

## Der Einfluss der Verdünnung auf die Geschwindigkeit chemischer Reactionen;

von

Woldemar de la Croix.

Von den Fragen, welche die „Studien zur chemischen Dynamik von Dr. Wilh. Ostwald“<sup>1)</sup> zur experimentellen Untersuchung anregen, wählte ich die Frage, in welcher Weise beeinflusst die Verdünnung die Schnelligkeit der Umsetzung von Acetamid durch Säuren. Obgleich in Folge anderer Untersuchungen diese Frage betreffende Voraussetzungen gemacht worden waren, fehlte doch noch die experimentelle Bestätigung derselben. Durch meine Untersuchungen ist diese nun insofern, als es sich um die zwei Säuren, Salzsäure und Schwefelsäure, handelt, beigebracht worden. Unter den Säuren wählte ich deshalb diese beiden, weil sie zu verschiedenen Gruppen gehören, die Salzsäure zu den einbasischen, die Schwefelsäure zu den zweibasischen Säuren, die Schwefelsäure zudem auch noch aus dem Grunde, weil gerade bei ihr bei den Untersuchungen in verschiedenen Concentrationen Interessantes zu erwarten war. Die Temperatur war bei allen Versuchen dieselbe, nahezu 80°. Das Acetamid wandte ich in 2,5 normaler Lösung, das ist 147,5 Grm. oder 2,5 Mol. im Liter, die Säuren in 1,25 normaler Lösung, deren Gehalt auf einige Tausendstel durch Titrieren mit Barytwasser und durch gewichtsanalytische Methoden festgestellt war. In jedem Versuche dienten äquivalente Mengen von Säure und Acetamid, und zwar bei den Versuchen in concentrirter Lösung 2 Ccm. 1,25 normaler Säure auf 1 Ccm. 2,5 normales Acetamid. Um diese Mengen recht genau zu messen, mischte ich 10 Ccm. der Acetamidlösung mit 20 Ccm. Säure und konnte so neun Proben zu 3 Ccm. abpipettiren, die eine Versuchsreihe bildeten. Bei den Versuchen grösserer Verdünnung füllte ich

---

<sup>1)</sup> Dies. Journ. [2] 27, 1 (1883).

diese 30 Ccm. zuerst auf 50, dann auf 100 und zuletzt auf 500 Ccm. auf, und nahm nach gründlichem Durchschütteln dementsprechend von jeder der Verdünnungen neun Proben zu 5, 10 und 50 Ccm. Die Säuren sind in den vier Versuchsreihen jeder Gruppe demnach in folgenden Concentrationen angewandt worden: in der ersten Reihe im 1,25, in der zweiten im 0,75, in der dritten im 0,375 und in der vierten im 0,075 normalen Zustande.

Im Uebrigen verfuhr ich ganz ebenso, wie Prof. Ostwald. Die Versuche wurden in Probirröhrchen angestellt, die gross genug waren, 10 Ccm. der Untersuchungsflüssigkeit und eine Oelschicht zu fassen. Nur bei der letzten Versuchsreihe von 50 Ccm. wandte ich Kölbchen an, welche gegen 70 Ccm. fassten und an Stelle des Oeles Paraffin, um nach dem Erkalten mit einer Pipette 50 Ccm. von der umgesetzten Flüssigkeit ohne Verunreinigung der Pipette absaugen zu können. Mein Thermostat war mit einem Quecksilberregulator versehen und hielt die Temperatur von circa  $80^{\circ}$  genügend constant. Leider erfuhr ich bei den Versuchen bei dieser Temperatur und längerer Dauer Verluste sowohl an Thermometern als auch an der Glasvorrichtung innerhalb der Thermostaten, sodass ich fast alle zwei bis drei Wochen den Thermostaten von Neuem montiren musste. Durch das Platzen der Thermometer war ich genöthigt bei einzelnen Reihen einen noch später zu besprechenden Correctionsfaktor anwenden zu müssen, weil die Temperatur bei den Versuchen um ein ganz geringes differirte. Die Zersetzung des Ammoniaksalzes fand im Azotometer mit Anwendung von Bromlauge statt. Bevor ich an die endgiltigen Versuche gehen konnte, galt es noch einige Correctionsgrössen zu bestimmen, da ich die von Prof. Ostwald aufgestellten nicht gebrauchen konnte, weil ich mit verschiedenen Flüssigkeitsvolumen zu arbeiten hatte, und diese auf die Entwicklungsmenge des Stickstoffs im Azotometer durch die verschiedene Absorption desselben von Einfluss sind. Da nun auch das zu den Versuchen dienende Acetamid nicht ganz frei von Ammoniaksalz war, zudem auch die Gegenwart von Acetamid bei Ammoniaksalzen die Menge des entwickelten Stickstoffes

beeinflusst, so suchte ich einen gemeinsamen Correctionsfaktor für alle diese Fehlerquellen aufzufinden, was mir auf folgende Weise gelang. Ich setzte fest, dass bei allen Versuchen 75 Ccm. Untersuchungsflüssigkeit und 20 Ccm. Bromlauge sich im Zersetzungsgefäss des Azotometers befinden müssen; war die zur Zersetzung angewandte Flüssigkeit eine geringere, so wurde sie zu 75 Ccm. aufgefüllt. Nun nahm ich verschiedene Mengen 0,1 normaler Chlorammoniumlösung und fügte dem entsprechend so viel 0,1 normaler Acetamidlösungen hinzu, sodass die in der Flüssigkeit enthaltene Stickstoffmenge immer dieselbe war und zwar immer 35 Mgrm., wie bei allen übrigen Versuchen, betrug. Es ergaben sich als Mittel dreier und mehrerer Versuche folgende Resultate:

			Mittel.	Ber.
20 Ccm. Acetamidlösung +	5 Ccm. Chlorammoniumlösg.		6,63	6,60
15 „ „	+ 10 „ „		13,20	13,20
10 „ „	+ 15 „ „		19,67	19,81
5 „ „	+ 20 „ „		26,33	26,41

Unter Ber. stehen die der Salmiakmenge entsprechenden Bruchtheile von 33,01 Stickstoff, welche aus 25 Ccm. 0,1 normaler Salmiaklösung unter denselben Bedingungen im Mittel entwickelt wurden. Die Differenz ist nun die Correctionsgrösse, deren Unregelmässigkeit auf Rechnung der Complication der zusammenwirkenden Fehlerquellen zu stellen ist. Durch Interpolation fand ich nun für jedes Milligramm entwickelten Stickstoffes die entsprechende Correctur.

Ausserdem suchte ich den Fehler an der Zeit zu bestimmen, welcher durch das allmähliche Erwärmen der Gläschen sammt Inhalt im Thermostaten auf die Temperatur von 80° und darauf durch das allmähliche Erkalten derselben auf die Zimmertemperatur entstehen muss. Denn diese beiden Einflüsse, obgleich sie in entgegengesetztem Sinne auf das Resultat einwirken, heben sich doch nicht ganz auf, wie es die Versuche bewiesen. Ich setzte nämlich mehrere Probirröhrchen mit 3 Ccm. Flüssigkeitsmenge, in welcher 1 Ccm. normalen Acetamids enthalten war, unter denselben Bedingungen, wie sie bei allen Versuchen beobachtet wurden, 15 Minuten derselben Temperatur aus, indem ich die eine

auf die Geschwindigkeit chemischer Reactionen. 481

Hälfte der Versuche ohne Unterbrechung im Thermostaten beließ, die andere aber alle 5 Minuten heraus nahm, sie abkühlte und wiederum in den Thermostaten einsetzte. Dadurch erhielt ich zwei Reihen von Werthen und zwar als Mittel einer jeden:

	Mittel.	Corr.
	$y = 14,91$	14,86
und	$y_1 = 14,26$	14,14

wo  $y$  das Mittel der Versuche bildet, die ohne Unterbrechung,  $y_1$  derjenigen, welche mit Unterbrechung angestellt werden. Die Gleichung<sup>1)</sup>:

$$\frac{y}{a-y} = ct,$$

welche den Ausdruck für der Verlauf des untersuchten Vorganges in der Zeit bildet, lautet dann für meine beiden Untersuchungen:

$$\frac{y}{a-y} = c \cdot (t + \Delta) \quad \text{und} \quad \frac{y_1}{a-y_1} = c \cdot (t + 3\Delta),$$

woraus ich dann leicht  $\Delta$  berechnen konnte, welches die Correctur an der Zeit ist für Versuche, die bei einmaligem Erwärmen und Erkalten angestellt wurden. Ich fand  $\Delta = -0,611$  Minuten. Diese Correctur ist in der Zeitangabe der späteren Tabellen schon enthalten. Eine gleiche Correctur gilt nahezu für alle Verdünnungen, weil bei diesen auch die zu erwärmenden Volumina den Verdünnungen entsprechend verschieden sind.

Ausser diesen Correcturen musste ich noch bei einigen Reihen eine anbringen, die durch die etwas niedrigere Temperatur, bei denen die Versuche angestellt wurden, bedingt ist. Dazu wiederholte ich eine Reihe von Versuchen, die ich bei der ersten Temperatur angestellt hatte, auch bei der vom Thermostaten bei den letzten Versuchen eingehaltenen und kam zu folgenden Resultaten:

---

<sup>1)</sup> Dies. Journ. [2] 27, 24.

# 482 de la Croix: Der Einfluss der Verdünnung

Bei niederer Temperatur.				Bei höherer Temperatur.		
Minuten.			Mittel.			Mittel.
10	6,90	6,91	6,91	7,00	6,86	6,93
15	9,03	9,16	9,10	9,13	9,14	9,14
38	14,80	14,87	14,84	14,96	14,86	14,91
40	15,16	15,25	15,21	15,26	15,15	15,21
55	16,93	17,09	17,01	17,15	17,03	17,09
90	19,70	19,76	19,73	19,88	19,80	19,84
150	22,34	—	22,34	22,34	22,28	22,31
			105,14			105,43

$\frac{105,43}{105,14} = 1,0028$  ist der Multiplicationsfaktor für die Reihen, welche bei der anfänglichen Temperatur angestellt wurden, die, wie man sieht, um ein geringes niedriger als die spätere ist. Es sind das die Reihen in Tab. I, II, III, VI.

In den folgenden Tabellen habe ich nun die Versuchsergebnisse zusammengestellt sowohl mit Anbringung der Correctur an der Zeit, als auch der erwähnten Correctur an den Mittelzahlen.

Tab. I.

Salzsäure 1,25 normal. N = 33,24. T. 80°.

Minuten						Mittel.	Corr.
3,39	5,00	4,90	4,82	—	—	4,91	4,90
6,39	8,46	8,36	8,40	—	—	8,41	8,41
9,39	11,68	—	11,34	—	—	11,51	11,53
14,39	14,79	14,82	14,77	15,08	15,06	14,91	14,99
15,39	15,40	15,11	15,33	—	—	15,28	15,36
16,39	16,41	15,74	16,09	15,50	—	15,94	16,05
19,39	17,58	17,18	17,24	—	—	17,33	17,47
29,39	20,50	—	20,67	—	—	20,59	20,78
49,39	24,97	24,72	24,67	—	—	24,79	24,95

Tab. II.

Salzsäure 0,75 normal. N = 33,24. T. 80°.

Minuten.					Mittel.	Corr.
3,39	3,62	3,66	—	—	3,64	3,63
14,39	11,92	11,32	11,62	—	11,62	11,64
19,39	13,47	13,93	14,09	—	13,83	13,89
22,39	14,89	14,92	—	—	14,91	14,99
25,39	15,90	15,90	—	—	15,90	16,01
34,39	18,71	18,72	—	—	18,71	18,89
49,39	21,37	21,68	—	—	21,53	21,71
79,39	24,98	25,00	—	—	24,99	25,15

Tab. III.

Salzsäure 0,375 normal. N = 33,24. T. 80°.

Minuten.			Mittel.	Corr.
4,39	2,87	2,62	2,80	2,80
14,39	7,17	7,09	7,13	7,12
29,39	12,08	12,12	12,10	12,12
44,39	15,54	15,43	15,49	15,59
50,89	16,53	16,62	16,58	16,72
56,39	17,43	17,33	17,38	17,52
99,39	21,85	21,86	21,86	22,04
166,39	25,44	25,27	25,36	25,52

Tab. IV.<sup>1)</sup>

Salzsäure 0,75 normal. N = 33,24. T. 80°

Minuten.		Corr.
24,39	2,69	2,68
74,39	7,42	7,39
149,39	12,48	12,47
229,39	15,83	15,89
257,39	16,75	16,84
284,39	17,83	17,94
499,39	21,91	22,03

Tab. V.

Schwefelsäure 1,25 normal. N = 33,24. T. 80°.

Minuten.			Mittel.	Corr.
4,39	3,95	3,72	3,84	3,82
9,39	6,86	7,00	6,93	6,90
14,39	9,14	9,13	9,14	9,12
37,39	14,86	14,96	14,91	14,95
39,39	15,15	15,26	15,21	15,25
42,39	15,59	—	15,59	15,64
54,39	17,03	17,15	17,09	17,18
89,39	19,80	19,88	19,84	19,98
149,39	22,28	22,34	22,31	22,43

---

<sup>1)</sup> Den Parallelversuch konnte ich nicht anstellen, da durch Platzen der Glasvorrichtung innerhalb des Thermostaten derselbe unbrauchbar geworden und die Zeit zu beschränkt war, um für diesen einen Versuch einen neuen zu montiren.

Tab. VI.

Schwefelsäure 0,75 normal. N = 33,24. T. 28°.

Minuten.			Mittel.	Corr.
3,39	4,95	4,96	4,96	4,95
19,39	8,10	8,19	8,15	8,15
34,39	11,73	11,80	11,77	11,79
49,39	13,83	13,74	13,79	13,84
64,39	15,29	15,49	15,39	15,47
79,39	16,69	16,51	16,60	16,73
89,39	17,14	17,38	17,26	17,40
149,39	19,88	19,96	19,92	20,12
249,39	22,28	22,48	22,38	22,56

Tab. VII.

Schwefelsäure 0,375 normal. N = 33,24. T. 80°.

Minuten.			Mittel.	Corr.
14,89	4,34	4,42	4,38	4,36
29,39	7,26	7,40	7,33	7,30
59,39	11,38	11,39	11,39	11,38
105,39	14,95	14,69	14,82	14,86
119,39	15,67	15,79	15,73	15,78
130,39	16,07	16,32	16,20	16,26
179,39	17,98	18,08	18,03	18,14
300,39	21,01	20,77	20,89	21,02
539,39	23,51	23,20	23,36	23,47

Tab. VIII.

Schwefelsäure 0,075 normal. N = 33,24. T. 80°.

Minuten.			Mittel.	Corr.
79,39	4,87	4,72	4,80	4,78
149,39	8,04	7,92	7,98	7,96
250,39	11,04	10,88	10,96	10,95
479,39	15,50	15,48	15,49	15,54
539,39	16,13	16,25	16,19	16,25
599,39	16,88	17,01	16,95	17,04
899,39	19,42	19,55	19,49	19,63
1499,39	22,37	22,36	22,37	22,49
2699,39	25,53	25,59	25,56	25,64

In der beigefügten Tafel III ist der Verlauf der Umsetzung der beiden Säuren in ihren vier Verdünnungen graphisch dargestellt, indem die Zeiten als Abscissen, die gebildeten Ammoniakmengen als Ordinaten eingetragen sind. Jeder

Punkt entspricht einer Bestimmung und zwar entsprechen die schwarzen mit römischen Ziffern den Bestimmungen bei der Salzsäure, die mit einem Kreise umgebenen mit arabischen Ziffern denen der Schwefelsäure. Die Curven gehen alle durch einen Punkt, welcher der halben Umsetzung der gesamten Amidmenge entspricht. Die Bestimmungen dieses Zeitmomentes geschah vermittelst der bekannten Interpolationsformel<sup>1)</sup>:

$$t = t_1 \frac{(y - y_2)(y - y_3)}{(y_1 - y_2)(y_1 - y_3)} + t_2 \frac{(y - y_1)(y - y_3)}{(y_2 - y_1)(y_2 - y_3)} + t_3 \frac{(y - y_1)(y - y_2)}{(y_3 - y_1)(y_3 - y_2)}.$$

Die so gefundenen Zeitmomente der halben Umsetzung in Minuten sind folgende:

Tab. IX.

	1,25 normal.	0,75 normal.	0,375 normal.	0,075 normal.
Salzsäure	17,45	27,22	50,25	251,19
Schwefelsäure	50,00	76,17	138,98	546,45

Dividirt man nun in Tab. I—VIII die Zeiten durch die entsprechenden Zeiten der Tab. IX, so werden die Curven auf den gleichen Maassstab bezogen und können dann dieselben am leichtesten unter einander verglichen werden. Die folgende Tabelle, auf die sich die Tafel gründet, ist durch die eben angegebene Rechnung gefunden worden.

Tab. X.

1. Salzsäure.

1,25 normal	0,75 normal	0,375 normal	0,075 normal
80° $t = 17,45$	80° $t = 27,22$	80° $t = 50,25$	80° $t = 251,19$
0,194 4,90	0,125 3,63	0,087 2,80	0,103 2,68
0,366 8,41	0,529 11,64	0,284 7,12	0,296 7,89
0,537 11,53	0,712 13,89	0,585 12,12	0,595 12,47
0,825 14,99	0,822 14,99	0,882 15,59	0,913 15,89
0,882 15,36	0,933 16,01	1,012 16,72	1,025 16,84
0,939 16,05	1,263 18,89	1,122 17,52	1,132 17,94
1,111 17,47	1,814 21,71	1,977 22,04	1,988 22,03
1,684 20,78	2,916 25,15	3,311 25,52	
2,830 24,95			

<sup>1)</sup> Dies. Journ. [2] 27, 25.



## 2. Schwefelsäure.

1,25 normal	0,75 normal	0,375 normal	0,075 normal
80° t = 50	80° t = 76,17	80° t = 133,98	80° t = 546,45
0,088 3,82	0,123 4,95	0,103 4,36	0,145 4,78
0,188 6,90	0,254 8,15	0,211 7,30	0,273 7,96
0,288 9,12	0,451 11,79	0,427 11,38	0,456 10,95
0,748 14,95	0,648 13,84	0,758 14,86	0,877 15,54
0,788 15,25	0,845 15,47	0,859 15,78	0,987 16,25
0,849 15,64	1,042 16,73	0,939 16,26	1,097 17,04
1,089 17,18	1,173 17,40	1,293 18,14	1,646 19,63
1,789 19,98	1,960 20,12	2,161 21,02	2,744 22,49
2,989 22,43	3,274 22,56	3,881 23,47	4,939 25,64

Aus der Tafel, auf der ich auch die Normalcurve gezogen habe, entsprechend dem Ausdruck  $\frac{y}{33,24-y} = f$ , ersieht man, dass die vier Reihen der Salzsäure sehr nahe der Normalcurve zu liegen kommen, indem die Curve der Reihe III innerhalb der Versuchsfehler mit derselben zusammenfällt, in den Curven der Reihen I und II dagegen eine ganz geringe Beschleunigung sich ausspricht. Letztere Erscheinung ist schon durch Prof. Ostwald für Salzsäure im normalen Zustande beobachtet worden und wurde diese Erscheinung durch die Gegenwart des neutralen Ammoniaksalzes erklärt. Weshalb die grössere Verdünnung diese Erscheinung aufhebt, kann ich nicht erklären<sup>1)</sup>; übrigens sind die Unterschiede im Laufe der Curven so gering, dass möglicher Weise sie auf Versuchsfehler beruhen.

Ein ganz anderes Bild bieten die Curven der Schwefelsäurereihen dar. Bei ihnen zeigt sich deutlich, den Salzsäurecurven gegenüber, ein verzögerndes Moment, indem die Curven bis zur Hälfte der Umsetzung oberhalb der Normalcurve, dann aber bedeutend unterhalb derselben liegen. Diese durch die Bildung von sauren Salzen erklärte Erscheinung findet auch innerhalb der Curven der Schwefelsäure ihren Ausdruck, da dort das Wasser, indem es die Bildung von

<sup>1)</sup> Es liegt daran, dass die beschleunigende Wirkung durch die Verdünnung vermindert resp. aufgehoben wird, wie dies meine älteren Versuche mit Calciumoxalat gezeigt haben. Ostwald.

sauren Salzen verhindert, bei der Reihe der am wenigsten concentrirten Säuren eine geringere Verzögerung hervorruft, als sie bei den concentrirten Säuren sich zeigt.

Alle diese Ergebnisse, die sich aus der graphischen Darstellung folgern lassen, können auch durch Rechnung gefunden werden, indem man die entsprechenden Werthe der Normalcurve berechnet und die Zahlenwerthe mit einander vergleicht. Die folgende Tabelle ist die Zusammenstellung dieser Werthe, wo unter  $f$  die aus der Gleichung der Normalcurve  $f = \frac{y}{33,24 - y}$  heraus gerechneten Werthe stehen.

### Tab. XI.

#### 1. Salzsäure.

1,25 normal		0,75 normal	
$t = 0,194$	$f = 0,173$	$t = 0,125$	$f = 0,123$
0,366	0,339	0,529	0,539
0,537	0,531	0,712	0,717
0,825	0,810	0,822	0,821
0,882	0,859	0,933	0,920
0,939	0,934	1,263	1,316
1,111	1,108	1,814	1,886
1,684	1,667	2,916	3,109
2,330	2,996		

0,375 normal		0,075 normal	
$t = 0,087$	$f = 0,092$	$t = 0,103$	$f = 0,088$
0,284	0,273	0,296	0,286
0,585	0,574	0,595	0,600
0,882	0,883	0,913	0,916
1,012	1,012	1,025	1,027
1,122	1,117	1,132	1,173
1,977	1,968	1,988	1,965
3,311	3,305		

#### 2. Schwefelsäure.

1,25 normal		0,75 normal	
$t = 0,088$	$f = 0,130$	$t = 0,123$	$f = 0,175$
0,188	0,262	0,254	0,325
0,288	0,378	0,451	0,550
0,748	0,817	0,648	0,713
0,788	0,848	0,845	0,871

1,25 normal		0,75 normal	
$t = 0,849$	$f = 0,889$	$t = 1,042$	$f = 1,013$
1,089	1,070	1,173	1,099
1,789	1,507	1,960	1,533
2,989	2,075	3,274	2,112
0,375 normal		0,075 normal	
$t = 0,103$	$f = 0,151$	$t = 0,145$	$f = 0,168$
0,211	0,281	0,273	0,315
0,427	0,521	0,456	0,491
0,758	0,809	0,877	0,878
0,859	0,904	0,987	0,957
0,939	0,957	1,097	1,052
1,293	1,201	1,646	1,442
2,161	1,720	2,744	2,092
3,881	2,402	4,939	3,374

Um nun Zahlenwerthe für die relative Geschwindigkeit der Umsetzung bei den Verdünnungen untereinander zu erhalten, nahm ich den Zahlenwerth für die Zeit der halben Umsetzung bei der grössten Concentration und dividirte ihn durch die der übrigen Concentrationen und fand da die Zahlen:

Tab. XII.

Für 1,25 normale Salzsäure	1,25
„ 0,75 „ „	0,8013
„ 0,375 „ „	0,4341
„ 0,075 „ „	0,08684
Für 1,25 normale Schwefelsäure	1,25
„ 0,75 „ „	0,8179
„ 0,375 „ „	0,4497
„ 0,075 „ „	0,1144

Aus diesen Zahlen ersieht man, dass die Schnelligkeit der Umsetzung nicht ganz proportional mit der Concentration zunimmt, sondern geringer, was besonders von der Schwefelsäure gilt. Die relative Geschwindigkeit der Schwefelsäure der Salzsäure = 1 gegenüber bei den vier Concentrationen stellt sich wie folgt:

Tab. XIII.

	1,25 normal	0,75 normal	0,375 normal	0,075 normal
HCl	= 1	1	1	1
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	= 0,349	0,35736	0,36156	0,459676

Die vorstehende Untersuchung wurde im chemischen Laboratorium des Polytechnicums zu Riga unter Leitung des Herrn Prof. W. Ostwald ausgeführt.

Riga, Mai 1884.

---

## Apparat zur Bestimmung von Kohlensäure und Carbonaten<sup>1)</sup>;

von

Prof. Dr. R. Baur (Blaubeuren).

Der unten näher beschriebene neue Apparat (s. Fig.) zeichnet sich vor allen seither gebräuchlichen zunächst durch die grosse Einfachheit, Handlichkeit und Uebersichtlichkeit seiner Construction aus.

Abgesehen von der bequemen Einrichtung des Gasentwicklers ist derselbe auch durch die Art der Gasmessung mittelst zweier concentrischer Flüssigkeiten characterisirt. Diese letzteren, aus einer für Kohlensäure möglichst unzugänglichen Lösung bestehend, ermöglichen in ihrer gegenseitigen, vier Menisken bildenden Stellung, eine ganz ungewöhnlich scharfe, absolut untrügliche Ablesung; sie gestatten ferner, durch Ablaufenlassen der äusseren Säule und vermöge des hierbei entstehenden mehr oder weniger luftverdünnten Raumes, die im Entwickler absorbirte Kohlensäure so wegzusaugen, dass für technische Bestimmungen der ohnehin sehr zweifelhafte Absorptionscoëfficient (wie auch die Tension) recht gut vernachlässigt werden kann.

Als weiterer Vorthail dieses Arrangements ergibt sich, dass im Inneren des Apparates ein rascher Temperaturwechsel unmöglich stattfinden kann, sofern die äussere Flüssigkeitssäule die innere Gasmessröhre stets als schützender Mantel umgiebt. Hierdurch werden die vielen Temperaturcorrectionen gleichfalls eingeschränkt.

---

<sup>1)</sup> Durch deutsches Reichspatent No. 27498 geschützt.

