

583. J. Traube: Ueber das Stalagmometer<sup>1)</sup>.

## 2. Seine Verwendung als Alkoholometer.

(Eingegangen am 17. October; mitgetheilt in der Sitzung von Hrn. E. Sell.)

Die Bestimmung des Alkoholgehalts in spirituosen Flüssigkeiten geschieht bekanntlich fast ausschliesslich vermittelst des specifischen Gewichts. Wie gross nun aber auch der Nutzen sein mag, welchen uns gerade hier jene wichtige physikalische Constante leistet, so sind doch die auf der Feststellung des specifischen Gewichts sich aufbauenden, in der Praxis gebräuchlichen alkoholometrischen Methoden nicht so vollkommen, dass nicht in manchen Fällen etwas besseres erwünscht wäre. Wo es sich zu irgend welchen wissenschaftlichen Zwecken um eine genaue Alkoholbestimmung handelt, da thut freilich das Pyknometer seine guten Dienste. Die Anwendung des Pyknometers ist aber für die grosse Praxis zu umständlich. Hier behilft man sich meist mit den Aräometern, und in der That reichen diese Apparate in der Mehrzahl der Fälle vollkommen aus. Immerhin aber kommt es in der Praxis nicht selten vor, dass ein grösserer Genauigkeitsgrad verlangt wird, als das Aräometer ihn zu geben vermag. In diesem Falle muss die Mohr-Westphal'sche Wage aushelfen. So vorzüglich dieses kleine Instrument nun auch von Jedem bezeichnet werden wird, der häufig in die Lage kommt, es gebrauchen zu müssen, so ist eine allgemeinere Verwendung in der grösseren Praxis auch hier ausgeschlossen, weil seine Handhabung etwas zeitraubend ist und eine grössere Uebung in experimentellen Arbeiten voraussetzt, als die meisten Praktiker sie besitzen, zumal mit der Zeit an den Wagen oft gewisse Uebelstände, wie Einrosten der Schneide etc., eintreten, die leicht zu Fehlern Veranlassung geben können. Vor allem bleibt aber bei der Bestimmung des specifischen Gewichts noch der eine

<sup>1)</sup> Bereits nach Einsendung der ersten Arbeit über das Stalagmometer ersah ich aus den Fortschr. d. Phys. 1865, dass von F. Guthrie (Proc. Roy. Soc. Bd. 21: On drops) der Name Stalagmometer bereits als eine Bezeichnung für einen Tropfapparat gewählt worden war, welcher in Folgendem bestand:

Ein Trichter befand sich in einem mit Scala versehenen Reagirgläschen. In dem Trichter ruhte eine Glaskugel, deren obere Hälfte mit Baumwolle umkleidet war. Auf diese Kugel tropste die betreffende Flüssigkeit herab; der Tropfen bildete sich am unteren Ende der Kugel und wurde gemessen in dem Reagirgläschen. Guthrie verwandte diesen Apparat, um in Flüssigkeitsgemischen, beispielsweise Benzol und Terpentinöl, die relativen Gewichtsmengen der Componenten aus der Tropfengrösse zu bestimmen. Da dieser Apparat vermutlich keine Anwendung in der Praxis gefunden hat und aus gewissen Gründen auch wohl nicht finden kann, so darf ich wohl den einmal gewählten Namen Stalagmometer für meinen Apparat beibehalten.

Punkt zu berücksichtigen, dass die specifischen Gewichtsdifferenzen bei gleichen Unterschieden der Concentration für höhere Alkoholgehalte erheblich grösser sind, als für geringere, so dass bei niederen Alkoholgehalten die specifische Gewichtsbestimmung weniger brauchbar erscheint, als für höhere Concentrationen.

Nun haben wir in der Capillaritätskonstante eine Grösse, welche nach jener Richtung hin ein gerade umgekehrtes Verhalten zeigt, als das specifische Gewicht, insofern hier bei höheren Alkoholgehalten die Differenzen in den Werthen jener Constante sehr gering, dagegen bei geringeren Concentrationen die Unterschiede so gross werden, dass die Feststellung jener Constante uns eine wenigstens ebenso genaue Bestimmung des Alkoholgehalts ermöglicht, als dies selbst mit dem Pyknometer geschehen würde. Es ist bereits früher von Valson, Musculus wie auch Duclaux hierauf hingewiesen worden; aber dem Umstände, dass jene Forscher nur die gelegentliche Bemerkung machten, ohne genügend brauchbare Apparate zu bezeichnen oder die nöthigen Tabellen zu veröffentlichen, dürfte es zuzuschreiben sein, dass jene Bemerkungen keine Beachtung fanden. Auch ich habe gelegentlich in einer Anmerkung das Capillarimeter als brauchbar zur Alkoholbestimmung bezeichnet, ohne indess zu glauben, dass das Capillarimeter sich für eine weitgehendere Verbreitung eignen würde.

Dagegen leistet das im letzten Heft dieser Berichte beschriebene Stalagmometer so gute Dienste, dass ich dessen Einführung für wissenschaftliche wie auch namentlich gewerbliche Zwecke glaube empfehlen zu sollen. Der Gebrauch des Apparates ist so einfach, und dabei giebt derselbe namentlich für geringere Concentration so genaue Zahlen, dass z. B. bei Concentrationen von 0 bis zu 20 pCt. Alkohol Fehler von  $\frac{2}{10}$  pCt. Alkoholgehalt bei guter Ausführung des Apparates ausgeschlossen sein dürften.

Ich habe mich vorläufig nur der Arbeit unterziehen können, Tabellen auszuarbeiten, welche bei alkoholischen Flüssigkeiten bis zu 10 Gewichtsprozenten Alkohol genaue Tropfenzahlen für 10 bis 30° C. angeben. Sehr wünschenswerth wäre es, dass die Tabellen bis zu 20 pCt. hinauf ergänzt würden.

Will man Flüssigkeiten von 30, 40 und höheren Procenten Alkoholgehalt im Tropfenapparate untersuchen, so ist eine mehrmalige Verdünnung erforderlich. Die hierzu nöthige Pipette nebst Maassgefäß ist genau adjustirt mit dem Apparate bei der Firma C. Gerhardt in Bonn am Rhein zu beziehen. Die Ausführung der Versuche ist demnach sehr einfach.

Man saugt den je nachdem vorher verdünnten oder nicht verdünnten Weingeist mittelst Pumpe oder Mund in den Apparat ein, nachdem man vorher die Flüssigkeit annähernd auf Zimmertemperatur gebracht hat. Eine 2 malige Bestimmung der im Volumen des Ap-

parates enthaltenen Tropfenzahl wird schwerlich Abweichungen von  $\frac{2}{10}$  Tropfen auf 100 ergeben, indem sich  $\frac{2}{10}$  Tropfen noch annähernd abschätzen lässt. Selbst aber bei Concentrationen von 20 pCt. würden  $\frac{2}{10}$  Tropfen erst  $\frac{1}{10}$  pCt. Alkohol entsprechen.

Da in den folgenden auch den Apparaten beigegebenen Tabellen die Tropfenzahl des Wassers für  $15^{\circ}\text{C.} = 100$  gesetzt wurde, ferner auf jedem Apparate die durch Adjustirung festgestellte Tropfenzahl des Wassers für  $15^{\circ} = a$  eingravirt ist, so hat man die für einen bestimmten Weingeist gefundene Tropfenzahl nur mit  $\frac{100}{a}$  zu multiplizieren, und die so berechnete Zahl in den Tabellen nachzuschlagen.

Hierbei kommt der Umstand sehr zu statthen, dass geringe Temperaturunterschiede einen nur sehr geringen Unterschied der Tropfengrösse erzeugen.

Die folgenden Tabellen wurden selbstverständlich mit grösster Sorgfalt angefertigt.

Zu den Versuchen dienten 10 verschiedene Concentrationen, welche durch Abwägen hergestellt waren. Es wurden bei verschiedenen Temperaturen gewiss etwa 100 Beobachtungen gemacht, deren jede wiederholt wurde, und mittelst der so beobachteten Werthe die übrigen Zahlen durch Interpolation abgeleitet.

Es darf angenommen werden, dass Fehler von  $\frac{2}{10}$  Tropfen in den Tabellen kaum vorkommen.

(Siehe die Tabellen auf Seite 2827 — 2828)

Wie aus meiner im letzten Hefte der Berichte veröffentlichten Arbeit hervorgeht, ist die hier besprochene Methode für Rohsprit oder fuselhaltigen Sprit nicht ohne weiteres brauchbar. Da man aber in vielen Fällen den Fuselgehalt des betreffenden Rohsprits ein für allemal bestimmt hat, so kann man die Tabellen auch nach Anbringung einer je nach der Höhe des Fuselgehalts zu fixirenden Correction für Rohsprit benutzen.

Ausdrücklich bemerkt muss hier werden, dass die für die Fuselbestimmung construirten Stalagmometer nicht für die Alkoholbestimmung brauchbar sind. Da es wünschenswerth war, die Apparate so zu construiren, dass das Abtropfen unbeschadet der Genauigkeit möglichst schnell erfolgt, so konnten den Apparaten zur Fuselbestimmung etwas grössere Röhrenweite etc. gegeben werden, während für die Alkoholometer (und Acetometer) wegen der erforderlichen Proportionalität der Tropfenvolumina für verschiedene Apparate engere Dimensionen gewählt werden mussten. Doch auch hier wurde im Interesse eines nicht zu langsamem Ausflusses der Normalapparat, mittelst dessen die Tabelle angefertigt wurde, so gewählt, dass die Tropfenvolumina

Tabelle zur Ermittlung des Alkoholgehalts aus der Tropfenzahl.

Temperatur in Celsiusgraden.																							
Gewichts- prozenten Alkohols		Temperatur in Celsiusgraden.																					
Volum- prozenten Alkohols	Alkohol- absolute	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°	
0.00	0.00	99.2	99.4	99.5	99.7	99.8	100.0	100.2	100.3	100.4	100.6	100.7	100.9	101.1	101.2	101.4	101.5	101.7	101.9	102.0	102.2	102.4	
0.20	0.25	101.0	101.2	101.3	101.5	101.6	101.8	102.0	102.1	102.3	102.4	102.6	102.8	102.9	103.1	103.3	103.4	103.6	103.8	103.9	104.1	104.3	
0.40	0.50	102.5	102.7	102.9	103.0	103.2	103.4	103.6	103.7	103.9	104.0	104.2	104.4	104.5	104.7	104.9	105.1	105.3	105.5	105.6	105.8	106.0	
0.60	0.70	104.0	104.2	104.4	104.5	104.7	104.9	105.1	105.2	105.4	105.5	105.7	105.9	106.0	106.2	106.4	106.6	106.8	107.0	107.1	107.3	107.5	
0.80	0.90	105.4	105.6	105.7	105.9	106.1	106.3	106.5	106.6	106.8	106.9	107.1	107.3	107.4	107.6	107.8	108.0	108.2	108.4	108.6	108.8	109.0	
1.00	1.25	106.8	107.0	107.2	107.3	107.5	107.7	107.9	108.0	108.2	108.3	108.5	108.7	108.8	109.0	109.2	109.4	109.6	109.8	110.0	110.2	110.4	
1.20	1.50	108.2	108.4	108.6	108.7	108.9	109.1	109.3	109.4	109.6	109.7	109.9	110.1	110.2	110.4	110.6	110.8	111.0	111.2	111.4	111.6	111.8	
1.40	1.75	109.5	109.7	109.9	110.0	110.1	110.2	110.4	110.5	110.7	110.8	111.0	111.1	111.3	111.5	111.6	111.8	112.0	112.2	112.4	112.6	112.8	
1.60	2.00	110.8	111.0	111.1	111.3	111.5	111.7	111.9	112.1	112.3	112.4	112.6	112.8	113.0	113.2	113.4	113.6	113.8	114.0	114.2	114.4	114.6	
1.80	2.25	112.0	112.2	112.3	112.5	112.7	112.9	113.1	113.3	113.5	113.7	113.9	114.1	114.3	114.5	114.7	114.9	115.1	115.3	115.5	115.6	115.8	116.0
2.00	2.50	113.1	113.3	113.5	113.7	113.9	114.1	114.3	114.5	114.7	114.9	115.1	115.3	115.5	115.7	115.9	116.1	116.3	116.6	116.8	117.0	117.2	
2.20	2.75	114.2	114.4	114.7	114.9	115.1	115.3	115.5	115.7	115.9	116.1	116.3	116.5	116.7	116.9	117.1	117.3	117.5	117.8	118.0	118.2	118.4	
2.40	3.00	115.3	115.5	115.8	116.0	116.2	116.4	116.6	116.8	117.0	117.2	117.4	117.6	117.8	118.1	118.3	118.5	118.7	119.0	119.2	119.4	119.6	
2.60	3.25	116.4	116.6	116.9	117.1	117.3	117.5	117.7	117.9	118.1	118.3	118.5	118.7	118.9	119.2	119.4	119.7	119.9	120.1	120.4	120.6	120.8	
2.80	3.50	117.5	117.7	118.0	118.2	118.4	118.6	118.8	119.0	119.2	119.4	119.6	119.8	120.0	120.3	120.5	120.8	121.0	121.2	121.5	121.7	121.9	
3.00	3.75	118.6	118.8	119.1	119.3	119.5	119.7	119.9	120.1	120.3	120.5	120.7	120.9	121.1	121.4	121.6	121.9	122.1	122.3	122.6	122.8	123.0	
3.20	4.00	119.5	119.7	120.0	120.3	120.5	120.8	121.0	121.2	121.4	121.6	121.8	122.0	122.2	122.5	122.7	123.0	123.2	123.4	123.7	123.9	124.2	
3.40	4.25	120.4	120.6	120.9	121.2	121.5	121.8	122.0	122.3	122.5	122.7	122.9	123.1	123.3	123.6	123.8	124.1	124.3	124.5	124.8	125.0	125.3	
3.60	4.50	121.3	121.5	121.8	122.1	122.4	122.7	122.9	123.2	123.4	123.7	124.1	124.3	124.6	124.8	125.1	125.4	125.6	125.8	126.1	126.4	126.6	
3.80	4.75	122.2	122.4	122.7	123.0	123.3	123.6	123.8	124.1	124.3	124.6	124.8	125.1	125.3	125.6	125.8	126.1	126.4	126.6	126.8	127.1	127.4	
4.00	5.00	123.1	123.3	123.6	123.9	124.2	124.5	124.7	125.0	125.2	125.5	125.7	126.0	126.2	126.5	126.7	127.0	127.3	127.6	127.8	128.1	128.4	
4.20	5.25	124.0	124.2	124.5	124.8	125.1	125.4	125.6	125.9	126.1	126.4	126.6	126.9	127.1	127.4	127.7	128.0	128.3	128.6	128.8	129.1	129.4	
4.40	5.50	124.9	125.1	125.4	125.7	126.0	126.3	126.5	126.8	127.0	127.3	127.5	127.8	128.0	128.3	128.6	128.9	129.2	129.5	129.8	130.1	130.4	
4.60	5.75	125.8	126.0	126.3	126.8	127.1	127.4	127.7	127.9	128.2	128.4	128.7	128.9	129.2	129.5	129.8	130.1	130.4	130.7	131.0	131.3	131.6	
4.80	5.99	126.7	127.2	127.4	127.6	127.9	128.2	128.5	128.8	129.1	129.3	129.6	129.8	130.1	130.4	130.7	131.0	131.3	131.6	131.9	132.2		

## Temperaturen in Celsiusgraden.

Gewichts- absoluten Alkohols Volume- absoluten Alkohols Procente- absoluten Alkohols Procente- absoluten Alkohols 10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°
	6.25	6.50	6.75	7.00	7.25	7.50	7.75	8.00	8.25	8.50	8.75	9.00	9.25	9.50	9.75	10.00	10.25	10.50	10.75	11.00
5.00	127.5	127.7	128.0	128.2	128.4	128.7	129.0	129.3	129.6	129.9	130.2	130.4	130.7	131.0	131.3	131.6	131.9	132.2	132.5	132.8
5.20	128.3	128.5	128.8	129.0	129.3	129.6	129.9	130.2	130.5	130.8	131.1	131.3	131.6	131.9	132.2	132.5	132.8	133.1	133.4	133.8
5.40	129.1	129.3	129.6	129.8	130.1	130.4	130.7	131.0	131.3	131.6	131.9	132.2	132.5	132.8	133.1	133.4	133.7	134.0	134.3	134.7
5.60	129.8	130.1	130.4	130.6	130.9	131.2	131.5	131.8	132.1	132.4	132.7	133.0	133.4	133.7	134.0	134.3	134.6	134.9	135.2	135.6
5.80	130.5	130.8	131.1	131.4	131.7	132.0	132.3	132.6	132.9	133.2	133.5	133.8	134.2	134.5	134.9	135.2	135.5	135.8	136.1	136.5
6.00	7.48	131.2	131.5	131.8	132.2	132.5	132.8	133.1	133.4	133.7	134.0	134.3	134.6	135.0	135.3	135.7	136.0	136.4	136.7	137.0
6.20	7.75	132.0	132.3	132.6	132.9	133.0	133.3	133.6	133.9	134.2	134.5	134.8	135.1	135.4	135.8	136.1	136.5	136.8	137.2	137.6
6.40	7.97	132.8	133.1	133.4	133.8	134.1	134.4	134.7	135.0	135.3	135.6	135.9	136.2	136.6	136.9	137.3	137.7	138.1	138.5	138.9
6.60	8.22	133.6	133.9	134.2	134.6	134.9	135.2	135.5	135.8	136.1	136.5	136.8	137.1	137.4	137.8	138.2	138.6	139.0	139.4	139.7
6.80	8.47	134.4	134.7	135.0	135.4	135.7	136.0	136.3	136.7	137.0	137.4	137.7	138.0	138.3	138.7	139.1	139.5	139.9	140.3	140.6
7.00	8.72	135.2	135.5	135.8	136.2	136.5	136.9	137.2	137.6	137.9	138.3	138.6	138.9	139.2	139.6	140.0	140.4	140.8	141.2	141.5
7.20	8.96	136.1	136.4	136.7	137.1	137.4	137.8	138.1	138.5	138.8	139.2	139.5	139.8	140.1	140.5	140.9	141.3	141.7	142.1	142.5
7.40	9.21	137.0	137.3	137.6	137.9	138.2	138.6	138.9	139.3	139.6	140.0	140.3	140.6	140.9	141.3	141.7	142.1	142.5	142.9	143.3
7.60	9.45	137.8	138.1	138.4	138.7	139.0	139.4	139.7	140.1	140.4	140.8	141.1	141.4	141.7	142.1	142.5	142.9	143.3	143.7	144.0
7.80	9.70	138.6	138.9	139.2	139.5	139.8	140.2	140.5	140.9	141.2	141.5	141.8	142.1	142.4	142.8	143.2	143.6	144.0	144.4	144.7
8.00	9.95	139.4	139.7	140.0	140.3	140.6	140.9	141.3	141.6	141.9	142.2	142.5	142.8	143.1	143.5	143.9	144.3	144.7	145.1	145.4
8.20	10.20	140.1	140.4	140.7	141.0	141.3	141.6	142.0	142.3	142.6	142.9	143.2	143.5	143.8	144.2	144.6	145.0	145.4	145.8	146.2
8.40	10.44	140.7	141.0	141.3	141.7	142.0	142.3	142.7	143.0	143.3	143.6	143.9	144.2	144.5	144.9	145.3	145.7	146.1	146.6	147.0
8.60	10.68	141.3	141.6	141.9	142.3	142.7	143.0	143.4	143.7	144.0	144.3	144.6	144.9	145.3	145.7	146.1	146.5	146.9	147.4	147.8
8.80	10.92	141.8	142.2	142.5	142.9	143.3	143.7	144.1	144.4	144.7	145.0	145.3	145.7	146.1	146.5	146.9	147.3	147.7	148.2	148.6
9.00	11.17	142.3	142.7	143.1	143.5	143.9	144.3	144.7	145.0	145.4	145.7	146.1	146.5	146.9	147.3	147.7	148.1	148.5	149.0	149.4
9.20	11.42	142.9	143.3	143.7	144.1	144.5	144.9	145.4	145.7	146.1	146.4	146.8	147.2	147.6	148.1	148.5	148.9	149.3	149.8	150.2
9.40	11.66	143.5	143.9	144.3	144.7	145.0	145.4	145.9	146.3	146.6	146.8	147.1	147.6	148.0	148.4	148.9	149.3	149.7	150.1	150.6
9.60	11.91	144.1	144.5	144.9	145.4	145.9	146.3	146.6	147.0	147.4	147.9	148.4	148.8	149.2	149.6	150.0	150.4	151.8	152.2	152.7
9.80	12.15	144.8	145.2	145.7	146.1	146.6	147.0	147.5	147.8	148.1	148.3	148.7	149.1	149.6	150.0	150.5	150.9	151.3	151.7	152.2
10.00	12.40	145.5	145.9	146.4	146.8	147.3	147.7	148.2	148.6	149.1	149.5	150.0	150.4	150.8	151.3	151.7	152.2	152.6	153.1	153.6

noch nicht vollkommen den Capillaritätsconstanten proportional sind. Da aber alle Apparate in ihren Dimensionen genau nach dem Normalapparate gearbeitet wurden, so ist die Tabelle für alle Apparate brauchbar.

Die Apparate sind, wie bereits erwähnt, (auf Verlangen mit Maassefass und Pipette) zu beziehen durch C. Gerhard, Marquart's Lager chemischer Utensilien zu Bonn am Rhein.

Hannover, den 1. Juni 1887.

**584. J. Traube: Ueber das Stalagmometer.**

**3. Dessen Verwendbarkeit zur Bestimmung des Alkoholgehalts in Wein, Bier und Liqueuren.**

(Eingegangen am 17. October; mitgetheilt in der Sitzung von Hrn. E. Sell.)

Besonders bemerken möchte ich die Anwendbarkeit des von mir beschriebenen Stalagmeters für die Feststellung des Alkoholgehalts in den alkoholischen Getränken.

Bereits früher und im letzten Hefte dieser Berichte habe ich die bei den Liqueuren erhaltenen Resultate mitgetheilt, voraus hervorbringend, dass nach Destillation irgend welchen Liqueurs mit etwas Kali die Tropfenzahl sehr genau dem Alkoholgehalte entsprach. Sowohl bei Cognac, Rum, Ingwer, Vanille, Gilka zeigten die ätherischen Oele nicht den geringsten Einfluss auf die Tropfengrösse.

Da nun auch bei der Bier- und insbesondere Weinanalyse in vielen Fällen eine genauere Alkoholbestimmung wünschenswerth erscheint, als dieselbe durch die Westphal'sche Waage erreicht wird, namentlich in den Fällen, wo es sich um Identificirung verschiedener Weinproben handelt, so habe ich die Anwendbarkeit des Stalagmeters für diesen Zweck geprüft, zumal das Stalagmometer hier noch den Vortheil vor der Westphal'schen Waage bietet, dass weit geringere Mengen des Weines verbraucht werden als bei der spec. Gewichtsbestimmung. Das bei der Destillation des Weines und Bieres übergehende Glycerin kann zwar zu geringen Fehlern bei der spec. Gewichtsbestimmung Veranlassung geben, übt dagegen keinen wahrnehmbaren Einfluss auf die Tropfengrösse aus.

Nur liess sich voraussehen, dass die geringen Mengen der mit überdestillirenden Ester und der freien Essigsäure einen Einfluss auf