IV.

Ueber

das allgemeine Gesetz für die Expansivkraft des Wasserdampfes durch Wärme, nach DALTON'S Versuchen;

nebst einer

Anwendung dieses Gesetzes auf das Verdunsten der Flüssigkeiten,

von

SOLDNER in Berlin.

Der Leser wird sich aus den letzten Heften der *Annalen* vom verfloßnen Jahre, (Band XV, Heft 1 und 2,) der Versuche Dalton's über die Expansivkraft der Dämpfe von Wasser und andern Flüssigkeiten, und über das Verdunsten, vielleicht auch meiner Bemerkungen über sie, erinnern. Schon Dalton hatte in seinen Resultaten ein gesetzmäßiges Fortschreiten bemerkt, und vermittelst desselben eine Tabelle über die Expansivkraft der Wasserdämpfe in allen Temperaturen von -40° bis $+325^{\circ}$ F. construirt, welche man in den *Annalen*. XV, 8 — 10, findet, und die durch seine Versuche mit Aetherdämpfen mittelbar bis zu dieser letzten Gränze hinauf bestätigt wurde. Ich äußerte damals, *Annalen*, XV, 37: „es sey gewiß der Mühe werth, zu Dalton's Versuchen das entsprechende Gesetz aufzufuchen; dieses sey indess nicht ganz leicht.“ Herr Soldner in Berlin, ein Gelehrter, von dem als Mathematiker wir viel zu erwarten berechtigt sind, hat sich dieser Nachforschung unterzogen, und folgender Aufsatz enthält, als Resultate seiner Untersuchun-

gen, die von ihm aufgefundenen Formeln, welche die Dalton'schen Beobachtungen innerhalb der Grenzen von 32° bis 212° F. in der That sehr glücklich darstellen, und durch die wir, wie es mir scheint, in den Besitz der wahren Gesetze für die Expansivkraft der Dämpfe durch Wärme gesetzt seyn worden, wenn sie auch über jene Grenzen hinaus der Erfahrung eben so gut entsprechen sollten. Dafs man, um das Folgende zu verstehen, Dalton's beide Auflaze zur Hand nehmen muß, braucht kaum erinnert zu werden. d. H.

Aus der Ansicht, welche Dalton in den *Annalen*, XV, 11, von seinen Versuchen giebt, um das allgemeine Gesetz derselben zu zeigen, ergibt sich: *dafs, wenn die Temperaturen in arithmetischen Verhältnisse fortführen, die dazu gehörigen Expansivkräfte des Wasserdampfs eine Art von geometrischer Reihe bilden, deren Exponenten, (jedes Glied durch sein vorher gehendes divi lirt,) ungefähr gleichförmig abnehmen.* Vermittelt dieser Eigenschaft der Exponenten lassen sich zwar alle Glieder berechnen; diese Methode ist aber sehr unbequem, weil man, um irgend ein Glied zu finden, erst alle vorher gehende berechnen muß. Ich habe mich bemüht, die Werthe der Tabelle, welche Dalton, (*Annalen*, XV, 11,) aus seinen Versuchen ausgezogen hat, in einer einzigen Formel darzustellen, die jedes Glied unmittelbar giebt. Ich habe zu dem Ende eine beträchtliche Anzahl Formen, welche die Theorie, oder vorerwähnte Eigenschaft der Exponenten zuläfst, untersucht;

und dabei habe ich keine gefunden, welche den Beobachtungen so nahe käme, als folgende. Wenn wir die Expansivkraft beim Siedepunkte $= E^*$ und bei der Temperatur r , (nach Réaumur,) $= e$ setzen, so ist

$$\log. e = \log. E - \frac{(280 - r)(80 - r)}{10280} \quad \text{I}$$

Nach dieser Formel habe ich die folgenden Werthe für e berechnet, und, zur bequemern Uebersicht, die beobachteten Werthe und die Unterschiede beider hinzu gefügt. Dalton's Tabelle, (*Annalen*, XV, 11,) ist zwar für das Fahrenheitische Thermometer eingerichtet; da aber daselbst die Angaben von $11\frac{1}{4}$ zu $11\frac{1}{4}^\circ$ Fahr., ($= 5$ zu 5° Réaum.,) fortschreiten, so konnte ich unmittelbar Réaumurische Grade setzen. Diese kleine Tabelle habe ich von neuem aus der großen, (*das.*, S. 8,) berechnet, und einige Fehler darin gefunden, die hier verbessert sind und die ein jeder leicht selbst bemerken wird.

Für diejenigen, welche Luft haben sollten, meine Formel noch mit mehrern Angaben in Dalton's großer Tabelle zu vergleichen, welche nach Fahrenheitischen Graden berechnet ist, will ich noch meine Formel für dieses Thermometer eingerichtet, hersetzen. Wenn f die Temperatur nach *Fahrenheit* bezeichnet, ist:

$$\log. e = \log. E - \frac{(662 - f)(212 - f)}{52042} \quad \text{II}$$

*) Sie wird hier, aus Gründen, die unten folgen werden, zu 30,13 engl. Zollen angenommen. S.

wo auch $E = 30,13$ zu nehmen ist. Man muß nicht vergessen, daß Dalton nur die Expansivkräfte von 32° bis 212° beobachtet und die übrigen nach seiner Methode berechnet hat; eine Abweichung bei diesen entscheidet also nichts. *)

*) Der Herr Verfasser erlaube mir, hiergegen einen Zweifel zu äußern. Der Theil der Dalton'schen Tabelle, welcher über die Siedehitze des Wassers hinaus fällt, ist nicht von aller Bestätigung durch Versuche entblößt. Zwar ließen sich, nach Dalton's Methode, keine directen Versuche über die Expansivkraft der Wasserdämpfe in diesen höhern Temperaturen anstellen; durch seine Versuche mit Aetherdampf hat aber Dalton diesen Theil seiner Tabelle wenigstens *mittelbarer Weise* bewährt, wie aus dem erhellt, was er *Annalen*, XV, 15 und 17, anführt. Sein Aether kochte bei 102° F. und äußerte in den Temperaturen von 102° bis 147° F., mit Quecksilber gesperrt, Grad für Grad, genau dieselbe Expansivkraft, welche dem Wasserdampf nach Dalton's Tabelle von 212° bis 257° zukömmt, und zwar in dieser letztern Temperatur eine Expansivkraft von $64'',75$, indess Wasserdampf von 257° Wärme nach Dalton's Tabelle eine Expansivkraft von $64'',82$ Quecksilberhöhe haben soll. Bei 212° Wärme müßte die Expansivkraft des Aetherdampfs mit der des Wasserdampfs von 322° F. überein stimmen; in der That fand sie Dalton durch einen Versuch $137,67$ Quecksilberhöhe, indess nach seiner Tabelle zu 322° Temperatur Wasserdampf gehört, dessen Expansivkraft $137'',28$ beträgt. — Es scheint mir daher, daß wir allerdings berechtigt sind, an eine Formel,

r	• in engl. Zollen. Beobachtung.	• Rechnung.	Differenz.
0	0,200	0,200	0,000
5	0,297	0,297	0,000
10	0,436	0,417	+ 0,001
15	0,630	0,636	+ 0,005
20	0,910	0,915	+ 0,005
25	1,29	1,302	+ 0,01
30	1,83	1,813	0,00
35	2,58	2,550	— 0,03
40	3,50	3,509	+ 0,01
45	4,76	4,774	+ 0,01
50	6,45	6,424	— 0,03
55	8,55	8,547	0,00
60	11,25	11,246	0,00
65	14,6	14,63	+ 0,03
70	18,8	18,82	+ 0,02
75	24,0	23,95	— 0,05
80	30,0	30,13	+ 0,13

Die Differenzen sind hier nur in so viel Decimalstellen angegeben, als Dalton's Tabelle enthält.

Die-

welche uns das wahre Gesetz der Expansivkraft der Wasserdämpfe durch die Wärme geben soll, die Anforderung zu machen, daß sie mit der Dalton'schen Tabelle wenigstens bis zur Temperatur von 322° F. hinauf möglichst nahe zusammen stimme. Dieses thut indeß die Formel des Herrn Verfassers nicht. Sie giebt für Temperaturen von 257° und 312° F. Expansivkräfte von .67“,48 und 157,74 Zoll Quecksilberhöhe, welche um sehr vieles

Diese Abweichungen oder Fehler sind, meines Erachtens, alle innerhalb der Gränze derjenigen, die beim Beobachten unvermeidlich sind. Dies zeigen auch die Sprünge, welche sie machen. Nur der Fehler bei 80° ist etwas beträchtlich. Aber es ist mir wahrscheinlich, daß Dalton die Expansivkraft bei dieser Temperatur nicht unmittelbar beobachtet hat. Er hätte zu dem Zwecke nothwendig um die Röhre an seinem Apparate selbst Feuer machen müssen; und dies ging doch nicht wohl an. Er hat höchst wahrscheinlich so geschlossen: „Bei der Siedehitze muß die Expansivkraft des Wasserdampfes gleich seyn der Barometerhöhe, bei welcher der Siedepunkt des Thermometers bestimmt worden ist. Der Siedepunkt meines Thermometers ist bei 30 Zoll bestimmt worden; also muß bei 212° meines Thermometers die Expansivkraft des Wasserdampfes gleich 30 Zoll seyn.“ Dies ist freilich im Allgemeinen sehr richtig, wir werden aber unten, bei Gelegenheit der Untersuchung über die Temperatur des kochenden Wassers unter

les zu groß sind. Dies mindert nun zwar nicht den Werth und den vielfachen Gebrauch der von dem Herrn Verfasser hier und weiterhin entwickelten Formeln, innerhalb der Grenzen von 32° bis 212° F., läßt aber doch wünschen, daß es ihm gelingen möge, sie dahin abzuändern, daß sie auch jener Anforderung entsprechen, liegt anders nicht in der ganzen Form und Ableitung derselben etwas, was diesem entgegen ist. d. H.

verschiedenen Barometerhöhen, sehen, daß man auf diese Art die Expansivkraft um 0,22 und noch mehr engl. Zoll unrichtig finden kann. Wenn nun diese Vermuthung gegründet ist, so kann der Fehler 0,13 nicht als solcher betrachtet werden. Man muß übrigens noch in Betrachtung ziehen, daß in dieser Gegend die Expansivkraft so schnell wächst, daß ein Fehler in der Thermometerbeobachtung von $\frac{1}{16}$ Grad R. schon einen Fehler in der Expansivkraft von 0,1 Zoll verursacht. Ueberhaupt, wenn man bedenkt, daß Dalton auf zwei so delicate Dinge, den Stand des Thermometers und die Höhe der Quecksilberfäule, zugleich zu sehen hatte; so wird man gewiß die Uebereinstimmung bewundern. — Nur wünschte ich, daß Dalton bei seinen Versuchen noch auf einen Umstand gehörig Rücksicht genommen hätte, nämlich auf die Temperatur der Quecksilberfäule. Sie muß, zufolge seines Apparats, verschieden erwärmt gewesen seyn; wie aber, das läßt sich nicht angeben. Verschiedene der hier bemerkten Sprünge mögen wohl daher rühren.

Ich habe oben gesagt, daß die von mir angenommene Form mit der von Dalton angegebenen Eigenschaft der Exponenten, daß sie nämlich gleichförmig abnehmen, zusammen hänge; ich muß dies beweisen. Nach Dalton sind die Exponenten von der Form $A - \varepsilon \cdot r$, und zwar für 5° R. Zwischenraum ist $A = 1,485$ und $\varepsilon = 0,005$, (*Annalen*, XV, 11;) ε ist also gegen A sehr

klein. Man kann der Formel No. I die Form geben:

$$\log. e = \log. E - \frac{(360 - 80) 80}{10280} + \frac{(360 - r) r}{10280}$$

Man erhält den Exponenten, wenn man ein gewisses e durch sein vorher gehendes dividirt. Es heiße dieses vorher gehende e' , und die dazu gehörige Temperatur $r = 1$, so ist also der Exponent, für einen Grad Zwischenraum, $= \frac{e}{e'}$, und wenn man, der Bequemlichkeit wegen, $360 = n$ und $10280 = m$ setzt,

$$\log. \frac{e}{e'} = \frac{(n - r) r}{m} - \frac{(n - 1 + 1) (r - 1)}{m}$$

$$= \frac{n + 1 - 2r}{m}. \text{ Hieraus ergibt sich der Exponent:}$$

$$\frac{e}{e'} = 10^{\frac{n + 1 - 2r}{m}} = 10^{\frac{n + 1}{m}} \cdot 10^{-\frac{2r}{m}},$$

wo 10 die Basis der gewöhnlichen Logarithmen ist.

Löst man nun $10^{-\frac{2r}{m}}$ auf die gewöhnliche Art in eine Reihe auf, so erhält man:

$$\frac{e}{e'} = 10^{\frac{n + 1}{m}} \cdot \left\{ 1 - \frac{2r}{m \log. h} + \frac{1}{1 \cdot 2} \left(\frac{2r}{m \log. h} \right)^2 - \frac{1}{1 \cdot 2 \cdot 3} \left(\frac{2r}{m \log. h} \right)^3 + \text{u. s. w.} \right\}$$

wo h die Basis der hyperbolischen Logarithmen oder 2,71828 bedeutet. *) Da nun m eine sehr große Zahl ist, so kann man $\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{2r}{m \log. h} \right)^2$ und die

*) Und also $\frac{1}{\log \text{ Brigg. } h}$ der Modulus des Systems der Briggischen Logarithmen ist. d. H.

höhern Potenzen vernachlässigen, und dann hat man die verlangte Form für den Exponenten. *)

Stellt man allgemeine Betrachtungen über die Formel No. I an, so ergiebt sich daraus, daß die Expansivkraft, oder e , für Grade unter Null immer kleiner wird, daß sie aber nie Null werden kann. Ueber 80° hinaus nimmt e zu bis 180° , von da nimmt es wieder ab, und bei 560 wird es wieder gleich dem beim Eispunkte. Dies ist in der That auffallend; aber es ist nicht bloß eine Eigenschaft meiner Formel, sondern Dalton's Erfahrungen erfordern es schlechterdings. Nach diesen nehmen die Exponenten, so viel man sehen kann, gleichförmig ab, sie müssen also irgendwo 1 und dann kleiner als 1 werden; das heißt, die Expansivkräfte müssen wieder abnehmen. Dalton's Erfahrungen darzustellen, ist hier mein einziger Zweck, dieses Paradoxon, (nach der bisherigen Meinung,) bekümmert mich also nichts. **) In-

*) Nämlich $A = \epsilon r$, indem $10^{\frac{n+1}{m}}$ und $\frac{2}{m \cdot \log. h}$ constante Größen sind. d. H.

**) Wenn das von Dalton aus seinen Versuchen abstrahirte und bis zu einer Temperatur von 322° F. hinauf bewährte Gesetz für die Elasticität der Wasserdämpfe auch für alle noch höhere Temperaturen gälte; so würde das Maximum der Elasticität der Wasserdämpfe auf die Temperatur fallen, bei welcher in meiner Formel, in den *Annalen* XV, 35, $a - mb = 1$ ist, und in der Temperatur, in welcher $a - mb = 0$ wird, würde die Elasticität

dessen muß ich doch bemerken, daßs, wenn man solche allgemeine Betrachtungen anstellen will, man nicht das Quecksilberthermometer zum Grunde legen muß, sondern wahre Wärme. Da wir aber hierin noch gar nicht im Reinen sind, so ist diese Sache natürlich solchen Schwierigkeiten und Ungewissheiten unterworfen, daßs sich über das allgemeine Gesetz der Expansivkraft der Wasserdämpfe, in diesem Sinne genommen, nichts bestimmen läßt. Bloß um die Neugierde zu befriedigen, habe ich doch einen Versuch gemacht. Die Lücke hat in sei-

der Wasserdämpfe $30^{\circ} = 1$ engl. Zoll Quecksilberhöhe seyn. Der erste Fall würde folglich Statt finden für $m = \frac{a - 1}{b} = \frac{0,25}{0,015} = 16\frac{2}{3}$; der zweite für $m = \frac{a}{b} = \frac{1,25}{0,015} = 83\frac{1}{3}$; mithin der erste Fall $16\frac{2}{3} \cdot 11\frac{1}{4} = 18\frac{1}{2}$ Fahrenheitische, oder $16\frac{2}{3} \cdot 5 = 82\frac{1}{3}$ Reaumurische Grade über den Siedepunkt des Wassers hinaus; der zweite bei $83\frac{1}{3} \cdot 5 = 416\frac{2}{3}$ Reaumurischen Graden über den Siedepunkt des Wassers. Bei $162\frac{1}{2}^{\circ}$ R. würden folglich Wasserdämpfe das Maximum an Elasticität erhalten, und bei $499\frac{1}{2}^{\circ}$ R. würde ihre Elasticität wieder bis zu 1" Quecksilberhöhe herab gekommen seyn. Und diese Expansivkraft bliebe ihnen unveränderlich in allen Temperaturen, welche über diese hinaus geht, weil in den *Facultäten*, welche in meiner Formel die Exponenten für diese Expansivkräfte sind, immer wieder der Factor $a - mb = 0$ vorkömmt. Man sieht auch hieraus, wie wenig die Formel des Herrn Verfassers über den Siedepunkt hinaus mit Dalton's Tabelle überein stimmt. d. H.

nen *Récherches sur les modifications de l'Atmosphère*, §. 1107, eine Tabelle zur Vergleichung der Grade des Quecksilberthermometers mit Graden der wahren Wärme geliefert. Dieses Werk ist den Händen aller Physiker; ich habe daher nicht nöthig, hier zu erklären, worauf sie beruht, sondern bemerke bloß, daß, wenn r Grade des Quecksilberthermometers und w der dazu gehörige Grad der wahren Wärme ist, de Lüc's Tabelle mit hinreichender Genauigkeit durch folgende sehr einfache Formel dargestellt wird:

$$r = w - w \cdot \frac{80 - w}{1080 + w} \text{ und } w = r + r \cdot \frac{80 - r}{1080 + r}.$$

Nach dieser letzten Formel und Dalton's großer Tabelle habe ich einige Grade der wahren Wärme und die dazu gehörigen Expansivkräfte berechnet. Ich habe gefunden, daß hier keine einzige Form so gut paßt, als die $\frac{m \cdot w}{n + w}$; und durch eine mühsame Rechnung hat sich ergeben, $m = 9193$ und $n = 280$, so daß man also hat:

$$\log. e = \log. E - \frac{9193 \cdot 80}{280 + 80} + \frac{9193 \cdot w}{280 + w}.$$

Nach dieser Form würde die Expansivkraft nicht wieder abnehmen, sondern ihr Wachsthum sich nur immer verringern, und bei unendlich hoher Temperatur würde sie constant seyn. Folgende Tafel enthält die Vergleichung dieser Formel mit den Beobachtungen.

w	Beobachtung.	Rechnung.
0	0,200	0,186
10	0,415	0,410
20	0,836	0,856
30	1,63	1,70
40	3,19	3,25
50	5,91	5,95
60	10,54	10,54
70	18,2	18,1
80	30,0	30,0

Dies stimmt freilich nicht so gut als obige Formel für das Quecksilberthermometer, wie sich auch, wegen der Ungewissheit, die hier herrscht, erwarten liefs. Indessen scheinen mir dessen ungeachtet die Fehler noch so zu seyn, daß gegenwärtige Formel doch das allgemeine Gesetz für die Expansivkraft des Wasserdampfes seyn könnte. Etwas genauer würde alles stimmen, wenn man hier wieder die Expansivkraft bei 80° etwas gröfser machen wollte. Aber ich will mich hierbei nicht länger aufhalten, da die Sache von keinem practischen Nutzen ist; wir beobachten mit dem Quecksilberthermometer.

Einige Anwendungen, und Erweiterung des Gesetzes.

Bei näherer Erwägung der Sache wird man leicht bemerken, daß die Expansivkraft der Wasserdämpfe bei der Siedehitze, durch den Druck einer Quecksilbersäule ausgedruckt, nichts anderes ist, als

die Barometerhöhe, bei welcher der Siedepunkt des gebrauchten Thermometers bestimmt worden ist. So z. B. ist der Siedepunkt von Dalton's Thermometer bei der Barometerhöhe von 30 engl. Zoll, (oder eigentlich 30,15 Zoll,) bestimmt worden. Durch diese Bemerkung wird es sehr leicht, die Expansivkraft in jedem beliebigen Maasse auszudrücken. Will man sie z. B. in *Mètres* haben, und braucht dabei ein Thermometer, dessen Siedepunkt bei der Barometerhöhe $\frac{3}{4} = 0,75$ *Mètres* bestimmt worden ist; so setzt man bloß in der Formel No. I $E = \frac{3}{4}$.

Ferner ist bekannt, daß eine Flüssigkeit alsdann zum Kochen kömmt, wenn die Expansivkraft ihrer Dämpfe dem Drucke der Atmosphäre gleich ist, und daß z. B. das Wasser bei 60° Réaum. kochen würde, wenn der Druck der Atmosphäre nur 11 $\frac{1}{2}$ engl. Zoll wäre. Unfre Formel dient also auch dazu, den Grad des Thermometers zu bestimmen, bei welchem das Wasser unter einer gegebenen Barometerhöhe kocht. Man entwickelt zu dem Ende bloß r aus der Formel No. I, nachdem man in ihr b statt e und B statt E gesetzt hat; wo B die Barometerhöhe bedeutet; bei welcher der Siedepunkt des Thermometers bestimmt worden ist, und b diejenige, bei der in dem gegebenen Falle das Wasser kocht. (Ich bemerke hier ein für alle Mahl, daß man in der Folge unter B beständig diese constante Barometerhöhe zu verstehen hat.) Aus I ergibt sich nun:

$$r = 180 - \sqrt{(10000 - 10280 \log. \frac{b}{B})}. \quad \text{III}$$

Ich habe hiernach, um Dalton's Angaben zu controliren, einige Beobachtungen der Temperatur des kochenden Wassers von Sauffüre und de Lüc berechnet, deren Vergleichung hier folgt. Diese beiden Physiker brauchten Thermometer, deren Siedepunkte bei der Barometerhöhe 27 par. Zoll = 5184 Sechzehntel-Linien, bestimmt worden sind; es ist also $B = 5184$.

Namen der Orte.	b in $\frac{1}{16}$ Linien.	r Beobachtung.	r Rechnung.	Differenz.
Mont blanc	3086,4	68,993	69,027	+ 0,03
Buet	3775	73,21	73,16	— 0,05
Grénairon	3919	73,93	73,94	+ 0,01
* Plan de Léchaud	4196,5	75,47	75,39	— 0,08
Grafte Chèvre	4414	76,54	76,47	— 0,07
Granges des Fonds	4625	77,45	77,48	+ 0,03
Granges Tournier	4703	77,80	77,85	+ 0,05
• Genève u. Sixt	4979	79,14	79,10	— 0,04
* Genève	5196	80,07	80,05	— 0,02
* Lyon u. Monluel	5290,5	80,47	80,45	— 0,02
* Lyon	5335	80,63	80,64	+ 0,01
* Beaucaire	5413,5	80,93	80,97	+ 0,04
Ibid.	5458	81,03	81,16	+ 0,07
Am Meere	5496	81,299	81,313	+ 0,01

Die mit einem * bezeichneten Angaben sind ein Mittel aus zwei Beobachtungen. Die erste und letzte Beobachtung sind von Sauffüre, aus dessen *Voyages dans les Alpes*, Tom. 4, die übrigen von de Lüc und aus dessen *Récherches*, §. 962, genommen.

Man sieht aus dieser Vergleichung, daß die Abweichungen der Rechnung von der Beobachtung hin und her schwanken, und das innerhalb der Gränzen der Genauigkeit beim Beobachten. Dalton's Angaben werden also hierdurch auf eine merkwürdige Art bestätigt. Ich muß hier bemerken, daß, wenn man oben in I $E = 30$ annimmt, und den Fehler, der bei 80° steht, auf die andern Temperaturen legt, gegenwärtiges bei weitem nicht so genau stimmt; also noch ein Beweis für die dortige Vermuthung.

De Lüc versichert, a. a. O., §. 881, (S. 439, B. 2, der deutschen Uebersetzung,) daß man die *Temperatur des kochenden Wassers* nicht genauer, als auf höchstens $0^{\circ},06$ Réaum. beobachten könne. Im Jahre 1777 hat die Londner Akademie eine Commission niedergelegt, bei der wieder de Lüc war, die den Auftrag hatte, genauere Untersuchungen über die festen Punkte der Thermometer anzustellen, (siehe *Philos. Transact.*, Vol. 67, p. 816.) Diese Commission hat gefunden, daß öfters an verschiedenen Tagen, an welchen die Barometerhöhe und die übrigen (bemerkten) Umstände genau dieselben waren, das kochende Wasser verschiedene Grade der Hitze erreichte, und daß dieser Unterschied auf $0^{\circ},35$ F. $= 0^{\circ},16$ R., ja sogar einmahl bis auf $0,8$ F. $= 0,36$ R. ging. Wenn also die Temperatur des kochenden Wassers um $0^{\circ},16$ hin und her schwankt, so kann es an zwei verschiedenen Tagen, wo die Barometerhöhe um $0,22$

engl. Zoll verschieden ist, doch dieselbe Temperatur zeigen. Die Commission sagt, sie wisse dies nicht zu erklären.

Wenn ich nicht sehr irre, läßt sich dieses Phänomen, nach unsern jetzigen Einsichten, vielleicht so erklären. Man weiß, daß das kochende Wasser an der Oberfläche des Gefäßes kälter ist, als gegen den Boden, und daß diese Erkältung durch die Verdunstung entsteht. Es ist wahrscheinlich, daß das Wasser, wenn das Kochen fortgehen soll, am Boden in dem Maasse heißer wird, als es sich oben erkältet; da nun das Thermometer immer nahe an den Boden gehalten wird, so muß es höher steigen, wenn die Verdunstung stärker ist, und umgekehrt. Wir wissen nun durch Dalton's Versuche, daß die Verdunstung eine Function der Temperatur, der Expansivkraft der Dünste in der Atmosphäre und des Luftzuges ist; diese Dinge können an verschiedenen Tagen, ungeachtet die Barometerhöhe dieselbe ist, sehr verschieden seyn, und mithin eine verschiedene Verdunstung bewirken. Am leichtesten und sichersten würde sich dieser Einfluß der Verdunstung durch die Quantität der Verdunstung des kochenden Wassers selbst bestimmen lassen. Je mehr in einer gegebenen Zeit verdunstet, desto höher muß das Thermometer stehen, voraus gesetzt, daß die Kugel nahe am Boden des Gefäßes sich befindet. (Vielleicht ist es auch gerade umgekehrt, ich will durch kein Raïonnement den Beobachtungen vorgreifen, sondern nur dar-

auf aufmerksam machen.) Es wäre sehr zu wünschen, daß hierüber genaue Versuche angeestellt würden.

Man könnte vielleicht den obern festen Punkt der Thermometer am sichersten durch die Expansivkraft des Wasserdampfes, im leeren Raume, bestimmen; man müßte dazu eine gewisse Expansivkraft fest setzen.

De Lüc hat, an angeführten Orte, die hier benutzten, und noch mehrere Beobachtungen, ebenfalls schon dazu angewendet, eine allgemeine Methode ausfindig zu machen, nach welcher die Temperatur des unter verschiedenen Barometerhöhen kochenden Wassers zu bestimmen ist. Die Regel, welche er heraus bringt und im §. 961 etwas unmathematisch vorträgt, läßt sich allgemein, und in unsern Zeichen, so ausdrücken:

$$r = 80 + 49,5 \cdot \log. \frac{b}{B}.$$

Um diesen Ausdruck mit dem unserigen zu vergleichen, muß man den irrationalen Theil von No. III in eine Reihe auflösen. Man findet so:

$$r = 80 + 51,4 \cdot \log. \frac{b}{B} + 13,21 \cdot \left(\log. \frac{b}{B} \right)^2 + 6,8 \cdot \left(\log. \frac{b}{B} \right)^3 + \text{u. f. w.} \quad \text{IV}$$

Wenn b und B wenig von einander verschieden sind, so ist $\log. (b : B)$ eine sehr kleine GröÙe, wovon man das Quadrat und die höhern Potenzen vernachlässigen kann. Den Coefficienten von $\log. (b : B)$ hat de Lüc etwas kleiner gefunden. Dies

kömmt daher: er hat seine Beobachtungen zum Theil auf sehr hohen Bergen angestellt, wo das Quadrat von $\log. (b : B)$ nicht mehr vernachlässigt werden darf; da nun in diesem Falle $b < B$, so ist $\log. (b : B)$ eine negative Gröfse, das Quadrat davon aber positiv; er mußte also, da er den zweiten positiven Terminus wegließ, den ersten negativen etwas zu groß finden.

Es folgt also hieraus, daß de Lüc bemerkt hat, daß die Expansivkräfte der Wasserdämpfe in geometrischem Verhältnisse fortschreiten. Daß diese Reihe aber nicht genau eine geometrische ist, sondern daß die Exponenten abnehmen, konnten ihm seine Beobachtungen, die nur auf einen kleinen Zwischenraum in der Temperatur eingeschränkt waren, nicht zeigen.

Obige Formeln für die Temperatur des kochenden Wassers braucht man sehr häufig zur Berichtigung des Siedepunkts der Thermometer, wenn dieser bei einer Barometerhöhe genommen worden ist, die nicht die Normalhöhe ist. In diesem Falle sind b und B immer sehr wenig von einander verschieden, so daß das Quadrat von $\log. (b : B)$ in No. IV ganz unmerklich ist. Man kann hier auch aus eben dem Grunde, anstatt des Coefficienten 51,4 die runde Zahl 50 nehmen, und dann hat man die Formel:

$$r = 80 + 50 \cdot \log. \frac{b}{B}. \quad \text{V}$$

Das heißt: wenn der Siedepunkt eines 80theiligen

Thermometers bei der Barometerhöhe b bestimmt worden ist, und er hätte eigentlich bei der Barometerhöhe B bestimmt werden sollen; so muß man an den beobachteten Punkt nicht 80, sondern den Werth von r setzen, den diese Formel giebt. Für das Celsius'sche oder neue französische 100theilige Thermometer, dessen zu suchenden Grad ich c nennen will, ist die Formel:

$$c = 100 + 63 \cdot \log. \frac{b}{B}.$$

Es wäre, wegen der so nöthigen Gleichförmigkeit der Thermometer, sehr zu wünschen, daß man über einen gewissen Werth von B überein käme. de Lüc hat es zu 27 pariser Zoll angenommen, und Lavoisier und andere pariser Physiker zu 28 Zoll. Dies sind aber beides solche Barometerhöhen, die nur an wenigen, (sehr hohen und sehr tiefen,) Orten vorkommen. Am schicklichsten wäre es gewiß, $B = \frac{3}{4}$ Mètres ($= 27$ Zoll 8,47 Linien parif. Maafs $= 29,527$ engl. Zoll,) anzunehmen. Diese Barometerhöhe ist an den meisten Orten der Erde die mittlere und fast überall zu erhalten. Die schon oben erwähnte Commission der Londner Akademie hat ebenfalls die Barometerhöhe 29,5 engl. Zoll fest gesetzt, und so wäre die Vereinigung desto leichter.

Ich will hier noch eine Formel hersetzen, vermittelt deren man die Angaben eines Thermometers auf die eines andern reduciren kann. Es sey B die Barometerhöhe, bei welcher man den Siedepunkt

bestimmt wissen will; ein Thermometer aber, dessen Siedepunkt bei der Barometerhöhe b bestimmt worden, zeigte bei einer gewissen Beobachtung c Grade; man will wissen, wie viel dies nach dem verlangten Thermometer macht, wo ich den zugehörigen Grad x nennen will. — Dann ist:

$$x = c + \frac{c}{3} \cdot \log. \frac{b}{B}.$$

Z. B. bei einer gewissen Beobachtung zeigte ein Thermometer, (gleich viel, ob Réaum. oder Celsius,) dessen Siedepunkt bei der Barometerhöhe 0,72 Mètres $= b$ bestimmt worden, 96 $= c$ Grade; man will wissen, wie viel dies nach einem Thermometer macht, dessen Siedepunkt bei der Barometerhöhe $\frac{1}{4} = 0,75$ Mètres $= B$ genommen worden: so findet man, aus dieser Formel, $x = 94,92$. Es muß bemerkt werden, daß diese Formel allgemein ist und für jede Abtheilung zwischen den zwei festen Punkten gilt.

Nach dieser, wie ich hoffe, nicht ganz unnützen, Abschweifung wollen wir wieder zu Dalton's Beobachtungen zurück kehren.

Das Bisherige gilt bloß von den Wasserdämpfen; er sagt aber Seite 13, zufolge seiner Versuche sey „bei gleichen Temperaturunterschieden der Unterschied in der Expansivkraft der Dämpfe aller Flüssigkeiten gleich, in so fern von Temperaturen an gerechnet wird, bei welchen beide Dampfarten dieselbe Expansivkraft haben.“ Eine solche Tem-

peratur, bei welcher die Expansivkraft der Dämpfe von allen Flüssigkeiten gleich ist, ist nun nach dem vorher gehenden die, bei welcher eine gegebene Flüssigkeit, unter dem Drucke der Atmosphäre, (in unsern Formeln immer B ,) kocht. Dies heist also in einem Beispiele so: wenn man eine Dampfart hätte, deren Expansivkraft schon bei 65° der des Wassers bei 80° , nämlich 30 Zoll, gleich wäre, so würde die Expansivkraft dieser neuen Dampfart bei 45° , (20 weniger,) schon gleich seyn der des Wasserdampfes bei 60° , ($= 80 - 20$,) nämlich $11\frac{1}{4}$ Zoll. Nennt man den Grad, bei welchem eine gegebene Flüssigkeit, nach unserm Thermometer, kocht, R , so wird man durch einiges Nachdenken finden, daß man, um dieses von Dalton angegebene allgemeine Gesetz in der Formel I auszudrücken, in ihr, anstatt des dortigen r , nur $80 - (R - r)$ setzen darf. Hierdurch wird man finden:

$$\log. e = \log. E - \frac{(200 + R - r)(R - r)}{10280}. \quad \text{VI}$$

Dies ist nun der *allgemeine Ausdruck* und giebt die Expansivkraft jeder Dampfart für jede Temperatur r , so bald man nur weiß, bei welcher Temperatur R , (unter dem hier immer angenommenen Drucke $B = E$,) die Flüssigkeit kocht, aus welcher sie entstanden ist. Will man z. B. die Expansivkraft des Dampfes aus Alkohol, der, nach Dalton, unter dem Drucke 30 Zoll bei $63^\circ,5$ kocht, für eine Temperatur r bestimmen, so setzt man bloß

R

$R = 63^{\circ},5$ und $E = 30$. Bei Wasser ist natürlich $R = 80$.

Hiernach läßt sich nun auch die Formel III allgemein ausdrücken; sie ist so:

$$r = R + 100 - \sqrt{(10000 - 10280 \cdot \log \frac{b}{B})}. \quad \text{VII}$$

Das heißt: wenn irgend eine Flüssigkeit unter der Barometerhöhe B bei der Temperatur R kocht, so kocht sie unter der Barometerhöhe b bei der Temperatur r .

Will man anstatt des Réaumur'schen lieber das Celsius'sche oder 100theilige Thermometer gebrauchen, und nennt den Grad an diesem Thermometer, bei welchem irgend eine Flüssigkeit kocht, C , und den andern gegebenen c , so setzt man in den vorher gehenden Formeln $\frac{4}{5} \cdot c$ anstatt r , und $\frac{4}{5} \cdot C$ anstatt R ; man wird dann erhalten, anstatt der Formel VI:

$$\log. e = E - \frac{(250 + C - c)(C - c)}{16062}, \quad \text{VIII}$$

und anstatt der Formel VII:

$$c = C + 125 - \sqrt{(15625 - 16062 \cdot \log \frac{b}{B})}. \quad \text{IX}$$

Setzt man $C = 100$, so erhält man die übrigen einfachern Formeln, die nur für Wasser gelten.

Anwendung des Bisherigen auf die Verdunstung der Flüssigkeiten.

Dalton hat gefunden, daß die Verdunstung des Wassers, in trockener Luft, bei verschiedenen Temperaturen genau im Verhältnisse der Expansiv-

kraft des Wasserdampfes bei diesen Temperaturen steht. Das heißt, wenn man bei der Siedehitze die Expansivkraft E und die Verdunstung V , und bei der Temperatur r die Expansivkraft e und die Verdunstung v nennt: so ist allezeit:

$$v : V = e : E. \quad \text{X}$$

Wenn man also weiß, wie viel Wasser, während einer gewissen Zeit, bei der Temperatur 80° verdunstet, nämlich V ; so hat man die Verdunstung v bei der Temperatur r , in eben derselben Zeit, durch die Gleichung:

$$\log. v = \log. V - \frac{(280 - r)(30 - r)}{10280}. \quad \text{XI}$$

Dieses V hat Dalton, nach Verschiedenheit des Windes, verschieden gefunden. Es verdunstet, nämlich, während einer Minute, aus einem runden Gefäße, dessen Durchmesser 6 Zoll ist, bei Vermeidung alles Luftzugs 120 engl. Gran, bei mäßigem Winde 154 Gran und bei starkem Winde 189 Gran.

Da die englischen Maasse und Gewichte außer diesem Lande nicht üblich sind, so will ich diese Angaben auf den Mètre und das Gramme reduciren. Ein Verdunstungsmesser zu meteorologischen Beobachtungen wird sehr bequem seyn, wenn man ihm einen Durchmesser von 0,2 Mètres giebt. (Die runde Form ist dem Quadrate vorzuziehen, weil bei dieser Form der Wind sich nicht, wie beim Quadrate, an den Ecken stößt, sondern immer gleichförmig über das Gefäß weggeht, er mag kommen,

von welcher Seite er will.) Nun find 6 engl. Zoll $\equiv 0,1524$ Mètres; man muß also, daß sich die Verdunstungen wie die Oberflächen verhalten, die Zahlen 120, 154 und 189 mit der Zahl $\left(\frac{0,1^2}{0,1524}\right)^2 \equiv \left(\frac{2000}{1524}\right)^2$ multipliciren, um sie auf einen Verdunstungsmesser von 0,2 Mètres im Diameter zu reduciren. Und da ferner, den Angaben in den *Mém. de l'Académie des Sciences*, An 1767, zufolge, 1 engl. Gran $\equiv 0,064743$ Gramme ist, so müssen jene Zahlen mit $\left(\frac{2000}{1524}\right)^2 \cdot 0,064743$ multiplicirt werden, um sie auf einen Verdunstungsmesser von 0,2 Mètre im Durchmesser und auf Grammes zu reduciren. Man wird so folgende Werthe für v finden. Aus einem runden Gefäße von 0,2 Mètre im Diameter verdunsten in 1 Minute, bei Vermeidung des Luftzugs, 13,380 Gramme, bei mäßigem Winde 17,171 Gramme, und bei starkem Winde 21,074 Gramme.

Die Formel No. XI stellt nun die von Dalton verfertigte Tabelle, (*Annalen*, XV, 133,) dar. Es ist unnöthig, sie hier erst mit dieser Tabelle zu vergleichen, um die Uebereinkimmung mit ihr darzuthun; es liegt in der Natur der Sache, daß sie in eben dem Grade damit stimmen muß, wie No. I mit der Expansivkraft.

Dalton hat ferner gefunden, daß die Verdunstung aller Flüssigkeiten im constanten Verhältnisse der Expansivkraft ihrer Dämpfe erfolgt; und

zwar so, (wie aus Seite 137 folgt,) daß bei ihrem Kochen die Verdunstung eben so stark ist, als die des kochenden Wassers. Es läßt sich also die Verdunstung jeder Flüssigkeit in der Formel No. VI darstellen. Es sey die Verdunstung des kochenden Wassers in 1 Minute v , die Verdunstung einer Flüssigkeit, die bei der Temperatur R kocht, sey bei der Temperatur r , in derselben Zeit, v ; so ist also:

$$\log. v = \log. V - \frac{(200 + R - r)(R - r)}{10430}. \quad \text{XII}$$

Dies wäre also, nach Dalton, das *Gesetz der Verdunstung der Flüssigkeiten in trockener Luft*.

Aber Dalton hat hierbei einen sehr wichtigen Umstand vergessen, nämlich den Einfluß der verschiedenen Dichte der Luft, oder des Barometerstandes, auf die Verdunstung. Wie er die Sache vorträgt, scheint die Verdunstung nur allein von der Temperatur abzuhängen; dies ist aber nicht möglich. Wenn man z. B. Wasser von der Temperatur 60° unter eine Luftpumpe setzt, und die Luft gehörig auspumpt, oder wenn man es auf einen sehr hohen Berg bringt, so wird es kochen; sollte es bei diesem Kochen nicht stärker verdunsten, als vorher in freier Luft und als es der Temperatur von 60° an der Erdoberfläche zukömmt? Will man dieses läugnen, so widerspricht man geradezu der obigen Erfahrung, nach welcher alle Flüssigkeiten bei ihrem Kochen gleich stark verdunsten. Es ist um so mehr zu verwundern, daß

Dalton diesen Umstand übersehen hat, da selbst nach seiner physikalischen Theorie der Verdunstung, (S. 127,) die Dichte der Luft großen Einfluß darauf haben muß. Glücklicher Weise setzen uns Dalton's Versuche selbst in den Stand, diese wichtige Lücke auszufüllen; und ungeachtet es den Anschein hat, als würde dadurch die Sache sehr verwickelt werden, so wird sie nur noch zusammen hängender, und in so fern einfacher, wie wir gleich sehen werden. *)

Dalton hat gefunden, daß die Verdunstung aller Flüssigkeiten bei ihrem Kochen gleich, und, von dieser Temperatur an gerechnet, der Expansivkraft ihrer Dämpfe proportional ist. Man braucht also, um auf den Einfluß Rücksicht zu nehmen, welchen die verschiedenen Barometerhöhen auf die Verdunstung der Flüssigkeiten haben, nur in der Formel No. XII das R , bei einer und derselben Flüssigkeit, nicht constant, sondern der jedesmahligen Barometerhöhe gemäß anzunehmen. Man darf demnach bei Wasser z. B. nur dann $R = 80$ setzen, oder die Formel No. XI brauchen, wenn während des Versuchs die Barometerhöhe der gleich war, bei welcher der Siedepunkt des Thermometers bestimmt worden ist. Wasser auf eine so große Höhe gebracht, wo es bei derselben Tempera-

*) In dieser Abweichung von Dalton kann ich nicht anders, als dem Herrn Verf. beistimmen.

tur kocht, als Weingeist auf der Pläne, wird daselbst eben so verdunsten, wie Weingeist bei gleichen Temperaturen unten. Will man die Verdunstung des Wassers auf dem Montblanc untersuchen, wo es bei 69° kocht, so muß $R = 69^{\circ}$, und nicht 80 gesetzt werden.

Wenn man die Barometerhöhe weiß, so braucht man R nicht unmittelbar zu beobachten, sondern man berechnet es durch die Formel No. III. Da man aber dergleichen Beobachtungen selten an so sehr hohen Orten machen wird, so findet man R mit hinreichender Genauigkeit aus der Gleichung $R = 80 + 50 \cdot \log. \frac{b}{B}$. Setzt man diesen Werth in die Formel No. XII, so hat man:

$$\text{XIII} \quad \log. v = \log. V - \frac{(280 + 50 \cdot \log. \frac{b}{B} - r) (30 + 50 \cdot \log. \frac{b}{B} - r)}{10280}.$$

Das heißt: wenn v die Verdunstung des kochenden Wassers ist, und man braucht ein Thermometer, dessen Siedepunkt bei der Barometerhöhe B bestimmt worden, so ist die Verdunstung des Wassers, bei der Barometerhöhe b und der Temperatur r , v . Oder ganz allgemein: wenn G der Grad ist, bei welchem irgend eine Flüssigkeit unter der constanten Barometerhöhe B , (die immer die des Siedepunkts des Thermometers ist,) kocht, so hat man aus No. VII $R = G + 50 \cdot \log. \frac{b}{B}$; und daher die Verdunstung dieser Flüssigkeit, bei der Baro-

meterhöhe b und der Temperatur r , durch die Gleichung: XIV $\log. v = \log. V -$

$$\frac{(100 + G + 50 \cdot \log. \frac{b}{B} - r) (7 + 50 \cdot \log. \frac{b}{B} - r)}{10280},$$

wo für Wasser immer $G = 80$ ist.

Dalton's Tabelle für die Verdunstung des Wassers ist also nicht allgemein, sondern sie gilt nur für den Barometerstand 30 engl. Zoll, bei dem er den Siedepunkt seines Thermometers bestimmt hat.

Das Bisherige gilt bloß für die Verdunstung der Flüssigkeiten in ganz trockener Luft, in *feuchter* hat Dalton das Gesetz gefunden: „Die Kraft der Verdunstung ist immer gleich der Expansivkraft des Dampfes aus dem verdunstenden Wasser, weniger der Expansivkraft des schon in der Atmosphäre vorhandenen Wasserdampfes.“

Hier braucht man nun die Expansivkraft des Wasserdampfes, bei der Verdunstung des Wassers, in *freier Luft*. Hier gilt nicht die Formel I, sondern diese Expansivkraft hängt auch von der Barometerhöhe ab. Denn die Expansivkraft beim Kochen muß der jedesmaligen Barometerhöhe (b) gleich seyn; und da wir immer ein Thermometer voraus setzen, dessen Siedepunkt bei der Barometerhöhe B bestimmt worden, so muß auch im zweiten Theile der Formel I unter R , (welches $= 80 + 50 \cdot \log. \frac{b}{B}$) anstatt 80 gesetzt werden. Wenn

nun e die Expansivkraft des Wasserdampfes in freier Luft bei der Temperatur r ist, so ist:

$$\log. e = \log. b - \frac{(200 + R - r)(R - r)}{10280}, \quad \text{XV}$$

• Um die Expansivkraft derjenigen Wasserdämpfe zu finden, welche schon in der Atmosphäre verbreitet sind, muß man wissen, bei welcher Temperatur, als Minimum, sie noch eine solche Expansivkraft haben, daß sie sich halten können; oder, mit andern Worten, bei welcher Temperatur sie sich wieder condensiren. (Wenn nämlich eine gewisse Quantität Wasserdämpfe einmahl in der Luft verbreitet ist, so behalten sie, bei Temperaturen, die nicht zu sehr von einander verschieden sind, sehr nahe dieselbe Expansivkraft; indem sie alsdann, nach Gay-Lussac und Dalton, durch Wärme nicht stärker als Luft selbst dilatirt werden. Aus dieser bekannten Dilatation könnte man die Veränderung der Expansivkraft berechnen; da aber, nach Dalton, der Condensationspunkt nur höchstens $10^{\circ} \text{ F.} = 4\frac{1}{2}^{\circ} \text{ R.}$ von der Temperatur der Atmosphäre verschieden ist, so übergehe ich diese Correction. *) Um diese Temperatur zu finden, hat Dalton eine sehr einfache Methode,

*) Will man sie doch anbringen, so heist die Formel XVI so:

$$\log. e = \log. b \left(1 + \frac{r - G}{210} \right) - \frac{(2000 + R - G)(R - G)}{10280},$$

wo r die Temperatur der Luft, und der Divisor 210 nach Gay-Lussac ist. S.

(vielleicht das einzige Hygrometer,) erfunden, die man Seite 129 nachlesen muß. Weiß man diese Temperatur, die ich künftig immer G nennen werde, so kann man die Expansivkraft ε der Dünfte in der Atmosphäre durch die vorige Gleichung finden, indem man daselbst G für r setzt; oder man hat:

$$\log. \varepsilon = \log. b - \frac{(200 + R - G)(R - G)}{10280}. \quad \text{XVI}$$

Dalton's Methode, die Expansivkraft der Dämpfe in der Luft zu finden, gilt ebenfalls nur bei der Barometerhöhe 30 Zoll.

Es ist also, nach dem Bisherigen, die Kraft der Verdunstung in feuchter Luft $= e - \varepsilon$. Da sich nun, nach X, die Verdunstungen wie die Expansivkräfte verhalten, so ist die wirkliche Verdunstung $= V \cdot \frac{e - \varepsilon}{b}$. Ist nun v die Verdunstung bei der Temperatur r und φ die bei der Temperatur G , so ist, (nach X,) $\frac{e}{b} = \frac{v}{V}$ und $\frac{\varepsilon}{b} = \frac{\varphi}{V}$; es ist also in feuchter Luft die Verdunstung $= v - \varphi$. Hieraus fließt nun folgende Regel: „Nach der Formel No. XII berechnet man mit r die Verdunstung v , und mit G die Verdunstung φ , so hat man $v - \varphi$, oder die Verdunstung in feuchter Luft.“ Am bequemsten kann dies so berechnet werden: man setzt

$$3 - \frac{(200 + R - r)(R - r)}{10280} = \log. m \text{ und}$$

$$3 - \frac{(200 + R - G)(R - G)}{10280} = \log. n,$$

$$\text{so ist } v - \varphi = V \frac{m - n}{1000}, \quad \text{XVII}$$

wo $R = 80 + 50 \cdot \log. \frac{b}{B}$ ist, wenn b die jedes-

mahlige Barometerhöhe und B die des Siedepunkts des gebrauchten Thermometers bedeutet, im Falle die verdunstete Flüssigkeit Wasser ist. Ist sie dagegen irgend eine andere, so setzt man in dem Werthe für m , $R = G + 50 \cdot \log. \frac{b}{B}$. In dem Werthe für n bleibt auch in diesem Falle der erste Werth für R , weil man voraus setzt, die Dämpfe in der Atmosphäre seyen bloß Wasserdämpfe.

Dies wäre also *die vollständige Theorie der Verdunstung*. Wir wollen nun mittelst unrer Formeln die zwei Aufgaben auflösen, welche Dalton S. 135 durch seine Tabellen aufgelöst hat.

Aufgabe I. Die Temperatur G , bei welcher die wässerige Atmosphäre sich zu condensiren anfängt, und die Temperatur der Luft n , (es wird voraus gesetzt, sie sey mit der des verdunstenden Wassers einerlei,) seyen gegeben; die Menge Wasser zu finden, welche aus einem cylindrischen Gefäße von 6 Zoll im Diameter in 1 Minute verdunstet, $v = \Phi$.

Auflösung. Diese Aufgabe haben wir so eben aufgelöst, wir wollen hier nur das von Dalton gewählte Beispiel berechnen. Wir wollen voraus setzen, die Barometerhöhe sey 30 Zoll, so daß also, nach Dalton's Thermometer, $R = 80$ wird. Es sey nun ferner, wie am angeführten Orte, $G = 52^\circ \text{ F.} = 8^\circ \text{ R.}$, $r = 66 \text{ F.} = 15^\circ \text{ R.}$; und, da ein mäßiger Wind herrschen soll, $v = 154 \text{ Gr.}$ Mit diesem r ergibt sich $m = 21,2805$,

und mit G , $n = 15,3232$, und so findet sich $v - \phi = 1,225$ Gran. Dalton hat vermittelst seiner Tabelle gefunden, $v - \phi = 1,21$ Gran. Der Unterschied ist ganz unbedeutend und rührt von der Abweichung der Formel No. 1 von der dortigen Tabelle her.

Aufgabe II. Es sey durch einen Versuch die Größe der Verdunstung in 1 Minute, die w heißen soll, die Temperatur der Luft r , und die Barometerhöhe b bekannt; den Punkt der Condensation G der wässerigen Atmosphäre und ihre Expansivkraft ϵ zu finden.

Auflösung. Man suche erst die Verdunstung v , die in vollkommen trockener Luft bei der Temperatur r und der Barometerhöhe b erfolgt seyn würde, durch die Gleichung No. XII, wo R den bekannten Werth hat. Dann hat man, den vorhergehenden Sätzen gemäß:

$$G = R + 100 - \sqrt{(10000 + 10280 \cdot \log. \frac{v}{v-w})}, \text{XVIII}$$

und $\epsilon = b \cdot \frac{v-w}{v}$, oder $\log. \epsilon = \log. b - \log. \frac{v}{v-w}$.

Beispiel. Anstatt des hier von Dalton fingirten Beispiels wollen wir ein wirkliches, aus dessen meteorologischen Beobachtungen, (*Annalen*, XV, 204,) nehmen. Im August 1801 war die mittlere Verdunstung in 1 Minute $0,91$ Gran $= w$, die mittlere Temperatur war, (aus Mittag und Mitternacht Beobacht.,) $63^\circ = F. = 15\frac{1}{2} R. = r$, die mittlere Barometerhöhe $29,88$ Zoll $= b$. Der Verdunstungsmesser steht sehr frei, man muß daher

$V = 189$ Gran annehmen. Dalton hat den Siedepunkt seines Thermometers bei 30 Zoll bestimmt, es ist also $B = 30$.

Mit diesen Datis findet man $R = 79^{\circ},9,3$, und dann $v = 3,667$ Gran, $G = 9^{\circ},99 = 54,48$ Fahr. und $\varepsilon = 0,456$ Zoll. Dalton hat, vermittelst seiner Tabellen, gefunden: $G = 54^{\circ},3$ F. und $\varepsilon = 0,435$. Der Unterschied rührt theils von der Abweichung der Formel I von Dalton's Tabelle, theils, und vorzüglich, daher, daß Dalton keine Rücksicht auf die Barometerhöhe genommen hat. Nach der wirklichen Beobachtung, die man für sehr genau zu halten hat, da sie ein Mittel aus einem ganzen Monate ist, war aber $G = 54^{\circ},5$ F., also fast vollkommen so, wie unsere Rechnung es angiebt.

Bestimmung der Quantität der Verdunstung beim Kochen des Wassers.

Da vermuthlich mehrere Physiker die Verdunstung des kochenden Wassers untersuchen werden, so wird es nicht unnütz seyn, hier das dabei nöthige Verfahren zu zeigen. Bei diesen Versuchen muß das Gefäß mit Wasser auf einer genauen Wage gewogen werden; es darf daher, und auch schon des Kochens wegen, nicht zu groß seyn. Sehr schicklich wird es seyn, demselben einen Durchmesser von 0,1 Mètre zu geben. (Das von Dalton hierzu angewandte hatte 3,25 engl. Zoll im Durchmesser.) Man braucht dann die damit gefundenen Verdun-

stungen, um sie auf ein Gefäß von 0,2 Mètre zu reduciren, nur mit 4 zu multipliciren; weil $(0,1)^2 : (0,2)^2 = 1 : 4$.

Da, nach Dalton, die Verdunstung aller Flüssigkeiten bei ihrem Kochen, und also auch die des Wassers, wenn es bei verschiedenen Barometerhöhen kocht, gleich ist; so ist es, in Rücksicht auf die Verdunstung in trockener Luft, einerlei, bei welcher Barometerhöhe der Versuch angestellt wird. Aber weil der Versuch immer in mehr oder weniger feuchter Luft unternommen werden muß, und man doch die Verdunstung V in ganz trockener Luft haben will, so wird die Verdunstung etwas zu geringe gefunden werden.

Wenn die in feuchter Luft gefundene Verdunstung V' heißt und die wahre in trockener Luft V , und wenn während des Versuchs der Condensationspunkt G ist; so findet man, vermittelt der Gleichung XVII und der dortigen Hilfsgrößen m und n , $V = V' \cdot \frac{1000}{m-n}$. Aber in diesem Falle muß immer die Temperatur des verdunstenden Wassers, oder r , (weil es kocht,) $= R$ seyn; es ist also beständig $\log. m = 3$, daher $m = 1000$, und folglich:

$$V = V' \cdot \frac{1000}{1000 - n}.$$

Für die GröÙe n muß R entweder unmittelbar beobachtet oder nach No. V berechnet werden; wo, wie bekannt, b die Barometerhöhe während

des Versuchs, und B die des Siedepunkts des Thermometers bedeutet.

Da die Sache noch neu ist, so wird es gut seyn, wenn ich ein Beispiel einer solchen Berichtigung hersetze. Gesetzt, man habe die Verdunstung des kochenden Wassers aus einem Gefäße von 0,1 Mètre im Diameter, während einer Minute, 4 Grammes $= V'$ gefunden. An dem Tage und dem Orte sey die Barometerhöhe 0,7 Mètre $= b$ gewesen, der Siedepunkt des Thermometers sey bei 0,75 Mètres $= B$ bestimmt worden, und der Condensationspunkt der Dünste in der Luft möge $15^\circ = G$ gewesen seyn. Mit b und B findet man $R = 78^\circ,51$ und dann $n = 23,552$, und endlich $V = 4,0965$ Gramme; macht für einen Verdunstungsmesser von 0,2 Mètres 16,386 Gramme. Der Unterschied ist also gar nicht, unbeträchtlich. Dalton erwähnt diese Berichtigung gar nicht; und da ich den Condensationspunkt und die Barometerhöhe während seines Versuchs nicht weiß, so kann ich sie hier auch nicht nachbohlen. Indessen hat er doch bei der Tabelle Seite 133 die Zahlen 120, u. s. w., etwas größer angegeben, als sie nach den Versuchen seyn sollten; er hat also doch, vielleicht bloß empirisch, darauf Rücksicht genommen.

Allgemeines Resultat.

Wenn irgend eine Flüssigkeit unter dem Drucke β kocht, so hat sie bei dieser Temperatur eine Ex-

panfivkraft β und eine Verdunflung V , welches V durch Verluhe gefunden werden mufs, und für alle Flüffigkeiten daffelbe ift. Wenn dann bei irgend einer andern Temperatur, die um u Grade unter der vorigen ift, (wenn es darüber ift, fo ift u negativ,) die Expantivkraft e , und die Verdunflung v heifst; fo findet immer die Gleichung Statt:

$$\log. \frac{\beta}{e} = \log. \frac{V}{v} = \frac{(200 + u) u}{10380},$$

und zwar u in folchen Wärmeräumen, nach dem Gefetze der Dilatation des Queckfübers ausgedruckt, deren der Wärmeraum vom Eispunkte des Waffers bis zu deffen Siedepunkte, unter der Barometerhöhe β , 80'enthält.

Diefes *allgemeine Gefetz* folgt aus Dalton's Beobachtungen. Es ift zu natürlich, und die einzelnen Theile deffelben hängen zu genau zufammen, als dafs man Urfache hätte, es zu bezweifeln. Aber nie mufs man, in einer empirifchen Wiffenfchaft, es für überflüffig halten, gefundene Thatfachen noch weiter zu beftätigen; und daher wäre es zu wünfchen, dafs auch über diefen Gegenftand noch fernere Verluhe angeftellt würden. Indeffen kann ich doch, aus Liebe zur Wiffenfchaft, den Wunfch nicht unterdrücken, dafs diefe Verluhe mit grofser Sorgfalt, fehr genauen Inftrumenten, und — vorzüglich ohne Vorurtheil — angeftellt werden möchten. Man kann z. B. die vermuthliche Natur und die Eigenfchaften des Wärmefloffs, (eines Dinges, welches niemand kennt,) fürs erfte hier ganz gut aus dem Spiele laffen.

Ueberhaupt, es wäre sehr zu wünschen, daß Physiker sich bloß damit begnügten, die Modificationen der Körper, welche ihre gegenseitigen Wirkungen unter diesen und jenen Umständen hervorbringen, und die Gesetze dieser Modificationen, zu erforschen; die Raisonnements über die Eigenschaften der Materie an sich, (Ursachen dieser Wechselwirkung,) könnten sie füglich den Philosophen *à la Descartes* überlassen. Diejenigen so genannten physikalischen Erklärungen der Phänomene, wozu man Wärmestoff, Lichtstoff, Feuerstoff, Gravitationsstoff, (le Sage's *Corpuscules gravifiques*,) und wer weiß was noch für Phantome erschaffen muß, schaden der Wissenschaft unendlich viel. Man bildet sich ein, durch solche Dinge etwas zu wissen, und weiß nichts. Gerade dies ist es, was zur Zeit der Scholastiker den Wissenschaften so sehr im Wege stand, und sie zu leeren Grillenfängereien herab würdigte. Es wäre, um nur ein Beispiel anzuführen, viel besser gewesen, man hätte vor Torricelli aufrichtig gestanden, man wisse nicht zu erklären, warum eine Saugpumpe Wasser zieht, als daß man es einer *fuga vacui* zugeschrieben hat; die Wahrheit wäre so vielleicht tausend Jahre früher an den Tag gekommen.

Diese *fuga vacui* ist, als eine *qualitas occulta*, die man heut zu Tage nicht mehr *annimmt*, in sehr tibeln Ruf gekommen. Um ihr wieder Credit zu verschaffen, müßte man sie modernisiren und eine

mate-

materia occulta daraus machen; man könnte sie dann, unsern großen deutschen Puristen zu gefallen, *Gegenleerheitsstoff* nennen. Die Sache scheint freilich nicht ohne Schwierigkeit zu seyn: da aber einige Physiker gemeint haben, der Wärmestoff sey absolut leicht, und andere sogar der Meinung waren, er sey negativ schwer; so hat man es wohl mit den occulten Materien nicht so genau zu nehmen, als mit den andern, bei denen man Schwere für eine *conditio sine qua non* hält.