

Physik

Klasse 8

Unterrichtshilfen

Unterrichtshilfen Physik Klasse 8

E. Eichler, H. Buscherowsky, W. Wörstenfeld

5. Auflage



Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin

1978

Verfaßt von

Eberhard Eichler (Einleitung 1.1., 1.2., 1.3., 2.1., 2.2., 2.3.1. und 2.3.2.)

Hubert Buscherowsky (2.3.3.)

Willi Wörstenfeld (2.3.4. und 2.3.5.)

Redaktion: Werner Golm, Willi Wörstenfeld

Ausgabe 1969 · 5. Auflage

Lizenz-Nr. 203 · 1000/78. (DN 022152-5)

LSV 0645

Zeichnungen: Heinrich Linkwitz, Berlin

Ausstattung: Atelier Volk und Wissen, Berlin

Printed in the German Democratic Republic

Gesamtherstellung: VEB Druckerei „Thomas Müntzer“, 582 Bad Langensalza V/12/6

Schrift: 9/10 Modern Extended

Redaktionsschluß: 29. 6. 1978

Bestell-Nr. 705 8699

DDR 6,25 M

Inhaltsverzeichnis

0.	Einleitung	9
1.	Wärmelehre	15
1.1.	Vorbemerkungen zur 1. Stoffeinheit	15
1.1.1.	Unterrichtsthematik	15
1.1.2.	Begriffe und Gesetze	15
1.1.3.	Geistige und praktische Tätigkeiten	16
1.1.4.	Staatsbürgerliche und polytechnische Bildung und Erziehung	17
1.1.5.	Koordinierung mit anderen Fächern	18
1.1.6.	Unterrichtsmittel	18
1.1.7.	Literatur	18
1.2.	Gliederung der 1. Stoffeinheit	19
1.3.	Stundenentwürfe zur 1. Stoffeinheit	20
1.	UE: <i>Wärmeenergie</i>	20
1.	Stunde Wiederholung: Teilchen und Energie	21
2.	Stunde Die Temperatur, Energie der Teilchen	23
3.	Stunde Die Wärmemenge	26
4.	Stunde Die spezifische Wärme	28
5.	Stunde Der Wärmeaustausch (1. Teil)	30
6.	Stunde Der Wärmeaustausch (2. Teil)	31
7.	Stunde Spezifische Wärme fester Körper	33
8.	Stunde Die innere Energie, die absolute Temperatur	35
9.	Stunde Temperatur, Wärmemenge, innere Energie (Zusammenfassung)	37
2.	UE: <i>Die Zustandsgleichung des idealen Gases</i>	40
10.	Stunde Wiederholung: Ausdehnung von Körpern bei Erwärmung	40
11.	Stunde Zustandsgrößen eines Gases	42
12.	Stunde Die Zustandsgleichung für das ideale Gas	44

13. Stunde Isotherme Zustandsänderungen	46
14. Stunde Isobare und isochore Zustandsänderungen	48
15. Stunde Zusammenfassung und Anwendungen zur Zustandsgleichung	50
3. UE: <i>Aggregatzustandsänderungen</i>	51
16. Stunde Schmelzen und Erstarren	52
17. Stunde Verdampfen und Kondensieren	55
18. Stunde Zusammenfassung zu den Aggregatzustandsänderungen	58
4. UE: <i>Der 1. Hauptsatz der Wärmelehre</i>	60
19. Stunde Der 1. Hauptsatz der Wärmelehre	60
20. Stunde Der Energieerhaltungssatz	64
21. Stunde Der Viertakt-Dieselmotor (1. Teil)	67
22. Stunde Der Viertakt-Dieselmotor (2. Teil)	71
23. Stunde Die Entwicklung der Wärmekraftmaschinen	73
5. UE: <i>Wiederholung und Anwendungen zur Wärmelehre</i>	75
24. Stunde Energieumwandlungen (Wiederholung 1. Teil)	76
25. Stunde Der Viertakt-Ottomotor (Wiederholung 2. Teil)	79
2. Elektrizitätslehre	82
2.1. Vorbemerkungen zur 2. Stoffeinheit	82
2.1.1. Unterrichtsthematik	82
2.1.2. Begriffe und Gesetze	84
2.1.3. Geistige und praktische Tätigkeiten	85
2.1.4. Staatsbürgerliche und polytechnische Bildung und Erziehung	85
2.1.5. Koordinierung mit anderen Fächern	86
2.1.6. Unterrichtsmittel	87
2.1.7. Literatur	87
2.2. Gliederung der 2. Stoffeinheit	89
2.3. Stundenentwürfe zur 2. Stoffeinheit	90
1. UE: <i>Ladung, Stromstärke, Spannung</i>	90
1. Stunde Die elektrische Ladung (1. Teil)	91
2. Stunde Die elektrische Ladung (2. Teil)	94
3. Stunde Das elektrische Feld	97
4. Stunde Die elektrische Spannung	100
5. Stunde Energie des elektrischen Feldes	103
6. Stunde Der elektrische Strom	108
7. Stunde Die elektrische Stromstärke	111
8. Stunde Der elektrische Stromkreis	116
9. Stunde Stromstärke- und Spannungsmessungen	118
10. Stunde Zusammenfassung zu Ladung, Spannung und Stromstärke	120
2. UE: <i>Elektrische Energie, Arbeit und Leistung</i>	124
11. Stunde Der Energieerhaltungssatz	124
12. Stunde Die elektrische Arbeit	127

13. Stunde Messen der elektrischen Arbeit	134
14. Stunde Die elektrische Leistung	137
15. Stunde Messen der elektrischen Leistung	139
3. UE: Elektrischer Widerstand, Ohmsches Gesetz	140
16. Stunde Der Zusammenhang zwischen Spannung und Stromstärke	142
17. Stunde Das Ohmsche Gesetz	145
18. Stunde Anwendungen zum Ohmschen Gesetz	148
19. Stunde Technische Widerstände	151
20. Stunde Abhängigkeit des Widerstandes von Länge und Querschnitt eines Leiters	153
21. Stunde Das Widerstandsgesetz	156
22. Stunde Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur	159
23. Stunde Zusammenfassung: Der elektrische Widerstand	162
4. UE: Unverzweigter und verzweigter Stromkreis	164
24. Stunde Die Stromstärke im unverzweigten Stromkreis	166
25. Stunde Die Spannung im unverzweigten Stromkreis	169
26. Stunde Der Widerstand im unverzweigten Stromkreis	170
27. Stunde Anwendungen des unverzweigten Stromkreises	174
28. Stunde Spannung und Stromstärke im verzweigten Stromkreis	176
29. Stunde Der Widerstand im verzweigten Stromkreis — Anwendungen	178
30. Stunde Die Spannungsteilerschaltung (1. Teil)	183
31. Stunde Die Spannungsteilerschaltung (2. Teil)	186
32. Stunde Anwendungen der Gesetze des unverzweigten und des verzweigten Stromkreises	188
5. UE: Wiederholung und Anwendung	190
33. Stunde Die ökonomische Bedeutung der elektrischen Energie	190
34. Stunde Das Widerstandsthermometer	192
35. Stunde Die elektrische Kochplatte	193
Ergänzungen zum Einsatz der Aufgabensammlung Physik, Teil 1	197

0. Einleitung

0.1. Die Unterrichtshilfen haben als Grundlage den Lehrplan und sind auf das Lehrbuch der Klasse 8 abgestimmt.

0.2. Die Verfasser haben sich die Aufgabe gestellt, den Lehrer von einem Teil seiner Vorbereitungsarbeit zu entlasten. Es sollen wesentliche unterrichtsmethodische Ausarbeitungen und *Anregungen* für den Lehrer entwickelt werden. Eine theoretische Begründung erfolgt nicht; sie ist Aufgabe einer Methodik des Physikunterrichtes.¹

Die schöpferische Arbeit des Lehrers muß sich auf die Planung und Gestaltung eines einheitlichen Bildungs- und Erziehungsprozesses orientieren. Sie muß sich konzentrieren auf die Verwirklichung der Aufgaben, die in der konkreten Klassen- und Unterrichtssituation zu lösen sind. Das Festlegen von Schwerpunkten der erzieherischen Arbeit im Rahmen von Erziehungszielen für das Kollektiv und den einzelnen Schüler, die Berücksichtigung der psychologischen Situation einer Klasse, das Festlegen von Leistungskontrollen und Hausaufgaben, soweit solche nicht in den Stundenentwürfen vorgeschlagen werden, sind Aufgaben des Lehrers, die in den Unterrichtshilfen nicht berücksichtigt werden.

Bei der Behandlung vieler physikalischer Probleme müssen die Möglichkeiten genutzt werden, die die konkrete Situation des polytechnischen Unterrichts der Schule für die Motivierung und Problemstellung bietet. Verbindungen zu Patenbrigaden und technischen Arbeitsgemeinschaften sollen weitgehend genutzt werden.

In den Unterrichtshilfen wird entsprechend den Forderungen des Lehrplanes konsequent mit physikalischen Größen gearbeitet und gerechnet. Physikalische Größen werden als Produkt aus Zahlenwert und Einheit geschrieben, wie es im TGL-Blatt 0-1313 angegeben ist (siehe „Physik in der Schule“, Heft 2/1965, S. 69 ff.).

Anwendungen werden unter dem Gesichtspunkt der Fachwissenschaft Physik betrachtet. Das physikalisch Wesentliche wird hervorgehoben, auf technische und technologische Einzelheiten wird im Interesse einer eingehenden Behandlung des Grundwissens entsprechend den Darlegungen im Lehrplan verzichtet.

¹ vgl. „Methodik des Physikunterrichts“, herausgegeben von Kurt Haspas, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1976, Bestell-Nr. 7060799

0.3. Grundlage für die Unterrichtshilfen ist der seit dem 1. 9. 1969 gültige Lehrplan für Physik, Klasse 8. Die Unterrichtshilfen sind wie der Lehrplan in zwei Abschnitte, Wärmelehre und Elektrizitätslehre, gegliedert. Beide Abschnitte erfahren eine Verknüpfung durch Weiterführung der Leitlinien der strukturellen und der energetischen Betrachtungsweise.

Die im Lehrplan geforderten obligatorischen Schülerexperimente sind in Aufgabenstellung, Arbeitsanleitung und Protokollführung im Lehrbuch enthalten. Sie wurden in der im Lehrbuch dargestellten Form in den Stundenentwürfen der Unterrichtshilfen berücksichtigt. In den Materialien und Hinweisen zu den Stundenvorschlägen werden Erläuterungen für den Lehrer zur Durchführung der Schülerexperimente gegeben, so daß auf gesonderte Anleitungen verzichtet werden konnte.

0.4. Die Unterrichtshilfen werden entsprechend den Lehrplanabschnitten in zwei Stoffeinheiten gegliedert. Innerhalb der Stoffeinheiten erfolgt eine durch die Unterrichtsthematik bestimmte Gliederung in Unterrichtseinheiten. Die Stunden werden innerhalb einer Stoffeinheit durchnumeriert.

Die Darstellung jeder Stoffeinheit erfolgt in drei Hauptabschnitten:
Vorbemerkungen, Gliederung und Stundenentwürfe.

0.4.1. Die **Vorbemerkungen zur Stoffeinheit** sollen den Lehrer mit den Bildungs- und Erziehungsinhalten bekannt machen. Sie sollen unter anderem Grundlage für die Aufstellung von Stoffverteilungsplänen und damit für die langfristige Planung sein. Die Vorbemerkungen werden in sieben Abschnitte untergliedert.

Im Abschnitt *Begriffe und Gesetze* werden die neu einzuführenden Begriffe und die zu erarbeitenden Gesetze genannt und erläutert. Besondere Probleme, die sich bei der Einführung des Stoffes ergeben, werden erörtert. Es erfolgt eine Abgrenzung im Hinblick auf Umfang und Tiefe der zu erwerbenden Kenntnisse und Erkenntnisse.

Das hier und an anderen Stellen angegebene grundlegende Wissen wird von den Autoren im Sinne einer Schwerpunktbildung des im Lehrplan angegebenen Wissens vorgeschlagen. Es ist als Beitrag zur Diskussion um das Problem der Bestimmung von Grund- und Ergänzungswissen zu werten.

Der nächste Abschnitt hat die wesentlichen *geistigen und praktischen Schülertätigkeiten* zum Inhalt, die innerhalb dieser Stoffeinheit auszuüben sind. Sie sind notwendige Voraussetzung für den Aneignungsprozeß von Wissen und Können beim Schüler und führen zur Entwicklung wichtiger Fähigkeiten und Fertigkeiten. Diese Seite des Unterrichtsprozesses wird in den Lehrplänen besonders betont.

Im folgenden Abschnitt werden Bemerkungen zur *staatsbürgerlichen und polytechnischen Bildung und Erziehung* gemacht. Dabei werden nur solche Beispiele genannt, die im Unterricht dieser Stoffeinheit besonders zur Lösung der entsprechenden Aufgaben beitragen.

Der *Koordinierung mit anderen Fächern* sind die folgenden Bemerkungen gewidmet. Es erfolgen Hinweise auf unbedingt notwendige oder besonders günstige Verbindungen zu anderen Fächern.

Im Abschnitt *Unterrichtsmittel* werden nur solche Materialien angegeben, für deren Beschaffung oder Herstellung eine gewisse Vorbereitungszeit benötigt wird. So werden z. B. Filme genannt, die bei der Kreisstelle für Unterrichtsmittel zu erhalten

sind. Es erfolgt die Angabe von Applikationen zur Hafttafel, die vom Lehrer oder auch durch Schüler hergestellt werden müssen. Außerdem werden die Titel von Arbeitsblättern genannt.

In den Arbeitsblättern sind Aufgaben mit Vorgaben in Form von Zeichnungen, Diagrammen, Tabellen und Übersichten enthalten, die vom Schüler zu lösen sind. Die Vervielfältigung dieser Arbeitsblätter läßt das zeitraubende und unrationelle Abschreiben von Tabellen, Diagrammen usw. wegfallen und führt zu einer wesentlichen Erhöhung des Anteils der Selbsttätigkeit der Schüler am Unterricht.

Bei der Erarbeitung dieses Buches lag der Unterrichts-Bedarfsplan des Faches Physik im Entwurf vor. Die endgültige Fassung für die Klassen 6 bis 10 ist im Heft 7/8, 1971 der Zeitschrift „Physik in der Schule“ abgedruckt. Der Lehrer soll zur Vorbereitung seines Unterrichts diesen Bedarfsplan zusätzlich heranziehen. (Siehe auch Punkt 6 der methodischen Literatur auf S. 19!)

Eine Auswahl aus der *fachwissenschaftlichen, methodischen und populärwissenschaftlichen Literatur*, die dem Lehrer für die Vorbereitung des Unterrichts zur Verfügung steht, gibt der letzte Abschnitt der Vorbemerkungen. Die Benutzung von Nachschlagewerken wird nicht ausdrücklich erwähnt.

0.4.2. Die Gliederung der Stoffeinheit gibt einen Überblick, wie der durch den Lehrplan festgelegte Stoff auf Unterrichtseinheiten und Stunden verteilt wird. Dabei wird nur über die durch den Lehrplan festgelegte Zahl von 60 Stunden verfügt. Schriftliche Leistungskontrollen und weitere Stunden zur Festigung können für die darüber hinaus noch zur Verfügung stehenden Stunden vorgesehen werden.

0.4.3. Die Stundenentwürfe sind entsprechend der Gliederung der Stoffeinheit in Unterrichtseinheiten und Unterrichtsstunden unterteilt. Jede Unterrichtseinheit wird durch einen Abschnitt *Vorbemerkungen* eingeleitet.

Hier werden die Schwerpunkte der Bildungs- und Erziehungsarbeit im Zusammenhang dargestellt. Am Ende des Abschnittes wird stichwortartig das von den Schülern zu erwerbende grundlegende Wissen angegeben.

Jeder *Entwurf einer Unterrichtsstunde* gliedert sich in vier Abschnitte: Angaben zum Stundenziel, Übersicht der benötigten Unterrichtsmittel, Stundengliederung sowie Materialien und Hinweise zur Durchführung der Stunde.

Das *Stundenziel* ist in drei Punkte gegliedert. Punkt 1 gibt das in der Stunde zu erwerbende grundlegende Wissen an. Punkt 2 enthält Angaben zu Fakten, die im Unterricht zwar in jedem Falle behandelt werden, aber nicht zum reproduzierbaren Merkstoff des Schülers gehören. In Punkt 3 werden die geistigen und praktischen Schülertätigkeiten angegeben, die der Schüler in dieser Stunde im Hinblick auf eine umfassende Aneignung von Können ausüben soll. Es wird lediglich von Tätigkeiten und nicht von Fertigkeiten gesprochen, weil ein in der einzelnen Stunde zu erreichendes Niveau der Fertigkeiten nicht angegeben werden kann.

Im Abschnitt *Unterrichtsmittel* werden alle die Geräte und Materialien genannt, die zur Durchführung der Stunde benötigt werden. Die Übersicht soll deren schnelles Bereitstellen erleichtern.

Die *Stundengliederung* enthält Angaben zu den Teilerkenntnissen, zu den Unterrichtsaufgaben, eine Zeitaufteilung und Angaben zur Methode.

Unter a), b), . . . werden Teilerkenntnisse genannt, die die Schüler im folgenden Stundenabschnitt gewinnen sollen. Diese Angabe von Teilerkenntnissen gibt dem

Lehrer eine bessere Zielorientierung auf das, was die Schüler erfahren und lernen sollen, als die sonst übliche Angabe von Teilzielen.

Unter 1., 2., . . . werden Aufgaben genannt, die an dieser Stelle im Unterricht zu erfüllen sind. Sie werden in den anschließenden Materialien und Hinweisen näher erläutert. Die Bemerkungen zur methodischen Gestaltung der einzelnen Unterrichtsabschnitte sind den Unterrichtsaufgaben zugeordnet und finden sich in der rechten Spalte der Stundengliederung. Auch sie werden in den Materialien und Hinweisen erläutert. Die in Klammern stehenden Zahlen sind Angaben in Minuten. Sie beziehen sich jeweils auf den Stundenabschnitt bis zur nächsten Zeitangabe. Sie können nur Richtwerte sein, die dem Lehrer zeigen, wie etwa die Relationen zwischen den einzelnen Stundenabschnitten anzusetzen sind. Sie müssen vom Lehrer der Klassensituation entsprechend variiert werden.

Die *Materialien und Hinweise* nehmen den größten Raum in den Unterrichtshilfen ein. Am Anfang werden in wenigen Sätzen einige grundsätzliche Bemerkungen zum Verlauf der Stunde gemacht. Die Numerierung 1., 2., . . . gibt die Zuordnung zu den Unterrichtsaufgaben in der Stundengliederung an. Der Lehrer findet hier nähere Angaben zum Stoff und zu seiner methodischen Aufbereitung.

Einzelne Experimente werden beschrieben. Ein großer Teil der Versuche ist den bisher in zehn Teilen erschienenen „Physikalischen Schulversuchen“ von Girke-Sprockhoff entnommen. Ein Abdruck dieser Materialien erfolgt in den Unterrichtshilfen nicht. Es werden jedoch genaue Hinweise gegeben. Schließlich werden die Stundenentwürfe durch die Darstellung der zu entwickelnden *Tafelbilder* ergänzt. Soll auf Teile des Tafelbildes hingewiesen werden, so wird neben dem Tafelbild eine Aufteilung der Tafel angegeben, bei der die einzelnen Teile mit Kleinbuchstaben a, b, c, . . . bezeichnet werden. Entsprechend wird in der Stundengliederung und im Text verfahren. Besondere Hinweise auf Teilzusammenfassungen am Ende eines Stundenabschnittes werden nicht gegeben. Es erfolgen im allgemeinen keine Angaben zur Leistungskontrolle.

Erstmals in einem Lehrplan für den Physikunterricht in unserer Schule wird auf den Einsatz von Nomogrammen im Unterricht orientiert. Damit wird eine Entwicklungstendenz in Wissenschaft und Industrie aufgegriffen und bereits im Unterricht der allgemeinbildenden Schule den Schülern ein Arbeitsverfahren vermittelt, das in hohem Maße zur Rationalisierung der Lösung von sich wiederholenden, gleichartigen Aufgaben Anwendung findet. Neben dem Rechenstab steht damit der Schule ein weiteres Hilfsmittel zur Verfügung, das auch für den Unterricht eine wesentliche Zeitersparnis mit sich bringt, die für die physikalische Durchdringung der Aufgabe und deren Lösung genutzt werden kann. Der Vorzug der Nomogramme wirkt sich darüber hinaus auch bei der Durchführung von Schülerexperimenten und beim physikalischen Praktikum aus. Eine sinnvolle Verknüpfung von Berechnungen und Aufgabenlösungen mit Hilfe eines Nomogramms ist ein Beitrag zur Verwirklichung des polytechnischen Prinzips im Physikunterricht und der Forderung nach sinnvoller Verknüpfung der Unterrichtsfächer untereinander.

Für den Lehrer ist es wichtig, Nomogramme als eine grafische Lösungsmethode so im Physikunterricht einzuführen, daß ihre Zweckmäßigkeit den Schülern deutlich wird. Im Unterricht werden zunächst nur **einzelne** physikalische Größen in Form einfacher Diagramme (Säulendiagramme, Streifendiagramme u. a.) dargestellt (z. B. verschiedene Geschwindigkeiten, verschiedene Dichten). Danach erfolgt die erste Erweiterung durch die Betrachtung des funktionalen Zusammenhangs zwischen

zwei verschiedenen physikalischen Größen (z. B. Weg-Zeit-Diagramm, Kraft-Weg-Diagramm). In Nomogrammen werden Zusammenhänge zwischen mindestens drei Veränderlichen dargestellt.

Dieser Weg kann als ein Beispiel für die systematische Einführung auch von Arbeitsmethoden dienen.

Für die Klasse 8 wurden Nomogramme zur Ermittlung der Wärmemenge, zum Ohmschen Gesetz und zur Ermittlung des Gesamtwiderstandes zweier parallelgeschalteter Widerstände ausgewählt.

Aus Erprobungen im Unterricht über mehrere Jahre kann für die Klasse folgender methodischer Weg der Einführung der Nomogramme empfohlen werden (vgl. dazu auch „Physik in der Schule“, Heft 11/1967, S. 495–501):

1. Die entsprechende physikalische Gleichung wird auf dem im Lehrplan vorgeschriebenen Weg hergeleitet.
2. Die Gleichung wird im Experiment oder in der unmittelbaren Praxis überprüft. Die Berechnungen werden zunächst ausführlich und schriftlich durchgeführt. Zur Übung werden einige Aufgaben mit einfachen Zahlenwerten durchgerechnet.
3. Zur Motivierung der Einführung des Nomogramms stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung: Erleichterung der Arbeit, schnellere Lösung der Aufgaben, Lösung von Aufgaben nach einer beliebigen in der Gleichung enthaltenen physikalischen Größe ohne Umstellungen der Gleichungen, Kennenlernen einer wichtigen Arbeitsmethode, stärkere Heraushebung der physikalischen Fragestellung usw. Es ist Aufgabe des Lehrers, die der Unterrichtssituation am besten angepaßte Motivierung auszuwählen.
4. Ein Nomogramm wird als Folie projiziert. Die Schüler benutzen das Lehrbuch. Der Aufbau des Nomogramms wird erklärt, und einige Arbeitshinweise werden gegeben. Die Begriffe Leiter und Hilfsleiter werden eingeführt, die Beschriftung der Leitern erläutert, das Anlegen des Lineals vorgeführt, das Ableasen der Werte geübt und die Zweckmäßigkeit der Markierung des gesuchten Wertes mit der Zirkelspitze zur Erhöhung der Genauigkeit den Schülern am Beispiel gezeigt.
5. Eine bereits gerechnete Aufgabe wird mit dem Nomogramm noch einmal gelöst. Die im Lehrbuch genannten Arbeitsschritte werden streng eingehalten. Zur besseren Sichtbarkeit sollte der Lehrer in dem auf die Wandtafel projizierten Nomogramm die Verbindungslinie zwischen den gegebenen Größen und der gesuchten Größe mit Kreide einzeichnen. Er vermeide aber von vornherein, daß die Schüler diese Verbindungslinien mit Bleistift in ihrem Lehrbuch ziehen, da bereits bei einigen solcher Linien die Brauchbarkeit des Nomogramms eingeschränkt wird.
6. Weitere Aufgaben — zunächst alle mit derselben gesuchten physikalischen Größe — werden gelöst. Dabei lösen sich die Schüler schrittweise von der Arbeitsanleitung.
7. Es werden Aufgaben zur Berechnung weiterer, in der physikalischen Gleichung auftretender Größen gestellt.

Die hier dargestellten Schülerhandlungen werden bei der Einführung weiterer Nomogramme ständig verkürzt und laufen schließlich ohne Zutun des Lehrers ab. Abschließend noch einige Bemerkungen zur Genauigkeit der Ergebnisse, die bei der Arbeit mit Nomogrammen zu erreichen ist. Im Hinblick auf eine gute Übersicht-

lichkeit der Nomogramme muß auf eine zu feine Unterteilung verzichtet werden. Der Schüler muß Zwischenwerte schätzen. Durch die Verwendung des Lineals treten geringfügige Fehler auf. Die Nomogramme selbst weisen kleine Ungenauigkeiten auf. Auf Grund aller dieser Faktoren muß der Lehrer dem Schüler bei der Arbeit mit einem Nomogramm kleine Abweichungen vom Rechenwert innerhalb eines vorgegebenen Intervalles zubilligen.

0.5. Verfasser und Redaktion haben sich mit diesem Buch das Ziel gestellt, den Lehrer von einem Teil seiner Vorbereitungsarbeit zu entlasten, ihm Hilfen bei der Auslegung des Lehrplanes zu geben und gleichzeitig einen Beitrag zur Verbesserung des Physikunterrichts zu leisten. Das Ziel, einen intensiveren und effektiveren Unterricht zu halten, kann jedoch nur erreicht werden, wenn neben der Nutzung dieses Buches das Studium der Lehrpläne und methodischer und fachlicher Literatur steht. Neben der speziellen Literatur, die in den einzelnen Stoffeinheiten angeführt ist, haben die folgenden Materialien übergreifenden Charakter und sind deshalb hier besonders vorgestellt:

Dietzel, Karl: Zum Stand und zu den Aufgaben des Physikunterrichts bei der Realisierung der neuen Lehrpläne. „Physik in der Schule“, Berlin 9 (1971), H. 11

Autorenkollektiv: Allgemeinbildung, Lehrplanwerk, Unterricht. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1972

Autorenkollektiv: Weltanschaulich-philosophische Bildung und Erziehung im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht (Beiträge). Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1972

1. Wärmelehre

1.1. Vorbemerkungen zur 1. Stoffeinheit

1.1.1. Unterrichtsthematik

Diese Stoffeinheit hat die Fortsetzung der Behandlung der Wärmelehre in der polytechnischen Oberschule zum Inhalt. Eine explizite Behandlung in den Klassen 9 und 10 erfolgt nicht mehr. Während in Klasse 6 vorwiegend qualitative Betrachtungen durchgeführt wurden, erfolgen jetzt quantitative Untersuchungen und Berechnungen. Stand in Klasse 6 die *strukturelle* Betrachtungsweise im Vordergrund, so wird diese jetzt durch die in Klasse 7 begonnene *energetische* Betrachtungsweise ergänzt. Das heißt, die Behandlung der Wärmelehre erfolgt wesentlich unter den Aspekten von *Teilchen und Energie*. Das bedeutet, von der Erscheinung zum Wesen vorzudringen.

Von einer Wiederholung des in den Klassen 6 und 7 erworbenen Wissens ausgehend, wird die *Temperatur* als *Zustandsgröße* erkannt, die die mittlere kinetische Energie der Teilchen kennzeichnet. Der bereits behandelte Begriff der Wärme wird zur Wärmemenge präzisiert und als Energieart erkannt. Die weiteren Betrachtungen beschäftigen sich mit dem Wärmeaustausch.

Zur Behandlung der *Zustandsgleichung* für das ideale Gas ist es notwendig, *Druck* und *Volumen* als Zustandsgrößen zu kennzeichnen und die *absolute Temperatur* einzuführen. Die Zustandsgleichung wird den Schülern gegeben und nicht experimentell abgeleitet. Aus der Zustandsgleichung werden die Spezialfälle *isothermer*, *isobarer* und *isochorer* Vorgang theoretisch abgeleitet und experimentell überprüft. Mit einem Teil dieses Stoffes (siehe Lehrplan Physik, Klasse 8, Abschnitt 1.2.) sind die Schüler nur bekannt zu machen, das heißt, er wird nicht zum Gegenstand von Leistungskontrollen gemacht.

Die schon in Klasse 6 erfolgte Behandlung der *Aggregatzustandsänderungen* erfolgt nun quantitativ. Dabei werden die *Umwandlungswärmen* eingeführt.

Der bereits aus Klasse 7 bekannte Energieerhaltungssatz der Mechanik erfährt eine wichtige Erweiterung durch die Behandlung des 1. *Hauptsatzes der Wärmelehre*, in dem mechanische Energie und Wärmeenergie gemeinsam enthalten sind. Dabei ist es von Bedeutung, auf den Zusammenhang von Arbeit und Energie und auf *Energieumwandlungen* einzugehen. Eine kontinuierliche Fortsetzung und weitere Verallgemeinerung dieser Betrachtungen erfolgt in der zweiten Stoffeinheit der Klasse 8. Änderungen der Zustandsgrößen und Energieumwandlungen werden abschließend auf das Beispiel des Viertakt-Dieselmotors angewandt. Im Rahmen der Würdigung der Arbeiten von Mayer und Joule und bei der Erörterung der Entwicklung der

Wärmekraftmaschinen erfolgt eine Behandlung physikalischer Probleme unter historischem Aspekt.

1.1.2. *Begriffe und Gesetze*

Wesentlichster Begriff in dieser Stoffeinheit ist die physikalische Größe *Energie*. Er tritt auf in Form der Größen *Wärmemenge*, *innere Energie* und *kinetische Energie*. Der *Wärmeaustausch* stellt eine Form des *Energieüberganges* dar. Weiter werden *Energieumwandlungen* behandelt. Der 1. Hauptsatz schließlich macht eine Aussage über die *Energieerhaltung*. Diese vielfältige Verwendung des Energiebegriffes macht die Notwendigkeit seiner sorgfältigen Behandlung und Verwendung deutlich, zumal es sich gleichzeitig um einen Begriff von wesentlicher physikalischer Bedeutung handelt.

Gleichzeitig wird eine Anzahl physikalischer Begriffe behandelt, die mit der physikalischen Größe *Energie* in engem Zusammenhang stehen und somit beim Schüler Anlaß zu Verwechslungen geben können. Bei diesen Größen ist besonders der *Unterschied* zur *Energie* herauszuarbeiten. Es sind zu nennen die *Temperatur* (kennzeichnend für die mittlere kinetische Energie der Teilchen) und die *spezifische Wärme* (Quotient aus *Energie* und dem Produkt aus *Masse* und *Temperaturänderung*).

Die physikalischen Größen *Druck*, *Volumen*, *Temperatur* und *innere Energie* werden als *Zustandsgrößen* charakterisiert.

Quantitative Betrachtungen erfolgen beim *Grundgesetz der Wärmelehre* und beim *Gesetz für den Wärmeaustausch*. Weiterhin wird die *Zustandsgleichung* für das ideale Gas mit ihren Spezialfällen des *isothermen*, *isobaren* und *isochoren Vorganges* bei Berechnungen angewandt. Der *1. Hauptsatz der Wärmelehre* wird in Form einer Gleichung dargestellt, ohne daß eine Anwendung bei Berechnungen erfolgt.

In Verbindung mit der Zustandsgleichung ist der Begriff des *idealen Gases* im Sinne eines physikalischen *Modells* einzuführen. Dabei muß dem Schüler bewußt werden, daß es ein solches Gas in Wirklichkeit nicht gibt und daß deshalb die Berechnungen mit Hilfe der Zustandsgleichung zu Ergebnissen führen, die nur annähernd mit der Wirklichkeit übereinstimmen. Betrachtungen über den *Energieerhaltungssatz* führen zur Erklärung der Unmöglichkeit eines *Perpetuum mobile*.

1.1.3. *Geistige und praktische Tätigkeiten*

Dem *mündlichen* und *schriftlichen Darstellen* von Versuchsergebnissen ist große Aufmerksamkeit zu schenken, um den Grad des Selbständigen in der Arbeit der Schüler systematisch zu erhöhen. Dazu gehört auch das *stichwortartige Zusammenfassen* erworbener Kenntnisse, das *Erkennen* und *Erläutern funktionaler Zusammenhänge* sowie das *Erklären* makrophysikalischer Erscheinungen mit Hilfe der Teilchenvorstellung.

Die in Klasse 6 begonnene und in Klasse 7 weitergeführte Anwendung mathematischen Wissens und Könnens, die *Arbeit mit Größengleichungen und Diagrammen* wird systematisch fortgesetzt. Dazu gehören das *Aufstellen* und das *Lesen* von Diagrammen. Eng verknüpft damit ist die *Arbeit mit Tabellen* und der sichere *Umgang mit dem Tafelwerk*. Darüber hinaus kann mit *Nomogrammen* gearbeitet werden.

Die obligatorischen Schülerexperimente fordern ein selbständiges *Arbeiten mit den im Lehrbuch befindlichen Versuchsaufträgen*. Dabei wird auch das einwandfreie *Protokollieren* geübt. Die ständige Anwendung des erworbenen Wissens auf neue Sachverhalte fordert, daß dem *Vergleichen* und *Gegenüberstellen* große Aufmerksamkeit gewidmet wird. Häufiges Üben dieser geistigen Tätigkeiten ist notwendig, weil gleichzeitig mit ihnen weitere Tätigkeiten wie *Analysieren*, *Synthetisieren* und *Verallgemeinern* ausgeführt werden.

Bei der Durchführung von Experimenten und bei Zusammenfassungen kommt es darauf an, die Schüler zu befähigen, das *Wesentliche vom Unwesentlichen zu trennen*. Bei quantitativ erfaßten Gesetzmäßigkeiten werden *Aufgaben gerechnet*. Zur Ausübung vieler der hier genannten Tätigkeiten wird das Lehrbuch verwendet.

1.1.4. Staatsbürgerliche und polytechnische Bildung und Erziehung

Einen wesentlichen Beitrag zur staatsbürgerlichen Erziehung hat der Physikunterricht auf dem Gebiet der *philosophisch-weltanschaulichen* Bildung und Erziehung zu leisten. Dazu gehört, daß die Schüler in immer stärkerem Maße mit dem Wesen des Erkenntnisprozesses vertraut gemacht werden. Hervorgehoben werden soll das *deduktive Verfahren*, mit dem die Schüler in Klasse 7 bei der Behandlung der geeigneten Ebene (siehe Lehrplan Physik, Klasse 7, Abschnitt 2.2.) bereits bekannt gemacht wurden. Es wird jetzt bei der Behandlung der isothermen, isobaren und isochoren Vorgänge wieder angewandt. Die Schüler werden mit der Dialektik von *Wesen und Erscheinung* bei der Deutung makrophysikalischer Erscheinungen mit Hilfe der Teilchenvorstellung vertraut gemacht. Das experimentelle Arbeiten gestattet wiederholt, die Dialektik von *Hypothese und Theorie* zu verdeutlichen, ohne daß dabei der Begriff Dialektik benutzt wird.

Schließlich ist es bei der Behandlung der Aggregatzustandsänderungen möglich, das *Gesetz vom Umschlagen quantitativer Veränderungen in qualitative* an physikalischen Vorgängen zu erläutern.

Zu den Methoden der allgemeinen Erkenntnisgewinnung ist das *Bilden von Modellvorstellungen* zu zählen. Hier sei auf den *Teilchenbegriff* und den Begriff *ideales Gas* hingewiesen. Eng verknüpft mit dem letzten Begriff ist die Notwendigkeit, auf den *Gültigkeitsbereich* von Gesetzen einzugehen. Dies muß erzieherisch so wirksam werden, daß die Schüler lernen, Versuchsergebnisse und Ergebnisse von Berechnungen kritisch zu werten.

Historische Betrachtungen über das Leben von Mayer und Joule zeigen einmal die unterschiedlichen Arbeitsmethoden beider Wissenschaftler (theoretisch und praktisch) und werden darüber hinaus erzieherisch wirksam, indem ihre Leistungen im Zusammenhang mit der gesellschaftlichen Entwicklung betrachtet werden. Die historische Darstellung der Entwicklung der Wärmekraftmaschinen ist geeignet, den Zusammenhang zwischen physikalisch-technischen Problemen und der gesellschaftlichen Situation in der Periode der industriellen Revolution darzustellen. Zum anderen kann an diesem Beispiel gezeigt werden, daß es keinen Stillstand gibt, daß sich alles in einer ständigen Weiterentwicklung befindet.

Bei der Behandlung des Wirkungsgrades kann die Leitlinie Energie auf gesellschaftliche und ökonomische Bezüge gelenkt werden. Die Schüler werden dabei auf die volkswirtschaftlich bedeutsamen Zusammenhänge von Aufwand und Nutzen orien-

tiert. Sie erkennen, daß es wichtig ist, die physikalischen Gesetze zu kennen, um in der Produktion wissenschaftlich begründet arbeiten zu können.

1.1.5. Koordinierung mit anderen Fächern

Zum Fach *Geschichte* können Verbindungen hergestellt werden, wie sie im vorhergehenden Abschnitt dargelegt wurden. Bei der Wiederholung des Atomaufbaus wird auf die im *Chemieunterricht* der Klasse 7 erworbenen Kenntnisse zurückgegriffen. Bei der Umformung von Gleichungen, der Arbeit mit Diagrammen und der Darstellung funktionaler Zusammenhänge ist eine enge Verbindung zum *Mathematikunterricht* herzustellen.

1.1.6. Unterrichtsmittel

Filmgerät und Filme:	Einsatz:
SF 671 Arbeitsweise des Viertakt-Dieselmotors	21. Std.
SF 611 Arbeitsweise des Viertakt-Ottomotors	25. Std.
Arbeitsblätter:	
1. Wärmemenge	9. Std.
2. Der Viertakt-Dieselmotor	21., 22. Std.
3. Energieumwandlungen in Maschinen	24., 25. Std.
Applikationen zur Hafttafel:	
Temperaturskalen und Zeiger	8. Std.
Viertaktmotor	21., 25. Std.
Elektrisches Temperaturmeßgerät (Selbstbau)	17. Std.

1.1.7. Literatur

Fachwissenschaftliche Literatur

1. Recknagel, Prof. Dr. Alfred: Physik — Schwingungen und Wellen — Wärmelehre, VEB Verlag Technik, Berlin
2. Grimsehl: Lehrbuch der Physik, Band 1, B. G. Teubner, Leipzig
3. Physik in Übersichten, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1976

Methodische Literatur

1. Girke-Sprockhoff: Physikalische Schulversuche, Dritter bis Fünfter Teil, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1974 (abgekürzt GS 3/5)
2. Girke-Sprockhoff: Physikalische Schulversuche, Achter Teil, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1973 (GS 8)
3. DPZI: Lehrmittel für den Physikunterricht, Anleitung zur Verwendung der Lehrmittel, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin (abgekürzt Lehrmittelbuch)

4. Haspas, Prof. Dr. K.: Methodik des Physikunterrichts, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1976
5. Krug, W., und Jakob, K.: Einfaches Temperaturmeßgerät auf Thermistorbasis, „Physik in der Schule“ Heft 3/1967
6. Ministerium für Volksbildung: Gesamtbedarfsplan für Unterrichtsmittel der zehnklassigen allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule der DDR, Klassen 1 bis 10, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1971
7. Wehner, Prof. Dr. R.: Einige Überlegungen zum Unterricht in der Wärmelehre, „Physik in der Schule“ Heft 7/8 1975, S. 327
8. Aufgabensammlung Physik, Teil 1, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1974 (abgekürzt AS 1)
9. Lösungsheft Physik, Zu den Lehrbüchern für die Klassen 6 bis 8, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1975

Populärwissenschaftliche Literatur

1. Perelman, J. I.: Unterhaltsame Physik — 2. Mechanik-Wärme, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1963
2. Friedt, Heinz: Zur Geschichte der Dampfmaschine, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1964
3. Backe, Hans: Physik selbst erlebt, Verlag Neues Leben Berlin
4. Rezac, Karl: Abenteuer mit Archimedes, Der Kinderbuchverlag, Berlin

1.2. Gliederung der 1. Stoffeinheit

1. Unterrichtseinheit: *Wärmeenergie*

1. Stunde Wiederholung: Teilchen und Energie
2. Stunde Die Temperatur, Energie der Teilchen
3. Stunde Die Wärmemenge
4. Stunde Die spezifische Wärme
5. Stunde Der Wärmeaustausch (1. Teil)
6. Stunde Der Wärmeaustausch (2. Teil)
7. Stunde Spezifische Wärme fester Körper
8. Stunde Die innere Energie, die absolute Temperatur
9. Stunde Temperatur, Wärmemenge, innere Energie (Zusammenfassung)

2. Unterrichtseinheit: *Die Zustandsgleichung des idealen Gases*

10. Stunde Wiederholung: Ausdehnung von Körpern bei Erwärmung
11. Stunde Zustandsgrößen eines Gases
12. Stunde Die Zustandsgleichung für das ideale Gas
13. Stunde Isotherme Zustandsänderungen
14. Stunde Isobare und isochore Zustandsänderungen
15. Stunde Zusammenfassung und Anwendungen zur Zustandsgleichung

3. Unterrichtseinheit: *Aggregatzustandsänderungen*

16. Stunde Schmelzen und Erstarren
17. Stunde Verdampfen und Kondensieren
18. Stunde Zusammenfassung zu den Aggregatzustandsänderungen

4. Unterrichtseinheit: *Der 1. Hauptsatz der Wärmelehre*
 19. Stunde Der 1. Hauptsatz der Wärmelehre
 20. Stunde Der Energieerhaltungssatz
 21. Stunde Der Viertakt-Dieselmotor (1. Teil)
 22. Stunde Der Viertakt-Dieselmotor (2. Teil)
 23. Stunde Die Entwicklung der Wärmekraftmaschinen
5. Unterrichtseinheit: *Wiederholung und Anwendungen zur Wärmelehre*
 24. Stunde Energieumwandlungen (Wiederholung 1. Teil)
 25. Stunde Der Viertakt-Ottomotor (Wiederholung 2. Teil)

1.3. Stundenentwürfe zur 1. Stoffeinheit

1. Unterrichtseinheit (9 Stunden)

Wärmeenergie

VORBEMERKUNGEN

Mit dieser Unterrichtseinheit wird die Behandlung der Wärmelehre wieder aufgenommen. Die Einführung erfolgte mit den Lehrplanabschnitten 2.8. bis 2.11. des Lehrplanes für Physik, Klasse 6.

Wurde in Klasse 6 mit der Leitlinie der strukturellen Betrachtungsweise und in Klasse 7 mit der Leitlinie der energetischen Betrachtungsweise begonnen, so werden jetzt beide Leitlinien miteinander verknüpft. Die Schüler erkennen dabei, daß die physikalische Größe Energie auch auf die Teilchen eines Körpers angewandt werden kann.

Hauptgegenstand der Betrachtungen sind die drei Begriffe *Temperatur*, *Wärmemenge* und *innere Energie*. Dabei kommt es darauf an, daß neben der Erörterung dieser drei physikalischen Größen auch ihr Zusammenhang deutlich gemacht wird. Dazu dient die Einführung des Begriffs Zustandsgröße für die Größen Temperatur und innere Energie.

Die Temperatur wird — nachdem sie bereits in Klasse 6 eingeführt wurde — jetzt mit Hilfe der Teilchenvorstellung gedeutet. Dabei muß der Lehrer darauf achten, daß die Temperatur als eine die mittlere Energie der Teilchen kennzeichnende Größe eingeführt wird, ohne daß der Schüler etwa den Eindruck bekommt, daß die Temperatur eine Energie sei.

Neben der Temperatur wird die *Wärmemenge* quantitativ erfaßt. Dies bedingt die Einführung der *spezifischen Wärme* als einer vom untersuchten Stoff abhängigen Größe. Ihre Temperaturabhängigkeit wird nur erwähnt, bei Rechnungen aber vernachlässigt. Bei Berechnungen ist Gelegenheit gegeben, den Umgang mit Tabellen und die Arbeit mit dem Rechenstab und mit Nomogrammen zu üben.

Hinsichtlich allgemeiner Methoden der Dialektik ist ein Eingehen auf die Dialektik von *Wesen und Erscheinung* mehrfach möglich. Dies ist überall dort der Fall, wo Erscheinungen der Wärmelehre mit Hilfe der Teilchenstruktur erklärt werden.

Die erste Stunde dient der Wiederholung der in Klasse 6 erworbenen Kenntnisse, die für die Behandlung der Wärmeenergie notwendig sind. Das *Gesetz für den Wärmeaustausch* finden die Schüler als Ergebnis eines Schülerexperimentes. Ein weiteres

Schülerexperiment dient der Bestimmung der spezifischen Wärme eines festen Stoffes.

In der letzten Stunde werden die erworbenen Kenntnisse systematisiert, indem zunächst die Merkmale der wichtigsten physikalischen Größen dieses Abschnittes zusammengestellt und dann ihre Zusammenhänge erörtert werden.

Grundlegendes Wissen: Temperatur und innere Energie als Zustandsgrößen; Temperatur als eine die mittlere kinetische Energie der Teilchen kennzeichnende Größe; Wärmemenge als zugeführte oder abgegebene Energie; Einheit Kalorie (cal); $W_w = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$; Gesetz des Wärmeaustausches $W_{w1} = W_{w2}$; innere Energie als Summe der Energien aller Teilchen eines Körpers; die absolute Temperatur; Einheit Grad Kelvin ($^{\circ}\text{K}$).

Wiederholung: Teilchen und Energie (1. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Die Vorstellungen von der Wärme veränderten sich im Laufe der Geschichte. Kenntnisse über den Teilchenaufbau der Stoffe und die Energie (Klasse 6 und 7)
3. Stichwortartiges Zusammenfassen von Kenntnissen

UNTERRICHTSMITTEL

Standzylinder	Faden
konz. Kupfersulfatlösung	Meterstab
Wasser	Stativmaterial
Pendelkörper	

STUNDENGLIEDERUNG

a) *Die Vorstellungen von der Wärme veränderten sich im Laufe der Geschichte.*

- | | |
|--|--|
| 1. Mit der historischen Entwicklung der Vorstellungen von der Wärme bekannt machen | (7) Lehrervortrag |
| 2. Wiederholung über den Teilchenaufbau motivieren | Mitteilung |
| 3. Kenntnisse über den Teilchenaufbau wiederholen | (20) Unterrichtsgespräch, Tafel, Arbeit im Heft, Demonstrationsversuch |
| 4. Kenntnisse über die Energie wiederholen | (18) Unterrichtsgespräch, Tafel, Demonstrationsversuch |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Zunächst soll eine Darlegung des Lehrers in die Wärmelehre einführen. Aus ihr folgt die Motivierung für die anschließende Wiederholung der Kenntnisse über die Teilchenstruktur der Körper und über die Energie.

1. Der Lehrervortrag stellt die Entwicklung der Vorstellungen über die Wärme aus historischer Sicht dar. Vom „Wärmestoff“ ausgehend wird die Entwicklung bis zur Annahme des Teilchenaufbaus aller Stoffe kurz erläutert und in einer für die Schüler verständlichen Form begründet.

2. Können die Erscheinungen der Wärmelehre mit Hilfe der Vorstellungen vom Teilchenaufbau der Körper erklärt werden? Diese Problemstellung führt zur Motivierung dafür, daß die bisher erworbenen Kenntnisse über die Teilchen und ihre Eigenschaften wiederholt und zusammengefaßt werden sollen.

3. An der Tafel 1 (Bild 22/1) wird der Kopf der Übersicht erarbeitet, die die Schüler gleichzeitig ins Heft übernehmen. Im Unterrichtsgespräch wird das Wichtigste wiederholt. Die Eintragung in die Tafelübersicht erfolgt zunächst nur für den festen Aggregatzustand. Die Eintragungen für die anderen Aggregatzustände nehmen die Schüler nach der Behandlung selbständig vor. Zur Kontrolle vervollständigt ein Schüler anschließend das Tafelbild. Siehe dazu auch Aufgabe 466 der AS 1.

Grundlage für die Wiederholung sind der Abschnitt 2.7. des Lehrplanes Physik, Klasse 6 (siehe auch Unterrichtshilfen Physik 6. Klasse, Seite 106 ff.), und der Abschnitt 2.2. des Lehrplanes Chemie, Klasse 7.

Bei der Erörterung der Bewegung der Teilchen wird auch auf die Diffusion eingegangen. Es wird ein Versuch entsprechend GS 3/5, V 3.4.1., Teil b, durchgeführt. Da die Diffusion nur langsam vor sich geht, erfolgt die Auswertung des Versuches erst in der nächsten Stunde.

<i>Aggregat- zustand</i>	<i>Teilchen- abstand</i>	<i>Bewegung der Teilchen</i>	<i>Kräfte zwischen den Teilchen</i>
<i>fest</i>	<i>klein</i>	<i>Schwingung</i>	<i>groß</i>
<i>flüssig</i>	<i>groß</i>	<i>Schwingung, fortschreitend</i>	<i>klein</i>
<i>gasförmig</i>	<i>sehr groß</i>	<i>fortschreitend</i>	<i>sehr klein</i>

Bild 22/1 Tafel 1 zum Thema
„Wiederholung:
Teilchen und Energie“

4. Die Wiederholung der Kenntnisse über die mechanische Energie dient der Vorbereitung der Erweiterung des aus Klasse 7 behandelten Energiebegriffes auf die Wärmeenergie. Die Kenntnis des Begriffes mechanische Energie ist wichtige Voraussetzung dafür, die in der Wärmelehre beobachteten Erscheinungen mit Hilfe des Teilchenaufbaus der Stoffe erklären zu können. Der Umfang des Grundwissens ist festgelegt durch den Abschnitt 2.3. des Lehrplanes für Physik Klasse 7 (vergleiche hierzu Unterrichtshilfen Physik 7. Klasse, Seite 84 ff.). Die Wiederholung erfolgt an Hand eines Fadenpendels. Das Experiment gestattet eine Veranschaulichung der wichtigsten Begriffe und des Energieerhaltungssatzes. Parallel zum Experiment wird das Tafelbild (Tafel 2, Bild 23/1) entwickelt.

Besondere Aufmerksamkeit wird der physikalischen Größe kinetische Energie und ihrer Abhängigkeit von der Geschwindigkeit gewidmet, weil diese in den nächsten Stunden häufig benutzt wird. Die bekannten Einheiten der Energie Wattsekunde und Kilopondmeter und ihre Umrechnung ineinander werden wiederholt, da sie

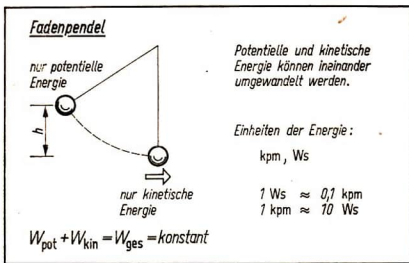


Bild 23/1 Tafel 2 zum Thema „Wiederholung: Teilchen und Energie“

sowohl für die Stoffeinheit Wärmelehre als auch für die anschließend zu behandelnde Stoffeinheit Elektrizitätslehre benötigt werden.

Die Temperatur, Energie der Teilchen (2. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Die Temperatur ist eine Zustandsgröße. Die Temperatur eines Körpers kennzeichnet die mittlere kinetische Energie der Teilchen des Körpers.
2. —
3. Deuten der unterschiedlichen Diffusionsgeschwindigkeiten in Flüssigkeiten verschiedener Temperatur mit Hilfe der Teilchenvorstellung

UNTERRICHTSMITTEL

Versuchsaufbau der 1. Stunde	Thermometer ($\frac{1}{10}$ grad-Teilung)
Becherglas, 200 ml	2 Reagenzgläser
Handmixer oder	Glyzerin
Experimentiermotor mit	Kupfersulfatlösung
Rührereinrichtung	Draht, etwa 200 mm

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|--|---|
| a) Die Temperatur ist eine Zustandsgröße. | |
| 1. Kenntnisse über die Temperatur wiederholen | (15) Unterrichtsgespräch, Tafel |
| 2. Diffusionsversuch erklären | Unterrichtsgespräch, Demonstrationsversuch |
| b) Die Temperatur eines Körpers kennzeichnet die mittlere kinetische Energie der Teilchen des Körpers. | |
| 3. Mittlere kinetische Energie der Teilchen erklären | (10) Unterrichtsgespräch |
| 4. Temperaturerhöhung durch Zufuhr mechanischer Energie demonstrieren | (10) Demonstrationsversuch |
| 5. Versuchsergebnis deuten | Unterrichtsgespräch |
| 6. Neue Erkenntnisse auf die Diffusion anwenden | (10) Demonstrationsversuch, Arbeit im Heft, Unterrichtsgespräch |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Ausgehend von der Wiederholung der in Klasse 6 über die Temperatur erworbenen Kenntnisse wird erklärt, wie man die physikalische Größe Temperatur unter Benutzung der Teilchenvorstellung beschreiben kann. Die Deutung mit Hilfe der mittleren kinetischen Energie der Teilchen wird zur Erklärung eines Diffusionsversuches benutzt.

1. Wodurch unterscheiden sich zwei Körper, die eine unterschiedliche Temperatur haben? Die Schüler erfahren, daß die Erklärung mit Hilfe der Teilchenvorstellung gegeben werden soll. Sie erkennen, daß es dazu notwendig ist, zunächst die Kenntnisse über die Temperatur zu wiederholen. Das Grundwissen hierzu wird bestimmt durch den Abschnitt 2.9. des Lehrplanes Physik Klasse 6 (siehe Unterrichtshilfen Physik 6. Klasse, Seite 152ff.). Als Formelzeichen für die Temperatur wird ϑ (theta) neu eingeführt, um ein Verwechseln mit dem Formelzeichen t für die Zeit zu vermeiden. Einige Temperaturdifferenzen werden berechnet und in der dafür zu benutzenden Einheit Grad (grad) angegeben (Tafel, Bild 24/1).

Da die Temperatur zur Beschreibung des Zustandes eines Körpers dient, wird für diese Größe die Bezeichnung *Zustandsgröße* eingeführt.

<u>Die Temperatur</u>	
Formelzeichen: ϑ	
Einheit: der Grad Celsius ($^{\circ}\text{C}$)	
Temperaturdifferenzen werden in Grad (grad) angegeben.	
Beispiel:	$12^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = 2 \text{ grad}$
<i>Die Temperatur ist eine <u>Zustandsgröße</u>.</i>	
<i>Die Temperatur kennzeichnet die mittlere kinetische Energie der Teilchen eines Körpers.</i>	

Bild 24/1 Tafel zum Thema „Die Temperatur“

2. Nun wird der Diffusionsversuch aus der letzten Stunde betrachtet. Die beobachtete Erscheinung wird durch die Teilchenbewegung erklärt. Ein zweiter Versuch wird vorbereitet, dessen Erklärung am Ende der Stunde durch die Schüler erfolgen soll. Da die Diffusion nur langsam verläuft, wird der Versuch jetzt schon begonnen, um gegen Ende der Stunde ein gut zu erkennendes Ergebnis zu erzielen.

Im Versuch wird in zwei Reagenzgläsern Glycerin mit einer Kupfersulfatlösung überschichtet. In dem einen Reagenzglas soll die Temperatur der beiden Flüssigkeiten möglichst niedrig sein (vorher mit Leitungswasser kühlen). In dem anderen Reagenzglas beträgt die Temperatur etwa 40°C . Eine entsprechende Erwärmung der einzelnen Flüssigkeiten erfolgt vorher im Wasserbad.

3. Nun wird der Begriff *mittlere kinetische Energie der Teilchen* eingeführt, weil mit seiner Hilfe die Temperatur erklärt werden soll. Der Lehrer geht von der unterschiedlichen Geschwindigkeit der einzelnen Teilchen in einem Gas oder in einer Flüssigkeit aus. Die Schüler ziehen daraus selbständig den Schluß, daß die Teilchen eine unterschiedliche kinetische Energie besitzen. Dividiert man nun die gesamte

kinetische Energie aller Teilchen durch die Anzahl der Teilchen, so erhält man die mittlere kinetische Energie eines Teilchens. Der Lehrer hebt besonders hervor, daß hier mit Modellvorstellungen gearbeitet wird, und weist darauf hin, daß die Verhältnisse in Wirklichkeit komplizierter sind.

Entsprechend dem Vorgehen bei der experimentellen Methode wird nun die Vermutung (Hypothese) aufgestellt, daß zwischen der mittleren kinetischen Energie der Teilchen und der Temperatur ein Zusammenhang besteht. Ein Experiment soll dazu dienen, die Vermutung zu bestätigen oder zu verwerfen.

4. Wie kann die mittlere kinetische Energie der Teilchen erhöht werden? Es wird erarbeitet, daß die Zufuhr mechanischer Energie zu einer Temperaturerhöhung führen müßte, wenn die angestellte Vermutung richtig ist. Eine Wassermenge wird mit Hilfe eines Handmixers durcheinandergewirbelt. An Stelle eines Handmixers kann auch ein Experimentiermotor benutzt werden, an dessen Welle mittels eines Stückes Vakuumschlauch zwei Drahtstücke als Rührer befestigt werden.

Die Temperatur des Wassers wird vor und nach dem Rühren gemessen. Man läßt den Mixer etwa 2 Minuten laufen. Es wird eine Temperaturerhöhung festgestellt. Der Lehrer achtet darauf, daß sich das Wasser vor und nach dem Rühren in Ruhe befindet, um eine Verwechslung mit der kinetischen Energie des Wassers auszuschalten.

In einem zweiten Versuch wird ein Draht mehrmals gebogen. Die Temperaturerhöhung wird durch Befühlen festgestellt.

5. Das Ergebnis der Versuche soll nun im Unterrichtsgespräch gedeutet und mit der Vermutung verglichen werden.

Von der *beobachteten Erscheinung* her kommt man zu der Aussage, daß sich durch Rühren bzw. Biegen die Temperatur erhöht hat. Untersucht man das *Wesen*, dann kommt man zur Aussage, daß durch das Rühren bzw. das Biegen Energie auf die Teilchen des Körpers übertragen wurde. Das heißt, ihre mittlere kinetische Energie wurde größer. Faßt man nun die beiden Aussagen zusammen, so kommt man zu der Erkenntnis, daß die Größe Temperatur kennzeichnend für die mittlere kinetische Energie der Teilchen ist.

Diese Betrachtung ist auch für die weltanschauliche Bildung und Erziehung von Bedeutung. Der Schüler kann hier in elementarer Form mit dem dialektischen Zusammenhang von Wesen (Änderung der mittleren kinetischen Energie der Teilchen) und Erscheinung (Temperaturänderung) vertraut gemacht werden. Ähnliches gilt für den dialektischen Zusammenhang von Hypothese (Vermutung) und Theorie (Zusammenfassung der aus vielen Experimenten gewonnenen Aussagen).

Dabei muß dem Schüler erläutert werden, daß Theorien (Verallgemeinerungen) nur aus einer großen Anzahl von Versuchen entwickelt werden können, während wir uns in der Schule meist mit wenigen oder gar nur einem Experiment begnügen müssen.

6. Jetzt wird das Ergebnis der Diffusion in den beiden Reagenzgläsern betrachtet. Es zeigt sich, daß die Diffusion in dem Reagenzglas mit der höheren Temperatur weiter vorangeschritten ist als in dem Reagenzglas mit der niedrigeren Temperatur. Die Schüler erhalten die Hausaufgabe, diese beobachtete Erscheinung mit Hilfe der gewonnenen Erkenntnisse schriftlich in wenigen Sätzen zu deuten.

In der Zusammenfassung macht der Lehrer den Schülern bewußt, wie der Mensch durch zielstrebige Forschung in der Lage ist, das Wesen physikalischer Vorgänge zu

erkennen, obwohl er die Temperatur mit seinen Sinnesorganen nur sehr ungenau bestimmen und die Teilchen eines Körpers nicht sehen kann.
Als Hausaufgabe eignet sich die Aufgabe 467 der AS I.

Die Wärmemenge (3. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Die Wärmemenge ist die einem Körper zugeführte oder von ihm abgegebene Wärmeenergie. Die Temperaturänderung eines Körpers ist der zugeführten bzw. abgegebenen Wärmemenge proportional. Einheit Kalorie (cal)
2. Leistung eines Tauchsieders
3. Arbeit mit Tabelle und Diagramm; Erkennen des funktionalen Zusammenhanges zwischen Wärmemenge und Temperaturänderung bzw. Wärmemenge und Masse

UNTERRICHTSMITTEL

Tauchsieder	2 Bechergläser, 450 ml und 800 ml
Thermometer (0 °C bis 100 °C)	Meßzylinder
Spannungsquelle, 220 V ~	Uhr, Wasser

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|---|---|
| a) <i>Die Wärmemenge ist die einem Körper zugeführte oder von ihm abgegebene Wärmeenergie. Sie wird in Kalorien gemessen.</i> | |
| 1. Energiezufuhr durch einen Tauchsieder demonstrieren | (7) Demonstrationsversuch, Unterrichtsgespräch |
| 2. Begriff Wärmemenge und Einheit Kalorie einführen | (8) Unterrichtsgespräch, Tafel 1a |
| b) <i>Die Temperaturänderung eines Körpers ist der zugeführten bzw. abgegebenen Wärmemenge proportional.</i> | |
| 3. Gesetzmäßigkeiten zwischen Wärmemenge und Temperaturänderung untersuchen | (18) Demonstrationsversuch, Tafel 2a, c, d und 1b, Arbeit im Heft |
| 4. Zusammenhang zwischen Wärmemenge und Masse bei konstanter Temperaturänderung ermitteln | (12) Demonstrationsversuch, Tafel 2b, d und 1b, Arbeit im Heft, Unterrichtsgespräch |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Die physikalische Größe Wärmemenge und deren Einheit Kalorie werden eingeführt. Durch Experimente wird der funktionale Zusammenhang zwischen der einem Körper zugeführten bzw. von ihm abgegebenen Wärmemenge (Energie) und der Temperaturänderung bzw. der Masse ermittelt.

1. In einem einführenden Versuch wird Wasser mit Hilfe eines Tauchsieders erwärmt. Was geschieht bei diesem Vorgang? Der Versuch soll der Wiederholung der in der letzten Stunde gewonnenen Erkenntnisse dienen. Die Schüler sollen durch einen Vergleich erkennen, daß der Tauchsieder (genau wie die Rührerichtung) Energie liefert und damit die kinetische Energie der Teilchen erhöht. Dies erkennt

man an der Erhöhung der Temperatur. Hiermit kann die Kontrolle der Hausaufgabe verbunden werden.

<u>Die Wärmemenge</u>	
<p>Wärmemenge = zugeführte oder abgegebene Wärmeenergie</p>	<p>Ergebnis des Experiments:</p>
<p>Formelzeichen: W_w</p>	<p>$W_w \sim \Delta\theta$ für $m = \text{konstant}$</p>
<p>Einheit: die Kalorie (cal)</p> <p>1000 cal = 1 kcal 1 cal = 4,187 Ws</p>	<p>$W_w \sim m$ für $\Delta\theta = \text{konstant}$</p>

\dot{a}	b
-----------	-----

Bild 27/1 Tafel 1 zum Thema „Die Wärmemenge“

2. Der Lehrer erläutert, daß die zugeführte Energie als Wärmemenge bezeichnet wird. Sie kann in den den Schülern bekannten Einheiten Kilopondmeter und Wattsekunde gemessen werden. Die Schüler erfahren, daß meist für die Wärmemenge die Einheit Kalorie (cal) benutzt wird. Die größere Einheit Kilokalorie (kcal) und die Umrechnung in Wattsekunden werden gegeben. Diese Angaben werden an die Tafel, Teil a (Bild 27/1) geschrieben. Wie es im Vorwort des Lehrplanes gefordert wird, weist der Lehrer darauf hin, daß die Beziehung $1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ Ws}$ gesetzlich festgelegt ist, ursprünglich aber infolge voneinander unabhängiger Festlegung von Wattsekunde und Kalorie mit Hilfe von Experimenten (Wärmeäquivalent) ermittelt wurde.

3. Nun wird das Problem gestellt zu untersuchen, welcher Zusammenhang zwischen der einem Körper zugeführten (oder von ihm abgegebenen) Wärmemenge, seiner Masse und der Temperaturänderung besteht. Es wird erläutert, daß in zwei Schritten vorgegangen werden muß, da jeweils nur die Abhängigkeit zweier Größen voneinander untersucht werden kann.

Durch Überlegungen auf der Grundlage der Teilchenvorstellung soll eine Vermutung (Hypothese) über den Zusammenhang zwischen der zugeführten Wärmemenge W_w und der Temperaturänderung $\Delta\theta$ angestellt werden. Da jede Vermutung durch ein Experiment überprüft werden muß, folgt ein Versuch. Er wird entsprechend GS 8, V 1.3.1. durchgeführt. Die Leistung des Tauchsieders in $\frac{\text{cal}}{\text{min}}$ oder $\frac{\text{kcal}}{\text{min}}$ wird vom Lehrer vor der Stunde experimentell ermittelt und den Schülern mitgeteilt (Tafel 2, Teil c, Bild 28/1). Er erläutert, daß es mittels dieser Angabe möglich ist, die Wärmemenge mit Hilfe einer Zeitmessung zu ermitteln. Dies wird durch die doppelte Beschriftung an der Abszissenachse verdeutlicht. Zunächst wird mit einer Wassermasse von 250 g ($\hat{=}$ 250 ml) gearbeitet. Die Meßergebnisse werden durch je einen Schüler in der Tabelle und im Diagramm (Teile a und d der Tafel 2) dargestellt. Die Schüler zeichnen das Diagramm im Heft mit. Aus dem Diagramm wird die Aussage $W_w \sim \Delta\theta$ gewonnen (Tafel 1, Teil b) und mit der Vermutung verglichen.

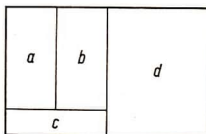
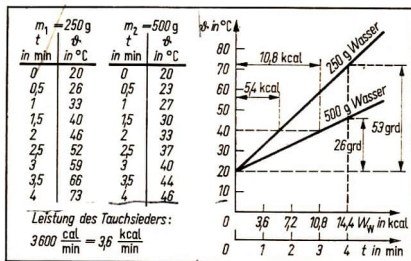


Bild 28/1 Tafel 2 zum Thema „Die Wärmemenge“

4. Es erfolgt die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Wärmemenge W_w und Masse m des Wassers. Dazu wird der Versuch mit 500 g Wasser wiederholt (Tafel 2, Teile b und d). An Hand des Diagramms werden die für die Erwärmung des Wassers benötigten Wärmemengen verglichen, die zur gleichen Temperaturerhöhung führten. Daraus folgt $W_w \sim m$ (Tafel 1, Teil b).

Die erkannten Zusammenhänge werden abschließend zusammengefaßt, indem aus dem Diagramm entnommen wird, zu welcher Temperaturerhöhung die gleiche Wärmemenge bei beiden Wassermassen geführt hat. Diese Arbeit mit dem Diagramm ist wichtig zur Vermittlung von Fertigkeiten im Lesen von Diagrammen.

Die spezifische Wärme (4. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Grundgleichung der Wärmelehre $W_w = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$; die spezifische Wärme c und ihre Einheit $\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot \text{grad}}$
2. Beispiele für die spezifische Wärme einiger Stoffe; Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärme
3. Arbeit mit dem Tafelwerk; Ableiten einer Einheit

UNTERRICHTSMITTEL

Becherglas, 1500 ml

Becherglas, 1000 ml

oder Kalorimeter

Tauchsieder

Meßzylinder

Wägestück aus Eisen, 500 g

Thermometer, 0 °C bis 100 °C

3 Kork- oder Filzstücke

Spannungsquelle 220 V ~

Projektionsfolie „Nomogramm Wärmegleichung“

STUNDENGLIEDERUNG

a) Die Grundgleichung der Wärmelehre beschreibt den Zusammenhang zwischen der einem Körper zugeführten oder von ihm abgegebenen Wärmemenge, seiner Masse, seinem Stoff und der Temperaturänderung.

1. Versuchsergebnisse der letzten Stunde (5) Unterrichtsgespräch, Tafel b zusammenfassen

2. Abhängigkeit der Wärmemenge vom Stoff untersuchen
3. Physikalische Größe spezifische Wärme und Grundgleichung der Wärmelehre einführen
4. Beispiele rechnen
5. Bedeutung der großen spezifischen Wärme des Wassers erkennen lassen

- (12) Demonstrationsversuch, Unterrichtsgespräch
- (15) Unterrichtsgespräch, Tafel a und b
- (13) Unterrichtsgespräch, Folien Tafel c, Arbeit im Heft Arbeit mit dem Lehrbuch, Unterrichtsgespräch

MATERIALIEN UND HINWEISE

Die Abhängigkeit der Temperaturänderung vom Stoff bei konstanter Wärmezufuhr und konstanter Masse wird experimentell nachgewiesen. Daraus folgt die Notwendigkeit der Einführung der spezifischen Wärme. Die Grundgleichung der Wärmelehre wird in einem Beispiel angewandt.

1. Wiederholend werden die Versuchsergebnisse der letzten Stunde zusammengefaßt und an die Tafel, Teil b (Bild 29/1) geschrieben. Zur Motivierung für das folgende Problem dient die Überlegung, ob die gefundene Aussage für alle Stoffe in der gleichen Form gilt. Als Problem wird die Fragestellung erarbeitet, ob die gleiche Wärmemenge bei Körpern gleicher Masse aus unterschiedlichen Stoffen zur gleichen Temperaturerhöhung führt.

2. Dazu wird ein Versuch nach GS 8, V 1.3.2., durchgeführt. Die Auswertung erfolgt nicht wie dort angegeben, sondern in vereinfachter Form. Zunächst werden 1000 g Wasser und dann 500 g Wasser und 500 g Eisen jeweils drei Minuten mit dem

Die spezifische Wärme

<p>Formelzeichen: c</p> <p>Einheit: $\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot \text{grd}}$</p> <p>$c = \frac{W_W}{m \cdot \Delta\vartheta}$</p> <p>$\frac{1 \text{ cal}}{1 \text{ g} \cdot 1 \text{ grad}}$</p>	<p>$W_W \sim \Delta\vartheta$</p> <p>$W_W \sim m$</p> <p>Beispiel</p> <p>Gegeben: $m = 300 \text{ g}$</p> <p>$\vartheta_1 = 30^\circ \text{C}$</p> <p>$\vartheta_2 = 70^\circ \text{C}$</p> <p>$c = 0,5 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot \text{grad}}$</p> <p>Gesucht: W_W</p>	<p style="text-align: center;">$W_W = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$</p> <p>Lösung:</p> <p>$W_W = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$</p> <p>$W_W = 0,5 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot \text{grad}} \cdot 300 \text{ g} \cdot 20 \text{ grad}$</p> <p>$W_W = 0,5 \cdot 300 \cdot 20 \frac{\text{cal} \cdot \text{g} \cdot \text{grad}}{\text{g} \cdot \text{grad}}$</p> <p><u>$W_W = 3000 \text{ cal} = 3 \text{ kcal}$</u></p>
---	--	---

	b
a	c

Bild 29/1 Tafel zum Thema „Die spezifische Wärme“

gleichen Tauchsieder erwärmt. Die Schüler sollen erkennen, daß in beiden Fällen die gleiche Wärmemenge (Energie) Körpern mit gleicher Masse zugeführt wird. Die Temperaturerhöhungen werden verglichen. Das Ergebnis wird ausgewertet.

3. Nun führt der Lehrer den Begriff der *spezifischen Wärme* ein und schreibt die *Grundgleichung für die Wärmelehre* an die Tafel, Teil b.

Die Einheit für die spezifische Wärme wird durch Auflösen der Gleichung nach c mit anschließendem Einsetzen der Einheiten für W_W , m und $\Delta\vartheta$ gefunden (Tafel, Teil a).

Die Einheit $\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot \text{grd}}$ soll an einem Beispiel gedeutet werden. Gleichzeitig soll mit dem Buch „Tabellen und Formeln“ gearbeitet werden. Auf S. 61 dieses Buches finden die Schüler für die spezifische Wärme von Petroleum $0,50 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot \text{grd}}$. Aus dieser Angabe kann entnommen werden, daß für das Erwärmen von 1 g Petroleum um 1 grd eine Wärmemenge von 0,5 cal benötigt wird. Die Schüler nennen weitere Beispiele, deuten sie und erkennen, daß die spezifische Wärme eine Stoffkonstante ist. Der Lehrer weist darauf hin, daß die spezifische Wärme temperaturabhängig ist, was bei den folgenden Berechnungen aber nicht berücksichtigt werden soll.

4. An der Tafel, Teil c, wird vom Lehrer ein Beispiel vorgerechnet. Anschließend lösen die Schüler folgende Aufgabe: 500 g Aluminium sollen von 30 °C auf 150 °C erwärmt werden. Welche Wärmemenge ist erforderlich?

Hier ist Gelegenheit gegeben, mit Nomogrammen zu arbeiten. Der Lehrer informiert sich dazu in der Einleitung dieses Buches (S. 12). Ein entsprechendes Nomogramm befindet sich im Lehrbuch und steht als Projektionsfolie zur Verfügung.

5. Die Schüler erhalten die Aufgabe, den Stoff mit der größten spezifischen Wärme aus der Tabelle in „Tabellen und Formeln“, Seite 61, zu entnehmen. Mit Hilfe des Lehrbuchabschnittes Seite 99 erfüllen sie den folgenden Auftrag: Erkläre an Beispielen die besondere Bedeutung der großen spezifischen Wärme des Wassers!

Als Hausaufgabe lösen die Schüler die Aufgaben 11 und 25 des Lehrbuches oder die Aufgaben 475, 477 und 483 der AS 1.

Der Wärmeaustausch (1. Teil) (5. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

- Berühren sich zwei Körper mit unterschiedlicher Temperatur, so erfolgt der Wärmeaustausch (Wärmeübergang) vom Körper mit der höheren Temperatur zum Körper mit der niedrigeren Temperatur, bis beide die gleiche Temperatur haben.
- Mischtemperatur
- Arbeit nach einem schriftlichen Versuchsauftrag; selbständiges Formulieren eines Versuchsergebnisses

UNTERRICHTSMITTEL

Becherglas, 300 ml mit Wasser	} nach Anzahl der Schülergruppen
2 Bechergläser, 200 ml	
Meßzylinder	
Thermometer, bis 100 °C	
Rührer	
Wärmequelle	

STUNDENGLIEDERUNG

1. Beispiele zur Grundgleichung der Wärmelehre rechnen	(10) Unterrichtsgespräch, Tafel, Arbeit im Heft
a) <i>Bei Berühren zweier Körper unterschiedlicher Temperatur erfolgt der Wärmeaustausch (Wärmeübergang) stets vom Körper höherer Temperatur zum Körper niedriger Temperatur.</i>	
2. Problem für das Schülerexperiment stellen	(10) Unterrichtsgespräch, Arbeit mit dem Lehrbuch
3. Mischtemperatur ermitteln und abgegebene und aufgenommene Wärmemenge berechnen	(25) Schülerexperiment, Unterrichtsgespräch

MATERIALIEN UND HINWEISE

Zunächst wird die Grundgleichung der Wärmelehre beim Lösen einiger Aufgaben angewandt. Das anschließende Schülerexperiment dient zum ersten der Anwendung der gewonnenen Kenntnisse und Erkenntnisse. Zum zweiten soll das Gesetz des Wärmeaustausches experimentell gefunden werden. Die Auswertung erfolgt jedoch erst in der nächsten Stunde.

1. Die Grundgleichung der Wärmelehre wird in einigen Aufgaben angewandt. Dazu dienen z. B. die Aufgaben 4 und 6 aus dem Lehrbuch. Die Schüler arbeiten weitgehend selbständig. Die Erläuterungen zu den Aufgaben sollen entsprechend dem Leistungsstand der Klasse nicht zu ausführlich sein. Während die Schüler arbeiten, erfolgt die Kontrolle der Hausaufgabe. Es kann wieder mit dem Nomogramm gearbeitet werden.

2. Es soll die Problemstellung für das folgende Schülerexperiment gegeben werden. Dazu lesen die Schüler den Abschnitt „Der Wärmeaustausch“ im Lehrbuch, Seite 13, bis einschließlich dem Merksatz. Vorher erhalten die Schüler die Frage: Von welchem Vorgang ist in diesem Abschnitt die Rede, und wie heißt er?

Nach Beantwortung der Frage wird im Unterrichtsgespräch erörtert, daß beim Mischen zweier Wassermengen mit unterschiedlichen Temperaturen der gleiche Vorgang, wie im Lehrbuch beschrieben, abläuft. Die Aufgabenstellung des Schülerexperimentes W 1 aus dem Lehrbuch wird von den Schülern erläutert. Im Unterrichtsgespräch wird der prinzipielle Ablauf des Versuches beschrieben. Dabei wird die Bedeutung der Mischtemperatur hervorgehoben.

Die Beantwortung der Vorbetrachtungen kann mündlich oder schriftlich erfolgen. Bei der schriftlichen Beantwortung ist die Möglichkeit der Kontrolle gegeben, ob sich auch jeder Schüler um die Beantwortung bemüht.

3. Die Durchführung des Schülerexperimentes erfolgt entsprechend der Anleitung W 1 im Lehrbuch. Zu Beginn erfolgt eine kurze Belehrung hinsichtlich der Verhütung von Gefahren beim Umgang mit Wärmequellen.

Die Auswertung des Versuches soll zu Beginn der nächsten Stunde erfolgen. Die Bearbeitung der Punkte 6, 7 und 8 des Versuchsauftrages kann als Hausaufgabe gestellt werden.

Der Wärmeaustausch (2. Teil) (6. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Beim Wärmeaustausch zwischen Körpern ist stets die aufgenommene Wärmemenge W_w , gleich der abgegebenen Wärmemenge W_w .

2. —

3. Auswerten des Schülerexperimentes der letzten Stunde

UNTERRICHTSMITTEL

Protokolle des Schülerexperimentes W I

STUNDENGLIEDERUNG

a) *Beim Wärmeaustausch zwischen Körpern ist die aufgenommene Wärmemenge gleich der abgegebenen Wärmemenge.*

- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1. Schülerexperiment auswerten und Gesetz des Wärmeaustausches formulieren | (10) Unterrichtsgespräch, Tafel a |
| 2. Gesetz des Wärmeaustausches deuten | (10) Unterrichtsgespräch, Tafel b |
| 3. Allgemeingültigkeit der Gleichung erörtern | (5) Unterrichtsgespräch, Tafel b |
| 4. Aufgaben zur Grundgleichung der Wärmelehre rechnen | (20) Arbeit mit Lehrbuch und Heft |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Das Schülerexperiment der letzten Stunde wird ausgewertet. Die gewonnene Erkenntnis wird formuliert. Das Ergebnis wird mittels der energetischen und der strukturellen Betrachtungsweise gedeutet. Abschließend erfolgt eine Festigung durch das Lösen von Aufgaben.

1. Grundlagen und Aufgabenstellung des Schülerexperimentes werden wiederholt. Dann wird das Ergebnis des Versuches angegeben. Die Schüler werden zu der Aussage kommen, daß die abgegebene Wärmemenge größer als die aufgenommene Wärmemenge ist. Nun werden die Antworten zu Punkt 8 der Arbeitsanweisung im Unterrichtsgespräch ausgewertet. Im Ergebnis dieses Unterrichtsgesprächs müssen die Schüler erkennen, daß die vom kalten Wasser aufgenommene Wärmemenge größer wäre, wenn man die aufgetretenen Fehlerquellen beseitigen könnte. Danach erfolgt die Formulierung des Gesetzes für den Wärmeaustausch (Tafel, Teil a; Bild 32/1).

Der Wärmeaustausch

W_{W_1} aufgenommene Wärmemenge

W_{W_2} abgegebene Wärmemenge

$$W_{W_1} = W_{W_2}$$

Energieaufnahme = Energieabgabe

$$c_1 \cdot m_1 (\vartheta_m - \vartheta_1) = c_2 \cdot m_2 (\vartheta_2 - \vartheta_m)$$

$$W_W = c \cdot m \cdot \Delta \vartheta$$

a

b

Bild 32/1 Tafel zum Thema „Der Wärmeaustausch“

2. Ausgehend von der Wiederholung, daß die Wärmemenge eine Energieart ist, sollen die Schüler erkennen, daß das Gesetz für den Wärmeaustausch nichts anderes als eine Aussage über die Energieerhaltung ist. Es erfolgt hier eine erste Erweiterung des bisher bekannten Satzes von der Erhaltung der mechanischen Energie auf die Wärmeenergie. Diese Erkenntnis stellt einen Zwischenschritt auf dem Wege zum 1. Hauptsatz der Wärmelehre dar, der in der 3. Unterrichtseinheit behandelt wird. Hierin kommt wieder die Leitlinie der energetischen Betrachtungsweise zum Ausdruck. Eng damit verknüpft ist hier die Möglichkeit, die Leitlinie der strukturellen Betrachtungsweise weiter zu verfolgen. Im Unterrichtsgespräch werden die Schüler zu der Erkenntnis geführt, daß der Wärmeaustausch bedeutet, daß die Teilchen des wärmeren Körpers so lange mechanische Energie an die Teilchen des kälteren Körpers abgeben, bis die mittlere kinetische Energie der Teilchen beider Körper gleich ist. Das heißt aber, die beiden Körper haben die gleiche Temperatur. Damit werden gleichzeitig die Kenntnisse über die Temperatur wiederholt und angewendet.

3. Die Gleichung für den Wärmeaustausch wird in der Form $c_1 \cdot m_1 \cdot (\vartheta_m - \vartheta_1) = c_2 \cdot m_2 \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_m)$ an die Tafel geschrieben. Es wird herausgearbeitet, daß diese Gleichung nicht nur dann gilt, wenn der Wärmeaustausch zwischen Körpern des gleichen Stoffes erfolgt, wie zum Beispiel im Schülerexperiment, sondern auch, wenn Körper unterschiedlicher Stoffe ($c_1 \neq c_2$) beteiligt sind.

4. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen durch das Lösen von Aufgaben gefestigt werden. Die Schüler arbeiten selbständig mit Lehrbuch und Heft. Der Lehrer gibt individuelle Hilfen. Geeignet sind die Aufgaben 9, 10, 17 und 20 des Lehrbuches und die Aufgaben 480 und 481 der AS 1. Auch hier kann wieder mit Nomogrammen gearbeitet werden.

Als praktische Anwendung für die spezifische Wärme wird die Aufgabe 18 des Lehrbuches gelöst. Dabei wird kurz auf die Bedeutung des Härstens eingegangen.

Als Hausaufgabe beantworten die Schüler die Fragen in den Vorbetrachtungen des Schülerexperimentes W 2 und bereiten das Protokoll vor.

Spezifische Wärme fester Körper (7. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Die spezifische Wärme eines Körpers kann durch Wärmeaustausch ermittelt werden.
2. —
3. Arbeiten nach einem schriftlichen Versuchsauftrag; Messen und Berechnen physikalischer Größen

UNTERRICHTSMITTEL

Becherglas mit 250 ml Wasser

Becherglas, 200 ml

Reagenzglas mit -halter

Thermometer, bis 100 °C

Meßzylinder

Rührer

100 g eines festen Stoffes $\left(\rho > 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right)$

Wärmequelle

} nach Anzahl der Schülergruppen

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|---|--|
| a) Die spezifische Wärme eines Stoffes kann mit Hilfe des Wärmeaustausches ermittelt werden. | |
| 1. Bedeutung der Gleichung für den Wärmeaustausch zur Ermittlung der spezifischen Wärme erkennen lassen | (15) Unterrichtsgespräch, Tafel a |
| 2. Aufgabe zur spezifischen Wärme lösen | Unterrichtsgespräch,
Arbeit mit dem Lehrbuch, Tafel b |
| 3. Aufgabenstellung für das Schülerexperiment geben | (5) Mitteilung, Unterrichtsgespräch |
| 4. Spezifische Wärme eines festen Stoffes ermitteln | (25) Schülerexperiment |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Die beiden ersten Unterrichtsaufgaben dienen der unmittelbaren Vorbereitung des nachfolgenden Schülerexperimentes. Die zu lösende Aufgabe führt zu der in der Versuchsanleitung gegebenen Gleichung. Im Schülerexperiment wird die spezifische Wärme eines festen Stoffes ermittelt.

1. An die Tafel, Teil a (Bild 34/1) wird das Gesetz für den Wärmeaustausch in ausführlicher Form geschrieben. Im Unterrichtsgespräch wird erarbeitet, was bekannt sein muß, um die unbekannte spezifische Wärme eines Stoffes berechnen zu können. Die Gleichung wird entsprechend umgeformt. Auf die Bedeutung von $\Delta\vartheta_1$ und $\Delta\vartheta_2$ wird eingegangen. Die entsprechenden Gleichungen werden an die Tafel, Teil c geschrieben.

2. Nun wird die Aufgabe 16 des Lehrbuches gelöst. Die Aufgabenstellung gleicht inhaltlich der des anschließenden Schülerexperimentes. Die Lösung erfolgt im Unterrichtsgespräch an der Tafel, Teil b. Dabei wird nicht nur formal gerechnet, sondern auch auf das physikalische Prinzip der Aufgabe eingegangen. Es soll damit das Schülerexperiment vorbereitet werden. Der Lehrer läßt nach Lösung der Aufgabe mit Hilfe der Tabelle des Tafelwerkes, Seite 37, den Stoff ermitteln, aus dem die Kugel bestehen kann. Aus der Tatsache, daß es fünf Möglichkeiten gibt (Blei, Gold, Platin, Wismut, Wolfram), soll der Schüler erkennen, daß er nicht zu vorschnellen

Spezifische Wärme eines festen Körpers

$$c_1 \cdot m_1 \cdot \Delta\vartheta_1 = c_2 \cdot m_2 \cdot \Delta\vartheta_2$$

$$c_2 = \frac{c_1 \cdot m_1 \cdot \Delta\vartheta_1}{m_2 \cdot \Delta\vartheta_2}$$

Beispiel

Gegeben: $m_1 = 100 \text{ g}$

$m_2 = 100 \text{ g}$

$c_1 = \frac{1 \text{ cal}}{\text{g} \cdot \text{grad}}$

$\vartheta_1 = 20^\circ \text{C}$

$\vartheta_2 = 100^\circ \text{C}$

$\vartheta_m = 22,3^\circ \text{C}$

Gesucht: c_2

$\Delta\vartheta_1 = 2,3 \text{ grad}$

$\Delta\vartheta_2 = 77,7 \text{ grad}$

$\Delta\vartheta_1 = \vartheta_m - \vartheta_1$

$\Delta\vartheta_2 = \vartheta_2 - \vartheta_m$

Lösung:

$c_2 = \frac{c_1 \cdot m_1 \cdot \Delta\vartheta_1}{m_2 \cdot \Delta\vartheta_2}$

$c_2 = \frac{1 \text{ cal} \cdot 100 \text{ g} \cdot 2,3 \text{ grad}}{\text{g} \cdot \text{grad} \cdot 100 \text{ g} \cdot 77,7 \text{ grad}}$

$c_2 = 0,0296 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot \text{grad}}$

$c_2 \approx 0,03 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot \text{grad}}$

a	c
b	

Bild 34/1 Tafel zum Thema „Spezifische Wärme eines festen Körpers“

Schlüssen kommen darf. Eine ähnliche Betrachtung erfolgte bereits bei der Dichtebestimmung in Klasse 6.

3. Die Aufgabenstellung für das folgende Schülerexperiment wird durch den Lehrer erläutert. Es wird nach dem Versuchsauftrag W 2 des Lehrbuches gearbeitet. Die im Versuchsprotokoll gegebene Gleichung wird mit der an der Tafel stehenden verglichen. Der Lehrer muß sehr sorgfältig arbeiten, weil das Experiment hohe Anforderungen an den Schüler stellt. Deshalb ist es wichtig für den Lehrer, alle Schritte dieser Stunde als eine Einheit im Sinne der Vorbereitung des Schülerexperimentes zu sehen und dem Schüler bewußtzumachen.

4. Die Schüler arbeiten selbständig nach dem Versuchsauftrag W 2. Der Lehrer gibt vor allem leistungsschwachen Schülern individuelle Hilfe. Nach Durchführung des Experimentes stellen die Schüler nochmals geschlossen den Weg der Ermittlung der spezifischen Wärme eines festen oder flüssigen Körpers dar.

Die innere Energie, die absolute Temperatur (8. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Die innere Energie eines Körpers ist die Summe der Energien seiner Teilchen. Die absolute Temperatur; der Grad Kelvin ($^{\circ}\text{K}$)
2. Die Teilchen haben außer potentieller und kinetischer Energie noch Energie anderer Art.
3. Gegenüberstellen und Vergleichen verschiedener Begriffe; Beschreiben von Begriffsinhalten

UNTERRICHTSMITTEL

Folie mit aufgezeichneter Celsiusskale und Kelvinskale

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|---|--|
| a) Die Summe aller Energien, die die Teilchen eines Körpers besitzen, heißt innere Energie des Körpers. | |
| 1. Begriff innere Energie definieren | (10) Unterrichtsgespräch, Lehrervortrag |
| 2. Den Begriff innere Energie anderen bekannten Begriffen gegenüberstellen | (15) Unterrichtsgespräch |
| b) Der absolute Nullpunkt liegt bei $-273,15^{\circ}\text{C}$. | |
| 3. Die Größe absolute Temperatur einführen | (13) Unterrichtsgespräch, Hafttafel a, b und c |
| 4. Temperaturen der Celsiusskale in Temperaturen der Kelvinskale umrechnen | (7) Arbeit im Heft |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Der Begriff innere Energie wird vom Lehrer gegeben und durch Gegenüberstellung mit anderen Begriffen der Wärmelehre vertieft und gefestigt. Ausgehend von der Überlegung, daß die mittlere kinetische Energie Null werden könnte, wird die Größe *absolute Temperatur* eingeführt.

1. Man geht von der Problemstellung aus, was mit den Teilchen eines Körpers geschieht, wenn er eine Wärmemenge an einen anderen Körper abgibt und dabei den

Aggregatzustand nicht ändert. Im Unterrichtsgespräch wird herausgearbeitet, daß die mittlere kinetische Energie der Teilchen abnimmt, d. h. die Temperatur des Körpers sinkt. Die Schüler erkennen, daß die Abnahme der mittleren kinetischen Energie der Teilchen gleichbedeutend mit der Abnahme der Gesamtenergie aller Teilchen ist. Auf diese deutliche Unterscheidung der mittleren kinetischen Energie und der Gesamtenergie der Teilchen durch die Schüler muß der Lehrer genau achten. Nun führt der Lehrer für die Gesamtenergie der Teilchen eines Körpers, d. h. für die Summe der Energien aller Teilchen den Begriff *innere Energie* ein. Dafür wird das Formelzeichen W_1 benutzt. Der Lehrer erläutert kurz, daß die Teilchen nicht nur kinetische Energie besitzen, sondern auch potentielle Energie, wie z. B. bei den schwingenden Teilchen eines festen Körpers. Außerdem können sie noch weitere Energiearten, wie z. B. elektrische Energie besitzen. Eine genaue Erklärung kann jedoch erst mit Hilfe der Atomphysik gegeben werden. Alle diese Energiearten aller Teilchen zusammen bilden die innere Energie.

2. Damit der Begriff innere Energie eines Körpers den Schülern besser verständlich wird, soll eine Gegenüberstellung mit den Begriffen Temperatur des Körpers, potentielle und kinetische Energie des *Körpers* und mittlere kinetische Energie der *Teilchen* eines Körpers erfolgen.

Zunächst wird deutlich gemacht, daß sich die innere Energie nicht ändert, wenn man dem Körper potentielle Energie, z. B. durch Hochheben oder kinetische Energie durch Bewegungen zuführt.

Diese zugeführten Energien beziehen sich auf den Körper als Ganzes und nicht auf die Teilchen eines Körpers. Wenn man die Temperatur eines Körpers ändert, dann ist das gleichbedeutend mit einer Änderung der mittleren kinetischen Energie der Teilchen des Körpers. Das heißt aber, daß damit auch die Energie der Teilchen geändert wird. Also ändert sich mit der Temperatur des Körpers auch seine innere Energie.

Der Lehrer sollte sich vorher in der entsprechenden Fachliteratur, z. B. bei *Recknagel*, Wärmelehre oder bei *Grimsehl*, Band I, informieren.

3. Die Problemstellung für den nächsten Stundenabschnitt lautet: Was kann man über Temperatur und innere Energie eines Körpers aussagen, wenn der Körper eine solche Wärmemenge abgibt, daß die mittlere kinetische Energie der Teilchen Null wird?

Es wird erarbeitet, daß die innere Energie dann nicht Null wird, da die Teilchen noch Energie in anderer Form besitzen. Wesentlich ist die Erkenntnis, daß die Temperatur dann ihren niedrigsten Wert erreicht. Der Lehrer teilt mit, daß die Physiker diese Temperatur zu $-273,15^\circ\text{C}$ errechneten. Sie wird als *absoluter Nullpunkt* bezeichnet. Es wird der Hinweis gegeben, daß dieser Wert experimentell nicht erreichbar ist.

Nun werden die *absolute Temperatur* und ihre Einheit, der *Grad Kelvin* ($^\circ\text{K}$) eingeführt. An der Tafel, Teil b (Bild 37/1) erfolgt eine Gegenüberstellung der Temperaturskalen von Celsius und Kelvin.

Auf einer Folie werden die Celsius- und die Kelvinskale im gleichen Maßstab dargestellt. Ein Doppelzeiger (siehe Tafelbild) gestattet das gleichzeitige Ablesen an beiden Skalen. Der Lehrer beschreibt die beiden Skalen (Tafel, Teil a). Dann wird eine Ablesübung durchgeführt. Die abgelesenen Wertepaare werden an einer Nebentafel angeschrieben. Aus diesen Wertepaaren werden die Umrechnungsgleichungen abgeleitet und an die Tafel, Teil c, geschrieben.

4. Abschließend werden einige Umrechnungen vorgenommen. Dazu können die Aufgabe 1 des Lehrbuches oder die Aufgaben 491 und 492 der AS 1 dienen, soweit sie nicht als Hausaufgabe Verwendung finden sollen.

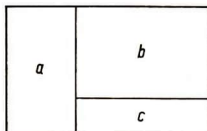
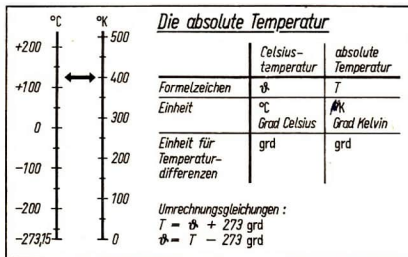


Bild 37/1 Tafel zum Thema „Die absolute Temperatur“

Temperatur, Wärmemenge, innere Energie (Zusammenfassung) (9. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Temperatur und innere Energie sind Zustandsgrößen.
2. —
3. Gegenüberstellen und Vergleichen von physikalischen Größen; Anwenden der gewonnenen Erkenntnisse bei der Lösung von Aufgaben

UNTERRICHTSMITTEL

Arbeitsblätter

STUNDENGLIEDERUNG

a) <i>Temperatur, Wärmemenge und innere Energie sind physikalische Größen. Temperatur und innere Energie sind Zustandsgrößen.</i>	
1. Temperatur und innere Energie als Zustandsgrößen charakterisieren	(10) Unterrichtsgespräch, Tafel a
2. Temperatur, Wärmemenge und innere Energie gegenüberstellen	(15) Unterrichtsgespräch, Tafel b und c
3. Aufgaben lösen	(20) Arbeit mit Arbeitsblatt, Lehrbuch und Heft

MATERIALIEN UND HINWEISE

Die physikalischen Größen *Temperatur*, *Wärmemenge* und *innere Energie* werden einander gegenübergestellt. Temperatur und innere Energie werden als Zustandsgrößen charakterisiert. Im zweiten Teil der Stunde werden Aufgaben gelöst.

1. Der Lehrer geht von der Frage an die Schüler aus, welche Begriffe sie für die wichtigsten des bisher in Klasse 8 behandelten Stoffes halten. Die Schüler sollen dabei

<u>Temperatur</u>	<u>innere Energie</u>	<u>Wärmemenge</u>
ϑ, T °C, °K	W_i cal	W_w cal, Ws
Zustandsgröße	Zustandsgröße	—
Maß für die mittlere kinetische Energie der Teilchen eines Körpers	Summe aller Energien der Teilchen eines Körpers	Einem Körper zugeführte oder von ihm abgegebene Wärmemenge $W_w = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$
<p>Wärmemenge zugeführt \longrightarrow Erhöhung der inneren Energie (Temperatur steigt, Zustand ändert sich)</p>		

a
b
c

Bild 38/1 Tafel zum Thema „Temperatur, Wärmemenge, innere Energie“

wieder üben, Wesentliches und Unwesentliches zu trennen. Die drei Begriffe Temperatur, innere Energie und Wärmemenge werden als Überschrift einer in dieser Stunde zu entwickelnden Übersicht an die Tafel (Bild 38/1) geschrieben.

Die nächste Aufgabe lautet: Prüfe, ob es sich bei den drei Begriffen um physikalische Größen handelt. Die Kennzeichen einer physikalischen Größe werden genannt. Die Schüler sollen erkennen, daß es sich in allen drei Fällen um physikalische Größen handelt. Dabei muß der Lehrer darauf hinweisen, daß die physikalische Größe innere Energie im Unterricht nicht gemessen wird, weil sie mit schulischen Mitteln nicht quantitativ erfaßbar ist. Auf Grund der betrachteten Zusammenhänge kann jedoch die Einheit behandelt werden. Die Schüler sollen selbst darauf kommen, daß die Einheit der inneren Energie die einer Energie, also z. B. Kalorie, sein muß. Formelzeichen und Einheit erscheinen an der Tafel, Teil a.

Nun sollen die Schüler angeben, welche der drei Größen Zustandsgrößen sind, also den Zustand eines Körpers beschreiben. Die Tabelle wird entsprechend ergänzt.

2. Es wird beschrieben, was unter jeder der drei physikalischen Größen zu verstehen ist. Dabei kommt es darauf an, daß die Schüler möglichst selbständig die Größen einander *gegenüberstellen* und voneinander *abgrenzen*. Die wesentlichen Kennzeichen der Größen werden an der Tafel, Teil b, notiert.

An einem Beispiel sollen die *Zusammenhänge* zwischen den Größen dargestellt werden. Zwei Körper aus dem gleichen Stoff, von denen der eine die doppelte Masse wie der andere hat, haben gleiche Temperatur. Was kann man über die mittlere kinetische Energie der Teilchen und die innere Energie der beiden Körper aussagen?

Aus der Tatsache, daß die mittlere kinetische Energie der beiden Körper gleich ist, der Körper mit der doppelten Masse aber die doppelte innere Energie besitzt, soll den Schülern nochmals deutlich werden, daß es sich um unterschiedliche Größen handelt. Eine Identifizierung beider liegt bei oberflächlicher Betrachtung nahe.

Am gleichen Beispiel soll die Bedeutung der Wärmemenge deutlich gemacht werden (Tafel, Teil c). Die Frage lautet: Was kann man über die Wärmemengen aussagen, die den oben genannten Körpern zugeführt werden müssen, wenn man ihre Temperaturen um die gleiche Temperaturdifferenz erhöhen will?

3. Die Schüler bearbeiten das Arbeitsblatt „Erwärmen verschiedener Wassermengen“. Entsprechend dem unterschiedlichen Leistungsstand kann für die einzelnen Schüler eine entsprechende Auswahl getroffen werden.

Arbeitsblatt

Datum _____

Name _____

Klasse _____

Erwärmen verschiedener Wassermengen

Jeder einzelne Brenner gibt in der gleichen Zeit die gleiche Wärmemenge ab. Die Anfangstemperatur beträgt in allen Fällen 10 °C. Die Endtemperatur im Beispiel a beträgt 25 °C. Trage die Endtemperaturen für die Beispiele b bis m ein!

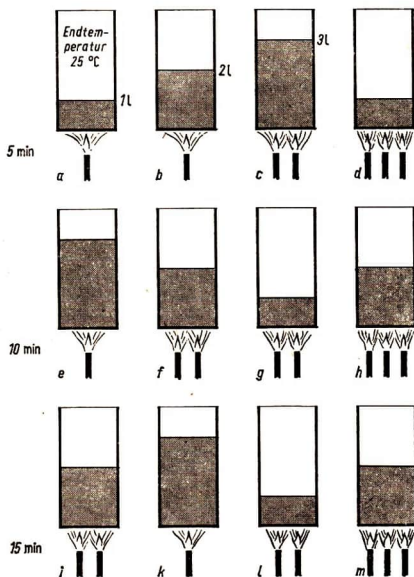


Bild 39/1 Arbeitsblatt „Erwärmen verschiedener Wassermengen“

Nach Bearbeitung des Arbeitsblattes lösen die Schüler Aufgaben aus dem Lehrbuch. Auch hier sollte die Auswahl entsprechend dem Leistungsstand der Schüler erfolgen.

Steht das Arbeitsblatt nicht zur Verfügung, so wird nur mit Aufgaben aus dem Lehrbuch gearbeitet.

2. Unterrichtseinheit (6 Stunden)

Die Zustandsgleichung für das ideale Gas

VORBEMERKUNGEN

Mit dem in dieser Unterrichtseinheit zu behandelnden Stoff (ausschließlich der 10. und 11. Stunde) werden die Schüler nur bekannt gemacht, d. h. der Stoff ist nicht zum Gegenstand von Leistungskontrollen zu machen.

Zunächst werden die Kenntnisse über die Volumenänderung fester und flüssiger Körper, die bereits in Klasse 6 behandelt wurde, wiederholt. Es erfolgt eine Deutung mittels der strukturellen Betrachtungsweise.

Die Zustandsgleichung für das ideale Gas wird nicht experimentell gefunden, sondern vom Lehrer gegeben. Dabei wird der Begriff Zustandsgröße wiederholt und auf die physikalischen Größen Druck, Volumen und Temperatur bei einem Gas angewandt.

Die Schüler werden mit dem *deduktiven Weg* vertraut gemacht, indem die Gleichungen für die Spezialfälle des isothermen, des isobaren und des isochoren Vorgangs aus der allgemeinen Zustandsgleichung theoretisch gewonnen werden. Der Charakter der anschließenden Versuche als *Bestätigungsversuche* muß den Schülern deutlich werden. Ferner sollen sie erkennen, daß der Zusammenhang zwischen drei Größen nur gefunden werden kann, wenn man sowohl bei der theoretischen Ableitung als auch im Experiment die dritte Größe, in diesem Fall eine Zustandsgröße, konstant hält.

Der Begriff *ideales Gas* wird als Modell im Sinne des Modellbegriffes in der Physik eingeführt. Dazu ist es notwendig, den wesentlichen Inhalt des Modellbegriffes zu wiederholen. Mit der Einführung des Begriffes ideales Gas ist die Erörterung des *Gültigkeitsbereiches* der Zustandsgleichung verbunden.

Grundlegendes Wissen: Druck, Volumen und Temperatur als Zustandsgrößen; qualitative Aussagen über die Volumenänderung fester und flüssiger Körper bei Zufuhr oder Abgabe einer Wärmemenge; Deutung der Volumenänderung mit Hilfe der Teilchenvorstellung (Wiederholung aus Klasse 6)

Wiederholung: Ausdehnung von Körpern bei Erwärmung (10. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Die meisten festen und flüssigen Körper dehnen sich beim Erwärmen aus.
2. Beispiele für das Ausdehnen beim Erwärmen
3. Unterscheiden der beobachteten Erscheinungen von ihrem Wesen

UNTERRICHTSMITTEL

Kugel-Ring-Gerät

Gerät zur Wärmeausdehnung

3 Reagenzgläser mit durchbohrtem Stopfen und Glasrohr

(Innendurchmesser 2 mm, Länge 40 mm)

Becherglas, 800 ml

Wasser, Petroleum, Brennspritus

Drahtnetz, Bunsenbrenner

Stativmaterial, Kästchenpapier

STUNDENGLIEDERUNG

- a) *Die meisten festen und flüssigen Körper dehnen sich beim Erwärmen aus. Eine Ausnahme bildet das Wasser, das in Nähe der Erstarrungstemperatur ein abweichendes Verhalten zeigt.*
- | | |
|--|--|
| 1. Ausdehnung bei Erwärmung an festen Körpern demonstrieren | (15) Unterrichtsgespräch, Demonstrationsversuche |
| 2. Ausdehnung bei Erwärmung an flüssigen Körpern demonstrieren | (10) Demonstrationsversuch, Unterrichtsgespräch |
- b) *Die Ausdehnung der Körper beim Erwärmen kann mit Hilfe des Teilchenaufbaus erklärt werden.*
- | | |
|--|---------------------------------|
| 3. Ausdehnung der Körper mit Hilfe des Teilchenaufbaus erklären | (10) Unterrichtsgespräch |
| 4. Vorgänge bei Zufuhr einer Wärmemenge unter dem Gesichtspunkt von Wesen und Erscheinung zusammenfassen | (10) Unterrichtsgespräch, Tafel |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Am Beginn steht eine Wiederholung der Kenntnisse über die Ausdehnung der Körper beim Erwärmen aus Klasse 6, Lehrplanabschnitt 2.8. Die beobachteten Erscheinungen werden mit Hilfe des Teilchenaufbaus der Körper erklärt (siehe auch Unterrichtshilfen Physik 6. Klasse, Seite 130 ff.). In der Zusammenfassung wird der Zusammenhang zwischen dem Beobachteten (Erscheinung) und dem Verhalten der Teilchen (Wesen) herausgearbeitet.

1. Wiederholend wird im Unterrichtsgespräch erläutert, was geschieht, wenn man einem Körper eine Wärmemenge zuführt. Was kann außer den in den letzten Stunden erörterten Vorgängen noch beobachtet werden?

Der Kugel-Ring-Versuch wird ohne Kommentar vorgeführt, und die Schüler formulieren die Erkenntnis unter Benutzung der in den vergangenen Stunden gelernten Begriffe. Es kann auch ein anderer Versuch aus GS 8, Abschnitt 2.1., ausgewählt werden. Es werden Beispiele aus der Praxis genannt, wo die Ausdehnung der Körper bei Temperaturerhöhung auftritt, und wie sie berücksichtigt wird (Brücken, Rohre, Schienen, Drähte usw.).

Ein zweiter Versuch mit dem Gerät für die Wärmeausdehnung demonstriert, daß die Volumenänderung von Körpern aus verschiedenen Stoffen bei gleicher Temperaturänderung unterschiedlich ist. Eine quantitative Auswertung erfolgt nicht. Auch der Ausdehnungskoeffizient wird nicht behandelt.

2. Nach der Behandlung der Ausdehnung der festen Körper erfolgt die Behandlung der flüssigen Körper. Ein Experiment nach GS 8, V 2.3.2., ruft die in Klasse 6 gewonnenen Erkenntnisse ins Gedächtnis zurück. Wurde dort der Zusammenhang

zwischen Temperaturänderung und Volumenänderung erklärt, so wird jetzt bei Formulierung der Erkenntnis von der zugeführten bzw. abgegebenen Wärmemenge ausgegangen.

3. Ausgangspunkt der Erklärung der Volumenänderung der Körper mit Hilfe der Teilchenvorstellung sind die Betrachtungen in Klasse 6 (Lehrplan für Physik Klasse 6, Abschnitt 2.8.). Eine Erweiterung dieser Betrachtungen erfolgt in der Form, daß jetzt erklärt wird, daß die mittleren Abstände der Teilchen voneinander größer werden, weil infolge der Energiezufuhr ihre kinetische Energie größer wird. Von einem mittleren Abstand wird gesprochen, weil die Teilchen fester und flüssiger Körper schwingen und deshalb ein fester Abstand nicht angegeben werden kann. Man kann auch sagen, daß die Schwingungsmittelpunkte weiter auseinanderrücken. Dies äußert sich in einer Volumenzunahme des erwärmten Körpers.

4. Die Zusammenfassung erfolgt in der Form, daß die Zusammenhänge unter dem Gesichtspunkt von Erscheinung und Wesen erläutert werden. Eine entsprechende Übersicht entsteht an der Tafel (Bild 42/1).

Durch diese Betrachtungsweise wird ein Beitrag zur weltanschaulichen Bildung und Erziehung geleistet.

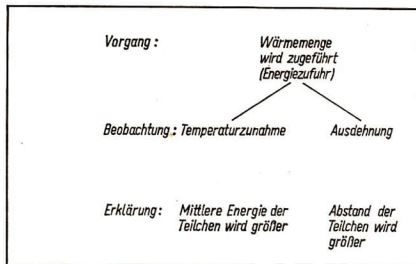


Bild 42/1 Tafel zum Thema „Ausdehnung der Körper beim Erwärmen“

Zustandsgrößen eines Gases (11. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Druck, Volumen und Temperatur sind Zustandsgrößen eines Gases. Wird von einem Gas eine Wärmemenge aufgenommen oder abgegeben, so ändern sich mindestens zwei dieser drei Zustandsgrößen.
2. —
3. Erkennen einer Zustandsgröße; Erklären der Änderung der Zustandsgrößen mit Hilfe der Teilchenvorstellung

UNTERRICHTSMITTEL

- 2 Rundkolben, 250 ml mit durchbohrtem Stopfen
Becherglas, 1000 ml

gewinkeltes und gerades Glasrohr
Bunsenbrenner
Thermometer
Stativmaterial

Dreiwegehahn
Verbindungsschläuche
Drahtnetz
Meterstab

STUNDENGLIEDERUNG

a) *Druck, Volumen und Temperatur sind Zustandsgrößen eines Gases.*

- | | |
|---|--|
| 1. Kenntnisse über den gasförmigen Aggregatzustand wiederholen | (10) Unterrichtsgespräch, Demonstrationsversuch |
| 2. Zustandsgrößen eines Gases erarbeiten | (12) Unterrichtsgespräch, Tafel a |
| 3. Änderung der Zustandsgrößen demonstrieren | (13) Demonstrationsversuch, Unterrichtsgespräch, Tafel b |
| 4. Änderung der Zustandsgrößen mit Hilfe der Teilchenvorstellung erklären | (10) Arbeit mit dem Lehrbuch, Unterrichtsgespräch |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Nach der Volumenänderung fester und flüssiger Körper, die in der vergangenen Stunde behandelt wurde, ist in dieser Stunde die Volumenänderung von Gasen Gegenstand der Untersuchung. Es wird von einer Wiederholung der Eigenschaften der Gase ausgegangen. Dann werden Druck, Volumen und Temperatur als Zustandsgrößen eines Gases gekennzeichnet. Die Änderung dieser Zustandsgrößen bei Zufuhr oder Abgabe einer Wärmemenge wird demonstriert und mit Hilfe der Teilchenvorstellung erklärt.

1. Ausgehend von den Erkenntnissen der letzten Stunde wird die Frage gestellt: Dehnen sich Gase bei Zufuhr einer Wärmemenge aus? Dazu wird der Versuch GS 8, V 2.3.5. gezeigt. Die Schüler beantworten die Frage entsprechend dem Versuchsergebnis.

Die Schüler erfahren, daß die Vorgänge beim Erwärmen eines Gases genauer untersucht werden sollen. Dazu ist es nötig, die Kenntnisse über die Eigenschaften eines Gases zu wiederholen. Der Lehrer vergleiche hierzu die Lehrplanabschnitte 2.7., Klasse 6, und 3.1., Klasse 7 (siehe auch Unterrichtshilfen Klasse 6, Seite 106 ff., und Klasse 7, Seite 142 ff.).

2. Der Begriff Zustandsgröße wird wiederholt. Es wird erarbeitet, durch welche Größen der Zustand eines Gases beschrieben werden kann. Die drei Zustandsgrößen Druck, Volumen und Temperatur mit Formelzeichen, Einheit und Meßgerät werden an die Tafel, Teil a (Bild 44/1) geschrieben. Dabei wird hervorgehoben, daß in den folgenden Stunden stets die absolute Temperatur T verwendet werden soll. Es wird auch die Wirkungsweise des U-Rohr-Manometers wiederholt, weil es im folgenden Versuch benutzt wird.

3. Folgende Problemstellung wird erarbeitet: Wie ändern sich die Zustandsgrößen eines Gases, wenn man dem Gas eine Wärmemenge zuführt? Dazu wird ein Versuch nach GS 8, V 2.4.3., Punkte 1. bis 4. (ohne Ermittlung der Raumausdehnungszahl) durchgeführt. Vor der Versuchsdurchführung erläutern die Schüler, woran man die Änderung der Zustandsgrößen erkennen kann.

Nach der Durchführung des Versuches werden die gewonnenen Erkenntnisse im Verlauf eines Unterrichtsgesprächs an der Tafel, Teil b, dargestellt. Günstig ist es, wenn dieser Teil des Tafelbildes auf einer Folie dargestellt wird, damit er in der nächsten Stunde wieder benutzt werden kann.

4. Die Deutung der Änderung der Zustandsgrößen auf der Basis der Teilchenvorstellung sollen sich die Schüler mit Hilfe des Lehrbuches selbst erarbeiten. Der Lehrer stellt die Frage: Wie kann die Änderung der Zustandsgrößen Druck, Volumen und Temperatur mit Hilfe der Teilchenvorstellung erklärt werden? Die Schüler lesen den Abschnitt „Den gesetzmäßigen...“ ab Seite 21. Die Beantwortung dient gleichzeitig als Zusammenfassung für die Stunde.

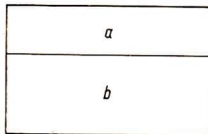
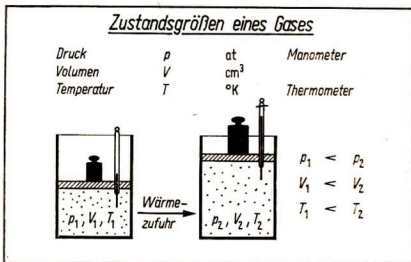


Bild 44/1 Tafel zum Thema „Zustandsgrößen eines Gases“

Die Zustandsgleichung für das ideale Gas (12. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Modelle stimmen nie ganz mit der Wirklichkeit überein.
2. Zustandsgleichung für das ideale Gas: $\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$
3. Formulieren der durch die Zustandsgleichung ausgedrückten Zusammenhänge; Anwenden der Gleichung für die Lösung von Aufgaben

STUNDENGLIEDERUNG

- a) Modelle stimmen nie ganz mit der Wirklichkeit überein.
1. Modellbegriff wiederholen und präzisieren (12) Unterrichtsgespräch, Tafel a
 2. Begriff ideales Gas einführen (6) Lehrervortrag
- b) Die Zustandsgleichung gilt für das ideale Gas.
3. Zustandsgleichung für das ideale Gas einführen (12) Mitteilung, Tafel b, Unterrichtsgespräch
 4. Beispiele zur Zustandsgleichung rechnen (15) Unterrichtsgespräch, Tafel, Arbeit im Heft

MATERIALIEN UND HINWEISE

Zunächst wird der Modellbegriff wiederholt und präzisiert. Dann erfolgt die Einführung des Begriffes *ideales Gas*. Dieser wird angewandt, wenn der Lehrer die Zustandsgleichung für das ideale Gas mitteilt. Die Gleichung wird bei der Lösung von Aufgaben angewandt.

1. Zunächst soll der Modellbegriff wiederholt werden, damit er anschließend auf den Begriff des idealen Gases angewandt werden kann. Erste Vorstellungen über diesen Begriff wurden bereits bei der Behandlung der Lehrplanabschnitte 2.6., 2.7. und 2.12. in Klasse 6 geschaffen. Der Lehrer vergleiche hierzu auch die Unterrichtshilfen Physik, Klasse 6, Seiten 108, 136, 201 ff. und 218 ff.

Die Schüler dürfen keine Identifizierung des Modells mit der Wirklichkeit vornehmen. Sie sollen im Unterrichtsgespräch als Kennzeichen eines Modells erkennen:
 1. Ein Modell stimmt *nie ganz* mit der Wirklichkeit überein. 2. Einige Merkmale stimmen *annähernd* mit der Wirklichkeit überein (Tafel, Teil a; Bild 45/1).

Die Zustandsgleichung für das ideale Gas

Kennzeichen für ein Modell:

1. Es stimmt nie ganz mit der Wirklichkeit überein.
2. Es stimmt in einigen Merkmalen annähernd mit der Wirklichkeit überein.

Zustandsgleichung: $\frac{p \cdot V}{T} = \text{konstant}$

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

a
b

Bild 45/1 Tafel zum Thema „Zustandsgleichung für das ideale Gas“

Der Lehrer sollte bei der Arbeit mit Modellen die Schüler *stets* veranlassen darzustellen, welche Seiten des Modells nicht mit der Wirklichkeit übereinstimmen, um damit richtige Vorstellungen über das jeweils benutzte Modell hervorzurufen.

Dem Lehrer sei die Broschüre *Modellbegriff im Physikunterricht* von Dr. K.-H. Brüggner empfohlen. Sie enthält wertvolle Hinweise zur Arbeit mit dem Modellbegriff.

2. Als Beispiel für ein Modell wird nun der Begriff *ideales Gas* eingeführt. Als Kennzeichen dieses „Modellgases“ werden zunächst zwei Vereinfachungen angenommen:

1. Die Teilchen des Gases nehmen kein Volumen ein.
2. Zwischen den Teilchen wirken außer bei Zusammenstößen keine molekularen Kräfte.

Diese Vereinfachungen werden durch Gegenüberstellung mit einem wirklichen Gas deutlich gemacht. Der Lehrer erörtert, daß solche Vereinfachungen häufig von den Wissenschaftlern vorgenommen werden, weil dann die Zusammenhänge (z. B. zwischen den Zustandsgrößen) einfacher beschrieben werden können. Dies soll nun an einem Beispiel erfolgen.

3. Die allgemeine Zustandsgleichung für das ideale Gas wird vom Lehrer zunächst in der Form $\frac{p \cdot V}{T} = \text{konstant}$ gegeben und erläutert (Tafel, Teil b). Eine experimentelle Herleitung erfolgt nicht. Am Beispiel des in der letzten Stunde durchgeführten Experiments geht der Lehrer dann zu der anderen Schreibweise $\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$ über (Tafel, Teil b, und Folie der letzten Stunde).

4. An einer zweiten Tafel rechnet der Lehrer das Beispiel aus dem Lehrbuch, Seite 20/21, so vor, wie es dort gegeben ist.

Die Schüler schreiben nicht mit, haben aber so jederzeit die Möglichkeit, das vorgerechnete Beispiel als Muster zu verwenden. Nach der Aufgabenstellung werden die Schüler vor der Rechnung zu einer allgemeinen Aussage über das Ergebnis veranlaßt. Das heißt z. B., die Schüler sollen überlegen, wie sich das Volumen verändern muß, wenn der Druck verringert und die Temperatur erhöht wird. Nach der Rechnung wird das Ergebnis mit der ursprünglichen Aussage verglichen.

Zum Abschluß der Stunde rechnen die Schüler die an der Tafel vorgerechnete Aufgabe mit folgenden veränderten Werten: $p_1 = 140$ at, $p_2 = 3$ at, $V_1 = 50$ l, $\vartheta_1 = 7$ °C und $\vartheta_2 = 27$ °C. Eine weitere Aufgabe ist 506 der AS 1.

Isotherme Zustandsänderungen (13. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. —
2. Bei einer isothermen Zustandsänderung ($T = \text{konst.}$) ist das Produkt aus Druck und Volumen konstant, $p \cdot V = \text{konst.}$
3. Deduktives Herleiten eines Spezialfalles aus der allgemeinen Zustandsgleichung des idealen Gases

UNTERRICHTSMITTEL

- a) Gerät zum Nachweis des Boyleschen Gesetzes (für Wasseranschluß)
oder
- b) Kolbenprober mit Hahnverschluß
Holz- oder Plasteteller
Wägesatz oder Druckkraftmesser
Stativmaterial
oder
- c) Gerät zum Nachweis des Boyleschen Gesetzes (U-Rohr auf Holzbrett)
Quecksilber

STUNDENGLIEDERUNG

1. Zielorientierung für die beiden nächsten Stunden geben	(8) Unterrichtsgespräch, Lehrervortrag Tafel 1 a
a) Bei einer isothermen Zustandsänderung ist das Produkt aus Druck und Volumen konstant.	
2. Gleichung für isotherme Zustandsänderung herleiten	(10) Unterrichtsgespräch, Tafel 1 b
3. Gleichung experimentell überprüfen	(12) Demonstrationsversuch, Unterrichtsgespräch, Tafel 1 c
4. Aufgaben zu isothermen Zustandsänderungen rechnen	(15) Unterrichtsgespräch, Tafel 2, Arbeit mit Lehrbuch und Heft

MATERIALIEN UND HINWEISE

Die Schüler werden mit dem deduktiven Vorgehen vertraut gemacht, indem aus der Zustandsgleichung die Gleichung für isotherme Zustandsänderungen abgeleitet

wird. Es erfolgt eine experimentelle Bestätigung der theoretisch gefundenen Aussage. Abschließend wird eine Aufgabe gerechnet.

1. Die Zustandsgleichung wird wiederholt und an die Tafel I (Bild 47/1, Teil a) geschrieben. Der Lehrer erinnert daran, daß diese Gleichung mitgeteilt und nicht experimentell gefunden wurde. Er läßt die Schüler erkennen, daß die Richtigkeit der Gleichung experimentell überprüft werden muß. Hierbei wird darauf hingewiesen, daß die Überprüfung mit einem wirklichen Gas erfolgen muß, da es ein ideales Gas nicht gibt. Deshalb wird keine genaue Bestätigung zu erwarten sein.

Nun wird den Schülern deutlich gemacht, daß die Überprüfung bei gleichzeitiger Veränderung aller drei Zustandsgrößen mit Schwierigkeiten verbunden ist. Welchen Ausweg gibt es?

<u>Isotherme Zustandsänderung</u>		
$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$		
$T_1 = T_2 = T$		
$\frac{p_1 \cdot V_1}{T} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T}$	für $T =$ konstant	
$\frac{p_1 \cdot V_1 \cdot \cancel{T}}{\cancel{T}} = \frac{p_2 \cdot V_2 \cdot \cancel{T}}{\cancel{T}}$		
$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$		
$p \cdot V = \text{konstant}$		

p in at	V in dm ³	$p \cdot V$ in at·dm ³
1	6	6
1,5	3,9	5,8
2	3,1	6,2
2,5	2,5	6,2
3	2	6

a	c
b	

Bild 47/1 Tafel I zum Thema „Isotherme Zustandsänderungen“

Die Schüler sollen das Verfahren, bei der Untersuchung der Abhängigkeit dreier Größen voneinander nur jeweils die Abhängigkeit zweier Größen voneinander zu untersuchen, während die dritte konstant gehalten wird, als ein wichtiges Verfahren erkennen. Die drei Möglichkeiten, bei denen jeweils eine der Größen Temperatur, Druck oder Volumen konstant gehalten wird, werden in dieser und der nächsten Stunde untersucht.

2. Im ersten Fall soll die Temperatur konstant gehalten werden. Für diesen Vorgang wird der Name *isotherme Zustandsänderung* eingeführt. An der Tafel I, Teil b wird die Gleichung hergeleitet.

3. Die theoretisch gewonnene Aussage wird nun experimentell überprüft. Der Schüler soll hierbei erkennen, daß das Experiment den Charakter eines Bestätigungsversuches hat.

Als Versuch eignet sich GS 3/5, V 2.3.2. Weitere Möglichkeiten sind in GS 3/5, V 2.3.1. und 2.3.3. beschrieben. An die Stelle der auf den Kolbenprober zu legenden Wägestücke kann auch der Zug- und Druckkraftmesser treten.

In einer Tabelle (Tafel, Teil c) werden die ermittelten Werte für Druck und Volumen notiert. Nach dem Versuch werden die Produkte aus Druck und Volumen gebildet und mit der theoretisch gefundenen Aussage verglichen. Im Unterrichtsgespräch erfolgt eine Fehlerbetrachtung unter Beachtung der Tatsache, daß der Versuch mit einem wirklichen Gas durchgeführt wurde.

4. An der Tafel 2 (Bild 48/1) rechnet der Lehrer ein Beispiel vor. Die Schüler rechnen im Heft die Aufgabe 51 des Lehrbuches oder die Aufgabe 508 der AS 1.

<i>Beispiel</i>	
<i>Gegeben :</i>	<i>Lösung :</i>
$p_1 = 6 \text{ at}$	$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \quad : p_1$
$p_2 = 4 \text{ at}$	$V_1 = \frac{p_2 \cdot V_2}{p_1}$
$V_2 = 15 \text{ dm}^3$	$V_1 = \frac{4 \text{ at} \cdot 15 \text{ dm}^3}{6 \text{ at}}$
<i>Gesucht :</i>	$V_1 = 10 \text{ dm}^3$
V_1	

Bild 48/1 Tafel 2 zum Thema „Isotherme Zustandsänderungen“

Isobare und isochore Zustandsänderungen (14. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. —
2. Für eine isobare Zustandsänderung ($p = \text{konstant}$) des idealen Gases gilt $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$.
Für eine isochore Zustandsänderung ($V = \text{konstant}$) gilt $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$.
3. Deduktives Herleiten eines Spezialfalles aus der Zustandsgleichung für das ideale Gas; Darstellen der Versuchsergebnisse in einem Diagramm

UNTERRICHTSMITTEL

- a) Gerät zur Herleitung der Zustandsgleichung oder
- b) Geräte wie in der 11. Stunde

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|--|--|
| a) <i>Bei einem isobaren Vorgang ist der Quotient aus Volumen und Temperatur konstant.</i> | |
| 1. Aufgabenstellung der letzten Stunde wiederholen | (11) Unterrichtsgespräch |
| 2. Gleichung für isobare Zustandsänderungen herleiten | Unterrichtsgespräch, Tafel 1a |
| 3. Gleichung experimentell überprüfen | (12) Demonstrationsversuch, Tafel 1b und c, Arbeit im Heft |
| b) <i>Bei einem isochoren Vorgang ist der Quotient aus Druck und Temperatur konstant.</i> | |
| 4. Gleichung für isochore Zustandsänderungen herleiten | (10) Arbeit im Heft, Unterrichtsgespräch, Tafel 2a |
| 5. Gleichung experimentell überprüfen | (12) Demonstrationsversuch, Tafel 2b und c, Arbeit im Heft |

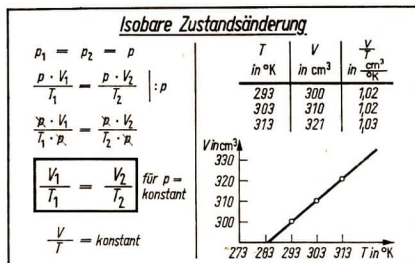
MATERIALIEN UND HINWEISE

Entsprechend der Aufgabenstellung zu Beginn der letzten Stunde sollen die Gleichungen für isobare und isochore Zustandsänderungen des idealen Gases theoretisch hergeleitet und durch ein Experiment bestätigt werden. Dabei soll der Weg, wie die Erkenntnis gewonnen wird, besonders betont werden. Berechnungen zu den gefundenen Gleichungen werden erst in der nächsten Stunde durchgeführt.

1. Die am Anfang der letzten Stunde gegebene Zielorientierung wird wiederholt. Die Schüler finden selbst, daß es noch zwei weitere Fälle gibt, die untersucht werden müssen. Dabei erläutert der Lehrer nochmals den Weg des Vorgehens: Aus der allgemeinen Zustandsgleichung mit drei veränderlichen Größen soll eine Gleichung mit zwei veränderlichen Größen hergeleitet werden. Dies wird erreicht, indem die dritte Größe konstant gehalten wird. Die theoretisch gefundene Aussage wird durch ein Experiment überprüft.

2. An der Tafel 1, Teil a (Bild 49/1), erfolgt die Herleitung der Gleichung für eine isobare Zustandsänderung (Tafelüberschrift). Ausgegangen wird von einer kurzen Wiederholung des Weges, auf dem die Gleichung für eine isotherme Zustandsänderung gefunden wurde. Die Erarbeitung erfolgt im Unterrichtsgespräch.

3. Die gefundene Gleichung wird durch ein Experiment überprüft. Dazu eignet sich besonders das Gerät zur Herleitung der Zustandsgleichung (SKUS Nr. 08 3208 89). Möglich ist auch der Versuch 2.4.3. aus GS 8. Es wird nur der Versuchsaufbau übernommen. Die dort erwähnte Raumausdehnungszahl wird nicht behandelt. Das Kalibrieren des Manometers (Glasröhre) wird vor dem Unterricht vorgenommen.



a	b
	c

Bild 49/1 Tafel 1 zum Thema „Isobare und isochore Zustandsänderungen“

Die Werte werden in eine Tabelle an der Tafel 1, Teil b, eingetragen. Gleichzeitig fertigen die Schüler ein Diagramm im Heft an. Ein Schüler arbeitet an der Tafel 1, Teil c. Den Schülern muß deutlich werden, wie bei diesem Versuch erreicht wird, daß der Druck bei jeder Messung der gleiche ist.

Die im Diagramm entstehende Gerade und der in der letzten Spalte der Tabelle zu berechnende Quotient $\frac{V}{T}$ bestätigen die gefundene Gleichung. Der Lehrer weist darauf hin, daß zur Bestätigung eigentlich eine größere Anzahl von Messungen notwendig ist, die aus Zeitgründen in der Schule aber nicht durchgeführt werden können.

4. Die Schüler erhalten den Auftrag, die dritte Gleichung analog dem an der Tafel 1 a dargestellten Weg abzuleiten. Es wird zuvor gemeinsam erarbeitet, daß jetzt anstelle des Druckes das Volumen konstant gehalten wird, daß also gilt $V_1 = V_2 = V$.

Zur Kontrolle wird anschließend der Weg an der Tafel 2, Teil a (Bild 50/1), dargestellt.

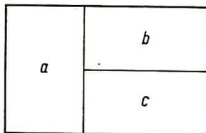
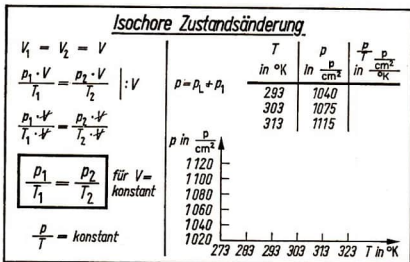


Bild 50/1 Tafel 2 zum Thema „Isobare und isochore Zustandsänderungen“

5. Der Bestätigungsversuch erfolgt nach GS 8, V 2.4.4., ohne Behandlung der Spannungszahl.

Die Meßergebnisse werden an der Tafel 2, Teil b, notiert.

Die Schüler übernehmen die Tabelle mit den Meßwerten ins Heft. Als Hausaufgabe sind die Quotienten $\frac{p}{T}$ zu berechnen und ein p - T -Diagramm anzufertigen. Dies erläutert der Lehrer kurz an der Tafel 2, Teil c.

Zusammenfassung und Anwendungen zur Zustandsgleichung (15. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Der Zusammenhang zwischen drei physikalischen Größen kann experimentell so untersucht werden, daß man den Zusammenhang zwischen jeweils zwei Größen untersucht und die dritte dabei nicht verändert.
2. —
3. Lösen von Aufgaben zum Zusammenhang zwischen drei Zustandsgrößen eines Gases

STUNDENGLIEDERUNG

a) Die Zustandsgleichung für das ideale Gas wurde durch Experimente mit Hilfe eines wirklichen Gases annähernd bestätigt.

1. Erkenntnisse der beiden letzten Stunden zusammenfassen (15) Unterrichtsgespräch, Tafel
2. Beispiel zur isochoren Zustandsgleichung rechnen (5) Lehrervortrag, Tafel
3. Anwendungsaufgaben zur Zustandsgleichung lösen (25) Arbeit mit Lehrbuch und Heft

MATERIALIEN UND HINWEISE

Im ersten Teil der Stunde erfolgt eine Zusammenfassung des Stoffes dieser Unterrichtseinheit. Die gewonnenen Gleichungen werden beim Lösen von Aufgaben angewandt.

1. Ausgehend von der Kontrolle der Hausaufgabe werden die Zustandsgleichung für das ideale Gas und die in ihr enthaltenen drei Spezialfälle wiederholt (Tafel; Bild 51/1). Dabei wird daran erinnert, daß die Gleichungen nur für das ideale Gas gelten.

<u>Die allgemeine Zustandsgleichung</u>	
$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$	
a) <i>Isotherme Vorgänge</i> $T = \text{konstant}$	$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$
b) <i>Isobare Vorgänge</i> $p = \text{konstant}$	$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$
c) <i>Isochrome Vorgänge</i> $V = \text{konstant}$	$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$

Bild 51/1 Tafel zum Thema
„Zusammenfassung
zur Zustandsgleichung“

Bei der Zusammenfassung wird auch der Weg wiederholt, wie die einzelnen Gleichungen gefunden und bestätigt wurden. Der Schüler muß die Stellung des Experimentes als Bestätigungsexperiment beschreiben können. Außerdem wird die hier notwendige Einschränkung hervorgehoben, daß mit einem wirklichen Gas gearbeitet wurde und deshalb eine Bestätigung nur angenähert möglich ist. Das Ergebnis der Hausaufgabe wird bei der Wiederholung der Gleichung für den isochoren Vorgang berücksichtigt.

2. Nun rechnet der Lehrer an einer Nebentafel ein Beispiel zur Anwendung der Gleichung für eine isochore Zustandsänderung vor. Er hebt dabei das Umformen der Gleichung zur Auflösung nach der gesuchten Größe hervor.

3. Die Schüler lösen Aufgaben des Lehrbuches (Aufgaben Nr. 36 bis 58) oder der AS I (Aufgaben Nr. 507 bis 510). Entsprechend dem Leistungsstand der einzelnen Schüler erfolgt eine Auswahl. Bei der Erörterung der Aufgaben wird auf die praktische Bedeutung der benutzten Gleichung eingegangen, indem neben dem physikalischen Inhalt auch die technische Seite berücksichtigt wird.

3. Unterrichtseinheit (3 Stunden)

Aggregatzustandsänderungen

VORBEMERKUNGEN

Der Lehrplanabschnitt 1.3. *Energieumwandlungen* wurde aus Gründen der Erhöhung der Übersichtlichkeit in der Unterrichtshilfe in zwei Unterrichtseinheiten (3.

und 4.) gegliedert. Die Überschrift besagt, daß die Behandlung beider Unterrichtseinheiten unter dem gemeinsamen Aspekt der energetischen Betrachtungsweise vorzunehmen ist.

In den drei Stunden dieser Unterrichtseinheit wird der in Klasse 6 zum Thema Aggregatzustandsänderungen behandelte Stoff präzisiert und vertieft. Die wesentliche Erweiterung besteht in der energetischen Betrachtungsweise. Es wird festgestellt, daß die Zufuhr bzw. Abgabe von Wärmeenergie bei einem Körper entweder zu einer Temperaturänderung oder zu einer Aggregatzustandsänderung führen kann. Außerdem tritt in jedem Fall auch eine Volumenänderung auf. Im folgenden wird dies jedoch im Interesse einer Konzentration auf das Neue nicht immer besonders hervorgehoben. Weiter wird auf die Umkehrbarkeit der Vorgänge eingegangen und an Hand der *Schmelz- und Erstarrungswärme* bzw. *Verdampfungs- und Kondensationswärme* die Gleichheit der zugeführten bzw. abgegebenen Wärmemenge gezeigt.

Es wird in allen drei Stunden wieder mit Diagrammen gearbeitet. Besonderer Wert wird bei der Behandlung des ϑ - W_w -Diagramms darauf gelegt, daß die Schüler die Umwandlungstemperatur (z. B. Schmelztemperatur) und die Umwandlungswärme (z. B. Schmelzwärme) aus dem Diagramm entnehmen können.

Hinsichtlich der weltanschaulichen Bildung und Erziehung wird in einer dem Alter des Schülers entsprechenden Form auf das Gesetz vom Umschlagen einer Qualität in eine andere durch quantitative Änderungen eingegangen.

Grundlegendes Wissen: Verlauf der Temperatur eines Körpers beim Zuführen bzw. Abgeben von Wärmeenergie. Begriffe Schmelzwärme, Erstarrungswärme, Verdampfungswärme, Kondensationswärme, Schmelztemperatur, Erstarrungstemperatur, Siedetemperatur, Kondensationstemperatur

Schmelzen und Erstarren (16. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Während des Schmelzens (Erstarrens) eines Körpers ändert sich seine Temperatur nicht. Die zugeführte (abgegebene) Wärmemenge bewirkt die Änderung des Aggregatzustandes. Begriffe Schmelztemperatur, Erstarrungstemperatur, Schmelzwärme, Erstarrungswärme
2. Schmelzwärme einiger Stoffe
3. Deuten des Temperaturverlaufes beim Schmelzen von Eis

UNTERRICHTSMITTEL

Bunsenbrenner	Thermometer (0 °C bis 50 °C, 1/10 grad-Teilung)
Drahtnetz	Uhr mit Sekundenzeiger
Becherglas, 100 ml	Eis, etwa 50 g (in erbsengroßen Stücken)
Dreifuß	Rührer (Glasstab)

STUNDENGLIEDERUNG

a) Die Zufuhr einer Wärmemenge kann bei einer bestimmten Temperatur zum Schmelzen eines festen Körpers führen.

1. Kenntnisse über die Aggregatzustände wiederholen

- (8) Unterrichtsgespräch, Arbeit mit dem Lehrbuch

- | | |
|--|--|
| 2. Temperaturverlauf beim Schmelzen eines Körpers ermitteln | (12) Demonstrationsversuch, Unterrichtsgespräch, Tafel a und b |
| b) Beim Schmelzen eines festen Körpers ändert sich die Temperatur nicht. Die zugeführte Wärmemenge bewirkt die Änderung des Aggregatzustandes. | |
| 3. Temperaturverlauf erörtern | (13) Unterrichtsgespräch, Tafel b und c |
| 4. Begriff Schmelzwärme einführen | Unterrichtsgespräch, Tafel c, Arbeit mit dem Tafelwerk |
| 5. Erstarren als Umkehrung des Schmelzvorganges erklären | (12) Unterrichtsgespräch, Tafel c |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Die Kenntnisse über die Aggregatzustände werden wiederholt. Der Temperaturverlauf beim Schmelzen von Eis in Abhängigkeit von der zugeführten Wärmemenge wird experimentell ermittelt und grafisch dargestellt. Aus der grafischen Darstellung wird der Begriff der Schmelzwärme abgeleitet.

1. Es wird von der Fragestellung ausgegangen, wozu die Zufuhr von Wärme bei einem Körper führen kann. Außer der Volumenänderung und der Temperaturerhöhung ist dies die Aggregatzustandsänderung. Damit wird die Wiederholung der in Klasse 6 und 7 erworbenen Kenntnisse über die Aggregatzustände motiviert. Grundlage bilden folgende Lehrplanabschnitte: Klasse 6: 2.1., 2.7., 2.10.; Klasse 7: 3.1. (Der Lehrer beachte auch die entsprechenden Abschnitte der Unterrichtshilfen für die Klassen 6 und 7). Die Wiederholung orientiert sich schwerpunktmäßig auf die Fakten, die für die Änderung der Aggregatzustände von Bedeutung sind. Es kann von folgenden beiden Fragen ausgegangen werden:

- Wodurch unterscheiden sich die verschiedenen Aggregatzustände?
- Wie heißen die Übergänge zwischen den Aggregatzuständen?

2. Als Ziel wird angegeben, daß die Übergänge Schmelzen und Erstarren genauer untersucht werden sollen (Tafelüberschrift). Zur Motivation kann die Aufgabe 511 der AS 1 eingesetzt werden.

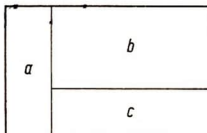
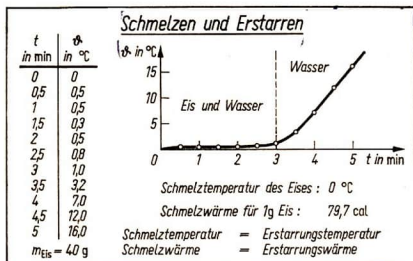


Bild 53/1 Tafel zum Thema „Schmelzen und Erstarren“

Dazu soll der Zusammenhang zwischen der einem festen Körper während des Schmelzens zugeführten Wärmemenge und der Temperatur experimentell untersucht werden.

Dem zerstoßenen Eis wird mit kleiner Bunsenbrennerflamme Wärmeenergie zugeführt. Das im Becherglas befindliche Eis wird ständig umgerührt. Die Temperatur wird jede halbe Minute abgelesen und in eine Tabelle an der Tafel, Teil a (Bild 53/1), eingetragen.

Da die zugeführte Wärmemenge nicht direkt gemessen werden kann, muß dem Schüler klargemacht werden, daß für den Bunsenbrenner angenommen werden kann, daß in gleichen Zeiten angenähert gleiche Wärmemengen abgegeben werden.

Anders ausgedrückt heißt das, es gilt annähernd:
$$\frac{\text{Wärmemenge}}{\text{Zeit}} = \text{konstant.}$$
 Deshalb kann an Stelle der Abhängigkeit der Temperatur von der Wärmemenge die Abhängigkeit der Temperatur von der Zeit ermittelt werden. Die Meßwerte werden in ein Diagramm übertragen (Tafel, Teil b). Die Schüler arbeiten im Heft mit.

3. An Hand des Diagramms wird der Temperaturverlauf erörtert. Die Schüler erkennen, daß sich die Temperatur, von geringen Abweichungen abgesehen, nicht ändert, solange noch Eis vorhanden ist. Diese konstante Temperatur wird *Schmelztemperatur* genannt (Tafel, Teil c). Die zugeführte Wärmemenge bewirkt also keine Temperaturerhöhung, sondern eine Aggregatzustandsänderung.

4. Es erfolgt nun die Einführung des Begriffes *Schmelzwärme*. Der Lehrer gibt die Schmelzwärme für 1 g Eis mit 79,7 cal an (Tafel, Teil c). Die Schüler schätzen ab, welche Schmelzwärme benötigt wurde, um im Versuch das Eis zu schmelzen. Dazu gibt der Lehrer die Masse des verwendeten Eis an.

Um die Vorstellungen der Schüler von der zum Schmelzen benötigten Wärmemenge zu konkretisieren, wird der Vergleich angestellt, daß mit der gleichen Wärmemenge, mit der 1 kg Eis geschmolzen werden kann, 1 kg Wasser von 20 °C auf 100 °C erwärmt werden kann.

Die Schüler suchen Beispiele zur Schmelztemperatur und zur Schmelzwärme in den Tabellen des Tafelwerkes bzw. des Lehrbuches und machen vergleichende Aussagen, wie z. B.: Zum Schmelzen von 1 kg Aluminium wird sechzehnmal so viel Wärme benötigt wie zum Schmelzen von 1 kg Blei.

5. Das Erstarren als Übergang vom flüssigen zum festen Aggregatzustand wird als Umkehrung des Schmelzvorganges betrachtet. Es werden die Begriffe *Erstarrungstemperatur* und *Erstarrungswärme* eingeführt. Die Gleichheit dieser beiden Größen mit den entsprechenden Größen beim Schmelzen wird mit Hilfe des Energieerhaltungssatzes erklärt. An der Tafel, Teil c, erfolgt eine Angabe der entsprechenden Größen.

Die Zusammenfassung erfolgt in Form einer Verknüpfung mit dem im Fach Einführung in die sozialistische Produktion in Klasse 7 behandelten Gießen.

Es wird von folgender Fragestellung ausgegangen: Warum ist es ökonomisch ungünstig, wenn das Schmelzen von Metallen in einem anderen Betrieb als das Gießen erfolgt?

Bei der Beantwortung wird herausgearbeitet, daß die Erstarrungswärme der Schmelze ungenutzt verlorengeht. Vor dem Gießen muß diese Wärmemenge erneut zugeführt werden. Bei dieser Betrachtung kommt es sowohl auf die physikalische als auch auf die ökonomische Seite an.

Abschließend werden weitere Beispiele dafür genannt, wo das Schmelzen und Erstarren in der Industrie angewandt wird.

Verdampfen und Kondensieren (17. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Während eine Flüssigkeit siedet (ein gasförmiger Körper kondensiert), ändert sich ihre Temperatur nicht. Die zugeführte (abgegebene) Wärmemenge bewirkt die Änderung des Aggregatzustandes. Begriffe Siedetemperatur, Verdampfungswärme, Kondensationstemperatur, Kondensationswärme
2. —
3. Experimentelles Ermitteln des Temperaturverlaufes beim Erwärmen und Sieden von Wasser; Darstellen der Versuchsergebnisse in einem Diagramm; Ziehen von Schlüssen aus dem Diagramm

UNTERRICHTSMITTEL

Becherglas mit Wasser

Thermometer (0 °C bis 100 °C, $\frac{1}{10}$ grad-Teilung)
Glasstab (als Rührer)
Bunsenbrenner
Dreifuß mit Drahtnetz } oder Heizplatte } nach Anzahl der Schülergruppen
Uhr mit Sekundenzeiger
Lappen
Reagenzglas mit kaltem Wasser

für Variante:

Becherglas mit 100 g Eis

Demonstrationsthermometer oder

elektrisches Temperaturmeßgerät (siehe angegebene Literatur)

Rührer (Glasstab)

Bunsenbrenner

Dreifuß mit Drahtnetz

Uhr mit Sekundenzeiger

STUNDENGLIEDERUNG

a) Während des Siedens eines flüssigen Körpers bleibt seine Temperatur konstant. Die zugeführte Wärmemenge bewirkt die Änderung des Aggregatzustandes.

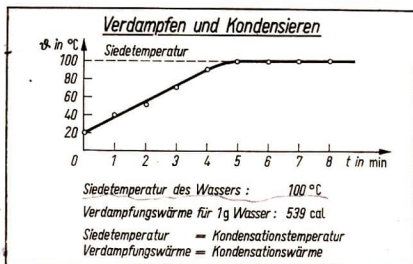
- | | |
|--|--|
| 1. Temperaturverlauf beim Sieden von Wasser ermitteln | (22) Schülerversuch, Anfertigen eines Diagramms |
| 2. Schlüsse aus dem Temperaturverlauf an Hand des Diagramms ziehen | (13) Unterrichtsgespräch, Tafel a, Arbeit mit dem Diagramm |
| 3. Begriff Verdampfungswärme einführen | Unterrichtsgespräch, Tafel b |
| 4. Kondensieren als Umkehrung des Verdampfungsvorganges erklären | (10) Unterrichtsgespräch, Tafel c |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Ähnlich wie in den vergangenen Stunden Schmelzen und Erstarren behandelt wurden, soll in dieser Stunde die Behandlung von Verdampfen und Kondensieren er-

folgen. Das Experiment zur Aufnahme des Temperaturverlaufs wird als Schülerexperiment durchgeführt.

1. Als Aufgabenstellung erfahren die Schüler, daß ähnlich wie in der letzten Stunde der Temperaturverlauf beim Sieden untersucht werden soll. Dies soll in einem Schülerexperiment geschehen. Die Aufgabenstellung wird gemeinsam erarbeitet. Zusätzlich erhalten die Schüler den Auftrag, während des Siedens des Wassers kurze Zeit ein Reagenzglas mit kaltem Wasser in den entweichenden Wasserdampf zu halten, zu beobachten und ihre Beobachtung in einem Satz niederzuschreiben. Das Protokoll besteht nur aus der Tabelle mit den ermittelten Meßwerten und ihrer Darstellung in einem Diagramm sowie dem Beobachtungsergebnis des Teilversuches mit dem Reagenzglas. Der Lehrer legt fest, wann die Messung beendet wird. Nach Abschluß des Versuches lasse der Lehrer die Bechergläser mit heißem Wasser außerhalb des Arbeitsbereiches der Schüler abstellen oder ausgießen! Eine sorgfältig arbeitende Arbeitsgruppe stellt ihre Meßwerte in einem Diagramm an der Tafel, Teil a (Bild 56/1), dar.



a
b
c

Bild 56/1 Tafel zum Thema „Verdampfen und Kondensieren“

2. Die Schüler deuten den Temperaturverlauf anhand des Diagramms. Die Begriffe *Siedetemperatur* und *Verdampfen* werden eingeführt und erklärt. Die Schüler erkennen, daß die Zufuhr von Wärmeenergie bis zum Erreichen der Siedetemperatur ein Ansteigen der Temperatur bewirkt. Danach führt die Energiezufuhr zu einer Änderung des Aggregatzustandes. Der Lehrer ergänzt, daß die Zufuhr weiterer Wärmeenergie nach dem vollständigen Verdampfen des Wasser zu einer Temperaturerhöhung des Wasserdampfes führt.

3. Nun führt der Lehrer den Begriff *Verdampfungswärme* ein. Er gibt an, daß zum Verdampfen von 1 g Wasser 539 cal benötigt werden (Tafel, Teil b). Die Schüler werden aufgefordert, diesen Wert mit der Schmelzwärme für 1 g Eis zu vergleichen. Die Tabelle 4 des Lehrbuches, Seite 25, dient dazu, von den Schülern die Bedeutung der dort angegebenen Zahlenwerte erklären zu lassen. Es werden wieder Vergleiche angestellt, wie z. B.: Zum Verdampfen von 1 g Wasser wird fast die achtfache Wärmemenge benötigt wie zum Verdampfen von 1 g Quecksilber.

4. Die Schüler teilen die Beobachtungen mit, die sie am Reagenzglas machten, und erklären sie. Der Lehrer achtet auf saubere Formulierungen. Das geschieht zum Beispiel in der Form, daß gesagt wird, daß der Wasserdampf die Wärmemenge, die er

beim Verdampfen aufgenommen hat, an das kalte Reagenzglas mit Wasser abgibt und dabei kondensiert. Der beobachtete Vorgang wird mit dem Beschlagen von Fensterscheiben verglichen. Die Begriffe *Kondensationstemperatur* und *Kondensationswärme* werden eingeführt und an die Tafel, Teil c geschrieben.

Abschließend werden einige Beispiele zur Anwendung von Verdampfen und Kondensieren genannt. Besonders zu nennen ist die Destillation. Zur Festigung des Begriffs Siedetemperatur wird auch auf die fraktionierte Destillation bei der Gewinnung von Benzin und Ölen eingegangen.

Variante:

Wird der Versuch nicht als Schülerexperiment durchgeführt, so wird er als Demonstrationsversuch eingesetzt. Alle Schüler lesen die Temperatur gleichzeitig ab und fertigen das entsprechende Diagramm an. Die Temperatur wird entweder mit einem Demonstrationsthermometer oder elektrisch gemessen. Die elektrische Messung ist mit wenig Aufwand möglich, wenn man sich eines Gerätes bedient, wie es Krug und Jakob in *Physik in der Schule*, Heft 3/1967, beschreiben. Die dort dargestellte Möglichkeit für den Selbstbau eines elektrischen Temperaturmeßgerätes unter Benutzung eines Demonstrationsdrehpulinstrumentes kann allen Physiklehrern empfohlen werden, weil auf diese Weise eine für alle Schüler sichtbare und im Vergleich zum Demonstrationsthermometer wesentlich genauere Temperaturmessung gewährleistet ist. In Bild 57/1 ist der grundsätzliche Aufbau des Gerätes dargestellt. Als Thermistor wurde die Type TNM-1 $k\Omega$ verwandt, der Drehwiderstand hat einen Widerstand von 50Ω bis 100Ω . Der Thermistor wurde in das Glasrohr eingeleimt und dann in Silikonlack getaucht. Für das Demonstrationsmeßgerät, Meßbereich $100 \text{ mV}/2 \text{ mA}$, wird eine Skale angefertigt, die man durch Vergleich mit einem Flüssigkeitsthermometer erhält. Die Betriebsspannung beträgt $0,6 \text{ V}$ Gleichspannung. Näheres kann o. g. Artikel entnommen werden.



Bild 57/1 Meßfühler mit Thermistor

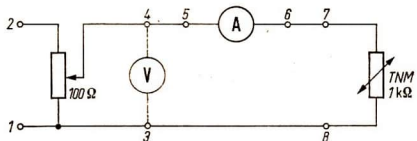


Bild 57/2 Anschluß des Meßfühlers

1,2 ... Anschluß an Spannungsquelle $1,5 \text{ V}$

3,4 ... Messen der über das Potentiometer einzustellenden Betriebsspannung ($0,6 \text{ V}$)

5,6 ... Anschluß des Strommessers, Meßbereich 2 mA , als Anzeigegerät

7,8 ... Anschluß des Meßfühlers

Zusammenfassung zu den Aggregatzustandsänderungen (18. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Wird einem Körper Wärme zugeführt oder entzogen, so ändert sich seine Temperatur oder sein Aggregatzustand.
2. Bedeutung der Schmelz- und Verdampfungswärme des Wassers in der Natur und bei technischen Anwendungen
3. Darstellen der Zusammenhänge zwischen Temperatur und Wärmemenge in einem Diagramm; Beantwortung von Fragen nach Lesen eines Lehrbuchabschnittes

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|---|--|
| a) Wird einem Körper Wärmeenergie zugeführt oder gibt er Wärmeenergie ab, so kann sich außer dem Volumen seine Temperatur oder sein Aggregatzustand ändern. | |
| 1. ϑ - W_w -Diagramm des Wassers zeichnen | (15) Unterrichtsgespräch, Tafel 1 |
| 2. Wichtige Begriffe wiederholen und systematisieren | (17) Unterrichtsgespräch, Tafel 2 |
| b) Schmelz- und Verdampfungswärme des Wassers haben eine große Bedeutung. | |
| 3. Bedeutung der Schmelz- und Verdampfungswärme des Wassers hervorheben | (8) Arbeit mit dem Lehrbuch, Unterrichtsgespräch |
| 4. Aggregatzustandsänderungen als Qualitätsumschläge charakterisieren | (5) Lehrervortrag |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Die Stunde dient der Zusammenfassung und Systematisierung der erworbenen Kenntnisse. Zur Festigung wird zunächst das ϑ - W_w -Diagramm für 1 g Wasser dargestellt. Dann erfolgt in einer schematischen Darstellung eine Zusammenfassung der wesentlichen Begriffe und Vorgänge. Die Stunde schließt mit einer Darlegung des Lehrers zum Qualitätsumschlag ab.

1. Zusammenfassend soll in einem Diagramm die Temperatur in Abhängigkeit von der zugeführten Wärmemenge dargestellt werden. Im Gegensatz zu den in den letzten beiden Stunden gezeichneten Diagrammen, die der direkten Darstellung von Versuchsergebnissen dienen, trägt dieses Diagramm verallgemeinernden Charakter. Es wird zum Beispiel vom stets vorhandenen Wärmeaustausch mit der Umgebung und von anderen Fehlerquellen abstrahiert.

Auch wird jetzt auf der Abszissenachse die Wärmemenge W_w und nicht mehr die Zeit t aufgetragen. Der Lehrer macht den Schülern diese Unterschiede deutlich. Damit keine Umrechnungen notwendig sind, wird eine Wassermasse von 1 g betrachtet. Die spezifischen Wärmen von Eis und Wasser werden angeschrieben. Das Diagramm wird im Unterrichtsgespräch erarbeitet (Tafel 1; Bild 59/1). Im Diagramm werden die physikalischen Größen Siede- und Schmelztemperatur sowie Verdampfungs- und Schmelzwärme gekennzeichnet. Bei der Entwicklung des Diagramms arbeiten mehrere Schüler nacheinander an der Tafel.

Eine wesentliche Erkenntnis muß sein, daß die Zufuhr oder Abgabe einer Wärmeenergie neben einer Volumenänderung eine Temperaturänderung *oder* eine Aggregatzustandsänderung bewirken kann.

2. An der Tafel 2 (Bild 59/2) wird im Unterrichtsgespräch eine schematische Übersicht über die in den letzten Stunden behandelten Aggregatzustandsänderungen entwickelt. Dabei stehen energetische Betrachtungen im Mittelpunkt. Eine Teilsammenfassung erfolgt durch eine vergleichende Betrachtung der Tafeln 1 und 2. *Variante:* In leistungsstarken Klassen kann man die Unterrichtsaufgaben 1. und 2. und die beiden Tafelbilder *gleichzeitig* erarbeiten und damit die Zusammenhänge besser herausarbeiten.

Bild 59/1 Tafel 1 zum Thema „Zusammenfassung zu den Aggregatzustandsänderungen“

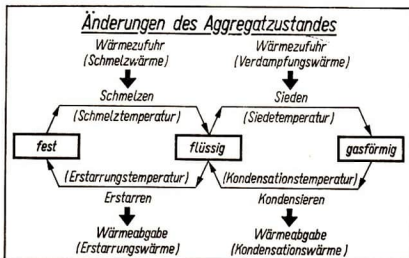
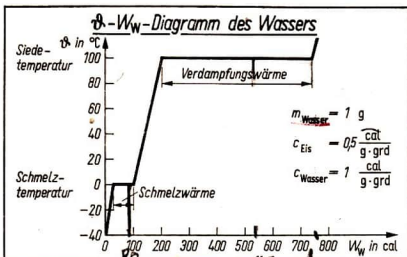


Bild 59/2 Tafel 2 zum Thema „Zusammenfassung zu den Aggregatzustandsänderungen“

3. Die Schüler arbeiten die Aufgabe 95 des Lehrbuches durch und beantworten die dort gestellten Fragen.

4. In einem kurzen Lehrervortrag macht der Lehrer Ausführungen zum Gesetz vom Umschlagen einer Qualität in eine andere durch quantitative Änderungen. Als Beispiel sei der Übergang vom festen zum flüssigen Aggregatzustand genannt. Zum Verständnis ist es notwendig, den Begriff *Qualität* zu erläutern. Kurz formuliert muß der Schüler erfassen, daß eine ursprüngliche Qualität durch quantitative Än-

derungen an einem Umschlagpunkt zu einer neuen Qualität wird. Wird also einem *festen Körper* (ursprüngliche *Qualität*) Wärmeenergie zugeführt und es ändert sich zunächst die Temperatur (*quantitative* Veränderung), so verändert er schließlich bei einer bestimmten Temperatur, der Schmelztemperatur (Umschlagpunkt), seinen Aggregatzustand, er wird zur Flüssigkeit (neue *Qualität*). Die Ausführungen werden anhand der Tafel 1 zusammengefaßt.

Die Schüler geben am Beispiel eines anderen Überganges, z. B. des Kondensierens, eine entsprechende Erläuterung.

4. Unterrichtseinheit (5 Stunden)

Der 1. Hauptsatz der Wärmelehre

VORBEMERKUNGEN

In dieser Unterrichtseinheit sind alle die Fakten und Gesetzmäßigkeiten zusammengefaßt, die mit dem 1. Hauptsatz der Wärmelehre im Zusammenhang stehen.

Der erste Hauptsatz der Wärmelehre stellt eine erste Erweiterung des Energieerhaltungssatzes, der für rein mechanische Vorgänge gilt, dar, und nimmt damit eine zentrale Stellung bei der Behandlung der Wärmelehre ein. Seine Behandlung ist ein wichtiges Element im Rahmen der Leitlinie der energetischen Betrachtungsweise. Es muß eine organische Verbindung mit der Vermittlung von Kenntnissen über die Umwandlung der einzelnen Energiearten ineinander erreicht werden.

Hauptsächlich Anwendungsbeispiel ist der Dieselmotor. Bei seiner Behandlung wird in drei Schritten vorgegangen. Ausgegangen wird von einigen technischen Einzelheiten. Diese werden nur insoweit behandelt, wie es für das Verständnis der Funktionsweise unbedingt notwendig ist. Dann wird die Veränderung der Zustandsgrößen untersucht, und schließlich erfolgt eine Betrachtung, unter energetischem Aspekt.

Mit dem Wirkungsgrad von Maschinen und mit Energiestreifendiagrammen sind die Schüler nur bekannt zu machen, d. h., dieser Stoff wird nicht zum Gegenstand von Leistungskontrollen gemacht.

In zwei Fällen, nämlich bei der Würdigung der Arbeiten Meyers und Joules und bei der Behandlung der Entwicklung der Wärmekraftmaschinen, erfolgen historische Betrachtungen. Hierbei geht es darum, den Schülern den Zusammenhang zwischen der Entwicklung von Wissenschaft, Technik und Gesellschaft deutlich zu machen. *Grundlegendes Wissen*: Der 1. Hauptsatz der Wärmelehre: $W_w = \Delta W_1 + W_m$; Beispiele für Energieumwandlungen; Wirkungsweise des Viertakt-Dieselmotors unter Anwendung des 1. Hauptsatzes.

Der 1. Hauptsatz der Wärmelehre (19. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Die einem Körper zugeführte Wärmemenge kann zu einer Temperaturänderung, einer Aggregatzustandsänderung und einer Volumenänderung führen. Die zugeführte Wärmemenge ist gleich der Summe aus der Änderung der inneren Energie und der verrichteten Arbeit: $W_w = \Delta W_1 + W_m$.

2. Spezialfall des 1. Hauptsatzes der Wärmelehre: $W_w = \Delta W_1$
3. Erläutern des 1. Hauptsatzes; Erwerben von Kenntnissen mit Hilfe des Lehrbuches

UNTERRICHTSMITTEL

Kochflasche mit einfach durchbohrtem Stopfen
 Erlenmeyerkolben mit dreifach durchbohrtem Stopfen
 Becherglas mit Wasser Hahnrohr
 Dreifuß mit Drahtnetz 2 gewinkelte Glasrohre
 Kolbenprober gerades Glasrohr
 Bunsenbrenner Schlauch
 Stativmaterial

STUNDENGLIEDERUNG

- a) *Die einem Körper zugeführte Wärmemenge kann zu einer Temperaturänderung, einer Aggregatzustandsänderung und einer Volumenänderung führen.*
1. Wirkungen der einem Körper zugeführten Wärmemenge demonstrieren (15) Demonstrationsversuch, Unterrichtsgespräch, Tafel 1a
 2. Wirkungen mit der Teilchenvorstellung deuten (10) Arbeit mit dem Lehrbuch, Unterrichtsgespräch, Tafel 1b
- b) *Die einem Körper zugeführte Wärmemenge ist gleich der Summe aus der Änderung der inneren Energie und der verrichteten Arbeit.*
3. Mit dem 1. Hauptsatz der Wärmelehre bekannt machen (10) Mitteilung, Tafel 2a, Unterrichtsgespräch
 4. Spezialfall des 1. Hauptsatzes erörtern (10) Unterrichtsgespräch, Tafel 2b, Demonstrationsversuch

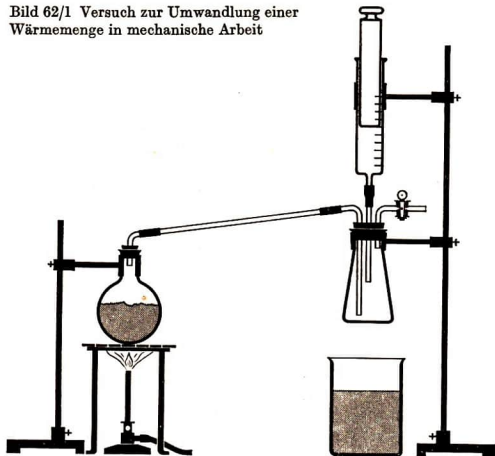
MATERIALIEN UND HINWEISE

An einem Versuch werden die Wirkungen demonstriert, die sich zeigen können, wenn man einem Körper Wärmeenergie zuführt. Es wird gezeigt, daß die Zufuhr einer Wärmemenge zu einer Änderung der inneren Energie und einer mechanischen Arbeit führt. Daraus ergibt sich der 1. Hauptsatz der Wärmelehre, der anhand eines Spezialfalles näher erläutert wird.

1. Die Schüler erfahren, daß durch einen Versuch wiederholend demonstriert werden soll, welche Wirkungen beobachtet werden können, wenn man einem Körper eine Wärmemenge zuführt. Vom Lehrer wird ergänzend der Hinweis gegeben, daß die Betrachtung auch für den Fall der *Abgabe* einer Wärmemenge durchgeführt werden könnte. Dies würde zu einem entsprechenden Ergebnis führen, soll aber aus zeitlichen Gründen nicht erfolgen. Es wird ein Versuchsaufbau nach Bild 62/1 benutzt. In einer Kochflasche wird Wasser zum Sieden gebracht. In einem Erlenmeyerkolben befindet sich ein dreifach durchbohrter Stopfen. Durch eine Öffnung tritt Dampf in den Kolben ein. Durch eine zweite Öffnung ist ein Glasrohr geführt, auf dem mittels eines kurzen Schlauchstückes ein Kolbenprober befestigt ist. In der dritten Öffnung befindet sich ein Hahnrohr.

Das Gas wird bereits vor Beginn der Stunde angezündet, damit das Wasser zu Beginn des Versuches eine Temperatur von etwa 90 °C hat. Der Hahn ist geöffnet. Wenn

Bild 62/1 Versuch zur Umwandlung einer Wärmemenge in mechanische Arbeit



Dampf in den Erlenmeyerkolben eintritt, wird der Hahn geschlossen. Der Kolben beginnt zu steigen, das Volumen vergrößert sich. Nun taucht man den Erlenmeyerkolben in kaltes Wasser und kühlt ihn damit ab. Der Kolben sinkt. Das kalte Wasser wird wieder entfernt, und der Kolben beginnt wieder zu steigen. Dies wird mehrfach wiederholt.

Es wird erarbeitet, daß die zugeführte Wärmemenge zunächst eine Änderung der Temperatur, dann eine Aggregatzustandsänderung und schließlich eine Volumenänderung bewirkt hat. Die gewonnenen Erkenntnisse werden an die Tafel 1, Teil a (Bild 62/2), geschrieben.



a
b

Bild 62/2 Tafel 1 zum Thema „Der 1. Hauptsatz der Wärmelehre“. Symbole W_w , W_i , W_m in Teil a und Teil b farbig hervorheben!

Die Schüler werden zu der Erkenntnis geführt, daß die Volumenzunahme einer mechanischen Arbeit (Hubarbeit $W = G \cdot h$) entspricht, da der Kolben mit dem Gewicht G um einen Weg h gehoben wird (Tafel 1, Teil b).

Der Lehrer achte darauf, daß kein zu hoher Druck entsteht (kleine Flamme!), damit der Kolben nicht nach oben aus dem Zylinder des Kolbenprobers gedrückt wird.

2. Es wird kurz wiederholt; Temperaturerhöhung bedeutet, daß sich die mittlere kinetische Energie der Teilchen erhöht, d. h., daß die innere Energie größer wird. Was geschieht bei der Änderung des Aggregatzustandes mit den Teilchen? Zur Beantwortung dieser Frage lesen die Schüler im Lehrbuch, Seite 24, ab „Bekanntlich . . .“ bis Seite 25 „. . . innere Energie“.

Änderung der Temperatur und Änderung des Aggregatzustandes lassen sich also zusammenfassen, weil sich in beiden Fällen die innere Energie ändert (Tafel 1, Teil b).

3. Nun teilt der Lehrer den 1. Hauptsatz der Wärmelehre mit und schreibt ihn in Form einer Gleichung an die Tafel 2, Teil a (Bild 63/1). Er wird zunächst im Unterrichtsgespräch auf den zu Anfang der Stunde durchgeführten Versuch angewandt. Bei der Erläuterung legt der Lehrer Wert darauf, daß die Schüler erkennen, warum es ΔW_1 heißen muß. Sie sollen also erkennen, daß sich die innere Energie *ändert*, d. h., innere Energie war vor der Zufuhr bzw. der Abgabe der Wärmemenge bereits vorhanden. Weiter muß der Lehrer einige Bemerkungen zu den Vorzeichen machen, damit die noch zu behandelnden Spezialfälle verstanden werden: Es gilt: Dem Körper *zugeführte* Wärmemenge ist *positiv*, *Zuwachs* der inneren Energie ist *positiv* und *abgegebene* mechanische Arbeit ist *positiv*. Auf den Zusammenhang mit dem Energieerhaltungssatz wird erst in der nächsten Stunde eingegangen.

1. Hauptsatz der Wärmelehre :

$$W_w = \Delta W_1 + W_m$$

Wenn $V = \text{konstant}$, so ist $W_m = 0$.

$$W_w = \Delta W_1 + 0$$

$$\underline{W_w = \Delta W_1}$$

a
b

Bild 63/1 Tafel 2 zum Thema „Der 1. Hauptsatz der Wärmelehre“

4. Wie kann mit Hilfe des 1. Hauptsatzes folgende Frage beantwortet werden: Was bewirkt eine Wärmemenge, die einem in einem geschlossenen Behälter befindlichen Gas zugeführt wird? An der Tafel 2, Teil b, wird erarbeitet, daß dann gelten muß $W_w = \Delta W_1$, weil keine mechanische Arbeit abgegeben wird ($W_m = 0$). Da keine Aggregatzustandsänderung auftritt, bedeutet dies, daß sich die Erhöhung der inneren Energie in einer Temperaturerhöhung äußert. Diese ist bei konstantem Volumen mit einer Druckerhöhung verbunden.

Der Energieerhaltungssatz (20. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Bei Vorgängen, bei denen mechanische Arbeit verrichtet wird und eine Temperaturänderung auftritt, ist die Summe aus mechanischer Energie und Wärmeenergie konstant. Die einzelnen Energiearten lassen sich ineinander umwandeln. Die Summe der Energien ändert sich bei der Umwandlung nicht.
2. Spezialfall des 1. Hauptsatzes: $-W_m = \Delta W_1$; Beispiele für andere Energiearten und Energieumwandlungen
3. Beschreiben von Beispielen für Energieumwandlungen; Durcharbeiten eines Lehrbuchabschnittes; Beantworten von Fragen anhand der Darlegungen des Lehrbuches

UNTERRICHTSMITTEL

- a) Pneumatisches Feuerzeug
oder
 - b) Fahrradluftpumpe
Thermoelement (Selbstbau)
Galvanometer
- Fadenpendel
feste Rolle
Stativmaterial

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|--|---|
| <i>a) Bei Vorgängen, bei denen eine mechanische Arbeit verrichtet wird und eine Temperaturänderung auftritt, ist die Summe aus mechanischer Energie und Wärmeenergie konstant.</i> | |
| 1. Spezialfall des 1. Hauptsatzes demonstrieren | (10) Unterrichtsgespräch, Demonstrationsversuch, Tafel 1a und b |
| 2. Satz von der Erhaltung der mechanischen Energie erweitern | (10) Unterrichtsgespräch, Demonstrationsversuch, Tafel 1c |
| <i>b) Alle Energiearten können ineinander umgewandelt werden. Die Summe der Energien bleibt bei der Umwandlung konstant.</i> | |
| 3. Beispiele für Energieumwandlungen erörtern | (15) Unterrichtsgespräch, Tafel 2 |
| 4. Arbeiten von Mayer und Joule würdigen | (10) Arbeit mit dem Lehrbuch, Unterrichtsgespräch |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Anhand eines Experimentes wird ein zweiter Spezialfall des 1. Hauptsatzes demonstriert. Dann erfolgt eine Erweiterung des Satzes von der Erhaltung der mechanischen Energie auf Fälle, bei denen die Reibung berücksichtigt wird, d. h., es wird auf die Umwandlung von mechanischer Energie in Wärmeenergie eingegangen. Nach der Behandlung eines Beispiels für die Energieumwandlung werden abschließend die Arbeiten von Mayer und Joule mit Hilfe des Lehrbuches gewürdigt.

1. Am Anfang steht die Wiederholung des 1. Hauptsatzes der Wärmelehre. An der Tafel 1, Teil a (Bild 65/1), wird kurz noch einmal der am Ende der letzten Stunde

behandelte Spezialfall $W_w = \Delta W_1$ entwickelt. Ihm soll nun ein weiterer Spezialfall gegenübergestellt werden.

Es wird von einem Experiment ausgegangen. Anschließend soll die Deutung des Ergebnisses mit Hilfe des 1. Hauptsatzes erfolgen. Es soll gezeigt werden, daß bei Kompression von Luft eine Erwärmung erfolgt. Für das Experiment wird ein pneumatisches Feuerzeug benutzt. Der Versuch ist in GS 8, V 6.1.2.1., beschrieben. Eine

1. Hauptsatz der Wärmelehre: $W_w = \Delta W_1 + W_m$

a) $V = \text{konstant}$, d. h. $W_m = 0$
 $W_w = \Delta W_1 + 0$
 $W_w = \Delta W_1$

b) Keine Abgabe von Wärmeenergie: $W_w = 0$
 $0 = \Delta W_1 + W_m$
 $-W_m = \Delta W_1$

Satz von der Erhaltung
 der mechanischen Energie: $W_{\text{pot}} + W_{\text{kin}} = \text{konstant}$

a
b
c

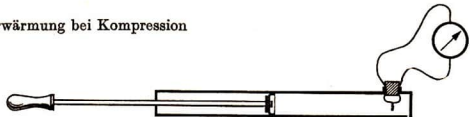
Bild 65/1 Tafel 1 zum Thema „Der Energieerhaltungssatz“

andere Möglichkeit ist durch Benutzung einer Fahrradluftpumpe gegeben. Man entfernt die für den Ansatz des Ventils angebrachte Mutter mit Gummieinsatz. Die Öffnung wird mit einem passenden Gummistopfen verschlossen, wobei die beiden Drähte eines selbsthergestellten Thermoelementes mit festgeklemmt werden, so daß dessen Lötstelle in die Luftpumpe ragt (Bild 65/2). Die freien Drahtenden werden zu einem Galvanometer geführt. Stößt man den Kolben rasch in den Pumpenzylinder, so zeigt das Galvanometer einen Ausschlag. In einem nachfolgenden Versuch wird die Lötstelle mit den Fingern berührt, d. h. erwärmt. Das Galvanometer schlägt in der gleichen Richtung aus, und der Schüler erkennt, daß auch im ersten Fall eine Erwärmung stattgefunden hat. Das Thermoelement besteht aus einem dünnen Kupfer- und einem Konstantdraht, die an einem Ende mit einander verdrillt und dann verlötet werden.

An der Tafel 1, Teil b, wird nun die Erklärung mit Hilfe des 1. Hauptsatzes gegeben. Da das Komprimieren sehr schnell erfolgt, kann angenommen werden, daß keine Wärmeenergie an die Umgebung abgegeben wird: $W_w = 0$. Die zugeführte mechanische Arbeit $-W_m$ führt also zu einer Zunahme der inneren Energie ΔW_1 . Es gilt also: $-W_m = \Delta W_1$. Da sich der Aggregatzustand nicht ändert, folgt: die Temperatur muß steigen.

Der Lehrer weist darauf hin, daß bei Expansion eine Abkühlung auftritt. Dies wird in Kältemaschinen ausgenutzt. Für den Lehrer sei hier der Hinweis gegeben, daß in

Bild 65/2 Versuch zur Erwärmung bei Kompression



diesem Fall die Arbeit gegenüber dem äußeren Luftdruck verrichtet werden muß, da dieser größer ist als der Druck im Zylinder.

2. Der in Klasse 7 behandelte Satz von der Erhaltung der mechanischen Energie wird wiederholt (Tafel 1, Teil c). Diese Wiederholung erfolgt am Beispiel eines Demonstrationsexperimentes. An einem Fadenpendel werden die Begriffe potentielle und kinetische Energie und die Umwandlung beider Energieformen ineinander wiederholend erörtert. Weitere Beispiele werden von den Schülern genannt.

Nun soll eine Erklärung dafür gefunden werden, wo die Energie geblieben ist, wenn das Fadenpendel nach einiger Zeit zur Ruhe gekommen ist. Es wird erarbeitet, daß die mechanische Energie in Wärmeenergie umgewandelt wurde. Die Erläuterung erfolgt an weiteren Beispielen, wie z. B. dem Bremsen eines Zuges.

Die Erklärung gibt der 1. Hauptsatz, der den Zusammenhang zwischen mechanischer Energie und Wärmeenergie beschreibt. Die Schüler müssen erkennen, daß der 1. Hauptsatz der Wärmelehre den Charakter eines Energieerhaltungssatzes hat.

3. Wärmeenergie kann nicht nur aus mechanischer Energie umgewandelt werden. Die Schüler nennen Beispiele für andere Vorgänge, bei denen Wärme auftritt. Anhand des Tafelbildes oder einer Folie (Bild 66/1) wird erarbeitet, daß es sich in allen Fällen um Energieumwandlungen handelt. Dabei werden die Begriffe elektrische und chemische Energie eingeführt.

<u>Energieumwandlungen</u>					
Energieart → Vorgang → Energieart		Energieart → Vorgang → Energieart		Energieart → Vorgang → Energieart	
mechani- sche Energie	Reibung, Kompression	Wärme- energie	Wärme- energie	Dampf- maschine	mechani- sche Energie
elek- trische Energie	Heizöfen, Bügeleisen	Wärme- energie	Wärme- energie	Umwandlung im Wärme- kraftwerk	elek- trische Energie
che- mische Energie	Verbrennung	Wärme- energie	Wärme- energie	einige Reduktions- vorgänge	che- mische Energie

Bild 66/1 Tafel 2 zum Thema
„Der Energieerhaltungssatz“

Die Schüler erfahren, daß alle Energiearten ineinander umwandelbar sind. Die Summe der Energien ändert sich bei einem Vorgang nicht. Eine tiefere Behandlung des allgemeinen Energieerhaltungssatzes erfolgt erst in der nächsten Stoffeinheit. Im Unterrichtsgespräch wird herausgearbeitet, daß es keine Maschine geben kann, die mehr Arbeit verrichtet, als Energie zugeführt wird oder gar Arbeit ohne Energiezufuhr verrichten kann. Für eine solche Maschine wird die Bezeichnung *Perpetuum mobile* eingeführt.

4. Grundlage des letzten Teiles dieser Stunde ist der Lehrbuchabschnitt über die Entdeckung der Gleichwertigkeit von mechanischer Energie und Wärme, Seite 30. Die Schüler lesen den Abschnitt und beantworten folgende Fragen, die der Lehrer entsprechend dem Leistungsvermögen der einzelnen Schüler stellt:

1. Welche beiden Persönlichkeiten beschäftigten sich mit der Untersuchung von Energieumwandlungen ?

2. Welcher wesentliche Unterschied bestand in ihren Arbeitsweisen? (*Mayer theoretisch, Joule experimentell*)
3. Weshalb erfolgten diese Untersuchungen in der Periode der industriellen Revolution?
4. Was kannst du über die Wärmestofftheorie sagen?
5. Welcher Zusammenhang besteht zwischen den Einheiten Wattsekunde, Kilokalorie und Kilopondmeter?

Die Beantwortung erfolgt im Unterrichtsgespräch und dient gleichzeitig der Zusammenfassung der Stunde.

Abschließend stellt der Lehrer dar, daß es für Mayer in seiner Zeit sehr schwierig war, seine bahnbrechende Erkenntnis zu veröffentlichen und entsprechend anerkannt zu werden. Die Physiker erkannten seine Leistungen nicht an, da er „nur“ Arzt war. Die damalige führende Zeitschrift „Annalen der Physik“, herausgegeben von Prof. Poggenдорff, druckte seine Abhandlung nicht ab. Männer, deren Namen man nicht kannte, wurden als nicht standesgemäß ignoriert.

Diesen Ausführungen werden die Möglichkeiten gegenübergestellt, die die Menschen in unserem Staat haben, die in der Forschung tätig sind. Es wird dargelegt, wie Erfindungen und Entdeckungen möglichst schnell zum Wohle des Menschen genutzt werden.

Der Viertakt-Dieselmotor (1. Teil) (21. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Die Wirkungsweise des Dieselmotors beruht auf der Umwandlung von chemischer Energie in Wärmeenergie und von Wärmeenergie in mechanische Energie.
2. Technische Einzelheiten des Dieselmotors
3. Erarbeiten von Begriffen mit Hilfe des Lehrbuches; übersichtliches Zusammenstellen von erworbenen Kenntnissen; funktionales Denken beim Erkennen und Beschreiben des Zusammenwirkens der einzelnen Teile des Motors

UNTERRICHTSMITTEL

Filmgerät

Filmschleife SF 671 oder KF 6 *Arbeitsweise des Viertakt-Dieselmotors*

Modell des Viertakt-Dieselmotors

Flachmodell Viertakt-Dieselmotor zum Tageslichtschreibprojektor

Hafttafel

Applikationen zur Hafttafel (siehe Bild 68/1)

Arbeitsblätter

STUNDENGLIEDERUNG

a) *Im Viertakt-Dieselmotor wird chemische Energie in Wärmeenergie und Wärmeenergie in mechanische Energie umgewandelt.*

1. Behandlung des Viertakt-Dieselmotors
motivieren

(5) Unterrichtsgespräch

2. Aufbau des Motors erläutern,
Begriffe dazu einführen

(12) Modell, Arbeit mit Lehrbuch und Arbeitsblatt, Schüler am Tageslichtschreibprojektor bzw. an der Hafttafel

3. Mit der Wirkungsweise des Dieselmotors vertraut machen
 4. Kenntnisse über den Dieselmotor zusammenfassen

- (20) Tageslichtschreibprojektor, Hafttafel, Filmschleife, Modell
 (8) Arbeit mit dem Arbeitsblatt, Schüler an Tafel und Modell

MATERIALIEN UND HINWEISE

In dieser Stunde soll die *Funktionsweise* des Viertakt-Dieselmotors erörtert werden. Diese bildet die Grundlage für eine *energetische Betrachtungsweise* der Vorgänge im Motor in der nächsten Stunde. Der Einsatz von Hafttafel, Modell und Film soll die Schüler mit unterschiedlichen Modelldarstellungen vertraut machen. Die Kenntnis der vier Takte ist Voraussetzung für die Betrachtungen in der folgenden Stunde.

1. Als Motivierung dient die Überlegung, wo die im 1. Hauptsatz ausgedrückten Erkenntnisse angewandt werden. Es werden Beispiele für verschiedene Wärmekraftmaschinen und ihre Anwendung genannt. Die Funktionsweise des Dieselmotors soll genauer untersucht werden. Es werden zunächst Beispiele für seine Anwendung genannt.

2. Der Lehrer zeigt ein Schnittmodell des Viertakt-Dieselmotors und nennt die Namen der Teile. Anschließend tragen die Schüler die Bezeichnung der Teile in Aufgabe 1 des Arbeitsblattes „Der Viertakt-Dieselmotor“ (Bild 69/1) ein.

Nach der Eintragung zeigt ein Schüler die Teile am Modell und benennt sie. Zur weiteren Festigung zeigt ein zweiter Schüler die wichtigsten Teile am Flachmodell.

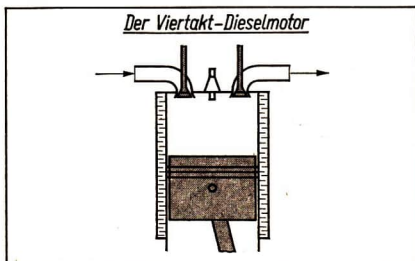


Bild 68/1 Hafttafel zum Thema „Der Viertakt-Dieselmotor“

3. Die Wirkungsweise des Motors wird zunächst vom Lehrer mit Hilfe des Flachmodells erläutert. Dabei kommt es nur auf Kolbenbewegung, Stellung der Ventile, Name des Vorganges und das Hervorheben des Arbeitstaktes an. Die Takte werden einzeln wiederholt. An Stelle des Flachmodells können auch Applikationen zur Hafttafel (Bild 68/1) verwendet werden. Die gerasterten Teile sind Applikationen, die mit Manipierplättchen versehen sind. Die Herstellung kann von einem Schüler vorgenommen werden.

Der nun folgende Einsatz der Filmschleife SF 671 dient dazu, die vier Takte in ihrem Ablauf geschlossen darzustellen. Zunächst erläutert der Lehrer, dann beschreiben die Schüler die Vorgänge. Dabei wird auf die Anzahl der Kurbelwellenumdrehungen bei vier Takten eingegangen.

Arbeitsblatt

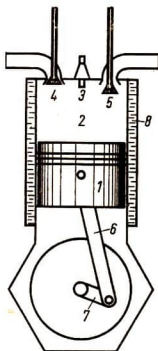
Datum _____

Name _____

Klasse _____

Der Viertakt-Dieselmotor

1. Benenne die mit Zahlen versehenen Teile!



1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.

2. Ergänze!

	1. Takt	2. Takt	3. Takt	4. Takt
Vorgang				
Richtung der Kolbenbewegung				
Einlaßventil				
Auslaßventil				

Bild 69/1 Arbeitsblatt „Der Viertakt-Dieselmotor“ (Vorderseite)

3. Wieviel Arbeitstakte sind bei den vier Takten enthalten ?

.....
Unterstreiche entsprechend deiner Antwort den oder die Takte in der Aufgabe
2 farbig!

4. Wieviel Umdrehungen der Kurbelwelle sind für die vier Takte notwendig ?

.....
.....
5. Welche der beiden Gleichungen gilt für den zweiten Takt beim Dieselmotor ?
Welche Einschränkung muß gemacht werden ? Begründe!

a) $\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$ b) $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$

.....
.....
6. Welcher der beiden angegebenen Spezialfälle des 1. Hauptsatzes gilt für den 2. Takt,
wenn angenommen wird, daß keine Wärme an die Umgebung abgegeben wird ?
Begründe!

a) $-W_m = \Delta W_1$ b) $W_w = \Delta W_1$

.....
.....
7. In welcher Form wird dem Dieselmotor Energie zugeführt ? Vergleiche die dem
Motor zugeführte Energie W_{zu} mit der von ihm abgegebenen Energie W_{ab} !

Nun erfahren die Schüler, daß sie die Aufgaben 2 bis 4 des Arbeitsblattes lösen sollen. Zur Vorbereitung erläutert nochmals ein Schüler die Takte am Modell des Viertakt-Dieselmotors.

4. Die Zusammenfassung erfolgt so, daß die im Arbeitsblatt, Aufgabe 2, enthaltene Tabelle an der Tafel ausgefüllt wird (Bild 71/1). Gleichzeitig zeigt bzw. demonstriert ein Schüler am Modell die Teile bzw. Vorgänge, die in die Tabelle eingetragen werden. Die Tabelle an der Tafel wurde während der selbständigen Arbeit der Schüler oder vorher als Projektionsfolie vorbereitet.

<u>Arbeitsweise</u>	1.Takt	2.Takt	3.Takt	4.Takt
Vorgang				
Richtung der Kolbenbewegung				
Einlaßventil				
Auslaßventil				

Bild 71/1 Tafel zum Thema „Der Viertakt-Dieselmotor“

Der Viertakt-Dieselmotor (2. Teil) (22. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

- Bei einem Dieselmotor wird Energie in Form von chemischer Energie zugeführt. Sie wird in Wärmeenergie umgewandelt und bewirkt die Erhöhung der inneren Energie der Verbrennungsgase und das Verrichten von mechanischer Arbeit.
- Änderung der Zustandsgrößen bei den vier Takten des Dieselmotors
- Erläutern des physikalischen Grundprinzips einer technischen Einrichtung; Erklären der Vorgänge im Dieselmotor mit Hilfe des 1. Hauptsatzes und der Änderung der Zustandsgrößen eines Gases

UNTERRICHTSMITTEL

Modell des Viertakt-Dieselmotors
Arbeitsblätter

STUNDENGLIEDERUNG

a) Bei Verbrennung des Kraftstoffes wird Wärmeenergie frei. Diese bewirkt eine Erhöhung der inneren Energie der Verbrennungsgase und das Verrichten einer mechanischen Arbeit.

- | | |
|---|---|
| 1. Wirkungsweise des Dieselmotors wiederholen | (8) Unterrichtsgespräch, Modell |
| 2. Änderung der Zustandsgrößen beim Viertakt-Dieselmotor betrachten | (12) Unterrichtsgespräch, Modelle, Hafttafel |
| 3. Energiebilanz der vier Takte aufstellen | (10) Unterrichtsgespräch, Tafel |
| 4. Aufgaben lösen | (15) Arbeit mit Arbeitsblatt, Lehrbuch und Heft |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Die Vorgänge im Viertakt-Dieselmotor sollen in dieser Stunde unter dem *physikalischen* Aspekt betrachtet werden. Dabei wird zunächst die Änderung der Zustandsgrößen unter Benutzung des Modells erörtert. Dann wird die Energiebilanz der einzelnen Takte mit dem Ziel der Anwendung des 1. Hauptsatzes der Wärmelehre vorgenommen.

1. Ein Schüler erklärt anhand des Modells wiederholend die Vorgänge im Viertakt-Dieselmotor, wie sie in der letzten Stunde erarbeitet wurden. Die Wiederholung bildet die Grundlage für die anschließenden Betrachtungen.

2. Der Begriff Zustandsgröße wird wiederholt und die dem Schüler bekannten Zustandsgrößen werden genannt. Nun wird die Änderung der Zustandsgrößen bei den einzelnen Takten im Unterrichtsgespräch erörtert. Zur Veranschaulichung dienen das Modell und das in der letzten Stunde benutzte Hafttafelbild (Bild 68/1). Dabei wird betont, daß beim 1. und beim 4. Takt durch ein geöffnetes Ventil Verbindung mit der umgebenden Luft besteht, während es sich beim 2. und 3. Takt jeweils um einen abgeschlossenen Raum handelt. Bei der Erörterung des 2. und 3. Taktes kommt es weiter darauf an, daß die Schüler möglichst selbständig den 1. Hauptsatz der Wärmelehre anwenden. Für den 2. Takt gilt $-W_m = \Delta W_1$ und für den dritten Takt $W_w = \Delta W_1 + W_m$ (siehe auch Lehrbuch, Seite 32).

3. Als Teilziel wird angegeben, daß die vier Takte hinsichtlich der dabei verrichteten Arbeit untersucht werden sollen (Tafelüberschrift; Bild 72/1). Die Erarbeitung erfolgt wiederum im Unterrichtsgespräch.

<i>Arbeit beim Viertakt-Dieselmotor</i>				
	1. Takt	2. Takt	3. Takt	4. Takt
<u>aufgenommene Arbeit</u>	W_1 Arbeit zum Ansaugen, Beschleunigungsarbeit, Reibungsarbeit	W_2 Arbeit zum Verdichten, Beschleunigungsarbeit, Reibungsarbeit	W_3 Beschleunigungsarbeit, Reibungsarbeit	W_4 Arbeit zum Ausstoßen, Beschleunigungsarbeit, Reibungsarbeit
<u>abgegebene Arbeit</u>			W_m mechanische Arbeit	

Es gilt: $W_m > W_1 + W_2 + W_3 + W_4$

a
b

Bild 72/1 Tafel zum Thema „Der Viertakt-Dieselmotor“; „aufgenommene Arbeit“ blau, „abgegebene Arbeit“ rot schreiben!

Man geht von der Arbeit aus, die bei *jedem* Takt vom Motor aufgenommen wird (Tafel, Teil a). Dann wird die abgegebene Arbeit bei den einzelnen Takten untersucht. An der Tafel, Teil b, erfolgt eine entsprechende Darstellung. Aufgenommene und abgegebene Arbeit werden verschiedenfarbig hervorgehoben.

Aus der Forderung, daß der Motor Arbeit abgeben soll, um Maschinen oder Fahrzeuge anzutreiben, wird die Bedingung $W_m > W_1 + W_2 + W_3 + W_4$ abgeleitet (Tafel, Teil b). Dabei ist Gelegenheit gegeben, den Begriff des Perpetuum mobile zu wiederholen.

4. Die Schüler bearbeiten die Aufgaben 5 bis 7 des Arbeitsblattes. Außerdem werden weitere Aufgaben des Lehrbuches gelöst und die Lösungen besprochen. Geeignet sind die Aufgaben 75, 78, 88, 89, 90 und 91.

Die Schüler erhalten folgende Hausaufgabe, die der Vorbereitung der nächsten Stunde dient: Im Geschichtsunterricht der 7. Klasse hast du Kenntnisse über die Entwicklung des Kapitalismus in England erworben. Informiere dich, weshalb die Entwicklung der Dampfmaschine vor allem in England vorangetrieben wurde! (Lehrbuch Geschichte, 7. Klasse, S. 43 bis 46.)

Die Entwicklung der Wärmekraftmaschinen (23. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. —

2. Wirkungsgrad $\eta = \frac{W_m}{W_w}$ (W_m : von der Maschine abgegebene mechanische Arbeit, W_w : der Maschine zugeführte Wärmeenergie); die Entwicklung der Wärmekraftmaschinen und die Verbesserung des Wirkungsgrades im Verlaufe ihrer Entwicklung

3. Beantworten von Fragen und übersichtliches Darstellen von Fakten aufgrund eines gelesenen Lehrbuchabschnittes

UNTERRICHTSMITTEL

Episkop

Broschüre: *Zur Geschichte der Dampfmaschine*

STUNDENGLIEDERUNG

a) *Der Wirkungsgrad einer Wärmekraftmaschine ist der Quotient aus abgegebener mechanischer Arbeit und zugeführter Wärmeenergie.*

- | | |
|---|--|
| 1. Wirkungsgrad wiederholen | (13) Unterrichtsgespräch, Tafel 1 a |
| 2. Wirkungsgrad bei Maschinen erklären | Lehrervortrag, Unterrichtsgespräch
Tafel 1 b |
| 3. Mit der Entwicklung der Wärmekraftmaschinen bekannt machen | (25) Arbeit mit Lehrbuch und Heft,
Unterrichtsgespräch, Tafel 1 c,
Episkop |
| 4. Anwendung der Wärmekraftmaschinen erörtern | (7) Unterrichtsgespräch |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Ausgehend von einer Wiederholung der Kenntnisse über den mechanischen Wirkungsgrad, wird der Wirkungsgrad von Wärmekraftmaschinen erklärt. Kenntnisse über die Entwicklung der Wärmekraftmaschinen erwerben die Schüler in selbständiger Arbeit mit Hilfe des Lehrbuches. Schließlich werden Beispiele für die Anwendung von Wärmekraftmaschinen erörtert.

1. Der Lehrer motiviert die Behandlung des Wirkungsgrades damit, daß es beim Einsatz von Wärmekraftmaschinen für die Volkswirtschaft von Interesse ist, welcher Anteil der zugeführten Energie praktisch genutzt werden kann. Es kann dabei eine Beitrag zur Entwicklung des in der Volkswirtschaft wichtigen Aufwand-Nutzen-

Denkens geleistet werden. Die Schüler müssen erkennen, daß nicht nur die Menschen des Betriebes, der die Wärmekraftmaschine nutzt, ein Interesse daran haben, daß ein hoher Anteil der zugeführten Energie genutzt wird. Auch der Konstrukteur hat das gleiche Interesse, weil er auf diese Weise zur Erhöhung des Volkseinkommens beiträgt.

Es wird herausgearbeitet, daß die Angabe des Wirkungsgrades eine entsprechende Aussage macht.

Zunächst werden die in Klasse 7 behandelte Definitionsgleichung für den mechanischen Wirkungsgrad und sein begrifflicher Inhalt wiederholt (Tafel, Teil a; Bild 74/1). Ein einfaches Beispiel wird gerechnet. Dabei werden die Einheiten genannt, in der die Arbeit angegeben werden kann.

<u>Wirkungsgrad</u>	
$\eta = \frac{W_2}{W_1} ; \quad \eta < 1$	Dampfmaschine bis 18 %
$W_1 =$ aufgenommene Arbeit	Gasturbine bis 28 %
$W_2 =$ abgegebene Arbeit	Dampfturbine bis 40 %
$\eta = \frac{W_m}{W_w} ; \quad \eta < 1$	Ottomotor bis 34 %
$W_w =$ zugeführte Wärmeenergie	Dieselmotor bis 40 %
$W_m =$ abgegebene mechanische Arbeit	

a	c
b	

Bild 74/1 Tafel zum Thema „Entwicklung der Wärmekraftmaschinen“

2. Der Lehrer erläutert, was man bei einer Wärmekraftmaschine unter dem Wirkungsgrad versteht (Tafel, Teil b). Die Schüler beschreiben anhand einiger Beispiele, was unter zugeführter Energie zu verstehen ist. Dabei gilt es hier wie auch im folgenden Stundenabschnitt, den Energiebegriff in den Mittelpunkt der Betrachtungen zu stellen.

Aus dem im Lehrbuch, Seite 34, Bild 34/1, abgebildeten Streifendiagramm werden Aussagen hinsichtlich der nutzbaren und der nicht nutzbaren Energieanteile gewonnen. Dabei ist es zweckmäßig, dieses Diagramm mit Hilfe eines Episkops zu projizieren. Aus der Diskussion dieses Diagramms ergibt sich das Ziel der Konstrukteure, den Wirkungsgrad von Maschinen ständig weiter zu verbessern. Diese Feststellung ist zugleich Motivierung für den nächsten Stundenabschnitt.

3. Die Schüler machen sich in selbständiger Arbeit mit einigen Fakten über die Entwicklung der Wärmekraftmaschinen bekannt. Sie erhalten den Auftrag, mit Hilfe der Ausführungen im Lehrbuch folgende Aufgaben zu lösen. Dazu lesen sie den Lehrbuchabschnitt „Die Entwicklung der Wärmekraftmaschinen . . .“, Seite 33.

1. Nenne die Arten der Wärmekraftmaschinen, die im Laufe der Zeit konstruiert wurden, und ihre Erfinder!
2. Gib stichwortartig an, worin jeweils die Verbesserung gegenüber vorher gebauten Maschinen bestand!
3. Nenne den Wirkungsgrad der einzelnen Maschinen!

4. Worauf beruht die ständige Verbesserung des Wirkungsgrades im Laufe der Geschichte?
5. Weshalb erfolgte die Entwicklung der Dampfmaschine vorwiegend in England?

Der Lehrer gibt Hinweise für eine übersichtliche und kurze Beantwortung der Aufgaben 1 bis 4 im Heft.

Im anschließenden Unterrichtsgespräch werden die Antworten der Schüler ausgewertet (Tafel, Teil c). Die Frage 5 wird mit Hilfe der Kenntnisse über die industrielle Revolution aus dem Geschichtsunterricht der Klasse 7 im Unterrichtsgespräch beantwortet (Hausaufgabe der letzten Stunde!). Material dazu kann aus der Broschüre von *Friedt, Zur Geschichte der Dampfmaschine* aus der Reihe Bücher für den Schüler, den Abschnitten Seite 26, 35, 47 und 52 entnommen werden. Das dort zu findende Bildmaterial wird in einer Auswahl zur Erläuterung einzelner Wärmekraftmaschinen genutzt, indem es mit dem Episkop projiziert wird. Gleichzeitig fordert der Lehrer die Schüler auf, sich das Buch in einer Bibliothek auszuleihen, damit sie sich außerhalb des Unterrichts mit dem behandelten Stoff weiterbeschäftigen. Weiteres Material findet der Lehrer im Lehrbuch *Geschichte, 7. Klasse*, Seiten 43 bis 51.

In der Beantwortung der Frage 5 kommt es darauf an, den Schülern den Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Wissenschaft, der Technik und der Gesellschaft zu zeigen.

Während in England die gesellschaftliche Entwicklung den Einsatz leistungsfähiger Antriebsmaschinen forderte und begünstigte und damit gute Voraussetzungen für deren Erfindung schaffte und zur Entwicklung der Technik beitrug, kamen die Erfindungen Papins in Deutschland und Polunows in Rußland infolge der feudalen Verhältnisse kaum zur Anwendung.

4. Im letzten Stundenabschnitt werden Anwendungen der genannten Wärmekraftmaschinen genannt. Dabei wird auf Energieumwandlungen und ihre Nutzung eingegangen.

5. Unterrichtseinheit (2 Stunden)

Wiederholung und Anwendungen zur Wärmelehre

VORBEMERKUNGEN

Die beiden folgenden Stunden dienen der Anwendung und Wiederholung der in der ersten Stoffeinheit erworbenen Kenntnisse. Die Schüler sollen dabei wieder möglichst oft selbstständig arbeiten. Entsprechende Aufgabenstellungen enthält ein Arbeitsblatt.

Die Wiederholung der Energieumwandlung und des 1. Hauptsatzes der Wärmelehre stehen im Mittelpunkt der Betrachtungen. In der ersten Stunde sollen die Schüler ihr Wissen anhand einer schematischen Darstellung eines Wärmekraftwerkes anwenden. Dabei ist die Möglichkeit gegeben, alle wesentlichen Fakten und Gesetzmäßigkeiten dieser Stoffeinheit zu wiederholen.

Die Behandlung des Viertakt-Ottomotors in der zweiten Stunde gibt ebenfalls Gelegenheit zur Wiederholung des Grundwissens. In einer Gegenüberstellung von Diesel- und Ottomotor kann das Vergleichen als eine wichtige analytische Tätigkeit von den Schülern geübt werden.

In beiden Stunden muß darauf geachtet werden, daß der technischen und technologischen Seite nur soviel Aufmerksamkeit geschenkt wird, wie es für die Anwendung der vom Lehrplan geforderten Kenntnisse unbedingt notwendig ist.

Energieumwandlungen (Wiederholung 1. Teil) (24. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Wiederholung des 1. Hauptsatzes der Wärmelehre
2. Wiederholung des Zusammenhangs zwischen Druck, Volumen und Temperatur (qualitativ)
3. Anwenden von Kenntnissen beim Lösen von Aufgaben

UNTERRICHTSMITTEL

Arbeitsblätter

Papinscher Dampfzylinder

Bunsenbrenner

Anschauungstafel: *Dampfkraftwerk*

Anschauungstafel: *Dampfturbine*

Glasschale

Pipette

Stativmaterial

STUNDENGLIEDERUNG

1. Energieerhaltungssatz wiederholen	(10) Arbeit mit dem Arbeitsblatt
2. Zusammenhang zwischen Druck, Volumen und Temperatur wiederholen	(15) Demonstrationsversuch, Unterrichtsgespräch, Arbeit mit dem Arbeitsblatt
3. Energieumwandlungen bei einem Dampfkraftwerk erläutern	(10) Erläuterungen an der Anschauungstafel, Unterrichtsgespräch
4. Lösen von Aufgaben	(10) Arbeit im Heft

MATERIALIEN UND HINWEISE

Die Wiederholung des Stoffes erfolgt in der Form, daß die Schüler selbständig Aufgaben lösen und dabei ihr Wissen anwenden. In der anschließenden Besprechung wird das Wesentliche hervorgehoben und zusammengefaßt. Das Arbeitsblatt ist so gestaltet, daß es bei einer gewissen Einschränkung im Umfang durch ein entsprechendes Tafelbild oder eine Projektionsfolie ersetzt werden kann.

1. Die Schüler erfahren, daß diese Stunde der Wiederholung dienen soll. Sie bearbeiten die Aufgaben 1 und 2 des Arbeitsblattes *Energieumwandlungen in Maschinen*. Das anschließende Unterrichtsgespräch dient der Wiederholung des Zusammenhangs von Energieerhaltungssatz und erstem Hauptsatz der Wärmelehre. Die große Bedeutung dieser Sätze wird hervorgehoben, damit die Schüler ihre Allgemeingültigkeit erkennen.

2. Der nun folgende Demonstrationsversuch mit dem Papinschen Dampfzylinder wird vom Lehrer ohne Kommentar vorgeführt. Die Schüler werden lediglich aufgefordert, nach dem Versuch folgende Fragen zu beantworten:

1. Welche Energieumwandlungen treten bei diesem Versuch auf?
2. Wie ändern sich die Zustandsgrößen Druck, Volumen und Temperatur?
3. In welchen Maschinen läuft der hier demonstrierte Vorgang ab?

Arbeitsblatt

Name _____

Klasse _____

Datum _____

Energieumwandlungen in Maschinen

1. Vervollständige folgende Übersicht, in der Umwandlungen verschiedener Energiearten ineinander angegeben sind!

Energieart vor der Umwandlung	Energieumwandler	Energieart nach der Umwandlung
chemische Energie		Wärmeenergie
	Bremsen	Wärmeenergie
	Kolbendampfmaschine	
	Dieselmotor	
Elektroenergie		Wärmeenergie

2. a) Welcher wichtige Satz gilt für die Summe aller Energien bei einem physikalischen Vorgang?

.....

.....

.....

.....

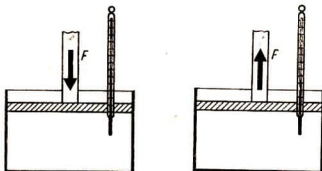
- b) Formuliere in einer Gleichung den Energieerhaltungssatz, wenn bei einem physikalischen Vorgang nur mechanische Energie und Wärmeenergie auftreten! Wie heißt dieser Satz?

In Worten: = +

In Formelzeichen: = +

Name des Satzes:

3. Ergänze für folgende Bilder, in denen physikalische Vorgänge angedeutet werden, die darunterstehende Übersicht! Beachte, daß bei Energieumwandlungen in Gasen sich oftmals die drei physikalischen Größen Druck p , Volumen V und Temperatur T gleichzeitig ändern!



Volumen		
Druck		
Temperatur		
Energieumwandlung		

Deute die Temperaturänderungen durch Pfeile neben den Thermometern an!

4. Gib an, bei welchem Takt des Viertakt-Ottomotors die angegebene Gleichung gilt und begründe kurz!

Gleichung	Takt und Begründung
$- W_m = \Delta W_1$	
$W_w = \Delta W_1 + W_m$	

5. Nenne die beiden wichtigsten Unterschiede zwischen Diesel- und Ottomotor!

.....

.....

.....

Besonders ist darauf zu achten, daß die Schüler bei Beantwortung der 2. Frage erkennen, daß der Druck während des Vorganges konstant bleibt.

Der Versuch ist in GS 8, V 6.2.1., als erster Teilversuch beschrieben. Anstelle der Rundhölzer können Stativstäbe und anstelle des Brettes kann ein Stativtisch verwendet werden. Oben auf der Platte wird zusätzlich ein Körper angebracht, um damit besser zu verdeutlichen, daß eine mechanische Arbeit verrichtet wird. Ist kein Dampfzylinder vorhanden, so kann auch ein Kolbenprober verwendet werden. Er wird abwechselnd in heißes und kaltes Wasser getaucht.

Nach Beantwortung der Fragen bearbeiten die Schüler die Aufgabe 3 des Arbeitsblattes.

3. Anhand der Anschauungstafel *Dampfkraftwerk* sollen Energieumwandlungen von den Schülern beschrieben werden. Eine einführende Erläuterung des Bildes durch den Lehrer erfolgt nur in dem Umfang, wie es unbedingt für das Verständnis der Funktionsweise des Kraftwerkes notwendig ist. Die Tafel wird im Lehrmittelbuch unter M 11.2. beschrieben. Die Schüler sollen nicht die Darlegungen des Lehrers wiederholen, sondern sich auf die Beschreibung der Energieumwandlungen beschränken.

Sie sollen ferner angeben, auf welchen Teil der Darstellung der 1. Hauptsatz der Wärmelehre angewandt werden kann und worin die Erhöhung der inneren Energie und die mechanische Arbeit zum Ausdruck kommen. Ähnliche Betrachtungen können anschließend anhand der Anschauungstafel *Dampfturbine* erfolgen. Hierbei wird nicht auf die Funktionsweise der Turbine eingegangen.

4. Der restliche Teil der Stunde wird zum Lösen von Aufgaben verwandt. Der Lehrer wählt hierbei Aufgaben mit einer Thematik aus, bei deren Anwendung die Schüler noch Schwierigkeiten haben. Empfohlen werden die Aufgaben 96, 97 und 77 des Lehrbuches und die Aufgaben 481 und 482 der AS 1.

Der Viertakt-Ottomotor (Wiederholung 2. Teil) (25. Stunde der 1. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Energieumwandlungen und Änderung der Zustandsgrößen beim Ottomotor
2. Funktionsweise des Ottomotors
3. Vergleichen bei der Gegenüberstellung von Diesel- und Ottomotor

UNTERRICHTSMITTEL

Arbeitsblätter

Modell Viertakt-Ottomotor

Modell Viertakt-Dieselmotor

Flachmodell Viertakt-Ottomotor

Filmschleife SF 611: *Arbeitsweise des Viertakt-Ottomotors*

Gerät zur Demonstration der Explosion von Gas-Luftgemischen im Zylinder des Verbrennungsmotors (SKUS — Nr. 08 3416 89) oder

Müllersche Gasmeßglocke

2 Gummistopfen

Stricknadel

Spule, 15000 Windungen

Spule, 750 Windungen

Spannbrett

U-Kern, geblättert, mit Joch

Morsetaste

Pipette oder Zerstäuber

Benzin

Spannungsquelle, 220 V ~

STUNDENGLIEDERUNG

1. Kenntnisse über den Viertakt-Dieselmotor wiederholen	(10) Unterrichtsgespräch, Schüler am Modell
a) <i>Die Energieumwandlungen sind beim Ottomotor die gleichen wie beim Dieselmotor.</i>	
2. Mit dem Zündvorgang beim Ottomotor bekannt machen	(18) Demonstrationversuch, Lehrervortrag
3. Funktionsweise des Viertakt-Ottomotors erklären	Demonstrationsmodelle, Filmschleife, Unterrichtsgespräch
4. Änderung der Zustandsgrößen beim Ottomotor betrachten	(10) Demonstrationsmodell, Unterrichtsgespräch, Arbeit mit Arbeitsblatt und Lehrbuch
5. Energieumwandlungen beim Ottomotor erörtern	(7) Demonstrationsmodell, Unterrichtsgespräch

MATERIALIEN UND HINWEISE

Am Beispiel des Viertakt-Ottomotors werden Energieumwandlungen, Anwendungen des 1. Hauptsatzes und Änderungen der Zustandsgrößen wiederholt. Die technische Seite des Motors wird nur soweit wie unbedingt erforderlich behandelt.

1. Als Motivierung wird die Frage gestellt, mit welcher Art von Motoren die in der DDR verkehrenden PKW ausgestattet sind. Die Schüler erfahren, daß eine Art von Motoren, nämlich der Viertakt-Ottomotor besprochen werden soll, und an diesem Beispiel eine Wiederholung der wichtigsten Kenntnisse erfolgen soll.

Anhand eines Demonstrationsmodells werden die wichtigsten Fakten über den Viertakt-Dieselmotor in Hinsicht auf die Funktionsweise, die Energieumwandlungen und die Änderung der Zustandsgrößen wiederholt. Dabei erläutern einzelne Schüler die Vorgänge am Demonstrationsmodell. Der Lehrer achtet darauf, daß alle Fakten mit genannt werden, durch die sich der Dieselmotor vom Ottomotor unterscheidet, damit der im weiteren Verlauf der Stunde durch die Schüler anzustellende Vergleich beider Motorenarten gut vorbereitet wird.

2. Der Lehrer führt den Modellversuch zum Ottomotor mit Hilfe des Gerätes zur Demonstration von Gas-Luftgemischen (siehe auch „Physik in der Schule“, Heft 2/1975) oder nach GS 8, V 6.2.4., mit kurzen Erläuterungen vor. Die Schüler werden aufgefordert, die auftretenden Energieumwandlungen zu beschreiben. Es wird darauf hingewiesen, daß die zugeführte elektrische Energie nur sehr gering ist und nur zur Erzeugung des Zündfunken dient.

Der Lehrer teilt mit, daß diese Art der Entzündung eines Benzin-Luft-Gemisches beim Viertakt-Ottomotor angewandt wird.

3. Am Demonstrationsmodell des Viertakt-*Dieselmotors* erklärt ein Schüler den 1. Takt. Dann erläutert der Lehrer am Modell des Viertakt-*Ottomotors* den 1. Takt. Er hebt dabei die Unterschiede hervor, während die Schüler die Gemeinsamkeiten nennen. So wird schrittweise auch für den 2., 3. und 4. Takt vorgegangen.

Der Einsatz der Filmschleife SF 611 gestattet dem Lehrer, die Arbeitsweise im Zusammenhang zu erläutern. Ein oder zwei Schüler wiederholen. Der Lehrer achte darauf, sich auf das Wesentliche zu beschränken und die Schüler vor allem auf den Vergleich beider Motoren zu orientieren.

4. Unter Benutzung des Demonstrationsmodells erfolgt eine Erläuterung der Änderung der Zustandsgrößen beim Ottomotor. Auch hier wird von den Betrachtun-

gen beim Dieselmotor ausgegangen. Die entsprechenden Aussagen sollen von den Schülern selbständig gefunden werden.

5. Ähnlich wird bei der Betrachtung der Energieumwandlungen und der damit verbundenen Anwendung des 1. Hauptsatzes der Wärmelehre vorgegangen. Einige Schüler beschreiben die Vorgänge unter Benutzung des Demonstrationsmodells.

Abschließend werden die Aufgaben 4 und 5 des bereits in der vorhergehenden Stunde benutzten Arbeitsblattes gelöst. Zur Beantwortung dürfen die Schüler das Lehrbuch, ab Seite 39, benutzen.

2. Elektrizitätslehre

2.1. Vorbemerkungen zur 2. Stoffeinheit

2.1.1. Unterrichtsthematik

Geht man von den für die Lehrpläne festgelegten Leitlinien aus, so ist für diese Stoffeinheit kennzeichnend, daß die Leitlinie der energetischen Betrachtungsweise weitergeführt wird. Die Leitlinie der strukturellen Betrachtungsweise wird auf der Basis des Feldbegriffes erweitert.

Die Einführung in die Elektrizitätslehre erfolgt auf der Grundlage der physikalischen Größe *Ladung*. Dabei kann auf die Kenntnisse der Schüler aus dem Fach Physik (Lehrplan Physik, Klasse 6, Abschnitt 2.12.) und aus dem Fach Chemie (Lehrplan Chemie, Klasse 7, Abschnitt 2.2., Lehrplan Chemie, Klasse 8, Abschnitt 1.1.) zurückgegriffen werden. Es wird von den Erscheinungen ausgegangen, die zwischen ruhenden Ladungen beobachtet werden können. Von ruhenden Ladungen wird zu bewegten Ladungen übergegangen. Dabei werden die Größen Spannung und Stromstärke eingeführt. Das erfordert die Wiederholung der Kenntnisse über die Größe Arbeit. Es muß unterschieden werden zwischen der Arbeit, die an einem geladenen Körper bei Bewegung *in einem* homogenen *Feld* verrichtet wird und der Arbeit, die beim Trennen von Ladungen, d. h. beim *Aufbau eines Feldes* notwendig ist. Diese Betrachtung führt zu der Erkenntnis, daß im Feld Arbeit gespeichert wird, d. h., daß das Feld Energie besitzt.

Von der Energie des elektrischen Feldes ausgehend, führt der Weg über die Erörterung von Energieumwandlungen zum allgemeinen *Energieerhaltungssatz*. Die Forderung, die elektrische Arbeit messen zu können, führt auf deduktivem Wege von den Definitionsgleichungen für Spannung und Stromstärke zur Gleichung für die *elektrische Arbeit*. Eine Analogiebetrachtung bezüglich des Zusammenhangs zwischen mechanischer Arbeit und Leistung ermöglicht die Gleichung für die *elektrische Leistung* schnell zu finden und zeigt dem Schüler gleichzeitig einen Teil der der Physik eigenen Systematik. Er erkennt, daß sich bei geeigneter Betrachtungsweise viele Vorgänge und Fakten auf wenige Begriffe und Gesetze zurückführen lassen.

Folgerichtig ergibt sich nun die Frage, welcher Zusammenhang zwischen Stromstärke und Spannung besteht. Das *Ohmsche Gesetz* $I \sim U$ wird als Erfahrungssatz erkannt. Mit Hilfe dieser Erkenntnis wird die physikalische Größe *Widerstand*

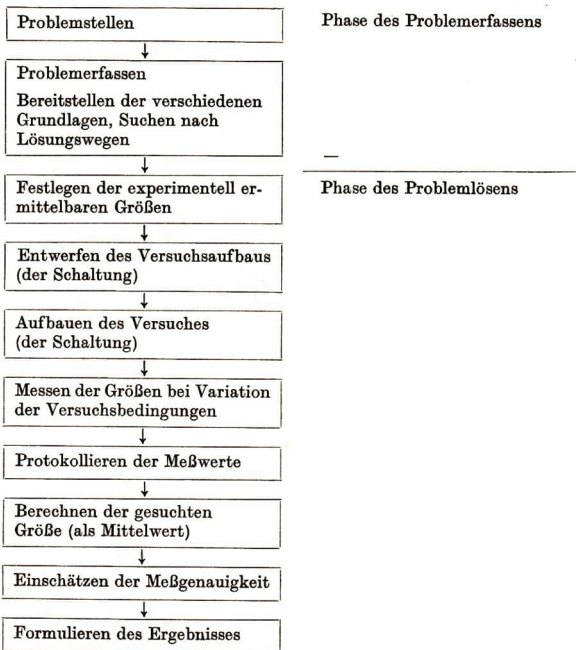
definiert: $R = \frac{U}{I}$. Nach dieser Definition erfolgt die Untersuchung, von welchen

Materialgrößen der Widerstand abhängig ist. Das *Widerstandsgesetz* macht die entsprechende Aussage für den Fall, daß die Temperatur des Leiters konstant bleibt.

Die nachfolgende Untersuchung der Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur erfolgt nur qualitativ.

In der 4. Unterrichtseinheit werden die gewonnenen Kenntnisse und Erkenntnisse auf den *verzweigten und unverzweigten Stromkreis* angewandt. Die Gesetze für Spannung, Stromstärke und Widerstand in den beiden Arten von Stromkreisen werden weitgehend experimentell gefunden. Anwendung finden diese Gesetze unter anderem bei der Spannungsteilerschaltung.

Während das Vorgehen in Klasse 6 und 7 vorwiegend durch den induktiven Weg gekennzeichnet ist, tritt der deduktive Weg jetzt häufiger auf. Dabei darf diese Art des Vorgehens nicht nur angewandte Methode des Lehrers bleiben, sie soll auch dem Schüler bewußt werden. Bei der Formulierung von Gesetzen ist grundsätzlich auf den Gültigkeitsbereich einzugehen, um damit auch das dialektische Denken weiterzuentwickeln.



Bei der Ermittlung einer physikalischen Größe sollte den Schülern folgender Weg bekannt sein und bei der Durchführung von Experimenten auch immer stärker selbständig abgewandt werden: (s. S. 83)

2.1.2. Begriffe und Gesetze

Die physikalische Größe *Ladung* bildet die Grundlage für die Behandlung elektrischer Erscheinungen. Mit ihrer Hilfe werden die Größen *Spannung* $U = \frac{W}{Q}$ und *Stromstärke* $I = \frac{Q}{t}$ definiert. Die Einheiten der Größen werden auf der Grundlage dieser Gleichungen gefunden. Das *Elektron* wird als Teilchen eingeführt, das Träger der kleinsten Ladung, der *Elementarladung* e ist.

Dem Begriff *Feld* muß bei seiner Einführung besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden, weil er von geringer Anschaulichkeit ist und leicht mit dem Begriff der *Feldlinie* identifiziert wird. Betrachtet man einen Raum als Träger physikalischer Eigenschaften, so sagt man, in diesem Raum besteht ein Feld. Für den hier zu behandelnden Fall heißt das, daß in dem Raum, in dem Kraftwirkungen auf geladene Körper beobachtet werden können, ein *elektrisches* Feld besteht. Die Feldlinien beschreiben für die einzelnen Punkte des Feldes die Richtung der wirkenden Kraft. Zur Beschreibung des *elektrischen Stromes* mit Hilfe der Elektronenbewegung in festen Leitern ist es notwendig, den Begriff *frei bewegliches Elektron* einzuführen. In Verbindung mit der Behandlung der in festen Körpern bewegten Ladungen, d. h. des elektrischen Stromes, erfolgen Betrachtungen zum *Stromkreis*. Die Darstellung von Stromkreisen fordert die Kenntnis von *Schaltzeichen*.

Bei der Erörterung der physikalischen Größen *elektrische Arbeit* und *elektrische Leistung* muß deutlich werden, daß es sich um die gleichen Größenarten wie in der Mechanik handelt. Der Unterschied besteht im wesentlichen darin, daß in den entsprechenden Gleichungen $W = U \cdot I \cdot t$ bzw. $P = U \cdot I$ physikalische Größen aus der Elektrizitätslehre verwandt werden.

Eine zentrale Stellung nimmt das *Ohmsche Gesetz* ein. Es wird in den beiden Formen $I \sim U$ und $\frac{U}{I} = \text{konst.}$ behandelt. Dieser *Erfahrungssatz*, der nur unter der Nebenbedingung $\vartheta = \text{konst.}$ gilt, ist deutlich von der *Definitionsgleichung* für den *Widerstand* $R = \frac{U}{I}$ zu unterscheiden. Dabei ist zu beachten, daß das Wort *Widerstand* in mehrfacher Bedeutung gebraucht wird, nämlich einmal für die physikalische Größe und zum zweiten für ein elektrisches Gerät, das vom Strom durchflossen werden kann. Die Untersuchung der Abhängigkeit des Widerstandes vom

Stoff und von den Abmessungen des Leiters führt zu der Gleichung $R = \rho \cdot \frac{l}{A}$,

wobei auch hier wieder die Nebenbedingung $\vartheta = \text{konst.}$ zu berücksichtigen ist. Im Zusammenhang mit der Berücksichtigung von Nebenbedingungen lernen die Schüler den Begriff *Gültigkeitsbereich* eines Gesetzes kennen.

Der Begriff des *Stromkreises* wird zu den Begriffen *unverzweigter* und *verzweigter Stromkreis* erweitert. Die Gesetze für Spannung, Stromstärke und Widerstand in

den beiden Stromkreisarten werden teils induktiv, teils deduktiv abgeleitet. Als Schaltung von besonderer Bedeutung wird die *Spannungsteilerschaltung* behandelt.

2.1.3. Geistige und praktische Tätigkeiten

Die Möglichkeiten der Ausübung verschiedener geistiger und praktischer Tätigkeiten sind zahlreich.

Bei der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen den physikalischen Größen kann das *funktionale Denken* entwickelt werden. Dabei kommt es darauf an, die *kausalen Beziehungen* zu erkennen und zu beschreiben. Die dazu vom Lehrer gezeigten *Experimente* sind zu beschreiben. Dabei sollen die Schüler mehr und mehr an der Entwicklung des Versuchsprogramms beteiligt werden. Hierbei gilt es, das Wesentliche des Versuches in Form von *Schaltbildern* und *Zeichnungen darzustellen*. Während des Experimentes wird das *Ablesen von Meßwerten* wiederholt geübt. Die *Darstellung* der Meßergebnisse erfolgt in Form von *Diagrammen und Tabellen*. Bei der Auswertung der Versuchsergebnisse sind *Diagramme zu lesen und zu deuten*. In zunehmendem Maße lernen die Schüler, auf Grund der Meßergebnisse zu verallgemeinern.

Das *Experimentieren nach einem schriftlichen Auftrag* wird fortgeführt. Dabei üben die Schüler das selbständige Aufbauen von Versuchsanordnungen.

Die Einheiten von physikalischen Größen, die auf Grund einer Kombination bereits bekannter physikalischer Größen definiert sind, finden die Schüler selbst. Als Beispiel seien Spannung, Stromstärke und Widerstand genannt.

Bei der Behandlung des Ohmschen Gesetzes und des elektrischen Widerstandes soll zwischen *Erfahrungssatz und Definitionsgleichung* unterschieden werden.

Die Anwendung des deduktiven Weges wird dem Schüler besonders deutlich, wenn er veranlaßt wird, die *Gleichungen* für die elektrische Arbeit und die elektrische Leistung weitgehend selbständig zu *entwickeln*. Die erarbeiteten Gleichungen werden bei Berechnungen angewandt.

Das *Vergleichen* und *Unterscheiden* wird durch Gegenüberstellungen geübt. Ein Beispiel hierfür sind die physikalischen Größen Arbeit und Energie. Da diese *Begriffe* aus der Mechanik und aus der Wärmelehre bereits bekannt sind, heißt das, daß sie *unter neuen Bedingungen angewandt* werden. Damit sind wiederum *Analogiebetrachtungen* eng verknüpft. Bei der *Darstellung* des elektrischen Feldes *mittels Feldlinien* wird wieder auf den Modellbegriff eingegangen. Schließlich wird häufig *mit dem Lehrbuch gearbeitet*. Dies geschieht bei der Nutzung der dort gestellten Aufgaben, bei der Beschreibung von Versuchsabläufen, bei der Bearbeitung der Versuchsaufträge sowie bei der selbständigen Erarbeitung von Kenntnissen durch die Schüler.

Im Zusammenhang mit der Behandlung der elektrischen Messung nichtelektrischer Größen wird das *technisch-konstruktive Denken* bei den Schülern weiterentwickelt.

2.1.4. Staatsbürgerliche und polytechnische Bildung und Erziehung

Hinsichtlich der *weltanschaulichen* Bildung und Erziehung gibt es mehrere Ansatzpunkte. Am Beispiel des Elektrons kann den Schülern gezeigt werden, daß die Welt

erkennbar ist. Ähnliches gilt für das Gewitter, das früher zu vielen abergläubischen Deutungen Anlaß gab.

Am Beispiel des induktiven und des deduktiven Weges werden die Schüler mit Problemen des Erkenntnisprozesses vertraut gemacht. Dabei wird ihnen mit der experimentellen Methode eine typische Arbeitsweise der Naturwissenschaften gezeigt. Es wird Wert darauf gelegt, daß die Schüler die Rolle des Bestätigungsversuches bei der theoretischen Ableitung von Gleichungen erkennen.

Die Behandlung des Gültigkeitsbereiches von Gesetzen dient der Entwicklung einer dialektischen Denkweise.

Ein Beitrag zur *politisch-ideologischen* Bildung und Erziehung wird geleistet, indem am Beispiel der Elektrizitätslehre gezeigt wird, wie besonders in den letzten hundert Jahren durch die wissenschaftliche Forschung der Umfang der Erkenntnisse schnell gewachsen ist und wie damit das Leben der Menschen verändert wurde. Dabei wird auf die Bedeutung dieser Erkenntnisse für die Entwicklung unserer Volkswirtschaft unter den Bedingungen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts eingegangen.

Im Rahmen der *politisch-moralischen* Bildung und Erziehung werden bekannte Physiker als Vorbilder dargestellt. Dabei wird besonders auf das Leben und Wirken G. S. Ohms eingegangen.

Die *polytechnische Bildung und Erziehung* findet ihren Niederschlag in der Verknüpfung des physikalischen Grundwissens mit praktischen Anwendungen. Besonders geeignet ist dazu die Erörterung des elektrischen Messens nichtelektrischer Größen.

2.1.5. *Koordinierung mit anderen Fächern*

Zur *Mathematik* bestehen Verbindungen hinsichtlich des Rechnens mit Größengleichungen (Umformen, Substituieren, Einheitenprobe), des Aufstellens und Lesens von Diagrammen und der Benutzung des Rechenstabes. Der Physiklehrer sollte den Mathematiklehrer veranlassen, an geeigneter Stelle auch im Mathematikunterricht Aufgaben mit physikalischem Inhalt rechnen zu lassen.

Das Ermitteln von Größen mit Hilfe von Nomogrammen kann geübt werden, wenn sich der Lehrer zum Einsatz dieses Hilfsmittels entschieden hat.

Der *Werkunterricht* bringt bezüglich der Begriffe Leiter, Isolator und Stromkreis einige Vorleistungen.

Der *polytechnische Unterricht* liefert Verknüpfungsmöglichkeiten für Motivation, Problemstellung und Anwendungen des physikalischen Wissens. Auch das Lesen und Entwerfen von Schaltbildern gestattet, Verbindungen zum polytechnischen Unterricht herzustellen.

Die Verbindungen zum Fach *Chemie* beziehen sich vor allem auf die Behandlung des Atoms im Unterricht dieses Faches in den Klassen 7 und 8. Eine weitere Verbindung ergibt sich durch die Behandlung des Energieerhaltungssatzes, der auch für chemische Vorgänge gilt.

Der Hinweis auf Standorte der Gewinnung von Elektroenergie und die Anlage eines Verbundnetzes in mehreren sozialistischen Ländern stellt Beziehungen zum Fach *Geographie* her.

2.1.6. Unterrichtsmittel

Arbeitsblätter:

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| 1. Die elektrische Ladung | 5. Std. |
| 2. Die elektrische Stromstärke | 7., 8. Std. |
| 3. Ladung, Spannung und Stromstärke | 10. Std. |
| 4. Elektrisches Arbeit und Leistung | 12., 13., 14., 15. Std. |
| 5. Der verzweigte Stromkreis | 29. Std. |

Einsatz:

Applikationen zur Hafttafel:

- | | |
|------------------------------|----------------------|
| Schaltzeichen | 7. Std. und folgende |
| Elektronen, positive Ionen | 1., 6., 18. Std. |
| Skalen für Meßgeräte, Zeiger | 7., 8. Std. |

- | | |
|---|----------|
| Elektrisches Temperaturmeßgerät
(siehe 17. Std. der 1. Stoffeinheit) | 22. Std. |
|---|----------|

Hinweise über die Verwendung von elektrischen Meßgeräten und Spannungsquellen können dem ersten Kapitel von GS 6 und dem Lehrmittelbuch unter E O entnommen werden.

Ergänzend dazu seien einige Bemerkungen gemacht. Für Demonstrationen eignen sich nur Demonstrationinstrumente. Dabei ist den Drehspulinstrumenten der Vorzug vor den Dreheiseninstrumenten zu geben. Letztere haben zwar den Vorteil, für Gleich- und Wechselstrommessungen verwendbar zu sein, es überwiegt aber der Nachteil des hohen Leistungsbedarfs, der zu großen Meßfehlern führt. Die Drehspulinstrumente können durch einen zusätzlichen Meßgleichrichter auch für die Messung von Wechselströmen und -spannungen genutzt werden. Das vom SKUS unter der Nummer 08508038 angebotene Instrument enthält einen solchen Gleichrichter und ist als universelles Meßinstrument zu empfehlen.

Die Stromversorgung für Schülerexperimente sollte durch eine Anzahl von Stromversorgungsgeräten erfolgen, wie sie der Lehrmittelhandel unter der Nummer 08508789 anbietet. Diese Art der Stromversorgung erfordert an den Arbeitsplätzen lediglich die Netzspannung von 220 V. Dabei sind die entsprechenden Bestimmungen aus der Richtlinie für den Arbeits- und Brandschutz zu beachten. Zentrale Stromversorgungsanlagen werden nicht empfohlen.

Als Meßgeräte für Schülerexperimente werden die unter den Nummern 08520189 bzw. 08520289 lieferbaren Meßgeräte „Polyzet“ empfohlen, die die Messung von Stromstärken und Spannungen für Gleich- und Wechselströme gestatten.

2.1.7. Literatur

Fachwissenschaftliche Literatur

1. Recknagel, Prof. Dr. A.: Physik — Elektrizität und Magnetismus, VEB Verlag Technik, Berlin
2. Grimsehl: Lehrbuch der Physik, Band 2, B. G. Teubner, Leipzig
3. Autorenkollektiv: Physik in Übersichten, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1976

4. Autorenkollektiv: Elektrische Messung nichtelektrischer Größen, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1975
5. Ministerrat der DDR, Ministerium für Volksbildung: Richtlinie für den Arbeits- und Brandschutz im naturwissenschaftlichen Unterricht vom 25. 5. 1967, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1972

Methodische Literatur

1. Girke-Sprockhoff: Physikalische Schulversuche, Sechster Teil und Neunter Teil, Elektrizitätslehre, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin
2. Aufgabensammlung Physik, Teil 1, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1974 (abgekürzt AS 1)
3. DZL: Lehrmittel für den Physikunterricht, Anleitung zur Verwendung der Lehrmittel, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1962
4. Frantz, Dr. B.: Zur Entwicklung der selbständigen Experimentiertätigkeit der Schüler in den Klassen 7 und 8 (Teil I und II). „Physik in der Schule“, Heft 10/1975 und Heft 11/1975
5. Krug, W. und Jacob, K.: Einfaches Temperaturmeßgerät auf Thermistorbasis. „Physik in der Schule“, Heft 3/1967
6. Löhr, H.-J.: Fehlerbetrachtungen, insbesondere bei Schülerexperimenten in den Klassen 6 bis 8. „Physik in der Schule“, Heft 3/1976
7. Haspas, Prof. Dr. K.: Methodik des Physikunterrichts, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1976
8. Brüggener, K.-H.: Einführung der Grundbegriffe der Elektrizitätslehre auf der Grundlage der Elektronentheorie, „Mathematik und Physik in der Schule“, Heft 2/1962
9. Wilke, H.-J.: Demonstration und Untersuchung elektrischer Felder mit Wechselspannung, „Mathematik und Physik in der Schule“, Heft 4/1963
10. Plötz, R.: Vorschläge für die Einführung der Grundbegriffe des elektrischen und des elektromagnetischen Feldes, „Physik in der Schule“, Hefte 7/8 und 9/1964
11. Melcher, Dr. H., Gläser, M., Gerth, E.: Experimente mit versilberten Hohlkugeln, „Physik in der Schule“, Hefte 9, 10 und 11/1964
12. Kaspar, Prof. Dr. E.: Probleme bei der Einführung der gesetzlichen Einheiten im Physikunterricht, speziell bei der Einführung in die Elektrizitätslehre, „Physik in der Schule“, Heft 3/1966
13. Haspas, Prof. Dr. K.: Zur methodischen Neugestaltung der Elektrizitätslehre, „Physik in der Schule“, Hefte 4 und 5/1966
14. Wehner, Prof. Dr. R.: Die Einführung in die Elektrizitätslehre auf der Grundlage der strukturellen und der energetischen Betrachtungen, „Physik in der Schule“, Heft 10/1966

Populärwissenschaftliche Literatur

1. Leutner, K.: Deutsche; auf die wir stolz sind. Erste Folge, Verlag der Nation, Berlin 1955
2. Perelman, J. I.: Unterhaltsame Physik — 2, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1962

2.2. Gliederung der 2. Stoffeinheit

1. Unterrichtseinheit: *Ladung, Stromstärke, Spannung*

1. Stunde Die elektrische Ladung (1. Teil)
2. Stunde Die elektrische Ladung (2. Teil)
3. Stunde Das elektrische Feld
4. Stunde Die elektrische Spannung
5. Stunde Energie des elektrischen Feldes
6. Stunde Der elektrische Strom
7. Stunde Die elektrische Stromstärke
8. Stunde Der elektrische Stromkreis
9. Stunde Stromstärke- und Spannungsmessungen
10. Stunde Zusammenfassung zu Ladung, Spannung und Stromstärke

2. Unterrichtseinheit: *Elektrische Energie, Arbeit und Leistung*

11. Stunde Der Energieerhaltungssatz
12. Stunde Die elektrische Arbeit
13. Stunde Messen der elektrischen Arbeit
14. Stunde Die elektrische Leistung
15. Stunde Messen der elektrischen Leistung

3. Unterrichtseinheit: *Elektrischer Widerstand, Ohmsches Gesetz*

16. Stunde Der Zusammenhang zwischen Spannung und Stromstärke
17. Stunde Das Ohmsche Gesetz
18. Stunde Anwendungen zum elektrischen Widerstand
19. Stunde Technische Widerstände
20. Stunde Abhängigkeit des Widerstandes von Länge und Querschnitt eines Leiters
21. Stunde Das Widerstandsgesetz
22. Stunde Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur
23. Stunde Zusammenfassung: Der elektrische Widerstand

4. Unterrichtseinheit: *Unverzweigter und verzweigter Stromkreis*

24. Stunde Die Stromstärke im unverzweigten Stromkreis
25. Stunde Die Spannung im unverzweigten Stromkreis
26. Stunde Der Widerstand im unverzweigten Stromkreis
27. Stunde Anwendungen des unverzweigten Stromkreises
28. Stunde Spannung und Stromstärke im verzweigten Stromkreis
29. Stunde Der Widerstand im verzweigten Stromkreis — Anwendungen
30. Stunde Die Spannungsteilerschaltung (1. Teil)
31. Stunde Die Spannungsteilerschaltung (2. Teil)
32. Stunde Anwendungen der Gesetze des unverzweigten und des verzweigten Stromkreises

5. Unterrichtseinheit: *Wiederholung und Anwendung*

33. Stunde Die ökonomische Bedeutung der elektrischen Energie
34. Stunde Das Widerstandsthermometer
35. Stunde Die elektrische Kochplatte

2.3. Stundenentwürfe zur 2. Stoffeinheit

1. Unterrichtseinheit (10 Stunden)

Ladung, Stromstärke, Spannung

VORBEMERKUNGEN

Die zehn Stunden dieser Unterrichtseinheit dienen der Einführung in die Elektrizitätslehre. Es werden die grundlegenden physikalischen Größen *Ladung*, *Spannung* und *Stromstärke* eingeführt.

Es ist die erste Unterrichtseinheit, in der der Unterricht auf der Basis der Leitlinie der energetischen Betrachtungsweise (Energiebegriff) und der strukturellen Betrachtungsweise (Teilchenbegriff und Feldbegriff) erfolgen kann.

Die erste der genannten Leitlinien findet Berücksichtigung, indem Energieumwandlungen betrachtet werden, ohne daß zunächst eine quantitative Fassung erfolgt. Die zweite Leitlinie fordert die konsequente Erklärung der Erscheinungen auf der Basis der Elektronentheorie unter Vermeidung hydrodynamischer Analogien (hierzu sei besonders auf einen entsprechenden Artikel in der Zeitschrift *Mathematik, Physik in der Schule*, Heft 2/1962, von K.-H. Brüggner hingewiesen) und die Einführung des Begriffes elektrisches Feld.

Innerhalb der zehn Stunden kann eine Zweiteilung angegeben werden. In den ersten fünf Stunden werden Erscheinungen behandelt, die bei ruhenden Ladungen (Elektronen) beobachtet werden können. In der sechsten bis zehnten Stunde erfolgt die Erörterung von Vorgängen, bei denen sich Ladungen (Elektronen) in festen Leitern bewegen.

In dieser Unterrichtseinheit wird der Stoff in einer anderen Reihenfolge dargestellt, als sie im Lehrplan enthalten ist. Damit soll verdeutlicht werden, daß die in diesem Buch vorgeschlagenen Stundenabläufe eine von mehreren Möglichkeiten sind. Die hier vorgeschlagene Stofffolge stellt somit eine Variante zu der im Lehrplan angegebenen Folge dar.

Der wesentliche Unterschied besteht in der Veränderung der Reihenfolge der Behandlung von Stromstärke und Spannung. Dem Lehrplan liegt der Gedanke zu Grunde, daß die physikalische Größe Stromstärke leichter verständlich ist als die physikalische Größe Spannung. Der Lehrplan sieht eine Behandlung in der entsprechenden Reihenfolge vor.

In der hier dargelegten Variante wird ein anderer Gesichtspunkt berücksichtigt. Es wird davon ausgegangen, daß die Schüler zunächst alle die Erscheinungen und Definitionen kennenlernen, die mit *ruhenden* Ladungen verknüpft sind. Dazu gehört auch die Definition der Spannung. Dann werden die Erscheinungen und Definitionen behandelt, die mit *bewegten* Ladungen in Zusammenhang stehen. Dazu gehört auch die Behandlung der Stromstärke.

Der Ladungsbegriff wurde bereits im Physikunterricht der Klasse 6 in Verbindung mit dem Atombegriff eingeführt. Im Chemieunterricht der Klassen 7 und 8 erfolgte eine Vertiefung. Bei der nun erfolgenden eingehenden Behandlung elektrischer Ladungen wird es deshalb möglich und notwendig sein, von wiederholenden Betrachtungen auszugehen.

Hinsichtlich der weltanschaulichen Bildung wird den Schülern am Beispiel des Elektrons deutlich gemacht, daß die Welt erkennbar ist, indem ihnen gezeigt wird,

daß Aussagen über Teile des Atoms gemacht werden können, ohne es überhaupt gesehen zu haben.

Ein Hinweis für Versuche in der Elektrik sei gegeben. Häufig gelingen die Versuche der Elektrostatik infolge hoher Luftfeuchtigkeit in Klassenräumen nur unbefriedigend. Hier hilft das vorherige Überstreichen der zu ladenden Körper mit einer Bunsenbrennerflamme oder das Bestrahlen der Versuchseinrichtung mit einer Heizsonne oder einem anderen Wärmestrahler.

In den Ausführungen zu den Stunden dieser und der folgenden Unterrichtseinheiten wird nicht besonders darauf hingewiesen, daß bei der Darstellung von Stromkreisen unter Verwendung von Schaltzeichen eine zweckmäßige Verwendung der Hafttafel möglich ist. Die Schaltzeichen werden in Form von Applikationen angefertigt. Das hat den Vorteil, daß man Schaltbilder schnell verändern kann und ein schnelles Arbeiten auch durch Schüler an der Tafel ermöglicht wird.

Grundlegendes Wissen: Negative Ladung: Elektronenüberschuß; positive Ladung: Elektronenmangel. Zwischen gleichartig geladenen Körpern wirken abstoßende Kräfte, zwischen unterschiedlich geladenen Körpern wirken anziehende Kräfte. Ladung Q , Einheit Coulomb (C). Die kleinste elektrische Ladung ist die Elementarladung e .

Das Gebiet der Kraftwirkungen um einen elektrisch geladenen Körper heißt elektrisches Feld. Es kann durch Feldlinien dargestellt werden. Bei der Bewegung geladener Körper im elektrischen Feld muß Arbeit verrichtet werden. Die elektrische

$$\text{Spannung } U; U = \frac{W}{Q}; \text{ Einheit Volt (V); } 1 \text{ V} = \frac{1 \text{ Ws}}{1 \text{ C}}$$

Beim Trennen von Ladungen muß Arbeit verrichtet werden. Die aufgewandte Arbeit wird als Energie im Feld gespeichert.

Die Bewegung von elektrischen Ladungen bezeichnet man als elektrischen Strom.

$$\text{Die elektrische Stromstärke } I; I = \frac{Q}{t}; \text{ Einheit Ampere (A); } 1 \text{ A} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ s}}$$

Elektrische Energie kann aus anderen und in andere Energiearten umgewandelt werden. Schaltung von Strom- und Spannungsmesser; einige Schaltzeichen.

Die elektrische Ladung (1. Teil) (1. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Das Atom besteht aus dem positiv geladenen Kern und der negativ geladenen Atomhülle. Elektronenüberschuß bedeutet negative Ladung, Elektronenmangel positive Ladung. Zwischen gleichartig geladenen Körpern wirken abstoßende Kräfte, zwischen ungleichartig geladenen Körpern anziehende Kräfte.
2. Funktionsweise eines Elektroskops
3. Beschreiben von Experimenten

UNTERRICHTSMITTEL

SEG „Elektrostatik“

Geräte nach GS 6, V 5.1.4.

Geräte nach GS 6, V 5.2.1.

Hafttafel

Applikationen: geladene Teilchen

STUNDENGLIEDERUNG

1. Behandlung der Elektrizitätslehre motivieren	(5) Unterrichtsgespräch
a) <i>Ein Atom besteht aus dem positiv geladenen Kern und der negativ geladenen, aus Elektronen bestehenden Atomhülle. Elektronenüberschuß bedeutet negative Ladung, Elektronenmangel positive Ladung.</i>	
2. Aufbau des Atoms wiederholen	(8) Unterrichtsgespräch, Hafttafel a
3. Trennen von Ladungen und ihren Nachweis demonstrieren	(15) Schülerversuche, Unterrichtsgespräch, Hafttafel b
b) <i>Zwischen gleichartig geladenen Körpern wirken abstoßende Kräfte, zwischen ungleichartig geladenen Körpern wirken anziehende Kräfte.</i>	
4. Kräfte zwischen geladenen Körpern untersuchen	(12) Schülerversuche, Tafel a, Unterrichtsgespräch
5. Funktionsweise des Elektroskops erläutern	(5) Unterrichtsgespräch, Tafel b, Demonstrationsversuch

MATERIALIEN UND HINWEISE

In dieser Stunde wird in die Elektrizitätslehre eingeführt.

An einer Reihe von Experimenten soll zunächst das im Physikunterricht der Klasse 6 und im Chemieunterricht der Klassen 7 und 8 zu diesem Themenkomplex erworbene Wissen wiederholt und vertieft werden. Dieses Wissen bildet die Grundlage dafür, daß die Elektrizitätslehre in der Klasse 8 auf der Basis der Elektronentheorie behandelt werden kann.

1. Die Motivierung für die Behandlung dieses umfangreichen Teilgebietes der Physik bilden die breite Anwendung und die ökonomische Bedeutung der Elektroenergie in der technischen Praxis und im Haushalt. Die Schüler können hierfür selbst eine große Anzahl von Beispielen nennen. Dazu gehören auch die Kenntnisse, die die Schüler im Werkunterricht der Klassen 4 bis 6 erworben haben. Der Lehrer berichtet kurz, daß die Erkenntnisse auf dem Gebiet der Elektrizitätslehre erst in den letzten hundert Jahren zur Anwendung kamen und vergleicht mit der Anwendung der Mechanik. Dem Schüler soll dabei die Aufgabe der Forschung deutlich werden. Er soll erkennen, wie die vom Menschen gewonnenen Erkenntnisse sein Leben verändern. An Beispielen der Gegenwart (Elektrifizierung der Reichsbahn, Automatisierung in Betrieben, Entwicklung der BMSR-Technik u. a.) wird gezeigt, welche Bedeutung die Forschung für die weitere Verbesserung unserer Lebens- und Arbeitsbedingungen unter den Bedingungen der wissenschaftlich-technischen Revolution hat.

2. Zunächst werden die Kenntnisse über den Aufbau des Atoms wiederholt, wie sie den Schülern auf der Grundlage des Lehrplanes Physik, Klasse 6, Abschnitt 2.12. sowie des Lehrplans Chemie, Klasse 7, Abschnitt 2.2., und Klasse 8, Abschnitt 1.1. vermittelt wurden. Der Lehrer vergleiche auch Unterrichtshilfen Physik, Klasse 6, Seite 201 ff.

Bei der Erörterung des Atommodells ist zu vermeiden, von den Bahnen der Elektronen zu sprechen. An Hand eines Hafttafelmodells (Bild 93/1, Teil a) werden der positiv geladene Kern und die negativ geladene Hülle unterschieden. Die Hülle wird aus sich bewegenden Elektronen gebildet, ohne daß man den Elektronen genau

beschreibbare Bahnen zuordnet. Bei dieser Gelegenheit wird wieder auf die Bedeutung und den Charakter eines Modells hingewiesen. Es werden solche Seiten genannt, die mit der Wirklichkeit übereinstimmen (positive und negative Ladung) und solche, die nicht mit der Wirklichkeit übereinstimmen (Kugelform der Kernbausteine und der Elektronen, Größenverhältnisse).

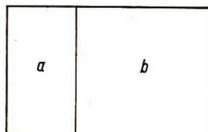
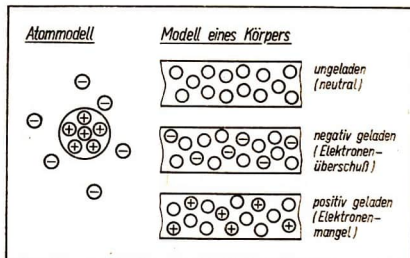


Bild 93/1 Hafttafel zum Thema „Die elektrische Ladung“

Als Applikationen werden runde farbige Papp- oder Plastscheiben verwendet, die für die Darstellung der negativ geladenen Teilchen (Elektronen) einen etwas kleineren Durchmesser und eine andere Farbe haben als für die positiv geladenen Teilchen.

3. Mit Hilfe des SEG „Elektrostatik“ führen die Schüler unter Anleitung des Lehrers Versuche zur Ladungstrennung durch. Steht das Gerät nicht zur Verfügung, werden Demonstrationsversuche nach GS 6, V 5.1.4. durchgeführt. Die dort genannte Paraffinkugel kann man selbst herstellen, indem das Ende eines Glasstabes wiederholt in flüssiges Paraffin eingetaucht wird, wobei man in den Zwischenzeiten die haftende Schicht erhärten läßt. Es sei darauf hingewiesen, daß die Ladungstrennung durch das *Berühren* erfolgt. Das Reiben hat untergeordnete Bedeutung und dient lediglich der intensiveren Berührung auf einer größeren Fläche. Der Lehrer vermeide deshalb auch den Begriff der Reibungselektrizität, der früher für die hier beobachteten Erscheinungen häufig benutzt wurde.

Der Nachweis der Ladungen erfolgt mit dem Elektroskop oder mit dem Elektrometer. Seine Wirkungsweise sollen die Schüler am Ende der Stunde kennenlernen. Der Lehrer sei darauf hingewiesen, daß es sich beim Elektrometer um ein Spannungsmeßgerät handelt. Es können also mit ihm *keine Ladungen gemessen*, sondern lediglich *Ladungen nachgewiesen* werden.

An der Hafttafel, Teil b, wird im Unterrichtsgespräch erörtert, daß die Elektronenaufnahme durch einen Körper zu einem Elektronenüberschuß, d. h. zu einer negativen Ladung, führt. Entsprechend wird dargestellt, daß die Elektronenabgabe zu einem Elektronenmangel, d. h. zu einer positiven Ladung, führt. Es wird wieder mit Applikationen gearbeitet. Man geht von einer Betrachtung am Atommodell aus und sagt, daß Körper aus vielen Atomen aufgebaut sind. Es wird betont, daß es sich um eine Modellvorstellung handelt.

4. Woran erkennt man, daß ein Körper elektrisch geladen ist? Die Schüler sollen zunächst erkennen, daß diese Frage gleichbedeutend mit der Frage nach den Wir-

kungen von Ladungen ist. Es wird weiter erarbeitet, daß es notwendig ist, Experimente durchzuführen, um die *Wirkungen zu erkennen*.

Unter Anleitung des Lehrers führen die Schüler folgenden Versuch durch. Die Plastikplatte wird mit Dederongewebe gerieben und auf den Nadelträger gesetzt. Dann werden die Kraftwirkungen zwischen Platte und Gewebe untersucht. Die Schüler erhalten den Auftrag, den Versuch anschließend zu beschreiben und zu formulieren, zu welchem Ergebnis er geführt hat. Er soll zunächst nur zu der Erkenntnis führen, daß zwischen geladenen Körpern *Kräfte* wirken. Es wird deshalb nur ein Versuch durchgeführt, bei dem zwischen *ungleichartig* geladenen Körpern *anziehende* Kräfte wirken. Formuliert ein Schüler, daß zwischen geladenen Körpern immer anziehende Kräfte wirken, so kann durch einen zweiten Versuch gezeigt werden, daß das nicht immer so ist. Dabei wird die Bedeutung des Experiments für die Erkenntnisgewinnung hervorgehoben.

Daraus ergibt sich die Motivierung, daß eine genauere Untersuchung durchgeführt werden muß, die anschließend erfolgt. Das Ergebnis wird an der Tafel, Teil a (Bild 94/1), dargestellt.

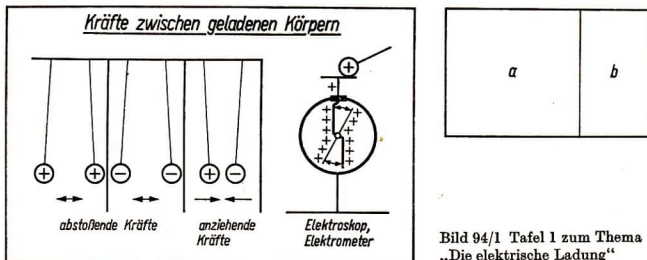


Bild 94/1 Tafel 1 zum Thema „Die elektrische Ladung“

5. Der Lehrer beschreibt den Aufbau des verwendeten Elektroskops oder Elektrometers. Er gibt den Hinweis, daß sich die Ladungen auf den Metallteilen des Meßgerätes verteilen. Er lädt das Gerät je einmal positiv und einmal negativ. Die Schüler beobachten, daß der Zeiger in beiden Fällen ausschlägt. Sie erhalten die Hausaufgabe, in maximal fünf Sätzen zu erklären, weshalb beim Aufladen des Gerätes ein Zeigerausschlag beobachtet werden kann. Dazu ist das Bild 47/1 des Lehrbuches zu benutzen.

Die elektrische Ladung (2. Teil) (2. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Elektrische Ladungen sind teilbar. Die kleinste elektrische Ladung ist die Elementarladung e . Ladung: Formelzeichen Q ; Einheit Coulomb (C)
2. Funktionsweise eines Bandgenerators; $6,2 \cdot 10^{18} e = 1 \text{ C}$
3. Erkennen der Bedeutung eines Bestätigungsversuches; Erklären der Ergebnisse der Experimente zur Ladungsteilung mit Hilfe der Elektronentheorie; Erklären des Begriffes Elementarladung; Arbeit mit dem Lehrbuch

UNTERRICHTSMITTEL

Bandgenerator oder Influenzmaschine

3 Weihnachtsbaumkugeln oder graphitierte bzw. mit Metallfolie eingehüllte Tischtennisbälle

Experimentierleuchte

Dederonfaden

Stativmaterial

Für einen Teil der Versuche kann auch eine Drehwaage nach Schürholz benutzt werden.

STUNDENGLIEDERUNG

a) *Elektrische Ladungen lassen sich von einem Körper auf einen anderen übertragen.*

- | | |
|--|---|
| 1. Funktionsweise eines Bandgenerators erläutern | (10) Kontrolle der Hausaufgabe, Demonstrationsversuch, Unterrichtsgespräch, Arbeit mit dem Lehrbuch |
| 2. In der letzten Stunde gewonnene Erkenntnisse bestätigen | (10) Demonstrationsversuche, Unterrichtsgespräch, Arbeit mit dem Lehrbuch |

b) *Elektrische Ladungen sind teilbar. Die kleinste elektrische Ladung ist die des Elektrons.*

- | | |
|---|--|
| 3. Teilbarkeit von Ladungen und Zusammenhang zwischen den Ladungen und den zwischen ihnen wirkenden Kräften untersuchen | (13) Demonstrationsversuche, Arbeit mit dem Lehrbuch, Tafel a und b |
| 4. Begriff Elementarladung und Einheit der Ladung einführen | (12) Demonstrationsversuch, Unterrichtsgespräch, Mitteilung, Tafel c und d |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Die Funktionsweise des Bandgenerators wird erklärt. Er wird dazu benutzt, die in den letzten Stunden gewonnenen Erkenntnisse zu bestätigen. Dabei werden die Schüler wiederum mit der Bedeutung des Bestätigungsversuches vertraut gemacht. Demonstrationsversuche führen zur Erkenntnis, daß Ladungen teilbar sind. Der Lehrer teilt den Schülern schließlich mit, daß fortwährende Teilung der Ladung zur kleinsten, nicht mehr teilbaren Ladung, der Elementarladung führt.

1. Von der Kontrolle der Hausaufgabe ausgehend, wird die Funktionsweise eines Elektroskops erklärt. Damit wurde ein Gerät zum *Nachweis* der elektrischen Ladung beschrieben. Als Motivierungsfrage ergibt sich daraus, ob es auch ein Gerät für die Ladungstrennung gibt.

Der Lehrer zeigt den Bandgenerator und läßt die Schüler im Lehrbuch, Seite 45 ab „Die geschilderten...“ lesen. Zwei Schüler beantworten die im Text gestellten Fragen, ein dritter beschreibt die Wirkungsweise des Bandgenerators. Die Funktionsweise wird demonstriert, indem das Elektroskop mit seiner Hilfe aufgeladen wird.

2. Die in der letzten Stunde gewonnenen Erkenntnisse werden kurz wiederholt. Sie sollen nun an Hand weiterer Versuche mit Hilfe des Bandgenerators überprüft werden. Dabei kommt es darauf an, daß die Schüler wiederum die Bedeutung solcher

Bestätigungsversuche erkennen. Es wird erarbeitet, daß bei solchen Versuchen die Bedingungen gegenüber den Versuchen geändert werden, die zum Gewinnen der Erkenntnis führen.

Es werden die Versuche V 14, V 15 und V 16 des Lehrbuches (S. 46) durchgeführt. Die Schüler beschreiben nach Lesen des entsprechenden Abschnittes den Versuchsaufbau und die Durchführung der Versuche, berichten über ihre Beobachtungen und formulieren anschließend das Ergebnis. Es empfiehlt sich, die Kugeln bifilar aufzuhängen, oder wie es in GS 6, V. 5.2.5. beschrieben ist. Anstelle der Weihnachtsbaumkugeln können auch Tischtennisbälle verwandt werden, die mittels einer Bleistiftmine mit einer Graphitschicht versehen oder mit einer dünnen Metallfolie eingehüllt wurden. Zum Aufhängen verwende man dünnen Dederonfaden (Strumpfstopfgarn), weil eine gute Isolierung notwendig ist. Die Sichtbarkeit der Experimente wird wesentlich verbessert, wenn man die Kugeln im Schattenwurf beobachtet. Sie werden dazu mit einer Experimentierleuchte oder Bogenlampe beleuchtet. Für die Versuche kann auch eine Drehwaage nach Schürholz benutzt werden, wie sie in GS 6, V 5.2.6., beschrieben ist. Weitere Versuchsanleitungen kann man der Zeitschrift *Mathematik, Physik in der Schule, Heft 4/1963, Seite 362*, einem Artikel von H.-J. Wilke entnehmen. Versuche mit Weihnachtsbaumkugeln werden in der Zeitschrift *Physik in der Schule, Heft 9/1964, Seite 385*, in einem Artikel von Melcher, Gläser und Gerth beschrieben. Bei diesen Versuchen ist zu beachten, daß die Kugeln die Metallschicht *innen* haben und über die metallische Aufhängung zu laden sind.

3. Die Frage: Wovon hängt der Betrag der Kraft zwischen den geladenen Körpern ab? soll beantwortet werden. Dazu ist wieder ein Versuch nötig. Die Schüler lesen die Versuchsbeschreibung V 17 (S. 48) im Lehrbuch und geben Hinweise für die Durchführung. Es wird die Erkenntnis gewonnen, daß die zwischen geladenen Körpern wirkende Kraft mit dem Betrag der elektrischen Ladung zunimmt. Eine quantitative Untersuchung erfolgt nicht. An der Tafel, Teil a, wird die Erkenntnis angeschrieben.

Der Versuch 18 des Lehrbuches (S. 48) wird durchgeführt. Auch hier erfolgt eine skizzenhafte Formulierung der Erkenntnis an der Tafel, Teil. b. Dem Schüler soll damit gezeigt werden, wie man gewonnene Erkenntnisse mit Hilfe von Zeichnungen darstellen kann und sich dabei auf das Wesentliche beschränkt.

4. Kann man Ladungen teilen? Auch diese Frage soll wieder mit einem Experiment beantwortet werden. Dabei soll die am Anfang der Stunde gewonnene Erkenntnis, daß man über den Betrag der Ladung eine Aussage machen kann, wenn man die Kraft mißt, angewandt werden. V 20 des Lehrbuches (S. 50) gibt die Anleitung für den Versuch. Die Schüler beschreiben wieder nach Lesen des Lehrbuchtextes Vorbereitung und Durchführung des Versuches.

Der Lehrer teilt mit, daß die Teilung nicht beliebig weiter fortgeführt werden kann, sondern daß es eine kleinste, nicht mehr teilbare Ladung gibt, die *Elementarladung* e genannt wird. Die Schüler erfahren, daß diese Ladung die des Elektrons ist. Durch eine kurze Wiederholung der Kenntnisse über den Atomaufbau erkennen die Schüler, daß es sich um eine negative Ladung handelt (Tafel, Teil c).

Das Formelzeichen Q für die Ladung und die Einheit Coulomb (C) werden eingeführt. Da in der Praxis viel größere Ladungen als die Elementarladung vorkommen, hat man die Einheit Coulomb als ein Vielfaches der Elementarladung festgelegt:

$C = 6,2 \cdot 10^{18} e$. Die Schreibweise 10^{18} wird den Schülern an der Tafel er-

läutert (Tafel, Teil d). Damit die Schüler wenigstens eine ungefähre Vorstellung von dieser Zahl bekommen, kann man ihnen folgendes mitteilen. Könnte man diese Elektronen zählen, so bräuchte man rund 30 Milliarden Jahre, wenn man in jeder Sekunde ein Elektron zählen würde. Als Vergleichszeitraum kann angegeben werden, daß die Erdkruste vor etwa 3 Milliarden Jahren erhärtete.

In der Zusammenfassung des Stoffes werden nun Übertragbarkeit und Teilbarkeit von Ladungen mit der Bewegung der Elektronen erklärt.

Die elektrische Ladung

Das Elektron trägt die kleinste, nicht mehr teilbare negative Ladung: die Elementarladung e

Ladung
 Formelzeichen: Q
 Einheit: das Coulomb (C)
 $1 \text{ C} = 6,2 \cdot 10^{18} e$
 $10^{18} = 1\,000\,000\,000\,000\,000\,000$

Ladungen sind übertragbar

a	c
b	d

Bild 97/1 Tafel 2 zum Thema „Die elektrische Ladung“

Das elektrische Feld (3. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Zwischen geladenen Körpern wirken Kräfte. In einem Raum, in dem Kraftwirkungen auf elektrisch geladene Körper beobachtet werden können, besteht ein elektrisches Feld. Das elektrische Feld kann mit Hilfe von Feldlinien dargestellt werden.
2. Das Feld zwischen zwei geladenen Kugeln
3. Beschreiben eines Versuchsergebnisses; Darstellen des elektrischen Feldes mittels Feldlinien

UNTERRICHTSMITTEL

Geräte nach GS 6, V 5.2.2.

Geräte nach GS 6, V 5.2.3.

Wasserwellen-, Strömungs- und Projektionsgerät WSP 220 oder Tageslichtschreibprojektor

Gerät zur Projektion elektrischer Felder

Holundermarkkugeln

Folie: Elektrisches Feld bei Plattenkondensator und Bandgenerator

STUNDENGLIEDERUNG

a) *Im Raum um jeden geladenen Körper können Kraftwirkungen beobachtet werden.*

1. Kraftwirkungen zwischen zwei geladenen Platten (13) Demonstrationsversuche, Unterrichtsgespräch

b) *Wenn in einem Raum Kraftwirkungen auf geladene Körper beobachtet werden können, so sagt man, in diesem Raum besteht ein elektrisches Feld. Es kann mit Hilfe von Feldlinien dargestellt werden.*

2. Begriffe elektrisches Feld und Feldlinien einführen (15) Demonstrationsversuch, Tafel, Unterrichtsgespräch
3. Formen elektrischer Felder untersuchen (12) Demonstrationsversuche, Unterrichtsgespräch, Folie
4. Ein elektrisches Feld zeichnerisch darstellen (5) Arbeit im Heft

MATERIALIEN UND HINWEISE

In einem Demonstrationsversuch werden die Kraftwirkungen und die Kraftrichtungen zwischen zwei geladenen Platten gezeigt. Davon ausgehend werden die Begriffe elektrisches Feld und Feldlinie eingeführt. Der Modellcharakter der Feldlinien wird betont. Weitere Demonstrationen elektrischer Felder dienen der Vertiefung des Feldbegriffes.

1. Einführend werden kurz die bekannten Eigenschaften der elektrischen Ladung wiederholt. Die Schüler erfahren, daß nun der Raum zwischen geladenen Körpern untersucht werden soll. Das wird damit motiviert, daß in diesem Raum ja die Kraftwirkung von einem geladenen Körper auf den anderen übertragen wird.

Die Schüler machen Vorschläge, wie die Untersuchung erfolgen kann. Dann erfolgt ein Versuch entsprechend V 23 im Lehrbuch (S. 54).

Es wird eine Kraftwirkung beobachtet, die sofort verschwindet, wenn die Platten entladen werden.

Diese Kraftwirkungen sollen durch einen zweiten Versuch nach GS 6, V 5.2.2.a, genauer untersucht werden. Die Schüler beschreiben, daß durch die Papierfähnchen die Kraftrichtungen in den jeweiligen Punkten angegeben werden.

2. Der Lehrer stellt die Aufgabe, die Kraftrichtungen im Raum zwischen den geladenen Platten darzustellen. An der Tafel, Teil a (Bild 99/1), wird zunächst das Versuchsergebnis unter Mitarbeit der Schüler vereinfacht dargestellt.

Dabei kommt es wieder darauf an, die Schüler auf das Wesentliche zu orientieren. Bei der Entwicklung des Tafelbildes wird wieder auf den Zusammenhang zwischen der Ladung und der Wirkung einer Kraft eingegangen.

Die Schüler erfahren, daß man sagt, in einem Raum besteht ein *elektrisches Feld*, wenn die im Versuch demonstrierten Kraftwirkungen beobachtet werden können. Der zuletzt durchgeführte Versuch wird so abgeändert, daß ein Papierfähnchen an verschiedene Stellen des Feldes gebracht wird. Die Schüler erkennen, daß man auf diese Weise die Kraftrichtung für jeden einzelnen Punkt des Feldes feststellen kann. An der Tafel, Teil b, werden nochmals für einige Punkte die Kraftrichtungen dargestellt. Nun werden die *Feldlinien* eingeführt. Sie geben für alle Punkte, durch die sie verlaufen, die *Kraftrichtung* an. (Die Ladungen auf den Platten werden vereinfacht mit Q_+ bzw. Q_- dargestellt.) Die Schüler sollen erkennen, daß man theoretisch unendlich viele Feldlinien zeichnen könnte, aber nur so viele zeichnet, wie es zur

Beschreibung des Feldes notwendig ist. Die Schüler müssen weiter erkennen, daß die Feldlinien nur ein Hilfsmittel sind, d. h. Modellcharakter tragen, und in Wirklichkeit nicht existieren, während das Feld etwas wirklich Existierendes ist. Es muß auch deutlich gemacht werden, daß das in Wirklichkeit existierende Feld räumlichen Charakter trägt, während *seine Darstellung* mit Hilfe der Feldlinien nur in der (Papier-)Ebene erfolgt. Der Richtungssinn der Feldlinien vom positiv zum negativ geladenen Körper wird vom Lehrer mitgeteilt. Er erläutert, daß der Richtungssinn willkürlich festgelegt wurde.

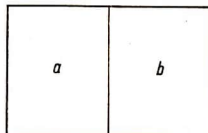
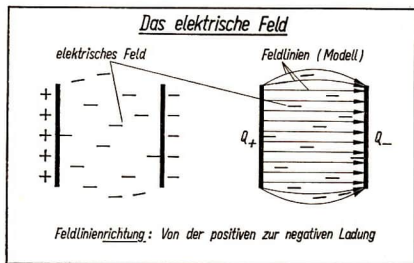


Bild 99/1 Tafel zum Thema „Das elektrische Feld“

3. Der Versuch 5.2.2. aus GS 6 verdeutlicht den räumlichen Charakter des Feldes. Man kann auf die Platten des vorhergehenden Versuches mittels Knetmasse schmale Streifen aus Seidenpapier heften.

Durch zwei weitere Versuche nach GS 6, V 5.2.3., soll der Feldbegriff vertieft werden. Zur Begründung geht man davon aus, daß die Anzahl der Körper, die die Richtung der Feldlinien anzeigen, erhöht werden soll. Anstelle von Rizinusöl kann auch Paraffinöl benutzt werden. Die Versuche gelingen auch, wenn man zwischen die aus Blech geschnittenen Konduktorformen fein gepulverte Hydrochinonkristalle, Zinksulfatkristalle oder kurze Fasern einer Hanfschnur streut.

Vorteilhaft ist es, wenn die Feldlinienbilder projiziert werden. Dazu eignet sich das vom SKUS gelieferte Gerät zur Projektion elektrischer Felder. Es wird in Verbindung mit dem Wasserwellen-, Strömungs- und Projektionsgerät WSP 220 oder dem Tageslichtschreibprojektor benutzt. Auch die Projektionseinrichtung der früher gelieferten Wellenwanne ist geeignet.

Wenn auch der Lehrplan die Beschränkung auf die Untersuchung des homogenen Feldes zwischen zwei parallelen Platten verlangt, sollte man in einem zweiten Versuch das Feld zwischen zwei ungleichnamig geladenen Kugeln zeigen, wie es ebenfalls in GS 6, V 5.2.3., beschrieben ist. Damit soll verhütet werden, daß der Schüler zu der Meinung gelangt, daß die Feldlinien *immer* parallel verlaufen müssen. Zur Veranschaulichung dient die Folie: Elektrisches Feld bei Plattenkondensator und Bandgenerator.

4. Abschließend zeichnen die Schüler im Heft das Feldlinienbild zwischen zwei ungleichartig geladenen Platten. Sie erhalten als Hausaufgabe die Aufgabe 123 des Lehrbuches.

Die elektrische Spannung (4. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Bewegt man einen geladenen Körper in einem elektrischen Feld in Richtung der Feldlinien entgegen der auf ihn einwirkenden Kraft, so ist dazu eine Arbeit notwendig. Den Quotienten aus der Verschiebungsarbeit W zwischen zwei Punkten eines Feldes und der bewegten Ladung Q bezeichnet man als elektrische Spannung U . $U = \frac{W}{Q}$; Einheit Volt (V); $1 \text{ V} = \frac{1 \text{ Ws}}{1 \text{ C}}$
2. Messen einer Spannung mit dem Elektrometer
3. Anwenden der Kenntnisse über Arbeit und Energie auf ein neues Problem; Analogiebetrachtungen; Unterscheiden zwischen Erfahrungssatz und Definitionsgleichung

UNTERRICHTSMITTEL

- a) Drehwaage nach Schürholz
oder
- b) Spannungswaage
4 Isolatoren
4 Holtzsche Klemmen
Stativmaterial
oder
- c) 2 Kondensatorplatten
2 Holtzsche Klemmen

Holundermarkkugeln oder kleine isolierte Metallkugel
Stativmaterial
Dederonfaden, dünn
Bandgenerator
Folie: Arbeit im elektrischen Feld

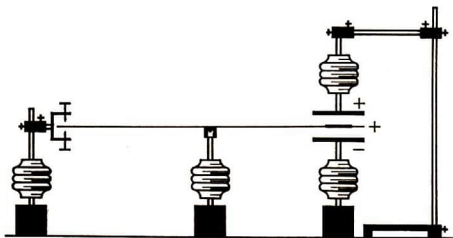


Bild 100/1 Versuchsaufbau: Spannungswaage

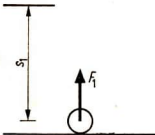
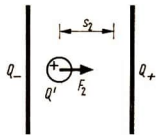
STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|---|--|
| 1. Kenntnisse über mechanische Arbeit wiederholen | (8) Unterrichtsgespräch, Tafel 1a |
| a) An einer Probeladung im elektrischen Feld wirkt eine Kraft. | |
| 2. Kraft an einer Probeladung im elektrischen Feld nachweisen | (7) Demonstrationsversuch, Unterrichtsgespräch |
| b) Bewegt man einen geladenen Körper in Richtung der Feldlinien entgegen der auf ihn einwirkenden Kraft, so wird Arbeit verrichtet. | |
| 3. Arbeit an der Probeladung demonstrieren | (15) Demonstrationsversuch, Tafel 1b, Folie, Unterrichtsgespräch |
| c) Die Spannung U zwischen zwei Punkten eines Feldes ist der Quotient aus der zwischen den Punkten verrichteten Verschiebungsarbeit W und der bewegten Ladung Q . | |
| 4. Elektrische Spannung definieren | (15) Mitteilung, Unterrichtsgespräch, Tafel 2 |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Ausgehend von einer Wiederholung der Kenntnisse über die mechanische Arbeit wird die Kraft an einem geladenen Probekörper im elektrischen Feld experimentell qualitativ untersucht. Der Probekörper wird im Feld entgegen der Kraft bewegt. Es erfolgt eine Analogiebetrachtung zwischen der Hubarbeit und der Arbeit an einem geladenen Probekörper im elektrischen Feld. Im letzten Teil der Stunde wird die elektrische Spannung als Quotient aus Verschiebungsarbeit und bewegter Ladung definiert.

1. Die Kontrolle der Hausaufgabe wird mit einer kurzen Wiederholung der in der letzten Stunde gewonnenen Erkenntnisse über das elektrische Feld verknüpft. Als Motivierung erfahren die Schüler, daß in der Technik häufig Ladungen in elektrischen Feldern bewegt werden. Als Beispiele können die Bildröhre des Fernsehempfängers sowie jede andere Elektronenröhre dienen. Deshalb soll in dieser Stunde die Bewegung von Ladungen in elektrischen Feldern untersucht werden. Zunächst sollen dazu die Kenntnisse über die mechanische Arbeit wiederholt werden. Am Beispiel eines gehobenen Körpers werden Definitionsgleichung und Einheiten für die Arbeit wiederholt. An der Tafel 1, Teil a (Bild 101/1), erfolgt eine entspre-

<p><u>Mechanische Arbeit</u></p>  <p>Hubarbeit : $W_1 = F_1 \cdot s_1$ Einheiten : kpm, Ws</p>	<p><u>Arbeit im elektrischen Feld</u></p>  <p>Verschiebungsarbeit im elektrischen Feld : $W_2 = F_2 \cdot s_2$</p>	<table border="1" style="width: 100%; height: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center; vertical-align: middle;">a</td> <td style="width: 50%; text-align: center; vertical-align: middle;">b</td> </tr> </table>	a	b
a	b			
		<p>Bild 101/1 Tafel 1 zum Thema „Die elektrische Spannung“</p>		

chende Darstellung, die später zum Vergleich mit der Arbeit an einer Ladung im elektrischen Feld herangezogen werden soll. Besonders wird auf die Einheit Wattsekunde (Ws) Wert gelegt. Diese Einheit wurde in Klasse 7 nur kurz eingeführt. Sie gewinnt aber jetzt größere Bedeutung, da sie später zur Definition der Spannungseinheit Volt und als Einheit der elektrischen Arbeit benötigt wird. (Siehe Unterrichtshilfe Physik, 7. Klasse, S. 111.)

2. Die Schüler zeichnen in das am Ende der vorhergehenden Stunde gezeichnete Feldlinienbild einen positiv geladenen Körper ein und beantworten die Frage: Was wird mit dem positiv geladenen Körper geschehen, wenn er frei beweglich ist? Die Bestätigung der richtigen Antwort gibt ein Experiment.

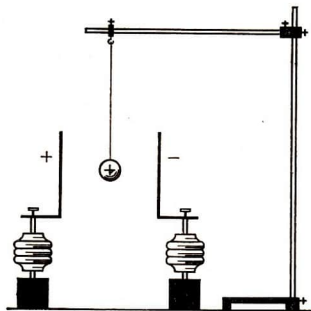


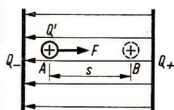
Bild 102/1 Versuchsaufbau:
Kraftwirkung an einer Probeladung

Als Versuchsaufbau kann der in GS 6, V 5.1.7., dargestellte benutzt werden. Es wird nur ein qualitativer Versuch durchgeführt. (Die dort angeführten Messungen sind nicht vorzunehmen.) Zwei weitere Versuchsmöglichkeiten zeigen die Bilder 100/1 und 102/1. Der im Feld befindliche geladene Körper wird als Probekörper bezeichnet und erhält zur Unterscheidung von den das Feld erzeugenden Ladungen Q_+ und Q_- das Zeichen Q' . Die aus dem Versuch gewonnene Erkenntnis lautet dann: An einem Probekörper mit der Ladung Q' , der sich im elektrischen Feld befindet, wirkt eine Kraft.

3. Mit dem soeben benutzten Versuchsaufbau wird demonstriert, daß zum Bewegen eines Probekörpers in einem elektrischen Feld gegen die dort wirkende Kraft eine Arbeit notwendig ist, da eine Kraft längs eines Weges wirkt.

Mit Hilfe der Folie „Arbeit im elektrischen Feld“ und an der Tafel 1, Teil b, erfolgt eine entsprechende Erläuterung. Dieses geschieht in einer Analogiebetrachtung zur Hubarbeit. Analoge Größen werden verglichen: Das Gewicht des Körpers entspricht der Kraft auf den Probekörper; die zum Heben notwendige Kraft und das Gewicht haben gleichen Betrag und sind entgegengesetzt gerichtet, die zum Bewegen des Probekörpers notwendige Kraft und die im Feld auf den Probekörper wirkende Kraft haben gleichen Betrag und sind entgegengesetzt gerichtet; die beiden Wege entsprechen einander. Die Hubarbeit entspricht der Verschiebungsarbeit im Feld. Diese Analogiebetrachtung dient vor allem auch dazu, das Vergleichen zu üben.

Die elektrische Spannung



$$\text{Elektrische Spannung} = \frac{\text{Verschiebungsarbeit}}{\text{bewegte Ladung}}$$

$$U_{AB} = \frac{W}{Q'}$$

$$\overline{AB} = s$$

$$W = F \cdot s$$

$$\frac{W}{Q'} = \text{konstant}$$

Formelzeichen : U
Einheit : das Volt (V)

$$\frac{1 \text{ Ws}}{1 \text{ C}} = 1 \text{ V}$$

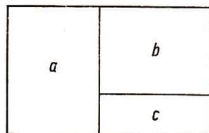


Bild 103/1 Tafel 2 zum Thema „Die elektrische Spannung“

4. Nun führt der Lehrer die physikalische Größe *Spannung* ein. Er faßt die eben gewonnenen Erkenntnisse an Hand einer Tafelskizze (Tafel 2, Teil a; Bild 103/1) zusammen und bezeichnet dabei Anfang und Ende des Weges s mit A bzw. B. Er erläutert den Schülern, wie genaue Messungen ergeben haben, daß der Quotient aus der Verschiebungsarbeit W zwischen zwei Punkten eines Feldes und der Ladung Q' des zwischen diesen beiden Punkten bewegten Körpers einen konstanten Wert ergibt, ganz gleich wie groß man Q' wählt. Nur darf während der Messung das elektrische Feld nicht verändert werden. Deshalb hat man mit Hilfe dieses Quotienten eine neue physikalische Größe festgelegt (definiert), die elektrische Spannung zwischen den betreffenden Punkten (Tafel 2, Teil b und Tafelüberschrift).

Für sie wird das Formelzeichen U eingeführt. An dieser Stelle wird der Unterschied zwischen einem Erfahrungssatz (z. B. $F_1 \cdot s_1 = F_2 \cdot s_2$ und $p = \gamma \cdot h$) und einer Definitionsgleichung (z. B. $v = \frac{s}{t}$ und $W = F \cdot s$) wiederholt.

Die Einheit der Spannung $\frac{1 \text{ Ws}}{1 \text{ C}}$ finden die Schüler selbst, die Bezeichnung 1 Volt

(1 V) für diesen Quotienten führt der Lehrer ein (Tafel 2, Teil c).

Die neuen Kenntnisse werden auf das im ersten Versuch demonstrierte Feld (ohne Probekörper) angewendet. Es wird herausgearbeitet, daß zwischen verschiedenen Punktepaares des Feldes unterschiedliche Spannungen bestehen. Schließlich wird der Sonderfall der Spannung zwischen den beiden Platten erörtert.

Energie des elektrischen Feldes (5. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Beim Trennen von Ladungen wird eine Arbeit verrichtet. Die aufgewandte Arbeit wird als Energie des Feldes gespeichert.
2. Spannungsmessung im elektrischen Feld
3. Anwenden einer Gleichung auf ein experimentelles Problem

UNTERRICHTSMITTEL

Arbeitsblätter

2 Kondensatorplatten

2 Holtzsche Klemmen

Bandgenerator

Elektrometer oder Elektroskop

2 bifilar aufgehängte Weihnachtsbaumkugeln

Weihnachtsbaumkugel an einem isolierenden Stab

Holundermarkkugeln

STUNDENGLIEDERUNG

a) *Die Spannung zwischen den das Feld erzeugenden Ladungen kann mit dem Elektrometer gemessen werden.*

1. Kenntnisse über die elektrische Spannung im Feld vertiefen (15) Demonstrationsversuche, Unterrichtsgespräch, Tafel a

b) *Beim Trennen von Ladungen muß eine Arbeit verrichtet werden. Die aufgewandte Arbeit wird als Energie des Feldes gespeichert.*

2. Arbeit beim Trennen von Ladungen verdeutlichen (12) Unterrichtsgespräch, Tafel b Unterrichtsgespräch, Tafel c

3. Mit der Energie des Feldes vertraut machen

4. Kenntnisse über Ladung und Spannung zusammenfassen (18) Arbeit mit dem Arbeitsblatt, Demonstrationsversuche

MATERIALIEN UND HINWEISE

Durch eine Überlegung, die anschließend in einem Experiment bestätigt wird, werden die Kenntnisse über die Spannung vertieft. Anschließend wird im Unterrichtsgespräch die Erkenntnis erarbeitet, daß diese Arbeit in Form von Energie im Feld gespeichert wird. Die Stunde schließt mit einer wiederholenden Zusammenfassung über Ladung und Spannung an Hand eines Arbeitsblattes.

1. Zunächst wird wiederholt, wie die elektrische Spannung definiert ist. Nun soll theoretisch gefunden werden, wie sich die Spannung zwischen zwei Kondensatorplatten ändert, wenn man ihren Abstand vergrößert. Die Schüler sollen selbst die Forderung stellen, daß die theoretisch gefundene Aussage durch ein Experiment überprüft werden muß. Der Darstellung dieses Zusammenhangs zwischen Theorie und Praxis ist vom Lehrer große Aufmerksamkeit zu schenken, damit die Schüler das Experiment nicht als bloßes Veranschaulichungsmittel sehen.

An der Tafel, Teil a (Bild 105/1), werden die Überlegungen durch eine Zeichnung unterstützt. Dabei kommt es auf die Anwendung der in der letzten Stunde behandelten Gleichung für die Spannung an. Da nach Vergrößern des Abstandes der beiden Platten für die Bewegung des Probekörpers von einer Platte zur anderen eine größere Arbeit notwendig ist, muß sich die Spannung vergrößern.

Dies wird nun in einem Experiment überprüft. Dazu werden die Schüler damit bekannt gemacht, daß man mit dem Elektrometer Ladungen *nachweisen* und Spannungen *messen* kann. Der Versuchsaufbau kann GS 6, V 5.1.8.b, entnommen werden. Nachdem die mit dem Elektrometer verbundenen Platten mittels eines Band-

generators geladen sind, wird ihr Abstand vergrößert. Es kann ein Ansteigen der Spannung am Meßgerät beobachtet werden. Damit wird gleichzeitig demonstriert, daß das Elektrometer keine Ladungen mißt, da die Ladung der Platten während des Versuches konstant bleibt.

2. Unterstützt durch eine Tafelzeichnung, Teil b, wird erarbeitet, daß beim Trennen von Ladungen eine Arbeit verrichtet werden muß. Es ist dabei darauf zu achten, daß keine Verwechslung mit der Arbeit beim Bewegen eines geladenen Probekörpers im Feld auftritt.

Ferner sei der Lehrer auf folgenden Unterschied beider Vorgänge aufmerksam gemacht. Die Kraft auf einen Probekörper im homogenen Feld hat einen konstanten Betrag, sie ändert sich also während der Bewegung nicht. Für die Kraft beim Trennen von Ladungen, d. h. beim Aufbau eines elektrischen Feldes, ist der Betrag der

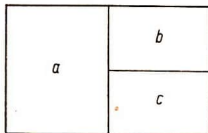
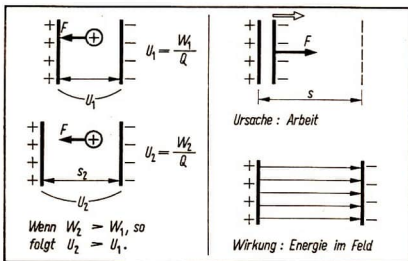


Bild 105/1 Tafel zum Thema „Energie des elektrischen Feldes“

Kraft nicht konstant. Entsprechend dem Coulombschen Gesetz gilt $F \sim \frac{1}{r^2}$. Da dieses Gesetz in Klasse 8 nicht behandelt wird, vermeide der Lehrer quantitative Betrachtungen bei der Erörterung der zum Trennen von Ladungen notwendigen Arbeit.

3. Ausgehend von dem in der letzten Stunde behandelten Beispiel der Hubarbeit wird festgestellt, daß diese in Form von potentieller Energie des gehobenen Körpers gespeichert wird. Daraus ergibt sich die Frage, wo die beim Trennen der Ladungen verrichtete Arbeit in Form von Energie gespeichert wird.

Der Lehrer teilt mit, daß das elektrische Feld Träger der Energie ist (Tafel, Teil c). Man spricht auch von der elektrischen Energie des Feldes. Der Lehrer gibt den Hinweis, daß in der nächsten Stunde u. a. untersucht werden soll, ob diese Energie in andere Energiearten umgewandelt werden kann.

4. Der letzte Teil der Stunde soll dazu dienen, das in den ersten fünf Stunden der Elektrizitätslehre erworbene Wissen zusammenfassend zu wiederholen.

Dazu bearbeiten die Schüler zunächst das Arbeitsblatt *Die elektrische Ladung* (Bild 106/1). Die zu den Aufgaben 1 bis 3 gehörenden Versuche werden nach der schriftlichen Beantwortung der Fragen als Bestätigungsversuche von einigen Schülern vorgeführt. Bei der Erläuterung der Versuche wird auf das durch die Aufgaben nicht erfaßte Grundwissen, wie z. B. Teilbarkeit der Ladungen, Elementarladung, Definitionsgleichung für die Spannung u. a., mit eingegangen.

Arbeitsblatt

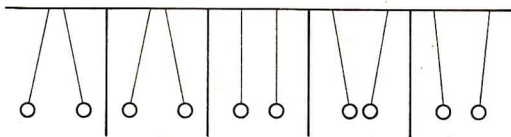
Datum _____

Name _____

Klasse _____

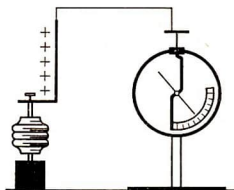
Die elektrische Ladung

1. Gib bei den isoliert aufgehängten Kugeln an, wie sie geladen sind! Beachte, daß es mehrere Möglichkeiten gibt! Benutze die Zeichen $+$ und $-$!



2. a)
Was wird hier durch das Elektrometer nachgewiesen?

.....
.....
.....
.....



- b)
Welche physikalische Größe wird hier gemessen?

.....
.....
.....
.....

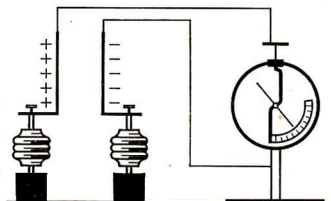
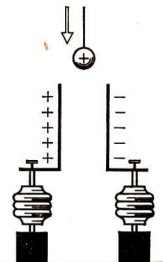


Bild 106/1 Arbeitsblatt zum Thema „Die elektrische Ladung“ (Vorderseite)



3. In das Feld zwischen den eng aneinander stehenden Platten wird eine an einem isolierenden Faden hängende geladene kleine Metallkugel gebracht. Beschreibe, was geschieht und begründe deine Aussage!

.....

.....

.....

.....

.....

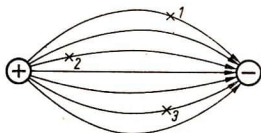
.....

.....

.....

.....

.....



4. Ein positiv geladener Körper wird nacheinander an die Stellen 1, 2 und 3 des hier dargestellten Feldes gebracht. Was kannst du über die Richtung der Kraft aussagen, die auf den Körper wirkt?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Stehen Arbeitsblätter nicht zur Verfügung, so werden die Experimente ohne Kommentar vom Lehrer vorgeführt. Die Schüler erhalten den Auftrag, diese Versuche mit Hilfe des bisher erworbenen Wissens zu beschreiben.

Der elektrische Strom (6. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Beim Ladungsausgleich werden geladene Teilchen bewegt. Diese Bewegung von geladenen Teilchen nennt man elektrischen Strom. In einem metallischen Leiter befinden sich frei bewegliche Elektronen.
2. Beispiele für Leiter und Isolatoren
3. Erklären des Ladungsausgleiches mit Hilfe der Elektronen; Unterscheiden von Leitern und Isolatoren auf der Basis der Elektronentheorie

UNTERRICHTSMITTEL

2 Kondensatorplatten	SEG Elektrostatik
2 Holtzsche Klemmen	Hafttafel
Bandgenerator	Applikationen (siehe 1. Stunde)
Elektroskop	Spannungsquelle
Seidenpapierstreifen	Glühlampe
versch. Leiter und Isolatoren	Heizwendel
Glimmlampe	kleiner Motor
Knetmasse	Spule mit Kern
Probekugel oder Probelöffel	Eisenkörper

STUNDENGLIEDERUNG

a) *Beim Ladungsausgleich bewegen sich geladene Teilchen. Diese Bewegung von geladenen Teilchen heißt elektrischer Strom.*

- | | |
|--|--|
| 1. Zielorientierung für die nächsten Stunden geben | (15) Mitteilung |
| 2. Möglichkeiten des Ladungsausgleichs untersuchen | Demonstrationsversuche, Unterrichtsgespräch, Tafel a |

b) *In einem metallischen Leiter befinden sich frei bewegliche Elektronen.*

- | | |
|---|---|
| 3. Vorstellungen vom Aufbau von Leitern und Isolatoren schaffen | (18) Demonstrationsversuche, Unterrichtsgespräch, Tafel b, Hafttafel |
| 4. Wirkungen des Stromes demonstrieren | (12) Demonstrationsversuche, Schülerversuch, Unterrichtsgespräch, Tafel c |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Es wird die Orientierung auf die Behandlung bewegter Ladungen in den nächsten Stunden gegeben. Mit Hilfe von Demonstrationsexperimenten wird der Begriff elektrischer Strom eingeführt und erklärt. Es werden Leiter und Isolatoren unterschieden, ihre elektrischen Eigenschaften werden mit Hilfe der Elektronentheorie erklärt. Damit ist eine immanente Wiederholung der in Klasse 6 erworbenen Kennt-

nisse verknüpft (siehe Lehrplan Physik, Klasse 6, Abschnitt 2.12. und Unterrichtshilfe Physik, Klasse 6, Seite 201 ff.). Die Stunde schließt mit der Demonstration einiger Wirkungen des elektrischen Stromes.

1. Der Lehrer macht den Schülern bewußt, daß in den vergangenen Stunden über ruhende Ladungen und ihre Wirkungen gesprochen wurde. Zur Motivierung der folgenden Stunden geht er davon aus, daß dem Schüler aus dem Werkunterricht und aus der Umgangssprache bekannt ist, daß „in den elektrischen Leitungen Strom fließt“. In den nächsten Stunden soll nun genauer untersucht werden, was dabei vorgeht.

2. Die Schüler erhalten den Auftrag, den folgenden Versuch, den der Lehrer *ohne* Erläuterungen vorführt, zu beobachten, zu beschreiben und die beobachtete Erscheinung zu erklären.

Zwei Kondensatorplatten auf Holtzschen Klemmen werden parallel zueinander aufgestellt und mit dem Elektrometer verbunden. An den inneren Seiten der Platten sind mittels Knetmasse oder eines wasserlöslichen Klebstoffes Seidenpapierstreifen angebracht. Diese dürfen nur so lang sein, daß sie beim Abstreifen die Streifen der gegenüberliegenden Platte nicht berühren. Die Platten werden mittels eines Bandgenerators ungleichartig aufgeladen. Nun berührt der Lehrer mit einer isolierten Probekugel erst die eine Platte, bringt die Probekugel auf beliebigem Wege zur anderen Platte und wiederholt das so lange, bis die Platten entladen sind.

Die Schüler erklären die beobachteten Erscheinungen, d. h. das Entladen der Platten, und das damit verbundene Verschwinden des Feldes infolge des Ladungsausgleiches. Die Schüler müssen erkennen, daß Ladungen bewegt wurden, d. h., daß Elektronen von der negativ geladenen Platte (Elektronenüberschuß) zur positiv geladenen (Elektronenmangel) transportiert wurden.

Der Lehrer leitet daraus die Frage ab, auf welche Weise die Bewegung der Elektronen von der negativ zur positiv geladenen Platte noch erfolgen könnte.

Es wird erarbeitet, daß man die Platten mit einem Körper verbinden muß, durch den sich die Elektronen bewegen können.

Ein anschließender Demonstrationsversuch, bei dem die geladenen Platten mit einem Draht verbunden werden, zeigt diese Möglichkeit.

Für die auf diese Weise bewegten Ladungen wird der Begriff *elektrischer Strom* eingeführt (Tafel, Teil a; Bild 109/1).

<u>Der elektrische Strom</u>	
<i>Elektrischer Strom : bewegte geladene Teilchen</i>	
<i>Leiter</i>	<i>Isolatoren</i>
<i>Metalle</i>	<i>Glas</i>
<i>Kohle</i>	<i>Gummi</i>
<i>verd. Schwefelsäure</i>	<i>Porzellan</i>
	<i>Plaste</i>
	<i>dest. Wasser</i>
<i>Wirkungen des elektrischen Stromes :</i>	
<i>Lichtwirkung</i>	
<i>Wärmewirkung</i>	
<i>magnetische Wirkung</i>	
<i>mechanische Wirkung</i>	
<i>chemische Wirkung</i>	

<i>a</i>	<i>c</i>
<i>b</i>	

Bild 109/1 Tafel zum Thema „Der elektrische Strom“

3. Sind alle Stoffe geeignet, den Ladungsausgleich zu ermöglichen, d. h. den elektrischen Strom zu leiten? Die Schüler sollen Vorschläge machen, wie man diese Frage beantworten kann. Die bisher in dieser Stunde verwandte Versuchsanordnung wird für das Experiment benutzt. Die geladenen Platten werden mit Körpern aus verschiedenen Stoffen verbunden. Die Stoffe werden in *Leiter* und *Isolatoren* eingeteilt. Hierbei werden die Kenntnisse aus dem Werkunterricht genutzt (Tafel, Teil b).

Nun soll die Begründung dafür gefunden werden, weshalb manche Stoffe den Strom gut leiten und manche Stoffe nur sehr schlecht oder so gut wie gar nicht. Zur Motivierung wird davon ausgegangen, daß in der Technik sowohl Stoffe benötigt werden, die den Strom gut leiten (Energieübertragung), als auch solche, die ihn sehr schlecht leiten (Isoliermaterialien). Kennt man die Ursache, dann können entsprechende Stoffe leichter hergestellt werden.

An der Hafttafel (Bild 110/1) wird von der Darstellung des ungeladenen Körpers ausgegangen, wie sie in der 1. Stunde dieser Stoffeinheit erfolgte. Dabei wird wieder

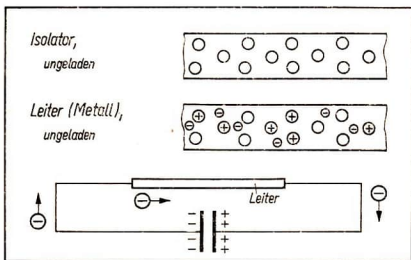


Bild 110/1 Hafttafel zum Thema „Der elektrische Strom“

betont, daß es sich um eine *Modellvorstellung* handelt. Nun erläutert der Lehrer, daß bei Metallen ein Teil der Elektronen der Atomhülle innerhalb des Körpers frei beweglich ist. Er verdeutlicht das an einem zweiten Bild an der Hafttafel und führt dabei den Begriff *freies* bzw. *frei bewegliches Elektron* ein. Es muß besonders darauf geachtet werden, daß die Schüler erkennen, daß es sich auch hier um einen *ungeladenen* Körper handelt, da gleich viel positive und negative Ladungen vorhanden sind. Die Schüler entscheiden selbständig, bei welcher der beiden Darstellungen es sich um einen Leiter bzw. Isolator handelt.

Eine dritte Teilzeichnung dient der zusammenfassenden Darstellung des Ladungsausgleichs und des dabei fließenden Elektronenstromes.

4. Nun soll die Frage: Woran erkennt man den elektrischen Strom? beantwortet werden. Im Unterrichtsgespräch wird bewußtgemacht, daß man z. B. fließendes Wasser sehen und strömende Luft fühlen kann. Dies ist beim elektrischen Strom nicht möglich. Die Schüler werden zu der Erkenntnis geführt, daß man den elektrischen Strom nur an seinen Wirkungen erkennen kann. Hierbei wird dem Schüler wieder deutlich gemacht, wie der Mensch durch eine zielstrebige Forschung die Gesetzmäßigkeit physikalischer Vorgänge erkennen kann, auch wenn sie seinen Sinnen nicht direkt zugänglich sind.

Im Experiment werden einige Wirkungen demonstriert. Dabei muß ein Stromversorgungsgerät benutzt werden. Es wird den Schülern der Hinweis gegeben, daß die bisher benutzten geladenen Körper nicht geeignet sind, einen Strom längere Zeit fließen zu lassen, und deshalb andere Geräte benutzt werden müssen. Dies wird damit demonstriert, daß man im Schülerexperiment die Plastplatte auflädt und über die Glimmlampe entladen läßt. Sie leuchtet nur kurz auf. Genaueres über die Stromversorgungsgeräte werden die Schüler im Laufe der Behandlung der Elektrizitätslehre erfahren. An einer Glühlampe, einer Heizwendel, einem aus Spule und Kern bestehenden Elektromagneten und einem Motor werden einige Wirkungen gezeigt und an der Tafel, Teil c, zusammenfassend dargestellt. Hinweise zu den Versuchen kann man GS 6 entnehmen.

Abschließend wird darauf hingewiesen, daß auch beim Gewitter ein Ausgleich von Ladungen stattfindet und daß der Blitz das Fließen eines elektrischen Stromes darstellt. Eine genaue Erklärung für das Entstehen eines Gewitters kann in Klasse 8 noch nicht gegeben werden. Dabei kann der Lehrer einen Beitrag zur weltanschaulichen Bildung und Erziehung leisten, indem er aufzeigt, wie die Erforschung der Gesetzmäßigkeiten der Natur dazu führt, abergläubische Vorstellungen zu beseitigen, und wie der Mensch seine Erkenntnisse zu seinem Schutz anwenden kann (Blitzableiter).

Die elektrische Stromstärke (7. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Die elektrische Stromstärke I ist der Quotient aus der bewegten Ladung Q und der Zeit t ; $I = \frac{Q}{t}$; Einheit Ampere (A); Schaltzeichen für den Strommesser; Strommesser werden in Reihe zum elektrischen Gerät geschaltet.
2. Nachweis der Stromrichtung
3. Ablesen von Stromstärken

UNTERRICHTSMITTEL

Hafttafel

Applikationen: Zeiger

Skalen für Hafttafel

Spannungsquelle

Schiebewiderstand

Strommesser, möglichst verschiedene

Glühlampe in Fassung

Verbindungsleiter

Arbeitsblätter

Folie: Einführung in die Prüf- und Meßtechnik, Schülervielfachmeßgerät „Polyzet“

STUNDENGLIEDERUNG

a) Die elektrische Stromstärke ist der Quotient aus Ladung und Zeit.

1. Die elektrische Stromstärke und ihre Einheit einführen (15) Unterrichtsgespräch, Tafel a und b, Demonstrationsversuch

b) Strommesser werden in Reihe zum elektrischen Gerät geschaltet.

2. Mit Schaltung und Schaltzeichen für den Strommesser bekanntmachen (10) Unterrichtsgespräch, Tafel c und d, Demonstrationsversuch
 3. Richtung des Elektronenstromes nachweisen (5) Demonstrationsversuch, Unterrichtsgespräch
 4. Ablesen von Stromstärken üben (15) Hafttafel oder Tageslichtschreibprojektor, Arbeit mit dem Heft, Arbeit mit dem Arbeitsblatt

MATERIALIEN UND HINWEISE

Die physikalische Größe Stromstärke wird an Hand der Definitionsgleichung eingeführt. Die Messung dieser Größe erfordert die Kenntnis der Schaltung des Strommessers. Außerdem wird in dieser Stunde damit begonnen, elektrische Schaltzeichen einzuführen. Ein wesentlicher Teil der Stunde dient Ableseübungen der Stromstärke.

1. Einführend wird wieder darauf eingegangen, daß sich die Physik die Aufgabe stellt, Gesetzmäßigkeiten der Natur zu untersuchen (*Naturwissenschaft*). Dazu gehört, daß Messungen durchgeführt werden. Damit ist die Problemstellung für die Stunde gegeben: Wie kann man den elektrischen Strom messen?

Es wird wiederholt, was man unter dem elektrischen Strom versteht. Davon ausgehend wird die Definitionsgleichung für die elektrische Stromstärke mitgeteilt (Tafel, Teil a; Bild 112/1). Gleichzeitig erfahren die Schüler das Formelzeichen I .

Die Schüler finden die Einheit $\frac{1 \text{ C}}{1 \text{ s}}$ selbständig; der Lehrer teilt den Namen Ampere (A) und die Herkunft des Namens mit (Tafel, Teil b).

2. Was wird noch für die Messung der Stromstärke benötigt? Die Schüler werden mit dem Strommesser bekanntgemacht. Als weitere Frage folgt, wie der Strommesser angeschlossen werden muß. Die Schüler erfahren, daß es für die Erklärung



Die elektrische Stromstärke

Stromstärke = $\frac{\text{Ladung}}{\text{Zeit}}$

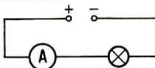
$$I = \frac{Q}{t}$$

Formelzeichen: I
 Einheit: das Ampere (A)

$1 \text{ A} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ s}}$
 $0,001 \text{ A} = 1 \text{ mA}$
 Meßgerät: Strommesser

Schaltzeichen
 Glühlampe: 
 Strommesser: 

Schaltbild



Strommesser werden in Reihe mit dem elektrischen Gerät geschaltet.

a	c
b	d

Bild 112/1 Tafel zum Thema „Die elektrische Stromstärke“

der Schaltung zweckmäßig ist, eine Zeichnung anzufertigen. Dazu werden Schaltzeichen eingeführt. Es soll die Stromstärke eines Stromes gemessen werden, der durch eine Glühlampe fließt. Deshalb werden die Schaltzeichen für Strommesser und Glühlampe eingeführt (Tafel, Teil c). An einer Schaltzeichnung wird auf Grund der Elektronentheorie erarbeitet, daß der Strommesser *in Reihe* mit der Glühlampe geschaltet werden muß (Tafel, Teil d). Der Begriff Spannungsquelle soll dabei noch nicht benutzt werden, er wird erst in der nächsten Stunde eingeführt. In einem Experiment, das nach dem Schaltbild aufgebaut wird, erfolgt die Messung der Stromstärke.

3. Kann die Richtung des Elektronenstromes festgestellt werden? Die Antwort soll wieder ein Experiment geben. Es wird die gleiche Versuchsanordnung wie im vorhergehenden Stundenabschnitt verwandt. Als Strommesser wird ein Gerät mit Zeiger in Mittelpunktslage benutzt. Der Lehrer beachte, daß für diesen Versuch nur Drehspulinstrumente geeignet sind. Durch Vertauschen der Kabel am positiven und negativen Pol der Spannungsquelle wird gezeigt, wie man am Zeigerausschlag den Wechsel der Stromrichtung erkennen kann.

4. Der letzte Teil der Stunde ist Ableseübungen an Strommessern gewidmet. Es soll in drei Schritten vorgegangen werden. Zuerst erfolgen Ableseübungen an Skalenmodellen an der Hafttafel oder mit Hilfe einer Projektionsfolie, dann geschieht das gleiche an einem oder an mehreren Meßinstrumenten und schließlich zeichnen die Schüler in vorgegebene Skalen (Arbeitsblatt) die Zeigerstellung für bestimmte Werte der Stromstärke ein.

An der Hafttafel wird mit auf Zeichenkarton gezeichneten Skalen gearbeitet. Die Ziffern und Buchstaben werden mit Kreide geschrieben (Bild 113/1). Es können hierbei die gleichen Skalen benutzt werden, wie sie schon bei Behandlung der Druckmessung in Klasse 7 empfohlen wurden (siehe Unterrichtshilfen Physik, Klasse 7, Seite 146). Der Lehrer stellt verschiedene Werte mittels des mit Haftsteinen versehenen Zeigers ein, die Schüler lesen ab. Dann erfolgt die Ablesung an einem mit einem Schiebewiderstand in Reihe geschalteten Strommesser. Der Lehrer stellt verschiedene Werte ein, die Schüler lesen ab. Günstig ist es, wenn ein Demonstrationsinstrument mit verschiedenen Meßbereichen oder mehrere unterschiedliche Strommesser zur Verfügung stehen. Abschließend bearbeiten die Schüler die Aufgabe 1 des Arbeitsblattes (Bild 114/1). Die Aufgabe 2 wird als Hausaufgabe gestellt.

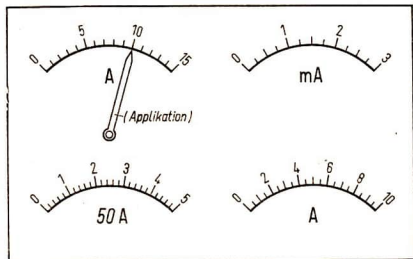


Bild 113/1 Hafttafel zum Thema „Die elektrische Stromstärke“

Arbeitsblatt

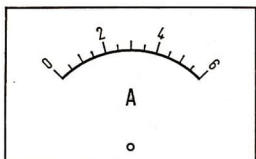
Datum _____

Name _____

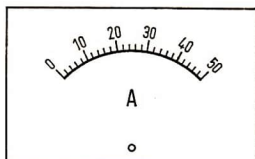
Klasse _____

Die elektrische Stromstärke

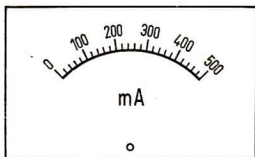
1. Zeichne in jede Skale die Zeigerstellung für die beiden angegebenen Stromstärken ein! Benutze bei jeder Skale zwei verschiedene Farbstifte (z. B. erster Wert rot, zweiter Wert blau)!



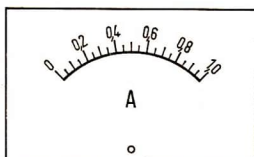
$$I_1 = 4 \text{ A}$$
$$I_2 = 5 \text{ A}$$



$$I_1 = 30 \text{ A}$$
$$I_2 = 40 \text{ A}$$



$$I_1 = 100 \text{ mA}$$
$$I_2 = 0,35 \text{ A}$$



$$I_1 = 0,3 \text{ A}$$
$$I_2 = 600 \text{ mA}$$

2. Berechne nach nebenstehendem Beispiel die Stromstärke I für folgende Angaben:

$$Q = 450 \text{ C,}$$

$$t = 75 \text{ s}$$

Beispiel

$$\text{Gegeben: } Q = 120 \text{ C}$$

$$t = 30 \text{ s}$$

Gesucht: I

$$\text{Lösung: } I = \frac{Q}{t}$$

$$I = \frac{120 \text{ C}}{30 \text{ s}}$$

$$I = 4 \text{ A}$$

3. Trage die Stromstärken ein, die vom Lehrer an der Hafttafel oder im Projektionsbild und am Strommesser angezeigt werden!

1.

6.

2.

7.

3.

8.

4.

9.

5.

10.

Der elektrische Stromkreis (8. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Elektrischer Strom fließt nur, wenn ein geschlossener Stromkreis vorhanden ist. Elektrische Energie kann aus anderen Energiearten umgewandelt werden, sie kann auch wieder in andere Energiearten umgewandelt werden. Einige Beispiele für Spannungsquellen
2. —
3. Ablesen von Meßwerten

UNTERRICHTSMITTEL

Unterrichtsmittel wie zur 7. Stunde

verschiedene Spannungsquellen: Stromversorgungsgerät, Monozelle, Flachbatterie, Akkumulator, Fahrraddynamo

Spannungsquellen, 400 V —, 1,5 V ··· 4 V —

Kondensator, 4 μ F

Kleinspannungslampe etwa 1,5 V; 0,1 A

Lampenbrett mit Fassung oder Tafelschaltgerät

Schalter

Pneumatische Wanne o. ä.

Kupfer- und Zinkblech

verdünnte Schwefelsäure

2 Holtzsche Klemmen

Stativmaterial

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|---|--|
| 1. Ableseübungen für die Stromstärke durchführen | (8) Arbeit mit dem Arbeitsblatt, Hafttafel, Demonstrationsversuch |
| a) <i>Elektrischer Strom fließt nur, wenn ein geschlossener Stromkreis vorhanden ist.</i> | |
| 2. Begriff Spannungsquelle einführen | (12) Lehrervortrag |
| 3. Mit verschiedenen Spannungsquellen bekannt machen | Demonstrationsversuch, Tafel a |
| 4. Begriff Stromkreis einführen | (15) Demonstrationsversuch, Unterrichtsgespräch, Tafel b und c, Arbeit im Heft |
| b) <i>Elektrische Energie kann aus anderen und in andere Energiearten umgewandelt werden.</i> | |
| 5. Energieumwandlungen beschreiben | (10) Demonstrationsversuch, Unterrichtsgespräch, Tafel d |

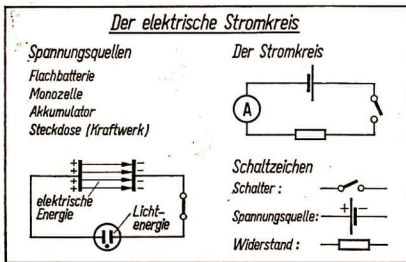
MATERIALIEN UND HINWEISE

Einleitend werden Ableseübungen durchgeführt. Ausgehend von der Ladung und dem Ladungsausgleich werden die Begriffe Spannungsquelle und Stromkreis eingeführt. Abschließend werden die in einem Stromkreis stattfindenden Energieumwandlungen betrachtet, um die energetische Betrachtungsweise fortzusetzen und den Inhalt der nächsten Unterrichtseinheit vorzubereiten.

1. Mit Hilfe von Hafttafel, Tageslicht-Schreibprojektor und Meßinstrument werden wie in der letzten Stunde Ablesübungen durchgeführt. Die Schüler schreiben die abgelesenen Werte in Aufgabe 3 des Arbeitsblattes nieder. Die Arbeitsblätter werden vom Lehrer zur Bewertung aller drei Aufgaben eingesammelt.

2. Der Begriff *Spannungsquelle* wird durch den Lehrer eingeführt. Er beschreibt den Unterschied zu den geladenen Kondensatorplatten. Während bei den Kondensatorplatten die Ladung bei Ladungsausgleich schnell abnimmt, bleibt bei den in der Praxis verwandten Spannungsquellen der Ladungsunterschied und damit die Spannung über einen längeren Zeitraum konstant.

3. Die Schüler nennen verschiedene Spannungsquellen, wie Monozelle, Flachbatterie, Fahrraddynamo, Steckdose u. a. Ein galvanisches Element wird im Versuch demonstriert. Dazu wird je ein Kupfer- und ein Zinkblech in verdünnte Schwefelsäure getaucht und eine Kleinspannungsglühlampe angeschlossen. Zur Funktionsweise wird nur soviel gesagt, daß die Ladungstrennung hier nicht auf mechanischem Wege, sondern auf chemischem Wege erfolgt. An der Tafel, Teil. a (Bild 117/1), werden die Namen einiger Spannungsquellen angeschrieben.



a	c
d	b

Bild 117/1 Tafel zum Thema „Der elektrische Stromkreis“

4. Der Weg der Elektronen soll an einem Beispiel wiederholend verfolgt werden. Ziel ist die Einführung des Begriffes *Stromkreis*. Es wird eine Schaltung, bestehend aus Spannungsquelle, Strommesser, Schalter und Klingel o. ä. aufgebaut und an diesem Beispiel begründet, weshalb man das Wort Stromkreis gewählt hat. Die Schüler erfahren, daß in allen folgenden Stunden für die bei Experimenten auftretenden Stromkreise Schaltbilder angefertigt werden. An die Tafel, Teil b, werden die Schaltzeichen für Schalter, Spannungsquelle und Widerstand gezeichnet. Die Schüler erhalten die Aufgabe, im Lehrbuch nachzusehen, wo die Schaltzeichen dargestellt sind. Unter Benutzung dieser Schaltzeichen erfolgt die Darstellung des Stromkreises an der Tafel, Teil c, und im Heft.

Der Lehrer sei darauf hingewiesen, daß das Wort Widerstand hier als allgemeiner Begriff für ein elektrisches Gerät benutzt wird. Das gleiche Wort wird auch für die in der 3. Unterrichtseinheit einzuführende physikalische Größe benutzt. Da es in der Elektrizitätslehre üblich ist, dieses Wort im doppelten Sinne zu gebrauchen, sollte man das auch im Unterricht tun.

5. Welche Energieumwandlungen treten in einem Stromkreis auf? In einem Experiment werden zwei ungleichartig geladene Kondensatorplatten über ein Glimmröhrchen entladen. Dieses Experiment soll die Grundlage für energetische Betrachtungen liefern. Auf Grund des Experimentes und einer entsprechenden Tafelzeichnung (Tafel, Teil d) wird die Umwandlung der elektrischen Energie des Feldes in Lichtenergie der Glimmlampe erörtert. Daran schließen sich weitere Beispiele an: Elektromagnet, Motor, Klingel, Heizofen u. a., die der Erkenntnis dienen, daß die elektrische Energie in andere Energiearten umgewandelt werden kann.

Eine wiederholende Betrachtung der Spannungsquellen wird dazu genutzt, zu zeigen, daß elektrische Energie auch aus anderen Energiearten umgewandelt werden kann, z. B. aus mechanischer Energie (Wasserkraftwerk, Bandgenerator, Fahrraddynamo), chemischer Energie (galvanische Elemente, Akkumulator) oder Wärmeenergie (Wärmeerkraftwerk).

Hieran schließt sich eine kurze Betrachtung über die große Bedeutung der elektrischen Energie für unsere Volkswirtschaft an, die in der Vielseitigkeit ihrer Anwendung, d. h. in der relativ leicht zu bewältigenden Umwandelbarkeit in andere Energiearten, begründet ist.

Stromstärke- und Spannungsmessungen (9. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Spannungen werden mit Spannungsmessern gemessen. Spannungsmesser werden parallel zum elektrischen Gerät geschaltet. Kenntnis der wichtigsten Regeln bei der Arbeit mit elektrischen Geräten
2. Zeichnen von Schaltbildern; Ablesen von Meßwerten

UNTERRICHTSMITTEL

verschiedene Spannungsquellen

Kleinspannungslampe mit Lampenbrett

Schalter

Spannungsmesser, Demonstrationsinstrument mit verschiedenen Meßbereichen

Tafelschaltgerät

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|--|---|
| 1. Beispiel zur Stromstärke rechnen | (5) Schüler an der Tafel |
| a) <i>Spannungen werden mit dem Spannungsmesser gemessen. Spannungsmesser werden parallel zum elektrischen Gerät geschaltet.</i> | |
| 2. Mit der Spannungsmessung bekannt machen | (20) Unterrichtsgespräch, Ableseübung, Demonstrationsversuch, Tafel 1 a und b |
| 3. Stromkreis für Stromstärke- und Spannungsmessung zeichnen | (12) Tafel 2 a und b, Arbeit im Heft, Schülerdemonstrationsversuch |
| 4. Schüler über Verhalten während der Durchführung elektrischer Versuche belehren | (8) Belehrung |
| 5. Hausaufgabe mitteilen | Mitteilung |

MATERIALIEN UND HINWEISE

In dieser Stunde sollen die Schüler mit der Spannungsmessung vertraut gemacht werden. Anschließend werden Stromstärke- und Spannungsmessungen gleichzeitig vorgenommen, um die unterschiedliche Schaltungsart der Meßinstrumente zu demonstrieren. Im letzten Teil der Stunde werden die Schüler über das Verhalten und Vorgehen bei Schülerexperimenten in der Elektrizitätslehre belehrt.

1. Ein Schüler rechnet an der Tafel ein Beispiel zur Berechnung der Stromstärke vor, wie es als Hausaufgabe auf dem Arbeitsblatt gestellt wurde. Als Beispiele sind die Aufgaben 550 und 551 der AS 1 geeignet.

2. Ähnlich wie bei der Stromstärke wird nun die Notwendigkeit zur Messung der Spannung motiviert. Dazu werden zunächst Formelzeichen und Einheit wiederholt und die Einheiten Millivolt und Kilovolt neu eingeführt (Tafel 1, Teil a; Bild 119/1). Der Lehrer zeigt einen Spannungsmesser und führt mit Hilfe der in den beiden Stunden benutzten Folie „Polyzet“ bzw. mit Haftapplikationen Ableseübungen durch.


Dann macht er den Schülern bewußt, daß man wissen muß, wie dieses Meßgerät in den Stromkreis zu schalten ist. Er führt das Schaltzeichen ein und zeigt in

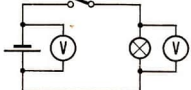
Spannungsmessungen

Spannung
 Formelzeichen: U
 Einheit: das Volt (V)

$0,001 \text{ V} = 1 \text{ mV}$
 $1000 \text{ V} = 1 \text{ kV}$

Meßgerät: Spannungsmesser

Schaltzeichen
 Spannungsmesser: 

Schaltbild:


Spannungsmesser werden parallel zum elektrischen Gerät oder direkt an die Spannungsquelle geschaltet.

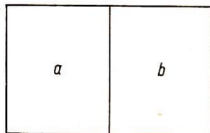
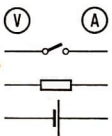
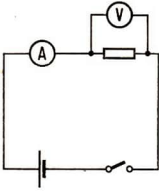


Bild 119/1 Tafel 1 zum Thema „Stromstärke- und Spannungsmessungen“

Zeichne einen Stromkreis aus folgenden Teilen:



Die Spannung soll am elektrischen Gerät gemessen werden



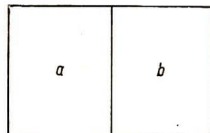


Bild 119/2 Tafel 2 zum Thema „Stromstärke- und Spannungsmessungen“

einem Schaltbild, wie die Schaltung erfolgt (Tafel 1, Teil b). Anschließend baut ein Schüler die Schaltung entsprechend dem Schaltbild auf. Dabei wird darauf geachtet, daß die Spannungsquelle *zuletzt* angeschlossen wird. Die Spannung wird gemessen. Dann schließt der Lehrer den Spannungsmesser an ein Stromversorgungsgerät an und läßt Ablesungen bei verschiedenen Meßbereichen durchführen. Auch kann die Spannung verschiedener Spannungsquellen ermittelt werden.

3. Die Schüler sollen einen Stromkreis zeichnen, in dem Spannung und Stromstärke gemessen werden. An der Tafel 2, Teil a (Bild 119/2), wird die entsprechende Aufgabe gestellt. Die Schüler arbeiten im Heft. Dann zeichnet ein Schüler das Schaltbild an die Tafel 2, Teil b. Ein zweiter Schüler baut die Schaltung am Tafelschaltgerät auf und kommentiert dabei, wie er vorgeht. Der Lehrer achtet darauf, daß alle in Reihe liegenden Geräte verbunden werden und dann die parallel liegenden.

Mit Hilfe der Elektronentheorie wird schließlich wiederholend erklärt, weshalb ein Strommesser in Reihe geschaltet wird. Der Spannungsmesser wird parallel geschaltet, weil die Spannung ein Maß für den Unterschied zwischen Elektronenüberschuß und Elektronenmangel an einem elektrischen Gerät oder an einer Spannungsquelle darstellt.

4. Entsprechend § 18, Absatz 4, der *Richtlinien über den Arbeits- und Brandschutz im naturwissenschaftlichen Unterricht* hat vor allen neuartigen Schülerexperimenten eine Belehrung über mögliche Gefahren und ihre Verhütung zu erfolgen. Der Lehrer informiert sich in dieser Anweisung über die entsprechenden Bestimmungen. Darüberhinausgehend stellt der Lehrer die Forderung, daß bei jedem elektrischen Versuch die Spannungsquelle erst dann angeschlossen bzw. eingeschaltet wird, wenn der Lehrer die Schaltung kontrolliert hat.

5. In der nächsten Stunde soll das Schülerexperiment E 1 des Lehrbuches durchgeführt werden. Dazu erhalten die Schüler die Aufgabe, das Versuchsprotokoll vorzubereiten und die Fragen zu den Vorbetrachtungen zu beantworten.

Zusammenfassung zu Ladung, Spannung und Stromstärke (10. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. —
2. —
3. Schalten eines Stromkreises nach einem Schaltbild; Messen von Stromstärke und Spannung; Darstellen des Zusammenhangs von Spannung und Stromstärke in einem Diagramm

UNTERRICHTSMITTEL

Spannungsquelle, bis 10 V, einstellbar	} nach Anzahl der Schülergruppen
Schalter	
Widerstand, 20 Ω , bis 1 A belastbar	
Strommesser, 1 A —	
Spannungsmesser, 10 V —	
Verbindungsleiter	

Arbeitsblätter

Arbeitsblatt

Datum _____

Name _____

Klasse _____

Ladung, Spannung und Stromstärke

1. Fülle die Übersicht für die drei physikalischen Größen aus, die du bisher in der Elektrizitätslehre kennengelernt hast!

Physikalische Größe	Formelzeichen	Einheit	Kurzzeichen der Einheit	Meßgerät

2. Nenne die Gleichung, die den Zusammenhang zwischen Spannung und bewegter Ladung angibt!

.....
.....
.....

3. a) Nenne die Gleichung, die den Zusammenhang zwischen Stromstärke und bewegter Ladung angibt!

.....
.....
.....

- b) Wie ändert sich die Stromstärke, wenn in der gleichen Zeit eine größere Ladung bewegt wird?

.....
.....
.....

4. Gib für die folgenden beiden Spielzeugautos an, welche Energieumwandlungen auftreten:

a) Das Auto besitzt einen Antrieb, der mit einem Schlüssel aufgezogen wird.

.....
.....

b) Das Auto besitzt einen Elektromotor und ist mit einer Flachbatterie versehen.

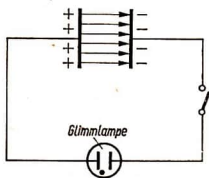
.....
.....

5. Zwei Kondensatorplatten werden mittels eines Bandgenerators aufgeladen und anschließend über eine Glimmlampe entladen. Beschreibe den Weg der Elektronen! Welche Energieumwandlungen treten auf? Antworte in Stichworten!

.....
.....
.....
.....

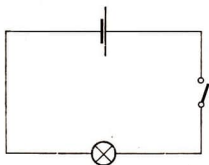
6. Wodurch unterscheiden sich die Vorgänge, die in den beiden abgebildeten Fällen ablaufen, wenn man den Schalter schließt? Zeichne in Bild b) 2 Meßgeräte ein, mit denen man die Stromstärke und die Spannung an der Glühlampe messen kann!

a)



.....
.....

b)



.....
.....

Bild 122/1 Arbeitsblatt „Ladung, Spannung und Stromstärke“ (Rückseite)

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|--|--|
| 1. Spannung und Stromstärke im Gleichstromkreis bestimmen | (25) Schülerexperiment |
| 2. Kenntnisse über Ladung, Spannung und Stromstärke wiederholen und zusammenfassen | (20) Arbeit mit dem Arbeitsblatt, Unterrichtsgespräch, Tafel |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Stromstärke- und Spannungsmessungen werden in einem Schülerexperiment praktisch ausgeführt. Es schließt sich eine Zusammenfassung des bisher behandelten Stoffes an.

1. Zu Beginn wird die Beantwortung der Fragen der Vorbetrachtungen des Schülerexperimentes E 1 kontrolliert. Dann gibt der Lehrer noch einmal allgemeine Anweisungen über das Verhalten beim Arbeiten mit elektrischen Versuchsanordnungen.

Die Schüler arbeiten nach der Arbeitsanweisung. Punkt 5 der Arbeitsanweisung, die Anfertigung des Diagramms, wird als Hausaufgabe gestellt. Es ist als Vorbereitung für die Behandlung des Ohmschen Gesetzes gedacht. Die Auswertung des Diagramms erfolgt deshalb erst in der 16. Stunde dieser Stoffeinheit.

Nach Abschluß des Experimentes gibt der Lehrer einen Hinweis auf den Unterschied von Gleich- und Wechselstrom. Die Schüler sollen erkennen, daß bisher im Unterricht nur von Gleichstrom gesprochen wurde, während in der Praxis überwiegend Wechselstrom verwendet wird. Der Lehrer teilt mit, daß die Schüler Genaueres über den Wechselstrom in Klasse 10 erfahren werden.

2. Im zweiten Teil der Stunde bearbeiten die Schüler das Arbeitsblatt *Ladung, Spannung und Stromstärke*. Die Aufgaben 4, 5 und 6 eignen sich auch als Hausaufgaben.

Die Beantwortung der Fragen 1 bis 3 wird noch in der Stunde kontrolliert. An der Tafel (Bild 123/1) wird der Zusammenhang der drei Größen übersichtlich dargestellt. Eine Fortführung dieser Übersicht wird bei der Ableitung der Gleichungen für die elektrische Arbeit und die elektrische Leistung erfolgen.

Es besteht auch die Möglichkeit, den Inhalt des Arbeitsblattes für eine schriftliche Leistungskontrolle zu nutzen.

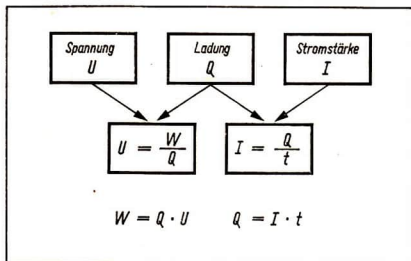


Bild 123/1 Tafel zum Thema
„Zusammenhang von Ladung,
Spannung und Stromstärke

2. Unterrichtseinheit (5 Stunden)

Elektrische Energie, Arbeit und Leistung

VORBEMERKUNGEN

Die Unterrichtseinheit beginnt mit der Verallgemeinerung des Satzes von der Erhaltung der mechanischen Energie und des 1. Hauptsatzes der Wärmelehre zum allgemeinen Energieerhaltungssatz. Es wird hervorgehoben, daß dies ein Naturgesetz von wesentlicher Bedeutung ist. Hinsichtlich der weltanschaulichen Bildung und Erziehung ist der Satz von Wichtigkeit, da die Schüler erkennen, daß Energie weder geschaffen noch vernichtet, sondern nur von einer Energieart in eine andere Energieart umgewandelt werden kann.

Die Gleichung für die elektrische Arbeit wird deduktiv durch Kombinieren der Gleichungen für die Spannung und für die Stromstärke hergeleitet. Dabei kommt es nicht nur darauf an, daß die Schüler die Gleichung für die elektrische Arbeit kennenlernen, sondern daß auch die bereits eingeführten Gleichungen gefestigt werden.

Bei der Einführung der Gleichung für die elektrische Leistung wird zunächst der Zusammenhang zwischen mechanischer Arbeit und mechanischer Leistung wiederholt und darauf aufbauend die gesuchte Gleichung aus der elektrischen Arbeit abgeleitet. Auch hier wird also deduktiv vorgegangen. Schließlich werden Anwendungsbeispiele gezeigt. Dazu gehört auch das im Lehrplan geforderte obligatorische Schülerexperiment. Die Beziehungen zwischen den verschiedenen Energieeinheiten werden den Schülern als gesetzliche Festlegung mitgeteilt. Der Begriff des Wärmeäquivalents wird dabei nicht benutzt. Aus der Festlegung der Beziehungen ergibt sich auch, daß es nicht richtig ist, z. B. die Wattsekunde als eine „elektrische“ Energieeinheit oder die Kalorie als die Einheit der Wärmeenergie zu bezeichnen. Grundsätzlich kann jede Energieart in jeder Energieeinheit angegeben werden. Ähnliches gilt für die Leistung. So wird z. B. neuerdings die Leistung von Verbrennungskraftmaschinen statt in PS in kW angegeben. Entsprechend wird bei Energieangaben häufig der Ws bzw. kWh der Vorzug gegeben. Die in Klasse 7 eingeführten Arbeitsdiagramme in der Form von Kraft-Weg-Diagrammen werden erweitert auf Leistung-Zeit-Diagramme.

Grundlegendes Wissen: Der Energieerhaltungssatz; die elektrische Arbeit $W = U \cdot I \cdot t$; Einheiten Ws und kWh; Beziehungen zwischen den Einheiten Ws, cal und kpm. Die elektrische Leistung $P = U \cdot I$; Einheiten W, kW und MW; Möglichkeit der Messung von elektrischer Arbeit und Leistung.

Der Energieerhaltungssatz (11. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Bei einem Vorgang, bei dem Energieumwandlungen auftreten, ist die Summe aller Energien konstant, d. h., die Gesamtenergie ändert sich nicht.
2. Beispiele für Energieumwandlungen
3. Unterscheiden der physikalischen Größen Arbeit und Energie; Anwendung von Erkenntnissen auf selbstgewählte Beispiele

UNTERRICHTSMITTEL

Fadenpendel oder Federschwinger
Stativmaterial
Anschauungstafel: *Dampfkraftwerk*

STUNDENGLIEDERUNG

1. Unterschied zwischen Arbeit und Leistung verdeutlichen	(10) Unterrichtsgespräch, Tafel 1 a
2. Energieumwandlungen wiederholen	(10) Unterrichtsgespräch, Anschauungstafel, Tafel 1 b
a) <i>Bei einem Vorgang, bei dem Energieumwandlungen auftreten, bleibt die Gesamtenergie konstant.</i>	
3. Energieerhaltungssätze formulieren	(10) Unterrichtsgespräch, Demonstrationsversuch, Mitteilung, Tafel 2 a
4. Bedeutung des Satzes von der Erhaltung der Energie bewußtmachen	(10) Arbeit mit dem Lehrbuch, Unterrichtsgespräch
5. Gleichungen für Arbeit und Energie wiederholen	(5) Unterrichtsgespräch, Tafel 2 b

MATERIALIEN UND HINWEISE

Die Stunde dient einmal der wiederholenden Gegenüberstellung der Begriffe Arbeit und Energie. Dies stellt gleichzeitig eine Vorbereitung auf den Stoff der weiteren Stunden dieser Unterrichtseinheit dar. Vom Satz von der Erhaltung der mechanischen Energie ausgehend, wird anschließend über den 1. Hauptsatz der Wärmelehre zum Energieerhaltungssatz verallgemeinert. Die abschließende Zusammenstellung der Gleichungen für die Arbeit führt zur Zielorientierung auf die nächste Stunde, eine Gleichung für die elektrische Arbeit zu finden.

1. Zur Motivierung wird von einer kurzen Betrachtung über die Bedeutung der elektrischen Energie für Industrie, Landwirtschaft, Verkehr und Haushalt ausgegangen. Die Schüler erhalten die Orientierung, daß in den folgenden Stunden über elektrische Energie und Arbeit gesprochen werden soll.

Es wird die Frage nach den Gemeinsamkeiten und den Unterschieden der beiden physikalischen Größen Arbeit und Energie gestellt. An Gemeinsamkeiten werden genannt: Einheiten, Gleichungen (pot. Energie und Hubarbeit) und Formelzeichen. Bei dieser Gelegenheit werden die bekannten Energieeinheiten wiederholt. Dann wird der wesentliche Unterschied herausgearbeitet und an der Tafel 1, Teil a (Bild 126/1), notiert. Es werden Beispiele genannt, z. B. Arbeit beim Heben eines Körpers, potentielle Energie einer gespannten Feder, Arbeit beim Antrieb einer Maschine mittels Elektromotors, Energie des elektrischen Feldes zwischen geladenen Körpern.

2. Am Beispiel des Hebens eines Körpers wird auf den Zusammenhang zwischen Arbeit und Energie eingegangen. Dazu dient das Tafelbild 1 b. Die Schüler nennen weitere Beispiele. Schließlich werden an der Anschauungstafel *Dampfkraftwerk* die Energieumwandlungen betrachtet. Diese Tafel ist den Schülern bereits aus der 24. Stunde der 1. Stoffeinheit bekannt. Deshalb kann die Betrachtung gleichzeitig zur Wiederholung genutzt werden.

Arbeit kennzeichnet
einen Vorgang

Energie kennzeichnet
einen Zustand

Energieumwandlungen

Beispiel: Heben eines Körpers

Chemische Energie der Muskeln → Verrichten von Hubarbeit → Potentielle Energie des Körpers

Zustand → Vorgang → Zustand

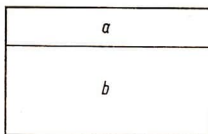


Bild 126/1 Tafel 1 zum Thema
„Der Energieerhaltungssatz“

Energieerhaltungssätze

Mechanik: $W_{\text{kin}} + W_{\text{pot}} = \text{konstant}$

Wärmelehre: $W_{\text{W}} = \Delta W_{\text{i}} + W_{\text{m}}$ (1. Hauptsatz)

Allgemein: Bei der Umwandlung verschiedener Energiearten ineinander bleibt die Summe der Energien konstant.

$$W_{\text{m}} = F \cdot s$$

$$W_{\text{W}} = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta$$

$$W_{\text{el}} = ?$$

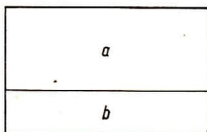


Bild 126/2 Tafel 2 zum Thema
„Der Energieerhaltungssatz“

3. Aus der Erörterung der Energieumwandlungen ergibt sich die Notwendigkeit der Wiederholung des Satzes von der Erhaltung der *mechanischen* Energie und des 1. Hauptsatzes der Wärmelehre. Diese werden an die Tafel 2, Teil a (Bild 126/2), geschrieben. Der Lehrer führt ein Fadenpendel oder einen Federschwinger vor, und die Schüler beschreiben die auftretenden Energieumwandlungen.

Schließlich teilt der Lehrer den allgemeinen Energieerhaltungssatz mit und formuliert ihn an der Tafel 2, Teil a.

4. Weshalb ist der Energieerhaltungssatz von besonderer Bedeutung? Diese Frage beantworten die Schüler nach Lesen des entsprechenden Lehrbuchabschnittes, Seite 64. Der Lehrer ergänzt, daß dieser Satz ganz allgemein in der Natur gilt. D. h., daß er z. B. auch in der Biologie und in der Chemie berücksichtigt werden muß.

5. Den Schülern wird bewußtgemacht, daß man die Arbeit messen bzw. berechnen können muß. Dazu werden die entsprechenden Gleichungen von den Schülern genannt und an die Tafel 2, Teil b, geschrieben. Die Schüler erkennen, daß man auch eine Gleichung für die elektrische Arbeit kennen muß, um entsprechende Berechnungen durchführen zu können. Sie erfahren, daß diese Gleichung in der nächsten Stunde gefunden werden soll.

Die elektrische Arbeit (12. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Die elektrische Arbeit ist das Produkt aus Spannung, Stromstärke und Zeit.
 $W = U \cdot I \cdot t$; Einheiten Ws und kWh; Beziehungen zwischen Ws, cal und kpm
2. Gesetzliche Festlegungen bezüglich der Energieeinheiten
3. Deduktives Herleiten der Gleichung für die elektrische Arbeit; Messen der elektrischen Arbeit mit Hilfe des Kilowattstundenzählers

UNTERRICHTSMITTEL

Arbeitsblätter

Kilowattstundenzähler oder Aufbau nach GS 9, V 2.4.6.

2 bis 3 Glühlampen 220 V, 100 W

2 bis 3 Lampenhalter

Verbindungsleiter

STUNDENGLIEDERUNG

a) Die elektrische Arbeit ist das Produkt aus Spannung, Stromstärke und Zeit.

- | | |
|--|---|
| 1. Gleichung für die Arbeit theoretisch ableiten | (13) Arbeit mit dem Arbeitsblatt, Tafel 1 a, Unterrichtsgespräch |
| 2. Zusammenhang zwischen den Einheiten von Q , U , I und W erarbeiten | (12) Arbeit mit dem Arbeitsblatt, Tafel 1 b, Unterrichtsgespräch, Lehrervortrag |
| 3. Beziehungen zwischen den Energieeinheiten mitteilen | (8) Arbeit mit Arbeitsblatt und Lehrbuch, Unterrichtsgespräch, Tafel 2 |
| 4. Messung der elektrischen Arbeit mit dem Kilowattstundenzähler demonstrieren | (12) Demonstrationsversuch, Unterrichtsgespräch |
| 5. Hausaufgabe stellen | Mitteilung |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Die Einführung der Gleichung für die elektrische Arbeit erfolgt auf deduktivem Wege. Dabei sollen die Schüler mit Hilfe des Arbeitsblattes möglichst oft selbsttätig sein. Auch der Zusammenhang zwischen den elektrischen Einheiten wird mit dem Arbeitsblatt erarbeitet. Die Messung der elektrischen Arbeit erfolgt in einem Demonstrationsversuch mit Hilfe eines „Elektrizitätszählers“.

Das in dieser und in den folgenden Stunden einzusetzende Arbeitsblatt dient der Erhöhung des Anteils der selbständigen Arbeit der Schüler in der Stunde. Es ist so angelegt, daß die entsprechenden Aufgabenstellungen auch ohne das Arbeitsblatt im Unterrichtsgespräch unter Benutzung der Tafel oder durch Arbeit im Heft gelöst werden können. Die entsprechenden Sachverhaltsvorgaben müssen dann an der Tafel vorbereitet oder mittels Folie projiziert werden. Auch die Anfertigung eines Diapositives ist denkbar. Es ist dann unvermeidbar, daß der mit dem Arbeitsblatt bezweckte Umfang der Selbsttätigkeit der Schüler verringert wird und einige Aufgaben entfallen müssen.

1. Die Problemstellung ist durch die am Ende der letzten Stunde gestellte Forderung gegeben, daß eine Gleichung für die elektrische Arbeit gefunden werden soll. Die Schüler sollen diese Gleichung weitgehend selbstständig finden. Dazu dienen die Sachverhaltsvorgaben der Aufgabe 1 des Arbeitsblattes (Bild 129/1). Die Schüler werden auf das in der 10. Stunde entwickelte analoge Tafelbild hingewiesen. Es soll erreicht werden, daß sie durch Kombination zweier Gleichungen eine neue Beziehung finden. Dabei ist das Ziel, eine Gleichung für die elektrische Arbeit zu finden, vor Lösung der Aufgabe so herauszuarbeiten, daß jeder Schüler zielorientiert arbeitet. Eine Lösung der Aufgabe ohne Anleitung des Lehrers muß vermieden werden.

Nach dem Lösen der Aufgabe erfolgt eine entsprechende Darstellung an der Tafel 1, Teil a (Bild 128/1). Die Schüler erfahren, daß diese Gleichung am Anfang der nächsten Stunde angewandt werden soll.

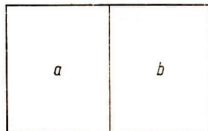
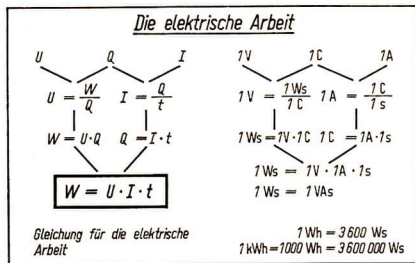


Bild 128/1 Tafel 1 zum Thema „Die elektrische Arbeit“

2. Das Ermitteln der Einheit für die elektrische Arbeit soll mit der Behandlung des Zusammenhangs der bisher bekannten Einheiten der Elektrizitätslehre verknüpft werden. Dazu dient die Aufgabe 2 des Arbeitsblattes. Dabei wird die Analogie des Vorgehens zur Aufgabe 1 vom Lehrer hervorgehoben. Auch hier wird nach Lösung der Aufgabe ein entsprechendes Tafelbild (Tafel 1, Teil b) entwickelt. Der Lehrer gibt das Schema vor, ein oder mehrere Schüler ergänzen, die anderen Schüler kontrollieren ihr Arbeitsblatt.

An Hand des Tafelbildes 1 macht der Lehrer den Schülern deutlich, daß in der Natur ein Zusammenhang zwischen vielen Erscheinungen besteht. Der Mensch beschreibt diese Zusammenhänge häufig mit Hilfe von mathematischen Gleichungen. Deshalb bestehen auch Zusammenhänge zwischen den Gleichungen. Diese Darlegungen erfolgen in einem kurzen Lehrervortrag.

3. An der Tafel 2, Teil a (Bild 134/1), werden die Einheiten für die Arbeit beschrieben. Welche Beziehungen bestehen zwischen ihnen? Die Aufgabe 3 des Arbeitsblattes wird von den Schülern bearbeitet. Es soll dabei erreicht werden, daß die Schüler selbständig mit dem Buch arbeiten. Zum anderen sollen die Schüler nach Abschluß der Bearbeitung des Arbeitsblattes alles Wesentliche über die elektrische Arbeit und Leistung auf diesem Blatt finden. Die Lösung der Aufgabe wird an der Tafel 2, Teil b, notiert.

Arbeitsblatt

Datum _____

Name _____

Klasse _____

Elektrische Arbeit und Leistung

1. Spannung ... Ladung ... Stromstärke ... gegebene Größe

$U = \frac{W}{Q}$

$I = \frac{Q}{t}$

Zusammenhang zwischen den Größen

$(1) W = U \cdot Q$

$(2) Q = I \cdot t$

Umgeformte Gleichung

Gleichung für die Arbeit

$W = U \cdot I \cdot t$

Gleichung (2) in (1) einsetzen

2. Stelle entsprechend der Aufgabe 1 den Zusammenhang zwischen den Einheiten dar! Gib anstelle der physikalischen Größen immer die entsprechenden Einheiten an!

Einheit der Spannung ...

Einheit der Ladung ...

Einheit der Stromstärke ...

$1 \text{ V} = \frac{1 \text{ Ws}}{1 \text{ C}}$

$1 \text{ A} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ s}}$

$1 \text{ Ws} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ C}$

$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}$

Einheit für die:

.....

$1 \text{ Ws} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ C}$

 $1 \text{ Ws} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}$

Einheit zusammenfassen

Beziehungen:

$1 \text{ kWh} = \dots \text{ Wh}$

$1 \text{ Wh} = \dots \text{ Ws}$

3. Notiere die Beziehungen zwischen den Energieeinheiten! Benutze das Lehrbuch!

$$1 \text{ Ws} = \dots\dots\dots \text{ cal} = \dots\dots\dots \text{ kpm}$$

$$1 \text{ cal} = \dots\dots\dots \text{ Ws} = \dots\dots\dots \text{ kpm}$$

$$1 \text{ kpm} = \dots\dots\dots \text{ Ws} = \dots\dots\dots \text{ cal}$$

4. Ermittle mit dem Kilowattstundenzähler die während 2 Stunden vom elektrischen Strom verrichtete Arbeit!

Angabe auf dem Zähler: $\dots\dots\dots \frac{U}{\text{kWh}}$

Während der Messung eingeschaltete Geräte: $\dots\dots\dots$

Berechnung: Zählerstand am Anfang der Messung: $\dots\dots\dots$

Zählerstand am Ende der Messung: $\dots\dots\dots$

Verrichtete Arbeit: $\dots\dots\dots$

5. Die elektrische Arbeit an einem Tauchsieder soll ermittelt werden. Zeichne ein Schaltbild für die Messung! Entnimm das Schaltzeichen für Wärmegeräte dem Lehrbuch!

6. Berechne die elektrische Arbeit bei Benutzung eines Bügeleisens in Kilowattstunden! Es wurden gemessen:

$$U = 220 \text{ V}$$

$$I = 2,3 \text{ A}$$

$$t = 5 \text{ h}$$

Lösung:

Wieviel muß man bezahlen, wenn eine Kilowattstunde 8 Pf. kostet? Runde das Ergebnis!

7. Notiere zunächst die Gleichungen für die mechanische Arbeit und die mechanische Leistung! Entnimm sie dem Tafelwerk, wenn du sie nicht mehr weißt! Welcher Zusammenhang besteht? Überlege, wie man die Gleichung für die elektrische Leistung auf die gleiche Weise aus der Gleichung für die elektrische Arbeit entwickeln kann, wie das bei der mechanischen Arbeit und Leistung geschah!

Mechanische Arbeit:

$$(1) W = \dots\dots\dots$$

Elektrische Arbeit:

$$(1) W = \dots\dots\dots$$

Mechanische Leistung:

$$(2) P = \text{---}$$

Elektrische Leistung:

$$(2) P = \text{---}$$

Setze jeweils Gleichung (1) in Gleichung (2) ein!

$$P = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots}$$

$$P = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots}$$

Kürze!

$$(3) \boxed{P = \dots\dots\dots}$$

8. Setze in die Gleichung (3) anstelle der physikalischen Größen die entsprechenden Einheiten ein und fasse zusammen!

Einheit der Leistung: $1 \dots \cdot 1 \dots = 1 \dots = 1 \dots$

Vervollständige! Überlege, was die Vorsilben bedeuten!

1 kW = W

1 MW =, W

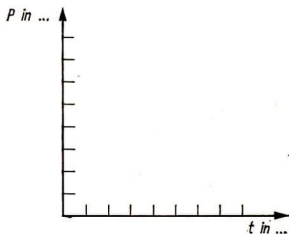
9. Berechne die Leistung des elektrischen Stromes bei dem Bügeleisen aus Aufgabe 6!

Gegeben:

Lösung:

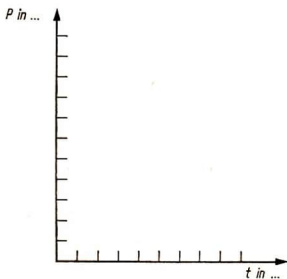
Gesucht:

10. Stelle die Ergebnisse des vom Lehrer gezeigten Versuches in einem Arbeitsdiagramm dar!

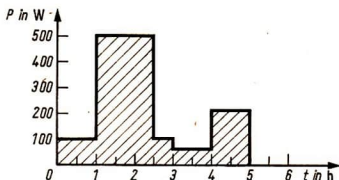


11. Stelle die Arbeit des elektrischen Stromes aus dem Schülerexperiment im Diagramm dar, wenn der Strom 5 min fließt!

Gegeben:



12. Die vom elektrischen Strom in einem Haushalt verrichtete Arbeit ist im folgenden Diagramm für eine bestimmte Zeit dargestellt. Gib an, was du aus dem Diagramm entnehmen kannst! Betrachte geeignete Zeitabstände!



Einheiten für die Arbeit

Wattsekunde	Ws
Kalorie	cal
Kilopondmeter	kpm

Umrechnungen (gesetzlich festgelegt)

1 Ws	=	0,239 cal	=	0,102 kpm
1 cal	=	4,187 Ws	=	0,427 kpm
1 kpm	=	9,81 Ws	=	2,34 cal

a

b

Bild 134/1 Tafel 2 zum Thema „Die elektrische Arbeit“

4. Wie kann die Arbeit ermittelt werden? Die Schüler erkennen, daß Stromstärke I , Spannung U und Zeit t gemessen werden müssen und anschließend die Arbeit als Produkt dieser Größen berechnet werden muß. Dieses Verfahren soll in der kommenden Stunde angewandt werden. Ausgehend vom elterlichen Haushalt wird erarbeitet, daß die Arbeit auch mit einem speziellen Meßgerät, dem *Kilowattstundenzähler*, auch *Elektrizitätszähler* genannt, gemessen werden kann. Der Lehrer zeigt und beschreibt ein solches Gerät, ohne auf seine Funktionsweise einzugehen. Hervorgehoben wird die Angabe auf dem Zähler, die z. B. $750 \frac{\text{U}}{\text{kWh}}$ lauten kann. Die

Schüler erfahren jetzt bereits, daß sie in einem Hausexperiment mit Hilfe des Zählers die vom elektrischen Strom in einem Gerät verrichtete Arbeit ermitteln sollen. In einem Demonstrationsversuch wird eine Messung durchgeführt. Es werden die Umdrehungen für eine bestimmte Zeit bei Anschluß einer 100 W-Lampe und bei Anschluß zweier 100 W-Lampen gezählt und die Arbeit ausgerechnet. Infolge der kurzen Zeit wird eine Ablesung am Zählwerk nicht möglich sein. Diese Ablesung führt der Schüler im Hausversuch durch. Steht kein Elektrizitätszähler zur Verfügung, so kann dazu auch das in GS 9, V 2.4.6., beschriebene Modell benutzt werden. Dazu ist vor der Stunde zu ermitteln, welche Beziehung zwischen Umdrehungszahl der Scheibe und verrichteter Arbeit besteht. Eine Aufgabe hierzu ist Nr. 589 der AS 1.

5. Der Lehrer formuliert kurz die Aufgabe für das Hausexperiment. Die Ergebnisse der Messung werden in Aufgabe 4 des Arbeitsblattes eingetragen.

Messen der elektrischen Arbeit (13. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Theoretisch gefundene Aussagen müssen durch Experimente überprüft werden.
2. Hinweis auf den Wechselstrom
3. Berechnen der elektrischen Arbeit; Zeichnen eines Schaltbildes

UNTERRICHTSMITTEL

Arbeitsblätter
Spannungsquelle, 220 V ~
Tauchsieder, 220 V, 1000 W
zweipoliger Schalter
Demonstrationsspannungsmesser, 220 V ~
Demonstrationsstrommesser, 5 A ~
Kalorimeter, 600 ml oder
Becherglas, 600 ml
Stoppuhr
Meßzylinder
Verbindungsleiter
Stativmaterial
Thermometer, 0 °C...50 °C

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|---|--|
| a) <i>Theoretisch gefundene Aussagen müssen durch Experimente überprüft werden.</i> | |
| 1. Versuchsaufbau für die Bestätigung des Energieerhaltungssatzes entwerfen | (25) Mitteilung, Unterrichtsgespräch, Arbeit mit dem Arbeitsblatt, Tafel 1 |
| 2. Gleichung für die elektrische Arbeit auf ein Experiment anwenden | Unterrichtsgespräch, Demonstrationsversuch, Tafel 1 und 2, Arbeit im Heft |
| 3. Hausaufgabe kontrollieren | (20) Kontrolle |
| 4. Anwendungsaufgaben rechnen | Arbeit im Heft |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Ein Demonstrationsexperiment dient der Bestätigung des Energieerhaltungssatzes, der Anwendung der Gleichung für die elektrische Arbeit und der Wiederholung der Kenntnisse über den Wirkungsgrad. Die für den Versuch anzuwendende Schaltung entwerfen die Schüler selbst. Im zweiten Teil der Stunde werden Anwendungsaufgaben gerechnet.

1. Die Schüler kennen die allgemeine Aufgabenstellung aus der letzten Stunde, die gewonnene Gleichung bei einem Experiment anzuwenden. Der Lehrer präzisiert die Aufgabe nun, indem er mitteilt, daß Wasser mittels eines Tauchsieders erwärmt werden soll. Es wird erarbeitet, daß nach dem Energieerhaltungssatz die vom Strom verrichtete Arbeit in Form von Wärmeenergie vom Wasser aufgenommen wird. Die *theoretische* Aussage wird mit dem vermutlichen *praktischen* Ergebnis verglichen. Damit wird auf die auftretenden Fehler orientiert.

An der Tafel 1, Teil a (Bild 136/1), werden die benötigten Gleichungen und die zu messenden Größen notiert. Nachdem dies geschehen ist, wird der Versuchsaufbau erarbeitet. Das Schaltbild entwerfen die Schüler an Hand der Aufgabe 5 des Arbeitsblattes. Es wird anschließend durch einen Schüler an die Tafel 2 (Bild 136/2) gezeichnet. Nun wird der Versuch aufgebaut und durchgeführt.

2. Hinweise für den Aufbau kann man GS 6, V. 2.4.7.b, entnehmen. Damit die Fehler infolge Wärmeabgabe an die Umgebung möglichst gering bleiben, führt man

<u>Elektrische Energie</u>	<u>Wärmeenergie</u>	
$W_{el} = U \cdot I \cdot t$	$W_W = m \cdot c \cdot \Delta\theta$	$\theta_1 = 15^\circ\text{C}$ $\theta_2 = 28^\circ\text{C}$ $1\text{cal} = 4,187\text{Ws}$
$U = 220\text{ V}$	$m = 500\text{ g}$	
$I = 4,5\text{ A}$	$c = 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}\cdot\text{grad}}$	
$t = 30\text{ s}$	$\Delta\theta = 13\text{ grad}$	
$W_{el} = 220\text{ V} \cdot 4,5\text{ A} \cdot 30\text{ s}$	$W_W = 500\text{ g} \cdot 1 \frac{\text{cal}}{\text{g}\cdot\text{grad}} \cdot 13\text{ grad}$	
$W_{el} = 29\ 700\text{ Ws}$	$W_W = 6\ 500\text{ cal}$	
	$W_W = 27\ 215\text{ Ws}$	
$W_{el} > W_W$		
$\eta = \frac{W_W}{W_{el}}$	$\eta = \frac{27\ 215\text{ Ws}}{29\ 700\text{ Ws}}$	$\eta \approx 92\%$

a
b

Bild 136/1 Tafel 1 zum Thema „Messen der elektrischen Arbeit“

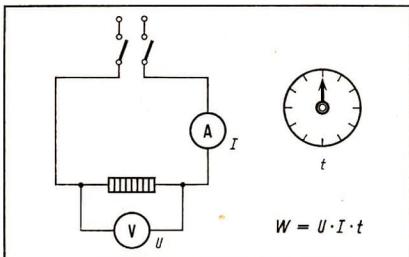


Bild 136/2 Tafel 2 zum Thema „Messen der elektrischen Arbeit“

den Versuch in einem Kalorimeter durch. Dabei ist es zweckmäßig, kurze Zeiten und hohe Stromstärken, d. h. einen Tauchsieder hoher Leistung, zu wählen. Die Anfangstemperatur des Wassers liege möglichst unter Zimmertemperatur. Nach Abschalten des Stromes und Messen der Zeit warte man bis zur Messung der Temperatur noch einige Zeit, bis Tauchsieder und Wasser die gleiche Temperatur haben.

Die Meßwerte werden abgelesen und in das vorbereitete Tafelbild (Tafel 1, Teil a) eingetragen.

Der Lehrer notiert sich die Meßwerte, weil sie in der nächsten Stunde noch benötigt werden.

Jetzt erfolgen die Berechnung und der Vergleich entsprechend dem Tafelbild 1, Teil b. Der Unterschied wird durch Fehler in der Messung und die nicht berücksichtigte Erwärmung von Gefäß, Thermometer und Tauchsieder sowie durch Wärmeabstrahlung an die Umgebung begründet. Zur Wiederholung wird der Wirkungsgrad der Einrichtung berechnet. Bei allen Rechnungen soll der Rechenstab benutzt werden.

3. Es wird zusammengefaßt, wie die elektrische Arbeit ermittelt werden kann. Dies wird mit der Kontrolle der Hausaufgabe verknüpft. Bei dieser Gelegenheit weist der Lehrer wieder darauf hin, daß es sich bei dem im Haushalt genutzten Strom meist um Wechselstrom handelt.

4. Das Rechnen von Anwendungsbeispielen dient der Festigung. Es wird mit Aufgabe 6 des Arbeitsblattes begonnen. Dann werden die Aufgaben 135 und 136 des Lehrbuches oder die Aufgaben 575 und 577 der AS 1 gerechnet.

Die elektrische Leistung (14. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Die elektrische Leistung ist das Produkt aus Spannung und Stromstärke.
2. Messungen mit einem Leistungsmesser (Wattmeter)
3. Ableiten einer Gleichung; Zeichnen von Arbeitsdiagrammen

UNTERRICHTSMITTEL

Arbeitsblätter
Spannungsquelle, 220 V ~
Leistungsmesser, 220 V; 5 A
Tauchsieder
Spannungsmesser, 250 V ~
Strommesser, 5 A ~
Becherglas, 1000 ml
Verbindungsleiter

STUNDENGLIEDERUNG

a) *Die Leistung ist der Quotient aus Arbeit und Zeit. Die elektrische Leistung ist das Produkt aus Spannung und Stromstärke.*

- | | |
|--|---|
| 1. Gleichung für die Leistung ableiten | (15) Arbeit mit dem Arbeitsblatt, Tafel 1a, Unterrichtsgespräch |
| 2. Einheiten für die Leistung ermitteln | Arbeit mit dem Arbeitsblatt, Tafel 1b, Unterrichtsgespräch |
| 3. Beispiele zur elektrischen Leistung rechnen | (12) Tafel 2a, Unterrichtsgespräch, Arbeit mit dem Arbeitsblatt |
| 4. Elektrische Arbeit im Diagramm darstellen | (18) Tafel 2b, Unterrichtsgespräch, Arbeit mit dem Arbeitsblatt |
| 5. Hausaufgabe stellen | Mitteilung |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Die Gleichung für die elektrische Leistung wird durch einen Vergleich mit dem Zusammenhang zwischen mechanischer Arbeit und mechanischer Leistung entwickelt. Die Umformung der Gleichung führt zur Möglichkeit, die elektrische Arbeit in einem $P-t$ -Diagramm darzustellen.

1. Zur Motivierung wird davon ausgegangen, daß auf elektrischen Geräten meist Angaben über die elektrische Leistung gemacht werden. Die Schüler erfahren, daß sie die Gleichung für diese physikalische Größe selbständig finden sollen. Der Lehrer teilt mit, daß die Gleichung für die elektrische Leistung auf die gleiche Weise aus der Gleichung für die elektrische Arbeit abgeleitet werden kann, wie das bei der mechanischen Leistung durchgeführt wurde. Dazu bearbeiten die Schüler die Aufgabe 7 des Arbeitsblattes nach entsprechenden Hinweisen durch den Lehrer. Die Kon-

<p><u>Mechanische Arbeit</u></p> $W = F \cdot s$ <p><u>Mechanische Leistung</u></p> $P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot s}{t}$	<p><u>Elektrische Arbeit</u></p> $W = U \cdot I \cdot t$ <p><u>Elektrische Leistung</u></p> $P = \frac{W}{t} = \frac{U \cdot I \cdot t}{t}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $P = U \cdot I$ </div> <p>Einheit: das Watt (W) 1 kW = 1000 W 1 MW = 1000 kW = 1000000 W</p>
$\frac{1V \cdot 1A \cdot 1s}{1s} = 1V \cdot 1A = 1VA$ $1VA = 1W$	

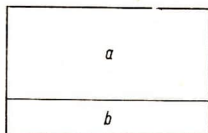


Bild 138/1 Tafel 1 zum Thema „Die elektrische Leistung“

trolle erfolgt durch Anschreiben des Lösungsweges an die Tafel 1, Teil a (Bild 138/1), durch einen Schüler.

An diesem Beispiel zeigt der Lehrer, daß bei einer zweckmäßigen Betrachtungsweise Vorgänge aus verschiedenen Teilgebieten mit den gleichen Gleichungen beschrieben werden können. Den Schülern muß deutlich werden, daß es sich in beiden Fällen (Mechanik und Elektrizitätslehre) um die gleichen physikalischen Größen (Arbeit und Leistung) handelt.

2. Entsprechend wird bei der Erarbeitung der Einheit vorgegangen. Dazu dient die Aufgabe 8 des Arbeitsblattes. Die Umrechnung von Kilowatt und Megawatt in Watt läßt der Lehrer von den Schülern auf Grund der Kenntnis der Vorsätze Kilo und Mega selbständig vornehmen. Die entsprechenden Beziehungen werden anschließend an die Tafel 1, Teil b, geschrieben.

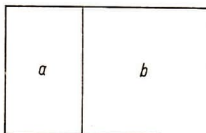
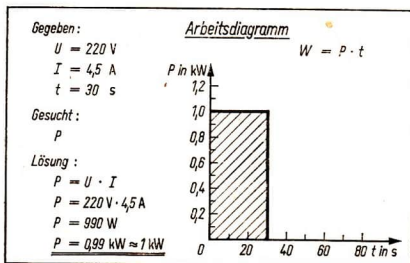


Bild 138/2 Tafel 2 zum Thema „Die elektrische Leistung“

3. Als Beispiel für die Berechnung der Leistung wird der in der letzten Stunde durchgeführte Versuch nochmals kurz angedeutet. Es soll die Leistung des Tauchsieders ermittelt werden. An der Tafel 2, Teil a (Bild 138/2), wird das Beispiel im Unterrichtsgespräch entwickelt. Ist ein Demonstrationsleistungsmesser (Wattmeter) vorhanden, so wird dieser anschließend anstelle von Strom- und Spannungsmesser eingesetzt. Der Meßwert wird meist von dem errechneten abweichen, da bei dieser

Messung nur der Fehler *eines* Meßinstrumentes in das Ergebnis eingeht. Dieser Wert ist deshalb genauer als der aus gemessener Stromstärke, Spannung und Zeit ermittelte. Nun wird auf die Leistungsangabe auf dem Tauchsieder eingegangen. Der Grund für eventuelle Abweichungen dieses Wertes von dem ermittelten sind sowohl Meßfehler als auch gerundete Angaben auf den Geräten.

Die Schüler rechnen die Aufgabe 9 des Arbeitsblattes.

4. Ausgehend von der Darstellung der mechanischen Arbeit in einem Arbeitsdiagramm in Klasse 7 (siehe Lehrplan Physik, Klasse 7, Abschnitt 2.1., und Unterrichtshilfen Physik, 7. Klasse, Seite 47 ff.) wird die Frage gestellt, ob auch die elektrische Arbeit in einem Diagramm dargestellt werden kann.

Die Schüler müssen erkennen, daß es darauf ankommt, die Arbeit als Produkt zweier Größen darzustellen. Dazu wird die Gleichung für die Leistung in die Form $W = P \cdot t$ gebracht. An der Tafel 2, Teil b, erfolgt die entsprechende Darstellung für den in dieser Stunde durchgeführten Versuch. Dazu ist es notwendig, in Teil a der Tafel 2 die Zeit entsprechend dem in der letzten Stunde durchgeführten Versuch noch zu ergänzen.

Anschließend bearbeiten die Schüler die Aufgabe 10 des Arbeitsblattes.

5. Den Schülern wird mitgeteilt, daß in der folgenden Stunde ein Schülerexperiment zum Bestimmen der elektrischen Leistung durchgeführt werden soll. Sie erhalten als Hausaufgabe den Auftrag, das Protokoll entsprechend der Versuchsanleitung E 2 des Lehrbuches vorzubereiten. Es sind die Fragen der Vorbetrachtungen zu beantworten. Außerdem werden Punkt 1 und 2 der Arbeitsanweisung bereits ausgeführt. Die Punkte 3 bis 9 werden durchgelesen, damit jeder Schüler zu Beginn der nächsten Stunde über den Versuchsablauf orientiert ist.

Messen der elektrischen Leistung (15. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. —
2. —
3. Experimentieren nach einer Versuchsanleitung; Messen von Stromstärke und Spannung; Berechnen der elektrischen Leistung; Zeichnen und Lesen von Arbeitsdiagrammen

UNTERRICHTSMITTEL

Arbeitsblätter
Tageslichtschreibprojektor
Spannungsquelle
Schalter
Glühlampe in Fassung
Strommesser
Spannungsmesser
Verbindungsleiter

} nach Anzahl der Schülergruppen

STUNDENGLIEDERUNG

1. Leistung eines elektrischen Gerätes ermitteln	(25) Schülerexperiment, Arbeit mit dem Lehrbuch
2. Die elektrische Arbeit in einem Diagramm darstellen	(8) Arbeit mit dem Arbeitsblatt
3. Arbeitsdiagramm lesen	(12) Arbeit mit dem Arbeitsblatt, Unterrichtsgespräch
4. Aufgaben zur elektrischen Leistung rechnen	Arbeit mit Lehrbuch und Heft

MATERIALIEN UND HINWEISE

Im ersten Teil der Stunde wird das obligatorische Schülerexperiment zur Bestimmung der elektrischen Leistung durchgeführt. Anschließend wird ein Arbeitsdiagramm angefertigt und ein zweites gelesen und gedeutet. Der Rest der Stunde dient dem Lösen von Aufgaben.

1. Das durch die Hausaufgabe vorbereitete Schülerexperiment wird im Unterrichtsgespräch erläutert. Dann arbeiten die Schüler entsprechend der Arbeitsanweisung E 2. Arbeitsgruppen, die alle Punkte der Arbeitsanweisung ausgeführt haben, beginnen bereits mit der im nächsten Abschnitt genannten Aufgabe.

2. Es wird die Aufgabe 11 des Arbeitsblattes ausgeführt. Die Kontrolle erfolgt individuell durch den Lehrer. Auch können die Blätter am Ende der Stunde zur Kontrolle eingesammelt werden.

3. Nun beantworten die Schüler die Aufgabe 12 des Arbeitsblattes. Hier erfolgt die Kontrolle des Ergebnisses durch die Schüler selbst. Das Diagramm wird mit dem Tageslichtschreibprojektor projiziert und im Unterrichtsgespräch ausgewertet.

4. Im letzten Teil der Stunde rechnen die Schüler Aufgaben, z. B. die Aufgaben 138, 139 und 140 des Lehrbuches oder die Aufgaben 579 und 583 der AS 1. In einer weiteren Aufgabe ist aus den Angaben an einer Waschmaschine: 220 V, 1800 W, die Stromstärke zu berechnen.

Die Aufgabe 137 wird als Hausaufgabe gestellt.

Es sei abschließend nochmals darauf hingewiesen, daß die Stunden in ähnlicher Weise ablaufen können, wenn das Arbeitsblatt nicht zur Verfügung steht. So erfordert das Anfertigen der Aufgabe 11 dann etwas mehr Zeit, die im letzten Abschnitt der Stunde gekürzt werden kann. Während die Schüler arbeiten, kann das Diagramm der Aufgabe 12 an die Tafel gezeichnet werden, wenn es nicht in Form einer Folie vorbereitet wurde.

3. Unterrichtseinheit (8 Stunden)

Elektrischer Widerstand, Ohmsches Gesetz

VORBEMERKUNGEN

In der 1. und 2. Unterrichtseinheit der 2. Stoffeinheit haben die Schüler die physikalischen Größen Ladung, Stromstärke und Spannung sowie die jeweilige Definitionsgleichung für die Größen Arbeit bzw. Energie und Leistung kennengelernt. Dabei wurden in der 2. Unterrichtseinheit die Größen Arbeit, Energie und Leistung mit Hilfe der elektrischen Größen Ladung, Stromstärke und Spannung definiert.

In dieser 3. Unterrichtseinheit sollen die Schüler den wichtigen *funktionalen Zusammenhang* $I \sim U$ in Form des Ohmschen Gesetzes unter Beachtung seines Gültigkeitsbereiches kennenlernen. Der sich dabei für einen bestimmten Leiter unter Beachtung der Temperaturkonstanz ergebende *konstante Quotient* $\frac{U}{I}$ wird als *elektrischer Widerstand* dieses Leiters definiert. Damit ist die *Eigenschaft* „Widerstand“ eines Leiters *quantitativ* erfaßt. Sie wird den Schülern mikrophysikalisch verdeutlicht, wobei sie erkennen sollen, daß auf Grund der „Zusammenstöße“ (Wechselwirkungen) zwischen Elektronen und Gitterbausteinen im Metallgitter eine den Stromfluß hemmende Wirkung im Leiter auftritt.

Nach der Erarbeitung des Ohmschen Gesetzes und der Definition des elektrischen Widerstandes wird die *Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes vom Stoff und von den Abmessungen des Leiters* (ρ, l, A) untersucht und der gesetzmäßige Zusammenhang in Form des *Widerstandsgesetzes* erarbeitet. Schließlich wird die *Temperaturabhängigkeit* bei Metallen und Halbleitern qualitativ untersucht, wobei die Leitungsvorgänge in Halbleitern nicht ausführlich besprochen werden. Bei der Anwendung dieser Kenntnisse lernen die Schüler abschließend einige Möglichkeiten des *elektrischen Messens nichtelektrischer Größen* kennen.

Sowohl bei der Erarbeitung des Ohmschen Gesetzes als auch bei der Erarbeitung des Widerstandsgesetzes wird der *induktive Weg der Erkenntnisgewinnung* eingeschlagen. Der Lehrer sollte den Schülern an diesen markanten Beispielen den Weg für die induktive Erarbeitung eines Gesetzes besonders bewußtmachen. Die weltanschaulichen und politisch-ideologischen Potenzen dieses Stoffes werden weiterhin dadurch genutzt, daß der Lehrer sorgfältig bestimmte *Modellvorstellungen* schafft und in ihrer Bedeutung herausstellt. Durch die Würdigung der Arbeiten von Georg Simon Ohm sollen die Schüler an einem Vorbild erfahren, daß man trotz Entbehrungen und Mißerfolgen zielstrebig und beharrlich arbeiten muß. In einem Vergleich der Einzelleistung dieses Forschers zu Beginn des 19. Jahrhunderts mit den Leistungen von Forscherkollektiven in unserem Staat wird verdeutlicht, welche Bedeutung der Forschung in einer von Ausbeutung freien Gesellschaft zukommt. Schließlich soll mit dem Beispiel der elektrischen Temperaturmessung und der Meßwertübertragung gezeigt werden, wie man wissenschaftliche Erkenntnisse in unserem Staat einsetzt, um die Arbeit des Menschen zu erleichtern und die Produktion mit modernen Verfahren auszubauen (wissenschaftlich-technische Revolution — Automatisierung der Produktion).

In dieser Unterrichtseinheit wird vorrangig das *funktionale Denken* weiterentwickelt. Da die Schüler Messungen zum Erarbeiten des Ohmschen Gesetzes im Schülerexperiment durchführen und in der 19. Stunde den Widerstand einer Spule experimentell ermitteln, müssen sie bereits *sicher Spannungen und Stromstärken messen* können. Das Entwickeln von Schaltbildern und das Aufbauen von Schaltungen muß weiter geübt werden. Beim „Erfinden“ von Anordnungen für das elektrische Messen nichtelektrischer Größen wird besonders das *technisch-konstruktive Denken* der Schüler entwickelt.

Zur besseren erkenntnistheoretischen Durchdringung des Lehrstoffes sind für den Lehrer nochmals die wichtigsten fachlichen Grundlagen zusammengefaßt. Das Ohmsche Gesetz beinhaltet eine Erfahrung des Menschen über die objektive Realität (über einen gesetzmäßigen Zusammenhang) und besagt: $I \sim U$, für $R = \text{konst.}$, wobei $R = f(l, A, \rho, \vartheta)$.

Es wird definiert: $R = \frac{U}{I}$. Die weitere Untersuchung der Abhängigkeiten $R = f(l, A, \rho, \vartheta)$ ergibt das Widerstandsgesetz: $R = \rho \cdot \frac{l}{A}$, falls $\vartheta = \text{konst.}$, da $R = f(\vartheta)$. Schließlich wird $R = f(\vartheta)$ qualitativ bestätigt.

Grundlegendes Wissen: Das Ohmsche Gesetz: Für einen bestimmten Leiter ist die Stromstärke der Spannung proportional; $I \sim U$. Das Ohmsche Gesetz gilt unter der Bedingung, daß die Temperatur des Leiters konstant bleibt; $\vartheta = \text{konst.}$ Der elektrische Widerstand ist der Quotient aus Spannung und Stromstärke; $R = \frac{U}{I}$.

Einheiten des Widerstandes: das Ohm (Ω), das Kiloohm ($k\Omega$), das Megaohm ($M\Omega$). Der Widerstand ist der Länge des Leiters proportional und dem Querschnitt des Leiters umgekehrt proportional; $R \sim l, R \sim \frac{1}{A}$.

Das Widerstandsgesetz: Der elektrische Widerstand eines Leiters ist gleich dem Produkt aus spezifischem Widerstand und Länge dieses Leiters, dividiert durch dessen Querschnitt; $R = \rho \cdot \frac{l}{A}$. Der Widerstand eines Leiters ist von der Temperatur abhängig.

Bei metallischen Leitern wird der Widerstand beim Erwärmen größer, bei Halbleitern kleiner.

Der Zusammenhang zwischen Spannung und Stromstärke (16. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Die Stromstärke ist von der Spannung abhängig. Wird die Spannung vergrößert, so vergrößert sich auch die Stromstärke.
2. —
3. Funktionales Denken beim Erkennen des Zusammenhanges zwischen Spannung und Stromstärke; Aufbauen einer Schaltung nach einem Schaltbild; Messen von Spannung und Stromstärke; Protokollieren der Meßwerte; Vergleichen der Meßwerte; Darstellen des funktionalen Zusammenhanges im Diagramm; Deuten des funktionalen Zusammenhanges im Diagramm

UNTERRICHTSMITTEL

Glühlampe (6,3 V; 0,3 A) mit Lampenbrett

Spannungsquelle (bis 10 V—)

Potentiometer (30 Ω ; mindestens 1 A belastbar)

Spannungsmesser (10 V—)

Strommesser (500 mA—)

Verbindungsleiter

Spannungsquelle (bis 20 V; einstellbar)

Schalter

Widerstand (50 Ω ; bis 1 A belastbar)

Spannungsmesser (20 V—)

Strommesser (1 A—)

Verbindungsleiter

} nach Anzahl der Schülergruppen
(aus SEG „Elektrik“)

STUNDENGLIEDERUNG

a) Die Stromstärke ist von der Spannung abhängig.

- | | |
|---|--|
| 1. Die Abhängigkeit der Stromstärke von der Spannung qualitativ demonstrieren | (10) Unterrichtsgespräch, Demonstrationsversuch, Tafel a, Arbeit im Heft |
| b) Wird die Spannung vergrößert, so vergrößert sich auch die Stromstärke. | |
| 2. Die Abhängigkeit der Stromstärke von der Spannung quantitativ untersuchen | (25) Schülerexperiment, selbständige Arbeit der Schüler im Heft, Tafel b, Vergleich mit Ergebnissen des Schülerexperiments E 1 |
| 3. Den Zusammenhang zwischen Stromstärke und Spannung im Diagramm darstellen | (10) selbständige Arbeit der Schüler im Heft, Tafel b, Unterrichtsgespräch |
| 4. Hausaufgabe stellen | Lehrermittteilung |

MATERIALIEN UND HINWEISE

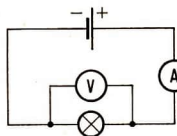
Nachdem die Schüler die physikalischen Größen Spannung und Stromstärke sowie propädeutisch das Wort Widerstand als Bezeichnung für ein elektrisches Gerät kennengelernt haben, soll in dieser Stunde der Zusammenhang zwischen Spannung und Stromstärke qualitativ und quantitativ untersucht werden. Da in der folgenden Stunde das Ohmsche Gesetz erarbeitet wird, erfolgt in dieser Stunde die quantitative Untersuchung des Zusammenhanges zwischen Spannung und Stromstärke in einem Schülerexperiment.

1. Im Unterrichtsgespräch wird wiederholend herausgearbeitet, daß durch einen Leiter ein Strom fließt, wenn an den Enden des Leiters eine Spannung liegt. Davon ausgehend wird die Frage abgeleitet: Beeinflußt die Spannung die Stromstärke in einem Leiter? Zur Beantwortung der Frage wird ein Demonstrationsversuch durchgeführt, in dem der Lehrer die Spannung an einer Glühlampe ändert. Die Änderung der Spannung erfolgt zweckmäßig mit Hilfe einer Spannungsteilerschaltung, wobei der Lehrer beachten sollte, daß der Widerstand des Potentiometers aus Gründen der Ausnutzung des vollen Regelbereiches dem Widerstand der Glühlampe angepaßt sein sollte ($R_p \approx R_G$) und das Potentiometer nicht überlastet wird. Die Spannung wird an der Glühlampe gemessen. Die Schüler beobachten, daß sich die Helligkeit der Lampe mit der Spannung ändert. Es wird die Vermutung ausgesprochen, daß die Spannung die Stromstärke beeinflusst. Zur Überprüfung wird ein Strommesser in den Stromkreis geschaltet. Die Schüler erkennen, daß die Stromstärke von der Spannung abhängig ist. Aus dieser Erkenntnis leitet der Lehrer das Stundenziel ab – Untersuchung des Zusammenhanges zwischen Spannung und Stromstärke – und schreibt das Thema an die Tafel (Bild 144/1).

Die Schüler schreiben das Thema in das Heft und zeichnen dazu vereinfacht das Schaltbild. Ein Schüler zeichnet es gleichzeitig an die Tafel (Teil a). Die gewonnene Erkenntnis wird darunter geschrieben.

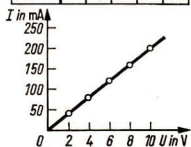
2. Im Schülerexperiment wird der Zusammenhang zwischen Spannung und Stromstärke bei einem bestimmten Leiter quantitativ untersucht. Ein Schüler jeder Schülergruppe übernimmt die bereitgestellten Geräte. Die Schüler arbeiten nach der Anweisung zum Schülerexperiment E 1 im Lehrbuch, Seite 117; die Vorbe-

Der Zusammenhang zwischen Spannung und Stromstärke



Ändert man die Spannung, so ändert sich auch die Stromstärke.

U in V	2	4	6	8	10
I in mA	40	78	120	158	202



a	b
-----	-----

Bild 144/1 Tafel zum Thema „Der Zusammenhang zwischen Spannung und Stromstärke“. Gerade farbig zeichnen!

trachtungen werden nicht durchgeführt. Statt des Widerstandes von 20Ω wird ein gleichartiger von 50Ω verwendet. Das Protokoll legen die Schüler im Heft an; die Meßwerttabelle wird dabei vorbereitend um eine Spalte $\frac{U}{I}$ in $\frac{V}{A}$ erweitert. Der

Lehrer kontrolliert die Schaltungen und gibt individuelle Hilfe. Es werden 5 bis 7 Messungen durchgeführt. Schüler, die rechtzeitig die Arbeit beendet haben, dürfen Meßwerte an der Tafel (Teil b) in die vom Lehrer vorbereitete Meßwerttabelle eintragen. Auftretende Meßfehler werden kommentiert. Wenn alle Schüler die Arbeit beendet haben, erhalten sie den Auftrag, die Meßwerte mit den Meßwerten des analogen Versuchs E 1 aus der 10. Stunde der 2. Stoffeinheit (S. 120 bis 123) zu vergleichen, in dem ein Widerstand von 20Ω verwendet wurde. Im Vergleich wird die Erkenntnis gefunden: *Wird die Spannung vergrößert, so vergrößert sich auch die Stromstärke.*

3. Die Schüler erhalten den Auftrag, den funktionalen Zusammenhang zwischen Spannung und Stromstärke genauer zu untersuchen, indem sie zusammengehörige Werte in einem U - I -Diagramm darstellen. Das Diagramm wird im Heft und von einigen Schülern an der Tafel (Teil b) erarbeitet. Der Lehrer achtet besonders auf richtige Einteilung der Koordinatenachsen und auf exakte Meßwerteintragung. Nachdem die Schüler den Graph gefunden haben, der den funktionalen Zusammenhang verdeutlicht, sollen sie nach Vergleich mit dem U - I -Diagramm aus der 10. Stunde (Punkt 5 der Arbeitsanweisung zu E 1, Lehrbuch Seite 117) den vermutlichen funktionalen Zusammenhang genauer kennzeichnen (*Proportionalität zwischen Stromstärke und Spannung*).

4. Zur Überprüfung der Vermutung ($I \sim U$) sollen die Schüler zur nächsten Stunde in der 3. Spalte der Meßwerttabelle $\left(\frac{U}{I}$ in $\frac{V}{A}\right)$ die entsprechenden Quotienten bilden.

Das Ohmsche Gesetz (17. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Das Ohmsche Gesetz: Für einen bestimmten Leiter ist die Stromstärke der Spannung proportional; $I \sim U$. Der elektrische Widerstand ist gleich dem Quotienten aus Spannung und Stromstärke; $R = \frac{U}{I}$. Einheiten des Widerstandes: das Ohm (Ω), das Kiloohm ($k\Omega$), das Megaohm ($M\Omega$). Das Ohmsche Gesetz gilt nur unter der Bedingung, daß die Temperatur des Leiters konstant bleibt.
2. Unterschied: Gesetz (Erfahrungssatz) — Definition; einige Fakten aus dem Leben von G. S. Ohm
3. Funktionales Denken beim Erkennen des Zusammenhanges zwischen Stromstärke und Spannung; induktives Schließen zum Ohmschen Gesetz; Vergleichen und Abstrahieren beim Unterscheiden: Ohmsches Gesetz — Definition des elektrischen Widerstandes; kausales Denken beim Erfassen des Gültigkeitsbereiches des Ohmschen Gesetzes

UNTERRICHTSMITTEL

Buch: Karl Leutner, „Deutsche, auf die wir stolz sind“, erste Folge, Verlag der Nation, Berlin 1955

STUNDENGLIEDERUNG

a) *Das Ohmsche Gesetz: Für einen bestimmten Leiter ist die Stromstärke der Spannung proportional.*

- | | |
|--|---|
| 1. Die Proportionalität zwischen Spannung und Stromstärke bestätigen | (10) Unterrichtsgespräch, Tafel a, Auswertung der Hausaufgabe |
| 2. Das Ohmsche Gesetz erörtern | (15) Lehrervortrag, Tafel a, Unterrichtsgespräch |
| 3. Die Arbeit von G. S. Ohm würdigen | Vorlesen eines Buchtextes, Unterrichtsgespräch |

b) *Der elektrische Widerstand ist gleich dem Quotienten aus Spannung und Stromstärke.*

- | | |
|--|---|
| 4. Die physikalische Größe elektrischer Widerstand einführen | (20) selbständige Arbeit der Schüler im Heft, Unterrichtsgespräch, Lehrervortrag, Tafel b |
| 5. Einheiten des Widerstandes angeben | Arbeit mit dem Lehrbuch, Tafel b |

c) *Das Ohmsche Gesetz gilt unter der Bedingung, daß die Temperatur des Leiters konstant bleibt. Die Definition des elektrischen Widerstandes ist allgemeingültig.*

- | | |
|---|--|
| 6. Den Gültigkeitsbereich des Ohmschen Gesetzes angeben | Arbeit mit dem Lehrbuch, Unterrichtsgespräch |
|---|--|

MATERIALIEN UND HINWEISE

Der *induktive Weg zum Ohmschen Gesetz* wurde in der vergangenen Stunde begonnen und findet in dieser Stunde mit der endgültigen Formulierung seinen Abschluß. Nach der Formulierung des Ohmschen Gesetzes wird den Schülern erläutert, daß

es sinnvoll ist, den Quotienten aus Spannung und Stromstärke als elektrischen Widerstand zu definieren.

In Verbindung mit dem Ohmschen Gesetz werden die Arbeiten von G. S. Ohm gewürdigt. Aus dieser historischen Betrachtung heraus wird die Arbeit der Forscher zu Beginn des 19. Jahrhunderts mit der Arbeit von Forscherkollektiven in unserem Staat verglichen.

Eine Abschätzung des Gültigkeitsbereiches des Ohmschen Gesetzes rundet diese Stunde ab, wobei in diesem Zusammenhang die Wärmeentwicklung in einem Leiterstück als Energieumwandlung gekennzeichnet wird.

1. Im Unterrichtsgespräch werden wiederholend die in der vergangenen Stunde durchgeführten Untersuchungen kommentiert; ein Schüler zeichnet noch einmal das Versuchsergebnis in Form des Graphen in ein U - I -Diagramm an der Tafel (Bild 146/1; Teil a). Danach sprechen die Schüler zu der Erkenntnis, die sie beim Lösen der Hausaufgabe gewonnen haben. Dabei sollte auch die Bedeutung der Quotientenbildung zur Bestätigung der Proportionalität hervorgehoben werden.

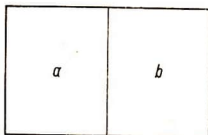
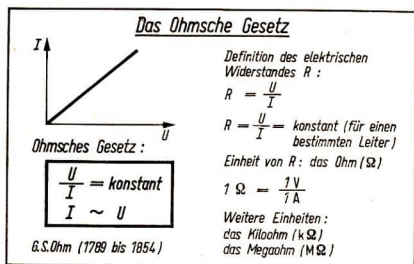


Bild 146/1 Tafel zum Thema „Das Ohmsche Gesetz“. Gesetz farbig hervorheben!

2. Der Lehrer weist auf die Bedeutung der Erkenntnis hin, die die Schüler gewonnen haben. Er erörtert in knappen Sätzen, daß diesen Zusammenhang zwischen Spannung und Stromstärke erstmalig der deutsche Physiker Georg Simon Ohm mit Hilfe von Experimenten entdeckte. Ergänzend sollte den Schülern bewußtgemacht werden, daß dieses Gesetz eine bestimmte Erfahrung des Menschen über die Natur ist. Dabei wird das Thema der Stunde an die Tafel geschrieben und das Tafelbild weiterentwickelt (Teil a). Anschließend geben die Schüler mit eigenen Worten den Inhalt des Ohmschen Gesetzes wieder.

3. Um den Schülern zunächst einen Einblick in die Zeit der Entdeckung des Ohmschen Gesetzes zu geben und um die Arbeiten von G. S. Ohm zu würdigen, liest nun ein Schüler den folgenden zusammengefaßten Abschnitt aus dem Buch von Karl Leutner „Deutsche, auf die wird stolz sind“ (erste Folge) vor:

„... Bereits mit sechzehn Jahren konnte Georg Simon Ohm die Gelehrsamkeit seines Vaters an der Universität seiner Heimatstadt erfolgreich erproben. Aber schon erwies sich, daß der Weg zu den Quellen der Erkenntnis kostspieliger war, als dem väterlichen Handwerk angemessen sein konnte. Der junge Ohm mußte Geld verdienen, wenn er leben, studieren und forschen wollte. Er wanderte in die Schweiz,

wurde Lehrer an einer Privatschule im Kanton Bern, erteilte Privatstunden in Neuchâtel, bis er nach Erlangen zurückkehren und promovieren konnte. Er kannte sein Ziel, wurde Privatdozent an der Erlanger Universität, wagte den großen Schritt vom Studenten zum Forscher — um zu erfahren, daß er von den Vorlesungshonoraren nicht existieren konnte. Aber für Ohm gab es keinen Verzicht auf die lockende Aufgabe, auch wenn er einen lebenslangen Umweg wählen mußte, um endlich sicheren Fuß an einer Universität zu fassen. Er ging diesen Weg, still und unscheinbar, aber versessen in die ungelösten Fragen der elektrischen Energie. Georg Simon Ohm wurde Schulmeister ... Und nun saß der Lehrer der Physik und der Mathematik Georg Simon Ohm vier Jahre an der Realschule in Bamberg und zehn Jahre am Gymnasium in Köln und experimentierte in seinen wenigen Freistunden und mit seinen kümmerlichen Hilfsmitteln in seinem Dachkämmerchen, um durch die Lösung des Widerstandsproblems die praktische Nutzung der elektrischen Kraft zu erschließen. Die Jugendzeit verging, das Leben zog an ihm vorüber, er entsagte allen Freuden, blieb ledig, aber Schritt um Schritt entriß er dem Leiter des Stromes seine Geheimnisse. 1827 war es so weit. Seine Abhandlung „Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet“ war geschrieben, das Ohmsche Gesetz entdeckt ... Aber unter dem Zwang der wirtschaftlichen Not konnte er seine Entdeckungen nur Bruchstück nach Bruchstück bekanntgeben. Kaum jemand achtete darauf. Und als ihm endlich ein längerer Urlaub die zusammenfassende Veröffentlichung seiner Erkenntnisse und die Bekanntgabe seiner Formel ermöglichte, da mußte er zu alledem erfahren, wie weit er seiner Zeit vorausgeeilt war. Es schien, als vermochte niemand die weittragende praktische Bedeutung seiner Erkenntnisse zu begreifen. Das Echo blieb aus und mit ihm die Anerkennung, die er sich ausschließlich in einer seiner Arbeit angemessenen Lehr- und Forschungsstätte erhofft hatte ...“

Mit dem Vorlesen dieses Textes soll für die Schüler ein Vorbild geschaffen werden. Sie sollen erkennen, wie ein Forscher sich über die Schwierigkeiten seiner Zeit hinweg zielstrebig und beharrlich bemühte, für die Menschen neue Erkenntnisse über die Natur zu gewinnen. Ergänzend kann im Lehrbuch das Bild 71/2 betrachtet und auf den dazugehörigen Text verwiesen werden.

Zur weiteren Analyse dieses Textes erhalten die Schüler den Auftrag, im Unterrichtsgespräch die Einzelleistung dieses Forschers im Zusammenhang mit den gesellschaftlichen Verhältnissen, mit der Arbeit von Forscherkollektiven in unserem Staat zu vergleichen. Im Ergebnis des Unterrichtsgesprächs könnten folgende Erkenntnisse überzeugend herausgestellt werden:

- a) In unserem Staat kann jeder begabte junge Mensch sich qualifizieren und gegebenenfalls zum Forscher werden, unabhängig von seiner sozialen Herkunft und frei von materiellen Sorgen.
 - b) Unser Staat unterstützt die Forschung, um die Wissenschaft zur Produktivkraft werden zu lassen und um das Leben aller Menschen zu verbessern.
 - c) In der heutigen Zeit sind große Leistungen in der Forschung vorrangig nur in Kollektiven möglich.
4. Nun erhalten die Schüler die Aufgabe, im Heft in das Diagramm, das sie in der vergangenen Stunde angelegt haben, einige Wertepaare aus der Meßwerttabelle der 10. Stunde (S. 120) einzutragen. Im Ergebnis dieser Arbeit sollen sie die beiden Geraden vergleichen; die beiden Geraden sind den Widerständen $R = 20 \Omega$ bzw. $R = 50 \Omega$ zugeordnet. Man erkennt, daß die Geraden unterschiedlich steil ver-

laufen (unterschiedlichen Anstieg besitzen). Im Unterrichtsgespräch wird geschlossen, daß der Zahlenwert des Verhältnisses $\frac{U}{I}$ vom entsprechenden Leiter abhängt. Der Lehrer erläutert, daß man auf Grund dieser Tatsache mit dem Verhältnis $\frac{U}{I}$ für einen bestimmten Leiter eine weitere physikalische Größe definiert (erklärt) hat.

Diese neue Größe ist der *elektrische Widerstand* eines Leiters. Er wird durch das Verhältnis $\frac{U}{I}$ charakterisiert. Nun kennzeichnet der Lehrer die Gleichung $R = \frac{U}{I}$ als *Definitionsgleichung*. Der elektrische Widerstand eines Leiters bei konstanter Temperatur ist demnach gleich dem konstanten Verhältnis aus Spannung und Stromstärke. Parallel dazu entsteht das Tafelbild (Teil b).

5. Die Einheiten für den elektrischen Widerstand sollen die Schüler durch das Lesen des entsprechenden Lehrbuchabschnittes, S. 72, selbst finden. Unter Anleitung des Lehrers ergänzen danach die Schüler das Tafelbild (Teil b). Sie vervollständigen weiterhin den Erkenntnisweg im Heft durch Niederschreiben des Ohmschen Gesetzes und der Definitionsgleichung für den elektrischen Widerstand.

6. Der Lehrer erinnert die Schüler daran, daß sie bei Gesetzen stets den *Gültigkeitsbereich* beachten müssen. Die Schüler erhalten deshalb den Auftrag, den Gültigkeitsbereich des Ohmschen Gesetzes selbst abzuschätzen, indem sie sich im Lehrbuch auf Seite 73 informieren. Abschließend sprechen Schüler über den Gültigkeitsbereich. Dabei wird besonders die Wärmeentwicklung im Leiter als Prozeß der Energieumwandlung modellhaft erklärt und auf die Temperaturabhängigkeit des Widerstandes hingewiesen. Der Lehrer teilt mit, daß diese Erscheinung später untersucht werden soll.

Anwendungen zum Ohmschen Gesetz (18. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Bei einer konstanten Spannung ist die Stromstärke dem Widerstand umgekehrt proportional. Mehrfache Bedeutung des Wortes Widerstand
2. —
3. Funktionales Denken beim Erkennen des Zusammenhanges zwischen Stromstärke und Widerstand; Berechnen entsprechender Größen mit Hilfe der Definitionsgleichung für den elektrischen Widerstand

UNTERRICHTSMITTEL

3 Glühlampen (6,3 V; 0,3 A) mit Lampenbrettern
Spannungsquelle (bis 10 V—)
Potentiometer (etwa 100 Ω)
Schalter
Strommesser (500 mA—; 5 A—)
Verbindungsleiter
Spannungsmesser (10 V—)
Widerstand (etwa 4 Ω ; bis 2 A belastbar)
Hafttafel mit Applikationen (Gitterbausteinen, Elektronen)

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|---|---|
| 1. Auf die mehrfache Bedeutung des Wortes Widerstand hinweisen | (10) Unterrichtsgespräch, Tafel a |
| a) Bei einer konstanten Spannung ist die Stromstärke dem Widerstand umgekehrt proportional. | |
| 2. Den elektrischen Widerstand eines Leiters mit Hilfe der Elektronenbewegung deuten | (15) Arbeit mit dem Lehrbuch, Unterrichtsgespräch, Hafttafel |
| 3. Den funktionalen Zusammenhang zwischen Stromstärke und Widerstand untersuchen | Unterrichtsgespräch, Tafel b, Demonstrationsversuch |
| 4. Aufgaben zum Ohmschen Gesetz lösen | (20) Demonstrationsversuche, Tafel c, selbständige Arbeit der Schüler mit Lehrbuch und Heft |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Zur weiteren exakten Begriffsbildung wird in dieser Stunde zunächst die *mehrfache Bedeutung des Wortes Widerstand* erörtert. Nach einer mikrophysikalischen Erklärung der Eigenschaft *Widerstand* eines Leiters wird deduktiv über die Definitionsgleichung für den elektrischen Widerstand die Erkenntnis $I \sim \frac{1}{R}$ gewonnen. Schließlich werden zur weiteren Anwendung des Ohmschen Gesetzes Aufgaben gerechnet.

1. Zu Beginn der Stunde wird im Unterrichtsgespräch die mehrfache Bedeutung des Wortes Widerstand erörtert. Dabei entwickelt der Lehrer die Übersicht (Bild 149/1; Teil a) an der Tafel.

Anwendungen zum Ohmschen Gesetz

Widerstand

Eigenschaft eines Leiters;
 physikalische Größe $R = \frac{U}{I}$

Gerät

$R = \frac{U}{I}$; $I = \frac{U}{R} \rightarrow I \sim \frac{1}{R}$ $U = \text{konstant}$

Bei einer konstanten Spannung ist die Stromstärke dem Widerstand umgekehrt proportional.

Gegeben : $U = 6,3 \text{ V}$
 $I = 300 \text{ mA}$

Gesucht : R

Lösung : $R = \frac{U}{I}$

$R = \frac{6,3 \text{ V}}{300 \text{ mA}}$
 $R = \frac{6,3 \text{ V}}{0,3 \text{ A}}$
 $R = 21 \Omega$

Der Widerstand beträgt 21Ω .

a	c
b	

Bild 149/1 Tafel zum Thema „Anwendungen zum Ohmschen Gesetz“. Kästchen farbig unterscheiden!

2. Durch Lesen des entsprechenden Abschnittes im Lehrbuch, Seite 73, sollen die Schüler erfahren, daß der *Widerstand* eines Leiters mit Hilfe der Elektronenbewegung im Metallgitter gedeutet wird. Sie sprechen anschließend dazu im Unterrichtsgespräch. Zur Vertiefung wird von einigen Schülern der Sachverhalt modellhaft

Magnetapplikationen (Gitterbausteine, Elektronen) an der Manipermhafttafel demonstriert (entsprechend der 6. Stunde der 1. Unterrichtseinheit unter 3.). Dabei wird nochmals auf die „Zusammenstöße“ (Wechselwirkungen) der Elektronen mit den Gitterbausteinen und die damit verbundene *Energieumwandlung* hingewiesen: Abnahme der kinetischen Energie der Elektronen \rightarrow Zunahme der kinetischen Energie der Gitterbausteine \rightarrow Temperaturerhöhung im Leiter \rightarrow Änderung des Widerstandes des Leiters.

Es sollte auch hier wieder der Modellcharakter dieser Betrachtungsweise den Schülern bewußtgemacht werden. Letztlich kann man an diesem Sachverhalt wiederum verdeutlichen, wie der Mensch die für die Sinnesorgane nicht unmittelbar zugängliche Erscheinung des elektrischen Widerstandes erfaßt hat, indem er sich zur Erklärung ein Modell geschaffen und zum Messen die physikalische Größe definiert hat.

3. Beim Deuten des Widerstandes eines Leiters haben die Schüler bereits erkannt, daß der Widerstand den Stromfluß hemmt. Diese Erkenntnis wird nochmals deduktiv aus der Definitionsgleichung für den elektrischen Widerstand hergeleitet. Der Lehrer schreibt unter Mitarbeit der Schüler die entsprechenden Beziehungen an die Tafel (Teil b). Die Schüler erkennen, daß *bei konstanter Spannung die Stromstärke dem Widerstand umgekehrt proportional* sein muß. Schließlich wird diese deduktiv gewonnene Erkenntnis in einem Demonstrationsversuch qualitativ bestätigt. Dazu schaltet der Lehrer in Reihe nacheinander erst eine, dann zwei und letztlich drei Glühlampen. Über eine Spannungsteilerschaltung wird jeweils die konstante Spannung, z. B. $U = 6 \text{ V}$, eingestellt, die die Schüler an einem Spannungsmesser ablesen können. Am Strommesser lesen sie nacheinander die entsprechenden Stromstärken ab und finden somit die Erkenntnis qualitativ bestätigt.

Da die Schüler an dieser Stelle noch keine Kenntnisse über den unverzweigten Stromkreis besitzen, sollte der Lehrer diese Methode der Widerstandsvergrößerung im Experiment knapp erläutern, indem er auf die Kenntnisse der Schüler über die Elektronenbewegung im Ionengitter eines metallischen Leiters zurückgreift.

4. Nun sollen noch zwei Rechenaufgaben in Verbindung mit Demonstrationsversuchen gelöst werden.

Zunächst werden in einem Stromkreis mit einer Glühlampe ($6,3 \text{ V}$; $0,3 \text{ A}$) Spannung und Stromstärke gemessen. Man stellt dabei über eine Spannungsteilerschaltung $U \approx 6 \text{ V}$ ein, wobei die Spannung an der Glühlampe gemessen wird. Die Schüler lesen die entsprechenden Meßwerte ab. Aus den Meßwerten soll der Widerstand der Glühlampe berechnet werden. Die Berechnung wird von Schülern an der Tafel (Teil c) und im Heft vorgenommen. Gegebenenfalls kann mit Nomogrammen gearbeitet werden. Der Lehrer achtet auf strenge Einhaltung aller Lösungsschritte.

Für die zweite Aufgabe wird ein Widerstand $R = 4 \Omega$ vorgegeben, wobei eine Spannung $U = 8 \text{ V}$ angelegt werden soll. Die Schüler erhalten die Aufgabe, aus den gegebenen Werten die Stromstärke zu berechnen. Dazu dürfen sie das Rechenbeispiel im Lehrbuch, Seite 72, verwenden. Nach Beendigung der Rechnung werden einige Ergebnisse vorgelesen. Zur Überprüfung der Richtigkeit des berechneten Wertes für die Stromstärke wird dieser Widerstand in einen Stromkreis geschaltet und bei entsprechender Spannung ($U = 8 \text{ V}$) die Stromstärke gemessen ($I \approx 2 \text{ A}$). An Stelle der experimentell-theoretischen Arbeit können auch die Aufgaben 595 und 599 der AS 1 gelöst werden.

Technische Widerstände (Schülerexperiment) (19. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. In der Technik werden Widerstände als Bauelemente häufig verwendet.
2. Bedeutung der verschiedenen standardisierten Schaltzeichen für bestimmte Widerstände
3. Entwickeln eines Schaltbildes zu einer vorgegebenen Meßaufgabe; Aufbauen einer Schaltung nach Schaltbild; Messen von Spannungen und Stromstärken; Protokollieren der Meßwerte; Berechnen von Widerständen; Bilden eines Mittelwertes; induktives Schließen zu verallgemeinerten Aussagen über die experimentellen Ergebnisse; Darstellen der Meßwerte in einem U - I -Diagramm; Erkennen des funktionalen Zusammenhanges im Diagramm

UNTERRICHTSMITTEL

Schiebewiderstand

Drehwiderstand

Drahtwiderstand

Spannungsquelle

Widerstand (z. B. Spule mit
1500 Windungen)

Spannungsmesser

Strommesser

Verbindungsleiter

} nach Anzahl der Schülergruppen
(aus SEG „Elektrik“ – Schüler-
versuch E 3)

STUNDENGLIEDERUNG

a) *In der Technik werden Widerstände als Bauelemente häufig verwendet.*

- | | |
|--|---|
| 1. Einige technische Widerstände vorstellen | (10) Unterrichtsgespräch,
Arbeit mit dem Lehrbuch |
| 2. Schaltzeichen für die Widerstände einführen | Arbeit mit dem Lehrbuch, Tafel |
| 3. Den Widerstand einer Spule ermitteln | (35) Schülerexperiment, selbständige Arbeit der Schüler mit Lehrbuch und Heft |
| 4. Hausaufgabe erteilen | Mitteilung |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Mit dem Erklären des technischen Aufbaus und dem Erörtern der praktischen Funktion einiger technischer Widerstände zu Beginn der Stunde soll ein Beitrag zur *polytechnischen Bildung und Erziehung* geleistet werden. Der Hauptteil dieser Stunde ist dadurch gekennzeichnet, daß die Schüler selbständig den Widerstand einer Spule ermitteln sollen und dabei eine Reihe geistiger und praktischer Tätigkeiten ausüben müssen.

1. Nach einer kurzen Wiederholung der Bedeutung des Wortes Widerstand zeigt der Lehrer den Schülern einige technische Widerstände, die er auf dem Experimentiertisch bereitgestellt hat (z. B. Schiebewiderstand, Drehwiderstand, Kurbelwider-

stand, Schichtwiderstand, Drahtwiderstand). Nun liest ein Schüler den Abschnitt über „Technische Widerstände“ im Lehrbuch, Seite 73/74, vor. In der Auswertung des Inhaltes dieses Abschnittes geben die Schüler den prinzipiellen Aufbau und den Verwendungszweck der technischen Widerstände an.

2. Der Lehrer weist darauf hin, daß in Schaltbildern die standardisierten Schaltzeichen für die elektrischen Geräte verwendet werden müssen, um u. a. Eindeutigkeit beim Zeichnen und Lesen von Schaltplänen zu erreichen. Das gilt auch für die Darstellung verschiedener Ausführungen technischer Widerstände. Die Schüler erhalten den Auftrag, sich im Lehrbuch darüber zu informieren. In einer anschließenden Zusammenfassung entwickelt der Lehrer unter Beteiligung der Schüler das Tafelbild (Bild 152/1), wobei die Schüler gleichzeitig im Heft die Zusammenfassung entsprechend dem Tafelbild mitgestalten.


<u>Technische Widerstände</u>	
<i>Verwendungszweck</i>	
<i>Einstellen von bestimmten Werten für U und I</i>	
<i>Beispiele</i>	<i>Schaltzeichen</i>
<i>Schiebewiderstand</i>	(allgemein)
<i>Kurbelwiderstand</i>	
<i>Drahtwiderstand</i>	
<i>Schichtwiderstand</i>	

Bild 152/1 Tafel zum Thema „Technische Widerstände“

3. Im *Schülerexperiment E 3* (Lehrbuch, Seite 119) sollen die Schüler bei relativ hoher Selbständigkeit den unbekanntem Ohmschen Widerstand einer Spule bestimmen. Dabei müssen sie eine Reihe geistiger und praktischer Tätigkeiten ausüben, die dabei teilweise qualitativ weiterentwickelt werden. Wesentlich ist dabei, daß sie folgenden *Algorithmus im Rahmen der experimentellen Methode* selbständig durchführen müssen: Festlegen der experimentell ermittelbaren Größen — Entwurf der dazu notwendigen Schaltung — Aufbauen der Schaltung und Überprüfung derselben — Messen der Größen bei Variation der Versuchsbedingungen — Protokollieren der Meßwerte — Berechnen der gesuchten Größe als Mittelwert — Einschätzung der Meßgenauigkeit.

Ergänzend werden mit diesem Schülerexperiment einige bereits gewonnene Erkenntnisse bestätigt (z. B. $I \sim U$). Der Lehrer hat die notwendigen Geräte für die Schülergruppen bereitgestellt, kontrolliert die Schaltungen und gibt individuelle Hilfe. Er achtet besonders auf diszipliniertes, zielstrebiges Arbeiten. In Abänderung zu den einzelnen Punkten der Arbeitsanweisung zum Schülerexperiment werden im Unterricht die Punkte 1., 2., 3., 4. und 7. bearbeitet. Die Arbeit endet damit, daß der Lehrer einige ermittelte Werte kontrolliert, vergleichen läßt und die Arbeit einiger Schülergruppen einschätzt (Disziplin, Exaktheit u. ä.).

4. Der Lehrer teilt den Schülern mit, daß sie als Hausaufgabe bis zur 23. Stunde die Punkte 6 und 5 der Arbeitsanweisung zu bearbeiten und insgesamt das Protokoll fertigmachen müssen.

Abhängigkeit des Widerstandes von Länge und Querschnitt eines Leiters (20. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Der Widerstand ist der Länge des Leiters proportional und dem Querschnitt des Leiters umgekehrt proportional.
2. Induktiver Weg der Erkenntnisgewinnung
3. Berechnen von Widerständen; Darstellen der funktionalen Zusammenhänge in Diagrammen; funktionales Denken beim Erkennen der Zusammenhänge im Diagramm; Entwickeln des Versuchsprogramms; Protokollieren der Meßwerte

UNTERRICHTSMITTEL

Spannungsquelle (bis 10 V—)
Potentiometer (etwa 10 Ω , bis 1 A belastbar)
2 Holtzsche Klemmen
Spannungsmesser (1 V—)
Strommesser (500 mA—)
Konstantandraht ($d = 0,3$ mm; $l = 5$ m)
Schalter
Meterstab
Verbindungsleiter
2 Tischklemmen

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|--|--|
| 1. Die den Widerstand eines Leiters beeinflussenden Eigenschaften erkennen | (5) Unterrichtsgespräch, Tafel 1a |
| a) <i>Der Widerstand ist der Länge des Leiters proportional.</i> | |
| 2. Die Abhängigkeit des Widerstandes von der Länge des Leiters untersuchen | (25) Unterrichtsgespräch, Tafel 1 b; Demonstrationsversuch, selbständige Arbeit der Schüler im Heft und an der Tafel 1 b |
| 3. Den funktionalen Zusammenhang zwischen Widerstand und Länge eines Leiters auffinden | selbständige Arbeit der Schüler im Heft und an der Tafel 1 b |
| b) <i>Der Widerstand ist dem Querschnitt des Leiters umgekehrt proportional.</i> | |
| 4. Die Abhängigkeit des Widerstandes vom Querschnitt des Leiters untersuchen | (15) Unterrichtsgespräch, Tafel 2, Demonstrationsversuch, selbständige Arbeit der Schüler im Heft und an der Tafel 2 |
| 5. Den funktionalen Zusammenhang zwischen Widerstand und Querschnitt eines Leiters auffinden | Arbeit mit dem Lehrbuch, Tafel 2 |
| 6. Hausaufgabe erteilen | Mitteilung |

MATERIAL UND HINWEISE

Nachdem der elektrische Widerstand als Quotient aus Spannung und Stromstärke definiert wurde, soll in dieser und in der folgenden Stunde auf induktivem Weg mit Hilfe von Demonstrationsversuchen die *Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes vom Stoff (ρ) sowie von der Länge (l) und dem Querschnitt (A) eines Leiters* gefunden und in Form des *Widerstandsgesetzes* zusammengefaßt werden. In dieser Stunde wird zunächst die Abhängigkeit des Widerstandes von der Länge und vom Querschnitt eines Leiters untersucht. Dabei wird besonders das *funktionale Denken* der Schüler weiterentwickelt und ihnen der *induktive Weg der Erkenntnisgewinnung* beußgemacht.

1. Mit Hilfe der Kenntnisse über die Deutung des Widerstandes eines Leiters (behinderte Elektronenbewegung im Metallgitter) und der Kenntnisse über den Aufbau technischer Widerstände werden von den Schülern im Unterrichtsgespräch Vermutungen aufgestellt, von welchen Eigenschaften eines Leiters dessen Widerstand abhängig sein könnte. Der Lehrer faßt die Ergebnisse dieses Unterrichtsgesprächs an der Tafel 1 zusammen (Bild 154/1; Teil a) und orientiert die Schüler auf das Ziel der kommenden beiden Stunden: Untersuchung der Abhängigkeit des Widerstandes eines Leiters von bestimmten Eigenschaften dieses Leiters. Dabei soll in dieser Stunde zunächst die Abhängigkeit des Widerstandes von der Länge und dem Querschnitt eines Leiters gefunden werden. Das Thema erscheint ebenfalls an der Tafel 1.

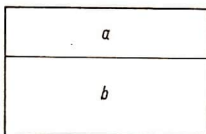
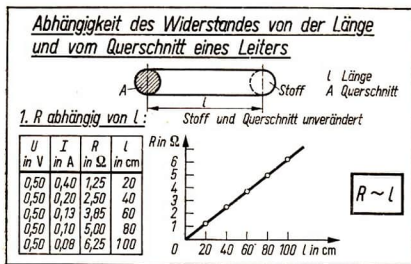


Bild 154/1 Tafel 1 zum Thema „Abhängigkeit des Widerstandes von der Länge und vom Querschnitt eines Leiters“. Gerade und Teilerkenntnis farbig hervorheben!

2. Der Lehrer stellt als erste Unterrichtsaufgabe, die Abhängigkeit des Widerstandes eines Leiters von seiner Länge zu untersuchen. Im Unterrichtsgespräch entwickeln die Schüler das Versuchsprogramm (zu messende Größen, Kopf der Meßwerttabelle, Schaltung, Möglichkeiten der Auswertung). Dabei ist besonders darauf hinzuweisen, daß bei dieser Messung Querschnitt und Stoff nicht verändert werden dürfen. Im Ergebnis des Unterrichtsgesprächs schreibt der Lehrer die erste Aufgabe an die Tafel 1 (Teil b) und entwickelt die Meßwerttabelle. Die Schüler übernehmen das Thema in das Heft und entwickeln sofort das Meßprogramm im Heft mit. Nachdem der sorgfältig vorbereitete Aufbau zum Demonstrationsversuch er-

läutert wurde, beginnt die Messung. Ein Schüler liest jeweils Stromstärke, Spannung und Länge ab, ein zweiter schreibt die Meßwerte in die Tabelle an der Tafel. Alle Schüler protokollieren im Heft mit. Der Lehrer führt den Versuch nach GS 6, V 37, durch, wobei einige kleine technische Änderungen sich als günstig erweisen. Aus rationellen Gründen wird 1 m Konstantendraht ($d = 0,3 \text{ mm}$) zwischen zwei Holz-sche Klemmen gespannt, die mit Tischklemmen befestigt wurden. Spannung und Stromstärke werden jeweils für die Leiterstücke in Abständen von 20 cm ermittelt. Der Lehrer sollte möglichst auch die Meßwerte, die in der Tabelle der Tafel 1 (Teil b) vorgegeben wurden, einhalten. Die konstante Spannung stellt man wieder mit Hilfe einer Spannungsteilerschaltung ein.

3. Den Schülern wird bewußtgemacht, daß man genauere Aussagen über den funktionalen Zusammenhang zwischen Widerstand und Länge eines Leiters finden kann, wenn man den dazugehörigen Graph zeichnet. Die Schüler berechnen in der Tabelle R in Ohm und legen im Heft ein Diagramm an. Schüler, die schnell und sorgfältig arbeiten, dürfen die Tabelle an der Tafel 1 vervollständigen und das Diagramm zum Vergleich an der Tafel 1 (Teil b) entwickeln. Nachdem die Gerade im Diagramm gefunden wurde, wird die begründete Vermutung ausgesprochen, daß der *Widerstand der Länge des Leiters proportional* sein muß. Die Vermutung wird bestätigt, indem die Schüler im Heft einige Quotienten $\frac{R}{l}$ berechnen. Abschließend schreibt der Lehrer die erste Teilerkenntnis in mathematisch kurzer Form an die Tafel 1.

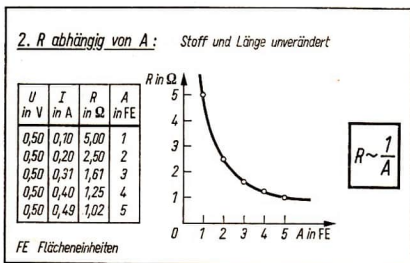


Bild 155/1 Tafel 2 zum Thema „Abhängigkeit des Widerstandes von der Länge und vom Querschnitt eines Leiters“. Graph und Teilerkenntnis farbig hervorheben!

4. Nun formuliert der Lehrer die zweite Unterrichtsaufgabe an der Tafel 2 (Bild 155/1). Im Unterrichtsgespräch wird wiederum das Meßprogramm entwickelt. Im Ergebnis entsteht die entsprechende Tabelle an der Tafel 2. Der Lehrer sollte besonders erläutern, daß aus Gründen der Zeitersparnis mit Flächeneinheiten (FE) für den Querschnitt gearbeitet werden soll. Die Schüler dieser Altersstufe begreifen diesen Sachverhalt ohne weiteres. Der Versuch wird nach GS 6, V 38, durchgeführt, wobei jedoch in Abänderung des Versuches der bereits verwendete Konstantendraht 80 cm lang zwischen die Holz-schen Klemmen gespannt wird. Dann klemmt man bei gleicher Länge nacheinander bis zu 5 Drähte parallel hinzu und

vergrößert so den Querschnitt. Ein Schüler liest wiederum die zu messenden Größen ab, ein zweiter protokolliert an der Tafel. Alle anderen Schüler protokollieren im Heft mit.

5. Die Untersuchung des funktionalen Zusammenhanges zwischen Widerstand und Querschnitt verläuft nun so, daß die Schüler die Darstellung der Meßwerte eines analogen Versuches in einem Diagramm im Lehrbuch, Bild 76/1, betrachten. Sie formulieren ihre Vermutung über den dargestellten funktionalen Zusammenhang. Einige Schüler zeichnen das Diagramm für die ermittelten Meßwerte an die Tafel 2, wobei gleichzeitig andere Schüler im Kopf das Produkt $R \cdot A$ berechnen. Die Schüler erkennen, daß der *Widerstand dem Querschnitt umgekehrt proportional* ist. Der Lehrer schreibt diese Erkenntnis wiederum in mathematisch kurzer Form neben das Diagramm an die Tafel 2.

6. Die Schüler erhalten bis zur nächsten Stunde die Hausaufgabe: Darstellung des funktionalen Zusammenhanges zwischen Widerstand und Querschnitt eines Leiters in einem Diagramm zu der Meßwerttabelle der zweiten Unterrichtsaufgabe.

Das Widerstandsgesetz (21. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Das Widerstandsgesetz: Der Widerstand ist gleich dem Produkt aus spezifischem Widerstand und Länge eines Leiters, dividiert durch dessen Querschnitt:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \cdot$$

2. Induktiver Weg der Erkenntnisgewinnung

3. Funktionales Denken beim Erkennen des Zusammenhanges zwischen Widerstand, Länge und Querschnitt eines Leiters; induktives Schließen zu einem Gesetz in Form einer mathematischen Gleichung; Ableiten der Einheiten des spezifischen Widerstandes; Berechnen von Widerständen nach dem Widerstandsgesetz

UNTERRICHTSMITTEL

Spannungsquelle (bis 2 V—)

Potentiometer (etwa 10 Ω ; bis 3 A belastbar)

Spannungsmesser (100 mV—)

Strommesser (500 mA—; 5 A—)

Schalter

Widerstandsbrett mit Drähten aus Stahl, Kupfer und Chromnickel ($d = 0,45$ mm; $l = 400$ mm)

Stativmaterial

Verbindungsleiter

Meterstab

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|--|--|
| 1. Die Erkenntnisse über die Abhängigkeit des Widerstandes von der Länge und vom Querschnitt eines Leiters zusammenfassen | (5) Unterrichtsgespräch, Auswertung der Hausaufgabe, Tafel a |
| a) Das Widerstandsgesetz: Der Widerstand ist gleich dem Produkt aus spezifischem Widerstand und Länge eines Leiters, dividiert durch dessen Querschnitt. | |
| 2. Das Widerstandsgesetz ableiten | (25) Lehrervortrag, Tafel a |
| 3. Die Abhängigkeit des Widerstandes vom Stoff demonstrieren | Demonstrationsversuch, Tafel b, Arbeit mit dem Lehrbuch |
| 4. Einheiten des spezifischen Widerstandes angeben | Tafel c, selbständige Arbeit der Schüler im Heft |
| 5. Einen Widerstand mit Hilfe des Widerstandsgesetzes berechnen | (15) selbständige Arbeit der Schüler im Heft |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Die Erarbeitung des *Widerstandsgesetzes*, die in der vergangenen Stunde begonnen wurde, wird in dieser Stunde abgeschlossen. Dabei soll den Schülern besonders noch einmal der *induktive Weg zum Auffinden eines Gesetzes* bewußtgemacht werden. Um die Aussagen des Widerstandsgesetzes zu bestätigen, wird den Schülern noch gezeigt, daß der elektrische Widerstand vom Stoff abhängt, aus dem der Leiter besteht. Schließlich wird eine Rechenaufgabe zur Anwendung des Widerstandsgesetzes gelöst.

1. Im Unterrichtsgespräch werden die wesentlichen Erkenntnisse aus der vergangenen Stunde wiederholt ($R \sim l$; $R \sim \frac{1}{A}$). Dabei sprechen die Schüler auch zu dem Erkenntnis, die sie beim Lösen der Hausaufgabe gewonnen haben. Sie hatten den Zusammenhang zwischen Widerstand und Querschnitt eines Leiters in einem Diagramm darzustellen. Aus dem Verlauf des Graphen konnten sie erkennen, daß die Größen einander umgekehrt proportional (oder produktgleich) sein müßten. Die beiden Teilerkenntnisse werden an der Tafel festgehalten (Bild 157/1; Teil a).

Das Widerstandsgesetz

$R \sim l$ $R \sim \frac{1}{A}$

$R \sim \frac{l}{A}$

$R \cdot A = \text{konst.} = \rho$

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

ρ spezifischer Widerstand; kennzeichnet die Leitfähigkeit eines Stoffes

I, R sind abhängig von ρ :

	Kupfer	Stahl	Chromnickel
d in mm	0,45	0,45	0,45
l in mm	400	400	400
R in Ω	0,04	0,33	2,65
U in V	0,1	0,1	0,1
I in A	2,5	0,3	0,04

Einheiten für ρ : $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$; Ωm

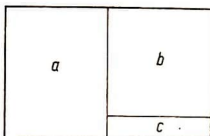


Bild 157/1 Tafel zum Thema „Das Widerstandsgesetz“. Gleichung farbig hervorheben!

Schließlich werden noch die beiden Teilerkenntnisse mit Hilfe der Elektronentheorie untermauert.

$R \sim l$: Je länger der Weg, um so häufiger erfolgen bei gleichem Querschnitt die „Zusammenstöße“ (Wechselwirkungen) der Elektronen mit den Gitterbausteinen \rightarrow größere „Reibung“ \rightarrow größerer Widerstand.

$R \sim \frac{1}{A}$: Je größer der Querschnitt, um so mehr Elektronen stehen bei gleicher Länge für den Ladungstransport zur Verfügung \rightarrow größere Stromstärke \rightarrow kleinerer Widerstand.

2. Aus den beiden Teilerkenntnissen ($R \sim l$, $R \sim \frac{1}{A}$) leitet der Lehrer das Widerstandsgesetz her, indem er zunächst die Proportionalität $R \sim \frac{l}{A}$ darstellt. Der Quotient $\frac{R \cdot A}{l}$ ist für einen Leiter bei konstanter Temperatur eine Konstante, gleich dem spezifischen Widerstand ρ .

Durch Umformen wird das *Widerstandsgesetz* formuliert. Dabei hält er die wesentlichen Schritte an der Tafel (Teil a) fest und schreibt, nachdem das Gesetz gefunden wurde, das Thema an die Tafel. Zusammenfassend wird den Schülern noch einmal der gesamte induktive Weg der Erkenntnisgewinnung mit Hilfe von Experimenten bewußtgemacht.

3. Die Leitfähigkeit eines Stoffes wird gekennzeichnet durch den *spezifischen Widerstand* ρ . Nun weist der Lehrer darauf hin, daß die Abhängigkeit des Widerstandes vom Stoff, aus dem der Leiter besteht, noch bestätigt werden muß. Zur Auswertung des durchzuführenden Demonstrationsversuches entwickelt der Lehrer eine Tabelle an der Tafel (Teil b). Die Schüler übernehmen das Tafelbild und die vorzubereitende Tabelle in ihre Hefte. Danach zeigt der Lehrer den Schülern das Widerstandsbrett aus dem älteren Aufbausatz „Elektrophysik“ (LK O) mit den 3 verschiedenen Leitern (Kupfer, Stahl, Chromnickel). Die Schüler lesen die Werte für die Durchmesser und die Widerstände ab, ermitteln die Längen der Leiter und tragen die Werte im Heft und an der Tafel in die Tabelle ein. Nun schaltet der Lehrer der Reihe nach diese Leiter aus verschiedenen Stoffen in einen einfachen Stromkreis und stellt mit Hilfe einer Spannungsteilerschaltung jeweils eine Spannung $U = 0,1 \text{ V}$ ein. (Die Spannung muß klein sein, um die Erwärmung klein zu halten.)

Die entsprechende Stromstärke wird jeweils abgelesen und in die Tabelle eingetragen. Das Widerstandsbrett sollte mit Stativmaterial möglichst vertikal eingespannt werden, damit die Schüler tatsächlich die drei verschiedenen Leiter sehen können und erkennen, welcher Leiter jeweils im Stromkreis liegt. In der Auswertung der Meßwerte wird deutlich, daß der Widerstand eines Leiters und damit auch die Stromstärke ($I \sim \frac{1}{R}$) vom Stoff abhängen, aus dem dieser Leiter besteht.

Schließlich werden einige spezifische Widerstände der Stoffe aus der Tabelle im Lehrbuch, Seite 77, oder dem Tafelwerk, Seite 39, vorgelesen und verglichen.

4. Der Lehrer gibt die Einheiten für den spezifischen Widerstand an und schreibt diese an die Tafel (Teil c). Die Schüler erhalten die Aufgabe, im Heft diese Einheiten aus dem Widerstandsgesetz zu ermitteln. Anschließend kommentieren einige Schüler ihren Weg zur Ermittlung dieser Einheiten.

5. Zur Anwendung des Widerstandsgesetzes lösen die Schüler im Heft selbständig die Aufgabe 155 des Lehrbuches oder die Aufgaben 605 und 610 der AS 1.

Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur (22. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Der Widerstand eines Leiters ist von der Temperatur abhängig. Bei metallischen Leitern wird er beim Erwärmen größer. Der Widerstand eines Halbleiters wird beim Erwärmen kleiner. Auf Grund der Temperaturabhängigkeit des Widerstandes kann die nichtelektrische Größe Temperatur elektrisch gemessen werden.
2. Begriffe: Thermistor, Wirkungskette
3. Funktionales Denken beim Erkennen der Temperaturabhängigkeit; technisch-konstruktives Denken beim Entwerfen bzw. Analysieren einer Meßanordnung zum elektrischen Messen nichtelektrischer Größen

UNTERRICHTSMITTEL

Geräte nach GS 6, V 41 und V 42

Temperaturmeßvorsatz (Meßfühler mit Vorsatz, geeichte Skale zum Drehspuldemonstrationsmeßgerät — siehe Bauanleitung auf Seite 57!)

Drehspuldemonstrationsmeßgerät (1 V—)

Becherglas

Dreifuß mit Asbestdrahtnetz

Bunsenbrenner

Spannungsquelle (bis 2 V—)

Stativmaterial

Verbindungsleiter

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|---|--|
| a) Der Widerstand eines Leiters ist von der Temperatur abhängig. Bei metallischen Leitern wird er beim Erwärmen größer. | |
| 1. Die Temperaturabhängigkeit des Widerstandes an einem metallischen Leiter demonstrieren | (15) Unterrichtsgespräch, Tafel a, Demonstrationsversuch, Arbeit mit dem Lehrbuch |
| b) Der Widerstand eines Halbleiters wird beim Erwärmen kleiner. | |
| 2. Die Temperaturabhängigkeit eines Halbleiters demonstrieren | (10) Demonstrationsversuch, Tafel a, Arbeit mit dem Lehrbuch, Unterrichtsgespräch |
| c) Auf Grund der Temperaturabhängigkeit des Widerstandes kann die nichtelektrische Größe Temperatur elektrisch gemessen werden. | |
| 3. Eine Meßanordnung zur elektrischen Temperaturmessung entwerfen | (20) selbständige Arbeit der Schüler im Heft, Unterrichtsgespräch, Tafel b, Demonstrationsversuch, Arbeit mit dem Lehrbuch |
| 4. Die elektrische Temperaturmessung demonstrieren | |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Von der Bedingung $\vartheta = \text{konst.}$ für das Ohmsche Gesetz ausgehend, soll in dieser Stunde die *Abhängigkeit des Widerstandes eines Stoffes von der Temperatur* qualitativ

untersucht werden. Dabei wird das Leitfähigkeitsverhalten der Halbleiter bei Temperaturerhöhung nur soweit erklärt, daß man die Erhöhung der Anzahl der frei beweglichen Elektronen erörtert. In Anwendung der Temperaturabhängigkeit des Widerstandes wird ein *elektrisches Temperaturmeßverfahren* demonstriert. Die Begriffe Thermistor und Wirkungskette sollen nur das Wissen der Schüler abrunden.

1. Zunächst werden im Unterrichtsgespräch die Bedingungen für die Gültigkeit des Ohmschen Gesetzes wiederholt ($R = \text{konst.}$, falls $l, A, \rho, \vartheta = \text{konst.}$). Dabei wird die Vermutung abgeleitet, daß der elektrische Widerstand auch von der Temperatur abhängig sein müßte. Der Lehrer gibt als Ziel dieser Stunde an, daß diese Vermutung überprüft werden soll. Er schreibt das Thema an die Tafel und entwickelt dazu ein entsprechendes Tafelbild (Bild 160/1; Teil a).

Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur

$R = \frac{U}{I} = \text{konstant}$, für $\vartheta = \text{konstant}$

Änderung der Temperatur ϑ :

Größe	ϑ	I	R
Stoff			
Leiter	wird größer	wird kleiner	wird größer
Halbleiter	wird größer	wird größer	wird kleiner

elektrische Temperaturmessung:
 Meßanordnung
 Meßfühler — Meßgerät
 (Thermistor) (Strommesser)
 Meßgrößenwandlung:
 $\vartheta \rightarrow R \rightarrow I \rightarrow \alpha$

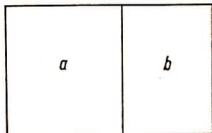


Bild 160/1 Tafel zum Thema „Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur“

Die vorbereitete Tabelle dient der Auswertung der folgenden Demonstrationsversuche, in denen die Vermutung überprüft werden soll. Zunächst führt der Lehrer den Versuch nach GS 6, V 41, durch. Die Schüler erkennen, daß beim Erwärmen der Eisendrahtwendel die Stromstärke kleiner wird, folglich der Widerstand des Leiters sich vergrößert. Das verallgemeinerte Ergebnis wird in die Tabelle an der Tafel (Teil a) eingetragen. Die Schüler übernehmen das Thema und die wesentlichsten Erkenntnisse von der Tafel in das Heft. Über die Deutung dieser Erscheinung informieren sich die Schüler in dem entsprechenden Abschnitt im Lehrbuch, Seite 78.

2. Nun führt der Lehrer sofort den Versuch nach GS 6, V 42, durch. Die Schüler erhalten die Aufgabe, die Stromstärke beim Erwärmen des Stoffes zu beobachten. Sie erkennen, daß beim Erwärmen von Graphit die Stromstärke größer wird, folglich der Widerstand sich verringert. Der Lehrer kennzeichnet Stoffe, die ein derartiges Verhalten zeigen, als Halbleiter. Die Tabelle an der Tafel wird vervollständigt. Durch Lesen des Abschnittes „Die Halbleiter und ihr Verhalten beim Erwärmen“ im Lehrbuch, Seite 78, ergänzen die Schüler ihr Wissen über die beobachtete Erscheinung. Im folgenden Unterrichtsgespräch fassen die Schüler die Kenntnisse und Erkenntnisse über die Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur eines Stoffes zusammen und stellen die wesentlichen Unterschiede zwischen metallischen Leitern und Halbleitern heraus.

3. Ausgehend von den bisherigen Erkenntnissen sollen die Schüler eine Meßanordnung zur elektrischen Temperaturmessung entwerfen. Sie dürfen dabei selbständig im Heft eine Skizze entwerfen oder entsprechende Gedanken niederschreiben. Dadurch wird besonders das technisch-konstruktive Denken entwickelt. Im Unterrichtsgespräch sprechen die Schüler zu den Ergebnissen ihrer „Erfindung“. In Auswertung der Ergebnisse entwickelt der Lehrer ein entsprechendes Tafelbild (Teil b), welches die Schüler mit in das Heft übernehmen. Der Begriff Thermistor und die Wirkungskette sollen nur das Wissen der Schüler abrunden und ihnen verdeutlichen, wie physikalische Erkenntnisse in der Technik zielstrebig genutzt werden (Zweckforschung).

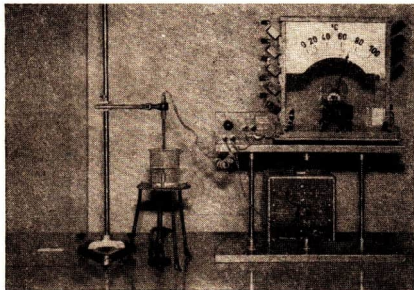


Bild 161/1 Bild zum Demonstrationsversuch „Elektrische Temperaturmessung“

4. Im Demonstrationsversuch führt der Lehrer eine Meßanordnung zur elektrischen Temperaturmessung entsprechend dem Bild 161/1 vor. Zunächst werden die einzelnen Geräte erläutert, anschließend wird der Temperaturverlauf beim Erwärmen von Wasser beobachtet. Die Teilung der Skale des Gerätes hat der Lehrer schon vor dieser Stunde angebracht. Schüler erörtern an der Meßanordnung wiederholend die Wirkungskette. Danach informieren sie sich über die Anwendung und über die Vorteile dieses Meßverfahrens im Lehrbuch auf den Seiten 79 bis 80. Ergänzend wird vor allem noch einmal die Möglichkeit des elektrischen Messens nichtelektrischer Größen, hier der Temperatur, an unzugänglichen Stellen (z. B. in verschiedenen Zonen am Hochofen) und die Übertragung der Meßwerte über große Entfernungen herausgestellt (Temperaturüberwachung an zentralen Meßplätzen — Automatisierung im Rahmen der wissenschaftlich-technischen Revolution). Für den Lehrer sei der Hinweis gegeben, daß in der 34. Stunde das Widerstandsthermometer noch einmal behandelt wird.

Die Lehrmittelindustrie will einen Temperaturmeßvorsatz in die Produktion aufnehmen. Bis zur Auslieferung muß sich der Lehrer einen derartigen Temperaturmeßvorsatz selbst herstellen. Eine Anleitung dazu findet er in diesem Buch auf Seite 57 und in der Zeitschrift „Physik in der Schule“, Heft 3/1967, Seiten 139 bis 140.

Zusammenfassung: Der elektrische Widerstand (23. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Bei der Anwendung moderner Meßverfahren in der Technik werden häufig nicht-elektrische Größen elektrisch gemessen.
2. —
3. Funktionales Denken beim Deuten der Zusammenhänge im Ohmschen Gesetz und im Widerstandsgesetz; technisch-konstruktives Denken beim Finden weiterer Möglichkeiten zur elektrischen Messung nichtelektrischer Größen; Berechnen physikalischer Größen

UNTERRICHTSMITTEL

Spannungsquelle (bis 20 V—)

Spannungsmesser (10 V—)

Strommesser (5 A—)

2 Potentiometer (etwa 20 Ω ; bis 5 A belastbar)

Schalter

Verbindungsleiter

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|---|---|
| 1. Die Ergebnisse des Schülerexperiments E 3 vergleichen und einschätzen | (20) Unterrichtsgespräch |
| 2. Die Erkenntnisse zum elektrischen Widerstand zusammenfassen | Tafel, Unterrichtsgespräch, Heft-eintrag |
| a) <i>Bei der Anwendung moderner Meßverfahren in der Technik werden häufig nichtelektrische Größen elektrisch gemessen.</i> | |
| 3. Weitere Möglichkeiten des elektrischen Messens nichtelektrischer Größen erörtern | (25) Unterrichtsgespräch, Demonstrationsversuch |
| 4. Eine komplexe Aufgabe lösen | selbständige Arbeit der Schüler mit Lehrbuch und Heft |

MATERIALIEN UND HINWEISE

In der letzten Stunde dieser Unterrichtseinheit sollen zunächst die Ergebnisse des Schülerexperiments E 3 aus der 19. Stunde ausgewertet und die *Erkenntnisse über den elektrischen Widerstand zusammengefaßt* werden. In Anwendung dieser Erkenntnisse wird dann noch eine weitere Möglichkeit des *elektrischen Messens nichtelektrischer Größen* erörtert. Abschließend lösen die Schüler selbständig eine komplexe Rechenaufgabe.

1. Der Lehrer fordert die Schüler auf, die Protokolle zum Schülerexperiment E 3, die sie von der 19. Stunde als Hausaufgabe fertigzustellen hatten, bereitzulegen. Einige Schüler sprechen im Unterrichtsgespräch zusammenfassend zu den einzelnen Arbeitsschritten und deren Ergebnissen. Dabei können alle Schüler nochmals vergleichen. Schließlich schätzt der Lehrer die Arbeit der Schüler unter fachlichen und

erzieherischen Aspekten ein. Es sollten dann die Protokolle zur Kontrolle und gegebenenfalls zur Bewertung eingesammelt werden.

2. Vom Schülerexperiment ausgehend, leitet der Lehrer das nächste Ziel ab: Wiederholung und Zusammenfassung der Erkenntnisse über den elektrischen Widerstand. Dabei schreibt er das Thema an die Tafel (Bild 163/1).

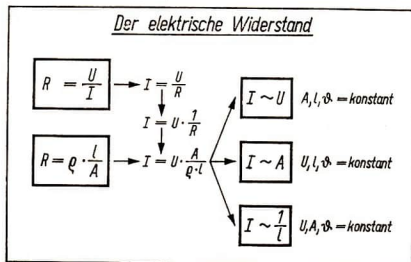


Bild 163/1 Tafel zum Thema „Zusammenfassung: Der elektrische Widerstand“

Nun schreiben zwei Schüler wiederholend die beiden wichtigen Beziehungen an die Tafel. Im folgenden wird an der Tafel eine Gleichung für die Stromstärke hergeleitet, wobei in die Gleichung $I = \frac{U}{R}$ für R der Ausdruck $\frac{\rho \cdot l}{A}$ eingesetzt wird.

Aus dieser Gleichung für die Stromstärke werden wiederholend drei wesentliche Erkenntnisse über die Stromstärke in einem Leiter und damit über dessen Widerstand herausgestellt: $I \sim U$, $I \sim A$, $I \sim \frac{1}{l}$. Diese Erkenntnisse werden noch-

mals mit Hilfe der Elektronentheorie gedeutet. Sie erscheinen übersichtlich an der Tafel; die Schüler arbeiten parallel dazu im Heft mit.

3. In Anwendung dieser Erkenntnisse sollen die Schüler im Unterrichtsgespräch eine weitere Möglichkeit des elektrischen Messens nichtelektrischer Größen erörtern, die elektrische Längenmessung. Zur elektrischen Längenmessung führt der Lehrer einen Demonstrationsversuch vor, indem er über eine Spannungsteilerschaltung eine Spannung $U = 10 \text{ V}$ einstellt. Diese Spannung liegt an einem Stromkreis, in dem sich ein in Reihe mit einem Strommesser geschalteter Schiebewiderstand von etwa $R = 20 \Omega$ befindet. Auf dem Schiebewiderstand hat der Lehrer mit Kreide Längeneinheiten markiert. Indem er am Schiebewiderstand entsprechende Längeneinheiten einstellt und somit den Widerstand von etwa 20Ω auf etwa 2Ω heruntersetzt, wächst die Stromstärke von $0,5 \text{ A}$ bis 5 A an. Die Schüler erkennen leicht die Wirkungskette: $l \rightarrow R \rightarrow I \rightarrow \alpha$.

Abschließend stellen die Schüler in einer Zusammenfassung die Bedeutung des elektrischen Messens nichtelektrischer Größen bei der Anwendung moderner Meßverfahren in der Technik dar.

4. Zur umfassenden Anwendung lösen die Schüler folgende komplexe Aufgabe:

Die Länge eines Kupferkabels, das auf einer Kabelrolle aufgewickelt ist, soll ermittelt werden. Man mißt am Kabelende den Durchmesser des Drahtes zu $0,5 \text{ mm}$.

Nun legt man an die beiden Enden des Kupferdrahtes eine Spannung von 4,5 V und mißt im Stromkreis mit dem Kupferdraht eine Stromstärke von 0,5 A. Wie lang ist das Kupferkabel?

Der Lösungsweg wird kommentiert. Danach lösen die Schüler die Aufgabe selbstständig mit dem Rechenstab im Heft. Sie dürfen zur Hilfe das Lehrbuch und das Tafelwerk verwenden. Abschließend wird verglichen und gegebenenfalls berichtigt.

4. Unterrichtseinheit

Der unverzweigte und der verzweigte Stromkreis

VORBEMERKUNGEN

Die 4. Unterrichtseinheit zeichnet sich durch folgende Besonderheiten aus:

1. Es werden nur einige *neue* Begriffe und Gesetze behandelt. Schwerpunkte sind die Wiederholung und Anwendung eingeführter Begriffe und Gesetze. Alle neuen Gesetze bauen auf den bereits behandelten auf (Bild 164/1).

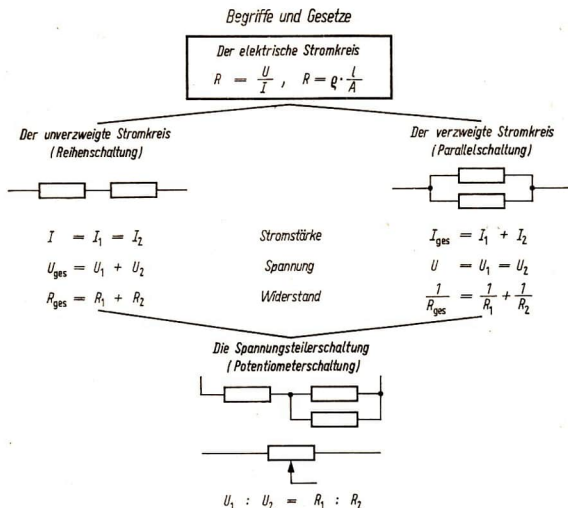


Bild 164/1. Begriffe und Gesetze zur 4. Unterrichtseinheit

2. Der Stoff kann weitgehend experimentell erarbeitet werden. Er bietet deshalb besondere Gelegenheit, praktische Tätigkeiten zu üben und einige Arbeitsverfahren der Physik (Induktion und Deduktion) bewußt zumachen.
3. Es bestehen besonders viele Möglichkeiten für Schülereperimente, so daß außer zum Üben der unter 2. erwähnten praktischen Tätigkeiten auch gute Gelegenheiten gegeben sind, die Schüler an bestimmte Verhaltensweisen zu gewöhnen.

Auf der Grundlage dieser Besonderheiten sind die 9 Stunden, die in dieser UE zur Verfügung stehen, aufgeteilt. Nach Einführung der Begriffe *unverzweigter und verzweigter Stromkreis* werden für den unverzweigten Stromkreis die Gesetze über die Stromstärke und die Spannung induktiv, das Gesetz über den Widerstand deduktiv erarbeitet. Ebenso wird beim verzweigten Stromkreis vorgegangen. Jedoch kann die Erarbeitung beim verzweigten Stromkreis rationeller erfolgen, da die Schüler den Weg bereits kennen und bestimmte praktische Tätigkeiten (Versuchsaufbau herstellen, Wertetabellen anlegen usw.) schon besser beherrschen. Äußerlich drückt sich das dadurch aus, daß für diesen Teil der Arbeit beim verzweigten Stromkreis eine Stunde weniger vorgesehen ist als beim unverzweigten Stromkreis.

Erklärt werden die beobachteten Erscheinungen mit Hilfe der Elektronentheorie. Auch bei Anwendungen (Meßbereichserweiterung, Spannungsteilerschaltung) wird immer wieder gefragt: „Wie können wir die beobachtete Erscheinung mit unseren Kenntnissen über die Elektronen deuten?“ Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, auch die energetische Betrachtungsweise mit einzubeziehen.

Die Anwendungsbeispiele zu den erarbeiteten Gesetzen schließen sich unmittelbar an die Erarbeitung der Gesetze an, sie werden aber noch durch die nachfolgende Spannungsteilerschaltung (31. Stunde), durch Beispiele für das Messen nichtelektrischer Größen (32. Stunde) und durch die elektrische Kochplatte (35. Stunde) ergänzt.

Der Behandlung der Spannungsteilerschaltung geht die im Lehrplan gleich zu Beginn des Abschnittes 2.4. angegebene Untersuchung der Beziehung Länge — Widerstand voraus. (Auf den Begriff Spannungsabfall, den auch der Lehrplan nicht nennt, kann verzichtet werden. Es genügt jeweils darauf hinzuweisen, daß bei der Reihenschaltung von Widerständen eine Spannung geteilt wird.) Daran schließt sich der Aufbau der Spannungsteilerschaltung an. Die dabei auftretenden Gesetzmäßigkeiten sind im wesentlichen auf folgende Aussagen zu beschränken:

- a) Mit der Spannungsteilerschaltung können bei einer gegebenen Spannungsquelle alle Spannungen zwischen Null und der Spannung der Spannungsquelle eingestellt (abgegriffen, abgenommen) werden.
- b) Angeschlossene Schaltgeräte beeinflussen durch ihren Widerstand die Höhe dieser abgegriffenen Spannung.

Bei den Anwendungen werden auch die bereits in früheren Klassen und in vorangegangenen UE dieser Klasse geübten Meßgrößenwandlungen wiederholt und durch weitere Beispiele ergänzt. Dabei kommt es auf die Einprägung der Meßprinzipien an, nicht auf die Einprägung der Namen der Geräteteile.

Bei den Aufgaben zum verzweigten Stromkreis kann mit dem im Lehrbuch enthaltenen Nomogramm gearbeitet werden. Es eignen sich dazu die Lehrbuchaufgaben Nr. 168a, b, c und 171 sowie die Aufgaben Nr. 638 und 642b der AS I.

Grundlegendes Wissen: Begriffe unverzweigter und verzweigter Stromkreis, Gesetze

über Spannung, Stromstärke und Widerstand im unverzweigten und verzweigten Stromkreis.

Gesetze können induktiv und deduktiv hergeleitet werden. Die deduktiv ermittelten Gesetze müssen experimentell bestätigt werden. Kenntnis über den Aufbau einer Spannungsteilerschaltung

Die Stromstärke im unverzweigten Stromkreis (24. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Begriffe Reihenschaltung und Parallelschaltung; Unterscheiden von unverzweigten und verzweigten Stromkreisen. Im unverzweigten Stromkreis gilt:
 $I = I_1 = I_2$.
2. —
3. Umgang mit Meßgeräten: Messen der Stromstärke (Wahl des Meßbereiches, Ablesen der Meßwerte)

UNTERRICHTSMITTEL

Spannungsquelle	}	nach Anzahl der Schülergruppen
Strommesser		
2 verschiedene Widerstände		
4 Verbindungsleiter		

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|---|---|
| a) Bei Stromkreisen mit mehreren Schaltelementen unterscheidet man zwischen unverzweigten und verzweigten Stromkreisen. | |
| 1. Teile der bisher behandelten Stromkreise wiederholen | (5) Unterrichtsgespräch |
| 2. Begriffe unverzweigter und verzweigter Stromkreis einführen | (10) selbständige Schülerarbeit im Heft und an der Tafel 1, Arbeit mit dem Lehrbuch |
| 3. Aufgabenstellung für die nächsten Unterrichtsstunden mitteilen | (5) Mitteilung |
| b) In einem unverzweigten Stromkreis gilt $I = I_1 = I_2$. | |
| 4. Messen der Stromstärke im unverzweigten Stromkreis | (20) Schülerexperiment |
| 5. Auswerten der Versuchsergebnisse | (5) Unterrichtsgespräch, Tafel 2 |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Nach einer Wiederholung der Kenntnisse über den Aufbau eines einfachen Stromkreises werden die Begriffe unverzweigter und verzweigter Stromkreis erarbeitet. Danach wird das Gesetz über die Stromstärke im unverzweigten Stromkreis in einem Schülerexperiment ermittelt.

1. Die Schüler werden aufgefordert, die Bestandteile zu nennen, die jeder elektrische Stromkreis aufweist (Spannungsquelle, Verbindungsleiter, Schaltelemente, z. B. Glühlampe, Widerstände, Spulen. Für den Begriff Schaltelemente werden auch die Begriffe Schaltgeräte, Energiewandler und Verbraucher benutzt. Letzterer

sollte vermieden werden — es wird nichts verbraucht.) An der Tafel 1 (Bild 167/1; Teil a) erscheinen die Überschrift und der Schaltplan für den einfachen Stromkreis. Den Schülern wird mitgeteilt, daß in der Praxis selten *nur ein* Schaltelement vorhanden ist. Die Schüler nennen Beispiele (Fahrrad: Leuchte und Rücklicht; Auto: 2 Scheinwerfer, 2 Rücklichter, Beleuchtung am Armaturenbrett; Wohnung: Leuchten, Radioapparat, Bügeleisen usw.); der Lehrer gibt gegebenenfalls Denkanstöße. Sollten nur Beispiele für verzweigte Stromkreise genannt werden, so ist das unbedeutend.

Es wird die Aufgabe gestellt, zu untersuchen, wie die genannten Geräte geschaltet sein können. Um die Untersuchungen zu erleichtern, wird die Anzahl der Geräte auf zwei beschränkt.

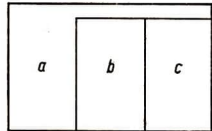
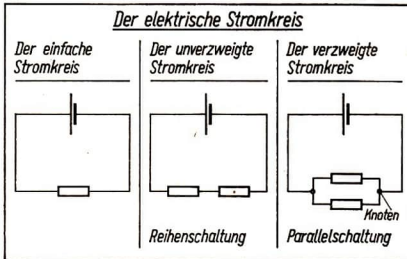


Bild 167/1 Tafel 1 zum Thema „Der elektrische Stromkreis“. Die Wörter „unverzweigte“ und „verzweigte“ farbig schreiben!

2. Die Schüler sollen im Heft Schaltpläne entwerfen, die aus einer Spannungsquelle, Verbindungsleitern und zwei Widerständen bestehen. Danach vergleichen die Schüler mit den Lehrbuchbildern und ordnen ihre Skizzen den beiden gezeigten Arten zu. An der Tafel 1 (Teile b und c) erscheinen die Überschriften „Der unverzweigte Stromkreis“ und „Der verzweigte Stromkreis“ und die entsprechenden Schaltpläne. Nun werden die obengenannten Beispiele (Fahrradbeleuchtung usw.) daraufhin analysiert, ob es sich um unverzweigte oder verzweigte Stromkreise handelt, und weitere Beispiele genannt, nun aber auch in jedem Falle zu unverzweigten Stromkreisen (Fensterilluminationen zu Festtagen, Weihnachtsbaumbeleuchtung, Karussellbeleuchtung usw.).

Dabei wird vom Lehrer als Kennzeichen der beiden Stromkreise die Tatsache genannt, daß beim unverzweigten Stromkreis der elektrische Strom die Schaltelemente nacheinander, *der Reihe nach*, durchfließt (Reihenschaltung), während sich beim verzweigten Stromkreis der Strom an einem Punkt (Knoten) verzweigt und dann durch die beiden *parallel* (nicht im mathematischen Sinne) geschalteten Widerstände fließt (Parallelschaltung). Schließlich vereinigen sich beide Teilströme wieder an einem zweiten Knoten zu einem Gesamtstrom. Durch diese Betrachtung werden die Begriffe unverzweigter und verzweigter Stromkreis gefestigt und die Begriffe Gesamtstromstärke und Teilstromstärke vorbereitet. Die Begriffe Reihenschaltung und Parallelschaltung haben die Schüler bereits im Fach Werken der Klasse 5 kennengelernt (siehe Lehrbuch Werken, Seiten 75 und 76).

3. Es wird mitgeteilt, daß in den nächsten 6 Stunden die Gesetze des unverzweigten und des verzweigten Stromkreises untersucht werden sollen, wobei die bekannten Größen Stromstärke, Spannung und Widerstand ermittelt werden müssen. Begonnen werden soll mit dem unverzweigten Stromkreis.

4. Grundlage für das Schülerexperiment ist E 4 im Lehrbuch. In dieser Stunde werden die beiden Fragen der Vorbetrachtungen beantwortet und die Aufgabe 1 (Punkte 1 a bis 1 c der Arbeitsanweisung) bearbeitet.

Der Schwierigkeitsgrad des Experiments ist mittelschwer. Da die Versuche zeitlich recht aufwendig sind, sei empfohlen, sie in getrennt-gemeinschaftlicher Arbeitsweise durchführen zu lassen. Das kann so erfolgen, daß jede Gruppe immer nur zwei Meßreihen durchführt, z. B. Gruppe 1 bei 4 V und 8 V, Gruppe 2 bei 8 V und 12 V, Gruppe 3 bei 4 V und 12 V.

Als 50-Ohm-Widerstände oder als 100-Ohm-Widerstände benutze man jeweils Festwiderstände (z. B. aus dem SEG „Elektrik“, Dekadenwiderstände oder auf den entsprechenden Widerstand eingestellte Schiebewiderstände).

Um eine gewisse Vereinheitlichung zu erzielen und die Auswertung der Ergebnissätze durch den Lehrer zu vereinfachen, sind die Ansätze der Formulierungen zum Teil bereits gegeben.

5. Die Auswertung soll in zweierlei Hinsicht erfolgen:

- Welche Ergebnisse wurden ermittelt?
- Welche Meßfehler, Schwierigkeiten usw. traten auf?

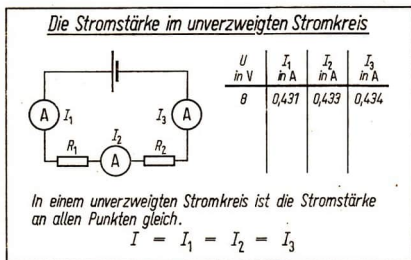


Bild 168/1 Tafel 2 zum Thema „Die Stromstärke im unverzweigten Stromkreis“

Zum Punkt a) schreiben die Gruppen ihre Ergebnisse an die Tafel 2 (Bild 168/1). Das vom Lehrer während des Schülerexperiments vorbereitete Tafelbild enthält die Ergebnisse einer Meßreihe. Der Merksatz erscheint bei der Auswertung. Ihn sollen die Schüler mit ihrer Antwort im Protokoll vergleichen.

Die Auswertung zu b) muß ebenfalls gründlich erfolgen. Die vom Lehrer während des Schülerexperiments gemachten Beobachtungen werden ausgewertet. Sie sollen allen Schülern zeigen, wie die Messungen rationell, sorgfältig und diszipliniert ausgeführt werden können. Es ist dabei zu erwähnen, daß auch später im Beruf diszipliniert gearbeitet werden muß. Schüler, die sehr diszipliniert arbeiten, sind als

Vorbild hinzustellen. In den Schülern ist systematisch das Bedürfnis zu entwickeln, vorbildlichen Arbeitern nachzueifern.

STUNDENZIEL

Die Spannung im unverzweigten Stromkreis (25. Stunde der 2. Stoffeinheit)

1. Die Gesamtspannung ist gleich der Summe der Teilspannungen.
2. —
3. Umgang mit Meßgeräten: Messen der Spannung (Wahl der Meßbereiche, Ablesen der Meßwerte)

UNTERRICHTSMITTEL

Wie in der 24. Stunde, jedoch für jede Schülergruppe 5 Verbindungsleiter

STUNDENGLIEDERUNG

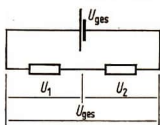
- | | |
|--|--|
| 1. Gesetz über Stromstärke im unverzweigten Stromkreis wiederholen | (10) Schülervortrag |
| a) In einem unverzweigten Stromkreis gilt $U_{\text{ges}} = U_1 + U_2$. | |
| 2. Aufgabenstellung bekanntgeben | (5) Mitteilung, Tafel a |
| 3. Spannungen U_{ges} , U_1 und U_2 messen und Meßwerte tabellarisch darstellen | (20) Schülerexperiment |
| 4. Auswerten der Ergebnisse | (10) Unterrichtsgespräch, Tafel b, c und d |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Nach einer Festigung der Ergebnisse der letzten Stunde wird im Schülerexperiment das Gesetz über die Spannung im unverzweigten Stromkreis ermittelt.

1. Ein Schüler wiederholt den Versuch zur Messung der Stromstärke, ein anderer nennt das Ergebnis. Während dieser Zeit kann ein dritter an einer Nebentafel den Schaltplan aus der letzten Stunde anzeichnen (siehe Bild 168/1). Die Leistungen der 3 Schüler können bewertet werden.

Die Spannung im unverzweigten Stromkreis



U_{ges} in V	U_1 in V	U_2 in V	$U_1 + U_2$ in V
4,9	2,4	2,4	4,8

U_{ges} Gesamtspannung
 U_1, U_2 Teilspannungen

In einem unverzweigten Stromkreis ist die Gesamtspannung gleich der Summe der Teilspannungen $U_{\text{ges}} = U_1 + U_2$.

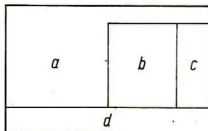


Bild 169/1 Tafel zum Thema „Die Spannung im unverzweigten Stromkreis“

2. Der Lehrer trägt in die Tafelzeichnung des Schülers an einen Strommesser eine Stromstärke ein, z. B. 1 A, und an die Spannungsquelle eine Spannung, z. B. 4 V. Er stellt die Frage, welche Stromstärken die beiden anderen Strommesser anzeigen und welche Spannungen an den beiden Widerständen liegen. Der erste Teil der Frage wird beantwortet (auch jeweils 1 A), der zweite Teil dient zur Zielangabe. Zur Unterscheidung der drei Spannungen werden die Formelzeichen U_{ges} , U_1 und U_2 in einen Schaltplan eingetragen (Bild 169/1) und die Begriffe Gesamtspannung und Teilspannung eingeführt (Tafel, Teil a). Außerdem erscheint an der Tafel die Überschrift. Die Schüler werden noch darauf aufmerksam gemacht, daß bei der kommenden Untersuchung der Widerstand der Verbindungsleiter vernachlässigt wird. Diese Maßnahme ist *notwendig*, um zu einfachen Aussagen zu gelangen; sie ist *möglich*, weil der Widerstand der Verbindungsleiter sehr klein gegenüber dem der beiden Schaltelemente ist. Deshalb kann in dem Schaltplan U_{ges} an der Spannungsquelle und an den beiden Widerständen erscheinen.

3. Das Schülerexperiment erfolgt auf der Grundlage von E 4 des Lehrbuches. Bearbeitet werden die Punkte 2a) bis 2c) der Arbeitsanweisung. (Siehe dazu auch Punkt 4 der Materialien und Hinweise der 24. Stunde.)

4. Die Auswertung erfolgt wie in der 24. Stunde unter Punkt 5 der Materialien und Hinweise (siehe auch Tafel, Teile b, c und d). Dabei kommt es jedoch bei der Auswertung der Tabelle darauf an, herauszustellen, daß durch eine Reihenschaltung die Spannung geteilt wird und das Gesetz $U = R \cdot I$ dann die spezielle Form $U_{\text{ges}} = R_{\text{ges}} \cdot I$ und $U_1 = R_1 \cdot I$ bzw. $U_2 = R_2 \cdot I$ annimmt. Unterschiede sind ferner bei der Betrachtung der Meßfehler vorhanden. Während bei der Messung der Stromstärke das Meßgerät in Reihe liegt und der Widerstand des Strommessers stets gleich ist, kann es bei der Messung der Spannungen vorkommen, daß je nach Wahl des Meßbereiches unterschiedliche Widerstände bei den einzelnen Meßbereichen des Gerätes zu größeren Abweichungen führen.

Der Widerstand im unverzweigten Stromkreis (26. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Gesetze können induktiv oder deduktiv hergeleitet werden. Im unverzweigten Stromkreis ist der Gesamtwiderstand gleich der Summe der Teilwiderstände.
2. Ersatzwiderstand, Einzelwiderstand
3. Deuten einer physikalischen Erscheinung aus einer Größengleichung

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|---|--|
| 1. Gesetze über Stromstärke und Spannung im unverzweigten Stromkreis wiederholen | (10) Arbeit im Heft, Hausaufgabe kontrollieren |
| a) <i>In der Physik können Erkenntnisse induktiv oder deduktiv gewonnen werden.</i> | |
| 2. Weg bei der Erarbeitung der Gesetze über Stromstärke und Spannung wiederholen | (20) Unterrichtsgespräch, Tafel 1 a |
| 3. Weg zur Erarbeitung der Gesetze über den Widerstand im unverzweigten Stromkreis kennzeichnen | Lehrervortrag, Tafel 1 b |

b) In einem unverzweigten Stromkreis gilt: $R_{\text{ges}} = R_1 + R_2$.

4. Gesetz $R_{\text{ges}} = R_1 + R_2$ deduktiv herleiten (15) Lehrervortrag, Tafel 2

5. R_{ges} berechnen und Hausaufgabe stellen Mitteilung

MATERIALIEN UND HINWEISE

Die Gesetze über die Stromstärke und die Spannung im unverzweigten Stromkreis werden wiederholt. Anschließend werden die Gesetze über den Widerstand im unverzweigten Stromkreis deduktiv hergeleitet. Durch die Hausaufgabe soll eine erste Festigung erreicht werden. Die experimentelle Bestätigung wird in dieser Stunde nur erwähnt, ihre praktische Durchführung wird aus zeitlichen Gründen in die nächste Stunde (27. Stunde) gelegt.

1. Die gestellte Hausaufgabe wird besprochen. Während der Lehrer die Hausarbeiten kontrolliert, lösen die Schüler die Aufgabe 160b, und zwar sollen U_1 , U_2 und U_{ges} berechnet werden. Der Lösungsweg wird anschließend besprochen. (R_{ges} wird zum Schluß der Stunde berechnet.)

Lösung:

$$\begin{array}{lll} U_1 = R_1 \cdot I & U_2 = R_2 \cdot I & U_{\text{ges}} = U_1 + U_2 \\ U_1 = 5 \Omega \cdot 2 \text{ A} & U_2 = 10 \Omega \cdot 2 \text{ A} & U_{\text{ges}} = 10 \text{ V} + 20 \text{ V} \\ \underline{U_1 = 10 \text{ V}} & \underline{U_2 = 20 \text{ V}} & \underline{U_{\text{ges}} = 30 \text{ V}} \end{array}$$

2. Im Unterrichtsgespräch wird der Weg der Erkenntnisgewinnung bei der Erarbeitung der Gesetze über die Stromstärke und Spannung im unverzweigten Stromkreis wiederholt. Folgende Schritte sollen herausgearbeitet werden:

- Problem aus der Praxis: Wie verhalten sich I und U , wenn an Stelle von einem Widerstand zwei Widerstände vorhanden sind?
- Vermutungen über die Zusammenhänge aufstellen
- Einen geeigneten Versuchsaufbau finden, um die Vermutungen zu überprüfen
- Von einigen Erscheinungen abstrahieren (Widerstand der Verbindungsleiter, Temperaturänderungen der Umgebung)
- Viele Messungen (mit verschiedenen Spannungen, mit verschiedenen Widerständen) durchführen. Zahlreiche Messungen sind erforderlich, um die Vermutung zu bestätigen oder zu widerlegen. Aus einer Messung darf man noch kein allgemeingültiges Gesetz herleiten. (In der Schule aus Zeitmangel meist Beschränkung auf eine Meßreihe.)
- Die Meßwerte tabellarisch und grafisch darstellen und auswerten
- Die festgestellten Zusammenhänge verallgemeinern und formulieren (in Worten und durch Gleichungen)

Es wird wiederholt, daß ein solches Vorgehen auch induktiver Weg genannt wird. Die Schüler werden an Beispiele für dieses Vorgehen erinnert. (Kl. 6 Reflexionsgesetz, Kl. 7 Rollen, Kl. 8 Gesetz des Wärmeaustausches). Die wichtigsten Schritte erscheinen an der Tafel 1, Teil a (Bild 172/1).

3. Nun wird an das Verfahren erinnert, das als Deduktion bekannt ist. Als Beispiel werden genannt: Kl. 6 Lichtdurchgang durch ein Prisma, Kl. 7 geneigte Ebene. Dieses Verfahren wird nun benutzt, um Aussagen über den Widerstand im unver-

zweiten Stromkreis herzuleiten. Die wichtigsten Schritte werden an der Tafel 1 (Teil b) festgehalten.

4. Es wird ein unverzweigter Stromkreis an eine Nebentafel gezeichnet. Die beiden Widerstände werden mit R_1 und R_2 beschriftet, und der Begriff Teilwiderstand wird eingeführt. Folgende Gesetze sind bisher bekannt (Bild 172/2):

$$R = \frac{U}{I}, I = I_1 = I_2, U_{\text{ges}} = U_1 = U_2. \text{ Diese Gesetze erscheinen an der Tafel 2.}$$

Nun wird mitgeteilt, daß man sich für die beiden Widerstände einen einzigen Widerstand (Ersatzwiderstand) denken kann, der so groß sein soll, daß sich die Stromstärke nicht ändert.

$$\text{Für ihn gilt dann } R_{\text{ges}} = \frac{U_{\text{ges}}}{I}.$$

$$\text{Für den ersten Widerstand gilt } R_1 = \frac{U_1}{I}.$$

Für den zweiten Widerstand entsprechend

$$R_2 = \frac{U_2}{I}.$$

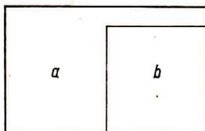
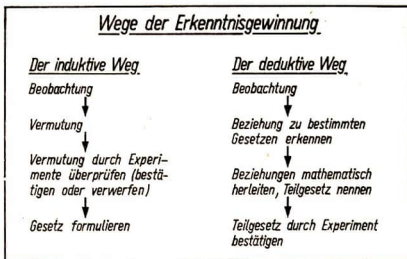


Bild 172/1 Tafel 1 zum Thema „Erkenntnisgewinnung“

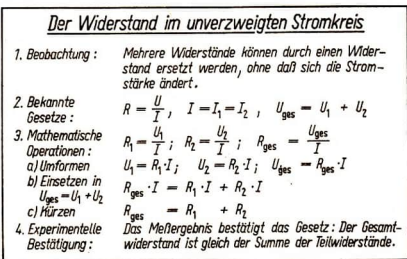


Bild 172/2 Tafel 2 zum Thema „Der Widerstand im unverzweigten Stromkreis“

Alle drei Gleichungen werden nach U umgeformt:

$$U_{\text{ges}} = R_{\text{ges}} \cdot I;$$

$$U_1 = R_1 \cdot I;$$

$$U_2 = R_2 \cdot I$$

und in die Gleichung $U_{\text{ges}} = U_1 + U_2$ eingesetzt.

Man erhält

$$R_{\text{ges}} \cdot I = R_1 \cdot I + R_2 \cdot I \text{ und nach Ausklammern}$$

$$R_{\text{ges}} \cdot I = I (R_1 + R_2).$$

Dividiert man diese Gleichung durch I , dann erhält man

$$R_{\text{ges}} = R_1 + R_2.$$

Die Schüler sollen diese Gleichung nun in Worten ausdrücken (evtl. auf Begriffe Gesamtwiderstand und Teilwiderstände hinlenken). Die Schüler üben sich im Herauslesen physikalischer Sachverhalte aus Größengleichungen.

5. Eine erste Festigung erfahren die Kenntnisse über die Gesetze, indem R_{ges} aus Aufgabe 160 b zu 15Ω ermittelt (Probe: $I = \frac{U_{\text{ges}}}{R_{\text{ges}}} = \frac{30 \text{ V}}{15 \Omega} = 2 \text{ A}$) und zu Hause die Aufgabe 160 c von den Schülern gerechnet wird.

Lösung:

$$U_1 = R_1 \cdot I \qquad R_2 = \frac{U_2}{I}$$

$$U_1 = 3000 \Omega \cdot 0,01 \text{ A} \qquad R_2 = \frac{120 \text{ V}}{0,01 \text{ A}}$$

$$\underline{U_1 = 30 \text{ V}} \qquad R_2 = 12000 \Omega$$
$$\underline{R_2 = 12 \text{ k}\Omega}$$

$$U_{\text{ges}} = U_1 + U_2 \qquad R_{\text{ges}} = R_1 + R_2$$

$$U_2 = U_{\text{ges}} - U_1 \qquad R_{\text{ges}} = 3 \text{ k}\Omega + 12 \text{ k}\Omega$$

$$U_2 = 150 \text{ V} - 30 \text{ V} \qquad \underline{R_{\text{ges}} = 15 \text{ k}\Omega}$$

$$\underline{U_2 = 120 \text{ V}}$$

Natürlich kann auch erst der Widerstand R_{ges} berechnet werden, dann U_1 und danach R_2 und U_2 .

Die inhaltliche Erschließung der ermittelten Gesetze wird noch erweitert, indem der Lehrer darauf hinweist, daß in einem unverzweigten Stromkreis der Gesamtwiderstand größer ist als der größte Teilwiderstand ($R_{\text{ges}} > R_1$ und $R_{\text{ges}} > R_2$). Analoge Betrachtungen, die in der 29. Stunde über die Widerstände im verzweigten Stromkreis durchgeführt werden, tragen dazu bei, den Schülern das Verstehen und Einprägen zu erleichtern.

Anwendungen des unverzweigten Stromkreises

(27. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Gesetze des unverzweigten Stromkreises
2. Die Reihenschaltung wird bei der Meßbereichserweiterung angewendet.
3. Selbsttätiges Lösen von Problemen aus der Praxis, Anwenden mathematischer Verfahren zum Lösen technischer Probleme

UNTERRICHTSMITTEL

Spannungsquelle

2 verschiedene Widerstände

Vielfachmeßgeräte

Verbindungsleiter

Wheatstonesche Meßbrücke oder anderes Meßgerät für den Widerstand (nicht unbedingt erforderlich)

Spannungsmesser (25 V)

Dekadenwiderstand ($10 \cdot 10 \Omega$)

Dekadenwiderstand ($10 \cdot 100 \Omega$)

Dekadenwiderstand ($10 \cdot 1000 \Omega$)

Dekadenwiderstand ($10 \cdot 10000 \Omega$)

Glühlampe (6 V; 30 W)

Fassung E 14 auf Brett

2 Holtzsche Klemmen

Vielfachmesser, geöffnet (oder Bild davon)

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|--|---|
| 1. Gesetz $R_{\text{ges}} = R_1 + R_2$ experimentell bestätigen | (10) Demonstrationsversuch |
| a) Die Kenntnisse über die Gesetze im unverzweigten Stromkreis werden in der Praxis vielfältig angewendet. | |
| 2. Vorwiderstand eines Projektors berechnen | (15) Arbeit mit dem Lehrbuch, Unterrichtsgespräch |
| 3. Meßbereichserweiterung eines Spannungsmessers erklären | (10) Demonstrationsversuch, Unterrichtsgespräch, Tafel a |
| 4. Schaltung der Weihnachtsbaumbeleuchtung finden lassen | (10) selbständige Arbeit der Schüler mit Buch und Heft, Tafel b |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Zuerst wird der Versuch zur Bestätigung des Gesetzes $R_{\text{ges}} = R_1 + R_2$ durchgeführt. Der zweite Teil der Stunde dient vorwiegend der Festigung der erworbenen Kenntnisse über die Gesetze im unverzweigten Stromkreis.

1. Die beiden Widerstände werden mit der Meßbrücke gemessen, einmal jeder einzeln, einmal beide zusammen (in Reihe geschaltet). Ist eine Meßbrücke nicht vorhanden, muß die Ermittlung etwas aufwendiger über Stromstärke- und Spannungs-

messung erfolgen. Im letzteren Falle ist der Aufbau vor dem Unterricht (möglichst mit 4 Meßgeräten für U_{ges} , U_1 , U_2 , I) aufzubauen, geeignete Meßbereiche sind bereits einzustellen, so daß durch einen Griff (Schalter für Spannungsquelle und einmaliges Ablesen (4 Schüler) alle Größen ermittelt werden können und R_{ges} , R_1 und R_2 in einigen Minuten zu berechnen sind.

2. Der erste Teilabschnitt wird gemeinsam mit den Schülern durchgearbeitet. Es wird das Ausgangsproblem des Lehrbuches, S. 86, an Hand des durchgerechneten Beispiels besprochen. Dabei ist immer wieder von den Schülern zu verlangen, für die angegebenen Gleichungen den physikalischen Sachverhalt in Worten anzugeben. Die einzelnen Etappen (Berechnung von U_V , I und R_V) werden auch genutzt, um die Gleichungen für die Leistung und die Arbeit zu wiederholen.

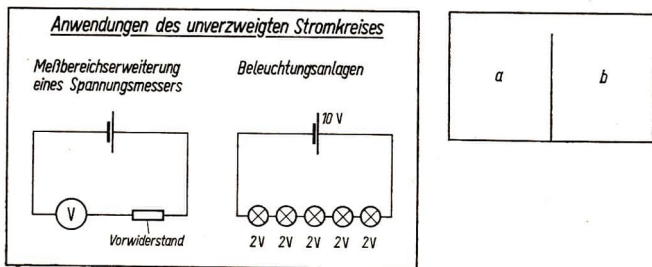


Bild 175/1 Tafel zum Thema „Anwendungen des unverzweigten Stromkreises“

3. Nach einer Problemstellung (viele Spannungsmesser haben mehrere Meßbereiche, obwohl sie nur ein Meßwerk haben) sollte im Demonstrationsversuch das Prinzip von Spannungsmessern mit mehreren Meßbereichen gezeigt werden. Gut eignet sich der Versuch nach GS 6, V 4.1.6. Den Schaltplan für die Schüler sollte man verändert darstellen (siehe Tafel, Teil a). Stehen keine Dekadenwiderstände zur Verfügung, so kann ein Schiebewiderstand benutzt werden. Den Schülern ist in jedem Falle nur das Prinzip der Erweiterung zu erläutern, eine quantitative Behandlung wird vom Lehrplan nicht verlangt. Abschließend sollte den Schülern ein geöffnetes Vielfachmeßgerät gezeigt werden. Auf die Nebenwiderstände kann schon andeutungsweise hingewiesen werden.

4. Für das folgende Problem erhalten die Schüler die Aufgabe, das Lehrbuch aufzuschlagen und die Aufgabe 163 durchzuarbeiten. Die Antworten zu a), b) und c) sind schriftlich zu geben. Nach etwa 8 min bis 10 min werden die Antworten durchgesprochen, falsche Vorstellungen berichtigt usw. Im Tafelbild (Teil b) wird das Prinzip festgehalten, wobei auch die Verallgemeinerung $U_{\text{ges}} = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5$ von leistungsstarken Schülern erfragt werden kann.

Es eignet sich für den 4. Teil der Stunde auch eine geeignete Auswahl aus der AS 1, z. B. aus den Aufgaben 622, 624, 627, 628 und 630. Schülern mit sehr guten Leistungen kann auch die Aufgabe 633 zur Lösung gegeben werden.

Spannung und Stromstärke im verzweigten Stromkreis

(28. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Begriffe: Gesamtstromstärke, Teilstromstärke
In einem verzweigten Stromkreis gilt
 $U = U_1 = U_2$ und
 $I_{\text{ges}} = I_1 + I_2$.
2. —
3. Selbständiges Durchführen eines Versuches nach einer vorgegebenen Versuchsanleitung, Lesen von Schaltplänen

UNTERRICHTSMITTEL

Spannungsquelle Strommesser Spannungsmesser 2 verschiedene Widerstände Schalter Verbindungsleiter	} nach Anzahl der Schülergruppen aus SEG „Elektrik“
--	--

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|--|--|
| a) In einem verzweigten Stromkreis gilt $U = U_1 = U_2$. | |
| 1. Motivation der nächsten Arbeitsschritte | (5) Mitteilung, Tafel a |
| 2. Aufbau eines verzweigten Stromkreises und Messen der Spannungen U , U_1 , U_2 | (15) Schülerexperiment |
| b) In einem verzweigten Stromkreis gilt $I_{\text{ges}} = I_1 + I_2$. | |
| 3. Messen der Stromstärken I_{ges} , I_1 und I_2 | (15) Schülerexperiment |
| 4. Auswerten der Versuchsergebnisse | (5) Unterrichtsgespräch, Tafel b und c |
| 5. Hausaufgabe stellen, Gleichung für Leistung wiederholen | (5) Mitteilung, Unterrichtsgespräch |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Nachdem die Gesetze über den unverzweigten Stromkreis erarbeitet worden sind, sollen die Gesetze des verzweigten Stromkreises erarbeitet werden. Dazu werden die Gesetze über die Spannung und die Stromstärke in Schülerexperimenten ermittelt.

1. Zur Wiederholung wird ein verzweigter Stromkreis an die Tafel gezeichnet, die zu untersuchenden Größen werden eingetragen (Tafel, Teil a). Den Schülern ist mitzuteilen, daß in der Reihenfolge Spannung, Stromstärke (induktiv, in dieser Stunde), Widerstand (deduktiv, in der nächsten Stunde) vorgegangen werden soll.
2. und 3. Der Ablauf der Stunde erfolgt im wesentlichen wie die Teile 4. der 24. Stunde und 3. der 25. Stunde. Die Anleitung zum Experiment entnehmen die Schü-

ler dem Lehrbuch. Die Vorübung ermöglicht, daß die meisten Schüler in den 30 min die gesteckten Ziele erreichen. Weiß man aus Erfahrung, daß Schwierigkeiten auftreten, so ist es auch möglich, das Schülereperiment so durchzuführen, daß etwa die Hälfte der Gruppen das Gesetz über die Spannungen, der Rest das Gesetz über die Stromstärken bestätigt. Dann kann man für jede Gruppe etwa 25 min zur Verfügung stellen und hat vorher und nachher je 5 min, um auf die Arbeiten bzw. die Ergebnisse der anderen Gruppen hinzuweisen.

I_{ges} Gesamtstromstärke
 I_1, I_2 Teilstromstärken

Die Spannung und die Stromstärke im verzweigten Stromkreis

U	U_1	U_2	U	I_{ges}	I_1	I_2
in V	in V	in V	in V	in A	in A	in A

Für die Spannung gilt : $U = U_1 = U_2$
 Für die Stromstärke gilt : $I_{ges} = I_1 + I_2$

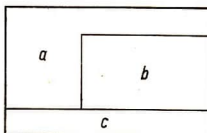


Bild 177/1 Tafel zum Thema „Spannung und Stromstärke im verzweigten Stromkreis“

4. Zur Auswertung werden die Meßergebnisse der Gruppen in die vorbereiteten Tabellen (Tafel, Teil b) eingetragen. Die Ergebnisse werden in Worten und in Gleichungen formuliert und in Kurzform an die Tafel (Teil c) geschrieben. Der induktive Charakter der Ermittlung sollte bewußtgemacht werden.

5. Die Schüler lösen zu Hause die Aufgabe 169 des Lehrbuches. Dazu wird in der Stunde der Begriff Leistung wiederholt (Definition, Gleichung, Formelzeichen, Einheiten). Die besonderen Formen $P_1 = U \cdot I_1$ und $P_2 = U \cdot I_2$ müssen herausgestellt werden.

Die Aufgabe dient der Wiederholung der physikalischen Größe Leistung und der bisher erarbeiteten Gesetze des verzweigten Stromkreises.

Hier der Lösungsweg:

Gegeben:

$$U = 220 \text{ V}$$

$$P_1 = 40 \text{ W}$$

$$P_2 = 60 \text{ W}$$

Gesucht:

$$I_{ges}$$

Lösung:

$$P_1 = U \cdot I_1$$

$$I_1 = \frac{P_1}{U}$$

$$I_1 = \frac{40 \text{ W}}{220 \text{ V}}$$

$$I_1 \approx 0,18 \text{ A}$$

$$I_{ges} = I_1 + I_2$$

$$I_{ges} = 0,18 \text{ A} + 0,27 \text{ A}$$

$$I_{ges} = 0,45 \text{ A}$$

$$P_2 = U \cdot I_2$$

$$I_2 = \frac{P_2}{U}$$

$$I_2 = \frac{60 \text{ W}}{220 \text{ V}}$$

$$I_2 \approx 0,27 \text{ A}$$

Als Variante für einen Teil der Klasse eignet sich die Aufgabe 637 der AS 1. An Stelle der Aufgabe 169 des Lehrbuches kann auch die Aufgabe 634 der AS 1 gerechnet werden, wenn man sich auf die Festigung der Gleichung $I_{\text{ges}} = I_1 + I_2$ konzentrieren möchte.

Der Widerstand im verzweigten Stromkreis – Anwendungen

(29. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Im verzweigten Stromkreis gilt: $\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$.
2. Meßbereichserweiterung eines Strommessers
3. Arbeit mit Größengleichungen: Umformen von Größengleichungen, Substitution von Größen in Größengleichungen; Anleitung zum konstruktiven Denken

UNTERRICHTSMITTEL

Arbeitsblätter
2 Widerstände (300 Ω , 600 Ω)
Meßbrücke
Verbindungsleiter

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|---|---|
| 1. Kenntnisse über Spannung und Stromstärke im verzweigten Stromkreis wiederholen | (10) Arbeit der Schüler mit dem Arbeitsblatt |
| a) In einem verzweigten Stromkreis gilt $\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$. | |
| 2. Deduktives Vorgehen bei der Erarbeitung der Gesetze wiederholen | (20) Lehrervortrag |
| 3. Deduktives Herleiten der Beziehung $\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ und experimentelle Bestätigung | Unterrichtsgespräch, Tafel 1 |
| b) Die Gesetze des verzweigten Stromkreises finden in der Praxis vielseitige Anwendung. | |
| 4. Schaltung der Energiewandler im Haushalt | (15) Arbeit mit dem Lehrbuch, Tafel 2a |
| 5. Meßbereichserweiterung eines Strommessers | Lehrerhinweis, selbständige Arbeit der Schüler im Heft, Tafel 2b und c, Arbeit mit dem Lehrbuch |
| 6. Hausaufgabe | Mitteilung |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Wie schon beim unverzweigten Stromkreis, werden die Gesetze über den Widerstand deduktiv hergeleitet und experimentell bestätigt. Wegen der Schwierigkeit

sind die Stundenabschnitte sehr ausführlich gestaltet. Danach folgen Anwendungsbeispiele, die auch noch in den nächsten Stunden ergänzt werden.

1. Es werden die Haushefte der Schüler eingesammelt. (Die Schüler konnten ihre Ergebnisse an Hand der Lösungen im Lehrbuch vergleichen, es kommt also auf das Kontrollieren des Lösungsweges an. Lösungsweg siehe vergangene Stunde!)

Zur Kontrolle wird die Aufgabe 1 des Arbeitsblattes gerechnet. Dabei ergibt sich

für d) der Gesamtwiderstand mit Hilfe der Beziehung $R = \frac{U}{I}$, wobei für I die Gesamtstromstärke I_{ges} einzusetzen ist, die die Schüler mit ihren Kenntnissen über $I_{\text{ges}} = I_1 + I_2$ (im verzweigten Stromkreis) ermitteln können.

2. Der Lehrervortrag sollte folgende Gedanken enthalten: Der Gesamtwiderstand konnte berechnet werden, ohne daß die gesetzmäßigen Beziehungen zwischen den Einzelwiderständen und dem Gesamtwiderstand bekannt waren. Es bestätigt sich

also wieder die Erkenntnis: Im verzweigten Stromkreis gilt die Gleichung $R = \frac{U}{I}$.

Mit dieser Beziehung kann unter Zuhilfenahme der erarbeiteten Gleichung $I_{\text{ges}} = I_1 + I_2$ deshalb auch die Beziehung zwischen dem Gesamtwiderstand und den Einzelwiderständen deduktiv ermittelt werden — wie schon beim unverzweigten Stromkreis.

3. Eine mögliche Form des Unterrichtsgesprächs könnte sein (Bild 179/1): Wie lautet die Beziehung über die Stromstärken im verzweigten Stromkreis (Schüleraufwurf!) $I_{\text{ges}} = I_1 + I_2$.

Der Widerstand im verzweigten Stromkreis

$I_{\text{ges}} = I_1 + I_2 \quad (1)$	$\frac{U}{R_{\text{ges}}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}$
$R_{\text{ges}} = \frac{U}{I_{\text{ges}}}; R_1 = \frac{U}{I_1}; R_2 = \frac{U}{I_2}$	$\frac{1}{R_{\text{ges}} \cdot U} = \frac{1}{R_1 \cdot U} + \frac{1}{R_2 \cdot U}$
$I_{\text{ges}} = \frac{U}{R_{\text{ges}}}; I_1 = \frac{U}{R_1}; I_2 = \frac{U}{R_2}$	$\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

Bild 179/1 Tafel 1 zum Thema „Der Widerstand im verzweigten Stromkreis“

Es sollen die Beziehungen zwischen den Größen R_1 , R_2 und R_{ges} untersucht werden. Drücke diese Größen durch die entsprechenden Spannungen und Stromstärken aus! Achte auf die Indizes! (Schüleraufwurf!)

$$R_{\text{ges}} = \frac{U}{I_{\text{ges}}}; R_1 = \frac{U}{I_1}; R_2 = \frac{U}{I_2}.$$

Um diese Gleichungen in die Gleichung (1) einsetzen zu können, müssen wir alle drei Gleichungen nach der Stromstärke I umformen. Forme die Gleichungen nach I um! Beachte die Indizes! (Schüleraufwurf!)

$$I_{\text{ges}} = \frac{U}{R_{\text{ges}}}; I_1 = \frac{U}{R_1}; I_2 = \frac{U}{R_2}.$$

Arbeitsblatt

Datum _____

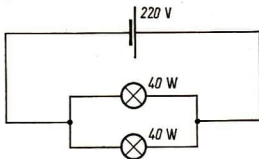
Name _____

Klasse _____

Der verzweigte Stromkreis

1. Das Bild zeigt einen verzweigten Stromkreis.

- Wie groß ist die Stärke des Stromes, der durch jede Glühlampe fließt?
- Wie groß ist die Gesamtstromstärke?
- Wie groß ist der Widerstand jeder Glühlampe?
- Wie groß ist der Gesamtwiderstand (Ersatzwiderstand)?



a) Gegeben:

Lösung:

Gesucht:

b) Gegeben:

Lösung:

Gesucht:

Bild 180/1 Arbeitsblatt „Der verzweigte Stromkreis“ (Vorderseite)

c) Gegeben:

Lösung:

Gesucht:

d) Gegeben:

Lösung:

Gesucht:

2. Zeichne für den folgenden Stromkreis den Schaltplan mit standardisierten Schaltzeichen!

Spannungsquelle: Akkumulator, 6 V

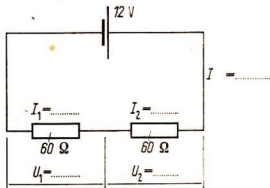
Energiewandler: 1 Heizgerät, 6 V; 45 W

2 Glühlampen, 3 V; 0,5 A

1 Ventilator, 6 V; 15 W

3. Trage die fehlenden Angaben ein!

a)



b)

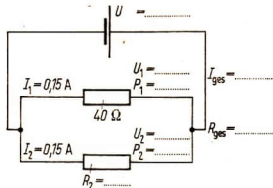


Bild 181/1 Arbeitsblatt „Der verzweigte Stromkreis“ (Rückseite)

Wir können jetzt in die Gleichung (1) für die Stromstärke die Quotienten aus Spannung und Widerstand einsetzen. Dadurch bringen wir die drei Widerstände, über die wir bisher nur Einzelaussagen haben, miteinander in Beziehung. Diese Beziehung lautet:

$$\frac{U}{R_{\text{ges}}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} \quad (2)$$

Komm an die Tafel und zeige, welche Größe der Gleichung (1) durch welchen Quotienten ersetzt wurde! (Schüleraufforderung!) Wir können die Gleichung (2) noch vereinfachen. Gib Vorschläge an! (Schüleraufforderung!) (Gegebenenfalls Denkanstoß: Welche Größe ist in allen 3 Quotienten enthalten?)

Nach Dividieren durch U ergibt sich

$$\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Wir haben die Beziehung für die Widerstände im verzweigten Stromkreis deduktiv hergeleitet.

Drücke diese Beziehung – Gleichung (3) – in Worten aus! (Schüleraufforderung!) (Gegebenenfalls als Hilfe: Benutze die Begriffe: Kehrwert des Gesamtwiderstandes, Kehrwert der Teilwiderstände.)

Schließlich wird mit Hilfe der Werte aus Aufgabe 1 des Arbeitsblattes die Probe gemacht:

$$\frac{1}{600 \Omega} = \frac{1}{1200 \Omega} + \frac{1}{1200 \Omega}$$

$$\frac{1}{600 \Omega} = \frac{2}{1200 \Omega}$$

$$\underline{\underline{600 \Omega = 600 \Omega}}$$

Analog zu den Behandlungen in der 26. Stunde über den Widerstand im unverzweigten Stromkreis wird festgestellt, daß der Gesamtwiderstand im verzweigten Stromkreis kleiner ist als der kleinste Teilwiderstand ($R_{\text{ges}} < R_1$ und $R_{\text{ges}} < R_2$). Zur experimentellen Bestätigung hat der Lehrer zwei Widerstände von beispielsweise 300Ω und 600Ω an einem Ende zusammengelötet. Mit der Meßbrücke werden erst die beiden Teilwiderstände gemessen und nach Verkleben der beiden anderen Enden der Gesamtwiderstand. Die Ergebnisse werden von den Schülern wiederholt.

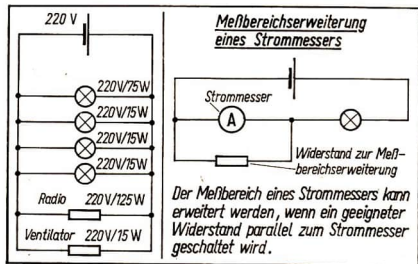
Abschließend werden die Ergebnisse mit Hilfe des Elektronenstroms gedeutet. Dabei ist auf die Bedeutung von Modellen für die Erkenntnisgewinnung hinzuweisen. Natürlich kann auch zu Beginn des Punktes 2 eine Betrachtung mit Hilfe der Elektronenbewegung erfolgen und daraus eine Vermutung hergeleitet werden, die dann im weiteren Teil der Stunde überprüft wird.

4. Die Schüler betrachten das Lehrbuchbild 87/1 und geben an, wie die Geräte geschaltet sind. An der Tafel 2 (Bild 183/1) erscheint der Teil a, die Schüler tragen die Spannungen und die Leistungen an die einzelnen Schaltzeichen.

5. Die Schüler erhalten die Aufgabe, das Bild im Lehrbuch zu betrachten und den Text, Seite 92, von „Strommesser ... bis ... erweitert werden“ (Bild 92/3) zu lesen. Der Lehrer schreibt inzwischen die Überschrift an die Tafel (Teil b) und zeichnet

den Schaltplan an. Nach dem Lesen wird gemeinsam das Ergebnis erarbeitet und an die Tafel (Teil c) geschrieben.

6. Zur Übung und Festigung rechnen die Schüler zu Hause die Aufgaben 168 und 172. Die Hefte werden zu Beginn der nächsten Stunde eingesammelt und die Aufgaben vom Lehrer kontrolliert.



a	b
	c

Bild 183/1 Tafel 2 zum Thema „Anwendungen“

Die Spannungsteilerschaltung (1. Teil) (30. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Mit der Spannungsteilerschaltung können von einer Spannungsquelle Spannungen abgenommen werden, die zwischen Null und der Spannung der Spannungsquelle liegen.
2. Die abgenommene Spannung hängt auch vom Widerstand des angeschlossenen Schaltelements ab.
3. Anwenden der deduktiven Methode

UNTERRICHTSMITTEL

Spannungsquelle (6 V—)

Strommesser

Spannungsmesser (10 V—)

Potentiometer (Drehregler)

Glühlampe auf Brett (6 V; 0,1 A)

Glühlampe auf Brett (6 V; 0,4 A)

Lineal mit Meßteilung in mm

Verbindungsleiter

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|--|--|
| a) <i>Beim unverzweigten Stromkreis verhalten sich die Spannungen wie die Widerstände.</i> | |
| 1. Gesetz des unverzweigten Stromkreises wiederholen und Motivation bekanntgeben | (10) Arbeit der Schüler an der Tafel, Teil a, Lehrervortrag, Tafel, Teil b |
| 2. Beziehung zwischen Spannung und Länge des Widerstandsdrahtes demonstrieren | Demonstrationsversuch, Lehrervortrag |
| 3. Die Beziehung $U_1:U_2 = R_1:R_2$ mit Hilfe der Gleichung $R = \frac{U}{I}$ deduktiv herleiten und experimentell bestätigen | (25) Lehrervortrag, Tafel, Teil c
Demonstrationsversuch |
| 4. Begriff Spannungsteilerschaltung einführen | Tafel, Teil d |
| b) <i>Die abgenommene Spannung U ändert sich, wenn ein Schaltelement angeschlossen wird.</i> | |
| 5. Einfluß des Schaltelements auf die Teilspannung demonstrieren | (10) Arbeit mit dem Lehrbuch, Demonstrationsversuch |
| 6. Hausaufgabe mitteilen | Mitteilung |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Die Spannungsteilerschaltung wird im wesentlichen vom Lehrer dargeboten. Die Zeit reicht dadurch für den gesamten Komplex aus. Die experimentelle Arbeit der Schüler erfolgt in der nächsten Stunde.

1. Die Gesetze des unverzweigten und verzweigten Stromkreises erscheinen zur Wiederholung an der Tafel (Bild 184/1, Teil a). Die Motivierung der kommenden Aufgaben kann dem Lehrbuch entnommen werden (Bedarf nach unterschiedlichen Spannungen). Es kann aber auch gesagt werden, daß die Kenntnisse über den unverzweigten Stromkreis (Schaltung von 2 Widerständen) eine besondere Schaltung ermöglichen, wenn man durch einen veränderlichen Kontakt (Gleitkontakt) auf einem technischen Widerstand das Verhältnis der beiden Widerstände dauernd (bzw. nach Bedarf) ändert. Als Schaltplan kann dann Teil b des Tafelbildes erscheinen. Zur Zielorientierung wird den Schülern mitgeteilt, daß die Wirkungsweise die-

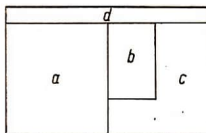
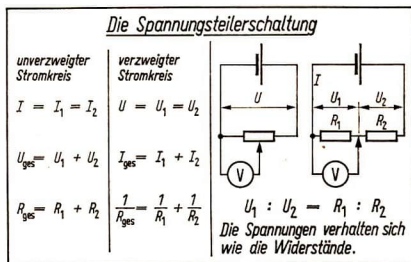


Bild 184/1 Tafel zum Thema „Die Spannungsteilerschaltung“

ser Schaltung, ihre Gesetzmäßigkeiten und ihre Vor- und Nachteile untersucht werden sollen.

2. Zur Wirkungsweise wird ein Versuch entsprechend dem Schaltplan an der Tafel durchgeführt. Der Lehrer zeigt, daß die Spannung zwischen Null und einem Höchstwert (Spannung der Spannungsquelle) fast beliebig eingestellt werden kann. (Bei niederohmigen Widerständen ist deutlich merkbar von Drahtwindung zu Drahtwindung ein Anwachsen der Spannung festzustellen.) — Durch Vergleichen der Längen des Widerstandsdrahtes (eine Windung ist als behelfsmäßige Längeneinheit zu benutzen) und der dazugehörigen Spannungen kann gezeigt werden, daß die Spannung mit der Länge — und somit mit dem Widerstand des Drahtes — zunimmt.

3. Der Lehrer zerlegt die Spannungsteilerschaltung in die Form des Tafelbildes, Teil c, und erfragt die Beziehungen zwischen U_1 und R_1 einerseits und U_2 und R_2 andererseits. Die Gleichungen $U_1 = I \cdot R_1$ und $U_2 = I \cdot R_2$ oder auch $R_1 = \frac{U_1}{I}$ und $R_2 = \frac{U_2}{I}$ erscheinen an einer Nebentafel (Bild 185/1). Nun werden die Gleichungen (je nachdem, welche genannt wurden) nach I aufgelöst, gleichgesetzt und an die Tafel geschrieben. Durch Umformen erhält man die Form $U_1 : U_2 = R_1 : R_2$.

Die Schüler sollen versuchen, den physikalischen Sachverhalt in Worten auszudrücken. Eine geeignete Formulierung erscheint an der Tafel. Es wird darauf hingewiesen, daß die Beziehung zwischen den Spannungen und den Widerständen wieder durch Deduktion gewonnen wurde. Zur experimentellen Bestätigung werden für eine Einstellung des Spannungsteilers die Spannungen und Widerstände gemessen.

4. Für die betrachtete Schaltung wird der Begriff *Spannungsteilerschaltung* eingeführt. Die Schüler werden darauf hingewiesen, daß technische Widerstände mit einem zusätzlichen Gleitkontakt als *Spannungsteiler* oder *Potentiometer* bezeichnet werden. Der Begriff Spannungsteilerschaltung erscheint an der Tafel, Teil d.

5. Abschließend werden bei einer eingestellten Spannung von beispielsweise 4 V zusätzlich zum Spannungsmesser erst die Glühlampe 6 V; 0,1 A, dann noch die Glühlampe 6 V; 0,4 A parallelgeschaltet. Aus dem Versuchsergebnis wird erarbeitet, daß die abgenommene Spannung durch die Glühlampen beeinflusst wird (vgl. auch Lehrbuchabbildungen 91/5 a, b, und c). Diese Beobachtung kann noch durch

$$\begin{array}{l}
 R_1 = \frac{U_1}{I} \qquad R_2 = \frac{U_2}{I} \\
 U_1 = I \cdot R_1 \qquad U_2 = I \cdot R_2 \\
 I = \frac{U_1}{R_1} \qquad I = \frac{U_2}{R_2} \\
 \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} \quad | \cdot U_2 \\
 \frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2} \\
 U_1 : U_2 = R_1 : R_2
 \end{array}$$

Bild 185/1
An einer Nebentafel wird die Deduktion durchgeführt

die folgenden Betrachtungen untermauert werden: R_1 (rechter Teil des Tafelbildes 184/1 und Lehrbuchbild 91/5c) erhält durch die Glühlampe einen Widerstand parallelgeschaltet. Der Gesamtwiderstand der beiden parallelgeschalteten Widerstände ist geringer als jeder Widerstand für sich allein $\left(\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$.

Dadurch ändert sich aber auch das Verhältnis der in Reihe geschalteten Widerstände. R_2 ist jetzt verhältnismäßig größer, also fällt auch an R_2 eine größere Spannung als vorher ab ($U_1:U_2 = R_1:R_2$).

6. Als Hausaufgabe erhalten die Schüler den Auftrag, das Schülerexperiment E 6 des Lehrbuches so durchzuarbeiten, daß sie es in der nächsten Stunde selbständig durchführen können. Offene Fragen sind zu notieren und zu Beginn der nächsten Stunde vorzutragen.

Die Spannungsteilerschaltung (2. Teil) (31. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. —
2. —
3. Aufbauen einer Spannungsteilerschaltung, Lesen von Schaltplänen, Messen von Spannungen und Stromstärken

UNTERRICHTSMITTEL

Spannungsquelle	} nach Anzahl der Schülergruppen
Vielfachmeßgerät	
Potentiometer (Drehregler) (50 Ω ; 20 W)	
Glühlampe (6 V; 0,1 A bis 0,3 A)	
Glühlampe (6 V; 0,3 A bis 0,4 A)	
Glühlampe (6 V; 0,4 A bis 0,8 A)	
Schalter	
Verbindungsleiter	

STUNDENGLIEDERUNG

1. Einteilung der Gruppen vornehmen	(5) Mitteilung
2. Etappen des Experiments bekanntgeben	Mitteilung, Tafel, Teil a
3. Experiment von den Schülern durchführen lassen	(35) Schülerexperiment
4. Ergebnisse der Gruppen zusammenfassen	Arbeit an der Tafel, Teil b
5. Vorteile der durchgeführten Arbeitsweise nennen	(5) Lehrervortrag

MATERIALIEN UND HINWEISE

Die Arbeit der Schüler in dieser Stunde erfolgt weitgehend selbständig. Der Lehrer verfolgt die einzelnen Schritte und hilft gegebenenfalls. Die Auswertung erfolgt dann unter strenger Leitung des Lehrers.

1. Die Schüler werden in Gruppen eingeteilt. Es ist darauf zu achten, daß jede Gruppe 3 verschiedene Glühlampen hat. Die Stromstärken könnten von den hier angegebenen beliebig abweichen, müssen den Schülern aber bekannt sein. (Bei unleserlichem Aufdruck Zettel anbringen!)

Die Schüler werden darauf hingewiesen, daß die meiste Zeit für das Aufbauen der Schaltung benötigt wird. Es soll zügig und sorgfältig gearbeitet werden. Die Schüler erhalten noch den Hinweis, daß das Potentiometer unmittelbar nach der Messung wieder zurückgestellt wird, da sonst die Gefahr besteht, daß eine Glühlampe zerstört wird. Dann erhalten die Schüler Gelegenheit, zu Hause notierte Fragen an den Lehrer zu richten.

2. und 3. Die Etappen des Experiments werden an die Tafel geschrieben (Bild 187/1; Teil a):

- Beantworten der Fragen und Aufbau der Schaltung (bis Punkt 1),
- Messen der Spannungen und der Stromstärken (Punkte 2 bis 4),
- Eintragen des vollständigen Ergebnisses in das Protokoll (bis zum Ende).

<i>Arbeitsablauf:</i>					
<i>Beantworten der Fragen und Aufbau der Schaltung</i>					
<i>Messen der Spannungen und der Stromstärken</i>					
<i>Eintragen des Ergebnisses</i>					

<i>Tabelle 1</i>					
<i>Ver-</i>					
<i>suchs-</i>					
<i>reihe</i>					
1	Ω				
2	Ω				
3	Ω				

<i>a</i>	<i>b</i>
----------	----------

Bild 187/1
Tafel zum
Schülerexperiment E 6

Dann führen die Schüler das Experiment selbständig nach dem Lehrbuch durch. Der Versuchsaufbau und die Versuchsdurchführung bieten keine besonderen Schwierigkeiten; Schwierigkeiten können dagegen bei der Auswertung der Ergebnisse auftreten. Durch das Experiment soll der Unterschied zwischen einem idealen und einem realen Spannungsteiler herausgearbeitet werden, d. h., die physikalischen Nebenbedingungen müssen erkannt werden. Beim idealen Spannungsteiler ist der Widerstand des Schaltelements sehr groß im Vergleich zum Widerstand des Potentiometers.

Bei Zeitmangel wird man die drei Versuchsreihen in getrenntgemeinschaftlicher Arbeitsweise durchführen. Das Schwergewicht der Schülertätigkeit kann dann aber nur beim Aufbau der Versuchsanordnung liegen. Soll das Schwergewicht aber auf das Vergleichen und Verallgemeinern der Ergebnisse gelegt werden, dann müssen

alle drei oder zumindest zwei Versuchsreihen von jeder Schülergruppe durchgeführt werden.

Der Lehrer kontrolliert jeden Aufbau, bevor die Schüler die Spannungsquelle einschalten dürfen. An der Tafel (Teil b) bereitet der Lehrer eine Übersicht vor, die der Tabelle 1 des Lehrbuches entspricht.

4. Für jede Glühlampe (bei mehreren Ergebnissen Mittelwert bilden!) werden die Werte eingetragen. Bei einem Experiment mit dem SEG Elektrik und dem Universalmesser 7 ergaben sich folgende Werte:

Versuchsreihe	Spannungsteiler	Glühlampe	Schalterstellung	Teilspannung	
				U_T in V	I in A
1	50 Ω	6 V; 0,8 A	geöffnet	6,0 V	0,24 A
			geschlossen	1,0 V	0,40 A
2	50 Ω	6 V; 0,4 A	geschlossen	6,0 V	0,92 A
			geöffnet	6,0 V	0,24 A
			geschlossen	2,6 V	0,35 A
3	50 Ω	6 V; 0,3 A	geschlossen	6,0 V	0,54 A
			geöffnet	6,0 V	0,24 A
			geschlossen	3,0 V	0,33 A
			geschlossen	6,0 V	0,46 A

Bevor die Schüler den Ergebnissatz eintragen, wird er gemeinsam besprochen.

5. Der Lehrer weist darauf hin, daß die gleichzeitige Durchführung einer Reihe von Teiluntersuchungen durch mehrere Gruppen Vorteile hat. So konnte für eine große Anzahl von Stromstärken eine Aussage getroffen werden, obwohl eine Gruppe höchstens drei Glühlampen untersucht hat. Solche Verfahren werden auch in der wissenschaftlichen Forschung angewendet. Auch dort kommt es darauf an, erkannte Probleme so schnell wie möglich zu lösen (Ökonomie der Zeit).

Anwendungen der Gesetze des unverzweigten und des verzweigten Stromkreises (32. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Festigung der Gesetze des unverzweigten und des verzweigten Stromkreises. Die Meßgrößenwandlung
2. Anwendungsbeispiele für Längen- und Winkelmessungen
3. Arbeit mit Größengleichungen, Entwicklung des konstruktiven Denkens, Entwerfen von Schaltbildern

UNTERRICHTSMITTEL

Behälter mit Wasser
Geber (Schwimmer, Gestänge, Drehregler)
Spannungsquelle
Spannungsmesser
Verbindungsleiter

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|---|--|
| 1. Aufgabe zum unverzweigten Stromkreis rechnen | (10) selbständige Arbeit der Schüler mit dem Arbeitsblatt |
| 2. Flüssigkeitsmessung demonstrieren | (20) Unterrichtsgespräch, selbständige Arbeit der Schüler im Heft, Demonstrationsversuch |
| 3. Längenmessung erläutern | (5) Lehrervortrag |
| 4. Aufgabe zum verzweigten Stromkreis rechnen | (10) selbständige Arbeit der Schüler mit Buch und Heft |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Die Stunde ist als Wiederholungsstunde gedacht. Die Wiederholung findet an weiteren Anwendungsbeispielen statt.

1. Die Schüler lösen selbständig die Aufgaben Nr. 2 und 3 des Arbeitsblattes (Bild 181/1). Die Arbeitsblätter werden eingesammelt, kontrolliert und in der nächsten Stunde zurückgegeben.

2. Es wird vom Lehrer die Aufgabe gestellt, mit Hilfe der an der Tafel skizzierten Geräte (Bild 189/1, Teil a) eine Schaltung zu entwerfen, mit deren Hilfe man den Flüssigkeitsstand in einem Behälter messen kann.

Die Schüler kennen solche Konstruktionsaufgaben aus Kl. 7, Mechanik der Flüssigkeiten und Gase. Neu ist dabei die Meßgrößenwandlung. Es können vom Lehrer gegebenenfalls Hilfen gegeben werden. Mehrere Schüler sollen ihre Entwürfe an einer Nebentafel erläutern. Schließlich werden ein oder zwei Lösungen versuchsmäßig aufgebaut, wobei der Lehrer vorher entscheiden muß, wie weit er für die eine oder andere Lösung die entsprechenden Unterrichtsmittel bereitgestellt hat. Erfahrungsgemäß kann man komplizierte Schaltungen leicht auf die im Lehrbuch abgebildete Schaltung zurückführen und dann so demonstrieren. Die Schüler werden aufgefordert, die Meßgrößenwandlung ausführlich anzugeben. Die Kurzform (siehe auch Lehrbuch, Seite 80) wird angegeben. Schließlich kann das Schaltbild so aufgelöst werden, daß alle bisher erarbeiteten Begriffe wiederholt werden können.

3. Das Beispiel einer Längenmessung wird am Lehrbuchbild besprochen. Beispiele für Längenmessungen sind Werkstückmessungen, Messungen der Dicke von Ma-

Messen nichtelektrischer Größen

Winkelmessung

Drehwiderstand
Spannungsquelle
Verbindungsleiter
Meßgerät
Gestänge



Längenmessung

Schiebewiderstand
Spannungsquelle
Verbindungsleiter
Meßgerät
Gestänge

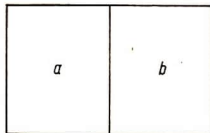


Bild 189/1
Tafel zur Wiederholung

terialien aus der laufenden Produktion (Papier, Bleche), Messen des Vorschubs von Werkzeugmaschinen usw.

4. Die Schüler lösen die Aufgabe 174 des Lehrbuches. Der Lösungsweg wird von einem Schüler vorgelesen und gegebenenfalls vom Lehrer kommentiert.

5. Unterrichtseinheit

Wiederholung und Anwendung

VORBEMERKUNGEN

Das Ziel der 32. Stunde der 4. Unterrichtseinheit war es, die Gesetze des unverzweigten und verzweigten Stromkreises zu wiederholen. Das Ziel der 5. Unterrichtseinheit ist es, das Wissen und Können der 2. Stoffeinheit zu wiederholen, anzuwenden und zu systematisieren. Dabei ist der Schwerpunkt auf das bisher ausgewiesene grundlegende Wissen zu legen, lediglich in der 33. Stunde werden die Kenntnisse über die elektrische Energieversorgung noch erweitert. In den anderen beiden Stunden werden am Beispiel des Widerstandsthermometers die Kenntnisse über das Ohmsche Gesetz und das Widerstandsgesetz und am Beispiel des elektrischen Kochers die Kenntnisse über die Größen Stromstärke, Spannung, Widerstand, Leistung und Arbeit gefestigt.

Die ökonomische Bedeutung der elektrischen Energie

(33. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Die elektrische Energie ist die Grundlage für die industrielle Produktion. Sie läßt sich gut übertragen.
2. Elektrische Energie läßt sich schlecht speichern.
3. Selbständiges Bearbeiten eines Lehrbuchabschnittes, Übungen im mündlichen Ausdruck

UNTERRICHTSMITTEL

Ausschnitte aus Zeitungen und Zeitschriften

Bild eines Pumpspeicherwerkes

Karte Osteuropa

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|---|---|
| 1. Einige Energiearten nennen und kennzeichnen | (10) Lehrervortrag |
| 2. Vorteile der elektrischen Energie herausarbeiten | (20) selbständige Arbeit der Schüler mit dem Lehrbuch |
| 3. Die Nachteile der elektrischen Energie andeuten | (5) Lehrerhinweis |
| 4. Das Verbundnetz besprechen | (10) Lehrervortrag, Unterrichtsgespräch |
| 5. Hausaufgabe stellen | Mitteilung |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Die Stunde bringt innerhalb der „Wiederholung, Anwendung, Systematisierung“ einige neue Begriffe, da in den vorangegangenen Klassen in den anderen Fächern nicht schon alle hier genannten Tatsachen behandelt worden sind. Dabei muß bei der Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile der elektrischen Energie deutlich das Überwiegen der Vorteile herausgearbeitet werden.

1. Den Schülern sollte gesagt werden, daß für alle Lebensbereiche Energie notwendig ist. Diese Energie kommt in der Natur z. B. als Energie des strömenden Wassers und der bewegten Luft vor (mechanische Energie), weiterhin ist in den Brennstoffen Torf, Kohle und Öl chemische Energie gespeichert. Zu diesen von den Menschen schon lange genutzten Energiearten kommen etwa seit dem 19. Jahrhundert die elektrische Energie und seit dem 20. Jahrhundert die Kernenergie. Je nach der geographischen Lage und der Entwicklung der Produktionsmittel werden in den Staaten unterschiedliche Energiearten genutzt. In der DDR gibt es nur wenige Möglichkeiten, die Energie des strömenden Wassers zu nutzen. Von den Brennstoffen steht in verhältnismäßig großen Mengen Braunkohle zur Verfügung. Die Kernenergie wird in zwei Kernkraftwerken genutzt, Standorte Lubmin und Rheinsberg.

2. Die Schüler erhalten den Auftrag, den Lehrbuchabschnitt Seite 96 zu lesen und über das Gelesene ein Exzerpt anzufertigen. Dann werden zwei Schüler aufgefordert, über das Thema an Hand ihrer Notizen zu sprechen.

3. Der Lehrer weist darauf hin, daß die Schwierigkeiten, die die Speicherung der elektrischen Energie mit sich bringt, einen Nachteil bedeuten. Es ist herauszuarbeiten, daß die Umwandlung in chemische Energie zum Zwecke der Speicherung (Akkumulatoren) nicht in dem Maße vorgenommen werden kann, daß Industriebetriebe auf diese Weise mit Elektroenergie versorgt werden können. Die Umwandlung in mechanische Energie (Pumpspeicherwerke) ist an hohe Investitionen gebunden, ihre Anzahl ist daher begrenzt. Deshalb können nicht alle Industriebetriebe in den Spitzenzeiten ausreichend Energie von Pumpspeicherwerken erhalten.

4. Obwohl sich die elektrische Energie schlecht speichern läßt, ist sie die am vielseitigsten anwendbare Art der Energie überhaupt geworden und für die weitere Entwicklung unserer Volkswirtschaft von großer Bedeutung. Der technische Fortschritt ist heute ohne den verstärkten Einsatz der elektrischen Energie nicht möglich. So werden zur Automatisierung der Produktion Maschinen benutzt, die durch die elektrische Energie angetrieben werden. Die Steuerungs- und Regelungstechnik arbeitet in vielen Fällen mit der elektrischen Energie als Hilfsenergie. Die weitere Technisierung der Landwirtschaft erfordert immer mehr elektrische Energie, ebenso wie die Modernisierung unserer Haushalte.

Der Grund für die vielseitige Anwendbarkeit der elektrischen Energie ist unter anderem in der Tatsache zu suchen, daß sich die elektrische Energie einfach transportieren und beliebig aufteilen läßt. So kann die elektrische Energie schnell über große Entfernungen transportiert werden, und dem Energienetz kann je nach Bedarf so viel Energie entnommen werden, wie z. B. zum Betrieb einer Hobelmaschine oder einer Glühlampe benötigt wird.

Um die Belange der Volkswirtschaft besser zu vertreten, arbeiten die Länder des Rates für Gegenseitige Wirtschaftshilfe auch in dieser Frage zusammen. Sie haben

im Ausbau eines gemeinsamen Verbundnetzes eine Möglichkeit gefunden, die elektrische Energie noch besser zu nutzen.

Die unterschiedlichen Spitzenzeiten auf Grund der geographischen Lage sind herauszuarbeiten. Die Vorteile, die durch die gleichen gesellschaftlichen Verhältnisse der beteiligten Staaten entstehen, können von den Schülern in dieser Klasse schon genannt werden. Schließlich sollte der Lehrer an der Karte einige wichtige Strecken zeigen lassen, z. B. Ragow—Lauchstädt (380 kV-Leitung).

5. Die Schüler erhalten den Auftrag, über die Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur im Lehrbuch (S. 78) nachzulesen.

Das Widerstandsthermometer (34. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. Festigung der Kenntnisse über das Ohmsche Gesetz und das Widerstandsgesetz
2. Arbeitsweise des Widerstandsthermometers
3. Rechnen mit Größengleichungen

UNTERRICHTSMITTEL

Thermistor Becherglas mit Wasser
Vielfachmesser Verbindungsleiter

STUNDENGLIEDERUNG

a) *Beim Bau des Widerstandsthermometers finden Kenntnisse über das Ohmsche Gesetz und das Widerstandsgesetz Anwendung.*

- | | |
|---|---|
| 1. Die wichtigsten Teile des Widerstandsthermometers wiederholen | (10) Unterrichtsgespräch |
| 2. Den Widerstand einer Platinwendel berechnen | (15) Unterrichtsgespräch, selbständige Arbeit im Heft |
| 3. Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur wiederholen | (5) Schülervortrag |
| 4. Die Messung der nichtelektrischen Größe Temperatur über die elektrische Größe Widerstand demonstrieren | (10) Demonstrationsversuch |
| 5. Anwendungsbeispiele für Temperaturmessungen mit Widerstandsthermometern zusammentragen | (5) Unterrichtsgespräch |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Das Widerstandsthermometer wird hier nur als „Aufhänger“ benutzt. Durch die Stunde muß sich wie ein roter Faden die Festigung der Kenntnisse über den Widerstand (Größe, Messung, Berechnung) und über das elektrische Messen nichtelektrischer Größen ziehen. Die zuletzt genannten Anwendungsbeispiele dienen nur zum Abrunden des Themas.

1. Bereits in der 3. Unterrichtseinheit dieser Stoffeinheit haben die Schüler das Widerstandsthermometer kennengelernt. Seine wichtigsten Teile und ihre Aufgaben werden erfragt und von den Schülern genannt. (Spannungsquelle, die die notwendige Spannung liefert — Platin- oder Nickelwendel, die bei Temperaturänderung

ihren Widerstand ändert — Meßwerk, das die Stromstärke anzeigt und eine Teilung in Grad Celsius besitzt.) — Interessierten Schülern kann mitgeteilt werden, daß für tiefe Temperaturen (bis $-250\text{ }^{\circ}\text{C}$) auch Blei und Gold verwendet wird. (Platin genügt nur im Bereich von $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $+500\text{ }^{\circ}\text{C}$ der Gleichung $R = R_0(1 + a \cdot t + b \cdot t^2)$.)

2. Mit den Schülern wird wiederholt, auf welche Weise der Widerstand eines Leiters ermittelt werden kann. (Messen von I und U , Berechnen von R aus U und I ; Messen von l und A , Berechnen aus l , A und ρ .)

Es soll nun der Widerstand einer Wendel von einem Widerstandsthermometer auf beiden Wegen berechnet werden. Dazu gibt der Lehrer z. B. folgende Werte:

Beispiel 1: ρ (Mittelwert zwischen $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $30\text{ }^{\circ}\text{C}$)

$$0,098\ \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}; l = 35\ \text{mm}, A = 0,04\ \text{mm}^2.$$

Beispiel 2: $U = 4,5\ \text{V}$, $I = 0,032\ \text{A}$.

Die Aufgaben werden nach dem bekannten Muster (gegeben, gesucht, Lösung) gerechnet, die Ergebnisse werden verglichen.

3. Die Schüler hatten in der letzten Stunde den Auftrag erhalten, über die Abhängigkeit des Widerstandes von der Temperatur im Lehrbuch nachzulesen. Ein Schüler berichtet. Gegebenenfalls kann ein zweiter Schüler über die Temperaturabhängigkeit berichten.

4. Um die elektrische Messung nichtelektrischer Größen zu demonstrieren, wird mit einem Widerstandsthermometer eine Messung durchgeführt. Dabei erläutern die Schüler der Reihe nach, welche physikalischen Größen bei dieser Messung auftreten.

5. Die Anwendungsbeispiele können erarbeitet oder auch vorgetragen werden, je nachdem, wie der Lehrer in der 3. Unterrichtseinheit beim Widerstandsthermometer vorgegangen ist. Beispiele sind: Als Fernthermometer zum Überwachen der Brennstoff- oder Kühlstofftemperatur in Flugzeugen, der Temperatur in Maschinen und Geräten. Messung der Strömungsgeschwindigkeit in Gasen, Messung der Zusammensetzung von Gasen — Gasanalyse, Rauchgasprüfer. (Die sich einstellende Temperatur des Meßdrahtes ist von der Gasgeschwindigkeit abhängig und bei konstanter Gasgeschwindigkeit von der Zusammensetzung des Gases.) Dabei sind in jedem Beispiel die besonderen Vorteile gegenüber Flüssigkeitsthermometern zu erwähnen (Fernmessung).

Die elektrische Kochplatte (35. Stunde der 2. Stoffeinheit)

STUNDENZIEL

1. —

2. —

3. Messen von Stromstärken und Spannungen und Berechnen der Widerstände; Lesen von Schaltplänen

UNTERRICHTSMITTEL

Spannungsquelle
Spannungsmesser
Strommesser
elektrischer Kocher
Verbindungsleiter
Becherglas
Wasser
Thermometer
Uhr

STUNDENGLIEDERUNG

- | | |
|--|---|
| a) Die Heizwendeln der Kochplatte sind in den einzelnen Heizstufen unterschiedlich geschaltet. | |
| 1. Schaltpläne zeichnen lassen | (10) Schülerarbeiten an der Tafel I und im Heft |
| 2. Spannungen, Stromstärken und Widerstände ermitteln | (20) Demonstrationsversuch, Arbeit im Heft |
| b) In den verschiedenen Heizstufen wird unterschiedliche Arbeit verrichtet. | |
| 3. Leistungen in den drei Heizstufen berechnen | (15) Arbeit im Heft und an der Tafel 2a |
| 4. Einige Arbeiten berechnen | Arbeit im Heft und an der Tafel 2b |

MATERIALIEN UND HINWEISE

Der elektrische Kocher bildet — genau wie das Heizkissen — eine gute Möglichkeit zur Anwendung der Gesetze des unverzweigten und des verzweigten Stromkreises. Da der Kocher ebenfalls ein Energiewandler ist, können auch die Größen Leistung und Arbeit ermittelt werden. Es sollen im ersten Teil der Stunde die Größen Spannung, Stromstärke und Widerstand ermittelt werden, im zweiten Teil die Größen Leistung und Arbeit. Der Wirkungsgrad η soll in einer Hausaufgabe berechnet werden.

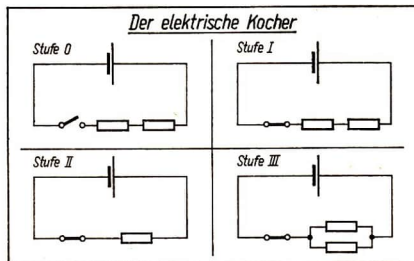


Bild 194/1 Tafel 1 zum Thema „Der elektrische Kocher“

1. Nach der Zielorientierung — Ermittlung der Größen U , I , R , P , W eines elektrischen Kochers — werden 4 Schüler aufgefordert, die Schaltbilder in den Stufen 0, I, II und III an die Tafel zu zeichnen (Bild 194/1).

Es sollte nicht verlangt werden, den komplizierten Aufbau des Schalters auswendig zu lernen, sondern das Schaltprinzip der einzelnen Stufen wiederzugeben (Stufe 0: Schalter Stellung „Aus“, Stufe I: Schalter Stellung „Ein“, 2 Widerstände in Reihe usw.).

2. Auf dem Tisch ist ein Kocher so aufgebaut, daß der Lehrer (und nur der Lehrer) bei einer Spannung von 220 V die Spannung und die Stromstärke messen kann. (Sollte keine Gleichspannung vorhanden sein, so muß Gleichspannung angenommen werden.) Die Schüler notieren die Werte und berechnen den Widerstand R . Dies geschieht für die Stufen 1 bis 3. Die Werte werden an die Tafel geschrieben.

Beim Vergleichen der Spannungen, Stromstärken und Widerstände werden die Gesetze der unverzweigten und verzweigten Stromkreise wiederholt, z. B.

Stufe I

U_{ges} (gemessen)

I (gemessen)

R_{ges} (berechnet)

wiederholte Gesetze: $U_{\text{ges}} = U_1 + U_2$

(U_1 und U_2 werden mündlich berechnet, beide Widerstände sind gleich).

$I = I_1 = I_2$;

$R_{\text{ges}} = R_1 + R_2$ (R_1 und R_2 werden berechnet)

Stufe II

U (gemessen)

I (gemessen)

R (berechnet)

wiederholtes Gesetz: $R = \frac{U}{I}$

Stufe III

U (gemessen)

I_{ges} (gemessen)

R_{ges} (berechnet)

wiederholte Gesetze: $U = U_1 = U_2$

$I_{\text{ges}} = I_1 + I_2$ (I_1 und I_2 werden berechnet)

$\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ (R_1 und R_2 werden berechnet)

3. Der Lehrer erfragt die Gleichung zur Berechnung der Leistung, sie wird an die Tafel 2 (Bild 195/1) geschrieben. Aus den gemessenen Werten werden die Leistungen in den 3 Stufen berechnet und an die Tafel geschrieben.

Zu diesem Zeitpunkt wird der Kocher zum Erwärmen des Wassers eingeschaltet. (Uhrzeit und Anfangstemperatur notieren.)

4. Sobald das Wasser zu sieden beginnt, wird der Kocher ausgeschaltet. Den Schülern werden die Anfangstemperatur und die Zeit mitgeteilt, dann wird die elektrische Arbeit berechnet (Gleichung an die Tafel 2). Nach dem Vergleichen der Ergebnisse erhalten die Schüler die Hausaufgabe, den Wirkungsgrad des Kochers (bei Schalterstellung III) zu berechnen (m mitteilen). Die Gleichung kann zur Vervollständigung noch an die Tafel geschrieben werden.

<u>Leistung</u>	<u>Arbeit</u>	<u>Wirkungsgrad</u>
$P = U \cdot I$	$W = U \cdot I \cdot t$	$\eta = \frac{W_{ab}}{W_{zu}}$
$P_I =$	$W_I =$	$W_{zu} = U \cdot I \cdot t$
$P_{II} =$	$W_{II} =$	
$P_{III} =$	$W_{III} =$	$W_{ab} = m \cdot c \cdot \Delta\theta$

Bild 196/1 Tafel 2 zum Thema
„Der elektrische Kocher“

Ergänzungen zum Einsatz der Aufgabensammlung Physik, Teil 1

Um den Lehrer beim Planen von Varianten die Arbeit zu erleichtern, sind in der folgenden Übersicht Aufgaben aus der Aufgabensammlung Physik, Teil 1, den einzelnen Stunden der Stoffeinheiten Wärmelehre und Elektrizitätslehre zugeordnet.

Wärmelehre

Stunde	Aufgaben Nr.
2.	468
3.	470 bis 473
4.	474, 476, 479
6.	477, 478, 482
7.	484
8.	493
9.	488
10.	495 bis 498
11.	499 bis 501
13.	502, 607
14.	509
16.	514
17.	516, 517
18.	519 bis 521
19.	522
20.	526, 527
21.	529
23.	530, 532
24.	534
25.	533

Elektrizitätslehre

Stunde	Aufgaben Nr.
1.	537, 539, 541
2.	542
3.	545, 556
5.	546
6.	548
7.	552, 564, 565
8.	561, 568
9.	567, 569
11.	570, 569
12.	574, 575
13.	567
14.	586
15.	590
16.	591
17.	593
18.	594
21.	606, 608, 614
22.	619
23.	616
24.	626, 644, 645
25.	621
26.	623, 629
27.	622, 624, 625, 627, 628, 630, 647
28.	634, 637, 641
29.	635, 638 bis 640, 642, 646
31.	648, 649
32.	650
33.	674

Quellennachweis der Abbildungen

Hubert Buscherowsky, Dresden: 161/1.

Kurzwort: 02 21 52 UH Physik 8. Kl.
DDR 6.25 M