

auch während des Kolbenniederganges im Steigrohre aufsteigen? — 9. Warum kann aber dennoch nicht eine gröfsere Menge W. gefördert werden, als ohne diese Einrichtung? — 10. Es könnte scheinen, als ob eine solche Pumpe leichter gehen müfste, da das W. nur zum Teil durch den Druck der eingeschlossenen Luft im Steigrohre gehoben wird. Warum ist eine solche Meinung falsch? — 11. Warum ist der Vorteil, welchen die Einschaltung des Windkessels gewährt, für eine Feuerspritze von sehr grofser Bedeutung? — 12. Wie müfste die Saugdruckpumpe (Fig. 70) geändert werden, um denselben Vorteil zu gewähren? — 13. Bei welchen der in §§ 18—20 beschriebenen Apparate kommt der Druck der freien Luft, bei welchen aber der Druck eingeschlossener Luft zur Wirkung? — 14. Bei welchem wirkt beides zugleich? — 15. In welchen Fällen mufs, damit die Wirkung erfolgt, eine Verdünnung, in welchen dagegen eine Verdichtung der Luft, und wann mufs beides vorhergehen? — 16. Bei welchen Apparaten wird dies durch mechanische Vorrichtungen und bei welchen einfach durch den Mund bewerkstelligt?

III. Abschnitt.

Vom Schalle.

§ 22. Erregung des Schalles. Die Töne der musikalischen Instrumente, der Knall der Geschütze, die mannigfaltigen Geräusche, wie das Rasseln der Wagen, das Heulen des Windes, das Plätschern des Wassers, das Rollen des Donners u. s. w., — alle derartigen Sinnesindrücke werden als Schall bezeichnet.

Schall wird alles genannt, was wir mit unserem Gehöre wahrnehmen. Einen Schall von bestimmter Höhe oder Tiefe nennt man Ton. Ist ein Schall kurz und kräftig, so wird er Knall genannt. Eine unregelmäßige, rasche Folge von Schallempfindungen verschiedener Art und Stärke heifst Geräusch.

Das Verfahren, welches wir anwenden, um zu bewirken, dafs eine Saite, ein Stab, eine Glocke oder dergl. tönt, läfst schliesen, dafs der den Schall erregende Körper, während er den Schall erzeugt, sich im Zustande der Bewegung befindet. Diese Bewegung ist in vielen Fällen durch das Gefühl deutlich wahrzunehmen, wobei ein Festhalten der schwingenden Teile den Schall dämpft oder ihn ganz aufhebt (Stimmgabel, tönende Glocke). Da nicht bei jeder Bewegung eines Körpers ein Schall wahrgenommen wird, so gelangen wir zu dem weiteren Schlusse, dafs die Bewegung des Schallerregers von besonderer Art sein mufs. Die Richtigkeit dieser Folgerungen läfst sich durch Versuche bestätigen.

***Versuch a.** Wird ein dünner Stahlstab (Fig. 76) wiederholt in Schwingungen (Hin- und Herbewegung) versetzt, so läfst sich der schwingende Teil bei langsamer Bewegung mit den Augen verfolgen. Die Bewegung selbst erfolgt lautlos. Nimmt darauf die Schnelligkeit der Schwingungen mehr und mehr

Fig. 76.



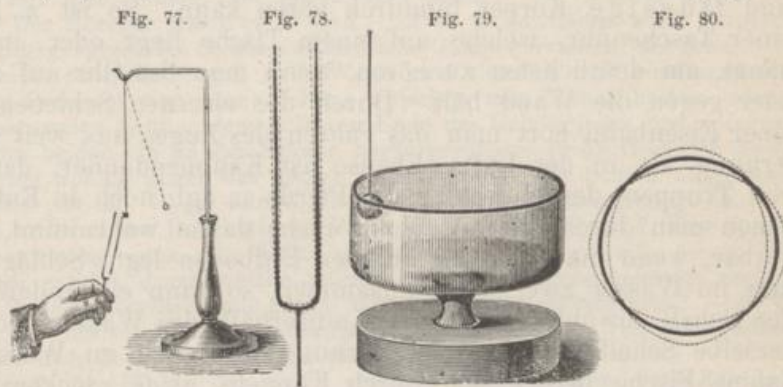
zu, so hört die Gesichtswahrnehmung allmählich auf; an ihre Stelle tritt eine Gehörsempfindung: wir hören einen tiefen Ton, welcher höher wird, wenn die Schwingungen schneller erfolgen. — Könnte man die Geschwindigkeit derselben beliebig steigern, so würde schliesslich wieder lautlose Stille eintreten. (Grenzen der Hörbarkeit von schwingenden Bewegungen.)

* **Versuch b.** Bringt man das obere Ende einer tönenden Stimmgabel (Fig. 77) oder den Rand einer tönenden Glocke (Fig. 79)

mit dem Kügelchen eines Fadenpendels in Berührung, so wird letzteres abgestoßen. —

Wasser wird auseinander-gespritzt,

wenn es mit den freien Ästen einer tönenden Stimmgabel oder mit dem Rande einer tönenden Glocke in Berührung kommt. Diese Erscheinung tritt bei einer mit Wasser gefüllten Glocke nur an bestimmten Stellen ein (beim tiefsten Tone nur an 4 Stellen, von denen je 2 einander gegenüberliegen, Fig. 80).



Der Schall wird durch schnell aufeinander folgende Schwingungen eines elastischen Körpers (des Schallerregers) hervorgerufen.

Übungsstoff. 1. Inwiefern hängt a. die Entstehung eines Schalles, b. die Höhe und Tiefe eines Tones von der Zahl der Schwingungen des schallerregenden K. ab? — 2. Warum kann man zu Versuch a nicht jeden beliebigen Stab verwenden? — 3. Welche Beziehung besteht nach der Erfahrung zwischen der Höhe eines Glockentones und der GröÙe der Glocken? — 4. Welche Mittel werden bei Saiten-Instrumenten angewandt, damit verschiedene Töne entstehen? — 5. Welche Ersch. wird eintreten, wenn man das äußerste Ende des Zinkens einer kräftig tönenden Stimmgabel etwa mit dem Rande eines Glases in Berührung bringt, u. w.? — 6. Warum kann es keinen Einfluss auf das Tönen der Gabel ausüben, wenn man mit dem unteren Ende des Zinkens ebenso verfährt? — 7. Wenn eine Turmglocke kräftig angeschlagen wird, so verschimmt der sonst scharf abgegrenzte Rand. Erkl.! — 8. Welchen Einfluss muß die Kr., mit welcher eine Stimmgabel oder Glocke angeschlagen, eine Saite gestrichen wird, auf die Weite der Schwingungen ausüben? (Tonstärke!) — 9. An dem äußeren Ende des einen Astes einer recht starken Stimmgabel sei in geradliniger Verlängerung desselben ein spitzer Blechstreifen befestigt. Was für eine Linie wird diese Spitze auf einer beruhten Glasscheibe beschreiben, wenn man die Gabel während des Tönens über die Scheibe hinwegzieht? — 10. Inwiefern hängt die Gestalt dieser Linie von der Geschw. ab, mit welcher man die Gabel fortbewegt? — 11. Wie wird die Gestalt der Linie sich ändern, wenn der Ton der Gabel an Stärke abnimmt? — 12. Warum eignet sich eine starke Gabel zu diesem Versuche besser als eine schwache?

§ 23. Fortpflanzung des Schalles.*) Das Geläute einer Glocke, der Knall eines Geschützes, das Rasseln eines Wagens u. s. w. ist bei ruhiger Luft nach jeder Richtung hin hörbar. Wird ein Schall nach einer bestimmten Richtung hin erregt, wie z. B. beim Sprechen oder Rufen, so ist er in dieser Richtung am deutlichsten zu hören.

In der Luft pflanzt sich der Schall nach allen Richtungen fort.

Die Erfahrung lehrt ferner, dafs man den Schall auch durch feste und flüssige Körper hindurch hören kann. So ist z. B. das Ticken einer Taschenuhr, welche auf einem Tische liegt oder an einer Wand hängt, am deutlichsten zu hören, wenn man das Ohr auf den Tisch legt oder gegen die Wand hält. Durch die eisernen Schienen des Geleises einer Eisenbahn hört man das Fahren des Zuges aus weit gröfserer Entfernung als in der Luft. Ebenso ist Kanonendonner, das Marschieren von Truppen, der Hufschlag der Pferde u. dgl. noch in Entfernungen, in denen man durch die Luft nichts mehr davon wahrnimmt, sehr deutlich hörbar, wenn man das Ohr auf den Erdboden legt. Schlägt ein Schwimmer im Wasser zwei Steine zusammen, so kann ein anderer in der Nähe den Schall sowohl innerhalb wie auferhalb des Wassers hören, während derselbe Schall in einiger Entfernung nur noch im Wasser hörbar ist. Zahme Fische lassen sich durch Klügel u. dgl. locken. Aus diesen und anderen ähnlichen Beobachtungen läfst sich schliessen:

Feste und flüssige Körper leiten den Schall im allgemeinen besser als die Luft.

Bei den festen Körpern ist das Vermögen den Schall zu erregen und fortzupflanzen um so geringer, je geringer ihre Elastizität ist. — Weiche lockere Stoffe, z. B. Filz, Watte oder Schnee, ferner pulverförmige Körper, wie Asche, Sägespäne u. dgl., schwächen den Schall stark ab; sie werden daher z. B. zur Ausfüllung der Doppelwände von Fernsprechräumen überall angewandt, wo die auferhalb vorkommenden Geräusche Störungen hervorrufen würden. Zur Dämpfung der Töne im Pianoforte dienen Filzplatten. Die Knochen unseres Kopfes vermögen den Schall gut zu leiten. Schwerhörige hören daher z. B. den Ton einer Stimmgabel oder das Ticken einer Uhr viel deutlicher, wenn sie dieselbe an die Zähne oder an die Stirn halten. Ein Musikinstrument klingt lauter, wenn eine damit verbundene, gespannte Schnur mit ihrem freien Ende zwischen den Zähnen festgehalten oder fest gegen die Wand des Gehörganges gedrückt wird.

Ist die Strecke, welche der Schall vom Orte seiner Entstehung bis zu unserem Ohre zurücklegt, grofs, so macht man oft die überraschende Wahrnehmung, dafs der Schall viel später gehört wird, als er entsteht. Wenn man z. B. Steinklopfer oder Holzhauer aus der Ferne beobachtet, so hört man den Schlag erst, nachdem Hammer oder Beil schon wieder aufgehoben sind. Andere ähnliche Beispiele sind der Knall eines Geschützes, der Pfiff einer Lokomotive u. s. w. Zur Fortpflanzung des Schalles ist demnach eine gewisse Zeit erforderlich. Die Geschwindigkeit des Schalles in der Luft hat man durch direkte Messung in der Weise ermittelt, dafs man genau feststellte, wieviel Zeit der Knall eines

*) Vgl. II. Lehrstufe, § 89.

Geschützes gebrauchte, um sich eine gewisse Strecke fortzupflanzen. Hieraus hat sich ergeben:

In ruhiger Luft pflanzt sich der Schall ungefähr 340 m in einer Sekunde fort.

Übungsstoff. 1. Welches einfache Mittel pflegt man anzuwenden, um zu bewirken, daß lautes Rufen im Freien nach einer bestimmten Richtung hin am deutlichsten gehört wird? — 2. Was lehrt die Erfahrung über die Fortpflanzung des Schalles mit dem Winde und gegen den Wind? — 3. Warum heißt es im Sprichworte: Der Horcher an der Wand...? — 4. Inwiefern wird Bergleuten, welche von entgegengesetzten Seiten unterirdische Gänge herstellen, die Schallleitung des Erdreiches zu nutze kommen? — 5. Wenn zwei ziemlich weit voneinander entfernt stehende Personen eine dünne Schnur zwischen den Zähnen halten, oder die Enden der gespannten Schnur dem äußeren Ende des Gehörganges fest anlegen, so kann jeder von beiden ein an der Schnur hervorgerufenenes leises Geräusch deutlich hören; ein leiser Schlag gegen das untere Ende eines an der Schnur aufgehängten starken Drahtes von 30–40 cm Länge klingt wie fernes Glockengeläute. Erkl.! — 6. Ein Schrei unter einem Deckbette ist kaum hörbar. Grund! — 7. Eine Spieldose sei in einen inwendig ganz mit Watte gefütterten Kasten gestellt, dessen Wand mehrere Löcher enthält, durch welche Schnüre, die an der Dose befestigt sind, hindurchgehen. Welche überraschende Erscheinung läßt sich damit hervorrufen? — 8. Wird das Geräusch, welches ein herannahendes Dampfschiff verursacht, von einem Schwimmer unter oder über dem W. deutlicher gehört werden können, u. w.? — 9. Beim Marschieren nach dem Takte der Musik sind die letzten Reihen eines Regimentes Soldaten mit den ersten Reihen niemals in gleichem Schritte. Erkl.! — 10. Welche Änderung muß bei den oben zuletzt angeführten bekannten Erscheinungen eintreten, wenn man sich dem Orte der Entstehung des Schalles immer mehr nähert? — 11. Eine Büchsenkugel fliegt ungefähr 500 m weit in 1 Sek. Vgl. hiermit die Geschw. des Schalles in der Luft.

§ 24. Zurückwerfung des Schalles. Echo. Nachhall.

Instrumente. Steht man in gewisser Entfernung einem Hause, einem Walde oder einer Felswand gegenüber, so kommt ein laut gesprochenes Wort von dort her wieder zurück, sodaß man den Eindruck erhält, als ob sich dort eine zweite Person befände, welche das Wort wiederholte. In großen Sälen oder Gewölben macht man dieselbe Wahrnehmung, oder man hört bei geringerer Entfernung von der zurückwerfenden Wand nur einen Nachhall der gesprochenen Worte.

Solche Erscheinungen entstehen dadurch, daß der Schall von der Wand, gegen welche er gerichtet ist, in ähnlicher Weise zurückgeworfen wird, wie etwa der helle Schein des Sonnenlichtes von einem Spiegel. AB, Fig. 81 und 82, stelle eine solche Wand dar. Die geraden Linien, in denen sich der Schall vom Schallerreger aus verbreitet, werden **Schallstrahlen** genannt. Trifft der Schallstrahl CD, Fig. 81, die Wand senkrecht, so kommt der Schall nach dem Orte seiner Entstehung wieder zurück und wird hier am deutlichsten gehört; trifft er sie in schräger Richtung (ED, Fig. 82), so schlägt der zurückkommende Strahl eine andere Richtung ein (DC).

Fig. 81.

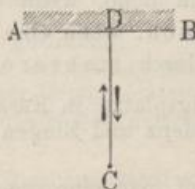
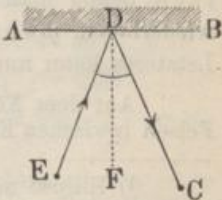


Fig. 82.

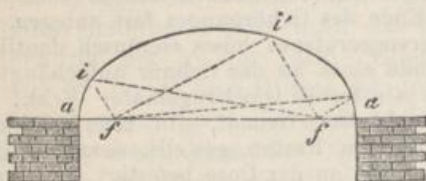


Die Senkrechte, welche man sich auf der vom Schalle getroffenen Wand in demjenigen Punkte errichtet denkt, in welchem der Schallstrahl die Wand trifft, wird **Einfallslot** genannt (DF, Fig. 82). — Der vom einfallenden Strahle und dem Einfallsrote gebildete Winkel (\sphericalangle EDF) heisst **Einfallswinkel**, der vom zurückgeworfenen Strahle und dem Einfallsrote gebildete Winkel **Ausfalls- oder Reflexionswinkel**. — Die Zurückwerfung des Schalles erfolgt nach dem Gesetze:

Der Ausfallswinkel ist gleich dem Einfallswinkel.

Die sichersten Beweise für die Richtigkeit dieses Gesetzes bietet die Zurückwerfung des Schalles bei Hohlspiegeln, sowie in elliptisch gekrümmten Räumen (Fig. 83).¹⁾ In solchen Räumen

Fig. 83.



(Paulskirche in London, Kuppel der Peterskirche in Rom u. a.) wird ein Schall so zurückgeworfen, dass zwei Personen von den beiden Brennpunkten (f und f') aus sich flüsternd unterhalten können, ohne dass dazwischen stehende Personen das Geringsste hören. (Man denke sich in i und i' u. s. w. je eine Tangente gezogen und in den Berührungspunkten auf derselben

Senkrechte als Einfallsrot errichtet.)

Der zurückgeworfene Schall wird **Echo oder Wiederhall** genannt, wenn man ihn von dem ursprünglichen deutlich unterscheiden kann; fallen beide Schalle teilweise zusammen, so nennt man den zurückgeworfenen **Nachhall**.

Ob die eine oder andere Erscheinung eintritt, hängt von der Entfernung der Wand ab, welche den Schall zurückwirft. Das menschliche Ohr vermag in 1 Sekunde nur 10 Töne deutlich voneinander zu unterscheiden. Erst nach 0,1 Sek. ist demnach ein Schall im Gehör ganz verklungen. Während dieser Zeit kann der Schall einen Weg von ungefähr 34 m zurücklegen (§ 23). Ist nun der Schallstrahl senkrecht gegen die Wand gerichtet, so legt der Schall denselben Weg zweimal zurück. Damit ein Echo entstehen kann, muss also die Wand wenigstens 17 m von dem Orte der Entstehung des Schalles entfernt sein. Ist sie nicht so weit entfernt, so entsteht nur ein Nachhall.

Das Echo heisst **einsilbig** oder **mehrsilbig**, je nachdem es nur einen Schall oder mehrere rasch aufeinander folgende Schalle wiedergiebt. Ein einsilbiges entsteht, wenn die Wand, welche den Schall zurückwirft, nur einmal 17 m, ein mehrsilbiges, wenn sie mehrmals 17 m von dem Orte der Entstehung des Schalles entfernt ist. — Ferner unterscheidet man **einfache** und **mehrfache Echos**. Einfach nennt man ein Echo, wenn ein oder mehrere Schalle sich nur einmal wiederholen, mehrfach, wenn eine mehrmalige Wiederholung stattfindet. Letzteres kann nur durch mehrere, ungleichweit entfernte Wände erfolgen.

Auf dem Königsplatze in Kassel hört man ein 9faches Echo, beim Lorelei-Felsen (zwischen Koblenz und Bingen) ein 17faches; bei Adersbach in Böhmen wird

¹⁾ Ellipse nennt man eine regelmässig krumme Linie von solcher Beschaffenheit, dass die Summen der Abstände irgend welcher Punkte derselben von den sogen. Brennpunkten (f und f') überall gleich sind ($if + i'f = i'f + if$). Die Linien if, i'f u. s. w. werden Leitstrahlen genannt.

ein 7 faches Echo 3mal gehört. Der Nachhall entsteht in manchen Kirchen, Theatern, Konzertsälen u. dgl. und kann bei einiger Stärke sehr störend wirken, indem er die gesprochenen Worte oder die Töne der Musik undeutlich macht; man sucht ihn zu vermeiden, indem man derartige Räume so baut, daß sie die Schallwellen möglichst zerstreuen.

Bei allseitiger Verbreitung in der Luft erleidet der Schall eine Abschwächung; er bleibt dagegen auch auf weitere Entfernungen fast ungeschwächt, wenn er sich nur in einer Richtung fortpflanzen kann. Hierauf beruhen folgende Instrumente:

1. Das Sprachrohr (Fig. 84 und 85). Um im Freien gesprochene Worte weithin verständlich zu machen,

Fig. 84.

bedient man sich eines gewöhnlich $1\frac{1}{2}$ bis 2 m langen Rohres, das an einem Ende mit einem Mundstücke versehen ist und nach dem anderen Ende hin

allmählich weiter wird. — Wie läßt sich die Wirkung des Sprachrohres nach Fig. 85 erklären?

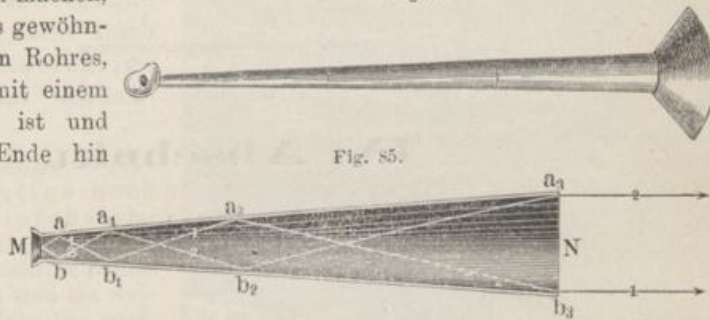


Fig. 85.

Das Sprachrohr wird namentlich von Schiffen angewandt, um aus größerer Entfernung Personen, die sich auf einem anderen Schiffe oder am Ufer befinden, trotz des Geräusches von Wind und Wellen Worte zurufen zu können.

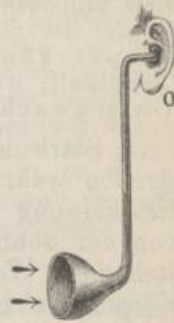
2. Das Schall- oder Kommunikationsrohr. Hiermit bezeichnet man eine 2—3 cm weite Blechröhre, welche an jedem Ende zum bequemen Hineinsprechen etwas erweitert ist und den Zweck hat, Worte nach einem entfernt gelegenen Raume hin deutlich hörbar zu machen. Zum Anrufen wird vielfach eine kleine, im Mundstück angebrachte Pfeife benutzt, deren Ton weithin hörbar ist.

Das Schallrohr findet eine zweckmäßige Anwendung in Geschäftshäusern, in denen es z. B. die Verkaufsräume mit den Arbeitsräumen verbindet, sowie auf Dampfschiffen, auf denen es namentlich vom Kapitän benutzt wird, um vom Deck aus nach den tiefer gelegenen Schiffsräumen deutlich vernehmbare Befehle auszuteilen.

Fig. 86.

3. Das Hörrohr (Fig. 86) soll die Bewegung einer größeren Anzahl von Luftteilchen auf das menschliche Ohr übertragen. Es besteht gewöhnlich aus einer kurzen Röhre, welche an beiden Enden nach entgegengesetzten Richtungen so umgebogen ist, daß der obere, dünne Schenkel bequem ins Ohr und der untere, trichterförmig erweiterte Schenkel dem Sprechenden entgegengehalten werden kann.

Das Hörrohr wird von Schwerhörenden gebraucht. — Ärzte wenden Hörrohre an, durch welche schwache Geräusche, die im Innern des Körpers durch die Thätigkeit mancher Organe entstehen, wie z. B. des Herzens, der Lunge beim Atmen, deutlich wahrgenommen werden können.



Übungsstoff. 1. Wie muß man ein Blasinstrument richten, um von einer entfernten Felswand das Echo selbst am besten hören zu können, u. w.? — 2. Wievielmal wird in einem Punkte der Linie DC (Fig. 82) oder in deren Nähe der von E ausgehende Schall hörbar sein? — 3. Führe nach eigener Beobachtung Orte an, an denen ein Echo hörbar ist. — 4. Warum pflegt in Zimmern kein Echo hörbar

zu sein? — 5. Warum braucht man sich beim Sprechen im geschlossenen Raume nicht so anzustrengen wie im Freien? — 6. In leeren Sälen hallen alle Worte und Tritte stärker als in gefüllten. Erkl.! — 7. In gebirgigen Gegenden rollt der Donner bedeutend stärker als in Ebenen; w.? — 8. An einem Orte werde ein 3silbiges Echo gehört. Welchen Einfluß würde es auf dasselbe ausüben, wenn man sich der Wand, welche den Schall zurückwirft, immer mehr näherte? — 9. Eine Wand sei von einer Schallquelle 50 m entfernt. Nach wv. Sek. wird man am Orte der Entstehung des Schalles das Echo hören? — 10. Angenommen, man hörte vom Eisenbahnzuge aus denselben Pfiff der Lokomotive zweimal und zwar das Echo 5 Sek. später: wie weit müßte dann die reflektierende Wand vom Zuge entfernt sein, u. w.? — 11. Vgl. die Einrichtung und Benutzung eines Schallrohres mit derjenigen eines Sprachrohres. — 12. Desgl. ein Sprachrohr mit einem Hörrohre.

IV. Abschnitt.

Vom Lichte.

§ 25. Selbstleuchtende und dunkle Körper. Verbreitung des Lichtes. Die Sonne und die Fixsterne senden Lichtstrahlen aus und werden uns dadurch sichtbar; dagegen besitzen die meisten irdischen Körper, wie die Erfahrung lehrt, die Eigenschaft des Leuchtens nicht. Sie werden vielmehr erst dann sichtbar, wenn sie von dem Licht der Sonne oder eines leuchtenden Körpers getroffen werden.

Körper, welche von selbst sichtbar sind, heißen selbstleuchtend (Lichtquellen); Körper, denen diese Eigenschaft fehlt, werden dunkel genannt. Licht ist die Ursache, durch welche uns die Körper sichtbar werden.

Die Hauptlichtquelle für die Erde ist die Sonne; ihr Licht ist viele Millionen mal stärker als das Licht der meisten Fixsterne. Das Licht des Mondes ist Sonnenlicht, das vom Monde zurückgeworfen wird. — Irdische Körper können durch starke Erhitzung zu Lichtquellen werden (Beispiele!); nur wenige zeigen schon bei gewöhnlicher Temperatur ein schwaches Leuchten, z. B. Phosphor.

Stark leuchtende Körper lassen in ihrer Umgebung häufig Lichtstreifen wahrnehmen, welche sich nach allen Seiten ausbreiten. Diese Erscheinung zeigt sich am schönsten am bewölkten Himmel, wenn das von der Sonne ausgehende Licht durch die Lücken einer vor derselben stehenden Wolke ungehindert hindurchgehen kann (Fig. 87, folg. Seite). Körper, welche weniger stark leuchten, wie glühende Kohlen, Flammen u. s. w., lassen zwar derartige Erscheinungen nicht erkennen, sie sind jedoch von allen Seiten sichtbar, wenn nicht zwischen ihnen und unserem Auge sich ein Körper befindet, durch den wir nicht hindurchsehen können. Hieraus folgt:

*) Vgl. II. Lehrstufe, § 111 ff.