

# **Universitäts- und Landesbibliothek Tirol**

## **Encyklopaedie der Naturwissenschaften**

Wärme

**Winkelmann, Adolph August**

**1896**

Gesättigte Dämpfe. Zahlenmaterial über Spannung und specifisches  
Volumen gesättigter Dämpfe

Rolle, dass die Moleküle bei hohen Drucken nicht mehr einfache, sondern 2, 3fache etc. sind. Auf diesen Umstand, der aus den unten angeführten Berechnungen von BATTELLI direkt hervorgeht, nimmt die VAN DER WAALS'sche Formel keine Rücksicht. Auch ist das offenbar eine Eigenschaft, von der man sich die Materie auch frei denken könnte. Sie würde also nur als eine Correction in die Zustandsgleichung eingehen, die selbst wiederum nur eine Art idealen Zustandes darstellen werden. GRAETZ.

## Gesättigte Dämpfe. Zahlenmaterial über Spannung und specifisches Volumen gesättigter Dämpfe.

### Vorbemerkung.

In diesem Aufsatz ist das sehr umfangreiche Beobachtungsmaterial zusammengestellt, welches über die Druck- und Dichteverhältnisse der gesättigten Dämpfe vorhanden ist. Arbeiten von Bedeutung sind alle aufgenommen. Als werthlos erkanntes und überholtes Material ist fortgelassen worden, höchstens ist die Literatur dafür citirt. Man erkennt aus dieser Zusammenstellung, wie viel in diesem Gebiet nach den sorgfältigen Arbeiten von REGNAULT, RAMSAY und YOUNG und BATTELLI noch zu leisten ist, bevor wir eine eingehende Kenntniss der gesättigten Dämpfe aller einigermassen wichtigen Substanzen erhalten.

Die Drucke sind immer in *mm* Quecksilber angegeben, bei einigen Beobachtern auch in Atmosphären. Die specifischen Volumina *s* der gesättigten Dämpfe sind durchweg in *ccm* pro 1 *gr* Substanz aufgeführt. Es ist stets -- bis auf 2 Fälle -- der Verlauf von *s* mit der Temperatur *t*, nicht mit dem Dampfdruck *P* angegeben. Aus den Angaben über den Dampfdruck in seiner Abhängigkeit von der Temperatur kann man zu jedem *t* auch das zugehörige *P* finden. Der reciproke Werth des specifischen Volumens *s* ist die (absolute) Dichtigkeit  $\delta$  des gesättigten Dampfes (Wasser = 1). Es ist  $\delta$  auch gleich dem Gewicht in *gr* von 1 *ccm* des gesättigten Dampfes. Hat der gesättigte Dampf die Temperatur *t* und die Spannung *P* (*mm* Hg), so hat 1 *ccm* Luft unter denselben Verhältnissen das Gewicht

$$\delta_l = \frac{0.001293}{(1 + \alpha t)} \frac{P}{760} \text{ gr.}$$

Das Verhältniss  $\frac{\delta}{\delta_l}$  ist die Dampfdichte *l* des gesättigten Dampfes (bezogen auf Luft).

Multiplicirt man die auf Luft bezogenen Dampfdichten mit 28.9, so erhält man die Dampfdichte  $\lambda$  des gesättigten Dampfes, bezogen auf *H* = 1.

Sowohl die Grössen *l*, wie die Grössen  $\lambda$  sind in einigen Tabellen angegeben.

Multiplicirt man endlich das specifische Volumen *s* des gesättigten Dampfes mit dem Molekulargewicht  $\mu$ , so erhält man das Molekularvolumen  $\tilde{\omega}$  des gesättigten Dampfes (d. h. das Volumen von 1 Grammmolekül), welches auch in einigen Tabellen angeführt ist.

Die angeführten Substanzen sind in Klassen geordnet, die ich hier, um die Auffindung zu erleichtern, vorausschicke. Die römischen Zahlen in dieser Zusammenstellung sind auch nachher bei den einzelnen Substanzen beibehalten. Diejenigen Stoffe, für welche ausführliche Messungen vorliegen, sind hier mit fetter Schrift gedruckt.

**A. Anorganische Flüssigkeiten.**

- I. **Ammoniak**  
 II. **Arsenwasserstoff**  
 III. **Borchlorid**  
 IV. **Brom**  
 V. **Cadmium**  
 VI. **Chlor**  
 VII. **Chlorcyan**  
 VIII. **Chloisilicium**  
 IX. **Chlorwasserstoff**  
 X. **Cyan**  
 XI. **Fluorbor**  
 XII. **Jod**  
 XIII. **Jodwasserstoff**  
 XIV. **Kohlenoxyd**  
 XV. **Kohlensäure**  
 XVI. **Phosphortrichlorid**  
 XVII. **Phosphortrifluorid**  
 XVIII. **Phosphorpentafluorid**  
 XIX. **Phosphorthiofluorid**  
 XX. **Quecksilber**  
 XXI. **Sauerstoff**  
 XXII. **Schwefel**  
 XXIII. **Schwefelkohlenstoff**  
 XXIV. **Schwefelwasserstoff**  
 XXV. **Schweflige Säure**  
 XXVI. **Selenwasserstoff**  
 XXVII. **Siliciumwasserstoff**  
 XXVIII. **Stickoxyd**  
 XXIX. **Stickoxydul**  
 XXX. **Stickstoff**  
 XXXI. **Wasser**  
 XXXII. **Wismuth**  
 XXXIII. **Zink**  
 XXXIV. **Zinnchlorid**

**B. Alkohole.**

- XXXV. **Methylalkohol**  
 XXXVI. **Aethylalkohol**  
 XXXVII. **Propylalkohol**  
 XXXVIII. **Isobutylalkohol**  
 XXXIX. **Isoamylalkohol**

**C. Aether und Ester.**

- XL. **Methyläther**  
 XLI. **Aethyläther**  
 XLII. **Oxalsäuremethylether**

- XLIII. **Methylformiat**  
 XLIV. **Aethylformiat**  
 XLV. **Propylformiat**  
 XLVI. **Isobutylformiat**  
 XLVII. **Isoamylformiat**  
 XLVIII. **Methylacetat**  
 IL. **Aethylacetat**  
 L. **Propylacetat**  
 LI. **Isobutylacetat**  
 LII. **Methylpropionat**  
 LIII. **Aethylpropionat**  
 LIV. **Propylpropionat**  
 LV. **Isobutylpropionat**  
 LVI. **Amylpropionat**  
 LVII. **Methylbutirat**  
 LVIII. **Aethylbutirat**  
 LIX. **Propylbutirat**  
 LX. **Isobutylbutirat**  
 LXI. **Amylbutirat**  
 LXII. **Methylisobutirat**  
 LXIII. **Aethylisobutirat**  
 LXIV. **Propylisobutirat**  
 LXV. **Isobutylisobutirat**  
 LXVI. **Amylisobutirat**  
 LXVII. **Methylvalerat**  
 LXVIII. **Aethylvalerat**  
 LXIX. **Propylvalerat**  
 LXX. **Isobutylvalerat**

**D. Fettsäuren.**

- LXXI. **Ameisensäure**  
 LXXII. **Essigsäure**  
 LXXIII. **Propionsäure**  
 LXXIV. **Buttersäure (n)**  
 LXXV. **Isobuttersäure**  
 LXXVI. **Isovaleriansäure**

**E. Halogenderivate der Fettreihe.**

- LXXVII. **Chlormethyl**  
 LXXVIII. **Fluormethyl**  
 LXXIX. **Chloräthyl**  
 LXXX. **Bromäthyl**  
 LXXXI. **Jodäthyl**  
 LXXXII. **Jodpropyl (n)**  
 LXXXIII. **Jodisopropyl**  
 LXXXIV. **Aethylidenchlorid**  
 LXXXV. **Aethylenchlorid**

- LXXXVI. **Acetyltrichlorid**  
 LXXXVII. **Isomeres Acetylchlorid**  
 LXXXVIII. **CH<sub>2</sub>Cl — CCl<sub>3</sub>**  
 LXXXIX. **CHCl<sub>2</sub> — CHCl<sub>2</sub>**  
 LXXXX. **CHCl<sub>2</sub> — CCl<sub>3</sub>**  
 LXXXXI. **Dreifachchlorkohlenstoff**  
 LXXXXII. **Aethylenbromid**  
 LXXXXIII. **Aethylidenbromchlorid**  
 LXXXXIV. **Aethylenbromchlorid**  
 LXXXXV. **Chloroform**  
 LXXXXVI. **Tetrachlorkohlenstoff**

**F. Aromatische Körper.**

- LXXXXVII. **Benzol**  
 LXXXXVIII. **Fluorbenzol**  
 IC. **Chlorbenzol**  
 C. **Brombenzol**  
 CI. **Jodbenzol**  
 CII. **Toluol**  
 CIII. **Xylole**  
 CIV. **Dibenzylketon**  
 CV. **Nitrobenzol**  
 CVI. **Nitrotoluole**  
 CVII. **Nitroxylol**  
 CVIII. **Amidoxylol**  
 CIX. **Toluidine**

**G. Oele.**

- CX. **Citronenöl**  
 CXI. **Terpentinöl**

**H. Andere organische Substanzen.**

- CXII. **Aceton**  
 CXIII. **Acetylen**  
 CXIV. **Aethylen**  
 CXV. **Anilin**  
 CXVI. **Bromnaphtalin**  
 CXVII. **Chinolin**  
 CXVIII. **Glycerol**  
 CXIX. **Isoamlyen**  
 CXX. **Kohlenoxysulfid**  
 CXXI. **Methan**  
 CXXII. **Methylsalicilat**

## A) Anorganische Körper.

## I. Ammoniak.

## a) Dampfspannungen.

Messungen über diese liegen vor von

FARADAY	zwischen den Temperaturen	— 17·77	und	+ 28·33
REGNAULT	„ „ „	— 30	„	+ 100
PICTET	„ „ „	— 30	„	+ 50
BLÜMCKE	„ „ „	— 18·5	„	+ 63·5.

1) FARADAY<sup>1)</sup> hat Ammoniak zuerst verflüssigt. Die von ihm gemessenen Dampfdrucke wurden von REGNAULT auf *mm* Quecksilber und C° umgerechnet.

2) REGNAULT<sup>2)</sup> machte sein Ammoniakgas, aus dem er durch Condensation flüssiges Ammoniak herstellte, frei von Wasser und Kohlensäure, indem er es über Aetzkalk entwickelte und zunächst durch eine abgekühlte Flasche gehen liess, welche das Wasser zurückhielt. Er machte 3 Reihen von Beobachtungen, die er durch die Formel darstellte

$$\log P = a + b\alpha^{t+22} + c\beta^{t+22},$$

worin  $P$  in *mm* Hg,  $t$  in C° ausgedrückt sind. Die Constanten haben folgende Werthe

$$\begin{array}{l|l} a = 11\cdot5043330 & \log \alpha = 9\cdot9996014 - 10 \\ b = -7\cdot4503520 & \log \beta = 9\cdot9939729 - 10. \\ c = -0\cdot9449674 & \end{array}$$

3) PICTET<sup>3)</sup> maass die Drucke mit einem Metallmanometer. Ueber die Reindarstellung seines Ammoniaks ist nichts angegeben:

4) BLÜMCKE<sup>4)</sup> stellte Ammoniak aus Ammoniakwasser her und maass mit dem CAILLETET'schen Apparat.

Die Resultate dieser Messungen sind folgende

FARADAY		REGNAULT		PICTET		BLÜMCKE	
$t$	$P(\text{mm Hg})$	$t$	$P(\text{mm Hg})$	$t$	$P(\text{Atm.})$	$t$	$P(\text{Atm.})$
— 17·77	1889·7	— 30	866·09	— 30	1·14	— 18·5	1·91
— 7·77	2667·0	— 20	1392·13	— 20	1·83	0	4·22
0	3283·0	— 10	2144·12	— 10	2·82	34·0	12·80
+ 7·22	4152·9	0	3183·34	0	4·19	63·5	28·04
+ 15·55	5257·8	+ 10	4574·03	+ 10	6·02		
+ 28·33	7620·0	20	6387·78	+ 20	8·40		
		30	8700·97	+ 30	11·44		
		40	11595·30	+ 40	15·29		
		50	15158·33	+ 50	19·98		
		60	19482·10				
		70	24675·55				
		80	30843·09				
		90	38109·22				
		100	46608·24				

b) Dichte und spezifisches Volumen gesättigter Dämpfe. Merkwürdiger Weise liegen darüber keine Messungen vor.

<sup>1)</sup> FARADAY, Phil. Trans. 1845, pag. 155.

<sup>2)</sup> REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 596.

<sup>3)</sup> PICTET, Nouvelles Machines frigorifiques. Genève 1885.

<sup>4)</sup> BLÜMCKE, WIED. Ann. 34, pag. 19. 1888.

## II. Arsenwasserstoff.

a) Dampfspannungen. Arsenwasserstoff wurde von FARADAY<sup>1)</sup> verflüssigt und es wurden von ihm zugleich die Verflüssigungsdrucke gemessen. Seine Resultate sind folgende

$t$	$P$ (Atm.)	$t$	$P$ (Atm.)
-59.4	0.94	-12.2	6.24
-46.6	1.73	0	8.95
-30.6	3.32	10	11.56
-17.8	5.21	15.1	13.19

b) Specificisches Volumen gesättigter Dämpfe.  
Vacat.

## III. Borchlorid.

a) Dampfspannung. REGNAULT<sup>2)</sup> benutzte ein Borchlorid, welches dadurch dargestellt war, dass trockenes Chlor über ein in einer Porcellanröhre erhitztes Gemisch von Borsäureanhydrid und Kohle strich. Die Flüssigkeit, die in einer Kältemischung condensirt war, wurde, da sie viel Chlor enthielt, mit etwas Quecksilber geschüttelt und dann im leeren Raum zum Sieden gebracht, wodurch die Färbung verschwand. Es wurde nur 1 Reihe von Beobachtungen gemacht und diese durch die Formel

$$\log P = a + b\alpha^{t+27} + c\beta^{t+27}$$

dargestellt, worin  $P$  in  $mm$  Hg,  $t$  in  $C^{\circ}$  ausgedrückt ist und die Constanten folgende Werthe haben

$$\begin{array}{l|l} a = 4.8139298 & \log a = 9.9965575 - 10 \\ b = -2.7690345 & \log \beta = 9.9770709 - 10 \\ c = +0.0120096 & \end{array}$$

Der Verlauf der Dampfspannungen ist durch folgende Zahlen dargestellt:

$t$ (Quecksilber- thermometer)	$P$ $mm$ Hg	$t$ (Quecksilber- thermometer)	$P$ $mm$ Hg
-30	98.25	40	1535.25
-20	159.46	50	2042.25
0	250.54	60	2658.52
+10	381.32	70	3392.12
20	562.94	80	4248.28
30	807.50	85	4720.11
40	1127.50		

b) Dichte gesättigter Dämpfe.  
Vacat.

## IV. Brom.

a) Dampfspannung. RAMSAY und YOUNG<sup>3)</sup> haben für reines Brom [mit Phosphorsäure getrocknet (Siedep. 58.75 bis 760  $mm$ )] folgende Dampfspannungen gefunden:

1) FARADAY, Phil. Trans. 1845, pag. 155.

2) REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 479.

3) RAMSAY und YOUNG, Journ. Chem. Soc. 49, pag. 453. 1886.

$P$ (mm Hg)	Temperatur	Zustand	$P$ (mm Hg)	Temperatur	Zustand
20	-16.65	fest	150	16.95	flüssig
25	-14.0	"	200	23.45	"
30	-12.0	"	300	33.05	"
35	-10.05	"	400	40.45	"
40	- 8.4	"	500	46.8	"
45	- 7.0	"	600	51.95	"
50	- 5.05	flüssig	700	56.3	"
100	+ 8.20	"	760	58.75	"

b) Dichte gesättigter Dämpfe.

Vacat.

### V. Cadmium.

a) Dampfspannung. BARUS<sup>1)</sup> fand folgende Dampfspannungen:

$t$	$P$ (mm Hg)						
549	22	706	292	639	105	750	517
552	25	724	355	667	157	760	624
565	26	729	381	681	189	766	656
574	32	745	489	702	262	770	766
620	75						

Sie liessen sich durch die Formel

$$\log P = 2063 - \frac{7443}{T} - 3.868 \log T$$

darstellen.

b) Dichte gesättigter Dämpfe.

Vacat.

### VI. Chlor.

a) Dampfspannungen. Hierüber ist eine sehr ausführliche Untersuchung von KNIETSCH<sup>2)</sup> vorhanden. Ueber die Reindarstellung des Chlors ist die Arbeit selbst nachzusehen. Die eine Beobachtung von FARADAY<sup>3)</sup>, dass Chlor bei 15.6° den Druck von 4 Atm. ausübt, stimmt nicht mit den Angaben von KNIETSCH, welcher bei dieser Temperatur mehr als 6 Atm. findet.

Die Dampfspannungen sind folgende:

$t$	$P$	$t$	$P$
-88	37.5 mm	20	6.62 Atm.
-80	62.5 "	30	8.75 "
-70	118 "	40	11.50 "
-60	210 "	50	14.70 "
-50	350 "	60	18.60 "
-40	560 "	70	23.00 "
-37.6	760 "	80	28.40 "
-30	1.20 Atm.	90	34.50 "
-20	1.84 "	100	41.70 "
-10	2.63 "	110	50.80 "
0	3.66 "	120	60.40 "
+10	4.95 "	130	71.70 "

146 = krit. Temp.      93.50 = krit. Druck

<sup>1)</sup> BARUS, Phil. mag. (5) 29, pag. 141. 1890.

<sup>2)</sup> KNIETSCH, LIEB. Ann. 259, pag. 100. 1890.

<sup>3)</sup> FARADAY, Phil. Trans. 113, pag. 189. 1823.

## b) Dichte gesättigter Dämpfe.

Vacat.

## VII. Chlorcyan.

a) Dampfspannung. REGNAULT<sup>1)</sup> erhielt Chlorcyan, indem er eine Mischung von Quecksilbercyanid mit krystallisiertem Chlorhydrat erhitzte. Das erhaltene Gas wurde durch Chlorcalcium getrocknet und durch eine Kältemischung condensirt. Die Flüssigkeit erstarrt bei  $-7.04^{\circ}$ . REGNAULT stellte eine Beobachtungsreihe an und drückte die Resultate durch die Formel aus

$$\log P = a + ba^{t+30} + c\beta^{t+30},$$

worin  $P$  in  $mm$  Hg,  $t$  in  $C^{\circ}$  (Quecksilberthermometer) angegeben ist und die Constanten folgende Werthe haben

$$\begin{array}{l|l} a = 6.7987932 & \log a = 9.9983200-10 \\ b = -4.5779773 & \log \beta = 9.9762571-10 \\ c = -0.3863952 & \end{array}$$

Der Verlauf der Dampfspannungen ist folgender:

$t$ Quecksilber	$P$ $mm$ Hg	$t$ Quecksilber	$P$ $mm$ Hg
$-30^{\circ}$	68.30	30	1427.43
$-20^{\circ}$	148.21	40	1987.96
$-10^{\circ}$	270.51	50	2719.29
$0^{\circ}$	444.11	60	3674.14
$+10^{\circ}$	681.92	70	4873.19
$20^{\circ}$	1001.87	75	2594.58

## b) Dichte gesättigter Dämpfe.

Vacat.

## VIII. Chlorsilicium.

a) Dampfspannung. REGNAULT<sup>2)</sup> stellte sein Chlorsilicium auf dem gewöhnlichen Wege dar und destillirte es über Quecksilber. Er machte nur eine Reihe von Beobachtungen, die er durch die Formel

$$\log P = a + ba^{t+26}$$

darstellte, worin  $P$  in  $mm$  Hg,  $t$  in  $C^{\circ}$   $mm$  Quecksilberthermometer gemessen ist und die Constanten folgende Werthe haben

$$\begin{array}{l|l} a = 4.5959425 & \log a = 9.9965260-10 \\ b = -3.3287708 & \end{array}$$

Der Verlauf der Dampfspannungen ist folgender:

$t$ Quecksilber- thermometer)	$P$ $mm$ Hg	$t$ (Quecksilber- thermometer)	$P$ $mm$ Hg
$-25$	19.66	30	294.49
$-20$	26.49	40	429.08
$-10$	46.46	50	607.46
$0$	78.02	60	837.23
$10$	125.90	65	973.74
$20$	195.86		

1) REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 482.

2) REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 474.

## b) Dichte gesättigter Dämpfe.

Vacat.

## IX. Chlorwasserstoff.

a) Dampfspannungen. Hierüber sind Messungen von FARADAY und ANSDELL vorhanden.

1) FARADAY<sup>1)</sup> hat Chlorwasserstoff zuerst condensirt und die Dampfdrucke zwischen  $-73^{\circ}$  und  $+4^{\circ}$  bestimmt.

2) ANSDELL<sup>2)</sup> bestimmte mittelst der CAILLETET-Pumpe die Dampfspannungen zwischen  $+4$  und  $+51.25$  (kritische Temperatur). Er stellte Chlorwasserstoff durch Einwirkung von concentrirter Schwefelsäure auf Salmiak her. Die Resultate sind folgende:

FARADAY		ANSDELL	
$t$ (C°)	$P$ (Atm.)	$t$ (C°)	$P$ (Atm.)
-73.3	1.80	—	—
-62.2	3.12	—	—
-45.5	6.30	—	—
-34.4	9.22	—	—
-23.3	12.82	—	—
-17.8	15.04	—	—
- 3.9	23.08	—	—
+ 4.4	40.00	4.0	29.8
—	—	13.8	37.75
—	—	22.0	45.75
—	—	33.4	58.85
—	—	44.8	75.20
—	—	50.56	85.33
		51.25 = krit.	86.0 = krit.
		Temp.	Druck

b) Specificisches Volumen der gesättigten Dämpfe  $s$ . Ueber dieses liegen nur Messungen von ANSDELL (ob. No. 2) vor, der aber  $s$  nicht in  $cbcm$  pro 1  $gr$  Substanz angiebt, sondern vielmehr in Bruchtheilen des Anfangsvolumens bei 1 Atm.-Druck. Die Zahlenwerthe sind folgende:

$t$	$s$ (für 1 Atm. = 1)	$t$	$s$ (für 1 Atm. = 1)
4	1:38.89	33.4	1:105.98
9.25	1:45.75	39.4	1:134.33
13.8	1:53.19	44.8	1:168.67
18.1	1:61.17	48.0	1:197.60
22.0	1:70.06	49.4	1:224.96
26.72	1:82.94		

## X. Cyan.

a) Dampfspannung. CHAPPUIS und RIVIÈRE<sup>3)</sup> haben die Dampfspannungen über flüssigem Cyan gemessen, aber dabei ganz andere Zahlen erhalten, wie FARADAY und BUNSEN, was, wie sie meinen, daher kommt, dass ihre Substanz von Stickstoff frei war, was bei FARADAY und BUNSEN nicht der Fall war. Ihre Resul-

<sup>1)</sup> FARADAY, Phil. Trans. 1845, pag. 155.

<sup>2)</sup> ANSDELL, Chem. News 41, pag. 75. 1881.

<sup>3)</sup> CHAPPUIS und RIVIÈRE, Compt. rend. 104, pag. 1504. 1881.

tate stimmen nur bei Atmosphären-Druck mit denen von BUNSEN und FARADAY überein.

$t$	$P$ (mm Hg)
-20.7	750
0	1800
5	2150
10	2570
15	3070

Die Zahlen von FARADAY<sup>1)</sup> sind folgende

$t$	$P$ (Atm.)	$t$	$P$ (Atm.)
-17.8	1.25	+10.0	3.28
-12.2	1.35	+23.3	4.79
- 6.7	1.89	+39.4	7.50

b) Dichte gesättigter Dämpfe.

Vacat.

### XI. Fluorbor.

a) Dampfspannungen.

FARADAY<sup>1)</sup> hat die Dampfspannungen des Fluorbors folgendermaassen bestimmt.

$t$ (C°)	$P$ (Atm.)
-73.3	4.61
-63.3	7.50
-54.4	10.00
-52.2	11.54

b) Specificsches Volumen der gesättigten Dämpfe.

Vacat.

### XII. Jod.

a) Dampfspannung.

RAMSAY und YOUNG<sup>2)</sup> haben für reines Jod (Siedep. 185.5 bei 760 mm) die Dampfspannungen in folgender Weise bestimmt.

Druck mm	Temp. C°	Zustand	Druck mm	Temp. C°	Zustand
20	+85.0	fest	200	137.05	flüssig
30	92.2	„	300	150.7	„
50	102.15	„	400	160.9	„
70	109.05	„	500	169.05	„
90	164.15	„	600	176.0	„
100	117.0	flüssig	700	182.0	„
150	128.9	„	760	185.3	„

b) Dichte gesättigter Dämpfe.

Vacat.

<sup>1)</sup> FARADAY, Phil. Trans. 1845, pag. 155.

<sup>2)</sup> RAMSAY und YOUNG, Journ. Chem. Soc. 49, pag. 453. 1886. S. a. V. v. RICHTER, Chem. Ber. 1886, pag. 1060.

**XIII. Jodwasserstoff.**

a) Dampfspannungen. Diese wurden von FARADAY<sup>1)</sup> gemessen und ergaben

$t$	$P$ (Atm.)
-17·8	2·9
0	3·97
15	5·89

b) Specificches Volumen der gesättigten Dämpfe.  
Vacat.

**XIV. Kohlenoxyd.**

a) Dampfspannung. Zahlenangaben liegen nur folgende vor von WROBLEWSKI<sup>2)</sup>.

$t$	$P$ (Atm.)
-143·33	30·98
-148·46	22·76
-151·57	19·32
-155·00	15·98
-157·45	14·22

b) Dichte gesättigter Dämpfe.  
Vacat.

**XV. Kohlensäure.**

a) Dampfspannung. Die Dampfspannungen der flüssigen Kohlensäure wurden gemessen:

- von FARADAY zwischen  $-79\cdot44^\circ$  und  $0^\circ$ ,
- von REGNAULT zwischen  $-25^\circ$  und  $+30^\circ$  (s. unten),
- von ANDREWS zwischen  $0^\circ$  und der kritischen Temperatur  $31\cdot0^\circ$ ,
- von CAILLETET zwischen  $-80^\circ$  und  $-34^\circ$ ,
- von AMAGAT zwischen  $0^\circ$  und  $31\cdot35^\circ$  (kritische Temperatur).

1) FARADAY<sup>3)</sup>, der die Kohlensäure zuerst verflüssigt hat, bestimmte auch ihre Dampfspannungen, die von REGNAULT dann auf  $C^\circ$  und *mm* Hg umgerechnet wurden.

2) REGNAULT<sup>4)</sup> hat mit Kohlensäure 2 Versuchsreihen angestellt, ohne zu wissen, dass die Kohlensäure oberhalb  $32^\circ$  kein Dampf mehr ist, da der kritische Punkt überschritten ist. Seine Versuche konnten ihm direkt den kritischen Zustand nicht zeigen, da er undurchsichtige Metallgefäße benutzte. Wohl aber ergaben ihm die Versuche, dass der Verlauf der Curve oberhalb  $25^\circ$  ein ganz anderer ist, wie ihn alle anderen Substanzen zeigten. Seine Beobachtungen gingen von  $-25^\circ$  bis  $+45^\circ$ . Er stellte sie durch die Formel

$$\log P = a + b\alpha^{t+26} + c\beta^{t+26}$$

dar, worin  $P$  in Hg,  $t$  in  $C^\circ$  ausgedrückt sind, und worin die Constanten folgende Werthe haben:

$$\begin{array}{l|l} a = 5\cdot6771989 & \log a = 9\cdot9947089 - 10 \\ b = -2\cdot2651888 & \log \beta = 9\cdot9910406 - 10. \\ c = 0\cdot6888035 & \end{array}$$

Es sind unten nur die Zahlen bis  $30^\circ$  angegeben.

1) FARADAY, Phil. Trans. 1845, pag. 155.

2) WROBLEWSKI, WIED. Ann. 25, pag. 371. 1885.

3) FARADAY, Phil. Trans. 1845, pag. 155.

4) REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 618.

3) ANDREWS<sup>1)</sup>, der die Isothermenmethode benutzte, konnte aus seinen älteren und neueren Versuchen die Maximalspannung bei verschiedenen Temperaturen entnehmen.

4) CAILLETET<sup>2)</sup> verflüssigte die Kohlensäure in seinem Apparat bei verschiedenen Temperaturen und bestimmte die zugehörigen Verflüssigungsdrucke. Diese sind wohl etwas unsicher.

5) AMAGAT<sup>3)</sup> untersuchte die Kohlensäure nach der Isothermenmethode und leitete daraus die Maximaldrucke und die spezifischen Volumina ab.

Die Resultate dieser Messungen sind folgende:

FARADAY		REGNAULT		ANDREWS	
$t$	$P$ (mm Hg)	$t$	$P$ (mm Hg)	$t$ (C°)	$P$ (Atm.)
-79.44	869	-25	13007.02	0	35.04
-77.22	1036	-20	15142.44	5.45	40.44
-70.50	1737	-10	20340.20	11.45	47.04
-63.88	2843	0	26906.10	16.92	53.77
-59.44	3505	10	34998.65	22.22	61.13
-48.48	5852	20	44716.58	25.39	65.78
-36.66	9595	30	56119.05	28.30	70.39
-30.55	11773	Bei -78.2° ist der		31.21 =	77.0 =
-26.11	13564	Druck 760 mm.		krit. T.	krit. Druck
-20.00	16367				
-15.00	18859				
-12.22	20437				
-9.44	22167				
-5.00	25260				
0	29337				

CAILLETET		AMAGAT	
$t$	$P$ (Atm.)	$t$ (C°)	$P$ (Atm.)
-80	1.00	0	34.3
-70	2.08	10	44.2
-60	3.90	20	56.3
-50	6.80	30	70.7
-40	10.25	30.5	71.5
-34	12.70	31.0	72.3
		31.35 =	72.9 =
		krit. Temp.	krit. Druck

b) Spezifische Volumens  $s$  und Dichtigkeit  $\delta$  der gesättigten Dämpfe. Messungen darüber liegen vor von:

1) CAILLETET und MATHIAS<sup>4)</sup>, welche nach ihrem oben (pag. 724) angegebenen Verfahren die Dichte des gesättigten Dampfes der Kohlensäure bestimmt haben, bezogen auf Wasser von 4° als Einheit;

2) von AMAGAT (l. c.), der die Dichtigkeit  $\delta$  der gesättigten Dämpfe und auch die Dichtigkeit  $\delta_0$  der Flüssigkeit aus den von ihm bestimmten Isothermen abgeleitet hat.

<sup>1)</sup> ANDREWS, Proc. Roy. Soc. 24, pag. 455. 1876.

<sup>2)</sup> CAILLETET, Archive de Genève 66, pag. 16. 1878.

<sup>3)</sup> AMAGAT, Compt. rend. 114, pag. 1093, 1322. 1892.

<sup>4)</sup> CAILLETET und MATHIAS, Journ. de phys. (5) 5, pag. 549. 1886.

Die Resultate sind folgende:

CAILLETET und MATHIAS		AMAGAT		
Temperatur + (C°)	Dichtigkeit der gesättigten Dämpfe $\delta$ (bez. auf Wasser)	Temperatur + (C°)	Dichtigkeit $\delta$ der gesättigten Dämpfe (bez. auf Wasser)	Dichtigkeit $\delta_\sigma$ der Flüssigkeit (bezogen auf Wasser)
-29.8	0.0352	0	0.096	0.914
-21.8	0.0526	10	0.133	0.856
-12.0	0.0692	20	0.190	0.766
- 1.4	0.0953	25	0.240	0.703
+ 8.2	0.1304	30	0.334	0.598
+17.3	0.1835	30.5	0.356	0.574
+25.0	0.2543	31	0.392	0.536
+30.2	0.3507	31.35 =	0.464 =	0.464
Es ist $\delta = 0.5668 - 0.00426t - 0.094\sqrt{31-t}$		krit. Temp.	krit. Dichte	

**XVI. Phosphortrichlorid.**

a) Dampfspannung. REGNAULT<sup>1)</sup> reinigte das flüssige Phosphortrichlorid durch Desfillation über Quecksilber. Er machte bloss eine Reihe von Beobachtungen, die er durch die Formel

$$\log P = a + b\alpha^t$$

darstellte, worin  $P$  in mm Hg,  $t$  in C° (Quecksilberthermometer) angegeben sind und die Constanten folgende Werthe haben

$$a = 4.7479108 \quad | \quad \log a = 9.9968895 - 10$$

$$b = - 3.1683558$$

Der Verlauf der Dampfspannungen ist folgender:

$t$ (Quecksilberthermometer)	$P$ mm Hg	$t$ (Quecksilberthermometer)	$P$ mm Hg
0	37.98	50	341.39
10	62.88	60	485.63
20	100.55	70	674.23
30	154.65	75	787.61
40	233.78		

b) Dichte gesättigter Dämpfe.

Vacat.

**XVII. Phosphortrifluorid, PFl<sub>3</sub>.**

MOISSAN<sup>2)</sup> zeigte, dass PFl<sub>3</sub> durch 180 Atm. weder bei 24° noch bei 3° verflüssigt werden kann. Dagegen wird es bei -10° schon durch 40 Atm. condensirt.

**XVIII. Phosphorpentafluorid, PFl<sub>5</sub>.**

MOISSAN<sup>3)</sup> zeigte, dass PFl<sub>5</sub> bei 16° unter dem Druck von 46 Atm. flüssig wird. Bei etwas erniedrigtem Druck wird es fest.

**XIX. Phosphorylthiofluorid.**

a) Dampfspannungen. THORPE und RODGER<sup>4)</sup> haben Thiophosphorylfluorid im DEWAR'schen Apparat verflüssigt und folgende Dampfspannungen gefunden:

<sup>1)</sup> REGNAULT, Rél. de exp. II, pag. 477.

<sup>2)</sup> MOISSAN, Ann. chim. phys. (2) 6, pag. 433. 1885.

<sup>3)</sup> MOISSAN, Compt. rend. 101, pag. 1890. 1880.

<sup>4)</sup> THORPE und RODGER, Journ. Chem. Soc. 88, pag. 306. 1889.

$t$ C°	$P$ Atm.	$t$ C°	$P$ Atm.
3·8	7·6	13·8	10·3
10·0	9·4	20·3	13·0

b) Specifisches Volumen gesättigter Dämpfe.  
Vacat.

## XX. Quecksilber.

a) Dampfspannungen.

1) REGNAULT<sup>1)</sup> stellte mit Quecksilber Versuche nach der dynamischen Methode an und drückte die Resultate durch die Formel aus

$$\log P = a + ba^t + c\beta^t,$$

wo  $P$  in  $mm$  Hg,  $t$  in C°, am Lufthermometer gemessen, zu nehmen sind. Die Constanten haben folgende Werthe:

$$\begin{array}{l|l} a = 5\cdot6640459 & \log a = 9\cdot9987562 - 10 \\ b = -7\cdot7449870 & \log \beta = 9\cdot9880938 - 18 \\ c = 0\cdot3819711 & \end{array}$$

YOUNG<sup>2)</sup> hat die Dampfspannungen des Quecksilbers in der Nähe des normalen Siedepunktes genau bestimmt und eine Tabelle von 180° bis 480° berechnet, indem er von der oben (pag. 737) erwähnten Formel Gebrauch machte,

$$R' = R_0 + c(t - t_0),$$

mittels welcher er die Spannungen des Quecksilberdampfes mit denen des Wasserdampfes verglich. Die Formel nahm hier die Gestalt an

$$R = 1\cdot6004 + 0\cdot000882 t,$$

worin  $R$  das Verhältniss der absoluten Temperaturen des Quecksilbers zu dem des Wassers bei gleichem  $P$ , und  $t$  die gewöhnliche Temperatur des Wassers ist.

Die so bestimmten Werthe sind folgende:

$t$ (C°)	REGNAULT $P$ (mm Hg)	YOUNG $P$ (mm Hg)	$t$ (C°)	REGNAULT $P$ (mm Hg)	YOUNG $P$ (mm Hg)
0	0·0200	—	320	368·73	378·5
20	0·0372	—	330	450·91	461·7
40	0·0767	—	340	548·43	559·1
60	0·1643	—	350	663·18	672·5
80	0·3528	—	360	797·74	803·7
100	0·7455	—	370	954·65	954·7
120	1·5341	—	380	1139·65	1127·5
140	3·0592	—	390	1346·71	1325·0
160	5·9002	—	400	1587·96	1548·5
180	11·00	8·41	410	1863·73	1801·0
200	19·90	16·81	420	2177·53	2085·0
210	26·35	23·22	430	2533·01	2402·5
220	34·70	31·64	440	2933·99	2757·0
230	45·35	42·56	450	3384·35	3150·5
240	58·82	56·55	460	3888·14	3586·0
250	75·75	74·26	470	4449·45	4067·0
260	96·73	96·46	480	5072·43	4596·0
270	123·01	124·0	490	5761·32	—
280	155·17	157·8	500	6520·25	—
290	194·46	198·9	510	7253·44	—
300	242·15	248·6	520	8264·96	—
310	299·69	308·0			

<sup>1)</sup> REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 506.

<sup>2)</sup> YOUNG, Trans. Chem. Soc. 59, pag. 629. 1891.

3) Wie oben (pag. 710) erwähnt, sind die REGNAULT'schen Zahlen bei tiefen Temperaturen sehr unsicher und es wurden zunächst von HAGEN<sup>1)</sup>, dann von HERTZ und RAMSAY und YOUNG ganz andere Werthe für die niederen Temperaturen abgeleitet.

HERTZ<sup>2)</sup> fand durch Berechnung nach einer der DUPRÉ'schen ähnlichen Formel aus seinen Beobachtungen bei tiefen Temperaturen noch viel kleinere Zahlen, nämlich

<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)
0	0·00019	120	0·779
10	0·00050	130	1·24
20	0·0013	140	1·93
30	0·0029	150	2·93
40	0·0063	160	4·38
50	0·013	170	6·41
60	0·026	180	9·23
70	0·050	190	13·07
80	0·093	200	18·25
90	0·165	210	25·12
100	0·285	220	34·90
110	0·478		

RAMSAY und YOUNG<sup>3)</sup> haben nach ihrer oben (pag. 710) angegebenen Methode die Dampfspannungen des Quecksilbers bei 220°, 280°, 448° bestimmt und aus den Resultaten

<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)
220·15	34·40
280·20	157·15
447	2896·9

die Constanten der REGNAULT'schen Formel

$$\log P = a + ba^{t-160}$$

berechnet zu

$$\begin{array}{l|l} a = 4·493745 & \log a = 1·9980029 \\ b = -3·890276 & \end{array}$$

Daraus berechnen sie folgende Tabelle für die tiefen Temperaturen, die gut mit den Zahlen von HERTZ stimmt.

<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)
40	0·008	90	0·160	140	1·763
50	0·015	100	0·270	160	4·013
60	0·029	110	0·445	180	8·535
70	0·052	120	0·719	200	17·015
80	0·092	130	0·137	220	31·957

1) HAGEN, WIED. ANN. 16, pag. 610. 1882.

2) HERTZ, WIED. ANN. 17, pag. 193. 1882.

3) RAMSAY u. YOUNG, Journ. Chem. Soc. 49, pag. 37. 1881.

4) Innerhalb der gewöhnlichen Schwankungen des Barometerdruckes berechnete YOUNG (l. c.) von 680 mm bis 800 mm folgende Siedetemperaturen

$t$	$P$	$t$	$P$	$t$	$P$
350	672·5	354	722·7	358	775·9
351	684·8	355	735·7	359	789·7
352	697·3	356	749·0	360	803·7
353	709·9	357	762·3		

b) Dichte gesättigter Dämpfe.  
Vacat.

### XXI. Sauerstoff.

a) Dampfspannungen. Für Sauerstoff liegen Messungen vor von

- 1) WROBLEWSKI<sup>1)</sup> zwischen  $-145$  und  $-125^\circ$ ,
- 2) OLSZEWSKI<sup>2)</sup> zwischen  $-211\cdot5$  und  $-146\cdot8$  und zwischen  $-130$  und  $-118^\circ$ ,
- 3) ESTREICHER<sup>3)</sup> zwischen  $-211$  und  $-182^\circ$ .

Die Resultate sind folgende

WROBLEWSKI	
$t$ C° (Thermoelement)	$P$ (Atm.)
$-145\cdot2$	17·20
$-140\cdot46$	23·28
$-135\cdot1$	29·46
$-130\cdot1$	34·86
$-125\cdot2$	41·15

ESTREICHER	
$t$ C° (Wasserstoff- thermometer)	$P$ (mm Hg)
$-211\cdot2$	7·5
$-209\cdot5$	11·5
$-308\cdot6$	14·5
$-204\cdot8$	31·8
$-201\cdot1$	61·8
$-198\cdot7$	91·8
$-195\cdot9$	141·8
$-194\cdot0$	179·1
$-190\cdot5$	279·1
$-195\cdot8$	479·1
$-193\cdot1$	629·1
$-182\cdot56$	743·8

OLSZEWSKI	
$t$ C° (Wasserstoff- thermometer)	$P$
—	4 mm Hg (noch flüssig)
$-211\cdot5^\circ$	9 mm Hg
$-181\cdot4$	1·00 Atm.
$-175\cdot4$	2·16 „
$-166\cdot1$	4·25 „
$-159\cdot9$	6·23 „
$-155\cdot6$	8·23 „
$-151\cdot6$	10·24 „
$-148\cdot6$	12·3 „
$-146\cdot8$	13·7 „
$-130\cdot3$	32·6 „
$-129\cdot0$	34·4 „
$-128\cdot0$	36·3 „
$-126\cdot8$	38·1 „
$-125\cdot6$	40·4 „
$-124\cdot0$	43·0 „
$-122\cdot6$	45·5 „
$-121\cdot6$	46·7 „
$-120\cdot7$	47·6 „
$-119\cdot5$	49·7 „
$-118\cdot8$	50·8 „
(krit. Temp.)	(krit. Druck)

b) Dichte gesättigter Dämpfe. Diese wurde von WROBLEWSKI (l. c.) bestimmt zu

1) WROBLEWSKI, WIED. Ann. 25, pag. 371. 1885.

2) OLSZEWSKI, Compt. rend. 100, pag. 351. 1885.

3) ESTREICHER, Phil. mag. (5) 40, pag. 459. 1893.

$t$ (C°)	$\delta$
-200·9	1·24
-108·0	0·6

von OLSZEWSKI (l. c) zu  $\delta = 1·110$  bis  $1·137$  bei  $t = -181·4°$ .

## XXII. Schwefel.

a) Dampfspannung. 1) REGNAULT<sup>1)</sup> stellte mit Schwefel Versuche nach der dynamischen Methode an bei Drucken über 250 mm, unterhalb dieses Druckes machte er nur einige Versuche nach der statischen Methode. Die Resultate lassen sich darstellen durch die Formel

$$\log P = a + b\alpha^{t-387}$$

wo  $P$  im mm Hg,  $t$  in C° am Luftthermometer gemessen ist. Die Constanten haben folgende Werthe

$$\begin{array}{l|l} a = 5·1545031 & \log \alpha = 0·9986684 - 10 \\ b = -2·7445700 & \end{array}$$

Der Verlauf der Dampfspannungen ist folgender:

$t$ Luft- thermometer	$P$ mm Hg	$t$ Luft- thermometer	$P$ mm Hg	$t$ Luft- thermometer	$P$ mm Hg
390	272·31	460	912·74	520	2133·30
400	328·98	470	1063·17	530	2421·97
410	395·20	480	1232·70	540	2739·21
420	472·11	490	1422·88	550	3086·56
430	560·98	500	1635·32	560	3465·33
440	663·11	510	1871·57	570	3871·08
450	779·89				

2) BARUS<sup>2)</sup> fand folgende, etwas abweichende, Dampfspannungen

$t$	$P$ (mm)	$t$	$P$ (mm)	$t$	$P$ (mm)
295	40·1	370	207·0	427	547·3
316	65·5	399	375·7	428	553·6
336	112·5	420	483·0	446	758·4

Sie lassen sich durch die Formel

$$\log P = 19·776 - \frac{4458}{T} - 3·868 \log T$$

darstellen.

b) Dichte gesättigter Dämpfe.  
Vacat.

## XXIII. Schwefelkohlenstoff.

a) Dampfspannung. Hiertüber liegen 3 ausführliche Messungsreihen vor, von

<sup>1)</sup> REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 526.

<sup>2)</sup> BARUS, Phil. mag. (5) 29, pag. 141. 1890.

REGNAULT	zwischen den Temperaturen	— 20°	und + 150°
SAJOTSCHESKI	„ „ „	+ 140°	„ + 271·8 (krit. Temp.)
BATTELLI	„ „ „	— 30	„ + 273·05 „

Ausserdem sind in kleinen Intervallen noch Zahlen von WÜLLNER und GROTRIAN vorhanden.

1) REGNAULT<sup>1)</sup> behandelte den CS<sub>2</sub> so, dass er ihn eine lange Zeit über pulverisirtem Chlorcalcium stehen liess und dann im Wasserbad destillirte. Er machte 5 Reihen von Beobachtungen, die er durch die Formel

$$\log P = a + b\alpha^{t+20} + c\beta^{t+20}$$

darstellte, worin  $P$  der Druck in  $mm$  Hg,  $t$  die am Luftthermometer gemessene Temperatur ist. Die Constanten haben folgende Werthe

$a = 5\cdot4011662$	$\log a = 9\cdot9977623 - 10$
$b = -3\cdot4405663$	$\log \beta = 9\cdot9911997 - 10$
$c = -0\cdot2857386$	

2) SAJOTSCHESKI<sup>2)</sup> bestimmte die Dampfspannungen von CS<sub>2</sub> nach der pag. 710 angegebenen Methode bis zur kritischen Temperatur. Ueber die Darstellung und Reinigung der Substanz ist l. c. nichts angegeben.

3) BATTELLI<sup>3)</sup> hat aus dem Studium der Isothermen des Schwefelkohlenstoffs auch die Drucke des gesättigten Dampfes bis zu hohen Temperaturen abgeleitet. 1 l Schwefelkohlenstoff wurde mit Natronlauge lange geschüttelt, wiederholt mit Wasser gewaschen und mit Chlorcalcium getrocknet. Dann wurde er mit Quecksilber mehrere Stunden lang geschüttelt und darauf 24 Stunden in Berührung mit fein gepulvertem Sublimat gebracht. Darauf wurde die Flüssigkeit abfiltrirt, mit 2  $\phi$  reinen Olivenöls gemischt und im Vacuum destillirt. Um die Luft zu entfernen, wurde sie nachher noch öfter im Vacuum zum Sieden gebracht. Die Dampfspannungen wurden nach der BIOT-REGNAULT'schen Formel

$$\log P = a + b\beta^t + c\gamma^t$$

dargestellt, die sich jedoch nicht mit denselben Constanten für die ganze Reihe der Versuche geeignet zeigte. Für die Versuche zwischen — 30 und 171° hatten die Constanten die Werthe

$a = 5\cdot0720062$	$\log \beta = 9\cdot9971662 - 10$
$b = -2\cdot962430$	$\log \gamma = 9\cdot9086244 - 10$
$c = -0\cdot00102909$	

Für die Versuche von 171° bis zur kritischen Temperatur hatten sie die Werthe:

$a = 5\cdot2468107$	$\log \beta = 9\cdot997001215 - 10$
$b = -3\cdot2022418$	$\log \gamma = 9\cdot993006452 - 10$
$c = -6\cdot631122$	

4) WÜLLNER und GROTRIAN<sup>4)</sup> benutzten Schwefelkohlenstoff, der nicht weiter gereinigt war.

Die Resultate dieser Messungen sind folgende:

1) REGNAULT, *Rél. des exp.* II, pag. 394.

2) SAJOTSCHESKI, *Beibl.* 3, pag. 741. 1879.

3) BATTELLI, *Mem. della Acc. di Torino* (2) 41, pag. 1. 1890; (2) 42, pag. 1. 1891; *Physik. Revue* I, pag. 641. 1892.

4) WÜLLNER und GROTRIAN, *WIED. Ann.* II, pag. 556. 1880.

$t$	REGNAULT	BATTELLI	SAJOTSCHESKI	WÜLLNER und GROBIAN	
	$P$ (mm)	$P$ (mm Hg)	$P$ (Atm.)	$t$	$P$ (mm Hg)
-30	—	7·97	—	—	—
-20	47·30	42·41	—	—	—
-10	79·44	79·68	—	—	—
0	127·90	128·39	—	—	—
10	198·46	198·01	—	—	—
20	298·03	296·48	—	20·44	303·85
30	434·62	432·76	—	34·92	522·78
40	617·53	616·75	—	40·21	627·85
50	857·07	859·49	—	50·63	879·66
60	1164·51	1172·9	—	59·94	1169·59
70	1552·09	1569·6	—	70·09	1563·72
80	2032·53	2062·1	—	85·01	2321·66
90	2619·08	2662·8	—		
100	3325·15	3383·4	—		
110	4164·06	4234·4	—		
120	5148·79	5225·0	—		
130	6291·60	6362·6	—		
140	7603·96	7651·6	10·30		
150	9095·94	9094·9	12·58		
160	—	10693·2	15·05		
170	—	12448·8	17·90		
180	—	17095·1	21·09		
190	—	20317·5	24·80		
200	—	23813·3	28·83		
210	—	27555·4	33·14		
220	—	31518·9	38·15		
230	—	35675·0	43·52		
240	—	39993·7	49·75		
250	—	44444·6	56·30		
260	—	48997·2	64·42		
270	—	53622·0	72·95		
		55380=72·868 Atm. bei 273·05 = krit. Punkt	74·7 bei 271·8 = krit. Punkt		

b) Spezifisches Volumen  $s$  und Dampfdichte  $l$  der gesättigten Dämpfe. 1) WÜLLNER und GROTRIAN (oben No. 4) haben nach der oben pag. 723 angeführten Methode das spezifische Volumen des gesättigten Dampfes von  $CS_2$  bestimmt. Sie erhielten folgende Werthe

$t$	$s$ (spec. Vol.) ccm pro Gramm	Dampfdichte $l$ (Luft = 1)	$t$	$s$ (spec. Vol.) ccm pro Gramm	Dampfdichte $l$ (Luft = 1)
45·38	340·8	2·714	70·10	172·1	2·749
52·17	281·0	2·706	75·55	150·2	2·768
59·94	224·6	2·740	85·03	119·6	2·788
66·99	180·0	2·758			

2) BATTELLI (o. No. 3) hat aus der Untersuchung der Isothermen des Schwefelkohlenstoffdampfes auch die spezifische Volumina abgeleitet und aus diesen die Dampfdichten  $l$  bezogen auf Luft berechnet. Dieselben sind in folgender Tabelle enthalten.

$t$ in C°	Spec. Vol. $s$ in $ccm$ pro 1 $gr$ Dampf	Dampfdichte $l$ bez. auf Luft = 1	$t$ in C°	Spec. Vol. $s$ in $ccm$ pro 1 $gr$ Dampf	Dampfdichte $l$ bez. auf Luft = 1
-29.34	20482.3	2.6205	171.52	23.892	3.1218
-23.41	6831.2	2.6399	183.40	17.106	3.3223
-14.01	3256.3	2.6429	193.05	13.681	3.4975
- 3.06	1959.8	2.6483	209.32	10.094	3.8057
+ 8.26	1251.3	2.6539	217.35	8.601	4.0354
16.37	912.02	2.6590	229.46	7.040	4.3468
22.44	733.04	2.67925	262.8	3.891	5.9092
57.08	246.05	2.6984	271.6	3.110	6.9420
78.82	137.21	2.76205	273.0	2.718	7.8280
99.24	85.683	2.7992	273.05 =	2.651 =	—
130.48	46.162	2.9206	krit. Temp.	krit. Volumen	—
159.10	28.704	3.0759			

## XXIV. Schwefelwasserstoff.

a) Dampfspannungen. Ueber diese liegen Messungen vor von:

FARADAY zwischen  $-70^{\circ}$  und  $+11.11$ ,

REGNAULT „  $-25^{\circ}$  „  $+70$ ,

OLSZEWSKI „  $-63.5^{\circ}$  „  $+100$ .

1) FARADAY<sup>1)</sup> hat Schwefelwasserstoff zuerst verflüssigt und die Dampfspannungen gemessen. Seine Zahlen wurden von REGNAULT auf  $mm$  Hg und C° umgerechnet.

2) REGNAULT<sup>2)</sup> stellte  $H_2S$  dar durch Erhitzen von Schwefelantimon mit Salzsäure. Er machte damit 2 Beobachtungsreihen, die er durch die Formel darstellte:

$$\log P = a + b\alpha^{t+28} + c\beta^{t+28},$$

worin  $P$  in  $mm$  Hg,  $t$  in C° ausgedrückt sind und die Constanten folgende Werthe haben:

$$\begin{array}{l|l} a = 5.5881602 & \log \alpha = 9.9966926 - 10 \\ b = -2.0718690 & \log \beta = 9.9579740 - 10. \\ c = +0.0145224 & \end{array}$$

3) OLSZEWSKI<sup>3)</sup> hat die Dampfspannungen von Schwefelwasserstoff bis zur kritischen Temperatur untersucht.

Die Resultate dieser Messungen sind folgende

FARADAY		REGNAULT		OLSZEWSKI	
$t$ (C°)	$P$ (mm Hg)	$t$	$P$ (mm Hg)	$t$ (C°)	$P$ (Atm.)
-70	830.6	-25	3749.33	-63.5	1
-58.88	1143.0	-20	4438.45	0	10.25
-50.00	1524.0	-10	6084.57	18.2	16.95
-40.00	2179.3	0	8206.29	50	35.56
-31.18	3009.9	+10	10896.32	52	37.17
-26.66	3505.2	20	14131.51		
-18.88	4495.8	30	18035.35	100 =	88.7 =
+ 3.33	7132.3	40	22582.36	krit. Temp.	krit. Druck
+11.11	11125.2	50	27814.77		
		60	33740.16		
		70	40353.25		
		Bei $t = -78.2^{\circ}$ war $P = 741.42 mm$			

1) FARADAY, Phil. Trans. 1845, pag. 155.

2) REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 61.

3) OLSZEWSKI, Bull. Ac. Cracovie Febr. 1890, pag. 57; Beibl. 14, pag. 896.

b) Specificisches Volumen gesättigter Dämpfe *s*.

Vacat.

## XXV. Schweflige Säure.

a) Dampfspannungen. Messungen über die Spannkkräfte der schwefligen Säure liegen vor von:

	zwischen den Temperaturen		— 10°	und + 37.77°
FARADAY	„	„	— 30°	„ + 65°
REGNAULT	„	„	+ 50°	„ + 155.4° (krit. Temp.)
SAJOTSCHESKI	„	„	— 30°	„ + 50°
PICTET	„	„	— 19.5°	„ + 98.2°.
BLÜMCKE	„	„		

1) FARADAY<sup>1)</sup> hat die schweflige Säure zuerst verflüssigt und dabei ihre Dampfspannungen gemessen, die von REGNAULT auf *mm* Hg und Celsiusgrade umgerechnet wurden.

2) REGNAULT<sup>2)</sup> benutzte zu seinen Versuchen schweflige Säure, die zur Befreiung von Schwefligsäurehydrat mit concentrirter Schwefelsäure geschüttelt und neuerlich destillirt wurde. Er stellte 3 Reihen von Beobachtungen an, nach der statischen und dynamischen Methode. Bei der dynamischen Methode ergaben sich für die tiefen Temperaturen Werthe, die nicht gut mit den nach der statischen Methode erhaltenen übereinstimmten. Die Resultate sind durch die Formel dargestellt:

$$\log P = a + b\alpha^{t+28} + c\beta^{t+28},$$

worin *P* in *mm* Hg, *t* in C° ausgedrückt sind. Die Constanten haben folgende Werthe:

$$\begin{array}{l|l} a = 5.6663790 & \log a = 9.9972989 - 10 \\ b = -3.0146890 & \log \beta = 9.98729002 - 10. \\ c = -0.1465400 & \end{array}$$

3) SAJOTSCHESKI<sup>3)</sup> bestimmte die Dampfspannungen der schwefligen Säure bis zur kritischen Temperatur. Ueber die Darstellung und Reinigung der Substanz ist nichts in den Beiblättern enthalten. Die Methode ist pag. 710 angegeben.

4) PICTET<sup>4)</sup>, der Kältemaschinen mit schwefliger Säure und deren Mischungen mit Kohlensäure betrieb, giebt eine Beobachtungsreihe über die Dampfspannungen.

5) BLÜMCKE<sup>5)</sup> stellte sich schweflige Säure aus Kupfer und concentrirter Schwefelsäure selbst her.

Die Resultate dieser Messungen sind folgende:

FARADAY		REGNAULT		SAJOTSCHESKI		PICTET		BLÜMCKE	
<i>t</i>	<i>P</i> ( <i>mm</i> Hg)	<i>t</i>	<i>P</i> ( <i>mm</i> Hg)	<i>t</i>	<i>P</i> (Atm.)	<i>t</i>	<i>P</i> (Atm.)	<i>t</i>	<i>P</i> (Atm.)
-10	762.0	-30	287.47	50	8.43	-30	0.36	-19.5	0.60
0	1165.9	-20	179.46	60	11.09	-20	0.61	-11.5	0.95
8.88	1569.7	-10	762.49	70	14.31	-10	1.00	0	1.51
17.76	2103.1	0	1165.06	80	18.09	0	1.51	35.0	5.45
23.05	2499.4	+10	1719.55	90	22.47	+10	2.35	46.7	7.55
32.22	3314.7	20	2462.05	100	27.82	20	3.30	65.0	12.83
37.77	3931.9	30	3431.80	110	33.95	30	4.60	77.5	17.12
		40	4670.23	120	41.56	40	6.20	98.2	26.96
		50	6220.01	130	49.87	50	8.30		
		60	8123.80	140	60.00				
		65	9221.40	150	71.45				
				155.4 =	78.9 =				
				krit. Temp.	krit. Druck				

1) FARADAY, Phil. Trans. 1845. pag. 155.

2) REGNAULT, Rél. des. exp. II, pag. 581.

3) SAJOTSCHESKI, Beibl. 3, pag. 141. 1879.

4) PICTET, Nouvelles machines frigorifiques, Genève 1885.

5) BLÜMCKE, WIED. Ann. 34, pag. 18. 1888.

b) Dichte der gesättigten Dämpfe. Diese ist von CAILLETET und MATHIAS<sup>1)</sup> nach ihrer oben pag. 723 angegebenen Methode bestimmt worden. Die Dichte  $\delta$  ist bezogen auf Wasser.

$t$	$\delta$	$t$	$\delta$	$t$	$\delta$
7.3	0.00624	78.7	0.0464	135.0	0.1888
16.5	0.00858	91.0	0.0626	144.0	0.2496
24.7	0.0112	100.6	0.0786	154.9	0.4017
37.5	0.0169	623.0	0.1340	156.0 =	0.52 =
45.4	0.0218	130.0	0.1607	krit. Temp.	krit. Dichte
58.2	0.0310				

G. BAUER fand (l. c.)  $\delta = 0.00286$  bei Atmosphärendruck ( $t = \text{ca. } -10^\circ$ ).

### XXVI. Selenwasserstoff.

a) Dampfspannungen. OLSZEWSKI<sup>2)</sup> hat die Dampfspannungen von Selenwasserstoff bis zur kritischen Temperatur untersucht und folgende Werthe gefunden.

$t$ (C°)	$P$ (Atm.)
-41	1
0	6.6
18	8.6
52	21.5
100	47.1
137 =	91.0 =
krit. Temp.	krit. Druck

b) Specificisches Volumen gesättigter Dämpfe *s.*  
Vacat.

### XXVII. Siliciumwasserstoff.

OGIER<sup>3)</sup> hat mittelst des CAILLETET'schen Apparates Siliciumwasserstoff (reinen) verflüssigt und giebt folgende zusammengehörige Temperaturen und Dampfspannungen an, die aber (die letzteren) wohl mit grosser Vorsicht aufzunehmen sind.

$t$ C°	$P$ (Atm.)
-11°	50
- 5°	70
- 1°	100

Bei 0° ist die Substanz noch bei 150 und 200 Atm. nicht condensirt. Also muss der kritische Punkt zwischen 0 und - 1° liegen.

### XXVIII. Stickoxyd.

a) Dampfspannungen. OLSZEWSKI<sup>4)</sup> hat das Stickoxyd dargestellt, indem er Eisensulfat mit verdünnter Schwefelsäure erhitzte. Seine Resultate sind folgende:

<sup>1)</sup> CAILLETET und MATHIAS, Compt. rend. 104, pag. 1563. 1887.

<sup>2)</sup> OLSZEWSKI, Bull. Ac. Krakau, Febr. 1890, pag. 57. 1890; Beibl. 14, pag. 896.

<sup>3)</sup> OGIER, Compt. rend. 88, pag. 236. 1879.

<sup>4)</sup> OLSZEWSKI, Compt. rend. 100, pag. 942. 1885; *s.* CAILLETET ebenda, pag. 943.

$t$	$P$	$t$	$P$
Wasserstoff- thermometer		Wasserstoff- thermometer	
—176·5	fest 18 mm Hg	—110·0	31·6 Atm.
—167·0	fest 138 mm Hg (Erstarrungspunkt)	—105·0	41·0 „
—153·6	1 Atm.	—100·9	49·9 „
—138·0	5·4 „	— 97·5	57·8 „
—129·0	10·6 „	— 93·5	71·2 „
—119·0	20·0 „	(krit. Temp.)	(krit. Druck)

b) Specificisches Volumen gesättigter Dämpfe.  
Vacat.

### XXIX. Stickoxydul.

a) Dampfspannungen. Messungen über die Dampfspannungen des flüssigen Stickoxyduls liegen vor von:

FARADAY	zwischen den Temperaturen	— 17°	und	+ 1
REGNAULT	„ „ „	— 25°	„	+ 40
CAILLETET	„ „ „	— 92°	„	— 34
JANSSEN	„ „ „		„	

1) FARADAY<sup>1)</sup> hat Stickoxydul zuerst verflüssigt und seine Dampfspannungen gemessen. Seine Zahlen sind von REGNAULT<sup>2)</sup> auf Celsiusgrade und mm Hg umgerechnet worden.

2) REGNAULT<sup>3)</sup> stellte Stickoxydul durch Zersetzung von salpetersaurem Ammoniak her und reinigte und trocknete es, indem er es durch eine Kalilösung und durch Chlorcalcium gehen liess. Er machte 2 Reihen von Versuchen, die er durch die Formel

$$\log P = a + b\alpha^{t+26}$$

darstellte, worin  $P$  in mm Hg,  $t$  in C° ausgedrückt ist und die Constanten folgende Werthe haben:

$$\begin{array}{l|l} a = 9\cdot2420206 & \log \alpha = 9\cdot9991451 - 10. \\ b = -5\cdot0562070 & \end{array}$$

3) CAILLETET<sup>4)</sup> verflüssigte Stickoxydul in seinem Apparat bei verschiedenen Temperaturen und bestimmte die Verflüssigungsdrucke. Dieselben scheinen nicht sehr zuverlässig zu sein.

4) JANSSEN<sup>5)</sup> hat mit dem ANDREWS'schen Apparat die Isothermen von Stickoxydul untersucht. Seine Resultate sind mir aber nicht zugänglich.

Die Resultate dieser Messungen sind folgende:

<sup>1)</sup> FARADAY, Phil. Trans. 1845, pag. 155.

<sup>2)</sup> REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 646.

<sup>3)</sup> REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 626.

<sup>4)</sup> CAILLETET, Arch. de Genève 66, pag. 16. 1814.

<sup>5)</sup> JANSSEN, Inaugural-Dissert. Leyden 1877; Beibl. 2, pag. 136. 1878.

FARADAY		REGNAULT		CAILLETET	
$t$	$P$ (mm Hg)	$t$	$P$ (mm Hg)	$t$	$P$ (Atm.)
-87.22	762	-25	15694.88	-92	1
-78.88	1044	-20	17586.58	-90	1.10
-70.55	1549	-10	22008.05	-80	1.90
-62.22	2370	0	27420.97	-70	3.15
-53.88	3581	10	34019.09	-60	5.05
-42.77	5911	20	42027.88	-50	7.63
-40.00	6637	30	51708.55	-40	11.02
-31.66	9174	40	63359.78	-34	13.19
-20.55	13487	Bei -87.90° ist der Druck			
-12.22	17442	760 mm.			
- 3.88	22022				
- 1.11	23698				
+ 1.66	25451				

b) Dichte der gesättigten Dämpfe. CAILLETET und MATHIAS<sup>1)</sup> fanden nach ihrer oben (pag. 723) angegebenen Methode für die Dichte  $\delta$  des gesättigten Dampfes von Stickoxydul folgende Werthe bezogen auf Wasser von 4° als Einheit.

$t$	$\delta$	$t$	$\delta$	$t$	$\delta$
-28.0	0.0378	- 4.0	0.0722	+23.4	0.1690
-21.5	0.0461	+ 4.0	0.0909	+28.0	0.2023
-12.2	0.0566	+13.5	0.1215	+33.9	0.2650

$$\text{Es ist } \delta = 9.5099 - 9.00361 t - 0.0714 \sqrt{36.4^\circ - t}.$$

### XXX. Stickstoff.

a) Dampfspannungen. Für Stickstoff liegen Messungen vor von WROBLEWSKI und von OLSZEWSKI.

WROBLEWSKI<sup>2)</sup> maass die Dampfspannungen zwischen - 158.4 und - 146.3°, OLSZEWSKI<sup>3)</sup> nur bei sehr geringem Druck.

Die Resultate sind folgende:

WROBLEWSKI		OLSZEWSKI	
$t$	$P$ (Atm.)	$t$	$P$ (mm Hg)
-158.42	14.82	-225	4
-154.95	18.38	-214	60
-151.85	23.48	-194.4	760
-146.35	32.08		

b) Dichte gesättigter Dämpfe. Diese wurde von OLSZEWSKI (l. c.) bei - 193° (Atmosphärendruck) zu 0.859 bis 0.905 bestimmt.

<sup>1)</sup> CAILLETET und MATHIAS, Journ. de phys. (2) 5, pag. 549. 1881.

<sup>2)</sup> WROBLEWSKI, WIED. Ann. 25, pag. 371. 1885.

<sup>3)</sup> OLSZEWSKI, WIED. Ann. 31, pag. 74. 1887.

## XXXI. Wasser.

a) Dampfspannungen. Für Wasser liegen 5 ausführliche Messungsreihen vor von:

REGNAULT	zwischen den Temp.	— 20 und +230	
MAGNUS	„ „ „	— 5 „ +115	
CAILLETET u. COLARDEAU	„ „ „	+100 „ 365	(krit. Temp.)
BATTELLI	„ „ „	— 10 „ 364·3	„
RAMSAY und YOUNG	„ „ „	+120 „ +270	„

1) REGNAULT<sup>1)</sup> stellte die Gesammtheit seiner Beobachtungen durch die Formel dar:

$$\log P = a + b\beta\tau + c\gamma\tau,$$

worin  $P$  in  $mm$  Hg ausgedrückt ist, die Temperaturen sich auf den Luftthermometer beziehen und die Constanten die Werthe haben:

$$\begin{array}{l|l} a = 6\cdot2640348 & \log \beta = 9\cdot994049292 - 10 \\ \log(-b) = 0\cdot1397743 & \log \gamma = 9\cdot998343862 - 10. \\ \log(-c) = 0\cdot6924351 & \\ \tau = t^0 + 20 & \end{array}$$

Ausserdem stellte er die Beobachtungen auch durch die Formel von ROCHE dar:

$$P = A a_{1+m\tau}^{\tau},$$

worin in denselben Einheiten die Constanten die Werthe haben:

$$\begin{array}{l} \log A = 9\cdot9590414 - 10 \\ \log a = 0\cdot03833818 \\ m = 0\cdot004788221. \end{array}$$

Diese zweite Formel stellt aber die Beobachtungen viel weniger gut dar, als die erste<sup>2)</sup>

2) MAGNUS<sup>3)</sup> stellte die Beobachtungen, die mit denen von REGNAULT im gemeinschaftlichen Intervall ausgezeichnet stimmten, auch durch die Formel von ROCHE dar, der er die Form gab:

$$P = B \cdot 10^{\frac{n\tau}{p+\tau}}.$$

Darin haben in den obigen Einheiten die Constanten die Werthe:

$$\begin{array}{l} B = 4\cdot525 \\ n = 7\cdot4475 \\ p = 234\cdot69. \end{array}$$

3) CAILLETET und COLARDEAU<sup>4)</sup> haben die Dampfspannungen des Wassers bis zum kritischen Punkt untersucht, indem sie das Wasser in ein Stahlrohr brachten und auf verschiedene Temperaturen erhitzen. Der Druck wurde mit

1) REGNAULT, *Rél. des. Exp.* I, pag. 465

2) MORITZ, *Bull. de l'Ac. de St. Petersburg* 13, pag. 43. 1869 hat die REGNAULT'schen Formeln revidirt und andere Constanten gefunden.

3) MAGNUS, *POGG. Ann.* 61, pag. 223. 1844.

4) CAILLETET und COLARDEAU, *Journ. de phys.* (2) 10, pag. 333. 1891; *Physik. Revue* I, pag. 14. 1892.

einem Wasserstoffmanometer gemessen. Es wurde das Volumen, welches die Flüssigkeit und ihr Dampf einnehmen, constant erhalten. Bei verschiedenen angewendeten Flüssigkeitsmengen fielen die Dampfdruckcurven bis zum kritischen Punkt immer übereinstimmend aus. Oberhalb desselben gingen sie auseinander (s. o. pag. 660). Die Beobachtungen liessen sich nach der BERTRAND'schen Formel

$$P = G \frac{T^a}{(T + 127)^b}$$

darstellen, in welcher, wenn die Drucke in Atmosphären ausgedrückt sind, die Constanten die Werthe haben

$$a = 57.074 \quad b = 59.572 \quad \log G = 14.00527.$$

Sie liessen sich aber auch ebenso gut darstellen, wenn man aus der CLAUDIUS'schen Zustandsgleichung

$$p = \frac{RT}{v - a} - \frac{aT^{-n} - b}{(v + \beta)^2}$$

die Werthe von  $P$ ,  $v$ ,  $\sigma$  nach der oben pag. 736 entwickelten Methode entnimmt. Die hier auftretenden Constanten  $a$ ,  $b$ ,  $n$  haben folgende Werthe:

$$a = 4033.869 \quad b = 0.8320 \quad n = 1.1918.$$

4) BATTELLI<sup>1)</sup> hat die Dampfspannungen des Wassers aus der Messung der Isothermen des Wasserdampfes bestimmt. Seine Versuche erstrecken sich bis zur kritischen Temperatur. Der Apparat, in dem der Wasserdampf sich befand, bestand aus Stahl, da Glas bei hohen Temperaturen aufgelöst wird. Das von dem Dampf in dem Stahlmessrohr eingenommene Volumen wurde dadurch gemessen, dass die in das Stahlrohr eingedrungene Quecksilbermenge — natürlich unter Berücksichtigung der Compression und thermischen Dilatation — bestimmt werden konnte. Das Wasser wurde sorgfältig gereinigt und destillirt — in der Kälte. Die Drucke des gesättigten Dampfes wurden durch die BIOT-REGNAULT'sche Formel dargestellt, welche aber in den verschiedenen Temperaturintervallen verschiedene Constanten bekommen musste. Es waren nämlich in der Formel

$$\log P = a + b\beta^t + c\gamma^t$$

die Constanten

I. Zwischen $-10^\circ$ und $100^\circ$	II. Zwischen $100^\circ$ und $200^\circ$	III. Zwischen $250^\circ$ und $364^\circ$
$a = 4.7325067$	$a = 6.2998803$	$a = 6.3210426$
$b = 0.0137486$	$b = -2.190434$	$b = -2.248200$
$c = -4.101985$	$c = -5.015341$	$c = -5.025107$
$\log \beta = 0.00701402$	$\log \beta = 9.9852446 - 10$	$\log \beta = 9.98640132 - 10$
$\log \gamma = 9.996704881 - 10$	$\log \gamma = 9.99824205 - 10$	$\log \gamma = 9.99824089 - 10$

Die nach diesen Formeln berechneten Dampfspannungen sind in der folgenden Tabelle eingetragen. Sie stimmen gut mit denen von REGNAULT und MAGNUS. Bei hohen Temperaturen stimmen sie auch ziemlich gut mit denen von CALLETET und COLARDEAU.

5) RAMSAY und YOUNG<sup>2)</sup> benutzten Röhren von grünem, nicht angreifbarem Glas und maassen die Drucke mit einem Luftmanometer.

Der Verlauf der Dampfspannungen ist in folgender Tabelle gegeben:

<sup>1)</sup> BATTELLI, Mem. dell' Accad. di Torino (2) 41, pag. 33. 1891; (2) 43, pag. 1. 1892.

<sup>2)</sup> RAMSAY und YOUNG, Phil. Trans. 1892 A., pag. 107.

$t$ (C°)	REGNAULT	MAGNUS	BATTELLI	RAMSAY u. YOUNG	CAILLETET und COLARDEAU
(Luftther- mometer)	$P$ (mm Hg)	$P$ (mm Hg)	$P$ (mm Hg)	$P$ (mm Hg)	$P$ (Atm.)
—30	0·39	—	—	—	—
—20	0·91	0·916	—	—	—
—10	2·08	2·10	2·08	—	—
0	4·60	4·52	4·41	—	—
10	9·16	9·13	8·84	—	—
20	17·39	17·40	16·87	—	—
30	31·55	31·60	30·75	—	—
40	54·91	54·97	53·76	—	—
50	91·98	91·96	90·45	—	—
60	148·79	148·58	143·50	—	—
70	233·09	232·61	230·84	—	—
80	354·64	353·93	352·37	—	—
90	525·45	524·77	523·74	—	—
100	760·00	760·00	760·00	—	1·0
110	1073·00	1077·26	1082·93	—	—
120	1483·00	—	1503·44	1484	—
125	—	—	—	—	2·3
130	2013·00	—	2042·66	2019	—
140	2682·00	—	2724·98	2694	—
150	3532·00	—	3578·36	3568	4·7
160	4580·00	—	4633·91	4652	—
170	5842·00	—	5918·65	5937	—
175	—	—	—	—	8·6
180	7366·00	—	7494·51	7487	—
190	9204·00	—	9378·81	9403	—
200	11360·00	—	11625·00	11625	15·1
210	13895·00	—	14275·60	14240	—
220	16823·00	—	17979·44	17363	—
225	—	—	—	—	25·2
230	20160·00	—	20774·64	20936	—
240	—	—	25166·84	25019	—
250	—	—	29951·49	29734	39·5
260	—	—	35760·99	35059	—
270	—	—	43368·23	41101	—
275	—	—	—	—	89·3
280	—	—	50596·70	—	—
290	—	—	58665·76	—	—
300	—	—	67620·03	—	86·2
310	—	—	77500·71	—	—
320	—	—	88343·09	—	—
325	—	—	—	—	121·1
330	—	—	100219·08	—	—
340	—	—	113828·12	—	—
350	—	—	126923·91	—	167·3
360	—	—	141865·00	—	—
365	—	—	—	—	200·5

14799 =  
194·61 Atm.  
bei 364·3 =  
krit. Punkt

b) **Specifisches Volumen  $s$  und Dampfdichte der gesättigten Dämpfe.** Messungen in grösserem Intervall liegen vor von FAIRBAIRN und TATE nach ihrer oben pag. 722 angegebenen Methode, ferner von BATTELLI nach der Isothermenmethode und von RAMSAY und YOUNG (oben No. 5). Im kleineren Intervall sind Messungen von WÜLLNER und GROTRIAN und BAUER angestellt worden, ein Einzelwerth bei  $0^\circ$  rührt von DIETERICI her.

1) FAIRBAIRN und TATE<sup>1)</sup> haben ihre Resultate dargestellt durch die Formel

$$s = 0.02562 + \frac{17098}{P + 246.67}$$

Darin sind die Drucke  $P$  nicht in Atmosphären, sondern in  $\text{kgm pro m}^2$  gerechnet und  $s$  wird in  $\text{m}^3$  pro 1 Kilo ausgedrückt. In der folgenden Tabelle sind die specifischen Volumina  $s$  in  $\text{ccm pro 1 gr}$  angegeben.

$t$ C°	Spec. Vol. $s$ in $\text{ccm pro 1 gr}$	$t$ C°	Spec. Vol. $s$ in $\text{ccm pro 1 gr}$	$t$ C°	Spec. Vol. $s$ in $\text{ccm pro 1 gr}$
58.20	8280	86.83	2620	128.41	649
68.51	5330	92.65	2150	139.21	497
77.49	3720	117.16	943	144.74	450

2) BATTELLI (ob. No. 4) hat aus den von ihm bestimmten Isothermen des Wasserdampfs auch die specifischen Volumina  $s$  des gesättigten Wasserdampfs (in  $\text{ccm pro 1 gr}$  Substanz), hergeleitet und in folgender Tabelle niedergelegt. Zugleich sind darin die Dichten des gesättigten Wasserdampfs (bezogen auf Luft als Einheit) gegeben.

$t$ C°	Spec. Vol. $s$ in $\text{ccm pro 1 gr}$	Dampfdichte $l$ bez. auf Luft = 1	$t$ C°	Spec. Vol. $s$ in $\text{ccm pro 1 gr}$	Dampfdichte $l$ bez. auf Luft = 1
14.91	80311.4	0.62732	144.21	457.232	0.64205
21.05	55746.4	0.62858	182.90	187.622	0.65680
27.15	39534.2	0.62978	202.21	125.372	0.67052
57.01	8738.90	0.62980	231.41	72.415	0.70564
78.52	3632.41	0.63016	364.3	4.812	—
99.60	1690.46	0.63383	= krit. Temp.	= krit. Vol.	—
130.32	661.543	0.63757			

3) WÜLLNER und GROTRIAN<sup>2)</sup> haben die specifischen Volumina von Wasserdampf (in  $\text{ccm pro 1 gr}$ ) nach der o. pag. 723 angegebenen Methode bestimmt und folgende Resultate erhalten, die mit denen von FAIRBAIRN und TATE und BATTELLI gut übereinstimmen.

$t$	Spec. Vol. $s$ in $\text{ccm pro 1 gr}$	Dampfdichte $l$ Luft = 1	$t$	spec. Vol. $s$ in $\text{ccm pro 1 gr}$	Dampfdichte $l$ Luft = 1
80.10	3400.5	0.6325	110.39	1207.0	0.6437
90.36	2385.0	0.6389	119.50	885.0	0.6594
99.84	1666.0	0.6481	134.58	580.3	0.6605

4) RAMSAY und YOUNG (ob. No. 5) fanden folgende Werthe für  $s$  in  $\text{ccm pro 1 gr}$  und für die Dampfdichte  $\lambda$  des gesättigten Dampfes (bezogen auf  $H = 1$ ).

<sup>1)</sup> FAIRBAIRN und TATE, Phil. Trans. 150, pag. 185. 1860.

<sup>2)</sup> WÜLLNER und GROTRIAN, WIED. Ann. 11, pag. 544. 1880.

$t$	Spec. Vol. $s$ in $ccm$ pro 1 $gr$	Dampfdichte $\lambda$ Wasserstoff = 1
230	73.06	10.22
240	61.28	10.40
250	51.43	10.63
260	42.19	10.94
270	36.15	11.36

5) G. BAUER<sup>1)</sup> fand nach der oben (pag. 725) angegebenen Methode, indem er einmal in München (Barometerstand  $B_0 = c \cdot 710 \text{ mm}$ ), dann auf dem Wendelstein ( $B_0 = c \cdot 620 \text{ mm}$ ), endlich auf dem Sonnblick ( $B_0 = c \cdot 520 \text{ mm}$ ) experimentirte, folgende zusammengehörige Werthe von  $P$  und  $l$  (Dampfdichte gesättigten Wasserdampfs bezogen auf Luft).

$P$ (mm)	$l$	$P$ (mm)	$l$	$P$ (mm)	$l$
500	0.630	620	0.640	740	0.649
540	0.633	660	0.643	760	0.650
580	0.637	700	0.646		

Die zu diesen Drucken  $P$  gehörigen Temperaturen sind aus den obigen Tabellen zu entnehmen.

6) DIETERICI<sup>2)</sup> bestimmte mit dem Eis calorimeter, indem er aus der Verdampfungswärme auf die Menge der verdampften Flüssigkeit schloss, für die Temperatur  $0^\circ$  das spezifische Volumen  $s = 204680$ .

### XXXII. Wismuth.

a) Dampfspannungen. BARUS<sup>3)</sup> fand folgende Dampfspannungen (resp. Siedepunkte)

$t$	$P$ (mm Hg)
1199	32
1611	86
1260	97

Die Zahlen waren sehr unregelmässig. Sie liessen sich durch die Formel darstellen:

$$\log P = 21.51 - \frac{12862}{T} - 3.868 \log T.$$

b) Dichte gesättigter Dämpfe.

Vacat.

### XXXIII. Zink.

a) Dampfspannungen. BARUS<sup>3)</sup> fand folgende Dampfspannungen:

$t$	$P$ (mm Hg)	$t$	$P$ (mm Hg)	$t$	$P$ (mm Hg)
684	28	758	99	884	477
699	35	802	166	900	557
710	42	838	264	914	653
736	62	863	368	933	767

<sup>1)</sup> BAUER, WIED. Ann. 55, pag. 184. 1895.

<sup>2)</sup> DIETERICI, WIED. Ann. 38, pag. I. 1889.

<sup>3)</sup> BARUS, Phil. mag. (5) 29, pag. 141. 1890.

Sie liessen sich durch die Formel

$$\log P = 20.98 - \frac{8619}{T} - 3.868 \log T$$

darstellen.

b) Dichte gesättigter Dämpfe.

Vacat.

#### XXXIV. Zinnchlorid.

a) Dampfspannungen. S. YOUNG<sup>1)</sup> hat die Dampfspannungen von SnCl<sub>4</sub> nach der statischen Methode gemessen, wobei er den Apparat speciell dafür einrichten musste, da SnCl<sub>4</sub> das Quecksilber bei niederen Temperaturen unbrauchbar macht. Es ist darüber die Arbeit selbst einzusehen. Das Zinnchlorid wurde rein bezogen, dann wiederholter fractionirter Destillation mit Beseitigung aller Feuchtigkeit unterworfen, bis es constant siedete, nämlich bei 114.1° bei 760 mm. Die Dampfspannungen wurden nach der BIOT-REGNAULT'schen Formel

$$\log P = a + b\beta^t + c\gamma^t$$

dargestellt, in welcher  $P$  in mm Hg ausgedrückt ist, und die Constanten folgende Werthe haben

$$\begin{array}{l|l} \alpha = 1.19484 & \log \beta = 0.00026212 \\ \log b = 0.6824293 & \log \gamma = 9.99631718 - 10. \\ \log(-c) = 0.4546821 & \end{array}$$

Der Verlauf der Dampfspannungen ist folgender:

$t$ (C°)	$P$ (mm Hg)	$t$ (C°)	$P$ (mm Hg)	$t$ (C°)	$P$ (mm Hg)
-10	3.08	110	672.7	230	8509
0	5.88	120	891.4	240	9915
10	10.72	130	1162.0	250	11488
20	18.72	140	1491.0	260	13242
30	31.42	150	1888.0	270	15190
40	50.88	160	2359	280	17351
50	79.68	170	2914	290	19742
60	121.1	180	3561	300	22382
70	178.8	190	4309	310	25294
80	257.5	200	5168	318.7	28080
90	362.2	210	6147	= krit. Temp.	= krit. Druck
100	498.5	220	7257		

b) Specificisches Volumen gesättigter Dämpfe. S. YOUNG<sup>2)</sup> hat auch nach seiner oben (pag. 724) angegebenen neuen Methode die specificischen Volumina gesättigten Dampfes von SnCl<sub>4</sub> bis 280° gemessen und folgende Resultate erhalten:

$t$ C°	$s$ in <i>ccm</i> pro 1 <i>gr</i> Substanz	$t$ C°	$s$ in <i>ccm</i> pro 1 <i>gr</i> Substanz	$t$ C°	$s$ in <i>ccm</i> pro 1 <i>gr</i> Substanz
100	173.5	170	32.5	230	10.93
110	131.0	180	26.6	240	9.23
120	100.6	190	22.0	250	7.81
130	78.4	200	18.35	260	6.59
140	61.9	210	15.38	270	5.52
150	49.9	220	12.94	280	4.63
160	39.9				

<sup>1)</sup> YOUNG, Trans. Chem. Soc. 49, pag. 911. 1891.

<sup>2)</sup> YOUNG, Trans. Chem. Soc. 59, pag. 935. 1891.

## B. Alkohole.

## XXXV. Methylalkohol.

a) Dampfspannungen. Für Methylalkohol liegen ausführliche Messungen vor von

REGNAULT	zwischen	- 20	und	+ 140°
RAMSAY und YOUNG	„	- 30	„	+ 250°
NADEJDINE	„	+ 80	„	+ 233°.

Ferner noch in kleinem Intervall Messungen von LANDOLT, KONOWALOW, und DITTMAR und FAWSITT, RICHARDSON und C. G. SCHMIDT.

Das Wesentliche über ihr Material und die Darstellung der Resultate ist folgendes:

1) REGNAULT<sup>1)</sup> stellte Methylalkohol aus reinem krystallisirten Oxalsäuremethyläther her, den er mit Wasser kochte. Der entwickelte Methylalkohol enthielt viel Wasser, das er durch mehrfache Rectifikation über kaustischem Kalk entfernte. Er stellte 3 Reihen von Beobachtungen an, die der Formel genügen

$$\log P = a + b\alpha^{t+14} + c\beta^{t+14}$$

worin  $P$  in  $mm$  Hg,  $t$  in  $C^\circ$  des Luftthermometers gegeben ist und die Constanten folgende Werthe haben:

$a = 5.9051569$	$\log \alpha = 9.9977329 - 10$
$b = -4.5376050$	$\log \beta = 9.9891933 - 10$
$c = -0.3666842$	

2) RAMSAY und YOUNG<sup>2)</sup> haben eine eingehende Untersuchung des Methylalkohols vorgenommen. Die Reindarstellung desselben bewirkten sie auf folgende Weise. Fein krystallisirtes Methyloxalat wurde mit Ammoniak destillirt, dann rectificirt und über ungelöschtem Kalk destillirt. Das Destillat wurde nochmals von Bariumoxyd fortdestillirt und blieb dann mehrere Wochen über Kupfersulfatanhydrid. Dann wurde es sechs Mal über Natrium destillirt und endlich fractionirter Destillation unterworfen, von der die Parthie mit dem Siedep.  $64.7^\circ$  bei  $760 mm$  genommen wurde. Während der ganzen Destillation stieg der Siedepunkt um nicht mehr als  $0.05^\circ$ .

Die Dampfspannungen wurden durch die Formel dargestellt

$$\log P = a + b\alpha^t + c\beta^t,$$

worin  $P$  in  $mm$  Hg,  $t$  in  $C^\circ$  (Luftthermometer) angegeben sind und die Constanten folgende Werthe haben:

$a = 22.307096$	$\log \alpha = 9.99988416 - 10$
$\log(-b) = 1.2649587$	$\log \beta = 9.99599796 - 10$
$\log(-c) = 0.3855770$	

Die erhaltenen Zahlen sind grösser als die von REGNAULT, was die Verfasser darauf schieben, dass REGNAULT's Methylalkohol nicht so getrocknet wäre, wie der ihrige.

<sup>1)</sup> REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 456.

<sup>2)</sup> RAMSAY und YOUNG, Phil. Trans. 178 A., pag. 313. 1887.

3) NADEJDINE<sup>1)</sup> hat mit dem Apparat von SAJOTSCHESKI (s. o. pag. 710) die Dampfspannungen des Methylalkohols, über dessen Darstellung und Reinigung in der Notiz nichts angegeben ist, bis zur kritischen Temperatur untersucht.

4) LANDOLT<sup>2)</sup> hat Methylalkohol aus oxalsaurem Methyl durch Zersetzung mit Kalilauge dargestellt und durch Aetzkalk sorgfältig getrocknet. Siedep. 66·0 ( $B = 753 \text{ mm}$ ). Die Resultate wurden nach der Formel

$$\log P = a + b\beta^\tau$$

dargestellt, worin

$$\begin{array}{l|l} a = 5\cdot8472828 & \log \beta = 9\cdot9974838 - 10 \\ b = -3\cdot9687610 & \tau = t - 15. \end{array}$$

ist. Die Resultate stimmen schlecht mit denen von REGNAULT.

5) KONOWALOW<sup>3)</sup> stellte reinen Methylalkohol durch Ueberführen des käuflichen in Oxalsäureester, Verseifen mit Kalilauge und Abdestilliren her. Das Destillat wurde durch Aetzkali entwässert und über Kalk zweimal destillirt. Die Beobachtungen geschahen nach der statischen Methode.

6) DITTMAR und FAWSITT<sup>4)</sup> haben Methylalkohol auf das sorgfältigste nach der WÖHLER'schen Methode gereinigt und die Dampfspannungen desselben gemessen, die sie durch die Formel

$$\log P = 1\cdot4731 + 0\cdot02649 t - 0\cdot00000742 t^2$$

darstellten.

7) RICHARDSON<sup>5)</sup> hat mit dem Apparat von RAMSAY und YOUNG Methylalkohol untersucht, der acetonfrei bezogen war, dann 24 Stunden über Kalk stand, destillirt wurde, dann mit Natrium in kleinen Stücken behandelt und nochmals destillirt wurde. Siedep. 65·8° bei 760 *mm*.

8) C. G. SCHMIDT<sup>6)</sup> hat 2 Präparate von Methylalkohol untersucht. Das eine war acetonfrei bezogen, stand mehrere Wochen über gebranntem Kalk und wurde über wasserfreiem Kalk fractionirt destillirt. Das andere wurde aus oxalsaurem Methyl durch Zersetzung mit Kalilauge dargestellt, ebenfalls durch Aetzkalk entwässert und fractionirt destillirt. Das letztere gab Resultate, die durch die Formel

$$\log P = a + b\alpha^{t+10}$$

$$a = 5\cdot12728, \quad b = -3\cdot4362, \quad \log a = 9\cdot9967596 - 10$$

dargestellt wurden. Die Resultate stimmen gut mit REGNAULT, schlecht mit LANDOLT, RAMSAY und YOUNG.

Die Resultate dieser Beobachter sind, wo es möglich ist, von 10° zu 10° im Folgenden zusammengestellt.

1) NADEJDINE, Journ. russ. phys. Ges. 14, pag. 157, 536. 1882; 15, pag. 25. 1883; Beibl. 7, pag. 678. 1883.

2) LANDOLT, LIEB. Ann. Supplbd. 6, pag. 149. 1868.

3) KONOWALOW, WIED. Ann. 14, pag. 34. 1881.

4) DITTMAR und FAWSITT, Trans. Roy. Soc. Edinb. 33, pag. 509. 1886—87.

5) RICHARDSON, Journ. Chem. Soc. 49, pag. 761. 1886.

6) C. G. SCHMIDT, OSTW. Zeitschr. 8, pag. 630. 1891.

Temperatur <i>t</i>	REGNAULT	RAMSAY u. YOUNG	NADEJDINE
	<i>P</i> (mm Hg)	<i>P</i> (mm Hg)	<i>P</i> (Atm.)
-30	2·67	—	—
-20	6·27	—	—
-10	13·47	15·5	—
0	26·82	29·6	—
+10	50·13	54·7	—
20	88·67	96·0	—
30	199·99	160·0	—
40	243·51	260·5	—
50	381·68	406·0	—
60	579·93	625·0	—
70	857·10	—	—
80	1238·47	1341	1·9
90	1741·67	1897	2·6
100	2405·15	2621	3·5
110	3259·60	3561	4·7
120	4341·77	4751	6·3
130	5691·30	6242	8·3
140	7337·10	8071	10·6
150	9361·35	10336	13·4
160	—	13027	17·2
170	—	16292	21·2
180	—	20089	26·2
190	—	24615	32·5
200	—	29787	39·6
210	—	35770	47·7
220	—	42573	56·1
230	—	50454	66·2
240	—	59759	—

233° =  
krit. Temp.  $\vartheta$   
 $\pi = 69\cdot73$  Atm.  
= krit. Druck

Die wenig ausgedehnten Beobachtungen von No. 4, 5, 6, 7, 8 ergaben folgendes:

LANDOLT		KONOWALOW		DITTMAR u. FAWSITT		RICHARDSON		SCDMIDT	
<i>t</i>	<i>P</i> (mm)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm)
0	32·90	15·0	72·4	0	29·72	-10·1	15·05	10	49·1
10	37·46	29·3	153·4	10	53·77	+ 0·2	28·67	20	86·7
20	98·14	43·0	292·4	20	94·02	+12·2	58·49	30	147·0
30	161·75	53·9	470·3	30	158·9	+20·7	94·03	40	240·0
40	259·20	65·4	756·6	40	259·4	31·7	158·07	50	378·2
50	404·56			50	404·4	36·2	202·83	60	576·8
				60	624·3	46·6	332·37	70	853·5
						54·7	459·22	80	1227·6
						66·45	754·9	90	1720·2

b) Spezifisches Volumen, Dichtigkeit und Dampfdichte der gesättigten Dämpfe. RAMSAY und YOUNG<sup>1)</sup> haben für Methylalkohol (über

<sup>1)</sup> RAMSAY und YOUNG, Phil. Trans. 178 A. 1887, pag. 321.

dessen Darstellung s. o. No. 2) das spezifische Volumen  $s$  der gesättigten Dämpfe, die Dichte  $\delta$  derselben (bezogen auf Wasser) und die Dampfdichte  $\lambda$  (bezogen auf  $H = 1$ ) bestimmt. Sie sind in folgender Tabelle enthalten:

$t$	Spec. Vol. $s$ ccm pro 1 gr	Dichtigkeit $\delta$ Wasser = 1	Dampfd. $\lambda$ $H = 1$	$t$	Spec. Vol. $s$ ccm pro 1 gr	Dichtigkeit $\delta$ Wasser = 1	Dampfd. $\lambda$ $H = 1$
0	17803	0·0000562	16·10	140	82·25	0·01216	19·33
10	10004	0·0000996	16·15	150	64·00	0·01562	19·93
20	5899	0·0001695	16·23	160	50·16	0·01904	20·64
30	3608	0·0002772	16·30	170	39·59	0·02826	21·45
40	2276	0·0004394	16·41	180	31·40	0·03186	22·40
50	1484	0·0006739	16·52	190	24·94	0·04010	23·57
60	993·8	0·001006	16·66	200	19·70	0·05075	25·13
70	682·7	0·001465	16·85	210	15·33	0·06521	27·46
80	479·8	0·002084	17·06	220	11·58	0·08635	31·09
90	344·0	0·002907	17·31	230	8·42	0·1187	36·80
100	251·0	0·003984	17·61	234	7·24	0·1381	40·30
110	186·0	0·005376	17·97	238	5·95	0·1681	46·25
120	140·0	0·007142	18·36	239	5·33	0·1878	50·80
130	106·6	0·009378	18·81				

### XXXVI. Aethylalkohol.

a) Dampfspannungen. Für Aethylalkohol liegen ausführliche Messungen vor, von

REGNAULT	zwischen	— 20°	und	+ 155°
RAMSAY u. YOUNG	„	0°	„	243·6 (krit. Temp.)
BATTELLI	„	— 15°	„	241·4 (krit. Temp.)
SAJOTSCHIEWSKI	„	+ 160°	„	234·3 (krit. Temp.)

Ferner noch in kleinen Intervallen Messungen von KONOWALOW, RICHARDSON und C. G. SCHMIDT.

Das Wesentliche über Material und Darstellung der Beobachtungen ist folgendes:

1) REGNAULT<sup>1)</sup> behandelte den Alkohol folgendermaassen. Er nahm den reinsten Alkohol, den er im Handel finden konnte, liess ihn 48 Stunden über pulverisirtem Kalk stehen und destillirte ihn dann im Wasserbade. Dann liess er, um die letzten Spuren Wasser zu entfernen, den Alkohol 24 Stunden lang ohne Luftzutritt über frisch geschmolzenem und pulverisirtem Aetzkali stehen und destillirte ihn dann noch einmal. Die Dichtigkeit des Alkohols war

bei 0° 0·8067

„ 10·71° 0·7980

Mit diesem Alkohol machte er 7 Reihen von Beobachtungen und stellte diese, die wenig von einander abwichen, durch eine Curve dar und berechnete diese nach der Formel

$$\log P = a + ba^{t+20} + c\beta^{t+20},$$

wobei  $P$  der Druck in  $mm$  Hg ist,  $t$  die Temperatur nach dem Luftthermometer ist,  $a, \alpha, \beta, b, c$  Constanten sind. Das Glied  $c\beta^{t+20}$  trägt nur bei Temperaturen unterhalb 0° etwas zu dem Werth von  $P$  bei. Die Constanten sind:

$a =$	5·4562028	$\log a =$	9·9970857 — 10
$b =$	— 4·9809960	$\log \beta =$	9·9409485 — 10
$c =$	+ 0·0485397		

<sup>1)</sup> REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 349.

2) RAMSAY und YOUNG<sup>1)</sup> haben eine Studie über die thermischen Eigenschaften des Alkohols ausgeführt, bei der sie auch die Dampfspannungen bis nahe zur kritischen Temperatur gemessen haben. Ueber die Darstellung und Reinigung des Alkohols machen sie keine Angaben. Sie stellen ihre Resultate wie REGNAULT, durch die Formel dar

$$\log P = a + b\alpha^t + c\beta^t,$$

worin  $P$  in  $mm$  Hg,  $t$  in  $C^\circ$  angeben sind, und die Constanten folgende Werthe haben:

$a = 5.0720301$	$\log \alpha = 0.003377538$
$\log(-b) = 8.6406131 - 10$	$\log \beta = 9.99682424 - 10$
$\log c = 0.6050854$	

Die Formel giebt bei  $+230^\circ$  eine Abweichung von  $+230$   $mm$  gegen die direkten Beobachtungen, bei  $220^\circ$  eine solche von  $+99.8$ , bei  $150$  und  $160^\circ$  solche von  $+42.7$  und  $+43.9$   $mm$ . Die übrigen Abweichungen liegen unterhalb  $20$   $mm$ . Da REGNAULT's Zahlen bis  $150^\circ$  ungefähr mit denen von RAMSAY und YOUNG stimmen, wird ihr Alkohol ebenso rein gewesen sein, wie der von REGNAULT. Die kritischen Bestimmungsstücke wurden durch Interpolation aus den Curven ermittelt, welche das MARIOTTE-GAY-LUSSAC'sche Gesetz für Alkohol darstellen. Sie ergaben für die kritische Temperatur  $\vartheta = 243.6$ , für den kritischen Druck  $\pi = 47700$   $mm$ , für das kritische Volumen  $\varphi = 3.5$   $ccm$  (d. h.  $1$   $gr$  Alkoholdampf bei  $\vartheta$  nimmt den Raum  $3.5$   $ccm$  ein). Daher ist die kritische Dichte  $\delta = 0.22$ .

3) BATELLI<sup>2)</sup> hat für Alkoholdampf die Isothermen experimentell bestimmt und daraus die Werthe der Dampfspannungen entnommen, welche gut mit denen von REGNAULT und RAMSAY und YOUNG übereinstimmen. Die Reinigung des Alkohols geschah dadurch, dass zunächst bereits destillirter Alkohol drei Tage lang über pulverisirtem kaustischem Kalk stehen blieb, dann von neuem destillirt und endlich, um die letzten Spuren von Wasser zu entfernen, nochmals über Aetzkali destillirt wurde. Die Dampfspannungen liessen sich durch die REGNAULT-BIOT'sche Formel

$$\log P = a + b\beta^t + c\gamma^t$$

ausdrücken, in welcher, wenn  $P$  in  $mm$  Hg angegeben sind, die Constanten folgende Werthe haben:

$a = 5.0751023$	$\log \beta = 0.00336681$
$b = 0.0435271$	$\log \gamma = 9.99683015 - 10.$
$e = -4.0217800$	

4) SAJOTSCHIEWSKI<sup>3)</sup> beobachtete die Dampfspannungen des Alkohols bis zur kritischen Temperatur nach der pag. 710 angegebenen Methode.

5) KONOWALOW<sup>4)</sup> stellte reinen, wasserfreien Alkohol durch Destilliren des käuflichen absoluten über Kalk her und beobachtete nach der statischen Methode.

6) RICHARDSON<sup>5)</sup> untersuchte reinen Aethylalkohol, der von RAMSAY hergestellt war und der von den letzten Spuren Wasser durch Behandlung mit

1) RAMSAY und YOUNG, Phil. Trans. 176, 1886, pag. 123.

2) BATELLI, Memorie della Acc. di Torino (2) 44, pag. 1. 1893.

3) SAJOTSCHIEWSKI, Beibl. 3, pag. 741. 1879.

4) KONOWALOW, WIED. ANN. 14, pag. 34. 1881.

5) RICHARDSON, Journ. Chem. Soc. 46, pag. 761. 1886.

metallischem Natrium und neue Destillation befreit war. Siedep.  $78.2^\circ$  bei 760 mm. Der benutzte Apparat war der von RAMSAY und YOUNG.

7) G. C. SCHMIDT<sup>1)</sup> hat reinen Aethylalkohol über Kalk stehen lassen und dann über Kalk fractionirt destillirt. In der Formel

$$\log P = a + b\alpha^{t-10}$$

$$\text{waren } a = 5.21782, \quad b = -3.8486 \quad \log \alpha = 9.996828 - 10.$$

Die Resultate stimmen gut mit REGNAULT.

Die Resultate dieser Beobachter sind, soweit möglich, von  $10^\circ$  zu  $10^\circ$  im Folgenden zusammengestellt:

$t$ ( $^\circ\text{C}$ )	$P$ (mm)	$P$ (mm)	$P$ (mm)	$P$ (Atm.)
	REGNAULT	RAMSAY u. YOUNG	BATTELLI	SAJOTSCHIEWSKI
-20	3.34	—	—	—
-15	—	—	4.234	—
-10	6.47	—	6.153	—
0	12.70	12.24	12.498	—
+10	24.23	23.73	24.180	—
20	44.46	49.39	44.712	—
30	78.12	78.11	79.280	—
40	133.69	133.42	135.250	—
50	219.90	219.82	222.584	—
60	350.21	350.21	353.798	—
70	541.15	540.91	546.721	—
80	812.91	811.81	817.115	—
90	1189.30	1186.5	1196.409	—
100	1697.55	1692.3	1703.395	—
110	2367.64	2359.8	2373.484	—
120	3231.73	3223.0	3234.670	—
130	4323.00	4318.7	4330.719	—
140	5674.59	5686.6	5710.809	—
150	7318.46	7368.7	7392.517	—
155	8259.19	—	—	—
160	—	9409.9	9423.804	13.08
170	—	11858	11904.63	16.88
180	—	14764	14777.09	21.37
190	—	18185	18183.05	26.16
200	—	22182	22183.05	31.65
210	—	26825	26812.25	—
220	—	32196	32173.56	—
230	—	38389	38378.37	—
240	—	45519	45482.81	—
		243.6 = krit. Temp. $\pi$ = krit. Druck = 47700 mm	241.4 = krit. Temp. $\pi$ = krit. Druck = 47348 mm	

Die Resultate der Beobachtungen in dem kleinen Intervall von No. 5, 6, 7 sind folgende:

<sup>1)</sup> G. C. SCHMIDT, OSTW. Zeitschr. 8, pag. 633. 1891.

KONOWALOW		RICHARDSON		SCHMIDT	
$t$	$P(mm)$	$t$	$P(mm)$	$t$	$P(mm)$
18·7	41·3	-3·3	16·23	10	23·4
35·5	106·3	+7·3	22·39	20	43·7
49·5	215·2	19·8	45·22	30	78·0
65·4	443·8	30·7	83·86	40	133·8
78·55	766·5	42·2	155·59	50	220·9
		50·05	226·99	60	382·1
		59·80	349·02	70	543·0
		68·80	513·76		
		73·8	642·98		

b) Spezifisches Volumen  $s$ , Dichte  $\delta$  und Dampfdichte  $\lambda$  (bezogen auf  $H = 1$ ) resp.  $l$  (bezogen auf Luft = 1) der gesättigten Dämpfe des Aethylalkohols. RAMSAY und YOUNG einerseits und BATTELLI andererseits, die nach der Isothermenmethode gearbeitet haben, haben zugleich die spezifischen Volumina der Dämpfe aus den Beobachtungen entnommen.

RAMSAY und YOUNG (oben No. 2) geben in folgender Tabelle die spezifischen Volumina  $s$  in  $ccm$  pro 1  $gr$  Substanz, ferner die Dichtigkeit  $\delta$  der Dämpfe (bezogen auf Wasser), endlich die Dampfdichte  $\lambda$  bezogen auf  $H = 1$ .

$t$ (C°)	Spec. Volumen $s$ in $ccm$ pro 1 $gr$	Dichtigkeit $\delta$	Dampfdichte $\lambda$ ( $H = 1$ )
110	{ 173	{ 0·00577	{ 29·5
	{ 154	{ 0·00650	{ 32·8
120	{ 125	{ 0·00800	{ 29·5
	{ 118	{ 0·00856	{ 32·1
130	{ 95·2	{ 0·0105	{ 29·5
	{ 92·6	{ 0·0108	{ 31·4
140	{ 74·1	{ 0·0135	{ 29·5
	{ 73·5	{ 0·0136	{ 30·7
150	58·8	0·0170	{ 29·45
			{ 30·05
160	48·1	0·0208	{ 29·45
			{ 29·6
170	39·5	0·0253	29·4
180	32·3	0·0310	29·7
190	24·8	0·0383	30·85
200	20·2	0·0495	33·1
210	15·4	0·0651	36·4
220	11·7	0·0854	40·75
230	8·81	0·1135	46·1
234	7·72	0·1296	50·15
238	6·53	0·1532	55·65
242	5·02	0·1990	67·3
242·5 (krit. T.)	4·62 = krit. Vol.	0·2164	74·25

Die doppelten Zahlen mit Klammern geben die Unsicherheitsgrenzen der betreffenden Bestimmungen an, die bei niederen Temperaturen gross ist.

BATTELLI (oben No. 3) giebt die spezifischen Volumina und die daraus berechnete Dampfdichten  $l$  (für Luft = 1).

$t$ (C°)	Specificsches Volumen $s$ in ccm pro 1 gr	Dampfdichte $l$ für Luft = 1	$t$ (C°)	Specificsches Volumen $s$ in ccm pro 1 gr	Dampfdichte $l$ für Luft = 1
—16·24	86278·5	1·60201	79·10	582·82	1·64330
—12·06	65874·2	1·60335	99·83	283·152	1·67437
— 8·54	51886·0	1·60465	134·86	100·900	1·75716
— 1·55	30852·6	1·60665	150·05	67·400	1·82416
5·40	21152·4	1·60499	178·41	84·351	1·91396
8·75	16806·3	1·61041	198·22	22·564	2·17976
16·22	10975·5	1·61190	215·64	14·910	2·42736
20·41	8589·8	1·61514	231·46	10·148	2·45610
24·33	6990·9	1·61792	239·52	7·791	3·20372
58·46	1316·4	1·63161	241·4 = krit. Tp.	4·38 = krit. Vol.	—

G. BAUER<sup>1)</sup> fand nach seiner oben (pag. 725) angegebenen Methode  $\delta = 0\cdot001490$  für  $P = 717$  mm (entsprechend der Temperatur von etwa 77°).

### XXXVII. Propylalkohol.

a) Dampfspannungen. Für Propylalkohol liegt nur eine ausführliche Messungsreihe von RAMSAY und YOUNG vor, welche von 0° bis 263·64 (krit. Temp.) geht. Ausserdem haben im kleineren Intervall Beobachtungen angestellt: PIERRE und PUCHOT, NACCARI und PAGLIANI, KONOWALOW, RICHARDSON, C. G. SCHMIDT.

Das Wesentliche über das Material und die Darstellung der Beobachtungen ist folgendes.

1) RAMSAY und YOUNG<sup>2)</sup> haben die Isothermen von Propylalkohol bestimmt und daraus die Drucke  $P$  des gesättigten Dampfes und die spezifischen Volumina  $s$  entnommen. Ihr Propylalkohol wurde folgendermassen behandelt: Ein als rein bezogener Propylalkohol wurde mit Bariumoxyd und dann mit kleinen Stücken Natrium getrocknet. Er wurde dann mehrfach fractionirt destillirt, bis eine constant siedende Flüssigkeit resultirte. Der Siedepunkt verschiedener Quantitäten war 97·45, 97·4, 97·4° bei 760 mm.

Die Dampfdrucke wurden nach der BIOT-REGNAULT'schen Formel

$$\log P = a + b\beta t^{-20} + c\gamma t^{-20}$$

dargestellt, in welcher  $P$  in mm Hg ausgedrückt ist. Die Constanten haben folgende Werthe:

$$\begin{array}{l|l} a = 4\cdot479370 & \log \beta = 0\cdot001641423 \\ \log b = 9\cdot3915059 - 10 & \log \gamma = 9\cdot99657025 - 10 \\ \log (-c) = 0\cdot5509601 & \end{array}$$

2) PIERRE und PUCHOT<sup>3)</sup> haben sich mit der Reinigung des Propylalkohols ganz besonders befasst. Ihre Methode der Reinigung ist l. c. nachzusehen. Der benutzte Propylalkohol hatte seinen Siedepunkt bei 98° ( $B_0 = 760$  mm.)

3) NACCARI und PAGLIANI<sup>4)</sup> haben den primären Propylalkohol, über dessen Darstellung und Reinigung l. c. keine Angabe vorliegt, auf seine Dampfspannungen untersucht und dieselbe durch die Formel dargestellt

$$\log P = a + b\alpha^t,$$

1) G. BAUER, WIED. Ann. 55, pag. 184. 1895.

2) RAMSAY und YOUNG, Phil. Trans. 180, pag. 137. 1889.

3) PIERRE und PUCHOT, Ann. chim. phys. (4) 22, pag. 277. 1871.

4) NACCARI und PAGLIANI, Nuov. Cim. (3) 9, pag. 28. 1881; Beibl. 6, pag. 87.

worin  $P$  in  $mm$  Hg,  $t$  in  $C^\circ$  angegeben ist und die Constanten folgende Werthe haben:

$$a = 5.160074 \quad | \quad \log \alpha = 9.9968615 - 10$$

$$\log(-b) = 0.6606584$$

4) KONOWALOW<sup>1)</sup> trocknete käuflichen Propylalkohol (von KAHLBAUM) mit frisch gebranntem Kalk und destillirte ihn fractionirt. Die benutzte Portion hatte den Siedep.  $97^\circ$  ( $B_0 = 749.2$ ). Ob der Propylalkohol absolut rein war, vermag KONOWALOW nicht zu garantiren.

5) RICHARDSON<sup>2)</sup> untersuchte mit dem Apparat von RAMSAY und YOUNG normalen Propylalkohol, der als rein bezogen war, mit metallischem Natrium behandelt und fractionirt destillirt wurde. Siedep.  $97.2^\circ$  bei  $746.4$   $mm$ .

6) G. C. SCHMIDT<sup>3)</sup> hat käuflich reinen Propylalkohol entwässert und in der Formel

$$\log P = a + b\alpha^{t-21}$$

die Constanten bestimmt zu

$$a = 5.008373, \quad b = -3.5934, \quad \log \alpha = 9.9967 - 10.$$

Der Verlauf der Dampfspannungen von  $10^\circ$  zu  $10^\circ$  ist folgender:

RAMSAY u. YOUNG					
$t$ ( $C^\circ$ )	$P$ ( $mm$ Hg)	$t$ ( $C^\circ$ )	$P$ ( $mm$ Hg)	$t$ ( $C^\circ$ )	$P$ ( $mm$ Hg)
0	3.49	100	835.85	200	12809
10	7.79	110	1198.2	210	15549
20	14.78	120	1677.0	220	18667
30	28.13	130	2295.9	230	22230
40	51.12	140	3080.3	240	26263
50	89.00	150	4057.1	250	30807
60	148.97	160	5253.4	260	35908
70	240.44	170	6697.8	263.64 =	38130 = krit. Dr.
80	375.31	180	8418.8	krit. T.	
90	568.11	190	10445		

PIERRE u. PUCHOT		NACCARI u. PIAGLIANI		KONOWALOW		RICHARDSON		SCHMIDT	
$t$ ( $C^\circ$ )	$P$ ( $mm$ Hg)	$t$ ( $C^\circ$ )	$P$ ( $mm$ Hg)	$t$ ( $C^\circ$ )	$P$ ( $mm$ Hg)	$t$ ( $C^\circ$ )	$P$ ( $mm$ Hg)	$t$ ( $C^\circ$ )	$P$ ( $mm$ Hg)
0	10	59.73	113.7	11.5	8.1	1.7	4.59	10	7.7
10	15	67.95	227.2	21.8	17.2	10.8	7.84	20	15.5
20	24	71.36	266.1	30.6	29.9	20.7	15.46	30	29.5
30	41	81.22	412.0	39.1	48.3	30.6	29.04	40	53.5
40	66	90.54	603.0	49.2	85.3	43.7	61.67	50	92.9
50	104	100.87	897.0	59.4	143.25	48.7	83.53	60	155.1
60	160			70.4	245.8	59.7	143.0	70	249.3
70	244			80.5	384.1	68.7	220.74	80	387.1
80	361			89.6	561.7	79.2	358.75	90	582.1
90	525			98.6	794.9	90.2	566.20	100	849.4
98	760					97.2	745.45		

<sup>1)</sup> KONOWALOW, WIED. Ann. 14, pag. 41. 1881.

<sup>2)</sup> RICHARDSON, Journ. Chem. Soc. 49, pag. 761. 1886.

<sup>3)</sup> G. C. SCHMIDT, Ostw. Zeitschr. 8, pag. 635. 1891.

b) Specifisches Volumen  $s$  und Dampfdichte  $\lambda$  (bezogen auf  $H = 1$ ) der gesättigten Dämpfe des Propylalkohols. RAMSAY und YOUNG (oben No. 1) haben die specifischen Volumina von Propylalkohol bis zur kritischen Temperatur nach der Isothermenmethode bestimmt. Ihre Resultate sind im folgenden angegeben. Es bedeutet  $s$  das Volumen in  $ccm$  von 1  $gr$  gesättigtem Dampf und die Dampfdichte  $\lambda$  bezogen auf  $H = 1$  ( $H_2 = 2$ ).

$t$	Spec. Vol. $s$ in $ccm$ pro $gr$	Dampfdichte $\lambda$ bez. auf $H_2 = 2$	$t$	Spec. Vol. $s$ in $ccm$ pro $gr$	Dampfdichte $\lambda$ bez. auf $H_2 = 2$
80	958.0	30.50	190	35.40	38.9
90	643.0	30.90	220	28.30	40.5
100	443.0	31.30	230	22.65	42.7
110	312.0	31.80	200	18.00	45.6
120	225.0	32.40	210	14.21	49.5
130	165.0	33.00	240	11.06	54.9
140	124.0	33.70	250	8.56	62.1
150	93.9	34.50	260	6.20	74.4
160	72.2	35.45	263.64 =	—	—
170	56.4	36.45	krit. Temp.		
180	44.50	37.6			

### XXXVIII. Isobutylalkohol.

a) Dampfspannungen. Ausführliche Messungen über die Dampfspannungen des Isobutylalkohols bis zur kritischen Temperatur liegen nicht vor. In kleinen Intervallen haben Untersuchungen angestellt: PIERRE und PUCHOT, NACCARI und PAGLIANI, KONOWALOW, RICHARDSON, SCHMIDT.

1) PIERRE und PUCHOT<sup>1)</sup> haben den Isobutylalkohol, wie sie annehmen, ganz rein dargestellt (s. darüber die Originalabh.) Der Siedepunkt war  $105^\circ$  ( $B_0 = 760$  mm).

2) NACCARI und PAGLIANI<sup>2)</sup> haben für Isobutylalkohol, über dessen Darstellung und Reinigung l. c. nichts angegeben ist, die Dampfspannungen durch die Formel dargestellt

$$\log P = a + ba^t,$$

worin  $P$  in mm Hg,  $t$  in  $C^\circ$  angegeben ist und die Constanten die Werthe haben

$$\begin{array}{l|l} a = 5.037817 & \log a = 9.9967946 - 10 \\ \log(-b) = 0.6771178 & \end{array}$$

3) KONOWALOW<sup>3)</sup> trocknete käuflichen reinen Isobutylalkohol über Kalk und destillierte wiederholt fractionirt.

4) RICHARDSON<sup>4)</sup> untersuchte mit dem Apparat von RAMSAY und YOUNG Isobutylalkohol, der rein bezogen, mit metallischem Natrium behandelt und fractionirt destillirt wurde. Siedep.  $107.7^\circ$  bei  $755$  mm.

5) G. C. SCHMIDT<sup>5)</sup> hat käuflichen Isobutylalkohol über Kalk getrocknet und fractionirt. Die Formel

$$\log P = a + ba^{t-40}$$

lieferte die Constanten

$$a = 5.18715, \quad b = -3.682, \quad \log a = 9.996977 - 10.$$

1) PIERRE und PUCHOT, Ann. chim. phys. (4) 22, pag. 307. 1871.

2) NACCARI und PAGLIANI, N. Cim. (3) 9, pag. 27. 1881; Beibl. 6, pag. 87.

3) KONOWALOW, WIED. Ann. 14, pag. 34. 1881.

4) RICHARDSON, Journ. Chem. Soc. 49, pag. 762. 1886.

5) G. C. SCHMIDT, OSTW. Zeitschr. 8, pag. 638. 1891.

Die von diesen Beobachtern erhaltenen Resultate sind folgende:

PIERRE u. PUCHOT		NACCARI u. PAGLIANI		KONOWALOW	
$t$ (C°)	$P$ (mm Hg)	$t$ (C°)	$P$ (mm Hg)	$t$ (C°)	$P$ (mm Hg)
0°	8	70·72	164·1	14·75	8·8
10	11	79·28	245·1	30·85	17·7
20	16	90·54	398·4	50·45	55·5
30	24	100·6	596·5	60·4	94·1
40	38	110·5	860·3	70·7	160·05
50	64	113·1	940·1	80·0	246·0
60	104			91·0	395·2
70	166			99·9	570·3
80	254			107	741·8
90	377				
100	556				
108	760				

RICHARDSON		SCHMIDT	
$t$ (C°)	$P$ (mm Hg)	$t$ (C°)	$P$ (mm Hg)
25·3	11·212	10	4·5
35·4	21·426	20	9·0
42·0	33·123	30	17·4
50·8	55·666	40	32·0
58·8	85·86	50	56·6
68·8	134·110	60	96·3
78·7	229·45	70	158·1
87·8	347·467	80	250·9
96·8	517·363	90	386·7
107·7	755·114	100	578·4

b) Specificisches Volumen und Dampfdichte der gesättigten Dämpfe.  
Vacat.

### XXXIX. Isoamylalkohol.

a) Dampfspannungen. Messungen über die Dampfspannungen des Isoamylalkohols liegen nur in kleinem Intervall vor von GRASSI, RICHARDSON und G. C. SCHMIDT.

1) GRASSI<sup>1)</sup> hat die Dampfspannung des Amylalkohols bestimmt (zwischen welchen Temperaturen und mit welcher Reinheit der Substanz ist in dem Referat in dem Beibl. nicht angegeben) und fand in der REGNAULT'schen Formel

$$\log P = a + b\alpha^t$$

folgende Werthe

$$a = 5·11065$$

$$\log(-b) = 0·726816$$

$$\log \alpha = 9·9971135 - 10$$

Der Siedepunkt war bei 131·14°.

2) RICHARDSON<sup>2)</sup> untersuchte mit dem Apparat von RAMSAY und YOUNG Isoamylalkohol, der von RAMSAY hergestellt war, fractionirt destillirt und mit metallischem Natrium behandelt wurde. Siedep. 130·1 bei 760 mm.

1) GRASSI, Rend. Acc. di Napoli 26. 1887.

2) RICHARDSON, Journ. Chem. Soc. 49, pag. 764. 1886.

3) G. C. SCHMIDT<sup>1)</sup> hat käuflichen Isoamylalkohol entwässert und fractionirt destillirt. Die Formel

$$\log P = a + b\alpha^{t-62.1}$$

gab die Constanten

$$a = 4.83392, \quad b = -3.5835, \quad \log \alpha = 9.9967297 - 10.$$

Der Verlauf der Dampfspannungen war bei RICHARDSON und SCHMIDT folgender

RICHARDSON				SCHMIDT			
<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)
35.8	6.896	99.30	220.60	10	0.98	90	152.2
46.5	14.0	108.8	334.42	20	2.2	100	236.7
58.3	29.34	114.3	417.7	30	4.7	110	357.3
67.8	48.12	123.6	591.75	40	9.3	120	522.9
78.05	85.66	128.55	681.46	50	17.8	130	744.1
89.55	145.5			60	32.4	140	1033.2
				70	56.4	150	1400.2
				80	94.4	160	1856.1

b) Specificisches Volumen und Dampfdichte der gesättigte Dämpfe: vacat.

### C. Aether und Ester.

#### XL. Methyläther.

a) Dampfpannung. REGNAULT<sup>2)</sup> stellte den Methyläther her, indem er ein Gemisch von 1 Thl. Methylalkohol und 4 Thln. concentrirter Schwefelsäure erhitzte. Das Gas ging erst durch eine schwache Kalilösung, dann durch eine Röhre mit Bimsteinstücken, die mit concentrirter Kalilösung benetzt waren, endlich durch eine Röhre mit festem Aetzkali. Trotzdem war der Methyläther nach REGNAULT's eigenen Beobachtungen nicht ganz rein.

Die Beobachtungen lassen sich durch die Formel darstellen

$$\log P = a + b\alpha^{t-20},$$

wo *P* in mm Hg, *t* in C° am Quecksilberthermometer gemessen ist. Die Constanten haben folgende Werthe

$$a = 5.2032543$$

$$b = -2.2577857$$

$$\log \alpha = 9.9965861 - 10$$

Der Verlauf der Dampfspannungen ist folgender

<i>t</i>	<i>P</i>	<i>t</i>	<i>P</i>
Quecksilberthermometer	mm Hg	Quecksilberthermometer	mm Hg
-30	576.54	+10	2628.97
-20	888.00	20	3586.01
-10	1306.63	30	4777.99
+ 0	1879.02		

b) Specificisches Volumen gesättigter Dämpfe: vacat.

<sup>1)</sup> G. C. SCHMIDT, OSTW. Zeitschr. 8, pag. 641. 1891.

<sup>2)</sup> REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 591.

### XLI. Aethyläther.

a) Dampfspannungen. Ueber die Dampfspannungen des Aethyläthers liegen vier ausführliche Messungsreihen vor, nämlich von

REGNAULT zwischen den Temperaturen  $-20$  und  $+120$ .

RAMSAY und YOUNG zwischen den Temperaturen  $-20$  und  $+193$ .

BATTELLI zwischen den Temperaturen  $-30$  und  $+197$  (krit. Temp.)

SAJOTSCHESKI zwischen den Temperaturen  $100$  und  $+190$  (krit. Temp.)

Ferner liegen noch in kleinem Intervall Messungen von WÜLLNER vor.

Ueber das Material und die Darstellung der Beobachtungen gilt folgendes.

1) REGNAULT<sup>1)</sup> behandelte den Aether folgendermaassen. Möglichst reiner, aus sehr reinem Alkohol hergestellter Aether wurde mehrfach mit einer concentrirten Lösung von Aetzkali in Wasser geschüttelt, dann im Wasserbad destillirt. Nachdem er dann 24 Stunden lang über pulverisirtem Chlorcalcium gestanden hatte, wurde er von neuem destillirt und so mehrere Male getrocknet und destillirt. Trotz dieser Behandlung zeigte der Aether eine von selbst stattfindende Veränderung, welche sich auch in den Dampfspannungen aussprach. Mit diesem Aether machte REGNAULT fünf Reihen von Beobachtungen, die er durch die Formel

$$\log P = a + b\alpha^{t+20} + c\beta^{t+20},$$

wobei  $P$  der Druck in  $mm$  Hg,  $t$  die Temperatur an dem Luftthermometer ist. Die Constanten haben folgende Werthe

$a = 5.0286298$	$\log \alpha = 0.0145775$
$b = + 0.0002284$	$\log \beta = 9.9968777 - 10$
$c = - 3.1906390$	

2) RAMSAY und YOUNG<sup>2)</sup> haben die Dampfspannungen des Aethers nach der Isothermenmethode bestimmt. Sie stellten reinen Aether auf folgende Weise her. Absoluter Alkohol wurde durch Schwefelsäure in gewöhnlicher Weise in Aether verwandelt. Das Destillat wurde zuerst mit Aetznatron geschüttelt, um die schweflige Säure zu entfernen, und dann noch einmal destillirt. Dann blieb es über Chlorcalcium stehen, um einen grossen Theil des Alkohols zu entfernen, und wurde noch einmal destillirt. Dann wurde es mit Wasser oft geschüttelt, um die letzten Spuren Alkohol zu entfernen, mit Chlorcalcium getrocknet und wieder destillirt. Das Destillat wurde mit metallischem Natrium zusammengebracht, bis kein Gas mehr entwickelt wurde. Dann wurde es vom Natrium weg destillirt und mit frischem Natrium einige Monate stehen gelassen. Nach nochmaliger Destillation siedete es constant bei  $34.72^\circ$  und  $763.1 mm$ .

Mit diesem Aether erhielten sie Resultate, die sie durch die Formel

$$\log P = a + b\alpha^t + c\beta^t$$

darstellten. Darin ist  $P$  in  $mm$  Hg,  $t$  in  $C^\circ$  ausgedrückt und die Constanten haben folgende Werthe

$a = 5.9834771$	$\log \alpha = 9.99827459 - 10$
$\log (-b) = 0.5240258$	$\log \beta = 9.99130336 - 10$
$\log (-c) = 9.5733238 - 10$	

<sup>1)</sup> REGNAULT, *Rél. des exp.* II, pag. 375.

<sup>2)</sup> RAMSAY und YOUNG, *Phil. Trans.* 1887, pag. 57.

Die Werthe von RAMSAY und YOUNG weichen erheblich von denen REGNAULT's ab. Die Verfasser führen aus, dass REGNAULT's Aether nicht frei von Alkohol gewesen sei.

3) BATTELLI<sup>1)</sup> bestimmte das Verhalten des Aethers gegen das MARIOTTE-GAY-LUSSAC'sche Gesetz, indem er den Verlauf der Isothermen direkt bestimmte. Diese Resultate sind in dem Aufsatz »Ungesättigte Dämpfe« angeführt. Aus ihnen lassen sich die Werthe von  $P$  direkt entnehmen, da es diejenigen sind, in welchen der Dampf gerade sich condensirt. Der Aether wurde so gereinigt, das ein Liter von ihm zunächst mit Chlorcalcium getrocknet und sorgfältig destillirt wurde und dann einen Monat hindurch über Natrium stehen blieb. Dann wurde er nochmals über frisch geschnittenem Natrium destillirt und zeigte den Siedepunkt  $34.75^\circ$  bei  $741 \text{ mm}$  Druck. Er blieb so im zugeschmolzenen Gefäss aufgehoben.

Die beobachteten Werthe liessen sich nach der BIOT-REGNAULT'schen Formel darstellen

$$\log P = a + b\alpha^t + c\beta^t$$

und ergaben folgende Werthe der Constante

$$\begin{array}{l|l} a = 5.981578 & \log a = 9.9982801-10 \\ b = -3.337745 & \log \beta = 9.9910451-10 \\ c = -0.382502 & \end{array}$$

Die Zahlen von BATTELLI liegen bei tiefen Temperaturen zwischen denen von REGNAULT und RAMSAY und YOUNG. Bei hohen Temperaturen stimmen sie besser mit denen von RAMSAY und YOUNG überein.

4) SAJOTSCHESKI<sup>2)</sup> hat die Dampfspannungen von Aether bis zur kritischen Temperatur bestimmt nach der pag. 710 angegebenen Methode. Ueber die Darstellung und Reinigung der Substanz ist l. c. nichts angegeben. Seine Resultate und die von REGNAULT, die bis zu  $90^\circ$  gehen, hat er durch die Formel

$$P = ab^{\frac{t}{t+m}}$$

dargestellt, wo

$$\begin{array}{l|l} a = 0.01774 & \\ b = 157181.5 & m = 261.9 \end{array}$$

ist.

5) WÜLLNER und GROTRIAN<sup>3)</sup> haben nur käuflichen Aether benutzt. Die von ihnen gefundenen Spannungen waren grösser als die von REGNAULT. Wegen der Unreinheit der Substanz sind sie im folgenden nicht angeführt. Sie sind nur zwischen  $24^\circ$  und  $68.45^\circ$  gemessen.

Der Verlauf der Dampfspannungen bei den angeführten Beobachtungen ist folgender:

<sup>1)</sup> BATTELLI, Mem. Acc. di Torino (2) 60. 1891; Ann. chim. phys. (6) 25, pag. 38. 1892; Phys. Revue I, pag. 264. 1892.

<sup>2)</sup> SAJOTSCHESKI, Beibl. 3, pag. 741. 1879.

<sup>3)</sup> WÜLLNER und GROTRIAN, WIED. Ann. 11, pag. 568. 1868.

$t$ (Luftthermom.)	REGNAULT	RAMSAY u. YOUNG	BATTELLI
	$P$ $mm\ Hg$	$P$ ( $mm\ Hg$ )	$P$ $mm\ Hg$
-30	—	—	32·58
-20	68·90	—	61·80
-10	114·72	112·3	109·39
0	184·39	184·9	186·87
+10	286·83	290·8	289·90
20	432·78	439·8	441·36
30	634·80	—	648·21
40	907·04	921·0	922·96
50	1264·83	1276	1279·47
60	1725·01	1734	1732·90
70	2304·90	2304	2299·52
80	3022·79	2974	2997·07
90	3898·26	3831	3843·96
100	4953·30	4855	4860·40
110	6114·63	6082	6066·70
120	7719·20	7513	7984·70
130	—	9155	9135·82
140	—	11051	11043·1
150	—	12262	13227·7
160	—	15778	15713·7
170	—	18671	18521·6
180	—	21755	21673·0
190	—	25513	25190·9
192	—	—	25712·0
193	—	26800 =	—
197	—	krit. Druck	27184·0 = krit. Druck

## SAJOTSCHIEWSKI

$t$ ( $^{\circ}C$ )	$P$ (Atm.)		$t$ ( $^{\circ}C$ )	$P$ (Atm.)	
	beobacht.	berechn.		beobacht.	berechn.
50		1·65	130	12·71	12·77
60		2·24	140	15·42	15·58
70		3·01	150	18·64	18·82
80		3·97	160	22·34	22·55
90		5·14	170	26·80	26·79
100	6·58	6·58	180	31·90	31·56
110	8·35	8·30	190 =	36·90 =	36·92
120	10·40	10·38	(kr. Temp.)	(kr. Druck)	

b) Specificisches Volumen  $s$ , Dichtigkeit  $\delta$  und Dampfdichte gesättigter Aetherdämpfe Ueber diese Grössen liegen ausführliche Messungen vor von RAMSAY und YOUNG einerseits und von BATTELLI andererseits. Im kleineren Intervall sind auch einige Angaben für einen nicht wasserfreien Aether von WÜLLNER und GROTRIAN und BAUER vorhanden.

RAMSAY und YOUNG haben für ihren Aether (über dessen Darstellung und Reinigung s. o. No. 2) folgende Werthe für das specificische Volumen  $s$  (in  $ccm$

pro 1 *gr*), die Dichte  $\delta$  (bezogen auf Wasser) und die Dampfdichte  $\lambda$  (bezogen auf  $H = 1$ ) gefunden.

$t$	spec. Vol. $s$ in <i>ccm</i>	Dichtigkeit $\delta$ (Wasser = 1)	Dampfdichte $\lambda$ $H = 1$	$t$	spec. Vol. $s$ in <i>ccm</i>	Dichtigkeit $\delta$ (Wasser = 1)	Dampfdichte $\lambda$ $H = 1$
0	1209.1	0.000827	37.95	110	42.57	0.02349	46.05
10	791.1	0.001264	38.10	120	34.09	0.02934	47.8
20	534.1	0.001870	38.5	130	27.49	0.03638	49.75
30	373.1	0.002679	38.9	140	22.28	0.04488	52.0
40	264.0	0.003731	39.4	150	18.01	0.05551	54.95
50	126.9	0.005079	39.95	160	14.47	0.06911	58.9
60	147.7	0.006771	40.5	170	11.45	0.08731	64.55
70	112.1	0.008920	41.75	180	8.815	0.1135	73.25
80	86.10	0.01155	42.35	190	6.172	0.1620	91.45
90	67.70	0.01477	43.4	193	4.970	0.2012	108.7
100	51.55	0.01867	44.55				

BATTELLI (s. o. No. 3) hat aus den von ihm experimentell gefundenen Isothermen das spezifische Volumen des gesättigten Dampfes für Aether  $s$  (in *ccm* pro 1 *gr*) abgeleitet. Es schien, als ob das Volumen der Dämpfe im ersten Moment der Sättigung etwas grösser ist, als wenn der Dampf vollständig condensirt ist; doch ist der Unterschied unbedeutend. Im Folgenden sind die spezifischen Volumina  $s$  gesättigten Aetherdampfes in *ccm*, ferner die Dampfdichte  $l$  bezogen auf Luft angegeben.

$t$	spec. Vol. $s$ in <i>ccm</i>	Dampfd. $l$ bez. a. Luft	$t$	spec. Vol. $s$ in <i>ccm</i>	Dampfd. $l$ bez. a. Luft
-28.41	5564.361	2.5929	78.94	88.714	2.8720
-21.22	3711.432	2.5991	99.38	55.012	3.0198
-12.66	2292.415	2.6059	130.20	28.732	3.2910
- 5.34	1581.361	2.6095	158.20	15.817	3.8417
+ 2.92	1076.538	2.6189	176.40	12.266	3.4303
10.68	784.548	2.6226	183.25	8.745	4.9955
26.53	426.483	2.6591	192.25	5.874	6.7517
57.22	160.348	2.7522			
			197.0 =	4.82 =	
			krit. Temp.	krit. Vol.	

WÜLLNER und GROTRIAN<sup>1)</sup> (s. o. No. 5) haben nach der oben pag. 723 angegebenen Methode die spezifischen Volumina von gesättigtem Aetherdampf (in *ccm* pro 1 *gr*) bestimmt.

$t$	spec. Vol. $s$ <i>ccm</i> pro 1 <i>gr</i>	Dampfdichte $l$ (Luft = 1)
32.53	358.1	2.574
42.42	253.1	2.622
53.25	185.3	2.631
68.45	121.0	2.715

BAUER<sup>2)</sup> fand bei  $P = 713$  *mm* die Dichte  $\delta = 0.002865$  (Wasser = 1).

<sup>1)</sup> WÜLLNER und GROTRIAN, WIED. ANN. II, pag. 544. 1880.

<sup>2)</sup> BAUER, WIED. ANN. 55, pag. 184. 1895.

**XLII. Oxalsäuremethyläther.**

REGNAULT<sup>1)</sup> reinigte seinen Oxalsäuremethyläther durch Destillation und Krystallisation. Trotzdem erhielt er sehr unregelmässige Resultate bei hohen Drucken, welche die Anwendung einer Interpolationsformel unsicher erscheinen lassen. Die erhaltenen Werthe sind folgende:

$t$ (Quecksilber-thermometer)	$P$ mm Hg	$t$ (Quecksilber-thermometer)	$P$ mm Hg
109·41°	117·26	164·30°	761·35
125·98°	222·67	188·92°	1589·81
136·45°	320·11	217·16°	2858·68
145·14°	423·37	228·95°	3875·95
155·70°	591·36	237·16°	4849·12

**XLIII. bis LXX. Ester.**

## a) Dampfspannungen.

1) SCHUMANN<sup>2)</sup> hat eine ganze Anzahl Ester auf ihre Dampfspannungen untersucht. Die Ester wurden zunächst rein bezogen, auf ihre Neutralität geprüft, und zu denjenigen, welche eine saure Reaction ergaben, eine höchst concentrirte Auflösung von kohlensaurem Kali zugesetzt. Nachdem die saure Reaction verschwunden war, wurden alle Ester mit kohlensaurem Kali 2—3 Tage und nach neuem Filtriren mit entwässertem Kupfervitriol 8—14 Tage lang geschüttelt und immer wieder filtrirt, bis das Vitriol vollkommen farblos blieb. Dann wurden sie 5—6 mal fractionirt destillirt. Die Messmethode war die statische.

2) Ferner haben NACCARI und PAGLIANI<sup>3)</sup> für einige Ester Messungen der Dampfspannungen vorgenommen. Doch ist über die Art der Reindarstellung ihrer Ester in den Beiblättern nichts angegeben.

b) Specificisches Volumen  $s$  und Dichtigkeit  $\delta$ . Für einige Ester hat S. YOUNG<sup>4)</sup> die Dichtigkeit  $\delta$  (bezogen) auf Wasser nach seiner oben (pag. 723) angegebenen Methode bestimmt. Es sind im Folgenden auch zum Vergleich die Dichtigkeit  $\delta_0$  der Flüssigkeit selbst unter dem Druck ihres gesättigten Dampfes bei der betreffenden Temperatur angegeben, die bekanntlich in der CLAPEYRON'schen Formel eine Rolle spielen.

**XLIII. Methylformiat.**

a) Dampfspannungsmessungen liegen nur vor von SCHUMANN (l. c.), der seine Zahlen durch die Formel

$$\log P = a + b\beta t$$

darstellte, in der die Constanten die Werthe haben

$$a = 4.28076 \quad b = -2.9930, \quad \beta = 0.9932.$$

Der Siedepunkt seiner Substanz war 32·3° C. bei 760 mm.

1) REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 483.

2) SCHUMANN, WIED. Ann. 12, pag. 40. 1881.

3) NACCARI und PAGLIANI, N. Cim. (3) 10, pag. 49. 1881; Beibl. 6, pag. 87

4) S. YOUNG, Phil. mag. (5) 34, pag. 508. 1892.

$t$ Quecksilber- thermometer	$P$ (mm Hg)	$t$ Quecksilber- thermometer	$P$ (mm Hg)
-23.9	54	+ 18.4	437
-15.6	91	+ 25.7	592
- 6.5	143	+ 34.7	837
0.0	192	+ 45.6	1236
+ 8.9	289	+ 49.8	1414

b) Die Dichtigkeit  $\delta$  der gesättigten Dämpfe und die Dichtigkeit  $\delta_s$  der Flüssigkeit sind von S. YOUNG (l. c.) bestimmt worden.

Temp. $t$	Dichtigk. $\delta_s$ d. Flüssigk. (bez. auf Wasser)	Dichtigk. $\delta$ d. ges. Dampfes (bez. auf Wasser)	Temp. $t$	Dichtigk. $\delta_s$ d. Flüssigk. (bez. auf Wasser)	Dichtigk. $\delta$ d. ges. Dampfes (bez. auf Wasser)
40	0.9447	0.0031	180	0.6521	0.0943
60	0.9133	0.0060	200	0.5658	0.1524
80	0.8803	0.0105	210	0.4857	0.2188
100	0.8452	0.0171	212	0.4549	0.2451
120	0.8070	0.0268	213	0.4328	0.2681
140	0.7638	0.0412	213.5	0.4157	0.2865
160	0.7136	0.0623	214 = krit. T.	—	0.3494 = krit. Dichtigk.(ber.)

#### XLIV. Aethylformiat.

a) Dampfspannungsmessungen liegen vor von

1) von NACCARI und PAGLIANI (l. c.), die in der Formel

$$\log P = a + b\beta^t$$

die Constanten folgendermassen bestimmte

$$\log(-b) = 0.5129019 \quad \left| \quad \log \beta = 9.9970019 \right.$$

2) von SCHUMANN (l. c.), welcher fand, dass sich seine Beobachtungen durch diese dreiconstantige Formel nicht genügend darstellen lassen. (Siedepunkt des Esters 54.4 bei 760 mm).

Die erhaltenen Resultate sind folgende:

NACCARI u. PAGLIANI		SCHUMANN			
$t$ (C°)	$P$ (mm Hg)	$t$ (C°)	$P$ (mm Hg)	$t$ (C°)	$P$ (mm Hg)
20.26	193.7	- 9.5	40	38.2	419
31.20	311.2	+ 1.2	81	49.4	638
40.87	459.9	+ 9.5	121	56.4	814
50.30	656.9	+20.9	206	65.0	1124
60.50	941.9	+29.6	291	73.0	1408

b) Die Dichtigkeit  $\delta$  der gesättigten Dämpfe und die der Flüssigkeit  $\delta_s$  ist von S. YOUNG (l. c.) bestimmt worden.

Temp. $t$	Dichtigk. $\delta_{\sigma}$ d. Flüssigk. (bez. auf Wasser)	Dichtigk. $\delta$ d. ges. Dampfes (bez. a. Wasser)	Temp. $t$	Dichtigk. $\delta_{\sigma}$ d. Flüssigk. (bez. auf Wasser)	Dichtigk. $\delta$ d. ges. Dampfes (bez. a. Wasser)
60	0.8689	0.0034	200	0.6067	0.0862
80	0.8410	0.0061	220	0.5290	0.1380
100	0.8112	0.0103	230	0.4635	0.1890
120	0.7796	0.0166	233	0.4281	0.2198
140	0.7448	0.0256	234	0.4117	0.2353
160	0.7084	0.0388	235.3 = krit. T.	—	0.3232 = krit.
180	0.6610	0.0575			Dichtigk. (ber.)

**XLV bis XLVII. Propylformiat, Isobutylformiat, Amylformiat.**

a) Dampfspannungen. Für diese drei Ester liegen nur Messungen der Dampfdrucke von SCHUMANN (l. c.) vor, die im Folgenden angegeben sind.

**XLV. Propylformiat (Siedep. 81.0° bei 760 mm)**

$t$	$P$	$t$	$P$
Quecksilberthermometer	(mm Hg)	Quecksilberthermometer	(mm Hg)
+ 9.0	98	+ 64.9	437
+20.0	61	+ 76.2	653
+29.2	101	+ 86.3	908
+37.8	148	+ 95.3	1192
+45.1	201	+101.1	1412
+56.7	312		

In der Formel

$$\log P = a + b\beta^t$$

haben die Constanten die Werthe

$$a = 4.36878, \quad b = -3.7890, \quad \beta = 0.9936.$$

**XLVI. Isobutylformiat (Siedep. 97.9° bei 760 mm).**

$t$	$P$	$t$	$P$
Quecksilberthermometer	(mm Hg)	Quecksilberthermometer	(mm Hg)
+29.8	51	+ 87.2	548
+40.4	88	+ 96.3	733
+50.6	138	+105.8	958
+59.6	203	+115.1	1279
+68.5	286	+118.5	1396
+77.2	392		

Die Formel

$$\log P = a + b\beta^t$$

stellt die Beobachtungen nicht genügend dar.

**XLVII. Amylformiat (Siedepunkt 123.3 bei 760 mm).**

$t$	$P$ (mm Hg)	$t$	$P$ (mm Hg)
+ 21.0	12	+ 98.7	350
+ 31.3	22	+ 108.2	382
+ 41.8	39	+ 118.8	664
+ 54.9	63	+ 128.7	885
+ 66.0	102	+ 136.9	1105
+ 77.6	160	+ 140.5	1209
+ 87.9	238		

Die Formel

$$\log P = a + b\beta^t$$

genügt nicht.

b) Dampfdichte  $\lambda$  und spezifisches Volumen  $s$ .  
Vacat.

### XLVIII. Methylacetat.

a) Dampfspannungen. Auch für diesen Ester liegen nur von SCHUMANN (l. c.) folgende Messungen vor:

$t$	$P$ (mm)	$t$	$P$ (mm)
- 9.5	27	+ 34.7	323
+ 0.0	57	+ 45.7	503
+ 8.8	95	+ 56.2	730
+ 18.9	159	+ 67.7	1088
+ 24.2	204	+ 75.4	1404

Die Formel

$$\log P = a + b\beta^t$$

genügt nicht.

b) Dichtigkeit  $\delta$  der gesättigten Dämpfe und Dichtigkeit  $\delta_\sigma$  der Flüssigkeit sind von S. YOUNG (l. c.) gemessen.

Temperatur $t$	Dichtigkeit $\delta_\sigma$ der Flüssigkeit (bez. auf Wasser)	Dichtigkeit $\delta$ des ges. Dampfes (bez. auf Wasser)	Temperatur $t$	Dichtigkeit $\delta_\sigma$ der Flüssigkeit (bez. auf Wasser)	Dichtigkeit $\delta$ des ges. Dampfes (bez. auf Wasser)
60	0.8801	0.0031	220	0.5281	0.1415
80	0.8520	0.0056	230	0.4517	0.2030
100	0.8222	0.0097	232	0.4226	0.2295
120	0.7893	0.0158	233	0.3995	0.2520
140	0.7533	0.0246	233.7 =	—	0.3255 =
160	0.7133	0.0373	krit. Temp.		krit. Dichte (berechnet)
180	0.6671	0.0568			
200	0.6100	0.0866			

### II. Aethylacetat.

a) Dampfspannungen. Für diesen Ester liegen Messungen vor

1) von NACCARI und PAGLIANI (l. c.), die ihre Beobachtungen der Dampfspannungen durch die Formel darstellten

$$\log P = a + b\alpha^t,$$

worin  $P$  in mm Hg,  $t$  in C° angegeben ist und die Constanten folgende Werthe haben

$$\begin{array}{l} a = 4.4291497 \\ \log(-b) = 0.4833484 \end{array} \quad \left| \quad \log \alpha = 9.9961346 - 10 \right.$$

2) Von SCHUMANN (l. c.), dessen Ester den Siedep. 77.1 bei 760 mm hatte, und der in derselben Formel die Constanten so bestimmte

$$\begin{array}{l} a = 3.9018 \\ b = -3.4906 \end{array} \quad \left| \quad \beta = 0.9929 \right.$$

Der Verlauf der Dampfspannungen ist folgender:

NACCARI und PAGLIANI		SCHUMANN	
$t$ (C°)	$P$ (mm Hg)	$t$ (C°)	$P$ (mm Hg)
36·83	172·3	+ 13·0	53
45·40	249·6	22·0	81
55·53	373·6	33·3	139
65·22	531·4	42·1	202
76·85	783·0	52·9	318
		60·3	422
		70·3	605
		80·2	849
		89·2	1117
		97·0	1403

Die Dichtigkeit  $\delta$  der gesättigten Dämpfe und die Dichtigkeit  $\delta_\sigma$  der Flüssigkeit ist von S. YOUNG (l. c.) gemessen worden.

Temperatur $t$	Dichtigkeit $\delta_\sigma$ der Flüssigkeit (bez. auf Wasser)	Dichtigkeit $\delta$ des ges. Dampfes (bez. auf Wasser)	Temperatur $t$	Dichtigkeit $\delta_\sigma$ der Flüssigkeit (bez. auf Wasser)	Dichtigkeit $\delta$ des ges. Dampfes (bez. auf Wasser)
80	0·8245	0·0035	240	0·4778	0·1500
100	0·7972	0·0062	245	0·4401	0·1800
120	0·7683	0·0103	247	0·4195	0·1995
140	0·7378	0·0165	249	0·3893	0·2290
160	0·7033	0·0258	250·1 =	—	0·3081 =
180	0·6653	0·0380	krit. Temp.		krit. Dichte (berechnet)
200	0·6210	0·0580			
220	0·5648	0·0891			

### L. und LI. Propylacetat, Isobutylacetat.

a) Dampfspannungen. Von diesen Estern liegen nur folgende Messungen von SCHUMANN (l. c.) vor.

#### L. Propylacetat (Siedep. 100·8 bei 760 mm).

$t$	$P$ (mm)	$t$	$P$ (mm)
+21·0	31	79·3	372
28·8	47	87·5	493
39·8	74	99·7	733
47·6	104	108·3	956
59·9	175	117·3	1230
67·8	240	121·9	1391

Die Bior'sche Formel  $\log P = a + b\beta^t$  genügt nicht.

#### LI. Isobutylacetat (Siedep. 116·3 bei 760 mm).

$t$	$P$ (mm)	$t$	$P$ (mm)
21·8	17	85·3	235
36·8	33	96·6	406
50·6	67	106·6	570
60·2	102	117·1	780
69·3	150	127·2	1036
79·2	221	137·4	1364

In der Formel

$$\log P = a + b\beta^t$$

haben die Constanten die Werthe

$$a = 3.8873, \quad b = -4.2128, \quad \beta = 0.9936.$$

b) Dichte gesättigter Dämpfe.

Vacat.

## LII. Methylpropionat.

a) Dampfspannungen. Diese sind nur von SCHUMANN (l. c.) gemessen worden, dessen Ester den Siedep. 79.9 bei 760 mm zeigte. Die Beobachtungen liessen sich durch die Formel darstellen

$$\log P = a + b\beta^t$$

mit den Constanten  $a = 3.7785$ ,  $b = -3.4258$ ,  $\beta = 0.9926$ . Der Verlauf der Dampfspannungen war folgender:

$t$	$P$ (mm)	$t$	$P$ (mm)
4.5	34	55.0	318
17.1	58	67.1	496
24.9	82	78.4	733
35.5	141	89.9	1052
45.6	216	99.7	1398

b) Die Dichte der gesättigten Dämpfe  $\delta$  und die Dichte der Flüssigkeit  $\delta_\sigma$ , beide bezogen auf Wasser, sind von S. YOUNG (l. c.) bestimmt worden.

Temperatur $t$	Dichtigkeit $\delta_\sigma$ der Flüssigkeit (bez. auf Wasser)	Dichtigkeit $\delta$ des ges. Dampfes (bez. auf Wasser)	Temperatur $t$	Dichtigkeit $\delta_\sigma$ der Flüssigkeit (bez. auf Wasser)	Dichtigkeit $\delta$ des ges. Dampfes (bez. auf Wasser)
80	0.8408	0.5032	240	0.5220	0.1240
100	0.8137	0.0057	250	0.4055	0.1675
120	0.7852	0.0096	255	0.4151	0.2120
140	0.7553	0.0153	256	0.3977	0.2295
160	0.7222	0.0235	257.4 =	—	0.3123 =
180	0.6841	0.0355	krit. Temp.		krit. Dichte
200	0.6445	0.0524			(berechnet)
220	0.5938	0.0781			

## LIII. Aethylpropionat.

a) Dampfspannungen. Für diesen Ester liegen Messungen vor

1) von NACCARI und PAGLIANI (l. c.), die ihre Beobachtungen durch die Formel

$$\log P = a + b\alpha^t$$

darstellten, worin  $P$  in mm Hg,  $t$  in C° angegeben sind und die Constanten folgende Werthe haben:

$$a = 4.839293 \quad | \quad \log \alpha = 9.9970062 - 10$$

$$\log(-b) = 0.5894836$$

2) von SCHUMANN (l. c.), dessen Ester den Siedep. 98.3 bei 760 mm hatte und der in derselben Formel die Constanten bestimmte

$$a = 3.7404, \quad b = -3.7670, \quad \beta = 0.9928.$$

Der Verlauf der Dampfspannungen war folgender:

NACCARI und PAGLIANI		SCHUMANN	
$t$ (C°)	$P$ (mm Hg)	$t$ (C°)	$P$ (mm Hg)
49·53	120·5	26·0	39
58·87	180·5	35·4	66
69·50	269·4	47·7	117
81·14	412·6	58·3	183
90·13	562·6	65·9	243
98·88	772·6	76·2	361
105·34	909·6	86·7	522
		97·2	734
		109·6	1066
		117·9	1331

b) Dichte der gesättigten Dämpfe.

Vacat.

#### LIV. bis LXX. Propylpropionat bis Isobutylvalerat.

Für alle diese Ester liegen nur die Messungen von SCHUMANN (l. c.) über Dampfspannungen vor. Die Dichtigkeiten der gesättigten Dämpfe sind nicht bestimmt.

#### LIV. Propylpropionat (Siedep. 122·2 bei 760 mm).

$t$	$P$ (mm)	$t$	$P$ (mm)
52·9	57	105·7	460
64·7	98	113·5	588
74·2	149	123·5	792
86·0	231	135·4	1049
95·5	327	144·9	1401

In der Formel  $\log P = a + b\beta t$  haben die Constanten die Werthe

$$a = 3·6936 \quad b = -4·2494 \quad \beta = 0·99305.$$

#### LV. Isobutylpropionat (Siedep. 136·8 bei 760 mm).

$t$	$P$ (mm)	$t$	$P$ (mm)
65·8	52	128·0	589
76·8	96	139·0	810
80·0	109	149·0	1059
90·7	170	155·7	1255
103·6	271	160·0	1401
113·9	383		

Die BIOT'sche Formel genügt nicht.

#### LVI. Amylpropionat (Siedep. 160·2 bei 760 mm).

$t$	$P$ (mm)	$t$	$P$ (mm)
21·8	4	119·2	219
36·8	6	128·8	301
50·4	12	137·5	399
69·5	29	146·3	512
79·2	47	158·9	732
89·3	72	163·2	819
99·1	106	173·2	1062
109·6	158	181·6	1310

Die BIOT'sche Formel genügt nicht.

**LVII. Methylbutyrat** (Siedep. 102·3 bei 760 mm).

<i>t</i>	<i>P</i> (mm)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm)
43·0	81·6	94·2	590
52·1	127	104·4	807
63·0	192	113·1	1044
73·0	281	123·4	1390
82·3	398		

Die Bror'sche Formel genügt nicht.

**LVIII. Aethylbutirat** (Siedep. 119·9 bei 760 mm).

<i>t</i>	<i>P</i> (mm)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm)
42·0	39	101·3	430
53·3	69	112·4	612
62·4	99	121·7	806
73·7	161	132·8	1098
83·8	234	142·3	1406
92·1	316		

Die Bror'sche Formel genügt nicht.

**LIX. Propylbutirat** (Siedep. 142·7 bei 760 mm).

<i>t</i>	<i>P</i> (mm)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm)
57·0	34	115·2	330
66·0	51	125·7	464
76·0	75	133·1	577
85·4	115	141·0	729
97·9	180	152·8	996
106·9	243	160·2	1208

Die Bror'sche Formel genügt nicht.

**LX. Isobutylbutirat** (Siedep. 156·9 bei 760 mm).

<i>t</i>	<i>P</i> (mm)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm)
74·3	46	137·6	435
83·6	65	145·9	556
92·6	90	155·5	730
105·4	150	164·7	931
117·3	233	177·4	1292
123·8	284		

Die Bror'sche Formel genügt nicht.

**LXI. Amylbutirat** (Siedep. 178·6° bei 760 mm).

<i>t</i>	<i>P</i> (mm)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm)
92·6	47	154·5	390
102·0	65	163·0	499
111·9	95	170·4	617
123·2	142	181·7	820
133·2	202	190·9	1033
143·4	277	204·3	1394

Die Bror'sche Formel genügt nicht.

**LXII. Methylisobutirat** (Siedep. 92·3 bei 760 mm).

<i>t</i>	<i>P</i> (mm)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm)
23·0	48	72·3	387
32·3	75	84·4	592
41·6	113	91·0	734
51·6	172	102·1	1035
61·9	264	112·7	1370

Die Bior'sche Formel genügt nicht.

**LXIII. Aethylisobutirat** (Siedep. 110·1 bei 760 mm).

<i>t</i>	<i>P</i> (mm)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm)
30·1	34	95·2	474
43·8	61	103·7	628
58·9	121	112·9	823
67·2	172	123·1	1098
76·3	243	131·6	1374
87·2	366		

Die Bior'sche Formel genügt nicht.

**LXIV. Propylisobutirat** (Siedep. 133·9 bei 760 mm).

<i>t</i>	<i>P</i> (mm)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm)
49·5	32	106·6	326
56·1	43	114·6	427
66·0	70	123·4	560
77·6	114	132·4	731
86·8	164	144·6	1020
96·5	233	154·3	1335

Die Bior'sche Formel genügt nicht.

**LXV. Isobutylisobutirat** (Siedep. 146·6° bei 760 mm).

<i>t</i>	<i>P</i> (mm)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm)
65·3	43	128·0	441
74·7	66	136·4	572
85·8	100	144·7	730
94·0	140	154·3	928
105·8	214	168·1	1310
117·3	315		

Die Bior'sche Formel genügt nicht.

**LXVI. Amylisobutirat** (Siedep. 168·8 bei 760 mm).

<i>t</i>	<i>P</i> (mm)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm)
82·9	43	143·7	370
94·0	66	153·9	492
107·0	106	167·5	730
117·1	154	172·8	838
126·8	213	183·2	1035
134·9	280	192·1	1312

Die Bior'sche Formel genügt nicht.

**LXVII. Methylvalerat** (Siedep. 116·7 bei 760 mm).

<i>t</i>	<i>P</i> (mm)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm)
45·4	50	94·9	382
54·6	79	102·6	496
63·0	116	116·4	731
75·3	187	128·7	1013
86·0	275	138·0	1366

Die Bior'sche Formel genügt nicht.

**LXVIII. Aethylvalerat** (Siedep. 134·3 bei 760 mm).

<i>t</i>	<i>P</i> (mm)	<i>t</i>	<i>P</i>
55·1	31	116·9	455
64·2	60	128·6	646
76·2	107	139·4	875
87·2	162	146·3	1056
98·6	250	157·5	1407
108·4	355		

Die Bior'sche Formel genügt nicht.

**LXIX. Propylvalerat** (Siedep. 155·9 bei 760 mm).

<i>t</i>	<i>P</i> (mm)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm)
77·2	43	137·4	449
87·0	73	148·0	662
92·7	95	154·5	728
103·8	143	168·2	1052
114·5	215	179·1	1349
124·4	299		

Die Bior'sche Formel genügt nicht.

**LXX. Isobutylvalerat** (Siedep. 168·7° bei 760 mm).

<i>t</i>	<i>P</i> (mm)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm)
80·5	41	144·8	386
94·6	67	152·9	491
104·6	99	160·1	599
114·7	144	173·6	858
123·9	199	181·6	1053
133·4	269	190·9	1292

Die Bior'sche Formel genügt nicht.

**D. Fettsäuren.****LXXI. Ameisensäure.**

a) Dampfspannung. Für die Ameisensäure liegen Beobachtungen vor von LANDOLT, KONOWALOW, RICHARDSON, SCHMIDT.

1) LANDOLT<sup>1)</sup> hat Ameisensäure aus sorgfältig getrocknetem ameisen-sauren Blei mit H<sub>2</sub>S dargestellt, destillirt und fractionirt. Siedep. 99·4° (B = 746·8 mm.)

<sup>1)</sup> LANDOLT, LIEB. Ann. Supplbd. 6, pag. 149. 1868; siehe auch OSTWALD's Zeitschr. 11, pag. 642. 1893.

Die Beobachtungen wurden durch die Formel

$$\log P = a + b\beta^\tau$$

dargestellt, in der die Constanten waren

$$\begin{array}{l|l} a = 4.8327286 & \log \beta = 9.9970865 - 10 \\ b = -3.5679108 & \tau = t - 10. \end{array}$$

2) KONOWALOW<sup>1)</sup> reinigte käufliche Ameisensäure durch wiederholtes Destilliren, Erstarrenlassen, Schmelzen, Abgiessen.

3) RICHARDSON<sup>2)</sup> untersuchte mit dem Apparat von RAMSAY und YOUNG Ameisensäure, die fractionirt destillirt war und bei 101.3° bei 760 mm siedete.

4) G. C. SCHMIDT<sup>3)</sup> benutzte ein Präparat, das nach Entwässern mittels Phosphorsäureanhydrid mehrfach umkrystallisirt und über Phosphorsäureanhydrid fractionirt destillirt wurde. Die Spannungen wurden dargestellt durch die Formel

$$\begin{array}{l|l} \log P = a + b\alpha^{t-10} \\ a = 4.832878 & \log \alpha = 9.997106 - 10. \\ b = -3.56806 & \end{array}$$

Für niedrige Temperaturen stimmen die Zahlen mit denen LANDOLT's, bei höheren Temperaturen sind die Drucke bei LANDOLT geringer (bis zu 20 mm). Die Resultate dieser Beobachtungen sind folgende:

LANDOLT		KONOWALOW		RICHARDSON		SCHMIDT	
<i>t</i>	<i>P</i> (mm)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm)
10	18.4	17.5	29.1	5.7	13.41	10	18.4
20	31.4	40.5	85.5	13.2	20.93	20	31.3
30	51.6	59.7	187.7	22.7	34.588	30	51.3
40	82.3	70.1	280.2	29.7	47.844	40	81.4
50	127.2			39.1	73.262	50	125.8
60	191.3			46.2	99.165	60	188.7
70	280.0			57.3	156.89	70	215.8
80	399.8			68.7	245.2	80	393.4
90	558.0			76.2	318.72	90	548.5
100	762.0			87.7	467.47	100	748.4
				97.9	677.76		
				101.7	762.52		

b) Dichte gesättigter Dämpfe.  
Vacat.

## LXXII. Essigsäure.

a) Dampfspannung. Ueber die Dampfspannungen der Essigsäure liegen zwei Messungsreihen vor, die ein grosses Intervall umfassen, nämlich von RAMSAY und YOUNG von 0° bis 280° und von YOUNG allein von 120° bis 321.65 (krit. Temp.). Ausserdem sind in kleinerem Intervall noch Beobachtungen angestellt von LANDOLT, RICHARDSON, C. G. SCHMIDT.

1) KONOWALOW, WIED. ANN. 14, pag. 44. 1881.

2) RICHARDSON, Journ. Chem. Soc. 49, pag. 765. 1886.

3) C. G. SCHMIDT, OSTW. ZEITSCHR. 7, pag. 445. 1891.

1) LANDOLT<sup>1)</sup> stellte Essigsäure durch Erhitzen von zweifachessigsäurem Kalk auf ungefähr 200° dar. Aceton bildete sich nicht. Die Substanz wurde fractionirt destillirt, erstarren gelassen, wieder geschmolzen, abgegossen, fractionirt destillirt. Siedep. 118·7° (B = 752·5 mm).

Die Formel

$$\log P = a + b\beta^\tau$$

enthält nach LANDOLT's Bestimmungen folgende Constanten:

$$\begin{array}{l|l} a = 6\cdot9378154 & \log \beta = 9\cdot9985402 \\ b = -5\cdot8550300 & \tau = t - 10. \end{array}$$

2) RICHARDSON<sup>2)</sup> untersuchte Essigsäure, die von RAMSAY rein hergestellt war und bei 118·5° (bei 760 mm) siedete. Sein Apparat war der von RAMSAY und YOUNG.

3) RAMSAY und YOUNG<sup>3)</sup> untersuchten die Dampfspannung von Essigsäure nach der Isothermenmethode. Ihre Essigsäure war absolut rein. Die erhaltenen Resultate stellten sie durch die Formel dar

$$\log P = a + b\alpha^t + c\beta^t,$$

worin  $P$  in mm Hg,  $t$  in C° bezogen auf das Luftthermometer ausgedrückt sind und die Constanten folgende Werthe haben:

$$\begin{array}{l|l} a = 6\cdot7003112 & \log \alpha = 9\cdot998815138 - 10 \\ \log(-b) = 0\cdot6879733 & \log \beta = 9\cdot994504730 - 10 \\ \log(-c) = 0\cdot1162143 & \end{array}$$

4) Die Versuche von RAMSAY und YOUNG, die nur bis 280° gingen, wurden von YOUNG<sup>4)</sup> allein bis zum kritischen Punkt fortgesetzt, an derselben Probe von Essigsäure. Seine Resultate stellte er wieder durch die BIOT-REGNAULT'sche Formel

$$\log P = a + b\beta^\tau + c\gamma^\tau$$

dar, worin  $\tau = t - 120$  ist und die Constanten folgende Werthe haben, wenn die Drucke in mm Hg ausgedrückt sind

$$\begin{array}{l|l} a = 6\cdot29974 & \log \beta = 9\cdot99800102 - 10 \\ \log(-b) = 0\cdot5226921 & \log \gamma = 9\cdot98695760 - 10. \\ \log(-c) = 8\cdot7963908 - 10 & \end{array}$$

Die nach dieser Formel berechneten Werthe stimmen in dem gemeinschaftlichen Intervall 120—180° gut mit den früheren überein.

5) C. G. SCHMIDT<sup>4)</sup> benutzte ein Präparat, das er durch zehnmaliges Auskrystallisiren von Wasser grösstentheils befreite, dann durch Phosphorsäureanhydrid trocknete und schliesslich mehrere Male fractionirt destillirte (Schmelzpunkt 16·7°). Die Beobachtungen wurden durch die Formel dargestellt

$$\begin{array}{l|l} \log P = a + b\alpha^{t-17} & \\ a = 5\cdot1172 & \log \alpha = 9\cdot997404 \\ b = -4\cdot1172 & \end{array}$$

1) LANDOLT, LIEB. Ann. Supplbd. 6, pag. 157. 1868; siehe auch OSTWALD's Zeitschr. 11, pag. 640. 1893.

2) RICHARDSON, Journ. Chem. Soc. 49, pag. 765. 1887,

3) RAMSAY und YOUNG, Journ. Chem. Soc. 49, pag. 790. 1886.

4) YOUNG, Trans. Chem. Soc. 59, pag. 903. 1891.

5) C. G. SCHMIDT, OSTW. Zeitschr. 7, pag. 449. 1891.

Diese Versuche gaben folgende Resultate:

	RAMSAY u. YOUNG	YOUNG	LANDOLT	SCHMIDT	RICHARDSON	
$t$	$P$ (mm Hg) beob.	$P$ (mm Hg)	$P$ (mm)	$P$ (mm)	$t$	$P$ (mm)
0	3·5	—	—	—	2·72	4·0
10	6·34	—	11·1	6·7	10·60	6·50
20	11·80	—	18·9	11·8	20·1	12·00
30	19·9	—	29·1	20·3	31·3	21·80
40	34·0	—	44·1	33·8	40·1	34·30
50	56·2	—	66·0	54·1	48·5	51·70
60	88·3	—	97·4	85·7	59·9	87·60
70	137·1	—	142·0	131·1	69·1	131·90
80	202·1	—	204·3	195·9	81·65	215·20
90	292·8	—	290·6	258·7	91·4	307·90
100	416·5	—	480·5	407·7	100·6	425·20
110	582·6	—	567·8	569·9	110·4	587·10
120	—	804	—	781·3	117·15	717·90
130	1040·0	1083	—	—		
140	1381·0	1431	—	—		
150	1846	1863	—	—		
160	2370	2329	—	—		
170	3031	3034	—	—		
180	3819	3809	—	—		
190	4750	4735	—	—		
200	5860	5836	—	—		
210	7216	7134	—	—		
220	8801	8655	—	—		
230	10688	10426	—	—		
240	12794	12475	—	—		
250	15159	14832	—	—		
260	17892	17527	—	—		
270	21060	20590	—	—		
280	24603	24055	—	—		
290	—	27951	—	—		
300	—	32312	—	—		
310	—	37168	—	—		
320	—	42550	—	—		
321·65 = krit. Temp.	—	43400 = krit. Druck	—	—		

b) Specificisches Volumen  $s$  und Dampfdichte  $\lambda$ .

1) RAMSAY und YOUNG (oben No. 3) haben die spezifischen Volumina des gesättigten Dampfes von Essigsäure bestimmt und folgende Werthe gefunden:

$t$	Spec. Vol. $s$ in $ccm$ pro 1 $gr$	Dampfdichte $\lambda$ (für $H = 1$ )	$t$	Spec. Vol. $s$ in $ccm$ pro 1 $gr$	Dampfdichte $\lambda$ (für $H = 1$ )
20	13080	59·3	80	1043	52·00
30	7911	57·7	90	747·5	51·40
40	4970	56·2	100	545·6	50·95
50	3226	55·0	110	405·1	50·60
60	2164	53·77	120	305·7	50·32
70	1486	52·76	130	233·9	50·16

$t$	Spec. Vol. $s$ in $ccm$ pro 1 $gr$	Dampfdichte $\lambda$ (für $H = 1$ )	$t$	Spec. Vol. $s$ in $ccm$ pro 1 $gr$	Dampfdichte $\lambda$ (für $H = 1$ )
140	181.3	50.08	220	33.5	52.56
150	142.2	50.06	230	27.72	53.13
160	112.7	50.12	240	23.12	54.24
170	90.29	50.22	250	19.32	55.62
180	72.97	50.40	260	16.17	57.28
190	59.48	50.64	270	13.51	59.43
200	48.74	51.06	280	11.21	62.62
210	40.19	51.59			

Die Zahlen für die Dampfdichte in obiger Tabelle zeigen eine Abnahme bis zur Temperatur 150°, und dann eine starke Zunahme. Diese Abweichung von dem normalen Verhalten der Dämpfe erklärt sich durch die Dissociation des Dampfes der Essigsäure. Die Resultate von HORSTMANN<sup>1)</sup> erklären die Verfasser für falsch.

2) YOUNG<sup>2)</sup> hat später die spezifischen Volumina der Essigsäure noch weiter bis zum kritischen Punkt nach seiner neuen Methode (o. pag. 724) bestimmt. Dieselben sind in  $ccm$  pro 1  $gr$  Substanz in der unten stehenden Tabelle zugleich mit den Dampfdichten bezogen auf  $H = 1$  angegeben.

$t$	Specificsches Volum $s$ $ccm$	Dampfdichte $H = 1$	$t$	Specificsches Volum $s$ $ccm$	Dampfdichte $H = 1$
220	32.9	53.5	270	11.4	63.1
230	27.7	54.3	280	—	67.1
240	23.2	55.3	290	—	73.3
250	19.3	56.5	300	5.81	83.5
260	16.1	58.3	310	—	112.4
270	13.6	60.3	321.65=kr. T.	2.46=kr. Vol.	137.7

Die Dampfdichte des gesättigten Dampfes beim kritischen Punkt ist daher 2.792 Mal so gross als die gewöhnliche Dampfdichte (des ungesättigten Dampfes).

### LXXIII. Propionsäure.

a) Dampfspannung. Die Dampfspannungen der Propionsäure wurden gemessen von LANDOLT, RICHARDSON, C. G. SCHMIDT, KAHLBAUM.

1) LANDOLT<sup>3)</sup> stellte Propionsäure durch Zusatz von Cyanäthyl mittelst Kalilauge und Erhitzen des erhaltenen propionsauren Kalis mit zweifach schwefelsaurem Kali dar. Die Flüssigkeit wurde zweimal fractionirt destillirt. Siedep. 179.5° (B = 758.1). Neuerdings hat LANDOLT<sup>4)</sup> die früheren Versuche verworfen und neue mit einem verbesserten Apparat angestellt. Die neuen Beobachtungen wurden durch die Formel

$$\log P = a + b\beta^t$$

dargestellt, in der die Constanten sind:

$$\begin{array}{l|l} a = 5.68384 & \log \beta = 9.997854 - 10 \\ \log b = 9.293988 - 10 & \tau = t - 20. \end{array}$$

<sup>1)</sup> HORSTMANN, Chem. Ber. 2, pag. 99, 1869; 3, pag. 78. 1870.

<sup>2)</sup> YOUNG, Trans. Chem. Soc. 59, pag. 909. 1891.

<sup>3)</sup> LANDOLT, Lieb. Ann. Supplbd. 6, pag. 161. 1868.

<sup>4)</sup> LANDOLT, Ostwald's Zeitschr. 11, pag. 640. 1893.

2) RICHARDSON<sup>1)</sup> untersuchte mit dem Apparat von RAMSAY und YOUNG Propionsäure, die fractionirt destillirt war und bei 140·3 (bei 760 mm) ihren Siedepunkt hatte.

3) C. G. SCHMIDT<sup>2)</sup> hat ein Präparat benutzt, das aus Cyanäthyl hergestellt war, längere Zeit mit Phosphorsäureanhydrid getrocknet und dann fractionirt destillirt wurde. Die Beobachtungen wurden durch die Formel

$$\log P = a + b\alpha^{t-38.9}$$

dargestellt, worin  $P$  in mm Hg,  $t$  in C° dargestellt sind. Die Constanten haben die Werthe

$$\begin{array}{l|l} a = 5.11714 & \alpha = 9.997386 - 10 \\ b = -4.11714 & \end{array}$$

4) Ausserdem liegen noch Messungen von KAHLBAUM vor, die mir nicht zugänglich sind.

Die Resultate sind folgende:

$t$ (C°)	LANDOLT	SCHMIDT	RICHARDSON	
	$P$ (mm)	$P$ (mm)	$t$ (C°)	$P$ (mm)
10	—	1.65	15.45	2.74
20	4.0	3.2	20.2	2.99
30	7.0	5.9	31.7	5.48
40	12.0	10.6	39.7	8.37
50	20.0	18.5	46.7	13.20
60	32.6	31.6	55.0	22.02
70	56.8	50.4	69.7	43.85
80	80.5	79.9	77.7	66.27
90	122.5	123.1	87.7	104.139
100	182.6	188.2	100.7	176.39
110	267.0	271.3	113.7	303.44
120	383.2	389.3	120.3	388.80
130	540.7	546.7	132.7	572.25
140	750.3	752.9	140.3	760.0

b) Dichte gesättigter Dämpfe.

Vacat.

#### LXXIV. Buttersäure (normal).

a) Dampfspannung. Messungen liegen vor von LANDOLT, RAMSAY und YOUNG, C. G. SCHMIDT.

1) LANDOLT<sup>3)</sup> stellte reine Buttersäure aus käuflicher durch fractionirtes Destilliren dar. Das aufgefangene Produkt wurde neutralisirt und das Salz abgedampft und mit Schwefelsäure destillirt. Siedep. 163·0 (B = 765·3).

Die Beobachtungen wurden durch die Formel

$$\log P = a + b\beta^{\tau}$$

dargestellt, in der die Constanten die Werthe haben:

$$\begin{array}{l|l} a = 21.5043266 & \log \beta = 9.9996850 - 10 \\ b = -20.7883233 & \tau = t - 10. \end{array}$$

1) RICHARDSON, Journ. Chem. Soc. 49, pag. 766. 1881.

2) C. G. SCHMIDT, Ostw. Zeitschr. 7, pag. 452. 1891.

3) LANDOLT, Lieb. Ann. Supplbd. 6, pag. 163. 1868.

2) RAMSAY und YOUNG<sup>1)</sup> haben ihre Buttersäure sorgfältig gereinigt, worüber das Original einzusehen ist.

3) C. G. SCHMIDT<sup>2)</sup> hat zwei Proben von Buttersäure untersucht, die von Metakrylsäure befreit war, durch Phosphorsäureanhydrid entwässert und fractionirt wurde. Die Formel

$$\log P = a + b\alpha^{t-59.6}$$

lieferte folgende Constanten:

$$a = 5.1176 \quad b = -4.1176 \quad \log \alpha = 9.9974169 - 10.$$

Die Resultate der Beobachtungen sind folgende:

(t C°)	LANDOLT	RAMSAY u. YOUNG	SCHMIDT	t (C°)	LANDOLT	RAMSAY u. YOUNG	SCHMIDT
10	5.2	—	0.9	100	107.1	73.1	75.8
20	7.3	—	0.81	110	148.1	110.2	116.6
30	10.3	—	1.6	120	204.1	164.3	174.9
40	14.5	—	3.1	130	281.2	241.5	256.3
50	20.4	5.2	5.7	140	386.1	345.7	367.4
60	28.6	9.5	10.2	150	529.1	488.5	515.8
70	39.9	16.3	17.7	160	723.1	676.3	710.2
80	55.6	27.5	29.5	170	986.2	—	—
90	77.3	44.5	48.0	180	1342.0	—	—

b) Dichte gesättigter Dämpfe.

Vacat.

### LXXV. Isobuttersäure.

a) Dampfspannungen. Messungen liegen vor von SCHUMANN, RICHARDSON, SCHMIDT, KAHLBAUM.

1) SCHUMANN<sup>3)</sup> hat nach der statischen Methode die Spannung der Isobuttersäure untersucht, über deren Reindarstellung nichts bekannt ist.

2) RICHARDSON<sup>4)</sup> untersuchte mit dem Apparat von RAMSAY und YOUNG Isobuttersäure, die fractionirt destillirt war und ihren Siedep. bei 153° (760 mm) hatte. Die Resultate stimmen in zwei Versuchsreihen sehr schlecht mit einander.

3) C. G. SCHMIDT<sup>5)</sup> hat die Isobuttersäure durch Phosphorsäureanhydrid entwässert und durch mehrmalige fractionirte Destillation gereinigt. Die Formel

$$\log P = a + b\alpha^{t-51}$$

liefert folgende Constanten:

$$a = 5.1165 \quad b = -4.1165 \quad \log \alpha = 9.997406 - 10.$$

4) Die Arbeit von KAHLBAUM ist mir nicht zugänglich.

Die Resultate sind folgende:

1) RAMSAY und YOUNG, Chem. Ber. 19, pag. 2107. 1886.

2) C. G. SCHMIDT, Ostw. Zeitschr. 7, pag. 458. 1891.

3) SCHUMANN, Wied. Ann. 12, pag. 57. 1881.

4) RICHARDSON, Journ. Chem. Soc. 49, pag. 766. 1886.

5) C. G. SCHMIDT, Ostw. Zeitschr. 7, pag. 456. 1891.

SCHUMANN		RICHARDSON		SCHMIDT	
<i>t</i> Quecksilber- thermometer	<i>P</i> ( <i>mm</i> )	<i>t</i>	<i>P</i> ( <i>mm</i> )	<i>t</i>	<i>P</i> ( <i>mm</i> )
83·1	56	23·3	0·996	10	0·7
95·8	95	34·55	2·798	20	1·5
104·6	139	51·8	12·150	30	2·8
113·7	199	64·8	18·436	40	5·3
123·1	282	76·4	34·78	50	9·5
131·6	386	89·8	66·369	60	16·4
142·6	568	103·8	129·75	70	27·6
150·9	733	119·3	236·03	80	45·2
161·9	1043	133·8	406·59	90	71·7
171·9	1416	143·8	601·49	100	110·8
				110	167·0
				120	245·7
				130	353·5
				140	498·2
				150	688·2

Dichte gesättigter Dämpfe.

Vacat.

#### LXXVI. Isovaleriansäure.

a) Dampfspannung. Messungen liegen vor von LANDOLT, RICHARDSON, SCHMIDT, KAHLBAUM.

1) LANDOLT<sup>1)</sup> stellte Valeriansäure aus Amylalkohol durch chromsaures Kali und Schwefelsäure dar, führte sie in das Kalisalz über und destillierte dieses mit Schwefelsäure und fractionierte. Siedep. 175·6—176·1 ( $B = 766·2$ ). Neuerlich hat LANDOLT<sup>2)</sup> die früheren Resultate verworfen und neue Beobachtungen nach der statischen Methode angestellt. Die neuen Beobachtungen wurden durch die Formel

$$\log P = a + b\beta^{\tau}$$

dargestellt, worin die Constanten die Werthe haben

$$\begin{array}{l|l} a = 29·0660 & \log \beta = 9·999785 \\ \log b = 8·548726 - 10 & \tau = t - 20. \end{array}$$

2) RICHARDSON<sup>3)</sup> untersuchte mit dem Apparat von RAMSAY und YOUNG Isovaleriansäure, die aus einer wässrigen Lösung destilliert, dann mit Phosphor-pentoxyd geschüttelt und fractionirt destilliert wurde. Der Siedep. war 174·9° bei 750 (?) *mm*. Die zweite und dritte Versuchsreihe stimmen gut untereinander, aber schlecht mit der ersten. Die zweite Versuchsreihe gab die unten angeführten Resultate.

3) C. G. SCHMIDT<sup>4)</sup> hat die Isovaleriansäure durch Phosphorsäureanhydrid entwässert. Bis zur Temperatur 70° beobachtete er nach der statischen, von dieser Temperatur an nach der dynamischen Methode. In der Formel

$$\log P = a + 3\alpha^{t-70·9}$$

haben die Constanten die Werthe

$$a = 5·1166, \quad b = -4·1166, \quad \log \alpha = 9·997446 - 10.$$

Die zum Theil extrapolierten Zahlen sind unten angegeben.

<sup>1)</sup> LANDOLT, LIEB. Ann. Supplbd. 6, pag. 166. 1868.

<sup>2)</sup> LANDOLT, OSTWALD's Zeitschr. 11, pag. 642. 1893.

<sup>3)</sup> RICHARDSON, Journ. Chem. Soc. 49, pag. 767. 1886.

<sup>4)</sup> C. G. SCHMIDT, OSTW. Zeitschr. 7, pag. 461. 1891.

4) Die Resultate von KAHLBAUM sind mir nicht zugänglich.  
Das Ergebniss dieser Versuche ist folgendes:

LANDOLT		SCHMIDT		RICHARDSON	
$t$ (C°)	$P$ (mm)	$t$ (C°)	$P$ (mm)	$t$	$P$ (mm)
100.26	50.5	10	0.17	51.79	2.741
120.67	110.6	20	0.37	62.725	4.977
139.70	266.5	30	0.76	73.51	9.955
151.45	380.4	40	1.5	84.12	18.944
161.4	513.3	50	2.9	96.81	35.977
172.0	705.2	60	5.3	106.275	55.891
182.6	967.3	70	9.45	116.70	85.799
188.8	1162.6	80	16.35	124.05	122.293
		90	27.3	138.25	218.114
		100	44.25	148.67	312.085
		110	69.8	158.27	434.039
		120	107.35	165.625	551.877
		130	159.75	171.25	673.252
		140	236.05	176.0	745.587
		150	338.3		
		160	476.3		
		170	654.9		

b) Dichte gesättigter Dämpfe.  
Vacat.

## E. Halogenverbindungen der Fettreihe.

### LXXVII. Chlormethyl.

a) Dampfspannungen. Diese wurden von REGNAULT und VINCENT und CHAPPUIS gemessen.

1) REGNAULT<sup>1)</sup> stellte Chlormethyl her, indem er ein Gemisch von 2 Gewichtstheilen Seesalz, 1 Thl. Methylalkohol und 3 Thln. concentrirter Schwefelsäure erhitzte. Das Gas ging durch eine schwache Kalilösung, dann durch eine Röhre mit Aetzkali und war vermuthlich fast vollkommen rein. Die Beobachtungen lassen sich durch die Formel darstellen

$$\log P = a + b\alpha^{t+30}$$

worin  $P$  in mm Hg,  $t$  in C° gemessen sind und die Constanten folgende Werthe haben:

$$\begin{array}{l|l} a = 5.4884600 & \log \alpha = 9.9969750 - 10 \\ b = -2.7257704 & \end{array}$$

2) VINCENT und CHAPPUIS<sup>2)</sup> haben die Spannungen von Chlormethyl im CALLETET'schen Apparat viel weiter als REGNAULT untersucht, nämlich bis zur kritischen Temperatur 141.5°. Die Darstellung mit der REGNAULT'schen Formel

$$\log P = a + b\alpha^t$$

und mit den oben angeführten Constanten von REGNAULT giebt nur bis 35°, so weit die Beobachtungen von REGNAULT reichen, gute Resultate; darüber hinaus werden die Abweichungen sehr gross. Im folgenden sind die Zahlen von REGNAULT und dann die Beobachtungen von VINCENT und CHAPPUIS angegeben,

<sup>1)</sup> REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 594.

<sup>2)</sup> VINCENT und CHAPPUIS, Compt. rend. 100, pag. 1216. 1885.

letztere zugleich mit der Berechnung mittelst der REGNAULT'schen Constanten und ihre Differenzen angeben.

REGNAULT		VINCENT und CHAPPUIS			
$t$ Quecksilber- thermometer	$P$ ( <i>mm</i> Hg)	$t$ C°	$P$ beob. Atm.	$P$ ber. nach REGNAULT (Atm.)	Beob.—Ber. Atm.
—30	578.99	35°	7.50	7.48	+ 0.02
—20	883.25	40	8.79	8.54	0.17
—10	1309.61	50	11.20	11.12	0.08
0	1891.00	60	14.30	14.17	0.13
+10	2663.81	70	17.87	17.70	0.17
20	3666.95	80	22.15	21.70	0.25
30	4940.46	90	27.65	26.70	0.95
35	5691.08	100	33.90	32.03	1.90
		110	41.00	38.00	3.00
		120	49.50	44.66	5.20
		130	61.60	51.68	0.20
		140	70.60	59.30	11.50
		141	72.00	60.16	11.84

b) Specificisches Volumen gesättigter Dämpfe *s.*  
Vacat.

### LXXVIII. Fluormethyl.

a) Dampfspannung. N. COLLIE<sup>1)</sup> hat die Dampfspannungen von Methylfluorid bis zum kritischen Punkt untersucht und folgende Werthe gefunden:

$t$ C°	$P$ ( <i>mm</i> Hg)	$t$ C°	$P$ ( <i>mm</i> Hg)
— 5	11365	25	28840
0	14696	30	32756
+ 5	17740	35	36204
10	20091	40	40496
15	23003	44	46010
20	25621	44.9 = krit. T.	47123 = kr. Dr.

b) Dichte gesättigter Dämpfe.  
Vacat.

### LXXIX. Chloräthyl.

a) Dampfspannungen. Messungen liegen vor von REGNAULT zwischen — 30° und + 100° und von SAJOTSCHIEWSKI zwischen 110° und 182.6 (krit. Temp.)

1) REGNAULT<sup>2)</sup> stellte diese Flüssigkeit in folgender Weise her. Absoluter Alkohol wurde mit der Hälfte seines Volumens von concentrirter Chlorwasserstoffsäurelösung gemischt und in Eis mit gasförmiger Chlorwasserstoffsäure übersättigt. Dann wurde das Gemisch eine Zeit sich selbst überlassen und darauf destillirt. Das entstehende Gas wurde der Reihe nach durch Wasser, dann durch Chlorcalcium gesendet und durch Abkühlung in einer Kältemischung condensirt.

<sup>1)</sup> N. COLLIE, Journ. Chem. Soc. 55, pag. 110. 1889.

<sup>2)</sup> REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 440.

Die erhaltene Flüssigkeit wurde mit concentrirter kalter Schwefelsäure geschüttelt und dann wieder destillirt. Es wurden nur 2 Reihen von Beobachtungen angestellt, die durch die Formel

$$\log P = a + b\alpha^{t+32} + c\beta^{t+32}$$

dargestellt wurden. Darin bedeutet  $P$  den Druck in  $mm$  Hg und  $t$  die Temperatur in  $C^\circ$  am Luftthermometer gemessen. Die Constanten haben folgende Werthe:

$$\begin{array}{l|l} a = 5.3517889 & \log \alpha = 9.9972423 - 10 \\ b = -3.2622870 & \log \beta = 9.9797147 - 10. \\ c = -0.0969484 & \end{array}$$

2) SAJOTSCHESKI<sup>1)</sup> bestimmte die Dampfspannung des Chloräthyls bis zur kritischen Temperatur. Ueber die Methode s. pag. 710. Ueber die Darstellung und Reinigung der Substanz ist in den Beibl. nichts angegeben.

Die Resultate dieser Messungen sind folgende:

REGNAULT		SAJOTSCHESKI	
$t$ ( $C^\circ$ ) Luft- thermometer	$P$ ( $mm$ Hg)	$t$ ( $C^\circ$ )	$P$ (Atm.)
-30	110.24	110	14.81
-20	187.55	120	17.35
-10	302.09	130	20.92
0	465.18	140	25.27
+10	691.11	150	30.22
20	996.23	160	35.85
30	1398.99	170	42.00
40	1619.58	182.6 = kr. T.	52.6 = kr. Dr.
50	2579.40		
60	3400.54		
70	4405.03		
80	5614.11		
90	7047.51		
100	8722.76		

b) Dichte gesättigter Dämpfe.  
Vacat.

#### LXXX. Bromäthyl.

a) Dampfspannungen. REGNAULT<sup>1)</sup> benutzte Bromäthyl, welches im Laboratorium von WÜRTZ hergestellt war und das alle Anzeichen von Reinheit bot. Näheres ist nicht angegeben. Er machte 3 Reihen von Versuchen und stellte sie durch die Formel dar:

$$\log P = a + b\alpha^{t+24} + c\beta^{t+24},$$

worin  $P$  der Druck in  $mm$  Hg,  $t$  die Temperatur in  $C^\circ$  am Luftthermometer ist und die Constanten folgende Werthe haben:

$$\begin{array}{l|l} a = 5.2894363 & \log \alpha = 9.9973769 - 10 \\ b = -3.4977248 & \log \beta = 9.9823164 - 10. \\ c = -0.1214636 & \end{array}$$

<sup>1)</sup> SAJOTSCHESKI, Beibl. 3, pag. 741. 1879.

<sup>2)</sup> REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 448.

Der Verlauf der Dampfspannungen von  $10^{\circ}$  zu  $10^{\circ}$  ist folgender:

$t$ (C°) Luft-thermometer	$P$ (mm Hg)	$t$ (C°) Luft-thermometer	$P$ (mm Hg)
-30	32·18	60	1511·92
-20	59·16	70	2015·06
-10	101·54	80	2638·57
0	165·57	90	3398·93
+10	257·50	100	4312·32
20	387·03	110	5394·01
30	564·51	120	6658·00
40	801·92	130	8116·49
50	1112·79	140	9779·56

b) Dichte gesättigter Dämpfe.

Vacat.

### LXXXI. Jodäthyl.

a) Dampfspannung. REGNAULT<sup>1)</sup> stellte sein Jodäthyl her, indem er Phosphorjodür mit absolutem Alkohol erhitzte, dann lange mit alkalischem Wasser schüttelte und über Chlorcalcium destillierte. Er stellte bloss eine Beobachtungsreihe an, die durch die Formel

$$\log P = a + b\alpha^{t-8}$$

gut dargestellt wird. Darin ist  $P$  in mm Hg,  $t$  in C° nach dem Luftthermometer dargestellt und die Constanten haben folgende Werthe:

$$\begin{array}{l|l} a = 8\cdot5800247 & \log \alpha = 9\cdot9966846 - 10. \\ b = -2\cdot7820651 & \end{array}$$

Der Verlauf der Dampfspannungen von  $10^{\circ}$  zu  $10^{\circ}$  ist folgender:

$t$ (C°) Luft-thermometer	$P$ (mm Hg)	$t$ (C°) Luft-thermometer	$P$ (mm Hg)
$0^{\circ}$	41·95	40	251·73
10	69·20	50	364·00
20	110·02	60	512·25
30	169·07		

b) Dichte gesättigter Dämpfe.

Vacat.

### LXXXII. Normales Jodpropyl.

a) Dampfspannungen. F. D. BROWN<sup>2)</sup> bestimmte die Dampfspannungen von normalem Propyljodid bis zu 760 mm und stellte sie durch die Formel dar

$$P = ab \frac{10^{t+7.5}}{1+m(t+7.5)},$$

wo  $P$  in mm Hg,  $t$  in C° ausgedrückt ist und die Constanten folgende Werthe haben:

$$\begin{array}{l|l} \log a = 1\cdot1875207 & \log m = 7\cdot6338070 - 10. \\ \log b = 0\cdot0259870 & \end{array}$$

<sup>1)</sup> REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 455.

<sup>2)</sup> BROWN, Proc. Roy. Soc. 26, pag. 238. 1877.

Einige Dampfspannungen sind folgende:

<i>t</i>	<i>P</i> (mm)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm)
62·37	200	94·70	600
73·51	300	99·83	700
81·95	400	102·63	760
88·84	500		

b) Dichte gesättigter Dämpfe.

Vacat.

### LXXXIII. Jodisopropyl.

a) Dampfspannung. F. D. BROWN<sup>1)</sup> bestimmte die Spannkkräfte des Iso-propyljodids bis zu 760 mm und erhielt folgende Werthe:

<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)
50·50	200	82·11	600
61·33	300	87·13	700
69·77	400	89·89	760
76·44	500		

b) Dichte gesättigter Dämpfe.

Vacat.

### LXXXIV—LXXXXI. Chloräthane.

a) Dampfspannungen. Für eine Reihe von Chlorverbindungen hat STAEDEL<sup>2)</sup> die Siedepunkte, die zu bestimmten Drucken gehören, gemessen. Ueber die Darstellung der Substanzen ist in dem Referat in den Beiblättern nichts enthalten. Die Zahlen sind nicht auf gleiche Temperaturintervalle, sondern auf gleiche Druckintervalle reducirt.

Folgendes sind die Resultate

No.	LXXXIV	LXXXV	LXXXVI	LXXXVII	LXXXVIII	LXXXIX	LXXXX	LXXXXI
Name der Subst.	Aethylchlorid	Aethylenchlorid	Acetyltrichlorid	Isomeres Acetyltrichlorid				Dreifach Chlorkohlenst.
Formel	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CHCl}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{Cl} \\   \\ \text{CH}_2\text{Cl} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CCl}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CHCl}_2 \\   \\ \text{CHCl}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{Cl} \\   \\ \text{CCl}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CHCl}_2 \\   \\ \text{CHCl}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CHCl}_2 \\   \\ \text{CCl}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CCl}_3 \\   \\ \text{CCl}_3 \end{array}$
( <i>P</i> mm)	<i>t</i> (C°)							
400	+39·607	+64·733	+54·671	+ 92·758	+108·127	+124·107	+138·087	—
500	45·379	71·053	61·256	99·686	115·670	131·932	146·008	—
600	50·693	76·630	66·605	105·580	121·937	138·163	152·704	—
700	55·025	81·474	71·546	110·705	127·480	143·836	158·513	—
760	57·693	84·075	74·086	113·722	130·490	146·782	161·734	—
800	59·386	85·740	75·770	115·590	132·461	148·647	163·813	186·601
900	63·005	89·718	79·770	119·769	136·880	153·200	168·600	192·201
1000	66·307	93·392	83·344	123·627	141·041	157·232	172·864	196·787
1080	68·469	95·889	86·070	126·492	144·068	160·224	176·136	200·640

b) Specifische Volumina.

Vacat.

### LXXXXII. Aethylenbromid.

a) Dampfspannung. REGNAULT<sup>3)</sup> stellte Aethylenbromid her durch Einwirkung von Brom auf Aethylen. Die erhaltene Flüssigkeit wurde durch Waschen

<sup>1)</sup> BROWN, Proc. Roy. Soc. 26, pag. 238. 1877.

<sup>2)</sup> STÄDEL, Chem. Ber. 15, pag. 2559. 1882; Beibl. 7, pag. 184.

<sup>3)</sup> REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 462.

mit einer schwach alkalischen Lösung gereinigt, dann über Chlorcalcium destillirt. Der Schmelzpunkt war  $+9.53^\circ$ . Die Flüssigkeit wurde in Eis zum Erstarren gebracht und zwischen Papier ausgedrückt. REGNAULT machte 3 Reihen von Beobachtungen, die er durch die Formel

$$\log P = a + b\alpha^{t+28} + c\beta^{t+28}$$

darstellte, worin  $P$  der Druck in  $mm$  Hg,  $t$  die Temperatur in  $C^\circ$ , am Luftthermometer gemessen, ist und die Constanten folgende Werthe haben:

$$\begin{array}{l|l} a = 5.0188136 & \log \alpha = 9.9975516 - 10 \\ b = -5.2589812 & \log \beta = 9.9712880 - 10. \\ c = +0.462589 & \end{array}$$

Der Verlauf der Dampfspannungen ist folgender:

$t(C^\circ)$ Luft- thermom.	$P$ ( $mm$ Hg)	$t(C^\circ)$ Luft- thermom.	$P$ ( $mm$ Hg)	$t(C^\circ)$ Luft- thermom.	$P$ ( $mm$ Hg)
-25	1.55	70	98.36	160	1572.49
-20	1.73	80	144.02	170	1979.14
-10	2.48	90	206.58	180	2459.73
0	3.92	100	290.43	190	3020.83
+10	6.40	110	401.08	200	3668.36
20	10.57	120	544.06	210	4407.52
30	17.20	130	725.77	220	5242.61
40	27.49	140	953.00	230	6176.87
50	42.99	150	1232.83	240	7212.51
60	65.75				

b) Dichte gesättigter Dämpfe.

Vacat.

### LXXXXIII. und LXXXXIV. Aethyliden- und Aethylen-bromochlorid.

a) Dampfspannung. STAEDEL<sup>1)</sup> hat für diese beiden Substanzen die Siedepunkte für verschiedene Drucke bestimmt. Das Aethylen-bromochlorid gab etwas verschiedene Resultate, je nachdem es aus  $C_2H_5Br$  oder aus  $C_2H_4Br_2$  dargestellt war. Folgendes sind die Resultate nach Drucken geordnet.

No.	LXXXXIII	LXXXXIV	
Name der Substanz	Aethyliden-bromochlorid	Aethylenbromochlorid aus $C_2H_5Br$   aus $C_2H_4Br_2$	
Formel	$\begin{array}{c} CH_3 \\   \\ CHClBr \end{array}$	$\begin{array}{c} CH_2Cl \\   \\ CH_2Br \end{array}$	
$P$ ( $mm$ )	$t$ ( $C^\circ$ )		
400	+63.63	+ 85.53	+ 87.020
500	69.93	92.50	93.740
600	75.34	98.22	99.365
700	80.03	103.12	105.305
760	82.69	106.07	108.545
800	84.25	107.78	110.674
900	88.19	111.93	113.938
1000	21.68	115.74	117.956
1080	94.26	—	—

b) Dichte gesättigter Dämpfe.

Vacat.

<sup>1)</sup> STAEDEL, Chem. Ber. 15, pag. 2559. 1882; Beibl. 7, pag. 184.

**LXXXXV. Chloroform.**

a) Dampfspannung. 1) Das Chloroform, das REGNAULT<sup>1)</sup> benutzte, war über Chlorcalcium getrocknet, dann destillirt, und nur die mittlere Hälfte des Destillats wurde benutzt. Trotzdem ist die Substanz nach REGNAULT's eigener Meinung nicht ganz rein gewesen. Es wurden 6 Reihen von Beobachtungen gemacht, welche REGNAULT durch die Formel darstellte:

$$\log P = a + b\alpha^{t-20} + c\beta^{t-20}.$$

Darin ist  $P$  der Druck in  $mm$  Hg,  $t$  die am Luftthermometer gemessene Temperatur. Die Constanten haben folgende Werthe:

$$\begin{array}{l|l} a = 5.2253893 & \log \alpha = 9.9974144 - 10 \\ b = -2.9531281 & \log \beta = 9.9868176 - 10. \\ c = -0.0668673 & \end{array}$$

2) WÜLLNER und GROTRIAN<sup>2)</sup> haben an einem käuflich bezogenen Chloroform einige Messungen angestellt.

Der Verlauf der Dampfspannungen, wie sie von REGNAULT gemessen sind, ist folgender

$t$ Luft- thermometer	$P$ ( $mm$ Hg)	$t$ Luft- thermometer	$P$ ( $mm$ Hg)
+20	160.47	100	2428.54
30	247.51	110	3110.99
40	369.26	120	3925.74
50	575.05	130	4885.10
60	755.44	140	6000.16
70	1042.11	150	7280.52
80	1407.64	160	8734.20
90	1865.22	165	9527.82

b) Specificisches Volumen und Dichte der gesättigten Dämpfe. Diese sind von WÜLLNER und GROTRIAN (oben No. 2) an ihrem nicht besonders gereinigten Präparat gemessen worden.

$t$	Spec. Vo- lumen $s$ in $ccm$ pro 1 $gr$	Dampfdichte $l$ (Luft = 1)
58.18	242.60	4.255
68.81	175.45	4.322
79.27	131.95	4.347
85.96	110.80	4.353
99.14	79.34	4.445

Eine Bestimmung rührt auch von G. BAUER<sup>3)</sup> her. Er fand nach der pag. 725 angegebenen Methode bei dem Druck  $P = 725.5 mm$  ( $t = ca. 58$ ), die Dichtigkeit  $\delta$  des Dampfes (Wasser = 1 gesetzt) zu 0.004248.

**LXXXXVI. Tetrachlorkohlenstoff.**

a) Dampfspannung. Messungen über diese liegen vor von  
REGNAULT zwischen  $-20^\circ$  und  $+190^\circ$   
S. YOUNG „  $-20$  „  $+283.15$  (krit. Temp.).

<sup>1)</sup> REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 403.

<sup>2)</sup> WÜLLNER und GROTRIAN, WIED. Ann. II, pag. 564. 1880.

<sup>3)</sup> G. BAUER, WIED. Ann. 55, pag. 206. 1895.

1) REGNAULT<sup>1)</sup> stellte den Tetrachlorkohlenstoff her, indem er Chlor auf Chlormethyl wirken liess und den so entstehenden Dichloräther mit Chlor zusammen der Einwirkung der Sonnenstrahlen aussetzte, bis die Reaction beendet war. Die Analyse zeigte, dass der so entstandene Körper  $\text{CCl}_4$  war und kein H mehr enthält. Mit dieser Substanz machte er 4 Reihen von Versuchen, die er durch die Formel

$$\log P = a + b a^{t+20} + c \beta^{t+20}$$

darstellte, worin  $P$  in  $\text{mm Hg}$  den Druck,  $t$  in  $^\circ\text{C}$  die Temperatur am Luftthermometer angeht. Die Constanten haben folgende Werthe:

$$\begin{array}{l|l} a = 12.0962331 & \log \alpha = 9.9997120 - 10 \\ b = - 9.1375180 & \log \beta = 9.9949780 - 10. \\ c = - 1.9674890 & \end{array}$$

2) SIDNEY YOUNG<sup>2)</sup> hat die Dampfdrucke und spezifischen Volumina des  $\text{CCl}_4$  bis zur kritischen Temperatur gemessen. Ueber die Methode, welche richtige Resultate giebt, obwohl bei hoher Temperatur Quecksilber von  $\text{CCl}_4$  angegriffen wird, ist die Arbeit selbst einzusehen. Die als rein bezogene Substanz wurde fractionirt destillirt, bis ein vollkommen constanter Siedepunkt erhalten wurde, der sich zu 76.75 bei 760  $\text{mm}$  ergab. Er stimmt gut mit dem Werthe von THORPE 76.74 (Trans. Chem. Soc. 37, pag. 59. 1880) und liegt in der Mitte zwischen den sonstigen Bestimmungen. Die erhaltenen Werthe von  $P$  weichen in dem gemeinschaftlichen Intervall nicht sehr von den Zahlen REGNAULT's ab. Die Beobachtungen wurden nach der BIOT-REGNAULT'schen Formel

$$\log P = a + b \beta^t + c \gamma^t$$

berechnet, worin  $P$  in  $\text{mm Hg}$  ausgedrückt ist und die Constanten folgende Werthe haben:

$$\begin{array}{l|l} a = - 1.50723 & \log \beta = 0.00026855 \\ b = 0.7162086 & \log \gamma = 9.99597566 - 10. \\ \log(-c) = 0.3375918 & \end{array}$$

Der Verlauf der Spannungen von 10 zu  $10^\circ$  ist folgender:

$t$ ( $^\circ\text{C}$ ) (Luftthermo- meter)	REGNAULT	YOUNG	$t$ ( $^\circ\text{C}$ ) (Luftthermo- meter)	REGNAULT	YOUNG
	$P$ ( $\text{mm Hg}$ )	$P$ ( $\text{mm Hg}$ )		$P$ ( $\text{mm Hg}$ )	$P$ ( $\text{mm Hg}$ )
-20	9.80	10.29	140	3709.04	3725.1
-10	18.47	18.89	150	4543.13	4559.6
0	32.95	38.08	160	5513.14	5524.6
+10	55.97	55.51	170	6634.37	6631.9
20	90.99	89.61	180	7923.55	7894.8
30	142.27	139.64	190	9399.02	9326.7
40	214.81	210.71	200	—	10943.0
50	314.38	308.09	210	—	12759.0
60	447.43	440.67	220	—	14793.0
70	621.15	613.8	230	—	17066.0
80	843.29	836.35	240	—	19596.0
90	1122.26	1117.0	250	—	22409.0
100	1467.09	1464.8	260	—	25532.0
110	1887.44	1889.4	270	—	28992.0
120	2393.67	2400.8	280	—	32825.0
130	2996.88	3009.1	283.15=kr. T.	—	34180=kr. Dr.

<sup>1)</sup> REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 429.

<sup>2)</sup> YOUNG, Trans. Chem. Soc. 59, pag. 911. 1891.

b) Specificisches Volumen der gesättigten Dämpfe. YOUNG (oben No. 2) hat nach seiner (oben pag. 724) angegebenen Methode die specificischen Volumina des gesättigten Dampfes von  $\text{CCl}_4$  bis  $280^\circ$  bestimmt. Sie sind in folgender Tabelle enthalten:

$t$ C°	$s$ (ccm pro 1 gr)	$t$ C°	$s$ (ccm pro 1 gr)
90	125·4	190	16·00
100	97·5	200	13·48
110	76·7	210	11·38
120	61·2	220	9·62
130	49·4	230	8·12
140	40·3	240	6·83
150	33·1	250	5·70
160	27·4	260	4·66
170	21·8	270	3·69
180	19·05	280	2·78

Eine Messung der Dichtigkeit rührt auch von G. BAUER<sup>1)</sup> her. Er fand für den Druck  $P = 712$  mm die Dichte  $\delta$  bezogen auf Wasser = 0·00520.

## F. Aromatische Körper.

### LXXXXVII. Benzol.

a) Dampfspannungen. In grossem Intervall liegen darüber Messungsreihen vor von

REGNAULT zwischen  $- 20^\circ$  und  $+ 170^\circ$

SAJOTSCHIEWSKI „ 180 „ 280·6 (krit. Temp.)

S. YOUNG „  $- 10$  „ 288·5 (krit. Temp.)

Ferner sind noch in kleinem Intervall einige Messungen von NEUBECK ausgeführt.

1) REGNAULT<sup>2)</sup> stellte sein Benzol her, indem er reine Benzoëssäure mit dem Dreifachen ihres Gewichtes an Kalk erhitzte, und reinigte es, indem er es mehrfach rectificirte. In schmelzendem Eis erstarrte es vollständig. Er machte 4 Versuchsreihen mit Benzol und stellte seine Resultate durch die Formel dar:

$$\log P = a + b\alpha^{t+24} + c\beta^{t+24},$$

wo der Druck  $P$  in mm Hg, die Temperatur  $t$  in C° nach dem Luftthermometer zu nehmen ist. Die Constanten haben folgende Werthe:

$$\begin{array}{l|l} a = 5\cdot1309348 & \log \alpha = 9\cdot9974554 - 10 \\ b = 4\cdot1408748 & \log \beta = 9\cdot9802079 - 10. \\ c = - 0\cdot3880000 & \end{array}$$

2) SAJOTSCHIEWSKI<sup>3)</sup> bestimmte die Dampfspannungen von  $\text{C}_6\text{H}_6$  nach der pag. 710 angegebenen Methode bis zur kritischen Temperatur. Ueber die Darstellung und Reinigung der Substanz ist l. c. nichts angegeben.

3) S. YOUNG<sup>4)</sup> untersuchte die Dampfspannungen des Benzols bis zur kritischen Temperatur. Die Substanz war von RAMSAY und ihm rein hergestellt (Phil. mag. 1887, pag. 61) und siedete bei  $80\cdot2^\circ$  ( $B_0 = 760$  mm). Die Beobachtungen wurden durch die BIOT'sche Formel

$$\log P = a + b\alpha^t + c\beta^t$$

dargestellt, in welcher die Constanten folgende Werthe hatten:

1) G. BAUER, WIED. Ann. 55, pag. 184. 1895.

2) REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 416.

3) SAJOTSCHIEWSKI, Beibl. 3, pag. 741. 1879.

4) YOUNG, Journ. Chem. Soc. 55, pag. 486. 1889.

$$\begin{array}{l|l}
 a = - & 8.518142 & \log a = 0.0001302029 \\
 b = & 12.126708 & \log \beta = 9.99588589 - 10. \\
 c = - & 2.184666 &
 \end{array}$$

4) NEUBECK<sup>1)</sup> hat nach der Methode von RAMSAY und YOUNG die Dampfspannungen von reinstem, thiophenfreien Benzol, das einige Male umkrystallisiert und mit metallischem Natrium behandelt war, in kleinem Temperaturintervall folgendermassen bestimmt.

$t$	$P$ mm Hg)
40.1	174.9
53.2	303.5
64.1	450.1
72.9	605.6
79.9	760.4

Die Resultate der Messungen von REGNAULT, YOUNG, SAJOTSCHESKI sind im folgenden zusammengestellt:

$t$ (C°) Luft- thermometer	REGNAULT	YOUNG	SAJOTSCHESKI
	$P$ (mm Hg)	$P$ (mm Hg)	$P$ (Atm.)
—20	5.79	—	—
—10	12.92	14.97	—
0	25.31	26.54	—
10	45.25	45.19	—
20	75.65	74.13	—
30	120.24	117.45	—
40	183.62	180.20	—
50	271.37	286.30	—
60	390.10	388.51	—
70	547.42	548.16	—
80	751.86	755.0	—
90	1012.75	1008.0	—
100	1340.05	1335.0	—
110	1744.12	1739.0	—
120	2235.44	2230.0	—
130	2824.35	2821.0	—
140	3520.73	3520	—
150	4333.71	4335	—
160	5271.43	5300	—
170	6340.72	6386	—
180	—	7617	11.02
190	—	9045	13.02
200	—	10650	15.34
210	—	12453	18.10
220	—	14521	21.35
230	—	16825	24.98
240	—	19352	29.12
250	—	22782	33.65
260	—	25329	38.25
270	—	28852	43.30
280	—	32782	—
280.6	—	—	49.5 =
288.5	—	36395 =	krit. Druck
		krit. Druck	

<sup>1)</sup> NEUBECK, Ostw. Zeitschr. I, pag. 657. 1887.

b) Specificisches Volumen  $s$  und Molekularvolumen  $\tilde{\omega}$  der gesättigten Dämpfe. YOUNG (oben No. 3) hat nach der oben (pag. 724) angegebenen Methode die specificischen Volumina von Benzol bestimmt. Dieselben sind in folgender Tabelle angegeben und zwar ist  $s$  in  $ccm$  pro  $gr$  Substanz und  $\tilde{\omega}$ , das Molekularvolumen, in  $ccm$  pro Grammmolekül verzeichnet.

$t$	Specificisches Volumen $s$ in $ccm$ pro 1 $gr$ Substanz	Molekularvolumen $\tilde{\omega}$ in $ccm$ pro 1 Grammmolekül (78 $gr$ )	$t$	Specificisches Volumen $s$ in $ccm$ pro 1 $gr$ Substanz	Molekularvolumen $\tilde{\omega}$ in $ccm$ pro 1 Grammmolekül (78 $gr$ )
80	361.7	28600	200	28.3	2195
90	280.0	21800	210	23.4	1850
100	213	16600	220	19.95	1552
110	165.4	12900	230	16.70	1302
120	132	10200	240	14.00	1091
130	105	8180	250	11.67	910
140	85	6630	260	9.61	750
150	69.5	5420	270	7.76	605
160	57.6	4490	280	6.01	469
170	47.8	3730	288.5 = kr.	2.82 = kr. Vol.	220 = krit.
180	40.1	3130	Temp.		Molekularvolumen
190	33.5	2615			

### LXXXXVIII. bis CI. Fluorbenzol, Chlorbenzol, Brombenzol, Jodbenzol.

a) Dampfspannung. S. YOUNG<sup>1)</sup> hat die Dampfspannungen dieser vier Halogenderivate gemessen.

Fluorbenzol wurde nach der Methode von WALLACH und HÄUSSLER durch die Einwirkung von concentrirter Fluorwasserstoffsäure auf Benzoldiazopiperidin hergestellt. Nach fractionirter Destillation siedete das Produkt constant bei 85.2°.

Chlor-Brom-Jodbenzol wurden rein von KAHLBAUM bezogen und wiederholt fractionirt, bis sie ganz constanten Siedepunkt zeigten. Die Beobachtungen wurden nach der BIOT-REGNAULT'schen Formel

$$\log P = a + b\beta^\tau + c\gamma$$

berechnet, worin die Constanten folgende Werthe hatten:

Fluorbenzol	Chlorbenzol	Brombenzol
$a = 3.193520$	$a = 2.392256$	$a = 6.481438$
$b = 0.850980$	$b = 1.317190$	$b = -4.284691$
$c = -2.723934$	$c = -2.523336$	$c = -1.443167$
$\log \beta = 0.000942654$	$\log \beta = 0.00075845$	$\log \beta = 9.99904908 - 10$
$\log \gamma = 9.99636976 - 10$	$\log \gamma = 9.99640773 - 10$	$\log \gamma = 9.99510535 - 10$
$\tau = t^\circ C$	$\tau = t^\circ - 30$	$\tau = t^\circ - 80$
	Jodbenzol	
	$a = 3.259593$	
	$b = 0.412170$	
	$c = -3.501503$	
	$\log \beta = 0.001421982$	
	$\log \gamma = 9.99675426 - 10$	
	$\tau = t^\circ - 30$	

Das Resultat der Messungen ist folgendes:

<sup>1)</sup> YOUNG, Journ. Chem. Soc. 55, pag. 486. 1889.

$t$	Fluorbenzol	Chlorbenzol	Brombenzol	Jodbenzol
	$P$ mm	$P$ mm	$P$ mm	$P$ mm
—20	6·15	—	—	—
—10	11·61	—	—	—
0	20·92	2·56	—	—
10	36·11	4·86	—	—
20	59·93	8·83	—	—
30	95·94	15·35	5·67	1·48
40	148·56	25·68	10·00	2·73
50	223·16	41·46	16·92	4·83
60	326·02	64·78	27·54	8·24
70	464·30	94·22	43·31	13·57
80	645·98	144·84	66·01	21·64
90	879·73	208·35	97·80	33·50
100	1174·9	292·76	141·23	50·44
110	1541·3	402·72	199·25	74·04
120	1989·2	543·31	275·26	106·16
130	2529·5	720·03	373·02	128·96
140	3173·0	938·84	496·73	204·89
150	3931·4	1206·6	651·0	276·70
160	4816·7	1529·3	840·8	367·43
170	5841·6	1912·8	1071·6	480·4
180	7018·9	2367·2	1349·3	619·26
190	8363·5	2899·4	1679·9	787·88
200	9890·5	3518·3	2070·1	990·60
210	11617·0	4233·0	2327·0	1232·0
220	13561·0	5053·8	3057·8	1571·1
230	15745·0	5991·8	3670·2	1851·5
240	18190·0	7059·6	4372·5	2241·2
250	20924·4	8270·5	5173·0	2693·2
260	23977·0	9639·8	6080·8	3214·9
270	27384·0	11185·0	7104·8	3815·0
280	31182·0	12925·0	8254·9	4503·4
286·55=kr. T.	33912=kr. Dr.			
360·5 = kr. T.		33960=kr. Dr.		

b) Spezifisches Volumen  $s$  und Molekularvolumen  $\bar{\omega}$  der gesättigten Dämpfe (S. YOUNG<sup>1)</sup>) hat auch nach der oben pag. 724 angegebenen Methode die spezifischen Volumina  $s$  der gesättigten Dämpfe (in  $ccm$  pro 1  $gr$ ) und die Molekularvolumina  $\bar{\omega}$  derselben (in  $ccm$  pro 1 Grammmolekül) gemessen und folgende Resultate erhalten:

Fluorbenzol					
$t$	$s$ in $ccm$ pro $gr$	$\bar{\omega}$ in $ccm$ pro Grammmolek.	$t$	$s$ in $ccm$ pro $gr$	$\bar{\omega}$ in $ccm$ pro Grammmolek.
80	346	33200	190	28·50	2740
90	260	25000	200	23·82	2290
100	197·6	19000	210	20·05	1928
110	152·9	14700	220	16·87	1622
120	119·6	11500	230	14·15	1361
130	94·4	9080	240	11·86	1140
140	75·5	7280	250	9·88	950
150	60·9	5860	260	8·12	781
160	50·1	4810	270	6·49	624
170	41·30	3970	280	4·90	471
180	34·22	3290			

<sup>1)</sup> S. YOUNG, Trans. Chem. Soc. 59, pag 125. 1891.

Chlorbenzol					
$t$	$s$ in $ccm$ pro $gr$	$\bar{\omega}$ in $ccm$ pro Grammolek.	$t$	$s$ in $ccm$ pro $gr$	$\bar{\omega}$ in $ccm$ pro Grammolek.
130	202.5	32900	210	55.47	6246
140	231.1	26000	220	46.38	5230
150	185.0	20800	230	39.20	4410
160	147.5	16600	240	33.24	3740
170	120	13500	250	28.18	3170
180	97.8	1100	260	23.91	2690
190	80.5	9050	270	20.27	2280
200	66.49	7480	280	17.24	1940

Brombenzol			Jodbenzol		
$t$	$s$ in $ccm$ pro 1 $gr$	$\bar{\omega}$ in $ccm$ pro 1 Grammolekül	$t$	$s$ in $ccm$ pro 1 $gr$	$\bar{\omega}$ in $ccm$ pro 1 Grammolekül
160	189.8	29800	190	165.6	33800
170	152.2	23900	200	136.2	27800
180	123.6	19400	210	112.2	22900
190	100.6	15800	220	93.1	19000
200	82.80	13000	230	76.93	15700
210	68.78	10800	240	64.19	13100
220	56.36	8950	250	53.90	11000
230	47.96	7550	260	45.33	9250
240	40.19	6310	270	38.26	7810
250	34.08	5350	280	32.44	6620
260	29.11	4570			
270	24.84	3900			
280	21.02	3300			

## CII. Toluol.

a) Dampfspannung. Für diese Substanz liegen nur die Messungen von NACCARI und PAGLIANI und von NEUBERT vor.

1) NACCARI und PAGLIANI<sup>1)</sup> haben nach der dynamischen Methode die Dampfspannung des Toluols bestimmt. Ueber die Darstellung und Reinigung liegt (l. c.) keine Angabe vor. Die Resultate stellten sie durch die Formel dar

$$\log P = a + ba^t + c\beta^t,$$

worin  $P$  in  $mm$  Hg,  $t$  in  $C^\circ$  ausgedrückt sind und die Constanten folgende Werthe haben

$$\begin{array}{l|l} a = 6.381604 & \log a = 9.9982175 - 10 \\ \log(-b) = 0.7043350 & \log \beta = 9.9874157 - 10 \\ \log(-c) = 9.8181182 - 10 & \end{array}$$

Der Verlauf der Dampfspannungen ist durch folgende Zahlen gegeben:

$t$ ( $C^\circ$ )	$P$ ( $mm$ Hg)	$t$ ( $C^\circ$ )	$P$ ( $mm$ Hg)
54.44	90.23	296.1	116.71
60.84	112.8	410.1	501.1
70.77	143.3	101.89	769.0
80.47	209.5	110.76	912.0

<sup>1)</sup> NACCARI und PAGLIANI, N. Cim. (3) 10, pag. 49. 1881; Beibl. 6, pag. 87.

2) NEUBECK<sup>1)</sup> fand für ein über Natrium behandeltes reinstes Toluol folgende Dampfspannungen:

$t$	$P$ (mm Hg)
61·2	144·8
81·2	306·2
93·4	451·3
102·6	603·7
110·8	760·5

b) Dichte gesättigter Dämpfe.  
Vacat.

### CIII. Ortho-, Meta-, Paraxylyl.

a) Dampfspannung. NEUBECK<sup>2)</sup> untersuchte die Dampfspannungen der drei Flüssigkeiten, die er möglichst gereinigt hatte, und fand folgendes:

Orthoxylyl		Metaxylyl		Paraxylyl	
$t$	$P$ (mm Hg)	$t$	$P$ (mm Hg)	$t$	$P$ (mm Hg)
90·4	147·2	88·1	148·2	86·9	148·2
112·7	306·7	108·3	292·7	106·9	295·6
123·8	444	120·5	449·2	119·2	444·1
133·9	597·3	129·2	583·2	129·6	599·6
142·5	759·2	139·1	761·6	107·1	737·1
				138·4	759·2

b) Dichte gesättigter Dämpfe.  
Vacat.

### CIV. Dibenzylketon.

a) Dampfspannungen. Um eine Heizflüssigkeit für Bäder von hohem Siedepunkt und bequemer Anwendbarkeit zu haben, hat YOUNG<sup>3)</sup> die Dampfspannungen des Dibenzylketons innerhalb einer Atmosphäre gemessen und Resultate erhalten, die durch die vereinfachte Biot'sche Formel

$$\log P = a + b\beta^{t-230}$$

dargestellt wurden, in welcher

$$\begin{array}{l} a = 4\cdot75779 \\ b = -2\cdot981088 \end{array} \quad \log \beta = 9\cdot9980014 - 10$$

ist und die folgenden Werthe giebt:

$t$ C°	$P$ (mm Hg)	$t$ C°	$P$ (mm Hg)
230	59·80	290	313·3
240	81·45	300	396·4
250	109·35	310	495·2
260	144·90	320	613·2
270	189·65	330	752·0
280	245·20		

b) Dichte gesättigter Dämpfe.  
Vacat.

1) NEUBECK, OSTW. Zeitschr. I, pag. 656. 1887.

2) NEUBECK, OSTW. Zeitschr. I, pag. 659. 1887.

3) YOUNG, Trans. Chem. Soc. 59, pag. 626. 1891.

**CV. bis CIX. Aromatische Stoffverbindungen.**

Diese sind nur in kleinem Intervall von NEUBECK<sup>1)</sup> auf ihre Dampfspannungen untersucht worden. Alle Substanzen waren besonders rein, worüber die Arbeit selbst nachzusehen ist.

Die spezifischen Volumina der Dämpfe sind nicht bestimmt.

**CV. Nitrobenzol.**

<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)
150·7	149·1	186·6	438·9
158·4	196·6	200·1	603·7
173·2	287·7	208·2	759·8

**CVI. Nitrotoluole.**

o-Nitrotoluol		m-Nitrotoluol		p-Nitrotoluol	
<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)
160·0	142·1	171·0	156·2	177·5	155·3
186·1	307·2	194·1	311·8	201·0	299·8
197·7	446·5	207·8	455·4	213·0	446·8
208·7	594·3	218·8	605·2	235·0	611·4
219·8	761·4	223·5	762·0	239·0	760·0

**CVII. u. CVIII. Nitrometaxylo (1·3·4) und Amidometaxylo.**

Nitrometaxylo		Amidometaxylo	
<i>t</i>	<i>P</i> (mmHg)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)
176	126·6	159·5	148·2
186	163·9	142	306·6
206	302·1	197	465·7
218	439·0	205	603·2
233	602·9	218	760·6
244	759·5		

**CIX. Toluidine.**

o-Toluidin		m-Toluidin		p-Toluidin	
<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)
142·7	150·6	149	145·7	143·1	140·5
163·2	290·2	170	301	168	304·1
178·4	462·3	184·5	446·3	178·4	437·4
186·9	599·1	192	587·8	192·6	605
198	731·1	201	731·2	201·5	760·4
199	760·4	203	759·1		

**G. Oele.****CX. Citronenöl.**

a) Dampfspannung. REGNAULT<sup>2)</sup> fand bei Citronenöl, ebenso wie bei Terpentinöl, dass es von selbst, sobald es unter höherem als Atmosphärendruck

<sup>1)</sup> NEUBECK, Ostw. Zeitschr. I, pag. 655. 1887.

<sup>2)</sup> REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 502.

siedet, Veränderungen erleidet, die eine Bestimmung der Dampfspannung kaum möglich machen. Eine Versuchsreihe, die aber nur bis ca. 174° genau ist, ist folgende:

$t$ (C°) Quecksilberthermom.	$P$ (mm Hg)	$t$ (C°) Quecksilberthermom.	$P$ (mm Hg)
98·99	69·80	165·08	576·70
115·90	129·39	174·25	748·67
124·85	178·31	201·60	1439·68
137·00	263·40	223·30	2328·04
147·35	357·04	239·70	4374·42
155·51	449·20		

b) Dichte gesättigter Dämpfe.

Vacat.

### CXI. Terpentinöl.

a) Dampfspannung. REGNAULT<sup>1)</sup>, der das reinste Terpentinöl des Handels anwendete und es noch mehrfacher Destillation unterwarf, fand, dass das Terpentinöl sich bei höheren Temperaturen und Drucken von selbst verändert, so dass die Messungen bei Drucken über  $1\frac{1}{2}$  Atm. ganz verschieden ausfallen. Aus den Beobachtungen bis zum normalen Siedepunkt (ca. 160°) hat REGNAULT die Formel abgeleitet

$$\log P = a + b a^t + c \beta^t,$$

wo  $P$  in mm Hg,  $t$  in C° Quecksilberthermometer gerechnet sind und die Constanten folgende Werthe haben:

$$\begin{array}{l|l} a = & 4\cdot2647889 \\ b = & - 4\cdot67749 \\ c = & 0\cdot7286714 \end{array} \quad \begin{array}{l} \log \alpha = 9\cdot9966890 - 10 \\ \log \beta = 9\cdot9868328 - 10. \end{array}$$

Der Verlauf der Dampfspannungen, der über 160° sehr unsicher ist, ist folgender:

$t$ (C°) Quecksilberthermom.	$P$ (mm Hg)	$t$ (C°) Quecksilberthermom.	$P$ (mm Hg)
0°	2·07	110	185·62
10	2·94	120	257·21
20	4·45	130	348·98
30	6·87	140	464·02
40	10·80	150	605·20
50	16·98	160	775·05
60	26·46	170	975·42
70	40·64	180	1207·92
80	61·30	190	1473·24
90	90·61	200	1771·47
100	131·11		

b) Dichte gesättigter Dämpfe.

Vacat.

### H. Andere organische Verbindungen.

#### CXII. Aceton.

a) Dampfspannung. 1) REGNAULT<sup>2)</sup> stellte Aceton durch Destillation von essigsaurem Kalk, gemischt mit etwas Aetzkalk her. Die erhaltene Flüssig-

<sup>1)</sup> REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 487.

<sup>2)</sup> REGNAULT, Rél. des exp. II, pag. 470.

keit wurde noch mehrfach über Aetzkalk und fein gepulvertem Chlorcalcium destillirt. Die 2 angestellten Versuchsreihen wurden durch die Formel

$$\log P = a + b\alpha^{t-22} + c\beta^{t-22}$$

dargestellt, in welcher  $P$  in  $mm$  Hg,  $t$  in  $C^\circ$  am Luftthermometer gemessen ausgedrückt ist und die Constanten folgende Werthe haben:

$$\begin{array}{l|l} a = 5.6092711 & \log \alpha = 9.9369193 - 10 \\ b = -3.1660222 & \log \beta = 9.6827856 - 10. \\ c = -0.1479018 & \end{array}$$

2) Einige Messungen sind auch von WÜLLNER und GROTRIAN<sup>1)</sup> an einem Präparat angestellt, welches aus Acetonnatriumsulfid hergestellt, aber nicht ganz wasserfrei war. Der Verlauf der Dampfspannungen ist folgender:

REGNAULT		WÜLLNER	
$t$ Luft-thermometer	$P$ (mmHg)	$t$	$P$ (mmHg)
20°	179.63	—	—
30	281.00	—	—
40	420.15	—	—
50	602.86	—	—
60	860.48	60.133	867.19
70	1189.38	—	—
80	1611.05	88.05	2039.23
90	2141.66	—	—
100	2797.27	—	—
110	3593.96	—	—
120	4546.86	—	—
130	5669.72	—	—
140	6774.43	—	—

b) Specificisches Volumen  $s$  und Dampfdichte  $l$  (bezogen auf Luft der gesättigten Dämpfe. Diese sind nur von WÜLLNER und GROTRIAN (oben No. 2) für 2 Temperaturen gemessen worden.

$t$	Specificisches Volumen $s$ in $ccm$ pro 1 $gr$	Dampfdichte $l$ bezogen auf Luft
60.133	401.0	2.076
88.05	171.9	2.172

### CXIII. Acetylen.

a) Dampfspannungen. Messungen darüber liegen von CALLETET und ANSELLE vor, die aber gar nicht übereinstimmen.

1) Acetylen wurde zuerst von CALLETET<sup>2)</sup> verflüssigt, und es wurden von ihm auch die Dampfspannungen bei verschiedenen Temperaturen bestimmt, jedoch, wie es scheint, recht wenig genau. Nach seinen Angaben wären die zusammengehörigen Werthe von  $P$  und  $T$  folgende:

$$\begin{array}{l} t(C^\circ) = + 1^\circ \quad 2.5 \quad 10 \quad 18 \quad 25 \quad 31 \\ P(\text{Atm.}) = 48 \quad 50 \quad 63 \quad 83 \quad 94 \quad 103. \end{array}$$

<sup>1)</sup> WÜLLNER und GROTRIAN, WIED. ANN. II, pag. 545. 1880.

<sup>2)</sup> CALLETET, Compt. rend. 85, pag. 851. 1877.

2) Bald darauf hat ANSDELL<sup>1)</sup> nach der Methode von ANDREWS Acetylen in Bezug auf Dampfspannungen untersucht und ganz andere Werthe erhalten, nämlich

$t$ (C°)	$P$ (Atm.)	$t$ (C°)	$P$ (Atm.)
-23	4.01	13.5	32.77
-10	17.06	31.6	56.20
0	21.53	36.9	67.96

Die kritische Temperatur ist  $\theta = 37.05^\circ$ .

b) Specificisches Volumen gesättigter Dämpfe  $s$ .  
Vacat.

#### CXIV. Aethylen.

CAILLETET<sup>2)</sup> bestimmte die Drucke, unter denen Aethylen sich bei verschiedenen Temperaturen verflüssigt. Sein Aethylen war nach der gewöhnlichen Methode durch Erhitzen von Alkohol und Schwefelsäure dargestellt, und ging zunächst durch abgekühlte Schwefelsäure, welche den Aether zurückhielt und dann durch Kalilauge, die die schweflige Säure zurückhielt. Die Dampfspannungen ergaben sich

$t$	$P$ (Atm.)	$t$	$P$ (Atm.)
-103	1	8	56
1°	45	10	60
4	50		

Die kritische Temperatur war nahezu  $13^\circ$ .

2) Die Dampfspannungen unter einer Atmosphäre sind von OLSZEWSKI<sup>3)</sup> bestimmt worden.

$t$	$P$ (mm Hg)	$t$	$P$ (mm Hg)
-122	146	-132.0	56.0
-126.0	107.0	-139.0	31.0
-129.7	72.0	-150.4	9.8

3) Aus den Messungen der Isothermen von AMAGAT<sup>4)</sup> lassen sich die Dampfdrucke ebenfalls ableiten, was aber von ihm noch nicht ausgeführt worden ist.

b) Dichte gesättigter Dämpfe  $\delta$ . CAILLETET und MATHIAS<sup>5)</sup> fanden nach ihrer oben (pag. 723) angegebenen Methode folgende Werthe für die Dichte  $\delta$  des gesättigten Dampfes von Aethylen (bezogen auf Wasser von  $4^\circ$  als Einheit).

$t$	$\delta$	$t$	$\delta$
-30.0°	0.0329	-2.0	0.0831
-23.0	0.0389	+4.5	0.1127
-11.5	0.0528	+8.9	0.1500

Es ist  $\delta = 0.1929 - 0.00188 t - 0.0346\sqrt{9.2 - t}$ .

<sup>1)</sup> ANSDELL, Proc. Roy. Soc. Lond. 29, pag. 209. 1879.

<sup>2)</sup> CAILLETET, Compt. rend. 94, pag. 1824. 1880.

<sup>3)</sup> OLSZEWSKI, Phil. mag. (5) 39, pag. 195. 1895.

<sup>4)</sup> AMAGAT, Ann. chim. phys. (6) 29, pag. 70. 1893.

<sup>5)</sup> CAILLETET und MATHIAS, Journ. de phys. (2) 5, pag. 549. 1886.

**CXV. Anilin.**

a) Dampfspannung. Es liegen Messungen von RAMSAY und YOUNG und von NEUBECK vor.

1) RAMSAY und YOUNG<sup>1)</sup> haben die Dampfspannungen von Anilin bis zu 1 Atm. nach der dynamischen Methode bestimmt und folgende Resultate erhalten:

<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)
150	283·7	180	677·15
160	387·0	185	771·5
170	515·6		

2) NEUBECK<sup>2)</sup> fand für ein durch fractionirte Destillation gereinigtes Anilin folgende Dampfspannungen:

<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)
103·9	156·1	173·9	623·5
147·2	277·2	183·1	760·0
162·0	442·7		

b) Dichte der gesättigten Dämpfe.  
Vacat.

**CXVI. Bromnaphthalin.**

a) Dampfspannung. RAMSAY und YOUNG<sup>3)</sup> fanden für rein dargestelltes Bromnaphthalin folgende Resultate:

<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)	<i>t</i>	<i>P</i> (mm Hg)
215	158·85	260	487·35
220	181·75	270	608·75
230	235·95	280	752·95
240	303·35	281	768·7
250	386·35		

b) Dichte der gesättigten Dämpfe.  
Vacat.

**CXVII. Chinolin.**

a) Dampfspannung. S. YOUNG<sup>4)</sup> bestimmte die Dampfspannungen des Chinolins, das er rein bezogen und durch fractionirte Destillation weiter gereinigt hatte. Siedep. 237·8 ( $B_0 = 760$  mm). Die Resultate wurden durch die Formel

$$\log P = a + b\beta^t + c\gamma^t$$

dargestellt, worin die Constanten die Werthe haben:

$a =$	0·787142	$\log \beta =$	0·00047375
$b =$	2·510713	$\log \gamma =$	9·99682426 — 10
$c =$	— 2·806455	$c = t^\circ$	— 80.

<sup>1)</sup> RAMSAY und YOUNG, Trans. Chem. Soc. 48, pag. 640. 1885.

<sup>2)</sup> NEUBECK, Ostw. Zeitschr. 1, pag. 655. 1887.

<sup>3)</sup> RAMSAY und YOUNG, Trans. Chem. Soc. 48, pag. 640. 1885.

<sup>4)</sup> S. YOUNG, Journ. Chem. Soc. 55, pag. 483. 1881.

Folgendes sind die Dampfspannungen:

$t$	$P$ (mm Hg)	$t$	$P$ (mm Hg)
80	3·10	170	126·9
90	5·21	180	172·4
100	8·48	190	230·4
110	13·42	200	303·4
120	20·66	210	394·2
130	31·02	220	505·7
140	45·49	230	641·3
150	65·31	240	804·6
160	91·90		

b) Dichte der gesättigten Dämpfe.

Vacat.

### CXVIII. Glycerol.

a) Dampfspannung. RICHARDSON<sup>1)</sup>, der mit dem Apparat von RAMSAY und YOUNG arbeitete, untersuchte Glycerol, das im Vacuum destillirt war. Es wurde der Theil genommen, der constant siedete. Ob er frei von Wasser war, wurde nicht geprüft. Die Resultate sind folgende:

$t$	$P$ (mm)	$t$	$P$ (mm)
118·45	0·238	201·3	45·61
130·8	1·891	211·5	65·61
141·04	2·588	220·3	100·813
151·99	4·083	229·5	137·95
161·25	6·527	241·8	201·225
171·05	12·694	250·3	281·872
183·25	20·461	260·4	385·326
195·30	34·369		

b) Dichte der gesättigten Dämpfe.

Vacat.

### CXIX. Isoamylen.

a) Dampfspannung. NADEJDINE<sup>2)</sup> hat die Dampfspannungen von Isoamylen, über dessen Reindarstellung das Original nachzusehen ist, bis zur kritischen Temperatur untersucht und zwar mit dem Apparat von SAJOTSCHESKI (s. o. pag. 710), bei welchem nur statt des Luftmanometers ein Wasserstoffmanometer angewandt war. Seine Resultate sind folgende:

$t$ (C°)	$P$ (Atm.)	$t$ (C°)	$P$ (Atm.)
60	2·3	160	21·0
80	4·0	180	28·2
100	6·1	190	32·8
120	10·0	191·6 (kr. T.)	34·0 (kr. Dr.)
140	14·5		

b) Dichte der gesättigten Dämpfe.

Vacat.

<sup>1)</sup> RICHARDSON, Journ. Chem. Soc. 49, pag. 764. 1886.

<sup>2)</sup> NADEJDINE, Journ. russ. phys. Ges. 14, pag. 157, 536. 1882; 15, pag. 25. 1883, Beibl. 7, pag. 678. 1883.

**CXX. Kohlenoxysulfid.**

ILOSVAY<sup>1)</sup> hat im CAILLETET'schen Apparat Kohlenoxysulfid verflüssigt und fand folgende zusammengehörige Werthe von Temperatur  $t$  in C° und Dampfspannungen  $P$  in Atmosphären, welche letztere aber wohl mit Vorsicht zu benutzen sind.

$t$ (C°)	$P$ (Atm.)	$t$ (C°)	$P$ (Atm.)
0°	12·5	41·2	45·0
3·8	15·0	63·0	59·0
10·7	17·5	69·0	65·0
12·0	19·6	74·6	74·0
17·0	21·5	85·0	80·0
39·8	49·0		

Die kritische Temperatur ist ungefähr  $\vartheta = 105^\circ$ . Das flüssige Kohlenoxysulfid ist farblos, leicht beweglich, löst Schwefel und mischt sich mit Alkohol und Aether, aber nicht mit Wasser und Glycerin. Wenn der Druck nachlässt, wird es fest.

**CXXI. Methan.**

a) Dampfspannung. OLSZEWSKI<sup>2)</sup> hat das Methan nach zwei Methoden dargestellt und gereinigt. Erstens erhitzte er ein Gemenge von Natriumacetat, Aetznatron und Kalkhydrat. Das entstandene Gas enthält Aceton und Wasserstoff. Das Aceton wird beseitigt, indem man das Gas durch abgekühlte Röhren, die mit benetzten Glasperlen beschickt waren, gehen liess. Der Wasserstoff lässt sich nicht wohl beseitigen. Die zweite Methode bestand darin, dass er ein Gemisch von Methyljodid und Alkohol elektrisch zersetzte (GLADSTONE und TRIBE). Das so erhaltene Gas enthält keinen Wasserstoff, wohl aber Jodmethyldampf. Die Resultate waren aber mit beiden Sorten übereinstimmend, wenn das nach der ersten Methode erhaltene Gas flüssig gemacht und eine Zeit lang sieden gelassen wurde, wodurch der Wasserstoff entfernt wurde. Die Spannungen und zugehörigen Temperaturen waren folgende:

$t$	$P$	$t$	$P$
Wasserstoffthermometer		Wasserstoffthermometer	
(-201·5)	fest 5 mm Hg	-126·8	11·0
(-185·5)	fest 80 mm Hg	-110·6	21·4
	(Erstarrungsp.)	-105·8	26·3
-164·0	1 Atm.	- 93 3	40·0
-153·8	2·24 Atm.	- 85·4	49·0
-138·5	6·2	-81·8 (kr. T.)	54·9 (kr. Druck)

b) Dichte der gesättigten Dämpfe. Für die Temperatur - 164·0, also unter Atmosphärendruck, bestimmte OLSZEWSKI<sup>3)</sup> die Dichte des gesättigten Dampfes von Methan (bezogen auf Wasser) zu 0·4148.

**CXXII. Methylsalicilat.**

RAMSAY und YOUNG<sup>4)</sup> fanden für rein dargestelltes Methylsalicilat folgende Dampfspannungen:

<sup>1)</sup> ILOSVAY, Bull. soc. chim. 37, pag. 294. 1882.

<sup>2)</sup> OLSZEWSKI, Compt. rend. 100, pag. 940. 1885, s. CAILLETET, ibidem, pag. 943.

<sup>3)</sup> OLSZEWSKI, WIED. Ann. 31, pag. 73. 1887.

<sup>4)</sup> RAMSAY und YOUNG, Trans. Chem. Soc. 48, pag. 640. 1885.

$t$	$P$ (mm Hg)	$t$	$P$ (mm Hg)
175	215.1	210	557.5
180	249.35	220	710.2
190	330.85	224	779.85
200	432.35		

b) Dichte der gesättigten Dämpfe.

Vacat.

GRAETZ.

## Verdampfungswärme.

### I. Allgemeines, Methoden und Resultate.

1) Der Uebergang aus dem flüssigen (resp. festen) Zustand in den dampfförmigen erfordert stets eine Zufuhr von Energie, die gewöhnlich in der Form von Wärme geliefert wird, die aber auch eventuell in anderer Form geliefert werden könnte (elektrische Zerstäubung). Da bei der Verdampfung einer Flüssigkeit unter einem beliebigen, aber constanten äusseren Druck  $P$  stets von der Flüssigkeit eine positive äussere Arbeit geleistet wird, insofern sich bei dem Uebergang der Substanz in Dampfform ihr Volumen vergrössert und daher der Druck  $P$  zurückgeschoben wird, so wird die zur Verdampfung nothwendig zuzuführende Wärmemenge  $r$ , die Verdampfungswärme (bei dem Druck  $P$ ) zum Theil zur Leistung dieser äusseren Arbeit verbraucht, zum Theil zur Ueberwindung der inneren Energie der Flüssigkeit. Letzteren Betrag bezeichnet man als die innere Verdampfungswärme der Substanz  $r_i$ . Ist das Volumen von 1 gr der Substanz in Dampfform =  $s$  ccm, und in flüssiger Form =  $\sigma$  ccm, so ist die äussere Arbeit bei der Verdampfung =  $P(s - \sigma)$ . Es ist folglich, wenn  $J$  das mechanische Wärmeäquivalent bedeutet,

$$Jr = Jr_i + P(s - \sigma).$$

Die Grösse  $r_i$  giebt an, wie viel Energie 1 gr Dampf mehr enthält als 1 gr Flüssigkeit von demselben Druck und derselben Temperatur, sie ist aber sonst wenig von Bedeutung. Die Verdampfungswärme  $r$  selbst lässt sich nach der mechanischen Wärmetheorie (s. o. pag. 482) ausdrücken durch

$$Jr = T \frac{dP}{dT} (s - \sigma)$$

2) Die Definition der Verdampfungswärme  $r$  ist diese: die Verdampfungswärme ist diejenige Zahl von (kleinen) Calorieen, welche nöthig ist, um 1 gr Flüssigkeit von der Temperatur  $t^\circ$  unter dem zugehörigen Dampfdruck  $P$  in Dampf von derselben Temperatur und demselben Druck zu verwandeln.

Ausser dieser Grösse  $r$  spielt aber, weil sie gewöhnlich sich direkt aus den Versuchen ergibt, noch eine Rolle die Gesamtwärme  $\lambda$  einer Substanz (bei der Temperatur  $t^\circ$  und dem Drucke  $P$ ). Es ist das diejenige Wärmemenge, welche man 1 gr der Flüssigkeit zuführen muss, um sie von der Temperatur  $0^\circ$  an auf  $t^\circ$  zu erwärmen und in Dampf von der Temperatur  $t$  zu verwandeln. Ist also  $c$  die spezifische Wärme der Flüssigkeit (eine Function von  $t$ ), so ist

$$\lambda = r + \int_0^t c dt.$$