

cher man die Fische im W. sieht, Rücksicht zu nehmen? — 10. Wie werden die Räder eines etwa bis an die Achsen in ruhigem und klarem W. stehenden Wagens aussehen, wenn man sie von der Seite betrachtet, u. w.? — 11. Welche Änderung wird man wahrnehmen können an der Gestalt der Hand, wenn man sie senkrecht in W. taucht, am ganzen K., wenn man beim Baden immer tiefer ins W. hineingeht? Erkl.! — 12. Wie muß ein auf die Erde gelangender Sonnenstrahl die Atm. treffen, um seine ursprüngliche Richtung beizubehalten? — 13. Angenommen, es sollte der Winkel gemessen werden, welchen eine gerade Linie, die man sich vom Auge bis zu einem Stern gezogen denkt, mit der Horizontalen bildet. Inwiefern ist hierbei die Größe des durch die Lichtbrechung entstehenden Beobachtungsfehlers von der Stellung des Gestirns abhängig?

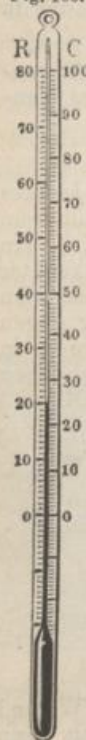
## V. Abschnitt.

### Von der Wärme.

#### A. Wirkungen der Wärme.

#### § 30. Wärmeempfindung. Thermometer.\*) Mitteilung der Wärme.

Fig. 106.



Wenn man einen festen Körper berührt, so hat man außer dem Gefühle, daß er hart oder weich, rauh oder glatt u. s. w. ist, häufig noch eine andere Empfindung, nach welcher man den Körper als heiß, warm, kühl oder kalt bezeichnet. Dieselbe Empfindung können auch flüssige und luftförmige Körper in uns hervorrufen: wir sprechen z. B. von warmem und kaltem Wasser, von warmer und kalter Luft.

*Die nicht wahrnehmbare Ursache, durch welche diese Empfindungen in uns hervorgerufen werden, heißt Wärme.*

Wie warm oder kalt ein Körper ist, läßt sich durch das Gefühl nur annähernd richtig beurteilen. Tauchen wir z. B. die Hand in lauwarmes Wasser, so erscheint uns dasselbe warm, wenn die Hand kälter, hingegen kalt, wenn sie wärmer war als das Wasser. Zur genauen Bestimmung des Wärmegrades dienen Instrumente, welche Thermometer<sup>1)</sup> oder Wärmemesser genannt werden. Am gebräuchlichsten sind Quecksilberthermometer.

Ein Quecksilberthermometer (Fig. 106) besteht aus einer sehr engen und überall gleichweiten Glasröhre, welche an einem Ende zu einem kugeligen oder cylindrischen Gefäße aufgeblasen und deren anderes Ende zugeschmolzen ist. Das Gefäß und ein Teil der Röhre sind mit Quecksilber gefüllt, der übrige Teil der Röhre ist luftleer. Auf oder neben der Röhre (auf Holz, Metall oder dergl.) befindet sich zum Ablesen des Wärmegrades eine

\*) Vgl. II. Lehrstufe, § 117.

<sup>1)</sup> θερμός (thermos), Wärme.



$$80^{\circ} \text{ Réaumur} = 100^{\circ} \text{ Celsius.} \\ 1^{\circ} = \frac{5}{4} \text{ } \\ 100^{\circ} \text{ C} = \frac{4}{5} \text{ R.}$$

*Skala*, d. h. eine numerierte Teilung, in welcher zwei Punkte gewöhnlich durch die Buchstaben EP oder FP (Eispunkt oder Frierpunkt) und SP (Siedepunkt) besonders hervorgehoben sind. Bis zum ersten Punkte sinkt das Quecksilber, wenn man das Thermometer in schmelzenden Schnee taucht, bis zum letzteren steigt es, wenn man die Dämpfe von kochendem Wasser auf das Thermometer einwirken läßt. Da von diesen Punkten die Teilung ausgeht, so werden sie als *Fundamentalpunkte* bezeichnet; ihr Abstand wird *Fundamentalabstand* genannt. Letzterer ist in eine bestimmte Anzahl gleicher Teile, Grade, geteilt.

Nach der Beschaffenheit der Skala unterscheidet man Thermometer nach Réaumur (spr. Reomür) und Celsius. Bei ersteren ist der Fundamentalabstand in 80, bei den letzteren in 100 Grade geteilt. Diese Teilung wird häufig noch über die Fundamentalpunkte hinaus fortgesetzt. Man zählt die Grade vom Eispunkte aus. Hier steht daher 0 (wonach der Eispunkt auch *Nullpunkt* heißt), während den Siedepunkt je nach der Skala die Zahl 80 oder 100 bezeichnet. Die Grade über 0 werden *Wärmegrade*, jene unter 0 *Kältegrade* genannt; erstere bezeichnet man durch ein vorgesetztes Pluszeichen (+), letztere durch ein Minuszeichen (—). Ein nachfolgendes R oder C giebt die Art der Skala an. — Was bedeutet hiernach: +20° C und —20° R?

Man gebraucht ein Thermometer in der Weise, daß man den unteren, gefäßförmigen Teil desselben mit dem zu untersuchenden Körper in Berührung bringt. Hierbei findet gewöhnlich ein Steigen oder Fallen des Quecksilbers in der Röhre statt, das solange andauert, bis der Wärmegrad bei beiden Körpern gleich ist. Die dann vom Quecksilberfaden angezeigte Zahl der Skala giebt den Wärmegrad oder die **Temperatur** des Körpers an.

Ein solcher Temperatur-Ausgleich tritt stets ein, wenn zwei Körper von verschiedener Temperatur einander lange genug berühren, wie sich durch das Thermometer leicht nachweisen läßt. Hierbei nimmt der kältere Körper von dem wärmeren solange Wärme auf, bis beide dieselbe Temperatur haben. (Füllen eines kalten Gefäßes mit heißer Flüssigkeit, Mischen von kaltem und heißem Wasser, Ablöschen von glühendem Eisen durch Eintauchen in kaltes Wasser u. s. w.)

Die Temperatur der Körper ist veränderlich. — Wenn Körper von ungleicher Temperatur einander berühren, so findet eine Ausgleichung der Temperatur statt: **Mitteilung der Wärme.**

Die Ausdrücke Wärme und Temperatur dürfen nicht miteinander verwechselt werden, da Wärme die Ursache der Wärmeerscheinungen, Temperatur hingegen nur den Grad der Erwärmung angiebt. — Ebenso unrichtig würde es ferner sein, Wärme und Kälte für etwas wesentlich Verschiedenes zu halten. Ein Körper ist kalt, heißt: der Grad seiner Erwärmung ist gering, oder er hat eine niedrige Temperatur, nicht aber, er enthalte gar keine Wärme. — In Deutschland werden im täglichen Leben vielfach Thermometer mit der Skala von Réaumur benutzt; die Skala von Celsius wird besonders in Frankreich gebraucht.

**Übungsstoff.** 1. Worin stimmen die Therm. nach R und C überein, und wodurch unterscheiden sie sich? — 2. Warum muß der freie Raum der Therm.-Röhre luftdicht sein? — 3. Warum sind die Therm. unten gefäßförmig erweitert? — 4. Warum ist die Wand des Gefäßes dünn, die Wand der Röhre dagegen dick? —

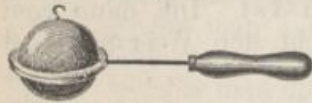


5. Welche Schutzvorrichtung befindet sich an Zimmer-Thermometern gewöhnlich über der Kugel? — 6. Für manche Zwecke reicht es aus, Therm. zu benutzen, deren Skala nur bis 40 oder 50° hinaufgeht. Warum dürfen solche Therm. nicht in Flgkn. eingetaucht werden, welche eine höhere Temp. haben? — 7. Die Kugeln zweier Therm. seien gleichdick, die Röhren dagegen ungleichweit. Bei welchem wird dann das Qu. bei gleicher Temp.-Erhöhung am schnellsten steigen und fallen, u. w.? — 8. Was wird eintreten, wenn die Röhren gleichweit und die Kugeln ungleichdick sind? — 9. Durch welche Einrichtung läßt es sich demnach erreichen, daß die Teilstriche der Skala eines Therm. möglichst weit auseinanderfallen? — 10. Kugeln haben bei dem größten Rauminhalte die kleinste Oberfläche. Leite hieraus ab, warum für sehr empfindliche Therm. sich die in Fig. 106 dargestellte Form besser eignet. — 11. Wv. Grad C sind +12°, +17°, +25° und -12°, -17°, -25° R? — 12. Wv. Grad R sind +20°, +33°, +49° und -20°, -33°, -49° C?

### § 31. Ausdehnung der Körper durch die Wärme. a. Ausdehnung fester Körper.

Aus zahlreichen Erfahrungen des täglichen Lebens geht hervor, daß die festen Körper, besonders die Metalle, unter dem Einfluß der Wärme ihr Volumen auffällig verändern. Telegraphendrähte z. B. erscheinen im Winter straff gespannt, während sie im Sommer schlaff hängen; beim Legen von Eisenbahnschienen, eisernen Röhrenleitungen, Kupfer- und Zinkplatten auf Dächern und ähnlichen Metallverbindungen muß ein hinreichender Spielraum für die Ausdehnung bei Temperaturzunahme gelassen werden u. s. w.

Fig. 107.

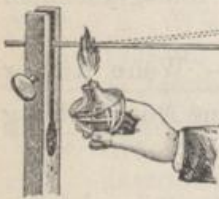


Versuch a. Wie wird sich die Metallkugel (Fig. 107) gegen den Metallring verhalten, durch welchen sie bei gewöhnlicher Temperatur eben hindurchfallen kann, wenn a. die Kugel, b. der Ring stark erhitzt wird?

Über das Verhalten des Glases bei stärkerer Erwärmung giebt folgender Versuch Aufschluß.

Versuch b. Erhitzt man eine wagrecht befestigte Glasröhre von

Fig. 108.



$\frac{1}{2}$  bis 1 m Länge und einigen mm Dicke am befestigten Ende (Fig. 108), so hebt sich das freie Ende um einige cm und sinkt nach Entfernung der Flamme wieder herab. Erklärung!

Aus den angeführten Erfahrungen und Versuchen folgt das Gesetz:

Werden feste Körper erwärmt, so dehnen sie sich aus; durch Abkühlung ziehen sie sich zusammen.

### b. Ausdehnung flüssiger und luftförmiger Körper.

Das Quecksilber im Thermometer steigt bei der Erwärmung, weil es sich ausdehnt; daß auch andere Flüssigkeiten als Quecksilber durch Temperaturerhöhung sich ausdehnen, läßt sich durch Versuche leicht bestätigen.



**Versuch c.** Ein Probiergläschen fülle man etwa zur Hälfte mit Petroleum oder Alkohol und erwärme es in heißem Wasser (warum nicht über einer Flamme?); die Ausdehnung der Flüssigkeit ist deutlich erkennbar.

**Versuch d.** Eine gut verkorkte und ganz mit kaltem Wasser gefüllte Glasflasche, in welcher eine enge Glasröhre luftdicht befestigt ist, wird durch Eintauchen in heißes Wasser schnell erwärmt. Das Wasser in der Röhre sinkt zunächst ein wenig, dann steigt es. Erklärung (unter Beziehung auf Versuch b)!

Die Ausdehnung der Luft durch Erwärmung ist noch auffälliger, als die der Flüssigkeiten und zeigt sich an zahlreichen Beobachtungen. (Beispiel: Eine mit Luft gefüllte und straff zugebundene Blase.)

**Versuch e.** Eine Retorte oder Kochflasche wird mit ihrer Mündung in Wasser getaucht. Erwärmt man die Retorte mit einer Flamme, so entweichen zahlreiche Luftblasen durch das Wasser; kühlt man sie ab, so dringt Wasser in dieselbe ein; warum?

**Versuch f.** Eine nur wenig Wasser enthaltende, fest verschlossene Flasche (Fig. 109), durch deren Kork eine enge Glasröhre gesteckt ist, wird etwa durch Auflegen der Hände ein wenig erwärmt; das Wasser steigt schnell in der Röhre hinauf, wenn letztere bis in das Wasser hinabreicht. Durch Abkühlung sinkt es schnell wieder.

Mit dieser Vorrichtung lassen sich geringe Temperaturveränderungen leicht sichtbar nachweisen. Apparate, welche Temperaturveränderungen anzeigen, werden, wenn sie nicht mit einer Skala versehen sind, **Thermoskope**, d. h. Wärmeanzeiger, genannt.

Aus den Versuchen c bis f ergibt sich das Gesetz:

Flüssige oder luftförmige Körper dehnen sich aus, wenn sie erwärmt werden; sie ziehen sich zusammen, wenn sie abgekühlt werden.

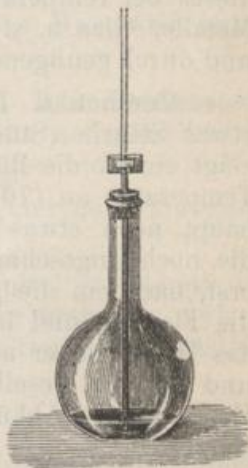
Genauere Versuche lehren:

Bei gleicher Temperaturerhöhung dehnen sich die luftförmigen Körper stärker aus als die flüssigen und diese stärker als die festen Körper.

Die Temperaturerhöhung und die Ausdehnung sind demnach zwei Hauptwirkungen der Wärme.

**Übungsstoff.** 1. Warum werden eiserne Reifen stark erhitzt, wenn sie um Räder gelegt werden sollen? — 2. Inwiefern ist die Raumveränderung, welche die Gesteine durch Temperaturwechsel erleiden, von Einfluß auf die Verwitterung derselben? — 3. Lampencylinder und Glasflaschen werden abgesprengt, indem man sie durch Reiben mittelst einer darumgelegten Schnur stark erhitzt und die erhitzte Stelle mit kaltem W. bespritzt. Erkl.! — 4. Dickwandige Flaschen, Gläser, Lampencylinder u. s. w. zerspringen beim Erwärmen leichter als dünnwandige; w.? (Wandstärke von Trink- und Kochflaschen!) — 5. An welcher Stelle muß die Wand eines

Fig. 109.





Lampencylinders am dünnsten sein, u. w.? — 6. Eingeschliffene Glasstöpsel lassen sich durch Erwärmen des Flaschenhalses lockern. Ausführung und Erkl.! — 7. Warum dürfen Öl-, Petroleum- und Spiritusfässer, namentlich in kühler Jahreszeit, für den Versand nicht ganz gefüllt werden? — 8. An Maßcylindern, d. h. an Glascylindern, welche mit Teilstrichen (etwa für ccm) versehen sind und zum Messen von Flgk. dienen, ist gewöhnlich auch die Temp. angegeben, für welche die Teilung Gültigkeit hat (z. B.  $12^{\circ}$  R oder  $15^{\circ}$  C); w.? — 9. Was wird eintreten, wenn man einen Heronsball erwärmt? Grund! — 10. Ein Heronsball soll mit W. gefüllt werden, ohne dafs er geöffnet wird. Wie ist dies möglich? (Füllen von Thermometer-Röhren.) — 11. Beim Verbrennen von Steinkohle entstehen Gase. Erkläre hiernach, warum brennende Kohlen bisweilen mit starkem Knalle auseinanderspringen. (Kastanien im Feuer.) — 12. Wie erklärt es sich, dafs von Flaschen mit kohlensäurehaltigen Getränken häufig die Korke abspringen, wenn die Flaschen aus dem kalten Keller in einen warmen Raum gebracht werden?

**§ 32. Änderung der Aggregatzustände.\*) a. Schmelzen und Erstarren.** Eis und Schnee verwandelt sich bei  $0^{\circ}$  in Wasser, dieses bei Temperaturen unter  $0^{\circ}$  umgekehrt wieder in Eis oder Schnee. Metalle, Glas u. s. w. lassen sich im Feuer erweichen und verflüssigen und durch genügende Abkühlung wieder in feste Körper verwandeln u. s. w.

**Versuch a.** In einem Becherglase schmelze man über einer Flamme etwas Stearin (Stück von einer Kerze). Sobald das Schmelzen beginnt, zeigt ein in die flüssige Masse gehaltenes Thermometer eine bestimmte Temperatur an ( $70^{\circ}$  C); dieselbe bleibt so lange unverändert, als überhaupt noch etwas von dem Stearin fest ist (man beobachte auch, dafs die noch ungeschmolzenen Teile am Boden liegen bleiben!) und steigt erst, nachdem die ganze Masse flüssig geworden ist. Man entfernt nun die Flamme und läfst die geschmolzene Masse abkühlen. Erst nachdem das Thermometer auf  $70^{\circ}$  gesunken ist, beginnt die Erstarrung derselben und solange dieselbe vor sich geht, bleibt die Temperatur unverändert. Eine weitere Abkühlung tritt erst ein, nachdem die ganze Masse erstarrt ist.

Dieselben Beobachtungen können leicht an anderen Körpern (z. B. Paraffin, Wachs, Schwefel, Blei) gemacht werden; es ergiebt sich, dafs der Übergang aus dem festen in den flüssigen und aus dem flüssigen in den festen Zustand (Schmelzen und Erstarren) immer bei ein und derselben Temperatur stattfindet.

Durch genügende Erwärmung werden feste Körper flüssig; durch Abkühlung werden flüssige Körper fest. — Für jeden schmelzbaren Körper giebt es eine bestimmte Temperatur, bei welcher er schmilzt: Schmelzpunkt. Bei derselben Temperatur wird der flüssige Körper wieder fest: Erstarrungspunkt.

Über die Änderung des Rauminhaltes, welche beim Schmelzen und Erstarren der Körper eintritt, lehren die Versuche:

Beim Schmelzen dehnen sich die meisten Körper aus; beim Erstarren ziehen sie sich zusammen.

\*) Vgl. II. Lehrstufe, § 118 ff.



Die beobachtete Thatsache, daß geschmolzenes Stearin über den noch ungeschmolzenen Stücken schwimmt, ist damit in Übereinstimmung: das Stearin hat sich beim Schmelzen ausgedehnt. Ebenso verhalten sich die meisten anderen Körper; das Wasser dagegen macht eine wichtige Ausnahme. Wasser dehnt sich beim Gefrieren stark aus. Dies läßt sich daraus schliessen, daß z. B. Flaschen, welche ganz mit Wasser gefüllt sind, zerspringen, wenn das Wasser gefriert, sowie daß Eis auf Wasser schwimmt (aus 10 ccm Wasser entstehen ungefähr 11 ccm Eis und umgekehrt). Eis zieht sich demnach beim Schmelzen zusammen. — Unter den Metallen verhält sich Gufseisen, Wismut und Antimon ebenso.

#### Schmelzpunkte einiger Körper in Graden nach C.

Quecksilber . . . . .	— 39°	Blei . . . . .	ungef. 300°	Gufseisen . . . . .	1100 bis 1200°
Eis . . . . .	0°	Zink . . . . .	„ 400°	Stahl . . . . .	1300 „ 1400°
Stearin u. Wachs	ungef. +70°	Silber u. Kupfer	„ 1000°	Schmiedeeisen	1500 „ 1600°
Zinn . . . . .	„ 230°	Gold . . . . .	„ 1200°	Platin . . . . .	ungef. 1700°

Meerwasser gefriert wegen seines Salzgehaltes erst bei ungefähr  $-2,5^{\circ}$  C. Alkohol kann bis  $-100^{\circ}$  erkaltet werden, ohne zu gefrieren.

Die Änderung des Aggregatzustandes ist die dritte Hauptwirkung der Wärme.

#### b. Verdampfen und Verdichten. I. Das Verdunsten.

Feuchte Körper trocknen an der Luft und zwar um so schneller, je wärmer und trockener dieselbe ist. Führe Erfahrungen hierüber an!

Ein einfacher Versuch lehrt, daß auch die Natur der Flüssigkeit einen Einfluß auf derartige Vorgänge ausübt.

**Versuch b.** Hängt man drei Streifen Löschpapier, von denen der eine mit Wasser, der andere mit Alkohol und der dritte mit Äther getränkt ist, im Zimmer frei auf, so wird der letzte Streifen am schnellsten, der erste am langsamsten trocken.

Erfahrungen und Versuche lehren:

Flüssige Körper verwandeln sich schon bei gewöhnlicher Temperatur in Dämpfe, welche in die umgebende Luft entweichen: **Verdunstung**. Dieselbe findet nur an der Oberfläche statt und erfolgt bei verschiedenen Flüssigkeiten (Äther, Alkohol, Wasser) verschieden schnell.

Die Verdunstung erfolgt um so schneller, je höher die Temperatur ist und je weniger Dämpfe die Luft enthält. Auch unter  $0^{\circ}$  kann noch eine Verdunstung stattfinden. Eis z. B. verdunstet bei trockener Luft, feuchte Wäsche wird auch bei Frostwetter trocken, wenngleich langsamer als sonst. Mit Eis und Schnee bedeckte Wege werden bei anhaltend trockenem Froste staubig.

#### II. Das Verdampfen (Sieden).

**Versuch c.** Beobachtung des Siedens von Brunnenwasser in einer offenen Kochflasche mit eingesetztem Thermometer: Aufsteigen von Luftblasen, Bildung von Dampfblasen, die zuerst an der Oberfläche wieder verschwinden (singendes Geräusch!), endlich wallende Bewegung durch die ganze Flüssigkeit, Entweichen des Dampfes und feuchter Niederschlag in der Mündung der Kochflasche. Das Thermometer bleibt während des Siedens unverändert bei  $100^{\circ}$  C stehen.



Die Verwandlung einer Flüssigkeit in Dampf wird **Sieden** genannt, wenn die Dampfbildung durch die ganze Masse der Flüssigkeit stattfindet; die Temperatur, bei welcher das Sieden eintritt, heißt **Siedepunkt**.

Um zu ermitteln, wie sich die Siedepunkte der bei Versuch a zum Verdunsten benutzten Flüssigkeiten zu einander verhalten, läßt sich in folgender Weise verfahren:

**\*Versuch d.** Taucht man in stark erhitztes Öl zwei ziemlich enge, aber gleichweite Probierröhrchen, von denen das eine Wasser, das andere Alkohol von gewöhnlicher Temperatur enthält, so fängt zuerst der Alkohol, darauf auch das Wasser an zu sieden. Erhitzt man ebenso Alkohol und Äther zugleich in heißem Wasser, so siedet der Äther zuerst. — Vgl. hiernach die Siedetemperaturen von Öl, Wasser, Alkohol und Äther miteinander. — Genaue Versuche lehren:

Jede Flüssigkeit siedet bei einer bestimmten Temperatur (Siedepunkt); solange diese nicht erreicht ist, findet nur eine Verdunstung statt.

#### Siedepunkte einiger Flüssigkeiten in Graden nach C.

Reines Wasser . . .	+ 100°	Schwefeläther . . .	+ 35°	Leinöl . . . . .	+ 315°
Meerwasser ungef.	104°	Alkohol . . . . .	78°	Quecksilber . . . .	360°

### III. Das Verdichten. Destillation.

**\*Versuch e.** Eine Kochflasche steht durch eine Glasröhre mit

Fig. 110.



einem von kaltem Wasser umgebenen Gefäße (Kühlgefäße) in offener Verbindung (Fig. 110). Das Wasser in der Kochflasche wird erhitzt, bis sich unter heftigem Ausströmen von Dämpfen im Kühlgefäße Wasser ansammelt. Nach Entfernung der Flamme hört die wallende Bewegung auf und das Wasser strömt aus dem Kühlgefäße wieder in die Flasche zurück. Erklärung!

Aus den Versuchen c und e geht hervor, daß das Wasser durch Wärme sich in Dampf verwandelt, aus welchem bei genügender Abkühlung die ursprüngliche Flüssigkeit wieder entsteht.

Durch Wärme werden flüssige Körper dampfförmig; durch genügende Abkühlung werden Dämpfe wieder tropfbar flüssig.

Die Verdichtung von Dampf zu Flüssigkeit heißt **Kondensation**.<sup>1)</sup> — Wasser, das durch Verdichtung von Wasserdämpfen hergestellt worden ist, nennt man **destilliertes**<sup>2)</sup> Wasser.

<sup>1)</sup> condensare, verdichten. — <sup>2)</sup> destillare, herabtröpfeln.



**Übungsstoff.** 1. Welche Metalle schmelzen a. in siedendem Leinöl, b. in schmelzendem Kupfer? — 2. Gefrorene Früchte (Kartoffeln, Äpfel u. dgl.) werden oft wieder genießbar, wenn man sie einige Zeit in recht kaltem W. liegen läßt. In demselben überziehen sie sich mit einer Eiskruste, welche allmählich wieder schmilzt. Erkläre die letzteren Erschn.! — 3. Nach dem Auftauen des Eises im Frühlinge sieht man oft auf Wegen den Erdboden von den darin liegenden Steinen ringsum abgehoben. Erkl. und Hinweis auf den Einfluss, den das in den Spalten der Gesteine gefrierende W. auf den Verwitterungsprozess hat. — 4. Flüssiger Leim, Kleister u. dgl. überziehen sich an der Luft mit einer Haut und trocknen nach und nach ein. Erkl.! Einfluss der Temp.! — 5. Nach einem Regen trocknet Wäsche weit langsamer als sonst, am schnellsten bei trockenem Winde. Erkl.! — 6. Erkläre folgende Erschn.: a. die Entstehung von Wassertropfen unter den Deckeln der Kochtöpfe, b. das sogen. Beschlagen einer Fensterscheibe, wenn man dagegen haucht, c. die Entstehung von Fensterschweiß, d. das bekannte Beschlagen der Brillengläser. — 7. Wenn das Probiergläschen (Fig. 110) entfernt wird, so steigen die aus der Röhre tretenden Blasen anfangs ganz im W. auf; sobald das W. in der Flasche siedet, verschwinden sie schon an der Mündung der Röhre; hat sich das W. im Cylinder durch die Dämpfe bis zum Sieden erhitzt, so steigen die Blasen wieder ganz im W. auf. Erkl.! — 8. Wenn bei einer Spirituslampe der Docht nach dem Gebrauche der Lampe nicht mit einem Hütchen (aus Glas oder Blech) überdeckt wird, so bleibt er zwar feucht, er ist aber um so schwerer wieder zu entzünden, je länger die Lampe offen gestanden hat. Grund! (Spiritus besteht aus W. und Alkohol, nur letzterer ist brennbar.) — 9. Beziehung zwischen den Siedepunkten der drei bei Versuch a benutzten Flgkn. und der Schnelligkeit, mit welcher diese Flgkn. verdunsteten! — 10. Angenommen, die Flasche, Fig. 110, enthalte Spiritus; welche von beiden Flgkn. wird am schnellsten verdampfen, u. w.? — 11. Vgl. den Spiritusgehalt der aus den Dämpfen gewonnenen Flgk. a. mit dem des anfänglichen Gemisches, b. mit der rückständigen Flgk. in der Flasche. (Destillation.) — 12. Salzsole läßt man, wenn sie sehr viel W. enthält, zunächst an Dornenwänden (Gradierwerk) hinuntertröpfeln und darauf in großen Pfannen sieden; w? Ersteres ist auch im Winter (namentlich bei trockenem Froste) von Erfolg, niemals jedoch bei nassem Wetter. Erklärung!

**§ 33. Druck der Dämpfe. \*)** Nach der Erscheinung, daß das Wasser (bei Versuch e, § 32) wieder in die Flasche zurückströmte, lassen sich Dampfspannung und Luftdruck in Bezug auf ihre Größe miteinander vergleichen. Da nämlich die anfangs in der Flasche enthaltene Luft von dem ausströmenden Dampfe mit fortgerissen wurde, so konnte beim Eintreten jener Erscheinung vom Innern der Flasche aus nur noch der Dampf auf das Wasser einwirken, während von außen der Luftdruck wirkte. Solange nun das Wasser siedete, vermochten die Dämpfe offenbar den Druck der äußeren Luft zu überwinden, denn sie strömten aus und verdrängten das in der Röhre enthaltene Wasser. Als aber das Wasser zurückströmte, mußte der Druck des Dampfes durch die Abkühlung so stark abgenommen haben, daß der unveränderte Luftdruck den Gegendruck des Dampfes überwinden konnte. Die äußere Luft trieb somit das Wasser mit zunehmendem Überdruck in die Flasche zurück. Da das Sieden hierbei aufhörte, so gelangen wir zu dem weiteren Schlusse, daß die Bildung von Dampfblasen im Innern des Wassers erst dann erfolgen konnte, als die Dampfspannung groß genug war, den auf dem Wasser lastenden Druck der Luft zu überwinden.

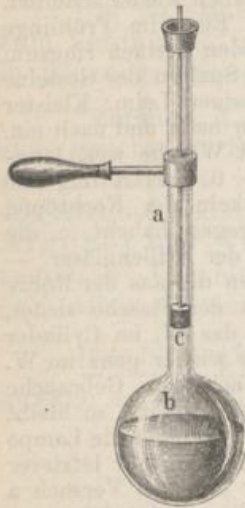
In offenen Gefäßen siedet eine Flüssigkeit, wenn die Spannung ihrer Dämpfe dem Drucke der äußeren Luft gleich ist.

\*) Vgl. II. Lehrstufe, § 122.



Ätherdämpfe vermögen demnach schon bei 35°, Dämpfe von Alkohol bei 78° C einen Druck auszuüben, welcher dem Drucke der Wasserdämpfe von 100° C gleich ist.

Fig. 111.



Durch den Druck von Dämpfen und den Luftdruck läßt sich auch eine Kolbenbewegung hervorrufen:

**Versuch a.** Erhitzt man in einem am unteren Ende erweiterten Glaszylinder (Fig. 111) oder in einer überall gleichweiten Probierröhre etwas Wasser, nachdem man vorher einen leicht beweglichen Kolben hineingeschoben hat, so steigt der Kolben durch den Überdruck der Dämpfe in die Höhe. Taucht man das Gefäß darauf in kaltes Wasser, so geht der Kolben durch den Überdruck der Luft wieder zurück.

Der Druck der Wasserdämpfe findet bei Dampfmaschinen\*\*) eine wichtige Anwendung, indem man die Dämpfe in einem geschlossenen Cylinder auf einen luftdicht schließenden Kolben einwirken läßt, der durch seinen Hin- und Hergang eine Kurbel dreht und dadurch die Maschine in Bewegung setzt.

Was läßt sich hinsichtlich des Druckes erwarten, welchen die drei bei Versuch a, § 32, benutzten Flüssigkeiten bei gleicher, etwa bei gewöhnlicher Lufttemperatur ausüben werden?

Bestätigung durch \*Versuch b. Schließt man drei Papierstreifen,

Fig. 112.



von denen der eine mit Äther, der andere mit Alkohol und der dritte mit Wasser benetzt ist, nacheinander luftdicht in eine Kochflasche ein, welche mit einem heberförmigen Manometer (Fig. 112) in offener Verbindung steht, so giebt sich durch das Aufsteigen der in letzterem enthaltenen Flüssigkeit (Qu. oder gefärbtes W.) jedesmal eine Dampfspannung zu erkennen, welche beim Äther am größten, beim Wasser am kleinsten ist. — Derartige Erscheinungen zeigen die Dämpfe aller Flüssigkeiten bei jeder Temperatur.

Dämpfe üben vermöge ihrer Ausdehnbarkeit bei jeder Temperatur einen Druck aus, dessen Gröfse von der Natur der zugehörigen Flüssigkeit abhängt und durch Wärme zunimmt (Dampfspannung, vgl. § 18).

**Übungsstoff.** 1. Die Heftigkeit, mit welcher das W., Fig. 110, in die Flasche zurückströmt, nimmt mit der Stärke der Abkühlung der Flasche zu. Erkl.! — 2. Ähnliches gilt in Bezug auf Fig. 111; inwiefern? — 3. Warum ist es falsch, zu schließen, daß bei Fig. 111 unter oder über dem Kolben nicht eher ein Überdruck vorhanden sei, bis der Kolben sich bewegt? — 4. Wenn man den Kolben, nachdem die Luft ihn wieder niedergedrückt hat, mit der Hand schnell in die Höhe zieht, so

\*) Ausführliches über die Dampfmaschine: II. Lehrstufe, § 123 und 124.



entsteht im W. dieselbe wallende Bewegung, durch welche sich das Sieden einer Flgk. kennzeichnet. Wie mag sich dies erklären? — 5. Wie läßt sich aus den Dampfspannungen, welche Äther, Alkohol und W. bei obigem Versuche zu erkennen gaben, die ungleiche Höhe der Siedepunkte dieser Flgkn. erklären? — 6. Was hätte bei Versuch b eintreten müssen, wenn man die Flasche ein wenig erwärmt; was hingegen, wenn man sie abgekühlt hätte, u. w.? — 7. Inwiefern übt das spec. Gew. der im Manometer (Fig. 112) enthaltenen Flgk. einen Einfluss auf die Höhe aus, bis zu welcher die Flgk. steigt? — 8. Wie stark muß man Qu. erhitzen, damit die Dämpfe desselben den Druck der Luft überwinden können? — 9. Hebe die Beziehungen hervor, welche sich nach den mit W., Alkohol und Äther angestellten Versuchen zwischen der Spannung der Dämpfe dieser Flgkn. bei gewöhnlicher Temp. und der Höhe der Siedepunkte derselben Flgkn. zu erkennen gaben.

## B. Fortpflanzung der Wärme.\*)

**§ 34. Wärmeleitung.** Ein brennendes Streichholz kann man mit bloßer Hand nahe an der Flamme halten, ohne sich zu verbrennen, desgl. einen Strohhalm, ein Stück Papier u. s. w.; wenn man dagegen eine Nadel, einen Draht oder dergl. an einem Ende erhitzt und am anderen festhält, so verbrennt man sich leicht. *Der Übergang der Wärme von einem Körper zu einem anderen bei unmittelbarer Berührung, sowie das Fortschreiten der Wärme im Innern eines Körpers wird Wärmeleitung genannt.* Die erwähnten festen Körper leiten demnach die Wärme verschieden gut fort.

Genauerer über die Wärmeleitung durch verschiedene Körper lehren folgende Versuche:

**\*Versuch a.** Ein mit Wasser gefülltes Gefäß (Becherglas oder Blechgefäß) verschließe man mit einem Deckel, in welchem man vier ungefähr 20 cm lange und 7 bis 8 mm dicke Stäbe von Kupfer, Messing, Eisen und Holz in Centimeterweite mit Wachs Kügelchen von Blei angeklebt. Erhitzt man dann das Wasser bis zum Kochen, so fallen die Kügelchen von den Metallstäben bis zu den verschiedenen Höhen herab und zwar vom Kupferstabe die meisten, vom Eisenstabe die wenigsten, während sie auf dem Holzstabe alle haften bleiben.

**Versuch b.** Wird ein mit Wasser gefülltes Probiergläschen (Fig. 114), auf dessen Boden ein mit Bleidraht beschwertes Stück Eis liegt, nur oben erhitzt, so fängt das Wasser hier an zu kochen, ohne daß das Eis schmilzt. Was ergibt sich aus diesem Versuch über das Wärmeleitungsvermögen des Wassers?

Fig. 113.

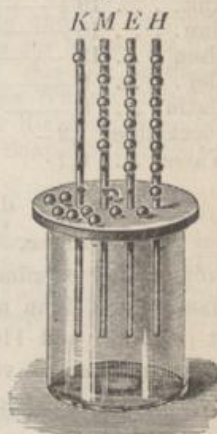


Fig. 114.



\*) Vgl. II. Lehrstufe, § 125.



Das Vermögen der Körper, die Wärme durch Leitung fortzupflanzen, ist sehr verschieden. Manche Körper vermögen die Wärme leicht aufzunehmen und in ihrem Innern zu verbreiten (**gute Wärmeleiter**); bei anderen erfolgt dieser Vorgang sehr langsam (**schlechte Wärmeleiter**).

Die besten Wärmeleiter sind die Metalle, namentlich Silber und Kupfer. Hierauf folgen die Mineralien, von denen die meisten nur ein mittleres Leitungsvermögen besitzen und daher als Halbleiter bezeichnet werden. Die Flüssigkeiten sind schlechte Wärmeleiter. Das geringste Leitungsvermögen haben die luftförmigen Körper; daher leiten auch Stoffe, wie Schnee, Holz, Stroh, Wolle, Federn, Pelz, Asche u. s. w., um so schlechter, je lockerer sie sind.

**Leitungsvermögen einiger Körper**  
in Zahlen und Linien ausgedrückt.

Silber	100
Kupfer	74
Gold	53
Messing	23
Zink	19
Zinn	15
Eisen	12
Blei	9
Platin	8
Quecksilber	1,2
Wasser	0,1

Erkläre die Erscheinungen des folgenden Versuches:

**Versuch c.** Läßt man durch ein Drahtnetz mit engen Maschen Leuchtgas strömen und entzündet darauf das Gas unter oder über dem Netze, so setzt sich die Flamme erst dann nach der anderen Seite fort, wenn der Draht glühend geworden ist (Fig. 115 und 116). (Statt des Leuchtgases kann man auch die brennbaren Gase benutzen, welche von dem glimmenden Dochte einer recht dicken Wachs- oder Stearinkerze aufsteigen.)

Diese Eigenschaft der Drahtnetze findet eine sehr nützliche Anwendung bei

Fig. 115.

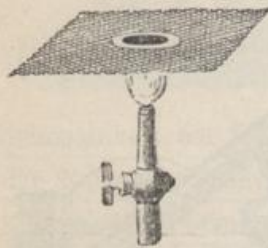
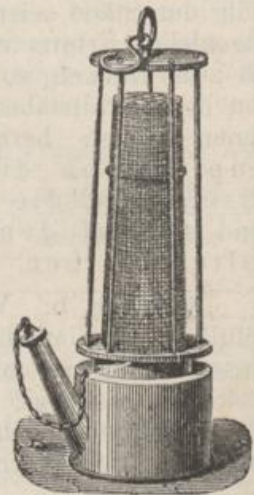


Fig. 116.



Fig. 117.



den Sicherheitslampen (Fig. 117), welche in Steinkohlengruben zum Schutze gegen sogen. schlagende Wetter dienen. Die Flamme einer Öllampe ist mit einem oben geschlossenen Cylinder aus Drahtgeflecht umgeben. Dadurch, daß das in die Lampe eingedrungene brennbare Grubengas sich entzündet, wird der Bergmann auf die ihm drohende Gefahr aufmerksam gemacht und kann ihr häufig noch rechtzeitig entrinnen. Fig. 117 stellt die ursprüngliche, von dem Engländer Davy (spr. Dewi)



erfundene Einrichtung dar, welche zur Erhöhung des Schutzes später noch wesentlich verbessert worden ist, ohne jedoch vollkommene Sicherheit zu gewähren.

Im täglichen Leben machen wir von der ungleichen Wärmeleitung der Körper die mannigfachste Anwendung. Durch Kleidungsstücke, welche die Wärme schlecht leiten, vermögen wir uns am besten gegen Kälte wie gegen die schädlichen Einflüsse eines schnellen Temperaturwechsels zu schützen. Mit Stroh und anderen schlechten Wärmeleitern bedecken oder umbüllen wir im Winter Gegenstände, um sie vor Frost zu bewahren (Strohmatte in der Gärtnerei, Umwickeln von Brunnenpfosten, Bäumen u. dgl.), wie wir andererseits schlechte Wärmeleiter auch gegen das Eindringen der Wärme anwenden (hohle Mauern der Eiskeller, mit Asche oder dergl. ausgefüllte Doppelwände feuerfester Schränke u. s. w.). Um stark erwärmte Gegenstände ohne Gefahr angreifen zu können, bedienen wir uns ebenfalls schlechter Wärmeleiter (hölzerne Griffe an manchen metallenen Küchen- und Ofengeräten u. dgl.).

Auch in der Natur ist die ungleiche Wärmeleitung sehr wichtig. Da warmblütige Tiere zur Erhaltung ihres Lebens einer gleichmäßigen inneren Temperatur bedürfen, so sind die Körper derselben durch schlechte Wärmeleiter gegen zu großen Wärmeverlust geschützt. Landsäugetiere, welche kalte Gegenden bewohnen, haben daher ein pelzartiges Haarkleid, während bei Wassersäugetieren der kalten Zone zu demselben Zwecke sich unter der Hautdecke Fettschichten ablagern. Der Körper der Vögel ist wegen der höheren Blutwärme und des ungünstigeren Verhältnisses, in welchem bei diesen Tieren die Oberfläche zur Masse des Körpers steht, mit dem noch schlechter leitenden Gefieder bedeckt, das um so flaumartiger wird, je kälter die Luft ist. Die Rinde der Bäume leitet die Wärme schlechter als das Holz und dieses quer zu den Fasern schlechter als in der Richtung derselben. Schutz der Knospen durch harzreiche Schuppen u. dgl., Schutz der Saaten durch Schnee.

Auf dem ungleichen Leitungsvermögen der Körper beruhen gewisse Täuschungen, denen wir ausgesetzt sind, wenn wir den Wärmegrad nach dem Gefühle beurteilen. Gute Wärmeleiter erscheinen uns nämlich wärmer als schlechte, wenn sie eine ziemlich hohe, hingegen kälter, wenn sie eine niedrige Temperatur haben, weil sie im ersteren Falle unserem Körper schneller Wärme zuführen, im letzterem Falle hingegen demselben schneller Wärme entziehen.

**Übungsstoff.** 1. Was wird eintreten, wenn man einen Zwirnsfaden fest um einen Schlüssel gewickelt einer Flamme aussetzt? Erkl.! — 2. Bekommt man auf steinernen oder hölzernen Fußböden leichter kalte Füße? Erkl.! (Tragen von Holzschuhen.) — 3. Erlischt eine glühende Kohle schneller auf einer Eisenplatte oder auf Asche? Grund? — 4. Wie läßt sich diese Eigenschaft der Asche zur Erhaltung der Glut in Öfen verwerten? — 5. An Hausthürgriffen friert die feuchte Hand bei starker Kälte leicht fest. Erkl.! — 6. Zerspringen Gläser leichter auf heißen Metallplatten (z. B. im Ofen) oder auf Steinplatten? (Blatt Papier als Unterlage.) Erkl.! — 7. Unter einem Strohdache ist es im Winter wärmer, im Sommer dagegen kühler als unter einem Ziegel- oder Schieferdache; w.? — 8. Wozu werden Doppelfenster und Doppelthüren angewandt? Erkläre die Wirkung derselben. — 9. Wenn man bei starkem Froste die Füße in den Stiefeln ein wenig zurückzieht, so empfindet man die Kälte nicht so sehr. Erkl.! — 10. Durch wollene Decken kann man sowohl heiße Gegenstände gegen das Erkalten, als Eis gegen das Schmelzen schützen. Erkläre diesen scheinbaren Widerspruch. — 11. Woraus erklärt es sich, daß lockere, filzige K. die Wärme viel schlechter leiten als dichte K., welche aus demselben Stoffe bestehen (z. B. Schnee und Eis, Eisenfeilspäne und Eisen, Sägespäne und Holz, Daunen und grobe Federn u. s. w.)? — 12. Eine erhitzte eiserne Kugel und ein bis zu derselben Temp. erhitztes Stück Eisenblech von gleichem Gew. werden der Kälte ausgesetzt. Was von beiden wird schneller erkalten, o. w.? — 13. Wie verhält sich bei gleicher Form der Körper die Zunahme der Oberfläche zur Zunahme der Masse? (Abzuleiten aus Würfeln von etwa 1, 2 und 3 cm Kantenlänge.) — 14. Wie erklärt es sich hieraus, daß kleine Tiere (unter gleichen äußeren Verhältnissen) einer schlecht leitenden Körperhülle im allgemeinen mehr bedürfen als



große? — 15. Führe Fälle an, in denen das Betasten von Körpern leicht zu einem falschen Urteil über die Temp. derselben führt.

### § 35. Verbreitung der Wärme durch Strömung.\*)

Könnte die Wärme in flüssigen und luftförmigen Körpern sich nur durch Leitung fortpflanzen, so würde wegen des geringen Leitungsvermögens dieser Körper z. B. in Kochgefäßen das Wasser seine Temperatur oben nur wenig geändert haben, wenn es sich unten bereits bis zum Sieden erhitzt hätte; die Wärme unserer Öfen würde zwar in deren Nähe, nicht aber im ganzen Zimmer fühlbar sein. Die tägliche Erfahrung lehrt nun, daß die Wärme in solchen Fällen sich ziemlich gleichmäßig verbreitet. Es liegt daher die Vermutung nahe, daß die Wärme sich in Flüssigkeiten und Gasen noch in anderer Weise als durch Leitung fortpflanzen kann. Erfolgt die Erwärmung wie in den angeführten Beispielen von unten, so ist bei dem geringen inneren Zusammenhange solcher Körper zu erwarten, daß die erwärmten Teile, da sie sich durch Wärme ausdehnen und somit spezifisch leichter werden, in der übrigen Masse aufsteigen und kältere Teile wieder an ihre Stelle treten.

**Versuch a.** Wird in einer Kochflasche (Fig. 118) Wasser, welchem Sägemehl oder gepulverte Holzkohle beigemischt ist, langsam erhitzt, so ist an dem Auf- und Absteigen der festen Teilchen in der Flüssigkeit deutlich eine Strömung zu erkennen, welche von der erwärmten Stelle aus aufwärts, in der Umgebung derselben abwärts gerichtet ist.

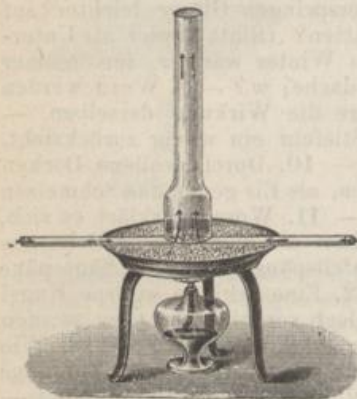
Fig. 118.



**Flüssigkeiten** pflanzen die Wärme von unten nach oben ziemlich rasch durch Strömung fort.

In der Natur findet durch die Sonnenstrahlen eine Erwärmung des Wassers von oben statt. Da die Wärme sich in diesem Falle nur durch Leitung fortpflanzen kann, so erfolgt die Erwärmung von sehr tiefen stillstehenden Gewässern nach unten hin äußerst langsam. In fließenden Gewässern tritt leicht eine Mischung ein.

Fig. 119.



**Versuch b.** Stellt man auf eine mit Sand gefüllte und ziemlich stark erwärmte Schale von Eisenblech (Fig. 119) über die einander zugekehrten Mündungen zweier etwa 1 cm weiten Glasröhren einen Lampencylinder, so giebt sich in den Röhren wie im Cylinder sehr deutlich eine Luftströmung zu erkennen, wenn man in das äußere Ende der Röhren je ein Stückchen glimmenden Zündschwammes legt.

Andere ähnliche Erscheinungen: 1. In geheizten Zimmern ist bei direk-

\*) Vgl. II. Lehrstufe, § 127 ff.



tem Sonnen- oder sehr hellem Lampenlichte auf einer weissen Wand, welche mit dem (eisernen) Ofen in der Richtung der Lichtstrahlen liegt, ein unregelmässig gekräuselter Schatten wahrnehmbar, der sich beständig aufwärts bewegt. — 2. Wird eine Flamme (Fig. 120) in die Spalte einer ein wenig geöffneten und nach einem kälteren Raume führenden Thür gehalten, so ist sie unten nach innen, oben hingegen nach aussen gerichtet. (Erklärung!)

Fig. 120.



Luftförmige Körper verbreiten die Wärme fast nur durch Strömung.

Im praktischen Leben wird bei Heizvorrichtungen das Aufsteigen der erhitzten Luft dadurch befördert, dass man die Luft durch Schornsteine ziehen lässt. Dasselbe geschieht im kleinen bei unseren Lampen durch Anwendung gläserner Cylinder. Da die erhitzte Luft auf diese Weise sich nicht so schnell abkühlen kann, als wenn sie frei aufsteigt, so bewegt sie sich schneller aufwärts und vermag höher hinaufzusteigen als sonst. Der Luftzug von unten ist demnach stärker, als er sonst sein würde. Dadurch wird eine bessere Verbrennung erreicht. Dies gewährt bei Lampen die Annehmlichkeit, dass die Flammen besser leuchten, bei Heizvorrichtungen den Vorteil, dass das Brennmaterial mehr Hitze entwickelt.

Auch in der Atmosphäre werden durch Erwärmung Strömungen hervorgerufen. Indem die Sonnenstrahlen durch die Atmosphäre hindurchgehen, geben sie an die Luft nur wenig Wärme ab; sie erwärmen vielmehr den festen Boden und die Gewässer, sodass die Luft erst von hieraus ihre Wärme erhält. Die Luft ist somit in ihren Wärmeverhältnissen von der Temperatur ihrer Unterlage (Boden und Wasser) abhängig. Dies lehrt schon die tägliche Erfahrung. Während z. B. im Sommer die Luft über dem Wasser kühl ist wie das Wasser selbst, steigt die Temperatur über dem festen Lande oft bis zu kaum erträglicher Hitze. Je stärker nun ein Teil der Erdoberfläche sich erwärmt, um so mehr erlangt (nach Versuch a) die Luft das Bestreben, in der Atmosphäre aufzusteigen. Indem beim Aufsteigen von allen Seiten Luft nachströmt, entstehen Winde.

**Übungsstoff.** 1. Warum lässt sich W. von unten schneller erwärmen als von oben? — 2. In einer Papierdüte lässt sich W. über einer Flamme bis zum Kochen erhitzen. Erkl.! — 3. Was wird eintreten, wenn man über dem Cylinder einer brennenden Lampe Staubteilchen (Mehl, Asche oder dergl.) verschüttet? — 4. Warum muss der in manchen Kochherden angebrachte Wasserkessel stets so weit mit W. gefüllt sein, als die Flamme hinaufreicht? — 5. Die Wände von Dampfkesseln verbrennen leicht, wenn sich viel Kesselstein in denselben abgelagert hat; w.? — 6. Erkläre das Anbrennen von Speisen. — 7. Welche Ersch. zeigt eine Papierspirale (Fig. 121) auf einem geheizten Ofen? Erkl.! — 8. Einfluss eines Lampencylinders a. auf Temp. und Geschw. der von der Flamme aufsteigenden Gase, b. auf die Geschw. der zuströmenden Luft? Erkl.! — 9. Beurteile hiernach die Wirkung der Schornsteine. — 10. Welchen Einfluss muss die Höhe der Schornsteine auf Temp. und Rauminhalt der darin aufsteigenden Gase ausüben? — 11. Welche Form müssen demnach hohe Schornsteine haben, damit von oben keine kalte Luft eindringen kann? — 12. Welchen Einfluss würde es auf Temp. und Rauminhalt jener Gase ausüben, wenn sich die Wärme derselben der Wand des Schornsteines schnell mittheilte? — 13. Welche Beziehung muss hiernach zwischen der Weite eines Schornsteines und dem Leitungsvermögen des betr. Baumaterials (Eisen oder Stahl) bestehen? (Blechrohr auf einem steinernen Schornsteine.) — 14. Wie ist es zu er-

Fig. 121.





klären, daß Schornsteine am besten ziehen, wenn das Feuer schon eine Zeitlang gebrannt hat? — 15. Warum werden in Zimmern die Öffnungen zum Eintritte frischer Luft unten, die Abzugsröhren dagegen oben angebracht? — 16. Warum lassen sich Wohnzimmer im Winter schneller lüften als im Sommer? — 17. Welche Luftbewegung würde eintreten müssen, wenn man die Luft im Cylinder (Fig. 119) von unten ebenso stark abkühlen könnte?

### C. Die atmosphärischen Niederschläge.\*)

**§ 36.** Da Wasser bei jeder Temperatur verdunstet, so muß die Atmosphäre stets Wasserdämpfe enthalten. Dies gilt nicht nur von der Luft über dem Meere, den Flüssen u. s. w. sondern auch von der Luft über dem festen Lande, da letzteres ebenfalls Feuchtigkeit enthält und durch Winde ein beständiger Austausch der Luft unterhalten wird. Zum Nachweise der Wasserdämpfe bietet die Abkühlung (nach § 32) ein geeignetes Mittel, da die Dämpfe sich hierdurch in den flüssigen und festen Zustand überführen, also in sichtbare Körper verwandeln lassen.

**Versuch.** Füllt man ein Glas- oder Blechgefäß mit einer Kältemischung\*\*) (Schnee und Kochsalz), so wird es aufsen zunächst feucht und überzieht sich schließlicly mit einer weissen, aus feinen Eisnadeln bestehenden Kruste. Erklärung!

Erkläre auch folgende bekannte Erscheinungen: Das sogen. „Beschlagen“ und „Gefrieren“ der Fensterscheiben; das Anlaufen der Brillengläser, wenn der Brillenträger im Winter aus dem Freien in ein warmes Zimmer kommt; das Beschlagen eines mit kaltem Wasser gefüllten Glases im warmen Zimmer; das Anlaufen blanker metallener Gegenstände, wenn sie aus einem kalten Raume in einen wärmeren gebracht werden.

Wir gelangen hierdurch zu dem Schlusse, daß die atmosphärischen Niederschläge (Tau, Reif, Nebel, Wolken, Regen, Schnee u. s. w.) durch Abkühlung der in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdämpfe entstehen. Welche Vorgänge im einzelnen dabei stattfinden, ergibt sich hauptsächlich durch genaue Beobachtungen in der Atmosphäre selbst.

**1. Tau und Reif.** In heiteren Nächten kühlt sich der Boden mit den darauf befindlichen Gegenständen oft stark ab. Nach solchen Nächten sind die Gegenstände im Sommer gewöhnlich mit zahlreichen Wassertropfen (*Tau*), im Frühling und Herbst mit feinen Eisnadeln (*Reif*) bedeckt. Tau und Reif entstehen dadurch, daß die in der Luft enthaltenen Wasserdämpfe sich auf den erkalteten Gegenständen verdichten, und zwar entsteht Tau, wenn die Abkühlung den Gefrierpunkt nicht erreicht, Reif hingegen, wenn die Temperatur bis  $0^{\circ}$  und tiefer sinkt.

**2. Nebel und Wolken.** Findet in der Luft selbst eine genügende Abkühlung statt, so bilden sich aus dem Wasserdampfe unzählige sehr kleine Wasserkügelchen, welche wegen ihrer Leichtigkeit äußerst langsam niedersinken oder von der Luft getragen werden. In der Nähe der Erdoberfläche erscheinen sie als *Nebel*, in den höheren Luftschichten als *Wolken*.

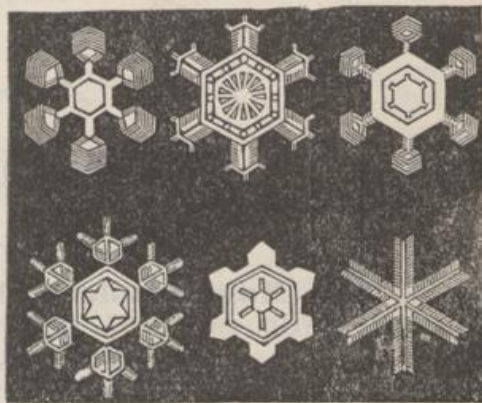
\*) Vgl. II. Lehrstufe, § 130. — \*\*) § 119.



3. Regen, Schnee, Graupeln, Hagel. Wenn die Kügelchen oder Bläschen, aus denen die Wolken bestehen, sich zu größeren Tropfen vereinigen, so fallen sie aus der Luft herab: es entsteht *Regen*. —

Fig. 122.

Kühlen sich Wolken bei Windstille bis unter  $0^{\circ}$  ab, so entstehen sechsstrahlige Eiskrystalle von den verschiedensten Formen (Fig. 122), welche als *Schnee* niederfallen. — Bei raschem Temperaturwechsel im Frühling oder Herbst bilden sich aus den in der Luft schwebenden Eiskristallen bei starker Luftbewegung leicht kleine Schneebälle: *Graupeln*. — Größere Eiskörner, deren Herabfallen aus der Luft meist während eines Gewitters stattfindet, bezeichnet man als *Hagel*. Hagelkörner sind gewöhnlich aus verschiedenen Schichten Eis zusammengesetzt, welche einen graupelartigen Kern umschließen.



Die meisten Wasserdämpfe, welche die Luft enthält, und die als Regen, Schnee u. s. w. niederfallen, entstammen dem Meere. Auf demselben findet, namentlich in den heißen Erdstrichen, fortwährend eine starke Verdunstung statt, sodass die Luft jener Gegenden stets reich mit Wasserdämpfen angefüllt ist. Diese können, soweit sie sich nicht über dem Orte ihrer Entstehung schon wieder zu Wolken verdichten, durch Winde weit entfernten Ländern zugeführt werden. Indem das Wasser der atmosphärischen Niederschläge in den Boden eindringt, wird dieser fruchtbar. Das in den Bächen, Flüssen u. s. w. sich ansammelnde Wasser fließt vermöge der Schwere wieder ins Meer zurück. (Kreislauf des Wassers.)

Die meisten Wasserdämpfe, welche die Luft enthält, und die als Regen, Schnee u. s. w. niederfallen, entstammen dem Meere. Auf demselben findet, namentlich in den heißen Erdstrichen, fortwährend eine starke Verdunstung statt, sodass die Luft jener Gegenden stets reich mit Wasserdämpfen angefüllt ist. Diese können, soweit sie sich nicht über dem Orte ihrer Entstehung schon wieder zu Wolken verdichten, durch Winde weit entfernten Ländern zugeführt werden. Indem das Wasser der atmosphärischen Niederschläge in den Boden eindringt, wird dieser fruchtbar. Das in den Bächen, Flüssen u. s. w. sich ansammelnde Wasser fließt vermöge der Schwere wieder ins Meer zurück. (Kreislauf des Wassers.)

**Übungsstoff.** 1. Wie ein Ofenschirm die Ofenwärme zurückhält, so halten Wolken und über dem Boden befindliche Gegenstände die Bodenwärme zurück. Erkläre hiernach, dass sich nach taureichen Nächten unter Tischen, Bänken u. s. w. im Freien kein Tau findet, während diese Gegenstände selbst mit Tau bedeckt sind. — 2. Wenn Tau durch eine starke Abkühlung der Gegenstände entsteht, wie ist dann die Thatsache zu erklären, dass z. B. Wiesen bei gleichfreier Lage stets bedeutend stärker betaut sind als Kieswege? — 3. Welchen Grund mag es haben, dass die dünnen Zweige der Bäume stets stärker bereift sind als die dicken? — 4. Ferner dass Thürschlösser, sowie die Köpfe eiserner Nägel in den Wänden stets stärker bereift sind als die Thüren und Wände selbst. — 5. Wann ist unser Atem sichtbar und wann nicht? Erkl.! — 6. Der aus dem Schornstein einer Lokomotive aufsteigende Dampf (nicht mit dem Rauch zu verwechseln!) verdichtet sich erst in einigem Abstände vom Schornsteine zu Nebel; w.? — 7. Die Wolkenfahne einer Lokomotive ist im Winter bedeutend länger als an heißen trockenen Sommertagen. Erkläre dies. — 8. Nach langer Dürre verschwinden häufig die heranziehenden Wolken wieder. Erkl.! — 9. Wenn warme, feuchte Winde nach kälteren Ländern hin wehen, so können leicht Wolken entstehen; weht dagegen ein kalter, feuchter Wind in ein wärmeres Land, über welchem die Luft trocken ist, so können sich nur dann Wolken bilden, wenn der Wind zu größeren Höhen aufsteigt. Grund! — 10. Was wird eintreten, wenn ein kalter Wind in ein Land weht, über welchem die Luft sehr schwül ist, d. h. bei einer hohen Temp. sehr viel Wasserdämpfe enthält? — 11. Wenn nach starkem Froste Tauwetter eintritt, so sehen Mauern wie bereift aus. Erkl.! — 12. Fällt dabei ein feiner Regen, so entsteht Glatteis, wäh-



rend bei starkem Regen diese Ersch. nicht eintritt. Erkl.! — 13. Wie ist es zu erklären, daß wässerige Niederschläge an Doppelfenstern weniger vorkommen als an einfachen, und in bewohnten Zimmern mehr als in unbewohnten?

## VI. Abschnitt.

### Vom Magnetismus.

#### § 37. Magnetnadel. Magnetische Grunderscheidungen.\*) Um zu jeder Zeit die Himmelsgegenden schnell und sicher bestimmen zu können, bedient man sich des bekannten, als Kompaß bezeichneten Instrumentes,

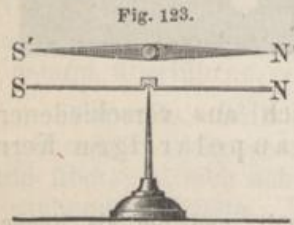


Fig. 123.

mit dem einen Ende nach Norden und mit dem anderen Ende nach

bestimmen zu können, bedient man sich des bekannten, als Kompaß bezeichneten Instrumentes, das in seiner einfachsten Einrichtung aus einer kleinen messingenen Kapsel besteht, in welcher eine Magnetnadel leicht drehbar aufgehängt ist (Fig. 123). Letztere ist ein dünnes Stahlstäbchen, das auf einer senkrecht stehenden Spitze ruht und die Eigenschaft besitzt, in seiner Ruhelage

Fig. 124.



der Himmelsgegenden von einem in Grade getheilten Kreise umgeben und mit der Magnetnadel fest verbunden.

Süden zu zeigen. Zur Verminderung der Reibung pflegt in der Mitte der Magnetnadel ein Achathütchen angebracht zu sein, in welches die Spitze eingreift. Auf dem Boden der Kapsel befindet sich gewöhnlich eine sternförmige Zeichnung, welche die Himmelsgegenden angiebt und Windrose genannt wird (Fig. 124).

Der von Schiffen zur Orientierung auf der See gebrauchte Kompaß besteht aus einem ziemlich großen kesselförmigen Gehäuse aus Kupferblech, in welchem ein Magnetstab so unterstützt ist, daß er bei jeder Stellung des Schiffes in wagerechter Lage bleibt. Die Windrose ist bei demselben zur genauen Bestimmung

**Versuch a.** Wird eine Magnetnadel aus ihrer Richtung gebracht und dann sich selbst überlassen, so kehrt sie stets wieder in die ursprüngliche Lage zurück, vorausgesetzt, daß kein Eisen oder Stahl sich in ihrer Nähe befindet. — Bei Annäherung von Eisen oder Stahl wendet sich die Nadel mit ihrer Spitze um so mehr nach dem Metalle hin, je mehr es der Nadel genähert wird. Nach gegenseitiger Berührung haften beide aneinander. Umgekehrt wendet sich auch eine leicht bewegbare eiserne Nadel (Fig. 126, folg. Seite) nach der genäherten

\*) Vgl. II. Lehrstufe, § 131.