

Die Frage, welcher von diesen isomeren Körpern in der That erzeugt wird, muss vor der Hand, bis neue Untersuchungen angestellt sind, unentschieden bleiben.

21. Ueber Isopropyl-Allyldimethylcarbinol und den Methyläther desselben

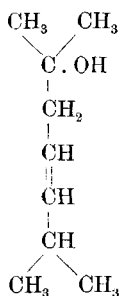
von

N. Kononowitz.

Von Dieff¹⁾ wurde der Nachweis geführt, dass das bei der Darstellung des Allyldimethylcarbinols sich bildende Nebenprodukt als Allyldimethylcarbinol zu betrachten ist, welches ein Atom Wasserstoff durch Isopropyl substituiert enthält. Dieff macht in seiner Mittheilung über dies Produkt auf die Anomalie, welche sich beim Verhalten desselben gegen Essigsäureanhydrid zeigt, aufmerksam. Dasselbe Produkt wurde auch von M. Putochin²⁾ im chemischen Laboratorium von Prof. W. Markownikoff untersucht; er kam auch zu der Ansicht, dasselbe sei ein alkoholischer Körper. Auf Grund der von Dieff durch Oxydation desselben erhaltenen Resultate wurde von Putochin die Constitution der Verbindung folgender Massen aufgefasst:

¹⁾ Dies. Journ. [2] 27, 364.

²⁾ Ber. Berl. chem. Ges. 16, 2285.



Zur endgültigen Erledigung dieser Frage wurde auf den Vorschlag des Hrn. Prof. A. Saytzeff und unter seiner Leitung von mir die Untersuchung dieses Produktes unternommen. Zum Nachweis von dessen alkoholischer Natur wurde zuerst die Darstellung seines Essigäthers versucht. Wegen der von Dieff erhaltenen negativen Resultate bei Anwendung von Essigsäureanhydrid wurde von mir die Darstellung des Essigäthers mittelst Acetylchlorids unternommen. Da ich hiermit anstatt des erwarteten Aethers ein unbeständiges chlorhaltiges Produkt erhielt, so wandte ich mich zur Darstellung eines Aethers mit einem Alkyl, und zwar des Methyläthers.

Methyläther des Isopropyl-Allyldimethylcarbinols. Zur Darstellung dieses Aethers wurde zunächst die Natriumverbindung des Isopropyl-Allyldimethylcarbinols bereitet. Zu diesem Zwecke wurde auf 48 Grm. des letzteren 8 Grm. Natrium genommen. Das mit zwei Volumen wasserfreien Aethers verdünnte Carbinol wurde in einem mit Rückflusskühler versehenen Kolben gebracht, dazu das Natrium in kleinen Stücken durch ein kurzes, in dem Stopfen des Kolbens gestecktes Rohr im Verlauf einiger Tage gefügt. Nach Entfernung des Aethers erhielt man ein festes Alkoholat, welches mit 50 Grm. Jodmethyl behandelt wurde. Da die Reaction bei gewöhnlicher Temperatur nur langsam vor sich ging, so wurde der Kolbeninhalt im Wasserbade erhitzt. Nach vollendeter Reaction wurde der dabei entstandene Methyläther im Sandbade abdestillirt. Die als Rückstand gebliebene harte Masse wurde mit Wasser versetzt, wobei

sich eine geringe Menge eines Oeles abschied (wahrscheinlich unverändertes Isopropyl-Allyldimethylcarbinol).

Der auf solche Weise dargestellte Aether wurde rectificirt, wobei als Hauptportion eine Flüssigkeit von dem Siedepunkt 169° — 174° überging. Zur Entfernung der letzten Spuren des ursprünglichen Carbinols wurde diese Portion mit Natrium behandelt, und durch wiederholtes Fractioniren ein Produkt von dem Siedepuncte 169° — 172° erhalten (das Thermometer befand sich im Dampf bis 70° , die Temperatur am Destillirgefäße war 30° , Barometer 760,6 mm bei 0°). Die Analyse dieser Fraction gab folgende Zahlen:

- 1) 0,1610 Grm. der Subst. gaben 0,4510 Grm. CO_2 u. 0,1885 Grm. H_2O .
- 2) 0,1205 " " " " 0,3380 " " " 0,1410 " "
- 3) 0,0810 " " " " 0,2270 " " " 0,0965 " "

In Procenten:

	Berechnet für $\text{C}_9\text{H}_{17}\text{OCH}_3$.	Gefunden.		
		1.	2.	3.
C	76,92	76,39	76,49	76,42
H	12,82	13,00	13,00	13,23

Diese Zahlen der Analyse weisen ohne Zweifel darauf hin, dass die erhaltene Verbindung der Methyläther des Isopropyl-Allyldimethylcarbinols ist.

Dieser Methyläther, eine farblose Flüssigkeit von angenehmem Geruche, ist unlöslich in Wasser, aber leicht löslich in Alkohol und Aether.

Die Bestimmung des specifischen Gewichts mit Sprengel'schem¹⁾ Pyknometer gab folgende Zahlen:

Gewicht des Wassers bei 20°	4,86 Grm.
" " Aethers " $21,6^{\circ}$	3,907 "
Spec. Gew. des Aethers bei $21,6^{\circ}$, auf Wasser bei 20° bezogen	0,8039 "
Spec. Gew. des Aethers bei $21,6^{\circ}$, auf Wasser bei 4° berechnet	0,8027 "

Zur Prüfung, ob dieser Methyläther eine ungesättigte Verbindung ist, habe ich zunächst sein Lichtbrechungsvermögen und dann sein Verhalten gegen Brom studirt.

¹⁾ H. Landolt, Das optische Drehungsvermögen organischer Substanzen, S. 138.

402 Kononowitz: Ueb. Isopropyl-Allyldimethylcarbinol

Die Bestimmungen des Brechungsindices¹⁾ für den Methyläther wurde unter Mitwirkung des Hrn. S. Kanonnikoff ausgeführt. Die Resultate sind in folgender Tabelle enthalten:

P	t^0	$d_4^{21,6^0}$	n_α	n_D	n_β	n_γ	A	B
156	21,6°	0,8027	1,41970	1,42186	1,42731	1,43767	1,40573	0,6025

$\frac{n_\alpha - 1}{d}$	$P \frac{n_\alpha - 1}{d}$	R_α	Diff.	$\frac{A - 1}{d}$	$P \frac{A - 1}{d}$	R_A	Diff.
0,5228	81,55	78,8	2,75	0,5054	78,84	77,01	1,83

Die gewonnenen Resultate lassen also, wenn wir die von J. W. Brühl aufgestellte Regel berücksichtigen, in der Constitution des Methyläthers eine doppelte Bindung der Kohlenstoffatome annehmen.

Verhalten des Methyläthers gegen Brom. Es wurde von Brom etwas mehr, als die berechnete Quantität (1 Mol. auf 1 Mol. des Aethers) verwandt. Nach dem Eintropfen des Broms in die ätherische Lösung des Körpers wurde die röthliche Flüssigkeit in den Exsiccator über CaO und H₂SO₄ gestellt. Die Wägung, nach Verdunsten des Ueberschusses von Brom und Aether, ergab folgende Resultate:

Substanz	2,334 Grm.
Quantität des angewandten Broms .	2,500 „
„ „ gebundenen „ .	1,828 „
Berechnet für C ₉ H ₁₇ Br ₂ OCH ₃ . .	2,3935 „

Hieraus folgt, dass Brom sich mit der Substanz vereinigt, wenn auch die erhaltenen Zahlen viel kleiner waren, als nach der Berechnung zu erwarten. Das Resultat ist in solchen Fällen davon abhängig, ob die erzeugte Verbindung unter Entwicklung von Bromwasserstoff partiell zersetzt wird,

²⁾ Bei der Untersuchung wurden die folgenden Grössen gefunden. Das Minimum der Ablenkung des Strahls α des Wasserstoffs = 30° 26' 45'', des Strahls β = 31° 4', des Strahls γ = 31° 55' 15'' und des Strahls D = 30° 37' 25''. Der brechende Winkel des Prismas = 60°.

was hier nicht bemerkt wurde, oder ob Bromür flüchtig ist. Die Frage konnte durch Bestimmung des Broms in der entstandenen Verbindung entschieden werden. Die Bestimmung des Broms ergab folgende Resultate:

- 1) 0,2810 Grm. der Substanz gaben 0,3340 Grm. Ag Br.
- 2) 0,3210 „ „ „ „ 0,3805 „ „

In Procenten:

	Berechnet für	Gefunden.	
	$C_6H_{17}Br_2OCH_3$.	1.	2.
Br	50,63	50,58	50,44

Aus diesen Analysen folgt, dass die Bromverbindung des Methyläthers die erwartete Zusammensetzung besitzt und sich nicht unter Entwicklung von Bromwasserstoff zersetzt; die obigen nicht recht stimmenden Resultate können also durch die Flüchtigkeit des Bromürs erklärt werden.

Aus dem Verhalten des Methyläthers zu Brom folgt demnach, dass in demselben eine doppelte Bindung der Kohlenstoffatome anzunehmen ist.

Zur Ermittlung der Constitution des Methyläthers wurde seine Oxydation sowohl mittelst Chromsäuregemisch als auch mittelst übermangansauren Kalis unternommen.

Oxydation des obigen Methyläthers mittelst Chromsäuregemisch.

Bei zwei Versuchen nahm ich soviel Dichromat, dass auf ein Molekül des Methyläthers vier Atome Sauerstoff kamen, wobei angenommen wurde, dass ein Molekül $K_2Cr_2O_7$ drei Atome Sauerstoff abgibt: bei dem ersten Versuche auf 6 Grm. des Methyläthers 15 Grm. $K_2Cr_2O_7$, 23 Grm. H_2SO_4 und 150 Grm. H_2O , bei dem zweiten Versuche auf 5 Grm. des Aethers 12,5 Grm. $K_2Cr_2O_7$, 18 Grm. H_2SO_4 und 25 Grm. H_2O . — Die Lösung des $K_2Cr_2O_7$ wurde in einen Kolben gebracht, Schwefelsäure zugefügt und, nach Abkühlen des Gemisches, der obige Methyläther zugegossen. Der mit Quecksilberschluss versehene Kolben wurde anfangs in kaltem Wasser, nachher drei Tage lang in der Nähe eines warmen Ofens stehen gelassen. Die Reaction zeigt sich durch Entwicklung von Kohlensäure und Bräunung des Gemisches

404 Kononowitz: Ueb. Isopropyl-Allyldimethylcarbinol

an. Nach Verlauf dreier Tage wurde das Gemisch im Wasserbade erwärmt, bis dasselbe sich grün gefärbt hatte. Das Oxydationsprodukt wurde nach Zusatz von Wasser der Destillation unterworfen, wobei mit dem sauren Destillat ca. fünf Grm. (bei dem ersten Versuche) und zwei Grm. (bei dem zweiten Versuche) des unveränderten Aethers erhalten wurden. Daraus war zu schliessen, dass die Oxydation mit Chromsäuregemisch besser in starken Lösungen von Statten geht. —

Die flüchtigen Säuren wurden mit Soda gesättigt, das trockne Salzgemisch mit Schwefelsäure zersetzt und abdestillirt, schliesslich die Säuren durch fractionirtes Neutralisiren, nach Liebig, von einander getrennt. Das ganze Destillat wurde in zwei gleiche Theile getheilt, der eine von ihnen mit Soda neutralisirt, wieder mit dem andern vereinigt und der Destillation unterworfen. Die im Destillate enthaltene Säure wurde in ihr Calciumsalz verwandelt, welches sich beim Stehen im Exsiccator in langen prismatischen Krystallen ausschied. Das im Rückstand gebliebene Salz wurde mit Schwefelsäure zersetzt, die freigewordene Säure überdestillirt und in das Silbersalz verwandelt, wobei eine Reduction des Silbers zu beobachten war, was wahrscheinlich von einer geringen Menge Ameisensäure herrührte.

Analyse des Calciumsalzes aus dem Destillate:

- 1) 0,3155 Grm. des Salzes verloren beim Erhitzen auf 100° 0,095 Grm. des Wassers.
- 2) 0,2205 Grm. trocknen Salzes lieferten 0,138 Grm. CaSO₄.

In Procenten:

Berechnet für		Gefunden.	
[(C ₄ H ₇ O ₂) ₂ Ca + 5 H ₂ O]		(C ₄ H ₇ O ₂) ₂ Ca	
		1.	2.
H ₂ O	29,60	30,11	—
Ca	—	—	18,41
			18,69

Analyse des Silbersalzes aus dem Rückstande:

0,061 Grm. des Salzes gaben 0,0395 Grm. Ag, entsprechend 64,75 pCt., während AgC₂H₃O₂ 64,66 pCt. verlangt.

Diese Resultate führen zu dem Schlusse, dass durch Oxydation jenes Methyläthers Isobuttersäure und Essigsäure entstehen.

Der durch Abdestilliren der flüchtigen Säuren erhaltene Rückstand wurde mit Aether ausgezogen. Nach Entfernung des Aethers erhielt man nur eine sehr kleine Menge einer syrupartigen Säure. —

Oxydation mittelst übermangansauren Kalis.

Zu einigen Versuchen nahm ich zur Reaction soviel Chamäleon, dass auf ein Molekül des Methyläthers 4 Atome Sauerstoff kamen, wobei angenommen wurde, dass 2 Mol KMnO_4 drei Atome Sauerstoff abgeben; das Salz wurde in 2 proc. Lösung verwandt. Zu anderen Versuchen wurde die doppelte Menge Chamäleon in 4 proc. Lösung genommen. Die Chamäleonlösung wurde in einen geräumigen Kolben gebracht, darauf der Methyläther, unter Abkühlen mit kaltem Wasser, zugegossen, und das Ganze während zwei bis drei Tagen stehen gelassen. Das Gemisch wurde nachher bis zur Entfärbung der Chamäleonlösung im Wasserbade erwärmt. Der hierbei gebildete Niederschlag von Mangansuperoxyd wurde bei einigen Versuchen mit Aether ausgezogen, bei anderen mit Wasser der Destillation unterworfen, aber in beiden Fällen konnten nur Spuren von unoxydirtem Aether erhalten werden.

Zur Abscheidung der nichtflüchtigen Oxydationsprodukte wurde das Filtrat von MnO_2 im Wasserbade abgedampft, mit Schwefelsäure zerlegt und mit Aether ausgezogen. Nach Abdestilliren des Aethers wurde der Rückstand im Exsiccator zur Entfernung der flüchtigen Säuren stehen gelassen. In allen Versuchen wurden zwei nichtflüchtige Säuren: eine krystallinische und eine von Syrupconsistenz erhalten. Bei den Versuchen zur Abscheidung der flüchtigen Produkte wurde die wässrige Lösung vom Mangansuperoxyd abfiltrirt, mit Schwefelsäure zersetzt und der Destillation unterworfen. Das Gemisch wurde gewöhnlich bis $\frac{3}{4}$ seines Volumens abdestillirt, und das Destillat mit Soda neutralisirt, im Wasserbade abgedampft, wieder mit Schwefelsäure zersetzt und wieder abdestillirt. Die flüchtigen Säuren wurden hier wie bei der Oxydation mittelst Chromsäuregemisch isolirt, wobei die im Destillat erhaltenen Säuren in ihre Calciumsalze und

406 Kononowitz: Ueb. Isopropyl-Allyldimethylcarbinol

die im Rückstande enthaltene Säure in das Silbersalz verwandelt wurden. Das Silbersalz wurde aber nur in Spuren erhalten und konnte deswegen nicht analysirt werden.

Die Analyse des Calciumsalzes des Destillats ergab folgende Resultate:

0,0735 Grm. trocknen Salzes lieferten 0,056 Grm. CaSO_4 .

In Procenten:

	Berechnet für		Gefunden.
	$(\text{C}_4\text{H}_7\text{O}_2)_2\text{Ca}$	$(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2\text{Ca}$	
Ca	18,69	25,31	22,41

Nach dieser Analyse ist wahrscheinlich, dass durch Oxydation des Methyläthers Essigsäure und Buttersäure (wahrscheinlich Isobuttersäure) entstehen.

Die zwei nichtflüchtigen Säuren wurden im Wasser aufgelöst und mit Calciumcarbonat neutralisirt, wobei man die Bildung eines löslichen und eines unlöslichen Calciumsalzes beobachten konnte. Das unlösliche Calciumsalz wurde in Salzsäure aufgelöst und mit Ammoniak gefällt. Das mit Wasser ausgewaschene Salz wurde bei 100° getrocknet und der Analyse unterworfen.

Die Analyse gab nachstehende Resultate:

- 1) 0,0990 Grm. des Salzes gaben 0,0900 Grm. CaSO_4 .
- 2) 0,1125 „ „ „ „ 0,1035 „ „

In Procenten:

	Berechnet	Gefunden.	
	für $[\text{CaC}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}]$.	1.	2.
Ca	27,39	26,74	27,05

Aus diesen Zahlen ergibt sich, dass eine von den nichtflüchtigen Säuren Oxalsäure ist.

Das im Wasser lösliche Calciumsalz wurde im Wasserbade abgedampft und über Schwefelsäure stehen gelassen. Nach langem Aufbewahren im Exsiccator trocknet das Salz zu einer durchsichtigen, glasartigen Masse ein. Aus der alkoholischen Lösung schied sich das Calciumsalz auch amorph aus.

Die Analyse dieses bei 100° getrockneten Salzes ergab folgende Zahlen:

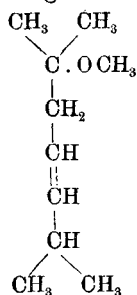
- 1) 0,5035 Grm. des Salzes gaben 0,236 Grm. CaSO_4 .
 2) 0,4380 " " " " 0,199 " "

In Procenten:

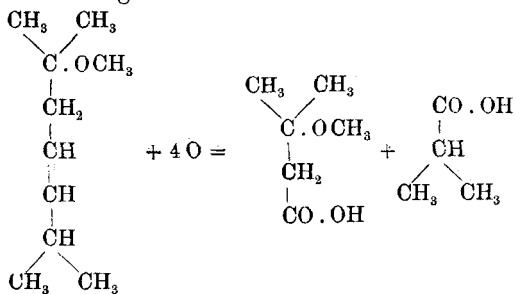
	Berechnet	Gefunden.	
	für $(\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_3)_2\text{Ca}$.	1.	2.
Ca	13,24	13,78	13,36

Hieraus folgt, dass durch Oxydation des obigen Methyläthers eine Säure von der Zusammensetzung $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_3$ entsteht.

Auf Grund der Bildung von Isobutter- und Essigsäure einerseits und der Säure von der Zusammensetzung $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_3$ andererseits durch Oxydation des Methyläthers von dem Isopropyl-Allyldimethylcarbinols kann die Constitution desselben durch folgende Formel ausgedrückt werden:



Nach der allgemeinen Regel, wonach bei der Oxydation der ungesättigten Alkohole der Reihe $\text{C}_n\text{H}_{2n-1}\text{OH}$ die Zerlegung derselben an der Stelle der doppelten Bindung der Kohlenstoffatome vor sich geht, muss man wirklich erwarten, dass die Substanz, welcher die oben angenommene Constitution zugeschrieben wird, Isobuttersäure und eine Säure von der Zusammensetzung: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_3$ liefern werde, wie aus folgender Gleichung erhellt:

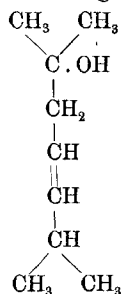


Die gleichzeitig entstandene Kohlensäure, Ameisensäure, Essigsäure und Oxalsäure sind wahrscheinlich als secundäre Oxydationsprodukte der ursprünglichen, oben genannten Verbindungen zu betrachten.

Die auf solche Weise erhaltene Säure $C_6H_{12}O_3$ ist demnach als Methoxylvaleriansäure aufzufassen.

Dieselbe stellt eine syrupartige Flüssigkeit dar. Ihrem schon oben beschriebenen Calciumsalz ist das Bariumsalz sehr ähnlich, welches sich aus wässriger Lösung als durchsichtige, glasartige Masse abscheidet. Aus alkoholischer Lösung setzt es sich in glänzenden Krusten ab. Das Silbersalz krystallisirt nicht. Die anderen Salze wurden aus Mangel an Material noch nicht untersucht.

Wenn wir die oben erörterte Constitution des Methyläthers berücksichtigen, so muss die des Isopropyl-Allyldimethylcarbinols folgenderweise ausgedrückt werden:



Durch Oxydation dieses Carbinols müssen also Isobutter- und Oxyvaleriansäure entstehen. Obgleich die Bildung von Buttersäure von Dieff nachgewiesen wurde, so konnte er doch nicht mit Sicherheit feststellen, welche von beiden Buttersäuren entstanden war. Auch wurde von ihm die andere Säure nicht untersucht, die durch Oxydation des Carbinols sich bildet und welche dem Produkte mittelst Aether entzogen wurde.

Deshalb unternahm ich von Neuem die Untersuchung der Oxydation des Isopropyl-Allyldimethylcarbinols, und zwar mittelst Chromsäuregemisch, wobei ich berücksichtigte, dass auf ein Molekül des Carbinols vier Atome Sauerstoff kamen (auf 14 Grm. desselben 39 Grm. $K_2Cr_2O_7$,

49 Grm. H_2SO_4 und 117 Grm. H_2O). Das Gemisch wurde in einen mit Queksilberverschluss versehenen Kolben gebracht, dasselbe abgekühlt, und das Carbinol zugegossen. Die Reaction wird durch Bräunung des Gemisches und Entwicklung von Kohlensäure angezeigt. Gegen Ende der Reaction, welche etwa 24 Stunden dauert, färbt sich das Gemisch grün und entwickelt keine Kohlensäure mehr. Das Gemisch wurde dann mit Wasser verdünnt und im Sandbade abdestillirt. Mit den flüchtigen Produkten wurden ca. 8 Grm. unverändertes Carbinol gewonnen. Diese Menge desselben wurde wieder mit Dichromat unter oben genannten Bedingungen oxydirt. Da das Carbinol auch hierbei nicht völlig oxydirt war, so wurde diese Operation so lange wiederholt, bis die ganze Menge desselben verschwunden war. Alle Destillate wurden mit Soda neutralisirt, im Wasserbade eingedampft, mit Schwefelsäure zersetzt, abdestillirt und, wie bei der Oxydation des obigen Methyläthers, isolirt. Aus den Säuren des Destillats und aus dem Rückstande wurden Calciumsalze bereitet.

Das Calciumsalz aus dem Destillat scheidet sich bei längerem Aufbewahren im Exsiccator in Aggregaten aus, welche aus langen prismatischen Nadeln bestehen.

Die Analyse dieses Salzes gab folgende Zahlen:

- 1) 0,3035 Grm. des Salzes verloren beim Erhitzen auf 100° 0,095 Grm.
- 2) 0,2085 Grm. trockn. Salzes lieferten 0,1375 Grm. $CaSO_4$.

In Procenten:

	Berechnet für		Gefunden.	
	$[(C_4H_7O_2)_2Ca + 5H_2O]$	$(C_4H_7O_2)_2Ca$	1.	3.
H_2O	29,60	—	31,30	—
Ca	—	18,69	—	19,37

Das Calciumsalz aus dem Rückstande setzte sich bei längerem Stehen im Exsiccator in nierenförmigen Aggregaten von undeutlich krystallinischer Structur ab. Nach wiederholtem Lösen in Wasser schied sich das Salz in derselben Form aus. Die Analyse ergab folgende Zahlen:

- 1) 0,352 Grm. trocknen Salzes gaben 0,274 Grm. $CaSO_4$.
- 2) 0,301 „ „ „ „ 0,231 „ „

In Procenten:

Berechnet für		Gefunden.	
$(C_4H_7O_2)_2Ca$	$(C_2H_3O_2)_2Ca$	1.	2.
Ca	18,69	22,86	22,59
	25,31		

Aus dieser Analyse ist zu folgern, dass durch Oxydation des Isopropyl-Allyldimethylcarbinols neben Isobuttersäure wahrscheinlich Essigsäure entsteht.

Der durch Abdestilliren der flüchtigen Säuren erhaltene Rückstand wurde mit Aether ausgezogen. Nach Entfernung des Aethers erhielt man ein Gemenge von krystallinischen und syrupartigen Säuren. Die krystallinische Säure scheint nach ihren Reactionen Oxalsäure zu sein. Auf Untersuchung der syrupartigen Säure wurde wegen Mangel an Material und schlechter Krystallisation der Salze verzichtet.

Apparate für chemische Laboratorien;

von

Dr. Joh. Walter.

Die Verwendung des Dampfes im chemischen Laboratorium.

Indem die Industrie alle nur denkbaren Hilfsmittel ihren Zwecken dienstbar macht, hat dieselbe neuerer Zeit den Dampf nicht blos als Heizmaterial und Krafterzeuger in ihrer Verwendung, sondern benutzt ihn auch zur Trennung von Substanzgemengen. Da der technische Chemiker bei seinen Laboratoriumsarbeiten die im Grossen einzuhaltende Operationsweise durch kleine Versuche feststellen und verfolgen muss, so benöthigt auch er Wasserdampf für seine Versuche. In den Fabriklaboratorien ist nun keine Schwierigkeit hierfür; aber auch der rein wissenschaftlich arbeitende Chemiker kann kaum mehr auf dieses oft so bequeme Scheidungsmittel Verzicht leisten und so sieht er sich genöthigt, den Dampf auf die verschiedenste Weise zu erzeugen, welche sich meist nach der finanziellen Lage der Lehranstalt richten muss.

Das einfachste Auskunftsmittel, welches man jederzeit zur Hand hat, ist ein Kolben oder eine Blechflasche, welche man für den Gebrauch als Dampfkessel in der Weise her-