

163. Spencer Umfreville Pickering: Das kryoskopische Verhalten schwacher Lösungen.

(Eingeg. am 20. Februar.)

I. Theil. Schwefelsäure.

Vor kurzer Zeit veröffentlichte ich¹⁾ eine Reihe von Werthen für die Gefrierpunkte von verdünnten Schwefelsäurelösungen, durch welche meiner Ansicht nach Krümmungswechsel an gewissen Punkten angezeigt wurden, und welche mithin einen Beweis lieferten, der jeder rein physikalischen Theorie der Lösungen widerspricht. Darauf zeigte Herr Arrhenius,²⁾ dass die thatsächliche Grösse der experimentellen Werthe bis zu einer Depression von 0.4° sehr nahe mit den nach der van t' Hoff'schen Theorie sich berechnenden Werthen übereinstimmt, wenn man bei den letzteren eine Correction für die sogenannte Dissociation anbringt, berechnet aus den Werthen für die Leitfähigkeit der Säure. Es gewinnt dadurch eine grosse Wichtigkeit, festzustellen, ob diese Uebereinstimmung derartig ist, dass sie meine Annahme von dem Vorhandensein plötzlicher Richtungswechsel in der Krümmung in dieser Region widerlegt. Ich bin jetzt in der Lage, die Resultate in einer mehr zufriedenstellenden Weise zu prüfen, als ich es zur Zeit ihrer Veröffentlichung konnte, da ich jetzt eine neue und zuverlässige Methode zur Prüfung des experimentellen Fehlers und auch des Fehlers irgend einer Zeichnung, welche zur Darstellung der Resultate dient, besitze.

Meine Bestimmungen setzten sich aus zwei Reihen zusammen, welche mit verschiedenen Lösungen, verschiedenen Thermometern und nach etwas abweichenden Methoden hergestellt waren; und zwar war die erste Reihe zugegebenermaassen weniger genau als die zweite. Behufs einer Prüfung der Resultate zum Zweck der Entscheidung darüber, ob sie Krümmungswechsel anzeigen oder nicht, ist es daher offenbar unrichtig, den experimentellen Fehler in der Weise abzuschätzen, dass man die Differenzen zwischen den zwei Reihen nimmt, wie das Herr Arrhenius und Herr Walker³⁾ gethan haben; solche Differenzen können wohl eine ungefähre Schätzung des Abweichens der Resultate von den wahren Werthen liefern, bei der Feststellung, ob die Resultate durch eine ununterbrochene Curve wiedergegeben werden können oder nicht, muss uns dagegen die Grösse des

¹⁾ Chem. Soc. Trans. 1890, 342.

²⁾ Brit. Assoc. Report 1890, 325.

³⁾ Phil. Mag. 32, 357.

Fehlers bei nacheinander und unter genau den gleichen Bedingungen ausgeführten Bestimmungen leiten.

Für die vorliegende Prüfung habe ich nur die zahlreichere und genauere Reihe von Bestimmungen benutzt; und ich habe den constanten Fehler, welcher eine Folge davon ist, dass schon ein Theil des Wassers aus der Lösung auskrystallisirt ist, wenn man die Temperatur abliest, zu 3.4 pCt. von der beobachteten Depression angenommen, statt, wie ich es ursprünglich gethan habe, zu 5.4 pCt. Die Methode, nach welcher die Correction bestimmt wurde, will ich später beschreiben, ihre Grösse hat, wie wir sehen werden, keinen Einfluss auf die gezogenen Schlüsse.

In Tabelle I enthalten die ersten 3 Columnen den Procentgehalt, die moleculare und die Volumzusammensetzung der Lösungen, die für die Berechnung der letztern nothwendigen specifischen Gewichte sind in Columne IV gegeben; dieselben beziehen sich auf die Temperatur von 15°; die beobachtete corrigirte Depression ist in Columne VII enthalten.

Der mittlere experimentelle Fehler, wie er aus den Differenzen zwischen je zwei Beobachtungen bestimmt wurde, betrug 0.0006 bis 0.0005¹⁾; da aber empfindliche Thermometer die Neigung besitzen, an gewissen Punkten beständig zu hoch oder zu niedrig zu zeigen,²⁾ und da die Differenzen zwischen zwei mit derselben Lösung angestellten Beobachtungen die Fehler, welche eine Folge hiervon sind, nicht anzeigen können, so mag diese Schätzung wohl noch etwas zu niedrig sein; im vorliegenden Falle habe ich deshalb die bei weitem vorzuziehende graphische Methode, welche ich vor kurzer Zeit beschrieben habe³⁾ und welche Werthe liefert, die von irgend welchen Betrachtungen ausser den wirklich erhaltenen Endresultaten unabhängig sind, zur Bestimmung des mittleren Fehlers angewandt. Um den mittleren Fehler zu erhalten, nahm ich die Differenz zwischen jedem experimentell bestimmten Punkt und der geraden Linie, welche die beiden benachbarten Punkte verbindet, und dividirte diese Differenz durch 1.5. Die Grösse dieses Divisors wurde ermittelt durch Prüfung einer Reihe von imaginären Fehlern, die mittelst Würfeln, deren Flächen mit 0, 1, 2, 3, 4 und 5 bezeichnet waren, construirt wurden. Wenn diese Fehler den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit folgten, so müsste man die Flächen mit den Zahlen 2, 6.7, 12, 17.1, 23.3 und 33.9 bezeichnen, und dann würde der erhaltene Divisor 1.225 sein; bei dem vorliegenden Beispiel aber haben die gewöhnlichen

¹⁾ loc. cit. S. 335.

²⁾ Phil. Mag. 23, 411.

³⁾ Diese Berichte XXIV, 3332.

Wahrscheinlichkeitsgesetze keine Geltung, denn da auch speciell Fehler vorhanden sind, welche von dem Instrument herrühren, wie ich schon erwähnt habe, so würde man einen Ueberschuss an grossen Fehlern erhalten und der Divisor würde dann grösser sein als 1.225; andererseits würde der Maximalwerth, welchen dieser Divisor haben könnte, gleich 2 sein, in dem unwahrscheinlichen Fall, dass alle Fehler entweder Maxima oder gleich Null wären. Der Divisor muss daher zwischen 1.225 und 2 liegen, und wenn wir ihn zu 1.5 annehmen, so können wir nicht weit von der Wahrheit abweichen. Die vorliegenden Resultate zeigen, dass diese angenommene Grösse der Wirklichkeit wahrscheinlich sehr nahe liegt.

Der in dieser Weise festgestellte experimentelle Fehler stellt sich im vorliegenden Falle auf 0.00078°.

Betreffs meiner Methode zur Bestimmung des Fehlers einer Zeichnung muss ich auf eine Abhandlung in der Mainnummer des Philosophical Magazine verweisen. Den mittleren scheinbaren Fehler der Punkte nenne ich $e_1 : e_2$ ist derjenige Fehler, welcher von der Wiedergabe der Punkte mit ausserordentlich grossen und unwahrscheinlichen Werthen herrührt, in unserem Fall aber lässt sich dieser Fehler nicht wohl abschätzen, da hier in Folge der schon erwähnten Unvollkommenheit sehr empfindlicher Thermometer die Zahl der ausserordentlich grossen Fehler eine grössere ist als gewöhnlich, ich habe daher den Fehler e_2 ganz fortgelassen: e_3 ist der Fehler, welcher sich ergibt, wenn man die Fehler mit gleichen Vorzeichen zusammenstellt; beträgt die Anzahl der in einer solchen Gruppe vereinigten Fehler s_1, s_2 u. s. w. und ist n die Gesamtzahl der Punkte, so ist $e_3 = \frac{s_1^3 + s_2^3 + \dots}{5n}$; ergibt sich hieraus e_3 kleiner als eins,

so setzt man dafür eins. Der Gesamtfehler der Zeichnung ist $E = e_1 \times e_2 \times e_3$, und dieser Werth sollte in einer guten Zeichnung sehr nahe derselbe sein wie der festgestellte experimentelle Fehler.

Für die Zeichnung habe ich die Differenzen zwischen den beobachteten Depressionen und Werthen direct proportional der Stärke der Lösungen benutzt (Columnne XVII, Tabelle I); auf diese Weise erhält man eine Anzahl von Werthen, welche um eine horizontale Linie liegen, und man kann nicht nur eine viel offenere Scala benutzen, sondern die Fehler, welche von den Unvollkommenheiten des liniirten Papiers herrühren und diese letzteren selbst werden auf ein Minimum reducirt.

Beobachtete und berechnete Werthe.

Gerade wie der absolute Werth des beobachteten Gefrierpunktes ungewiss ist, so ist es auch der absolute Werth des berechneten Gefrierpunktes. Die Berechnungen hängen unter Anderem ab von dem

Verhältniss der Leitfähigkeit der in Frage stehenden Lösung zu derjenigen einer Lösung von unendlicher Verdünnung, und der Werth der letzteren ist oft etwas zweifelhaft. Kohlrausch's Werthe¹⁾ für die schwächsten Lösungen, welche er anwandte, sind, wie er hervorgehoben hat, mit einem Fehler behaftet, welcher sie werthlos macht, und eine beträchtliche Zahl derselben (etwa acht) müssen verworfen werden, während man bei dem Versuch, die von den übrigen Werthen gebildete Curve bis auf den Nullpunkt auszudehnen, gefunden hat, dass die Natur dieser Curve derartig ist, dass sie ein solches Vorgehen praktisch unmöglich macht. Der am wenigsten unbefriedigende Weg den Werth für Null zu erhalten, ist der, dass man ihn indirect aus denjenigen anderer Substanzen ableitet, unter der Annahme, dass dieselbe Differenz in der Leitfähigkeit bei unendlicher Verdünnung zwischen den Wasserstoffsalzen der Schwefelsäure und der Salzsäure obwaltet wie zwischen dem Sulfat und dem Chlorid des Natriums²⁾; aber selbst diese Methode ist nicht zufriedenstellend, da die Schwierigkeiten, welche uns verhindern, den Werth für die Schwefelsäure direct zu bestimmen, auch, wenngleich in verringertem Maasse, bei der Chlorwasserstoffsäure vorhanden sind. Diese Unsicherheit lässt sich aus der Thatsache ermessen, dass Kohlrausch den Werth für Schwefelsäure zu 370³⁾ bestimmte, während Arrhenius 356 annimmt. Ich habe den letzteren Werth angenommen und aus dem Verhältniss der Leitfähigkeit irgend einer gegebenen Lösung zu 356 die Werthe für die Grösse der Dissociation, die in der Lösung vor sich gegangen sein soll, erhalten und hieraus die Anzahl der wirksamen Einheiten (Moleküle + Ionen), welche dieselbe enthält, berechnet unter der Annahme, dass die Schwefelsäure sich in drei Ionen aufspaltet; diese Werthe sind unter i in Columne V wiedergegeben, und durch Multiplication derselben mit $\frac{1.89}{2} m$ (wo m die Anzahl der Grammäquivalente im Liter bedeutet) erhalten wir daraus den berechneten Werth für die Depression, Columne VI.

Es existirt ohne Zweifel eine nahe Uebereinstimmung zwischen diesen Werthen und der beobachteten Depression, aber die Differenzen (Columne VIII) zeigen, dass die ersteren fast alle zu klein sind. Zieht man die Unsicherheiten des Falles in Betracht, so ist man wohl berechtigt anzunehmen, dass eine constante Fehlerquelle in den Resultaten zur Wirkung gelangt. Die Zahlen in Columne IX stellen die Differenzen dar, die wir erhalten unter der Annahme, dass ein der Depression proportionaler Fehler existirt, diejenigen in Columne X

¹⁾ Wiedemann's Annalen 26, 196 und 202.

²⁾ Phil. Mag. 32, 359.

³⁾ loc. cit. S. 204.

repräsentiren die Differenzen, die entstehen, wenn der angenommene Fehler der Concentration proportional ist. Die Uebereinstimmung ist hier natürlich viel besser wie vorher, aber man kann sie keineswegs als eine innerhalb der experimentellen Fehlergrenzen liegende Uebereinstimmung bezeichnen. Die mittlere Differenz e_r beträgt in den beiden Fällen über das Vierfache und über das Doppelte vom experimentellen Fehler, und die Anordnung der gleichen Zeichen in Gruppen ist eine sehr schlechte und zeigt, dass die Linie, welche die berechneten Werthe darstellt, diejenige der beobachteten Werthe mehrmals schneidet, indem der Gesamtfehler einer nach den berechneten Werthen hergestellten Zeichnung 33 bzw. 15.6 mal so gross ist als der experimentelle Fehler. Selbst wenn wir nur die Resultate bis zu einer Depression von 0.4° in Betracht ziehen, so ist der Fehler zwischen den berechneten und beobachteten Werthen noch 9 und 6 mal so gross als er sein sollte.¹⁾ Es ist also ersichtlich, dass die Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Werthen weit davon entfernt ist, innerhalb der experimentellen Fehlergrenzen genau zu sein, und dass sie sicherlich nicht hinreichend genau ist, die Existenz von Krümmungswechseln selbst in dem kleinen Stück (0.4° oder 0.5 pCt. der Totaldepression, welche sich auf 75° erstreckt), innerhalb dessen eine annähernde Uebereinstimmung herrscht, zu widerlegen.

Ich will bemerken, dass eine genauere Erforschung der Leitfähigkeiten auch bei diesen wahrscheinlich Unregelmässigkeiten zu Tage fördern würde; selbst die beschränkte Anzahl von Werthen, welche wir gegenwärtig kennen, weisen stark auf einen Wechsel bei 0.8 pCt. hin, also genau der Punkt, wo nach meinen Gefrierpunktsresultaten sich ein Knick befindet; doch lege ich auf diese Uebereinstimmung keinen grossen Werth, da die von Kohlrausch im Jahre 1875²⁾ angegebenen Werthe in dieser Region nicht sehr gut übereinstimmen mit denjenigen, welche hier benutzt sind und welche er im Jahre 1885 mitgetheilt hat.

Prüfung der Resultate für Krümmungswechsel.

In einer früheren Mittheilung³⁾ habe ich dargethan, dass eine Prüfung einer Reihe von Resultaten durch Anwendung eines biege-

¹⁾ Die genauen Werthe für Columne IX sind: Summe = + 0.0222 und - 0.0294, $e_r = 0.00147$, $e_s = 4.7$, $E = 0.0691$, Rel. Fehler = 8.8; für Columne X: Summe = + 0.0357 und - 0.0113, $e_r = 0.01137$, $e_s = 3.3$, $E = 0.0044$, Rel. Fehler = 5.7.

²⁾ Ann. Phys. Chem. 154, 215.

³⁾ Diese Berichte XXIV, 3335.

samen Drahtes genau zu denselben Schlüssen sowohl betreffs der Existenz als auch betreffs der Lage irgend welcher Krümmungswechsel führt, wie eine Prüfung derselben durch mathematische Ableitung von Parabeln aus den experimentellen Resultaten zeigt, und die fast vollkommene Uebereinstimmung dieser beiden Methoden der Prüfung wird meiner Ansicht nach über allen Zweifel erhoben durch zahlreiche Beispiele ähnlicher Art, welche in Kurzem im *Philosophical Magazine* veröffentlicht werden sollen. Die gegenwärtigen Resultate habe ich durch die viel kürzere und bequemere graphische Methode geprüft.

Die Lage der Krümmungswechsel, welche ich ursprünglich als aus dieser Reihe von Resultaten sich ergebend annahm, war bei 0.07, 0.35 und 1.05 pCt., wobei ich jedoch hervorhob, dass die Reihe sich nicht weit genug erstreckte, um eine zufriedenstellende Genauigkeit bei dem letzterwähnten Wechsel zu ermöglichen.¹⁾ Die Methode der Zeichnung, welche ich seit kurzem anwende, macht die Bestimmung dieses Wechsels etwas bestimmter, und seine Lage scheint nun vielmehr bei 0.8 pCt. statt bei 1.05 pCt. zu sein. Ich will nicht unerwähnt lassen, dass die andere Reihe von Resultaten, welche, obgleich weniger genau, auch auf stärkere Lösungen ausgedehnt worden war, 0.94 pCt. als die wahrscheinlichste Lage dieses Wechsels ergab.

Wenn man mit Hülfe eines biegsamen Drahts die ganze Linie in vier Abtheilungen aufzeichnet, welche bei 0.07, 0.35 und 0.8 pCt. zusammentreffen, so findet man, dass sowohl der mittlere Fehler der Punkte als auch der Gesamtfehler der Zeichnung fast genau und viel besser als man je hätte erwarten sollen, mit dem experimentellen Fehler übereinstimmt (Columnne XII, wo die Lage der Knicke durch die horizontalen Linien bezeichnet ist); der Werth für E stellt sich auf 0.00081° statt auf 0.00078° , das Verhältniss zwischen den beiden Fehlern ist also 1.04:1. Auf der andern Seite giebt die beste Zeichnung, welche man mit dem Draht ausführen kann und welche die ganze Linie als eine einzige Curve darstellt, einen Gesamtfehler, der 6.3 mal so gross ist wie der experimentelle Fehler (Columnne XI), indem die Anordnung der Zeichen (e_3) noch mehr als der mittlere Fehler der Punkte (e_1) es ersichtlich macht, dass eine solche Zeichnung nicht als eine correcte Darstellung der Resultate betrachtet werden kann.²⁾ Auch mag hervorgehoben werden, dass zur Herstellung einer einzigen Curve, welche den Resultaten auch nur in dem angeführten Maasse Rechnung trägt, der Draht in einer Weise ge-

¹⁾ Chem. Soc. Trans. 1890, 344.

²⁾ Es sei daran erinnert, dass jede Zeichnung, welche sich bis zum Nullpunkt fortsetzt, genau mit diesem Punkt zusammenfallen muss.

zogen und gedreht werden muss, welche deutlich zeigt, dass die erhaltene Curve von viel complicirter Art sein muss als die einfachen Curven, welche bei der Viercurvenzeichnung zur Anwendung kommen. Die Zahlen in Columne XIII zeigen die Resultate, welche man erhält, wenn man den ersten Knick zu verwischen versucht, die in Columne XIV enthalten die Resultate, welche man bei dem Versuch, die beiden ersten Krümmungswechsel zu verwischen, erhält, indem man an Stelle von zwei resp. drei Curven nur eine verwendet. Man ersieht hieraus, dass diese Versuche erfolglos sind, denn die relativen Fehler der Zeichnungen betragen 4.1 bezw. 2.5 mal so viel als sie sollten. Die Ergebnisse der Versuche zur Ueberbrückung des letzten Knicks sowie der beiden letzten Knicke sind in Columne XV und XVI gegeben; auch diese Versuche sind, wie man sieht, ohne Erfolg, da die Gesamtfehler solcher Zeichnungen 4 bezw. 5 mal grösser sind, als sie sein sollten. Auch muss daran erinnert werden, dass die Fehler aller dieser schlechten Zeichnungen kleiner erscheinen als sie eigentlich sollten, da der Fehler e_2 ausgelassen ist; wenn ich nach meiner Erfahrung in andern einigermaassen ähnlichen Fällen urtheile, so möchte ich annehmen, dass der Werth des Fehlers e_2 hier wahrscheinlich etwa halb so gross sein wird als der Fehler e_3 .

Die graphische Prüfung dieser Resultate zeigt mithin, dass keine Zeichnung, welche auch nur einen von den drei Krümmungswechseln, deren Existenz ich von Anfang an angenommen habe, vernachlässigt, als eine treue Wiedergabe der Versuche betrachtet werden kann, weil sie nicht mit dem bekannten Werth des experimentellen Fehlers im Einklang steht, während meine ursprüngliche Zeichnung, welche die Existenz dieser drei besonderen Krümmungswechsel darstellte, genau mit diesem Fehler harmonirt; diese Zeichnung muss daher als eine wahre Darstellung der Resultate angenommen werden, so lange nicht sehr gewichtige Gründe für das Gegentheil zu Tage gefördert werden. Der einzige Grund, der bis jetzt gegen eine derartige Wiedergabe vorgebracht worden ist, ist der, dass die einheitliche Curve, welche die Werthe für die berechneten Gefrierpunkte darstellt, innerhalb des experimentellen Fehlers mit den Resultaten übereinstimmt; bei der Prüfung aber hat sich herausgestellt, dass dies sicherlich nicht der Fall ist, selbst wenn man allen möglichen constanten Fehlern Rechnung trägt. Wir können daher diesen Einwurf durchaus nicht mehr gelten lassen.

Die Prüfung verschiedener) anderer Fälle behalte ich mir für spätere Mittheilungen vor.

Tabelle I. Depression des Gefrierpunkts

Mittlerer experimenteller

 $\text{H}_2\text{SO}_4 = 97.82$

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
Schwefel- säure pCt.	Moleküle auf 100 H_2O	Halb- moleküle im Liter	Specificches Gewicht	i	Depression berechnet	Depression gefunden	Differenz	Differenz - 0.03 d
0.0050	0.0009	0.0010	1.0000	2.9130	0.0028	0.0041	+0.0013	+0.0012
0.0100	0.0018	0.0020	1.0001	2.8304	0.0055	0.0042	-0.0013	-0.0014
0.0149	0.0027	0.0030	1.0001	2.7792	0.0080	0.0089	+0.0009	+0.0006
0.0198	0.0036	0.0040	1.0002	2.7416	0.0105	0.0118	+0.0013	+0.0009
0.0249	0.0046	0.0051	1.0002	2.7118	0.0130	0.0123	-0.0007	-0.0011
0.0298	0.0055	0.0061	1.0002	2.6838	0.0154	0.0170	+0.0016	+0.0011
0.0401	0.0074	0.0082	1.0003	2.6366	0.0204	0.0220	+0.0016	+0.0009
0.0504	0.0093	0.0103	1.0004	2.6012	0.0253	0.0271	+0.0018	+0.0010
0.0599	0.0110	0.0122	1.0005	2.5720	0.0297	0.0315	+0.0018	+0.0009
0.0696	0.0128	0.0142	1.0005	2.5484	0.0342	0.0381	+0.0039	+0.0028
0.0799	0.0147	0.0163	1.0006	2.5242	0.0389	0.0400	+0.0011	+0.0001
0.0897	0.0165	0.0183	1.0007	2.5046	0.0433	0.0469	+0.0036	+0.0022
0.0996	0.0183	0.0203	1.0008	2.4838	0.0477	0.0479	+0.0002	-0.0012
0.1200	0.0221	0.0245	1.0009	2.4506	0.0567	0.0611	+0.0044	+0.0026
0.1401	0.0258	0.0286	1.0010	2.4224	0.0654	0.0676	+0.0022	+0.0002
0.1591	0.0293	0.0325	1.0012	2.3984	0.0736	0.0745	+0.0009	-0.0013
0.1791	0.0329	0.0366	1.0013	2.3752	0.0821	0.0830	+0.0009	-0.0016
0.2004	0.0369	0.0409	1.0015	2.3522	0.0909	0.0921	+0.0012	-0.0016
0.2415	0.0443	0.0493	1.0017	2.3180	0.1080	0.1095	+0.0015	-0.0018
0.2798	0.0515	0.0572	1.0020	2.2882	0.1236	0.1268	+0.0032	-0.0006
0.3225	0.0594	0.0659	1.0023	2.2602	0.1407	0.1451	+0.0044	0
0.3562	0.0656	0.0723	1.0025	2.2400	0.1541	0.1578	+0.0037	-0.0011
0.4002	0.0738	0.0818	1.0028	2.2146	0.1712	0.1747	+0.0035	-0.0017
0.4508	0.0831	0.0922	1.0032	2.1894	0.1907	0.1955	+0.0048	-0.0011
0.4984	0.0920	0.1020	1.0035	2.1648	0.2086	0.2147	+0.0061	-0.0003
0.5470	0.1010	0.1119	1.0038	2.1478	0.2272	0.2325	+0.0044	-0.0026
0.5979	0.1104	0.1224	1.0042	2.1292	0.2463	0.2529	+0.0064	-0.0012
0.6476	0.1197	0.1326	1.0045	2.1106	0.2645	0.2732	+0.0087	+0.0005
0.6944	0.1284	0.1422	1.0048	2.0960	0.2817	0.2925	+0.0108	+0.0020
0.7474	0.1383	0.1531	1.0052	2.0804	0.3011	0.3123	+0.0112	+0.0018
0.7912	0.1474	0.1622	1.0055	2.0680	0.3169	0.3302	+0.0133	+0.0034
0.8458	0.1571	0.1740	1.0059	2.0680	0.3400	0.3486	+0.0086	-0.0021
0.8929	0.1654	0.1831	1.0062	2.0680	0.3579	0.3660	+0.0081	-0.0029
0.9467	0.1755	0.1942	1.0066	2.0680	0.3796	0.3877	+0.0081	-0.0035
1.0006	0.1866	0.2054	1.0069	2.0680	0.4013	0.4113	+0.0100	-0.0023
1.1063	0.2054	0.2279	1.0076	2.0678	0.4454	0.4504	+0.0050	-0.0085
1.1963	0.2223	0.2466	1.0082	2.0676	0.4818	0.4848	+0.0030	-0.0115
1.3943	0.2596	0.2880	1.0095	2.0674	0.5626	0.5612	-0.0010	-0.0178
1.5962	0.2978	0.3289	1.0109	2.0670	0.6426	0.6408	-0.0016	-0.0208
1.7957	0.3357	0.3716	1.0122	2.0664	0.7257	0.7186	-0.0071	-0.0287

Summe { +0.1535 +0.0222
 { -0.0117 -0.0810

$e_1 = 0.00413$ 0.00347

$e_2 = 164$ 7.4

$E = 0.6772$ 0.0257

Relat. Fehler = 870 33

des Wassers durch Schwefelsäure.

Fehler = 0.00078°.

H₂O = 17.96.

X.	XI.	XII.	XIII.	XIV.	XV.	XVI.	XVII.
Differenz — 0.05 m	Scheinbarer Fehler bei der Darstellung durch:						Depression — 0.4 pCt.
	Eine Curve	Vier Curven	Eine Curve bis 0.35 pCt.	Eine Curve bis 0.8 pCt.	Eine Curve von 0.35 bis 1.8 pCt.	Eine Curve von 0.07 bis 1.8 pCt.	
+0.0012	+0.0012	+0.0008	+0.0016	+0.0014	—	—	0.0021
-0.0014	-0.0014	-0.0020	-0.0014	-0.0016	—	—	0.0002
+0.0007	+0.0006	-0.0001	+0.0009	+0.0008	—	—	0.0029
+0.0011	+0.0010	+0.0003	+0.0012	+0.0010	—	—	0.0039
-0.0010	-0.0016	-0.0022	-0.0012	-0.0014	—	—	0.0023
+0.0013	+0.0008	0	+0.0011	+0.0009	—	—	0.0051
+0.0012	+0.0007	-0.0002	+0.0011	+0.0010	—	—	0.0060
+0.0013	+0.0006	-0.0003	+0.0010	+0.0009	—	—	0.0069
+0.0012	+0.0004	-0.0007	+0.0009	+0.0007	—	—	0.0075
+0.0032	+0.0021	+0.0013	+0.0026	+0.0024	—	+0.0030	0.0103
+0.0003	+0.0007	-0.0007	-0.0003	-0.0003	—	+0.0004	0.0080
+0.0027	+0.0018	+0.0021	+0.0022	+0.0020	—	+0.0035	0.0110
-0.0008	-0.0019	-0.0013	-0.0019	-0.0017	—	-0.0006	0.0081
+0.0032	+0.0022	+0.0032	+0.0022	+0.0022	—	+0.0038	0.0131
+0.0003	-0.0001	+0.0012	-0.0001	-0.0001	—	+0.0017	0.0116
-0.0005	-0.0018	-0.0001	-0.0018	-0.0017	—	+0.0001	0.0109
-0.0009	-0.0016	0	-0.0016	-0.0016	—	+0.0001	0.0114
-0.0003	-0.0016	-0.0001	-0.0019	-0.0017	—	0	0.0119
-0.0010	-0.0013	-0.0002	-0.0016	-0.0015	—	-0.0001	0.0129
+0.0003	+0.0007	+0.0009	0	+0.0001	—	+0.0012	0.0149
+0.0011	+0.0020	+0.0008	+0.0009	+0.0012	—	+0.0018	0.0161
+0.0001	+0.0007	-0.0001	—	0	-0.0005	0	0.0152
-0.0002	+0.0001	-0.0006	—	-0.0007	-0.0012	-0.0012	0.0146
+0.0002	+0.0010	+0.0002	—	+0.0002	-0.0002	-0.0010	0.0152
+0.0010	+0.0016	+0.0007	—	+0.0007	+0.0006	-0.0003	0.0153
-0.0012	0	-0.0010	—	-0.0010	-0.0010	-0.0022	0.0137
+0.0003	+0.0006	-0.0006	—	-0.0006	-0.0005	-0.0013	0.0137
+0.0021	+0.0014	+0.0005	—	+0.0005	+0.0010	-0.0009	0.0142
+0.0037	+0.0022	+0.0010	—	+0.0012	+0.0017	+0.0002	0.0147
+0.0035	+0.0015	-0.0003	—	-0.0003	+0.0009	-0.0009	0.0133
+0.0052	+0.0022	+0.0005	—	+0.0007	+0.0022	+0.0007	0.0137
-0.0001	-0.0018	-0.0019	—	—	-0.0018	-0.0030	0.0092
-0.0011	-0.0018	-0.0016	—	—	-0.0013	-0.0024	0.0083
-0.0016	-0.0012	-0.0010	—	—	-0.0004	-0.0014	0.0090
-0.0003	+0.0018	+0.0022	—	—	+0.0025	+0.0020	0.0111
-0.0064	0	+0.0007	—	—	+0.0013	+0.0010	0.0079
-0.0093	-0.0006	+0.0003	—	—	+0.0011	+0.0010	0.0063
-0.0134	-0.0017	-0.0006	—	—	+0.0004	+0.0012	0.0035
-0.0148	0	0	—	—	+0.0009	+0.0008	0.0023
0.0115	-0.0002	-0.0003	—	—	-0.0019	-0.0044	0.0003
-0.0357	-0.0186	-0.0159	-0.0118	-0.0142	-0.0088	-0.0207	
-0.0367	+0.0279	+0.0167	+0.0157	+0.0179	+0.0126	+0.0225	
+0.00181	0.00116	0.00081	0.00131	0.00104	0.00113	0.00139	
6.7	4.26	1	2.46	1.87	2.64	3.00	
0.01213	0.00494	0.00081	0.00322	0.00194	0.00298	0.00417	
15.6	6.3	1.04	4.1	2.5	3.8	5.3	