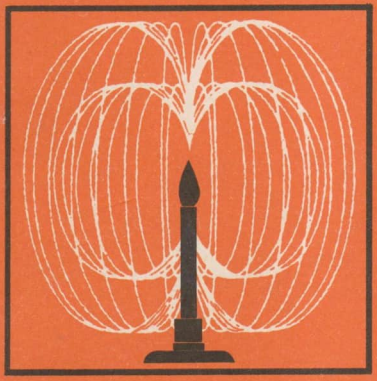
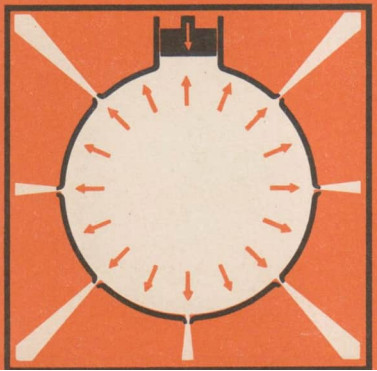
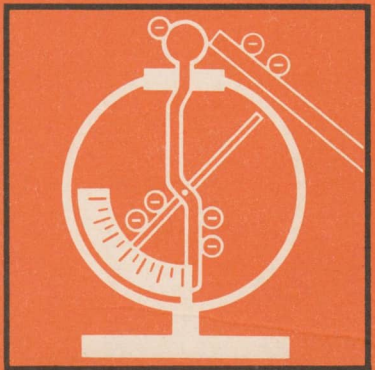
LÖSUNGSHEFT PHYSIK

ZU DEN LEHRBÜCHERN FÜR DIE KLASSEN 6 BIS 8

NUR FÜR LEHRER







LÖSUNGSHEFT PHYSIK

Zu den Lehrbüchern für die Klassen 6 bis 8

Nur für Lehrer

Ausgabe 1975

Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin
1977

Die Lösungen wurden ausgearbeitet von Hans Dröse, Usedom

Redaktion: Willi Wörstenfeld

© Volk und Wissen Volkseigener Verlag. Berlin 1975
Ausgabe 1975 · 2. Auflage
Lizenz-Nr. 203/1000/77 (DN 02 21 58-2)
LSV 0645
Ausstattung: Atelier Volk und Wissen Berlin
Reinzeichnung der Abbildungen: Waltraud Schmidt
Printed in the German Democratic Republic
Reproduktion: VEB Druckerei "Thomas Müntzer"
Druck: BS "Rudi Arndt", Berlin
Redaktionsschluß: 10. 5. 1977
Bestell-Nr.: 706 769 1
DDR: 2,70 M

Inhaltsverzeichnis

Klasse 6 Seite

2. Körper und Stoff 5
- 2.1. Von den Körpern 5
- 2.2. Die Bewegung fester Körper 8
- 2.3. Die Kraft 10
- 2.4. Die Masse eines Körpers 13
- 2.5. Die Dichte eines Stoffes 14
- 2.6. Der Aufbau der Stoffe 15
- 2.7. Die Ausdehnung der Körper beim Erwärmen 17
- 2.8. Die Temperatur 20
- 2.9. Zustandsänderung der Körper 21
- 2.10. Die Ausbreitung der Wärme 26
- 2.11. Vom Atom 29

3. Über Inhalt und Arbeitsverfahren der Physik 29

4. Optik 31
- 4.1. Die Ausbreitung des Lichtes 31
- 4.2. Die Reflexion des Lichtes 33
- 4.3. Die Brechung des Lichtes 35
- 4.4. Optische Geräte 39

Klasse 7

1. Arbeit, Energie, Leistung 43
- 1.1. Die Kraft und ihre grafische Darstellung 43
- 1.2. Die mechanische Arbeit 44
- 1.3. Arbeit an kraftumformenden Einrichtungen 48
- 1.4. Die mechanische Energie 56
- 1.5. Die Leistung 61
- 1.6. Zur Wiederholung 63

2. Mechanik der Flüssigkeiten und Gase 65
- 2.1. Druckkraft und Druck 65
- 2.2. Der Kolbendruck 66
- 2.3. Der Schweredruck 67
- 2.4. Der statische Auftrieb 70
- 2.5. Strömende Flüssigkeiten und Gase 73

Klasse 8

1. Wärmelehre 76
- 1.1. Wärmeenergie 76
- 1.2. Zustandsgleichung des idealen Gases 80
- 1.3. Energieumwandlungen 90
- 1.4. Zur Wiederholung 102

		Seite
2.	Elektrizitätslehre	106
2.1.	Elektrische Ladung, elektrische Stromstärke, elektrische Spannung	106
2.2.	Elektrische Energie, Arbeit, Leistung	109
2.3.	Elektrischer Widerstand, Ohmsches Gesetz	109
2.4.	Unverzweigter und verzweigter Stromkreis	110
2.5.	Zur Wiederholung	114

Vorbemerkungen

Das Lösungsheft enthält die Ergebnisse bzw. Antworten zu den Fragen, Aufträgen und Versuchen im Anhang der Lehrbücher
Physik 6, Ausgabe 1967, Bestell-Nr. 02 06 05,
Physik 7, Ausgabe 1968, Bestell-Nr. 02 07 07 und
Physik 8, Ausgabe 1969, Bestell-Nr. 02 08 10.

Es sind sowohl die rechnerischen Ergebnisse (ohne Angabe des Lösungsweges) als auch die Antworten zu qualitativen Aufgaben aufgenommen worden. Die angebotenen Antworten sind im allgemeinen umfangreicher und tiefgehender, als das von den Schülern in der Gesamtheit erwartet werden kann. Die Hilfe besteht in diesen Fällen für den Lehrer darin, daß eine Niveaubestimmung durch die Vorgabe solcher idealer Antworten gegeben wird und die Abschätzung der zu erwartenden Schwierigkeiten bei der Vorbereitung auf den Unterricht erleichtert wird. Über den Lehrstoff hinausgehende Hinweise, die nur für den Lehrer gedacht sind, stehen in Klammern. Es wurde auf die Angabe solcher Antworten verzichtet, die sich ganz eng auf das Studium bestimmter Lehrbuchabschnitte beziehen.
Die Ergebnisse wurden mit dem Rechenstab ermittelt. Dabei wurde im Ergebnis das Gleichheitszeichen gesetzt. Nur wenn es aus physikalischen oder technischen Gründen erforderlich war, weniger als drei geltende Ziffern anzugeben, wurde gröber gerundet und das Zeichen für angenähert gleich gesetzt.
Die Ergebnisse von Freihandversuchen, Experimentieraufträgen u. ä. sind im Lösungsheft nicht enthalten, da ihre Aufnahme dem Lehrer keine wesentliche Erleichterung bei der Durchführung des Unterrichts bietet.
Bei Textaufgaben wurde aus Platzgründen auf den Antwortsatz verzichtet. Es sei jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, daß man bei Anwendungsaufgaben vom Schüler stets einen Antwortsatz verlangen sollte.

Die Redaktion

Klasse 6

2. KÖRPER UND STOFF

2.1. Von den Körpern

1. Die Körper bestehen aus Stoff, besitzen ein Volumen und können einander verdrängen.

2. Jeder der vier Körper
   - besteht aus Stoff,
   - hat ein bestimmtes Volumen,
   - kann andere Körper verdrängen.

   Die vier Körper unterscheiden sich
   - durch Farbe, Form, Geruch und Geschmack,
   - durch ihr Volumen
   - und durch den Stoff, aus dem sie bestehen.

3. Die Luft wird durch die Milch aus der Tasse verdrängt.

4. Kleine Glaskugeln, Steine u. ä. werden in die mit Entwickler gefüllte Flasche geschüttet. Sie verdrängen die Flüssigkeit, der Flüssigkeitsspiegel steigt, und die Luft wird aus der Flasche verdrängt.

5. Petroleum: flüssig; Stearin: fest; Benzin: flüssig; Leuchtgas: gasförmig; Gummi: fest

6. Beim Eintauchen in das Wasser sinkt unter dem verschlossenen Trichter der Wasserspiegel; die Luft in der Glocke verdrängt das Wasser darunter.
   Beim Öffnen des Trichterrohres steigt das Wasser im Trichter auf das Ausgangsniveau und verdrängt dabei die Luft aus dem Trichter.

7. Der Wasserspiegel sinkt (Verdrängung des Wassers durch die Luft). Beim 2. Teilversuch verdrängt die Luft im Glas zunächst das Wasser darunter. Wird das Glas noch tiefer eingetaucht, dann verdrängt der Metallzylinder die Luft aus dem Glas. Die Luft entweicht in Blasenform durch das Wasser nach außen.

8. a) Liegt der Trichter eng am Flaschenhals an und ist der Trichter mit Wasser gefüllt, dann kann die Luft nicht aus der Flasche verdrängt werden, und sie verhindert das Einlaufen der Flüssigkeit.
   Hebt man dagegen den Trichter an, so kann die Luft seitlich vom Trichter aus der Flasche entweichen, und die Flüssigkeit läuft in die Flasche.
   b) Die Rinne am Trichterrohr ermöglicht das Entweichen der Luft aus der Flasche.

9. Die Luft steigt in Form von Blasen nach oben und verdrängt das Wasser aus dem Glas.

10. $V = 5 \cdot 6^3\ cm^3 = 1\ 080\ cm^3$

11. Man ermittelt das Volumen einer großen Anzahl von Kugeln durch Wasserverdrängung und dividiert das Gesamtvolumen durch die Anzahl der Kugeln.

12. $V \approx 180\ m^3$

13. $V = l \cdot b \cdot h$; Volumen durch Anzahl der Schüler dividieren

14.

Butter	$V \approx 280\ cm^3$
Würfelzucker	$V \approx 4\ cm^3$
<u>Feinfrostpackungen</u>:	
Spinat (Bulgarien)	$V \approx 750\ cm^3$
Mischgemüse, grüne Erbsen (Ungarn)	$V \approx 650\ cm^3$
Brechbohnen (DDR)	$V \approx 900\ cm^3$
Brechbohnen (Bulgarien)	$V \approx 870\ cm^3$
Konservendosen $V \approx 450\ cm^3$;	$V \approx 900\ cm^3$

(Wegen Maßabweichungen und Abweichungen von der idealen **Körperform** können nur angenäherte Werte mitgeteilt werden.)

15. Von den quaderförmigen Körpern kann man das Volumen durch Messen und Berechnen bestimmen.
Unregelmäßig geformte Körper taucht man mit einem dünnen Stab, der möglichst wenig Wasser verdrängt, unter und mißt dann wie üblich nach der Differenzmessung oder nach dem Überlaufverfahren.
Man kann sie auch mit einem Metallstück belasten, bis sie sinken. Zunächst mißt man das gesamte Volumen, bestimmt dann gesondert das Volumen des Metallstückes und subtra-

hiert dieses vom Gesamtvolumen. Die Differenz beider Volumina ergibt das Volumen des schwimmenden Körpers.

16. Die Größe des Meßzylinders muß immer der zu messenden Flüssigkeitsmenge entsprechen.
Mit einem kleinen Meßzylinder kann man genauere Einzelmessungen ausführen. Da man aber mehrmals messen muß, summieren sich die Meßfehler. Meßfehler ergeben sich durch Verluste beim Umschütten der Flüssigkeit oder durch Flüssigkeitsreste, die an den Gefäßwandungen haftenbleiben. Bei einem großen Meßzylinder ist zwar die Ablesegenauigkeit geringer, jedoch entfallen die oben genannten Fehlerquellen.

17. V_1 = 130 ml; V_2 = 37 ml; V_3 = 180 ml; V_4 = 8,8 ml; V_5 = 94 ml

18. Medizinflaschen: 10 ml, 20 ml, 50 ml, 100 ml, 150 ml, 200 ml, 250 ml, 300 ml, 500 ml, 1 000 ml
Milchkanne: 20 l
Benzinkanister: 5 l, 10 l
Milchflaschen: ¼ l, ½ l, 1 l
Eimer: 10 l
Benzinfaß: 200 l

19.

l	ml	hl	dm^3
18	19	80	200
4	8,2	173	61 500
500	3 000	32	1 204
1 830	100	40	320

22. Das Gesamtvolumen muß durch 30 dividiert werden.

23. Das Meßergebnis wird durch den Draht etwas verfälscht, der ebenfalls ein Volumen hat und Wasser verdrängt.

24. Der Draht wird zu einem Knäuel aufgewickelt. Sodann wird sein Volumen nach der Differenzmessung oder dem Überlaufverfahren ermittelt.

25. V = l·b·h. Das Volumen der Waschmittelpakete läßt sich nur näherungsweise bestimmen. Das ist auf Ungenauigkeiten bei der Kartonherstellung und das Quellen der Waschmittel bei der Lagerung zurückzuführen.

- Quasi, ATA $V \approx 260\ cm^3$
- SIL $V \approx 320\ cm^3$
- Swyt, Fay, Spee,
- Milwok, Persil $V \approx 590\ cm^3$
- IMI $V \approx 1100\ cm^3$
- Fewa $V \approx 540\ cm^3$
- Gemol $V \approx 560\ cm^3$
- Spee, Milwa, Riwa $V \approx 940\ cm^3$
- Spee $V \approx 1800\ cm^3$

26. Die Wachsschicht verhindert, daß die Skale mit Wasser getränkt und dadurch unbrauchbar wird.
Man legt zunächst drei Münzen in das Überlaufgefäß. Sie verdrängen 0,8 cm^3 Wasser. Auf der Skale des Meßzylinders bringt man eine Markierung für 0,8 cm^3 an. Teilt man die Strecke zwischen den Markierungen 0 und 0,8 cm^3 in vier gleiche Teile und trägt man über 0,8 cm^3 eine weitere derartige Teilstrecke ab, so erhält man eine Markierung für 1 cm^3. Durch Halbierung der vorhandenen Teilstrecken erhält man dann die Marken für 0,1 cm^3; 0,3 cm^3 usw. Mit dem Stechzirkel werden entsprechende Strecken über 1 cm^3 abgetragen.
Zur Kontrolle legt man alle 6 Münzen in das Überlaufgefäß, fängt das überlaufende Wasser mit dem Meßzylinder auf und kontrolliert durch Vergleich mit der Marke 1,6 cm^3.

2.2. Die Bewegung fester Körper

27. $s = 3\ 200$ km

28. $\frac{m}{s}$; $\frac{cm}{s}$ - in der Physik verwendete Einheiten

$\frac{m}{min}$ - Schnittgeschwindigkeit an Werkzeugmaschinen

$\frac{km}{h}$ - Geschwindigkeit von Kraftfahrzeugen, Flugzeugen usw.

$\frac{km}{s}$ - Geschwindigkeit von kosmischen Flugkörpern

29. Es kommen nur geradlinige Bewegungen in Frage, bei denen sich der Betrag der Geschwindigkeit nicht ändert.
- Fahrt eines D-Zuges auf ebener, gerader Strecke,
- Fallschirmspringer am geöffneten Schirm,
- Sinkender Stein im Wasser,
- Strohballen auf einem Förderband,
- Bauteile, die von einem Kran nach oben gezogen werden, nachdem sie beschleunigt wurden

30. $v = 20 \frac{m}{s} = 72 \frac{km}{h}$

31. Kettenkarussell (Kreisbewegung), Lokomotive (geradlinige Bewegung), Diskuswerfer (Wurfvorbereitung: Schwingung, Ausführung: Kreisbewegung), Uhrpendel (Schwingung), Kegelkugel (geradlinige Bewegung), Schaukel (Schwingung)

32. Der Betrag der Geschwindigkeit und die Bewegungsrichtung ändern sich nicht.

33. Ab 7. Auflage:
    a) Trabant: $v \approx 15 \frac{m}{s} \approx 54 \frac{km}{h}$;
    Wartburg: $v \approx 60 \frac{km}{h}$.
    Der PKW "Wartburg" hat die größere Geschwindigkeit.
    b) Trabant: $s \approx 22{,}5$ m;
    Wartburg: $s \approx 45$ km

34. Ab 7. Auflage:
    a) Es handelt sich um ein Weg-Zeit-Diagramm.
    b) Güterzug: $\overline{BC}:\bar{v} \approx 40 \frac{km}{h}$
    c) Schnellzug: $\overline{AF}:\bar{v} \approx 80 \frac{km}{h}$

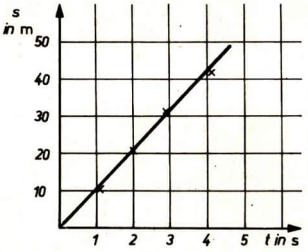


Bild 1 zu Lösung 35

35. Bild 1

36. a) Bewegungsart: beschleunigte Bewegung; Bewegungsform: geradlinige Bewegung
    b) Bewegungsart: verzögerte Bewegung; Bewegungsform: geradlinige Bewegung

37. Da die Fahrzeuge sich in der Regel nicht gleichförmig bewegen, erhält man bei allen Messungen nur ihre Durchschnittsgeschwindigkeiten.
    Meßfehler entstehen durch das ungenaue Festlegen der Meßstrecke mit Hilfe der Kilometersteine, die Ungenauigkeiten bei der Zeitmessung mit der Armbanduhr und die zeitlichen Verzögerungen beim Signalisieren der Zeitpunkte, zu denen das Fahrzeug Anfang oder Ende der Meßstrecke passiert.

39. Unterschiedliche Geschwindigkeiten können sich ergeben:
- durch unterschiedliches Gefälle,
- durch unterschiedliche Breiten des Baches,
- durch unterschiedliche Wassertiefen, **verursacht durch Steine oder andere Hindernisse u.ä.**

2.3. Die Kraft

40. **Kräfte verursachen an Körpern Formänderungen, Geschwindigkeitsänderungen oder beides.**

41. Stricknadeln, Fahrradspeichen (Stahl), Bälle (Gummi, Luft), Tischtennisbälle (Zelluloid, Luft), Glasrohr (Glas), Lineal (Holz), Fahrradschlauch (Gummi). (Glas ist nur in Grenzen als elastisch zu betrachten. Als feste Flüssigkeit verformt es sich bei Lagerung auf unebenen Unterlagen im Laufe der Zeit plastisch. Dünne Glasfäden hingegen zeigen eine beträchtliche Elastizität.)

42.

Feder	Verwendung
Zugfeder	Federkraftmesser, Fahrradsattel, Spannfeder an der Skibindung, Rückholfeder in der Fahrradklingel
Druckfeder	Druckkraftmesser, Federung von Motorrädern, Polstersessel, Druckkugelschreiber, Aktenlocher, Fahrradsattel
Kegelfeder	Gartenschere, Puffer am Güterwagen, Fahrradsattel
Blattfeder	Federung von Schienenfahrzeugen und Kraftfahrzeugen, Luftpumpenhalter, mechanische Schmiedehämmer
Spiralfeder	Triebfeder eines Uhrwerks, Unruhe eines Uhrwerks, Triebfeder von mechanischen Spielzeugen

43. Die Gewichtskraft des Schwimmers verformt das Sprungbrett elastisch.

44. Kräfte ändern die Form von Körpern. Die Längenänderung einer Schraubenfeder ist umso größer, je größer der Betrag der einwirkenden Kraft ist. (Kraft und Längenänderung sind einander proportional.)

45. Wandereßbestecke (Aluminium), Zierschalen (Kupfer), Zinnsoldaten oder andere Figuren (Zinn), Senkblei an der Angel (Blei), irdene Gefäße (Lehm, Ton), Plastgefäße (Plaste)

46. Niete werden z. B. aus Eisen, Aluminium oder Kupfer hergestellt. Die Stoffe müssen plastisch verformbar sein. Stahl ist für Kaltnietungen nicht als Material geeignet. Stahlniete müssen vor dem Verarbeiten erwärmt werden, da Stahl erst im glühenden Zustand plastisch verformbar ist.

47. F = 480 p

48. Ab 7. Auflage:
a) F ≈ 250 p; b) s ≈ 1 cm

49. Bild 2

50. Reibungskräfte wirken z. B.:
- beim Bremsen eines Rennrodelschlittens mit den Füßen,
- beim Bremsen von Kraftfahrzeugen mit ihren Bremsen,
- beim Stapellauf eines Schiffes zwischen dem Wasser und dem Schiffskörper,
- bei der Rückkehr eines Raumschiffes zwischen dem Raumschiff und der Lufthülle der Erde,
- beim Rücken von Möbeln,
- in den Lagern von Maschinen,

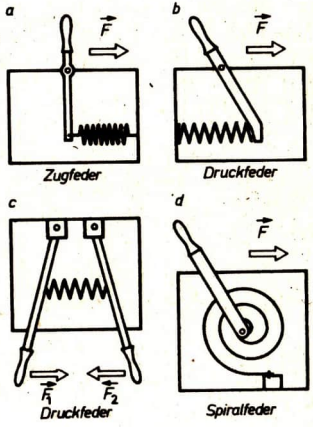


Bild 2 zu Lösung 49

- zwischen Schuhsohlen und Straßenbelag,
- zwischen Fahrzeugreifen und Straßenbelag,
- beim Fließen von Flüssigkeiten in Rohrleitungen.

51. Beschleunigte Bewegung: Die Kraft wirkt in Bewegungsrichtung.
Verzögerte Bewegung: Die Kraft wirkt entgegen der Bewegungsrichtung.

52. a) Das eine Ende der Feder wird fest mit einer Skale verbunden. Das andere Ende erhält einen Zeiger, der an der Skale entlanggleiten kann. Die Teilung der Skale erhält man, indem man die Feder nacheinander mit Körpern belastet, deren Gewichtskraft bekannt ist. Innerhalb der Elastizitätsgrenze der Feder entspricht die jeweilige Längenänderung der wirkenden Kraft. (Längenänderung und Kraft sind einander direkt proportional.)

b) Auf dem Kraftmesser mit dem Gummiband liegen die Teilstriche der Skale weiter auseinander. Das Gummiband ist leichter verformbar als die Schraubenfeder.

53. Die Summe der Längen beider Bruchstücke ist größer als die Anfangslänge des Kupferdrahtes.

a) An der Dehnung des Kupfers ist seine plastische Verformbarkeit zu erkennen.

b) Die Dehnung des Drahtes ist eine Formänderung desselben. Formänderungen werden durch Kräfte verursacht.

54. Stahl wird als elastischer Stoff nicht bleibend verformt. Blei und Knetmasse erhalten eine neue Form, die sie auch nach Beendigung der Kraftwirkung beibehalten. Sie sind plastisch.

55. Der Lichtfleck wandert nach unten.
Durch das Drücken mit der Hand wird auf den Tisch eine Kraft übertragen, welche die Tischplatte geringfügig verformt. Dadurch werden beide Spiegel gegeneinander verkantet, und die Richtungen der Lichtstrahlen werden geändert. Wegen der großen Länge der Lichtstrahlen ist trotz der geringfügigen Verformung der Tischplatte eine merkliche Verschiebung des Lichtflecks zu beobachten.

2.4. Die Masse eines Körpers

56. Im Wägesatz sind doppelt vorhanden: 200 g, 20 g, 2 g
Er enthält folgende **Wägestücke:** 500 g, 200 g, 100 g
(Entsprechendes gilt für 50 g, 20 g, 10 g
Bruchgrammwägestücke.) 5 g, 2 g, 1 g

Massen, deren Zahlenwerte die Anfangsziffern 3, 4, 6, 7, 8, 9 haben, erhält man durch geeignete Kombination der vorhandenen Stücke.

3 g = 2 g + 1 g
4 g = 2 g + 2 g
7 g = 5 g + 2 g
6 g = 5 g + 1 g
9 g = 5 g + 2 g + 2 g
8 g = 5 g + 2 g + 1 g

57. a) 18 g = 10 g + 5 g + 2 g + 1 g
b) 72 g = 50 g + 20 g + 2 g
c) 375 g = 200 g + 100 g + 50 g + 20 g + 5 g
d) 598 g = 500 g + 50 g + 20 g + 20 g + 5 g + 2 g + 1 g
e) 777 g = 500 g + 200 g + 50 g + 20 g + 5 g + 2 g
f) 870 g = 500 g + 200 g + 100 g + 50 g + 20 g
g) 1000 g = 500 g + 200 g + 200 g + 100 g

58. Man nimmt zwei beliebige Kugeln und legt je eine davon auf die Schalen der Waage.
a) Stellt sich an der Waage Gleichgewicht ein, so hat man die beiden Kugeln schon gefunden.
b) Sinkt eine der beiden Schalen, so sind die in dieser Schale liegende und die dritte Kugel die beiden gesuchten.

59. - Tarieren der Waage mit Papierstückchen.
- In eine Schale werden die Wägestücke mit den Massen 100 g und 20 g gelegt. Diese Schale wird festgehalten.
- In die andere Schale schüttet man Zucker, bis man merkt, daß sich das Gleichgewicht einzustellen beginnt.
- Jetzt nimmt man mit einem Löffel, einem Spatel oder ähnlichen Geräten eine kleine Zuckermenge und schüttet vorsichtig soviel Zucker zu, bis die Waage im Gleichgewicht ist.

60. **- Tarieren der Waage,**
- Schätzen der Masse,
- die Murmel wird auf eine der beiden Schalen gelegt;

- diese Schale wird festgehalten;
- auf die andere Schale werden Wägestücke gelegt, bis Gleichgewicht hergestellt ist.

61. Die Haushaltswaage wird eine kleinere Masse anzeigen. Mit Frischeinwaage ist die Masse der Ware gemeint, als sie noch frisch war. Durch Feuchtigkeitsverluste wird die Masse im Laufe der Zeit geringer.
An dem Ausdruck "Frischgewicht" ist das Wort "Gewicht" falsch, denn von den Waagen werden nicht die Gewichte, sondern die Massen der Waren angezeigt.

62. 1 l Wasser besitzt eine Masse von ungefähr 1 kg.
Arbeitsschritte:
- Tarieren der Waage,
- Aufstellen des Gefäßes und Ermitteln der Gefäßmasse,
- Verschiebung des Schiebmassestücks, bis eine Masse angezeigt wird, die um 1 kg größer als die Gefäßmasse ist,
- bis zur Herstellung des Gleichgewichts an der Waage wird Wasser in das Gefäß gegossen.
(Korrekturen werden mit einer Pipette vorgenommen.)

63.

Schalenwaage, Briefwaage, Präzisionswaage	Dezimalwaage
Tafelwaage, Haushaltswaage	Tafelwaage, Haushaltswaage
Schalenwaage, Briefwaage, Präzisionswaage	Dezimalwaage
Tafelwaage, Haushaltswaage	Dezimalwaage

2.5. Die Dichte eines Stoffes

65. $\varrho = 0{,}015 \frac{g}{cm^3}$; der Quader könnte aus Schaumstoff bestehen.

66. $\varrho = 2{,}5 \frac{g}{cm^3}$

67. $\varrho = 7{,}4 \frac{g}{cm^3}$

68. Goldmünze, Luftgewehrkugel (Blei), Kupferdraht, Kombizange (Stahl), Aluminiumkochtopf, Holzquirl

69. Ab 7. Auflage: $\varrho = 8{,}3 \frac{g}{cm^3}$

70. Von den Körpern gleichen Volumens hat der die größere Dichte, der die größere Masse besitzt.
Daher führt man in diesem Fall einen Massenvergleich mit der Waage durch und kann dann eine Entscheidung über die Dichte der Stoffe treffen, aus denen die Körper bestehen.

71. $\varrho \approx 1 \frac{g}{cm^3}$. (Die Dichte von Milch ist etwas größer als die Dichte von Wasser.)

72. $\varrho = 1{,}15 \frac{g}{cm^3} \ldots 1{,}5 \frac{g}{cm^3}$

2.6. Der Aufbau der Stoffe

73. Kohäsion - Zusammenhalt der Teilchen e i n e s Stoffes durch Kohäsionskräfte,
Adhäsion - Anziehung zwischen den Teilchen v e r s c h i e d e n e r Stoffe durch Adhäsionskräfte.

74. Die Klebewirkung von Klebstoffen beruht auf
- starker Kohäsion zwischen den Klebstoffteilchen
- und starker Adhäsion zwischen den Klebstoffteilchen und den Teilchen der zu klebenden Stoffe.

75. Das Papier saugt die Tinte auf, weil die Zwischenräume zwischen den Papierfasern wie Kapillarröhrchen wirken; die Schrift "verläuft".

76. Die mit Papier ausgestopften Schuhe trocknen schneller, weil das Papier infolge der Kapillarwirkung die Feuchtigkeit aufsaugt. (Das Papier muß bei starker Durchnässung eventuell mehrmals ausgewechselt werden.)

77. Zwischen den Teilchen des Wassers wirken kleinere Kohäsionskräfte als zwischen den Teilchen des Stahls.

78. Durch das Verdunsten wird dem Boden sehr viel Flüssigkeit entzogen. Um das zu verhindern, muß er möglichst schnell bearbeitet werden. Dadurch werden die "Kapillarröhrchen" zerstört und verschlossen; es kann nicht mehr so viel Wasser verdunsten.

79. Durch die Adhäsionskräfte zwischen den Teilchen des Drahtes und den Teilchen des Wassers läuft das Wasser am Draht entlang in die Flasche.

80. Die "Kapillarröhrchen" im Holz werden durch das Karbolineum verschlossen, so daß es sich nicht mehr so leicht voll Wasser saugen kann. Karbolineum wirkt außerdem der Benetzung des Holzes durch Wasser entgegen, wodurch die Schutzwirkung verstärkt wird.

81. Auch wenn Landmaschinen im Winter in Hallen untergebracht werden, schlägt sich an ihnen die Luftfeuchtigkeit nieder. Ungeschützte Maschinen sind außerdem den Niederschlägen ausgesetzt. Infolge der Feuchtigkeit beginnen alle Eisen- und Stahlteile zu rosten. Durch das Einfetten kann das Wasser nicht direkt mit den Eisenteilen in Berührung kommen. Außerdem verhindert das Fett das Benetzen der Maschinen mit Wasser. Die Kohäsionskräfte zwischen den Wasserteilchen sind nämlich größer als die Adhäsionskräfte zwischen den Wasserteilchen und den Fetteilchen. Daher bildet die sich niederschlagende Flüssigkeit kugelähnliche Tropfen, die nach unten rollen.

83. Zwischen beiden Kartoffelhälften treten Kohäsionskräfte auf, sie können nur durch eine zusätzliche Kraft wieder voneinander entfernt werden.

84. Durch die Kapillarwirkung der engen Poren im Stein steigt das Wasser nach oben, so daß auch die beiden oberen Drittel feucht werden.
Zum Schutz des Mauerwerks eines Gebäudes vor aufsteigender Feuchtigkeit wird zwischen Fundament und Mauerwerk eine Schicht Teerpappe gelegt. Um das Eindringen der Feuchtigkeit durch die Wände zu verhindern, werden diese verputzt. Bei Wänden aus Hartbrandsteinen müssen mindestens die Fugen zwischen den Steinen verputzt werden.

85. Zunächst sind beide Flüssigkeiten durch eine Trennschicht ganz scharf voneinander getrennt. Im Laufe der Zeit wird diese Trennschicht immer unschärfer, und man beobachtet, daß der Sirup allmählich nach oben in das Wasser eindringt. Daran kann man die Beweglichkeit der Teilchen erkennen. Aus der Vermischung beider Flüssigkeiten kann man schließen, daß sich die Teilchen des Sirups entgegen der Schwerkraft der Erde nach oben bewegen und unter die Wasserteilchen mischen.

86. Die Kapillarwirkung der feinen Zwischenräume zwischen den Krumen der Blumentopferde ermöglicht das Aufsteigen des Wassers und eine gute Durchfeuchtung des Wurzelballens.

87. Zunächst läßt sich der erste Stopfen unter Überwindung eines Widerstandes in das Rohr schieben, bis dann der zweite Stopfen mit einem Knall aus dem Rohr getrieben wird.
Durch den ersten Stopfen werden die Luftteilchen im Rohr zusammengedrängt; der Luftdruck im Rohr steigt, und der zweite Stopfen wird durch die schnellere Bewegung der Luftteilchen aus dem Rohr gepreßt.

88. Der Wollfaden zeigt eine Kapillarwirkung und ermöglicht die Bewegung der Wasserteilchen aus dem Becherglas zum Blumentopf.

2.7. Die Ausdehnung der Körper beim Erwärmen

89. Der Flaschenhals dehnt sich bei Erwärmung aus und gibt den Glasstöpsel frei.
Da Glas ein schlechter Wärmeleiter ist, kann die Wärme nicht so schnell zum Glasstöpsel geleitet werden, wie der Hals sich ausdehnt, und der Stöpsel dehnt sich zunächst kaum aus.
Würde man beide Teile sehr lange erwärmen, könnte man den Stöpsel nicht mehr lösen, weil auch er sich ausgedehnt hätte.

90. Beim Einfüllen der heißen Früchte werden die Innenwände des Glases sehr schnell erwärmt und dehnen sich aus. Da Glas ein schlechter Wärmeleiter ist, erfolgt die Erwärmung und die Ausdehnung der äußeren Wandungen bedeutend langsamer. Dadurch entstehen Spannungen im Glas, die zu seiner Zerstörung führen können.

91. Betonplatten dehnen sich im Sommer sehr stark aus und könnten sich dabei durch große Kraftwirkungen gegenseitig zerstören. Um das zu verhindern, läßt man zwischen den einzelnen Platten Fugen. Diese werden mit Teerpech ausgefüllt, welches bei Ausdehnung der Platten zusammengedrückt bzw. aus den Fugen gepreßt wird. Das Füllen der Fugen mit Pech muß erfolgen, um eine glatte Fahrbahn zu erhalten.

92. Ab 12. Auflage: Freileitungen hängen am weitesten im Sommer durch, weil sich die Drähte infolge der Erwärmung ausgedehnt haben.

93. Nur bei diesen Temperaturen hat das Gefäß das angegebene Volumen. Bei tieferen Temperaturen ist sein Volumen kleiner, bei höheren Temperaturen größer.

94. Bei Temperaturen über 20 °C ist das Bandmaß länger als im Normalzustand. Dadurch wird auch der Abstand zwischen den Skalenstrichen größer. Das führt dazu, daß die abgelesenen Werte kleiner als die wirklichen Längen sind. Bei Temperaturen unter 20 °C ist es umgekehrt.

95. Die Reifen werden "aufgeschrumpft". Sie werden zunächst etwas kleiner als die Räder gemacht, werden dann erwärmt und dehnen sich dabei aus. In diesem Zustand lassen sie sich leicht auf die Räder ziehen. Beim Abkühlen ziehen sich die Reifen wieder zusammen und pressen sich fest auf die Räder.

96. Bild 3. Der Bimetallstreifen ist so anzuordnen, daß er sich bei Erwärmung nach oben biegt und den Kontakt schließt.

97. Beim Erwärmen dehnt sich die Scheibe aus, ihr Durchmesser wird größer als der Abstand der beiden Nägel, und sie wird von diesen gehalten.
Beim Abkühlen zieht sich die Scheibe zusammen und fällt zwischen den Nägeln hindurch.

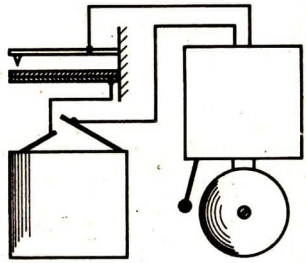


Bild 3 zu Lösung 96

98. Das durch Anfassen erwärmte Wasser dehnt sich aus und steigt im Trinkröhrchen.

99. Die Nadelspitze taucht nach einiger Zeit ins Wasser, weil dieses die Zimmertemperatur angenommen und sich ausgedehnt hat.

100. Die Luft nimmt aus der Hand Wärme auf, dehnt sich daher aus und verdrängt den Tropfen im Trinkröhrchen nach oben.

101. Die waagerecht eingespannte Nadel dehnt sich bei Erwärmung aus und bewegt die senkrecht stehende Nadel wie einen Zeiger. Dadurch kann die geringfügige Ausdehnung der erwärmten Nadel beobachtet werden.
Der "Zeigerausschlag" ist umso deutlicher, je länger die vertikale Nadel ist.

102. Beim Erwärmen der linken Hälfte des Gummifadens schlägt der Zeiger nach links aus. Daraus ist zu schließen, daß sich Gummi beim Erwärmen nicht wie andere Körper ausdehnt, sondern zusammenzieht.

103. Das heiße Wasser ruft eine Erwärmung der Luft hervor. Diese dehnt sich aus und strömt in die schlaffe Ballonhülle, die dadurch aufgebläht wird.
Beim Begießen der Flasche mit kaltem Wasser kann die Umkehrung dieses Vorganges beobachtet werden.

104. Die dünne Wasserschicht zwischen Flaschenhals und Münze dichtet die Flasche gut ab. Bei Erwärmung bewegen sich die Luftteilchen in der Flasche schneller, und die Luft dehnt sich aus. Dabei hebt sie die Münze an einer Seite vom Flaschenhals, und die Luft kann bis zum Druckausgleich aus der Flasche entweichen. Ist dieser erfolgt, so wird der Flaschenhals wieder durch die Münze verschlossen. Das wiederholt sich solange, bis die Luft in der Flasche die Körpertemperatur angenommen hat.

2.8. Die Temperatur

105. a) Die Temperatur beträgt zu Beginn des Versuches 10 °C und am Ende 50 °C. Das Wasser wird um 40 grd erwärmt.
b) Die Anfangstemperatur beträgt ebenfalls 10 °C. Das Wasser wird um 50 grd erwärmt. Am Ende dieses Versuches beträgt die Temperatur 60 °C.

106. Durch Vergleich mit den Skalen anderer, genauer Thermometer.

Beide Thermometer werden in Wasser getaucht, welches langsam erwärmt wird. Entsprechend der Anzeige des geeichten Thermometers markiert man dann die Teilstriche der Skale.
Einen zweiten Vergleich kann man zur Kontrolle oder Mittelwertbildung beim Abkühlen des Wassers vornehmen.

107. Das Kapillarröhrchen des Thermometers muß sehr eng sein.

108. Gleich große Temperaturänderungen rufen gleich große Volumenänderungen der Thermometerflüssigkeit hervor. Damit diese aber gleich große Änderungen der Länge des Flüssigkeitsfadens bewirken, muß die Querschnittsfläche des Kapillarröhrchens an allen Stellen gleich groß sein, muß es an allen Stellen den gleichen Durchmesser haben.

109. Das Zuschmelzen der Kapillarröhre verhindert das Verdunsten der Thermometerflüssigkeit. Das Volumen der Thermometerflüssigkeit würde ständig abnehmen, und die angezeigten Temperaturen würden immer kleiner als die wirklichen Temperaturen werden.

110. Die sich ausdehnende Thermometerflüssigkeit würde die Luft so stark komprimieren, daß das Kapillarröhrchen zerstört werden könnte.

111. Mit dem Außenthermometer soll die Lufttemperatur gemessen werden. Bei direkter Sonneneinstrahlung würde eine zusätzliche Erwärmung des Thermometers durch die Wärmestrahlung eintreten, und es würde nicht mehr die Temperatur der Luft anzeigen.

112. Zwischen dem Thermometer und dem Körper, dessen Temperatur gemessen werden soll, muß eine innige Berührung bestehen, damit das Thermometer durch Wärmeaustausch die Temperatur des Körpers annehmen kann.

Dazu werden besondere Körperthermometer hergestellt. Ihr Flüssigkeitsbehälter ist mit einem Metallkörper umgeben, der ebenflächig begrenzt ist. Dieser wird an den Körper gehalten, dessen Temperatur gemessen werden soll. Durch die ebenen Flächen wird eine gute Berührung erreicht; das Metall ermöglicht eine gute Wärmeleitung.

114. Vgl. LB, S. 63, Bild 63/1 !

115. Vgl. LB, S. 61, rechte Hälfte von Bild 61/1 !

116. $\vartheta_m \approx 30\ ^\circ C$. (Die gemessenen Werte werden kleiner als der theoretisch errechnete Wert von 30 °C sein, weil Behälter und Thermometer Wärmeenergie aufnehmen.)

118. Die Meßwerte der sieben Messungen werden addiert, ihre Summe wird durch 7 dividiert.

2.9. Zustandsänderungen der Körper

119. Margarine schmilzt beim Braten in der Pfanne, Stearin schmilzt in der Kerzenflamme, Butter schmilzt im geheizten Zimmer, Speiseeis schmilzt in der Hand.

120. Eis schmilzt immer bei der gleichen Temperatur, wenn der Luftdruck dabei 760 Torr beträgt und das Wasser frei von Verunreinigungen durch Salze o. ä. ist. Eis hat eine große Schmelzwärme.

121. Zum vollständigen Schmelzen einer bestimmten Eismenge genügt nicht das Erreichen der Schmelztemperatur, es muß auch eine bestimmte Wärmemenge (Schmelzwärme) aufgenommen werden. Eisreste halten sich besonders lange an schattigen Stellen. Der Wärmeaustausch mit der Luft ist dort nicht so intensiv wie bei direkter Sonneneinstrahlung, so daß der Schmelzvorgang sehr langsam verläuft.

122. Das Quecksilberthermometer versagt bei Temperaturen unter - 39 °C, der Erstarrungstemperatur des Quecksilbers.

123. Das Gußstück zieht sich beim Abkühlen sehr stark zusammen.

124. Beim Ausdehnen eines Körpers wird sein Volumen größer und damit seine Dichte kleiner. Das Wasser mit der kleinsten Dichte steigt immer zur Oberfläche des Gewässers. In Boden-

nähe sammelt sich das Wasser mit der größten Dichte. Die aber hat es bei 4 °C. Im Winter sammelt sich das Wasser mit den Temperaturen unter 4 °C an der Oberfläche und kann dort bei weiterer Abkühlung zu Eis erstarren. Das Wasser behält in Bodennähe seine Temperatur von 4 °C und ermöglicht dadurch das Überleben der Fische. (Flache Gewässer können in sehr strengen Wintern auch bis zum Grunde ausfrieren.)

125. **Da sich Wasser beim Gefrieren stark ausdehnt und dabei große Kräfte auftreten, können die Wasserleitungen aufgerissen werden.**

Um dem vorzubeugen, müssen Wasserleitungen genügend tief (etwa 1 m) im Boden verlegt oder durch Isolierstoffe (Glaswolle, Heu, Stroh) vor dem Einfrieren geschützt werden. Aus besonders gefährdeten und ungeschützten Leitungen muß das Wasser vor Einsetzen des Frostes abgelassen werden.

126. $\varrho = 0{,}91 \frac{g}{cm^3}$

127. Ab 10. Auflage: Beim Löten muß die Schmelztemperatur des Lötmetalls kleiner als die Schmelztemperatur der Metalle sein, die durch Löten verbunden werden sollen.

128. - Beide treten erst bei bestimmten, für jeden Stoff charakteristischen Temperaturen auf.
- Die Umkehrung beider Vorgänge erfolgt bei den gleichen Temperaturen wie das Schmelzen bzw. Sieden.
- Während der Änderung der Aggregatzustände muß ständig Wärme zugeführt werden, ohne daß die Temperatur dabei steigt.
- Zur vollständigen Umwandlung von bestimmten Stoffmengen in den jeweils anderen Aggregatzustand sind bestimmte Wärmemengen erforderlich.

129. Beim Berühren des nassen Tuches mit dem Bügeleisen verdampft das Wasser. Dabei nimmt es Wärme auf, ohne daß dabei seine Temperatur steigt. Die zu bügelnden Textilien werden dadurch vor zu starker Erwärmung geschützt.

130. Entscheidend für die Dauer des Garprozesses ist die Temperatur. Ist die Siedetemperatur des Wassers von 100 °C erreicht, so braucht nur noch soviel Wärme zugeführt zu wer-

den, daß diese Temperatur gehalten wird. Dazu genügt aber die Sparflamme.
Erwärmt man weiter mit großer Flamme, so verdampft viel Wasser, ohne daß die Temperatur dabei steigt. Der Garprozeß wird nicht beschleunigt. Bei Sparflamme dauert das Garen auch nicht länger. Man spart aber sehr viel Energie ein.

131. Die Milch wird indirekt durch das Wasser erwärmt, dessen Temperatur auch beim Sieden nicht höher als 100 °C liegt. Erreicht die Milch annähernd diese Temperatur, dann findet kaum noch ein Wärmeaustausch zwischen Wasser und Milch statt, weil es kein Temperaturgefälle mehr gibt. Die dem Wasser zugeführte Wärme bewirkt dann lediglich ein Verdampfen des Wassers. Die Temperatur der Milch bleibt immer etwas unter 100 °C; das "Anbrennen" der Milch wird damit verhindert.

132. Eiszapfen entstehen an Dächern an sonnigen Tagen, wenn die Lufttemperatur unter 0 °C liegt. Infolge der Sonneneinstrahlung wird der Schnee auf den Dächern geschmolzen und das Wasser tropft von den Dachkanten ab. Liegen diese im Schatten, so erstarrt das Schmelzwasser dort wieder zu Eis, weil die Lufttemperatur kleiner als die Schmelztemperatur des Eises ist. Es bilden sich Eiszapfen.

133. In der Zimmerluft ist immer Wasserdampf enthalten, der an den kalten Fensterscheiben zu kleinen Wassertröpfchen kondensiert.

134. Im Rundkolben wird das Wasser erwärmt, so daß es siedet. Im Kühlrohr wird dem Dampf die Wärme wieder entzogen und er kondensiert. Im Becher wird ganz reines Wasser aufgefangen, die Verunreinigungen bleiben im Rundkolben zurück.

135. Das Gemisch von Tinte und Wasser wird destilliert. Die Flüssigkeit mit dem niedrigeren Siedepunkt (Wasser) siedet zuerst und verdampft dabei. Während des Siedens steigt die Temperatur nicht an, so daß die andere Flüssigkeit noch nicht sieden kann und im Gefäß bleibt, bis sämtliches Wasser verdampft ist.
Die verdampfte Flüssigkeit wird im Kühlrohr wieder kondensiert.

136. Die Feuchtigkeit verdunstet und entzieht dem Finger dabei Wärme. Das Verdunsten und damit auch die Abkühlungen erfolgen besonders schnell, wenn der Dampf schnell abgeführt wird. Das erfolgt besonders intensiv dort, wo der Wind auf den Finger trifft. Die Windrichtung ist also an der besonders starken Abkühlung einer Seite des Fingers erkennbar.

137. Durch die Schweißabsonderung wird der Körper an besonders heißen Tagen gekühlt. Der Schweiß verdunstet und entzieht dem Körper dabei Wärme.
Man muß sich jedoch vor Zugluft hüten. Dabei kann die Abkühlung so intensiv erfolgen, daß man sich eine Erkältungskrankheit zuzieht.

138. Hunde "hecheln" an heißen Tagen. Sie lassen dabei die Zunge heraushängen und atmen stoßweise. Durch die Zunge wird Schweiß abgesondert, welcher verdunstet und den Hunden Kühlung verschafft.

139. Die Wäsche muß so weit wie möglich ausgebreitet werden, damit das Wasser an einer möglichst großen Oberfläche verdunsten kann. Das Verdunsten erfolgt umso schneller, je höher die Temperatur liegt (Sonnenschein) und je schneller der Wasserdampf abgeführt wird (Wind).

140. Die Teilchen in einer Flüssigkeit haben nicht alle die gleiche Geschwindigkeit. Beim Verdunsten verlassen die Teilchen mit der größten Geschwindigkeit an der Oberfläche die Flüssigkeit und bewegen sich frei im Raum. Ihre Geschwindigkeit muß allerdings so groß sein, daß sie die Adhäsionskräfte überwinden können.

141. Das Wasser sickert durch die Poren hindurch und verdunstet an der Oberfläche des Gefäßes. Dabei entzieht es dem Gefäß und dem Wasser Wärme und kühlt sie dadurch.

142. Zunächst wird die Waage auf der Seite mit dem kalten Wasser sinken, weil das Wasser mit der höheren Temperatur schneller verdunstet.
Bei Annäherung der Temperaturen der beiden Wassermengen wird zunächst ein Ausgleich (Gleichgewicht) und dann ein Sinken des engen Gefäßes mit dem ursprünglich heißeren Wasser eintreten. Bei gleichen Temperaturen verdunstet nämlich

die Flüssigkeit schneller, die die größere Oberfläche hat. Das trifft für das Wasser im zweiten Gefäß zu.

143. Dem Wasser wird ein schmutzlösendes Spülmittel beigegeben, welches gleichzeitig das Verdunsten des Wassers beschleunigt.

Um ein schnelles Ablaufen zu ermöglichen, müssen Teller z. B. senkrecht gestellt werden.
Das Verdunsten der Flüssigkeitsreste, die am Geschirr haftenbleiben, kann beschleunigt werden, wenn sich in der Nähe eine Wärmequelle befindet. Zum Abführen des durch Verdunsten entstehenden Wasserdampfes müssen die Abstände zwischen den einzelnen Stücken hinreichend groß sein.

144. Die Lösungsmittel der Alleskleber (Azeton u. ä.) haben eine niedrigere Siedetemperatur als Wasser und verdunsten daher bei gleichen Temperaturen schneller als dieses.

145. $\vartheta \approx 55\ ^{\circ}C$
Das Stearin erstarrt zunächst an der Oberfläche an den Gefäßwandungen. Im Inneren bleibt es länger flüssig und zieht sich beim Abkühlen langsam zusammen. Dadurch kommt die gekrümmte Form der Oberfläche zustande.
Während des Erstarrens gibt das Stearin Wärme ab, ohne daß dabei die Temperatur sinkt. Bei genauer Versuchsanordnung ist zu beobachten, daß die Temperatur eine Zeitlang konstant bleibt.

146. Nur ein kleiner Teil des Eises (etwa 10 %) ragt aus dem Wasser.
Früher konnte es sehr leicht zu einer Unterwasserberührung zwischen Schiffen und Eisbergen kommen, die zu Katastrophen führte (z. B. Titanic, 1912).
Heute ermöglichen Radaranlagen den Schiffen, den Eisbergen durch Kursänderung auszuweichen.

147. Das Salz schmilzt bei etwa 50 °C.

148. Der Lehmklumpen zerfällt.

150. Die Oberfläche des Zinntropfens, die im flüssigen Zustand silbrig glänzte, scheint sich beim Erstarren mit einer Haut zu überziehen, sie verliert den Glanz.

151. Die "Waage" senkt sich auf der Seite mit dem gefalteten Papierstreifen. Wegen der größeren Oberfläche verdunstet das Wasser aus dem ungefalteten Streifen nämlich schneller, seine Masse wird daher schneller kleiner als die des gefalteten Streifens.

152. Fleckenmittel verdunsten schneller als Wasser, da sie niedrigere Siedepunkte als dieses haben.

153. Nach einigen Stunden ist das Wasser verdunstet, und es bleiben Salzkristalle zurück.

154. Das destillierte Wasser ist farb- und geschmacklos.

2.10. Die Ausbreitung der Wärme

156. Die Luft zwischen den beiden Fenstern ist ein schlechter Wärmeleiter und erschwert den Wärmeaustausch zwischen Zimmer- und Außenluft.

157. Vögel sind durch ihr Federkleid und Säugetiere durch ihre Behaarung vor Kälte geschützt.
Die wärmende Wirkung beruht auf der schlechten Wärmeleitfähigkeit der Federn und Haare und der Luft, die sich zwischen ihnen befindet.

158. Durch die Kraftstoffverbrennung in den Zylindern werden diese sehr stark erwärmt. Das Kühlwasser umspült die Zylinder, erwärmt sich dabei, dehnt sich aus und steigt infolge der geringeren Dichte nach oben. Es strömt in den Kühler, der zur Verbesserung der Kühlwirkung aus vielen kleinen Röhrchen und einem Netz von Kühlrippen besteht. (Vergrößerung der Oberfläche zum Wärmeaustausch mit der Luft.)
Im Kühler wird dem Wasser durch den Fahrtwind Wärme entzogen, seine Dichte wird wieder größer, und es sinkt nach unten.
Ein Ventilator sorgt dafür, daß auch beim Halten des Fahrzeuges eine ausreichende Kühlwirkung erreicht wird.
Das abgekühlte Wasser strömt wieder zu den Zylindern und kann dort erneut Wärme aufnehmen.
Die Bewegung des Wassers kann durch eine zusätzliche Pumpe beschleunigt werden.

159. Das im Kessel erwärmte Wasser steigt infolge seiner Ausdehnung nach oben und durchströmt die Heizkörper. Diese haben eine große Oberfläche und können daher große Wärmemengen an die Umgebung abgeben. Das Wasser kühlt sich dabei ab, sinkt wieder nach unten, um dann im Kessel erneut erwärmt zu werden.
Zur Gewährleistung der Wasserströmung dürfen sich in den Rohren keine Luftblasen befinden, sie müssen immer völlig mit Wasser gefüllt sein. Um aber beim Ausdehnen des Wassers ein Sprengen der Rohre zu vermeiden, befindet sich auf dem Boden des Hauses ein Überlaufgefäß, in dem das Wasser bei Ausdehnung steigen kann. Der Druck in den Rohren bleibt dadurch bei allen Temperaturen normal.

160. Metalle sind sehr gute Wärmeleiter. Sie leiten die Wärme so schnell ab, daß die Hand am Türgriff festfriert.

161. Im Sommer wird eine übermäßige Erwärmung, im Winter eine zu starke Abkühlung vermieden.

162. Schnee ist ein schlechter Wärmeleiter und verhindert das Entweichen der Wärme aus dem Boden.

163. Metalle sind bessere Wärmeleiter als Holz und Plaste. Durch die schnellere Ableitung der Körperwärme erscheinen uns die Metalle kühler als Holz oder Plaste.

164. Weiße Gegenstände reflektieren die Wärmestrahlung stärker als andersfarbige.

165. Man trägt z. B. weiße Kleidung und Hüte, die die Wärmestrahlung der Sonne reflektieren und den menschlichen Körper so vor zu starker Erwärmung schützen.

166. Die Glaswandungen und das Vakuum zwischen den beiden Wänden der Flasche sind schlechte Wärmeleiter und erschweren den Wärmeaustausch mit der Umgebung. Unerwünschte Wärmestrahlungen werden durch die Verspiegelung reflektiert.

167. Über die jungen Pflanzen werden Plastehauben gestülpt. Das Plastematerial und die Luft unter den Hauben sind schlechte Wärmeleiter und bewirken eine Wärmedämmung.

168. Kupfer - Aluminium - Eisen ist die Reihenfolge der Stoffe nach ihrer Wärmeleitfähigkeit.

169. Oberhalb des Kerzenschattens kann man Luftschlieren beobachten. Sie entstehen durch die Strömung der erwärmten Luft über der Kerzenflamme. (In der strömenden Luft gibt es Dichteunterschiede, die die Durchlässigkeit für Licht und dessen Brechung beeinflussen. Dadurch werden diese Schlieren bei Beleuchtung sichtbar.)
Ähnliche Erscheinungen kann man im Sommer über stark erwärmten Straßen und Feldern beobachten. Die aufsteigende Luft über ausgedehnten erwärmten Feldern (Thermik) wird von Segelfliegern genutzt, um in große Höhe zu steigen.

170. Die nach oben strömende Luft verdrängt die Papierspirale und versetzt sie in Umdrehung.

171. Bild 4

172. Das dunkel gefärbte Wasser erreicht eine höhere Temperatur, weil es einen größeren Anteil der Wärmestrahlung absorbiert.

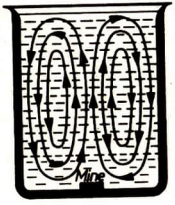


Bild 4 zu Lösung 171

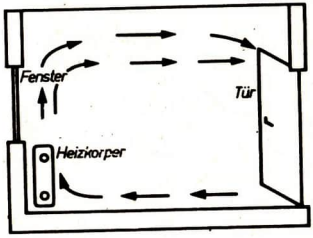


Bild 5 zu Lösung 173

173. Die Kaltluft strömt in Bodennähe in das Zimmer, die Warmluft des Zimmers entweicht in größerer Höhe durch den Türspalt (Bild 5).

174. Die erwärmte Luft dehnt sich aus und steigt nach oben. Daher mißt man in Deckennähe höhere Temperaturen als in Fußbodennähe.

2.11. Vom Atom

175. Durch das Überstreichen des Teppichs erfolgt eine Ladungstrennung durch Elektronenaustausch. Kamm und Staubteilchen werden ungleichnamig geladen und ziehen einander an.

176. Nähert man den geriebenen Kamm den Holundermarkkugeln, so wird die dem Kamm am nächsten hängende vom Kamm angezogen. Durch die Ladungen auf dem Kamm erfolgt eine Trennung der Ladungen auf dem Holundermarkkügelchen. Der geriebene Kamm ist negativ geladen, und auf der dem Kamm zugewandten Seite des Kügelchens sammeln sich die positiven Ladungen. Ungleichnamige Ladungen aber ziehen einander an.
Berührt man mit dem Kamm beide Kügelchen, so werden beide wie der Kamm negativ geladen. Gleichnamig geladene Körper aber stoßen einander ab.

177. Das Überstreichen des Papiers mit der Bürste führt zu einer innigen Berührung von Papier und Ofen, die eine Ladungstrennung bewirkt. Beim Abziehen des Papiers erfolgt ein Ladungsausgleich durch Funkenüberschlag.

3. ÜBER INHALT UND ARBEITSVERFAHREN DER PHYSIK

178. Zu Bild 6/1: Regenbogen - Optik; Blitz - Elektrizitätslehre; Drachensteigen - Mechanik der Gase; Gasherd - Wärmelehre; Lupe - Optik; Schiff - Mechanik der Flüssigkeiten

Zu Bild 8/1: Motor - Wärmelehre; Scheinwerfer - Optik; Lenkung - Mechanik; Lichtanlage - Elektrizitätslehre

Zu Bild 8/2: Turbine - Wärmelehre

Zu Bild 8/3: Linsen, Hohlspiegel - Optik

179.

Der Wasserspiegel muß waagerecht sein.	Die Waage muß sich auf der Seite des Wägestückes senken.	Die Räder sind vertauscht. Vorne müssen sich die kleineren Lenkräder befinden.

Die Leitungsdrähte müssen nach unten durchhängen.	Alle Schatten fallen in die gleiche Richtung.	Die Glühlampe kann nur dann leuchten, wenn sie an die Steckdose angeschlossen ist.

180. a) Die Handflächen werden warm.
(Bewegung - Mechanik, Erwärmung - Wärmelehre)
b) Die Knickstelle wird erwärmt.
(Bewegung - Mechanik, Erwärmung - Wärmelehre)
c) Im Spiegelbild wird scheinbar das rechte Ohr berührt.
(Optik)
d) Das Lineal muß unter seinem Schwerpunkt unterstützt werden.
(Der Schwerpunkt selbst liegt im Innern des Körpers. Eigentlich müßte das Lineal genau im Schwerpunkt unterstützt werden.)
(Mechanik)

181. Vgl. LB, S. 63 !

182. Vermutungen müssen durch Experimente überprüft werden. Sie können dabei entweder bestätigt oder widerlegt werden. Man stellt zwei Reagensgläser in warmes Wasser und füllt das eine mit Wasser, das andere mit Glyzerin (gleiche Massen). Mit Thermometern mißt man den Temperaturanstieg in beiden Flüssigkeiten.
Im Glyzerin steigt die Temperatur schneller als im Wasser
($c_{Glyz.} = 0{,}57 \frac{cal}{g \cdot grd}$).

183. a) Man setzt als Anzeiger ein Korkstückchen auf eine Wasseroberfläche, stülpt darüber mit der Öffnung nach unten ein Trinkglas und drückt dieses ins Wasser. Am Sinken des Korkstückchens kann man erkennen, daß die Luft im Glas das Wasser darunter verdrängt (vgl. LB, S. 118, Bild 118/2).
b) Man füllt ein Trinkglas bis zum Rand mit Wasser, deckt es mit einer Pappscheibe ab und hält es mit der Öffnung nach unten in einen Wasserbehälter. Unter Wasser entfernt man die Pappe und hält unter die Öffnung des Glases

einen Schlauch oder ein Trinkröhrchen, in welches man hineinbläst. Die eingeblasene Luft steigt in Form von Bläschen nach oben und verdrängt das Wasser aus dem Trinkglas (vgl. LB, S. 119, Bild 119/1).

184. Der Fallschirm wird von einem Helfer gehalten. Der Abstand zwischen dem untersten Punkt des Fallschirms und dem Fußboden wird gemessen (s in m).
Auf ein Kommando (man zählt 3, 2, 1, 0) läßt der Helfer den Fallschirm los, und die Zeit vom Loslassen bis zum Auftreffen auf dem Fußboden wird gemessen (t in s). Die Geschwindigkeit berechnet man als Quotienten aus s und t (v in $\frac{m}{s}$).
Um Fehler auszugleichen, wiederholt man die Messungen mehrmals und bildet dann den Mittelwert der Meßwerte.

4. OPTIK

4.1. Die Ausbreitung des Lichtes

185.

Selbstleuchtende Körper	Beleuchtete Körper	Begründung
	Mond	reflektiert das Licht der Sonne
Fackel		sendet selbst Licht aus
Sonne		sendet selbst Licht aus
Gaslaterne		sendet selbst Licht aus
	Druckschrift	ist nur zu sehen, wenn das Papier beleuchtet wird und Licht reflektiert
Glühlampe		Glühdraht sendet Licht aus
	Planeten	reflektieren das Sonnenlicht
Fixsterne		senden selbst Licht aus
	Erdsatelliten	reflektieren das Sonnenlicht

Selbstleuchtende Körper	Beleuchtete Körper	Begründung
Blitz		Leuchterscheinung bei elektrischen Entladungen
	Rückstrahler	reflektiert das Licht des Scheinwerfers eines nachfolgenden Fahrzeugs
Schlußleuchte		enthält eine Glühlampe, die selbst Licht aussendet

186.

undurchlässig	durchlässig	
undurchsichtig	durchscheinend	durchsichtig
Fensterladen	Scheibe aus Mattglas	Fensterscheibe
	Lampenschirm	
Mützenschirm	Sonnenschirm	Sonnenbrillenglas
Nebelwand	Nebelwand	
	Ölpapierblatt	
	Glühlampe aus Opalglas	
	Ei	

187.
- Werden in einer bestimmten Entfernung gleichzeitig ein optisches und ein akustisches Signal ausgelöst, so wird das optische Signal von einem Beobachter eher wahrgenommen als das akustische.
- Im Sportunterricht sieht ein Beobachter, der sich am Ziel aufhält, beim Start zum 100 m-Lauf zuerst das Zusammenschlagen der Startklappe, bevor er den Knall hört.
- Bei Gewittern sieht man den Blitz sofort, hingegen hört man den durch den Blitz hervorgerufenen Donner merklich später.

188. Das Licht legt in einer Sekunde einen Weg von 300 000 km zurück. Es gilt $v = \frac{s}{t}$ und $t = \frac{s}{v}$.

Daraus ergibt sich für den D-Zug eine Zeit von t = 3 000 h = 125 Tage.

189. Bild 6

190. Die Lichtdurchlässigkeit nimmt mit zunehmender Schichtdicke ab.

191. Die Lichtdurchlässigkeit nimmt mit zunehmender Schichtdicke wesentlich stärker als bei Glas ab.

192. Bei 5 cm Entfernung von der Wand sind die Hand und ihr Schatten annähernd gleich groß (Bild 7a).
Bei einer Entfernung von 30 cm zwischen Wand und Hand ist der Schatten merklich größer als die Hand (Bild 7b).



Bild 6 zu Lösung 189

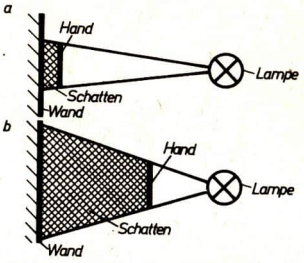


Bild 7 zu Lösung 192

194. Bild 8

195. Bild 9

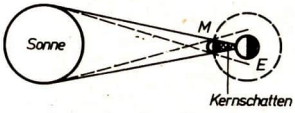


Bild 8 zu Lösung 194

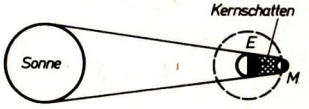


Bild 9 zu Lösung 195

4.2. Reflexion des Lichtes

196. Spiegel, polierte Metallflächen, Glas, Wasser

197. Ein Teil des Lichtes wird zunächst an der vorderen Begrenzungsfläche der Scheibe reflektiert. Der größere Teil des Lichtes dringt jedoch in das Glas ein. Ihre hintere Begrenzungsfläche reflektiert einen weiteren Teil des Lichtes, so daß zwei Spiegelbilder entstehen. Man sieht aber nur dann zwei Spiegelbilder, wenn man nicht senkrecht auf die Scheibe sieht (Bild 10).

198. Bild 11 a bis d

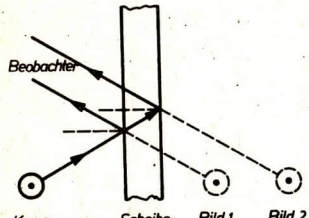


Bild 10 zu Lösung 197

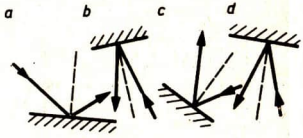


Bild 11 zu Lösung 198

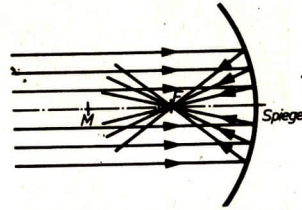


Bild 12 zu Lösung 199

199. Man läßt ein Bündel paralleler Lichtstrahlen parallel zur optischen Achse auf den Hohlspiegel fallen. Sie werden vom Hohlspiegel reflektiert und schneiden einander im Brennpunkt (Bild 12).

200. Der Winkel γ der Ablenkung ergibt sich als Summe von Einfalls- und Reflexionswinkel:

$$\gamma = \alpha + \alpha' = 45^\circ$$

Da beide Winkel gleich groß sind, folgt daraus:

$$\gamma = 2\alpha = 45^\circ$$

Der Winkel der Ablenkung ist also doppelt so groß wie Einfalls- oder Reflexionswinkel.
Darum muß man den Spiegel um $22{,}5^\circ$ drehen, um die gewünschte Ablenkung von 90° zu erhalten, denn
$(\alpha + 22{,}5^\circ) + (\alpha' + 22{,}5^\circ) = 45^\circ + 45^\circ = 90^\circ$ (vgl. Bild 13).

201. Vgl. LB, S. 96! Der Einfallswinkel wird nach Vereinbarung vom Einfallslot aus gemessen. Der Winkel zwischen Lichtstrahl und Spiegelfläche ergibt sich als Ergänzungswinkel

zu 90°. Beträgt dieser 40°, so muß der Einfallswinkel 50° betragen.

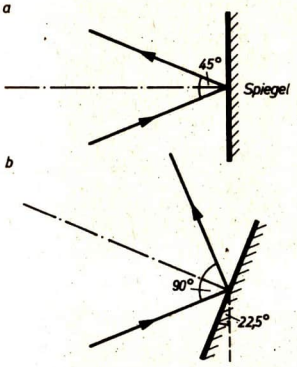


Bild 13 zu Lösung 200

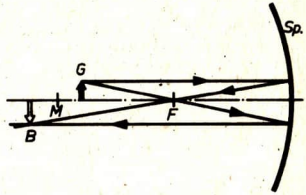


Bild 14 zu Lösung 202

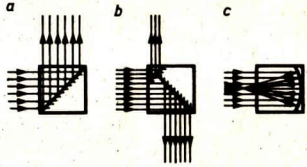


Bild 15 zu Lösung 203

202. Bild 14

203. Bild 15 a bis c;
a) ebener Spiegel,
b) zwei ebene Spiegel,
c) Hohlspiegel

204. Bild 16 a bis c

4.3. Brechung des Lichtes

205. Das Licht, das der Stab reflektiert, wird beim Durchdringen der Grenze zwischen Wasser und Luft gebrochen. Dadurch entsteht

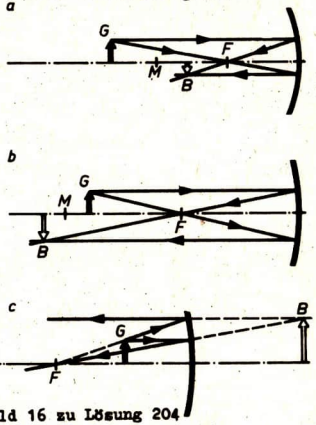


Bild 16 zu Lösung 204

der Eindruck, als wäre der Stab geknickt (vgl. LB, Bild 106/1).

206. Der Fisch schwimmt tiefer, als man ihn sieht (Bild 17).

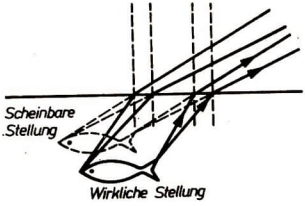


Bild 17 zu Lösung 206

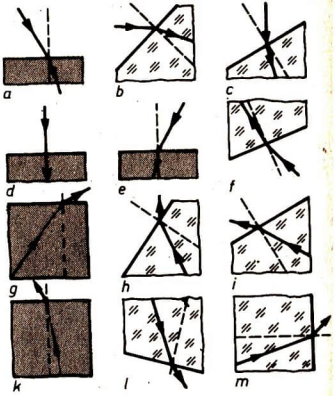


Bild 18 zu Lösung 207

207. Bild 18 a bis m

208. Bild 19

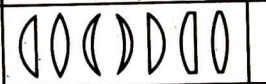
Form	Mitte dick, Rand schmal	Rand dick, Mitte schmal
Querschnitt (Skizze)		
Linsenart	Sammellinsen	Zerstreuungslinsen

Bild 19 zu Lösung 208

209. Bild 20 a und b

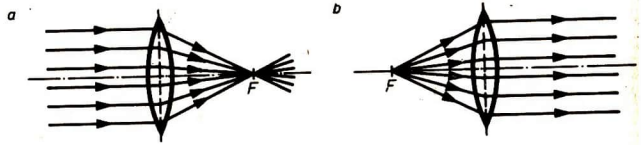


Bild 20 zu Lösung 209

210. Bild und Gegenstand sind gleich groß, wenn der Abstand des Gegenstandes von der Linsenebene gleich der doppelten Brennweite ist. Der Abstand zwischen Gegenstand und Bild ist dann gleich dem Vierfachen der Brennweite.
Aus $4 \cdot f = 60$ cm folgt $f = 15$ cm.

211. Sammellinsen, Zerstreuungslinsen

212. Das Licht der Glühlampe wird durch die Sammellinse zu einem annähernd parallelen Lichtbündel gesammelt. Dadurch kann im Bereich dieses Bündels eine große Helligkeit erzielt werden. Die Linse muß so vor der Lampe angebracht sein, daß ihr Glühfaden sich etwa im Brennpunkt der Linse befindet.

213. Von Gegenständen, deren Gegenstandsweite größer als die Brennweite der Linse ist, werden reelle Bilder erzeugt. Sie liegen jeweils auf der anderen Seite der Linse (bezogen auf den Gegenstand) und sind größer als dieser, wenn $f < s < 2f$, dagegen kleiner als der Gegenstand, wenn $s > 2f$.
Von Gegenständen, die sich direkt am Brennpunkt befinden, wird kein Bild erzeugt. Ist die Gegenstandsweite kleiner als die Brennweite, so erzeugt die Sammellinse virtuelle, aufrechte, seitenrichtige und vergrößerte Bilder, die auf derselben Seite von der Linse liegen wie der Gegenstand (vgl. LB, Bild 110/2 bis 110/5).

214. Vgl. LB, Bild 109/1!

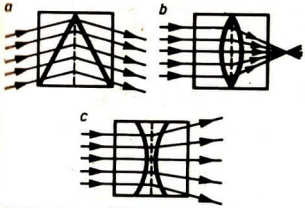


Bild 21 zu Lösung 215

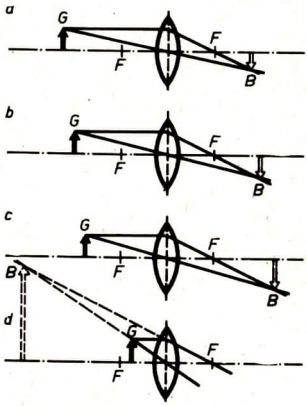


Bild 22 zu Lösung 216

215. Bild 21 a bis c; Prisma, Sammellinse, Zerstreuungslinse. Die Brechung der Strahlen wurde vereinfacht gezeichnet.

216. Bild 22 a bis d

217. Infolge der Brechung des Lichtes scheint die Schraubenmutter höher als in Wirklichkeit zu liegen (Bild 23). Man visiert zunächst ihre scheinbare Lage an und kann erst nach entsprechender Erfahrung seinen Fehler korrigieren und das Ziel treffen.

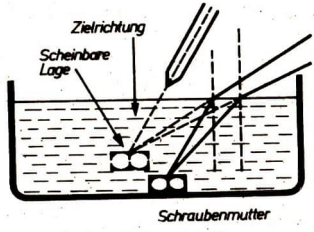


Bild 23 zu Lösung 217

218. Das Geldstück wird beim Eingießen des Wassers scheinbar gehoben. Dieser Eindruck entsteht durch die Brechung der Lichtstrahlen, die vom Geldstück kommen, wenn sie die Oberfläche des Wassers durchdringen (vgl. Bild 23).

220. Der Schirm befindet sich zwischen einfacher und doppelter Brennweite der Linse. Das Bild ist kleiner als der Gegenstand, seitenverkehrt und kopfstehend.

221. Gegenstand und Bild sind gleich groß, wenn jedes von ihnen den Abstand 2f von der Linsenebene hat.

222. Der Schirm muß außerhalb der doppelten Brennweite stehen. Das Bild ist größer als der Gegenstand, ist seitenverkehrt und kopfstehend.

223. Das Bild näher gelegener Gegenstände ist weiter von der Linsenebene entfernt als das Bild ferner Gegenstände. Um das Fenster scharf abzubilden, muß die Linse vom Bildschirm weg in Richtung zum Fenster verschoben werden.

224. Bild 24

225. Man kann die Linsen z. B. dadurch voneinander unterscheiden, daß man sie mit parallelen Lichtbündeln bestrahlt. Sammellinsen

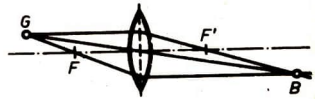


Bild 24 zu Lösung 224

sammeln alle Strahlen im Brennpunkt, Zerstreuungslinsen dagegen zerstreuen sie. Sowohl Sammellinsen als auch Zerstreuungslinsen ermöglichen die Erzeugung virtueller Bilder.

Sammellinsen erzeugen vergrößerte, aufrechte, seitenrichtige virtuelle Bilder, wenn sie als Lupe verwendet werden, d. h., wenn sich die Gegenstände innerhalb der einfachen Brennweite der Linsen befinden. Zerstreuungslinsen erkennt man daran, daß sie bei jeder beliebigen Lage des Gegenstandes verkleinerte, aufrechte, seitenrichtige virtuelle Bilder erzeugen.

4.4. Optische Geräte

226. Sowohl Lupe als auch Hohlspiegel erzeugen virtuelle Bilder von Gegenständen, wenn sich diese innerhalb der einfachen Brennweite des jeweiligen optischen Gerätes befinden. Die virtuellen Bilder sind in beiden Fällen vergrößert, stehen aufrecht und liegen seitenrichtig.

227. Vgl. LB, Bild 112/2 !

Der Hohlspiegel reflektiert das Licht, das die Lampe nach hinten strahlt, als annähernd paralleles Lichtbündel nach vorn. Dadurch erzielt man eine bessere Lichtausbeute und hellere Projektionsbilder.

Der Kondensor sammelt das Licht der Lampe, damit möglichst viel Licht auf das Diapositiv fällt und dieses gut ausgeleuchtet wird.

Die Glühlampe dient als Lichtquelle.

Das Objektiv dient zur Erzeugung vergrößerter Bilder. Das Diapositiv als "Gegenstand" muß sich kopfstehend und seitenverkehrt zwischen einfacher und doppelter Brennweite des Objektivs befinden.

228. Das Objektiv (Linse oder Linsensystem) erzeugt reelle, verkleinerte, kopfstehende und seitenverkehrte Bilder auf der lichtempfindlichen Schicht des Films. Die zur Belichtung des Films erforderliche Helligkeit wird durch die Dauer der Öffnung des Verschlusses und durch die Größe der Blendenöffnung bestimmt.

Zur Entfernungseinstellung kann der Abstand zwischen Objektiv (Linse) und Film (Bildschirm) verändert werden. Vgl. LB, Bilder 113/2, 114/1, 114/2 und 114/3.

229. Es liegt der Fall vor, der im LB, Bild 110/2 dargestellt ist: die Gegenstandsweite ist größer als die doppelte Brennweite.

230. Kamera:

a) Durch einen Schneckentrieb wird das Objektiv verschoben, so daß der Abstand zwischen Linse und Film verändert wird.

b) Sogenannte "Gummilinsen" sind Objektive, deren Brennweite in weiten Grenzen verändert werden kann. Durch die Brennweitenänderung ist eine scharfe Abbildung von Gegenständen mit beliebigen Entfernungen möglich.

Auge:

Durch Änderung der Linsenwölbung mit Hilfe von Muskeln wird die Brennweite der Linse geändert, so daß trotz unterschiedlicher Gegenstandsentfernungen scharfe Bilder auf der Netzhaut entstehen.

231.

	Fotoapparat	Auge
Art der Linse	Sammellinse	Sammellinse
Scharfeinstellung	Durch Verschiebung der Linse	Durch Änderung der Linsenwölbung und damit der Brennweite der Linse
Lichtempfindlicher Teil	Film	Netzhaut

vgl. LB, Bild 114/3

232. Gegenstand und Bild sind gleich groß, wenn beide den Abstand 2 f von der Linsenebene haben.
Die meisten Kameras haben Objektive mit einer Brennweite von 50 mm. Gegenstand und Film müßten also jeweils 100 mm von der Linse entfernt sein. Eine solche Verschiebung läßt aber der Schneckentrieb der meisten Kameras nicht zu. Bei Spiegelreflexkameras kann man jedoch durch die Verwendung von Zwischenringen oder eines Balgennaheinstellgerätes solche und größere Abstände zwischen Objektiv und Film herstellen. Dementsprechend kann man sehr nahe mit dem Objektiv an den Gegenstand herangehen ($f < s < 2f$) und vergrößerte Bilder von Gegenständen, sogenannte Makrofotos, aufnehmen.

233. Da wir daran gewöhnt sind, daß auf der Erde alle Gegenstände aufrecht stehen, könnten wir beim Pferderennen die Bewegung der kopfstehenden und seitenverkehrten Bilder im Fernrohr nur mit großer Mühe verfolgen.
Der Mond befindet sich bei der Beobachtung mit dem Fernrohr in relativer Ruhe zu diesem. Deshalb können alle Einzelheiten erkannt werden, auch wenn im Fernrohr ein kopfstehendes Bild erzeugt wird.
Die Begriffe "oben" und "unten" sind ohnehin nur relativ. Bewohner der südlichen Halbkugel der Erde sehen den Mond mit bloßem Auge in einer solchen Lage, wie wir ihn im Fernrohr sehen.

234. Im Feldstecher erhält man aufrechte und seitenrichtige Bilder dadurch, daß man zwei rechtwinklige Glasprismen (Totalreflexion) in den Strahlengang bringt.
Durch ein Prisma wird die aufrechte Stellung der Bilder und durch das zweite werden die richtigen Seitenverhältnisse erreicht. Bei entsprechender Anordnung der beiden Prismen werden die Strahlen zweimal umgelenkt, wodurch eine kürzere Bauweise des Fernrohrs möglich wird.
Statt der beiden Prismen kann auch eine weitere Linse zwischen Objektiv und Okular angeordnet werden. Die Baulänge wird dadurch meist größer.

235. Das Objektiv erzeugt ein reelles, vergrößertes, kopfstehendes und seitenverkehrtes Zwischenbild.
Das Okular dient als Lupe, mit welcher das reelle Zwischenbild betrachtet wird. Man erhält ein nochmals vergrößertes, aber virtuelles Bild mit gleicher Lage wie das Zwischenbild.

236. Das Versuchsergebnis entspricht dem Fall von Bild 110/2 ($s > 2\,f$).

238. Bildhelligkeit und Bildschärfe sind bei der Linsenkamera größer als bei der Lochkamera.
Die Bildschärfe der Lochkamera kann man durch die Wahl einer möglichst kleinen Öffnung verbessern. Das hat aber eine weitere Helligkeitsabnahme zur Folge.

240. Die Kombination der beiden Linsen wirkt wie ein astronomisches Fernrohr, wenn die Linse mit der kleineren Brenn-

weite als Okular verwendet wird. Von weit entfernten Gegenständen werden verkleinerte, virtuelle, kopfstehende und seitenverkehrte Bilder erzeugt, die man wegen ihrer geringeren Entfernung vom Auge jedoch unter einem größeren Sehwinkel wahrnimmt als die Gegenstände selbst. Von näher liegenden Gegenständen erhält man keine scharfen Bilder.

241. Da das Bild der Kerze mit einem Schirm aufgefangen werden kann, ist es reell. Es existiert auch dann, wenn der Schirm nicht vorhanden ist. Darum kann man es auch dann durch die Lupe betrachten, wenn der Schirm entfernt wird.
Da in diesem Falle auch schon das Zwischenbild reell und vergrößert war, entspricht diese Anordnung dem Prinzip des Mikroskops.

242. Die Linsenwirkung des Wassertropfens in der Drahtöse erkennt man, wenn man mit ihm wie mit einer Lupe einen nahen Gegenstand betrachtet.

Klasse 7

1. ARBEIT, ENERGIE, LEISTUNG

1.1. Die Kraft und ihre grafische Darstellung

1.

Formelzeichen	Zahlenwert	Einheit	Meßgeräte	Meßvorschrift
v	z. B. 60 30 15 7,9	$\frac{m}{s}$ $\frac{km}{h}$ $\frac{m}{min}$ $\frac{km}{s}$	Meßband und Uhr	Man mißt die Länge des zurückgelegten Weges, ermittelt die dazu benötigte Zeit und bildet den Quotienten aus Weg und Zeit.
			Tachometer	Am Tachometer kann die Geschwindigkeit direkt abgelesen werden.

2.

Kraft	Gegenkraft
a Muskelkraft des Jungen	Spannkraft der Feder
b Gewichtskraft des Körpers	Spannkraft der Feder
c Gewichtskraft der Kiste	Kraft, die durch den Handwagen entgegen der Gewichtskraft aufgebracht wird

3. F = 43 kp (Bild 25)

4. Mannschaft B siegt, denn
   $F_A = 5 \cdot 11\ kp = 55\ kp$;
   $F_B = 4 \cdot 15\ kp = 60\ kp$;
   also $F_B > F_A$

Maßstabgerechte Darstellung auf Seite 116

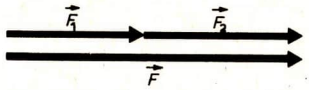


Bild 25 zu Lösung 3 (nicht maßstabgerecht)

5. Gewichtskraft und Schubkraft sind entgegengesetzt gerichtet. Daher ist die Gesamtkraft $F = F_S - F_G = 175$ Mp. Wären beide Kräfte gleich groß, könnte sich die Rakete nicht von der Startrampe erheben.

6. $F = F_{Schleppe} + 2 \cdot F_{Egge} = 550$ kp

7. $F = F_1 + F_2 = 145$ p (Bild 26)

8. - Gegenkraft $F = 1$ kp; sie wird von der Schraubenfeder und von der Halteeinrichtung aufgebracht.
   - Vernachlässigt man das Eigengewicht der zweiten Feder, so ist die Gesamtausdehnung beider Federn doppelt so groß wie die Längenänderung einer einzelnen Feder.
   - Jede der beiden Federn wird mit einer Kraft von 1 kp gedehnt.

Maßstabgerechte Darstellung auf Seite 117

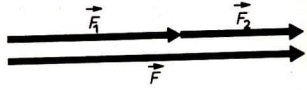


Bild 26 zu Lösung 7 (nicht maßstabgerecht)

9.

Zugkräfte	Druckkräfte
Ziehen von Glasfäden	Walzen von Flachglas, Walzen von Stahl, Pressen von Aschenbechern

1.2. Die mechanische Arbeit

10. $W = 910$ kpm

11. $F_R = \mu \cdot F_N$

    $F_R = 1{,}4$ kp

    $W_R = F_R \cdot s$

    $W_R = 7\,000$ kpm

12. $W = G \cdot h = G \cdot n \cdot h_1$

    G - Körpergewicht
    n - Anzahl der Stufen
    h_1 - Höhe einer Stufe

13. $F_R = 12$ kp; $W_R = 36$ kpm

14. $W = 240\,000$ kpm

15. a) $F_{100} = 50$ kp; $W_{100} = 400$ kpm

b) $F_{20} = 10$ kp; $s_{20} = 40$ m; $W_{20} = 400$ kpm

(Die Indizes 100 und 20 beziehen sich auf die Anzahl der jeweils transportierten Briketts.)

Trotz der unterschiedlichen Kräfte und Wege in den Fällen a) und b), sind die Arbeiten in beiden Fällen gleich groß.

c) $F_1 = 2 \cdot F_{20}$ $F_2 = F_1$ $F_3 = F_{20}$

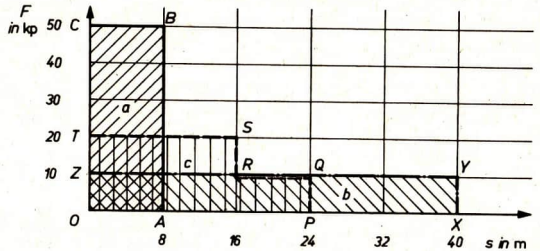
$F_1 = 20$ kp, $F_2 = 20$ kp $F_3 = 10$ kp

$s_1 = s_2 = s_3 = 8$ m

$W_1 = 160$ kpm $W_2 = 160$ kpm $W_3 = 80$ kpm

Die Gesamtarbeit ist $W = W_1 + W_2 + W_3 = 400$ kpm, es gilt der Satz von der Erhaltung der Arbeit.

d) Bild 27 (Die Indizes 1, 2 und 3 beziehen sich auf den 1., 2. und 3. Weg.)



Die Figuren OABC, OXYZ und OPQRST sind flächengleich

Bild 27 zu Lösung 15 d

16. **Beim Stand eines Fahrzeuges wirkt zwischen den Reifen und dem Straßenbelag die Haftreibung. Ist die Straße vereist, so ist der Haftreibungskoeffizient zwischen Reifen und vereister Fahrbahn so gering, daß die Räder "durchdrehen".**

Ist das Fahrzeug in Bewegung gekommen, so wirkt zwischen den Reifen und dem Straßenbelag die Rollreibung.

17. links oben:
Zwischen dem Kasten und dem Boden tritt zunächst Haftreibung auf. Die Haftreibung ist größer als alle anderen, daher muß zunächst eine große Zugkraft aufgebracht werden, um die großen Reibungskräfte zu überwinden und den Kasten in Bewegung zu setzen. Bewegt sich der Kasten dann, so tritt zwischen ihm und der Unterlage Gleitreibung auf. Die Gleitreibungszahl ist aber kleiner als die Haftreibungszahl, und die weitere Bewegung des Kastens erfordert nicht mehr so große Kräfte wie beim Anziehen.

rechts oben:
Zwischen dem Behälter und den Rollen einerseits und den Rollen und dem Boden andererseits wirkt die Rollreibung. Die Rollreibungszahl ist kleiner als die Haftreibungszahl und die Gleitreibungszahl, daher genügt jetzt statt der Zugkraft des Traktors die Zugkraft eines Pferdes, um den Behälter in Bewegung zu setzen und zu transportieren.

links unten:
Bei der Verwendung von 4 Rädern wirken die Rollreibung zwischen den Rädern und dem Boden und die Gleitreibung zwischen den Rädern und ihren Achsen, falls diese nicht auf Kugeln gelagert sind.
Die Reibungskraft konnte weiter verkleinert werden.
Um den Kasten zu bewegen, reicht jetzt die Kraft von drei Männern aus.

rechts unten:
Durch die Verwendung von Schienen als Unterlage wird die Rollreibung zwischen den Rädern und der Unterlage so gering, daß jetzt ein Mann den gefüllten Kasten fortbewegen kann.

18. In beiden Fällen wirken gleich große Normalkräfte (die zur geneigten Ebene senkrechte Komponente der Gewichtskraft des Bleistifts), jedoch unterschiedlich große Reibungskräfte, weil der untere Bleistift abwärts rollen kann, der obere abwärts gleiten muß. Bei gleich großen Normalkräften sind aber jene Reibungskräfte am größten, bei denen die größte Reibungszahl auftritt. Die Gleitreibungszahl ist aber grö-

ßer als die Rollreibungszahl, wenn Unterlage und sich bewegender Körper gleiche Oberflächenbeschaffenheit aufweisen.

19. Die zurückzulegenden Wege sind beim Schieben und Heben gleich groß. Beim Schieben muß eine Kraft aufgewendet werden, die ebenso groß wie die Reibungskraft ist. Diese ist aber in der Regel kleiner als die Gewichtskraft des Stuhles, und darum wird beim Schieben eine kleinere Arbeit verrichtet als beim Heben.

20. Das Wasser auf der nassen Fahrbahn wirkt wie ein Schmiermittel und führt dazu, daß die Reibungszahlen kleiner werden als bei trockener Fahrbahn. Das Fahrzeug kommt wegen unzureichender Bodenhaftung ins Schleudern.

21. Der Sand stumpft die glatte Eisfläche ab; die Reibung wird größer.

22. a) Beim Übergang von der relativen Ruhe in die Bewegung wird die zum Ziehen des Holzklotzes benötigte Kraft plötzlich kleiner, weil die Gleitreibungszahl kleiner als die Haftreibungszahl ist und daher bei gleichartigen Berührungsflächen und gleich großen Normalkräften auch die Gleitreibungskraft kleiner als die Haftreibungskraft.

    b) Die Haft- und Gleitreibungszahlen zwischen Klotz und Teppich sind größer als zwischen dem Klotz und der Tischplatte, weil der Teppich eine rauhere Oberfläche als die Tischplatte hat. Demzufolge treten größere Reibungskräfte auf, und beim Ziehen des Klotzes über den Teppich müssen größere Kräfte aufgewendet werden.

23. Bei einem Neigungswinkel von 30° ist die Höhe einer geneigten Ebene halb so groß wie ihre Länge ($\sin 30^\circ = 0{,}5$; $h = 0{,}5 \cdot l = 300$ m); $W = G \cdot h = 18\,000$ kpm

24. $W_1 = 38{,}5$ kpm; $W_2 = 48$ kpm; $W_3 = 24{,}5$ kpm; $W_4 = 42$ kpm

    $W_2 > W_4 > W_1 > W_3$

25. a) $W = \frac{F_E \cdot s}{2} = 9$ kpm,

    b) Bild 28

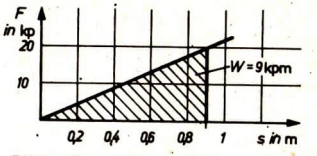
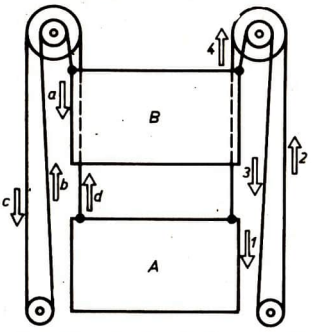


Bild 28 zu Lösung 25 b

1.3. Arbeit an kraftumformenden Einrichtungen

26. G = 40 kp. Mit einer festen Rolle kann nur die Richtung einer Kraft geändert werden. Da der Schüler keine größere Zugkraft als seine Gewichtskraft aufbringen kann, ist es ihm nicht möglich, einen Körper zu heben, dessen Gewichtskraft größer als seine eigene ist.
Da an der Rolle noch Reibung auftritt, sind 40 kp die theoretische Grenze. In Wirklichkeit muß G < 40 kp sein.

27. Soll eine der beiden Tafeln nach oben geschoben werden, so muß man die andere nach unten ziehen. Dabei gleichen sich die Gewichtskräfte beider Tafeln, die in der Regel gleich groß sind, aus, so daß die Gewichtskraft der nach unten bewegten Tafel mit als Zugkraft zum Heben der anderen Tafel dient. Der Mensch, der die Tafeln bedient, braucht nur soviel Kraft aufzuwenden, wie zum Überwinden der Reibungskräfte benötigt wird (Bild 29).



Die oberen Rollen können gleich groß sein, müssen sich aber unabhängig voneinander drehen können.
1, 2, 3, 4 Bewegungsrichtungen beim Ziehen an Tafel A;
a, b, c, d Bewegungsrichtungen beim Ziehen an Tafel B

Bild 29 zu Lösung 27

28. Man erkennt eine feste und eine lose Rolle. Die Gewichtskraft von loser Rolle und Ausgleichsgewichtsstück ist doppelt so groß wie die Gewichtskraft der Leuchte. Beim Ziehen am Ausgleichsgewichtsstück legt die Leuchte einen doppelt so langen Weg zurück.

29. Der "Hering" kann mit einer losen Rolle verglichen werden. Die Kraft zum Spannen des Seiles kann daher auf die Hälfte

reduziert werden. Diese Überlegung hat allerdings nur theoretische Bedeutung, denn zwischen "Hering" und Seil und zwischen Spannholz und Seil treten beträchtliche Reibungskräfte auf (Bild 30).

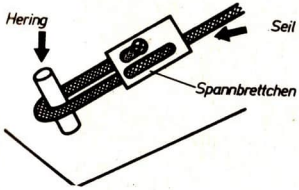


Bild 30 zu Lösung 29

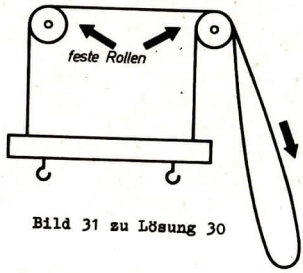


Bild 31 zu Lösung 30

30. Bild 31

31. Bild 32

32. Der Holzstab wirkt wie eine lose Rolle. Theoretisch müßte die Summe der von beiden Kraftmessern angezeigten Kräfte halb so groß wie die Hangabtriebskraft auf der geneigten Ebene sein. Zwischen den Seilen und dem Stab treten aber beträchtliche Reibungskräfte auf, deren Überwindung eine zusätzliche Kraft nötig macht.

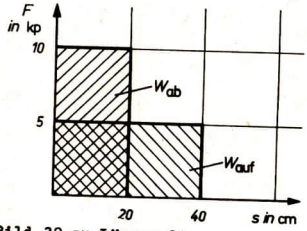


Bild 32 zu Lösung 31

33. Da beide Körper gleich lange Wege zurücklegen, ergibt sich der Wirkungsgrad theoretisch als Quotient der Gewichtskräfte beider Körper, die im Falle reibungsfreier Bewegung gleich groß sein müßten. Da sich die Reibung aber nicht ausschalten läßt, muß die Gewichtskraft des abwärts gleitenden Körpers um den Betrag der Reibungskraft größer sein als die Gewichtskraft des aufwärts bewegten Körpers:

$$G_{ab} = G_{auf} + F_R$$

und $$\eta = \frac{G_{auf}}{G_{ab}} = \frac{G_{auf}}{G_{auf} + F_R}$$

Da der Nenner des Bruches größer als sein Zähler ist, ist der Wirkungsgrad kleiner als 1.
Werden die Haken in der Versuchsanordnung durch Rollen ersetzt, so wird die Reibungskraft kleiner, und es reicht eine kleinere Belastung der Schale aus, um die Anordnung in Bewegung zu setzen. Im Quotienten zur Berechnung des Wirkungsgrades behält der Zähler seinen Betrag, der Nenner jedoch wird kleiner. Das hat zur Folge, daß der ganze Quotient, also auch der Wirkungsgrad, größer wird.

34. Ab 9. Auflage sind die vier Hebel im LB 48 mm lang gezeichnet.

Maßstabgerechte Darstellung auf Seite 118

a) $l_1 \approx 16$ mm;
$l_2 \approx 32$ mm
$F_1 : F_2 \approx 32:16 = 2:1$

b) $l_1 \approx 24$ mm;
$l_2 \approx 24$ mm
$F_1 : F_2 \approx 24:24 = 1:1$

c) $l_1 \approx 40$ mm;
$l_2 \approx 8$ mm
$F_1 : F_2 \approx 8:40 = 1:5$

d) $l_1 \approx 48$ mm;
$l_2 \approx 24$ mm
$F_1 : F_2 \approx 24:48 = 1:2$

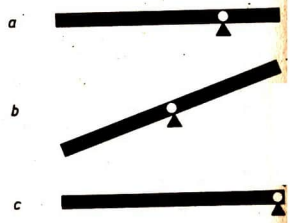


Bild 33 zu Lösung 35 (nicht maßstabgerecht)

35. Ab 9. Auflage sind die drei Hebel im LB 48 mm lang gezeichnet.

a) $F_1 : F_2 = 1 : 3$
$l_1 : l_2 = 3 : 1$
$l_1 = 36$ mm; $l_2 = 12$ mm

b) $F_1 : F_2 = 1 : 1$

$l_1 : l_2 = 1 : 1$

$l_1 = 24$ mm ; $l_2 = 24$ mm

c) $F_1 : F_2 = 1 : 2$

$l_1 : l_2 = 2 : 1$

$l_1 = 48$ mm; $l_2 = 24$ mm

36. Bild 34 a und b

a) Greift die Kraft mit dem Betrag 3 kp am längeren Hebelarm an, so gilt: $F_1 : F_2 = l_2 : l_1$ und F_1:3 kp = 45:15 = 3:1. Es ist $F_1 = 9$ kp.

b) Greift die Kraft mit dem Betrag 3 kp am kürzeren Hebelarm an, so gilt: 3 kp : F_2 = 3:1. Es ist $F_2 = 1$ kp.

Maßstabgerechte Darstellung auf Seite 119

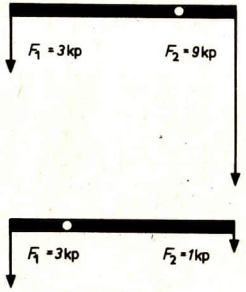


Bild 34 zu Lösung 36 (nicht maßstabgerecht)

37. Beim Brechen setzt man in der Mitte der Streichhölzer die Daumen an und greift mit den Fingern die Enden der Hölzer. Die Daumen markieren den Drehpunkt eines zweiseitigen Hebels, dessen Hebelarme etwa die Länge einer Streichholzhälfte haben. Je kürzer die Hölzchen, desto kürzer werden die Hebelarme. Um aber die gleiche Wirkung (Brechen) zu erzielen, braucht man bei kürzeren Hebelarmen größere Kräfte.

38. Zum Spannen werden eine feste und eine lose Rolle verwendet. Der Fahrdraht wird mit der Kraft $F_2 = 2 \cdot F_1 = 400$ kp gespannt.

39. Der in Bild 114/1 dargestellte Seilspanner stellt einen Flaschenzug mit drei festen und drei losen Rollen dar. Die festen Rollen dienen der Änderung der Kraftrichtungen; die losen Rollen dienen zur Verringerung der aufzuwendenden Kräfte. Die Kraft F_2 (links im Bild) verteilt sich auf 6 Seilenden, daher gilt $F_2 : F_1 = 6 : 1$.

Nach dem Satz von der Erhaltung der Arbeit verhalten sich dann die Wege beim Spannen $s_2 : s_1 = 1 : 6$.

Der in Bild 32/3 dargestellte Seilspanner hat 1 feste und 1 lose Rolle. Die Kraft F_2 verteilt sich auf 2 Seile. Entsprechend gilt:

$$F_2 : F_1 = 2 : 1$$

$$S_2 : S_1 = 1 : 2$$

40. Eine Bergstraße kann als geneigte Ebene betrachtet werden. Durch die Serpentinen wird sie länger und das Verhältnis $h : l$ damit kleiner. Durch die Verlängerung des Weges wird eine Krafteinsparung möglich.

41. In beiden Fällen findet das Hebelgesetz Anwendung. Zange und Schraubenschlüssel ermöglichen das Angreifen der Kräfte in größeren Abständen von den Drehachsen. Mit gleich großen Kräften, wie sie ohne Werkzeug aufgewendet wurden, können mit Hilfe der Werkzeuge größere Wirkungen erzielt werden. Dabei müssen aber größere Wege als vorher zurückgelegt werden.

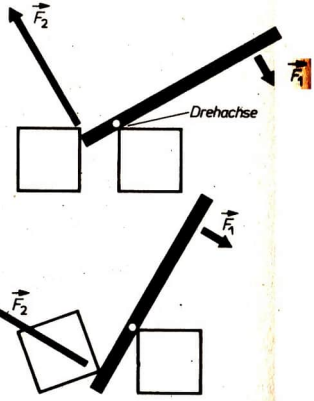


Bild 35 zu Lösung 43

42. $l_2 = 1{,}44$ m

43. Zum Ausheben der Steine wird eine Brechstange verwendet, die als zweiseitiger Hebel verwendet wird (Bild 35).

44. $F_1 : F_2 = 1 : 2$; $l_1 : l_2 = 2 : 1$; $l_1 + l_2 = 60$ cm;

$l_1 = 40$ cm; $l_2 = 20$ cm

45. $s_1 = 4{,}4$ m

46. $\eta = 0{,}9$

48. $F_1 = 75$ kp; $s_1 = 4$ m; $W = 300$ kpm

49. Die Rolle wird am Anhänger befestigt und damit als lose Rolle verwendet. Das eine Ende des Seiles wird um einen dicken Baum geschlungen, das andere Ende wird am Zughaken des Traktors befestigt. Die Last des Anhängers verteilt sich damit auf zwei Seilenden und kann daher theoretisch doppelt so groß wie die Zugkraft des Traktors sein (Bild 36).

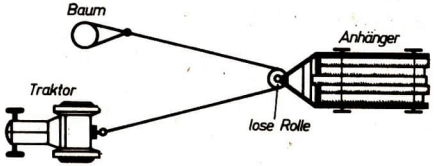


Bild 36 zu Lösung 49

50. a) linkes Bild: $F = 5$ kp;
b) rechtes Bild: $F = 2$ kp

51. Alle drei Einrichtungen haben die Wirkung einer festen Rolle. Mit ihrer Hilfe werden die Richtungen von Kräften geändert. Dabei gilt theoretisch

für die Kräfte: $F_1 = F_2$,

für die Wege: $s_1 = s_2$,

für die Arbeiten: $W_1 = W_2$.

In Wirklichkeit sind die aufgenommenen Arbeiten größer als die abgegebenen und der Wirkungsgrad kleiner als 1. Die drei Einrichtungen unterscheiden sich durch ihren Wirkungsgrad. Er ist am kleinsten beim einfachen Stab, weil dabei die größ-

te Reibungskraft auftritt. Die Verwendung eines Ringes oder einer Rolle ermöglicht die Verringerung der Reibungskraft und hat eine Vergrößerung des Wirkungsgrades zur Folge.

53. $F = 24$ kp

54. $h = 0{,}75$ m

55. $F = 430$ kp;
    $W = 51\,600$ kpm

56. Bild 37;
    $l = \frac{W}{F} = 60$ m;
    $h = \frac{W}{G} = 12$ m

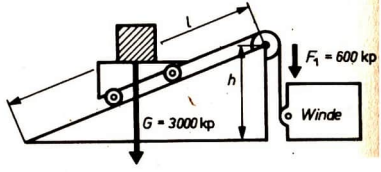


Bild 37 zu Lösung 56

57. Bild 38 a bis d

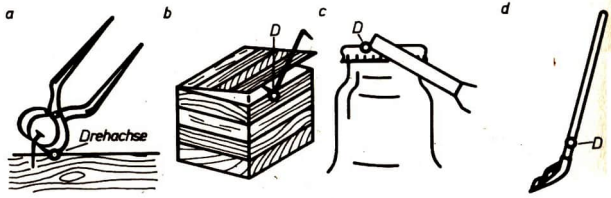


Bild 38 zu Lösung 57

58. $F_1 = 75$ kp

59. $l_2 : l_1 = 40 : 110$;
    $F_2 : F_1 = 110 : 40$; $F_1 \approx 29$ kp

60. $F \approx 380$ p

61. $F_2 = 2{,}13$ kp

62. $F_2 = 200$ p

63. Beim Heben: $F_1 = 32$ kp; $W_1 = 24$ kpm,
    Schrotleiter: $F_2 = 8$ kp; $W_2 = 24$ kpm,
    $F_1 = 4 \cdot F_1$; $S_2 = 4 \cdot s_1$; $W_1 = W_2$

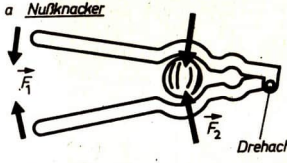
64. Eine Brechstange kann als einseitiger oder als zweiseitiger Hebel verwendet werden.

65. Ab 10. Auflage Weichenstellhebel und Türklinke gestrichen.

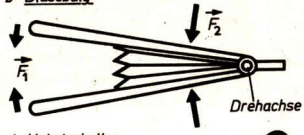
Nußknacker	- einseitiger Hebel
Blasebalg	- einseitiger Hebel
Kartoffelquetscher	- Winkelhebel
Hebelschalter	- einseitiger Hebel
Spaten	- zweiseitiger Hebel (evtl. auch einseitiger)
Pumpenschwengel	- zweiseitiger Hebel (Winkelhebel)
Handbremse am Fahrrad	- zweiseitiger Hebel (Winkelhebel)

Vgl. Bild 39 a bis g!

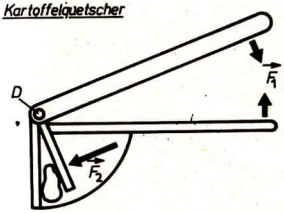
a Nußknacker



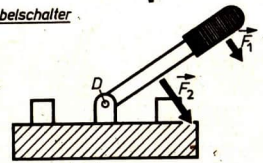
b Blasebalg



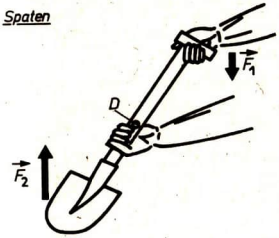
c Kartoffelquetscher



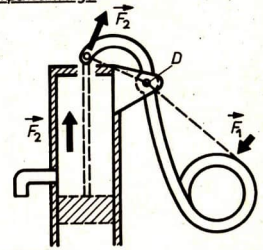
d Hebelschalter



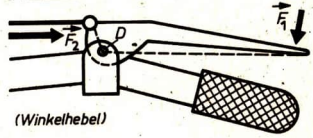
e Spaten



f Pumpenschwengel



g Handbremse



(Winkelhebel)

Bild 39 zu Lösung 65

66. Bild 40 a bis c

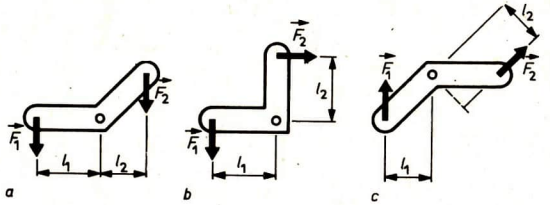


Bild 40 zu Lösung 66

1.4. Die mechanische Energie

67. Kinetische Energie wird in Rotationsenergie umgewandelt.

68. Beim Fallen der Schnurrolle erfolgt eine Umwandlung ihrer potentiellen Energie in kinetische Energie. Diese Umwandlung ist beendet, wenn der Faden gänzlich abgewickelt ist. Die kinetische Energie erreicht dabei ihren größten Betrag, und ermöglicht eine Bewegung der Rolle nach oben. Die kinetische Energie wird wieder in potentielle Energie umgesetzt, am Körper wird Hubarbeit verrichtet. Beim Erreichen des höchsten Punktes ist diese Umwandlung abgeschlossen. Die Rolle erreicht allerdings nicht mehr ihre ursprüngliche Höhe, da ein Teil ihrer mechanischen Energie durch Reibung in Wärmeenergie umgesetzt wird. Dann wiederholt sich der Vorgang.

69. W = 14,4 kpm. Beim Dachdecken wurde am Ziegel Hubarbeit verrichtet.

70. $h = \frac{W_{kin}}{G} = 25{,}2$ m. Bei einem Zusammenstoß würde Verformungsarbeit verrichtet werden.

71. Bei 3 m sind es 210 kpm, bei 5 m sind es 350 kpm, und bei 10 m sind es 700 kpm.

72. a) W = 1 500 kpm.

b) Ein Teil der mechanischen Energie wird durch die Reibung zwischen den Kufen und dem Schnee und durch den Widerstand der Luft in Wärmeenergie umgewandelt.

73. Das Spielzeugauto wird auf dem Boden angeschoben. Dabei wird die zugeführte Energie auf das Schwungrad übertragen und in Rotationsenergie des Schwungrades umgewandelt. Beim Aufsetzen des Autos auf den Boden wird diese Energie auf die Räder übertragen und das Fahrzeug rollt. Dabei wird die Rotationsenergie in kinetische Energie der geradlinigen Bewegung umgewandelt. Das Fahrzeug kommt wieder zur Ruhe, wenn diese Umwandlung beendet ist. Bei allen Energieumwandlungen tritt die unerwünschte Umwandlung von mechanischer Energie in Wärmeenergie auf, weil an allen bewegten Teilen Reibung auftritt.

74. Die kinetische Energie eines bewegten Körpers ist proportional seiner Masse, wenn die Geschwindigkeit konstant ist. Daher hat der Lkw mit einer Masse von 4 000 kg eine größere kinetische Energie als der Pkw mit einer Masse von 1 500 kg.

75. Von zwei Körpern mit gleich großem Volumen hat der die größere Gewichtskraft, der die größere Dichte hat. Das trifft in diesem Fall für Blei zu, das nach der Gleichung $W_{pot} = G \cdot h$ auch die größere potentielle Energie gegenüber dem Fußboden hat.

76. Bei allen drei Naturerscheinungen treten große kinetische Energien auf, bei Lawinen und Hochwasser vor allem infolge der großen Massen, bei Sturm wegen der großen Geschwindigkeiten der bewegten Luft. (Auch Lawinen und Hochwasser können sich mit beträchtlichen Geschwindigkeiten bewegen, wodurch ihre mechanische Energie noch größer wird.)

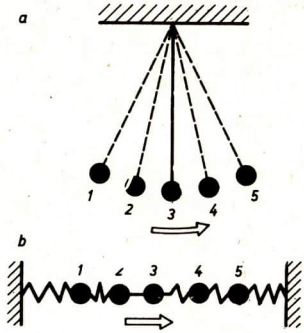


Bild 41 zu Lösung 78

77. Siehe Lösung zu Aufgabe 68!
Weitere Beispiele:
- Die Schwingung eines Federschwingers,
- die Schwingung eines Fadenpendels,
- das "Hüpfen" einer Glas- oder Stahlkugel auf einer elastischen Unterlage.

78. Bild 41 a und b

Stellung	1	2	3	4	5
W_{pot}	besitzt Höchstwert	wird kleiner	ist Null	wird größer	besitzt Höchstwert
W_{kin}	ist Null	wird größer	besitzt Höchstwert	wird kleiner	ist Null

Diese Umwandlungen wiederholen sich.

79. Die Antriebsenergie wird
a) als potentielle Energie der hochgezogenen Gewichte,
b) als Spannenergie der aufgezogenen Spiralfeder gespeichert.

80. Infolge seiner Energie verrichtet der fallende Rammbär am einzurammenden Pfahl eine Arbeit, deren Betrag gleich dem Betrag der Energie ist (von unerwünschten Energieumwandlungen abgesehen). Die Energie verschwindet nicht, sie wird in mechanische Arbeit umgesetzt.

81. - Die überschüssige, für die Versorgung von Industrie und Haushalten nicht benötigte Elektroenergie (nachts) wird zum Antrieb großer Elektromotoren verwendet:

$$W_{el} \longrightarrow W_{rot}$$

- Die Motoren treiben Kreiselpumpen an, welche das Wasser in das Speicherbecken pumpen.

$$W_{rot} \longrightarrow W_{pot}$$

- Dieses Wasser wird dem Speicherbecken in Spitzenbelastungszeiten wieder entnommen, es strömt durch die Rohrleitungen talabwärts.

$$W_{pot} \longrightarrow W_{kin}$$

- Das strömende Wasser treibt Turbinen an.

$$W_{kin} \longrightarrow W_{rot}$$

- Die Turbinen treiben Generatoren.

$$W_{rot} \longrightarrow W_{el}$$

- Die Elektroenergie wird in das Verbundnetz eingespeist und dient zur Entlastung anderer Kraftwerke.
(Die Anlagen sind so konstruiert, daß der Generator auch als Motor geschaltet werden kann und die Turbine auch als Pumpe verwendet wird.)

82. Die Töpferscheibe wird vom Töpfer mit den Füßen angetrieben. Beim Arbeiten wäre es aber beschwerlich, mit den Füßen ständig die Scheibe anzustoßen und gleichzeitig mit den Händen eine künstlerische Arbeit auszuführen. Daher hat die Töpferscheibe eine sehr große Masse. Zunächst wird sie mit den Füßen in Gang gesetzt. Wegen der großen Masse ist dann in der rotierenden Scheibe so viel Energie gespeichert, daß sie sich beim Formen eines Gefäßes auch dann weiter dreht, wenn ihr nicht ständig mit den Füßen neue Energie zugeführt wird. Der Töpfer kann sich dann ganz auf die Arbeit seiner Hände konsentrieren.

83. Von zwei Körpern, die aus dem gleichen Stoff bestehen, hat der die größere Gewichtskraft, der das größere Volumen hat. Da die potentielle Energie eines Körpers gegenüber einem bestimmten Niveau proportional seiner Gewichtskraft ist, hat der linksstehende Körper die größere potentielle Energie gegenüber dem Fußboden.

84. Wenn zwei Körper gleich große Volumina haben und aus dem gleichen Stoff bestehen, so haben sie auch gleich große Gewichtskräfte. Derjenige von beiden, der die größere Höhe gegenüber einem bestimmten Niveau hat, besitzt dann die größere potentielle Energie. Das trifft in Bild 111/2 für die linke Kugel zu.

85. - Die Kugel wird zunächst gehoben. Dabei wird an ihr Hubarbeit verrichtet, die als potentielle Energie gespeichert wird.
- Beim Fallen wird potentielle Energie in kinetische Energie umgewandelt.

- Diese Umwandlung ist beim Aufprall auf den Boden abgeschlossen. Beim Aufprall wird die Kugel verformt, wobei Verformungsarbeit verrichtet wird. Dabei wird die kinetische Energie in Spannenergie der elastischen Kugel umgewandelt.
- Infolge ihrer Elastizität nimmt die Kugel wieder ihre ursprüngliche Form an. Dabei wird Beschleunigungsarbeit verrichtet und Spannenergie wieder in kinetische Energie umgewandelt.
- Dadurch steigt die Kugel wieder, an ihr wird Hubarbeit verrichtet und kinetische Energie in potentielle Energie umgewandelt.
- Die Kugel erreicht ihre ursprüngliche Höhe aber nicht mehr, weil ständig mechanische Energie in Wärmeenergie umgewandelt wird und diese Umwandlung nicht umkehrbar ist. Wärme entsteht vor allem infolge der inneren Reibung beim Deformieren der Kugel, aber auch durch die Reibung zwischen Kugel und Luft beim Fallen und Steigen.

86. W = 600 kpm

87. a) Verhalten sich die Fahrtgeschwindigkeiten wie 1 : 2 : 4, so verhalten sich die Bremswege
- bei trockener Straße wie 8,6 : 23:70 = 1 : 2,7 : 8,1 ,
- bei nasser Straße wie 13,6 : 42:146= 1 : 3,1 : 10,7.
Bei gleich großen Geschwindigkeiten verhalten sich die Bremswege auf schmieriger Straße zu denen auf trockener Straße
- bei 20 $\frac{km}{h}$: wie 13,6 : 8,6 = 1,6 : 1 ,
- bei 40 $\frac{km}{h}$: wie 42 : 23 = 1,8 : 1 ,
- bei 80 $\frac{km}{h}$: wie 146 : 70 = 2,1 : 1 .

b) Die kinetische Energie wird beim Bremsen durch Reibung in Wärmeenergie umgewandelt.

c) Beim Fahren mit Kraftfahrzeugen sind entsprechende Sicherheitsabstände einzuhalten.
- Die Sicherheitsabstände müssen bei nasser Fahrbahn mehr als doppelt so groß sein wie bei trockener Fahrbahn. Bei vereisten Straßen müssen sie noch größer sein.

- Da man die Geschwindigkeit des Fahrzeuges am Tachometer ablesen kann, die Entfernung zu anderen Fahrzeugen aber schätzen muß (ungenau!), sollte man bei nasser oder vereister Fahrbahn außerdem mit verminderter Geschwindigkeit fahren. Man braucht dann nicht so lange Bremswege und begegnet außerdem der Schleudergefahr infolge unzureichender Bodenhaftung.

1.5. Die Leistung

88. Beide Jungen verrichten zwar gleich große Arbeiten, jedoch ist die Leistung von Hans größer als die von Fritz.

    Hans: $P = 4 \frac{kpm}{s}$; Fritz: $P = 3 \frac{kpm}{s}$

89. $P = 200 \frac{kpm}{s}$

90. $P = 450 \frac{kpm}{s}$

91. $P = 30 \frac{kpm}{s}$

92. $P = 1200 \frac{kpm}{s}$

93. $W = 450\,000$ kpm

94. Reibungskraft: $F_R = 1$ kp; Reibungsarbeit $W_R = 20$ kpm,

    Leistung: $P = 2 \frac{kpm}{s}$

95. a) "Hucker": $P = 2{,}5 \frac{kpm}{s}$,

    b) feste Rolle: $P = 9{,}4 \frac{kpm}{s}$,

    c) Lastenaufzug: $P = 37{,}5 \frac{kpm}{s}$

96. Bei konstanter Leistung ist die wirkende Kraft umgekehrt proportional der Geschwindigkeit des Fahrzeuges.
    Das heißt: Bei kleiner Geschwindigkeit kann mit Hilfe des Untersetzungsgetriebes eine große Kraft (eigentlich: ein großes Drehmoment!) auf die Straße übertragen werden. Dadurch wird eine Fahrt bergan oder im unwegsamen Gelände möglich (Geländefahrzeuge).

97. a) Gewichtheber: $P = 138 \frac{kpm}{s}$,

    b) Hochspringer: $P = 715 \frac{kpm}{s}$

98. Zum Beispiel:

a) $G = 50$ kp; $h = 4$ m; $t = 4$ s; $P = 20 \frac{\text{kpm}}{\text{s}} \approx 200$ W,

b) $P_{\text{Klett.}} : P_{\text{Roll.}} = 200 \text{ W} : 2\,500 \text{ W} = 1 : 12{,}5$,

$P_{\text{Klett.}} : P_{\text{Staub.}} = 200 \text{ W} : 300 \text{ W} = 2 : 3$

99. Man mißt die Höhe der Wohnung gegenüber dem Keller und die Zeit, die zum Hinauftragen der Kohlen benötigt wird. Dann wird die Leistung berechnet:

$$P = \frac{(n \cdot G_1 + G_2) \cdot h}{t}$$

n = Anzahl der Briketts,
G_1 = Gewichtskraft eines Briketts,
G_2 = Gewichtskraft des Eimers,
h = Höhe der Wohnung gegenüber dem Keller,
t = Zeit, die zum Tragen benötigt wird

1.6. Zur Wiederholung

101. $\eta = \frac{W_{ab}}{W_{auf}} = 0{,}7$; $W_{auf} = \frac{W_{ab}}{0{,}7} = 286$ kpm

102. An der festen Rolle herrschte Gleichgewicht (theoretisch), wenn $F_1 = F_2$. Das trifft für den 1. Fall (linke Zeichnung im Bild 113/1) zu.
Für den 2. Fall kann man das Gleichgewicht herstellen, indem man Körper anhängt; zu dem Körper mit 4 kp Gewicht noch einen Körper von 1 kp Gewicht und zu dem Körper mit 3 kp Gewicht noch einen mit 2 kp Gewicht. Soll im Fall 2 nur mit den vorhandenen Körpern das Gleichgewicht hergestellt werden, so wird zusätzlich eine lose Rolle benötigt (Bild 42).

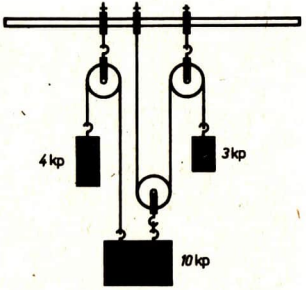


Bild 42 zu Lösung 102

Im 3. Fall besteht Gleichgewicht.
Im 4. Fall kann man es herstellen, indem man am Körper mit 8 kp Gewichtskraft einen Körper mit einer Gewichtskraft von 2 kp befestigt.

103. a) Die Kiste hängt an 6 Seilstücken; es gibt 3 lose Rollen,
b) die Kiste hängt an 2 Seilstücken; es gibt 1 lose Rolle,
c) die Kiste hängt an 4 Seilstücken; es gibt 2 lose Rollen.

104. $F = 22{,}5$ kp; $W = 180$ kpm

105. Statt der Rollreibung am Flaschenzug tritt am Klobenzug Gleitreibung auf. Dabei ist $\mu_{roll} < \mu_{gleit}$.
Daher hat der Flaschenzug einen besseren Wirkungsgrad als der Klobenzug.

106. Ab 8. Auflage: Beschreibe die Wirkungsweise ...!
Der Seilspanner ist ein Flaschenzug mit 3 losen und 3 festen Rollen sowie 6 "tragenden" Seilstücken. Wirkungsweise siehe Lösung 39!

107. Jede Öse wirkt wie eine lose Rolle (Bild 43).

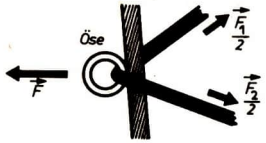


Bild 43 zu Lösung 107

110. Ein Teil der mechanischen Energie des Skifahrers wird durch Reibung in Wärmeenergie umgewandelt.

111. Ein "Perpetuum mobile" steht im Widerspruch zum Satz von der Erhaltung der Energie, der einen gesicherten Erfahrungssatz darstellt.
Für reibungsfreie mechanische Vorgänge wird er beschrieben durch die Gleichung:

$$W_{pot} + W_{kin} = \text{konst.}$$

Da aber keine Maschine reibungsfrei arbeitet, wird ständig mechanische Energie in Wärmeenergie umgewandelt, so daß erst

$$W_{pot} + W_{kin} + W_{Wärme} = \text{konst.}$$

ist.
Da die Umwandlung mechanischer Energie in Wärmeenergie nicht umkehrbar ist, wird die Wärmeenergie immer größer,

die mechanische Energie hingegen wird immer kleiner, bis $W_{pot} = W_{kin} = 0$. Das aber bedeutet Stillstand der Maschine.

112.

Größe	Formelzeichen	Definition	Einheiten
Länge	l	-	mm, cm, dm, m, km
Flächeninhalt	A	$A = a \cdot b$	mm^2, cm^2, dm^2, m^2 a, ha, km^2
Volumen	V	$V = a \cdot b \cdot c$	mm^3, cm^3, dm^3, m^3 ml, l, hl
Zeit	t	-	s, min, h
Masse	m	-	mg, g, kg, t
Gewichtskraft	G	-	mp, p, kp, Mp
Kraft	F	-	mp, p, kp, Mp
Temperatur	ϑ	-	^oC, ^oK
Geschwindigkeit	v	$v = \frac{s}{t}$	$\frac{cm}{s}$, $\frac{m}{s}$, $\frac{m}{min}$, $\frac{km}{s}$, $\frac{km}{h}$
Dichte	ϱ	$\varrho = \frac{m}{V}$	$\frac{g}{cm^3}$, $\frac{kg}{dm^3}$
Wichte	γ	$\gamma = \frac{G}{V}$	$\frac{p}{cm^3}$; $\frac{kp}{dm^3}$; $\frac{kp}{m^3}$
Arbeit	W	$W = F \cdot s$	pcm, kpm, Ws
Energie	W	$W_{pot} = G \cdot h$	pcm, kpm, Ws
Leistung	P	$P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot s}{t}$	$\frac{kpm}{s}$, W
Wirkungsgrad	η	$\eta = \frac{W_{ab}}{W_{auf}}$	-
spätere Ergänzung:			
Druck	p	$p = \frac{F}{A}$	$\frac{kp}{cm^2}$; at; Torr; mb

2. MECHANIK DER FLÜSSIGKEITEN UND GASE

2.1. Druckkraft und Druck

113. Fußgänger: $F = 70$ kp; $A = 210$ cm^2, $p = 0{,}33 \frac{kp}{cm^2}$,

Skiläufer: $F = 70$ kp; $A = 1\,400$ cm^2, $p = 0{,}05 \frac{kp}{cm^2}$.

(In den Lösungen wurde der ungünstige Fall berücksichtigt, daß der Boden nur mit einem Fuß bzw. einem Ski berührt wird.)

114. Es kommt darauf an, einen möglichst kleinen Druck auf das Eis auszuüben. Das erreicht man durch die Verteilung des Körpergewichts auf eine möglichst große Fläche. Man legt eine Leiter, eine Tür, ein Brett o. ä. auf das Eis und kriecht darüber vorsichtig zu dem verunglückten Kind.

115. Durch den Hohlschliff (Bild 44) wird die Berührungsfläche zwischen Eis und Schlittschuh sehr klein und der Druck deswegen sehr groß. (Der Schmelzpunkt des Eises ist druckabhängig und sinkt dort, wo die Schlittschuhe das Eis berühren, so weit, daß das Eis schmilzt. Es entsteht ein Wasserfilm zwischen Schlittschuh und Eis, der wie ein Schmiermittel wirkt und die Gleitfähigkeit der Schlittschuhe verbessert. Hört der Druck auf dem Eis auf, so steigt die Schmelztemperatur wieder, und das Wasser gefriert.)



Bild 44 zu Lösung 115

116. $p = 400 \frac{kp}{cm^2}$

117. - Es werden besonders breite Reifen verwendet, die eine möglichst große Auflagefläche haben.
- Die Reifen werden nur mit geringem Überdruck aufgepumpt, damit sie sich leicht verformen können und eine große Auflagefläche mit dem Boden haben.

(Um die Auflagekraft zu vergrößern, werden sie oft teilweise mit Wasser gefüllt. Dadurch wird die Bodenhaftung verbessert.)

- Die Reifenbreite wird durch die Montage breiter Zusatzreifen vergrößert.
  (Zusatzreifen aus Stahl sind oft mit spitzen Stahlstollen versehen, die eine bessere "Griffigkeit" im Boden bewirken, ein Befahren von befestigten Straßen aber unmöglich machen.)
- Statt der Reifen werden wie beim Panzer Gleisketten verwendet.

118. $A = \frac{F}{p}$; $A \approx 1\,360\ cm^2$; $A \approx 0{,}14\ m^2$

119.

Würfel	Zylinder
$A = 12\ cm^2$	$A = 12{,}6\ cm^2$
$p = 0{,}120\ \frac{kp}{cm^2}$	$p = 0{,}124\ \frac{kp}{cm^2}$

Der Zylinder übt auf seine Unterlage einen größeren Druck aus als der Würfel.

120. Der Ziegel drückt sich um so tiefer in den Sand ein, je größer der von ihm ausgeübte Druck ist. Dieser ist um so größer, je kleiner die Auflagefläche ist.

2.2. Der Kolbendruck

122. a) $F_1 = 60$ kp; b) $W = 12\,000$ kpm; $s_1 = 200$ m;

c) $p = 20\ \frac{kp}{cm^2} = 20$ at

123. $p = 41\ \frac{kp}{cm^2}$

124. $F = 804$ kp

125. Der Versuch weist die allseitige Druckausbreitung in Flüssigkeiten nach.

126. Der Druck auf den Korken wird durch die Flüssigkeit übertragen. Da sie selbst nahezu inkompressibel ist, steigt das Wasser im Tablettenröhrchen und komprimiert die Luft. Dabei wird ihr Volumen kleiner und ihr Druck größer. Dringt genügend Wasser in das Tablettenröhrchen ein, so wird dessen Wichte größer als die des Wassers, und das Röhrchen sinkt.

2.3. Der Schweredruck

127. $p = 0{,}85 \frac{kp}{cm^2}$; $F = 85$ kp;

(Es wurde nur der Schweredruck des Wassers, nicht aber der atmosphärische Luftdruck berücksichtigt.)

128. Gesamter Schweredruck: $p_1 = 1\,133$ at,

Druckanteil vom Salzgehalt herrührend: $p_2 = 33$ at

129. $h = 27$ m (falls die Wichte $1 \frac{p}{cm^3}$ beträgt)

130. $p_m = 0{,}7 \frac{kp}{cm^2}$; $A = 21\,000\,000\ cm^2$; $F = 14\,700$ Mp

131. Das Wasser steigt in allen Röhren um den gleichen Betrag. Es wird die allseitige und gleichmäßige Druckausbreitung in Flüssigkeiten demonstriert.

132. $p = 0{,}6 \frac{kp}{cm^2}$; $F = 60$ kp

133. Die Gasblase wird durch den Schweredruck des Wassers zusammengedrückt. Dabei befindet sich der Innendruck im Gleichgewicht mit dem äußeren Schweredruck. Steigt die Blase nach oben, so wird der (äußere) Schweredruck kleiner, und zwar im gleichen Maße, wie die Wassertiefe kleiner wird. Es stellt sich dabei ständig Druckausgleich ein, d. h., auch der Druck in der Blase wird kleiner. Das aber hat zur Folge, daß sich die Blase ausdehnt; ihr Volumen und damit ihr Durchmesser werden größer.

134. Bläst man in die kleine Öffnung in der Krümmung des U-Rohres, dann wirkt der Luftdruck in gleicher Weise auf beide Wassersäulen, und deren Wasserspiegel sinken. Erreicht der Wasserspiegel in dem kürzeren Rohr den unteren Rand dieses Rohres, so entweicht die eingeblasene Luft in Blasenform durch das Wasser nach außen. Der Luftdruck kann in diesem Teil des U-Rohres nicht mehr größer werden. Da aber beide Schenkel des U-Rohres miteinander verbunden sind, stellt sich zwischen beiden ein Druckausgleich ein, und auch im längeren Schenkel wird der Druck nicht mehr größer. Daher sinkt der Wasserspiegel auch im längeren Rohr beim weiteren Blasen nicht weiter als bis zum unteren Rand des kürzeren Schenkels.

135. Der Schweredruck in Kochsalzlösung ist in gleichen Tiefen größer als in reinem Wasser, weil Kochsalzlösung eine größere Wichte als Wasser hat. Flüssigkeitssäulen, die den gleichen Schweredruck ausüben, sind daher bei der Kochsalzlösung kürzer als bei reinem Wasser.
Beim Blasen in die kleine Öffnung wird aber auf beide Flüssigkeiten der gleiche Luftdruck ausgeübt, und der Flüssigkeitsspiegel sinkt in dem mit Wasser gefüllten Rohr stärker als im Rohr mit der Kochsalzlösung.

138. Bei waagerechter Lage des Röhrchens besteht die Möglichkeit, daß das Wasser in das Röhrchen fließen und einen Teil der Luft daraus verdrängen kann. Dadurch wird die Gewichtskraft des Röhrchens (und seine Wichte) größer, und es taucht tiefer ins Wasser ein. Das Wasser im Röhrchen nimmt seine tiefstmögliche Lage ein, wodurch sich das Röhrchen aufrichtet.

139. Durch den Schweredruck des Wassers wird die Platte an den Zylinder gedrückt und fällt auch nach Loslassen des Fadens nicht ab (gute Abdichtung vorausgesetzt).
Theoretisch fällt die Platte erst dann ab, wenn der Wasserspiegel im Inneren des Zylinders das gleiche Niveau erreicht wie außen. Die Platte fällt aber schon etwas früher, da ihr Eigengewicht zur Druckkraft der inneren Wassersäule addiert werden muß. (Adhäsion wurde nicht berücksichtigt.)

140. Die Druckkraft auf den Deckel des Weckglases ist proportional der Differenz zwischen dem äußeren und dem inneren Luftdruck.
$\Delta p = 715$ Torr; $\Delta p = 71{,}5$ cm Quecksilbersäule
$F = A \cdot \gamma \cdot h = A \cdot \gamma_{Hg} \cdot 71{,}5$ cm
$F = 74$ kp

141. Saugpumpen können das Wasser im Idealfalle etwa 10 m hoch pumpen, da ihre Funktion auf der Wirkung des atmosphärischen Luftdrucks beruht und dieser nur einer Wassersäule von etwa 10 m Höhe das Gleichgewicht halten kann. Im vorliegenden Fall müssen daher Druckpumpen verwendet werden, die zunächst auch das Wasser ansaugen, es dann aber auf große Höhen drücken können. Sie müssen weniger als 10 m über dem Wasserspiegel installiert werden und müssen das Wasser mehr als 40 m hoch drücken.

143. Durch das Absaugen der Luft wird der Luftdruck im Röhrchen kleiner als der atmosphärische Luftdruck, der das Wasser in das Trinkröhrchen drückt.

144. Beim Anpressen des Saugers an die Kachelwand wird ein Teil der Luft aus dem Hohlraum des Saugers gedrückt. Der Luftdruck im Hohlraum wird daher kleiner als der atmosphärische Luftdruck, der den Sauger an die Kacheln preßt.

145. Die Druckdose ist balgenartig konstruiert. Dadurch wird es möglich, daß sich ihre Höhe in Abhängigkeit vom Luftdruck ändert. Mit der Dose ist ein Hebelsystem verbunden, das die Bewegung der Dose bei Luftdruckänderungen auf eine Schreibspitze überträgt. Diese zeichnet auf ein Papierband, das durch ein Uhrwerk bewegt wird, eine Kurve.
Der Papierstreifen ist in Längsrichtung in Zeiteinheiten und in vertikaler Richtung in Druckeinheiten geteilt, so daß man nachträglich aus dem Kurvenverlauf feststellen kann, wie groß der Luftdruck zu den verschiedenen Zeiten war.
Da die Schreibspitze sich auf einer Kreislinie bewegt, müssen auch die Hilfslinien in vertikaler Richtung Kreisbögen sein.

146. Der Druck der im Zylinder eingeschlossenen Luft ist kleiner als der äußere Luftdruck. Dabei gilt $p_{at} = p_i + p_W$.
(p_{at} = Größe des atmosphärischen Luftdrucks)
(p_i = Größe des inneren Luftdrucks)
(p_W = Schweredruck der Wassersäule von 10 cm Höhe)
Daraus folgt $p_W = 0{,}01$ at und $p_i = 0{,}99$ at
(wenn $p_{at} = 1$ at).

147. Beim Ansaugen der Tinte wird mit Hilfe eines Kolbens oder eines Gummiballs das Volumen des Tintenbehälters vergrößert. Dadurch wird der Luftdruck im Tintenbehälter kleiner als der atmosphärische Luftdruck, der die Tinte in den Behälter drückt.
Sinkt der äußere Luftdruck (z. B. beim Besteigen hoher Berge oder beim Fliegen in Flugzeugen ohne Druckkabine), dann reicht oft der äußere Luftdruck nicht mehr aus, um das Auslaufen der Tinte zu verhindern; der Füllhalter "kleckst".

148. Hoch - Der Luftdruck ist größer als der Normaldruck.
Tief - Der Luftdruck ist kleiner als der Normaldruck.

149. $F = 2{,}58$ kp

150. Die Gewichtskraft des Balls ist nach dem Aufpumpen größer. Sie wird um den Betrag des Gewichtes der eingepumpten Luft größer. (Das Volumen wird durch die Lederhülle nahezu konstant gehalten.)

151. Der Luftdruck wirkt allseitig, also auch von unten nach oben gegen die Kartonscheibe. Er ist größer als der Schweredruck der Flüssigkeitssäule im Zahnputzglas und verhindert daher das Abfallen des Kartons (Bild 45).
Gleiche Versuchsergebnisse stellen sich bei Wassersäulen bis annähernd 10 m Länge ein.
Bei Verwendung eines Gefäßes mit sehr kleiner Öffnung kann man auch ohne Kartonscheibe auskommen.

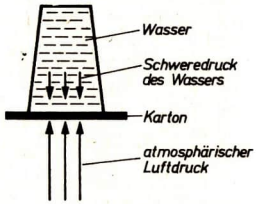


Bild 45 zu Lösung 151

2.4. Der statische Auftrieb

152. Der Tiefgang des Schiffes wird auf dem Meer kleiner. Wegen seines Salzgehaltes hat das Meerwasser eine größere Wichte als das Flußwasser und ruft daher einen größeren Auftrieb am Schiff hervor als dieses.

153. Die Kraft ergibt sich als Differenz aus dem statischen Auftrieb und der Gewichtskraft des Balls.

$F_A = 4$ kp, $F = 3{,}7$ kp (γ_{Wasser} sei gleich 1 $\frac{p}{cm^3}$)

154. Im Meerwasser erfährt der Körper des Schwimmers wegen der größeren Wichte einen größeren Auftrieb als in Binnengewässern.

155. Das Schwimmdock ist ein Hohlkörper. Seine Gewichtskraft ist kleiner als der statische Auftrieb im Wasser, und sei-

ne Wichte ist kleiner als die des Wassers. Das Dock schwimmt daher und taucht nur wenig ins Wasser ein. Soll ein Schiff aufgedockt werden, so wird das Dock zunächst geflutet, dabei strömt Wasser in die Hohlräume. Die Gewichtskraft des Docks wird dadurch größer, und es taucht tiefer ins Wasser ein. Es wird so weit abgesenkt, daß das Schiff eingeschwommen werden kann.
Ist das geschehen, so wird das Wasser wieder aus den Hohlräumen gepumpt, die Gewichtskraft des Docks wird kleiner, und der Auftrieb hebt es jeweils so weit, daß die Gewichtskraft des Docks und der statische Auftrieb gleich groß sind. Das Dock ist so konstruiert, daß sein Auftrieb ausreicht, um das Schiff ganz aus dem Wasser zu heben.

156. Die Flut hebt das Schiff mit an; der Matrose auf der Leiter braucht seinen Platz nicht zu verlassen.

157. a) $V_{Eis} = \frac{G_{Eis}}{\gamma_{Eis}} = 200\ m^3$

b) Da der Eisberg im Wasser schwimmt, sind seine Gewichtskraft und die Gewichtskraft der verdrängten Flüssigkeit gleich groß.

$G_{Wass.} = 180$ Mp; $V_{Wass.} = 175\ m^3$

c) Die Höhen des "Wasserquaders" und des "Eisquaders" stehen im umgekehrten Verhältnis zueinander wie die Wichten von Wasser und Eis.
Daraus folgt:
$h_{Wass.} = 0{,}874 \cdot h_{Eis}$.

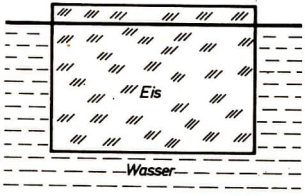


Bild 46 zu Lösung 157

Die Scholle (Bild 46) taucht zu 87,4 % ins Wasser und ragt etwa zu 12,6 % daraus hervor (etwa 1/8).

58. a) $V_{Holz} = 600\ cm^3$,
$V_{Wass} = 0{,}6 \cdot V_{Holz} = 360\ cm^3$,

$G_{Holz} = G_{Wass} = 360$ p,

b) $\gamma_{Holz} = 0{,}6 \frac{p}{cm^3}$

159. Die Gewichtskraft der Dose wird um 25 p größer, und es werden durch sie zusätzlich 25 p Wasser verdrängt. Entsprechend der Grundfläche von 10 cm^2 muß die entsprechende Wassersäule eine Höhe von 2,5 cm haben. Die Dose sinkt also 2,5 cm tiefer.

160. a) $G_{He} = \gamma_{He} \cdot V_{He} = 324$ kp

b) Gesamtgewicht des Ballons: G = 624 kp

c) Auftrieb: $F_A = \gamma_{Luft} \cdot V = 2\,160$ kp

d) Tragfähigkeit: $F_T = 2\,160$ kp - G - $F_{Steig.} = 1\,406$ kp

e) Anzahl der Passagiere: $n = F_T : 70$ kp = 20

Dieses Ergebnis hat nur theoretische Bedeutung, denn die Gondel ist meist zu klein, um 20 Personen aufnehmen zu können.

161. Das Kartoffelstück steigt mit zunehmender Konzentration der Salzlösung nach oben, weil die zunehmende Wichte einen größeren Auftrieb verursacht.

162. Kurz vor dem Sinken ist die Dose fast bis zum Rand mit Wasser gefüllt. Die Gewichtskraft der noch fehlenden Wassermengen ist gleich dem Eigengewicht der Dose. Es ist im Vergleich zur Gewichtskraft der verdrängten Flüssigkeitsmenge klein. Das Volumen des Bleches, aus dem die Büchse besteht, ist sehr klein und liefert nur einen sehr kleinen Auftrieb. Der größte Teil der Auftriebskraft an der leeren Büchse kommt dadurch zustande, daß dieses Blech zu einem Hohlkörper mit einem großen Volumen geformt wurde, wodurch er eine große Wassermenge verdrängen kann.

163. Beim Schütteln gelangt der Korken an die Oberfläche des Sandes, die Glasmurmel setzt sich am Boden des Gefäßes ab. Der Versuch stellt modellhaft das Schwimmen und das Sinken von Körpern in Flüssigkeiten dar.

164. Beim Aufsetzen des Korkens wird auf das Wasser ein Druck ausgeübt. Da es nahezu inkompressibel ist, wird es durch den Kork verdrängt, dringt in das Röhrchen ein und komprimiert die dort vorhandene Luft.
Die Gewichtskraft des Röhrchens wird durch das eingedrungene Wasser größer, und es sinkt. Der Kork ist porös und kann ein wenig Wasser aufsaugen. Die im Tablettenröhrchen komprimierte Luft kann deshalb Wasser aus dem Röhrchen verdrängen, seine Gewichtskraft wird kleiner als die Auftriebskraft, die das Röhrchen wieder nach oben treibt (Bild 47).



Bild 47 zu Lösung 164

165. Durch die Verwendung einer elektrischen Anzeige kann der Wasserstand auch über große Entfernungen kontrolliert werden. Die Kontakte können nicht so leicht zerstört werden wie ein Wasserstandsglas.
Gegenüber dem Wasserstandsglas hat die elektrische Anzeige den Nachteil, daß sie nur beim Erreichen eines bestimmten Wasserstandes ein Signal gibt, während das Wasserstandsglas auch das Ablesen von Zwischenwerten zuläßt.
Der Schwimmer könnte mit einem Ventil gekoppelt werden, das beim Erreichen des Höchststandes den weiteren Zufluß des Wassers sperrt (Bild 48).

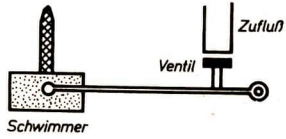


Bild 48 zu Lösung 165

2.5. Strömende Flüssigkeiten und Gase

166. Der Durchmesser des zweiten Rohres ist viermal, seine Querschnittsfläche sechzehnmal so groß wie beim ersten Rohr. Die Strömungsgeschwindigkeit ist daher sechzehnmal kleiner.
$v_2 = 1 \frac{m}{s}$

167. $d_1 = \frac{1}{4} \cdot d_2$; $A_1 = \frac{1}{16} \cdot A_2$; $v_1 = 16 \cdot v_2 = 32 \frac{cm}{min}$

168. Bild 49. Zwischen den beiden Booten ist die Strömungsgeschwindigkeit größer als in der Umgebung. Das hat zur Folge, daß der statische Druck zwischen den beiden Booten kleiner wird und daß der größere äußere Druck die beiden Bootskörper zusammendrückt.
Entscheidend für diese Erscheinung ist die Relativbewegung zwischen dem Strom und den Booten.
Die gleiche Erscheinung wäre zu beobachten, wenn beide Boote durch ruhendes Wasser geschleppt würden.

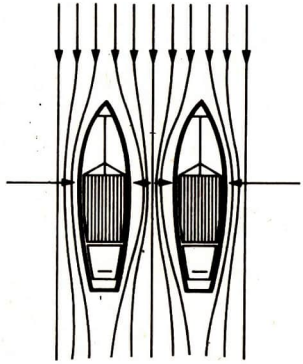


Bild 49 zu Lösung 168

169. $A_1 = 2\,826\ cm^2 = 2\,355 \cdot A_2$
$v_2 = 2\,355 \cdot v_1 = 2\,355 \frac{cm}{min}$

170. Bild 50. $A = 48\ m^2$;
$F = 48\ m^2 \cdot 24 \frac{kp}{m^2} = 1\,152\ kp$

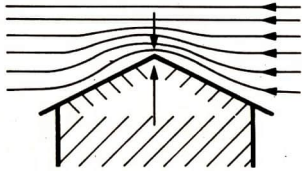


Bild 50 zu Lösung 170

171. Siehe Lösung 168!

172. Die Kugel nähert sich der Wand des Standzylinders. Der statische Druck zwischen der Kugel und der Zylinderwand wird beim Zunehmen der Strömungsgeschwindigkeit kleiner als im übrigen Gefäß. Der größere statische Druck im Gefäß drückt die Kugel gegen die Wandung (Bild 51).

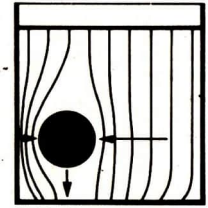


Bild 51 zu Lösung 172

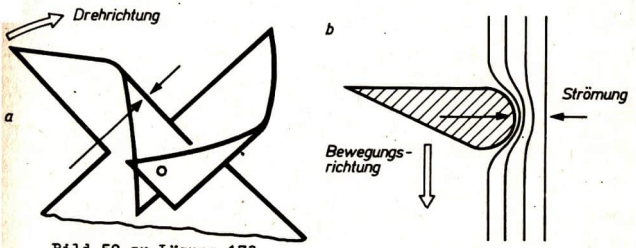


Bild 52 zu Lösung 173

173. Bewegt man das Windrad quer zu seiner größten Ausdehnung, so umströmt die Luft gekrümmte Flächen. An diesen wird die Strömungsgeschwindigkeit besonders groß, was einen kleinen statischen Druck zur Folge hat. Die Druckdifferenz ist die Ursache für die Drehung, die in Richtung der gekrümmten Flächen erfolgt (Bild 52).

174. Das Wasser kann wegen der Kapillarwirkung in das Löschpapier eindringen.

Klasse 8

1. WÄRMELEHRE

1.1. Wärmeenergie

1. a) 218 °K b) - 87 °C c) 273 °K
   d) - 173 °C e) 373 °K f) - 273 °C

2. Die Zustandsgröße Temperatur kennzeichnet die mittlere kinetische Energie der Teilchen. Diese ist stets größer als Null, auch dann, wenn die in Grad Celsius gemessene Temperatur kleiner als Null ist.

3. Temperaturangaben können ohne Mitteilung über die verwendete Skale nicht miteinander verglichen werden.
   Der eine Schüler meinte $T = 307\ ^{\circ}K$ oder $\vartheta = 34\ ^{\circ}C$
   und der andere $\vartheta = 34\ ^{\circ}C$ oder $T = 307\ ^{\circ}K$.
   Beide meinten also die gleiche Temperatur.

4. $W = 450\ 000\ 000\ 000$ kcal $= 4{,}5 \cdot 10^{11}$ kcal

5. $t = 790$ s $= 13$ min 10 s

6. a) $W = 34{,}5$ kcal,
   b) $W = 735$ kcal

7. Der Wassererhitzer gibt in einer Minute eine Wärmemenge von 125 kcal ab.
   Damit könnten z. B. 125 l Wasser (125 kg) in einer Minute um 1 grd bzw. 25 l (25 kg) in einer Minute um 5 grd erwärmt werden.

8. Die Temperaturdifferenz wird umso größer, je kleiner die spezifische Wärme des entsprechenden Stoffes ist. Daraus ergibt sich die Reihenfolge: Blei, Silber, Kupfer, Stahl.

9. Wasser: $W_1 = 60$ kcal, Topf: $W_2 = 4{,}2$ kcal,
   Gesamte Wärmemenge: $W = 64{,}2$ kcal

10. $\Delta\vartheta = 55{,}5$ grd, $\vartheta = 24{,}5\ ^{\circ}C$

11. Die spezifischen Wärmen der beiden Stoffe verhalten sich:

$c_{Wass.} : c_{Glyz.} = 1 : 0{,}57 = 100 : 57.$

Führt man beiden Flüssigkeiten gleiche Wärmemengen zu, so verhalten sich ihre Temperaturänderungen

$\Delta \vartheta_{Wass.} : \Delta \vartheta_{Glyz.} = 57 : 100.$

Glyzerin erreicht eine Temperaturänderung, die fast doppelt so groß wie die des Wassers ist (1,75 mal größer).

12. W = 37,2 kcal

13. Beide Schrauben nehmen die gleiche Temperatur an. Die von ihnen aufgenommenen Wärmemengen jedoch verhalten sich wie ihre spezifischen Wärmen.

$W_{Stahl} : W_{Alu.} = c_{Stahl} : c_{Alu.} = 0{,}12 : 0{,}22 = 6 : 11.$

Aluminium nimmt eine Wärmemenge auf, die 1,84 mal so groß wie die von Stahl aufgenommene ist.

14. Zum Erwärmen von 1 g Platin um 1 grd ist eine Wärmemenge von 0,03 cal erforderlich.

15. Die Temperaturen aller drei Stoffe steigen beim Erwärmen. Die Temperaturdifferenzen hängen bei gleich großen Massen und gleichen aufgenommenen Wärmemengen von der jeweiligen spezifischen Wärme ab.

Wasser hat die größte spezifische Wärme, darum nimmt seine Temperatur nur um 2,5 grd zu.
Bei der Kombination von Wasser und Stahl steigt die Temperatur um 7,6 grd. (Der Zahlenwert ist aufgerundet.) Das Wasser nimmt 7,6 kcal und der Stahl 2,74 kcal auf. Quecksilber hat die kleinste spezifische Wärme. Seine Temperatur wird bei Zufuhr von 10 kcal um 73,5 grd größer.

16. $c = 0{,}03 \frac{cal}{g \cdot grd}$. (Die Kugel kann aus Blei, Gold, Platin, Wismut oder Wolfram bestehen.)

17. $c = 0{,}09 \frac{cal}{g \cdot grd}$

18. Wasser kann besonders große Wärmemengen aufnehmen, weil es von allen Stoffen die größte spezifische Wärme hat. Es kann daher dem zu härtenden Werkzeug sehr schnell große Wärmemengen entziehen und es damit kräftig abschrecken. Seine

Abschreckgeschwindigkeit ist größer als die von Petroleum, Öl oder Preßluft, deren spezifische Wärmen kleiner als die des Wassers sind.

20. a) $W = 150$ kcal; b) $m = 4{,}5$ kg; $V \approx 4{,}5$ l

21. Die Abweichungen vom berechneten Wert kommen dadurch zustande, daß nicht nur ein Wärmeaustausch zwischen den zu mischenden Flüssigkeiten, sondern auch zwischen diesen Flüssigkeiten und dem Kalorimetergefäß, dem Thermometer, dem Rührer und der Umgebung stattfindet.

22. In diesem Fall ist die Zunahme der inneren Energie gleich der aufgenommenen Wärmemenge.

$$\Delta W_i = W_w = 18{,}7 \text{ kcal}$$

23. Die Temperaturschwankungen werden durch das Meer abgeschwächt, das sich im Sommer wegen seiner großen Wassermassen und der großen spezifischen Wärme des Wassers nur langsam erwärmt und dabei große Wärmemengen speichert, die es in den kälteren Jahreszeiten langsam wieder abgibt.

24. Das Kühlwasser entzieht dem Dampf Wärme, so daß er zu Wasser kondensiert. Das Wasser ist von allen bisher bekannten Stoffen am besten als Kühlmittel geeignet, weil es die größte spezifische Wärme hat.

25. Vgl. Lösung 24. Wasser kann von allen Stoffen mit gleicher Masse bei gleichen Temperaturänderungen die größten Wärmemengen aufnehmen und transportieren.

26. Bei gleicher Temperatur haben die Teilchen beider Körper gleich große mittlere kinetische Energien. Daher kann weder der eine Körper Energie abgeben noch der andere Körper Energie aufnehmen. Eine Energieübertragung kann nur dann erfolgen, wenn die Teilchen beider Körper unterschiedlich große mittlere kinetische Energien besitzen. Das bedeutet aber, daß zwischen beiden Körpern ein "Temperaturgefälle" bestehen muß.

27. Die Teilchen des Körpers mit der höheren Temperatur besitzen eine größere mittlere Energie als die Teilchen des Körpers mit der niedrigeren Temperatur. Bei Berührung zweier Körper

mit verschiedenen Temperaturen wird von den Teilchen des Körpers mit der höheren Temperatur solange kinetische Energie an die Teilchen des Körpers mit der niedrigeren Temperatur abgegeben, bis kein Energieunterschied mehr besteht, d. h., bis kein Temperaturunterschied mehr vorhanden ist.

28. Vgl. LB, S. 6/7 !

29. Vgl. LB, S. 6. Die Teilchen führen eine ungeordnete Bewegung aus. Sie bewegen sich im allgemeinen auf zick-zack-förmigen Bahnen. Der von ihnen zurückgelegte Weg ist daher um ein Vielfaches länger als die Luftlinie zwischen der geöffneten Parfümflasche und der Nase der Person, die den Geruch wahrnimmt. Dem längeren Weg der Teilchen entspricht auch eine längere Zeit.

30. Vgl. LB, S. 9! Die Änderung der Temperatur eines Körpers kennzeichnet die Änderung der mittleren kinetischen Energie seiner Teilchen.

31. Von Körpern mit gleicher Masse nimmt bei gleich großen Temperaturdifferenzen der die größere Wärmemenge auf, dessen Stoff die größere spezifische Wärme hat. Dieser Körper gibt auch die größte Wärmemenge ab und schmilzt in die Stearinplatte das tiefste Loch. Ordnet man die Stoffe nach der Tiefe der Löcher, so ist die Reihenfolge: Stahl - Kupfer - Blei.

32. Bei der Temperaturmessung kommt es zu einem Wärmeaustausch zwischen dem Meßobjekt und dem Thermometer. Dabei wird den Teilchen der Thermometerflüssigkeit vom Meßobjekt Energie zugeführt (entzogen). Sie bewegen sich danach mit größerer (kleinerer) Geschwindigkeit. Die freie Weglänge der Flüssigkeitsteilchen wird größer (kleiner) und die Thermometerflüssigkeit dehnt sich aus (zieht sich zusammen). Als Folge davon steigt (sinkt) die Thermometerflüssigkeit im Kapillarröhrchen.
(Die Aussagen in Klammern beziehen sich auf den Fall, daß zu Beginn der Messung die Temperatur des Meßobjekts kleiner als die des Thermometers ist.)
(Der Meßvorgang stellt also eine Wechselwirkung zwischen dem Meßobjekt und dem Meßgerät dar. Der Meßwert wird verfälscht, da das Meßgerät dem Meßobjekt Wärmeenergie zuführt oder entzieht, es aber auf jeden Fall beeinflußt.)

33. Vgl. Lösung 32. Durch den Wärmeaustausch zwischen dem Thermometer und dem Meßobjekt wird diesem Energie zugeführt oder entzogen. Dadurch wird das Meßergebnis der Temperaturmessung umso mehr verfälscht, je größer die Masse des Thermometers im Vergleich zur Masse des Meßobjekts ist.

34. Die spezifische Wärme von Stahl beträgt etwa den achten Teil der spezifischen Wärme von Wasser. Führt man gleich großen Massen von Wasser und Stahl gleiche Wärmemengen zu, so ergibt sich beim Stahl eine achtmal so große Temperaturänderung wie bei Wasser. Nach fünfminütiger Erwärmung ist die Temperatur in dem Glas mit 1 000 g Wasser und 1 000 g Stahl größer als die Temperatur in dem Glas mit 2 000 g Wasser. (Die Temperaturänderungen verhalten sich wie 16 : 5.)

1.2. Zustandsgleichung des idealen Gases

36. - Pendel genau gehender Uhren werden so konstruiert, daß bei Temperaturänderungen ein Längenausgleich erfolgt (Kompensationspendel) und die Pendellänge nahezu konstant bleibt.
    - Lange Rohrleitungen erhalten sogenannte Dehnungsausgleicher, die eine Zerstörung der Rohre durch die Kraftwirkungen bei der Wärmeausdehnung verhindern (vgl. LB, Bild 101/3!).
    - Neue Radkränze für die Räder von Lokomotiven werden glühend gemacht und in diesem Zustand auf die Räder gezogen. Beim Abkühlen ziehen sie sich zusammen und pressen sich fest auf die Räder. In ähnlicher Weise werden neue Zylinderbuchsen in die Zylinderblöcke von Verbrennungsmotoren eingezogen.
    - Leitungen zur Übertragung von Elektroenergie, die im Sommer verlegt werden, müssen so weit durchhängen, daß sie im Winter infolge des Zusammenziehens beim Abkühlen nicht zerreißen.

37. Wegen der mäanderförmigen Krümmung des Rohres kann es sich bei Erwärmung ohne Gefahr des Verbiegens oder Zerbrechens ausdehnen und beim Abkühlen zusammenziehen. (Das Rohr darf jedoch nicht starr mit den Trägern verbunden sein.)

38. Beim Erwärmen dehnt sich das Metall mit dem größten Ausdehnungskoeffizienten stärker als das andere aus. Wegen der starren Verbindung der beiden Metallstreifen biegt sich der Bimetallstreifen in die Richtung des Metalls mit dem kleineren Ausdehnungskoeffizienten. (Das Metall mit dem größeren Ausdehnungskoeffizienten liegt an der äußeren Seite der Krümmung.) Beim Übersteigen der eingestellten Temperatur ist der Streifen so stark gekrümmt, daß er den Schaltkontakt des Gerätes öffnet und damit die weitere Zufuhr von Elektroenergie unterbricht. Sinkt die Temperatur wieder, so biegt sich der Bimetallstreifen wieder in seine alte Stellung zurück und schließt dabei den Schaltkontakt zur Stromzufuhr. Dem Heizkissen wird wieder Elektroenergie zur Umwandlung in Wärmeenergie zugeführt.

39. Die Volumenänderung flüssiger Körper wird in Flüssigkeitsthermometern zur Messung der Temperatur genutzt. Die gebräuchlichsten Thermometerflüssigkeiten sind Quecksilber und Alkohol. Die Thermometerflüssigkeiten müssen eine möglichst hohe Siedetemperatur, eine möglichst niedrige Erstarrungstemperatur (und einen möglichst konstanten Ausdehnungskoeffizienten) haben. Wasser ist unter anderem wegen seiner Anomalie nicht als Thermometerflüssigkeit geeignet. Thermometer mit Alkoholfüllung können nur in einem begrenzten Temperaturbereich verwendet werden, der vor allem durch die niedrige Siedetemperatur begrenzt ist.

40. Zunächst wird das Gefäß erwärmt, und es dehnt sich aus. Der Flüssigkeit steht damit ein größeres Gefäßvolumen zur Verfügung, und der Wasserspiegel sinkt. Er steigt erst wieder, wenn Gefäß und Flüssigkeit annähernd gleiche Temperatur erreicht haben und sich beim weiteren Erwärmen die Flüssigkeit wegen ihres größeren Ausdehnungskoeffizienten stärker als das Gefäß ausdehnt.

41. Erwärmt man Wasser mit einer Temperatur von 0 °C, so zieht es sich bis zum Erreichen der Temperatur 4 °C zusammen.

    Seine Dichte wird dabei größer und erreicht bei 4 °C ihren größten Wert. Bei weiterer Erwärmung dehnt es sich dann wie alle anderen Körper aus; seine Dichte wird dabei ständig

kleiner. Das Quecksilber dehnt sich beim Erwärmen stets aus; seine Dichte wird dabei ständig kleiner.

42. Mit zunehmender Höhe wird der atmosphärische Luftdruck kleiner. Das Füllgas des Ballons kann sich daher bis zum jeweiligen Ausgleich zwischen innerem und äußerem Gasdruck ausdehnen und füllt die Hülle des Ballons immer vollständiger aus. Der Ballon, der beim Start eine tropfenähnliche Form hatte, nimmt allmählich die Form einer Kugel an, weil sich der Innendruck allseitig ausbreitet. (Die Kugel ist von allen Körpern gleichen Volumens derjenige, der die kleinste Oberfläche hat.) In sehr großen Höhen wird der atmosphärische Luftdruck so klein, daß die Ballonhülle durch den Druck des Füllgases zerrissen wird.

43. Durch die Erwärmung im Wasser wird die Hülle des Balles etwas erweicht und kann leicht verformt werden. Zugleich steigt der Druck der in der Zelluloidhülle eingeschlossenen Luft. Die Beule wird durch die Ausdehnung der Luft und die allseitige Druckausbreitung wieder herausgedrückt.

44. Durch die Erwärmung dehnt sich die eingeschlossene Luft und mit ihr die elastische Ballonhülle aus. Bei starker Erwärmung steigt der Ballon leicht nach oben, weil die erwärmte Luft in der Ballonhülle eine kleinere Dichte als die Zimmerluft hat.

45. Im Inneren der Traglufthalle ist der Luftdruck etwas größer als der atmosphärische Luftdruck. Durch den Einbau einer Luftschleuse wird der Druckausgleich beim Betreten oder Verlassen verhindert bzw. vermindert.
Der Überdruck in der Halle ist erforderlich, um die Hülle zu tragen. Sie würde im Falle eines vollständigen Druckausgleichs in sich zusammenfallen.
(Damit der Überdruck in der Halle aufrecht erhalten wird, muß ständig durch ein Gebläse neue Luft ins Innere geblasen werden.)

46. Gegen den äußeren Luftdruck kann nur solange Gas aus der Flasche strömen, bis der Druck in der Flasche gleich dem atmosphärischen Luftdruck ist. Eine vollständige Entleerung der Flasche wäre nur dann möglich, wenn der äußere Luftdruck

gleich Null wäre. 3 052 l können nur dann entnommen werden, wenn der Druck innen und außen 1 at beträgt. Bei diesem Druck von 2 at verbleiben in der Flasche 80 l bezogen auf einen Druck von 1 at.

47. Durch die Reibung zwischen dem Reifen und dem Straßenbelag, durch die Berührung mit dem erwärmten Straßenbelag und durch die direkte Sonneneinstrahlung steigt die Temperatur des Reifens und der in ihm eingeschlossenen Luft, so daß der Luftdruck im Inneren des Reifens steigt.

48. Bei konstantem Druck ist das Volumen des idealen Gases direkt proportional seiner absoluten Temperatur ($V \sim T$). Das Volumen des idealen Gases wird also doppelt so groß, wenn seine absolute Temperatur verdoppelt wird.

$\vartheta_1 = 20\ ^\circ C$; $T_1 = 293\ ^\circ K$

$T_2 = 2 \cdot T_1 = 586\ ^\circ K$; $\vartheta_2 = 313\ ^\circ C$

49. $p_2 = 1{,}82$ at; $\Delta p \approx 0{,}2$ at

50. Das "Platzen" des Reifens würde durch einen zu hohen Luftdruck verursacht werden. Die Druckänderung ist aber so gering (vgl. Lösung 49!), daß sie nicht die Ursache des "Platzens" sein kann. Durch das Abdecken des Reifens soll verhindert werden, daß der Gummi durch die Sonnenstrahlung brüchig wird.

51. $V = 3\,200$ l

52. a)

	p in at	V in cm^3	p · V in at·cm^3
1	1,5	12	18
2	1,25	14	17,5
3	1	18	18
4	0,75	24	18
5	0,6	30	18

Alle Produkte aus Druck und Volumen sind annähernd gleich groß. Bei konstanter Temperatur sind Druck und Volumen produktgleich bzw. einander umgekehrt proportional.

b)

	p	V
	in at	in cm^3
1.	0,6	30
2.	1,2	14,5

Verdoppelt man den Druck, so wird das Volumen des Gases halb so groß wie vorher, wenn dabei die Temperatur konstant bleibt.

c) Vermindert man den Druck auf die Hälfte, so wird bei konstanter Temperatur das Volumen doppelt so groß wie vorher.

53. In dem waagerechten Rohr befindet sich ein Flüssigkeitstropfen, der das im Kolben befindliche Gas nach außen abschließt. Er kann sich bei Änderungen des Druckes so im waagerechten Rohr bewegen, daß der Druck im Gefäß immer konstant bleibt.

Man benötigt an Meßgeräten:

- 1 Thermometer,
- 1 Lineal,
- 1 Meßschieber,
- 1 Meßzylinder.

Folgende Tätigkeiten sind auszuführen:

- Man füllt den Kolben bis zum Rand mit Wasser und setzt den Stopfen mit Glasrohr auf, so daß der Kolben fest verschlossen ist. Das Wasser steigt dabei in das Glasrohr, der Wasserstand wird am Glasrohr markiert.
- Der Kolben wird wieder geöffnet und das Wasser wird in den Meßzylinder gegossen. Das Volumen des Wassers und damit das Volumen V' des Glaskolbens wird gemessen. (Dabei ist ein Teil des Volumens des Glasrohres schon erfaßt.)
- Mit dem Meßschieber mißt man den Innendurchmesser des Rohres und berechnet mit der Formel $A = \frac{\pi}{4} d^2$ den Flächeninhalt seiner Querschnittsfläche.
- Nachdem man Kolben und Rohr wieder getrocknet hat, bringt man einen Tropfen gefärbten Wassers in das Rohr und setzt es mit dem Stopfen auf den Zylinder, so daß dieser luftdicht verschlossen wird.
- Gelingt es nicht, den Tropfen in diese Stellung zu bringen, so wird nach dem Einsetzen des Kolbens in das Wasserbad mit dem Lineal die Abweichung l_0 von der ersten Markierung gemessen und damit $\Delta V_0 = A \cdot l_0$ bestimmt. Das Volumen der im Kolben eingeschlossenen Luft ist dann

$$V_0 = V' + \Delta V_0.$$

Die jetzige Stellung des Wassertropfens wird mit einem zweiten Strich markiert.

- Nach diesen Vorbereitungen wird die Temperatur ϑ_o gemessen.
- Nun wird das Gas im Kolben durch das Wasserbad langsam erwärmt. Dabei mißt man die jeweilige Temperatur ϑ und die Tropfenverschiebung Δl gegenüber der zweiten Markierung. Die Temperatur ϑ wird in ^oK umgerechnet.
- Aus der Verschiebung Δl und dem Flächeninhalt A wird die Volumenänderung $\Delta V = A \cdot \Delta l$ berechnet.
- Addiert man ΔV und V_o, so erhält man die Größe V des Volumens nach der Erwärmung auf die Temperatur T.

Meßtabelle und Meßwerte:

$V' = \ldots\ldots\ldots\ldots\ cm^3$ $\quad A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \ldots\ldots\ldots\ cm^2$

$d = \ldots\ldots\ldots\ldots\ cm$ $\quad V_o = \ldots\ldots\ldots\ldots\ cm^3$

Nr. der Messung	ϑ in ^oC	T in ^oK	Δl in cm	$\Delta V = A \cdot \Delta l$ in cm^3	$V = V_o + \Delta V$ in cm^3	$\frac{V}{T}$ in $\frac{cm^3}{^oK}$
1						
2						
3						
4						
5						

- Durch Bildung der Quotienten aus V und T findet man, daß diese Quotienten annähernd gleiche Größen haben und daß daher Volumen und absolute Temperatur dieser abgeschlossenen Gasmenge proportional zueinander sind. $V \sim T$.

54. **Antworten zu den Fragen im Text:**

- Zunächst hat der Luftdruck im kurzen Rohr die gleiche Größe wie der äußere Luftdruck. (Füllt man in den längeren Schenkel des U-Rohres Quecksilber, so steigt der Luftdruck im kürzeren Schenkel um den Betrag des Schweredruckes der Quecksilbersäule, die sich über dem Niveau des Quecksilbers im kurzen Schenkel befindet.)

- Mit der Versuchsanordnung kann das sogenannte Boyle'sche Gesetz bestätigt werden. Das ist der Spezialfall der Zustandsgleichung, für den gilt: $p \cdot V = \text{konst.}$, wenn $T = \text{konst.}$

Versuchsdurchführung:

- Man mißt mit einem Barometer den atmosphärischen Luftdruck p_o in Torr.
- Schrittweise wird in den längeren Schenkel des U-Rohres immer mehr Quecksilber gefüllt. Man mißt dabei jeweils die Längen l_2 und l_1 und die Länge l der im kurzen Schenkel eingeschlossenen Luftsäule.
- Man berechnet $\Delta l = l_2 - l_1$.
- Der Zahlenwert von Δl, gemessen in mm, ist gleich dem Zahlenwert des Schweredrucks p, gemessen in Torr, den die Quecksilbersäule mit der Länge Δl ausübt.
- Durch Addition von p_o und Δp erhält man den jeweiligen Gesamtdruck p.

Meßwerte und Meßtabelle:

Nr. der Messung	l_2 in mm	l_1 in mm	l in mm	Δl in mm	Δp in Torr	$p = p_o + \Delta p$ in Torr	$p \cdot l$ in Torr·mm
1							
2							
3							
4							
5							

- Eigentlich müßte man auch das Volumen der eingeschlossenen Gasmenge berechnen. Es genügt aber die Messung von l, der Länge der eingeschlossenen Luftsäule.
  Es gilt nämlich:

$$V = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot l.$$

  Setzt man voraus, daß der Durchmesser des U-Rohres überall gleich groß ist, so folgt, daß $V \sim l$ ist. Gelingt es zu zeigen, daß alle Produkte $p \cdot l$ annähernd gleich groß sind, so gilt das auch für die Produkte $p \cdot V$.

Man hat dann gezeigt, daß die Größen p und V produktgleich bzw. umgekehrt proportional zueinander sind, wenn die Temperatur konstant ist.

55. a) Der Druck p nimmt zu.
Mit der Zunahme der Temperatur wird die mittlere kinetische Energie der Teilchen größer. Da aber das Volumen konstant bleiben soll, bewirkt die größere Teilchenenergie eine Zunahme des Druckes.

b) V nimmt ab. Bei Abkühlung von Gasen wird die mittlere kinetische Energie der Teilchen kleiner. Die Adhäsionskräfte zwischen den Teilchen bewirken eine Verkleinerung der Teilchenabstände. Das hat eine Verkleinerung des Volumens zur Folge.
(Es wird bei diesen Überlegungen vorausgesetzt, daß sich das Gas in einem Zylinder befindet, der durch einen beweglichen Kolben abgeschlossen ist bzw. daß sich das Gas in einem Behälter mit flexiblen Wandungen befindet.
Die Verkleinerung des Volumens kommt dann dadurch zustande, daß der größere äußere Luftdruck den beweglichen Kolben bis zum erneuten Druckausgleich in den Zylinder schiebt bzw. den flexiblen Behälter zusammendrückt. Ein Gas, das nicht in einem Behälter verschlossen ist, füllt wegen der großen Eigenbeweglichkeit der Teilchen bekanntlich jeden Raum aus, der ihm zur Verfügung steht.)

c) p nimmt ab. Bei einer Vergrößerung des Volumens der eingeschlossenen Gasmenge muß auch die Oberfläche seines Behältnisses größer werden. Da aber die Temperatur konstant bleiben soll, bleibt auch die mittlere kinetische Energie der Teilchen konstant. Nach der Vergrößerung des Volumens geben sie beim Aufprall auf die Gefäßwände ihre Energie an eine größere Fläche ab. Der Druck (als Quotient aus Kraft und Flächeninhalt) wird daher kleiner.

(Soll T wirklich konstant bleiben, so muß die Ausdehnung des Gases so langsam erfolgen, daß ständig der Temperaturausgleich mit der Umgebung vollzogen werden kann.)

d) V nimmt ab. Mit der Temperatur bleibt auch die mittlere kinetische Energie der Teilchen konstant. Eine Druckzu-

nahme kann nur dadurch erreicht werden, daß die Oberfläche des Gefäßes und damit auch sein Volumen kleiner wird (vgl. Lösung 55c).

56. - Zunächst wird der Hahn geöffnet, damit sich im Inneren des Kolbens der gleiche Druck p_o einstellt, den die atmosphärische Luft hat.
- Auf der Skale wird der Stand des Flüssigkeitsspiegels im U-Rohr-Manometer markiert.
- Der Hahn wird wieder geschlossen und der Rundkolben in warmes Wasser getaucht. Dabei nimmt das Gas die Temperatur des warmen Wassers an, die mit dem Thermometer gemessen wird.
- Infolge der Erwärmung dehnt sich das Gas aus und verdrängt die Flüssigkeit aus dem linken Schenkel des Manometers in den rechten Schenkel. Das Volumen des eingeschlossenen Gases wird dabei größer.
- Da das Volumen der Luft aber konstant bleiben soll, hebt man den freien rechten Schenkel des U-Rohr-Manometers jetzt so weit an, daß die Manometerflüssigkeit im linken Schenkel wieder die alte Markierung erreicht.
- Mit einem Lineal mißt man die Höhe Δh, um die die Flüssigkeit im rechten Schenkel gestiegen ist.
Dividiert man den Zahlenwert dieser Höhe, gemessen in mm, durch 13,6 (Zahlenwert der Wichte von Quecksilber), so erhält man den Zahlenwert des Schweredrucks Δp der Wassersäule mit der Länge Δh gemessen in Torr. Dieser Schweredruck Δp ist gleich der Druckzunahme im Gas infolge der Erwärmung.
- Der Druck im Gefäß nach der Erwärmung ergibt sich als Summe aus dem ursprünglichen Druck p_o und der Druckzunahme Δp.

$$p = p_o + \Delta p$$

Meßwerte und Meßtabelle

p_o = ... Torr (atmosphärischer Luftdruck)

Nr. der Messung	ϑ in ^oC	T in ^oK	Δh in mm	Δp in Torr	$p=p_o+\Delta p$ in Torr	$\frac{p}{T}$ in $\frac{Torr}{grd}$
1						
2						
3						
4						
5						

Auswertung

Wird bei der Auswertung der Messungen festgestellt, daß alle Quotienten aus zusammengehörenden Werten von p und T annähernd gleich groß sind, so folgt daraus die Proportionalität zwischen p und T.

57. In der Versuchsanordnung ändern sich die Temperatur T und das Volumen V, wogegen der Druck nahezu konstant bleibt. Das heißt aber, daß mit der Versuchsapparatur der Spezialfall der allgemeinen Zustandsgleichung bestätigt wird, für den gilt:

$\frac{V}{T}$ = konst., wenn p = konst.,

bzw. $V \sim T$, wenn p = konst.

Folgende Messungen sind auszuführen:

- Vor Beginn des Versuchsablaufs wird das Volumen des Glaskolbens einschließlich des Glasrohres bestimmt. Dazu füllt man den Kolben mit Wasser, setzt den Stopfen mit dem Glasrohr auf, so daß der Kolben fest verschlossen wird und auch das Rohr völlig mit Wasser gefüllt wird.
  Man öffnet dann den Kolben wieder und gießt alles in ihm verbliebene Wasser einschließlich des Wassers aus dem Rohr in einen Meßzylinder. Mit ihm bestimmt man das Volumen des Wassers und damit auch das Volumen V_o der Versuchsapparatur.
- Während des Versuchsablaufs wird das Wasserbad langsam erwärmt, so daß Wasser und eingeschlossene Luft annähernd die gleiche Temperatur haben.

Während des Erwärmens mißt man ständig die Temperatur und liest gleichzeitig am Meßzylinder ab, wieviel Wasser aus ihm verdrängt wurde. Das Volumen der verdrängten Wassermenge ist gleich der Volumenänderung ΔV des Gases beim Erwärmen.

Meßwerte und Meßtabelle

V_o = ... cm^3

Nr. der Messung	ϑ in ^oC	T in ^oK	ΔV in cm^3	$V = V_o + \Delta V$ in cm^3	$\frac{V}{T}$ in $\frac{cm^3}{grd}$
1					
2					
3					
4					
5					

58.

T in ^oK	$\frac{p \cdot V}{T}$ in $\frac{Torr \cdot cm^3}{grd}$
295	1 530
298	1 570
303	1 550
308	1 580

Im Rahmen der Meßgenauigkeit kann der Ausdruck $\frac{p \cdot V}{T}$ als konstant betrachtet werden.

1.3. Energieumwandlungen

59. a) W = 560 kcal; b) W = 2 500 kcal

60. $c = 49 \frac{kcal}{kg}$. Es handelt sich um Kupfer.

61. Vgl. LB, S. 24!

62. a) W = 800 kcal; b) m = 133 kg

63. Eiswürfel benötigen zum Schmelzen eine bestimmte Wärmemenge. Diese wird den Flüssigkeiten entzogen, die dadurch gekühlt werden.

64. Der Keller kann nicht völlig von der Umwelt isoliert werden, so daß ständig ein Wärmeaustausch mit ihr stattfindet. Die im Wasser gespeicherte Wärme müßte daher nicht nur für einen Temperaturausgleich im Keller sorgen, sondern auch einen Temperaturausgleich zwischen den Temperaturen im Keller und den kälteren äußeren Luftmassen herstellen. Dazu sind aber die Wassermassen, die man im Keller lagern kann, viel zu klein. Zur Regulierung der Temperatur der Atmosphäre werden Wassermassen benötigt, wie sie nur in den Meeren vorhanden sind (vgl. Lösung 23).

65. a) Geräte
- Kalorimetergefäß mit Rührer und Thermometer
- Waage mit Wägesatz
- Becherglas

b) Hilfsmittel
- Eiswürfel in Schmelzwasser

c) Versuchsdurchführung
- Mit der Waage wird eine bestimmte Wassermenge mit der Masse m_1 bestimmt.
- Dieses Wasser wird in ein Kalorimetergefäß geschüttet.
- Anschließend wird die Temperatur ϑ_1 des Wassers gemessen.
- Man entnimmt dem Vorratsbehälter Eiswürfel, läßt sie abtropfen und legt sie dann in das Kalorimetergefäß.
- Das schmelzende Eis entzieht dem Wasser Wärme, so daß dessen Temperatur sinkt.

Dabei ist die Wärmemenge, die dem Wasser entzogen wird, (theoretisch) ebenso groß wie die Wärmemenge, die zum Schmelzen des Eises notwendig ist.
Die Größe dieser Wärmemenge muß durch die Messung von Temperaturen und Massen bestimmt werden.
- Während des Schmelzens wird gut umgerührt.
  Ist das Eis völlig geschmolzen, so wird die Temperatur (ϑ_2) des Wassers im Kalorimeter gemessen.
- Erneut wird die Masse des Wassers (m_2) durch Wägung bestimmt.
- Die Masse des geschmolzenen Eises erhält man durch Differenzbildung: $m_{Eis} = m_2 - m_1$.

d) Berechnung

Beim Schmelzen des Eises findet folgender Energieaustausch statt:

- Dem Wasser wird die Energie

$$W_w = c \cdot m_1 \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_2) \quad | (\vartheta_1 > \vartheta_2)$$

entzogen.

- Vom Eis wird die Energie

$$W_e = m_e \cdot x + c \cdot m_e \cdot (\vartheta_2 - 0)$$

aufgenommen. (Anfangstemperatur des Eises: 0 °C)

- Beide Wärmemengen sind (theoretisch) gleich groß.

$$W_w = W_e$$

- Daraus folgt:

$$c \cdot m_1 \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_2) = m_e \cdot x + c \cdot m_e \cdot \vartheta_2$$

- Formt man nach x um, so erhält man:

$$x = \frac{c \cdot m_1 \cdot \Delta\vartheta - c \cdot m_e \cdot \vartheta_2}{m_e}$$

$$x = \frac{c}{m_e} (m_1 \Delta\vartheta - m_e \vartheta_2)$$

x ist die gesuchte Schmelzwärme für Eis.

($m_e \cdot x$ ist die Wärmemenge, die zum völligen Schmelzen von m_e - Gramm Eis benötigt wird.
$c \cdot m_e \cdot \vartheta_2$ ist die Wärmemenge, die zum Erwärmen des Schmelzwassers auf die Temperatur ϑ_2 gebraucht wird.)

Bestimmung der Verdampfungswärme

Vgl. LB, S. 26, Versuch 11!
Die Durchführung des Versuches erfolgt analog zur Bestimmung der Schmelzwärme.

66. In der ausgeatmeten Luft ist Wasserdampf enthalten, der an der kalten Fensterscheibe zu Wassertröpfchen kondensiert.

67.

Sieden	Verdunsten
... erfolgt bei einer bestimmten Temperatur, der Siedetemperatur (die druckabhängig ist).	... erfolgt auch bei Temperaturen unterhalb der Siedetemperatur.
... erfolgt in der ganzen Flüssigkeit.	... erfolgt nur an der Oberfläche der Flüssigkeit. (Die Geschwindigkeit des Verdunstens ist deshalb von der Größe der Oberfläche abhängig.)
Die zum Sieden notwendige Wärme muß zugeführt werden.+	Die zum Verdunsten notwendige Wärme wird der Umgebung entzogen, die dadurch abgekühlt wird.

(+ Flüssigkeiten, deren Siedetemperatur unterhalb der Temperatur ihrer Umgebung liegt, muß natürlich auch zum Sieden die Wärme nicht besonders zugeführt werden; sie entziehen die zum Sieden notwendige Wärme ebenfalls ihrer Umgebung.)

68. Führt man dem größeren Topf von außen her Wärme zu, so werden er und das Wasser in ihm erwärmt. Das Wasser im kleineren Topf wird durch Wärmeleitung von dem Wasser im größeren Topf erwärmt. Eine Wärmeleitung setzt aber immer ein Temperaturgefälle voraus. Dieses Temperaturgefälle wird gleich Null, wenn das Wasser im großen Topf siedet und auch das Wasser im kleineren Topf sieden würde. Träte das ein, so würde im gleichen Moment die Wärmeleitung aufhören und dem Wasser im kleineren Topf würde keine Wärme mehr zugeführt. Seine Temperatur würde unter die Siedetemperatur absinken. Beim erneuten Einsetzen der Wärmeleitung stiege zwar die Temperatur wieder, würde aber sofort wieder unter die Siedetemperatur sinken, wenn diese erreicht wäre. Dieser Vorgang regelt sich so ein, daß die Temperatur des Wassers im kleineren Topf immer etwas kleiner als die Siedetemperatur bleibt.

(Die in der Aufgabe beschriebene Anordnung findet ihre Anwendung beim Erwärmen von Milch oder Leim im Wasserbad. Da die Temperatur im kleineren Topf immer unter 100 °C bleibt, wird z. B. das "Anbrennen" der Milch vermieden.)

69. a) $W = 11{,}2$ kcal; b) $W = 0{,}4$ kcal

70. a) $W_1 = 1\,860\,000$ kcal $= 1{,}86 \cdot 10^6$ kcal,

b) $W_2 = 1\,620\,000$ kcal $= 1{,}62 \cdot 10^6$ kcal,

c) $\Delta W = 240\,000$ kcal $= 2{,}4 \cdot 10^5$ kcal.

Diese Wärmemenge wird benötigt, um die 3 000 kg Wasser von 20 °C auf 100 °C zu erwärmen.

71. Die Geschwindigkeit des Garens wird durch die Temperatur bestimmt. Der Garprozeß könnte nur dann schneller verlaufen, wenn die zugeführte Wärmeenergie einen Temperaturanstieg bewirkte. Das ist aber während des Siedens nicht möglich, weil dabei die zugeführte Wärmeenergie zum Verdampfen des Wassers benötigt wird. Es genügt daher, mit Sparflamme zu kochen, das heißt, nur soviel Wärme zuzuführen, daß der Siedevorgang gerade aufrecht erhalten wird.
(Eine Beschleunigung des Garvorgangs wäre nur bei Verwendung eines sogenannten Schnellkochtopfes möglich. Dieser kann gasdicht verschlossen werden, so daß beim Sieden der Gasdruck im Inneren des Topfes steigt. Da aber die Siedetemperatur druckabhängig ist, steigt auch diese, und die Speisen werden schneller gar.)

72. Die Wärmemenge W setzt sich wie folgt zusammen:

W_1 - Wärmemenge, die vom flüssigen Aluminium beim Abkühlen von 750 °C auf die Erstarrungstemperatur 660 °C abgegeben wird. $W_1 = 594$ kcal

W_2 - Wärmemenge, die während des Erstarrens von Aluminium abgegeben wird. $W_2 = 2\,850$ kcal

W_3 - Wärmemenge, die beim Abkühlen von 660 °C auf 20 °C vom Aluminium abgegeben wird. $W_3 = 4\,220$ kcal

W - die gesamte Wärmemenge:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 = 7\,664 \text{ kcal}.$$

(Unter der Annahme, die spezifische Wärme sei in beiden Aggregatzuständen gleich, kann man auch sofort $W_1 + W_3$ als die Wärmemenge berechnen, die beim Abkühlen von 750 °C auf 20 °C frei wird.)

73. 50 cal werden benötigt, um das Eis von - 100 °C auf die Schmelztemperatur von 0 °C zu erwärmen.

80 cal sind erforderlich, um das Eis vollständig zu schmelzen. (Die Schmelzwärme von Wasser beträgt 80 $\frac{cal}{g}$.)

Während des Schmelzens steigt die Temperatur trotz ständiger Wärmezufuhr nicht an; die zugeführte Wärmeenergie wird zur Änderung des Aggregatzustandes benötigt.

100 cal rufen eine Erwärmung des Wassers von 0 °C auf 100 °C hervor.

539 cal bewirken das vollständige Verdampfen des Wassers. (Die Verdampfungswärme von Wasser beträgt 539 $\frac{cal}{g}$.)

Während des Verdampfens bewirkt die zugeführte Wärmeenergie keinen Temperaturanstieg, sondern nur die Änderung des Aggregatzustandes.

110 cal werden dem Dampf zugeführt, dessen Temperatur dadurch steigt. Da vorausgesetzt wird, der Druck soll konstant bleiben, muß sich der Dampf dabei isobar ausdehnen.

(Damit die Aggregatzustandsänderungen genau bei den im Diagramm angegebenen Temperaturen erfolgen, muß der Luftdruck 760 Torr betragen.)

74. Für jeweils 20 g des gleichen Stoffes gilt:

$$W_{i(fest)} < W_{i(flüss.)} < W_{i(gasf.)}$$

Um einen bestimmten Stoff aus dem festen in den flüssigen oder gasförmigen Aggregatzustand zu überführen, muß man ihm Wärmeenergie zuführen. Dabei steigt seine Temperatur und damit die mittlere kinetische Energie seiner Teilchen. Die kinetische Energie der Teilchen ist aber ein Teil der inneren Energie, so daß bei verschiedenen Temperaturen für die inneren Energien die oben angeführte Beziehung gilt.
Diese Beziehung gilt aber auch dann, wenn ein Stoff bei einer bestimmten Temperatur gleichzeitig in zwei Aggregatzuständen vorkommt (z. B. Schmelzwasser und Eis bei 0 °C). Zwar haben die Teilchen in beiden Zuständen wegen der gleichen Temperatur die gleiche mittlere kinetische Energie, jedoch wird

beim Ändern des Aggregatzustandes auch innere Arbeit verrichtet, die zur Vergrößerung der inneren Energie führt, ohne daß dabei die Temperatur steigt.
Beispiel:

- Innere Energie von 20 g Eis bei 0 °C: X
- Innere Energie von 20 g Wasser bei 0 °C: X + 1 600 cal
- Innere Energie von 20 g Wasser bei 100 °C: X + 3 600 cal
- Innere Energie von 20 g Wasserdampf bei 100 °C: X +14 380 cal

75. Beim Verdichten der Luft wird ihr von außen mechanische Energie zugeführt. Dadurch wird die mittlere kinetische Energie der Teilchen und damit die Temperatur der Luft größer.

76. Ein Teil der mechanischen Energie des Schlagwerks wird beim Zerkleinern der Kaffeebohnen (z. B. durch Reibung) in Wärmeenergie umgewandelt.

77. a) Da das Gefäß nicht völlig von seiner Umgebung isoliert werden kann, findet ein Wärmeaustausch mit der Umgebung statt. Infolgedessen wird die Temperatur der Luft im Glasballon kleiner, die mittlere kinetische Energie der Teilchen wird geringer und der Luftdruck sinkt.

b) Wird der Hahn geöffnet, so entspannt sich das Gas und mit der ausströmenden Luft wird mechanische Energie abgegeben. Die Energie zum Ausströmen wird dem Gas selbst entzogen, dessen innere Energie dadurch kleiner wird.
Das hat ein Sinken der Temperatur und des Druckes zur Folge. Anschließend findet wieder ein Wärmeaustausch mit der Umgebung statt. Die innere Energie des Gases wird durch Wärmeaufnahme größer, die Temperatur steigt, und das Gas nimmt wieder seinen ursprünglichen Druck an.

78. Infolge der Reibung findet ständig eine nicht umkehrbare Umwandlung mechanischer Energie in Wärmeenergie statt.

79. Als "Perpetuum mobile" bezeichnet man eine Maschine, die ohne Energieaufnahme Arbeit verrichtet bzw. mehr Energie abgibt als sie aufnimmt.
Die Unmöglichkeit einer solchen Konstruktion ergibt sich aus dem Satz von der Erhaltung der Energie, der besagt, daß in einem abgeschlossenen System die Summe aller Energien konstant ist.

- Der Satz von der Erhaltung der mechanischen Energie

$$W_{pot} + W_{kin} = \text{konst.}$$

ist ein Idealfall, der praktisch nicht realisiert werden kann, denn es gibt auf der Erde keine reibungsfreien mechanischen Vorgänge.

- Wegen der Unvermeidbarkeit der Reibung und der damit verbundenen nicht umkehrbaren Umwandlung von mechanischer Energie in Wärmeenergie muß der Energieerhaltungssatz für reale mechanische Vorgänge in der Form

$$W_{pot} + W_{kin} + W_{w} = \text{konst.}$$

ausgedrückt werden.

Die mechanische Energie wird in einem abgeschlossenen System ständig kleiner und in Wärmeenergie umgewandelt. Die angenommene Maschine kommt daher allmählich zum Stillstand und hätte sich ohne Energiezufuhr ohnehin nicht bewegt.

80. Aus der Anekdote kann man einerseits auf Charaktereigenschaften, zum anderen auch auf die Arbeitsweise Mayers schließen.
- Mayer hörte sich die Meinung Professor Jollys aufmerksam an und verzichtete auf eine unüberlegte Antwort. Man erkennt, mit welcher Achtung er die Meinung anderer Persönlichkeiten zur Kenntnis nahm.
- Erst nach mehreren Wochen kam er auf das Problem zurück, ein Zeichen für die Beharrlichkeit, Gründlichkeit und Ausdauer, mit der er seine Forschungen betrieb.
- Da er sich die Meinung des Professors schweigend anhörte und die Möglichkeit eines Meinungsstreits nicht wahrnahm, ist anzunehmen, daß er wohl meist allein zu arbeiten pflegte.
- Aus der Bestimmtheit, mit der er feststellte: "Es ist auch so!", kann man schließen, daß er sich bei der Klärung des Problems der experimentellen Methode bedient hat.

81. Man verwendet als Kühlmittel eine Emulsion aus Wasser und Öl, sogenanntes Bohrwasser. Es hat die Aufgabe, die Reibung zwischen dem Bohrer und dem Werkstück zu verringern und gleichzeitig beide, vor allem aber den Bohrer, zu kühlen. Eine zu starke Erwärmung des Bohrers würde dazu führen, daß er ausglüht und dabei seine Härte verliert.

Beispiele:

Vorgang	Mögliche schädliche Auswirkung	Mittel zum Vermeiden von Schäden
Bewegung des Kolbens im Zylinder des Mopedmotors	Ausdehnung des Kolbens verursacht verstärkten Abrieb. Der Kolben kann im Zylinder klemmen und den Motor blockieren.	Dem Kraftstoff wird Schmieröl beigegeben, welches die Zylinderwandungen und andere Teile des Motors schmiert.
Drehung der Achsen von Eisenbahnwaggons in den Lagern	Infolge der Reibung können sich die Lager so stark erwärmen, daß Brände entstehen.	Die Lager werden mit Öl geschmiert.
Bei der Rückkehr von Raumflugkörpern zur Erde tritt Reibung zwischen den Körpern und der Erdatmosphäre auf.	Wegen der großen Geschwindigkeit der Raumkapsel kann sie durch Reibung so stark erwärmt werden, daß sie verglüht. (Mit unbemannten Kapseln geschieht das auch.)	Bemannte Kapseln haben einen Hitzeschutzschild, mit dem sie in die Atmosphäre der Erde eintauchen. Infolge der Reibung erwärmt er sich und schmilzt. Während des Schmelzens bleibt die Temperatur des Hitzeschutzschildes konstant und die Temperatur der Kapsel wird in Grenzen gehalten.

82. $h = 83{,}2$ m

83. a) $W_{mech} = 150$ kpm; $W_w = 0{,}35$ kcal

b) $\Delta \vartheta = 7{,}8$ grd

c) Stahl hat eine spezifische Wärme von 0,12 $\frac{cal}{g \cdot grd}$

Sie ist viermal so groß wie die von Blei. Darum wird an der Stahlkugel eine Temperaturänderung auftreten, die nur den vierten Teil beträgt.

84. Vgl. LB, S. 35 !

85. Vgl. LB, S. 36/37! Besserer Wirkungsgrad; kleinere Masse, die einen Einsatz auch in kleinen Fahrzeugen ermöglicht; sofortige Einsatzbereitschaft.

86. Die Temperatur eines Körpers ist ein Maß für die mittlere kinetische Energie seiner Teilchen. Ein Temperaturanstieg am Körper muß also durch die Zunahme der mittleren kinetischen Energie der Teilchen und wegen $W_{kin} = \frac{m}{2} v^2$ durch die Zunahme der mittleren Geschwindigkeit derselben erklärt werden.

Prallt ein Tischtennisball gegen einen ruhig gehaltenen Schläger, so hat seine Geschwindigkeit im Idealfall vor und nach dem Aufprall den gleichen Betrag. Wird der Schläger dem Ball mit einer bestimmten Geschwindigkeit entgegengeführt, so wird ihm beim Aufprall eine zusätzliche Geschwindigkeit erteilt. Der Betrag der Geschwindigkeit ist nach dem Aufprall größer und damit auch die kinetische Energie.
Betrachtet man den Tischtennisball als ein Modell für die Teilchen des Gases und den Schläger als ein Modell für den Kolben eines Kompressors, so kann damit die Temperaturzunahme beim Komprimieren erklärt werden. Sie ergibt sich infolge einer größeren mittleren Geschwindigkeit der Teilchen, die sich in einer größeren mittleren kinetischen Energie der Teilchen auswirkt(Bild 53).

88. Aus $W_w = \Delta W_i + W_{mech}$

folgt: $- W_{mech} = + \Delta W_i - W_w$

Die zweite Gleichung kann man wie folgt deuten:
Die mechanische Energie, die beim Schleifvorgang aufgenommen wird ($- W_{mech}$), führt zu einer Vergrößerung der inneren Energie ($+ \Delta W_i$) von Werkstück und Schleifscheibe. Sie wirkt sich in einer Erwärmung von Schleifscheibe und Werkstück aus. Ein Teil dieser Energie wird in Form von Wärmeenergie ($- W_w$) an die Umgebung abgegeben.

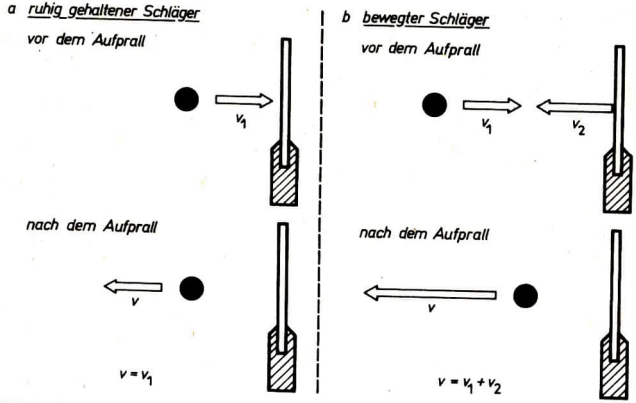


Bild 53 zu Lösung 87

89. Beim Eindringen der Meteore in die Atmosphäre der Erde tritt Reibung auf. Dabei wird kinetische Energie in Wärmeenergie umgewandelt, und die Meteore verglühen.

90. Durch das schnelle Drehen eines Hartholzstabes auf einem Klotz aus weichem Holz werden beide durch Reibung erwärmt, wobei mechanische Energie in Wärmeenergie umgewandelt wird.

Dabei gilt: $-W_{mech} = +\Delta W_i - W_w$.

Die zugeführte mechanische Energie ($-W_{mech}$) bewirkt eine Vergrößerung der inneren Energie ($+\Delta W_i$) und führt zu einem Temperaturanstieg, der ausreicht, um leicht entflammbare Stoffe (z. B. Zunder) zu entzünden (vgl. Lösung 88).

91. Die Temperatur einer Flüssigkeit steigt, wenn sie einige Minuten in einem Mixgerät sehr schnell bewegt wird.

92. $W_{mech} = 14{,}2$ kpm; $W_w = 33$ cal

93. Mit dem Wort "Erzbergwerk" spielt man auf den hohen Materialverbrauch, mit dem Wort "Kohlebergwerk" auf den hohen Brennstoffverbrauch an.

94. Bei der atmosphärischen Dampfmaschine von Newcomen wurde die Bewegung des Kolbens dadurch hervorgerufen, daß vor jedem Hub der Dampf im Zylinder abgekühlt wurde und kondensierte, so daß der Kolben durch den atmosphärischen Luftdruck in den Zylinder gedrückt werden konnte. Das führte dazu, daß der größte Teil der zugeführten Wärmeenergie vom Kühlmittel aufgenommen wurde und keine mechanische Arbeit mehr verrichtet werden konnte. Der schlechte Wirkungsgrad ist also schon durch das Konstruktionsprinzip begründet, das nur einen kleinen Dampfdruck zum Anheben des Kolbens vorsah, während die eigentliche Arbeit durch den atmosphärischen Luftdruck (p = 1 at) verrichtet wurde. Weitere Gründe für den schlechten Wirkungsgrad der Maschine:
- Große Eigenmasse der bewegten Teile,
- große unerwünschte Energieumwandlungen durch Reibung,
- schlechte Wärmeisolierung des Kessels,
- kleine Kesseloberfläche, an der der Wärmeaustausch zwischen Flamme und Wasser erfolgte,
- relativ große Pausen zwischen den einzelnen Hüben

95. - Wenn Eis eine kleine Schmelzwärme hätte, könnten beim Eintritt der warmen Jahreszeiten die großen Eismassen an den Polen sehr schnell schmelzen. Der Wasserspiegel der Weltmeere stiege so stark, daß große Festlandsgebiete überschwemmt würden.
- In Hochöfen werden die zum Schmelzen der Erze erforderlichen Wärmemengen durch das Verbrennen fester Brennstoffe (Koks) gewonnen.
  Bei der Veredelung des Roheisens in Siemens-Martin-Öfen benutzt man gasförmige Brennstoffe zur Erwärmung des Roheisens.
- Das Roheisen nimmt während des Schmelzens große Wärmemengen auf (große Schmelzwärmen), die längere Zeit im flüssigen Eisen gespeichert werden und das sofortige Erstarren verhindern.
- Als Kühlflüssigkeit benutzt man Wasser. Es steht in großen Mengen (allerdings nicht in unbegrenzten Mengen) zur Verfügung und hat von allen bekannten Stoffen die größte spezifische Wärme. Daher können beim Kühlen relativ kleine Wassermassen große Wärmemengen aufnehmen und abführen.

- Beim Verwenden von Wasser als Löschmittel nimmt es von dem brennenden Brennstoff große Wärmemengen auf. Seine Temperatur erreicht schnell die Siedetemperatur, so daß es verdampft und in den gasförmigen Aggregatzustand übergeht.

1.4. Zur Wiederholung

96. - Im Flammraum des Kessels wird Kohle verbrannt. Dabei wird chemische Energie in Wärmeenergie umgewandelt.
- Durch die Verbrennungswärme wird das Wasser im Kessel erwärmt. Das Wasser nimmt dabei große Wärmemengen auf.
- Beim Sieden nimmt das Wasser Wärmeenergie auf, ohne daß dabei die Temperatur weiter steigt. Wasser hat eine sehr große Verdampfungswärme (539 $\frac{cal}{g}$), so daß seine innere Energie beim Verdampfen noch größer wird.
- Der Dampf wird durch den Überhitzer geleitet, wo ihm nochmals Energie zugeführt wird. Seine Temperatur und seine innere Energie nehmen weiter zu.
- In der Turbine verrichtet der Wasserdampf mechanische Arbeit. Er gibt dabei Energie an die Turbine ab, seine innere Energie wird kleiner und seine Temperatur sinkt. Der Dampf soll möglichst viel Energie an die Turbine abgeben und wird deshalb durch mehrere Stufen der Turbine geleitet, in denen er mechanische Arbeit verrichtet.
- Dem Dampf kann in der Turbine nicht seine gesamte Wärmemenge entzogen werden. Er wird in den Kondensator geleitet, wird dort abgekühlt und kondensiert wieder zu Wasser. Das Kühlwasser nimmt dabei die Kondensationswärme des Dampfes auf (539 $\frac{cal}{g}$). Da aber der größte Teil seiner Wärmeenergie schon in mechanische Arbeit umgewandelt wurde, nimmt das Kühlwasser viel weniger Wärme auf, als dem Wasser beim Verdampfen zugeführt wurde.
- Das Kondensationswasser wird zur weiteren Verwendung wieder in den Kessel gepumpt. Dabei wird es durch einen Vorwärmer geleitet und dort wieder angewärmt. Zum Anwärmen kann man die Kondensationswärme des Dampfes nutzen.
- Das Kühlwasser aus dem Kondensator wird in einen Kaminkühler geleitet. Das ist ein hoher Betonturm, der innen hohl ist. Er ist so geformt, daß innen eine starke Luft-

strömung nach oben auftritt, die das Kühlwasser kühlt. Es gibt seine Wärme an die Luft ab und wird zur weiteren Verwendung wieder in den Kondensator gepumpt.

97. a) Aus $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$ (wenn T = konst.) folgt, daß der Druck bei Verdoppelung des Volumens halb so groß wird wie vorher. Er beträgt daher nicht 0,5 at, sondern 1 at.

b) Zum Erwärmen des Eises benötigt man insgesamt eine Wärmemenge von 83 cal. Davon werden benötigt:

W_1 = 1 cal zum Erwärmen des Eises von - 2 °C auf 0 °C.

(Beachte: $c_{Eis} = 0{,}5 \frac{cal}{g \cdot grd}$)

W_2 = 80 cal zum Schmelzen des Eises.

W_3 = 2 cal zum Erwärmen des Schmelzwassers von 0 °C auf + 2 °C.

c) Nicht alle Körper verhalten sich so, wie es in der Aufgabe beschrieben wird. Ausnahmen sind zum Beispiel Körper aus Wasser (und Gummi).
Wasser zieht sich beim Abkühlen zusammen, bis es eine Temperatur von 4 °C erreicht hat. Wird es weiter abgekühlt, so dehnt es sich wieder aus.
(Gummi dehnt sich beim Erwärmen nicht aus, sondern zieht sich dabei zusammen.)

d) Ein einzelnes Teilchen besitzt keine Temperatur, sondern nur kinetische Energie.

98.

Größe	Einheiten
Wärmemenge	kcal, cal
mechanische Arbeit	kpm, pcm
Temperatur	°C, °K
innere Energie	kcal, cal, kpm, Ws
Schmelzwärme	$\frac{kcal}{kg}$, $\frac{cal}{g}$
Wirkungsgrad	ohne Einheit
Druck	$\frac{kp}{cm^2}$, at, Torr, mb
Masse	t, kg, g, mg
Verdampfungswärme für 1 g Eis	kcal je 1 kg, cal je 1 kg

Größe	Einheiten
Temperaturdifferenz	grd
spezifische Wärme	$\frac{kcal}{kg \cdot grd}$, $\frac{cal}{g \cdot grd}$
Volumen	m^3, dm^3, cm^3 mm^3
potentielle Energie	kpm, pcm
Wärmeenergie	kcal, cal
kinetische Energie	kpm, pcm

99.

Einheit	Größen
kpm	Energie, Arbeit
^oC	Temperatur
Ws	Energie, Arbeit
^oK	Temperatur
cal	Wärmemenge, Arbeit, Energie
$\frac{m}{s}$	Geschwindigkeit
g	Masse
$\frac{cal}{g \cdot grd}$	spezifische Wärme
Torr	Luftdruck
cm^3	Volumen

100. a) Verdichten, Ausdehnen

b) Otto-Motor: Das Zünden und Verbrennen des Kraftstoffs erfolgt so schnell, daß in der kurzen Zeit kaum eine Volumenänderung eintritt. Der Verbrennungstakt verläuft annähernd isochor.

Diesel-Motor: Das Verbrennen des Kraftstoffs dauert längere Zeit als beim Otto-Motor. Das Gas dehnt sich schon während des Verbrennungsvorganges aus und der Druck bleibt also annähernd isobar.

101. Bei sehr starker Belastung hat ein Motor einen größeren Kraftstoffverbrauch. In den Zylindern wird dabei ein größerer Betrag chemischer Energie in Wärmeenergie umgewandelt. Ein Teil dieser Wärmeenergie bewirkt, daß die innere Energie aller Teile, die mit den Zylindern leitend verbunden sind, größer wird und ihre Temperatur steigt. Zwischen den Zylinderwänden und dem Kühlwasser erfolgt ein intensiver Wärmeaustausch. Bei sehr starker Belastung kann soviel Wärme

auf das Kühlwasser übertragen werden, daß es zu sieden beginnt und verdampft. Während des Siedens kann das Wasser große Wärmemengen aufnehmen (539 $\frac{cal}{g}$), ohne daß seine Temperatur dabei steigt. Zugleich aber wird die Menge des Kühlwassers ständig kleiner und seine Kühlwirkung nimmt ab, weil bald nicht mehr die ganzen Zylinder vom Kühlmittel umströmt werden. Außerdem wird die selbständige Wärmeströmung des Kühlwassers unterbrochen, so daß es nicht mehr zum Wärmeaustausch mit der Luft durch den Kühler strömen kann.

102. a) Die höhere Verdichtungstemperatur beim Dieselmotor wird durch eine stärkere Kompression, also eine größere Volumenverkleinerung beim Verdichten erreicht.

b) Die relativ niedrige Temperatur der Zylinderwandungen erreicht man durch Kühlung.
Eine gewisse Kühlwirkung, nicht die entscheidende, wird auch durch das ständige Ansaugen von Frischluft (bzw. des neuen Kraftstoff-Luft-Gemisches) erreicht. Um eine wirksame Schmierung zu erreichen, muß die Temperatur der Zylinderwandungen begrenzt werden.
Indem das Schmiermittel aber die Reibungskraft vermindert, übt es auch eine indirekte Kühlwirkung aus, denn eine zu große Reibungskraft würde zu einer zusätzlichen Erwärmung führen.

103. Ein Gasometer besteht im Prinzip aus einem Becken mit Wasserfüllung und einer Metallglocke.
Die Metallglocke taucht in das Wasser. In den Raum zwischen Wasser und Glocke wird das aufzubewahrende Gas geleitet.
Beim Ansteigen des Gasdrucks beginnt das Gas, die Glocke zu verdrängen, das heißt, anzuheben. Dadurch wird das Volumen größer, bis sich Gleichgewicht zwischen dem Gasdruck unter der Glocke und dem äußeren Luftdruck einstellt.
Bei weiterer Gaszufuhr wird das Volumen durch weiteres Anheben der Glocke größer, der Druck aber bleibt konstant.
Wird dem Gasometer Gas entnommen, so wird das Gasvolumen unter der Glocke kleiner, wobei der Druck wieder konstant bleibt.
(Der Druck des Gases ist auch im Gleichgewichtszustand größer als der atmosphärische Luftdruck, muß er doch sowohl

dem äußeren Luftdruck als auch dem Gewicht der Glocke das Gleichgewicht halten.)
Bei Temperaturänderungen würde sich das Gas unter der Glocke ausdehnen und diese anheben, so daß auch dabei der Gasdruck annähernd konstant bliebe.

2. ELEKTRIZITÄTSLEHRE

2.1. Elektrische Ladung, elektrische Stromstärke, elektrische Spannung

104. Ladungen können durch die innige Berührung zweier Körper aus verschiedenen Stoffen getrennt werden.
Geräte: Bandgenerator, Influenzmaschine

105. Trägt ein Körper positive Ladungen, so wird er von einem geriebenen Hartgummi- oder PVC-Stab angezogen. Ein geriebener Glasstab würde diesen Körper abstoßen. Bei einem negativ geladenen Körper tritt der jeweils umgekehrte Effekt auf. Berührt man mit dem positiv geladenen Körper ein Elektroskop, das vorher durch einen geriebenen PVC-Stab negativ geladen wurde, so entlädt er das Elektroskop. Wäre das Elektroskop durch einen geriebenen Glasstab positiv geladen worden, so würde seine Ladung bei Berührung mit dem Körper erhalten bleiben oder zunehmen. Für einen negativ geladenen Körper gilt die entsprechende umgekehrte Wirkung.

106. Leiter besitzen viele frei bewegliche Elektronen. In Isolatoren gibt es relativ wenige frei bewegliche Elektronen.

107. $e = 0{,}000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 160\ 2\ C = \frac{1{,}602}{10^{19}}\ C$

108. Der Ladungsausgleich wird auch bei positiv geladenen Körpern durch die Elektronen hervorgerufen. Sie bewegen sich von Stellen mit Elektronenüberschuß (Erde) zu solchen mit Elektronenmangel (positiv geladener Körper).

109. Durch die enge Berührung zwischen Haar und Kamm kommt es zu einer Ladungstrennung, die erhalten bleibt, weil Kamm und Haar Isolatoren sind, die nur wenige frei bewegliche Elektronen besitzen.

Bei Verwendung eines Metallkamms kommt es sofort nach der Ladungstrennung wieder zu einem Ladungsausgleich, weil Metalle viele frei bewegliche Elektronen besitzen. Das Sträuben der trockenen Haare wird durch die elektrostatischen Kräfte zwischen den gleichnamig geladenen Haaren einerseits und den ungleichnamigen Ladungen des Plastkamms und der Haare andererseits hervorgerufen.

110. Feuchte Luft ist ein relativ guter Leiter. Sie verursacht einen schnellen Ladungsausgleich zwischen Körpern mit unterschiedlicher Ladung bzw. zwischen geladenen Körpern und der Erde.

113. Der geriebene Glasstab nimmt vom Elektroskop Elektronen auf und ruft daher an diesem einen Elektronenmangel hervor, das geriebene Lineal aber ist negativ geladen, besitzt also einen Elektronenüberschuß. Bei Berührung mit ihm erfolgt ein Ladungsausgleich am Elektroskop, und es wird entladen.

115. Je nach der Art der verwendeten Stoffe wird Anziehung bei ungleichartiger Ladung und Abstoßung bei gleichartiger Ladung beobachtet,

z. B.: Abstoßung: Plast - Plast,
Anziehung: Plast - Glas.

116. $I = 10^{-8}$ A = 0,000 000 01 A = 0,000 01 mA = 0,01 µA

117. I = 3 A

118. Die gesuchten Zahlenwerte sind in dieser Reihenfolge:
4,6; 16; 23,75; 6,26

121. Der zu messende Strom durchfließt einen Draht, der sich erwärmt und dadurch ausdehnt. Verbindet man den Draht mit einer Schnur, die man um eine Rolle legt, so kann ein Zeiger bewegt werden, der auf einer

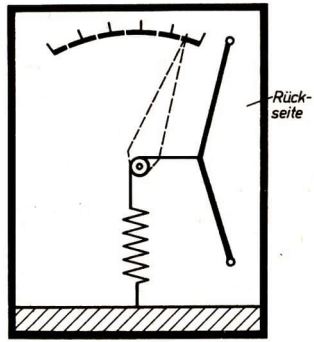


Bild 54 zu Lösung 121

in Ampere geteilten Skale die Stromstärke anzeigt (Bild 54).

122. a) Man bringt in den Raum zwischen beiden Platten eine kleine Metallkugel, die an einem langen Faden isoliert aufgehängt ist und mit einem geriebenen PVC-Stab berührt wird. Da die Kugel negativ geladen ist, wird sie von der positiv geladenen Platte angezogen.
b) Man lädt mit einem geriebenen PVC-Stab ein Elektroskop negativ auf. Die eine geladene Platte verbindet man mit dem Konduktor des Elektroskops, die andere Platte mit dem Gehäuse. Wird das Elektroskop jetzt entladen, so ist der Konduktor mit der positiv geladenen Platte verbunden. Erfolgt keine Entladung oder schlägt der Zeiger noch weiter aus, so hat man die negativ geladene Platte mit dem Konduktor verbunden.

123. An einer geladenen Kugel, die sich im elektrischen Feld eines geladenen Plattenkondensators befindet, wird eine Arbeit verrichtet, sie wird bewegt. Eine ungeladene Kugel verbleibt in Ruhe.

124. Eine Verschiebungsarbeit wird im elektrischen Feld nur dann verrichtet, wenn ein geladener Körper in Richtung der Feldlinien bewegt wird. Wird er dagegen parallel zu den Kondensatorplatten, also senkrecht zu den Feldlinien bewegt, so ist die Stärke des Feldes an allen Punkten seiner Bahn gleich groß. Zwischen solchen Punkten ist aber die Spannung gleich Null. Aus der Definition der Spannung,

$$\text{Spannung} = \frac{\text{Verschiebungsarbeit}}{\text{Ladung}} \quad \text{bzw.} \quad U = \frac{W}{Q},$$

folgt aber $W = Q \cdot U$, und wenn $U = 0$, ist auch $W = Q \cdot 0 = 0$.

127. $U = 0{,}1$ V

128. $W = 3$ Ws

129. $I = 3$ A

130. Der elektrische Strom muß nacheinander die Glühlampe und den Spannungsmesser durchfließen. Die Glühlampe leuchtet gar nicht oder nur schwach, oder der Spannungsmesser zeigt eine zu kleine Spannung an. Das liegt daran, weil bei einer

Reihenschaltung von Widerständen an jedem von ihnen ein Spannungsabfall auftritt. Spannungsmesser müssen immer parallel zur Spannungsquelle oder parallel zu den Energieabnehmern geschaltet werden.

131. Vgl. LB, Bild 60/1 b !

132. Die Spannung hängt nur vom Stoff der Platten, nicht aber von ihrer Form und Größe ab.

2.2. Elektrische Energie, Arbeit, Leistung

133. W = 10 Ws

134. W = 0,5 kWh

135. W = 24 kWh

136. W = 0,055 kWh

138. Wird ein Monat mit 30 Tagen angenommen, so betragen die Kosten 1,30 Mark.

139. t = 3,75 h = 3 h 45 min

(Diese Zeitangabe hat nur theoretischen Wert, da die Spannung und die Stromstärke beim Entladen nicht konstant bleiben.)

140. P = 1,53 PS

2.3. Elektrischer Widerstand, Ohmsches Gesetz

141. I = 2,75 A

142. a) R = 1 100Ω = 1,1 kΩ
b) R = 550Ω

143. I = 0,0045 A = 4,5 mA

144. U = 220 V

145. U = 40 V

146. R = 260Ω

147. a) R = 12Ω ; b) I = 0,5 A; c) W = 72 Wh = 0,072 kWh

148. R = 21Ω

149. a) I = 2,28 A; b) R = 97Ω

150. R = 1 590Ω

151. A = 4,8 mm^2

152. R = 2,23Ω

153. $\varrho = 0{,}50\ \frac{mm^2}{m}$. Der Draht besteht aus Konstantan.

154. a) R = 0,96Ω ; b) A = 0,75 mm^2

155. l = 98 m

156. 24 Wendeln

157. Ab 9. Auflage geändert: Jede Ader hat einen Widerstand von 256Ω . Die Adern sind aus Kupfer.

158. Das Halbleiterbauelement wird im Zylinderkopf eines Motors untergebracht. Bei Erwärmung wird sein Widerstand kleiner, und die Stromstärke im Stromkreis wird größer. Teilt man die Skale des Strommessers in Temperatureinheiten, so kann man die Temperatur ablesen.

2.4. Unverzweigter und verzweigter Stromkreis

159. Der Widerstand eines Drahtes, dessen Querschnittsfläche an allen Stellen gleich groß ist, ist direkt proportional seiner Länge. Der Widerstand des viermal so langen Drahtes ist daher auch viermal so groß wie der Widerstand des kürzeren Drahtes. Werden beide Drähte hintereinander geschaltet, so gilt für ihre Längen:

$$l = l_1 + l_2$$
$$l = l_1 + 4 \cdot l_1$$
$$l = 5 \cdot l_1$$

Die Gesamtlänge der hintereinander geschalteten Drähte ist also fünfmal so groß wie die Länge des kürzeren Drahtes. Daher ist der Gesamtwiderstand auch fünfmal so groß wie der des kürzeren der beiden Drähte.

160. a) R_{ges} = 60Ω b) U_1 = 10 V c) U_1 = 30 V
R_2 = 0,5 kΩ U_2 = 20 V U_2 = 120 V
R_1 = 0,2 MΩ U_{ges} = 30 V R_2 = 12 kΩ
R_{ges} = 15Ω R_{ges} = 15 kΩ

161. R = 30Ω

162. R = 3,3Ω

163. a) Reihenschaltung
b) 15 Kerzen
c) Bild 55

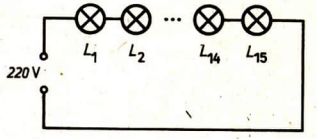


Bild 55 zu Lösung 163

164. R = 10Ω

165. a) Reihenschaltung
b) 2 Glühlampen

166. 3 Glühlampen sind in Reihe zu schalten.

167. Bei konstanter Länge ist der Widerstand von Drähten umgekehrt proportional dem Flächeninhalt ihrer Querschnittsflächen. Werden zwei Drähte mit gleicher Länge und gleich großen Querschnittsflächen parallel geschaltet, so wird dadurch der wirksame Flächeninhalt verdoppelt. Als Folge davon wird der Gesamtwiderstand auf die Hälfte verringert. Der Gesamtwiderstand beider Drähte ist also in Parallelschaltung halb so groß wie der Widerstand eines Drahtes.

168. a) R_{ges} = 12Ω
R_2 = 24Ω

b) I_{ges} = 1 A
R_{ges} = 20Ω
R_1 = 50Ω
R_2 = 33,3Ω

c) I_1 = 2 A
I_2 = 1 A
R_2 = 60Ω
R_{ges} = 20Ω

169. I = 0,45 A

170. Bild 56. Parallel zum Meßwerk wird ein Nebenwiderstand geschaltet. Dadurch verzweigt sich der Strom in zwei Teilströme. Die für das Meßwerk zulässige Stromstärke wird dadurch nicht überschritten.

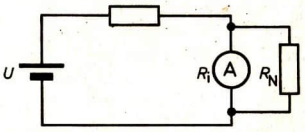


Bild 56 zu Lösung 170

Der Widerstand des Nebenwiderstands ist kleiner als der Widerstand des Meßwerks, so daß der größte Teil des Stromes durch ihn fließt.

171. $R_{ges} = 33{,}3\,\Omega$; $I = 6{,}6$ A. Der gleichzeitige Anschluß beider Geräte ist nicht möglich.

172. Bei gleich großen Längen und Querschnittsflächen verhalten sich die Widerstände zweier Drähte wie ihre spezifischen Widerstände.

$$R_{Blei} : R_{konst.} = 188 : 500$$

Da bei konstanten Spannungen die Stromstärken umgekehrt proportional zu den Widerständen sind, gilt für die Stromstärken

$$I_{Blei} : I_{konst.} = 500 : 188$$

$$I_{konst.} = \frac{188}{500} I_{Blei}$$

und $I_{konst.} = 0{,}75$ A.

173. Die Lampen sind parallel geschaltet (Bild 57).
$I_{ges} = 0{,}6$ A,
wenn $U = 3{,}5$ V.

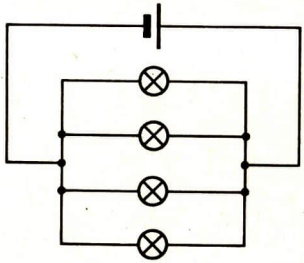


Bild 57 zu Lösung 173

174. Wenn auch die Betriebsspannung 6 V beträgt, ist $I_{ges} = 0{,}8$ A.

175. a) Man verwendet einen Schiebe- oder Drehwiderstand als Vorwiderstand für die Beleuchtungskörper. Mit seiner Hilfe wird die Stromstärke geregelt, die dabei ein Minimum erreicht, wenn die ganze Länge des Widerstandsdrahtes wirksam wird, aber nicht Null werden kann (Bild 58 a).

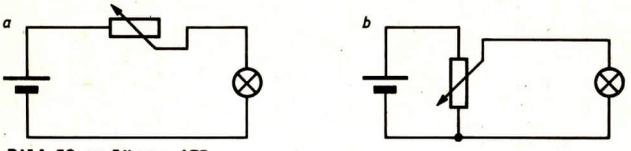


Bild 58 zu Lösung 175

b) Der regelbare Widerstand kann auch als Spannungsteiler geschaltet werden. Damit kann die Spannung und folglich auch die Stromstärke zwischen dem Höchstwert und Null geregelt werden (Bild 58 b).

176. Der Schleifkontakt eines regelbaren Widerstandes teilt den Gesamtwiderstand in 2 Teilwiderstände, an denen jeweils ein Teil der Gesamtspannung abfällt. Dieser Spannungsabfall ist dem Teilwiderstand direkt proportional und bei Verwendung eines Drahtwiderstandes mit konstanter Querschnittsfläche direkt proportional der Drahtlänge. Die Spannung zwischen dem Schleifkontakt und einem Ende des Widerstandes kann zwischen Null und dem Betrag der anliegenden Spannung geregelt werden (Bild 59 a).

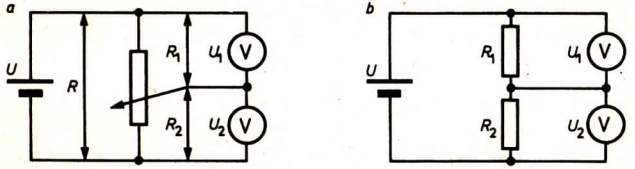


Bild 59 zu Lösung 176

Eine Spannungsteilung erfolgt auch durch in Reihe geschaltete Widerstände. Allerdings können dabei die Teilspannungen nicht verändert werden (Bild 59 b).

177. Der Widerstand eines Drahtes mit konstantem Querschnitt ist direkt proportional seiner Länge. Daher verhalten sich auch die Teilspannungen wie die entsprechenden Längen.

$$U_1 : U = l_1 : l$$

$$5\ V : 20\ V = l_1 : l$$

Daraus folgt: $l_1 = 0{,}5\ m$.

178. a) $\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ / $\cdot R_1 \cdot R_2 \cdot R_{ges}$

$R_1 \cdot R_2 = R_{ges} \cdot R_2 + R_{ges} \cdot R_1$ / Ausklammern von R_{ges}

$R_1 \cdot R_2 = R_{ges} \cdot (R_1 + R_2)$ / : $(R_1 + R_2)$

$\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = R_{ges}$

Vertauscht man nun noch die beiden Seiten miteinander, so ist die 2. Gleichung durch äquivalente Umformungen aus der 1. Gleichung entwickelt worden.

b) $R_{ges} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$ / $\cdot (R_1 + R_2)$

$R_{ges} \cdot R_1 + R_{ges} \cdot R_2 = R_1 \cdot R_2$ / : $(R_1 \cdot R_2 \cdot R_{ges})$

$\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} = \frac{1}{R_{ges}}$

Damit wurde aus der 2. Gleichung durch äquivalente Umformungen die 1. hergeleitet.

2.5. Zur Wiederholung

179. Bild 60

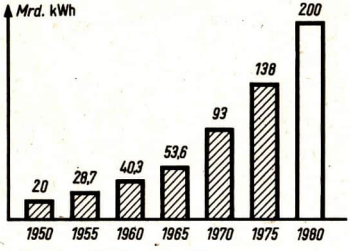


Bild 60 zu Lösung 179

180. Bild 61

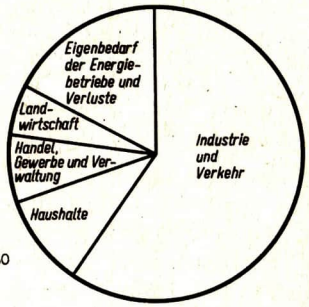


Bild 61 zu Lösung 180

181. P = 1,8 W

182. I = 3,63 A

183. I ≈ 36 A. Die Sicherung muß für 40 A bemessen sein.

184. W = 0,027 kWh

185. W = 780 Ws

186. W = 0,018 kWh

187. W = 21,3 kcal = $8,9 \cdot 10^4$ Ws
t = 297 s ≈ 5 min

188. R = 1 940Ω

189. R = 400Ω

190. R = 320Ω

191. P = 1 135 W

Maßstabgerechte Darstellung der Zeichnung zu Lösung 3 (Seite 43)

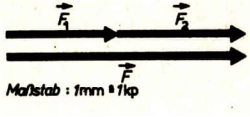


Bild 25 (maßstabgerecht)

Maßstabgerechte Darstellung der Zeichnung zu Lösung 7 (Seite 44)

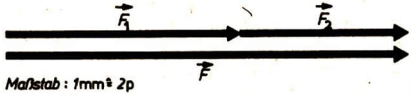


Bild 26 (maßstabgerecht)

Maßstabgerechte Darstellung der Zeichnung zu Lösung 35 (Seite 50)

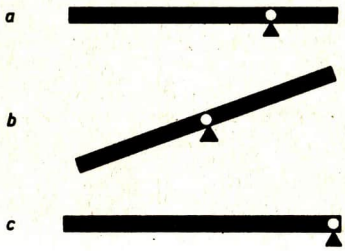
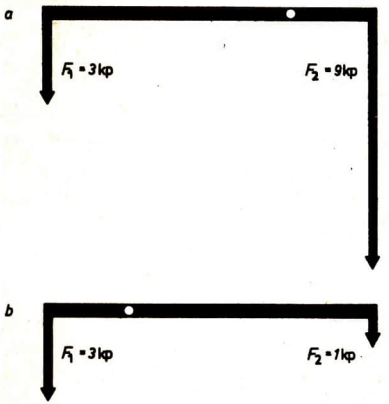


Bild 33 (maßstabgerecht)

Maßstabgerechte Darstellung der Zeichnung zu Lösung 36 (Seite 51)



Maßstab: 1kp ≙ 5mm

Bild 34 (maßstabgerecht)

Kurzwort: 02 21 58 Loesungsh. Phys. 6–8