

# **Erfahrungen im naturwissenschaftlichen Unterricht : Mitteilungen der Vereinigung Schweizerischer Naturwissenschaftslehrer : Beilage zur Schweizerischen Lehrerzeitung, Januar 1935, Nummer 1 = Expériences acquises dans l'enseignement des sciences naturelles**

Autor(en): **Huber, Robert**

Objektyp: **Appendix**

Zeitschrift: **Schweizerische Lehrerzeitung**

Band (Jahr): **80 (1935)**

Heft 1

PDF erstellt am: **13.09.2024**

## **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

JANUAR 1935

20. JAHRGANG • NUMMER 1

### Quantitative chem. Analysen u. Synthesen

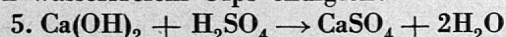
durchgeführt mit Hilfe eines elektrisch geheizten Rohrofens.  
Von Robert Huber, Kantonsschule Zürich. II. Teil.

#### A. Einleitung.

In den «Erfahrungen» vom Mai 1933 wurde von mir gezeigt, wie in einem Rohrofen mit reinem Calciumcarbonat als Ausgangsmaterial genaue quantitative Analysen und Synthesen sich durchführen lassen, die wegen ihrer Einfachheit auch für Schülerübungen geeignet sind. Inzwischen habe ich die damals angegebenen Versuche ergänzt und ausgedehnt und möchte im Folgenden über die neuen Ergebnisse berichten. Die Erweiterung der Versuche besteht vor allem darin, dass auch die Umkehrung des Kalkbrennens und Kalklöschens quantitativ durchgeprüft wurde, und zwar folgten sich die Bestimmungen entsprechend der nachstehend angegebenen Reihe:

1.  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$  3.  $\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$   
2.  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$  4.  $\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$

Bei Versuch 1 erstreckten sich die Wägungen auf die drei angegebenen Stoffe, bei Versuch 2 auf Calciumoxyd und Calciumhydroxyd, beim dritten Vorgang wieder auf alle drei Verbindungen, und beim vierten auf Calciumoxyd und Calciumcarbonat. Die Experimente wurden am selben Material dreimal wiederholt, worauf die Umwandlung des Calciumcarbonates über Calciumoxyd und Calciumhydroxyd mit Schwefelsäure in Calciumsulfat an die Reihe kam, so dass die Versuche mit der Bestimmung des Gewichtes von wasserfreiem Gips endigten:



Neben den früher erwähnten Apparaten brauchten wir auch noch einen kleinen Kaliumhydroxyd-Apparat für die Bindung des Kohlendioxydes, und ein Calciumchlorid-Rohr zur Aufnahme des Wasserdampfes. Vorversuche dienten der Aufstellung genauer Vorschriften, an die sich die Schüler zu halten hatten, und die durch Besprechungen und durch Kontrollen ergänzt wurden. Die Experimente sind im vergangenen Sommerhalbjahr in gemeinschaftlicher Arbeit so durchgeführt worden, dass neben mir noch 15 Schüler einer Klasse in der Weise sich beteiligten, dass jede Woche einer von ihnen von den übrigen Laboratoriumsarbeiten befreit wurde und die Gemeinschaftsarbeit fortsetzte. Da es sich schon früher gezeigt hatte, dass einzelne Schüler, obschon sie sich im vergangenen Winter während des physikalischen Praktikums im Gebrauch der analytischen Wage geübt hatten, für genaue Wägungen immer noch verhältnismässig viel Zeit brauchten, habe ich nicht nur jedesmal die Wägungen kontrolliert, sondern auch in der Weise mitgearbeitet, dass ich vor Beginn der Uebungen das Ausgangsmaterial Calciumcarbonat abwog, das Gewicht des Platinschiffchens und des Wägefläschchens genau, jenes des Kaliapparates und

Chlorcalciumrohres angenähert bestimmte. Der erste Schüler übernahm dann ohne weiteres die von mir festgestellten genauen Zahlenwerte, kontrollierte zu Beginn des Versuches den Kaliapparat und bestimmte am Schluss seiner Arbeit die Gewichte des Calciumoxydes und des von der Base aufgenommenen Kohlendioxydes. Der zweite Schüler hatte dann nur das aus dem Calciumoxyd erhaltene getrocknete Calciumhydroxyd zu wägen, während der dritte wieder etwas mehr Arbeit bekam, indem er nicht nur das von mir vorgewogene Chlorcalciumrohr zu überprüfen hatte, sondern auch das Gewicht des Calciumoxydes und des Wassers feststellen musste. Die Arbeit des vierten Schülers war dagegen wieder einfacher; seine Wägungen bezogen sich nur auf das von ihm hergestellte Calciumcarbonat. In dieser Weise wechselten alle Schüler miteinander ab und übernahmen immer, so weit es möglich war, die Resultate ihres Vorgängers. Der letzte Beteiligte hatte dann nur noch das Calciumsulfat zu wägen.

Geht man vom 200. Teil eines Moles Calciumcarbonat (100,08 g) aus, so kann der vorgeschrittene Schüler selber sofort berechnen, welche Mengen der neuen Stoffe entstehen sollten, so dass die Bestimmungen zu Gewichtskontrollen werden, die dem Schüler leichter fallen als die Feststellung ganz unbekannter Gewichte. Vervielfacht der Schüler die erhaltenen Werte mit 200, so bekommt er Zahlen, die mehr oder weniger genau den Molen der neuen Stoffe entsprechen. Der Schüler vermag daher selber festzustellen, wie gross die Abweichungen vom theoretisch berechneten Mol, wie genau also seine Versuche sind. Und da immer wieder kleinere und grössere Fehler sich einstellen, bekommen die Schüler auch eine Ahnung von der Schwierigkeit sehr genauer quantitativer Bestimmungen und werden durch die Mitarbeit des Lehrers zu möglichst sorgfältigem Arbeiten erzogen. Von grosser unterrichtlicher Bedeutung ist es auch, dass die Schüler es mit umkehrbaren Vorgängen zu tun haben. Weiter werden die Versuche, mehrfach ausgeführt, zu einer wiederholten Kontrolle der beiden wichtigen Gesetze von der Erhaltung des Gewichtes (der Masse), und der bestimmten Mengenverhältnisse.

#### B. Durchführung der Versuche.

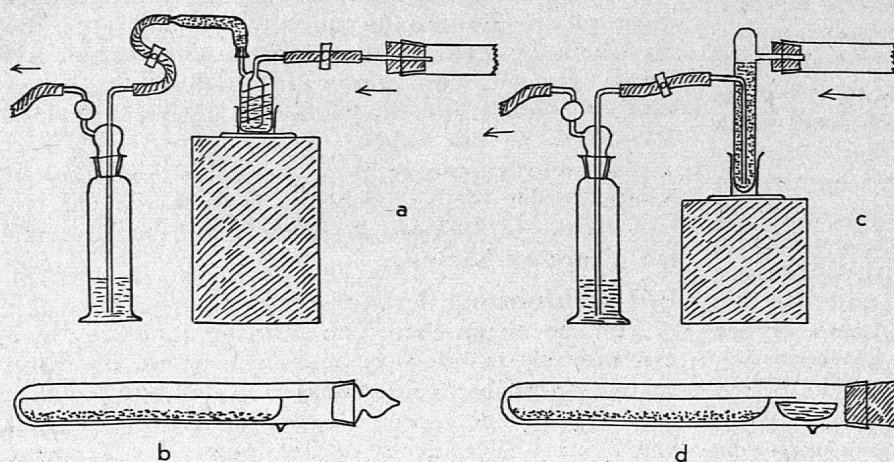
Für die chemischen Uebungen sind unsere Realgymnasialklassen in zwei Sektionen geteilt, die Klassenhälften wechseln miteinander ab und haben daher jede zweite Woche eine Doppelstunde. Da die Zeit von 2 bis 4 Uhr angesichts der Dauer der Versuche und der noch geringen Uebung der Schüler für die Gänge waren, wenn die Sektion ihre gewöhnlichen Laboratoriumsarbeiten aufnahm. In einzelnen Fällen Bestimmungen zu knapp war, kamen die Schüler, die an der Reihe waren, freiwillig schon eine Stunde früher, so dass ihre Versuche immer bereits im

len musste sogar etwas über 4 Uhr hinaus gearbeitet werden, welcher Notwendigkeit sich die einzelnen Schüler im Interesse des Ganzen ebenfalls unterzogen.

### 1. Die quantitative Zersetzung des Calciumcarbonates in Calciumoxyd und Kohlendioxyd.

Angaben über die Bedingungen, unter denen die Thermolyse des kohlensauren Kalkes vor sich geht, finden sich bereits in den «Erfahrungen» von 1933. Die Versuche von damals sind aber durch die Bestimmung des freiwerdenden Kohlendioxydes ergänzt worden. Vorschrift für ihre Durchführung:

Das auf beiden Seiten des Ofens gleichweit vorstehende Porzellanrohr «Pythagoras» wird mit gläsernen Kautschukpfropfen verschlossen und durch dickwandige, enge Schläuche mit dem vorgeschalteten Luftreiniger einerseits und einer angefügten Gaswaschflasche mit etwas Wasser andererseits verbunden. Mit Hilfe der Wasserstrahlpumpe saugt man einen langsamen Luftstrom durch die Apparate und regelt ihn mit einem Quetschhahn so, dass im Wasser der Waschflasche in der Sekunde drei bis vier Blasen aufsteigen. Hierauf wird der Wechselstromkreis geschlossen und der Hauptwiderstand ganz eingeschaltet, so dass der Ofen nach einiger Zeit die Temperatur von 400° erreicht. Zur völligen Befreiung der vorstehenden Teile des Porzellanrohres von Wasserspuren erhitzt man die Röhrenden mit Hilfe einer Bunsenflamme gegen 100°. Es folgt die Bestimmung des Nullpunktes der analytischen Wage und die genaue Kontrolle des vorgewogenen Kaliapparates, ohne Kautschukverschlüsse und ohne Aluminiumfuss, aber mit zwei über die beiden Oeffnungen geschobenen Glasröhrchen. Dann wird das Porzellanrohr des Ofens links geöffnet und das vom Lehrer schon vorher abgewogene Calciumcarbonat (0,5004 g) im Platinschiffchen mit Hilfe eines Glasstabes in die Mitte des Porzellanrohres geschoben, der Kaliapparat nach Entfernung der beiden Verschlussröhrchen zwischen Rohrofen und Waschflasche eingesetzt und die Schnelligkeit des gereinigten Luftstromes so vermindert, dass in der Sekunde nur zwei Blasen durch das Wasser der Waschflasche gehen (s. Skizze a). Nach Beendigung dieser Vorbereitungen



wird der Ofen eine Stunde lang auf 1100° angeheizt, so dass das Kohlendioxyd sich abspaltet und mit dem Luftstrom in den Kaliapparat übergeht. Nach dem Ausschalten des elektrischen Stromes lässt man den Ofen während 25 Minuten sich abkühlen und schickt

mit dem Luftstrom gleichzeitig den Rest des Kohlendioxydes in die Kalilauge. Hierauf wird der Schlauch vor und nach dem Kaliapparat mit Quetschhähnen geschlossen, das Porzellanrohr wieder direkt mit der Saugflasche verbunden und das weggenommene Absorptionsgefäß nach dem Aufstecken der beiden Glasröhrchen auf die Schale der analytischen Wage gestellt, so dass es nach 10 Minuten wägebereit ist. Während dieser Zeit öffnet man das Porzellanrohr wieder links, stösst das Platinschiffchen mit dem Calciumoxyd mit Hilfe eines langen Glasstabes in den rechts vorstehenden Teil des Porzellanrohres, so dass es sich dort in der von neuem durchgeleiteten gereinigten Luft noch mehr abkühlen kann. Nach fünf Minuten wird das Platinschiffchen rechts hinaus in das Wägefläschchen geschoben (siehe Skizze b), und dieses ebenfalls in den Wagekasten gebracht, so dass mit der Wägung des Kaliapparates und des Wägefläschchens der Versuch abgeschlossen werden kann.

Die Ergebnisse dieser Wägungen sind in der nachher folgenden Tabelle zusammengestellt.

### 2. Die quantitative Umwandlung von Calciumoxyd mit Wasser in Calciumhydroxyd.

Auch für diesen Vorgang sind die Versuchsbedingungen schon in der frühern Veröffentlichung genauer angegeben worden, so dass direkt auf die Ausführung des Experimentes eingetreten werden kann:

Nach Beendigung des vorstehend beschriebenen Versuches lässt man das Platinschiffchen mit dem Calciumoxyd in einem verschlossenen Glasröhrchen (siehe Skizze d), neben etwas Wasser stehen, so dass der entstehende Wasserdampf den gebrannten Kalk bis zur nächsten Laboratoriumsübung allmählich löscht, ohne dass eine heftige Reaktion eintritt. (Bei der Entstehung eines Moles Calciumhydroxyd werden 15,2 Cal. frei, so dass die Temperatur bis etwa 450° steigen kann.) Vor Beginn des neuen Versuches wird das Porzellanrohr des elektrischen Ofens gegen ein Geräteglasrohr ausgewechselt, das ebenfalls Kautschukpfropfen mit Glasröhrchen trägt. Diesmal steht der Ofen in Verbindung mit dem Haupt- und dem Zusatzwiderstand und wird gleich von Anfang an in der Weise auf 100°—120° angewärmt, dass der Hauptwiderstand vollständig und der Zusatzwiderstand so

weit nötig in den Stromkreis eingeschaltet wird. Durch den Ofen geht wieder ein schwacher Luftstrom, der vom Reiniger herkommt, nach dem Ofen durch eine Waschflasche mit etwas Wasser geführt wird und zuletzt in die Wasserstrahlpumpe mündet. Nach diesen Vorbereitungen bringt man den bereits zum Teil gelöschten Kalk mit dem Platinschiffchen einen Augenblick an die Luft, löscht ihn noch völlig mit 0,5 g reinem Wasser und schiebt das Schiffchen in die Mitte des auf der linken Seite vorübergehend geöffneten Glasrohres des Ofens. Wenn nun der Luftstrom den bald entstehenden Wasserdampf nicht völlig in das links vorstehende Rohrende führt, entsteht auch im Rohrende rechts etwas Kondensat, so dass es durch sorgfältiges, leichtes Erwärmen des Rohres mit einer Gasflamme in das linke Rohrende hinübergetrieben werden muss. Dort wird alles Kondenswasser

von Zeit zu Zeit mit Filtrierpapier und Glasstab entfernt. Nach 30 Minuten verstärkt man den elektrischen Strom so, dass die Temperatur auf 150° steigt und der Trocknungsprozess in 45 Minuten völlig zu Ende geführt werden kann. Anfänglich noch entstehendes Kondensat muss von Zeit zu Zeit herausgewischt werden. Seine Bildung hört auf, wenn der Luftstrom sämtlichen Wasserdampf mitgenommen hat. Auch hier muss in der Zwischenzeit der Nullpunkt der analytischen Wage bestimmt werden. Nach dem Ausschalten des elektrischen Stromes wird das Glasrohr zuerst links, dann rechts geöffnet, und das Platinschiffchen mit dem trockenen Calciumhydroxyd rechts hinaus direkt ins Wägefläschchen gestossen, dieses verschlossen auf die Wagschale gelegt und nach 10 Minuten gewogen. Ergebnisse: siehe Tabelle.

### 3. Die quantitative Rückbildung von Calciumoxyd und Wasser aus Calciumhydroxyd.

Steigt die Temperatur des trockenen Calciumhydroxydes über 200°, so wird seine Rückverwandlung in Calciumoxyd bald merklich, da die Dissociation verhältnismässig leicht eintritt und bei 350° die Wasserdampfspannung bereits gleich dem Druck einer Quecksilbersäule von 100 mm Höhe ist. Bei 547° (nach andern Angaben schon bei 450°?), soll sie 760 mm Hg betragen. Wird daher die Ofentemperatur auf etwa 700° erhöht, so sollte das genügen, um das Calciumhydroxyd völlig zu zersetzen. Allein die Beobachtungen zeigen, dass die letzten Wasserreste sehr schwer weggehen. Zudem ist das bei diesen Temperaturen aus dem gelöschten Kalk entstehende Calciumoxyd wegen seiner ausserordentlichen Feinheit sehr hygroskopisch und bildet damit ein interessantes Beispiel für den Zusammenhang der Reaktionsfähigkeit fester Stoffe mit ihrer Oberflächenentwicklung. Soll daher alles Wasser ausgetrieben werden, so steigert man am einfachsten auch hier die Ofentemperatur zum Schluss bis gegen 1100°, was dann die weitere Folge hat, dass auch noch eine geringe Kornvergrößerung eintritt und das Wasseranziehungsvermögen des Calciumoxydes etwas herabgesetzt wird. (Nebenbei soll noch bemerkt werden, dass nach Literaturangaben auch beim Aluminiumhydroxyd die letzten Wasserspuren erst bei hohen Temperaturen, bei 1200° bis 1300°, weggehen.) Für die Durchführung des Versuches wurden folgende Vorschriften aufgestellt:

Verwendung des elektrischen Ofens mit dem Porzellanrohr «Pythagoras», verschlossen mit zwei Kautschukpfropfen, durch die Glasröhrchen gehen. Vorschaltung des Luftreinigers und Anschluss einer Gaswaschflasche. Einschalten des Hauptwiderstandes in den Wechselstromkreis. Zu Beginn des Versuches wird der Ofen auf 400° angeheizt und mit Hilfe der Wasserstrahlpumpe sofort ein schwacher Strom von gereinigter Luft durchgesaugt. Vorsichtiges Anwärmen der vorstehenden Teile des Porzellanrohres, damit der Luftstrom alles Wasser entfernt (5 Minuten). Kontrolle des Gewichtes des Chlorcalciumrohres samt dem aufgesetzten neuen Kautschukpfropfen und mit angesteckten Glasröhrchen verschlossen. Öffnen des Porzellanrohres auf der Saugseite, Einschieben des Platinschiffchens mit dem Calciumhydroxyd, Verschliessen des Rohres mit dem Kautschukpfropfen des Calciumchloridrohres und Anschluss der Waschflasche, so dass der gereinigte Luftstrom (zwei Blasen in der Sekunde) weiter durch den ganzen Appa-

rat geht. Erhöhung der Ofentemperatur auf etwa 700° während 30 Minuten. Nachher Steigerung auf 1100° während 45 Minuten, und in der Zwischenzeit mehrfaches sorgfältiges Anwärmen der vorstehenden Teile des Porzellanrohres, damit allfällig vorhandenes Kondenswasser in das Chlorcalciumrohr getrieben wird. Hierauf den elektrischen Strom ausschalten, nach 25 Minuten die Quetschhähne schliessen, das Chlorcalciumrohr wegnehmen und das Platinschiffchen im Ofen in den rechts vorstehenden Teil des Porzellanrohres schieben. Seine linke Oeffnung mit dem ursprünglich vorhandenen Pfropfen wieder schliessen, mit Waschflasche und Wasserstrahlpumpe verbinden und weiter Luft durch den Ofen saugen. Das weggenommene Chlorcalciumrohr auf die Schale der analytischen Wage stellen, nachdem es mit seinen Glasröhrchen verschlossen wurde. Nach fünf Minuten das Platinschiffchen aus dem Ofenrohr rechts hinaus ins Wägefläschchen schieben und mit diesem in den Wagekasten bringen. Nach 10 Minuten Wägung des Chlorcalciumrohres und später des Wägefläschchens. Resultate: siehe Tabelle. (S. auch Skizze c.)

### 4. Die quantitative Vereinigung von Calciumoxyd mit Kohlendioxyd zu Calciumcarbonat.

Nach den Angaben der Literatur soll die Absorption des Kohlendioxydes durch Calciumoxyd ungefähr bei der Schmelztemperatur des Zinks (413,5°) nachweisbar werden und ein feines Pulver von Calciumoxyd schon bei 550° so lebhaft Kohlendioxyd binden, dass die Temperatur infolge des exothermen Verlaufes des Vorganges (die Rückbildung eines Moles Calciumcarbonat aus den beiden Komponenten liefert 42,6 Cal.) auf 900° steigt und das feste Material lebhaft erglüht. Dagegen nimmt Calciumoxyd, das höher als 1100° erhitzt wurde, infolge des gröbern Kornes das Kohlendioxyd nur langsam auf. Für den Bindungsversuch wird daher am besten nicht das aus Calciumcarbonat erhaltene, bereits etwas gesinterte Calciumoxyd verwendet, sondern das feine Pulver, das im vorigen Versuch bei niedriger Temperatur aus Calciumhydroxyd erhalten und nur kürzere Zeit auf 1100° erhitzt wurde. Zeichnen wir anhand der in den «Erfahrungen» von 1933 angegebenen Zahlen die Dissociationskurve des Calciumcarbonates, so können wir aus den experimentell bestimmten Werten durch Interpolation für den Kohlendioxyddruck noch einige andere ableiten:

Spannung bei 825° ca. 250 mm

Spannung bei 875° ca. 500 mm

Damit die Bindungsgeschwindigkeit nicht zu klein, andererseits aber auch der Dissociationsdruck des Kohlendioxydes nicht zu gross wird, habe ich für die Kohlendioxydbindung als Ofentemperatur 825° gewählt. Versuchsvorschrift:

Einfügen des Ofens mit dem Porzellanrohr «Pythagoras» und des Hauptwiderstandes in den Wechselstromkreis. Einschieben des Platinschiffchens mit dem im vorigen Versuch erhaltenen Calciumoxyd in die Mitte des Porzellanrohres. Verschluss des Rohres mit röhrchentragenden Kautschukpfropfen. Verbindung des rechten Rohrendes durch Kautschukschläuche mit der Kohlendioxydbombe und des linken Endes mit einer wasserhaltigen Waschflasche. Durchschicken eines schwachen, mit Calciumchlorid getrockneten Kohlendioxydstromes durch den ganzen Apparat und Steigerung der Ofentemperatur während 2½ Stunden auf 825°. Bestimmung des Null-

punktes der Wage. Nach dem Ausschalten des elektrischen Stromes lässt man das Platinschiffchen mit seinem Inhalt eine Viertelstunde im Kohlendioxydstrom erkalten, schiebt es dann in das vorstehende rechte Ende des Porzellanrohres, nimmt die Kohlendioxydbombe weg und saugt mit Hilfe der Wasserstrahlpumpe während 15 Minuten gereinigte Luft durch das Porzellanrohr, um das noch vorhandene überschüssige Kohlendioxyd zu vertreiben. Dann wird das Porzellanrohr links und rechts geöffnet und das Platinschiffchen mit dem Reaktionsprodukt rechts hinaus ins Wägefläschchen geschoben, dieses auf die Schale der analytischen Wage gebracht und nach 10 Minuten gewogen. Ergebnisse: siehe Tabelle.

### C. Ergebnisse.

Die Resultate der Wägungen von Lehrer und Schülern sind in der Tabelle zusammengestellt und wurden einem Schülerreferat zugrunde gelegt. Hier soll nur Einiges besonders hervorgehoben werden: Die Bindung des Kohlendioxydes durch das glühende Calciumoxyd erfolgt nicht ganz quantitativ, denn es wurde nicht mehr das ungefähre Gewicht des Ausgangsmaterials Calciumcarbonat erhalten, von den Schülern nur 0,4887 g, 0,4831 g und 0,4793 g statt 0,5004 g, also etwa 2—4 % weniger. Der Hauptgrund liegt wohl darin, dass das mit Kohlendioxyd entste-

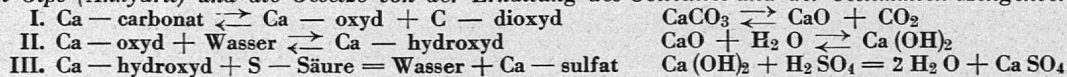
hende Calciumcarbonat den übrig bleibenden Rest von Calciumoxyd zuletzt ziemlich gut abschliesst und seine Verbindung mit Kohlendioxyd erschwert. Trotzdem lässt sich auch in diesem Falle die Erhaltung des Gewichtes zeigen; denn soviel Kohlendioxyd sich bindet, soviel wird beim nachfolgenden erneuten Brennen wieder abgespalten. Sehr schön tritt die Erhaltung des Gewichtes auch in Erscheinung, wenn man die Mengen des siebenmal hergestellten Calciumoxydes miteinander vergleicht.

### D. Andere quantitativ durchgeführte Versuche.

Auch die Umwandlung von Calciumhydroxyd in Calciumchlorid und in Calciumnitrat wurde von mir mit Hilfe des Rohrofens genauer untersucht. Die Ergebnisse waren aber nicht sehr genau, weil diese beiden Salze sehr gut löslich sind und die dickflüssige Lösung im elektrischen Ofen trotz aller Vorsicht zuletzt Bläschen bildet, die beim Zerplatzen etwas Substanz zerspritzen. Einzig die Umwandlung in Calciumsulfat gibt brauchbare Resultate, wie die Angaben am untern Ende der Tabelle zeigen. Da diese quantitative Umwandlung jedoch nicht so wichtig ist, weil die leichter durchführbaren Titrationen ebenfalls sehr gute Ergebnisse liefern, sei auf eine genauere Schilderung der Versuchsbedingungen hier verzichtet.

### Quantitative chemische Analysen und Synthesen,

betreffend das Kalkbrennen und Kalklösen und die Umkehrung dieser Vorgänge, die Umwandlung des gelöschten Kalkes in wasserfreien Gips (Anhydrit) und die Gesetze von der Erhaltung des Gewichtes und der bestimmten Mengenverhältnisse.



Stoffe	Chemische Formeln	1 Mol	1/200 Mol	Exper. Ergebnisse der		Kontrolle der Schülerwägungen	Berechnungen des Mols durch Schüler
				a) Lehrer-Versuche	b) Schüler-Versuche		
1. Ca — carbonat — Kohlendioxyd = Calciumoxyd	Ca CO <sub>3</sub> — CO <sub>2</sub> = CaO	100,08 gr 44,00 „ 56,08 „	0,5004 gr 0,2200 „ 0,2804 „	0,5004 gr 0,2208 „ 0,2800 „	0,5004 gr 0,2216 „ 0,2804 „	0,5004 gr 0,2198 „ 0,2797 „	100,08 gr 44,32 „ 56,08 „
+ Wasser = Ca-hydroxyd — Wasser = Calciumoxyd	+ H <sub>2</sub> O = Ca(OH) <sub>2</sub> — H <sub>2</sub> O = CaO	18,02 gr 74,10 „ 18,02 „ 56,08 „	0,0901 gr 0,3705 „ 0,0901 „ 0,2804 „	(0,0894 gr) 0,3694 „ 0,0893 „ 0,2796 „	(0,0891 gr) 0,3695 „ 0,0890 „ 0,2795 „	(0,0904 gr) 0,3701 „ 0,0908 „ 0,2818 „	17,82 gr 73,90 „ 17,80 „ 55,90 „
+ Kohlendioxyd 2. = Ca-carbonat — Kohlendioxyd = Calciumoxyd	+ CO <sub>2</sub> = CaCO <sub>3</sub> — CO <sub>2</sub> = CaO	44,00 gr 100,08 „ 44,00 „ 56,08 „	0,2200 gr 0,5004 „ 0,2200 „ 0,2804 „	(0,2052 gr) 0,4828 „ 0,2061 „ 0,2799 „	(0,2092 gr) 0,4887 „ (0,2106 „)* 0,2781 „	(0,2065 gr) 0,4883 „ (0,2088 „)* 0,2795 „	41,84 gr 97,74 „ 42,12 „ 55,62 „
+ Wasser = Ca-hydroxyd — Wasser = Calciumoxyd	+ H <sub>2</sub> O = Ca(OH) <sub>2</sub> — H <sub>2</sub> O = CaO	18,02 gr 74,10 „ 18,02 „ 56,08 „	0,0901 gr 0,3705 „ 0,0901 „ 0,2804 „	(0,0902 gr) 0,3701 „	(0,0926 gr) 0,3707 „ 0,0903 „ 0,2797 „	(0,0909 gr) 0,3704 „ 0,0903 „ 0,2790 „	18,52 gr 74,14 „ 18,06 „ 55,94 „
+ Kohlendioxyd 3. = Ca-carbonat — Kohlendioxyd = Calciumoxyd	+ CO <sub>2</sub> = CaCO <sub>3</sub> — CO <sub>2</sub> = CaO	44,00 gr 100,08 „ 44,00 „ 56,08 „	0,2200 gr 0,5004 „ 0,2200 „ 0,2804 „		(0,2034 gr) 0,4831 „ 0,2072 „ 0,2802 „	(0,2035 gr) 0,4825 „ 0,2077 „ 0,2805 „	40,68 gr 96,62 „ 41,44 „ 56,04 „
+ Wasser = Ca-hydroxyd — Wasser = Calciumoxyd	+ H <sub>2</sub> O = Ca(OH) <sub>2</sub> — H <sub>2</sub> O = CaO	18,02 gr 74,10 „ 18,02 „ 56,08 „	0,0901 gr 0,3705 „ 0,0901 „ 0,2804 „		(0,0898 gr) 0,3700 „ 0,0874 „ 0,2756 „	(0,0890 gr) 0,3695 „ 0,0898 „ 0,2808 „	17,96 gr 74,00 „ 17,48 „ 55,12 „
+ Kohlendioxyd 4. = Ca-carbonat — Kohlendioxyd = Calciumoxyd	+ CO <sub>2</sub> = CaCO <sub>3</sub> — CO <sub>2</sub> = CaO	44,00 gr 100,08 „ 44,00 „ 56,08 „	0,2200 gr 0,5004 „ 0,2200 „ 0,2804 „		(0,2037 gr) 0,4793 „ 0,1975 „ 0,2797 „	(0,1980 gr) 0,4788 „ 0,1977 „ 0,2801 „	40,74 gr 95,86 „ 39,50 „ 55,94 „
+ Wasser = Ca-hydroxyd 5. + Schwefelsäure — Wasser = Ca-sulfat	+ H <sub>2</sub> O = Ca(OH) <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> — 2H <sub>2</sub> O = CaSO <sub>4</sub>	18,02 gr 74,10 „ 98,08 „ 36,04 „ 136,14 „	0,0901 gr 0,3705 „ 0,4904 „ 0,1802 „ 0,6807 „	0,3701 gr (0,3116 „)	(0,0911 gr) 0,3708 „ (0,3147 „)	(0,0906 gr) 0,3707 „ (0,3123 „)	18,22 gr 74,16 „ — — 137,10 „

Anmerkung: Die eingeklammerten Werte wurden als Differenz berechnet.  
 \* Berechneter Wert, weil die CO<sub>2</sub>-Bestimmung misslang.