Wenn dem Glasfaden während $T^{\min}$ eine Torsion γ mitgetheilt war und nun aufgehoben wird, so zeigt der sich selbst überlassene Faden zur Zeit $t^{\min}$ nach dem Abwinden noch die Torsion $\gamma \cdot 0,00254 \cdot \log \text{nat} \frac{T+t}{t}$

Diese Zahlen-Constante hat offenbar für Boltzmann's Faden nahe dieselbe Bedeutung wie für meine Fäden die Zahlen 0,00467 und 0,00375. *Die Unterschiede sind nicht größer, als man bei verschiedenen Glassorten erwarten darf.*

Jugenheim a. B. September 1876.

**V. Weitere Mittheilungen über den Zusammenhang zwischen der Viscosität und dem galvanischen Leitungsvermögen verschiedener Flüssigkeiten;
von O. Grotrian.**

Die von mir vor einiger Zeit mitgetheilten Versuche, welche den Zweck verfolgten, versuchsweise einen Zusammenhang zwischen der Viscosität und dem galvanischen Leitungsvermögen der Elektrolyte aufzufinden¹⁾, haben glaube ich, gezeigt, daß derartige Untersuchungen immerhin geeignet sind, unsere Kenntniß über die elektrolytischen Vorgänge zu erweitern. Es lag daher bei Beendigung meiner letzten Arbeit bei mir die Absicht vor, jene Versuche auf verschiedene andere Flüssigkeiten auszudehnen.

Das damals angewandte Coulomb'sche Verfahren gestattet die zur Berechnung der Reibungsconstante nöthigen Werthe, logarithmisches Decrement und Schwingungsdauer, mit großer Genauigkeit zu messen, leidet aber an zwei Uebelständen, welche die Methode für den vorliegenden Zweck wenigstens gegenüber einer andern im Nachtheil

1) Diese Ann. Bd. 157, S. 130.

erscheinen lassen. Erstens nämlich erfordert das Coulomb'sche Verfahren beträchtliche Flüssigkeitsmengen, da die Theorie desselben nur für eine sehr große Scheibe entwickelt ist, und zweitens besitzt man bei ihrer Anwendung nur innerhalb der Grenzen der Zimmertemperatur eine Herrschaft über die Temperatur der zu untersuchenden Flüssigkeit, die Anwendung eines Bades ist wegen der dabei kaum zu vermeidenden Strömungen in der Flüssigkeit unthunlich.

Es sind aber nun gerade die Temperaturcoefficienten der Fluidität, d. h. des reciproken Werthes der Reibungsconstante, deren Verlauf bei Aenderung der Concentration der Flüssigkeit große Analogie mit dem Verlauf der entsprechenden Coefficienten des Leitungsvermögens darbietet, wie aus den Zahlen meiner letzten Arbeit hervorgeht. Ich habe daher vorgezogen, die neu anzustellenden Beobachtungen unter Anwendung des zuerst von Hagen und Poiseuille benutzten Ausflußverfahrens auszuführen, welches gestattet, die Temperatur innerhalb weiter Grenzen zu variiren, und dessen genau entwickelte Theorie sich mit den von Poiseuille gemachten Experimentaluntersuchungen in vollständigem Einklange befindet.

Meine Untersuchungen betreffen folgende Flüssigkeiten in verschiedenen Concentrationen und bei verschiedenen Temperaturen: Salpetersäure, Salzsäure, Schwefelsäure, sowie Lösungen von Chlorammonium und Zinkvitriol.

1. Der Beobachtungsapparat.

Ueber die Einrichtung des bei den Beobachtungen benutzten Apparates giebt umstehende Zeichnung Aufschluß.

Der eigentliche Ausflußapparat besteht aus drei Theilen von Glas, dem Rohre *aa*, mit trichterartiger Erweiterung am Ende *a*, dem unter rechten Winkel gebogenen Rohre *bb*₁, dem Capillarrohr *cc*₁ und dem Rohre *dd*₁. Dieselben sind mit einander wasserdicht in der Reihenfolge verbunden, wie sie die Figur zeigt. Die in den Trichter bei *a* eingegossene Flüssigkeit durchläuft die

Röhrenleitung in der Richtung aa_1 bb_1 cc_1 dd_1 und fließt bei d_1 tropfenweise aus in das zum Auffangen bestimmte

Figur 1.

Gefäß f . Die Röhre bb_1 und dd_1 besitzen an den Enden b , b_1 und d kleine trichterförmige Erweiterungen, in welche die Enden a_1 von aa_1 sowie c und c_1 des Capillarrohres passen. Ueber die Verbindungsstellen a_1b , b_1c , c_1d sind Enden von Gummischlauch zur Herstellung eines wasserdichten Verschlusses geschoben.

Der horizontale Theil des Röhrensystems und der verticale rb_2 sind von einem Wasserbade umgeben. Das Wasser desselben befindet sich bis zum Niveau NN in einem Kasten KK aus Eisenblech und kann bei Anwendung höherer Temperaturen durch eine Reihe unter dem-

selben angebrachter Gasflammen auf constanter Temperatur gehalten worden. Zu den Temperaturablesungen dient ein in zehntel Grade getheiltes Geißler'sches Thermometer, dessen Scala bis 50° geht. Das Quecksilbergefäß desselben steht mit dem Capillarrohr in Berührung.

Das Verticalrohr aa_1 wird durch ein Eisenstativ getragen. Ersteres wurde vor jeder Versuchsreihe in verticale Stellung gebracht dadurch, daß man dasselbe parallel zweien im Zimmer befindlichen Verticallinien machte, deren Winkelabstand, wenn man aa_1 als Scheitel des Winkels betrachtet, etwa 90° beträgt.

Die übrigen Theile, namentlich das Capillarrohr, erhalten eine feste Lage durch Blechträger von der Form T (s. d. Fig. 1), in der sie sich darstellen, gesehen in der Richtung des horizontalen Rohres rd_1 . Dieselben sind mittelst der umgebogenen Blechstreifen EE über die Ränder des Kastens gehängt. Bei s befindet sich in der Blechplatte PP ein Ausschnitt, in welchem das Glasrohr, durch angehängte Gewichte angedrückt, fest aufliegt. Durch Anbringung einer Marke im Kasten war dafür Sorge getragen, daß der Blechträger, welcher zur Unterstützung des Endes d , also auch des Endes c_1 des Capillarrohres dient, stets wieder an derselben Stelle des Kastens eingehängt wurde. Ein zweiter Träger befindet sich in der Nähe von c und ein dritter zwischen r und b_1 . Den vierten Halt bekommen die horizontalen Rohre dadurch, daß das Rohr dd_1 mittelst eines übergeschobenen Gummistopfens fest in ein röhrenförmiges Stück vv eingesetzt ist, welches sich in der einen Wand des Blechkastens befindet. Um die einzelnen Theile bei jedem Versuch in möglichst gleiche Lage bringen zu können, hatte man bei m und m_1 eine Marke in das Glasrohr geritzt. Der verticale Theil rb wurde stets so gestellt, daß m in die durch den vorderen und hinteren Rand des Blechkastens gehende Ebene fiel, während m_1 in die durch den Rand des röhrenförmigen Stückes vv gelegte Ebene gebracht wurde.

Die Dimensionen des Apparates sind folgende:

Länge	{	aa_1		52,9 Cm.	
		rb		15,3 -	
		rb_1		25,2 -	
		dd_1		20,6 -	
Mittlerer Durchmesser der weiteren Glasröhren				0,3 -	
Länge	{	des Blechkastens	{		54,3 -
Breite					15,0 -
Höhe					14,1 -

2. Das Beobachtungsverfahren.

Die für den Ausfluß bestimmten Flüssigkeiten waren vorher filtrirt; denn es hatte sich bei den Vorversuchen herausgestellt, daß ohne diese Vorsichtsmaaßregel oft durchaus unregelmäßige Resultate erhalten wurden, welche offenbar in einer theilweisen Verstopfung des Capillarrohres ihren Grund hatten.

Vor jeder Beobachtungsreihe wurde die zu untersuchende Flüssigkeit zunächst etwas über die höchste Temperatur, der sie später ausgesetzt werden sollte, erwärmt und dann wieder abgekühlt. Es geschah dieses, um die Abscheidung von Luftbläschen in dem horizontalen Theil des Röhrensystems möglichst zu vermeiden. Die Flüssigkeit wurde hierauf in das Rohr aa , eingegossen und der Blechkasten mit Wasser von etwa 10° C. gefüllt.

Vor je zwei bei nahe gleicher Temperatur angestellten Beobachtungen wurde die Temperatur der Flüssigkeit in ihrer freien Oberfläche oo mittelst eines in ganze Grade getheilten Thermometers bestimmt, um mittelst einer später zu besprechenden Annäherung den von der verticalen Flüssigkeitssäule ausgeübten relativen Druck zu bestimmen, der mit dem specifischen Gewicht, also auch mit der Temperatur der Flüssigkeit, variirt.

Hierauf wurde mit Hülfe einer Secunden schlagenden Pendeluhr der Moment bestimmt, in welchem ein Tropfen von d_1 in ein untergestelltes Gefäß herabzufallen anfing, wobei zehntel Secunden, so gut es ging, geschätzt wurden. Sobald derselbe herabgefallen war, wurde das vorher aus-

getrocknete Gefäß f (s. d. Fig. 1) unter die Ausflußöffnung geschoben. In demselben befand sich ein schräg gestelltes Glasstäbchen t , durch welches ein Verspritzen der Tropfen über den Rand des Gefäßes vermieden wurde. Man ließ so die Flüssigkeit eine Zeit lang, 4 bis 15 Minuten, ausfließen und beobachtete während dieser Zeit mehrfach, meist von Minute zu Minute, das Thermometer, welches die Temperatur des Capillarrohres anzeigt. Außerdem wurde in etwa gleichen Zeitintervallen von der Flüssigkeit oben in das Rohr aa_1 nachgegossen, so daß während des Versuchs die verticale Flüssigkeitssäule auf nahezu constantem Niveau gehalten wurde. Letzteres ist durch die Marke m , bestimmt. Während der Beobachtung war der trichterartige Ansatz des Verticalrohres aa_1 mit einigen Glasplatten bedeckt, um ein Verdunsten der Flüssigkeit möglichst zu vermeiden. In eine zwischen den Glasplatten gelassene Oeffnung war ein kleiner Trichter geschoben, durch welchen die Flüssigkeit nachgegossen wurde.

Nachdem ein passendes Quantum (etwa 7 CCm.) ausgeflossen war, wurde wiederum der Zeitmoment beobachtet, in welchem sich ein Tropfen von d_1 löste. Das Aufgefäß wurde gleich darauf entfernt, mit einem eingeschlifften Glasstöpsel geschlossen und dann gewogen. Das gefundene Gewicht minus dem des leeren Glases giebt das Gewicht der Ausflußmenge. Der in letzterem erhaltene mittlere Wägungsfehler dürfte 0,1 Proc. nicht erreichen. Der so beendigten ersten Beobachtung folgte eine zweite gleiche für nahezu die nämliche Temperatur. Sodann wurden fast immer (wie Tab. I S. 249 zeigt) ebenfalls für höhere Temperaturen derartige Doppelbeobachtungen angestellt.

Es betrug beispielsweise bei 9,08 procentiger Phosphorsäure

das Gewicht des leeren Glases . . .	56,540 ^{gr}
das Gewicht des Glases plus dem der	
Ausflußmenge	64,374
das Gewicht der Ausflußmenge . . .	<hr/> 7,834.
	16 *

Erstes Herabfallen des Tropfens beobachtet zur Zeit	11 ^h 25 ^m 30,0 ^s
Zweites Herabfallen des Tropfens beobachtet zur Zeit	11 ^h 29 ^m 54,4 ^s
Zeitdauer des Ausflusses	4 ^m 24,4 ^s .
Gewicht der in einer Secunde ausgeflossenen Flüssigkeitsmenge	0,02963 ^{gr}
Temperatur im freien Niveau der Flüssigkeit	19,1 ^o .

$$\begin{array}{cc} \text{Temperatur des} & \left\{ \begin{array}{l} 29^{\circ},99 \\ 29^{\circ},99 \\ 29^{\circ},90 \\ 29^{\circ},99 \\ 29^{\circ},89 \\ 29^{\circ},91 \end{array} \right\} \\ \text{Capillarrohres} & \end{array} \quad \text{Mittel } 29^{\circ},94.$$

Da in der Formel zur Berechnung der Reibungsconstante aus der Ausflußmenge das Volumen derselben vorkommt, wie es im Capillarrohr vorhanden war, so muß zu dessen Berechnung, falls man die ausgeflossene Menge wägt, das specifische Gewicht der Flüssigkeit bekannt seyn bei der im Capillarrohr herrschenden Temperatur. Es war daher nöthig, die specifischen Gewichte der einzelnen Flüssigkeiten nicht nur für eine, sondern für mehrere Temperaturen zu ermitteln, um daraus das specifische Gewicht für eine beliebige Temperatur interpoliren zu können. Die Bestimmungen desselben geschahen in bekannter Weise durch die Ermittlung des Gewichtsverlustes, welchen ein in die Flüssigkeit getauchter Glaskörper erleidet.

Bei anderer als Zimmertemperatur wurde die in einem cylindrischen Gefäße befindliche Flüssigkeit in ein Wasserbad gebracht, in welchem ihre Temperatur lange Zeit nahezu constant blieb, so daß Flüssigkeitsströmungen die Wägungen in keiner erheblichen Weise beeinträchtigen konnten.

Figur 2.

Das Bad (s. beistehende Figur) besteht aus zwei Bechergläsern, von denen das kleinere *B* (Durchmesser = 9,5 Cm., Höhe = 17 Cm.) in das größere *A* (Durchmesser = 12,5 Cm., Höhe 22,5 Cm.) gestellt ist und auf einer rechtwinklig gebogenen Zinkplatte *Z* ruht, die auf dem Boden von *A* befindlich ist. Auf dem Boden von *B* steht ein kleiner Dreifuß *D* aus Draht und auf diesem das Gefäß *C* mit der zu untersuchenden Flüssigkeit.

Dasselbe wird außerdem gehalten durch zwei Glasplatten *gg*, welche zwei halbkreisförmige Ausschnitte besitzen; diese umschließen das cylindrische Gefäß nahe an seinem Rande. Der Gewichtsverlust, welchen der Glaskörper erleidet, wurde für Wasser bei Temperaturen ermittelt, welche denen, für welche das specifische Gewicht der einzelnen Flüssigkeiten bestimmt wurde, nahe liegen. Auf diese Weise war die Anbringung einer besonderen Correction wegen der Ausdehnung des Glaskörpers mit der Temperatur unnöthig gemacht.

3. Berechnung der Fluidität aus den Beobachtungen.

Der Ausfluß aus Capillarröhren folgt nach den Experimenten von Poiseuille einem Gesetze, welches später von verschiedenen Forschern theoretisch abgeleitet wurde, und welches in folgender Formel seinen Ausdruck findet:

$$v = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot p}{8 \cdot \eta \cdot l}.$$

In derselben bedeutet:

r den Radius des Capillarrohres,

l dessen Länge,

p die Differenz der Drucke am Anfang und am Ende des Capillarrohres,

η die Reibungsconstante,

v das in der Zeiteinheit durch das Capillarrohr geflossene Flüssigkeitsvolumen.

Falls die Temperatur der verticalen Flüssigkeitssäule in allen ihren Theilen dieselbe wäre, so hätte man $p = L \cdot s$ zu setzen, wenn L die Länge der Säule, s die Dichtigkeit der darin enthaltenen Flüssigkeit bedeutet. Da nun s nicht überall denselben Werth hat, und dieser an den verschiedenen Stellen der verticalen Röhre unbekannt ist, so ist zur Berechnung von p folgende Näherung angewandt.

Die Druckhöhe L denke man sich in zwei Längen A und B zerlegt (s. d. Fig. 1, S. 240). A ist der verticale Abstand zwischen der freien Oberfläche oo der durchfließenden Flüssigkeit und dem Niveau NN des Bades; B dagegen bezeichnet den Verticalabstand zwischen NN und der Axe des Capillarrohres. Bezeichnet man nun mit τ und s_t die mittlere Temperatur und das mittlere specifische Gewicht der Flüssigkeitssäule A , mit t und s , Temperatur und specifisches Gewicht für B , so ist

$$p = A \cdot s_t + B \cdot s.$$

Die Temperatur t ist durch die des Wasserbades gegeben. Die mittlere Temperatur τ dagegen wurde angenommen als das arithmetische Mittel zwischen t und der vor jedem Beobachtungspaare bestimmten Temperatur t_0 in der freien Oberfläche oo , also $\tau = \frac{t_0 + t}{2}$. Diese Berechnung für τ wurde nur dann angewandt, wenn die Temperatur des Bades größer als die im Niveau oo war. Dagegen wurde einfach $\tau = t_0$ genommen, wenn $t_0 > t$ war, da in diesem Falle die specifisch leichtere Säule A über der schwereren B ruht, und ein Eindringen kälterer Strömungen in erstere nicht anzunehmen ist.

Es ist demnach

$$v = \frac{\pi \cdot r^4 (A \cdot s_t + B \cdot s)}{8 \cdot \eta \cdot l} = \frac{q}{s_t},$$

wenn q das Gewicht der in einer Secunde ausgeflossenen

Flüssigkeitsmenge bezeichnet. Setzt man die für dasselbe Capillarrohr constante Gröfse

$$\frac{\pi \cdot r^4 \cdot B}{8 \cdot l} = K,$$

so wird

$$K \cdot \frac{1}{\eta} \left(\frac{A}{B} s_t + s_t \right) = \frac{q}{s_t},$$

oder es ergibt sich, wenn man $\frac{A}{B} = M$ setzt,

$$K \cdot \frac{1}{\eta} = \frac{q}{(M s_t + s_t) s_t}.$$

Die Messung ergab

$$A = 614^{\text{mm}}, 7$$

$$B = 33^{\text{mm}}, 6$$

$$\text{oder } M = 18^{\text{mm}}, 29.$$

In der folgenden Tabelle I, S. 249 ist für jede Concentration der Procentgehalt p der untersuchten Flüssigkeit angegeben, d. h. die Gewichtsmenge an HNO_3 , HCl , H_2SO_4 , H_3PO_4 , NH_4Cl , ZnSO_4 in 100 Gewichtstheilen der Flüssigkeit. Die Bestimmungen der Procentzahlen sind für Salpetersäure, Salzsäure, Schwefelsäure und Chlorammonium theils von Hrn. Dr. Rössler, theils von Hrn. Polytechniker Sonne, ausgeführt. Beiden Herren bin ich für ihre mir dadurch zu Theil gewordene Unterstützung bei meiner Arbeit zu grossem Danke verpflichtet. Die Procente für Phosphorsäure und Zinkvitriol sind aus einer Tabelle von Watts¹⁾ entnommen, aus welcher der Procentgehalt zu dem bekannten specifischen Gewichte der Flüssigkeit berechnet werden kann.

Die erste Columne der Tabelle I enthält unter t_0 die Temperatur in der freien Oberfläche der ausfliessenden Flüssigkeit, die zweite unter t die Temperatur des Capillarrohres, die dritte unter q das Gewicht der in einer Secunde ausgeflossenen Flüssigkeitsmenge. Sämmtliche Temperaturangaben beziehen sich auf die 100 theilige Skala.

1) *Chem. News* 12, 160; *J. B.* 1865, 137. — Gmelin-Kraut, Handbuch der Chemie, 1. Bd., 2. Abtheilung, S. 128.

An den directen Angaben der beiden Thermometer zur Bestimmung von t_0 und t wurden Correctionen angebracht, die aus einer dafür entworfenen Tabelle entnommen wurden. Dieselbe ist durch Vergleichung beider Thermometer mit einem Geißler'schen Normalthermometer erhalten, dessen feste Punkte bestimmt waren. In Columne 4 und 6 sind unter t und q die Mittel aus je zwei auf einander folgenden Zahlen der Columnen 2 und 3 angegeben, sofern bei beiden Beobachtungen die Temperatur nahezu die gleiche war. Columne 7 giebt unter τ die mittlere Temperatur des Theils der Flüssigkeitssäule, welcher sich über dem Niveau des Bades befindet, während unter s_τ und s_t in der achten und neunten Columne die den Temperaturen τ und t entsprechenden specifischen Gewichte angegeben sind. Die Zahlen für s_τ und s_t wurden aus denen der Tab. II, S. 256, durch graphische Interpolation erhalten. In Columne 5 unter f befinden sich endlich Zahlen, die dem reciproken Werthe der entsprechenden Reibungsconstanten proportional sind; in meiner früheren Arbeit habe ich denselben „die Fluidität“ genannt und werde diese Bezeichnung im Folgenden beibehalten.

Die f sind dadurch erhalten, daß man den Werth

$$K \cdot \frac{1}{\eta} = \frac{q}{(Ms_\tau + s_t)s_t}$$

für Wasser von 10^0 berechnete und die so erhaltene Zahl für die andern als Einheit zu Grunde legte. Im Laufe der Versuche wurden zwei Capillarrohre von verschiedener Länge angewandt, das kürzere namentlich für die sehr zähen Flüssigkeiten.

Es ergab sich für Wasser von 10^0 für das lange Rohr

$$\frac{q}{(Ms_\tau + s_t)s_t} = \begin{cases} 11080,9 \cdot 10^{-7} \\ 11079,9 \cdot 10^{-7} \end{cases} \quad \text{Mittel} = 11080,4 \cdot 10^{-7};$$

für das kurze Rohr

$$\frac{q}{(Ms_\tau + s_t)s_t} = \dots \dots \dots 14198,7 \cdot 10^{-7}.$$

Durch diese Zahlen sind die nach der Formel

$$K \cdot \frac{1}{\eta} = \frac{q}{(Ms_r + s_t)s_t}$$

berechneten Fluiditäten dividirt und die so erhaltenen Werthe in Columne 5 unter f angegeben. Dieselben bedeuten also die Fluidität, d. h. das Ausflussvolum pro Secunde unter demselben Druck, wenn dieses für Wasser von 10° gleich 1 gesetzt wird.

Unter Anwendung des kurzen Capillarrohres sind nur die vier stärksten Phosphorsäuren untersucht.

Tabelle I.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
t_0 .	t	q	t	f	q	τ	s_r	s_t

HNO₃, $p = 6,03$ Proc.

15,8°	8,22° 8,37	0,02171 2175	8,30°	0,9524	0,02173	15,8°	1,0325	1,0336
14,2	19,87 19,46	2859 2843	19,67	1,2525	2851	16,9	1,0322	1,0315
13,7	30,01 29,89	3531 3501	29,95	1,5528	3516	21,8	1,0308	1,0276

$p = 12,80$ Proc.

14,5	7,58 7,82	0,02271 2284	7,70	0,9243	0,02277	14,5	1,0723	1,0747
14,9	20,05 19,75	2987 2975	19,90	1,2161	2981	17,4	1,0713	1,0703
16,1	30,23 30,26	3598 3616	30,24	1,4818	3607	23,2	1,0689	1,0654

$p = 19,59$ Proc.

17,0	7,62 7,87	0,02339 2353	7,75	0,8814	0,02346	17,0	1,1135	1,1178
18,1	20,84 20,60	3091 3047	20,72	1,1611	3069	19,4	1,1122	1,1116
18,2	30,21 30,13	3623 3574	30,17	1,3720	3598	24,2	1,1097	1,1057

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
t_0	t	q	t	f	q	τ	s_τ	s_t

HNO₃. $p = 25,93$ Proc.

17,9°	8,36°	0,02365	8,49°	0,8257	0,02365	17,9°	1,1544	1,1603
	8,62	2365						
16,8	20,71	2979						
	20,24	2930	20,05	1,0238	2913	18,4	1,1541	1,1531
	19,20	2829						
15,2	29,77	3360						
	29,47	3309	29,62	1,1819	3334	22,4	1,1516	1,1462

 $p = 32,93$ Proc.

17,6	8,49	0,02340	8,55	0,7592	0,02349	17,6	1,1998	1,2062
	8,60	2359						
16,7	20,66	2984	20,44	0,9656	2964	18,5	1,1991	1,1976
	20,23	2945						
16,1	30,03	3424	30,09	1,1261	3422	23,1	1,1954	1,1895
	30,16	3421						

 $p = 38,83$ Proc.

17,0	8,20	0,02227	8,37	0,6756	0,02232	17,0	1,2393	1,2468
	8,54	2238						
16,8	20,23	2770	20,11	0,8419	2755	18,5	1,2380	1,2365
	19,98	2740						
17,5	30,14	3239	30,05	0,9918	3212	23,8	1,2343	1,2276
	29,97	3185						

HCl. $p = 3,99$ Proc.

15,6	9,07	0,02077	9,19	0,9370	0,02082	15,6	1,0188	1,0201
	9,30	2087						
16,1	20,15	2719	20,34	1,2319	2729	18,2	1,0182	1,0177
	20,54	2739						
16,9	30,14	3341	30,25	1,5209	3354	23,6	1,0168	1,0147
	30,36	3368						

 $p = 8,79$ Proc.

15,8	9,43	0,02074	9,58	0,8927	0,02075	15,8	1,0420	1,0433
	9,72	2076						
16,0	19,61	2585	19,72	1,1167	2589	17,9	1,0416	1,0411
	19,83	2593						
16,3	29,97	3153	30,04	1,3662	3152	23,2	1,0402	1,0376
	30,11	3151						

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
t_0	t	q	t	f	q	τ	s_t	s_i

HCl. $p = 17,95$ Proc.

14,3°	8,73° 8,85	0,01989 1993	8,79°	0,7840	0,01991	14,3°	1,0887	1,0909
14,0	19,71 19,63	2475 2467	19,67	0,9781	2471	16,8	1,0877	1,0865
13,8	29,39 29,18	2906 2896	29,28	1,1553	2901	21,5	1,0856	1,0821

 $p = 29,95$ Proc.

18,0	8,97 9,35	0,01712 1764	9,16	0,6005	0,01738	18,0	1,1610	1,1658
19,2	19,59 19,44	2115 2107	19,51	0,7336	2111	19,4	1,1602	1,1601
19,4	29,45 29,21	2472 2466	29,33	0,8644	2469	24,4	1,1574	1,1545

 H_2SO_4 . $p = 10,00$ Proc.

15,0	6,61 6,90	0,01845 1859	6,76	0,7581	0,01852	15,0	1,0674	1,0704
14,9	19,61 19,01	2584 2559	19,31	1,0585	2571	17,1	1,0665	1,0655
15,0	30,22 30,10	3247 3239	30,16	1,3439	3243	22,6	1,0642	1,0608

 $p = 20,57$ Proc.

17,3	8,27 8,75	0,01756 1777	8,51	0,6284	0,01766	17,3	1,1439	1,1492
17,4	20,41 19,93	2396 2370	20,17	0,8889	2383	18,8	1,1431	1,1423
16,7	30,58 30,39	2985 3007	30,74	1,0828	2996	23,7	1,1399	1,1356

 $p = 30,70$ Proc.

15,9	10,32	0,01626	11,18	0,5162	0,01661	16,2	1,2251	1,2286
16,6	12,05	1697						
17,1	21,40	2142	21,40	0,6689	2142	14,3	1,2265	1,2214
17,4	29,99	2567	29,99	0,8101	2567	23,7	1,2198	1,2153
17,4	41,09 41,04	3161 3167	41,07	1,0084	3164	29,2	1,2159	1,2074

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
t_0	t	q	t	f	q	τ	s_τ	s_t

H_2SO_4 . $p = 40,07$ Proc.

18,9°	8,49°	0,01322	9,35°	0,3700	0,01354	18,9°	1,3046	1,3118
	10,21	1386						
19,9	19,88	1758	19,88	0,4837	1758	19,9	1,3038	1,3038
20,9	30,84	2214	30,84	0,6153	2214	25,9	1,2993	1,2955
21,9	40,78	2627						
	40,45	2600	40,61	0,7329	2613	31,2	1,2952	1,2881

$p = 66,30$ Proc.

16,8	8,96	0,00636	10,12	0,1252	0,00659	16,9	1,5660	1,5717
16,9	11,28	0682						
17,2	29,91	1102	30,42	0,2150	1114	23,9	1,5598	1,5539
17,4	30,93	1126						
18,0	49,27	1639	50,00	0,3268	1660	34,1	1,5503	1,5333
18,6	50,73	1681						

H_3PO_4 . $p = 9,08$ Proc.

18,0	8,96	0,01778	9,13	0,7610	0,01790	18,0	1,0481	1,0499
	9,29	1803						
17,7	19,83	2382	19,90	1,0166	2385	18,8	1,0478	1,0475
	19,97	2389						
17,9	29,72	2963	29,74	1,2702	2965	23,8	1,0462	1,0439
	29,76	2968						

$p = 19,41$ Proc.

18,8	8,08	0,01420	8,26	0,5400	0,01427	18,8	1,1100	1,1137
	8,43	1435						
17,9	19,87	1962	19,98	0,7472	1967	18,9	1,1100	1,1096
	20,09	1973						
17,4	30,13	2476	30,04	0,9399	2462	23,7	1,1083	1,1056
	29,94	2448						

$p = 29,66$ Proc.

18,2	8,44	0,01133	8,66	0,3839	0,01140	18,2	1,1765	1,1803
	8,88	1147						
17,5	20,17	1540	20,18	0,5198	1536	18,8	1,1762	1,1756
	20,18	1533						
17,1	29,87	1893	29,84	0,6369	1877	23,5	1,1741	1,1713
	29,81	1862						

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
t_0	t	q	t	f	q	τ	s_r	s_t

H_3PO_4 . $p = 38,86$ Proc. Kurzes Capillarrohr.

16,2°	9,35 9,64	0,01164 1174	9,49°	0,2747	0,01169	16,2°	1,2447	1,2476
17,4	20,38 20,62	1589 1602	20,50	0,3769	1595	18,9	1,2434	1,2426
18,8	39,71 39,71	2499 2499	39,71	0,5979	2499	29,2	1,2381	1,2326

$p = 48,06$ Proc. Kurzes Capillarrohr.

16,5	9,13 9,72	0,00875 0878	9,42	0,1851	0,00877	16,5	1,3129	1,3164
19,0	30,32 30,64	1591 1593	30,48	0,3404	1592	24,7	1,3083	1,3051
20,3	48,53	2293	48,31	0,4911	2268	34,3	1,3029	1,2943
20,3	48,09	2243						

$p = 58,65$ Proc. Kurzes Capillarrohr.

18,2	9,02 9,56	0,00585 0595	9,29	0,1075	0,00590	18,2	1,4129	1,4178
18,4	30,51 30,27	1088 1093	30,39	0,2011	1090	24,4	1,4089	1,4050
19,8	48,34 48,08	1629 1653	48,21	0,3066	1641	34,0	1,4026	1,3932

$p = 67,12$ Proc. Kurzes Capillarrohr.

18,4	8,82 9,44	0,00403 0413	9,13	0,0667	0,00408	18,4	1,4913	1,4976
19,0	29,80 29,69	0794 0790	29,75	0,1310	0792	24,3	1,4871	1,4833
20,1	48,62 48,86	1261 1264	48,74	0,2120	1262	34,4	1,4799	1,4695

NH_4Cl . $p = 4,86$ Proc.

19,6	10,44 10,88	0,02317 2333	10,66	1,0567	0,02325	19,6	1,0135	1,0153
19,3	19,76 19,66	2888 2882	19,71	1,3136	2885	19,5	1,0136	1,0135
19,2	30,20 29,42 29,62	3579 3527 3535	29,75	1,6212	3547	24,5	1,0124	1,0109

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
t_0	t	q	t	f	q	τ	s_τ	s_t

NH_4Cl . $p = 9,64$ Proc.

18,4°	9,70°	0,02378	9,85°	1,0532	0,02385	18,4°	1,0282	1,0301
	10,00	2392						
17,5	19,42	2916	19,36	1,2895	2914	18,4	1,0282	1,0280
	19,31	2912						
16,6	30,33	3620						
	29,52	3617	29,80	1,6076	3620	23,2	1,0271	1,0255
	29,55	3622						

$p = 14,48$ Proc.

14,5	10,78	0,02581	10,89	1,1104	0,02586	14,5	1,0432	1,0442
	11,00	2591						
14,8	20,49	3144	20,84	1,3502	3145	17,6	1,0424	1,0417
	20,19	3125						
14,9	31,33	3796	31,35	1,6424	3796	23,1	1,0410	1,0386
	31,36	3796						

$p = 19,29$ Proc.

18,9	9,12	0,02520						
	9,70	2568	9,71	1,0730	0,02564	18,7	1,0557	1,0586
18,6	10,32	2604						
18,4	20,01	3145	20,04	1,3213	3147	19,2	1,0556	1,0554
	20,07	3149						
18,1	29,81	3708	30,22	1,5738	3734	24,2	1,0543	1,0527
	30,63	3760						

ZnSO_4 . $p = 7,37$ Proc.

18,0	10,64	0,01856	10,84	0,7495	0,01865	18,0	1,0781	1,0798
	11,04	1875						
18,3	19,91	2369	19,88	0,9532	2367	19,1	1,0779	1,0776
	19,86	2365						
19,5	30,17	2982	30,45	1,2136	3000	25,0	1,0762	1,0745
	30,72	3018						

$p = 11,06$ Proc.

17,9	10,42	0,01672	10,58	0,6253	0,01681	17,9	1,1203	1,1223
	10,73	1690						
18,5	20,30	2178	20,22	0,8080	2166	19,4	1,1199	1,1197
	20,15	2154						
19,5	30,07	2716	30,21	1,0218	2730	24,8	1,1185	1,1173
	30,34	2744						

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
t_0	t	q	t	f	q	f	s_r	s_t

ZnSO₄. $p = 14,82$ Proc.

15,9°	9,44°	0,01428	9,57°	0,4912	0,01432	15,9°	1,1667	1,1687
	9,71	1436						
16,7	25,52	2166	25,40	0,7378	2138	21,0	1,1650	1,1635
	25,29	2110						
16,4	39,83	2956						
	39,82	2942	39,80	1,0196	2934	28,1	1,1626	1,1580
	39,74	2904						

$p = 19,63$ Proc.

17,0	9,35	0,01136	9,77	0,3541	0,01146	17,0	1,2289	1,2317
	10,19	1156						
18,6	24,72	1726						
	24,90	1722	25,03	0,5384	1731	21,8	1,2271	1,2259
	25,48	1746						
19,6	40,37	2443						
	39,70	2462	39,78	0,7671	2449	29,7	1,2241	1,2200
	39,27	2441						

$p = 22,56$ Proc.

18,6	8,49	0,00950	8,78	0,2765	0,00955	18,6	1,2691	1,2730
	9,07	0960						
18,4	19,87	1321	19,87	0,3839	1321	19,2	1,2688	1,2685
18,7	30,61	1710	30,61	0,4997	1710	24,6	1,2665	1,2640
18,7	40,73	2185	40,73	0,6417	2185	29,7	1,2644	1,2598
18,1	48,61	2530	48,61	0,7460	2530	33,4	1,2629	1,2564

$p = 29,74$ Proc.

19,9	8,30	0,00582	8,30	0,1430	0,00582	19,9	1,3773	1,3821
19,5	20,31	0884	20,31	0,2180	0884	19,9	1,3773	1,3771
19,1	31,08	1196	31,08	0,2965	1196	25,1	1,3750	1,3723
19,5	39,93	1507	39,93	0,3753	1507	29,7	1,3729	1,3682
19,9	48,70	1832	48,70	0,4558	1822	34,3	1,3709	1,3642
	48,70	1812						

Destillirtes Wasser.

17,7	7,86	0,02006	8,01	0,9440	0,02015	17,7	0,9987	0,9999
	8,17	2025						
16,7	20,28	2783	20,56	1,3164	2805	18,6	0,9985	0,9981
	20,84	2827						
16,1	29,86	3442	29,86	1,6212	3443	23,0	0,9976	0,9958
	29,87	3444						

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
t_0	t	q	t	f	q	τ	s_τ	s_t

Dest. Wasser.

14,9°	8,94°	0,02073	9,05°	0,9733	0,02079	14,6°	0,9992	0,9998
14,3	9,17	2085						
14,7	20,16	2771						
15,0	19,94	2763	20,05	1,2981	2767	17,4	0,9988	0,9983
15,5	29,88	3438						
15,7	30,15	3453	30,01	1,6223	3445	22,8	0,9977	0,9958

Dest. Wasser. Kurzes Capillarrohr.

19,8	8,68	0,02634	8,86	0,9680	0,02647	19,4	0,9984	0,9998
19,0	9,04	2661						
18,3	20,54	3561						
17,8	20,76	3593	20,65	1,3103	3577	19,3	0,9984	0,9981
17,7	30,14	4369						
17,4	30,65	4412	30,39	1,6139	4390	24,0	0,9974	0,9957

Die folgende Tabelle II enthält die in der früher angegebenen Weise bestimmten specifischen Gewichte. Dieselben finden sich in der dritten, fünften und siebenten Columnne, während die zweite, vierte und sechste die zugehörigen Temperaturen enthält. Unter p in der ersten Columnne ist der Procentgehalt der betreffenden Flüssigkeit angegeben.

Tabelle II.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
p	t	s	t	s	t	s

HNO₃

6,03	9,45°	1,0335	20,82°	1,0312	29,26°	1,0279
12,80	9,62	0741	20,41	0701	30,08	0655
19,59	8,46	1175	19,71	1121	30,01	1058
25,93	7,94	1606	19,15	1537	27,62	1479
32,93	10,34	2051	18,36	1993	30,61	1889
38,83	9,37	2460	18,88	2377	29,79	2278

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
<i>p</i>	<i>t</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>s</i>

HCl.

3,99	8,20°	1,0202	20,90°	1,0176	27,66°	1,0156
8,79	9,14	0434	20,39	0410	27,78	0385
17,95	10,12	0904	20,10	0862	29,76	0819
29,95	10,52	1527	19,42	1478	32,05	1403

H₂SO₄.

10,00	9,72	1,0694	19,70	1,0654	39,17	1,0563
20,57	9,65	1485	18,42	1433	40,01	1295
30,70	10,37	2292	19,43	2229	39,52	2085
40,07	9,64	3116	19,71	3040	40,97	2878
66,30	9,74	5719	18,38	5640	40,01	5439

H₃PO₄.

9,08	10,27	1,0497	20,67	1,0473	27,40	1,0449
19,41	9,80	1132	20,81	1093	32,55	1052
29,66	10,73	1795	20,59	1754	30,95	1708
38,86	11,41	2468	21,66	2420	41,74	2313
48,06	11,95	3152	22,17	3097	38,63	3000
58,65	12,65	4161	21,72	4105	37,78	4000
67,12	12,86	4951	21,87	4889	40,66	4753

NH₄Cl.

4,86	10,26	1,0153	19,20	1,0136	30,93	1,0106
9,64	10,34	0300	18,99	0281	28,84	0257
14,48	10,55	0443	18,80	0421	29,96	0390
19,29	10,65	0582	17,42	0561	27,59	0534

ZnSO₄.

7,37	8,13	1,0804	18,51	1,0780	30,81	1,0744
11,06	9,06	1228	18,80	1201	28,85	1176
14,82	7,78	1692	18,60	1658	{32,62	1608}
					{38,03	1587}
19,63	8,15	2322	18,11	2285	{29,92	2240}
					{41,60	2192}
22,56	7,76	2734	16,98	2697	38,70	2606
29,74	7,75	3823	18,48	3779	39,00	3686

4. Abhängigkeit der Fluidität von der Temperatur.

Die in Tabelle I enthaltenen f jeder Flüssigkeit sind als Function der Temperatur t dargestellt durch die Formel

$$f = f_{20} [1 + \alpha (t - 20) + \beta (t - 20)^2],$$

in der f_{20} , α und β constante Größen bedeuten. Man kann nämlich auch die Form

$$f = f_0 [1 + \alpha_1 t + \beta_1 t^2]$$

mit den Constanten f_0 , α_1 und β_1 wählen; indessen ist ersterer der Vorzug gegeben, weil die zu bestimmenden Constanten f_{20} , α und β Größen sind, welche sich auf die innerhalb der äußersten Beobachtungstemperaturen liegende Temperatur 20° beziehen, während f_0 , α_1 und β_1 der nicht beobachteten Temperatur 0° entsprechen. Die Constanten der ersten Form verfolgen daher bei sich ändernder Concentration der Flüssigkeit einen weit regelmäßigeren Verlauf mit dieser, als das bei f_0 , α_1 und β_1 der Fall ist. Erstere sind für die Interpolation auf runde Procentgehalte (s. weiter unten S. 260) den letzteren vorzuziehen. Tab. III enthält neben jedem Procentgehalt p die zugehörigen Constanten f_{20} , α und β . Außerdem giebt die fünfte Columnne die Fluidität f_{18} bei 18° (abgesehen vom Zinkvitriol), die sechste unter $\left(\frac{df}{dt}\right) \frac{1}{f}$ die Zunahme der Fluidität für 1° bei einer bestimmten Temperatur dividirt durch die Fluidität bei einer ebenfalls bestimmten Temperatur. Bei Salzsäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure bezieht sich $\frac{df}{dt}$ auf 22° , f auf 18° , bei Salpetersäure und Chlorammonium gilt $\frac{df}{dt}$ und f für 18° , bei Zinkvitriol ist $\frac{df}{dt}$ für 35° , f für 20° berechnet. Die Wahl dieser Temperaturen ist erfolgt in Uebereinstimmung mit denjenigen, welche bei der Berechnung der $\left(\frac{df}{dt}\right) \frac{1}{f}$ analogen Coëfficienten für das galvanische Leistungsvermögen benutzt sind.

Tabelle III.

1.	2.	3.	4.	5.	6.
p	f_{20}	α	β	f_{10}	$\left(\frac{df}{dt}\right)_{10} \frac{1}{f}$
HNO_3					$\left(\frac{df}{dt}\right)_{10} \frac{1}{f_{10}}$
6,03	1,2618	0,0222	0,000102	1,2065	0,0210
12,80	1,2185	204	064	1,1691	171
19,58	1,1453	192	029	1,1016	227
25,93	1,0229	164	— 029	0,9892	198
32,93	0,9582	177	— 036	0,9241	178
38,83	0,8395	175	058	0,8104	185
HCl					$\left(\frac{df}{dt}\right)_{20} \frac{1}{f_{10}}$
3,99	1,2223	0,0227	0,000106	1,1673	0,0243
8,79	1,1232	206	090	1,0773	219
17,95	0,9841	185	030	0,9479	193
29,95	0,7400	177	031	0,7138	185
H_2SO_4					$\left(\frac{df}{dt}\right)_{20} \frac{1}{f_{10}}$
10,00	1,0760	0,0236	0,000094	1,0257	0,0251
20,57	0,8855	229	— 203	0,8441	232
30,70	0,6484	241	011	0,6174	257
40,07	0,4851	233	095	0,4627	248
66,30	0,1656	266	195	0,1569	289
H_3PO_4					$\left(\frac{df}{dt}\right)_{20} \frac{1}{f_{10}}$
9,08	1,0191	0,0244	0,000098	0,9698	0,0260
19,41	0,7475	247	092	0,7108	264
29,66	0,5176	233	046	0,4936	246
38,86	0,3719	269	196	0,3522	293
48,06	0,2600	284	107	0,2454	305
58,65	0,1507	295	253	0,1420	324
67,12	0,0976	323	295	0,0914	358
NH_4Cl					$\left(\frac{df}{dt}\right)_{10} \frac{1}{f_{10}}$
4,86	1,3221	0,0223	0,000090	1,2636	0,0230
9,64	1,3072	213	215	1,2522	214
14,48	1,3415	193	042	1,2899	199
19,29	1,3202	185	029	1,2715	191

1.	2.	3.	4.	5.	6.
p	f_{20}	α	β	f_{18}	$\left(\frac{df}{dt}\right) \frac{1}{f}$

ZnSO_4					$\left(\frac{df}{dt}\right)_{18} \frac{1}{f_{18}}$
7,37	0,9559	0,0246	0,000113		0,0280
11,06	0,8035	250	158		297
14,82	0,6462	251	205		313
19,63	0,4717	269	243		341
22,56	0,3844	274	212		338
29,74	0,2178	314	234		384

Dest. Wasser.

1,29872	0,02409	0,0001091	
1,29659	2399	1111	
1,29068	2329	0772	(Kurzes Rohr)

Dest. Wasser.	Mittel aus vorstehenden Zahlen.			$\left(\frac{df}{dt}\right)_{18} \frac{1}{f_{18}}$
1,29533	0,02379	0,0000991	1,23421	0,02455

5. Umrechnung der Zahlen auf runde Procente.

Die Zahlen der Tabelle III sind dazu benutzt, um die entsprechenden Werthe für runde Procentzahlen daraus abzuleiten, denen die in III angegebenen Procentgehalte bei Herstellung der Flüssigkeiten möglichst nahe gewählt wurden. Die Interpolation geschah nach der bereits früher von Kohlrausch und mir angewandten Methode¹⁾ dadurch, daß zu den Procentzahlen der Tabelle III als Abscissen die entsprechenden Constanten f_{20} , α , β , f_{18} , $\left(\frac{df}{dt}\right) \frac{1}{f}$ als Ordinaten aufgetragen wurden. Aus den so erhaltenen Curven wurde durch Ziehen einer Tangente an einen Punkt mitten zwischen dem beobachteten und dem, auf welchen reducirt werden sollte, die Aenderung der betreffenden Constante mit der Concentration in der Nähe des abzurundenden Procentgehaltes entnommen und diese

1) Diese Ann. Bd. 154, S. 225.

dann in der gewöhnlichen Weise zur Interpolation durch Rechnung benutzt.

Die folgende Tabelle giebt in den ersten sechs Columnen dieselben Daten für runde Procente wie Tabelle III, enthält aber außerdem noch in Columnne 7 unter k_{18} das galvanische Leitungsvermögen, wie es die Bestimmungen theils von Kohlrausch und von mir¹⁾, theils von Kohlrausch allein²⁾ ergeben haben. Bei Zinkvitriol findet sich in derselben Columnne unter k_{20} das Leitungsvermögen bei 20° nach den Bestimmungen von Beetz³⁾. In Columnne acht ist unter $\left(\frac{dk}{dt}\right) \frac{1}{k}$ eine Gröfse angegeben, welche genau so wie $\left(\frac{df}{dt}\right) \frac{1}{f}$ gebildet ist; nur enthält erstere das Leitungsvermögen k , letztere die Fluidität f .

Bei Salpetersäure sind die abgerundeten Procente keine ganze Zahlen, sondern Vielfache vom Procentgehalt 6,2, gerade wie in der von Kohlrausch und mir gegebenen Tabelle.

Bei Zinkvitriol sind keine Abrundungen der Procentgehalte vorgenommen. Dagegen sind nach den von Beetz gegebenen Interpolationsformeln³⁾ die k_{20} sowohl wie die $\left(\frac{dk}{dt}\right)_{20} \frac{1}{k_{20}}$ für meine Procentzahlen berechnet und in den beiden letzten Columnen angegeben. Die von Beetz mit Z bezeichneten Zunahmen des Leitungsvermögens für 1° sind von demselben aus Beobachtungen in der Nähe der Temperaturen 25° und 45° bestimmt und beziehen sich demnach auf die Mitteltemperatur 35°. In Uebereinstimmung damit sind bei Zinkvitriol die $\frac{df}{dt}$ ebenfalls für 35° berechnet.

1) Diese Ann. Bd. 154, S. 226 bis 227.

2) Sitzungsberichte der Münchener Akademie 1875, S. 280 bis 290. —
Diese Ann. Bd. 159, S. 233.

3) Diese Ann. Bd. 117, S. 19 bis 21.

Tabelle IV

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
p	f_{20}	α	β	f_{18}	$\left(\frac{df}{dt}\right)_{18} \frac{1}{f}$	k_{18}	$\left(\frac{dk}{dt}\right)_{18} \frac{1}{k}$
HNO_3					$\left(\frac{df}{dt}\right)_{18} \frac{1}{f_{18}}$		$\left(\frac{dk}{dt}\right)_{18} \frac{1}{k_{18}}$
6,2	1,2607	0,0221	0,000102	1,2056	0,0227	2924	0,0148
12,4	1,2216	205	067	1,1720	211	5072	143
18,6	1,1601	194	036	1,1156	200	6460	138
24,8	1,0455	168	— 024	1,0069	174	7185	138
31,0	0,9720	174	— 040	0,9407	184	7319	140
37,2	0,8878	176	028	0,8525	181?	7062	146
HCl					$\left(\frac{df}{dt}\right)_{22} \frac{1}{f_{18}}$		$\left(\frac{dk}{dt}\right)_{22} \frac{1}{k_{18}}$
5	1,2027	0,0224	0,000105	1,1488	0,0239	3693	0,0159
10	1,1008	202	085	1,0566	214	5902	157
20	0,9533	182	029	0,9194	190	7132	155
30	0,7383	177	031	0,7125	185	6200	153
H_2SO_4					$\left(\frac{df}{dt}\right)_{22} \frac{1}{f_{18}}$		$\left(\frac{dk}{dt}\right)_{22} \frac{1}{k_{18}}$
10	1,0761	0,0236	0,000094	1,0258	0,0251?	3665	0,0128
20	0,8962	230	— 198	0,8544	232?	6108	145
30	0,6625	240	000	0,6315	256?	6912	162
40	0,4863	283	094	0,4637	248?	6361	178
65	0,1799	263	193	0,1702	286?	2722	230
H_3PO_4					$\left(\frac{df}{dt}\right)_{22} \frac{1}{f_{18}}$		$\left(\frac{dk}{dt}\right)_{22} \frac{1}{k_{18}}$
10	0,9934	0,0244	0,000098	0,9437	0,0260	531	0,0104
20	0,7337	246	092	0,6970	264	1059	114
30	0,5112	234	048	0,4872	248?	1551	130
40	0,3569	272	195	0,3368	295	1884	150
50	0,2389	286	112	0,2257	308	1943	174
60	0,1393	298	261	0,1317	328	1717	207
70	0,0874	334	300	0,0771	375	1345	252
NH_4Cl					$\left(\frac{df}{dt}\right)_{18} \frac{1}{f_{18}}$		$\left(\frac{dk}{dt}\right)_{18} \frac{1}{k_{18}}$
5	1,3224	0,0223	0,000090	1,2637	0,0229	859	0,0195
10	1,3071	212	215	1,2525	212	1661	183
15	1,3418	192	038	1,2899	198	2419	169
20	1,3096	184	028	1,2637	190	3147	161

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
p	f_{20}	α	β	f_{18}	$\left(\frac{df}{dt}\right)_{18} \frac{1}{f}$	k_{18}	$\left(\frac{dk}{dt}\right)_{18} \frac{1}{k}$
ZnSO_4					$\left(\frac{df}{dt}\right)_{35} \frac{1}{f_{20}}$	k_{30}	$\left(\frac{dk}{dt}\right)_{35} \frac{1}{k_{20}}$
7,37	0,9559	0,0246	0,000113		0,0280?	2367	0,0260
11,06	0,8035	250	158		297?	3249	234
14,82	0,6462	251	205		313?	3946	228
19,63	0,4717	269	243		341	4503	236
22,56	0,3844	274	212		338	4640	248
29,74	0,2178	314	234		384	4315	301

6. Vergleichung der gefundenen Zahlen mit denen anderer Beobachter.

Zahlreiche Versuche über den Ausfluß verschiedener Flüssigkeiten aus Capillarröhren sind von Poiseuille angestellt¹⁾. Für Wasser ergeben dieselben eine Abhängigkeit der Fluidität von der Temperatur t , die durch die Formel

$$C = 2162,40 (1 + 0,0336793 \cdot t + 0,0002209936 t^2)$$

ausgedrückt ist. Dabei ist $C = \frac{\pi}{8\eta}$, d. h. das Ausfluvolumen in einer Secunde, wenn der Radius und die Länge des Capillarrohres gleich 1 Millimeter ist, und der Druck, unter welchem der Ausfluß erfolgt, 1 Milligramm pro 1 Quadratmillimeter beträgt.

Die von mir mit α und β bezeichneten Temperaturcoëfficienten sind aus obiger Formel berechnet und mit den von mir erhaltenen Werthen zusammengestellt. Es ergibt sich (s. Tabelle III)

Poiseuille.	Grotthian.
$\alpha = 0,02413$	0,02379
$\beta = 0,0001254$	0,0000991.

Die Theorie verlangt nach der Formel S. 245

$$v = \frac{\pi r^4 p}{8\eta l},$$

1) *Mémoires des Savants étrangers*, T. IX. — Diese Ann. Bd. 58, S. 424. — *Annales de chim. et de phys.* III. Série, T. XXI, p. 76.

dafs für dieselbe Flüssigkeit bei gleicher Temperatur, wenn dieselbe unter dem nämlichen Druck ausfließt, der Ausdruck $\frac{v l}{r^4}$ innerhalb gewisser Gränzen des Radius und der Länge eine für jedes Capillarrohr constante Gröfse sey.

Zur Prüfung meiner Versuche in dieser Richtung wurde das innere Volumen der beiden von mir angewandten Capillarrohre durch Wägungen mit und ohne Quecksilber bestimmt.

Es beträgt das Volumen

des langen Rohres $\left\{ \begin{array}{l} 10,3487 \\ 10,3343 \end{array} \right\}$ Mittel = 10,341 Cub.-Mm.

des kurzen Rohres $\left\{ \begin{array}{l} 5,5692 \\ 5,5770 \end{array} \right\}$ Mittel = 5,573 Cub.-Mm.

Die Länge beider Rohre wurde mit einem Kathetometer gemessen, an welchem $\frac{1}{20}$ Millimeter mittelst des Nonius abgelesen werden kann. Es ergab sich die Länge des

langen Rohres = 98,86 Mm.

kurzen Rohres = 59,99 Mm.

Hieraus berechnet sich der mittlere Radius des

langen Rohres = 0,1825 Mm.

kurzen Rohres = 0,1720 Mm.

Aus den für Wasser in Tabelle I gegebenen Zahlen ergibt sich das nach der Formel

$$K \cdot \frac{1}{\eta} = \frac{q}{(M s_r + s_l) s_t}$$

berechnete relative Ausflufsvolumen von Wasser bei 20° unter Anwendung des

langen Rohres = $\left\{ \begin{array}{l} 0,0014391 \\ 0,0014366 \end{array} \right\}$ Mittel = 0,0014379

kurzen Rohres = 0,0018326.

Bezeichnet man diese Gröfsen durch F_{20} , so wird $\frac{F_{20} l}{r^4}$ für das

lange Rohr = 1282 . 10⁻⁸

kurze Rohr = 1257 . 10⁻⁸.

Obwohl es nicht meine Absicht war, absolute Bestimmungen der Fluidität auszuführen, so habe ich doch, um eine Prüfung der von mir angewandten Methode zu ermöglichen, die Druckhöhe der Flüssigkeitssäule mit möglicher Genauigkeit zu messen gesucht. Der Apparat wurde in der S. 241 beschriebenen Weise in seine normale Stellung gebracht. Sodann wurde der Blechkasten *KK* mit Wasser gefüllt, bis das Capillarrohr halb davon bedeckt war, d. h. bis seine geometrische Axe im Niveau des Wassers lag. Ferner wurde in den Trichter des Rohres *aa*, Wasser eingegossen, bis dieses das normale Niveau *oo*, bestimmt durch die Marke *m*₃, erreichte. Ein Senkel mit einem an dessen Ende befestigten Nagel wurde hierauf neben dem Rohre *aa*, so aufgehängt, daß die Spitze des Nagels gerade das Niveau des im Kasten befindlichen Wassers berührte. Außerdem wurde an dem Senkelfaden ein über denselben geschobenes rechteckiges Papierstückchen so lange verrückt, bis der obere Rand desselben im Niveau *oo* lag. Der Abstand zwischen diesem oberen Rande und der Spitze des Nagels giebt dann die Druckhöhe. Dieselbe wurde als Mittel aus zwei bis auf 0,1 Mm. übereinstimmenden Messungen gleich 656,44 Mm. gefunden.

Eine frühere weniger genaue Messung (s. S. 247) ergab als Druckhöhe $A + B = 614,70 \text{ Mm.} + 33,60 \text{ Mm.} = 648,30 \text{ Mm.}$ Jene Messung hatte indessen nur den Zweck, die Correction für den Druck, unter welchem der Ausfluß erfolgt, zu ermitteln, insofern in der verticalen Flüssigkeitssäule die Temperatur nicht an allen Stellen dieselbe ist. Für die nach der Formel $K \cdot \frac{1}{\eta} = \frac{q}{(Ms_i + s_i)s_i}$ berechneten Werthe des Ausflußvolumens ist ein bei der Messung von *A* und *B* begangener Fehler, da *s*_i und *s*, nur wenig von einander verschieden sind, von ganz untergeordneter Bedeutung, so lange es sich um die *relative* Fluidität handelt. Bei absoluten Bestimmungen dagegen ist natürlich die Einführung der genau gemessenen Druck-

höhe nöthig. Für den Theil der Druckhöhe $A(A+B)$
 $= 656,44 \text{ Mm.} - 648,30 \text{ Mm.} = 8,14 \text{ Mm.}$, um welchen
 dieselbe anfangs zu kurz gemessen wurde, ist im Folgenden
 das mittlere specifische Gewicht $\frac{s_r + s_t}{2}$ angenommen, da
 die Vertheilung des gesammten Messungsfehlers auf die
 einzelnen Längen A und B nicht ermittelt ist. Hiernach
 berechnet sich in absoluten Einheiten

$$C = \frac{\pi}{8\eta} = \frac{q}{\left(A s_r + B s_t + A(A+B) \frac{s_r + s_t}{2} \right) s_t} \cdot \frac{l}{r^3}.$$

Für die Tabelle I angegebenen Temperaturen in der
 Nähe von 20° ergibt sich für Wasser

t	C	
$20^\circ,56$	3822,79	langes Rohr
$20^\circ,05$	3769,77	
$20^\circ,66$	3751,34	
Mittel $20^\circ,42$	3781,30.	kurzes Rohr

Die Formel von Poiseuille (s. S. 263) giebt für die
 Temperatur $20^\circ,42$ in befriedigender Uebereinstimmung
 $C = 3848,90$.

Poiseuille giebt ferner die Ausflußzeit gleicher unter
 constantem Druck ausgeflossener Mengen verschiedener
 Flüssigkeiten meist von schwacher Concentration¹⁾. Jede
 Versuchsreihe enthält die Ausflußzeit eines bestimmten
 Volumens bei gleicher Temperatur und außerdem die ent-
 sprechende GröÙe für destillirtes Wasser.

Nach den von P. angegebenen Mischungsverhältnissen
 sind die Gewichtsprocente der betreffenden Flüssigkeiten
 bestimmt. Ferner wurden aus den Ausflußzeiten die re-
 lativen Fluiditäten berechnet, die jenen umgekehrt propor-
 tional sind. Für destillirtes Wasser ist die Fluidität immer
 gleich 1 gesetzt. Aus meinen Zahlen sind dann die ent-
 sprechenden Werthe erhalten, indem für die beiden schwäch-
 sten Concentrationen und außerdem für destillirtes Wasser
 die Fluidität entsprechend der von P. angegebenen Tem-

1) *Annales de chim. et de phys.* III. Série, T. XXI, p. 76.

peratur berechnet wurde. Aus diesen drei Werthen wurde dann mittelst einer quadratischen Formel die Fluidität entsprechend Poiseuille's Procentzahlen interpolirt.

Die folgende Vergleichstabelle enthält für jede Flüssigkeit die Temperatur t , für welche P. die Ausflußzeit bestimmte. In der ersten Columnne unter p ist der Procentgehalt angegeben, während die zweite und dritte unter f die Fluidität enthält, wie sie die Versuche von P. und mir ergeben haben. Die Abweichungen belaufen sich auf etwa 1 Procent mit Ausnahme der 3,85 procentigen Phosphorsäure. Ob hier die von P. als „*acide phosphorique solide*“ bezeichnete Substanz als die reine Verbindung H_3PO_4 in Rechnung zu ziehen ist, wie es von mir geschehen ist, findet sich nicht angegeben.

	Poiseuille	Gr.
p	f	f
$\text{HNO}_3 . t = 11^{\circ},2$		
0,00	1,0000	1,0000
0,99	1,0017	0,9993
3,10	1,0005	0,9970
7,58	1,0028	0,9886
$\text{HCl} . t = 11^{\circ},2$		
0,40	0,9974	0,9956
0,79	0,9936	0,9913
3,67	0,9730	0,9588
6,72	0,9528	0,9226
$\text{H}_2\text{SO}_4 . t = 11^{\circ},2$		
0,99	0,9766	0,9816
$\text{H}_3\text{PO}_4 . t = 10^{\circ},2$		
0,99	0,9880	0,9743
3,85	0,9535	0,8983
$\text{NH}_4\text{Cl} . t = 11^{\circ},9$		
0,99	1,0073	1,0070
1,96	1,0153	1,0138
9,09	1,0545	1,0426

Ausflußversuche, die bis zu weiteren Concentrationsgrößen ausgedehnt sind, liegen von Wiedemann vor für Schwefelsäure von der Temperatur 20° und erstrecken sich von 0 bis 100 Proc.¹⁾. Die folgende Tabelle giebt in derselben Weise wie vorhin eine Vergleichung zwischen den Resultaten desselben und den meinigen bis zum Procentgehalt 61,14. Bis zu 36,10 Proc. sind die von mir herrührenden Zahlen mittelst der Newton'schen Interpolationsformel ermittelt. Die Zahlen für die beiden höchsten Concentrationen sind mittelst einer quadratischen Formel berechnet, die unter Zugrundelegung der von mir für 30, 40 und 65 Proc. gefundenen Werthe ermittelt wurde.

	Wiedemann	Gr.
p	f	
0,00	1,0000	1,0000
3,30	0,9434	0,9298
5,69	0,9116	0,8900
10,65	0,8285	0,8224
19,99	0,6667	0,692
36,10	0,4422	0,4112
52,67	0,2516	0,2371
61,14	0,1649	0,1658

Die von mir untersuchten Zinkvitriollösungen sind abgesehen von geringen Concentrationsänderungen, die beim Filtriren eingetreten sind, identisch mit denjenigen, für welche ich in meiner früheren Arbeit die Reibungsconstanten sowie die Temperaturcoefficienten der Fluidität ermittelt habe. Die damals gefundenen Temperaturcoefficienten sind mit denen, wie sie die vorliegenden Zahlen für Zinkvitriol ergeben, in einer keineswegs befriedigenden Uebereinstimmung. Indessen ist, wie ich bereits mehrfach bemerkt habe, die Formel zur Berechnung der Reibungsconstante aus dem logarithmischen Decrement und der Schwingungsdauer für eine verhältnißsmäßig kleine Scheibe, wie sie von mir angewandt wurde, nicht genau gültig, da sie

1) Diese Ann. Bd. 99, S. 224.

streng nur für eine unendlich groÙe Scheibe richtig ist. Ich behalte mir daher vor, meine früheren Zahlen einer Umrechnung zu unterziehen, sey es auf Grundlage einer strengeren Theorie oder durch Anbringung einer empirischen Correction mittelst der vorliegenden für Zinkvitriol gefundenen Zahlen. Obwohl die früher gefundenen Zahlen quantitativ sich ändern werden, so glaube ich doch erwarten zu dürfen, soweit ich nämlich gegenwärtig die anzubringenden Correctionen übersehe, daß eine qualitative Aenderung der Resultate, die sich namentlich hinsichtlich des im Allgemeinen gleichen Verlaufes der einander entsprechenden Temperaturcoëfficienten für Fluidität und Leitungsvermögen sowie hinsichtlich der beinahe vollständigen Constanz für die Fluidität verschieden concentrirter Chlorkalium-Lösungen ergeben haben, nicht stattfinden wird.

7. Analogien zwischen Fluidität und Leitungsvermögen.

Die vorliegende Untersuchung ist wesentlich zu dem Zweck angestellt, experimentelle Beiträge zur Theorie der Elektrolyse zu liefern, d. h. Beziehungen aufzufinden, welche auf einen Einfluß der Zähflüssigkeit auf das Leitungsvermögen schließen lassen. Die Analogien, welche sich dabei herausgestellt haben, sollen im Folgenden besprochen werden.

Zunächst zeigt die Kleinheit der Coëfficienten des quadratischen Gliedes in dem Ausdruck $f = f_{20} [1 + \alpha(t - 20) + \beta(t - 20)^2]$, daß die Fluidität nahezu proportional der Temperatur wächst; dasselbe ist der Fall beim Leitungsvermögen der bis jetzt untersuchten Elektrolyte. Die Temperaturcoëfficienten für die Fluidität erweisen sich ferner als ungefähr von derselben GröÙe wie die entsprechenden des Leitungsvermögens¹⁾; indessen sind die Coëfficienten

- 1) Wiedemann macht in diesen Ann. Bd. 99, S. 229 bereits darauf aufmerksam, daß bei Lösungen von schwefelsaurem Kupferoxyd sich die Zähigkeit und der galvanische Widerstand zwischen den Temperaturen 20° bis 70° in nahe gleichem Verhältniß ändern.

für die Fluidität $\left(\frac{df}{dt}\right) \frac{1}{f}$ durchweg größer als die entsprechenden $\left(\frac{dk}{dt}\right) \frac{1}{k}$ für das Leitungsvermögen (s. Tab. IV, Col. 6 und 8.)

Weiter tritt die bemerkenswerthe Erscheinung auf, die bereits in meiner früheren Arbeit hervorgehoben wurde, daß die Temperaturcoefficienten der Fluidität bei sich ändernder Concentration etwa denselben Verlauf verfolgen wie die entsprechenden des Leitungsvermögens ¹⁾. Eine Ausnahme bildet allerdings Schwefelsäure, bei welcher $\left(\frac{df}{dt}\right)_{2,} \frac{1}{f_{1,8}}$ sich durchaus unregelmäßig ändert, während $\left(\frac{dk}{dt}\right)_{2,} \frac{1}{k_{1,8}}$ stetig innerhalb der angegebenen Concentrationsgränzen wächst ²⁾. Auch bei den übrigen Flüssigkeiten zeigen sich Ausnahmen dieser Regel, so namentlich bei Zinkvitriol. Indessen können diese Abweichungen, die in Tab. IV mit Fragezeichen versehen sind, auch zum Theil ihren Grund in Beobachtungsfehlern haben. Aus den drei für Wasser bestimmten Werthen von α ergibt sich ein mittlerer Fehler von etwas weniger als ± 2 Proc. für diesen Coefficienten. Die Abweichungen im Verlauf der $\left(\frac{df}{dt}\right) \frac{1}{f}$ und $\left(\frac{dk}{dt}\right) \frac{1}{k}$ bei Salpetersäure von 31 Procent oder 37,2 Proc. lassen sich jedenfalls durch Annahme von Beobachtungsfehlern erklären.

Dem gegenüber ist namentlich bei Chorammonium und Salzsäure die Uebereinstimmung in der stetigen *Abnahme* der entsprechenden Coefficienten innerhalb der untersuchten Concentrationen bei wachsendem Procentgehalt hervorzuheben. Bei ersterer Flüssigkeit sind die Coefficienten einander sogar nahezu proportional. Dieses zeigt folgende

1) Diese Ann. Bd. 157, S. 250.

2) Zum Filtriren der Schwefelsäure wurde Asbest benutzt, und es ist nicht unmöglich, daß der unregelmäßige Verlauf der Temperaturcoefficienten durch feine der filtrirten Flüssigkeit beigemengte Asbestfäserchen bewirkt ist. Bei den übrigen Säuren wurde Glaswolle als Filtrirmaterial angewandt.

Zahlenreihe, deren beide Columnen den Procentgehalt p und das Verhältniß beider Coëfficienten angeben.

p	$\left(\frac{df}{dt}\right)_{1,8} \frac{1}{f_{1,8}} : \left(\frac{dk}{dt}\right)_{1,8} \frac{1}{k_{1,8}}$
5	1,18
10	1,16
15	1,17
20	1,18

Bei Salpetersäure zeigen die Coëfficienten beider Reihen zunächst eine Abnahme bis zu einem zwischen den Concentrationen 18,6 Proc. und 24,8 Proc. gelegenen Minimum; dann tritt ein Wachsen in beiden Reihen ein. Wie man sieht, ist die Uebereinstimmung im Verlauf der Coëfficienten eine vollständige, abgesehen von der bereits erwähnten geringen Abweichung bei einem der beiden höchsten Procentgehalte.

Die Coëfficienten von destillirtem Wasser $\left(\frac{df}{dt}\right)_{1,8} \frac{1}{f_{1,8}}$ finde ich in naher Uebereinstimmung mit Poiseuille und O. E. Meyer gleich $0,0246 = \frac{1}{41}$. Nach der Formel des ersteren (s. S. 263) ist derselbe gleich $0,0248 = \frac{1}{40}$, während ich aus den Zahlen des letzteren¹⁾ dafür den Werth $0,0236 = \frac{1}{40}$ berechnet habe. Derselbe stimmt nahezu überein mit dem Werth $\frac{1}{45}$, dem sich die Coëfficienten $\left(\frac{dk}{dt_{1,8}}\right) \frac{1}{k_{1,8}}$ der früher untersuchten Chloride²⁾ annähern, wenn man bis zum Procentgehalt Null rückwärts interpolirt.

Endlich mag darauf hingewiesen werden, daß bei zwei Flüssigkeiten, Schwefelsäure und Salpetersäure, sich ein quadratisches Glied mit negativem Vorzeichen ergeben hat (s. Tab. IV Col. 4). Es ist immerhin erwähnenswerth,

1) Diese Ann. Bd. 113, S. 399.

2) Diese Ann. Bd. 154, S. 229—230.

daß auch in der Formel für das Leitungsvermögen beider Flüssigkeiten für die gleichen Concentrationen das quadratische Glied das Minuszeichen besitzt¹⁾; allerdings stimmen dagegen bei andern Concentrationen die Vorzeichen der quadratischen Glieder nicht überein.

Bei meinen früheren Bestimmungen zeigte sich, daß die Fluidität von Chlorkalium bei wachsender Concentration nahezu constant bleibt; es wurde diesem Verhalten die beim Leitungsvermögen ebenfalls abnorme Erscheinung an die Seite gestellt, daß dasselbe fast genau dem Procentgehalt proportional wächst²⁾. Die letzten Versuche haben eine ganz ähnliche Erscheinung am Chlorammonium ergeben. Wie man aus Tab. IV sieht, haben die f_{18} fast gleiche Werthe für die verschiedenen Concentrationen, und es muß zugleich darauf hingewiesen werden, daß das Leitungsvermögen von Chlorammonium dem Procentgehalt nahezu genau proportional wächst³⁾. Eine ganz ähnliche, bereits gelegentlich von mir erwähnte Erscheinung, zeigen die von Wiedemann gefundenen Zahlen für Leitungsvermögen und Fluidität bei salpetersaurem Ammoniak⁴⁾.

Der Zusammenhang zwischen Leitungsvermögen, Fluidität und Procentgehalt läßt sich jedenfalls durch eine empirische Formel ausdrücken, indessen kann die Berechnung einer solchen ohne theoretische Grundlage von nur untergeordnetem Interesse seyn und ist daher unterlassen. Sollte die weitere Entwicklung der Theorie auf bestimmte Beziehungen führen, was immerhin zweifelhaft erscheint, da der Widerstand, den die bei der Elektrolyse bewegten Ionen zu überwinden haben, mit der Viscosität keineswegs identisch ist, so würden die in Tab. IV, Columne 5 und 7

1) Diese Ann. Bd. 151, S. 390. — Ebend. Bd. 154, S. 227.

2) Diese Ann. Bd. 157, S. 252 habe ich bereits bemerkt, daß bei Chlorkalium das Leitungsvermögen etwas beschleunigt mit dem Procentgehalt wächst. Dieser Satz bezieht sich nur auf das Leitungsvermögen bei 0°. (Siehe auch diese Ann. Bd. 154, S. 232.)

3) Diese Ann. Bd. 154, siehe S. 227 und Fig. 1, Taf. III.

4) Diese Ann. Bd. 99, S. 224 und 228.

(bei Zinkvitriol 2 und 7) gegebenen Zahlen das Material für die Prüfung einer derartigen Beziehung darbieten.

Es ist kürzlich von Kohlrausch nachgewiesen¹⁾, daß die Curven, welche das Leitungsvermögen von Salpetersäure und Salzsäure als Function von der Concentration darstellen, zusammenfallen, wenn man für letztere nicht den Procentgehalt, sondern die in der Volumeinheit der Flüssigkeit enthaltene Molecülzahl, einführt; danach entspricht also derselben Molecülzahl von HNO_3 und HCl ein gleiches Leitungsvermögen. Eine ähnliche Erscheinung zeigt sich auch bei der Fluidität. Diese ist für beide Flüssigkeiten ungefähr die nämliche, wenn in derselben die gleiche Anzahl Molecüle HNO_3 und HCl in der Volumeinheit enthalten ist. In folgender Zahlenreihe ist unter n die Molecülzahl, d. h. der hundertfache Procentgehalt $= 100p$ multiplicirt mit dem specifischen Gewichte dividirt durch das Atomgewicht angegeben. In der zweiten und dritten Columnne findet sich die Fluidität bei 18° von Salpetersäure und Salzsäure. Die n der ersten Columnne entsprechen den direct untersuchten Salpetersäuren (siehe Tab. III). Zu diesen sind die entsprechenden f_{18} für Salzsäure aus einer Curve entnommen, die die f_{18} als Function von n darstellt.

	HNO_3	HCl
n	f_{18}	f_{18}
99	1,206	1,175
218	1,169	1,101
346	1,102	1,024
475	0,989	0,969
627	0,924	0,911
764	0,810	0,836.

Eine ähnliche Erscheinung zeigt sich bei Schwefelsäure und Phosphorsäure, ohne daß indessen ein Analogon beim Leitungsvermögen vorhanden wäre. Bezeichnet m eine ganze Zahl, so ist die Fluidität einer Schwefelsäure von

1) Sitzungsberichte der Münchener Akad. 1875, S. 299. — Diese Ann. Bd. 159, S. 268.

18°, die $3m$ Molecüle H_2SO_4 in der Volumeinheit enthält, ungefähr dieselbe wie die einer Phosphorsäure von gleicher Temperatur mit $2m$ Molecülen H_3PO_4 in der Volumeinheit. Folgende Tabelle enthält in der ersten Columnne unter n die Zahl der Molecüle H_2SO_4 , entsprechend den abgerundeten Procentzahlen der Tab. IV, in der zweiten die f_{18} für Schwefelsäure. Die f_{18} von Phosphorsäure (s. Col. 3) beziehen sich auf $\frac{2n}{3}$ Molecüle H_3PO_4 und sind durch graphische Interpolation erhalten.

	H_2SO_4	H_3PO_4
n	f_{18}	f_{18}
109	1,026	1,024
233	0,854	0,840
374	0,632	0,660
533	0,464	0,494
1033	0,170	0,221

Es würden also hiernach, soweit die Uebereinstimmung in den Zahlenreihen der beiden letzten kleinen Tabellen einen Schluß zu ziehen erlaubt, chemisch aequivalente Mengen in der Volumeinheit einerseits von Salpetersäure und Salzsäure, andererseits von Schwefelsäure und Phosphorsäure, gleiche Fluidität der Flüssigkeit bedingen.

Darmstadt, Ende August 1876.

Nachschrift.

Etwa zwei Monate nach Absendung der vorstehenden Arbeit an Hrn. J. C. Poggendorff gelangte eine Abhandlung von A. Sprung, „Experimentelle Untersuchungen über die Flüssigkeitsreibung bei Salzlösungen“, zur Veröffentlichung¹⁾. In derselben ist die Zähigkeit in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur und Concentration für eine große Anzahl von Salzlösungen mitgeteilt. Da sich unter denselben auch Lösungen von Chlorammonium befinden, so möge hier eine Tabelle zur Vergleichung der von Sprung gefundenen Zahlen mit den meinigen folgen.

1) Diese Ann. Bd. 159, S. 1.

Procente	f_{10}		f_{20}		f_{30}	
	Sprung	Grottrian	Sp.	Gr.	Sp.	Gr.
0,00	1,0000	1,0000	1,3014	1,2953	1,6209	1,6163
3,67	1,0239	1,0310	1,3129	1,3193	1,6267	1,6286
8,671	1,0593	1,0549	1,3388	1,3153	1,6140	1,6200
15,678	1,0872	1,0898	1,3335	1,3413	1,5828	1,6001
23,37	1,0847	1,0339	1,3007	1,2503	1,5352	1,4965

Die Procentzahlen der ersten Columnne, von denen sich 0,00 auf Wasser bezieht, sind die der von Sprung untersuchten Chlorammoniumlösungen. Die denselben entsprechenden Werthe der Fluidität f für die Temperaturen 10° , 20° und 30° sind aus meinen Beobachtungen interpolirt und durch f_{10} , f_{20} , f_{30} bezeichnet. Die in der zweiten, vierten und sechsten Columnne stehenden Zahlen sind erhalten durch Division der von Sprung gegebenen Ausflußzeiten gleicher Volumina der Lösungen in die des Wassers von der Temperatur 10° . Die Uebereinstimmung der Zahlen für die drei niedrigsten Concentrationen darf als befriedigend bezeichnet werden. Die Abweichungen bei der Concentration 23,37 dürften sich aus dem Umstande erklären, daß die von mir untersuchte höchste Concentration nur 19,29 procentig ist.

Untersuchungen über den Ausfluß von Flüssigkeiten aus Capillarröhren sind ferner in einer Abhandlung von Graham, „*On Liquid Transpiration in relation to Chemical Composition*“, mitgetheilt¹⁾. In dieser von Sprung bereits citirten Abhandlung, welche mir bisher unbekannt gewesen war, macht Graham Angaben über die Zähigkeit von verschiedenen Säuren sowie von einigen anderen Flüssigkeiten.

Eine Tabelle mit einer größeren Zahl von Beobachtungen ist nur für Salpetersäure, namentlich für deren stärkere Concentrationen, vorhanden. Graham giebt die Ausflußzeit gleicher Volumina der Salpetersäuren bei 20° an, die von Wasser bei 20° gleich 1 gesetzt, für 33,33 bis 100 Proc. Für 33,33procentige Salpetersäure findet

1) *Philosoph. mag. and Journal of Science. IV. Sér. XXIV.*

Graham die Ausflußzeit 1,3563. Daraus berechnet sich die Fluidität, bezogen auf die von Wasser bei 20° zu $\frac{1}{1,3563} = 0,7373$. Meine Beobachtungen liefern dafür in sehr guter Uebereinstimmung den Werth 0,7375.

Höchst bemerkenswerth ist ein Resultat, welches die Versuche Graham's ergeben haben. Derselbe findet, daß die Ausflußzeit einer Mischung von 100 Theilen Vitriolöl und 17,5 Theilen Wasser ein Maximum ist. Dieses Mischungsverhältniß steht sehr nahe dem von 100 : 18,36, d. h. dem des Aequivalentgewichtes von H_2SO_4 zu dem von H_2O . Jenes Maximum tritt also nahe für das Hydrat $\text{H}_2\text{SO}_4 + 1 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ein.

Für eine Concentration, welche so gut wie genau mit jenem Hydrat zusammenfällt, ist kürzlich von Kohlrausch ein Minimum des galvanischen Leitungsvermögens nachgewiesen¹⁾.

Darmstadt, November 1876.

VI. *Ueber die Theorie der Resonatoren; von Hrn. C. H. C. Grinwis*²⁾.

(*Archives Néerlandaises etc. T. VIII, 417.*)

Die Schallbewegung im Innern hohler Körper, deren Dimensionen klein sind gegen die Wellenlänge, sind 1859 von Hrn. Helmholtz studirt in seiner Abhandlung: *Theorie der Luftschwingungen in Röhren mit offenen Enden*³⁾. Dieser Physiker geht von den allgemeinen Gleichungen der Schallbewegung in Luft aus und betrachtet Körper, bei denen die GröÙe der Oeffnung klein ist gegen die

1) Diese Ann. Bd. 159, S. 262.

2) Von Poggendorff selbst übersetzt.

3) Borchardt's Journal Bd. LVII, S. 1 bis 72.