

Über Verdunstung aus einem offenen kreisförmigen Becken

J. v. Pallich,

Assistent am physikalischen Institute der k. k. Universität in Graz.

(Mit 3 Textfiguren.)

Einleitung.

J. Stefan veröffentlichte im Jahre 1881¹ eine Abhandlung »Über Verdampfung aus einem kreisförmigen oder elliptisch begrenzten Becken«, in welcher er zu folgenden Resultaten kam:

1. Die in der Zeiteinheit durch irgend ein Element ω einer Niveaulfläche diffundirende, von einer freien Flüssigkeitsoberfläche herstammende Dampfmenge ist durch die Gleichung

$$v = - \frac{k}{P-p} \frac{dp}{dn}$$

gegeben, wo k bedeutet den Diffusionscoëfficienten des Dampfes gegen dasjenige Gas, in welchem die Verdampfung vor sich geht; p den Partialdruck des Dampfes in der Höhe x über der verdampfenden Oberfläche, und P den Gesamtdruck des Gases und Dampfes; $\frac{dp}{dn}$ ist der Differentialquotient des Partialdruckes p nach der Richtung der Normalen zur Niveaulfläche.

Die Strömungslinien der Dampftheilchen sind Hyperbeln, deren Brennpunkte in der Peripherie des kreisförmigen Beckens liegen, während die Flächen gleicher Dampfspannung sich als

halbe Rotationsellipsoide zeigen, deren kleinen Axen, als Rotationsachsen, durch die Mitte des Beckens verlaufen; ein senkrechter Schnitt erzeugt Ellipsen, deren Brennpunkte ebenfalls in die Peripherie des Beckens fallen.

2. Die in der Zeiteinheit aus oben genanntem Becken verdunstende Dampfmenge V ist gegeben durch den Ausdruck

$$V = 4rk \log_n \frac{P-p_0}{P-p_1},$$

unter r den Radius des Beckens verstanden, unter p_0 und p_1 die Dampfspannung in der umgebenden Atmosphäre, beziehungsweise die constante Maximaldampfspannung an der Oberfläche der Flüssigkeit selbst.

3. Aus einer bestimmten Stelle in der Entfernung r vom Mittelpunkte einer solchen Oberfläche verdunstet in der Zeiteinheit die Menge

$$v_1 = \frac{V}{2\pi a \sqrt{a^2 - r^2}}$$

und aus einer beliebig grossen, kreisrunden Fläche vom Radius R in der Mitte derselben, die Menge

$$V_1 = V \left[1 - \sqrt{1 - \frac{R^2}{a^2}} \right];$$

V hat den sub 2) angegebenen Werth; a bedeutet die lineare Excentricität eines von der Form der Strömungslinien näher bestimmten Rotationshyperboloides.

Das Resultat 1) gewann Stefan, ausgehend von dem Ergebnisse einer früheren Untersuchung¹ über Verdampfung in Röhren, wonach bei einem stationären Verdampfungsprocess innerhalb einer Röhre die in der Zeiteinheit und für die Einheit des Querschnittes entwickelte Dampfmenge

$$v = - \frac{k}{P-p} \frac{dp}{dx}$$

beträgt.

Um das Problem 2) zu lösen, ging er aus von der Analogie zwischen der Berechnung der Dampfmenge, die aus einer offen liegenden Flüssigkeitsoberfläche in die umgebende Atmosphäre diffundirt und zwischen der Bestimmung der Vertheilung einer im Gleichgewichtszustande sich befindlichen Elektrizitätsmenge auf einer unendlich dünnen, leitenden Platte.

Ebenso gewann Stefan das Ergebniss 3) durch die Übereinstimmung einer Berechnung der Verdampfungsmenge v_1 in gegebener Entfernung vom Mittelpunkt einer Flüssigkeitsoberfläche mit der Dichte der Elektrizität in derselben Entfernung vom Centrum eines an Form und Grösse gleichen Leiters, falls die Elektrizität im Gleichgewichte sich befindet.

Diese theoretischen Resultate sind meines Wissens durch die Erfahrung noch nicht bestätigt worden; nur Winkelmann¹ stellte mit Äther einige vorläufige Versuche an, ohne jedoch mit der Theorie übereinstimmende Werthe erhalten zu können. Aber auch die hier mitgetheilten, unter sich befriedigend übereinstimmenden Versuche ergaben keine Bestätigung der Theorie; dieselbe scheint demnach noch nicht umfassend genug zu sein, um als Ausdruck der Thatsachen gelten zu können.

Erste Methode und deren Resultate.

Um die Vertheilung der Dampfspannung an verschiedenen Stellen im Raume über der verdampfenden Flüssigkeitsoberfläche (Wasser) zu finden, wurde nach einem Vorschlage von Prof. Pfandler eine gemessene Menge Luft aus den zu untersuchenden Stellen durch Aufsaugen derselben mittelst eines Gasometers in Chlorcalciumröhrchen geleitet, wo der ganze Wassergehalt zurückblieb, so dass durch Wägung vor und nach dem Versuche die an jenen Stellen herrschende absolute Feuchtigkeit und somit die gesuchte Dampfspannung ermittelt werden konnte.

Quer über der Mitte eines mit Wasser gefüllten Messinggefässes — von 50·8 *mm* Halbmesser — wurde ein kurz vor jedem Versuche wieder entfernter, dünner Carton mit ver-

¹ Wiedemann's Ann., Bd. 35, S. 401.

schiedenen, nach der Theorie gezeichneten Ellipsen befestigt und knapp vor diesem hingen, durch eine geeignete Vorrichtung getragen, sieben mit CaCl_2 gefüllte, in eine feine Spitze von 1 mm^2 Querschnitt ausgezogene, 16 cm lange Saugröhrchen aus Glas, welche durch Gummischläuche mit ebensovielen Gasometern in Verbindung standen. Letztere wurden alle schnell nacheinander geöffnet und das ausfliessende Wasser in je einem graduirten Gefässe aufgefangen.

Bei jedem Versuche wurden nur 3 l Luft durch jedes Röhrchen aufgesaugt, doch sehr langsam: nur 1 l in der Stunde, um ja nicht die regelmässige Verdampfung durch zu rasche Luftentziehung irgendwie zu stören.

Von den sieben Röhrchen stand das eine gerade in der Mitte, während die anderen zu je drei symmetrisch längs der vorgezeichneten Ellipsen vertheilt waren; die Versuche wurden in verschiedenen Höhen über der Oberfläche, von 1 — 102 mm ausgeführt. Dass dabei die eine Saugröhre auf die Thätigkeit der zunächstliegenden keinen störenden Einfluss ausübte, wurde früher durch einen besonderen Versuch festgestellt. Eine grosse, nach oben offene Kiste von 1.64 m^3 Inhalt, in deren Mitte das Verdampfungsgefäss sich befand, erwies sich als unzureichend, um vor störenden Luftströmungen zu schützen, weshalb in derselben noch ein nach allen Seiten abgeschlossener Glaskasten von 600 l Inhalt über dem Verdampfungsgefäss aufgestellt wurde, wobei alle nöthigen Zuleitungen durch den Holzboden von unten in den geschlossenen Raum hinauftraten; die darin herrschende Luftfeuchtigkeit wurde durch eine besondere Chlorcalciumröhre ermittelt; zugleich war durch mehrere, concentrirte Schwefelsäure enthaltende Schalen vorgesorgt, dass die sich immer neu entwickelnden Dämpfe selbstthätig wieder verschwanden.

Frühere Versuche mit durch einen elektrischen Strom warm gehaltener Verdampfungsflüssigkeit hatten keine constanten Werthe ergeben; deshalb verdunstete nun das Wasser bei der Zimmertemperatur (10 — 11° C.).

Ein Glühlämpchen und ein durch die Wand der Holzkiste gestecktes Fernrohr erlaubten die während eines — 3 Stunden dauernden — Versuches im Verdampfungsgefässe vorhandene

Temperatur, sowie den ganzen Vorgang im Inneren der Kiste zu überblicken.

Die erhaltenen Werthe sind durchgehends auf 1 *l* der aufgesaugten Luftmenge reducirt und in folgenden Tabellen zusammengestellt worden; sie zeigen direct die absolute Feuchtigkeit in Milligrammen an der untersuchten Stelle an. Die Reihenfolge von links nach rechts der wiedergegebenen Zahlen entspricht der Reihenfolge und Lage der betreffenden aufsaugenden Röhren.

Es bedeutet:

b = Abstand des mittleren höchsten Punktes der Spannungscurve von der Oberfläche der Flüssigkeit.

Q = Milligramm Wasser in 1 *l* aufgesaugter Luft.

t = Temperatur des verdampfenden Wassers.

f = Absolute Feuchtigkeit.

e = Dampfspannung.

M = Arithmetisches Mittel.

M' = Arithmetisches Mittel vom arithmetischen Mittel.

Δ = Differenz.

c = Excentricität der Ellipsen.

x und y = Rechtwinkelige Coordinaten der Saugspitzen, bezogen auf den Mittelpunkt des Gefäßes als Ursprung.

B_0 = Auf 0° reducirter Barometerstand.

In Tabelle I liegt vor eine Reihe von 7 Versuchen in verschiedener Höhe über der Flüssigkeitsoberfläche; die Werthe sind in der Mitte durchgehends kleiner als gegen die Ränder, d. h. die theoretischen Ellipsen, längs derer die Saugspitzen gelagert standen, mussten zu stark gekrümmt sein; um die wahre, den Curven zukommende Excentricität zu ergründen, wurden mehrere Ellipsen mit verschiedener Excentricität, aber gleicher Höhe gezeichnet und nach diesen die Lage der Saugspitzen bestimmt, so zwar, dass sie immer längs derjenigen Strömungslinien verschoben wurden, welche an der Oberfläche des Wassers die Abstände 19·0, 31·5 und 40·0 *mm* vom Mittelpunkte hatten.

Tabelle I.

	III	II	I	0	I	II	III	<i>t</i>	<i>f</i>	<i>B</i> ₀		0	I	II	III
<i>Q</i> ₁	8·72	8·59	8·44	8·00	8·33	8·55	8·72	9°8	5·1	735·7	{ <i>x</i> ... <i>y</i>	0 12·5	20 0 12·1	33·3 10·0	46·7 6·2
<i>Q</i> ₂	7·72	7·37	7·15	7·00	7·40	7·45	7·95	10·0	5·1	34·1	{ <i>x</i> <i>y</i>	0 26·3	21·2 23 9	36·3 20 1	49·8 12 4
<i>Q</i> ₃	6·70	6·75	6·37	6·33	6·41	6·52	6·70	10·2	4·8	33·5	{ <i>x</i> <i>y</i>	0 39·1	23·9 36·0	40·2 29·8	55·4 18·3
<i>Q</i> ₄	6·08	6·00	5·95	5·94	5·93	5·99	6·04	9·9	5·1	26·4	{ <i>x</i> <i>y</i>	0 56 0	29·0 52·5	47 5 44·2	66·0 27·8
<i>Q</i> ₅	5·62	5·55	5·52	5·33	5·44	5·60	5·60	9·8	5·1	30·2	{ <i>x</i> <i>y</i>	0 72·5	33·5 66·9	55·1 56·0	77·4 35·8
<i>Q</i> ₆	5·55	5·51	5·47	5·28	5·34	5·48	5·55	10·2	5·1	28 1	{ <i>x</i> <i>y</i>	0 87·4	38·5 80·0	63·0 68·0	88·0 42·1
<i>Q</i> ₇	5·36	5·33	5·06	5·08	5·08	5·07	5·33	10·0	5·0	33 0	{ <i>x</i> <i>y</i>	0 102·0	43·0 94·2	70·5 79·5	99 5 49·5
<i>M</i> .	6·89	6·79	6·63	6·47	6·62	6·72	6·90								
<i>M</i> '	6·89	6·75	6·62	6·47	6·62	6·75	6·89								
Δ	0·425	0·285	0·155	0·00	0·155	0·285	0·425								

Tabelle II.

c in mm	III	II	I	0	I	II	III	0	Δ		III		0	I	II	III		
									I	II								
51	7 72	7 37	7 15	7 00	7 40	7 45	7 95	0	0 27	0 41	0 83	$\left\{ \begin{array}{l} x. \quad \dots \quad 0 \\ y. \quad \dots \quad 26 \cdot 5 \end{array} \right.$	21 2	36 3	49 8	23 9	20 1	12 4
55	7 22	7 11	7 06	7 00	7 17	7 55	7 66	0	0 11	0 33	0 44	$\left\{ \begin{array}{l} x. \dots \quad 0 \\ y. \dots \quad 26 \cdot 5 \end{array} \right.$	21 5	36 5	50 2	24 0	20 2	12 4
64	7 77	7 72	7 44	7 43	7 50	7 77	7 72	0	0 04	0 31	0 31	$\left\{ \begin{array}{l} x. \dots \quad 0 \\ y. \quad \dots \quad 26 \cdot 5 \end{array} \right.$	21 7	36 7	51 4	24 3	20 8	13 6
80	6 86	6 73	6 77	6 66	6 69	6 81	6 96	0	0 07	0 11	0 25	$\left\{ \begin{array}{l} x. \quad \dots \quad 0 \\ y. \quad \dots \quad 26 \cdot 5 \end{array} \right.$	22 0	37 0	53 0	24 7	21 9	16 6
90	6 73	6 60	6 73	6 60	6 60	6 63	6 70	0	0 06	0 01	0 11	$\left\{ \begin{array}{l} x. \quad \dots \quad 0 \\ y. \dots \quad 26 \cdot 5 \end{array} \right.$	22 5	38 0	55 0	25 0	23 1	19 8
100	6 99	6 99	7 33	7 08	7 25	7 25	6 33	0	0 06	0 00	-0 22	$\left\{ \begin{array}{l} x. \dots \quad 0 \\ y. \dots \quad 26 \cdot 5 \end{array} \right.$	22 5	38 0	55 0	25 3	24 2	21 3

Mittleres $t = 10 \cdot 3^\circ \text{C}$.
 $f = 5 \cdot 1$.

Tabelle II zeigt, wie bei zunehmender Excentricität c die oben besprochene Differenz zwischen den einzelnen Werthen immer kleiner wird und dass die gesuchte Curve gleicher Dampfspannung bei einer Excentricität zwischen 90 und 100 mm liegen muss; graphisch sind die dabei erhaltenen Werthe in Fig. 1 eingetragen.

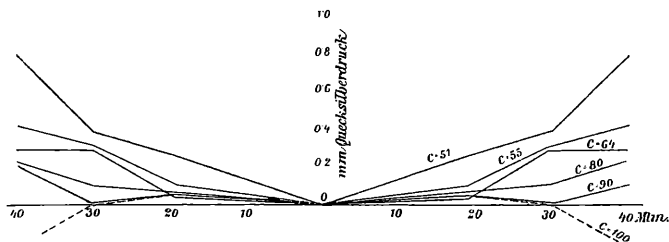


Fig. 1.

Nun folgt in Tabelle III eine Reihe von Versuchen mit der Excentricität 95 mm , und da zeigt sich endgiltig, dass letztere Excentricität die richtige sein dürfte, während die theoretische von nur 51 mm viel zu klein ausfällt. In Fig. 2 sind

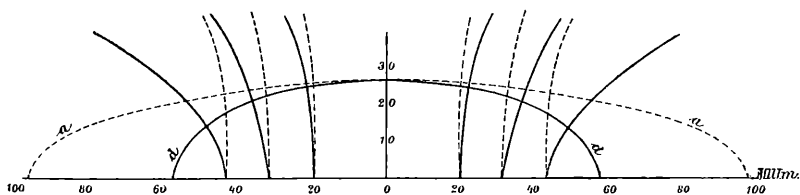


Fig. 2.

diese zwei Ellipsen aufgezeichnet, und zwar für die speciell oben untersuchte Höhe $b = 26.5 \text{ mm}$; die langgestreckte Curve a ist die gefundene, die stärker gekrümmte d die theoretisch gefolgerte Form der Ellipse; daraus folgt aber noch, dass auch die wirklichen (gestrichelten) Strömungslinien eine weniger gekrümmte Bahn haben, als die theoretisch berechneten (ganz ausgezogene Linien), so dass die Brennpunkte beider Arten von Curven weit ausserhalb des Randes des Beckens zu suchen sind.

Tabelle III.

	III	II	I	0	$\dot{\text{I}}$	$\dot{\text{II}}$	$\dot{\text{III}}$	t°	f	B_0		0	I	II	III
$c = 95. \dots$	8·12	8·49	8·22	8·37	8·56	8·37	8·59	9·6	5·1	736·2	$\left\{ \begin{array}{l} x. \dots \\ y. \dots \end{array} \right.$	0 12·5	20 12·2	34 11·6	50 10·2
$M.$	8·35	8·43	8·39	8·37											
Δ	0·02	0·06	0·02	0·00											
$c = 95 \dots\dots$	6·58	6·62	6·56	6·50	6·56	6·47	6·50	11·1	5·0	32 6	$\left\{ \begin{array}{l} x. \dots \\ y. \dots \end{array} \right.$	0 39·5	34 37·0	42 35·5	67 29·4
$M.$	6·54	6·54	6·56	6·50											
Δ	0·04	0·04	0·06	0·00											
$c = 95.$	5·90	6·02	5·83	5·80	5·87	5·83	5·78	10·0	5·3	26·5	$\left\{ \begin{array}{l} x. \dots \\ y. \dots \end{array} \right.$	0 72·5	34 69·5	60 62·8	95 44·0
$M..$	5·84	5·92	5·85	5·80											
Δ	0·04	0·12	0·05	0·00											
$c = 95.$	5·13	5·31	5·37	5·31	5·11	5·24	5·25	10·2	5·1	26·6	$\left\{ \begin{array}{l} x. \dots \\ y. \dots \end{array} \right.$	0 102·0	45 96·5	75 86·0	120 59·5
M	5·19	5·27	5 24	5·31											
Δ	-0·12	-0·04	-0·07	0·00											

Dasselbe Verhältniss zwischen diesen beiden Excentricitäten zeigte sich auch bei Versuchen über einem Gefässe von nur halb so grossem Durchmesser.

Die in der Secunde durch die Einheit der Niveaulächen diffundirten Dampfmengen wurden auf folgende Weise ermittelt. Durch Wägung wurde bestimmt, wie viel Milligramm Wasser aus dem ganzen Gefässe in der Zeiteinheit verdunstete; diese Dampfmenge vertheilte sich gleichmässig über die ganze Ausdehnung jeder Niveauläche, so dass durch Berechnung der letzteren leicht die durch jede Flächeneinheit diffundirende Dampfmenge zu bestimmen war.

Aus dem Verdampfungsgefässe von 51 *mm* Radius entwickelte sich pro Sec. 0·05444 *mg* Dampf bei der Temperatur 10°2 C.

Die daraus berechneten Werthe für drei verschiedene Höhen *b* (kleine Ellipsenaxe) mit der theoretischen, als auch mit der wirklichen Excentricität *c*, enthält folgende Tabelle.

Höhe in Millimetern über der Mitte des Gefässes	Oberfläche des jeweiligen Ellipsoides in Quadratcentimetern für		Dampfmenge in Kubikcentimeter, diffundirt durch jedes Quadratcenti- meter der Oberfläche in der Secunde für	
	<i>c</i> = 51 <i>mm</i>	<i>c</i> = 95 <i>mm</i>	<i>c</i> = 51 <i>mm</i>	<i>c</i> = 95 <i>mm</i>
$b_1 = 12\cdot5$	98·3	302·0	0·000742	0·000242
$b_2 = 32\cdot0$	165·5	381·7	0·000441	0·000191
$b_3 = 72\cdot5$	432·7	670·2	0·000168	0 000108

Verdunstungsmenge *V* aus der ganzen Oberfläche in Kubikcentimeter pro Sec.:

$$0\cdot07300$$

bei $t = 10^\circ 2$ C., $B_0 = 732$ *mm*.

Die nach dem von Stefan aufgestellten Ausdruck

$$v = - \frac{k}{P-p} \frac{dp}{dn}$$

berechneten Mengen lauten:

Höhe in Millimetern über der Mitte des Gefäßes	Berechnete Dampfmenge in Kubikcentimetern, diffundirt durch jedes Quadratcentimeter der Oberfläche in der Secunde
$b_1 = 12 \cdot 5$	0·000281
$b_2 = 32 \cdot 0$	0·000198
$b_3 = 72 \cdot 5$	0·000083

t und B_0 wie oben, $k = 0 \cdot 241$ (Guglielmo).¹

Bei der Berechnung dieser letzteren Werthe ist die Änderung des Dampfdruckes für die Zunahme je 1 *cm* Höhe aus der

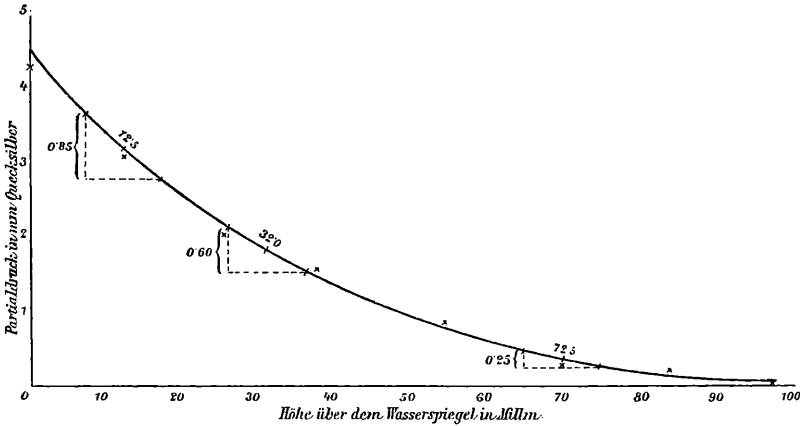


Fig. 3.

Curve Fig. 3 entnommen worden. Diese selbst ergab sich auf folgende Weise. Es wurde das arithmetische Mittel aus den drei mittleren Zahlen einer jeden Horizontalreihe in Tabelle I S.389, gebildet und daraus für jede Höhe die betreffende Dampfspannung für die mittlere Temperatur = $10^{\circ}2$ C. und mittleren Barometerstand = 732 *mm* berechnet; für die Oberfläche wurde der Maximalwerth der Spannung bei $10^{\circ}2 = 9 \cdot 24$ *mm* gesetzt

¹ Das k wurde immer proportional dem Quadrate der absoluten Temperatur gesetzt.

Die so erhaltenen Werthe sind unter e in der folgenden Tabelle angeführt; die einzelnen Partialdrücke, mit denen die Curve Fig. 3 construirt worden ist, sind als Kreuzchen neben der als richtig anzunehmenden Curve eingetragen und ergaben sich als Differenz zwischen den Zahlen in e und jenen für die im Arbeitslocale während jedes Versuches schon vorhandenen Dampfspannungen in Rubrik e' .

b Senkrechter Abstand der Saugspitzen über der Mitte des Gefässes in Millimetern	e Dasselbst herrschende Dampfspannung in Millimeter bei $t = 10^{\circ}2\text{ C.}$ $B_0 = 732\text{ mm}$	Dampfspannung im Arbeitslocale in Millimetern	p Partialdruck berechnet in Millimetern	p_0 Partialdruck nach der Curve in Millimetern
0·0	9·24	—	4·36	4·45
12·5	8·12	5·00	3·12	3·25
26·3	7·04	5·00	2·04	2·20
39·1	6·24	4·68	1·56	1·45
56·0	5·76	4·90	0·86	0·85
	5·28	5·00	0·28	0·37
87·4	5·21	5·00	0·21	0·14
102·0	4·97	4·95	0·02	0·05

Den drei auf S. 394 berechneten Fällen entsprachen die Partialdrücke

$$p_{12\cdot5} = 3\ 25\text{ mm}, \quad p_{32\cdot0} = 1\ 85\text{ mm}, \quad p_{72\cdot5} = 0\ 37\text{ mm}$$

und die Änderung derselben für die Erhebung 1 *cm* in senkrechter Richtung über der Flüssigkeit, die Werthe

$$\frac{\Delta p_{12\cdot5}}{\Delta x} = 0\ 85\text{ mm}, \quad \frac{\Delta p_{32\cdot0}}{\Delta x} = 0\ 60\text{ mm}$$

und

$$\frac{\Delta p_{72\cdot5}}{\Delta x} = 0\ 25\text{ mm}.$$

Aus den Werthen der Tabellen S. 393 und 394 ist deutlich zu ersehen, dass nur dann eine befriedigende Übereinstimmung

zwischen Theorie und Experiment zu erzielen ist, wenn den Niveaucurven gleicher Spannung die Excentricität 95 mm zu Grunde gelegt wird; dies stimmt aber mit den nach der Saugmethode erhaltenen Werthen gut überein und ebenso auch nach den später zu beschreibenden Versuchen mit Ringgefäßen, so dass kein Zweifel mehr bestehen kann, dass die theoretische Excentricität ungefähr nur die Hälfte von der wirklich vorhandenen beträgt.

Zweite Methode und deren Resultate.

Die folgende¹ Methode, die aus verschiedenen weit von der Mitte liegenden Stellen und aus den mittleren Theilen einer Flüssigkeitsoberfläche in der Zeiteinheit verdunstenden Wassermengen zu untersuchen, bestand darin, dass mehrere concentrische Ringgefäße von gleicher Höhe, genau in einander passend, zusammengefügt wurden, so zwar, dass nach der Füllung die Summe aller wie ein einziges rundes Gefäß von continuirlicher Oberfläche aussah. An je drei kleinen Ösen wurde jedes dieser Gefäße durch drei dünne Drähte gehoben und an einem oberhalb desselben vorhandenen Wagearm befestigt, sodann vor und nach dem Versuche einzeln genau abgewogen. Die Differenz, dividirt durch die Zeit und Oberfläche, gab die verdunstete Flüssigkeitsmenge sowohl von einem Quadratcentimeter von bekannter mittlerer Entfernung von dem Mittelpunkte, als auch von einer mittleren Oberfläche gegebener Dimension an. Im Ganzen waren vier solche Ringgefäße ineinandergefügt, die alle zusammen eine Fläche von $79 \cdot 10\text{ cm}^2$ bedeckten, also ebensoviel wie das Verdampfungsgefäß nach der früher besprochenen Saugmethode.

Die Resultate sind als Mittel von je zwei Versuchen in folgenden Tabellen mitgetheilt.

Die Ziffern II bis V bedeuten Ringgefäße, geordnet nach zunehmender Entfernung von dem mittleren mit I bezeichneten Gefäße, dann:

F = Flächeninhalt eines solchen Gefäßes in Quadratcentimetern.

¹ Ebenfalls von Prof. Pfaundler vorgeschlagen.

r_a = Äusserer Radius in Centimetern.

G = Gewicht des Gefässes sammt Wasser in Gramm.

A = Verdunstete Menge aus jedem Ringgefässe pro Stunde in Milligramm.

v = Verhältniss der verdampften Flüssigkeit pro Quadratcentimeter in den verschiedenen Ringgefässen.

t = Lufttemperatur in Grad Celsius.

e = Spannung der Luftfeuchtigkeit im Locale.

D = Dauer eines Versuches in Stunden.

M = Verdunstete Menge aus einem Quadratcentimeter des betreffenden Ringgefässes in Milligramm pro Stunde.

Tabelle I.

	I	II	III	IV	I	II	III	IV
G	22·8	33·2	43·2	54·0	8·9	16·9	30·9	44·0
A	10·05	30·20	53·85	119·30	12·45	27·44	53·40	128·25
M	1·86	2·01	2·29	3·34	2·02	2·07	2·18	3·67
D	21 ^h 15 ^m	21 ^h 6 ^m	20 ^h 58 ^m	20 ^h 44 ^m	22 ^h 25 ^m	22 ^h 22 ^m	22 ^h 28 ^m	22 ^h 17 ^m
v	1·00	1·08	1·23	1·80	1·00	1·02	1·08	1·81
$t = 11^{\circ}5, e = 5\cdot1, B_0 = 725\cdot0$					$t = 11^{\circ}2, e = 5\cdot5, B_0 = 726\cdot1$			

$$F_1 = 5\cdot4$$

$$F_2 = 15\cdot0$$

$$F_3 = 23\cdot52$$

$$F_4 = 35\cdot71$$

$$r_{a_1} = 1\cdot29$$

$$r_{a_2} = 2\cdot61$$

$$r_{a_3} = 3\cdot82$$

$$r_{a_4} = 5\cdot13$$

$$F_1 = 6\cdot15$$

$$F_2 = 13\cdot51$$

$$F_3 = 24\cdot49$$

$$F_4 = 34\cdot95$$

$$r_{a_1} = 1\cdot40$$

$$r_{a_2} = 25\cdot60$$

$$r_{a_3} = 38\cdot41$$

$$r_{a_4} = 51\cdot20$$

Tabelle I'.

	F_1	F_1+F_2	$F_1+F_2+F_3$	$F_1+F_2+F_3+F_4$	F_1	F_1+F_2	$F_1+F_2+F_3$	$F_1+F_2+F_3+F_4$
<i>G</i>	8·8	25·2	56·8	99·4	8·9	25·3	57·0	99·8
<i>A</i>	17·12	59·88	142·2	336·5	18·24	61·06	149·8	349·7
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_1	F_2	F_3	F_4
<i>M...</i>	2·79	3·17	3·37	5·55	2·98	3·17	3·62	5·71
<i>D</i>	12 ^h 32 ^m	12 ^h 26 ^m	12 ^h 18 ^m	12 ^h 13 ^m	11 ^h 47 ^m	11 ^h 42 ^m	11 ^h 36 ^m	11 ^h 31 ^m
<i>v.</i>	1·00	1·13	1·21	1·99	1·00	1·07	1·21	1·92
	$t = 20^{\circ}4, \quad e = 10\cdot9, \quad B_0 = 731\cdot2$				$t = 20^{\circ}6, \quad e = 10\cdot9, \quad B_0 = 731\cdot8$			

Bei allen Tabellen, mit Ausnahme der unter I links, gelten für die Grösse der einzelnen Oberflächen die in Tabelle I rechts gegebenen Werthe.

Tabelle II.

	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
<i>G..</i>	8·5	16·5	31·0	42·5	52·0	8·5	16·5	31·0	42·5	52·0
<i>A..</i>	6·14	15·9	31·2	47·8	107·3	7·1	17·1	34·7	50·7	120·1
<i>M..</i>	1·00	1·17	1·27	1·37	2·46	1·14	1·27	1·42	1·45	2·77
<i>D..</i>	36 ^h 7 ^m	36 ^h 9 ^m	36 ^h 8 ^m	36 ^h 8 ^m	36 ^h 0 ^m	24 ^h 40 ^m	24 ^h 43 ^m	24 ^h 42 ^m	24 ^h 43 ^m	24 ^h 43 ^m
<i>v...</i>	1·00	1·17	1·27	1·37	2·46	1·00	1·11	1·25	1·27	2·43
	$t = 10^{\circ}8, \quad e = 5\cdot7, \quad B_0 = 728\cdot2$					$t = 11^{\circ}2, \quad e = 5\cdot7, \quad B_0 = 724\cdot2$				

$$\left. \begin{array}{l} F_5 = 43\cdot72 \text{ cm}^2 \\ r_{a_5} = 64\cdot0 \text{ cm} \end{array} \right\} \text{Summe aller 5 Gefässe} = 122\cdot82 \text{ cm}^2$$

Tabelle II'.

	F_1	F_1+F_2	$F_1+F_2+F_3$	$F_1+F_2+F_3+F_4$	$F_1+F_2+F_3+F_4+F_5$	F_1	F_1+F_2	$F_1+F_2+F_3$	$F_1+F_2+F_3+F_4$	$F_1+F_2+F_3+F_4+F_5$
<i>G</i>	8·8	25·7	56·6	98·9	151·1	8·7	25·7	56·7	99·2	150·0
<i>A</i>	19·91	67·96	156·5	283·3	531·4	20·63	67·98	157·9	293·9	553·0
<i>M</i>	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
	3·23	3·56	3·61	3·62	5·67	3·34	3·51	3·66	3·89	5·93
<i>D</i>	12 ^h 52 ^m	12 ^h 47 ^m	12 ^h 42 ^m	12 ^h 36 ^m	12 ^h 31 ^m	11 ^h 44 ^m	11 ^h 40 ^m	11 ^h 35 ^m	11 ^h 29 ^m	11 ^h 25 ^m
<i>v.</i>	1·00	1·10	1·12	1·12	1·75	1·00	1·06	1·10	1·16	1·78
	$t = 20^{\circ}9, e = 10\cdot4, B_0 = 728\cdot6$					$t = 21^{\circ}3, e = 10\cdot8, B_0 = 729\cdot8$				

Der Übersichtlichkeit halber folgte hier gleich eine Zusammenstellung der bei fünf Ringgefässen erhaltenen Werthe; die vier ursprünglichen wurden nämlich noch mit einem fünften Ringgefäss umgeben, wodurch der Einfluss einer Vergrößerung der Oberfläche auf den allgemeinen Gang der Verdunstung beobachtet werden konnte.

Die Versuche I und II sind im Winter bei einer mittleren Temperatur von $11^{\circ}2$ C., jene I' und II' im darauffolgenden Sommer bei mittlerem $t = 20^{\circ}8$ ausgeführt worden. Bei letzteren kam nicht jedes Gefäss für sich gesondert auf die Wage, sondern alle zusammen auf einmal und verblieben auch auf der Wagschale während der ganzen Dauer des Versuches. Beim Abwägen wurde dabei zuerst das äusserste Gefäss abgenommen und das Gewicht aller anderen ermittelt; darauf kamen auf gleiche Weise der Reihe nach die nächst folgenden weg und so bis zum letzten; es liess sich dies viel bequemer und sicherer ausführen, als nach der früheren Art der Einzelwägung.

Die gewonnenen Werthe zeigen keine gute Übereinstimmung mit den nach der Theorie erwarteten, letztere fallen

vielmehr überall zu klein aus, wie aus folgender Zusammenstellung ersichtlich wird.

Bei vier Ringgefäßen:

I.

	F_1	F_1+F_2	$F_1+\dots+F_3$	$F_1+\dots+F_4$
1. V (experimentirt) .	0·00414	0·01496	0·03500	0·08012
2. V (berechnet)	0·00107	0·00398	0·00977	0·02891
3. V (berechnet) . .	0·00223	0·00827	0·02060	0·06040
4. V (exp.) $\times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{r^2}{a^2}} \right]$.	0·00296	0·01105	0·02782	0·08012

$$t = 11^\circ 4, \quad e = p_0 = 5 \cdot 4 \text{ mm},$$

$$p_1 = 10 \cdot 0 \text{ mm}, \quad B_0 = 725 \cdot 3 \text{ mm}.$$

I'

	F_1	F_1+F_2	$F_1+\dots+F_3$	$F_1+\dots+F_4$
1. V (experimentirt) .	0·00681	0·02330	0·05638	0·13247
2. V (berechnet)	0·00169	0·00633	0·01547	0·04580
3. V (berechnet)	0·00352	0·01233	0·03139	0·09205
4. V (exp.) $\times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{r^2}{a^2}} \right]$. . .	0·00507	0·01775	0·04470	0·13247

$$t = 20^\circ 5, \quad B_0 = 731 \cdot 6 \text{ mm},$$

$$e = p_0 = 10 \cdot 9 \text{ mm}, \quad K = 0 \cdot 230,$$

$$p_1 = 17 \cdot 9 \text{ mm}, \quad K' = 0 \cdot 2495.$$

Bei fünf Ringgefäßen:

II.

	F_1	F_1+F_2	$F_1+...+F_3$	$F_1+...+F_4$	$F_1+...+F_5$
1. V (experimentirt)	0·00246	0·00861	0·02090	0·03930	0·08180
2. V (berechnet) ..	0·00073	0·00275	0·01655	0·01310	0·03276
3. V (berechnet) ..	0·00159	0·00275	0·01402	0·02805	0·07012
4. V (exp.) $\times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{r^2}{a^2}} \right]$	0·00186	0·00589	0·01636	0·03272	0·08180

$$\begin{aligned}
 t &= 11^\circ 0, & B_0 &= 726 \cdot 2 \text{ mm}, \\
 p_0 &= 5 \cdot 7 \text{ mm}, & K &= 0 \cdot 214, \\
 p_1 &= 9 \cdot 8 \text{ mm}, & K' &= 0 \cdot 2416.
 \end{aligned}$$

II'.

	F_1	F_1+F_2	$F_1+...+F_3$	$F_1+...+F_4$	$F_1+...+F_5$
1. V (experimentirt)	0·00780	0·02614	0·06051	0·11222	0·21089
2. V (berechnet) ..	0·00133	0·00493	0·01176	0·02351	0·05876
3. V (berechnet) ..	0·00280	0·01036	0·02468	0·04937	0·12342
4. V (exp.) $\times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{r^2}{a^2}} \right]$	0·00481	0·01771	0·04220	0·08440	0·21089

$$\begin{aligned}
 t &= 21^\circ 0, & B_0 &= 729 \cdot 2 \text{ mm}, \\
 p_0 &= 10 \cdot 6 \text{ mm}, & K &= 0 \cdot 231, \\
 p_1 &= 18 \cdot 6 \text{ mm}, & K' &= 0 \cdot 2499.
 \end{aligned}$$

Diese Tabellen enthalten die Verdampfungsmengen in Kubikcentimetern pro Secunde aus den ganzen inneren Ober-

flächen, theoretisch durch

$$V_1 = V \left[1 - \sqrt{1 - \frac{R^2}{a^2}} \right]$$

gegeben, und zwar in der ersten Zeile die experimentell ermittelten Verdampfungsmengen¹ (in Kubikcentimetern pro Secunde) von dem mittleren kleinsten Gefässe angefangen bis zu der Summe von mittleren zwei, drei u. s. f. Die zweite Zeile enthält die nach obiger Formel berechneten Werthe für $a = 51 \text{ mm}$ und $R = 0.215$ (Landolt), ebenso die darauffolgende dritte, aber für $a = 95 \text{ mm}$ (gefundene Excentricität nach der Saugmethode) und für das etwas grössere $R' = 0.242$ (Guglielmo); in der vierten Zeile endlich ist das Product des aus der Summe aller Gefässe experimentell gefundenen Werthes V mit dem in eckigen Klammern geschlossenen Ausdruck angesetzt.

Diese Zusammenstellung zeigt, dass die von Stefan einer solchen Berechnung zu Grunde gelegte Excentricität (51 mm) absolut unmöglich ist (zweite Zeile); eine bedeutend bessere Übereinstimmung wird erst erzielt, wenn man in die Rechnung mit der oben besprochenen Excentricität (95 mm) eingeht (dritte Zeile), doch selbst dieser Werth für c ist noch zu klein.

Was die vierte Zeile anbelangt, so soll dieselbe direct den Beweis erbringen, dass der Factor $\left[1 - \sqrt{1 - \frac{R^2}{a^2}} \right]$ für mittlere Oberflächentheile zu geringe Werthe angibt: Die Gesamtverdunstungsmenge V ist jedenfalls richtig, weil vom Experimente selbst entnommen; es kann somit die nicht unbeträchtliche Abweichung in den Zahlen der ersten und vierten Zeile nur von dem in Klammern befindlichen Ausdruck bedingt sein. Dadurch, dass in Folge dieses Factors die Verdampfungsmenge aus den inneren Flächen zu klein ausfällt, nimmt der Werth für dieselbe an den äussersten Randtheilen übermässig zu.

¹ Die in Milligramm angegebene Wassermenge ist in Dampfform (in Kubikcentimetern) nach dem Ausdruck

$$V = \text{Gewicht in Milligramm} \times 1.244 \times (1 + \alpha t) \frac{760}{B_0}$$

umgerechnet worden.

Somit kommen wir zu dem letzten hier besprochenen Thema, nämlich zu der Berechnung der Verdampfungsmengen aus einzelnen Stellen der Oberfläche.

Die in Kubikcentimetern in d .sec. verdunsteten Dampfmen gen aus der ganzen Oberfläche der einzelnen Ringgefässe findet man in der ersten Zeile auf der linken Hälfte folgender Tabelle; in der zweiten Zeile sind die nach Stefan berechneten, durch Integration der Gleichung

$$v_1 = \frac{V}{2\pi a \sqrt{a^2 - r^2}}$$

zwischen den Grenzen r und R gewonnenen Werthe

$$v = V \left[1 - \frac{r^2}{a^2} - \sqrt{1 - \frac{R^2}{a^2}} \right]$$

angesetzt.

Horizontalreihe 3 und 4 haben eine ähnliche Bedeutung wie die entsprechenden Zeilen in den zuletzt besprochenen Tabellen.

Die rechte Seite der Tabellen enthält die auf 1 cm^2 reducirten Verdampfungsmengen der linken Seite, wobei die einzelnen Oberflächen, von der mittleren angefangen, die daselbst seitlich angeschriebenen Werthe besitzen.

Die mit einem Strich versehenen römischen Ziffern bedeuten wie früher die im Sommer erhaltenen Resultate.

Man sieht aus diesen Zahlen, dass auch hier die experimentellen Werthe mit den theoretischen sich nicht decken.

Die im Mittel für 1 cm^2 der aufeinanderfolgenden Oberflächen gefundenen Werthe verhalten sich

experimentirt wie	. . 1	1·03	1·14	1·84	bei 4 Ringgefässen	
berechnet wie		1	1·12	1·27	2·94	4

und

exper. wie	. . 1	1·03	1·12	1·21	1·98	bei 5 Ringgefässen
berechn. wie	. . 1	1·17	1·23	1·53	3·55	5

In Wirklichkeit verdunstet demnach aus 1 cm^2 des äusseren Ringgefässes nicht einmal doppelt soviel als aus einer gleich grossen Fläche in der mittleren Gegend, während nach der Theorie eine dreifache Verdunstungsmenge zu erwarten wäre.

Bei vier Gefäßen:

	F_1	F_2	F_3	F_4	F_1	F_2	F_3	F_4
I.								
1.	0·00414	0·01082	0·02004	0·04512	0·000708	0·000721	0·000789	0 001253
...	0·00107	0·00291	0·00579	0·01914	0·000183	0·000194	0·000228	0·000532
3.	0·00223	0·00604	0·01233	0 03980	0 000382	0·000401	0 000485	0 001105
4.	0·00296	0·00809	0·01627	0·05280	0·000506	0·000538	0·000640	0·001466
I'								
1.	0·00681	0·01648	0·03308	0·07609	0·001108	0 001148	0·001285	0·002113
2.	0·00169	0·00464	0·00914	0·03033	0 000275	0·000322	0·000355	0·000843
3.	0·00351	0·00882	0·01906	0·07299	0·000601	0·000588	0 000750	0·002027
4.	0·00507	0·01268	0·02695	0·08767	0·000824	0·000872	0·001047	0·002435
$F_1 = 5·84 \text{ cm}^2$, $F_2 = 15·05 \text{ cm}^2$, $F_3 = 25·41 \text{ cm}^2$, $F_4 = 36·00 \text{ cm}^2$								

Bei fünf Ringgefässen.

	F_1	F_2	F_3	F_1	F_5	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
II.										
1.	0·00246	0·00615	0·01229	0·01840	0·04250	0·000400	0·000426	0·000477	0·000513	0·000917
2.	0·00073	0·00202	0·00380	0·00655	0·01966	0·000118	0·000140	0·000148	0·000182	0·000424
3.	0·00159	0 00430	0·00813	0·01403	0·04207	0·000258	0·000298	0·000316	0 000389	0·000908
4.	0·00186	0·00501	0·00949	0·01636	0 04908	0·000302	0·000347	0·000369	0 000454	0·001060
II'.										
1.	0·00780	0·01834	0·03437	0·05171	0·09861	0·001268	0·001274	0·001335	0·001436	0·002129
2.	0·00133	0 00360	0 00683	0·01175	0 03525	0·000216	0·000249	0·000265	0·000326	0·000761
3.	0·00280	0·00756	0·01432	0·02469	0·07405	0·000455	0·000524	0 000556	0·000685	0·001599
4.	0·00481	0·01290	0·02449	0 04220	0·12649	0 000782	0·000895	0·000944	0·001172	0·002731
$F_1 = 6 \cdot 15 \text{ cm}^2, F_2 = 14 \cdot 42 \text{ cm}^2, F_3 = 25 \cdot 74 \text{ cm}^2, F_4 = 36 \cdot 00 \text{ cm}^2, F_5 = 46 \cdot 31 \text{ cm}^2$										

Durch Einführung der grösseren Excentricität (95 mm) in die Rechnung erzielt man wohl besser übereinstimmende Werthe (dritte Zeile), doch deren fehlerhafte Vertheilung an den einzelnen Stellen bleibt nach wie vor bestehen (vierte Zeile), d. h. der Factor $\left[1 - \sqrt{1 - \frac{r^2}{a^2}}\right]$ wächst mit zunehmendem r und constantem a viel rascher als es der Wirklichkeit entspricht.

Die Theorie verlangt für die Vertheilung der Dampfspannung eine Niveaucurve, die sich gegen die verdunstende Oberfläche zu stark herunterneigt; anderseits gibt sie aber für die äusseren Theile dieser Oberfläche zu grosse Verdunstungsmengen an: diese zwei Forderungen schliessen sich aber gegenseitig aus, und die theoretischen Werthe verlieren dadurch noch mehr an Zuverlässigkeit.

Was den Einfluss einer Vergrösserung der Gesamtoberfläche auf die Vertheilung der Verdunstungsmengen in den mittleren Theilen anbelangt, so sieht man, dass dadurch die Verdampfung nur der äusseren Stellen beträchtlich herabgedrückt wird; die mehr gegen die Mitte befindlichen Flächen werden von einer solchen Vergrösserung fast gar nicht benachtheiligt.

Aus obigen Tabellen geht auch noch hervor, dass der Unterschied zwischen den experimentellen und theoretischen Werthen der Verdampfungsmengen aus der Summe aller Ringgefässe mit zunehmender Temperatur grösser wird; dieser beträgt bei vier Gefässen und

$$\begin{array}{ll} 11^{\circ}4\text{ C.} & 0\cdot08012 - 0\cdot02891 = 0\cdot05121\text{ cm}^3, \\ 20^{\circ}5\text{ C.} & 0\cdot13247 - 0\cdot04580 = 0\cdot08667\text{ cm}^3, \end{array}$$

bei fünf Gefässen und

$$\begin{array}{ll} 11^{\circ}0\text{ C.} & 0\cdot08180 - 0\cdot03276 = 0\cdot05904\text{ cm}^3, \\ 21^{\circ}1\text{ C.} & 0\cdot21089 - 0\cdot05876 = 0\cdot15213\text{ cm}^3 \end{array}$$

und bei einem einzigen Gefässe von gleicher Oberfläche, wie alle 4 Ringgefässe zusammengenommen

$$\begin{array}{ll} 10^{\circ}2\text{ C.} & 0\cdot07333 - 0\cdot02547 = 0\cdot04786\text{ cm}^3, \\ 20^{\circ}5\text{ C.} & 0\cdot14043 - 0\cdot05180 = 0\cdot08863\text{ cm}^3 \end{array}$$

Es verhalten sich demnach die Unterschiede in den Verdampfungsmengen für 10° C. Temperaturdifferenz für ein Gefäss vom

$$\text{Radius } r = 51 \text{ mm wie } \dots \quad 1 \quad 1.77$$

$$\text{Radius } r = 64 \text{ mm wie } \dots \quad 1 \quad 2.57.$$

Es könnte immerhin eingeworfen werden, dass bei dieser Art der Versuche in Folge zu vieler Gefässwandungen der allgemeine Gang der Verdunstung beeinträchtigt worden sei; dem ist aber nicht so; denn mehrere Verdampfungsversuche mit einem Gefässe von beinahe gleicher Oberfläche wie die Summe aller vier obigen, also von rund 80 cm^2 , ergaben eine befriedigende Übereinstimmung in den Verdampfungsmengen: es verdunsteten aus diesem Gefäss in der Secunde

$$0.07333 \text{ cm}^3 \text{ Dampf } (0.05444 \text{ mg})$$

bei

$$t = 10^{\circ}2, \quad e = 4.9 \text{ mm}, \quad B_0 = 727.4 \quad (k = 0.213),$$

während früher, Seite 400

$$0.08012 \text{ cm}^3 \text{ Dampf } (0.05444 \text{ mg})$$

bei

$$t = 11^{\circ}4, \quad e = 5.4 \text{ mm}, \quad B_0 = 725.3$$

und dann im Sommer ebenso

$$0.14043 \text{ cm}^3 \text{ Dampf } (0.09431 \text{ mg})$$

bei

$$t = 20^{\circ}5, \quad e = 10.6 \text{ mm}, \quad B_0 = 730.3 \quad (k = 0.230);$$

früher

$$0.13247 \text{ cm}^3 \text{ Dampf } (0.09431 \text{ mg})$$

bei

$$t = 20^{\circ}5, \quad e = 10.9 \text{ mm}, \quad B_0 = 731.6.$$

Die entsprechenden, nach der Theorie durch

$$V = 4ak \log_n \frac{P-p_0}{P-p_1}$$

berechneten Werthe lauten:

$$0.02547 \text{ cm}^3 \quad \dots \text{jetzt } (k = 0.213)$$

$$0.02891 \text{ cm}^3 \quad \dots \text{früher}$$

und

$$\begin{array}{ll} 0 \cdot 05180 \text{ cm}^3 & \text{.jetzt } (k = 0 \cdot 230) \\ 0 \cdot 04580 \text{ cm}^3 & \text{.früher.} \end{array}$$

Die geringen Abweichungen erklären sich genügend aus den Temperatur- und Druckunterschieden.

Schlussfolgerungen.

Aus den oben mitgetheilten Versuchsergebnissen glaube ich folgende Schlüsse ziehen zu dürfen:

1. Die von J. Stefan auf deductivem Wege abgeleitete Ellipsenform der Curven gleicher Dampfspannung über einer verdunstenden Flüssigkeitsoberfläche besitzt, gegenüber der experimentell ermittelten, eine zu kleine Excentricität; die Erfahrung verlangt eine fast zweimal so grosse, und zwar speciell für den hier untersuchten Fall, ein $c = 95 \text{ mm}$ statt des theoretischen $c = 51 \text{ mm}$.

2. Der Ausdruck

$$v = - \frac{k}{P-p} \frac{dp}{dn},$$

welcher nach Stefan die in der Secunde durch die Einheit des Querschnittes diffundirte, volumetrisch gemessene Dampfmenge wiedergeben soll, zeigt nur dann mit der Erfahrung übereinstimmende Werthe, wenn man der Berechnung der jeweiligen Niveauflächen eine beinahe doppelt so grosse Excentricität als die von ihm gefolgerte zu Grunde legt.

3. Dasselbe ist der Fall bei der Berechnung der Verdampfungsmenge V aus einem offenen, kreisförmigen Gefässe nach der Formel:

$$V = 4 ak \log_n \frac{P-p_0}{P-p_1}.$$

4. Der Unterschied zwischen den Werthen der Theorie und der Erfahrung wächst mit zunehmender Temperatur.

5. Die Gleichung, welche von Stefan für die Berechnung der Verdampfungsmenge aus irgend einem inneren Theil einer verdunstenden Flüssigkeitsoberfläche aufgestellt wurde, nämlich

$$V_1 = V \left[1 - \sqrt{1 - \frac{r^2}{a^2}} \right]$$

gibt, auch wenn die gesammte Verdampfungs menge aus dem ganzen Gefässe mit der experimentell gefundenen übereinstimmt, für die inneren Oberflächentheile zu geringe Werthe an.

6. Die Verdampfungs menge aus einer beliebig weit von der Mitte der Flüssigkeitsoberfläche befindlichen Stelle, berechnet nach

$$v_1 = \frac{V}{2\pi a \sqrt{a^2 - r^2}}$$

fällt für mehr central gelegene Theile zu klein, für Randtheile jedoch zu gross aus.

Anmerkung.

Obwohl Stefan bei Verdampfungsversuchen die Verwendung von Benzol, Äther und dergleichen statt des zu langsam verdunstenden Wassers anempfohlen, ist hier doch letzteres verwendet worden, weil das specifische Gewicht des Wasserdampfes nicht soviel als jenes obiger flüchtigeren Substanzen von dem der umgebenden feuchten Luft abweicht. Dass dies von grosser Bedeutung wird bei Versuchen, wo es sich hauptsächlich um eine regelmässige Diffusion der verdunsteten Theilchen handelt, hat ja bereits Töpler¹ mit der von ihm zuerst angewandten Schlierenmethode gezeigt: er sah bekanntlich, dass aus einer freien Ätheroberfläche der Dampf nicht nach oben in die Luft diffundirte, sondern vielmehr zum grössten Theile wie eine Flüssigkeit über die Ränder des Gefässes nach unten fadenförmig sich ergoss. Eine solche, von der Schwerkraft herrührende Störung des Diffusionsvorganges musste hier nach Thunlichkeit vermieden werden.

Mit zu flüchtigen Substanzen liess sich auch wegen der Beschränktheit des Versuchsraumes, welcher in der kürzesten Zeit mit den betreffenden Dämpfen gesättigt worden wäre, nicht gut experimentiren, zumal die nöthigen Vorbereitungen vor dem Beginne des eigentlichen Versuches mit den Saugröhren ziemlich viel Zeit in Anspruch nahmen.

Überdies war noch ein anderer Umstand, der für diese Wahl sprach, nämlich die bei rascher Verdunstung auftretende

Abkühlung der Flüssigkeitsoberfläche, und zwar nicht so sehr eine allgemeine als vielmehr eine unregelmässig vertheilte; denn an den äusseren Theilen des mit einer flüchtigen Substanz gefüllten Versuchsgefässes tritt, in Folge der daselbst viel schneller vor sich gehenden Verdunstung als in der Mitte, eine immerhin starke Temperaturerniedrigung auf, welche die so nothwendig gleichmässige Vertheilung der Temperatur auf der Oberfläche stört, und in die gewonnenen Resultate einen constanten Fehler hineinbringt. Anders verhält sich dies aber bei der im Allgemeinen sehr trägen Verdunstung des Wassers: hier kann aus der Umgebung und aus den tiefer liegenden Schichten der Flüssigkeit fortwährend die bei dem Verdunstungsvorgange verhältnissmässig wenig verbrauchte Wärme rechtzeitig nachrücken, und es herrscht sodann auf der ganzen Oberfläche eine ziemlich constante und gleichmässig vertheilte Temperatur.

Ein Versuch dauerte drei Stunden; während dieser Zeit verdunsteten im Mittel 600 *mg* Wasser, welche in dem Raume von 0.6 *cm*³ Inhalt die daselbst vorhandene absolute Luftfeuchtigkeit um 1 *mg* pro Liter zum Steigen gebracht hätten, d. h. von 5 auf 6 *mg*. Dies traf aber in Wirklichkeit nicht zu, weil die reichlich vorhandene Schwefelsäure die überschüssige Feuchtigkeit fortwährend an sich zog, was auch durch directe Saugversuche, welche einen höchstens um 0.2 *mg* grösseren Feuchtigkeitsgehalt im Inneren des Glaskastens als im Locale selbst angaben, bestätigt wurde. Eine so kleine Erhöhung der Feuchtigkeit konnte demnach keinen irgendwie störenden Einfluss auf die weitere Verdampfung üben. So erscheint denn die Bevorzugung und Anwendung von Wasser statt einer anderen flüchtigeren Flüssigkeit bei dieser Versuchsart von nicht geringem Vortheil und somit ganz gerechtfertigt.

ZOBODAT - 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: 1897

Band/Volume: [106_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Pallich J. v.

Artikel/Article: [Über Verdunstung aus einem offenen kreisförmigen Becken. 384-410](#)