III.

V E R S U C H

zu Bestimmung des Gesetzes, nach welchem die Verminderung des Raums in den Auflösungen und den Mischungen flüssiger Körper erfolgt,

vom

Ober-Gradirmeister SCHLÖNBACH,
auf dem Gradirwerke Elmen bei Schönebeck.

1. **D**a man durch die Bemühungen mehrerer Physiker aus Versuchen abgeleitete Tabellen für die Dichtigkeiten verschiedner Auflösungen und Mischungen flüssiger Körper besitzt, so sind zwar die Anforderungen der Praktik hinreichend befriedigt, indessen vermißt der Naturkundige noch immer die genaue Kenntniß des Gesetzes, durch welches die Aenderungen der Dichtigkeiten nach den verschiedenen Mischungsverhältnissen bestimmt werden.

2. Wenn ich im Folgenden die Resultate meiner desfallsigen Bemühungen zur nähern Prüfung vorlege, so geschieht dieses nur aus der Ueberzeugung, daß dem Physiker die geringste Erweiterung der Kenntniß natürlicher Erscheinungen selbst alsdann interessant ist, wenn sich auch nicht gleich übersehen läßt, in wie fern davon für die Anwendung einiger Nutzen zu erwarten sey.

3. Mein Berufsgeschäft führte mich zuerst auf Betrachtungen über die Aenderungen der Dichtigkeiten der *Salzsolutionen* von verschiedenem Gehalte, und ich sah bald ein, daß die Hypothese, wornach sich, bei Vermischung des Kochsalzes mit Wasser, ein Theil des Salzes in die Zwischenräume des Wassers begeben sollte, ohne den Raum der Solution zu vergrößern, der Natur nicht entspreche, weil sich aus der Anwendung derselben auf alle bisherige Versuche gar kein bestimmtes Verhältniß zwischen der angeblich in den Zwischenräumen des Wassers enthaltenen Salzmenge und den übrigen Größen findet.

4. Nehme ich im Gegentheile an, das Wasser ziehe sich, indem es mit dem Kochsalze vermischt wird, um einen gewissen, von seiner Menge und der Salzigkeit der Solution abhängenden Theil zusammen, so wird die Vergleichung des aus dieser Voraussetzung erfolgenden Gesetzes mit genauen Versuchen zeigen, daß die Natur es wirklich befolgt.

5. *Salzigkeit einer Solution* nenne ich das Verhältniß des in derselben enthaltenen Salzgewichts zum Gewichte der Solution; und da das im Kochsalze enthaltne Krytallenwasser sich in der Solution eben so wie anderes Wasser verhalten muß, so muß hierbei bloß auf gänzlich wasserfreies oder decrepitirtes Kochsalz Rücksicht genommen werden.

6. Sey nun in allgemeinen Ausdrücken
das Gewicht der Solution = G

deren Salzigkeit $= n$

das darin enthaltne wasserfreie Kochf. $= S = n G$

das darin enthaltne Wasser $= W = (1 - n) G$

das specifische Gewicht des Wassers $= 1$

das specifische Gewicht des Kochsalzes $= \pi$

der Raum, den die Solution G einnimmt, $= R$

die Gröfse der Zusammenziehung des Wassers $= Z$

so ist nach meiner Voraussetzung, (4.)

$$Z = a n W$$

wo a eine aus einem Versuche zu bestimmende beständige Gröfse bedeutet. Es ist also der Raum, den das in der Solution enthaltne Wasser einnimmt, $= W - Z = W - a n W = (1 - a n) W$, und der Raum, den das Salz nach seinem specifischen Gewichte einnimmt, $= \frac{S}{\pi}$. Die Summe beider Räume giebt den Raum der Solution

$$R = (1 - a n) W + \frac{S}{\pi}$$

7. Wird nun durch Versuche das specifische Gewicht des wasserfreien Kochsalzes $= \pi$ bestimmt, und hat man durch einen andern Versuch gefunden, dafs eine aus der Wassermenge $= W$ und der Salzmenge $= S$ bestehende Solution von der Salzigkeit n den Raum R einnehme; so findet sich durch Umkehrung der obigen Formel hieraus die beständige Gröfse

$$a = \frac{W + \frac{S}{\pi} - R}{n W}$$

8. Nach des Hrn. Wild, in dessen Beiträgen zur Salzkunde aus der Schweiz mitgetheilten, Versuchen, ist das specifische Gewicht des geschmolzenen oder gänzlich wasserfreien Kochsalzes $= \pi = 1,95$.

Ferner fand Herr Wild, daß eine Solution von 24 pro Cent, welche aus 355,47 Gran wasserfreien Kochsalzes und 1125,65 Gran Wasser bestand, einen eben so großen Raum einnahm, als 1253,88 Gran Wasser. — Es ist daher nach diesen Versuchen $n = 0,24$, $S = 355,47$, $W = 1125,65$, $R = 1253,88$, $\pi = 1,95$.

Setzt man nun diese Werthe in der vorigen Formel, so findet sich

$$a = \frac{1125,65 + \frac{355,47}{1,95} - 1253,88}{0,24 \cdot 1125,65} = 0,2$$

9. Wird also für a der gefundene Werth in der Formel, (6,) substituirt, so ist

$$R = (1 - 0,2 \cdot n) W + \frac{S}{1,95},$$

und wenn hierin nach Obigem, (6,) $W = (1 - n) G$ und $S = nG$ gesetzt wird, so ist

$$R = \left((1 - 0,2n) (1 - n) + \frac{n}{1,95} \right) G \quad \odot$$

und also auch

$$G = \frac{R}{(1 - 0,2n) (1 - n) + \frac{n}{1,95}} \quad \mathfrak{C}$$

10. Sind nun alle meine obigen Sätze richtig, so müssen die Resultate der nach den beiden For-

nach © und ☉ geführten Rechnung den Versuchen entsprechen. Dafs dieses wirklich der Fall sey, zeigt sich aus nachfolgender Vergleichungstabelle des Calculs mit den Versuchen des Herrn Wild, welcher bei der Temperatur von 66° Fahrenheit Solutionen von verschiedner Salzigkeit mischte, und deren Gewicht bei einem Raume von 1253,88 Gran bemerkte.

n.	G beobachtet.	G berechnet.	Unterschied.	R berechnet.	Unterschied.
0,02	1270,25	1271,25	+ 1,00	1252,89	— 0,99
0,04	1288,75	1288,95	+ 0,20	1253,74	— 0,14
0,06	1306,75	1306,82	+ 0,07	1253,81	— 0,07
0,08	1324,75	1325,03	+ 0,28	1253,62	— 0,26
0,10	1343,25	1343,52	+ 0,27	1253,63	— 0,25
0,12	1362,25	1362,29	+ 0,04	1253,84	— 0,04
0,14	1382,00	1381,36	— 0,64	1254,46	+ 0,58
0,16	1400,50	1400,72	+ 0,22	1253,69	— 0,19
0,18	1420,00	1420,36	+ 0,36	1253,56	— 0,32
0,20	1439,75	1440,31	+ 0,56	1253,36	— 0,52
0,22	1460,25	1460,55	+ 0,30	1253,62	— 0,26
0,24	1481,12	1481,08	— 0,04	1253,89	+ 0,01
0,26	1502,15	1501,92	— 0,23	1253,94	+ 0,06

11. Diese Uebereinstimmung der Rechnung mit den Versuchen, welche noch genauer ausgefallen seyn würde, wenn ich das specifische Gewicht des Salzes um eine geringfügige Kleinigkeit abgeändert hätte, zeigt, dafs kein Theil des Salzes sich in die Zwischenräume des Wassers legt, sondern dafs alles Salz im Wasser einen eben so grossen Raum einnimmt, als ausser demselben, dafs aber dagegen das Salz dem Wasser die Eigenschaft mittheilt, sich in einen geringern Raum zusammenzuziehen, und dafs

endlich diese Verminderung des natürlichen Wasser-
raums sich durch den einfachen Ausdruck:

$$Z = 0,2 n W$$

darstellen und berechnen läßt.

12. Setzt man nun das specifische Gewicht einer
Solution von der Salzigkeit $n = p$, so ist

$$\frac{G}{R} = p = \frac{1}{(1 - a n) (1 - n) + \frac{n}{\pi}}$$

$$\text{oder auch } p = \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{\pi} - (1 + a) \right) n + a n^2} \quad \uparrow$$

$$\text{also } p = \frac{1}{1 - 0,68718 n + 0,2 n^2}$$

13. Ist das Salz mit ϕ pro Cent Krytallenwasser
versehen, und wird die Salzigkeit nach dem Ver-
hältnisse des mit dem Krytallenwasser versehenen
Salzes gerechnet und $= x$ gesetzt, so hat man die
Proportion

$$100 - \phi : 100 = n : x$$

$$\text{also } n = \frac{(100 - \phi) x}{100}$$

daher

$$p = \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{\pi} - (1 + a) \right) \left(\frac{100 - \phi}{100} \right) x + \left(\frac{100 - \phi}{100} \right)^2 a x^2}$$

oder

$$p = \frac{1}{1 - 0,68718 \cdot \left(\frac{100 - \phi}{100} \right) x + 0,2 \left(\frac{100 - \phi}{100} \right)^2 x^2}$$

nach welcher und der obigen Formel ($\uparrow$) sich leicht

Tabellen entwerfen lassen, welche für jede Salzigkeit die specifischen Gewichte angeben.

14. Als ich vor mehrern Jahren die obige Formel für die Raumsverminderung des Wassers durch zugemischtes Kochsalz aufgefunden hatte, fiel mir sogleich ein, ob nicht nach diesem einfachen Gesetze sich auch mehrere wässerige, und vornehmlich die *Mischungen des Wassers mit Weingeist* verhalten könnten. Damahls waren mir aber noch nicht die Versuche des Hrn. Lowitz bekannt, welcher das specifische Gewicht des Alkohols im reinsten Zustande beträchtlich geringer gefunden hat, als es sonst angegeben wurde. Da ich also in der Grundformel:

$$R = (1 - an) (1 - n) + \frac{n}{\pi}$$

(worin in diesem Falle n das Verhältniß des reinen Weingeistes zum Gemische, π das specifische Gewicht des reinsten Weingeistes bedeutet,) das specifische Gewicht π zu groß annahm, so konnte ich keine Uebereinstimmung der Versuche mit meinem Calcul finden, und gab also den Gedanken auf, daß ich einen auf mehrere Mischungen anwendbaren Grundsatz aufgefunden habe.

Zwar hätte ich, in der Voraussetzung, daß der damahls für höchst rectificirt ausgegebne Alkohol nicht ganz wasserfrei gewesen sey, die Formel

$$R = 1 + \left(\frac{1}{\pi} - (1 + a) \right) \frac{100 - \varphi}{100} x + a \cdot \left(\frac{100 - \varphi}{100} \right)^2 x^2$$

versuchen können; aber dazu würde ich dreier mit

der äußersten Genauigkeit angestellter Versuche bedurft haben, um die drei unbekannten Größen π , Φ und a zu bestimmen.

Erst nachdem mir kürzlich ein Freund die Lotwitzschen Versuche mitgetheilt hat, bin ich zu der Ueberzeugung gelangt, daß das Gesetz für die Zusammenziehung des Wassers auch bei den Mischungen mit Weingeist zum Grunde liege.

15. Die mir mitgetheilte Tabelle der specifischen Gewichte des Weingeistes und Wassers geht nur auf tausendtheilige Brüche, und diese reichen nicht hin, die beständige GröÙe a mit genugsamer Genauigkeit zu bestimmen. Ich mußte also mehrere Angaben der specifischen Gewichte mit einander vergleichen, um diejenige Genauigkeit zu erhalten, welche hier nöthig ist.

Bezeichnet man in der Formel $\S$, (12,) den zusammengeletzten Coefficienten des 2ten Gliedes im Nenner: $\left(\frac{1}{\pi} - (1+a)\right)$ mit β , so ist

$$p = \frac{1}{1 + \beta n + a n^2}$$

und ich finde darnach für die 20 Werthe der specifischen Gewichte, welche den Antheilen des Alkohols nach der Progression 1,00, 0,95, 0,80 u. s. w. zugehören, die beiden Gleichungen

$$1,94452 = 10\beta + 5,5a,$$

$$\text{und } 1,86885 = 10\beta + 5,0a;$$

woraus man

$a = 0,15134$ und $\beta = 0,111215$
erhält.

16. Es ist aber nach meiner Voraussetzung

$$\beta = \frac{1}{\pi} - (1 + a) = 0,111215$$

oder

$$\frac{1}{\pi} = 0,111215 + 1,15134 = 1,262555,$$

und daraus folgt

$$\pi = 0,792045$$

wornach es scheint, daß das specifische Gewicht des alkoholifirten Alkohols vom Herrn Lowitz um $\frac{1}{1000}$ zu geringe angegeben worden, welches noch mehr dadurch bewährt wird, daß keine einzige eben so große Abweichung sich in der folgenden Vergleichungstabelle findet, die nach der Formel

$$p = \frac{1}{1 + 0,111215 n + 0,15134 n^2}$$

oder

$$p = \frac{1}{(1 - 0,15134 \cdot n)(1 - n) + \frac{n}{0,792045}}$$

berechnet ist:

n.	p nach dem Ver- suche.	p nach der Rech- nung.	Unterschied.
1,00	0,791	0,7920	+ 0,0010
0,95	0,805	0,8050	0,0000
0,90	0,818	0,8179	+ 0,0001
0,85	0,831	0,8306	— 0,0004
0,80	0,844	0,8442	+ 0,0002
0,75	0,856	0,8558	— 0,0002
0,70	0,868	0,8681	+ 0,0001
0,65	0,880	0,8801	+ 0,0001
0,60	0,892	0,8919	— 0,0001
0,55	0,903	0,9034	+ 0,0004
0,50	0,914	0,9145	+ 0,0005
0,45	0,925	0,9253	+ 0,0003
0,40	0,936	0,9357	— 0,0003
0,35	0,946	0,9457	— 0,0003
0,30	0,956	0,9560	0,0000
0,25	0,965	0,9643	— 0,0007
0,20	0,973	0,9725	— 0,0005
0,15	0,980	0,9803	+ 0,0003
0,10	0,987	0,9875	+ 0,0005
0,05	0,994	0,9941	+ 0,0001

17. Darf ich also annehmen, daß Herr Lo-
witz das specifische Gewicht des höchst reinen Al-
kohols um 0,001045 zu geringe angegeben, so ist
gewiß, daß bei Vermischung des Weingeistes mit
Wasser letzteres eine Zusammenziehung leidet, die
im Verhältnisse des Weingeistes zum Gemische und
der Wassermenge steht, und durch den Ausdruck;

$$Z = 0,15154 \cdot nW$$

berechnet wird.

Bei Auflösungen in Wasser von verhältnismä-
ßig gleichen Antheilen decrepitirten Kochsalzes und
reinen Weingeistes, ist folglich die Zusammenzie-
hung, welche das erste bewirkt, um beinahe $\frac{1}{3}$ tel
größer, als die durch den Weingeist bewirkte Ver-
dichtung des Wassers.

Ich glaube zu der Erwartung berechtigt zu seyn, daß dieses, wie bei den Kochsalz-Solutionen und den Weingeistmischungen, so auch, *mutatis mutandis*, bei andern Auflösungen und Vermischungen statt finde; und dann könnte vielleicht die obige Formel zu einigen Aufklärungen führen, über welche ich mir vorbehalte, bei mehrerer Muße einiges zu sagen.

18. Sollte man von den nach obigen Formeln bis in die 7te Decimalstelle berechneten Tabellen für die Salzsolutionen und Weingeistmischungen einigen Gebrauch machen können; so werde ich mir ein Vergnügen daraus machen, sie mitzutheilen, da ich sie so weit berechnet habe, um den Hrn. Mechanicus Renard in Berlin in den Stand zu setzen, den Soolwagen und Alkoholometern diejenige Genauigkeit zu geben, welche seiner außerordentlichen Geschicklichkeit und der Genauigkeit seiner Theilmaschine entspricht.