

ÜBER DEN WASSERGEHALT DER WOLKEN

VON

DR. VICTOR CONRAD.

(AUS DEM PHYS.-CHEM. INSTITUTE DER WIENER UNIVERSITÄT.)

Mit 5 Textfiguren.

(VORGELEGT IN DER SITZUNG AM 17. MAI 1901.)

Die erste Untersuchung über den Wassergehalt von Wolken und Nebeln hat wohl Schlagintweit im Jahre 1851 angestellt. Er hatte auf der Vincenthütte (3152 *m*), die an den Hängen des Monte Rosa liegt, längeren Aufenthalt genommen, um den Kohlensäuregehalt der Luft in diesen Höhengschichten zu bestimmen. Da er hiebei die zu untersuchende Luft durch Kohlensäure absorbierendes Material leitete und den CO₂-Gehalt aus der Gewichtszunahme der absorbierenden Substanz erschloss, mag ihm der Gedanke gekommen sein, Nebelluft durch Wasser absorbierende Substanz (Chlorcalcium) zu leiten und wieder aus der Gewichtszunahme vor allem den Gesamtwassergehalt des aspirierten Luftquantums zu bestimmen, dann die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit (das gasförmige Wasser) zu subtrahieren und so den Gehalt an flüssigem Wasser zu erhalten, das in Tröpfchenform in der Luft suspendiert ist. Auf diese Weise findet Schlagintweit im Cubikmeter Wolke circa 2·79 g flüssiges Wasser.¹

Dieses Resultat verlor jedoch sehr an Wert, als ich, durch eine gütige Mittheilung von Herrn Hofrath Hann aufmerksam gemacht, die Versuche nach den vorliegenden Daten mit Hilfe der Hann-Jelinek'schen Psychrometer-Tafeln nachrechnete und ganz andere Werte erhielt als Schlagintweit. Es wäre noch möglich gewesen, dass er falsche Tafeln hatte; nun ergaben sich aber aus den im Jahre 1848 erschienenen August'schen Tafeln (die also Schlagintweit sicher zur Verfügung standen) beinahe dieselben Werte² wie aus den vorerwähnten Tabellen. So ergibt sich denn mit Sicherheit, was Herr Hofrath Hann bereits vermuthet hatte: Schlagintweit hat irrtümlicherweise eine volummetrische Correctur mit Rücksicht auf seinen Barometerstand angewendet und ist so zu den unrichtigen Resultaten gelangt. Durch diesen Umstand werden auch die beiden Controlversuche hinfällig, die Schlagintweit

¹ Neue Untersuchungen über die physikalische Geographie und Geologie der Alpen von Adolf und Hermann Schlagintweit. Cap. XIII, S. 446.

² Herr Director Pernter hatte die Güte dieselben aus den genannten Tafeln zu berechnen.

anstellte. Wenn nämlich der Beobachtungsort frei von Nebel war, bestimmte er mit seiner Aspirationsmethode die absolute Feuchtigkeit und berechnete sie zugleich aus der abgelesenen Psychrometerdifferenz. Schlagintweit findet eine gute Übereinstimmung; die der Psychrometerdifferenz wirklich entsprechenden Werte ergeben aber circa 30procentige Fehler.

Die folgende Tabelle enthält die Daten der drei Versuche, die Schlagintweit angestellt hat; die sechste Colonne enthält die von Schlagintweit berechneten, die letzte die richtig berechneten Werte für den Wassergehalt im Cubikmeter.

Temp.	Psychr.-Differenz	Totaler H ₂ O Gehalt in m ³ in g	Gehalt an gasförmig. H ₂ O im m ³ in g	Gehalt an flüssigem H ₂ O im m ³ in g	
				von Sch. berechnet	richtig berechnet
3·7 °C.	0·0	8·16	6·20	1·96	1·96
2·8	0·3	6·90	5·60	1·30	1·30
3·15	0·0	5·57	5·99	-0·42	-0·42

Im Jahre 1886 theilte Dines¹ in einer Discussion der Londoner meteorologischen Gesellschaft mit, dass er für den Wassergehalt im Cubikmeter Nebel 0·7 g gefunden habe; »in einer dichten Wolke, wie man sie an Waschtagen in einer Küche findet« betrug die Wassermenge im Cubikmeter bei einer Temperatur von 21° C. 2·1 g. Auch Dines verwendet die Aspirationsmethode, nur füllt er die Trockenröhren mit Schwefelsäure statt mit Chlorcalcium.

Pernter² hat auf dem Hochobir Herbstnebel untersucht, jedoch nicht mehr Wasser im Cubikmeter gefunden, als der abgelesenen Psychrometerdifferenz entsprach.

Schließlich hat Fugger³ Messungen in Winterstadtnebeln in Salzburg angestellt. Er erhält nicht einmal jene Wassermengen, die den jeweiligen Psychrometerangaben entsprechen würden. Dieses Deficit mag zwei Gründe haben. Erstens hat Fugger nur eine einzige Chlorcalciumröhre genommen, die wohl nicht imstande war, das Wasser der durchgeleiteten Luft so rasch zu absorbieren, zweitens sind Psychrometerangaben bei Temperaturen unter 0° C. wohl nicht allzu verlässlich.

In der Tabelle fasse ich die Fugger'schen Resultate zusammen. Die letzte Colonne enthält die Differenzen zwischen dem der Temperatur entsprechenden dampfförmigen Wassergehalt und den Fugger'schen Werten. Da bei allen Versuchen vollständige Sättigung angegeben ist, konnte die Angabe der Psychrometerdifferenz weggelassen.

Temperatur	Schweite in Schritten	Totaler H ₂ O Gehalt in m ³ in g	Differenz in g
- 2·0° C.	190	3·29	0·91
- 4·0	270	3·09	0·61
+ 1·6	190—270	3·55	1·89
- 15·4	145	1·25	0·37
- 5·8	145	1·90	1·26
- 5·0	70	2·60	0·80

¹ Quarterly Journ. of the R. Met. Soc. Vol. XII 1886, p. 112.

² Eine eigene Publication ist nicht vorhanden. Erwähnt sind diese Versuche in einer Literatur-Zusammenstellung über den Gegenstand der vorliegenden Abhandlung von Hann. Met. Zeitschrift 1889, S. 303.

³ Siehe Anmerkung ² diese Seite.

Die Ursache des Misslingens aller dieser Versuche liegt wohl in der angewandten Methode. Es wurde nämlich immer die Aspirationsmethode befolgt. Da nun die Luft beinahe nie ruhig ist, erhalten gerade die flüssigen Theilchen eine ziemlich bedeutende lebendige Kraft und sie fliegen an der Mündung der Chlorcalciumröhre vorüber, da der schwache Luftstrom, der durch einen kleinen Aspirator erzeugt wird, nicht imstande ist die Bahnen der Flüssigkeitstheilchen derart abzulenken, dass sie in die Röhren gelangen.

Laboratoriumsversuche.

Die folgenden Versuche hatten vor allem den Zweck, die Aspirationsmethode gründlich zu prüfen. Zu diesem Behufe wurde mittels eines kleinen Dampfkessels eine künstliche Wolke erzeugt, die auf ihren Wassergehalt untersucht wurde.

1. Versuch.

Drei U-förmige Chlorcalciumröhren werden mit kurzen, dickwandigen Schläuchen hintereinandergeschaltet und mit einem Aspirator verbunden, der bei ganz geöffnetem Hahne eine Sauggeschwindigkeit von $0.5\ l$ in der Minute zuließ. Die offene Mündung der letzten Röhre wurde circa $1.3\ m$ vom Auspuffrohr entfernt senkrecht zur Richtung des Dampfstrahles aufgestellt. Temperatur und Feuchtigkeit wurden mittels eines Assmann'schen Psychrometers bestimmt, welches in der Distanz von ungefähr $5\ cm$ vom Ende der Röhre aufgehängt war. Das durchgesaugte Luftvolum v betrug

$$v = 10\ l.$$

Die gesammte Gewichtszunahme P der drei Röhren

$$P = 0.3240\ g.$$

Das Temperaturmittel aus 10 Ableisungen betrug

$$t = 29.6^{\circ}\ C.,$$

die Psychromererendifferenz

$$t - t' = 0.$$

Gewicht des gesättigten Wasserdampfes im Cubikmeter für die Temperatur t

$$f = 29.46\ \text{(nach Kohrausch).}$$

Den Gehalt an Wasser in flüssiger Form im Cubikmeter erhält man aus der Formel

$$G = \frac{1000\ P}{v} - f.$$

Daher resultiert aus den angegebenen Daten für

$$G = 2.94\ g.$$

2. Versuch.

Die Versuchsordnung ist dieselbe wie beim ersten Versuch.

$$v = 10\ l$$

$$T = 0.2810\ g$$

$$t = 28.0^{\circ}\ C. \text{ (aus 20 Ableisungen)}$$

$$t - t' = 0$$

$$f = 27.0\ g$$

$$G = 1.1\ g.$$

3. Versuch.

Versuchsanordnung wie früher.

$$\begin{aligned}v &= 50 \text{ l} \\P &= 0.8500 \text{ g} \\t &= 20.3^\circ \text{ C. (Mittel aus 114 Ablesungen)} \\t-t' &= 0 \\f &= 17.5 \text{ g} \\G &= -0.48 \text{ g.}\end{aligned}$$

Die starke Divergenz dieser Resultate mag vor allem zwei Ursachen haben: 1. Falsche Temperaturbestimmung; 2. die Unmöglichkeit, mit einem gewöhnlichen Dampfkessel, wie er mir zur Verfügung stand, Wolken von gleicher Beschaffenheit zu erzeugen. Zu dem ersten Punkte möchte ich noch bemerken, dass die Temperatur in einer solchen Dampfvolke ziemlich stark variiert. Beim dritten Versuche betrug z. B. die Schwankung 5° C. , von 18° C. bis 23° C. Nun bedeutet aber innerhalb des in Betracht kommenden Temperatur-Intervalles ein Fehler von 1° C. $1-2 \text{ g}$ an gasförmigem Wasser im Cubikmeter Luft; und so dürften die beiden oberwähnten Gründe wohl ausreichen, um die Differenzen zwischen den Resultaten erklärlich erscheinen zu lassen.

4. Versuch.

Es musste noch festgestellt werden, ob überhaupt Flüssigkeitstheilchen durch die Strömung des Dampfstrahles in die Trockenröhren eingeführt werden. Zu diesem Zwecke wurden die Röhren dem Dampfstrahl mit der Mündung entgegengestellt und außerdem noch vor dieselbe ein Trichter gehängt, die weite Öffnung dem Auspuffrohr zugewandt. Die Daten des Versuches waren folgende:

$$\begin{aligned}v &= 50 \text{ l} \\P &= 1.4044 \text{ g} \\t &= 24.78^\circ \text{ C. (Mittel aus 170 Ablesungen)} \\t-t' &= 0 \\f &= 22.56 \text{ g} \\G &= 5.529 \text{ g.}\end{aligned}$$

Diesem Resultate nach scheint die obige Annahme sich zu bestätigen, die für Versuche im Freien freilich besagen würde, dass bei dieser Methode der Wert für den Wassergehalt einer Wolke von der Richtung abhängen würde, in der die Chlorcalcium-Röhren gegen den Wind stehen.

Um schließlich noch nachzuweisen, dass die lebendige Kraft der Flüssigkeitstheilchen an den kleinen Werten für den Gehalt an flüssigem Wasser schuld sei, wurde ein Dampfüberhitzer an dem Auspuffrohr des Kessels angebracht. Der Überhitzer bestand aus einem langen Schlangenrohr, das von einer Menge kleiner Bunsenbrenner geheizt werden konnte. Der Apparat hatte in doppelter Weise die gewünschte Wirkung: Der Dampf strömte bedeutend langsamer, und die Flüssigkeitstheilchen wurden verkleinert. Es ergaben sich auch bei den zwei folgenden Versuchen der Annahme gemäß größere Werte für G . Bei beiden Versuchen waren die Chlorcalcium-Röhren senkrecht auf den Dampfstrahl gerichtet, weshalb die Resultate derselben mit jenen der ersten 3 Versuche zu vergleichen sind.

5. Versuch.

$$\begin{aligned}
 v &= 60 \text{ l} \\
 P &= 1.8957 \text{ g} \\
 t &= 24.5^\circ \text{ C. (Mittel aus 75 Ablesungen)} \\
 f^1 &= 22.124 \\
 t-t' &= 0 \\
 G &= 9.47 \text{ g.}
 \end{aligned}$$

6. Versuch.

$$\begin{aligned}
 v &= 60 \text{ l} \\
 P &= 2.1171 \text{ g} \\
 t &= 30.70^\circ \text{ C. (Mittel aus 100 Ablesungen)} \\
 f &= 30.307 \\
 G &= 4.97 \text{ g.}
 \end{aligned}$$

Der Wert des sechsten Versuches ist sicherlich noch zu klein, da durch einen Missgriff bereits gebrauchte Röhren genommen wurden, die wohl nicht die ganze Wassermenge absorbieren konnten.

Ich hoffe, mit den vorhergehenden Versuchen gezeigt zu haben, dass die Aspirationsmethode in dieser Form nicht zum Ziele führen kann, da die mit derselben erzielten Resultate von Factors abhängen, die mit dem Wassergehalt nichts zu thun haben, und es nothwendig ist dieselbe so umzugestalten, dass die Sauggeschwindigkeit gegen die Geschwindigkeit der Flüssigkeitstheilchen groß wird.

Das naheliegendste wäre es wohl gewesen, die Wolke in einen Cylinder durch rasches Zurückziehen eines gut eingeschliffenen Kolbens mittels Zahnradtriebes (wie bei Luftpumpen) einzusaugen. Vielleicht könnte man an der Saugöffnung des Cylinders direct eine Trockenröhre von großer Öffnung anbringen. Der ganze Apparat, auf einem transportablen Stativ aufmontiert, stellte dann wohl die einfachste und am leichtesten ausführbare Methode vor, den Gehalt an flüssigem Wasser zu bestimmen. Der beschriebene Apparat hat jedoch zwei große Fehler: Schwierigkeit der Ausführung und große Kostspieligkeit.

Daher wurde der Apparat nicht in dieser complicirten Form hergestellt, sondern getheilt. Ein Glasballon wird evacuirt, durch das Öffnen eines weiten Hahnes lässt man die Wolkenluft hineinstürzen, und schließlich bringt man durch Durchsaugen trockener Luft das Wasser aus dem Glasballon in Chlorcalcium-Röhren.

Die Herstellung einer solchen zu diesem Zwecke geeigneten Flasche ist ungemein einfach. Man sprengt von einer dickwandigen Glasflasche einen Theil des Halses ab und ersetzt denselben durch eine Kappe *K* (siehe Fig. 1) aus starkem Messingblech. Dieselbe trägt 2 Ansatzröhren *W* und *w* aus gleichem Materiale. *w* reicht in die Flasche hinein und wird durch einen Kautschukschlauch *s* bis auf den Boden der Flasche verlängert. In *W* ist ein Glashahn mit 10 mm Öffnungsdurchmesser, in *w* einer mit 2 mm lichter Weite eingekittet.

Der Versuch wird nun in folgender Weise ausgeführt. Um die Flasche zu evacuieren, wird der Hahn *h* mit einer Luftpumpe, der Hahn *H* mit einem Manometer verbunden; nach dem Auspumpen wird das Manometer und ein Barometer abgelesen, um über den Druck in der Flasche Kenntnis zu erhalten. Hierauf werden beide Hähne geschlossen, die Schlauchverbindungen mit Pumpe und Manometer gelöst und die

¹ Nach den Hann-Jelneke'schen Tafeln; alle folgenden Angaben über Dunstdruck und Gewicht des gasförmigen Wassers sind diesen Tafeln entnommen.

Flasche in die Wolke gebracht. Nun wird die Temperatur abgelesen und zugleich der Hahn *H* geöffnet, durch den die Wolkenluft in circa 1·5 Secunden hineinstürzt, hierauf wird der Hahn geschlossen. Um nun das Wasser herauszubekommen, wird *h* mit einer Trockenflasche, die mit Chlorcalcium gefüllt ist, *H* mit den vorher gewogenen Chlorcalcium-Röhren verbunden. Durch das ganze System wird dann mittels einer Wasserstrahlpumpe oder eines Aspirators Luft durchgesaugt. Dieselbe kommt, in der Trockenflasche vollkommen trocken geworden, in die Flasche, in der sich die Wolkenluft befindet, nimmt daselbst alle Flüssigkeit auf und muss sie in den Chlorcalciumröhren wieder abgeben; die Gewichtszunahme derselben gibt daher den gesammten Wassergehalt der Wolkenluft vom Volumen der Flasche.

Die Wirkung der Trockenflasche wurde dadurch erprobt, dass ich dieselbe direct mit drei hintereinander geschalteten Chlorcalciumröhren verband und 25 Stunden hindurch continuiertlich Luft durchleitete. Die Röhre, in die der Luftstrom eintrat, zeigte nach dem Versuche eine Gewichtsabnahme von 1·3 *mg*, die zweite eine Zunahme um 1·2 *mg*, während die dritte Röhre bis auf eine vernachlässigbare Differenz constant blieb. Daraus folgt, dass die Trockenflasche vollkommen gut functionierte. Auch die Dichtungen der ganzen Versuchsanordnung und der Flasche speciell wurden öfters geprüft und genügend gut befunden. Bei einer Evacuation auf 20 *mm* stieg der Druck in der Flasche innerhalb 15 Stunden um 14 *mm*.

Zur Controle der ersten Methode habe ich noch eine zweite verwendet, die in dem einfachen luftdichten Abschließen eines bestimmten Volums Wolkenluft besteht. Hierzu bediente ich mich einer Glasglocke (siehe Fig. 2), die in einem offenen Halsstück endet und durch einen doppelt gebohrten Kaut-

Fig. 1.

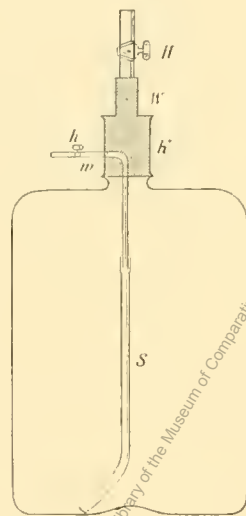
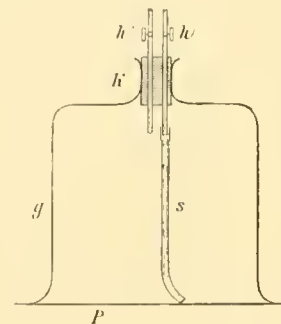


Fig. 2.



schukstöpsel verschlossen werden kann. In die beiden Bohrungen sind die Glashähne *h* und *h'* eingesetzt, von denen die Röhre des einen durch einen Kautschukschlauch *s* bis auf die Glasplatte *P* verlängert wird, die die weite Öffnung der Glocke abschließt. Um den Versuch mit der Glocke durchzuführen, muss diese sowohl wie die Glasplatte so weit erwärmt werden, bis man die Sicherheit hat, dass sich an Glocke und Platte kein Wasser condensieren kann. Für die Untersuchung natürlicher Wolken ist die gewöhnliche Zimmertemperatur wohl immer zureichend; um in der Dampfwolke die Condensation zu verhüten, wurde die Glocke mittels einer Glühlampe, die Platte mit einem Bunsenbrenner auf 70—80° C. erwärmt. Ist dieses geschehen, so hält man die Glocke mit ihrer weiten Öffnung dem Dampfstrahle (dem Winde) entgegen, und wenn die Dampfwolke (der Nebel) die Glocke gleichmäßig durchströmt, wird möglichst gleichzeitig der Stöpsel eingesetzt und die vorher noch mit Unschlitt gefettete Glasplatte vorgeschoben und aufgerieben. Es ist nun die Glocke mit Wolkenluft gefüllt und man verfährt jetzt genau so wie bei der Flasche, um die Feuchtigkeit in die Chlorcalciumröhren zu bringen

Vor dem Abkühlen muss nur noch die Dichtung zwischen Glocke und Glasplatte einerseits und Glocke und Stöpsel andererseits durch reichliches Vergießen mit Unschlitt hergestellt werden.

In den folgenden Tabellen theile ich die Resultate mit, die ich bei der Untersuchung einer Dampf- wolke nach den soeben angeführten Methoden gefunden habe.

Versuche mit der Flasche.

Es wurden zwei Flaschen verwendet, von denen die eine das Volum 5.72 l, die andere das Volum 5.51 l hatte. Wenn es nicht besonders bemerkt ist, so war der Druck in der Flasche nach dem Auspumpen so gering, dass die daraus entspringende Volumcorrectur vernachlässigt werden konnte.

Volumen in l	Temperatur ¹ in °C.	Totale Gewichts- zunahme der Chlorcalcium- Röhren	Gesamter Wasser- gehalt im m ³ Woike in g	Gehalt an gas- förmigem Wasser im m ³ in g	Gehalt an flüssigem Wasser im m ³ in g	Bemerkungen
5.72	24	0.2354	41.15	21.57	19.58	
5.72	21	0.2125	37.18	18.17	19.01	
11.23	23	0.3077	27.44	20.40	7.04	Es wurden beide Flaschen zugleich ge- füllt und das Wasser derselben in die- selben Chlorcalcium-Röhren geleitet.
5.51	22.5	0.1743	31.70	19.85	11.85	
4.72	28	0.1835	38.88	20.97	11.91	Bei diesem Versuche musste eine Volum- correctur angebracht werden: Das Volum der Flasche war $v_0 = 5.51 l$; der Druck in der Flasche $p = 107 mm$; der Barometer- stand $p = 746.2 mm$. Es ist die Volum- correctur $v_x = -\frac{v_0 p_0}{p} = -0.79 l$.
4.41	28	0.1946	44.13	20.97	17.10	Volumcorrectur: $v_0 = 5.51 l$ $p_0 = 150 mm$ $p = 751.4 mm$ $v_x = -1.10 l$
5.51	28	0.2627	47.07	20.97	20.70	
4.08	23	0.1090	30.24	20.40	15.84	$v_0 = 5.51 l$ $p_0 = 112.5 mm$ $p = 746.7 mm$ $v_x = -0.83 l$.
5.51	27	0.2430	44.10	25.54	18.50	

Mittel der Temperatur = 24.9° C.

Mittel des Gehaltes an flüssigem Wasser = 15.74 g.

¹ Die Psychrometerdifferenz betrug bei allen Versuchen Null.

Versuche mit der Glocke.

Volum = 7·6 l.

Temperatur in ° C.	Gewichts- zunahme der Chlorcalcium Röhren in g	Totaler Gehalt an Wasser in m ³ Wolke in g	Gehalt an gas- förmigem Wasser in m ³ Wolke in g	Gehalt an flüssigem Wasser in m ³ Wolke in g
25	0·3392	44·03	22·84	21·79
28	0·3322	43·71	20·97	17·74
23	0·2704	36·37	20·40	15·97
25	0·2278	29·97	22·84	7·13

Mittel der Temperatur = 25·2° C.; Mittel des Gehaltes an flüssigem Wasser = 15·66 g.

Ein Cubikmeter dieser dichten künstlichen Wolke enthält also circa 15·7 g Wasser in flüssiger Form; der Dampfkessel wird hierbei auf einen Meter Entfernung beinahe unsichtbar. Derartig kurze Schweiten kommen in der Natur wohl nie vor. Mag auch die besonders gute Übereinstimmung der beiden Mittel ein Zufall sein, so scheint mir doch die Thatsache der Übereinstimmung nicht einmal so der Mittel- als der Extremwerte für die Methoden zu sprechen.

Der Vollständigkeit halber soll noch hinzugefügt werden, dass bei den Untersuchungen natürlicher Nebel zum Durchsaugen der Luft keine (schwer transportable) Wasserstrahlpumpe, sondern ein Aspirator benützt wurde, der 12 l fasste und eine Ausflussgeschwindigkeit von 0·7 l pro Minute hatte. Es musste noch im Laboratorium ermittelt werden, wie oft der Aspirator-Inhalt durchzusaugen ist, um alles Wasser aus der Flasche oder Glocke in die Chlorcalciumröhren zu bringen. Zu diesem Behufe wurde nach jedem Ablafen des Aspirators die Gewichtszunahme der Chlorcalciumröhren bestimmt. Nach diesen Versuchen genügt es, sowohl für die Flasche, als für die Glocke (wie die folgenden Zahlen zeigen) 60 l trockener Luft durchzusaugen.

Durch- gesaugtes Luftvolum in l	Gewichtszunahme der Chlorcalcium- Röhren in g	
	Flasche	Glocke
12	0·1845	0·1725
24	·0350	0·0410
30	0·0150	0·0102
48	0·0055	0·0041
60	0·0024	0·0000

Hiemit erschienen die Laboratoriumsversuche beendet, und es konnte zur Untersuchung natürlicher Wolken geschritten werden.

Untersuchung natürlicher Wolken.

Um die Methoden, mit denen ich im Laboratorium gearbeitet hatte, auf natürliche Wolken anwenden zu können, gieng ich auf Veranlassung von Herrn Prof. Exner im Juli 1899 auf den Hochschneeberg bei Wien, im August desselben Jahres auf den Schafberg im Salzkammergut. Auf beiden Bergen hatte ich nicht gerade ungünstiges Wetter, hoffte aber durch längeren Aufenthalt auf einem Hochgipfel eine größere und vollständigere Reihe von Werten zu erlangen. Mit Hilfe einer Subvention der hohen kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien war es mir möglich, längere Zeit auf der meteorologischen Station des Hohen Sonnblick zuzubringen. Leider war es ein für meine Zwecke besonders ungünstiges Jahr, indem ich in der ganzen Zeit nicht mehr als sechs Messungen von Wert anstellen konnte. Auch ein Versuch, Ende October 1899 Flussnebel in Linz, und einer im November 1900, Herbstnebel im Ennsthale anzutreffen und zu messen, misslang infolge der Ungunst des Wetters. So muss ich leider selbst sagen, dass die Werte, die ich im Folgenden mittheile, nicht den Anspruch auf absolute wissenschaftliche Genauigkeit machen können: über jede andere Größe von physikalischem oder meteorologischem Werte sind viele hundert Messungen gemacht worden — gerade der Gehalt an flüssigem Wasser der Wolken und die Sehweiten in denselben sind von so vielen Zufälligkeiten beeinflusst, dass jahrelange Beobachtungs- und Versuchsreihen nöthig wären, um wirklich sichere, exacte Werte zutage zu fördern. Wenn ich dennoch die von mir gefundenen Werte publiciere, so geschieht dies darum, weil ich glaube, dass durch dieselben die richtige Größenordnung gegeben ist, die ja für manche meteorologische Überlegungen von einigem Wert sein könnte.

Um die einzelnen Messungen vergleichbar zu machen, musste ein Kriterium für die Dichte der Wolken geschaffen werden, welches sich am natürlichsten aus der Sehweite ergibt, d. h. der Angabe jener Distanz, welche nothwendig ist, um einen bestimmten Gegenstand im Nebel unsichtbar zu machen.

Versuche auf dem Schneeberg.

Die Versuche wurden nicht bei dem Hôtel, sondern circa 60—80 *m* höher auf dem Waxriegel (1884 *m*) ausgeführt. Es herrschte durchwegs ziemlich starker NE bis SE, der namentlich am Abende des 2. Juli zum Sturme anwuchs. Nur hie und da stellte sich Nebelreißer und Regen ein — zu diesen Zeiten wurden keine Versuche gemacht. Die relative Feuchtigkeit schwankte, wenn der Beobachtungsort nebelfrei war, zwischen 80 und 95 Procent und erreichte bei Nebel, wie aus der Colonne für die Psychrometerrferenz zu entnehmen ist, beinahe immer 100 Procent.

Die Sehweite im Nebel ist in österreichischen Militärschritten gemessen und in Meter umgerechnet, wobei ein Schritt = 75 *cm* ist. Ich bestimmte dieselbe dadurch, dass ich mich von einem Objecte im Terrain so weit entfernte, bis die Conturen gerade verschwanden. Hierauf wurde die Entfernung abgescritten und die Schritte gezählt. Selbstverständlich können diese Angaben (besonders bei größeren Sehweiten) absolut keinen Anspruch auf Genauigkeit machen: namentlich, wenn die Nebeldichtigkeit rasch wechselt, ist man auf eine vage Schätzung angewiesen.

Die folgende Tafel enthält die Zahlenangaben der Versuche auf dem Schneeberg; bei diesen wurde nur die eine Flasche mit einem Volumen von 5.51 *l* verwendet. Der Versuch vom 2. Juli 5^h p. m. wurde mit der Glocke ausgeführt, deren Volum 7.6 *l* beträgt. Zur Feuchtigkeits- und Temperaturmessung wurde ein Assmann'sches Aspirations-Psychrometer verwendet.

Am Morgen des 3. Juli gab es ziemlich dichten, ruhigen Nebel; ein ungemein feiner Graupelfall hinderte jedoch die Versuche; da im Laufe des Tages helles, warmes Sommerwetter eintrat, musste ich meine Versuche auf dem Schneeberg beschließen.

Datum und Zeit des Versuches	Temperatur in ° C.	Psychrometer-Differenz in ° C.	Schweite in <i>m</i>	Gewichtszunahme der Chlorcalcium-Röhren in <i>g</i>	Total-Gehalt an Wasser im <i>m</i> ³ in <i>g</i>	Gehalt an gasförmigem Wasser im <i>m</i> ³ in <i>g</i>	Gehalt an flüssigem Wasser im <i>m</i> ³ in <i>g</i>	Bemerkungen
1./VII. 4 ^h 30 ^m p. m.	8·4	0·2	22—30	0·0621	11·28	8·24	3·04	Ziemlich starker SE
2./VII. 5 ^h p. m.	8·3	0·1	22—30	0·0840	11·05	8·28	2·77	Versuch mit der Glocke. Starker E
2./VII. 7 ^h 40 ^m p. m.	7·2	0·0	30	0·0572	10·38	7·76	2·62	SE Sturm — Nebel ballenförmig
2./VII. 3 ^h p. m.	8·0	0·0	33—38	0·0538	9·70	8·23	1·54	Schwacher NE
2./VII. 4 ^h 30 ^m p. m.	8·3	0·1	38—00	0·0495	9·36	8·28	1·08	Hier müsste eine Volumecorrectur angebracht werden: $v_0 = 5\ 51\ l$ $p_0 = 24\ mm$ $p = 611\ mm$ $v_x = -0\ 216\ l$ Ziemlich starker E.
2./VII. 9 ^h 30 ^m p. m.	7·8	0·4	circa 80	0·0449	8·35	7·73	0·62	Sehr starker SE

Versuche auf dem Schafberg (1798 *m*).

Die Versuche wurden hier genau so ausgeführt wie jene auf dem Schneeberg. Auch das Wetter war beinahe dasselbe, wie jenes, das ich auf dem Schneeberg hatte. Es herrschte die ganze Zeit ein sehr starker Westwind. In der Früh des 19. August regnete es, vormittags umgaben dichte Nebel die Spitze des Berges, nachmittags war dieselbe wieder frei. Abends und in der Nacht regnete es heftig. Am Morgen des 20. August traten leichte Nebel auf, die sich im Laufe des Vormittags stark verdichteten. Nachmittags und den nächsten Tag wurde das Wetter wieder schön und machte den Versuchen ein Ende. Die Schweite (bis 30 Schritte) konnte hier recht genau bestimmt werden. Längs des Schafbergabsturzes ist nämlich ein Geländer angebracht, das in gleichen Abständen durch Pfähle gestützt ist. Wenn man nun abzählte, der wievielte Pfahl im Nebel verschwindet, konnte man darnach die Schweite bestimmen. Nach Beobachtungen, die Herr Prof. F. Exner in St. Gilgen machte, während ich auf dem Gipfel des Schafberges war, wäre zu schließen, dass die Wassergehaltsmessungen in den unteren Schichten von Cumuluswolken angestellt wurden. Die folgende Tabelle enthält die Resultate und Daten der Versuche auf dem

Zeit und Datum des Versuches	Ein-gesaugtes Volum in <i>l</i>	Temperatur in ° C.	Schweite in <i>m</i>	Gewichtszunahme der Chlorcalcium-Röhren in <i>g</i>	Total-Gehalt an Wasser im <i>m</i> ³ in <i>g</i>	Gehalt an gasförmigem Wasser im <i>m</i> ³ in <i>g</i>	Gehalt an flüssigem Wasser im <i>m</i> ³ in <i>g</i>	Bemerkungen
19./VIII. 10 ^h a. m.	5·71	1·4	19	0·0566	9·89	5·32	4·57 ¹	Sehr starker W
20./VIII. 11 ^h a. m.	5·71	4·0	20	0·0612	10·70	6·34	4·36	
19./VIII. 11 ^h 52 ^m a. m.	5·51	3·0	24—30	0·0489	8·87	5·93	2·94	
20./VIII. 8 ^h 45 ^m a. m.	5·71	2·2	40—53	0·0373	6·53	5·63	0·90	Starker W

¹ In der vorläufigen Mittheilung (Akad. Anz. Nr. XXIII vom 9. Nov. 1899) »Über den Wassergehalt der Wolken« steht irthümlicherweise 4·47.

Schafberg; sie ist genau so wie die vorhergehende eingerichtet, nur dass die Colonne für die Psychrometerdifferenz entfallen konnte, da die beiden Thermometer des Assmann'schen Psychrometers immer genau den gleichen Stand zeigten.

Versuche auf dem Hohen Sonnblick (3106·5 m).

Die österreichische meteorologische Gesellschaft hatte mir während der ganzen Zeit meines Aufenthaltes auf dem Sonnblick (Juni, Juli, August 1900) nicht nur die Gelehrtenstube zur Verfügung gestellt, sondern auch ihre Beobachter beauftragt, mich bei meinen Versuchen zu unterstützen, was diese in sehr geschickter und mitunter opferwilliger Weise gethan haben. So bin ich der genannten Gesellschaft zu großem Danke verpflichtet, den ich mir erlaube, an dieser Stelle auszusprechen.

Da sich die Ausführungs- und Anordnungsart der Versuche bewährt hatte, lag kein Grund vor, irgend eine besondere Änderung vorzunehmen. Die Feuchtigkeit wurde mittels eines Koppe'schen Haarhygrometers bestimmt. Die Sehweite konnte hier, wo ich Hilfskräfte und Hilfsmittel besaß, genauer als bei den vorigen Versuchen bestimmt werden. Meines Wissens existiert nur eine einzige Bestimmung über die Constatierung der Dichtigkeit des Nebels. Die Instruction des königlich preussischen meteorologischen Institutes sagt hierüber, dass man drei Stufen, schwachen Nebel (\equiv^0), mäßigen (\equiv^1) und starken Nebel (\equiv^2) unterscheiden solle; \equiv^0 soll solcher Nebel genannt werden, welcher in horizontaler Richtung Gegenstände von mehr als 1000 m Entfernung nicht mehr zu erkennen gestattet, während für \equiv^2 diese Grenze auf 100 m festgesetzt ist; \equiv^1 liegt zwischen diesen beiden Grenzen. Außerdem liegt noch ein Vorschlag von Gladstone¹ vor, der später von Symons ergänzt wurde. Gladstone wünscht in einem Vortrage in der Commission für Lichtsignale eine genauere Registrierung der Nebeldichtigkeit. Es soll in 100 Yard Entfernung vom Beobachter ein Pfosten eingeschlagen werden, an dem sich eine rothe Scheibe befindet; Nebel soll nur dann eingetragen werden, wenn das Signal unsichtbar ist. Symons, welcher in seinem Meteorological-Magazine den Gladstone'schen Vortrag reproducirt, macht seinerseits den weiteren ergänzenden Vorschlag: Es soll in 20 Yard Entfernung eine Scheibe angebracht werden, die auf weißem Grunde 5 schwarze Streifen trägt, der fünfte fünfmal so breit, der vierte viermal u. s. w. als der erste. Beim Verschwinden des ersten Streifens wäre Nebel 1, beim Verschwinden des zweiten Nebel 2 u. s. f. einzutragen. Bei Nacht wird die Scheibe durch eine Laterne mit gleich gefärbten, übereinander geschobenen Glasplatten ersetzt.

Für meine Zwecke erschien es mir als der vortheilhafteste und einfachste, in gerader Linie in der Distanz von je einem Meter Pfähle in den Schnee zu stecken; wollte ich die Messung machen, so stellte ich mich an den Anfang der abgesteckten Strecke und ließ den einen Beobachter längs derselben sich so lange entfernen, bis seine Conturen gerade verschwanden. Durch Zuruf verständigt, konnte er leicht constatieren, beim wievielten Meter dies der Fall gewesen war. Diese Art hat den Vortheil, dass man die Sehweite wirklich im Momente des Versuches erhält und dieselbe immer auf das gleiche Object bezieht.

Wie eingangs erwähnt, war das Wetter meiner Arbeit so ungünstig, dass ich in den drei Monaten meines Aufenthaltes nur sechs Versuche anstellen konnte. Zwei weitere Versuche ergaben negative Resultate, d. h. nicht einmal jenen Wassergehalt, der den Hygrometerangaben entsprochen hätte. Das eine Deficit betrug 1·6 g, das andere 0·17 g im Cubikmeter. Bei beiden Versuchen betrug die Sehweite 54 m, doch wechselte die Nebeldichtigkeit so rapid, dass man nicht sicher sein konnte, die Messung im richtigen Moment gemacht zu haben; der Sturm war so arg, dass auch den gebirgsgewohnten Leuten das Aufrechtstehen schwer fiel; da nun die Flaschenöffnung vom Winde abgewendet werden musste, um das Eindringen von Regentropfen zu vermeiden, mag bei dieser Windgeschwindigkeit die Sauggeschwindigkeit der Flasche zu klein gewesen sein. Bei drei Versuchen, die ich im folgenden mittheile, herrschte auffallend geringe Feuchtigkeit — das Hygrometer wurde vor und nach jedem Versuche geprüft und richtig befunden.

¹ G. H. Gladstone, On fogs and fog-signals, Z. S. f. Met., XVIII, 237 — 238.

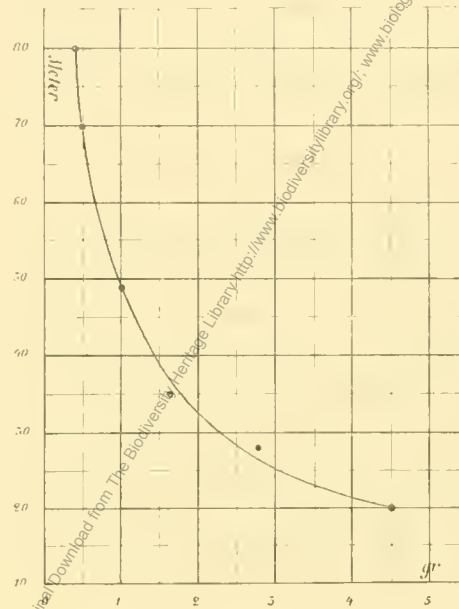
Die folgende Tabelle enthält die Versuche auf dem Sonnblick.

Zeit und Datum	Einge-saugtes Volum in <i>l</i>	Tempe-ratur in ° C.	Feuch-tigkeit in %	Sehweite in <i>m</i>	Gewicht-zunahme der Chlor-calcium-Röhren in <i>g</i>	Total-gehalt an Wasser im <i>m</i> ³ in <i>g</i>	Gehalt an gas-förmigem Wasser im <i>m</i> ³ in <i>g</i>	Gehalt an flüssigem Wasser im <i>m</i> ³ in <i>g</i>	Bemerkungen
22./VI. 5 ^h 10 ^m p. m.	5.44	-0.9	100	27	0.0378	0.95	4.01	2.34	Schwacher S Volumcorrectur: $p = 529.5 \text{ mm}$ $p_0 = 25.5 \text{ mm}$ $v_0 = 5.72 \text{ l}$ $v_c = -0.28 \text{ l}$
29./VI. 8 ^h 15 ^m p. m.	7.6	+0.5	100	30	0.0599	7.88	5.01	2.87	Leichter Wind; kein Nieder-schlag. Der Versuch ist mit der Glocke ausgeführt
29./VI. 11 ^h 15 ^m a. m.	5.23	-1.0	50	34	0.0208	3.98	2.28	1.70	Windstille. Volumcorrectur: $p = 527 \text{ mm}$ $p_0 = 27 \text{ mm}$ $v_0 = 5.51 \text{ l}$ $v_c = -0.28 \text{ l}$
20./VI. 7 ^h p. m.	5.21	+5.5	100	30	0.0442	8.48	0.99	1.49	Starker NW Volumcorrectur: $p = 529 \text{ mm}$ $p_0 = 29 \text{ mm}$ $v_0 = 5.51 \text{ l}$ $v_c = -0.302 \text{ l}$
29./VI. 1 ^h 30 ^m p. m.	5.37	-1.0	70	75	0.0199	3.70	3.20	0.50	Schwacher Wind mit etwas Schneefall. Volumcorrectur: $p = 527 \text{ mm}$ $p_0 = 32 \text{ mm}$ $v_0 = 5.72 \text{ l}$ $v_c = -0.35 \text{ l}$
29./VI. 5 ^h 30 ^m p. m.	5.23	0.0	70	80	0.0194	3.71	3.36	0.35	Wind — etwas Regen. Hahnöffnung vom Winde abgewendet. Volumcorrectur: $p = 527 \text{ mm}$ $p_0 = 27 \text{ mm}$ $v_0 = 5.51 \text{ l}$ $v_c = -0.28 \text{ l}$

Um ein ungefähres Bild von dem Zusammenhange zwischen Sehweite und Gehalt an flüssigem Wasser zu bekommen, habe ich die Werte aus den drei vorhergehenden Tabellen nach absteigenden Werten des Gehaltes an flüssigem Wasser geordnet und die einander, sowohl nach Sehweite als Gehalt an flüssigem Wasser zunächst liegenden, zu Mittelwerten vereinigt, in der folgenden kleinen Tafel zusammengefasst und in der Fig. 3 graphisch dargestellt.

Sehweite in Metern	Gehalt an flüssigem Wasser im m^3 in g
20	4.40
28	2.70
35	1.58
48	0.99
70	0.50
80	0.38

Fig. 3.



Aus dem Verlaufe der Curve (Fig. 3) lassen sich einige Schlüsse ziehen:

1. Sehweite und Gehalt an flüssigem Wasser sind invers proportional, wie vorauszusehen war.
2. Die beiden Curvenäste scheinen sich den Coordinatenaxen asymptotisch zu nähern. Verlängert man den aufsteigenden Ast in diesem Sinne, so sieht man, dass sich bei Wolken mit einer Sehweite über 150 m Wasser in flüssiger Form experimentell wohl kaum wird nachweisen lassen. In diesem Umstande mag auch ein Grund liegen, weshalb z. B. ein Theil der Fugger'schen Versuche nicht gelingen konnte.

Setzt man den absteigenden Ast fort, so erhält man für den Wassergehalt von 9 g eine Sehweite von 12 m . Durch die Erfahrungen meines ziemlich langen Sonnblick-Aufenthaltes bin ich zur Überzeugung gekommen, dass man namentlich auf dem Schnee großen Täuschungen in Bezug auf die Sehweite im Nebel unterworfen ist. Dadurch, dass jedes Orientierungsobject fehlt, unterschätzt man dieselbe außerordentlich. Ich muss daher meine Vermuthung¹ über die Häufigkeit von Cumuluswolken mit 9 g Wassergehalt zurückziehen. Ich glaube, dass Wolken mit 5 g Wassergehalt und einer Sehweite von circa 18 m als sehr dichte zu bezeichnen sind. Die Literaturangaben über Sehweiten sind recht spärlich. Wenn es auch nicht möglich ist, sich die Kenntnis aller zerstreuten Notizen über diesen Gegenstand zu verschaffen, so kann man doch sagen, dass dieselben recht selten sind. Dazu müssen einem früher erwähnten Grunde zufolge alle touristischen Berichte und Notizen außeracht gelassen werden, und Berichte über Stadtnebel, wie man sie z. B. in den *Annales*² findet, über einen »brouillard« in Paris am 29. Jänner 1898, der nicht gestattete, 10 Schritte weit zu sehen, sind deshalb

¹ Vorläufige Mittheilung »Über den Wassergehalt der Wolken«, s. diese Abhdlg. S. 10.

² Ann. soc. Met. d. Franc. 46, 1898, 38.

wertlos, weil es sich hier wohl um einen »dry fog« handelt, der seine geringe Sehweite mehr dem Gehalte an Kohlenstaub als an Wasser verdankt. Einen solchen Fall will ich der Vollständigkeit halber noch anführen, da er wohl die geringste Sehweite aufweist, die sich in der Literatur finden lässt. W. Köppen¹ berichtet: »Anfang December 1894 lagerte über Simferopol (Krim) eine dichte graue Nebelwolke . . . Am Tage musste man Licht brennen, auf Meterweite konnte man keinen Gegenstand erkennen.« Dagegen berichten W. de Fonvielle und Herrmann Kopp über eine Wolke, die vom 4. – 26. Jänner über Paris schwebte und von ihnen im Ballon durchflogen wurde²: »Die Wolke war nicht so dunkel . . . und die Theile des Ballons waren auf 4·5 *m* hinab sichtbar. Die neblige Masse war ganz homogen und konnte keine Spur krystallinischer Elemente gesehen werden . . .«. Hier scheint es sich um eine wirklich wasserreiche Wolke zu handeln³.

3. Eine Abhängigkeit des Gehaltes an flüssigem Wasser von der Temperatur konnte nicht gefunden werden.

4. Bemerkenswert erscheint es, dass — von den drei Versuchen auf dem Sonnblick mit den abnormen Feuchtigkeitsverhältnissen abgesehen — der Totalgehalt an Wasser im *m*³ Wolke bedeutend weniger schwankt als der Gehalt an Wasser in flüssiger Form. Die Schwankung des Totalgehaltes beträgt nämlich circa 42⁰/₀, die des Gehaltes an Wasser circa 91⁰/₀, der größten Werte.

5. Der Gehalt an Wasser in flüssiger Form übersteigt in keinem Falle das Gewicht des gasförmigen und bleibt meistens beträchtlich hinter demselben zurück.

Da zur Construction der Curve in Fig. 3 nur so wenige Punkte zur Verfügung standen, erschien es nicht uninteressant, den Zusammenhang zwischen Sehweite und trübender Substanz (als die man ja die Wassertröpfchen auffassen kann) im Laboratorium an Emulsionen festzustellen. Mittels eines Hebers konnte man die Emulsion solange aus einem Glaszylinder, der mit derselben angefüllt war, ausfließen lassen, bis ein durch eine Glühlampe von unten beleuchtetes Object, das unter dem Glasboden des Cylinders angebracht war, gerade sichtbar wurde. Als emulgierende Substanz wurde eine alkoholische Lösung von Phenolphthalein verwendet, von der 10 *cm*³ 0·204 *g* Trockensubstanz enthielten; von dieser wurden 20 *cm*³ in 500 *cm*³ Wasser gebracht und diese concentrirte Emulsion als Ausgangsemulsion verwendet, indem sie 500 *cm*³ Wasser kubikcentimeterweise zugesetzt und in jeder dieser Emulsionen die Sehweite bestimmt wurde. Die folgende Tafel enthält in der ersten Colonne den jeweiligen Gehalt an Anfangsemulsion in Cubikcentimetern, in der zweiten die zugehörigen Sehweiten in Millimetern und in der dritten den Gehalt an Trockensubstanz im *m*³ Emulsion.

In Fig. 4 sind die Sehweiten als Ordinaten, der Gehalt an Anfangsemulsion als Abscissen aufgetragen. Die Curven in Fig. 3 und Fig. 4 sind nicht direct miteinander vergleichbar, da sie in verschiedenem Maßstabe gezeichnet sind. Um dennoch einen Vergleich zu ermöglichen, enthält die dritte Colonne der folgenden Tafel den Gehalt an Trockensubstanz in *g* im *m*³ Emulsion — analog wie früher der Wassergehalt der Wolken angegeben war. Der Anfangspunkt der Emulsioncurve hätte im Maßstabe der Wolkencurve gezeichnet die Ordinate 0·310 *mm* und die Abscisse 44·2 *cm*, der Endpunkt die Ordinate 0·088 *mm* und die Abscisse 83·5 *cm*. Die Annahme eines asymptotischen Verlaufes der Wolkencurve

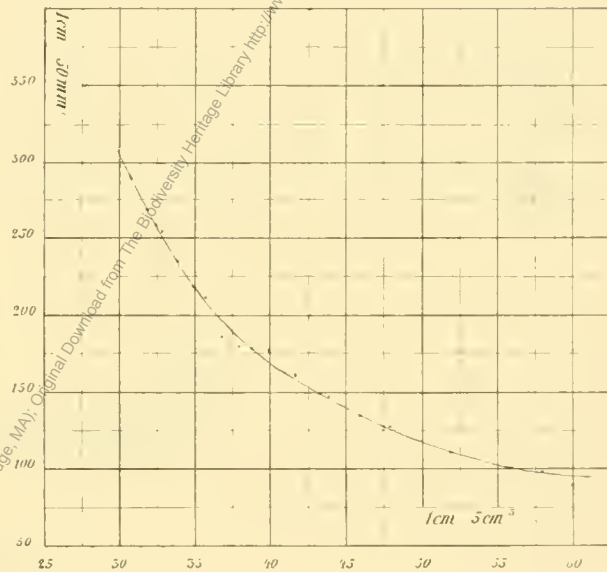
¹ Met.-Zeitschrift. 1895, 12, S. 119.

² Rime Cloud observed in a balloon. — Nature XXV, 330–38; 385–86.

³ Zur Häufigkeit bestimmter Sehweiten möchte ich noch bemerken, dass der jetzige Beobachter auf dem Sonnblick, Alois Sepperer, regelmäßige Beobachtungen über die Sehweite im Nebel macht, von denen vier Monate als Stichproben bereits vorliegen. Es sind dies die Monate December 1900 und April, Mai, Juli 1901. Unter 124 Fällen, in denen Nebel beobachtet wurde, kommen 8 Sehweiten zwischen 40 *m* und 50 *m*, 39 über 100 *m* und 23 zwischen 70 *m* und 80 *m* vor. Freilich wird auch eine lange Beobachtungsreihe der Sehweiten auf dem Sonnblick nicht ausreichend sein, um eine genaue Kenntnis der durchschnittlichen Wolkendichte zu erhalten. Ist es doch, wenn man nur die wenigen vorliegenden Daten ins Auge fasst, naheliegend, dass auch die mittleren Sehweiten mit der Höhe variieren. Dies ließe sich aber nur feststellen, wenn einmal Beobachtungsreihen aus verschiedenen Höhenlagen vorliegen würden.

gegen die Abscissenaxe erscheint also durch diesen Versuch noch wahrscheinlicher. Eine Versuchsreihe mit einer anderen Anfangsemulsion ergab den gleichen Curvenverlauf, wie die in Fig. 4 dargestellte. Die Sehweite ist außer von der Verdünnung der Emulsion jedenfalls auch von der Lichtintensität abhängig.

Gehalt an Anfangsemulsion in m^3	Sehweite in mm	Gehalt an Trockensubstanz im m^3 in g
30	310	44.2
31	290	45.5
32	270	40.9
33	250	48.3
34	230	49.7
35	221	51.0
36	213	52.4
37	186	53.7
38	180	55.1
39	178	50.4
40	177	57.8
42	161	60.4
44	148	63.1
46	134	65.7
48	128	68.3
50	119	70.9
52	112	73.5
56	102	76.0
58	98	81.1
60	88	83.5



Beinahe jede Emulsion wurde unter dem Mikroskope untersucht. Eine Änderung der Größe der suspendierten Theilchen mit dem Verdünnungsgrade ließ sich nicht constatieren.

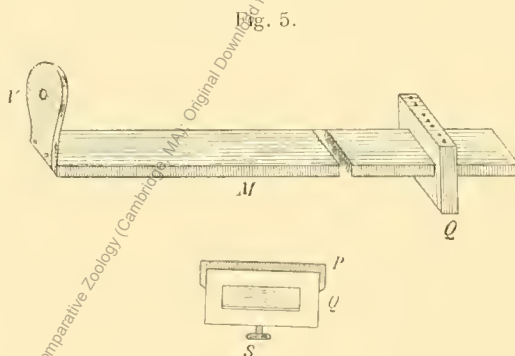
Die einzelnen Theilchen sind nicht gleich groß, die Durchmesser schwanken zwischen 2.8μ und 5.5μ . Außerdem kommen, wenn auch nicht häufig, Conglomerate einzelner Theilchen bis 15μ vor. Die Versuche über die Sehweiten in Emulsionen sind noch nicht abgeschlossen und werden noch fortgesetzt werden.

Da zur Kenntnis der Constitution der Wolken nicht nur die Kenntnis des Gehaltes an flüssigem Wasser, sondern auch die der Tröpfchengröße gehört, sollten auf dem Sonnblick auch solche Messungen ausgeführt werden. Ich hatte vor allem zwischen zwei Methoden zu entscheiden: der mikroskopischen

und der optischen. Ersterere wurde zum erstenmal im Jahre 1746 von Chr. Gottlieb Kratzenstein¹ angewendet, und zwar, auf künstliche, durch Entspannung feuchter Luft erzeugte Tröpfchen. Er findet einen Durchmesser von 26 μ . In neuerer Zeit haben R. Assmann² und Dines³ natürliche Nebeltropfen mit dem Mikroskope untersucht. Assmann findet Durchmesser von 6 μ .—17 μ , Dines von 16 μ .—127 μ . Diese Methode ist allerdings ungenau, bietet aber den Vortheil, dass sie bei Tage anwendbar ist. Da sie aber von einer Person ohnehin nicht gleichzeitig mit der Wassergehaltsmessung ausgeführt werden kann — was ja von großem Werte wäre — habe ich ganz von ihr abgesehen und die optische, die Messung der Lichthöfe, ausgeführt.

Kämtz⁴ stellt in dem III. Bande seines Lehrbuches der Meteorologie 92 Beobachtungen über die Größe der Höfe um Sonne und Mond und die aus denselben folgenden Tröpfchendurchmesser zusammen. Als Mittelwert ergibt sich für den Durchmesser 23·2 μ . Neuere Beobachtungen ergeben gleichfalls eine Tropfengröße in der Größenordnung von 20 μ .

Um die Messungen auch ohne Mondlicht vornehmen und dadurch die Tröpfchengröße im Nebel selbst bestimmen zu können, habe ich eine Acetylenlaterne verwendet, die recht schöne Höfe erzeugte. Als Messinstrument wurde ein 2 m langer Maßstab *M* (siehe Fig. 5) verwendet, an dessen einem Ende eine kleine Messingplatte *V* mit Visierloch angebracht ist. Auf dem Lineal ist ein hölzernes Querstück *Q* verschiebbar, das auf der Oberseite ein starkes Messingblech *P* trägt. Das letztere ist mit den in der Fig. 5 angedeuteten Bohrungen versehen, in die Eisenstifte als Visierkerne gesteckt werden können. Nach der Einstellung wird das Querstück mittels der Schraube *S* fixiert.



Das Instrument⁵ wurde in folgender Weise zur Messung der Höfe verwendet: Über das mittlere Visierkorn wird auf die (ziemlich punktförmige) Lichtquelle, über zwei symmetrisch eingesetzte Visierkerne auf den Rand des Lichtkreises visiert; d. h. das Querstück muss solange (womöglich von einer zweiten Person) verschoben werden, bis die Visierlinien die Peripherie des rothen Saumes treffen. Hierauf wird das Querstück fixiert und seine Entfernung vom Visierloche an dem Maßstabe abgelesen. Die Entfernung eines seitlichen Visierkornes von dem mittleren dividirt durch die Entfernung des Querstückes vom Visierloche ergibt direct die Tangente des Ringhalbmessers. Zur Controle ändert man die Entfernung der seitlichen Visierkerne vom mittleren und erhält so eine neue Einstellung, die dieselbe Tangente ergeben muss.

¹ Ch. G. Kratzenstein. Abhandl. von dem Aufsteigen d. Dämpfe und Dünste. II. Aufl. Halle 1746. Die Einsicht in diese seltene Schrift verdanke ich dem gütigen Entgegenkommen von Herrn Geh. Rath Hellmann in Berlin.

² Mikroskopische Beobachtung der Wolkenelemente auf dem Broken. — D. Met. Zeitschrift II, 41—47.

³ Größe der Nebeltheilchen. Zeitsch. für Met., 1880, 375.

⁴ Kämtz. Lehrbuch der Met., III, S. 99, Halle 1836.

⁵ Das Hagenbach-Bischoff'sche Stecknadel-Instrument (s. Müllers Lehrbuch, S. 438) scheint ungenauer zu arbeiten.

Die Tröpfchengröße wurde nach der Formel¹

$$2 C'_m = \frac{143 \cdot 7}{\rho} + \frac{119 \cdot 5}{\rho} (m-1) \text{ Sekunden}$$

berechnet. Hierbei bedeutet C' den Halbmesser des Lichtkreises in Sekunden ρ den Radius der Tröpfchen in mm , m bedeutet die Zahl des gemessenen Ringes.

Das Mittel aus 20 Messungen mit dem Acetylenlichte ergab für den Tropfendurchmesser 29μ . Der größte Wert betrug 37μ der kleinste 27μ . Aus 7 Messungen des zweiten Ringes um den Mond ergab sich ein Tropfendurchmesser von 13μ , aus 10 Messungen des ersten Ringes 14μ .

Aus den angegebenen Daten wäre zu schließen, dass die Tropfengröße mit abnehmender Höhe zunimmt — eine Thatsache, auf die schon Assmann² hingewiesen hat.

¹ Siehe hierüber: Vorlesungen über theor. Optik von Neumann (Dorn), Leipzig 1885, S. 105.

² Siehe diese Abhandlung S. 16, Anmerkung 2.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Denkschriften der Akademie der Wissenschaften.Math.Natw.Kl. Früher: Denkschr.der Kaiserlichen Akad. der Wissenschaften. Fortgesetzt: Denkschr.oest.Akad.Wiss.Mathem.Naturw.Klasse.](#)

Jahr/Year: 1901

Band/Volume: [73](#)

Autor(en)/Author(s): Conrad Victor (Viktor)

Artikel/Article: [Über den Wassergehalt der Wolken. \(aus dem Phys.-chem. Inst. der Wiener Universität \(Mit 5 Textfiguren\). 115-131](#)