

Erfahrungen im naturwissenschaftlichen Unterricht : Mitteilungen der Vereinigung Schweizerischer Naturwissenschaftslehrer : Beilage zur Schweizerischen Lehrerzeitung, Juli 1945, Nummer 4 = Expériences acquises dans l'enseignement des sciences naturelles

Autor(en): **Niggli, Paul / Bächtiger, Paul**

Objektyp: **Appendix**

Zeitschrift: **Schweizerische Lehrerzeitung**

Band (Jahr): **90 (1945)**

Heft 30

PDF erstellt am: **18.07.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

ERFAHRUNGEN

IM NATURWISSENSCHAFTLICHEN UNTERRICHT

Expériences acquises dans l'enseignement des sciences naturelles

MITTEILUNGEN DER VEREINIGUNG SCHWEIZERISCHER NATURWISSENSCHAFTSLEHRER
BEILAGE ZUR SCHWEIZERISCHEN LEHRERZEITUNG

JULI 1945

30. JAHRGANG • NUMMER 6

Der Drill und das Wesentliche

«Die geistige Allgemeinausbildung zur Einzelpersonlichkeit ist das Ziel, nicht der Drill, der nur ein unerlässliches Mittel ist, die notwendige Freiheit der Entscheidung zu ermöglichen.

... Geistiges Training und Arbeitsroutine sind unerlässlich und verlangen ein tieferes Eingehen, als es dem Wissensbestande nach für die Allgemeinbildung jeweilen notwendig ist. Aber mancherlei lässt sich in dieser Hinsicht verbessern, wenn der Lehrer selbst imstande ist, Wesentliches von Unwesentlichem zu unterscheiden.

... Vielleicht ist vielen von uns die Kunst, Wesentliches herauszugreifen und elementar verständlich zu machen, dadurch verlorengegangen, dass die Spezialforschung einen grossen Hilfsapparat braucht. Diese Kunst muss wieder gelernt werden. Schwierig sind die Anforderungen für den Schüler nur dann, wenn man von ihm bereits verlangt, dieses Wesentliche selbst zu finden. Es ist eine durchaus falsche Anwendung des an sich richtigen Arbeitsprinzipes, eine Erziehung zur Unwahrhaftigkeit, wenn grundlegende Begriffe einer Wissenschaft aus vom Gymnasiasten ausführbaren Beobachtungen und Experimenten als Ganzes abgeleitet werden. Diese können und sollen illustrieren, veranschaulichen, mithelfen... Dem Mittelschullehrer ist der schönste, schwierigste und wichtigste Teil der allgemeinen akademischen Bildung übertragen. Den Geist der Universitas kann aber nur der vermitteln, in dem dieser Geist lebendig ist, der Bedürfnis und Fähigkeit hat, Wesentliches zu erkennen, der in sich nach Totalität strebt.» *Paul Niggli **

Ueber die Bedeutung und die Herstellung der Wilsonschen Nebelkammer für die Mittelschule

Von *Paul Bächtiger*, Math.-natw. Gymnasium, Basel

Im September 1894 verbrachte der englische Physiker C. T. R. Wilson einige Wochen im Observatorium, welches damals auf dem höchsten der schottischen Berge, dem Ben Nevis, stand. Die wundervollen optischen Erscheinungen, die sich zeigten, wenn die Sonne auf die Wolken schien, erregten in ihm den Wunsch, diese Erscheinungen im Laboratorium nachzumachen. Anfangs des Jahres 1895, so erzählt C. T. R. Wilson in seinem Nobelpreis-Vortrag (1927), stellte er Versuche zu diesem Zweck an. Durch rasche Expansion von feuchter Luft erzeugte er Nebel. Gleich zu Anfang machte er eine Beobachtung, die ihn mehr zu interes-

sieren vermochte als die optische Erscheinung, welche er eigentlich studieren wollte. Feuchte Luft, die von Staubteilchen (welche als Kondensationskerne wirken) befreit war und daher bei der durch die Expansion hervorgerufenen Uebersättigung keine Nebel bilden sollte, ergab dennoch einen schwachen Nebel, wenn die Uebersättigung grösser als etwa 4 war. Dieser Wert der Uebersättigung wird bei einem Expansionsverhältnis (gleich Verhältnis der Volumen) von 1,25 erreicht. Das Experiment konnte beliebig oft wiederholt werden; die Kondensationskerne mussten also im Expansionsgefäss zweifellos immer wieder neu erzeugt werden. Wilson vermutete, es seien elektrisch geladene Moleküle (Ionen). Im Jahre 1896 konnte er seine Vermutung mit Hilfe von Röntgenstrahlen, welche bekanntlich die Luft ionisieren, beweisen. Wurde die Expansionskammer den Röntgenstrahlen ausgesetzt, so trat bei einem Expansionsverhältnis grösser als 1,25 ein sehr dichter Nebel auf; ohne Strahlen war der Nebel, wie bereits erwähnt, nur schwach.

Die theoretische Erklärung dieser Kondensationserscheinungen gibt die Formel von J. J. Thomson, welche den Sättigungsdampfdruck eines elektrisch geladenen Tröpfchens als Funktion des Tröpfchenradius zu berechnen erlaubt. Darauf soll nicht weiter eingegangen werden. Es sei lediglich noch daran erinnert, dass auch eine ungeladene konvexe Flüssigkeitsfläche einen höheren Sättigungsdampfdruck aufweist als eine ebene Fläche.

Erst im Jahre 1910 führte Wilson Versuche aus, Teilchenbahnen mit Hilfe seiner Kondensationsmethode sichtbar zu machen. Seine Versuche waren im Frühjahr 1911 von Erfolg gekrönt. Er konnte als erster die Bahnen der beim Zerfall von radioaktiven Elementen ausgeschleuderten α -Teilchen (Heliumkerne) und β -Teilchen (Elektronen) beobachten. Diese mit grosser Geschwindigkeit durch die Luft fliegenden Partikelchen ionisieren durch Stoss die neutralen Moleküle. Bei der durch die rasche Expansion hervorgerufenen Abkühlung von feuchter Luft kondensiert sich der Wasserdampf an den längs der Bahn gebildeten Ionen, und so entsteht bei zweckmässiger Beleuchtung das wunderschöne Bild der weissen, feinen Nebelfäden.

Welche Bedeutung hat nun diese Nebelkammer für die Mittelschule? Wenn wir unsere Schüler in die Physik und Chemie einführen, dann sprechen wir früher oder später davon, dass die Materie aus Atomen oder Molekülen aufgebaut ist. Jeder Physik- und Chemielehrer hat sich schon die Frage gestellt, durch welche Demonstrationsexperimente (die sich für die Mittelschule eignen) kann der Schüler von der atomistischen Struktur der Stoffe überzeugt werden, denn die von uns in den Schulstunden vorgeführten üblichen Experimente sind fast ausnahmslos die Ge-

*) Aus dem im Verlag von Eugen Rentsch soeben erschienenen, sehr empfehlenswerten Buch von *Paul Niggli*, Schulung und Naturerkenntnis (Besprechung folgt). Die Red.

samtwirkung von einer unvorstellbar grossen Zahl von Einzelatomen. Vielleicht muss sich der Lehrer mangels geeigneter experimenteller Hilfsmittel damit begnügen, zu zeigen, dass mit der Atomhypothese die gefundenen Gesetze, wie etwa das über die Mengenverhältnisse bei chemischen Verbindungen, zwanglos erklärt werden können. Befriedigend ist das wohl nicht. Wenn es auch prinzipiell unmöglich ist (infolge der zu grossen Wellenlänge des sichtbaren Lichtes), einzelne Atome oder Moleküle zu sehen, so können wir dem Schüler aber doch mit einfachen Mitteln wenigstens die Wirkung von einer relativ kleinen Anzahl oder gar einzelnen Atomen sichtbar machen. Dazu dienen z. B. die dem Leser wohlbekannten Experimente: Brownsche Molekularbewegung, Szintillationen beim Aufprall von α -Teilchen auf einen fluoreszierenden Zinkblendeschirm und die Wilsonsche Nebelkammer. Diese drei Experimente gehören zu den schönsten der ganzen Physik. Sie sind beim ernsthaften Schüler in der obersten Klasse unserer Mittelschule von seltener Eindringlichkeit. Leider ist die Erscheinung der Szintillationen nur subjektiv zu beobachten, die Nebelkammer hingegen kann von allen Schülern einer nicht zu grossen Klasse gleichzeitig gesehen werden. In methodischer Hinsicht bietet die Wilsonkammer mannigfache Möglichkeiten und Vorteile. Bringen wir z. B. ein Mikrogramm Radiumsulfat, eine von blossen Auge kaum sichtbare Menge, in die Kammer, so sind bei jeder Expansion wohl gegen 50 α -Bahnen zu sehen. Da jede Expansion die während der Zeit von etwa 0,1 Sekunden emittierten Teilchen sichtbar macht, so werden also in einem Tag von der winzigen Menge Radium rund fünfzig Millionen Teilchen ausgeschleudert (dabei ist noch zu beachten, dass nur die an der Oberfläche des Radiumsulfatstückes zerfallenden Atome α -Bahnen ergeben); und doch vergehen 1590 Jahre, bis diese Zahl auf die Hälfte abgenommen hat. Der Schüler erhält hier direkt durch das Experiment einen Begriff von atomaren Grössenordnungen. Ein anderes Beispiel: Besprechen wir in der Physik oder in der Chemie den Aufbau des periodischen Systems, so werden wir in groben Zügen auf den Aufbau des Atoms aus den Elementarteilchen Proton, Neutron und Elektron eingehen müssen. Diese unteilbaren Elementarteilchen sind zwar umwandelbar, sie scheinen aber heute mit den übrigen Elementarteilchen die tiefste, letzte Realität zu verkörpern. Bei der Behandlung des Atombaus bietet nun die Wilsonkammer dem Lehrer eine willkommene experimentelle Stütze, so dass er nicht nur vorwiegend referieren muss. Ein α -Teilchen von Radium stösst auf seiner etwa $3\frac{1}{2}$ cm langen Bahn mit rund 100 000 Stickstoff- oder Sauerstoffmolekülen zusammen. Trotz der vielen Zusammenstösse des leichten α -Teilchens mit den schwereren Molekülen sind die α -Bahnen aber fast alle geradlinig. Nur äusserst selten sieht man eine geknickte Bahn. Wie ist das zu erklären? Zwanglos kommen wir so mit den Schülern auf das Rutherford'sche Atommodell mit dem sehr kleinen, schweren, positiv geladenen Kern, in dem nahezu die ganze Masse des Atoms konzentriert ist, umgeben von einer viel weiter ausgedehnten, leichten Elektronenwolke.

Eine fundamentale Tatsache ist sowohl bei der Brownschen Molekularbewegung wie bei der Wilsonkammer besonders augenfällig, nämlich, dass sehr viele Gesetze der Makrophysik (Gasgesetze usw.) keine

exakten Gesetze sind, sondern Mittelwertgesetze darstellen, die um so besser gelten, je grösser die Zahl der beteiligten Atome ist. Betrachten wir z. B. den Fall eines, in einer ruhenden Flüssigkeit befindlichen, sehr kleinen, festen Teilchens. Nach den hydrostatischen Grundgesetzen, die der Schüler gelernt hat, sollte es in Ruhe bleiben, und doch wird es durch die Molekülstösse unregelmässig umhergestossen. Oder sehen wir uns das Zerfallsgesetz der radioaktiven Elemente an. Bringen wir in die Wilsonkammer eine so kleine Menge Radium, dass bei jeder Expansion nur ganz wenige, leicht abzählbare α -Bahnen entstehen, so beobachten wir durchaus nicht jedesmal gleichviel α -Bahnen. Es gibt also gar kein Gesetz, welches die jeweils auftretende Zahl streng zu berechnen gestattet.

Es darf hier vielleicht noch daran erinnert werden, dass die Wilsonsche Nebelkammer in den letzten Jahren eine ausserordentliche Bedeutung in der Wissenschaft erlangt hat. Sie ist zum unentbehrlichen Forschungsmittel in der Physik des Atomkernes geworden. Unsere heutigen Kenntnisse über die kosmische Strahlung verdanken wir hauptsächlich dem Geiger-Müllerschen Zählrohr und der Wilsonkammer. Bekanntlich entdeckte Anderson im Jahre 1933 bei solchen Untersuchungen ein Elementarteilchen, das Positron.

Vielleicht mögen Hochschullehrer den Einwand erheben, es sei noch früh genug, wenn der Schüler die Wilsonkammer auf der Hochschule kennenlernen. Darauf ist vor allem zu widersprechen, dass durchaus nicht alle Maturanden während ihrer Hochschulzeit Physik hören. Es kann nicht ausschliessliche Aufgabe des Physiklehrers auf der Mittelschule sein, die Schüler auf ein späteres Physikstudium vorzubereiten. Ich sehe vielmehr meine Aufgabe darin, den Schülern, neben einer strengen Schulung zum logischen Denken und kritischen Beobachten ein im Rahmen des Möglichen abgerundetes physikalisches Weltbild zu vermitteln.

Nachdem nun die historische und pädagogische Seite der Wilsonkammer gestreift worden ist, möchte ich noch auf das Praktische eingehen. Meines Wissens sind im Handel seit längerer Zeit keine Kammern zu erschwinglichem Preise erhältlich. Für den Lehrer bleibt daher nichts anderes übrig, als sich selbst eine zu bauen. In der wissenschaftlichen Literatur finden sich mehrere eingehende Beschreibungen von Wilsonkammern, deren Bau keine allzu grossen Schwierigkeiten bietet. In erster Linie muss sich der Lehrer nach den vorhandenen Mitteln und Werkzeugen richten. Wir haben in unserem Schulhaus dank der verständnisvollen Einstellung des Rektors eine Werkstatt mit Drehbank, Bohrmaschine, Farbspritze usw. einrichten können. Schüler aus den oberen Klassen sind mir jeweils beim Bau von Apparaten behilflich.

Ich habe mir zuerst die Frage gestellt, ob es vorteilhaft wäre, eine Kammer für Projektionszwecke zu bauen. G. Herzog (Helv. Phys. Act. Bd. 10; 68; 1937) hat eine solche Apparatur entwickelt, die auf dem Projektionsschirm 3 m lange α -Bahnen ergibt. Es ist im Physikunterricht üblich, eine kleine, zu beobachtende Veränderung (z. B. Oersted'sches Piezometer usw.) mit starker Vergrösserung zu projizieren, damit alle Schüler den Vorgang gut sehen können. Wie ich immer wieder konstatieren musste, entsteht dadurch die Gefahr, dass die Schüler sich eine ganz falsche Grössenordnung von der Erscheinung einprägen. Da bei der Wilsonkammer eine Projektion nicht unbedingt notwendig ist, habe ich davon abgesehen und

mir eine normale Kammer gebaut, die im Prinzip mit der von Blackett bei seinen Forschungen verwendeten übereinstimmt. Bau und Wirkungsweise sind aus Fig. 1 zu ersehen. Grössere Metallteile liess ich nach Holzmodellen giessen. Die Expansion wird durch einen verschiebbaren Kolben erzeugt, wobei die Abdichtung

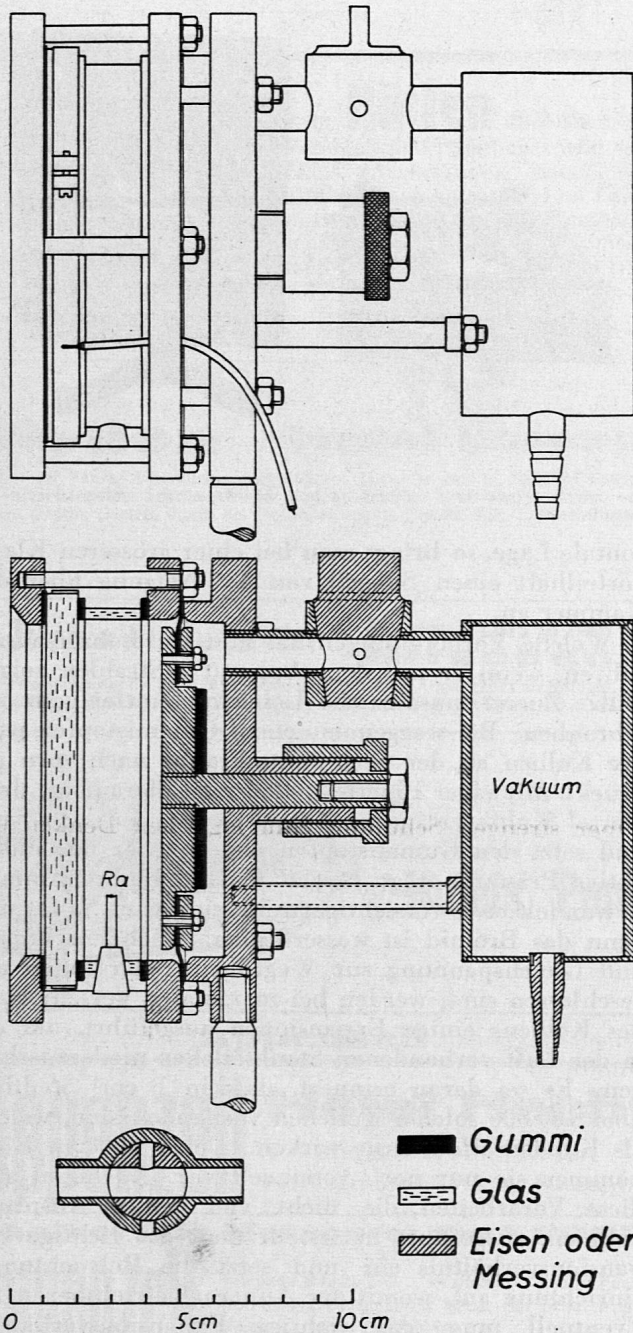


Fig. 1.

mit einer $\frac{1}{2}$ bis 1 mm dicken Gummimembran geschieht. Zwischen Kolben und Frontglasscheibe befindet sich der mit irgendeinem Dampf gesättigte, abgeschlossene Expansionsraum. Schliessen wir am Schlauchansatz des Vakuumgefässes die Pumpe an, so wird der Kolben zurückgezogen, bis die Gummiplatte (welche den Aufschlag dämpft) an der Rückwand anstösst; im Expansionsraum entsteht dadurch ein Unterdruck und eine Abkühlung. Drehen wir den Dreiweghahn (unten im Schnitt gezeichnet) um 90° linksherum, so wird einerseits das Vakuumgefäss abgeschlossen und andererseits der Raum zwischen Kolben und Rückwand mit der Aussenluft verbunden. Dadurch geht der Kolben in seine ursprüngliche Stelle

zurück. Der Hahn besitzt natürlich 2 Anschläge, die den Drehwinkel auf 90° begrenzen. Durch Drehen der Ueberwurfmutter lässt sich der Weg des Kolbens und damit das Expansionsverhältnis kontinuierlich zwischen 1 und 1,6 einstellen. Die Steigung des auf der Drehbank geschnittenen Gewindes wird zweck-

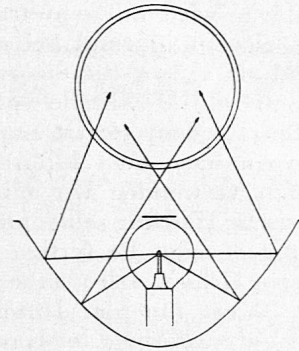


Fig. 2.

mässig 1 mm gewählt. Bei Zimmertemperatur und Luft-Wasserdampf muss das Expansionsverhältnis 1,32 sein, mit Aethylalkohol 1,2. In der Literatur wird ein Gemisch von gleichen Teilen Wasser und Alkohol empfohlen. Damit scharfe Bahnen entstehen, soll die Expansion in möglichst kurzer Zeit erfolgen. Das ist nur möglich, wenn zwischen Hahn und Pumpe, wie gezeichnet, ein Vakuumgefäss eingeschaltet wird. Ferner muss die Bohrung des Hahnes gross sein. Der Expansionsraum ist vorne mit einer 8 bis 10 mm dicken Spiegelglasscheibe abgeschlossen. Wer keine Übung im Schneiden von dicken Glasscheiben hat, lässt dies bei einem Glaser besorgen. Die seitliche Begrenzung des Raumes, der mit zwei Bunaringen gedichtete Glasring wird aus einer etwa 10 cm dicken Röhre herausgeschnitten. Mit dem Glasschneider ritzt man die Röhre ringsherum und sprengt den Ring mit Hilfe eines elektrisch glühend gemachten Drahtes ab. Das Planschleifen der Schnittflächen geschieht von Hand mit Carborundpulver (Körnung Nr. 160 bis 200) und Terpentin auf einer ebenen Glasplatte. Man muss im weiteren den Glasring durchbohren, damit der Gummistopfen, welcher das radioaktive Präparat trägt, eingesetzt werden kann. Das Bohren bereitet keine Schwierigkeiten, wenn man den Glasring an der zu bohrenden Stelle mit Picein auf einen passenden Holzzyylinder kittet. Das Loch wird hierauf in üblicher Weise mit einem in die Bohrmaschine eingespannten Metallrohr, Carborund und Terpentin als Schmiermittel gebohrt.

Hervorstehende Teile sind im Expansionsraum möglichst zu vermeiden, um die Wirbelbildung auf ein Minimum herabzudrücken. Ferner müssen die erzeugten Ionen dauernd weggeführt werden. Das geschieht durch Anlegen eines elektrischen Feldes von etwa 100 V/cm. Der eine Pol der Spannung wird mit dem Kolben oder Gehäuse verbunden und der andere mit einem auf die innere Seite der Frontglasscheibe geklebten Metallring. Besser ist noch, wenn die ganze innere Seite der Glasscheibe leitet. Das kann durch Ueberkleben mit einer Celluxfolie erreicht werden. Diese Folie wird mit einer verdünnten Gummi-arabicum-Lösung aufgeklebt und aussen durch ein Spannband aus dünnem Blech festgehalten. Das Blechband dient gleichzeitig als Stromzuführung. Die Celluxfolie verhindert auch das lästige Unklarwerden der Scheibe durch Beschlagen mit Flüssigkeitströpfchen. Eigent-

lich sollte das elektrische Feld während der Expansion abgeschaltet werden, doch habe ich durch Versuche festgestellt, dass sich die Herstellung der dazu nötigen Einrichtungen nicht lohnt, solange es sich nur um Demonstrationsversuche handelt. Die durch das Abschalten erzielte Qualitätsverbesserung (Schärfe der Bahnen) ist von Auge kaum feststellbar.

Die Kolbenfläche wird mit schwarzem Samt überklebt; er dient als Hintergrund bei der Dunkelfeldbeleuchtung und als Träger für die zu verdampfende Flüssigkeit. Damit die Metallteile von den Dämpfen nicht angegriffen werden, spritzt man sie mit Einbrennlack; er wird nach dem Einbrennen unlöslich. Als Einbrennofen verwenden wir mit gutem Erfolg einen auf elektrische Heizung selbst umgebauten, alten Gasbackofen. Fig. 3 zeigt die fertige Wilsonkammer. Noch ein Wort zur Grösse. Ich glaube, dass eine Kammer von etwa 10 cm innerem Durchmesser zweckmässig ist; eine Vergrößerung der Kammer gibt keine längeren α -Bahnen!

Einige Mühe hat mir das Suchen nach einer einwandfreien Dunkelfeldbeleuchtung verursacht. Weder Kolben noch Innenseite der Frontglasscheibe dürfen von Licht getroffen werden. Soffittenlampen in Verbindung mit Zylinderlinsen eignen sich; sie kommen aber zu teuer. Ich glaube eine annehmbare Lösung gefunden zu haben. Aus einem alten Autoscheinwerfer mit Einfadenlampe (kein Mattglas) wird mit einem feingezahnten Sägeblättchen (Laubsäge) ein symmetrischer Streifen von ca. 5 cm Breite herausgesägt und als Beleuchtungseinrichtung verwendet. Wenn auch die Versilberung des Reflektors nicht mehr ganz erstklassig ist, so schadet das nicht viel. Lampe samt Fassung werden so weit verschoben, bis das den Scheinwerfer verlassende Licht konvergent wird. Vielleicht müssen wir auch den Reflektor noch etwas zurechtbiegen. Das direkte Licht der Lampe muss durch ein Blechstück abgeblendet sein (Fig. 2). Lampe und

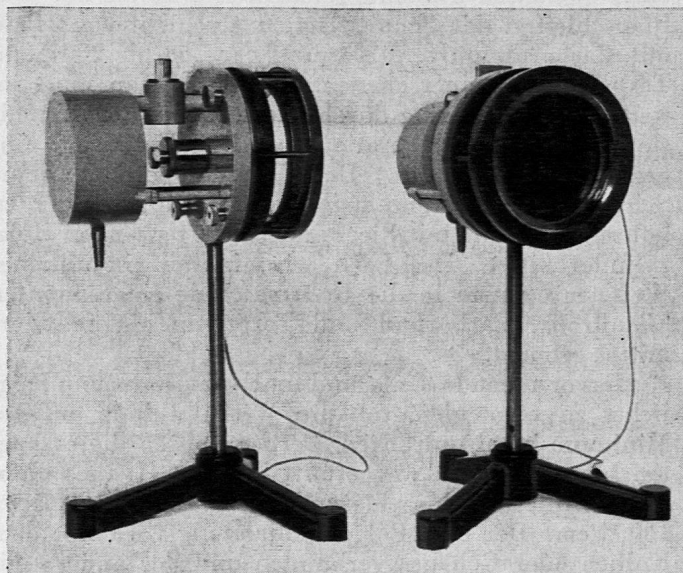


Fig. 3.

Reflektor werden in einem oben und unten offenen (Ventilation) Holzkasten befestigt, der sich auf die Wilsonkammer stecken lässt (Fig. 4). Bei vertikaler Stellung der Kammer bleibt das Bild der Nebelbahnen nur kurze Zeit bestehen, denn die Flüssigkeitströpfchen fallen infolge ihres Gewichtes hinunter, und

das Bild verwischt rasch. Etwas länger bleibt es bei horizontaler Lage sichtbar. In der Wissenschaft wird daher die Wilsonkammer normalerweise in dieser Stellung verwendet. Wie aus Fig. 4 ersichtlich ist, kann die oben beschriebene Apparatur in beiden Lagen gleich gut gebraucht werden. Benützt man die hori-

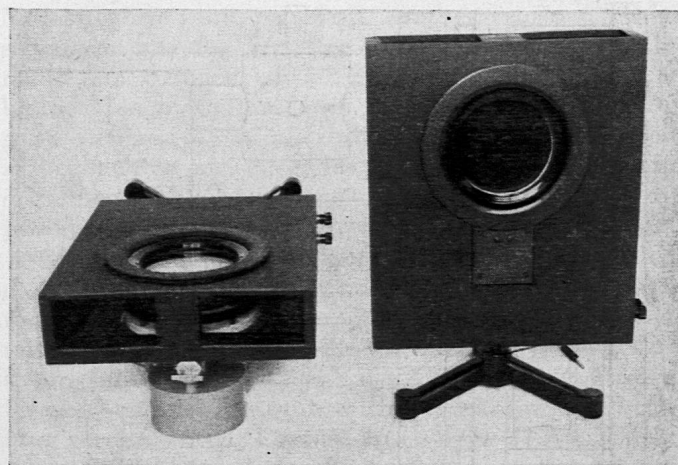


Fig. 4.

zontale Lage, so bringt man bei einer grösseren Klasse vorteilhaft einen Spiegel von 45° Neigung über der Kammer an.

Welche Vorbereitungen hat nun der Lehrer auszuführen, wenn er mit dem Apparat α -Strahlen zeigen will? Zuerst muss er die Ueberwurfmutter ganz zuschrauben. Bei weggenommenem Gummistopfen wird der Kolben an der Sechskantschraube nach vorn gedrückt. Mit einer Pipette spritzt man hierauf ca. dreiviertel Kubikzentimeter Aethylalkohol auf den Samt und setzt den Gummistopfen ein, welcher das radioaktive Präparat trägt. Besitzt jemand Radiumbromid, so wandelt er es vorsichtigerweise zuerst ins Sulfat um, denn das Bromid ist wasserlöslich. Nachdem Pumpe und Gleichspannung zur Wegführung der Ionen angeschlossen sind, werden bei maximaler Verschiebung des Kolbens einige Expansionen ausgeführt, um die in der Luft vorhandenen Staubteilchen niederzuschlagen. Es sei daran erinnert, dass in 1 cm³ Stadtluft über 100 000 solcher Teilchen vorhanden sind, welche als Kondensationskerne wirken. Ueber 8000 m Höhe kommen sie nur noch vereinzelt vor. Nachdem man diese Vorarbeiten, die nicht viel Zeit in Anspruch nehmen, ausgeführt hat, stellt man das richtige Expansionsverhältnis ein und setzt die Beleuchtungseinrichtung auf, womit der Apparat betriebsbereit ist. Eventuell muss das richtige Expansionsverhältnis durch Probieren gefunden werden. Der Hahn ist rasch zu drehen. Die Beleuchtung soll nur kurze Zeit eingeschaltet bleiben, um eine Erwärmung der Kammer zu vermeiden. Ich habe den Apparat an der Jahresversammlung des Vereins Schweiz. Naturwissenschaftslehrer im Herbst 1943 vorgeführt. Es ist damals die Frage gestellt worden, ob er eventuell von einer Firma zum Verkauf fabriziert werden könnte. Es hat sich inzwischen gezeigt, dass die Beschaffung der nötigen Materialien für eine grössere Zahl von Apparaten sehr schwierig ist (Gummi!). Radium und Mesothor sind zur Zeit nicht erhältlich. Der Preis des fertigen Apparates ohne Radium dürfte wohl etwa 200 Franken betragen.