, das Beschreiben des Aufbaus und das Erklären der Wirkungsweise der in den Geräten eingesetzten Sammellinsen orientieren.

Als Unterrichtsmittel kommen neben der optischen Bank und dem SEG Geometrische Optik insbesondere Originale technischer Geräte (Fotoapparat, Projektor, Fernrohr, Lichtschreibprojektor) von einfachem Aufbau und die leicht demontierbar sind, zum Einsatz.

Für die Erteilung eines lebensnahen Unterrichts ist es möglich, viele Verbindungen zur Praxis bei der Nutzung optischer Geräte herzustellen. Insbesondere darf dabei die Bedeutung der optischen Industrie nicht außer acht gelassen werden. Die Behandlung des astronomischen Fernrohres gibt Gelegenheit, das historische Prinzip zu verwirklichen, indem Leben und Werk von Kepler und Copernicus in geeigneter Form gewürdigt wird.

In dieser Stoffeinheit sind die *Schwerpunkte im Wissen und Können*:

- Prinzipieller Aufbau einiger optischer Geräte;
- Anwenden der erworbenen Kenntnisse über Strahlenverläufe und Bildentstehung auf die Erklärung der Wirkungsweise optischer Geräte;
- Nutzbarkeit optischer Geräte;
- Vergleich von Bildwerfer, Fotoapparat und Auge;
- Vergleich von Fernrohr und Mikroskop;
- Umgang mit optischen Geräten.

Für die Festigung und für die Kontrolle des Wissens und Könnens werden neben den Lehrbuchaufgaben folgende Aufgaben empfohlen:

1. Woran erkennt man a) ein wirkliches Bild, b) ein scheinbares Bild?
2. Nenne optische Geräte, die im Unterricht benutzt werden!
3. Welche Entfernung muß man an einem Fotoapparat einstellen, wenn man sich selbst im Spiegel fotografieren will?
4. Welche Eigenschaften der Abbildung durch Sammellinsen müssen beim Einstecken der Dias am Bildwerfer beachtet werden?
5. Vergleiche das Auge mit einer Kamera! Welche Teile der Kamera entsprechen welchen Teilen des Auges?
6. Mit einer Sammellinse ( $f = 10 \text{ cm}$ ) soll ein wirkliches Bild eines Gegenstandes erzeugt werden. Gib die kleinstmögliche Gegenstandsweite an!
7. Wie ändern sich Lage und Größe des Bildes einer Kerze, wenn man die Kerze einer Sammellinse nähert?
8. Die Entfernung eines Gegenstandes von seinem Bild beträgt bei einem Spiegel 120 cm. Wie weit ist der Gegenstand vom Spiegel entfernt? Begründe!
9. Ein Mensch, der vor einem Spiegel steht, tritt 1 m zurück. Um wieviel verändert sich der Abstand zwischen ihm und seinem Bild?
10. Vor einer Sammellinse mit der Brennweite  $f = 3 \text{ cm}$  steht ein Gegenstand von 1 cm Höhe. Die Gegenstandsweite  $s$  beträgt 5 cm. Konstruiere das Bild! Gib Bildweite und Bildhöhe an!
11. Vor einem Hohlspiegel mit der Brennweite  $f = 3 \text{ cm}$  steht ein Gegenstand von 1 cm Höhe. Die Gegenstandsweite  $s$  beträgt 5 cm. Konstruiere das Bild! Gib Bildweite und Bildhöhe an!
12. Vergleiche die Angaben in Aufgabe 11 und 12! Vergleiche die Ergebnisse! Was schließt du aus dem Ergebnis?

### Vorschlag zur Gliederung der Stoffeinheit

Thematische Einheiten, Stundenanzahl	Vorleistungen, zu reaktivierendes Wissen	Experimente, besondere Unterrichtsmittel, Schüleraufträge
<i>Bildwerfer, Fotoapparat und Auge</i> Aufbau und Strahlenverlauf bei Bildwerfer, Fotoapparat und Auge Festigen durch Anwenden der grundlegenden Kenntnisse des Stoffgebietes Optik	Strahlenverläufe an Linse und Hohlspiegel, Bildentstehung (Ph 6)	Bildwerfer Fotoapparate Augenmodell (Bio) Optische Bank SEG Geometrische Optik Fo: Das Auge (SKUS, Bio)

Darstellen der Bildentstehung bei Bildwerfer und Kamera 3 Std.		
<i>Fernrohr und Mikroskop</i> Aufbau von Fernrohr und Mikroskop Wirkungsweise von Objektiv und Okular Analyse eines optischen Gerätes Rolle der optischen Industrie Leben und Wirken von Copernicus und Kepler 2 Std.	Einführung in das Mikroskopieren (Bio 6)	Mikroskop Schülermikroskope (Bio) Schulfernrohr Optische Bank Anschauungstafel: Bildentstehung am Mikroskop Schülervortrag zu Copernicus oder Kepler Fo: Strahlenverlauf im Mikroskop (Bild 33)

## Empfehlungen zur Gestaltung der thematischen Einheiten

### *Bildwerfer, Fotoapparat und Auge*

2 Stunden

#### Ziele

Die Schüler

- kennen den prinzipiellen Aufbau von Bildwerfer und Fotoapparat;
- können die bisher erworbenen Kenntnisse, insbesondere die über Strahlenverläufe und Bildentstehung, für die Erklärung der Wirkungsweise von optischen Geräten anwenden;
- können Fotoapparat und Auge unter dem Aspekt der Bildentstehung vergleichen;
- können mit optischen Geräten sorgfältig umgehen.

#### Unterrichtsmittel

Bildwerfer (älteres und modernes Modell), Fotoapparate (älterer und moderner Typ), Augenmodell (Bio)

Fo: Das Auge (SKUS, Bio)

Fo: Strahlenverläufe (Bild 25)

#### Schwerpunkte und Hinweise

**Einführung.** Es bietet sich an, zur Einführung Originalgeräte wie Projektor und Lichtschreibprojektor verknüpft mit der Projektion eines Diapositives bzw. einer Projektionsfolie zu benutzen. Der Inhalt des Dias oder der Folie sollte auf den Inhalt der folgenden Stunden orientieren.

**Bildwerfer und Fotoapparat.** Beiden optischen Geräten ist gemeinsam, daß von einem Gegenstand ein wirkliches Bild erzeugt werden soll. Es ist möglich, durch die Fragestellung „Auf welche Weise wird das wirkliche Bild erzeugt?“ eine Zielorientierung für die Untersuchung von Aufbau und Wirkungsweise der Geräte zu geben. Da beim Bildwerfer Gegenstand und Bild im Gegensatz zum Fotoapparat gut beobachtbar sind, wird empfohlen, mit der Behandlung des Bildwerfers zu beginnen. Bei der Untersuchung des Aufbaus können

die Schüler die für die Bildentstehung wichtigen Teile selbständig finden. In Anwendung der bisher erworbenen Kenntnisse wird auf ihre Funktion geschlossen und versucht, die Wirkungsweise des Gerätes zu erklären.

Indem mit Hilfe von Einzelteilen der zur Verfügung stehenden Experimentiergeräte ein Funktionsmodell des analysierten Gerätes aufgebaut wird, kann die Richtigkeit der vorgenommenen Erklärung experimentell bestätigt werden. Dabei können Teilschritte dieses Vorgehens dem Schüler in einfacher Weise mit dem Ziel verdeutlicht werden, bei der Behandlung des Fotoapparates in gleicher Weise vorzugehen.

**Vergleichen von Fotoapparat und Auge.** Fotoapparat und Auge sind gut geeignet, verglichen zu werden. Die Schüler sollten diesen Vergleich selbständig ausführen, um damit das gleiche Grundprinzip zu erkennen. Im Interesse einer rationellen Unterrichtsgestaltung und der strengen Beschränkung auf das für den Vergleich Wichtige wird empfohlen, die Behandlung des Auges im Lehrvortrag vorzunehmen.

Die den Vergleich betreffende Lehrbuchaufgabe 1, S. 153, eignet sich als im Unterricht zu lösende Aufgabe und auch als Hausaufgabe. In jedem Falle ist es zweckmäßig, einige Angaben zum Fotoapparat vorzugeben wie Gegenstand, Objektiv, Blende und Filmebene mit Film. Es ist auch der Hinweis angebracht, den Vergleich in Form einer Tabelle vorzunehmen.

So scheint es zweckmäßig, den Lehrervortrag so zu gestalten, daß er auf die für den Vergleich wichtigen Teile des Auges orientiert. Dazu gehören Augenlinse, Pupille (Blende), Netzhaut (Filmebene). Als Unterrichtsmittel stehen hierfür aus dem Biologieunterricht das Augenmodell und die Folie „Das Auge“ (SKUS) zur Verfügung.

**Schülervortrag.** Die thematische Einheit bietet auch die Möglichkeit des Einsatzes eines Schülervortrages über ein optisches Gerät. Dieser Vortrag kann sowohl bei der Einführung (Motivierung), bei der Erarbeitung des neuen Stoffes oder eventuell auch bei der Zusammenfassung des neuen Stoffes erfolgen. Im Interesse der Wirksamkeit des Schülervortrages sollten dem Vortragenden Schüler einige Gesichtspunkte genannt werden, die er in seinem Vortrag berücksichtigen muß. Dies könnten sein:

- Gib das physikalische Grundprinzip an, das in dem optischen Gerät genutzt wird!
- Mache Aussagen über Verwendungszweck, Aufbau und Wirkungsweise des Gerätes!
- Versuche dabei Wichtiges von weniger Wichtigem zu trennen!
- Gib einfache Hinweise zur Bedienung des Gerätes!
- Fertige gegebenenfalls eine einfache Zeichnung auf einer Folie an und erläutere sie!

Viele Schüler besitzen den vom Handel angebotenen sehr guten Optikbaukasten. Der Besitz dieses Baukastens ist für den Vortragenden Schüler eine gute Voraussetzung für die Befähigung zu dem genannten Vortrag.

**Festigung.** Beim Festigen der zu erwerbenden Kenntnisse können die Schüler selbständig Aufbau und Wirkungsweise von Fotoapparat und Auge vergleichen, den Aufbau des Experimentes zur Bestätigung der Wirkungsweise planen, getroffene Aussagen überprüfen und beobachtete Experimente beschreiben und erklären.

**Unterrichtsmittel.** Als Unterrichtsmittel bieten sich möglichst einfache Projektoren und Fotoapparate an, die sich leicht auseinandernehmen lassen. Jedoch sollten auch moderne Geräte gezeigt werden. Da alle physikalischen Prinzipien bekannt sind, die im Lichtschreibprojektor angewandt werden, kann der Lehrer auch dieses Gerät für die Festigung im Unterricht nutzen. Gleichzeitig wird damit eine Erklärung für das eingangs durchgeführte Experiment gegeben.

Die Anschauungstafel Spiegelreflexkamera kann ebenfalls genutzt werden.

Für die Veranschaulichung der Ausführungen des Lehrers über das Auge eignen sich die Biologie-Unterrichtsmittel „Augenmodell“ und die Folie „Das Auge“ (SKUS).



dings an, den analytischen Teil anhand eines Fernrohres durch den Lehrer auszuführen. Der synthetische Teil kann durch ein relativ einfaches Schülerexperiment erfolgen. Dazu ist die Nutzung des Lehrbuches, S. 152/153, möglich. Die Erarbeitung der Aufgabenstellung kann mit Hilfe von Leitfragen erfolgen. Nähere Angaben findet der Lehrer im Beiheft zum SEG Geometrische Optik.

Auf die Behandlung des Strahlenganges im Fernrohr sollte verzichtet werden, da er für die Schüler in Klasse 6 nicht verständlich erläutert werden kann.

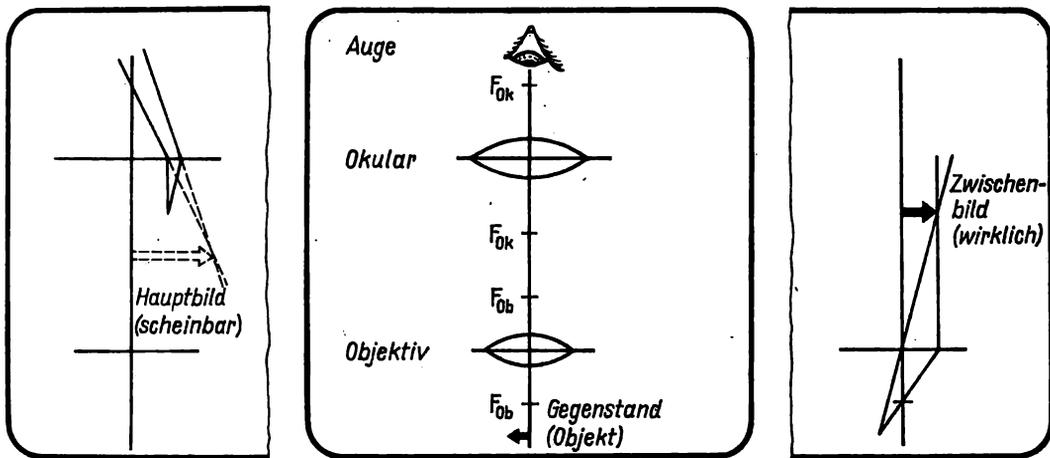


Bild 33

**Festigung.** Bereits bei der Erarbeitung, insbesondere aber bei der abschließenden Zusammenfassung, ist es im Interesse einer rationellen Gestaltung des Lernprozesses günstig, beim Vergleich von astronomischem Fernrohr und Mikroskop eine Konzentration auf das Herausarbeiten von Gemeinsamkeiten vorzunehmen. Die beiden optischen Geräte haben eine ähnliche Aufgabe, zeigen einen ähnlichen Aufbau und eine ähnliche Wirkungsweise. Sie bestehen im wesentlichen aus zwei Sammellinsen, von denen das Objektiv ein wirkliches Bild und das Okular ein scheinbares Bild erzeugt. Beide dienen der Vergrößerung eines zu betrachtenden Gegenstandes.

Leistungsstarken Schülern kann bewußtgemacht werden, daß für die Gegenstandsweite  $s$  beim Fernrohr  $s > 2f$  und beim Mikroskop  $2f > s > f$  gilt. Bildkonstruktionen an Mikroskop und Fernrohr sind unter alleiniger Nutzung der dem Schüler bekannten Strahlen nicht möglich und müssen deshalb unterbleiben. Der Lehrer muß sich also darauf beschränken, von den Schülern Aussagen über Art und Lage der Bilder auf der Basis vorgegebener Strahlenverläufe formulieren zu lassen.

**Optische Industrie.** Die Behandlung der optischen Industrie, ihre Tradition und ihre Bedeutung für die Industrie und den Außenhandel der DDR hat das Ziel, den Schüler von der großen Bedeutung dieses Industriezweiges zu überzeugen. Bei einem entsprechenden Lehrervortrag können folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Es existiert ein umfangreicher Industriezweig, der optische Geräte herstellt (Jena, Dresden, Rathenow u. a.);
- Die hergestellten Geräte sind durch eine hohe Präzision gekennzeichnet und bestimmen das Weltniveau mit;
- Die Geräte werden in vielen Industriezweigen, aber auch für den privaten Bedarf benötigt;
- Die hohe Qualität der Geräte führt zu Exporten, die für die DDR wichtig und notwendig sind;
- Es gibt eine lange Tradition in der Herstellung optischer Geräte (Abbe, Schott).