

# Die Dampfdrucke von Benzolkohlenwasserstoffen der homologen Reihe $C_nH_{2n-6}$ und von Gemischen aus Benzol und Toluol

Carl Mangold.

Aus dem Laboratorium für allgemeine und analytische Chemie an der k. k. technischen Hochschule in Wien.

(Mit 1 Tafel.)

## A. Die Dampfdrucke von Benzol, Toluol, Orthoxylyl, Metaxylyl, Paraxylyl, Äthylbenzol und Isopropylbenzol.

Zwischen Dampfdruck und Temperatur sind eine Reihe von Formeln aufgestellt worden, welche empirisch erhaltene Regelmässigkeiten zusammenfassen.

Eine derselben, das sogenannte Dalton'sche Gesetz: »Die Dämpfe aller Flüssigkeiten haben gleiche Spannkraft bei Temperaturen, die gleich weit entfernt sind von ihren Siedepunkten bei gewöhnlichem Atmosphärendruck«, ist durch die Untersuchungen verschiedener Forscher, insbesondere durch die umfassenden Regnaults in Bezug auf die allgemeine Giltigkeit widerlegt worden.

Doch machte Landolt<sup>1</sup> zuerst auf die Möglichkeit aufmerksam, dass dieses Gesetz sich an den Gliedern homologer Reihen bewahrheiten könnte. Landolt fand bei den Säuren der Reihe  $C_nH_{2n}O_2$ , dass es in der Nähe des gewöhnlichen Siedepunktes zutrefte. Schmidt<sup>2</sup>, welcher die Tensionen von Flüssigkeiten derselben homologen Reihe ermittelte, zeigte, dass

--- ---  
Liebig's Annalen Suppl. Bd. 1868, S. 129.

Zeitschr. für physikal. Chemie. Bd. VII., S. 433. 1891.

innerhalb des Druckes bis zu einer Atmosphäre das angeführte Gesetz 'strenge' gültig sei. Die ebenfalls von Schmidt<sup>1</sup> untersuchte Reihe der Alkohole zeigte nach dieser Richtung kein gesetzmässiges Verhalten.

Anlässlich meiner Diplomsprüfung an der technischen Hochschule in Wien wurde mir die Aufgabe gestellt, die Tensionen von Benzol und Toluol zu bestimmen.

Um die homologe Reihe der Benzolkohlenwasserstoff- $C_nH_{2n-6}$  in Bezug auf das Dalton'sche Gesetz zu prüfen, untersuchte ich neben den genannten Körpern noch der Untersuchung Orthoxylol, Metaxylol, Paraxylol, Äthylbenzol und Isopropylbenzol.

Die Bestimmungen wurden nach der dynamischen Methode ausgeführt und hiezu ein Apparat verwendet, der mit unwesentlichen Abänderungen mit dem von G. C. Schmidt<sup>2</sup> angegebenen, übereinstimmt. Der Apparat, vollständig aus Glas bestehend, wurde von Geissler's Nachfolger in Bonn hergestellt. Zur Zusammenstellung und Benützung desselben waren nothwendig Luftpumpe, Thermometer und Barometer. Die erstgenannten Instrumente wurden vom Herrn Regierungsrath Professor Dr. L. Ditscheiner in der freundlichsten Weise beigestellt. Es wurde benützt eine Luftpumpe (Quecksilberhahnpumpe) von Geissler's Nachfolger in Bonn, Geissler'sche Normalthermometer in  $0.2^\circ$  getheilt, mit von der physikalisch-technischen Reichsanstalt in Charlottenburg ausgestellten Prüfungs-Bescheinigungen, wonach alle Temperaturablesungen corrigirt wurden. Correctionen für den herausragenden Faden fielen weg, da das Thermometer sich stets ganz im Dampfe befand.

Das von mir hergestellte Barometer wurde durch sorgfältiges wiederholtes Auskochen vollständig luftfrei gemacht. Zur Ablesung des im Apparate herrschenden Druckes diente ein sehr genau gearbeitetes Kathetometer des physikalischen Institutes. Die Ablesungen, welche bis auf  $0.02\text{ mm}$  möglich waren, wurden durchgängig auf eine Decimalstelle abgerundet.

Sämmtliche Druckangaben sind in Millimetern Quecksilber ausgedrückt und auf  $0^\circ$  Temperatur reducirt.

Bei der Ausführung der Tensionsbestimmungen wurde der von Schmidt angegebene Vorgang eingehalten.

Zur Prüfung des Apparates auf seine Zuverlässigkeit wurden die Dampfdrucke des Wassers bestimmt, da von demselben für Vergleichszwecke unanfechtbar sichere Versuchsdaten vorliegen.

### Dampfdruck des Wassers.

Temperatur	Spannkraft in <i>mm</i> $p_m$	Spannkraft nach Regnault <sup>1</sup> $p_r$	Differenz $p_m - p_r$ $\Delta$
21·5°	19·3	19·0	0·3
26·1	25·1	25·1	0·0
31·3	34·2	33·9	0·3
37·6	48·5	48·2	0·3
45·1	71·6	71	-0·1
47·3	79·6	80·3	-0·7
51·5	98·6	99·1	-0·5
55·9	122·5	122·7	-0·2
60·6	153·3	151·1	0·2
65·5	192·3	191·3	1·0
70·6	240·5	239·5	1·0
73·3	268·9	268·8	0·1
76·0	301·3	301·1	0·2
78·8	338·0	338·0	0·0
81	377·8	377·0	0·8
84·3	421·8	421·4	0·4
85·2	437·4	436·6	0·8
89·2	509·8	509·7	0·1

Die Übereinstimmung meiner Beobachtungen mit den Regnault'schen ist eine gute, der Apparat demnach zu exacten Ermittlungen von Dampfspannungen wohl geeignet.

Nach Regnault's Messungen berechnet von Broch. Aus den physikalisch-chemischen Tabellen von Landolt und Börnstein. Berlin 1883.

Zur Interpolation meiner Spannkraftsmessungen benützte ich eine von Bertrand<sup>1</sup> angegebene, im Gebrauche weit einfachere Formel als die Biot'sche, welche am häufigsten angewendet wurde.

Sie hat die Form

$$p = G \left( \frac{T - \lambda}{T} \right)^{50}$$

$T$  absolute Temperatur,  $\lambda$  und  $G$  sind Constanten, welche sich aus zwei Beobachtungen

$$\begin{array}{cc} p_1 & T_1 \\ p_2 & T_2 \end{array}$$

aus den folgenden Gleichungen ergeben:

$$\lambda = \frac{nT_1 - T_2}{n - 1}$$

$n$  wird bestimmt aus dem Ausdrucke:

$$\lg n = \frac{\lg p_2 - \lg p_1}{50} + \lg T_2 - \lg T_1$$

$$\lg G = \lg p_1 - 50 \lg \frac{T_1 - \lambda}{T_1}$$

Die Versuchsergebnisse wurden in ein Coordinatennetz eingetragen, bei welchem jeder Theilstrich auf der Abcissenachse  $0 \cdot 1^\circ$  Temperatur, auf der Ordinatenachse 1 *mm* Druck entsprach. Es wurde durch möglichst viele Beobachtungspunkte eine Curve gelegt und zur Berechnung der Constanten der Interpolationsformel stets zwei weit voneinander abstehende Beobachtungen, die in der vorgezeichneten Curve lagen, gewählt.

In den Tabellen sind die berechneten Drucke den beobachteten an die Seite gestellt.

## 1. Dampfdruck des Benzols.

Zur Untersuchung wurde ein von Kahlbaum in Berlin aus Benzoësäure hergestelltes Präparat verwendet.

Der Siedepunkt des von mir noch durch fractionirte Destillation, zum Schlusse über Natrium gereinigten Präparates lag bei einem Barometerstande von  $760 \cdot 9 \text{ mm}$  bei  $80 \cdot 1^\circ$

Einige bisherige Angaben über den Siedepunkt<sup>1</sup> des Benzols sind:

Druck	Siedepunkt	Autor
760	80·4	Kopp 1847/48,
760	80·36	Regnault 1863.
739	79·3	Brühl 1879.
764	80·0	Schiff 1881.

Es wurde auch der Schmelzpunkt des in Kältemischung zum Erstarren gebrachten Benzols nach dem Vorgange von W Fischer<sup>2</sup> ermittelt.

Ich fand den Schmelzpunkt, bestimmt mit dem von der physikalisch-technischen Reichsanstalt geprüften Normalthermometer der Firma Rohrbecks Nachfolger in Wien, bei  $5 \cdot 5^\circ \text{ C}$ .

Einige bisherige Angaben über den Schmelzpunkt sind:

Schmelzpunkt	Autor
4·45	Regnault 1863.
3	Jungfleisch 1880.
5·3	W Fischer 1886.
5·42	Lachowicz <sup>3</sup> 1888.

### Erste Beobachtungsreihe.

Temperatur	Druck beobachtet	Druck berechnet	Differenz
$t$	$p_b$	$p$	$p_b - p$
	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>
18·3°	69·8	70·2	0·4
18·7	70·9		
19·3	72·9	73·7	0·8
20·4	76·7		

<sup>1</sup> Nach Landolt und Börnstein's Tabellen.

Wiedemann's Annalen, Bd. XXVIII, S. 424, 1886.

Ber. d. Deutsch. chem. Ges. XXI, S. 2207, 1888.

Temperatur <i>t</i>	Druck beobachtet <i>p<sub>b</sub></i> <i>mm</i>	Druck berechnet <i>p</i> <i>mm</i>	Differenz <i>p<sub>b</sub> - p</i> <i>mm</i>
25·3	97·4	97·4	0·0
27·3	107·1		
30·4	122·7	122·3	0·4
33·3	139·3		
35·4	152·3	152·3	0·0
37·8	167·1		
40·0	184·0	183·5	0·5
41·6	195·5		
46·3	235·5	236·0	0·5
46·8	240·5		
48·2	253·8	254·0	0·2
50·2	273·8		
51·4	287·3	287·0	0·3
52·8	301·6		
54·2	318·4	318·6	0·2
55·2	331·1		
57·4	358·7	358·1	0·6
58·9	378·6		
60·3	397·2	397·3	0·1
61·7	417·7		
62·8	433·6	433·7	0·1
63·8	448·2		
65·1	469·1	469·6	0·5
71·4	579·7		
73·9	629·4	629·9	0·5
75·3	659·6		
76·1	676·3	676·1	0·2
77·3	702·4		
78·0	718·5	718·2	0·3

## Zweite Beobachtungsreihe.

Temperatur $t$	Druck beobachtet $p_b$ <i>mm</i>	Druck berechnet $p$ <i>mm</i>	Differenz $p_b - p$ <i>mm</i>
20·0	75·5	76·1	0·6
20·4	76·7		
22·1	83·7	84·0	0·3
23·9	90·5		
28·1	110·0	110·0	0·0
30·1	120·5		
33·5	140·4	139·9	0·5
34·8	148·4		
37·2	163·5	163·5	0·0
38·8	174·2		
41·4	193·5	194·2	0·7
44·3	218·3		
45·7	230·7	230·5	0·2
48·3	254·6		
50·1	273·1	273·3	0·2
51·9	293·8		
54·9	327·6	326·9	0·7
59·6	386·8		
60·8	403·7	404·4	0·7
64·2	453·8		
65·0	467·6	468·0	0·4
67·5	508·6		
69·1	537·1	537·8	0·7
71·0	570·7		
75·5	661·3	663·2	1·9
77·7	708·9		
78·3	726·2	725·0	1·2

Mit Hilfe der Beobachtungen

$$t_1 = 25·3$$

$$p_1 = 97·4$$

$$t_2 = 77·3$$

$$p_2 = 702·4$$

wurden die Constanten der Bertrand'schen Formel

$$p = G \left( \frac{T - \lambda}{T} \right)^{50}$$

ermittelt:

$$\lg G = 7 \cdot 204809$$

$$\lambda = 63 \cdot 7 \quad T = t + 273$$

Diese Constanten dienten zur Berechnung der nachfolgenden Tabelle, in welcher auch die Beobachtungen Regnault's angeführt sind.

Die Übereinstimmung meiner Resultate mit den Regnault'schen ist eine befriedigende; die Differenzen, welche sich unter 20° und über 50° zeigen, sind für organische Flüssigkeiten, welche von verschiedenen Beobachtern nie in ganz übereinstimmendem Reinheitsgrade zur Untersuchung gelangen, nicht beträchtlich.

Temperatur	Dampfdruck <i>mm</i>	Dampfdruck nach Regnault <i>mm</i>	Temperatur	Dampfdruck <i>mm</i>	Dampfdruck nach Regnault <i>mm</i>
0°	27·2	25·3	45°	224·3	224·1
	35·8	34·2	50	272·1	271·4
10	46·5	45·3		328·1	326·4
15	59·8	58·9	60	393·0	390·1
20	76·1	75·7	65	468·0	463·4
25	96·1	95·9	70	554·2	547·4
30	120·2	120·2	75	652·7	643·2
35	149·1	149·3	80	764·6	751·9
40	183·5	183·6			

## 2. Dampfdrucke des Toluols.

a) Toluol, welches von mir aus Paratoluidin nach einer von Paul Friedländer<sup>1</sup> angegebenen Methode hergestellt wurde.

Der Siedepunkt des vollständig gereinigten Präparates wurde bei einem Barometerstande von 760·9 *mm* bei 110·5° beobachtet.

Einige bisherige Angaben über den Siedepunkt sind:

Siedepunkt	Druck	Autor
110°	—	Wilbrandt und Beilstein 1863.
110·3	—	Warren 1865.
110—110·1	741	Brühl 1879.
110·9—111·2	—	Brown 1881.
109·2	756	Schiff 1881.
109·8	759·4	1884.
111	760	Kahlbaum 1885.

Erste Beobachtungsreihe			Zweite Beobachtungsreihe		
Temperatur	Druck beobachtet	Druck berechnet	Temperatur	Druck beobachtet	Druck berechnet
$t$	$p_b$	$p$	$t$	$p_b$	$p$
23·0°	26·1	26·3	17·9°	20 3	20 1
25·1	28·9		19·7	22·0	
27·0	31·8	32·3	20·7	23·2	23·4
28·3	34·1		22·0	24·1	
29·0	36·8	37·2	28·9	35·1	35·4
33·8	44·7		31·1	38·5	
34·9	46·9	47·3	32·3	40·3	41·8
36·1	49·5		34·9	47·6	
37·1	52·1	52·4	36·5	51·0	51·0
38·2	54·5		37·8	54·2	
45·9	77·2	77·8	44 4	72·5	
48·8	87·5		46·6	79·9	80·2
50·4	93·7	94·3	50·0	93 5	
52·9	105·0		53·7	108·2	108·2
56·3	119·9	120·0	56·1	120·2	
58·7	134·3		58·2	130·1	129·9
65·5	172·6	172·5	63·0	157·3	
72·7	223·7		68 3	193·2	191·7
76·1	255·3	254·4	79·5	288·6	
80·3	295·7		82	320·3	319·9
81·7	309·7	309·1	87·6	378·0	
84·3	337 2		97·6	521·9	521·0
85·5	351·2	351·5	102·6	605·2	
88·5	388·0		105·2	651·6	652

Erste Beobachtungsreihe			Zweite Beobachtungsreihe		
Temperatur	Druck beobachtet	Druck berechnet	Temperatur	Druck beobachtet	Druck berechnet
$t$	$p_b$	$p$	$t$	$p_b$	$p$
89·2°	397·7	397·1	106·0°	667·6	
94·2	467·7		106·8	684·0	684·3
95·8	491·6	490·3	107·8	701·9	
97·0	515·0				
99·5	549·1	549·8			
101·2	578·7				

Die beiden Beobachtungen

$$t_1 = 36·5 \qquad p_1 = 51·0$$

$$t_2 = 106·8 \qquad p_2 = 684·0$$

wurden benützt, um die Constanten der Bertrand'schen Formel

$$p = G \left( \frac{T - \lambda}{T} \right)^{50}$$

zu ermitteln.

$$\lg G = 7·20292$$

$$\lambda = 69·2$$

$$T = t + 273$$

Diese Constanten dienen zur Berechnung der nachfolgenden Tabelle.

Temperatur	Dampfdruck	Temperatur	Dampfdruck	Temperatur	Dampfdruck
$t$	$p$	$t$	$p$	$t$	$p$
0°	7·2	40°	59·9	80°	291·6
5	9·7	45	75·0	85	345·6
10	13·0	50	92·8	90	407·5
15	17·2	55	114·1	95	478·2
20	22·5	60	139·5	100	558·3
25	29·2	65	169·2	105	648·9
30	37·4	70	204·1	110	751·0
35	47·5	75	244·7		

b) Toluol aus *p*-Toluidin dargestellt, von Kahlbaum in Berlin bezogen.

Erste Beobachtungsreihe			Zweite Beobachtungsreihe		
Temperatur	Druck beobachtet	Druck berechnet	Temperatur	Druck beobachtet	Druck berechnet
<i>t</i>	<i>P<sub>b</sub></i>	<i>P</i>	<i>t</i>	<i>P<sub>b</sub></i>	<i>P</i>
25·5°	29·4	29·8	26·5°	30·1	31·3
27·1	31·0		28·6	34·6	
35·7	48·1		29·9	37·1	
38·5	54·6		38·2	53·1	
39·3	57·1	57·7	39·1	56·1	57·2
46·9	81·0		42·6	66·1	
48·1	84·2		43·9	71·6	
50·5	93·5		45·2	75·2	
52·6	103·1	103·0	49·3	90·0	89·6
53·3	105·8		50·7	95·8	
54·9	112·9		54·4	111·5	
55·9	118·9		56·3	120·7	
68·2	190·0	190·0	56·8	122·9	122·2
74·4	238·1		59·0	131·5	
78·4	274·7		63·2	154·2	
82·6	318·1		66·5	176·1	
85·4	350·4	348·6	68·1	187·8	189·3
91·2	430·6		69·9	200·6	
98·4	533·2		72·0	216·5	
105·6	661·4		74·6	239·1	
			77·0	260·1	261·3
			80·8	298·3	
			84·4	338·2	
			91·0	421·1	
			102·4	678·1	677·0

Mit Hilfe der Beobachtungen

$$t_1 = 68·2 \qquad p_1 = 190·0$$

$$t_2 = 80·8 \qquad p_2 = 298·3$$

wurden die Constanten

$$\lambda = 69·2 \qquad \lg G = 7·20076$$

ermittelt.

Von der Berechnung einer Tabelle, die von 5 zu 5 Graden die Tensionen angibt, wurde abgesehen, da die Werte der Dampfdrucke dieses Präparates mit den des von mir dargestellten Toluols fast durchgängig übereinstimmen.<sup>1</sup>

### 3. Dampfdrucke des Orthoxylols.

Das Präparat wurde von Kahlbaum in Berlin bezogen und von mir durch wiederholte fractionirte Destillation, zum Schlusse über Natrium, gereinigt. Der von 143·7—143·9° bei einem Barometerstande von 751·6 *mm* übergehende Antheil wurde zu den Versuchen benützt.

Einige bisherige Angaben über den Siedepunkt sind:

140—141°	Fittig und Bieber
141—143	Jannasch und Hübner 1873.
142—143	Jacobsen 1877
141	Piccard 1879.
141·9	Pinette 1888.

Erste Beobachtungsreihe			Zweite Beobachtungsreihe		
Temperatur	Druck beobachtet	Druck berechnet	Temperatur	Druck beobachtet	Druck berechnet
<i>t</i>	<i>p<sub>b</sub></i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>p<sub>b</sub></i>	<i>p</i>
50·8°	25·5		46·2°	20·9	21·7
55·0	32·5		49·6	24·5	
58·5	38·0		53·8	30·8	
62·0	45·2	45·3	59	40·6	41
65·9	54·3		64·2	49·2	
70·5	65·5		68·8	61·1	
75·1	79·7	78·7	72·7	71·6	71·4
77·7	88·1		75·9	81·9	
81·1	101·5		79·1	93·2	
84·8	116·9	115·0	82·7	107·8	106·2
89·7	141·2		87·3	128·9	
93·5	162·0		91	148·9	
98·8	192·5	191·1	95·5	172·5	170·3
101·4	211·1		97·0	181·7	
104·1	235·2		97·6	185·7	
105·3	240·0	238	100·1	202·5	200·0

<sup>1</sup> Siehe Seite 1103.

Erste Beobachtungsreihe			Zweite Beobachtungsreihe		
Temperatur	Druck beobachtet	Druck berechnet	Temperatur	Druck beobachtet	Druck berechnet
$t$	$p_b$	$p$	$t$	$p_b$	$p$
108·0°	268·6		102·0°	216·9	
109·2	273·6		103·2	225·5	
114·8	325·6	324·7	107·6	261·2	257·4
118·0	359·4		110·2	283·4	
124·6	439·8		112·8	305·9	
129·6	507·3	508·3	115·7	335·9	334·1
132·5	553·7		117·4	353·8	
135·5	600·8		128·8	495·6	
136·6	623·3	620·5	130·8	525·4	526·3
138·1	649·9		135·2	599·6	
139·0	668·6		139·3	670·1	
141·5	710·4	710·2	141·5	709·6	710·2
			142·1	725·2	

Die Constanten der Bertrand'schen Formel wurden ermittelt zu.

$$\lambda = 76\cdot3, \quad \lg G = 7\cdot268958$$

Dieselben dienen zur Berechnung der folgenden Tabelle:

Temperatur	Druck	Temperatur	Druck	Temperatur	Druck
$t$	$p$	$t$	$p$	$t$	$p$
0°	1·4	50°	26·1	100°	199·3
5	2·0	55	33·1	105	236·1
10	2·8	60	41·5	110	278·4
15	3·9	65	51·7	115	326
20	5·3	70	63·9	120	381
25	7·0	75	78·4	125	444·0
30	9·3	80	95·6	130	514·2
35	12·2	85	115·9	135	593·2
40	15·9	90	139·6	140	681·7
45	20·5	95	167·3	145	780·5

#### 4. Dampfdrucke des Metaxylois.

Das zur Untersuchung verwendete Präparat wurde von Kahlbaum in Berlin bezogen und durch wiederholte fractionirte Destillation, zum Schlusse über Natrium, noch gereinigt. Der bei  $138\cdot7$ — $139\cdot0^\circ$  bei einem Barometerstande von  $748\cdot3$  *mm* übergegangene Antheil wurde zu den Versuchen benützt.

Einige bisherige Angaben über den Siedepunkt sind:

	$139\cdot8^\circ$	Warren 1865.
138—139		Fittig und Velguth 1868.
139·2	(759)	Schiff 1884.
138·9		Pinette.

Erste Beobachtungsreihe			Zweite Beobachtungsreihe		
Temperatur	Druck beobachtet	Druck berechnet	Temperatur	Druck beobachtet	Druck berechnet
<i>t</i>	<i>p<sub>b</sub></i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>p<sub>b</sub></i>	<i>p</i>
	<i>mm</i>	<i>mm</i>		<i>mm</i>	<i>mm</i>
45·8°	21·7		46·3°	25·3	26·3
49·3	29·5		69·1	73·2	
54	37·6		72·4	83·4	
59·0	46·2	47·4	74·3	90·0	90·0
62·7	54·6		76·4	98·4	
67·6	68·0		79·1	109·3	
71·0	78·0	78·8	82·1	122·6	121·9
74·1	89·3		85·0	136·5	
77·7	103·2		90·7	169·0	
80·9	116·9	116·5	93·7	188·0	186·3
83·6	128·7		95·2	198·2	
86·5	141·9		95·6	202·8	
88·9	156·9	156·9	97·4	214·7	211·6
91·0	170·4		98·0	217·7	
93·2	184·3	183·0	99·5	230·4	
95·6	199·6		99·7	230·9	229·2
97·6	214·3		100·7	240·5	
99·6	229·5	228·4	101·7	247·9	
100·0	233·4		103·8	266·9	263·0
106·2	286·5		106·2	286·5	
108·0	302·4	301·8	107·8	303·0	
108·1	305·6		109·8	318·7	319·7
109·2	315·0		118·6	425·9	
110·3	328·1	324·9	121·0	455·0	
113·5	360·8		134·4	638·6	
115·8	388·7		136·7	710·6	709·8
117·5	408·4	406·8			
119·7	437·8				
130·7	600·0				
132·5	632·1	631·6			
134·3	664·8				
135·9	693·9	694·3			
138·0	736·6				

Mit Hilfe der Beobachtungen

$$\begin{array}{ll} t_1 = 74 \cdot 1 & p_1 = 89 \cdot 3 \\ t_2 = 132 \cdot 5 & p_2 = 632 \cdot 1 \end{array}$$

wurden die Constanten der Bertrand'schen Formel berechnet:

$$\lambda = 75 \cdot 3 \qquad \lg G = 7 \cdot 261151$$

Dieselben dienten zur Berechnung der folgenden Tabelle:

Temperatur <i>t</i>	Druck <i>p</i>	Temperatur <i>t</i>	Druck <i>p</i>	Temperatur <i>t</i>	Druck <i>p</i>
0°	2·1	50°	31·4	100°	231·6
	2·9	55	39·6	105	273·6
10	4·0	60	49·5	110	321·8
15		65	61·4	115	376·7
20	7·4	70	75·7	120	438·9
	9·9	75	92·6	125	508·7
30	13·0	80	112·5	130	588·4
35	17·0	85	135·9	135	677·3
40	21·9	90	163·2	140	776·6
45	24·7	95	194·9		

### 5. Dampfdrucke des Paraxylols.

Das Präparat wurde von Kahlbaum in Berlin bezogen und ebenso wie die vorhergehenden noch gereinigt. Zur Untersuchung wurde der bei einem Barometerstande von 752·2 *mm* bei 138·0 – 138·2° übergehende Antheil benützt.

Einige bisherige Angaben über den Siedepunkt sind:

136—137°	Fittig und Glinzer 1865.
136·5	(758) R. Schiff 1881,
138·1	(761·2) 1884.
138·0	Pinette 1888.

Erste Beobachtungsreihe			Zweite Beobachtungsreihe		
Temperatur	Druck beobachtet	Druck berechnet	Temperatur	Druck beobachtet	Druck berechnet
$t$	$p_b$	$p$	$t$	$p$	$p$
48·8°	30·8	30·8	48·2°	30·3	29·9
50·0	32		49·2	31·4	
51·6	35·2		50·8	33·8	
52·4	36·5	36·4	55·3	42·0	
55·4	42·5		59·1	49·6	
58·6	48·6		61·8	55·7	
62·7	58·1	57·4	65·1	64·7	
66·2	67·9		69·8	78·7	
70·5	81·0		73·1	89·9	
73·4	91·1	89·2	76·9	104·8	
75·8	100·5		80·4	119·6	117·1
78·9	113·6		86·7	152·0	
81·7	126·6	123·0	89·2	166·9	
84·2	139·4		91·6	181·4	
105·4	290·3		94·0	196·8	
109·2	321·0	318·8	95·7	204·0	203·8
111·2	340·6		96·7	216·9	
112·8	358·1		97·8	219·8	
114·2	372·7	372·9	99·4	232·4	
115·8	391·8		103·4	264·8	
117·7	415·6		106·6	293·3	293·3
120·1	446·1	446·2	108·1	310·8	
122·1	475·5		110·1	332·4	
124·3	508·3		112·8	358·1	
127·4	552·4		114·6	376·7	
128·8	577·0		117·3	407·6	410·0
130·5	606·7		118·7	426·9	
131·9	629·9	627·7	120·5	454·4	
134·4	672·5		123·8	500·4	
135·7	693·6		126·4	539·0	
136·9	718·7	720·5	129·0	580·0	578·3
			135·2	689·1	
			136·4	705·9	
			137·7	731·4	

Mit Hilfe der Beobachtungen

$$\begin{array}{ll} t_1 = 50 \cdot 8 & p_1 = 33 \cdot 8 \\ t_2 = 134 \cdot 4 & p_2 = 672 \cdot 5 \end{array}$$

wurden die Constanten der Interpolationsformel ermittelt:

$$\lambda = 74 \cdot 8 \qquad \lg G = 7 \cdot 232817$$

Dieselben dienen zur Berechnung der nachfolgenden Tabelle:

Temperatur <i>t</i>	Druck <i>p</i>	Temperatur <i>t</i>	Druck <i>p</i>	Temperatur <i>t</i>	Druck <i>p</i>
45°		80°	115·3	115°	382·2
50	32·6	85	139·1	120	444·8
	41·0	90	166·8	125	515·5
60	51·1	95	198·9	130	595·0
65	63·3	100	235·9	135	684·0
70	77·8	105	278·4	140	783·5
75	95·0	110	327·0		

## 6. Dampfdrucke des Äthylbenzols.

Das Präparat wurde von Kahlbaum in Berlin bezogen und wie die vorhergehenden noch gereinigt. Zu den Versuchen wurde der bei 135·7—135·9° bei einem Barometerstande von 755·2 *mm* übergehende Antheil benützt.

Einige bisherige Angaben über den Siedepunkt sind:

134°	Fittig und König.
135·9 (738)	R. Schiff.
136·5	Weger

Erste Beobachtungsreihe			Zweite Beobachtungsreihe		
Temperatur	Druck beobachtet	Druck berechnet	Temperatur	Druck beobachtet	Druck berechnet
$t$	$P_b$	$P$	$t$	$P_b$ <i>mm</i>	$P$
47·6°	30·3		60·4°	57·2	56·8
48·2	31·7		61·4	60·2	
48·8	33·1		63·2	64·6	
50·2	35·2		64·9	69·3	
53·0	40·5		66·4	73·7	
57·2	49·4	49·4	68·1	79·5	
62·2	61·5		70·3	86·9	85·6
64·7	68·7		72·4	94·8	
67·8	77·9		74·7	103·3	
69·9	85·2		76·9	112·9	
72·7	95·2	94·2	79·1	123·0	
80·2	127·5		101·1	264·3	
89·9	183·4		103·2	282·9	281·8
92·9	203·1		105·7	308·1	
96·2	226·8		107·0	319·9	
99·8	252·6	251·9	108·3	333·6	
101·6	265·9		110·1	351·4	
102·7	280·4		111·7	369·3	369·5
103·1	281·2		113·3	388·0	
104·6	299·5		115·8	419·7	
105·2	300·4	300·7	119·0	460·9	
106·0	314·3		121·8	501·4	
107·0	319·7		123·2	522·5	522·0
107·6	330·7		126·1	570·7	
109·6	350·6		128·1	602·7	
112·2	376·0	375·2	129·6	628·5	
113·9	398·1		132·2	675·0	
116·3	428·3		133·7	703·9	
129·0	623·1		134·6	719·3	719·7
132·0	672·0		135·5	737·8	
133·1	692·7	690·7			
134·2	715·5				
135·2	732·8				

Aus den Beobachtungen

$$t_1 = 57.2$$

$$p_1 = 49.4$$

$$t_2 = 132.2$$

$$p_2 = 675.0$$

wurden die Constanten der Interpolationsformel ermittelt:

$$\lambda = 74.2$$

$$\lg G = 7.220577$$

Mit deren Hilfe wurde die folgende Tabelle berechnet.

Temperatur <i>t</i>	Druck <i>p</i>	Temperatur <i>t</i>	Druck <i>p</i>
45°	28.2	95°	214.2
50	35.7	100	253.6
	44.8	105	298.8
60	55.8	110	350.3
65	68.9	115	408.9
70	84.6	120	475.2
75	103.1	125	549.9
80	124.9	130	633.8
85	150.3	135	728.2
90	179.9	140	831.3

### 7. Dampfdrucke des Isopropylbenzols.

Das Präparat wurde von Kahlbaum in Berlin bezogen und wie die vorhergehenden noch gereinigt. Der bei einem Barometerstande von 744.1 *mm* bei 153.9—154.6° übergehende Antheil wurde zu den Versuchen benützt.

Erste Beobachtungsreihe			Zweite Beobachtungsreihe		
Temperatur	Druck beobachtet	Druck berechnet	Temperatur	Druck beobachtet	Druck berechnet
$t$	$p_b$	$p$	$t$	$p$	$p$ <i>mm</i>
60·4°	29·1	29·4	70·3°	46·0	45·5
61·8	30·9		75·2	56·2	
62·8	32·5		79·9	68·3	
63·7	33·7		84·2	81·4	
64·6	35·5		87·0	90·8	
67·3	40·2		89·5	100·4	97·9
74·0	53·5	53·1	94·5	121·4	
75·2	56·0		96·9	132·2	
79·9	66·0		101·1	153·4	
82·9	78·0		103·7	161·4	
105·1	177·3		106·9	180·7	182·2
106·8	188·5		108·6	197·9	
115·2	238·1	239·3	110·9	207·4	
117·7	256·9		115·0	237·0	
119·3	273·3		115·2	238·2	
121·7	292·9		118·0	259·6	261·7
124·1	316·6		121	292·2	
126·6	342·0	341·4	125·1	325·7	
128·7	364·9		128·4	359·1	
130·4	384·8		131·3	392·7	
133·2	419·0		134·2	426·6	427·2
135·2	442·1		136·2	450·5	
137·7	470·0		138·4	480·3	
139·3	495·6	494·1	141·3	521·6	
141·5	526·0		143·3	549·7	
143·7	554·3		145·1	576·9	580·1
145·5	580·6		146·2	600·5	
147·3	612·1		153·0	715·6	
151·2	691·6				
153·6	736·0				

Aus den Beobachtungen

$$\begin{aligned} t_1 &= 64.6 & p_1 &= 35.5 \\ t_2 &= 153.0 & p_2 &= 715.6 \end{aligned}$$

wurden die Constanten der Interpolationsformel ermittelt:

$$\lambda = 77.6 \quad \lg G = 7.221678$$

Mit deren Hilfe wurde die nachfolgende Tabelle berechnet.

Temperatur <i>t</i>	Druck <i>p</i>	Temperatur <i>t</i>	Druck <i>p</i>	Temperatur <i>t</i>	Druck <i>p</i>
45°	14.0	85°	82.5	125°	325.2
50	18.0	90	99.8	130	377.9
55	22.9	95	120.0	135	437.2
60	28.9	100	143.5	140	503.9
65	36.1	105	170.6	145	578.6
70	44.9	110	201.9	150	661.9
75	55.3	115	237.8	155	754.5
80	64.7	120	278.7		

Mit den nun mitgetheilten Resultaten der von mir ausgeführten Bestimmungen lässt sich die Giltigkeit des Dalton'schen Gesetzes prüfen. Zu dem Zwecke ist es nothwendig, die zu einem bestimmten Drucke gehörige Temperatur zu berechnen.

Aus der Bertrand'schen Interpolationsformel

$$p = G \left( \frac{T - \lambda}{T} \right)$$

folgt, dass

$$T = \frac{\lambda}{1 - a},$$

wenn *a* bestimmt ist durch den Ausdruck

$$\lg a = \frac{\lg p - \lg G}{50}$$

In der nachfolgenden Tabelle sind die zu gleichen Drucken gehörigen Temperaturen verzeichnet, welche ich mit Hilfe der obigen Gleichungen und der bei den einzelnen Kohlenwasserstoffen angegebenen Constanten berechnet habe.

Entsprechende Temperaturen für die Dampfdrucke von:

N a m e	760 mm	$\Delta$	700 mm	$\Delta$	600 mm	$\Delta$	500 mm	$\Delta$	400 mm	$\Delta$	300 mm	$\Delta$	200 mm	$\Delta$	100 mm
Benzol	80·1	2·7	77·4	4·8	72·6	5·4	67·2	6·5	60·7	7·8	52·9	10·6	42·3	16·3	26·0
Toluol	110·4	2·8	107·6	5·2	102·4	6·0	96·4	6·9	89·5	8·6	80·9	11·5	69·4	17·6	51·8
Orthoxylol..	144·0	3·1	140·9	5·4	135·5	6·5	129·0	7·5	121·5	9·2	112·3	12·2	100·1	18·9	81·2
Metaxylol	139·2	3·0	136·2	5·5	130·7	6·3	124·4	7·5	116·9	9·1	107·8	12·0	95·8	18·9	76·9
Paraxylol....	138·9	3·1	135·8	5·5	130·3	6·3	124·0	7·4	116·6	9·3	107·3	12·1	95·2	18·8	76·4
Äthylbenzol	136·6	3·0	133·6	5·1	128·5	6·8	121·7	7·5	114·2	8·4	105·8	12·7	93·1	18·9	74·2
Isopropylbenzol	155·1	3·0	152·1	6·0	146·1	6·4	139·7	7·8	131·9	9·7	122·2	12·6	109·6	19·5	90·1

Wäre das Dalton'sche Gesetz für die homologe Reihe der Benzolkohlenwasserstoffe richtig, so müssten die einer bestimmten Druckdifferenz entsprechenden Temperaturdifferenzen bei sämtlichen Kohlenwasserstoffen gleich sein. Aus der nebenstehenden Tabelle geht hervor, dass die Temperaturdifferenzen im Allgemeinen nicht constant, jedoch bei den drei Xylole gleich sind.

Somit folgt aus den Versuchen, dass das Dalton'sche Gesetz für die homologe Reihe der Benzolkohlenwasserstoffe nicht giltig, hingegen für die drei stellungsisomeren Xylole zutreffend ist.

Es wurde weiters eine von Dühning<sup>1</sup> aufgestellte Beziehung zwischen Dampfdruck und Temperatur geprüft. Dieselbe lautet: »Von den Siedepunkten beliebiger Substanzen, wie sie für irgend einen für alle gemeinsamen Druck als Ausgangspunkt gegeben sein mögen, sind bis zu den Siedepunkten für irgend einen anderen gemeinsamen Druck die Temperaturabstände sich gleichbleibende Vielfache voneinander.«

Der sogenannte »specifische Factor ( $q$ )« Dühning's muss für jeden Kohlenwasserstoff, falls die Beziehung richtig ist, eine constante Zahl sein.

Derselbe berechnet sich nach der Formel

$$q = \frac{t' - \vartheta}{t - 100}$$

$t$	Siedetemperatur des Wassers beim Drucke	$p$
100		760
$t'$	der Substanz beim Drucke	$p$
$\vartheta$		760

In der folgenden Tabelle sind die specifischen Factoren der von mir untersuchten Kohlenwasserstoffe zusammengestellt. Die Siedetemperaturen bei verschiedenen Drucken sind der Tabelle Seite 1092 entnommen.

<sup>1</sup> Neue Grundgesetze zur rationellen Physik und Chemie. Leipzig 1878.

Tabelle der spezifischen Factoren.

Dampfdruck	Entsprechende Temperatur für								Specifische Factoren von							
	Wasser	Benzol	Toluol	Ortho- xylol	Meta- xylol	Para- xylol	Äthyl- benzol	Iso- propyl- benzol	Benzol	Toluol	Ortho- xylol	Meta- xylol	Para- xylol	Äthyl- benzol	Iso- propyl- benzol	
760	100	80·1	110·4	144·0	139·2	138·9	136·6	155·1								
	<i>t</i>	<i>t'</i>														
700	97·7	77·4	107·6	140·9	136·2	135·0	133·6	152·1	1·17	1·22	1·35	1·34	1·35	1·34	1·34	
600	93·5	72·6	102·4	135·5	130·7	130·3	128·5	146·1	1·15	1·23	1·31	1·31	1·32	1·25	1·39	
500	88·7	67·2	96·4	129·0	124·4	124·0	121·7	139·7	1·12	1·24	1·33	1·31	1·32	1·32	1·36	
400	83·0	60·7	89·5	121·5	116·9	116·6	114·2	131·9	1·14	1·23	1·33	1·31	1·31	1·32	1·36	
300	75·9	52·9	80·9	112·3	107·8	107·3	105·8	122·2	1·12	1	1·32	1·30	1·31	1·28	1·37	
200	66·5	42·3	69·4	100·1	95·8	95·2	93·1	109·6	1·13	1·22	1·31	1·30	1·30	1·30	1·36	
100	51·6	26·0	51·8	81·2	76·9	76·4	74·2	90·1	1·12	1·21	1·30	1·29	1·29	1·29	1·34	
Im Mittel . . . . .									1·14	1·22	1·32	1·31	1·31	1·30	1·36	

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass die Schwankungen<sup>1</sup> der specifischen Factoren bei den einzelnen Kohlenwasserstoffen innerhalb enger Grenzen liegen, dass somit die von Dühring aufgestellte Beziehung innerhalb des die Versuche umfassenden Druckintervalls mit grosser Annäherung thatsächlich besteht.

Mit zunehmendem Molekulargewicht steigen die specifischen Factoren an; bei den isomeren Kohlenwasserstoffen  $C_8H_{10}$  sind dieselben fast gleich.

Die specifischen Factoren wurden hauptsächlich deshalb angeführt, weil es mit ihrer Hilfe ungemein einfach ist die Siedetemperatur für irgend einen Druck zu berechnen, sofern die Resultate der Dampfdrucke des Wassers zur Verfügung stehen.

Um beispielsweise die Übereinstimmung der berechneten Werthe mit den direct beobachteten zu constatiren, führe ich für das Benzol die nachfolgende Zusammenstellung an.

Die Siedetemperaturen werden berechnet nach der Formel:

$$t' = q(t - 100) + \vartheta.$$

	Wasser	$t'_b$ beobachtet	$t'$ berechnet	
Druck	$t$	Benzol		$\Delta$
152·3	60·5	35·4	35·1	0·3
235·5	70·2	46·3	46·1	0·2
331·1	78·3	55·2	55·4	0·2
702·4	97·8	77·3	77·6	0·3

In dem von Ramsay und Young<sup>2</sup> angegebenen Ausdrücke

$$\frac{T'_1}{T'_2} = \frac{T_1}{T_2} + c(T'_1 - T_1),$$

---

Die B. für Benzol nach den Regnault'schen Beobachtungen berechneten specifischen Factoren schwanken von 1·13—1·17, somit fast innerhalb derselben Grenzen die nach meinen Beobachtungen ermittelten.

worin  $T_1$  und  $T_2$  die absoluten Siedetemperaturen irgend zweier Stoffe bei einem Drucke  $p$ ,  $T'_1$  und  $T'_2$  dieselben bei einem Drucke  $p'$  bedeuten, zeigt sich die Constante  $c$  beim Vergleiche nahestehender Stoffe gleich Null. Ich habe die Richtigkeit der Angabe bei der Prüfung dieser Beziehung der von mir untersuchten Kohlenwasserstoffe untereinander als vollkommen zutreffend gefunden.

Wenn  $c = 0$ , so ist das Verhältniss der zum gleichen Druck gehörigen Siedetemperaturen constant.

Die folgende Tabelle enthält die Werthe für die Verhältnisse  $\frac{T_1}{T_2}$  der von mir untersuchten Kohlenwasserstoffe:

Substanz	$T_1$ bei 760 mm	$T_2$ bei 200 mm	$\frac{T_1}{T_2}$
Benzol	353·1	315·3	1·120
Toluol	383·4	342·4	1·120
Orthoxytol.	417·0	373·1	1·118
Metaxytol	412·2	368·8	1·118
Paraxytol.	411·9	368·2	1·119
Äthylbenzol	409·6	366·1	1·119
Isopropylbenzol	428·1	382·6	1·119

Es zeigt sich, dass das Verhältniss  $\frac{T_1}{T_2}$  nahezu ganz constant ist.

Die mitgetheilten Versuchsergebnisse gestatten auch die Erörterung der Frage, wie sich die Differenzen der Siedetemperaturen von je zwei homologen Kohlenwasserstoffen, deren Zusammensetzungsdifferenz  $\text{CH}_2$  beträgt, bei verschiedenen Drucken im Verhältniss zur Differenz der Siedetemperaturen bei gewöhnlichem Atmosphärendruck ändern.

Darüber gibt die folgende Zusammenstellung Aufschluss.

## Entsprechende Siedetemperaturen für die Drucke von:

N a m e	760mm $\Delta$ CH <sub>2</sub>	700 mm $\Delta$ CH <sub>2</sub>	600 mm $\Delta$ CH <sub>2</sub>	500 mm $\Delta$ CH <sub>2</sub>	400 mm $\Delta$ CH <sub>2</sub>	300 mm $\Delta$ CH <sub>2</sub>	200 mm $\Delta$ CH <sub>2</sub>	100 mm $\Delta$ CH <sub>2</sub>
Benzol . . . . .	80·1	77·4	72·6	67·2	60·7	52·9	42·3	26·0
	30·3	30·2	29·8	29·2	28·8	28·0	27·1	25·8
Toluol . . . . .	110·4	107·6	102·4	96·4	89·5	80·9	69·4	51·8
	33·6	33·3	33·1	32·6	32·0	31·4	30·7	29·4
Orthoxylol . . . . .	144·0	140·9	135·4	129·0	121·5	112·3	100·1	81·2
	28·8	28·6	28·3	28·0	27·4	26·9	26·4	25·1
Metaxylol . . . . .	139·2	136·2	130·7	124·4	116·9	107·8	95·8	76·9
	28·5	28·2	27·9	27·6	27·1	26·4	25·8	24·6
Paraxylol . . . . .	138·9	135·8	130·3	124·0	116·6	107·3	95·2	76·4
	26·2	26·0	26·1	25·3	24·7	24·9	23·7	22·4
Äthylbenzol . . . . .	136·6	133·6	128·5	121·7	114·2	105·8	93·1	74·2
	18·5	18·5	17·6	18·0	17·7	16·4	16·5	15·9
Isopropylbenzol . . . . .	155·1	152·1	146·1	139·7	131·9	122·2	109·6	90·1

Mit fallendem Drucke findet eine Abnahme der der Zusammensetzungsdifferenz CH<sub>2</sub> entsprechenden Siedepunktsdifferenzen statt.

## B. Die Dampfdrucke von Gemischen aus Benzol und Toluol.

Mischungen von Benzol und Toluol gehören in jene Classe von Flüssigkeitspaaren, deren Bestandtheile sich in jedem beliebigen Verhältnisse lösen.

Die verschiedenen physikalischen Constanten eines derartigen Flüssigkeitsgemisches entsprechen meist nicht den nach den quantitativen Antheilen berechneten Werthen.

So ist auch der Dampfdruck eines aus zwei sich vollkommen lösenden Flüssigkeiten bestehenden Gemisches stets kleiner als die Summe der Dampfdrucke der Bestandtheile.

Zur Ermittlung des Dampfdruckes von Flüssigkeitsgemischen ist nur die statische Methode anwendbar.

Der von mir hierzu gebrauchte Apparat war folgendermassen eingerichtet: Der wesentliche Theil besteht aus einem kupfernen Kasten mit eisernen Rahmen an den Längsseiten.

An diesen wurden ebene Spiegelglasplatten mit Hilfe von Eisenrahmen und Schrauben befestigt. Zur Dichtung dienten Gummieinlagen.

Am Boden des Kastens, der 81 *cm* hoch, 42·5 *cm* breit ist und circa 34·5 *l* Inhalt besitzt, befinden sich fünf Öffnungen, durch welche mittelst Kautschukstöpseln die Röhren dicht eingesetzt werden können. Der Kasten trägt auf jeder Seite einen Ring und eine Querspeiche, die zu seiner Befestigung an dem Stative dienen. Längs der Ringe erfolgt die Führung an den beiden verticalen Stangen des Gestelles; auf die Querspeichen stützen sich die Klemmschrauben, durch welche der Kasten in jeder beliebigen Höhe festgehalten werden kann.

Zur Zusammenstellung und Benützung des Apparates wird zunächst die Quecksilberwanne in der aus der Figur der beifolgenden Tafel ersichtlichen Stellung bis zur Hälfte mit Quecksilber gefüllt, hierauf die Barometerröhren eingesetzt und mittelst Stativen festgehalten. Vor dem Einsetzen werden die genau in die Öffnungen des Bodens passenden durchbohrten Kautschukstöpsel über die Rohre gezogen.

Nach dem Hineinlassen der Gemische in dieselben wird der Kasten darüber gezogen, die Stöpsel fest hineingedrückt.

Hierauf wird der Kasten mit Wasser gefüllt, so dass die oberen Enden der Röhren noch vollständig in Wasser getaucht sind.

Das Anwärmen desselben geschieht mit zwei Ehmänn'schen Heizvorrichtungen, deren Einrichtung aus der Figur zu ersehen ist.

Als Rührer wurde ein aus Blei hergestellter, an zwei Schnüren befestigter Rahmen verwendet.

Für die statische Methode der Tensionsbestimmungen ist es ganz besonders wichtig, vollständig luftfreie Barometer für die Aufnahme der zu untersuchenden Flüssigkeiten zu benützen.

Sämmtliche Barometer wurden von mir selbst hergestellt und durch sorgfältiges Auskochen vollständig luftfrei gemacht. Die innere Weite der Barometerröhren betrug 11 *mm*.

Es wurden zwei Versuchsreihen ausgeführt; bei der ersten waren zwei Röhren, bei der zweiten vier Röhren mit Flüssigkeitsgemengen neben einem als Barometer verwendeten Rohre im Apparate.

Bei den Versuchen wurde in der Weise vorgegangen, dass das Wasser im Apparate bis auf die gewünschte Temperatur angeheizt, dann die Flammen unter den Erhitzungsvorrichtungen entweder kleiner gemacht oder ganz abgedreht, hierauf zum Ausgleich der Temperaturen in den verschiedenen Niveaus der Rührer eine kurze Zeit hindurch lebhaft auf und ab bewegt wurde.

War der Temperatúrausgleich durch die gesammte Wassermasse erfolgt, so wurde mittelst des Kathetometers die Höhe der Quecksilberstände in allen Röhren abgelesen. Die Unterschiede derselben gegen den Stand des Barometers gaben die Tensionen bei der eben herrschenden Temperatur des Wasserbades an. Innerhalb der Ablesungszeit erhielt sich die Temperatur fast immer constant.

An den Spannkraftsmessungen wurden die folgenden Reductionen vorgenommen:

1. Reduction der Flüssigkeitssäulen der Gemische auf Quecksilber.
2. Reduction der Quecksilbersäulen auf 0°

Zu den Gemischen wurden verwendet: Benzol aus Benzoösäure von Kahlbaum und Toluol aus Paratoluidin von mir erzeugt. Die Mischungen wurden mit der Wage hergestellt.

### Gemisch Nr. 1

besteht aus:

Benzol	.22·84 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Toluol.	77·16 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

Temperatur <i>t</i>	Dampfdruck des			$p_1+p_2$	$\frac{p}{p_1+p_2}$
	Gemisches $p$ <i>mm</i>	Benzols $p_1$ <i>mm</i>	Toluols $p_2$ <i>mm</i>		
17·2	40·6	66·6	19·4	86·0	0·472
21·6	46·9	82·1	24·5	106·6	0·441
25·0	54·7	96·1	29·2	125·3	0·437
25·8	55·4	99·6	30·4	130·0	0·426
28·5	61·9	112·5	34·8	147·3	0·421
30·0	66·7	120·2	37·4	157·6	0·423
35·0	80·1	149·1	47·5	196·6	0·408
36·5	85·5	158·8	51·0	209·8	0·408
37·6	89·8	166·3	53·7	220·0	0·408
43·3	110·2	209·7	69·4	279·1	0·395
50·0	143·6	272·1	92·8	364·9	0·394
54·7	169·2	324·5	112·8	437·3	0·387
60·0	205·6	393·0	139·5	532·5	0·386
61·7	218·4	417·7	149·3	567·0	0·385
62·4	222·0	427·7	153·2	530·9	0·382
70·4	291·8	561·6	207·2	768·8	0·380

### Gemisch Nr. 2

besteht aus:

Benzol	. .39·41 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Toluol	.60·59 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> .

Temperatur <i>t</i>	Dampfdruck des			$p_1+p_2$	$\frac{p}{p_1+p_2}$
	Gemisches $p$ <i>mm</i>	Benzols $p_1$ <i>mm</i>	Toluols $p_2$ <i>mm</i>		
10·8°	34·0	48·4	13·6	62·2	0·548
17·2	45·1	66·1	19·4	86·0	0·524
20·8	51·2	79·0	23·5	102·5	0·500
28·6	73·6	113·0	34·9	147·9	0·498
30·0	77·8	120·2	37·4	157·6	0·495
35·0	95·0	149·1	47·5	196·6	0·484
37·6	105·2	166·3	53·7	220·0	0·478
43·3	131·0	209·7	69·4	279·1	0·470
50·0	172·5	272·1	92·8	364·9	0·470
54·7	201·9	324·5	112·8	437·3	0·462
60·0	245·5	393·0	139·5	532·5	0·461
61·8	260·2	418·8	149·9	568·7	0·458
62·3	263·9	426·2	152·6	578·8	0·459
70·3	342·4	559·7	206·4	766·1	0·447

## Gemisch Nr. 3

besteht aus:

Benzol	.47 10 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Toluol	.52·90 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

Temperatur <i>t</i>	Dampfdruck des			$p_1+p_2$	$\frac{p}{p_1+p_2}$
	Gemisches $p$ <i>mm</i>	Benzols $p_1$ <i>mm</i>	Toluols $p_2$ <i>mm</i>		
15°	47·7	59·8	17·2	77·0	0·620
20	58·1	76·1	22·5	98·6	0·589
25	69·8	96·1	29·2	125·3	0·557
30	87·3	120·2	37·4	157·6	0·554
35	106·7	149·1	47·5	196·6	0·543
40	129·5	183·5	59·9	243·4	0·532
45	156·2	224·3	75·0	299·3	0·522
50	188·0	272·1	92·8	364·9	0·515
55	224·9	328·1	114·1	442·2	0·509
60	269·8	393·0	139·5	532·5	0·506
65	317·0	468·0	169·2	637·2	0·499
70	374·6	554·2	204·2	758·3	0·494

## Gemisch Nr. 4

besteht aus:

Benzol .	.75·57
Toluol	.24·43.

Temperatur <i>t</i>	Dampfdruck des			$p_1 + p_2$	$\frac{p}{p_1 + p_2}$
	Gemisches $p$ <i>mm</i>	Benzols $p_1$ <i>mm</i>	Toluols $p_2$ <i>mm</i>		
15°	55·1	59·8	17·2	77·0	0·715
20	67·2	76·1	22·5	98·6	0·682
25	83·9	96·1	29·2	125·3	0·669
30	105·0	120·2	37·4	157·6	0·667
35	129·1	149·1	47·5	196·6	0·657
40	158·1	183·5	59·9	243·4	0·650
45	191·2	224·3	75·0	299·3	0·639
50	330·1	272·1	92·8	364·9	0·631
55	277·2	328·1	114·1	442·2	0·627
60	328·5	393·0	139·5	532·5	0·617
65	387·7	468·0	169·2	637·2	0·609
70	549·4	544·2	204·1	758·3	0·593

## Gemisch Nr. 5

besteht aus:

Benzol	.80·11 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Toluol	19·89 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> .

Temperatur <i>t</i>	Dampfdruck des			$p_1 + p_2$	$\frac{p}{p_1 + p_2}$
	Gemisches $p$ <i>mm</i>	Benzols $p_1$ <i>mm</i>	Toluols $p_2$ <i>mm</i>		
15°	59·8	59·8	17·2	77·0	0·776
20	73·3	76·1	23·5	98·6	0·743
25	89·9	96·1	29·2	125·3	0·717
30	111·5	120·2	37·4	157·6	0·707
35	136·0	149·1	47·5	196·6	0·692
40	166·9	183·5	59·9	243·4	0·686
45	200·7	214·3	75·0	399·3	0·661
50	242·5	272·1	92·8	364·9	0·695
55	291·8	328·1	114·1	442·2	0·670
60	347·2	393·0	139·5	532·5	0·652
65	411·4	468·0	169·2	637·2	0·646
70	485·1	554·2	204·1	758·3	0·639

Aus den vorstehenden Versuchsergebnissen ist zu ersehen, dass die Dampfdrucke von Mischungen aus Benzol und Toluol Functionen der Mischungsverhältnisse sind; dass die Dampfdrucke mit Zunahme des Benzolgehaltes in den Mischungen ansteigen.

Die Tension einer jeden Mischung bei jeder Temperatur ist kleiner als die Summe der Spannkkräfte der Bestandtheile, und zwar liegt der Dampfdruck stets zwischen den Spannkkräften des Toluols und Benzols und ist stets grösser als der des Toluols.

Was den Quotienten  $\frac{p_1+p_2}{p}$  d. i. das Verhältniss der Tension des Gemisches zur Summe der Tensionen der Bestandtheile, anbelangt, so zeigt sich, dass derselbe mit zunehmenden Procentgehalt an Benzol in der Mischung zunimmt. Er wird hingegen für jede einzelne Mischung mit zunehmender Temperatur kleiner.

Nach der Eintheilung Konowalows<sup>1</sup> gehören Mischungen von Benzol und Toluol in die Gruppe von zwei sich vollständig ineinander lösenden Flüssigkeitspaaren, deren Spannungscurven weder ein Minimum noch ein Maximum enthalten und beim Verdampfen beziehungsweise Sieden sich in folgender Weise verhalten: »Beim Verdampfen wird sich die Zusammensetzung des Gemisches fortwährend ändern, und zwar bei constant gehaltener Temperatur die Tension, bei constant gehaltenem äusseren Drucke die Siedetemperatur: es gibt kein constant siedendes Gemisch. Von welchem Mischungsverhältniss man auch ausgehen möge, das Endresultat einer fortgesetzten (wiederholten) Destillation ist stets, dass die Flüssigkeit von höherer Tension rein übergeht, die von kleinerer Tension rein zurückbleibt.«

Zu Seite 1082.

Ich habe des Vergleiches wegen auch die Siedetemperaturen berechnet für diejenigen Drucke, bei welchen Neubeck<sup>2</sup> und A. Naccari und S. Pagliani<sup>3</sup> die Siedetemperaturen

Wiedemann's Annalen, Bd. XIV, S. 47, 1881.

Zeitschrift f. physikal. Chemie, Bd. I. 649, 1887

Ann. Phys. Beibl. 6, 1882.

bestimmt haben und in beiden Fällen gute Übereinstimmungen constatirt.

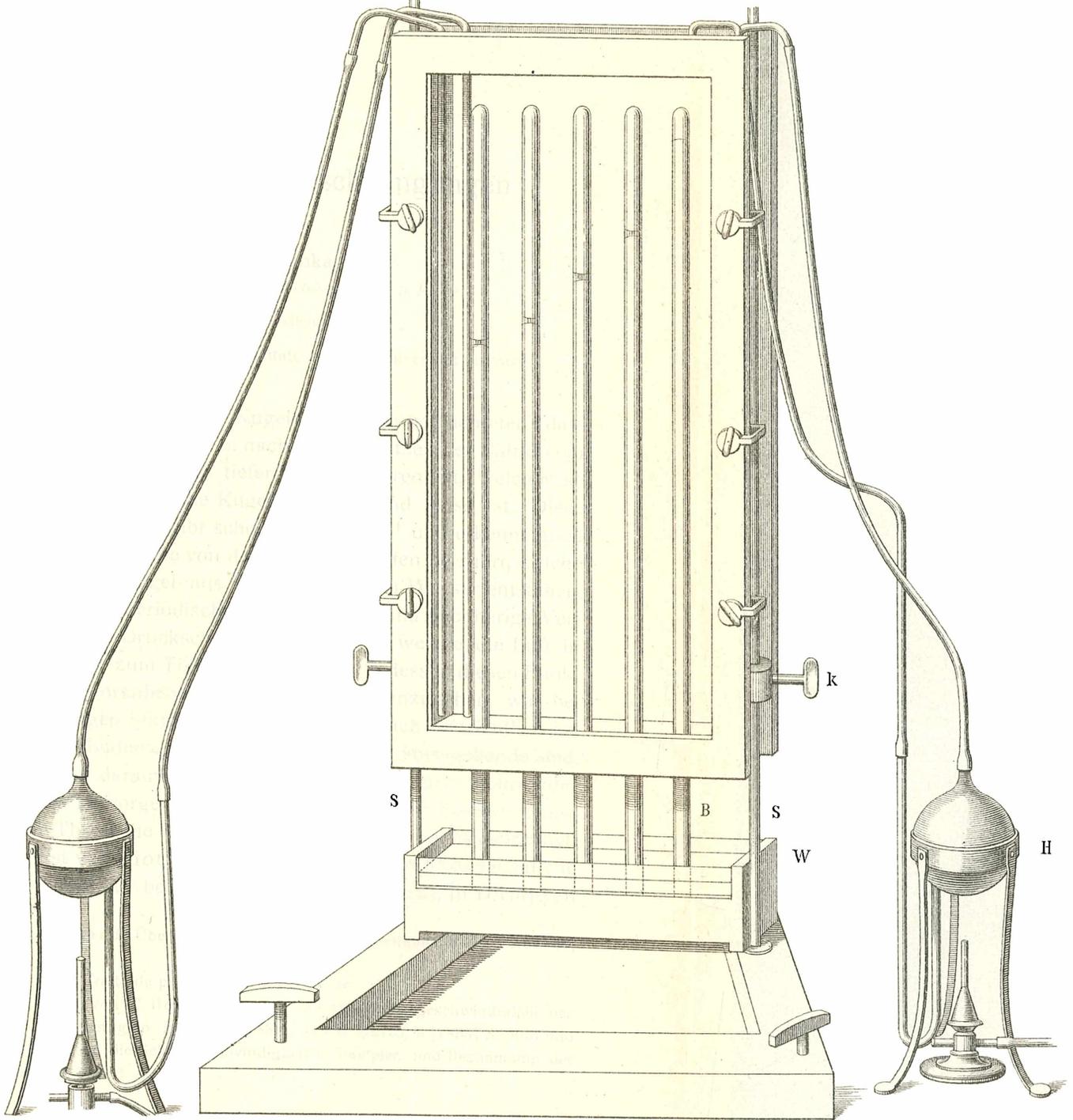
So führe ich z. B. in der folgenden Zusammenstellung neben den von Neubeck ermittelten ( $t_n$ ) die von mir mit den angeführten Constanten berechneten Siedetemperaturen ( $t_m$ ) an.

$p$	$t_n$	$t_m$
144·8	61·2	61·0
454·1	93·4	93·5
760·5	110·8	110·5

---

C. Mangold: Dampfdrucke von Benzolkohlenwasserstoffen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1893

Band/Volume: [102\\_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Mangold Carl

Artikel/Article: [Die Dampfdrücke von Benzolkohlenwasserstoffen der homologen Reihe  \$C\_nH\_{2n-6}\$  und von Gemischen aus Benzol und Toluol. 1071-1104](#)