

II. Ueber die innere Reibung der Gase; von Oskar Emil Meyer und Ferdinand Springmühl.

Sechste Abhandlung.

Ueber die Transpiration verschiedener Gase.

Außer den bereits in der vierten Abhandlung¹⁾ über die Reibung der Gase mitgetheilten Beobachtungen, welche über die *Transpiration der atmosphärischen Luft* durch Capillarröhren ausgeführt worden sind, haben wir mit demselben Apparate eine Anzahl ähnlicher Versuche über die *Transpiration anderer Gase*, nämlich von *Kohlensäure*, *Sauerstoff* und *Wasserstoff* angestellt.

Da diese Beobachtungen nicht allein unter wechselnden Werthen der Druckkräfte, sondern auch mit zwei verschiedenen Capillarröhren ausgeführt worden sind, so genügen sie zu einer vollständigen Prüfung und zum *Beweise der Gültigkeit des Poiseuille'schen Gesetzes* für die genannten drei Gase.

Bei den meisten unserer Versuche strömte das untersuchte Gas durch die Capillarröhre in einen mit *demselben* Gase unter niedrigerem Drucke erfüllten Raum ein. Doch befinden sich unter den ausgeführten 19 Versuchsreihen auch 7, bei denen ein Gas in eine *andere* Gasart einströmte. Bei diesen Versuchen beobachteten wir genau dieselbe Geschwindigkeit der Transpiration, wie wenn das Gas in einen von demselben Gase erfüllten Raum eingeströmt wäre. Diese Erfahrung beweist, daß *keine Gegenströmung* der zweiten Gasart, in ähnlicher Weise wie bei der Diffusion der Gase, durch die Capillare eintritt.

Zugleich lehrt diese Beobachtung, *daß ein Gas mit genau derselben Kraft auf eine andere Luftart wie auf eine gleichartige Gasmasse drückt.*

1) In demselben Bande dieser Annalen, S. 1.

In einem Anhange wird nachträglich noch die Theorie und Berechnung von verwandten Versuchen V. von Lang's mitgetheilt.

Da der Apparat, mit welchem wir unsere Versuche angestellt haben, bereits in der erwähnten vierten Abhandlung beschrieben ist, so wird jetzt ein erneuter Hinweis auf seine Abbildung, Fig. 1 Taf. I, genügen. Die kupfernen Gefäße *A* und *B* können mit Hülfe von Luftpumpen, von denen nur die eine *F* in der Zeichnung dargestellt ist, aus Gasometern *G* mit Gasen gefüllt werden. Zu diesem Zwecke war anstatt der Manometerröhren der Luftpumpen ein gebogenes Glasrohr eingesetzt, welches die Pumpe mit dem Gasometer verband. Da dieses Verbindungsrohr durch einen Hahn abgesperrt werden konnte, so liefs sich die Pumpe sowohl zum Evacuiren der Kupfergefäße, als auch zum Einpressen des Gases verwenden.

Der Druck, unter welchem die Gefäße gefüllt worden sind, wird an den Manometern *D* und *E* abgelesen, die Temperatur an dem in *B* befindlichen Thermometer *K*. Wird der Hahn *J* geöffnet, so strömt das Gas durch die Capillare *C* aus *A* in *B* oder umgekehrt aus *B* in *A* ein; die Geschwindigkeit dieser *Transpiration* wird aus dem Steigen oder Fallen der Manometer erkannt.

Wenn wir eins der Gefäße mit einer neuen Gasart füllten, so gebrauchten wir jedesmal die Vorsicht, das Gefäß erst auszupumpen, es dann mit dem Gase zu füllen, es nochmals auszupumpen und abermals zu füllen, um die Reste der früher zur Füllung verwandten Gase zu entfernen. Trotz dieser Vorsicht aber wollen wir keineswegs behaupten, daß die benutzten Gase völlig rein, vor allen Dingen frei von atmosphärischer Luft gewesen wären. Da wir die großen Mengen, deren wir bedurften, nicht wohl anders, als über Wasser auffangen konnten, so wurde den Gasen aufer Wasserdampf auch ein Theil der im Wasser absorbirt gewesenen Luft beigemischt.

Für unsere Zwecke war eine solche Verunreinigung ein ganz unerheblicher Uebelstand. Es schien uns nämlich überflüssig, zu den sorgfältigen Bestimmungen der Transpirationscoëfficienten oder, was dasselbe ist, der — auf Sauerstoff = 1 bezogenen — relativen Werthe der Reibungscoëfficienten der Gasarten, welche wir Th. Graham verdanken, neue hinzuzufügen. Es kam uns vielmehr nur darauf an, erstens das Gesetz Poiseuille's auch für andere Gase, als die atmosphärische Luft zu beweisen, und zweitens Beobachtungen über die Transpiration zweier Gase gegen einander, welche von Graham nicht angestellt worden sind, auszuführen. Für diese Fragen war chemische Reinheit der Gase nicht erforderlich; es war nur nothwendig, zu allen Versuchen dieselben unreinen Gase zu verwenden.

Bei der Ausführung der Beobachtungen, welche der Zeit nach zwischen dem siebenten und achten Versuche der vierten Abhandlung ihre Stelle finden, verfahren wir ganz so, wie es in jener Abhandlung beschrieben ist. Die Manometer wurden mit jeder zweiten vollen Minute abgelesen, ebenso das Thermometer; eine Ausnahme bildet nur der 15^{te} Versuch, bei welchem die Ablesungen je 3 Minuten aus einander liegen, und der 19^{te} Versuch. Der Verbindungshahn *J* wurde $\frac{1}{4}$ Minute vor der ersten Ablesung geöffnet.

Die Berechnung der Beobachtungsreihen ist ebenfalls nach denselben Formeln, wie sie in jener Abhandlung angegeben sind, durchgeführt worden. Die zur Reduction auf die Anfangstemperatur dienende Correction wurde, als zu unbedeutend, meistens unterlassen.

Bei der nachfolgenden Aufzählung der beobachteten Gröfsen ist dieselbe Bezeichnung wie dort gebraucht worden. Es bedeutet

- P* die Ablesung des Barometers, welche ebenso wenig auf 0° reducirt ist, wie die der Manometer;
- p*₁ und *p*₂ die Druckhöhen, welche dem in *A* und *B* stattfindenden Drucke entsprechen; und zwar ist *p*₁

immer der gröfsere, p_2 der kleinere Druck; es sind also die aufgeführten Gröfsen $p_1 - P$ und $P - p_2$ oder auch $p_2 - P$, sowie $P - p_1$, die an den Manometern beobachteten Druckhöhen. Aus diesen beobachteten Gröfsen ist berechnet

$$\varepsilon = \frac{1}{t} \left\{ \log \frac{p_1 + p_2}{p_1 - p_2} - \log \frac{P_1 + P_2}{P_1 - P_2} \right\},$$

wo t die verstrichene Zeit bedeutet, und P_1 und P_2 die Anfangswerthe von p_1 und p_2 sind; dabei bedeutet

ε^* , daß die Zahl durch Correctionen auf constante Temperatur reducirt ist (§. 4 der vierten Abhandlung), und

$\bar{\varepsilon}$, daß an derselben Correctionen wegen des veränderlichen Volumens des Gases angebracht sind (§. 3 der vierten Abhandlung).

Ferner ist berechnet

$$C_1 = p_1 + p_2 + \frac{w_1 - w_2}{w_1 + w_2} (p_1 - p_2^2),$$

in welcher Formel w_1 und w_2 die Volumina der beiden Gefäße A und B bedeuten. Endlich ist aus diesen Zahlen der Werth der für jede Gasart und jede Röhre constanten Gröfse

$$K = \frac{w_1 w_2}{C} \varepsilon$$

hergeleitet worden, in welcher C die Bedeutung hat:

$$C = \frac{1}{2} (w_1 + w_2) C_1.$$

Die Ablesungen des Thermometers in B bedürfen noch einer Correction wegen des Druckes (§. 4 der vierten Abhandlung).

Versuche 1 bis 8: Röhre II.

Querschnitt 0,001114 cm². Länge 155 cm, 3.

April 11. 1871.

Versuch 1.

Atmosphärische Luft,
im Gefäß *B* comprimirt, *A* evacuirt.

 $P = 76,00$. Therm. 16°, 5 C.

No.	Therm.	$p_1 - P$	$P - p_2$	2ε	$2\bar{\varepsilon}$	$2\bar{\varepsilon}^*$	C_1	C_1^*
0	19,4	76,15	70,81				160,0	160,0
1	2	64,78	59,01	0,0757	0,0766	0,0774	159,9	0
2	0	55,13	49,01	758	768	765	9	0
3	18,85	46,94	40,55	760	770	766	9	0
4	75	40,21	33,40	761	771	766	9	1
5	7	34,46	27,39	761	771	767	160,0	2
6	7	29,53	22,23	764	775	770	1	2
7	65	25,37	17,90	767	778	772	1	2
8	6	21,89	14,44	766	777	770	0	1
9	6	18,98	11,33	769	780	773	1	2

Mittel: 0,0765 0,0775 0,0770 160,0 160,1

 $K = 0,582$; $\bar{K}^* = 0,580$.

Versuch 2.

Kohlensäure,
in *B* comprimirt, *A* evacuirt.

 $P = 76,00$; Therm. 15,1.

No.	Th.	$p_1 - P$	$P - p_2$	$2\varepsilon^*$	C_1
0	19,05	73,46	70,33		157,7
1	18,8	60,99	57,28	0,0873	7,8
2	6	50,57	46,27	871	8,0
3	4	42,00	37,32	871	8,0
4	2	35,00	29,66	876	8,5
5	2	29,13	23,63	877	8,5
6	15	24,23	18,71	878	8,3
7	1	20,23	14,69	878	8,3
8	05	17,16	11,57	872	8,1
9	0	14,31	8,66	880	8,1

Mittel: 0,0876 158,1

 $K^* = 0,691$.

Versuch 3.

In *B* comprimirt Kohlensäure,in *A* Luft von Atmosphärendruck.

No.	Th.	$p_1 - P$	$p_2 - P$	2ε	C_1
0	18,85	74,48	1,23		228,8
1	6	65,25	10,52	0,1267	6
2	4	58,31	17,73	86	6
3	3	53,29	23,12	89	8
4	2	49,46	26,99	87	7
5	15	46,60	29,85	85	7
6	1	44,45	31,99	84	6
7	05	42,94	33,57	78	6
8	0	41,75	34,73	75	6
9	0	40,92	35,56	64	6
Mittel: 0,1278					228,7
$K = 0,683.$					

Versuch 4. April 12.

W a s s e r s t o f f,

in *B* comprimirt, *A* evacuirt. $P = 76,18$; Therm. 15,75.

No.	Th.	$p_1 - P$	$P - p_2$	2ε	C_1
0	18,95	69,25	71,85		152,3
1	6	52,93	55,15	0,117	2,0
2	4	40,40	42,10	0,119	2,0
3	3	30,75	32,18	0,118	1,9
4	3	23,22	24,50	0,121	1,8
5	2	17,62	18,97	0,115	1,5
6	2	13,40	14,59	0,117	1,6
7	2	10,01	11,17	0,121	1,5
8	2	7,47	8,62	0,119	1,4
Mittel: 0,118					151,8
$K = 0,948.$					

Versuch 5.

W a s s e r s t o f f ,

in B 2, in A 1 Atmosphäre Druck.

No.	Th.	$p_1 - P$	$p_2 - P$	2ϵ	C_1
0	18,95	72,22	— 3,27		222,5
1	7	59,38	+ 8,69	0,171	221,2
2	55	50,70	16,97	4	220,5
3	35	44,74	22,43	5	219,8
4	35	40,78	26,05	6	219,4
5	3	37,90	28,22	7	218,6
6	3	36,00	29,78	9	218,2
Mittel: 0,177					220,0

$$K = 0,982.$$

Versuch 6.

W a s s e r s t o f f ,

in B 1 Atm., A ausgepumpt.

 $P = 76,13$; Therm. 15,6.

No.	Th.	$P - p_1$	$P - p_2$	2ϵ	C_1
0	18,0	—0,30	69,98		83,7
1	17,95	+4,55	65,44	0,0606	83,2
2	95	8,61	60,71	659	83,7
3	9	12,09	56,86	664	84,1
4	9	15,00	53,71	661	84,0
5	9	17,75	51,12	655	83,9
6	85	19,99	48,77	654	83,9
7	8	21,89	46,74	653	84,0
Mittel: 0,0655					83,8

$$K = 0,949.$$

Versuch 7.

In *B* Wasserstoff von 2 Atm.,
in *A* Luft von 1 Atmosphäre Druck.

$P = 76,13$; Therm. 15,25.

No.	Th.	$p_1 - P$	$p_2 - P$	2ϵ	C_1	
0	18,5	72,01	1,11		226,5	
1	2	59,89	12,88	0,178	225,7	
2	1	51,59	20,61	0,179	224,9	
3	0	45,91	25,69	0,181	224,1	
4	17,9	42,00	29,00	0,183	223,4	
5	85	39,34	30,99	0,185	222,7	
6	8	37,44	32,16	0,187	221,9	
				Mittel:	0,184	224,2

$K = 1,000.$

Versuch 8.

In *B* Wasserstoff von 2 Atm.,
in *A* Kohlensäure von 1 Atm.

$P = 76,12$; Therm. 15,1.

No.	Th.	$p_1 - P$	$p_2 - P$	2ϵ	C_1	
0	17,9	68,63	1,78		223,6	
1	75	56,88	12,64	0,178	222,4	
2	7	48,87	19,77	0,179	221,3	
3	6	43,40	24,16	0,178	220,1	
4	6	39,81	27,39	0,181	219,6	
5	55	37,23	29,29	0,184	218,9	
6	5	35,45	30,48	0,187	218,2	
				Mittel:	0,182	220,6

$K = 1,010.$

Versuche 9 bis 12: Röhre II.

Querschnitt 0,001114 cm²; Länge 155cm, 1. April 17.

Versuch 9.

Atmosphärische Luft,

in B comprimirt, A evacuirt.

 $P = 74,69$; Th. 17,9.

No.	Th.	$p_1 - P$	$P - p_2$	2ε	C_1
0	21,7	72,87	69,37		155,4
1	5	62,16	58,05	0,0748	155,5
2	4	52,95	48,40	751	155,6
3	3	45,21	40,36	748	155,6
4	2	39,04	33,51	745	156,0
5	1	33,06	28,05	742	155,3
6	0	28,43	22,78	748	155,8
7	0	24,35	19,04	744	155,3
8	0	21,04	15,42	746	155,5
9	0	18,13	12,32	751	155,6
				Mittel: 0,0747	155,6

 $K = 0,585.$

Versuch 10.

Sauerstoff,

in B comprimirt, A evacuirt.

 $P = 74,645$; Th. 17,5.

No.	Th.	$p_1 - P$	$P - p_2$	2ε	C_1
0	21,7	68,71	69,64		150,8
1	4	59,23	59,61	0,0676	150,9
2	2	51,11	51,12	670	151,0
3	0	44,03	43,64	673	151,1
5	20,9	32,69	31,88	672	151,1
6	8	28,39	26,66	680	151,8
7	8	24,33	22,47	684	151,8
8	75	21,04	18,92	685	152,0
9	7	18,13	15,80	689	152,1
				Mittel: 0,0682	151,4

 $K = 0,548.$

Versuch 11.
Sauerstoff,
in B 2 Atm., in A 1 Atm. Druck.

No.	Th.	$p_1 - P$	$p_2 - P$	$2z$	C_1
0	21,2	74,50	-1,45		223,5
1	21,1	66,79	+6,26	0,0986	3,2
2	20,9	60,74	12,14	968	2,9
3	20,8	55,85	16,76	959	2,4
4	20,75	51,95	20,46	953	2,1
5	20,7	48,81	23,53	953	2,0
6	20,65	46,24	25,71	943	1,5
7	20,6	44,16	27,47	936	1,1
8	20,6	42,43	28,58	919	0,5
9	20,6	41,03	29,95	924	0,4
				Mittel: 0,0939	222,0
$K = 0,517.$					

Versuch 12.
In B Sauerstoff von 2 Atm.,
in A Wasserstoff von 1 Atm. Druck.
 $P = 74,61$; Th. 17,0.

No.	Th.	$p_1 - P$	$p_2 - P$	$2z$	C_1
0	20,7	74,82	0,85		226,0
1	6	67,27	8,47	0,0998	5,8
2	5	61,22	14,37	991	5,5
3	3	56,59	19,12	985	5,4
4	3	52,70	22,66	977	5,0
5	3	49,71	25,56	971	4,8
6	2	47,25	27,76	963	4,5
7	2	45,18	29,27	950	3,9
8	2	43,57	30,53	938	3,5
9	2	42,15	31,38	925	2,9
				Mittel: 0,0955	224,7
$K = 0,519.$					

Versuche 13 bis 18: Röhre I.

Querschnitt 0,000812 cm; Länge 156cm,2.

Versuch 13. April 24.

Atmosphärische Luft,

in B comprimirt, A evacuirt.

 $P = 74,60$; Th. 12,4.

No.	Th.	$p_1 - P$	$P - p_2$	2ϵ	C_1	
0	13,3	73,02	69,31		155,5	
1	2	67,17	63,00	0,0401	6	
2	15	61,71	57,12	404	8	
3	15	56,73	52,17	396	6	
4	1	52,13	47,42	395	6	
6	1	44,11	38,88	398	7	
7	1	40,59	35,37	396	6	
Mittel:					0,0397	155,5

 $K = 0,311$.

Versuch 14.

Sauerstoff,

in B comprimirt, A evacuirt.

 $P = 74,60$; Th. 12,4.

No.	Th.	$p_1 - P$	$P - p_2$	2ϵ	C_1	
0	14,05	74,02	70,22		155,6	
1	14,0	68,46	64,11	0,0382	9	
2	13,95	63,30	58,73	374	9	
3	13,85	58,54	53,92	368	7	
4	13,8	54,17	49,19	370	9	
5	13,75	50,11	44,86	371	136,0	
6	13,7	46,35	40,93	371	0	
7	13,7	42,94	37,45	370	0	
Mittel:					0,0371	155,9

 $K = 0,290$.

Versuch 15.

In *A* Wasserstoff von 2 Atm.,in *B* Sauerstoff von 1 Atm. Druck. $P = 74,89$; Th. 13,0.

No.	Th.	$p_1 - P$	$p_2 - P$	z	C_1
0	14,5	70,14	2,86		222,1
1	14,7	61,96	12,05	0,132	3,2
2	14,8	55,47	18,96	0,134	3,8
3	14,8	51,46	24,31	0,133	5,2
4	14,85	47,15	28,33	0,140	5,0
5	14,9	44,74	31,34	0,141	5,7
6	15,0	42,54	33,65	0,148	5,9
			Mittel:	0,140	224,4

 $K = 0,513$.

Versuch 16. April 25.

Kohlensäure,

in *B* comprimirt, *A* evacuirt. $P = 75,57$; Th. 12,25.

No.	Th.	$p_1 - P$	$P - p_2$	z	C_1
0	14,6	71,79	71,67		153,8
1	4	64,93	64,29	0,0469	4,0
2	35	58,73	57,87	461	4,0
3	3	53,16	52,12	457	3,9
4	2	48,13	46,44	464	4,4
5	2	43,48	41,74	462	4,2
6	2	39,36	37,40	461	4,3
7	2	35,58	33,53	461	4,2
			Mittel:	0,0461	154,1

 $K = 0,365$.

Versuch 17.

Kohlensäure,
in *B* 2, in *A* 1 Atm. Druck.

$$P = 75,55; \text{ Th. } 12,75.$$

No.	Th.	$p_1 - P$	$p_2 - P$	$2z$	C_1
0	14,7	72,41	0,50		224,5
1	6	67,31	5,73	0,0676	6
2	55	63,04	10,23	674	7
3	5	59,31	13,91	668	6
4	5	56,19	17,29	670	8
5	5	53,46	20,09	669	9
6	5	51,11	22,43	667	8
7	5	49,08	24,51	668	8
				Mittel: 0,0669	224,7
$K = 0,364.$					

Versuch 18.

In *B* Kohlensäure von 2 Atm.,
in *A* Wasserstoff von 1 Atm. Druck.

$$P = 75,55; \text{ Th. } 12,5.$$

No.	Th.	$p_1 - P$	$p_2 - P$	$2z$	C_1
0	15,0	68,12	0,43		220,7
1	14,9	63,45	5,21	0,0655	6
2	14,85	59,42	9,43	661	7
3	14,8	56,04	12,98	658	7
4	14,8	53,08	16,07	658	8
5	14,8	50,55	18,68	658	8
6	14,8	48,37	20,97	657	8
				Mittel: 0,0658	220,7
$K = 0,364.$					

Um die Gesetze, welche diese beobachteten Zahlen enthalten, besser übersehen zu können, stellen wir die Resultate in folgender Tabelle zusammen, in welcher die Gase durch ihre Molecular-Formeln bezeichnet sind.

Röhre I.

Versuch 14:	2 Atm. O_2 ;	0 Atm. O_2 :	$K = 0,290,$
„ 13:	2 „ Luft;	0 „ Luft:	0,311,
„ 16:	2 „ CO_2 ;	0 „ CO_2 :	0,365,
„ 17:	2 „ CO_2 ;	1 „ CO_2 :	0,364,
„ 18:	2 „ CO_2 ;	1 „ H_2 :	0,364,
„ 15:	2 „ H_2 ;	1 „ O_2 :	0,513.

Röhre II.

Versuch 10:	2 Atm. O_2 ;	0 Atm. O_2 :	$K = 0,548,$
„ 11:	2 „ O_2 ;	1 „ O_2 :	0,517,
„ 12:	2 „ O_2 ;	1 „ H_2 :	0,519,
„ 1:	2 „ Luft;	0 „ Luft:	0,580,
„ 9:	2 „ Luft;	0 „ Luft:	0,585,
„ 2:	2 „ CO_2 ;	0 „ CO_2 :	0,691,
„ 3:	2 „ CO_2 ;	1 „ Luft:	0,683,
„ 4:	2 „ H_2 ;	0 „ H_2 :	0,948,
„ 5:	2 „ H_2 ;	1 „ H_2 :	0,982,
„ 6:	1 „ H_2 ;	0 „ H_2 :	0,949,
„ 7:	2 „ H_2 ;	1 „ Luft:	1,000,
„ 8:	2 „ H_2 ;	1 „ CO_2 :	1,010.

Die GröÙe K , deren Werthe in dieser Tafel aufgeführt sind, hat nach der in der vierten Abhandlung entwickelten Theorie der Transpiration *eines* Gases einen constanten Werth, nämlich

$$K = \frac{\pi R^4}{8\eta\lambda},$$

welcher nur von den Dimensionen R und λ der Röhre und von der Natur, besonders der Reibung η , des strömenden Gases abhängt. Dies Ergebniß der Theorie ist bereits durch die früher mitgetheilten Beobachtungen über die Transpiration der Luft bestätigt worden; die gegenwärtig besprochenen Versuche enthalten neue Bestätigungen desselben, wie z. B. durch die folgenden Paare von Versuchen: 16 und 17 für Kohlensäure, 10 und 11, frei-

lich weniger genau, für Sauerstoff, 1 und 9 für Luft, 4, 5 und 6 für Wasserstoff.

Die erwähnte Theorie erstreckt sich nicht auf Versuche über die Transpiration zwischen zwei mit *verschiedenen* Gasen angefüllten Behältern; sie würde auch nicht ohne Bedenken auf solche Versuche anwendbar seyn, wenn nicht die Beobachtungen selbst diese Bedenken beseitigten.

Werden zwei mit verschiedenen Gasen gefüllte Behälter durch eine Röhre mit einander in Verbindung gesetzt, so vermischen sich beide mit einander, wie wir seit Dalton¹⁾ wissen, zu einem gleichförmigen Gemisch. Durch die Röhre gehen also gleichzeitig zwei entgegengesetzt gerichtete Strömungen beider Gase, für welche der Name *Diffusion* gebräuchlich geworden ist. Die Analogie berechtigt zu der Frage, ob auch bei der *Transpiration* zweier verschiedener Gase eine ähnliche Doppelströmung eintritt; oder mit anderen Worten, ob allein das unter stärkerem Drucke stehende Gas in das andere Gas transpirirt, oder ob beide Gase in einander und gegen einander transpiriren.

Freilich wissen wir aus Graham's²⁾ und Bunsen's³⁾ Versuchen, daß in der Sprache Graham's ausgedrückt, Diffusion und Effusion von der Transpiration wohl zu unterscheiden sind. Statt dieser wäre wohl die Ausdrucksweise vorzuziehen, daß von Strömungen ohne merkliche Reibung solche Strömungen zu unterscheiden sind, welche durch die Reibung bedingt werden. Aber eben diese Ausdrucksweise zeigt andererseits die Verwandtschaft beider Erscheinungen und stellt sie gewissermaßen als zwei Extreme desselben Vorgangs hin, zwischen denen die Ausströmung durch kurze Ansatzröhren in der Mitte steht.

1) *On the tendency of elastic fluids to diffusion through each other.* *Manch. phil. soc. mem.* I. 1805; *Tilloch's phil. mag.* Band 24; *Gilbert's Annalen*, Band 27.

2) *Phil. Tr.* 1846. S. 573.

3) Gasometrische Methoden. Fünfter Abschnitt.

Wollte man also auch bei der Transpiration eine Doppelströmung beider Gase annehmen, welche in entgegengesetzter Richtung durch die Röhre flössen, so könnte man eine Stütze für diese Annahme in einer besonderen Form des Dalton'schen Gesetzes vom Drucke gemischter Gase finden. Dalton spricht dasselbe einmal so aus¹⁾, „dafs, wenn in irgend einer Mischung von Gasarten ein Gleichgewicht hergestellt ist, jedes Theilchen desselben so gedrückt werde, als wenn es von den umgebenden Theilchen seiner Gattung allein gedrückt werde.“ Aehnlich drückt sich William Henry aus²⁾, „dafs jedes Gas für jedes andere so gut als ein Vacuum ist.“

Diese beiden Auffassungen der Urheber des Gesetzes sind später häufig ohne die Vorsicht jener, welche in den Worten „als wenn“, „so gut als“ enthalten ist, wiederholt worden. Man hat einfach gesagt, eine Gasart drücke nicht auf eine andere, oder ein Gas sey für das andere ein Vacuum. Zwar sind dies offenbar nur ungenaue Ausdrucksweisen, über die wir hinwegsehen könnten. Indefs haben dieselben zu Mißverständnissen des Dalton'schen Gesetzes überhaupt Veranlassung gegeben, und wir wünschen nicht, dafs unsere Versuche ähnlich mißdeutet würden.

So hat z. B. Lamont³⁾ geradezu die Ansicht ausgesprochen, dafs die Dalton'schen Gesetze eine wesentliche Unrichtigkeit enthalten. Es läßt sich nicht läugnen, dafs Lamont mit Erfolg die theoretische Ansicht widerlegt, dafs ein Gas nicht auf ein anderes drücken solle; er darf aber deshalb nicht schliessen, dafs Dalton's Gesetze falsch seyen.

Die Unrichtigkeit jener theoretischen Ansicht, dafs ein Gas nicht auf ein anderes drücke, ist noch weit schlagend-

- 1) *Chem. Philos. Chap. II, Div. III.* Deutsche Uebersetzung von F. Wolff, 1812, erster Band, Seite 194.
- 2) *Gilbert's Annalen d. Phys.* Bd. 21, 1805, S. 394; *Nicholson's Journal.* Vol. 8, p. 297.
- 3) *Diese Annal.* Bd. 118, S. 168; *Schlömilch's Zeitschr.* Bd. 8, S. 72; Bd. 9, S. 439.

der von Bunsen¹⁾ durch einen einfachen Versuch nachgewiesen worden. Schichtet man nämlich ein gefärbtes Gas und farblose Luft in einer Röhre über einander und zieht die Luft mit der Pumpe heraus, so folgt die Gränze des farbigen Gases dem Stempel der Pumpe so gut wie die Luft.

Wenn aber auch eine Luftart auf ein Gas anderer Art mit derselben Kraft, wie auf die gleiche Luftart oder wie auf jeden beliebigen Körper drückt, so ist das kein Grund gegen die Gültigkeit der nach Dalton benannten Gesetze, sondern nur gegen die Richtigkeit seiner theoretischen Anschauungen. Das Dalton'sche Gesetz vom Drucke gemischter Gase, z. B. unserer Atmosphäre, sagt aus, daß der Druck eines Gasgemenges gleich der Summe der einzelnen Drücke ist, welche jeder Bestandtheil für sich allein ausüben würde, wenn er den Raum des Gemisches ganz allein erfüllte. Diese Beobachtung mußte Dalton durch die Annahme erklären, daß zwei Gasmolekeln verschiedener Art keine Kraft, weder Abstofsung noch Anziehung auf einander ausüben. Denn zu seiner Zeit galt noch unangezweifelt die Hypothese Newton's, daß die Expansivkraft eines Gases aus einer zwischen den Theilchen desselben wirksamen Abstofsung entstehe, welche der Entfernung der Theilchen umgekehrt proportional sey.

Diese Hypothese Newton's ist jetzt aufgegeben. Wir erklären jetzt den Druck eines Gases durch die lebendige Kraft der Stöße, welche die mit rapider Geschwindigkeit sich bewegendenden Gastheilchen auf einander und gegen andere, feste, flüssige oder luftartige Körper ausführen. Nach dieser neuen Theorie bedarf das Dalton'sche Gesetz keiner weiteren Erklärung. Die Summe der Einzeldrücke ist die Summe der lebendigen Kräfte der einzelnen Bestandtheile; und so lange die dynamische Theorie der Gase gilt, steht Dalton's Gesetz so fest wie der Satz von der Erhaltung der lebendigen Kraft.

1) Gasometr. Methoden, 1857, S. 209.

Nach dieser Theorie der Gase ist es ferner selbstverständlich, daß trotz des Dalton'schen Gesetzes ein Gas auf ein anderes drückt, wie ein Gastheilchen einer Art bei den Bewegungen manchmal auch ein Theilchen anderer Art treffen wird. Wenn also unsere Versuche bestätigen, daß zwei verschiedene Gase auf einander drücken, so bekräftigen sie damit die dynamische Gastheorie; dasselbe leisten sie, wenn sie zugleich dem Gesetze Dalton's genügen.

Daß das letztere der Fall ist, ist leicht aus der Gleichheit der Werthe von C bei den Versuchen, die mit zwei verschiedenen Gasen ausgeführt wurden, einzusehen, also bei den Versuchen 3, 7, 8, 12, 15 und 18. Der Gesamtdruck der Mischungen genügt dem Boyle-Mariotte'schen Gesetze, wie jeder Bestandtheil. Dieser Satz aber ist identisch mit dem Gesetze Dalton's, daß der Gesamtdruck gleich der Summe der Einzeldrücke ist.

Die Versuche beweisen ferner, daß es unstatthaft ist, zu behaupten, ein Gas drücke nicht auf ein anderes, oder ein Gas verhalte sich gegen ein anderes wie ein leerer Raum. Unter der Annahme, daß dieser Satz richtig wäre, untersuchen wir beispielsweise den 12ten Versuch, bei welchem anfänglich im Ballon B sich Sauerstoffgas unter dem Drucke von 2 Atmosphären, in A dagegen Wasserstoffgas von 1 Atmosphäre Druck befand. Wenn sich nun das Wasserstoffgas in A dem einströmenden Sauerstoffgase gegenüber wie der leere Raum verhielte, so würde letzteres von B nach A unter dem treibenden Drucke von 2 Atmosphären strömen; die Geschwindigkeit dieser Strömung würden wir aus dem 10ten Versuche kennen lernen. Bezeichnen wir den Druck des Sauerstoffes in A und B durch $O(A)$ und $O(B)$, so dürfen wir angenähert setzen

$$O(B) - O(A) = 2 \text{ Atm. } c^{-0,0682 \cdot t},$$

wo t die Zeit und c eine Constante $= \sqrt{10}$ ist. Verhielte ebenso das Sauerstoffgas strömendem Wasserstoffgase gegenüber sich wie der leere Raum, so würde das letztere

von *A* nach *B* unter dem Drucke einer Atmosphäre strömen, worüber uns der 6te Versuch belehrt. Mit analoger Bezeichnung hätten wir

$$H(A) - H(B) = 1 \text{ Atm. } c^{-0,0655 \cdot t}.$$

Nun ist nach dem Dalton'schen Gesetze der Gesamtdruck in *B*

$$p_1 = O(B) + H(B)$$

und ebenso der in *A*

$$p_2 = O(A) + H(A).$$

Also würde sich nach jener Hypothese voraus berechnen lassen:

$$p_1 - p_2 = 1 \text{ Atm. } c^{0,067 \cdot t}.$$

Der wirklich angestellte Versuch 12 hat aber ergeben

$$p_1 - p_2 = 1 \text{ Atm. } c^{-0,0955 \cdot t}.$$

Demnach ist jene Hypothese von der unabhängigen Strömung *beider* Gase unhaltbar, und man wird annehmen müssen, daß nur *ein* Gas, hier also das Sauerstoffgas ströme.

Die Richtigkeit dieser Auffassung bestätigten wir noch durch einen besonderen Versuch, zu welchem ebenfalls die Röhre I diente.

Versuch 19.

In *B* Kohlensäure von 2 Atm.,

in *A* Wasserstoff von gleichem Drucke.

$$P = 75,525; \text{ Th. } 13,5.$$

Zeit	Th.	$p_1 - P$	$p_2 - P$
12 ^h 40'	16,0	73,35	74,04
42'	16,0	35	04
55'	15,6	29	73,59
1 ^h 7'	15,4	25	45
28'	15,2	19	30
2 ^h 0'	15,2	08	10
50'	15,4	72,41	72,55.

Fände wirklich eine solche Doppelströmung *beider* Gase mit ungleichen Geschwindigkeiten in entgegenge-

setzter Richtung statt, so hätten sich die Manometerstände verändern müssen. Das Gleichbleiben der Druckwerthe zeigt aber, daß die Gase sich nicht weiter bewegt haben, als durch die Undichtheit des Apparates veranlaßt worden ist, und läßt sogar schließen, daß durch die lange und enge Capillarröhre keine erhebliche Diffusion der beiden Gase stattgefunden haben kann. Um das letztere streng nachzuweisen, hätte es allerdings einer vollständigen Analyse der Gase nach dem Versuche bedurft. Wir beschränken uns auf folgende Proben.

Nachdem der Apparat 33 Stunden gestanden hatte, wurde etwas Gas aus dem ursprünglich mit Kohlensäure gefüllten Gefäße herausgenommen; von demselben wurden etwa $\frac{3}{4}$ von kaustischer Kalilauge absorhirt. Nachdem der Apparat 48 Stunden gestanden hatte, wurde aus dem anderen Ballon eine Probe genommen, von welcher sich nur der 20ste Theil in Kalilauge löste; der Rest verbrannte. Demnach hat nur eine sehr unbedeutende Diffusion stattgefunden; doch enthielten die Gase eine erhebliche Menge atmosphärischer Luft.

Vielleicht erscheinen diese gehäuften Beweise für den Satz, daß zwei Gase auf einander drücken, überflüssig, zumal jener Versuch Bunsen's dasselbe viel einfacher und directer zeigt. Aber unsere Versuche enthalten mehr als jener. Sie liefern nämlich für Ruhe und Bewegung in genau übereinstimmenden *Zahlen* den strengen Beweis, daß ein Gas auf ein anderes gerade so stark drückt, wie auf eine Gasmasse gleicher Art. Denn sie zeigen, daß ein in ein anderes einströmendes Gas von dem letzteren genau denselben Druck erleidet, wie wenn es in einen mit demselben Gase erfüllten Raum eingeströmt wäre.

Vergleichen wir z. B. den besprochenen Versuch 12 mit dem vorhergehenden Versuche 11, so erkennen wir aus der Gleichheit der Werthe $K = 0,517$ und $0,519$, daß in beiden Versuchen die Strömung mit ganz gleicher Geschwindigkeit erfolgt ist. Bei dem 11ten Versuche strömte

Sauerstoffgas von 2 Atmosphären Druck in Sauerstoff von 1 Atmosphäre; also kann bei dem 12ten Versuche, da Wasserstoffgas schneller geströmt seyn würde, auch nur Sauerstoffgas in der Röhre geströmt seyn, und zwar trat es ebenso unter 2 Atmosphären Druck in dieselbe ein und unter 1 Atmosphäre Druck aus, doch erlitt es den letzteren von Wasserstoffgas.

Dasselbe Verhältniß zeigen die Versuche 17 und 18 für Kohlensäure, die in Kohlensäure und in Wasserstoff transpirirte, desgleichen 2 und 3 für die Transpiration desselben Gases in Kohlensäure und Luft, und endlich die Versuche 5, 7 und 8 für Wasserstoff in Wasserstoff, Luft und Kohlensäure. Letztere freilich stimmen weniger genau unter einander überein; jedoch ist dies bei allen mit Wasserstoffgas angestellten Versuchen der Fall, einfach weil der Apparat gegen dieses Gas nicht so gut luftdicht schloß, wie gegen die anderen Gase. Dies entspricht einer Erfahrung Döbereiner's¹⁾ und ergibt sich durch Vergleichung der Werthe der Constanten C_1 .

Nach dieser Deutung der Versuche lassen sich die *Reibungscoefficienten* der benutzten Gase nicht bloß aus den Versuchen herleiten, welche mit einem einzigen Gase angestellt sind, sondern auch aus den mit zwei verschiedenen Gasen ausgeführten Beobachtungen; und zwar liefert jede dieser letzteren den Reibungscoefficienten desjenigen Gases, welches anfänglich unter dem größeren Drucke stand.

Ganz so wie es in der 4ten Abhandlung für die Luft geschehen ist, haben wir aus den 18 Versuchen folgende Werthe des Reibungscoefficienten berechnet, welche auf Quadratcentimeter und Secunden als Einheiten bezogen sind.

1) Die neuesten und wichtigsten phys. chem. Entdeckungen. Jena 1823. S. 15.

Sauerstoff:	Versuch 10:	0,000201
	„ 11:	213
	„ 12:	213
	„ 15:	201;
Luft:	„ 1:	0,000190
	„ 9:	189
	„ 13:	187
Kohlensäure:	„ 2:	0,000159;
	„ 3:	161
	„ 16:	160
	„ 17:	160
	„ 18:	160;
Wasserstoff:	„ 4:	0,000116
	„ 5:	112
	„ 6:	116
	„ 7:	110
	„ 8:	109
	„ 15:	113.

Die Uebereinstimmung dieser Zahlen unter einander läßt kaum etwas zu wünschen übrig.

Aus diesen absoluten Werthen der Reibungscoëfficienten der vier Gase erhält man durch Divison mit dem für den Sauerstoff gefundenen Werthe die Coëfficienten, welche Graham *Transpirationscoëfficienten* genannt hat. Zur Vergleichung mit seinen Bestimmungen ¹⁾, die wir beifügen, berechnen wir diese relativen Zahlen auch aus den Mittelwerthen unserer Messungen.

	Reibungs- coëfficient	Transpirations- coëfficient	Nach Graham
Sauerstoff	0,000206	1	1
Luft	0,000188	0,913	0,899
Kohlensäure	0,000160	0,777	0,755
Wasserstoff	0,000113	0,549	0,439.

1) Zusammengestellt in der zweiten Abhandlung über Reibung der Gase, in diesen Ann. Bd. 127, S. 378.

Die Zusammenstellung zeigt mit alleiniger Ausnahme des Wasserstoffes eine recht gute Uebereinstimmung. Die Abweichung der Zahlen für das Wasserstoffgas erklärt sich daraus, daß das von uns verwandte Gas nicht frei von atmosphärischer Luft war.

Um ebenso unsere Zahlen mit Maxwell's Bestimmungen ¹⁾ vergleichen zu können, beziehen wir sie auf den Werth für die Luft als Einheit:

Kohlensäure 0,851; Wasserstoff 0,601.

Maxwell fand:

Kohlensäure 0,859; Wasserstoff 0,516.

Graham:

Kohlensäure 0,840; Wasserstoff 0,488.

Auch das von Maxwell untersuchte Wasserstoffgas war nicht frei von beigemischter atmosphärischer Luft. Für Kohlensäure stimmen alle drei Werthe recht gut überein.

Endlich haben wir noch Zahlen zu erwähnen, welche aus Versuchen, die V. von Lang über Einströmung von Gasen ²⁾ angestellt hat, berechnet worden sind. Die Formeln, nach denen diese Rechnung ausgeführt worden sind, finden sich in einem Anhang zu dieser Abhandlung. Aus diesen Versuchen von Lang's ergibt sich als Werth des Transpirationscoefficienten der Kohlensäure die Zahl

0,830,

bezogen auf Luft = 1. Für die Kohlensäure zeigt sich also durchweg eine sehr schöne Uebereinstimmung aller Versuche.

Dieses Gas ist in unseren Versuchen ebenfalls dadurch vor den übrigen ausgezeichnet, daß die fünf mit demselben angestellten Beobachtungen am genauesten unter einander übereinstimmen. Wir glauben daher die Bestimmung des Reibungscoefficienten der Kohlensäure für die genaueste und sicherste halten zu dürfen. Demgemäß

1) *Phil. Tr.* 1866, Band 156, S. 257.

2) *Sitzungsber. d. Wiener Akademie.* Band 53, zweite Abth. 1871.

würden die früher aus Graham's Transpirationsbeobachtungen berechneten und später nach Maxwell's Schwingungsversuchen corrigirten Werthe ¹⁾ der Reibungscoëfficienten verschiedener Gase abermals eine Verbesserung erfahren müssen. Wir würden jetzt folgende Werthe anzunehmen haben:

	Transpirations- coëfficient.	Reibungs- coëfficient
Sauerstoff	1,000	0,000212
Luft	0,899	190
Stickoxyd	0,878	186
Stickstoff	0,873	184
Kohlenoxyd	0,870	184
Kohlensäure	0,755	160
Stickoxydul	0,752	160
Chlorwasserstoff	0,736	156
Chlor	0,687	147
Schweflige Säure	0,654	138
Schwefelwasserstoff	0,616	130
Sumpfgas	0,555	120
Methylchlorid	0,547	116
Oelbildendes Gas	0,516	109
Ammoniak	0,511	108
Cyan	0,506	107
Aethylchlorid	0,499	105
Methyläther	0,483	102
Wasserstoff	0,439	093.

Die so erhaltenen Zahlen stimmen auch für Luft und Sauerstoff völlig mit unseren Bestimmungen überein. Die Werthe gelten für Temperaturen, die etwa zwischen 10 und 20° C. liegen. Ueber ihre Zunahme mit der Temperatur verweisen wir auf die vorhergehende fünfte Abhandlung über die Reibung der Luft.

Breslau den 26. September 1872.

1) Dritte Abhandlung. Diese Ann. Bd. 113, S. 26.

A n h a n g.

Victor von Lang's Versuche über Einströmung von Gasen. Wiener Sitzungsber. Bd. 53, 1871.

V. v. Lang hat unter seinen Versuchen über Einströmung von Gasen eine Reihe von Beobachtungen über die Transpiration von Gasen durch sehr enge Capillarröhren mitgetheilt, aus denen man durch eine ähnliche Theorie, wie ich sie in meiner vierten Abhandlung für unsere Versuche entwickelt habe, leicht neue Beweise für das Gesetz Poiseuille's beibringen kann. Die Mühe dieser Berechnung wird namentlich dadurch belohnt, daß Lang's Versuche, welche z. Th. mit einer Glasröhre von elliptischem Querschnitte angestellt sind, einen Beweis jenes Gesetzes nicht bloß für kreisrunde, sondern auch für solche Röhren liefern, deren Querschnitt eine Ellipse ist.

Lang benutzte zu seinen Versuchen einen sehr einfachen Apparat. In eine mit Wasser gefüllte Schale wurde ein mit einer Scale versehenes Glasrohr mit seinem offenen Ende eingetaucht. An seinem oberen Ende besaß dieses Rohr zwei verschließbare Oeffnungen. Durch die erste derselben wurde vor dem Versuche die Luft aus der Röhre herausgesogen, so daß sie sich mit Wasser füllte. An die zweite Oeffnung wurde mittelst eines mit Quetschhahn versehenen Schlauches das Capillarrohr befestigt, durch welches die Transpiration der Luft oder eines anderen Gases beobachtet werden sollte.

Bei den Beobachtungen, welche Lang mit diesem Apparate ausführte, maafs er die Geschwindigkeit, mit welcher das Wasser in der Röhre sank, nachdem der Quetschhahn geöffnet war, also auch die, mit welcher das Gas durch die Capillare strömte. Die Ergebnisse seiner Messungen hat Lang in Formeln gebracht, welche — unter einer kleinen Aenderung der Bezeichnung — folgende Gestalt haben:

$$\log h - Lh = M - Nt.$$

In dieser Formel ist h die Höhe des Wassers in der Röhre

nach Verlauf der Zeit t seit dem Beginne des Versuches. L, M, N sind constante Zahlen von positivem Werthe. Solche Formeln erhielt Lang nicht bloß für die Transpiration durch Capillarröhren, sondern auch durch die engen Oeffnungen poröser Wände.

Zu einer Formel von ganz derselben Gestalt führt eine vom Poiseuille'schen Gesetze ausgehende Theorie. Dieses Gesetz ist in der Formel

$$p dV = \frac{1}{2} K (P^2 - p^2) dt$$

enthalten, in welcher P den vom Barometer angezeigten Druck der äußeren Luft, p den geringeren Luftdruck im Innern der Röhre bedeutet. Ferner ist K eine nur von den Dimensionen der Capillaren und von der Natur des strömenden Gases abhängende Constante. Endlich ist dV das unendlich kleine Volumen Luft, welches während des Zeitelements dt durch die Capillare in die Röhre einströmt; gemessen ist dieses Volumen Luft unter dem Drucke p .

Durch diese Einströmung ändert sich aber der Druck p und zugleich das Volumen der Luft, welche sich bereits in der Röhre über dem Wasser gesammelt hat. Dies letztere Volumen sey zur Zeit t durch w bezeichnet; die Aenderungen, welche p und w während dt erleiden, seyen dp und dw . Dann verlangt das Mariotte'sche Gesetz die Relation

$$p dV = w dp + p dw.$$

Also ist

$$w dp + p dw = \frac{1}{2} K (P^2 - p^2) dt.$$

Ist nun die Röhre genau cylindrisch, so findet zwischen dem Volumen w und der Höhe h des Wasserstandes die Beziehung statt, daß

$$w = U - ah$$

ist, wo U und a , wie bei Lang, das Volumen der ganzen Röhre und ihren Querschnitt bedeuten. Ferner ist, wenn wir das specifische Gewicht des Wassers $= 1$ und die Beschleunigung durch die Schwere $= g$ setzen,

$$gh = P - p.$$

Eliminirt man durch diese Relation w , so entsteht die Differentialgleichung

$$\frac{1}{2} K dt = U \frac{dp}{P^2 - p^2} - \frac{a}{g} \frac{dp}{P+p} + \frac{a}{g} \frac{p dp}{P^2 - p^2},$$

welche den Druck p als Function der Zeit t bestimmt. Durch Integration erhält man

$$Kt = \left(\frac{U}{P} - 3 \frac{a}{g} \right) \log(P+p) - \left(\frac{U}{P} + \frac{a}{g} \right) \log(P-p) + C,$$

wo C eine Constante ist, welche vom Anfangszustande des Apparats abhängt.

Diese Gleichung läßt sich leicht in die Gestalt der Lang'schen Formel umwandeln. Bezeichnet b den Barometerstand, s das specifische Gewicht des Quecksilbers, so ist

$$P = gbs.$$

Demnach erhält man, wenn B eine neue Constante bedeutet,

$$\frac{K g b s}{U + a b s} t = B - \log h + \frac{U - 3 a b s}{U + a b s} \log(2 b s - h).$$

In dieser Gleichung hat man nur statt des letzten Logarithmus die Reihe

$$\log(2 b s - h) = \log 2 b s - \frac{h}{2 b s} + \frac{1}{2} \left(\frac{h}{2 b s} \right)^2 - \dots$$

einzusetzen, um sofort zu erkennen, daß man die Lang'sche Formel

$$\log h - Lh = M - Nt$$

erhält, falls gestattet ist, das Quadrat und die höheren Potenzen der Größe

$$\frac{h}{2 b s},$$

welche bei Lang's Versuchen kleiner als $\frac{1}{27}$ ist, zu vernachlässigen.

In der Formel haben die Constanten folgende Bedeutung. Es ist zunächst

$$L = \frac{m}{2 b s} \cdot \frac{3 a b s - U}{a b s + U},$$

wo $m = 1$ ist, wenn unter $\log h$ der natürliche Logarithmus verstanden wird, dagegen $m = 0,4342\dots$ zu setzen ist, wenn mit Briggs'schen Logarithmen gerechnet wird. Ferner ist

$$N = \frac{mKgs}{abs + U}.$$

Endlich erhält M seine Bestimmung aus dem $t = 0$ entsprechenden Anfangswerthe der Druckhöhe h .

Die Bedeutung der Constanten L und N , sowie auch M ist somit eine etwas andere, als bei v. Lang, der eine andere, auf verschiedenen Prämissen beruhende Theorie giebt. Nur das haben die hier gefundenen mit den von ihm aufgestellten Werthen gemein, daß alle drei Größen positive Zahlen sind; denn es ist bei allen Versuchen Lang's U kleiner als $3abs$.

Von den drei Constanten hat Lang L nach seiner theoretischen Formel aus den gegebenen Elementen für jeden Versuch berechnet. Indem er diesen Werth von L zu Grunde legte, leitete er dann aus einer Reihe von Messungen zusammengehöriger Werthe von t und h nach der Methode der kleinsten Quadrate die Zahlenwerthe von M und N ab.

Demnach haben die von Lang angegebenen Zahlen L , M , N streng genommen nicht diejenigen Werthe, auf welche die letzten, L und N definirenden Formeln anzuwenden gestattet wäre. Eigentlich wäre also eine erneute Berechnung solcher Formeln nothwendig, welche mit den Lang'schen der Gestalt nach übereinstimmen, sich aber durch den eingeführten Werth von L unterscheiden und demnach auch andere Werthe von M und N enthalten müßten.

Indeß erscheint es unnöthig, diese mühsame Berechnung zu wiederholen, weil der Werth von N , auf den es hier hauptsächlich ankommt, sich kaum merklich verändern würde. Es ist nämlich Lh bei Lang's Beobachtungen, sowie auch natürlich in seinen Formeln, von sehr geringem

Werthe. Dies ganze Glied hat lediglich den Charakter einer kleinen Correction. Ein Fehler in dieser Correction hat keinen erheblichen Einfluß auf das Ergebniß der weiteren Rechnung, also auf die Werthe von M und N . Besonders auf N würde dieser Einfluß verschwindend klein seyn, weil N nach der Rechnungsmethode der kleinsten Quadrate vorwiegend durch die Ablesungen bestimmt wird, für welche der Coëfficient t groß, also die Größe von h gering ist.

Aus diesen Gründen habe ich die von Lang angegebenen Zahlenwerthe von N unbedenklich angenommen und dieselben benutzt, um aus ihnen nach der obigen Formel zunächst die Constante K und aus derselben den Reibungscoëfficienten η der strömenden Gasart zu berechnen. Letzteres geschieht bei einem Capillarrohre von kreisförmigem Querschnitte nach der Formel

$$K = \frac{\pi R^4}{8 \eta \lambda},$$

in welcher R den Radius, λ die Länge des Rohrs bedeutet. Ist der Querschnitt des Rohrs elliptisch mit den Halbachsen α und β , so gilt die Formel ¹⁾

$$K = \frac{\pi \alpha^3 \beta^3}{4 \eta \lambda (\alpha^2 + \beta^2)},$$

welche für $\alpha = \beta = R$ mit der obigen zusammenfällt.

Die Resultate meiner Berechnung enthält folgende Tabelle.

1. Elliptisches Rohr.

$$2\alpha = 0,71112; \quad 2\beta = 0,2115 \text{ Mm.}$$

Gas	Temp.	N	λ	η
Luft	9°	0,00407	17 ^{cm} ,2	0,000143
„	9°	0,008529	7 ^{cm} ,92	148
Kohlensäure	9°	0,010305	„	122

1) *E. Mathieu, Compt. rend. T. 57, p. 320.*

2. Kreisrundes Rohr.

$$2R = 0,2547 \text{ Mm.}$$

Gas	Temp.	N	i	η
Luft	15°	0,001808	12 ^{cm} ,85	0,000168
"	15°	6173 ¹⁾	3 ^{cm} ,55	178
"	8°,2	3890	5 ^{cm} ,9	170
"	15°,2	5360	4 ^{cm} ,09	178
"	15°,2	5142	"	186
Kohlensäure	15°	7219	3 ^{cm} ,55	152
"	15°,2	6033	4 ^{cm} ,09	158
Leuchtgas	14°,8	7513	"	127

1) Die Angabe Lang's 0,007219 beruht auf einem Versehen.

Die Uebereinstimmung der Werthe der Reibungscoefficienten unter einander, wie auch mit älteren Bestimmungen erscheint recht befriedigend, selbst für die elliptisch geformte Röhre, von welcher sich wohl nicht verbürgen läßt, daß ihr Querschnitt wirklich eine Ellipse und nicht irgend ein anderes Oval bildete.

Breslau den 6. December 1872.

O. E. Meyer.

VII. Ueber die Löslichkeit von Salzgemischen; von Fr. Rüdorff.

(Schluß von S. 475.)

IV.

Die bisher untersuchten Salze der zweiten Gruppe waren isomorph oder konnten doch wie Eisenvitriol und Kupfervitriol als solche in gewissem Sinne angesehen werden. Es ist aber diese Verdrängung des einen Salzes durch das andere nicht auf diese Klasse von Salzen beschränkt, sondern dieselbe findet sich auch bei Salzen, welche in ihren