

Zeitschrift: Schweizerische Lehrerzeitung

Herausgeber: Schweizerischer Lehrerverein

Band: 81 (1936)

Heft: 28

Anhang: Erfahrungen im naturwissenschaftlichen Unterricht : Mitteilungen der Vereinigung Schweizerischer Naturwissenschaftslehrer : Beilage zur Schweizerischen Lehrerzeitung, Juli 1936, Nummer 4 = Expériences acquises dans l'enseignement des sciences naturelles

Autor: Günthart, A. / Schüepp, H.

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 18.03.2025

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

ERFAHRUNGEN

IM NATURWISSENSCHAFTLICHEN UNTERRICHT

Expériences acquises dans l'enseignement des sciences naturelles

MITTEILUNGEN DER VEREINIGUNG SCHWEIZERISCHER NATURWISSENSCHAFTSLEHRER
BEILAGE ZUR SCHWEIZERISCHEN LEHRERZEITUNG

JULI 1936

21. JAHRGANG • NUMMER 4

Der naturwissenschaftliche Unterricht als Schule der Beobachtung

Zusammengestellt von A. Günthart, Kantonsschule Frauenfeld.

Da im Kreise unserer Vereinigung neuerdings wieder ein reger Meinungsaustausch über Ziel und Wege unseres Unterrichts eingesetzt hat und wir uns auch bemühen, die Urteile und Forderungen der Hochschul-lehrer kennenzulernen¹⁾, habe ich wieder einmal in meiner Mappe «Klassiker der Methodik der Naturwissenschaften» Umschau gehalten, um mich daran zu erinnern, was frühere Methodiker und namentlich Hochschullehrer über jenes Thema dachten und aussprachen. Einige dieser Gedanken seien hier wiedergegeben.

Der bekannte Chirurg Esmarch schrieb²⁾: «Als klinischer Lehrer habe ich hinlänglich Gelegenheit, mir über den Bildungsgrad meiner Zuhörer ein Urteil zu machen, da ich dieselben täglich am Krankenbett examiniere, die von ihnen verfassten Krankengeschichten vorlesen und beurteilen und endlich die Doktor-Dissertationen, welche sie über die in meiner Klinik beobachteten Fälle schreiben, kritisieren muss. Dabei habe ich gefunden, dass nur wenige fähig sind, die sinnlichen Eindrücke gut und schnell aufzufassen, klar zu beurteilen und folgerichtig wiederzugeben. Sehr oft stösst man auf eine Art von Apathie, von geistiger Kurzsichtigkeit, welche schlimmer ist als die ebenso häufige, in der Schule erworbene Kurzsichtigkeit des Auges. Es ist, als ob der jugendliche Geist verkümmert sei, seine Frische verloren habe unter der vorwiegenden Beschäftigung mit den grammatischen Spitzfindigkeiten und dem Auswendiglernen von all den Regeln mit zahllosen Ausnahmen, während die Fähigkeit, zu beobachten, die in der Jugend so sehr nach Befriedigung strebt, verloren gegangen ist.»

Ähnlich äusserte sich Richard Hertwig³⁾: «Man kann getrost behaupten, dass die Abiturienten unserer Gymnasien an Beobachtungsfähigkeit hinter dem natürlichen Menschen weit zurückstehen, dass sie erst wieder von neuem lernen müssen, ihre Augen zu gebrauchen. Ich entsinne mich, dass einer der bedeutendsten Archäologen, v. Brunn, in einer Rektorats-

rede vom Standpunkte der Archäologie, welche in dieser Hinsicht Schulter an Schulter mit den biologischen Disziplinen steht, den gleichen Vorwurf gegen die Gymnasialbildung erhob, ein Zeichen, wie berechtigt dieser Vorwurf ist.»

Ich brauche nicht zu betonen, dass ich mit diesen Zitaten keine Polemik gegen den sprachlichen Unterricht unserer Mittelschulen eröffnen will. Meine Zusammenstellung wendet sich ja gar nicht an unsere philologischen Kollegen, sondern an uns, die Lehrer der Naturwissenschaften. Die bekannte Verkümmern der kindlichen Beobachtungsgabe allein dem stark formalen Charakter der Mittelschulbildung zuzuschreiben, wäre ungerecht; sie ist ja viel tiefer in der ganzen geistigen Entwicklung des Jugendlichen begründet. Aber gerade darum bleibt nach wie vor die Naturwissenschaft ein ganz einzigartiger Lehrgegenstand, dessen Verkümmern von unheilvollen Folgen sein müsste. Ich schreibe dies, wie bereits bemerkt, für uns Naturwissenschaftslehrer. Bei uns regt sich heute stark das Bedürfnis nach Verbindung unseres Bildungsgutes mit den allgemeinen geistigen Problemen, die unsere Zeit beschäftigen. Und das ist gut so. Aber die Gefahr ist heute doch schon vorhanden, dass der eine und andere unter uns aus dieser neuen Einstellung heraus vergisst, dass unsere erste Aufgabe doch immer wieder die Erziehung der Beobachtung bleiben muss.

Auf diese mehr kritischen Äusserungen lassen wir nun einige positive folgen. Zuerst das bekannte schöne Motto unseres Schweizer Biologen F. Mühlberg und dann zwei weitere Zitate über die Bedeutung der Erziehung zur biologischen Beobachtung.

Mühlberg⁴⁾: «Die Fähigkeit und Lust, geistige Werte zu schaffen, das Wissen zu mehren, also Tatsachen wahrzunehmen, Wahrheiten aufzufinden und von anderen gefundene zu verstehen, ist höher zu schätzen als der momentane Besitz all des Wissensstoffes, der dem jungen Menschen während der Schulzeit beigebracht werden könnte. Also ist auch im Unterricht in der Naturgeschichte allgemeine Geistesbildung höher zu schätzen als die dabei zu gewinnende materielle Belehrung.»

Der bekannte Leipziger Zoologe und Führer der Valdivia-Expedition C. Chun in dem bereits benützten Vortrag⁵⁾: «Die Betrachtung von Gletscherschliffen an Stellen, wo heute die Gletscher verschwunden sind, die Demonstration eines geologischen Profils, der Hinweis auf den verschiedenen floristischen Charakter des Gebirgskammes, der Haide, des Waldesdunkels und des Strandes, die Darlegung der Anpassungen der

¹⁾ Vgl. die Aufsätze von Th. Reber und A. Steiner in Nr. 1 und 2 dieses Jahrganges der «Erf.» sowie die beiden nächsten Hefte 5 und 6.

²⁾ Zitiert nach einem Vortrag von C. Chun in der Schrift «Ueber die gegenwärtige Lage des biologischen Unterrichts an höheren Schulen», Verhandlungen der 73. Jahresversammlung deutscher Naturforscher und Aerzte, Jena 1901, Gustav Fischer, Seite 34.

³⁾ R. Hertwig, Erfordernisse an die Vorbildung der Mittelschulen für das Studium der Zoologie. In «Beiträge zur Frage des naturwissenschaftlichen Unterrichtes an den höheren Schulen», herausgegeben von Max Verworn, Jena 1904, G. Fischer, Seite 18.

⁴⁾ F. Mühlberg, Zweck und Umfang des Unterrichts in der Naturgeschichte, Sammlung naturwissenschaftlich-pädagogischer Abhandlungen Nr. 1, Leipzig und Berlin 1903, B. G. Teubner.

⁵⁾ Jena 1901, Seite 39.

Blüte an die Bestäubung durch Wind oder durch Insekten, das Fischen an einem Teichesrand, das Beobachten des Treibens im Ameisenhaufen: dies alles, in freier Natur dem empfänglichen Sinne des Schülers vorgeführt und erläutert, gibt einen Schatz von Erfahrungen ab, der für das Leben vorhält.»

Hieran schliessen wir die zweite der neun Thesen der deutschen Naturforscher und Aerzte, mit denen dieser Verband seinerzeit (1901) die Bewegung zur Wiedereinführung des biologischen Unterrichts an den Oberklassen der deutschen Mittelschulen eröffnete⁶⁾: «In formaler Hinsicht bildet der naturwissenschaftliche Unterricht eine notwendige Ergänzung der abstrakten Lehrfächer. Im besonderen lehrt die Biologie die sonst so vernachlässigte Kunst des Beobachtens an konkreten, durch den Lebensprozess ständigem Wechsel unterworfenen Gegenständen und schreitet, wie die Physik und Chemie, induktiv von der Beobachtung der Eigenschaften und Vorgänge zur logischen Begriffsbildung vor.»

Es folgen zwei Aeusserungen aus der früher sehr bekannten Synodalrede von Arnold Lang⁷⁾, dessen mächtige pädagogische Kraft die Aeltern unter uns noch in Erinnerung haben. Die erste behandelt die uns jetzt ja auch beschäftigende Frage der Stoffauswahl, die zweite den besondern Wert der Botanik als Lehrgegenstand:

«Darüber sollte kein Zweifel bestehen: die Hauptsache ist die Pflanze, nicht die Pflanzen; das Tier, nicht die Tiere; das Leben, nicht die endlose Fülle und Mannigfaltigkeit⁸⁾ der besonderen Erscheinungsformen des Lebens.»

Aus Langs Uebersicht des zoologischen Lehrstoffes entnehmen wir folgendes Beispiel:

«*Amphibien*. Die Organisation des *Frosches* im Lichte seiner amphibischen Lebensweise. Eingehend die Metamorphose mit besonderer Berücksichtigung der Umwandlung des Fischkreislaufes der Larve in den Kreislauf des erwachsenen, luftatmenden Tieres. Hautatmung der Amphibien. Exkurs auf die geschwänzten Amphibien.

«*Reptilien*. Hier würde ich alle Materialien verwenden, die geeignet sind, die Behandlung des Themas «Eidechse, Blindschleiche und Schlange» instruktiv und anregend zu gestalten.»

Zum Lehrwert der *Botanik*: «Abgesehen davon, dass die Pflanzen viel leichter zu sammeln, zu präparieren und zu konservieren sind als die Tiere, . . . lassen sich im Pflanzenreich viel leichter biologische und physiologische Gesichtspunkte von grosser Tragweite und von bedeutendem bildenden und anregenden Werte in die systematisch-floristische Behandlung einflechten. Auch stellt bei den Pflanzen die äussere Organisation einen unvergleichlich viel grössern Teil der Gesamtorganisation dar als bei den Säugetieren, Vögeln, Mollusken und sogar den Arthropoden, bei welchen letzteren die äussere Erscheinung noch am lehrhaftesten ist. Die Bedeutung der äusseren Erscheinung der Pflanzen lässt sich etwa vergleichen mit der der Morphologie

⁶⁾ Jena 1901, Seite 42.

⁷⁾ A. Lang, Zum Programm des zoologischen und anthropologischen Unterrichts an den obern Mittelschulen; Präsidialrede zur Zürcher Schulsynode in Winterthur 1903, Separatabdruck aus der Schweiz. Pädagog. Zeitschrift, Zürich, Orell Füssli.

⁸⁾ Schulgemäss behandelt wird aber gerade auch die Mannigfaltigkeit der Formen ein wertvoller Lehrstoff sein. Denn sie führt zum natürlichen System. Vgl. «Übungen zur Systemkunde» in «Erf.» XIV (1929), Seite 9 u. f.

des Skelettes der Wirbeltiere. Während die äussere Erscheinung eines Tieres dem Einbände mit darauf gedrucktem, mehr oder weniger ausführlichem Titel vergleichbar ist, so haben die äussere Morphologie der Pflanze und der Bau des Wirbeltierskelettes die Bedeutung einer ausführlichen Inhaltsangabe, geschrieben in einer Sprache, die zu entziffern zu den anregendsten, den Geist am meisten bildenden, die Beobachtungsgabe am besten schärfenden, die Freude an der Natur am intensivsten belebenden Betätigungen der biologischen Wissenschaften gehört.»

Den grossen praktisch-methodischen Wert der Botanik, den der Zoologe A. Lang hier betont, kann ich jeden Frühling, wenn ich eine neue Klasse an die erwachende Blumenwelt heranführen darf, von neuem erleben. Und doch mache ich meist die Erfahrung, dass die zoologischen Lehrstoffe den Schülern sympathischer sind. Wohl deshalb, weil sie menschennäher sind. Aber sicher auch deshalb, weil ich die jungen Leute mit der Botanik zu intensiverer Selbsttätigkeit bringen kann. Und das kostet sie nicht geringe Anstrengung, spricht aber eben doch sehr für den botanischen Lehrstoff.

Zum Schlusse noch eine Stelle aus der Schrift von Kerschensteiner «Wesen und Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichts», einem äusserst wertvollen neuern Buche, das in die Bibliothek jedes Naturwissenschaftslehrers gehört⁹⁾. Gerade die hier zitierte Stelle dieses Buches ist berühmt geworden, weil sie zeigt, welch straffe geistige Zucht der naturwissenschaftliche Unterricht auszuüben vermag.

«Ein Schüler wäscht in heisser Seifenlauge Wassergläser und stellt sie alsdann mit der Oeffnung nach unten gewendet auf eine Glasplatte. Da bemerkt er, dass aussen rings um den umgestülpten Rand des gestürzten Glases sich Blasen bilden, die unter dem Rand des Glases hindurch nach innen kriechen. Er soll die Erscheinung erklären.

Wir haben also hier eine Tatsache, eine von den ungezählten, die täglich unsern Sinnen sich bemerklich machen. Es handelt sich darum, den Sinn dieser Tatsache zu verstehen. Der Schüler forscht nach der Erklärung. Eine Reihe von Vermutungen steigt zunächst auf: Sind es Luftblasen? Sind es Gasblasen? Entstehen sie ausserhalb des Glases im Seifenwasser oder kommen sie aus dem Innern des Glases? Blosses Nachdenken hat hier keinen Sinn. Der Schüler muss erst die vorhandene Schwierigkeit scharf umgrenzen; er muss erst die «bestimmte Fragestellung» suchen. Er wäscht also wieder eine Anzahl Gläser, stellt sie aufmerksam auf eine Glasplatte, deren Seifenwasserüberzug er natürlich schon vorher untersucht hat, ob nicht in ihm aus irgendwelchen Gründen Blasen eingeschlossen sind. Es fragt sich, ob die Erscheinung wiederkehrt. Indem er sorgfältig beobachtet, sieht er an einem Glase unter dem umgestülpten Rand einige kleine Gasblasen nach aussen kriechen, dort stehen bleiben und nach kurzer Zeit umkehren. Also kommen sie von innen und sind daher, weil innen nicht anderes sein kann als Luft, jedenfalls Luftblasen. Aber warum entweichen sie nicht gleich ganz? Das wird wohl die Oberflächenspannung der dünnen Seifenlauge-schicht auf der Glasplatte bewirken. Doch das ist nebensächlich. Wichtig ist: warum treten diese kleinen Luftblasen aus dem Glase aus? Und warum kehren sie vollends wieder um,

⁹⁾ 3. Aufl. 1928, Leipzig und Berlin, B. G. Teubner.

noch ehe die Oberflächenspannung der Seifenlauge durch zusammengeflossene Luftblasen überwunden ist?

Eine Vermutung kommt: Die Luft im Glase hat sich einen Moment ausgedehnt. Aber warum hat sie sich ausgedehnt? Der Schüler nimmt abermals einige Gläser aus der Seifenlauge und stellt sie auf die Platte. Bei einigen zeigt sich wieder die Erscheinung, bei andern nicht. Sonderbar, sehr sonderbar! Er überlegt: Ausdehnung der Luft im Glase kann nur erfolgen, wenn sie kälter war als das heisse Glas. Dann muss kältere Luft ins Glas gekommen sein. Auf welche Weise denn? Nur beim Herausnehmen aus der heissen Seifenlauge auf die Glasplatte. Richtig, die Zimmertemperatur ist viel niedriger als die der Seifenlauge. Rasch ein neuer Versuch! Er sorgt dafür, dass beim Herübernehmen die kältere Luft des Zimmers in das heisse Glas hineinfallen kann, indem er teils das Glas langsam mit nach oben gekehrter Oeffnung auf die Glasplatte überträgt, teils überdies das Glas beim Hinübernehmen schüttelt. In der Tat, alle wiederholten Versuche zeigen dann die Erscheinung in schöner Deutlichkeit. Erstes Ergebnis: Die kalte Luft, die von aussen eindringt, wird durch das heisse Glas momentan erwärmt, sie wird daher ausgedehnt, will unter dem Rande entweichen, aber die kleinen Bläschen werden von der Oberflächenspannung der Seifenlauge etwas am Entweichen gehindert.

Er macht die Gegenprobe, indem er das umgestülpte Glas über warmen Dampf der heissen Seifenlauge stellt und rasch das Glas in dieser Lage auf die Glasplatte bringt. Richtig, die Erscheinung bleibt aus.

Aber warum gehen nun die Blasen nach kurzer Zeit wieder nach innen? Sie müssen eingesaugt werden. Das ist nur möglich, wenn die Luft drinnen sich wieder abkühlt und damit zusammenzieht. Ein luftleerer Raum kann ja nicht entstehen.

Aber warum kühlt sich die Luft ab? Das setzt voraus, dass das Glas selbst sich abkühlt. Natürlich; es wird ja beständig von der kühlen Zimmerluft umspült. Der Schüler prüft seine Vermutung. Er umfächelt das Glas, er legt ein Stück Eis auf. Richtig, je rascher die Abkühlung des Glases erfolgt, desto rascher werden die kleinen Luftblasen wieder eingesaugt. Die Erscheinung hat ihre volle Erklärung gefunden.

Nun zeigen aber viele Aufgabensammlungen einen völlig andern Charakter der Aufgaben. Es sind keine Fragensammlungen, sondern Befehlssammlungen. Es sind nicht Sammlungen von Schwierigkeiten, die dem Schüler selbst zu Vermutungen Veranlassung geben, sondern Sammlungen von Anweisungen, die um so sicherer jede Vermutung ausschliessen, je peinlicher sie angelegt und je gehorsamer und genauer sie befolgt werden. Ich will auf das Geratewohl irgendein Beispiel herausgreifen, da heisst es: *Vergleiche* den Einfallswinkel mit dem Ausfallswinkel. Zeitangabe: 1 Stunde. Angabe von Geräten: Ebener Spiegel, Stecknadeln, vollständige Zeichenausrüstung. Anleitung: *Hefte* mit Reissnägeln den Bogen auf das Zeichenbrett. *Ziehe* die Gerade g (siehe Figur). *Stelle* den Spiegel so auf das Papier, dass die untere Kante der versilberten Vorderfläche genau mit g zusammenfällt. *Stecke* die Nadel B nahe beim Spiegel, die Nadel A in 12 cm Entfernung davon lotrecht in das Reissbrett. *Schliesse* das eine Auge und bringe den Kopf in eine solche Stellung, dass A die Nadel B verdeckt, und *stecke*, ohne den Kopf zu bewegen, zwei weitere Nadeln, C in der Nähe des Spiegels und D in einer Entfernung

von 12 cm so in das Papier, dass ihre Spiegelbilder auf der Verlängerung von AB liegen. *Sieh* in der Richtung DC in den Spiegel und *prüfe*, ob die Bilder von A und B in der Verlängerung von DC liegen (Gesetz der Umkehrbarkeit). *Umringle* die Stiche der Nadeln und *entferne* dann Spiegel und Nadeln. *Ziehe* AB und CD . Wo schneiden sich die Verlängerungen beider Strecken? Einfallsstrahl AE , Einfallspunkt E . Ausfallsstrahl ED .

Errichte mit dem Dreieck in E das Lot EL auf d . Einfallswinkel $AEL = \alpha$. Ausfallswinkel $DEL = \beta$.

Miss die Winkel α und β , *trage* die gefundenen Werte in die Zeichnung und in die folgende Tabelle ein und *berechne* $\alpha - \beta$ unter Beachtung des Vorzeichens.

Wiederhole den Versuch fünfmal und *wähle* jedesmal einen andern Einfallswinkel. *Bilde* das Mittel der Unterschiede $\alpha - \beta$. Welche Beziehung besteht zwischen α und β ?

Schlage um E mit einem Halbmesser von 8 bis 12 cm Länge einen Bogen, der AE , EL und ED in den Punkten F , G und H schneidet. *Miss* mit dem Millimeterstab die Strecken FG und HG , *trage* die Werte in die Zeichnung und in die Tabelle ein, *berechne* $FG - HG$ unter Beachtung des Vorzeichens und *bilde* aus diesen Unterschieden das Mittel. Welche Beziehung besteht zwischen FG und HG und demnach zwischen α und β ? Anmerkung: Man achte darauf, dass die Schüler stets mit spitzen Bleistiften arbeiten. —

Welch ein völlig anderes und für die Zwecke der logischen Schulung nicht erfreuliches Bild! Alles ist darauf angestellt, den Induktionsschluss nicht ausrutschen zu lassen.»

Im zweiten Teil dieses Zitates zeigt uns der Verf. also, wie wir es *nicht machen dürfen*. In diesem Zusammenhang kommt er nachher auf ähnliche Rezeptbücher für chemische Schülerübungen und auf das übliche Pflanzenbestimmen, dessen gebundenem Denkverfahren er nur geringen Bildungswert beimessen kann¹⁰⁾.

Versuche mit flüssiger Luft

Von H. Schüepp, Kantonsschule Zürich.

Die üblichen Schulversuche mit flüssiger Luft dienen beinahe ausschliesslich dem Nachweis der tiefen Temperatur; sie zeigen die Wirkung der starken Abkühlung von Körpern. Es besteht bei manchen dieser Versuche die Gefahr, dass sie beim Schüler zwar mo-

¹⁰⁾ Die Bestimmungsübungen dürfen vor allem erst dann einsetzen, wenn der Schüler über einen Grundstock morphologischer und systematischer Kenntnisse verfügt, und die Pflanze muss, bevor man das Bestimmungsbuch in die Hand nimmt, so genau untersucht werden, dass sie nachher weggelegt werden kann. Dann gibt es, ausser dem von Kerschensteiner S. 103 u. f. dargestellten synthetischen Verfahren noch verschiedene andere Möglichkeiten, die Bestimmungsübungen vom Schema der Tabellen weitgehend zu befreien. — Vgl. auch W. Rytz in «Erf.» XII (1927), Seite 33 u. f.

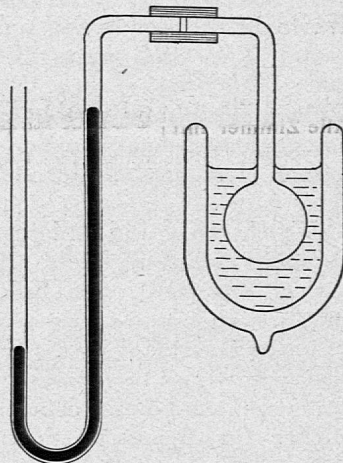
mentan einen starken Eindruck erwecken, aber kein tieferes Verständnis hinterlassen. Derartige effektvolle Schauversuche bedürfen einer Ergänzung, welche nicht das Ungewohnte in den Vordergrund stellt, sondern im Gegenteil klar hervortreten lässt, dass flüssige Luft eine Flüssigkeit mit ganz denselben Eigenschaften ist, die wir bei jeder andern Flüssigkeit ebenfalls beobachten können.

Die flüssige Luft zeigt beispielsweise die gewohnten Eigenschaften einer benetzenden Flüssigkeit (Beobachtung der Benetzung des Glases im Dewar-Gefäss und der Kapillarwirkung an einem in die Flüssigkeit tauchenden Streifen Filtrierpapier). Taucht man einen Körper in flüssige Luft, so tritt einige Zeit stürmische Verdampfung ein; man wird zum Vergleich ein grösseres Stück glühenden Eisens in Wasser abschrecken. Giesst man umgekehrt flüssige Luft in kleineren Mengen in Schalen, so zeigen sich die Leidenfrostschens Erscheinungen; es empfiehlt sich, den entsprechenden Versuch mit Wasser in diesem Zusammenhang zu zeigen, um einen unmittelbaren Vergleich möglich zu machen. Wichtig erscheint mir ferner eine Ergänzung der reinen Schauversuche durch einzelne quantitative Bestimmungen.

In erste Linie möchte ich eine Temperaturmessung stellen. Dieselbe ist mit einem Luftthermometer ohne Schwierigkeit ausführbar. Steht kein geeignetes Instrument zur Verfügung, so genügt schon eine Zusammenstellung nach beistehender schematischer Skizze.

Die Luft in der Thermometerkugel steht bei der Zusammenstellung des Apparates bei Zimmertemperatur unter dem Druck der äussern Atmosphäre; gemessen wird der verminderte Druck bei der Abkühlung. Im Interesse einer raschen Durchführung des Versuches kann man sich mit einem Näherungswert begnügen und die Volumenänderung des Glases sowie den Umstand unberücksichtigt lassen, dass bei dieser Anordnung grössere Teile der thermometrischen Substanz, der eingeschlossenen Luft, nicht abgekühlt werden. Der Versuch ist dadurch besonders lehrreich, dass die Temperatur der flüssigen Luft mit gasförmiger Luft von gleicher Temperatur gemessen wird. Diese letztere verflüssigt sich nicht, weil sie bei der Messung unter kleinerem Druck steht als die flüssige Luft.

Die flüssige Luft besitzt eine Dichte ähnlich derjenigen von Wasser. Dieselbe kann mit der hydrostatischen Waage in gewohnter Weise gemessen werden. Dabei darf man allerdings die Volumendifferenz des verwendeten festen Körpers bei der Bestimmung des Auftriebes in Wasser und in flüssiger Luft nicht vernachlässigen. Man erhält dieselbe mit ausreichender Genauigkeit, wenn man einen zylindrischen Körper, etwa ein Messinggewicht, benutzt und den Durchmesser vor und sofort nach der Auftriebsbestimmung



in der flüssigen Luft mit einer Mikrometerschraube misst.

Leicht messbar ist auch die Verdampfungswärme der flüssigen Luft unter dem Druck der äussern Atmosphäre. Wie benötigen für diese Messung ein Kalorimeter (zwei ineinander gestellte Bechergläser), einen Metallkörper von grosser Oberfläche (einen zusammengerollten Streifen aus dickem Kupferblech), ein Dewar-Gefäss und eine Tafelwaage. Das Dewar-Gefäss wird mit einem Vorrat an flüssiger Luft, in welchem sich die Metallmasse an einem Faden vollständig eintauchen lässt, auf der Waage annähernd austariert. Wir messen die Durchgangszeit durch die Ruhelage und hierauf die Durchgangszeit bei einer um 10 Gramm verminderten Belastung. Damit erhalten wir die in der Zeiteinheit verdunstende Flüssigkeitsmasse. Hierauf tauchen wir die Metallmasse, die anfangs Zimmertemperatur aufweist, in die flüssige Luft. Nach voller Abkühlung bringen wir das Metall in das Kalorimeter; die Messung liefert die Wärmemenge, welche das Metall für die Erwärmung von der Temperatur der flüssigen Luft auf die Endtemperatur des Kalorimeters erfordert. Zur Bestimmung der verdampften Luftmasse ist nochmals die Masse des Dewar-Gefässes mit flüssiger Luft und die Zeit der Messung festzustellen.

Die Berechnung sei an einem Beispiel erläutert, das zugleich zeigt, welche Genauigkeit erreichbar ist.

Kalorimeter: Anfangstemperatur 20,8°, Endtemperatur 11,8°, Wassermasse 500 g, Glasmasse 75 g, Wasserwert des Kalorimeters $500 + 75 \cdot 0,19 = 514$.

Metallmasse: 300 g Kupfer.

Zimmertemperatur: 21,0°.

Masse des Dewar-Gefässes mit flüssiger Luft:

Zeit	Masse
7 Min. 22 Sek.	1272 g
12 » 1 »	1262 g
14 » 1 »	1159 g

Es verdunsteten in 279 Sek. 10 g, also in 120 Sek. 4 g. Es wurden demnach durch die vom Kupfer abgegebene Wärmemenge verdampft:

$$(1262 - 1159) - 4 = 99 \text{ g}$$

Die Wärmemenge beträgt:

Für die Abkühlung von 21,0° auf 11,8°:

$$300 \cdot (21,0 - 11,8) \cdot 0,091 = 251 \text{ Cal.}$$

Für die Abkühlung von 11,8° bis zur Temperatur der flüssigen Luft nach der kalorimetrischen Messung:

$$514 \cdot (20,8 - 11,8) = 4626 \text{ Cal.}$$

Daraus ergibt sich als Verdampfungswärme der flüssigen Luft:

$$\frac{4626 + 251}{99} = 49 \text{ Cal./g}$$

Die Messung erfordert, wie ersichtlich, keine Bestimmung der Temperatur der flüssigen Luft. Ist diese jedoch bekannt, so ergibt sich als Nebenresultat die durchschnittliche spezifische Wärme des Kupfers zwischen der Temperatur der flüssigen Luft und der Kalorimetertemperatur. In unserm Falle war die Temperatur der flüssigen Luft nach Angabe eines Pentanthermometers -183° ; es handelte sich also um annähernd reinen Sauerstoff. Damit folgt für die spezifische Wärme des Kupfers:

$$\frac{4626}{300 \cdot (183 + 11,8)} = 0,079 \frac{\text{Cal.}}{\text{g Grad}}$$