

**Zeitschrift:** Schweizerische pädagogische Zeitschrift  
**Band:** 5 (1895)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Physikalisches Praktikum : im Anschluss an Dr. H. Wettsteins  
"Leitfaden für den Unterricht in der Naturkunde an Sekundarschulen" :  
3. Teil

**Autor:** Gubler, Th.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-788399>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 11.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Physikalisches Praktikum

im Anschluss an Dr. H. Wettsteins „Leitfaden für den Unterricht in der Naturkunde an Sekundarschulen“ von Th. Gubler.

### III.

#### 43. Der Luftballon.

##### *Kinder-Ballon auf Märkten.*

Wasserstoff-  
Apparat. Col-  
lodiumballon.

1. Ein Collodiumballon wird mit Wasserstoff (oder Leuchtgas) gefüllt; er steigt an die Zimmerdecke empor.

Wenn man den Collodiumballon sorgfältig behandelt und in besonderem Futteral aufbewahrt, kann der gleiche Ballon viele Jahre dienen.

Wasserstoff-  
apparat. Kleiner  
Glastrichter  
oder Tonpfeife.  
Seifenwasser.

2. Mit Wasserstoff oder Leuchtgas gefüllte Seifenblasen steigen empor.

Eine Tonpfeife oder einen ganz kleinen Glastrichter verbindet man durch einen Kautschukschlauch mit dem Wasserstoff-Apparat — wo Gas vorhanden ist, mit dem Gashahn — und taucht die Öffnung auf die in einem passenden Gefäß befindliche Seifenlösung so auf, dass sich ein Häutchen in der Öffnung ausspannt, wendet diese nach oben, lässt Gas einströmen und neigt, wenn die Blase etwa 1 dm Durchmesser erhalten hat, die vorher horizontal gehaltene Mündung um etwa 45°, worauf sich die Blase rasch ablöst und aufsteigt. Lässt man die Öffnung horizontal, so löst sich die Blase zwar auch infolge des Auftriebes ab, platzt aber häufig beim Abreissen. Beim Schrägwenden der Pfeife oder des Trichters begibt sich meist ein Teil des anhaftenden Blasenrandes auf die Aussenfläche des Blasinstrumentes; die Aussenfläche muss zuvor gut mit Seifenlösung benetzt worden sein, wenn dabei die Blase nicht zerplatzen soll. (Weinhold.)

Die Blase kann auch abgelöst werden, indem man das Blasinstrument rasch seitwärts bewegt. Man bereitet mit gewöhnlicher Waschseife starkes Seifenwasser und setzt demselben noch etwas Glycerin zu.

(Da die Wasserstoffblasen leicht platzen, ist dieser Versuch nur zu empfehlen, wenn der vorhergehende nicht gemacht werden kann.)

#### 44. Diffusion der Gase.

Kohlensäure-  
Apparat  
2 Gläser. Klares  
Kalkwasser.

1. Man füllt ein Glas mit Kohlensäure und stellt umgekehrt darauf ein zweites mit Luft gefülltes Glas. Nach einigen Stunden giesst man

klares Kalkwasser in beide, verschliesst sie mit der Hand und schüttelt. Das Kalkwasser trübt sich; die schwerere Kohlensäure ist also z. Teil ins obere Gefäss gestiegen.

2a. Auf die Wagschale wird ein Glas gestellt und tarirt; dann Kohlensäure in dasselbe geleitet. Die Wagschale sinkt, kehrt aber nach einiger Zeit wieder ins Gleichgewicht zurück; oder:

Kohlensäure-  
Apparat.  
Glasgefäss.  
Wage.

2b. Man füllt ein Glasgefäss mit Kohlensäure und zeigt, dass das Licht schon an der Mündung des Gefässes erlöscht. Lässt man das Gefäss etwa eine Stunde stehen, so brennt die ins Gefäss getauchte brennende Kerze ruhig weiter.

Kohlensäure-  
Apparat.  
Glasgefäss.  
Kerze an einem  
Draht.

## II. Lehre vom Schall, Akustik.

### 45. Wesen des Schalles.

*Die tönende Glocke zittert. Berührt man das angeschlagene Trinkglas, so hört das Tönen auf. Die angestrichene Violinseite schwingt und erscheint deshalb in der Mitte breiter. Ein in der Nähe eines Hauses abgefeuerter Kanonenschuss kann das Zerspringen von Fensterscheiben bewirken. Der Wasserfall donnert. Der Wind pfeift um die Hausecke. Der aus der Dampfpfeife ausströmende Dampf erzeugt den Pfiff.*

1. Die angeschlagene Stimmgabel wird längs eines Papierblattes hingeführt; das Papier lässt die Schwingungen hören.

Stimmgabel.

2. Die angeschlagene Stimmgabel wird auf den Tisch gestellt. Berührt man die Zinken, so hört das Tönen auf.

Stimmgabel.

3. Eine Violinsaite wird in Schwingung versetzt; auf dieselbe gesetzte Papierreiterchen werden abgeworfen.

Violine. Papier-  
reiterchen

*Die tönende Glocke wird nach allen Richtungen gehört, auch hinter Häusern.*

Der Schall pflanzt sich im luftleeren Raum nicht fort. (Versuche unter „Luftpumpe“.)

4a. Man legt 7 Zwanzigrappenstücke in gerader Richtung flach auf den Tisch, so dass sie sich berühren. Durch einen Kreidestrich bezeichnet man auf dem Tisch die Lage des mittlern. Mit einem Lineal wird das 8. aus einer Entfernung von 8—10 cm an die andern geschneilt. Nur das letzte der Reihe wird weggeschleudert, die andern bleiben in ihrer Lage.

Zwanzig-  
rappenstücke.

4b. Eine Reihe Knaben wird hintereinander aufgestellt, indem je der Hintermann seine beiden Hände bei völlig gestreckten Armen auf die



Schulterblätter des Vormannes legt. Erteilt man dem hintersten der Reihe einen Stoss, so wird der vorderste weggestossen.

#### 46. Geschwindigkeit des Schalles.

*Beobachtung an einem Arbeiter, der in einiger Entfernung einen Hammer niederschlägt. Die Pause zwischen Blitz und Donner ist je nach der Entfernung der blitzenden Wolke verschieden. Zwischen dem Aufblitzen einer entfernten Kanone und dem Eintreffen des Knalles liegt eine Pause. Man sieht den Dampf aus der Dampfpeife der Lokomotive aufsteigen, ehe man den Pfiff hört. Ein in einiger Entfernung marschirendes Bataillon scheint nicht mit der Musik im Takt zu sein. Die Mannschaft eines zur Musik marschirenden Bataillons tritt nicht gleichzeitig an; man sieht, wie die Schallwelle sich durchs Bataillon fortpflanzt.*

*Hohe und tiefe Töne pflanzen sich gleich rasch fort: Wenn ein Musikkorps in einer Entfernung spielt, so treffen die hohen und die tiefen Töne gleichzeitig ans Ohr.*

*Legt man das Ohr an die Telegraphenstange, so vernimmt man das Rauschen des Windes als starkes Geräusch. Aus den Eisenbahnschienen heraus vernimmt man das Geräusch des herannahenden Zuges weit stärker als durch die Luft. Bei gefrorenem Boden ist die Schallleitung besser als im Sommer. (Belagerung von Belfort 1870/71.) Der Horcher an der Wand.*

Silberner Löffel.  
Faden.

1. Ein silberner Löffel wird an 2 ca.  $\frac{1}{2}$  m langen Fäden aufgehängt; die Enden derselben werden um die Zeigfinger gewickelt und diese in die Ohren gesteckt. Der Löffel wird an einen Gegenstand, z. B. einen Sessel, angestossen. Die Schallempfindung ist sehr lebhaft.

Latte.

2. Am einen Ende einer etwa 2 m langen Latte wird mit der Bleistiftspitze ein kratzendes Geräusch hervorgerufen. Das an das andere Ende gelegte Ohr nimmt das Geräusch wahr.

3. Auf einer Eisenbahnlinie wird in etwa 150 m Entfernung mit einem Hammer gegen eine Schiene geschlagen. Man hört den Schall doppelt, zuerst aus den Schienen, dann durch die Luft.

Fadentelephon.

4. In die Mitte der Böden zweier Zigarrenkistchen, deren Deckel man weggenommen hat, bohrt man je ein kleines Loch und zieht durch dasselbe von innen her das Ende eines 50—100 m langen Bindfadens. Auf der Aussenseite werden die Enden an kurzen Drahtstücken festgebunden. Der Faden wird so ausgespannt, dass derselbe keinen festen Gegenstand berührt. Das gesprochene Wort, aber namentlich das Klopfen an das Kistchen, das Tönen der Stimmgabel, die Töne einer Musikdose pflanzen sich sehr deutlich fort.

#### 47. Stärke des Schalles.

*Eine grosse Glocke tönt stärker als eine kleine, eine Bassgeige stärker als ein Violin; eine Kanone erzeugt einen stärkern Knall als eine Pistole; eine grosse Peitsche knallt stärker als eine kleine.*

*Je näher man der tönenden Glocke ist, um so stärker ist der Schall.*

*Beobachtungen über Schallwahrnehmungen bei sich änderndem Wetter, bei Wind, bei Regen. Bei Sturm ist der Schall der Glocke sehr starken Schwankungen unterworfen.*



Spricht man in ein langes Rohr, so wird der Schall fast ungeschwächt fortgeleitet. Langes Glas- oder Blechrohr

*Beispiele von Schallröhren.*

#### 48. Zurückwerfung des Schalles.

*Der Knall einer Kanone ist bei hellem Himmel kurz und scharf; bei bedecktem Himmel hört man ein anhaltendes Rollen. Bei bedecktem Himmel hört man vom Pfiff der Lokomotive ein anhaltendes Echo. In kleinen Zimmern erscheint die Stimme stärker als im grossen Raum. Marschirt man durch ein Gewölbe, so widerhallen die Tritte. Ein im Freien vorgetragenes Lied verhallt. Der Donnerschlag ist von einem anhaltenden Rollen begleitet. Im Gebirge ist das Rollen des Donners stärker als in der Ebene.*

*In grossen Räumen (Kirchen) wird der Schall durch die zurückkehrende Schallwelle verlängert und undeutlich gemacht; das Sprechen ist daher erschwert.*

#### 49. Sprachrohr und Hörrohr.

*Wir bilden vor dem Munde mit den Händen einen Trichter, wenn wir in grosse Entfernung sprechen wollen.*

*Wir halten die Hand hinter das Ohr, um einen schwachen Schall wahrzunehmen.*

#### 50. Knall, Geräusch, Ton.

*Sausen, Brausen, Schwirren, Knistern, Brummen, Rasseln, Prasseln, Klirren, Rollen, Grollen, Heulen, Plätschern, Quicken, Surren, Murmeln, Schwatzen, Zischen etc. — sind Geräusche nachahmende Wörter.*

1. Auf die Schwungmaschine wird die Sirene befestigt und das Blasrohr so festgeschraubt, dass die Mündung nur wenig über der Scheibe liegt. Anfänglich dreht man ganz langsam, um die Unterbrechungen hörbar zu machen. Sobald man rascher dreht, entsteht ein tiefer Ton, der bei schnellerem Drehen steigt.

Schwungmaschine mit Sirene und Gummischlauch.

2. Man blase bei gleichmässigem Drehen zuerst die innerste, dann die äusserste Löcherreihe an. (Oktave, Schwingungsverhältnis 1 : 2.)

3. Man blase die 4 Löcherreihen nacheinander an. (Durakkord; Schwingungsverhältnis 4 : 5 : 6 : 8.)

4. Um die Zahl der Schwingungen des  $a^1$  wenigstens annähernd zu bestimmen, untersucht man, wie sich die Umdrehungsgeschwindigkeiten von Sirene und Schwungrad verhalten. Zu diesem Zweck macht man auf Schwungrad und Sirene zwei aufeinander passende Kreidestriche und dreht nun so lange, bis die Striche wieder die gleiche Lage einnehmen. Eine Abteilung der Schüler zählt die Umdrehungen der Sirene, die andere diejenigen des Schwungrades. Nun übt man einen musikalisch begabten Schüler ein, das Schwungrad so zu drehen, dass die äusserste Löcherreihe der Sirene das  $a$  der Stimmgabel, die häufig angeschlagen wird, gibt. Hat der Schüler die richtige Schnelligkeit gefunden, so

Ebenso Stimmgabel.

zählen auf ein gegebenes Zeichen die Schüler die Umdrehungen des Rades, während man sich an der Sekundenuhr den Zeitpunkt merkt. Nach etwa 1 Minute wird der Versuch abgebrochen. Nun wird berechnet, wie manchmal sich die Sirene gedreht hat, wie viele Löcher überhaupt am Blasrohr vorübergegangen sind, und wie viele in einer Sekunde. Wenn der Versuch ein nur annäherndes Ergebnis hat, so erkennen die Schüler auch die Fehlerquellen.

Stimmgabel  
mit Nadel.  
Berusste  
Glasscheibe.

5. An die Stimmgabel wird mittelst eines Fadens und etwas Siegellack eine Nadel befestigt. Führt man mit der angeschlagenen Stimmgabel rasch und leicht über eine berusste Glasscheibe, so zeichnet die Nadelspitze auf dieselbe eine Wellenlinie. (Über das Berussen einer Glasscheibe siehe „Kohäsion“.)

Violine  
(Klavier).

6a. Man spiele auf der Violine oder dem Klavier die verschiedenen Intervalle vor und lasse die Schüler entscheiden, welche konsonierend und welche dissonierend sind.

6b. Man lasse die Schüler Drei- und Vierklänge singen.

*Im Augenblick, da ein Radfahrer an uns vorbeifährt, sinkt die Tonhöhe des Warnungssignales.*

## 51. Musikinstrumente.

### a) Saiteninstrumente.

Violine.

1. Mit Hülfe der Violine zeigt man: Die kürzere Seite gibt einen höhern Ton. Halbirt man die Saite, so erhält man die Oktave, verkürzt man sie um  $\frac{3}{4}$  der Länge, so erhält man die folgende Oktave.

2. Die dünne *e* Saite gibt einen höhern Ton als die dicke *d* Saite, diese einen höhern Ton als die schwere *g* Saite.

3. Wird die Saite weniger straff angezogen, so ist der Ton tiefer.

Stimmgabel.

4. Wirkung des Resonanzbodens: Hält man die angeschlagene Stimmgabel in die Höhe, so vernimmt man keinen Ton; stellt man sie auf den Tisch, eine Federschachtel, die Violine, so wird der Ton verstärkt.

### b) Blasinstrumente.

*Beobachtungen an der Weidenpfeife.*

Stimmflöte.

5. Der Ton der Stimmflöte ist um so höher, je tiefer der Stöpsel in das Rohr gestossen wird.

6. Man blase die offene und die gedeckte Pfeife an und vergleiche die Tonhöhe.

*Die Schüler beschreiben die Mundharmonika.*

### c) Das menschliche Stimmorgan.

Kehlkopf-  
modell.

7. Über das Ende eines weiten Glasrohres, Lampenzylinder, stülpt man ein etwa 5 cm langes Stück eines weiten, dünnen Kautschukschlauches,



so dass es etwa 3 cm vorspringt. Der Schlauch wird an zwei gegenüberstehenden Stellen gefasst und zu einer Ritze auseinandergezogen. Man bläst durch das Glasrohr und erhält einen um so höhern Ton, je stärker der Schlauch angespannt wird, oder einem um so kürzern Stück man zu schwingen erlaubt.

Die Handhabung der Vorrichtung wird erleichtert, wenn man das andere Ende des Rohres durch einen Pfropf verschliesst, durch welchen ein umgebogenes Glasrohr geht.

### III. Lehre vom Licht, Optik.

#### 52. Leuchtende und dunkle Körper.

*Sonne, Mond, die Fixsterne, der Blitz, der elektrische Funke, die Flamme, glühende Körper leuchten. Das Johanniswürmchen, faulendes Holz verbreiten einen Lichtschein. Die Stelle, an welcher ein Phosphorzündhölzchen angestrichen wurde, leuchtet (phosphoresziert) im Dunkeln. Reibt man ein Phosphorzündhölzchen zwischen den Fingern, so leuchten diese. Zwei aneinander geriebene Kieselsteine oder Stücke Zucker verbreiten im Dunkeln etwas Licht.*

#### 53. Ausbreitung des Lichtes.

*Ein Gegenstand ist in den verschiedenen Richtungen sichtbar. Man kann nicht durch eine krumme Röhre sehen. Der Lichtstrahl, der durch die Öffnung im Fensterladen ins dunkle Zimmer fällt, beleuchtet die Staubteilchen in gerader Linie. Das Abstecken von geraden Linien auf dem Feld.*

*Auf der vom Licht abgewendeten Seite der Gegenstände befindet sich der Schatten. Bestimmung von Richtung und Länge des Schattens eines Gegenstandes im Lauf des Tages, des Jahres.*

1. Vor einen Karton mit einem kleinen Loch stellt man im dunkeln Zimmer eine brennende Kerze und fängt den Lichtschein auf einem dahintergehaltenen Papierschirm auf. Kerze, Öffnung und Lichtbild befinden sich in gerader Richtung.

Kerze, Papierschirm, Karton mit Loch, Retortenhalter.

2a. In der Verschlussvorrichtung des dunkeln Zimmers wird ein Loch angebracht. Von einem Schüler, der sich vor dem Fenster hin- und herbewegt, erhält man an der Rückwand des Zimmers ein verkehrtes Schattenbild. Die vom Gegenstand ausgehenden Strahlen kreuzen sich in der Öffnung, so dass der von unten kommende Strahl oben ins Zimmer gelangt.

Dunkles Zimmer.

2b. Ist kein dunkles Zimmer zur Verfügung, so kann man sich auch mit der optischen Kammer helfen.

Optische Kammer.

Man stellt aus Karton 2 Röhren von etwa 8 cm Weite und 20 cm Länge her, die sich übereinander verschieben lassen wie die Teile eines Fernrohrs.



Die weitere Röhre wird am Ende durch eine Kartonscheibe verschlossen, in deren Mitte man ein Loch von 4—5 mm Durchmesser anbringt. Die engere Röhre ist an dem dieser Öffnung zugekehrten Ende mit Pauspapier verschlossen. Das andere Ende ist offen und wird vom Tageslicht abgewendet, wenn man hineinsieht. Von hell beleuchteten Gegenständen, wie Häusern in der Nachbarschaft, erhält man auf dem Pauspapier ein verkehrtes, freilich nicht scharf begrenztes Bild.

*Wer am nächsten bei der Lampe ist, sieht am besten.*

Parallele  
Schnitte des  
pyramidalen  
Raumes ver-  
halten sich wie  
die Quadrate  
der Abstände  
von der Spitze.

3. Auf ein Lattenstück befestige man in den Entfernungen 1, 2, 3, 4 Quadrate, deren Seiten sich verhalten wie 1 : 2 : 3 : 4, so dass die Ecken hintereinander liegen. Die Spitze wird durch ein Drahtende angegeben.

Die gleiche Vorrichtung erklärt die Abnahme von Licht, Schall, elektrischer und magnetischer Anziehung und dient zur Veranschaulichung des entsprechenden Satzes in der Geometrie.

#### 54. Durchsichtigkeit.

*Entfernte Gegenstände erscheinen undeutlicher. Der Boden tiefer Gewässer ist nicht sichtbar. Eine dicke Glasplatte ist weniger durchsichtig als eine dünne. Durch eine Reihe hintereinander gestellter Fenster oder eine Schicht Fensterglas sieht man nicht.*

Goldblättchen  
zwischen  
2 Glasscheiben.

Gold ist in dünnen Blättchen durchscheinend. (Siehe Abschnitt „Kohäsion“.)

#### 55. Zurückwerfung des Lichtes.

*Im dunkeln Zimmer sehen wir keine Gegenstände. Sobald wir Licht machen, werden dieselben sichtbar, weil die Lichtstrahlen von den Gegenständen zurückgeworfen werden. Gepulvertes Glas, gestossener Zucker, Nebel, Wolken sind weiss und undurchsichtig. Glas, geschmolzener Zucker, Wasser sind durchscheinend bis durchsichtig. Papier, Zucker etc. sind in allen Richtungen sichtbar.*

*Stücke von glasiertem Geschirr, von Glas, die an der Sonne liegen, werden hauptsächlich in einer Richtung wahrgenommen. Die Fenster entfernter Häuser erglänzen in der Abendsonne. Glasziegel, Glaskuppeln werfen das Licht nach einer Richtung zurück. (An bestimmten Tagen des Jahres leuchtet die Glaskuppel des Gasthofes auf dem Rigikulm für den nördlichen Teil des Kantons Zürich wie ein Stern.) Vom Glas Wasser, das an der Sonne steht, erhält man an der Decke des Zimmers einen Widerschein. Mit einem Spiegel kann man das Sonnenlicht auf beliebige Gegenstände werfen, „sünneln“.*

Spiegelscheibe.  
Retortenhalter.  
Kerze.

Auf den Tisch stelle man mit Hülfe des Retortenhalters senkrecht eine Spiegelscheibe und ziehe mit der Equerre auf die Scheibe eine Senkrechte und Schiefe unter gleichen Winkeln, z. B. 45°. Auf die Senkrechte wird ein brennendes Kerzchen gestellt; man sieht dessen Bild bloss, wenn man über die Senkrechte in den Spiegel schaut. Stellt man das Kerzchen auf eine der Schiefen, so sieht man das Bild in der Richtung der entsprechenden Schiefen auf der andern Seite der Senkrechten. — An den Spiegel kann man auch den Wandtafeltransporteur legen. Das Kerzchen wird an demselben von der Senkrechten aus nach einer Seite verschoben.

## 56. Ebene Spiegel.

*Beobachtungen am ebenen Spiegel über Lage und Entfernung des Bildes bei verschiedenen Stellungen des Spiegels. In Teichen und kleinen Seen sieht man das Spiegelbild des gegenüberliegenden Ufers, der ziehenden Wolken.*

1. Auf einen ebenen Spiegel wird ein Masstab senkrecht gestellt. Die Teilstriche erscheinen so weit hinter dem Spiegel, als sie davor sind. (Die Dicke der Scheibe muss berücksichtigt werden.) Ebener Spiegel.  
Centimeter-  
mass.

2. Stellt man genau in die Mitte zwischen eine Wasserflasche und eine brennende Kerze eine Glasscheibe, so erblickt man das Bild der Kerze in der Wasserflasche. Kerze.  
Glasscheibe.  
(Fensterflügel).  
Wasserflasche.

3a. Hält man eine Kerzenflamme vor einen Spiegel, so erblickt man, wenn man schief hineinschaut, neben dem starken, von der Belegung reflektirten Bild noch 3—4 lichtschwache Bilder. Spiegel. Kerze.

3b. Ebenso erscheint die auf den Spiegel gesetzte Messerspitze mehrfach. Spiegel. Messer.

4. Von einer Kerze, die zwischen 2 parallelen Spiegeln aufgestellt wird, erhält man in jedem Spiegel eine grosse Zahl Bilder. 2 Spiegel.  
Kerze.

*Benutzung paralleler Spiegel in Sälen, in Schaufenstern von Goldschmied- und Uhrenläden.*

5. Stellt man 2 Spiegel rechtwinklig gegeneinander auf, so erhält man von einem Gegenstand, einer Kerze, 3 Bilder, bei einem Winkel von  $60^\circ$  5 Bilder, bei  $45^\circ$  7 Bilder, bei  $40^\circ$  8 Bilder etc. 2 Spiegel, oder  
Winkelspiegel.  
Kerze.

Man lässt sich zwei rechteckige Stücke Spiegelglas, mindestens von der Grösse eines Oktavblattes, zuschneiden, legt auf deren Rückseite 2 Kartonstücke von genau gleicher Grösse und befestigt sie mit einem Papier- oder einem Leinwandstreifen an der Glastafel, so dass möglichst wenig von der Vorderseite der Spiegelfläche zugedeckt wird. An der schmalen Seite werden die beiden Spiegel durch ein Leinwandband derart vereinigt, dass man die Spiegel wie ein Buch auf- und zuklappen kann.

6. Das Kaleidoskop wird vorgewiesen.

Kaleidoskop.

(In Spielsachenläden sind solche um wenig Geld zu erhalten.)

7. Ebenso schön als im Kaleidoskop sieht man die regelmässigen Figuren, wenn man ein gleichseitiges Glasprisma senkrecht auf eine Zeichnung stellt und durch die Länge des Prismas hinunterschaut.

Dreiseitiges  
Prisma.

## 57. Der Hohlspiegel.

*Beispiele von Hohlspiegeln: am Mikroskop, auf Leuchttürmen. Unvollkommene Hohlspiegel: an Korridorlampen, an Lokomotiven.*

1. Man halte den Hohlspiegel so, dass die Sonnenstrahlen darauf fallen, und fange die zurückgeworfenen Strahlen auf einem Papierschirm auf. Indem man denselben nähert und entfernt, erkennt man den Verlauf der Lichtstrahlen nach der Zurückwerfung und findet man die Brennweite.

Hohlspiegel.  
Papierschirm.



Dunkles  
Zimmer. Hohl-  
spiegel. Kerze.  
Papierschirm.

2. Im dunkeln Zimmer wird der Hohlspiegel an eine Wand gehängt und in 4—5 m Entfernung eine brennende Kerze aufgestellt. Das verkleinerte verkehrte Bild wird auf einem undurchsichtigen Papierschirm aufgefangen. Nähert man die Kerze dem Spiegel, so muss der Papierschirm entfernt werden. Das Bild wird grösser.

(Verfügt man nicht über ein dunkles Zimmer, so kann man das Bild eines entfernten Gegenstandes, eines Turmes, Baumes, mit dem Hohlspiegel auffangen und direkt ins Auge werfen. Die Stelle, wo das Bild entsteht, muss für die Schüler durch einen Gegenstand, z. B. die Spitze eines Stabes bezeichnet werden.)

Ebenso.

3. Die Kerze wird dem Spiegel so weit genähert, dass auf dem Papierschirm oder der Wand ein vergrössertes, verkehrtes Bild entsteht.

4a. Die Kerze wird noch mehr genähert. Man sieht nun ein aufrechtes, vergrössertes Bild im Spiegel.

4b. Man hält den Hohlspiegel in Sehweite vor das Gesicht.

## 58. Der erhabene Spiegel.

Einen erhabenen Spiegel kann man herstellen, indem man ein Glaskölbchen mit Tinte füllt oder inwendig mit Pech überzieht. Einfach gekrümmt sind Gläser, Flaschen, Türen an Zylinderöfen etc. Kugeln, wie sie zur Christbaum-Verzierung verwendet werden, können ebenfalls benutzt werden.

Seifenwasser.  
Maurer-  
pfeifchen.

In einer grossen Seifenblase sieht man in der Vorderseite das aufrechte verkleinerte Bild der Fenster (erhabener Spiegel), in der Rückseite das umgekehrte verkleinerte Bild (Hohlspiegel).

## 59. Brechung des Lichtes.

*Beobachtung beim Baden: Die Beine erscheinen verkürzt, der Boden des Gewässers erscheint gehoben, man greift nach Fischen zu wenig tief.*

*Ein schief im Wasser stehender Pfahl erscheint an der Wasseroberfläche gebrochen; das im Wasser befindliche Stück liegt wagrechter. (Auch als Versuch.)*

*Sonne und Mond erscheinen beim Auf- und Untergang oft nicht rund. Die Erscheinung ist besonders auffallend, wenn ein Wolkenstreifen die Scheibe in 2 Teile teilt; die beiden Krümmungen passen nicht aufeinander. Beide Himmelskörper bewegen sich in der Nähe des Horizontes scheinbar rascher als hoch am Himmel. Die Fixsterne flimmern.*

Batterieglas.

1. Sieht man schief von oben in ein mit Wasser gefülltes weites Glas, so scheint der Boden inwendig höher zu liegen als auswendig. Eine am Boden des Glases liegende Münze erscheint doppelt.

Waschbecken.  
Münze.

2. Man legt auf den Boden eines Waschbeckens eine Münze und lässt die Schüler sich so aufstellen, dass sie von derselben bloss noch eine Spur bemerken. Hierauf giesst man Wasser in das Gefäss; die Münze sowie der Boden des Gefässes erscheinen gehoben.



3a. Um die Grösse des Brechungswinkels zu bestimmen, befestige man an einem Lineal mit einem Reisstift 2 schmale Kartonstreifen so, dass sie zusammen eine Gerade bilden, die das Lineal unter einem spitzen Winkel kreuzt. Man taucht nun die Vorrichtung bis zum Stift so ins Wasser, dass das Lineal senkrecht steht. Die Kartonstreifen bilden nun eine gebrochene Linie. Man dreht den untergetauchten Streifen abwärts, bis die beiden Streifen scheinbar eine gerade Linie bilden. Hierauf misst man die beiden Winkel; ihr Verhältnis ist 4:3.

Lineal.  
2 schmale  
Kartonstreifen.  
Stift. Tiefes  
Wassergefäss.

Dauerhafter wird der Apparat, wenn statt Kartonstreifen 2 dünne Lineale verwendet werden, die man durch ein Gelenk verbindet, dessen Achse durch das andere Lineal geht. Die Länge der Streifen richtet sich nach der Tiefe des Gefässes, das zur Verfügung steht. Oder:

3b. Man ziehe auf ein Brett, oder Blech, oder gefirniste Pappe in starken schwarzen Linien eine Gerade als Einfallslot und als gebrochene Linie den Verlauf des Lichtstrahls. Stellt man die Figur bis zum Schnittpunkt der Linien ins Wasser, so dass die Linie, welche das Lot bezeichnet, senkrecht steht, so bildet die gebrochene Linie eine Gerade.

## 60. Totale Zurückwerfung.

1. Wenn man ein Trinkglas mit Wasser füllt, so kann man keinen aussen am Glase befindlichen Gegenstand sehen, wenn man von oben auf das Wasser sieht, ausser in sehr schiefer Richtung und bei ziemlicher Weite des Glases. So sieht man die Hand, welche das Gefäss hält, nicht, solange Glas und Hand trocken sind. Die Hand wird aber sichtbar, sobald man dieselbe oder das Glas nass macht.

Trinkglas.

2. Sieht man schief von unten gegen die Wasseroberfläche eines grossen Glases, so erscheint sie als Spiegel; die über dem Wasser sich befindenden Finger werden erst gesehen, wenn sie ins Wasser eintauchen. Am Aquarium kann man die totale Zurückwerfung sehr schön beobachten, indem man den ganzen Inhalt desselben als Spiegelbild in der Höhe sieht.

Batterieglas.

3. Klebt man  $1-1\frac{1}{2}$  cm unter der Wasseroberfläche eines weiten Glases einen Streifen schwarzes Papier von ca. 1 cm Breite, so sieht man ihn doppelt, wenn man von der entgegengesetzten Seite gegen die Oberfläche blickt. Die Erscheinung wird deutlicher, wenn man im Papierstreifen eine Öffnung z. B. in der Form eines Kreuzes ausschneidet und hinter dieselbe ein Licht stellt.

Ebenso.  
Streifen  
schwarzes  
Papier.

4. Taucht man ein leeres Probiergläschen schief ins Wasser, so erscheint es glänzend, wie mit Quecksilber gefüllt. Füllt man es mit Wasser, so verschwindet der Glanz.

Batterieglas.  
Probier-  
gläschen.

*Luftblasen erscheinen im Wasser silberglänzend. Der Bauch des Rückenschwimmers ist wegen der anhaftenden Luft ebenfalls silberglänzend.*

Trinkglas. Öl. 5. Auf das Wasser in einem Trinkglas giesse man etwas Öl. Totale Zurückwerfung zeigt sich von unten.

## 61. Das Prisma.

Prisma. 1. Man stellt das Prisma mit seinem Ständer auf das Fensterbrett an die Sonne. Auf dem Fussboden bemerkt man den Schatten desselben, also die Stelle, in welcher die Gerade Sonne-Prisma den Boden trifft. Kehrt man die brechende Kante nach oben, so liegt die von den gebrochenen Strahlen beleuchtete Stelle näher an der Wand, in der sich das Fenster befindet. Kehrt man die brechende Kante nach unten, so ist die beleuchtete Stelle weiter von der Wand entfernt.

Prisma. 2. Die Schüler halten das Prisma dicht vor die Augen. Ist die brechende Kante oben, so müssen sie stark nach oben schauen, um die Gegenstände des Zimmers zu sehen. Ist die brechende Kante unten, so erscheinen die Gegenstände nach unten verschoben. Die Bilder sind aufrecht und haben farbige Ränder.

Prisma. 3. Die eine Fläche des Prisma wird mit einem Papierstreifen bedeckt. Die Schüler halten das Prisma so vor die Augen, dass sie gegen den Papierstreifen sehen. Nun erscheinen die Bilder verkehrt und ohne farbige Ränder, es sind Bilder, die durch totale Reflexion entstanden sind.

## 62. Die Farben.

*Der Regenbogen, die Tautropfen erglänzen in Farben. Eine dünne Ölschicht auf Wasser, alte Fensterscheiben, Seifenblasen zeigen Farben. Wenn man 2 Glasscheiben (Objektträger) etwas befeuchtet und zusammendrückt, entstehen farbige Ringe.*

Prisma. 1. Das Prisma wird den Sonnenstrahlen ausgesetzt und das Spektrum auf einer Wand oder einem Papierschirm aufgefangen.

2. Prisma. 2. Mit einem zweiten Prisma werden Teile des Spektrums aufgefangen; es entstehen keine neuen Farben.

Hohlspiegel. 3. Mit dem Hohlspiegel wird das Spektrum aufgefangen; der Brennpunkt erscheint weiss. (Der Versuch gelingt mit einer grossen Linse besser.)

Farbenscheiben. Schwungmaschine. 4. Auf die Schwungmaschine werden die Farbenscheiben aufgeschraubt:

a) Scheibe mit allen Regenbogenfarben.

Die Kreisausschnitte sollen betragen für

	violett,	indigo,	blau,	grün,	gelb,	orange,	rot.
nach Krüger	61°	34°	55°	61°	55°	33°	61°
nach Frick	80°	40°	60°	60°	48°	27°	45°



- b) Scheibe mit rot, gelb und blau; Hauptfarben.  
 c) " " orange, grün, violett, Nebenfalten.  
 d) " " rot und grün } Ergänzungs-  
 e) " " gelb und violett } oder  
 f) " " blau und orange } Kontrastfarben.

Die Scheiben a-f geben ein schmutziges Weiss, da die Farben keine Spektralfarben sind.

- g) Scheibe mit rot und gelb=orange.  
 h) " " blau und rot=violett.  
 i) " " gelb und blau=grau grün.

Weisse Wäsche wird gebläut, damit sie nicht gelb erscheint. Unter Kalkmilch, die zum Weissen dient, verwendet der Maurer Ultramarin.

5. Die Nebenfalten werden auch durch Mischen von Aquarellfarben hergestellt, wenn die Schüler mit der Farbenmischung nicht schon bekannt sind. Aquarellfarben.

6. Fängt man das Spektrum auf einem weissen Bogen Papier auf, so kann man alle Farben wahrnehmen,

auf einem schwarzen Papier nimmt man beinahe keine Farben wahr, Schwarzes Papier.

auf einem blauen Papier sieht man nur den blauen,

Blaues Papier.

auf einem roten nur den roten Teil des Spektrums.

(Da die angewendeten Farben keine reinen Spektralfarben sind, treten die übrigen Farben schwach hervor.)

7. Übergiesst man im dunkeln Zimmer in einer Tuschschale Kochsalz mit Weingeist und zündet ihn an, so erscheinen alle Gesichter leichenblass.

Dunkles Zimmer.  
Tuschschale.  
Kochsalz.  
Weingeist.

Bei Lampenlicht kann man nicht alle Farben richtig erkennen. Zündet man ein Rotfeuer an, so sind alle Farben mit Ausnahme von rot ausgelöscht.

8. Durch ein rotes Glas betrachtet, erscheinen die Gegenstände — der blaue Himmel, die grüne Wiese etc. — rot, durch ein blaues blau, etc.

Rotes, blaues,  
grünes Glas.

Farbige Scheiben an Pavillons.

9. Legt man ein rotes und ein grünes Glas aufeinander, so sieht man beinahe nicht hindurch, legt man noch ein blaues dazu, so sind die Gläser absolut undurchsichtig.

Rotes, grünes  
und blaues Glas.

Farbige Glasstreifen sind in Glashandlungen als Abfall um geringen Preis zu erhalten.

### 63. Das Spektroskop.

1. Man richtet das Spektroskop gegen eine Kerzenflamme; man erhält ein kontinuierliches Spektrum.

Spektroskop.  
Kerzenflamme.



Hand-  
Spektroskop.

2. Man richtet das Spektroskop gegen eine weisse Wolke und bemerkt die dunkeln Fraunhofer'schen Linien.

Dunkles  
Zimmer.  
Tuschschale.  
Weingeist.  
Kochsalz.

3. Im dunkeln Zimmer bringt man in eine Tuschschale Kochsalz und übergiesst es mit Weingeist, den man anzündet. Richtet man das Spektroskop auf die Flamme, so bemerkt man die gelbe Natriumlinie.

Wenn der Versuch in dieser Weise ausgeführt wird, kann eine ganze Klasse durchs Spektroskop sehen, ohne dass Kochsalz neu zugeführt werden muss.

Wasserstoff-  
Apparat.  
Kohlensaures  
Lithium.

4. Man bringt auf einem Platindraht ein Lithiumsalz, z. B. kohlen- saures Lithium in die Wasserstoffflamme. Eine hellleuchtende Linie in Rot wird sichtbar.

Chlorbarium.

5. Ebenso verdampft man Chlorbarium in der Wasserstoffflamme. Die charakteristischen Linien des Barium liegen im Grün.

Der Platindraht, der zum Einführen der Substanzen in die Flamme dient, wird in folgender Weise hergerichtet: Ein Glasröhrchen von der Länge und Dicke eines Bleistiftes, wird in eine Spitze ausgezogen, dann von dieser ein wenig abgebrochen. Durch die feine Öffnung schiebt man den Draht etwas ins Röhrchen und erhitzt in der Flamme, so dass Glas an den Draht anschmilzt. Am andern Ende des Drahtes stellt man eine Öse von 1—2mm Durchmesser her.

Influenz-  
maschine.

6. Der zwischen den messingenen Elektroden der Influenzmaschine überschlagende Funken zeigt eine grosse Zahl heller Linien.

*Petroleum erscheint in der Sonne violett.*

Aufguss von  
Roskastanien-  
rinde.

7. Ein Aufguss von Roskastanienrinde erscheint im durchgelassenen Licht bräunlich rot, im zurückgeworfenen prächtig blau.

Man schneide etwas Roskastanienrinde klein und siede sie mit Wasser.

Anmerkung. Zur Anschaffung wird ein Handspektroskop von Carl Zeiss in Jena empfohlen. Preis Fr. 37.50 Rp.

## 64. Der Regenbogen.

*Die Tautropfen erscheinen farbig, wenn die Sonne in dieselben scheint, ändert man seine Stellung, so ändert sich auch die Farbe eines Tropfens. Regenbogen bilden sich bei fallendem Regen und Sonnenschein, an Wasserfällen, Springbrunnen. Beobachtungen über Lage und Grösse des Bogens zu verschiedenen Tageszeiten; über Lage der Farben im ersten und zweiten Regenbogen. Beobachtung über Mondhöfe.*

## 65. Die Sammellinse.

*Anknüpfen an die Beobachtungen, welche die Schüler mit Brillengläsern und Lupen gemacht haben.*

Bikonvexe  
Linse.  
Papierschirm.

1. Man hält die konvexe Linse so gegen die Sonne, dass ihre Strahlen senkrecht auf dieselbe fallen; die gebrochenen Strahlen werden auf einem Papierschirm aufgefangen. Entfernt man denselben von der Linse, so wird der beleuchtete Kreis kleiner, schliesslich ist er ein Punkt;

entfernt man noch mehr, so erscheint wieder ein heller Kreis, der mit der Entfernung grösser wird.

2. Mit der stärker gewölbten Linse wird der Versuch wiederholt. Die Brennweite ist kleiner.

Stärkere  
bikonvexe  
Linse.

Um einen Papierschirm zu erhalten, schneidet man aus einem rechteckigen Stück festen Kartons ein Rechteck aus, so dass der Rand 2—3 cm breit ist und überzieht diesen Rahmen mit Pauspapier.

3. Papier, Holz, in den Brennpunkt gehalten, entzündet sich. Dunkle Körper können leichter entzündet werden als helle. Brennpunkt, Brennweite.

Linsen. Papier.  
Holz.

4. Ein mit Wasser gefüllter Glaskolben wirkt wie ein Brennglas.

Glaskolben.

5a. Der unter „Ausbreitung des Lichts“ beschriebene Versuch über umgekehrte Schattenbilder wird wiederholt. Hierauf wird an die Öffnung im Verschluss eine Linse gehalten und das Bild auf dem Papierschirm aufgefangen. Auge.

Dunkles  
Zimmer. Linsen  
Papierschirm.

5b. Hält man vor die kleine Öffnung der optischen Kammer eine Lupe, so erhält man auch mit dieser scharfe Bilder.

Optische  
Kammer

6. Mit der Camera obscura werden Bilder aus der Umgebung entworfen und ev. nachgezeichnet. (Photographie.)

Camera  
obscura.

7. Im dunkeln Zimmer wird die Flamme der Linse genähert, der Papierschirm wird entfernt; das Bild bleibt umgekehrt, wird aber immer grösser.

Dunkles  
Zimmer. Lampe.  
Bikonvexe

8. Mit dem Pinakoskop (der Laterna magica) entwirft man auf der Wand oder einem Papierschirm Bilder.

Linse.  
Papierschirm.  
Pinakoskop.

9. Die Linse wird als Lupe verwendet. Die Bilder sind aufrecht, scheinbar.

Bikonvexe  
Linse.

10. Die Linse wird auf ein bedrucktes Blatt gelegt und allmählich von demselben entfernt. Der Kopf wird so gehalten, dass die Buchstaben immer deutlich erscheinen. Anfänglich erscheinen dieselben aufrecht und werden mit der Entfernung der Linse grösser, dann erscheinen sie verkehrt und nehmen an Grösse ab.

Ebenso.

## 66. Die Zerstreuungslinse.

1. Lässt man die Sonnenstrahlen auf die bikonkave Linse fallen, so erhält man auf dem Papierschirm einen beleuchteten Kreis, der grösser ist als die Linse.

Bikonvexe  
Linse.  
Papierschirm.

2. Durch die Zerstreuungslinse betrachtete Gegenstände erscheinen aufrecht und verkleinert.

Zerstreuungs-  
linse.

## 67. Das Mikroskop.

Das Mikroskop wird zerlegt, die Wirkungsweise der einzelnen Teile erklärt; ev. werden einige Präparate vorgewiesen.

Mikroskop.



## 68. Das Fernrohr.

Dunkles  
Zimmer.  
2 Konvex-  
Linsen in  
Haltern. Papier-  
schirm. Lampe.

1. Zur Erklärung des astronomischen Fernrohrs kann man sich der 2 Konvex-Linsen des oblig. Apparates bedienen, die man mit ihren Haltern in 2 Holzklötzchen mit entsprechenden Löchern senkrecht befestigt. Man stellt die schwächere Konvexlinse in einiger Entfernung vom Lichte auf und entwirft das Bild auf einem Papierschirm. Mit der stärkern Konvexlinse als Okularlinse wird das Bild vergrössert. Zieht man dann den Papierschirm weg, so wird das Bild viel deutlicher.

Ist die Lichtquelle in 3 m Entfernung von der ersten Linse, so ist der Abstand des Papierschirmes von derselben 34 cm, der Abstand der Okularlinse vom Schirm 7 cm.

Grössere  
Konvex- und  
Konkav-Linse.

2. Zur Erklärung des galiläischen Fernrohrs ersetzt man die Konvexlinse, die als Okularlinse gedient hat, durch die Konkavlinse.

Bei 3 m Entfernung der Lichtquelle muss die Entfernung der beiden Linsen 18,5 cm betragen. Da die grössere der beiden Konvexlinsen für diesen Versuch etwas zu klein ist, verwendet man besser eine grössere Konvexlinse.

Erdfernrohr.

3. Ein Erdfernrohr wird zerlegt und erklärt.

## 69. Dauer des Lichteindrucks im Auge.

*Eine im Kreise geschwungene glühende Kohle erscheint als glühender Kreis. Der Blitz erscheint als glühende Linie, ebenso die Sternschnuppen. Das auf der Schwungmaschine rotirende Abplattungsmodell erscheint als Körper. Die Farben der Farbenscheibe decken sich.*

*Eine vorüberfliegende Kugel wird nicht wahrgenommen. Die Speichen der raschfahrenden Kutsche erscheinen als durchsichtige Scheibe.*

Srobo-  
skotische  
Scheiben, oder  
Lebensrad, oder  
Thaumatrope.

Vorweisung stroboskopischer Scheiben oder des Lebensrades oder des Thaumatrops.

## 70. Das stereoskopische Sehen.

1. Das eine Auge wird verschlossen. Mit dem Bleistift oder der Feder versucht man, von der Seite her einen Gegenstand, z. B. die Kante des Buches zu treffen.

2. Der Zeigfinger der linken Hand wird in einiger Entfernung vor dem Gesicht senkrecht gehalten. Mit der rechten Hand schliesst man abwechselnd das rechte und das linke Auge und merkt sich den Ort, wo das Bild an der Wand erscheint. Hierauf betrachtet man den Finger mit beiden Augen.

3. Man hält ein dünnes Buch senkrecht genau mitten vor das Gesicht und betrachtet es abwechselnd mit dem linken und dem rechten Auge und dann mit beiden.

Stereoskop.  
Bezügliche in  
Abbildungen  
Wettsteins Leit-  
faden.

4. Die stereoskopischen Darstellungen von aufrechter und umgekehrter Pyramide und Pyramidenstumpf in Wettsteins Leitfaden werden



einzelnen auf Kartonstücke von der Grösse der stereoskopischen Bilder aufgezogen und durch das Stereoskop betrachtet.

5. Auf stereoskopischen Photographien werden die Unterschiede der beiden Darstellungen aufgesucht. Man wähle namentlich solche, in welchen ein naher Vordergrund sich vor einem entfernten Hintergrund befindet, z. B. Gletscherspalte, Verdeck eines Schiffes, Strasse in einer Stadt, Korallenstock.

Stereoskopische  
Bilder.  
Stereoskop.

## 71. Das Anpassungsvermögen des Auges und die Brillen.

1. Man zeigt an der Camera obscura, dass die Linse um so mehr von der Bildfläche entfernt werden muss, je näher der Gegenstand ist.

Camera  
obscura.

2. Je flacher die bikonvexe Linse ist, um so weiter weg entsteht das Bild.

Bikonvexe  
Linsen.

3. Man hält die beiden Zeigfinger in ungleiche Entfernung vor das Gesicht und fixirt abwechselnd den einen und den andern. Nur der fixirte Finger wird deutlich wahrgenommen. Im Auge spürt man eine Veränderung, und es stellt sich rasch Ermüdung ein.

4. In starkes Papier sticht man mit der Nadel 2 Löcher, deren Entfernung kleiner sein muss als der Durchmesser der Pupille. Sieht man durch dieselben nach einer Nadelspitze, so erscheint diese in der deutlichen Sehweite einfach, sonst doppelt.

Papier mit  
2 Nadelstichen.  
Nadel.

5a. Die Lichtquelle, Lampe, Kerze, wird in 1 m Entfernung gebracht, die starke bikonvexe Linse senkrecht aufgesteckt. Der Papierschirm wird genähert, bis das Bild scharf ist, Entfernung 5,5 cm. Steckt man nun die schwächere bikonvexe Linse (Brille für Übersichtige) vor die andere, so dass die Entfernung der Linsenmitten 2 cm beträgt, so muss der Papierschirm etwas genähert werden, damit das Bild deutlich wird, auf etwa 5 cm.

Dunkles  
Zimmer.  
2 bikonvexe  
und eine bikon-  
kave Linse.

5b. Steckt man aber die bikonkave Linse vor die starke bikonvexe (Brille für Kurzsichtige), so muss der Schirm in 23 cm Entfernung gebracht werden.

Ist die Lichtquelle in 40 cm Entfernung, so entsteht das Bild der starken Konvexlinse in 6,5 cm Entfernung, dasjenige beider Konvexlinsen in 5,5 cm Entfernung. Das Bild der starken Konvexlinse und der Konkavlinse entsteht in 20 cm Entfernung.

Zur Demonstration der Brille für Übersichtige verwendet man statt der starken bikonvexen Linse besser eine weniger starke Linse, z. B. die Objektivlinse eines Fernrohrs.

## IV. Lehre von der Wärme.

### 72. Wärmequellen.

#### a) Sonnenwärme.

*Es ist wärmer an Südabhängen als an Nordabhängen — Nordufer des Genfersees, Kanton Tessin, rechtes und linkes Ufer des Zürichsees — wärmer am Mittag als am Morgen und am Abend, im Sommer als im Winter, am Äquator als am Pol.*

#### b) Erdwärme.

*Im Keller verspürt man die Temperaturunterschiede des Tages nicht, wohl aber des Jahres. Tiefe Keller sind besser als wenig tiefe. Gute Quellen gefrieren nicht. Warme Quellen. Vulkanische Tätigkeit. Zunahme der Wärme in Bergwerken, in Tunnels, z. B. Gotthardtunnel.*

#### c) Wärme durch Arbeit erzeugt.

*1. durch Reibung. Wenn wir frieren, reiben wir die Hände aneinander. Streichhölzchen entzünden sich durch Reibung. Bohrer, Sägen, Feilen, ungeschmierte Achsen erhitzen sich. Mit Stahl und Feuerstein schlägt man Feuer. 2 Quarzstücke, die aneinander gerieben werden, verbreiten Licht und Wärme. Beim Schleifen von hartem Metall fliegen glühende Teilchen weg. Meteorsteine glühen.*

Geldstück.

*1. Man lässt einen Schüler ein Geldstück oder einen Metallknopf auf einem rauhen Brett, dem Fussboden, reiben.*

Bindnagel.  
2 Brettchen.  
Schnur.

*2. Ein beiderseits schwach zugespitzter, runder Holzstab (Bindnagel) wird zwischen 2 Brettchen, von denen das eine an die Wand, das andere gegen den Körper gedrückt wird, so festgehalten, dass er zu beiden senkrecht steht. Um den Holzstab schlingt man eine starke Schnur und lässt auf beiden Seiten je einen Schüler abwechselnd im Takt ziehen. Die Brettchen rauchen, und die geriebenen Stellen verkohlen.*

Schwung-  
maschine.  
Metallrohr.  
Reiber. Warmes  
Wasser oder  
Äther.

*3. Auf die Schwungmaschine befestigt man ein Metallrohr, bringt in dasselbe etwas erwärmtes Wasser oder Äther und verpfropft. Mit dem Reiber umfasst man das Rohr und dreht die Maschine, bis der Pfropf herausfliegt.*

*2. durch Schlagen. Der Zündstoff der Zündkapseln und Patronen entzündet sich durch Schlag. Ein Pfahl, der in den Boden geschlagen wird, ist an der Oberfläche warm. Die Nägel kommen heiss aus der Nagelmaschine.*

Bleistückchen.  
Hammer.

*4. Ein haselnussgrosses Bleistück wird auf harter Unterlage mit dem Hammer breit geschlagen. Einige Schüler konstatieren, dass es wärmer geworden ist.*

*3. durch Zusammenpressen.*



5. An den Haken des Kolbens des pneumatischen Feuerzeuges befestigt man ein kleines Stück Zunder und stösst den Kolben mit grosser Kraft in das zylindrische Rohr, zieht ihn aber ebenso rasch wieder zurück.

Pneumatisches  
Feuerzeug.

Der Kolben muss gut befettet sein, doch nicht so stark, dass der Zunder fettig wird. Die Entzündung erfolgt oft erst im zweiten Mal.

(Erklärung des Föhn.)

6. Unter dem Rezipienten der Luftpumpe sinkt das Thermometer um etwa 20°.

Luftpumpe.  
Thermometer.

(Aufsteigende Luft dehnt sich aus und kühlt sich daher ab.)

NB. Die Entstehung der Wärme durch chemische Vorgänge und durch Elektrizität kann hier bloss erwähnt werden.

### 73. Ausdehnung durch die Wärme.

*Radreife werden glühend an die Räder gelegt. Eisenbahnschienen legt man mit kleinen Zwischenräumen; die Bohrlöcher derselben haben längliche Form, damit die Schienen Spielraum haben. Eiserne Brücken sind mit den Pfeilern nicht fest verbunden, sie ruhen meistens auf Rollen und füllen den Raum zwischen den Widerlagern nicht aus. Beim Vernieten von Eisen werden die Nieten glühend durch die Löcher gesteckt und umgeschlagen. Eiserne Rohre an Öfen knistern beim Feuern und nachher bei der Abkühlung. Ein heisses Lampenglas, das benetzt wird, zerspringt. Fugen an Kachelöfen erweitern sich. Gefässe, welche kalt eben noch in den Bratofen geschoben werden konnten, kann man heiss nicht herausnehmen. Will man einen festsitzenden Glaspfropf lösen, so erwärmt man vorsichtig den Hals der Flasche. Pendeluhrn mit metallenen Pendelstangen gehen im Sommer nach.*

*Kastanien, die nicht aufgeschlitzt sind, zerspringen im Feuer mit einem Knall. Holunderholz brennt mit starkem Knistern. Eine teilweise mit kalter Luft gefüllte Schweinsblase dehnt sich auf dem warmen Ofen aus. Der Heronsball fliesst, wenn man das Gefäss mit den Händen umfasst.*

1. Eine Metallkugel, die kalt gerade noch durch einen Metallring geht, bleibt auf demselben liegen, wenn sie erhitzt worden ist.

Kugel mit Reif.  
Weingeist-  
lampe.

2. Aus starkem Messing- oder Kupferdraht stellt man einen rechteckigen Bügel von etwa 15 cm Länge und 5 cm Breite so her, dass die eine Längsseite etwa 2 cm von den Enden unterbrochen ist und in die Unterbrechungsstelle genau ein Messing-, resp. Kupferdraht passt. Erhitzt man die geschlossene Längsseite, während der Bügel an einer Schmalseite in den Retortenhalter gespannt ist, so fällt der Stab heraus und wird in der Öffnung erst wieder festgehalten, wenn der Bügel sich abgekühlt hat.

Metall-Bügel.  
Weingeist-  
lampe.  
Retortenhalter.

3. Eine Kochflasche wird derart mit ausgekochtem Wasser gefüllt, dass sich beim Aufsetzen eines luftdicht schliessenden Pfropfs mit Glasrohr das letztere zum Teil mit Wasser füllt. Erwärmt man den Glas- kolben mit der Hand oder vorsichtig mit der Weingeistlampe, so sinkt

Kochflasche mit  
gekochtem  
Wasser, Pfropf  
und Glasrohr.  
Weingeist-  
lampe.  
Retortenhalter.

das Wasser zunächst, da das Gefäss sich ausdehnt, fängt dann aber an zu steigen. Damit grosse Klassen die Bewegung der Oberfläche sehen können, sollte das Wasser gefärbt sein.

Langes  
Probirglas.  
Petroleum.  
Heisses Wasser.

4. In ein Probirglas von 15—18 cm Länge giesst man bis 3 cm vom Rand Petroleum und taucht dasselbe in heisses Wasser. Das Petroleum steigt 1—2 cm.

Statt Petroleum kann auch Weingeist verwendet werden.

Es ist nicht ratsam, Petroleum oder Weingeist direkt mit der Flamme zu erhitzen.

#### 74. Das Thermometer.

*Im Keller dünkt es uns im Winter warm, im Sommer kühl. Brunnenwasser erscheint im Sommer kühl, im Winter warm. Temperaturen von 50° C erscheinen nach kaltem Winter angenehm, im Sommer nicht. Taucht man die eine Hand in möglichst kaltes, die andere in möglichst warmes Wasser bis sie die Temperaturen der Flüssigkeiten angenommen haben, und bringt dann beide in Wasser von mittlerer Temperatur, so wird diejenige Hand, die vorher in warmem Wasser war, kalt, die andere warm verspüren.*

Thermometer.  
Glas mit  
schmelzendem  
Schnee.

1. Prüfung des Nullpunktes. Man taucht ein Thermometer bis nahe an den Nullpunkt der Skala in schmelzenden Schnee, den man mit einem Stäbchen umrührt.

Kochflasche,  
doppelt durch-  
bohrter Pfropf.  
Weingeist-  
lampe.  
Retortenhalter.  
Sandbad.

2. Prüfung des Siedepunktes. Man füllt eine Kochflasche mit langem Hals zur Hälfte mit Wasser und verschliesst sie mit einem doppelt durchbohrten Pfropf, durch dessen eine Öffnung das Thermometer so gesteckt wird, dass es nicht ins Wasser taucht, dass es sich aber bis nahe an den Siedepunkt der Skala im Hals der Flasche befindet. Durch die andere Öffnung des Pfropfs geht ein Glasrohr. Man setzt den Kolben ins Sandbad und bringt das Wasser zum Sieden. Für jeden Millimeter, um den das Barometer unter 760 mm steht, muss man 0,0378° C von 100° abziehen, um den Siedepunkt zu erhalten; bei 720 mm Barometerstand ist der Siedepunkt somit bei 98,5° C.

#### 75. Ausdehnung des Wassers.

a) Das Wasser hat bei 4° seine grösste Dichtigkeit.

Hohes Glas.  
Schnee.  
Thermometer.

1. Man füllt ein hohes Glas (Einmachglas) zu  $\frac{3}{4}$  mit Wasser und bedeckt dieses mit einer Schicht Schnee. Stellt man den Versuch in einem ungeheizten Zimmer an, so zeigt das Thermometer, wenn seine Kugel an den Boden des Gefässes gebracht wird 4°, höher oben 3, 2, 1° und im Schnee 0°. Das kältere Wasser liegt also auf dem wärmeren und ist somit leichter. Macht man den Versuch im warmen Zimmer, so sinkt das Thermometer am Boden nur auf 5—6°.



## b) Das Wasser dehnt sich beim Gefrieren aus.

*Das Eis schwimmt auf dem Wasser. Bäume, Wasserleitungen, Abfallrohre, bersten bei grosser Winterkälte. Erscheinungen der Verwitterung an Ziegeldächern, der Ackerkrume, an Felsen, steinernen Treppen, Grabsteinen, am Strassenpflaster.*

2. Eine ganze mit Wasser gefüllte Flasche, deren gutschliessender Pfropf mit Draht festgebunden und versiegelt wird, zerspringt, wenn sie während einer kalten Winternacht ins Freie gestellt wird.

Flasche mit  
Pfropf. Draht.

3. Stearin dehnt sich beim Schmelzen aus.

In ein Probirglas bringt man Stücke einer Stearinkerze (aber ohne Docht) und schmilzt sie. Die festen Stücke liegen am Boden, das geschmolzene Stearin schwimmt darüber und ist somit leichter.

Probir-  
gläschen.  
Retortenhalter.  
Weingeist-  
lampe. Stearin.

## 76. Ausdehnung der Luft.

*Der Rauch steigt durchs Kamin empor und bildet bei Windstille eine hohe Säule. Im Lampenzylinder herrscht Luftzug. Die Petroleumlampe raucht, wenn der Lampenzylinder nicht aufgesetzt ist. Eine grosse Feuersbrunst erzeugt Wind. An der Decke des Zimmers ist es wärmer als am Fussboden.*

*Das Modell des Turbinenrades dreht sich in der Nähe des warmen Ofens. (Siehe Versuch unter „Zerlegung der Bewegung“.) Im Sommer entstehen auf der heissen Strasse Wirbel.*

1. Eine Retorte wird mit der Mündung voran in ein Glas mit Wasser gestellt. Erwärmt man die Retorte mit der Hand und mit der Weingeistlampe, so tritt die Luft in Blasen aus. Beim Abkühlen steigt das Wasser im Hals der Retorte empor.

Retorte.  
Batterieglass.  
Weingeist-  
lampe.

Man darf die Retorte nicht zu stark erwärmen, da sie beim Aufsteigen des Wassers zerspringen könnte.

2. Eine Kochflasche, die etwas Wasser enthält, verschliesst man mit einem Kautschukpfropf, durch den ein 0,5—1 mm weite Glasröhre bis nahe an den Boden der Flasche geht. Berührt man die Flasche mit der Hand, so steigt das Wasser rasch empor.

Kochflasche.  
Kautschuk-  
pfropf.  
Kapillarröhre.

3. Eine Kerzenflamme wird längs der wenig geöffneten Türe geführt. Unten schlägt die Flamme ins Zimmer, in der Mitte steht sie senkrecht, oben schlägt sie nach aussen.

Kerze.

## 77. Schmelzen und Erstarren.

1. In einer Schüssel bringt man Schnee — oder Eisstücke — ins Zimmer und stellt ein Thermometer in dieselbe. Die Temperatur bleibt auf 0°, bis der Schnee geschmolzen ist.

Schnee. Gefäss.  
Thermometer.

2. Auch wenn man Schnee in einem Glaskolben über die Flamme bringt, kann man denselben nicht über 0° erwärmen.

Glaskolben.  
Retortenhalter.  
Weingeist-  
lampe. Schnee.  
Thermometer.

Je  $\frac{1}{2}$  Liter  
kaltes und  
warmes Wasser.  
Glasgefäss.  
Thermometer.

$\frac{1}{2}$  Liter  
Wasser von  $80^{\circ}$ .  
500 g Schnee  
von  $0^{\circ}$ .  
Thermometer.  
Gefässe.

Glaskolben.  
Thermometer  
Weingeist-  
lampe.  
Retortenhalter.

Blechgefäss.  
Schnee.  
Kochsalz.  
Eiserner Löffel.

Unterschweflig-  
saures Natrium.  
Kölbchen.  
Weingeist-  
lampe.  
Thermometer.  
Äther.

Frisch  
gebrannter  
Kalk. Spritz-  
flasche.  
Porzellanschale.  
Probir-  
gläschen. Äther.

3. Man mischt gleiche Mengen, z. B. je  $\frac{1}{2}$  Liter, kaltes und warmes Wasser. Die Temperatur des Gemisches liegt ungefähr in der Mitte zwischen den beiden Temperaturen. (Fehlerquellen.)

4. In ein Gefäss bringt man 500 g Schnee und übergiesst ihn mit 500 g Wasser von  $80^{\circ}$  C. Der Schnee schmilzt. Die Temperatur des Wassers ist annähernd  $0^{\circ}$ .

5. Man bringt in einen Glaskolben Schnee, stellt ein Thermometer in denselben und erwärmt. Man beobachtet a) die Zeit, die es braucht, bis der Schnee geschmolzen ist, b) bis das Wasser  $80^{\circ}$  warm ist.

*Im Frühjahr ist die Luft kühl, solange Schnee vorhanden ist. Schnee und Eis taugen besser zum Abkühlen als Wasser von  $0^{\circ}$ ; Auflegen von Eis.*

6. Kältemischung. In einem Blechgefäss — Waschbecken im Schulzimmer — mischt man ungefähr 3 Teile Schnee und 1 Teil Kochsalz mittelst eines eisernen Löffels und stellt in das Gemisch ein Thermometer und ein Probirgläschen mit Wasser. Auf den Tisch giesst man etwas Wasser und stellt das Gefäss auf dasselbe. Das Wasser im Probirgläschen gefriert, und das Gefäss gefriert an den Tisch. Das Blechgefäss beschlägt sich auswendig mit Reif. Das Thermometer sinkt bis  $21^{\circ}$ .

Soll der Versuch gelingen, so darf man nicht zu kleine Mengen verwenden.

7. Unterschweifigsaures Natrium wird in einem Kölbchen unter Umschwenken vollständig zum Schmelzen erhitzt, worauf man das Gefäss verkorkt und ruhig stehen lässt. Nach einiger Zeit öffnet man den Kork und schüttelt heftig, bis die Kristallisation plötzlich eintritt. Dieselbe lässt sich auch durch Einwerfen eines Kristalls des betreffenden Salzes hervorrufen. Die entstehende Temperaturerhöhung lässt sich durch das Thermometer oder dadurch konstatiren, dass man etwas Äther auf das erstarrte Salz giesst und den entweichenden Ätherdampf an der Gefässmündung anzündet.

8. Ein faustgrosses Stück frisch gebrannter Kalk wird ins Wasser getaucht und das befeuchtete Stück in eine Porzellanschale gelegt. Nach kurzer Zeit ist auf den vollkommen trocken gewordenen Kalk mit Hülfe der Spritzflasche etwas Wasser aufzugiesen, worauf schliesslich unter lebhafter Dampfentwicklung das vollständige Zerfallen des Kalkstückes eintritt. Die Temperaturerhöhung kann wie im vorhergehenden Versuch durch Verdampfen von Äther gezeigt werden. Man giesst etwas Äther in ein Probirgläschen und umgibt dieses mit Kalkpulver. Die entweichenden Ätherdämpfe werden entzündet.

## 78. Verdunstung und Kondensation.

*Zusammengelegte Tücher trocknen langsam, zum Trocknen aufgehängte rasch. Feuchte Wäsche, bei Frostwetter aufgehängt, wird zuerst steif, dann*



*trocken, das Wasser gefriert und das Eis verdunstet. Auch im Winter bei strengem Frost wird die Strasse staubig, wenn kein Schnee darauf liegt. Flüssige Farbe bleibt im Farbtopf lange Zeit flüssig, als Anstrich auf Gegenständen trocknet sie rasch. Tautropfen verschwinden am Morgen in wenigen Stunden. Die vom Regen benetzte Strasse trocknet im Sommer rasch. An Herbstnachmittagen dringt die Sonne durch den Nebel. Im kalten Winter bleibt der aus der Lokomotive aufsteigende Dampf länger sichtbar als im Sommer bei warmer, trockener Luft.*

*Wenn sich in einem Zimmer viele Personen aufhalten, beschlagen sich die Fensterscheiben und die kalten Mauern von innen. Wenn im Freien am Abend die Temperatur sinkt, beschlagen sich die Fensterscheiben von aussen. Über feuchten Gründen entsteht am Abend Nebel, Rasen wird am Abend bei hellem Himmel feucht. Vor eintretendem Tauwetter schwitzt die Brunnenröhre, sind Hausgänge und Mauern, die noch kalt sind, nass. Im Winter sieht man den Hauch.*

*Bringt man ein Glas mit kaltem Wasser in die warme Stube mit feuchter Luft, so beschlägt sich das Glas. Am Gefäss, in welchem eine Kältemischung hergestellt wird, bildet sich Reif.*

1. Man füllt ein enges Probirgläschen mit Wasser und giesst dieses auf einen flachen Teller. Hierauf füllt man das Probirgläschen nochmals und befestigt es senkrecht im Retortenhalter. Wenn das Wasser im Teller verdunstet ist, befindet sich noch viel Wasser im Probirgläschen.

Probir-  
gläschen.  
Teller.  
Retortenhalter.

2. Unter eine Glasglocke, z. B. den Rezipienten der Luftpumpe, bringt man etwas Wasser. Erst beschlägt sie sich mit Wasserdunst. Stellt man sie hierauf an die Sonne, so verschwindet der Beschlag wieder.

Rezipient der  
Luftpumpe.

## 79. Das Sieden.

1. Ein Kochfläschchen wird zur Hälfte mit Wasser gefüllt und erwärmt. Das Thermometer wird so aufgehängt, dass seine Kugel in die oberste Schicht Wasser taucht. Zuerst steigen Luftblasen auf, die nach oben grösser werden. Ist die Temperatur über 60° gestiegen, so bilden sich am Boden Dampfblasen, die beim Aufsteigen verschwinden; man hört das Singen. Bei 100° (resp. 98,5°) geht die Dampfbildung in der ganzen Flüssigkeit vor sich, wobei die Temperatur unverändert bleibt. Entfernt man die Lampe, so hört das Sieden auf. Setzt man die Lampe wieder unter das Fläschchen, so beginnt das Sieden von neuem. Hebt man das Thermometer in den aufsteigenden Dampf, so zeigt es die Temperatur des Wassers.

Kochflasche.  
Retortenhalter.  
Weingeist-  
lampe.  
Thermometer.

2. Im Wasserbad wird ein Probirgläschen mit Weingeist zum Sieden erhitzt. Das eingetauchte Thermometer zeigt 78°.

Probirgläs-  
chen. Wein-  
geistlampe.  
Wasserbad.  
Retortenhalter.  
Weingeist.  
Salzlösung oder  
Pottaschelösung.  
Glaskölbchen.  
Thermometer.  
Retortenhalter.  
Weingeist-  
lampe.

3. Die Temperatur einer siedenden Salzlösung, einer Pottaschelösung, liegt über 100°.

Blei. Blechlöffel.  
Weingeist-  
lampe.

4. Ein Stückchen Blei wird in einem Blechlöffel über die Weingeistlampe gehalten; es schmilzt bald. Bringt man aber in den Blechlöffel zum Blei Wasser, so schmilzt dasselbe erst, nachdem der letzte Tropfen Wasser verdampft ist.

Wage. 2 Koch-  
fläschchen.  
Zweimal  
rechtwinklig  
gebogene  
Glaskölbchen.  
Retortenhalter.  
Weingeist-  
lampe.  
Thermometer.

5. In ein Kochfläschchen bringt man 100 g Wasser und verschliesst es luftdicht mit einem Kautschukpfropf, durch den der kürzere Schenkel einer zweimal rechtwinklig gebogenen Röhre geht. Diese lässt man in ein zweites enges Glaskölbchen, in welchem sich ebenfalls 100 g Wasser befinden, bis auf den Boden hinabreichen. In das zweite Kölbchen stellt man auch das Thermometer.

Das Wasser beider Kölbchen habe 12° Wärme. Das Wasser im ersten Fläschchen wird erhitzt, und man beobachtet 1. die Zeit, die es braucht, bis das Wasser siedet, 2. bis das Wasser im zweiten Kölbchen ebenfalls siedet, oder also das Thermometer auf 98,5° steht. Der zweite Zeitraum ist dem ersten annähernd gleich. Das zweite Kölbchen wird weggenommen und hierauf die Lampe, nicht umgekehrt. Wägt man das erste Fläschchen, so findet man unter den gemachten Voraussetzungen 17,5 g Wasser weniger; dieselben befinden sich im zweiten Fläschchen.

Zur Verdampfung von 17,5 g Wasser ist also so viel Wärme verbraucht worden, als zum Erhitzen von 100 g Wasser um 88°, nämlich von 12° auf 100°. Um 100 g Wasser um 88° zu erwärmen, bedarf es 8,8 Wärmeeinheiten. Ebensoviele Wärme verlangt das Verdampfen von 17,5 g Wasser von 100°. Zum Verdampfen von 1000 g Wasser sind also etwa 500 — genau 536,5 — Wärmeeinheiten notwendig.

*Nasses Holz entwickelt viel Dampf und wenig Wärme.*

Glaskölbchen.  
Retortenhalter.  
Weingeist-  
lampe.  
Pfropf.

6. Ein Glaskölbchen wird zur Hälfte mit Wasser gefüllt und dieses über der Flamme zu lebhaftem Sieden erhitzt. Hierauf entfernt man die Flamme, verschliesst das Kölbchen luftdicht und kehrt es um. Das Kochen dauert noch einige Zeit fort. Giesst man kaltes Wasser über das Kölbchen, so beginnt das Sieden von neuem.

7. Über das Sieden bei vermindertem Luftdruck siehe Versuch unter „Luftpumpe“.

Pulshammer.

8. Der Weingeist im Pulshammer siedet, wenn man die Kugel mit der Hand umfasst. (Dass der Pulshammer luftleer ist, erkennt man am harten Schlag, mit dem der Weingeist auf das Glas auffällt, wenn man den Pulshammer schüttelt.)

*Das Wasser wird in der Pfanne bald warm, wenn der Deckel über die Pfanne gelegt wird; derselbe wird vom Dampf bisweilen emporgehoben. Wenn man den Dampf aus einem Dampfkessel ausströmen lässt, so dauert das Ausströmen sehr lang, da sich immer wieder neuer Dampf entwickelt.*



## 80. Die Destillation.

In einer Porzellanschale stellt man ein Gemisch von Weingeist und Wasser her und zeigt, dass dasselbe nicht brennt. Das Gemisch bringt man in ein Kochfläschchen, durch dessen Pfropf eine Glasröhre nach einer Vorlage, einem Kochfläschchen, führt. Die Vorlage wird in ein flaches Gefäß mit Wasser gelegt und mit einem nassen Tuch bedeckt, auf welches aus einem Gefäß kaltes Wasser fließt. Die Kochflasche wird im Wasserbad erhitzt. Wenn ein Teil der Flüssigkeit destilliert ist, wird der Vorgang unterbrochen. Der Inhalt der Vorlage wird in eine Tuschschale gegossen und angezündet.

Weingeist.  
Porzellanschale.  
2 Koch-  
fläschchen.  
Retortenthaler.  
Glasröhre.  
Weingeist-  
lampe.  
Tuschschale.  
Nasses Tuch.  
Wasserbad.

## 81. Verdunstungskälte.

*In nassen Kleidern frieren wir. Der trocknende Schweiss entzieht unserm Körper viel Wärme. Halten wir den benetzten Finger in die Höhe, so erkennen wir, woher der Wind weht. In der Nähe von Flüssen und Seen ist die Luft im Sommer kühler. In einem Neubau ist es kühl. Nach dem Regen ist die Luft kühl. Heisse Speisen werden durch Blasen abgekühlt.*

1. Giesst man Schwefeläther auf die Hand, so erscheint er kalt.

Schwefeläther.

*Kleine Schmetterlinge erfrieren, wenn man Schwefeläther auf ihren Körper bringt.*

2. Die Thermometerkugel wird mit etwas Baumwolle umwickelt und diese mit Faden festgebunden. Auf die Baumwolle tröpfelt man Schwefeläther und schwingt das Thermometer durch die Luft. Es sinkt auf  $-10^{\circ}$ — $-15^{\circ}$ .

Thermometer.  
Baumwolle.  
Faden.  
Schwefeläther.

3. Siehe Versuch über Verdunstungskälte unter „Luftpumpe“.

*Wenn es bei mehreren Grad unter Null lebhaft zu schneien anfängt, steigt die Temperatur gewöhnlich bis  $0^{\circ}$ .*

*Das Wasser im Kühlfass des Destillirapparates wird erwärmt.*

## 82. Leitung der Wärme.

*Ein Eisenstück, das im heissen Ofen liegt, erscheint heisser als ein Holzstück, das die gleiche Temperatur hat. Metall fühlt sich im Winter kalt an, Holz und Wolle nicht. Hasse Hände, die Zunge können am eisernen Treppengeländer angefröhen. An vielen Gerätschaften bringt man hölzerne Handgriffe an. Heisse Töpfe werden mit einem Tuch gefasst. Im Winter tragen wir dichtere Kleider, Über- und Unterkleider, bringen wir an den Häusern Vorfenster, Doppeltüren an, decken wir die Weinreben, binden wir Bäume ein. Schnee schützt die Saaten vor dem Erfrieren. Kohle bleibt in der Asche lange Zeit glühend. Reine Wäsche erhält die Körperwärme besser als beschmutzte, neue Wollschuhe mit luftgefüllter Watte besser als alte mit zusammengetretener. In eng anliegenden Kleidern, Schuhen, Glacéhandschuhen, friert man. Auf steinerne Böden legt man Teppiche. Wasserleitungsröhren werden mit Stroh umwickelt, Eiskeller mit Stroh gedeckt, mit Sägemehl umgeben. Unter ein Trinkglas, das man auf den heissen Ofen stellt, legt man ein Stück Papier, damit jenes nicht zerspringe.*

Kerze.  
Kupferdraht.

1. Hält man in den obersten Teil einer Kerzenflamme einen Kupferdraht, so verlängert sich die Flamme; der obere Teil ist trüb und russt. Der Kupferdraht entzieht den Kohleteilchen die Wärme zum Brennen.

Drahtsieb.  
Flamme.

2. Ein engmaschiges Drahtsieb, das man auf eine Flamme niedersenkt, drückt dieselbe nieder. Die durch das Drahtsieb entweichenden Dämpfe können angezündet werden. (Davy's Sicherheitslampe.)

Weingeist-  
lampe.  
Kupferdraht.

3. Hält man einen kurzen Kupferdraht in die Flamme, so empfinden die Finger bald die Wärme. Ein in die Flamme gehaltener Papierstreifen oder Strohhalbm kann bis zum Finger abbrennen, ohne dass eine Zunahme der Wärme verspürt wird.

Grosser  
Schlüssel.  
Nähfaden.  
Weingeist-  
lampe.

4. Ein grosser Schlüssel wird mit Nähfaden mehrmals straff umwickelt und in die Flamme gehalten; der Faden verbrennt nicht.

2 Räucher-  
kerzchen.  
Zinkplatte.  
Brettchen.

5. Von 2 Räucherkerzchen wird das eine auf Metall — eine Zinkplatte der Batterie — das andere auf ein Brettchen gestellt und beide angezündet. Das Kerzchen auf dem Metall brennt nicht völlig ab, während das andere ein Loch ins Brettchen brennt. Setzt man das Kerzchen vom Metall noch rechtzeitig auf das Holz, so brennt es weiter.

Probir-  
gläschen.  
Stückchen Eis  
oder Wachs  
(Stearin) mit  
weichem  
Kupferdraht  
umwunden.  
Retortenhalter.  
Weingeist-  
lampe.

6. In ein mit kaltem Wasser gefülltes, langes Probirgläschen bringt man ein Stückchen Eis (oder Wachs, Stearin), das man mit weichem Kupferdraht umwunden hat, so dass es zu Boden sinkt. Hält man das Gläschen schief in die Flamme, so kann man das Wasser im obern Teil zum Sieden erhitzen, ohne dass das Eis schmilzt.

Die Flamme darf den obersten Teil des Gläschens, soweit dieses leer ist, nicht berühren, sonst zerspringt es.

### 83. Strahlung der Wärme.

*Vor der Mündung des Ofens, in welchem gefeuert wird, spürt man eine stechende Hitze. Schliesst man die Türe, so empfindet man die Wärme nicht mehr. Ein Sonnenschirm, die Krone der Bäume schützt vor der strahlenden Wärme der Sonne. Im gleichen Augenblick, da die Sonne hinter den Wolken hervortritt, verspürt man die Wärme. Fensterscheiben bleiben kalt, während man hinter denselben die Wärme ungeschwächt empfindet. Mit Russ, Erde bestreuter Schnee schmilzt bald. Um Baumpfähle schmilzt der Schnee weg. Dunkle Gegenstände, die in der Sonne liegen, fühlen sich heisser an als helle. Kleine Steinchen schmelzen sich in die Gletscheroberfläche ein. Graue Strassen und weisse Hauswände werfen die Sonnenstrahlen zurück. Hitze auf Schneefeldern. Dunkelfarbige Kleider werden im Sommer lästig. An Spalieren werden die Früchte bald reif. Bei hellem Himmel strahlt die Erde Wärme aus. Unter Bäumen und bei bedecktem Himmel entsteht kein Tau. Kachelöfen erwärmen die Zimmer langsamer als eiserne, bleiben aber auch länger warm.*

Linse, schwarzes  
und weisses  
Papier.

1. Mit einer Linse lässt sich schwarzes Papier leichter entzünden als weisses. Man führe z. B. den Brennpunkt der Linse über ein



weisses Blatt Papier, auf dem sich schwarze Flecken von Tinte oder Tusch befinden.

2. Man hänge 2 Thermometer, eines mit blanker, das andere mit schwarzer Kugel an die Sonne.

Um die Kugel des Thermometers zu schwärzen, tauche man dasselbe in Tusch und lasse diesen trocken werden.

3. In 2 gleich grosse Probirgläschen giesst man Wasser und färbt das Wasser des einen Gläschens, indem man etwas Tusch eingiesst. Stellt man die beiden Gläschen im Probirgläschengestell an die Sonne, so ist nach kurzer Zeit das dunkle Wasser wärmer als das klare.

2 Thermometer,  
eines mit  
blanker, eines  
mit schwarzer  
Kugel.

2 Probir-  
gläschen.  
Tusch.  
Thermometer.  
Probir-  
gläschengestell.

#### 84. Zum Abschnitt: Dampfmaschinen.

##### a) Dampfkraft.

*Der aufsteigende Dampf hebt den Pfannendeckel. Bettflaschen, die man zugeschraubt in den heissen Ofen legt, explodiren. Giesst man geschmolzenes Blei in eine feuchte Form, so wird dasselbe herausgeschleudert. (Warnung zur Vorsicht.)*

1. Man suche zwei Probirgläschen aus, von denen das eine genau in das andere passt, bringe in das weitere etwas Wasser, befette die Oberfläche des engern etwas, stecke es in das weitere und befestige sie im Retortenhalter. Bringt man das Wasser zum Sieden, so wird das innere Röhrchen emporgetrieben, entfernt man die Flamme, so geht es wieder hinunter. Die eine Hand hält die Weingeistlampe, mit der andern wird verhütet, dass das Röhrchen nicht hinausgetrieben wird.

2 Probir-  
gläschen.  
Weingeist-  
lampe.  
Retortenhalter.

##### b) Kondensation.

2. In ein Glaskölbchen giesst man etwas Wasser und verschliesst es luftdicht durch einen Pfropf, durch den eine zweimal rechtwinklig gebogene Glasröhre geht. Den längern Schenkel der Glasröhre lässt man in ein zweites zum Teil mit Wasser gefülltes Kölbchen tauchen. Man bringt das Wasser des ersten Kölbchens zum Sieden und setzt das Sieden fort, bis das Wasser im zweiten Kölbchen heiss ist. Zieht man die Lampe weg, so steigt das Wasser erst langsam in der Röhre zurück, dann aber ergiesst es sich in lebhaftem Strahl in das erste Kölbchen.

2 Glaskölbchen.  
Zweimal  
rechtwinklig  
gebogenes  
Rohr.  
Weingeist-  
lampe.  
Retortenhalter.

c) Das Brennen durch die den Dampfkessel durchziehenden Kupfer-  
röhren kann auf folgende Weise erklärt werden:

3. Wagrecht neben eine Kerzenflamme befestigt man ein etwa 5 mm weites Glasröhrchen. Durch ein zweites Röhrchen, das unter rechtem oder wenig spitzem Winkel gegen das andere Ende derselben gehalten wird, so dass ein Teil der Mündung durch die erste Röhre verdeckt wird, bläst man einen kräftigen Luftstrom. Die Flamme schlägt völlig ins Röhrchen hinein.

2 Glasröhren.  
Kerzenflamme.  
Retortenhalter.