DER PHYSIK UND CHEMIE.

NEUE FOLGE. BAND XIV.

I. *Ueber die Abhängigkeit der Reibungsconstante
des Quecksilbers von der Temperatur;
von Syn. Koch.*

Ueber die Reibungsconstante des Quecksilbers liegen seit Poiseuille, welcher die Gültigkeit des nach ihm benannten Gesetzes für diese Flüssigkeit nicht bestätigen konnte, zwei Arbeiten vor: E. Warburg¹⁾: „Ueber den Ausfluss des Quecksilbers aus gläsernen Capillarröhren“ und E. Villari²⁾: „Sull efflusso del mercurio per tubi di vetro di piccolo diametro.“ Beide Untersuchungen bestätigen, dass das Gesetz von Poiseuille auch für den Durchfluss des Quecksilbers durch Capillaren gilt. Die absolute Grösse des Reibungscoefficienten aber zeigt nach den beiden Forschern eine so grosse Differenz, dass es erwünscht erschien, durch neue Versuche zwischen den beiden Werthen zu entscheiden. Nach Hrn. Warburg ist der Reibungscoefficient des Quecksilbers bei 17° in den jetzt gebräuchlichen Einheiten (Gramm¹ Cent.⁻¹ Sec.⁻¹) $\mu = 0,01602$. Villari hat aus seinen Versuchen die Poiseuille'sche Constante bestimmt und findet dieselbe aus einer Versuchsreihe $C = 222^3)$. Um eine andere Versuchsreihe mit dieser ersten in Uebereinstimmung zu bringen, muss er diese Constante mit 1,086 multipliciren, findet sie also $C = 222 \cdot 1,086 = 241$.⁴⁾ Ueberhaupt zeigen seine Resultate sehr grosse Abweichungen unter sich; die Werthe der Constanten C liegen zwischen 208,3 (Tab. XVIII,

1) E. Warburg, Pogg. Ann. 140. p. 367. 1870.

2) E. Villari, Mem. dell' Acc. delle Sc. dell' Inst. di Bologna; (3) 6. p. 1. 1878.

3) l. c. p. 30.

4) l. c. p. 31.

Ann. d. Phys. u. Chem. N. F. XIV.

4. Versuch) und 257,6 (Tab. X, 1. Versuch), zwei Zahlen, die um 23,5 % der kleineren differiren. Daraus berechnet sich, dass die Reibungsconstante im Mittel zwischen 8 und 12° C. zwischen den Grenzen $\mu = 0,03445$ und $\mu = 0,02786$ läge; diese Zahlen repräsentiren aber, auf dieselbe Temperatur bezogen, eine fast doppelt so grosse Reibungsconstante, obgleich die Methode der Versuche im wesentlichen bei beiden Forschern dieselbe war.

Eine Untersuchung der Reibungsconstanten des Quecksilbers schien aber noch aus anderen Gründen von Interesse. Zunächst ist das Quecksilber die einzige einfache Flüssigkeit, welche bis jetzt in dieser Richtung hat untersucht werden können; sodann wurde die Untersuchung innerhalb eines sehr grossen Temperaturintervalles durchgeführt, während die früheren ähnlichen Untersuchungen sich innerhalb enger Temperaturgrenzen halten; endlich verhält sich Quecksilber als metallische Flüssigkeit bezüglich der Abhängigkeit des electrischen Leistungsvermögens von der Temperatur entgegengesetzt als alle anderen untersuchten Flüssigkeiten, welche electrolytisch leiten. Da nun eine gewisse Wechselbeziehung zwischen dem mechanischen und electrolytischen Reibungswiderstande vorhanden zu sein scheint¹⁾, so ist es wünschenswerth, zu wissen, ob das Quecksilber vielleicht auch bezüglich seiner Reibungsconstanten im Vergleich mit den Electrolyten ein eigenthümliches Verhalten zeige.

Der Apparat. Zur Bestimmung der Reibungsconstanten wurde die Methode des Durchfliessens durch Capillaren verwendet. Der eigentliche Durchflussapparat war ganz aus Glas gefertigt und hatte die in Fig. 1 Taf. I angedeutete Gestalt. Das Gefäss *W* war dazu bestimmt, diejenige Menge von Quecksilber aufzunehmen, für welche die Durchflusszeit beobachtet werden sollte; es hatte genau cylindrische Gestalt. Die Verengerungen am oberen und unteren

1) G. Wiedemann, Pogg. Ann. 99. p. 230. 1856. Grotrian, Pogg. Ann. 157. p. 130. 1876 und 160. p. 238. 1877. F. Kohlrausch, Wied. Ann. 6. p. 207. 1879.

Ende hatten den Zweck, den Anfang und das Ende der Durchflusszeit genau erkennen zu lassen; in der weiten Röhre nämlich war die Bewegung des Quecksilbers so langsam, dass der Durchgang der Kuppe durch eine Marke auch mit Hülfe des Fernrohres nicht mit hinlänglicher Genauigkeit beobachtet werden konnte. Die Biegungen am unteren Ende der weiten Röhren verhinderten den Eintritt des erwärmten Quecksilbers in die verticalen Schenkel, wodurch die störenden Folgen dieses Eintrittes möglichst vermieden wurden. Bei den Temperaturen über 100° befand sich das Stück *uv* (46 cm lang) innerhalb des Thermostaten; die Temperatur von ungefähr 100° wurde durch Wasserdampf erzeugt.

Um Temperaturen von 0° und darunter constant zu erhalten, wurde der Durchflussapparat so tief in Eis oder eine Kältemischung gebracht, dass die Capillare sich etwa 5 cm unter der Oberfläche des Bades befand.

Als Thermostat für höhere Temperaturen wurde der von Hrn. von Babo construirte und in den Berliner Berichten¹⁾ beschriebene Apparat benutzt, welcher sich ausgezeichnet bewährte. Derselbe gestattete bei constantem Gasdrucke die Temperatur beliebig lange constant zu erhalten, sodass auch bei Temperaturen, welche über 300° lagen, innerhalb von fünf Stunden Schwankungen von kaum 2° vorkamen, nachdem einmal die constante Temperatur erreicht war, was auch bei den höchsten Temperaturen (340°) nach etwa einer Stunde stets stattfand.

Die Temperatur wurde mit Hülfe eines Jolly'schen Luftthermometers bestimmt. Das Gefäß desselben hatte die Gestalt einer Röhre von etwa 1 qcm Querschnitt und 41 cm Länge. Diese lag der ganzen Länge nach neben der Capillaren und dem vorgewärmten Quecksilber, so aber, dass die beiden Enden dieser Röhre vom Rande des Thermostatenmantels etwa 2,5 cm abstanden. Um die Gleichförmigkeit der Vertheilung der Temperatur im Thermostaten zu controliren, waren noch die beiden Quecksilberthermometer *k* und *l* eingeführt. Taf. I Fig. 2 zeigt die Zusammensetzung

1) v. Babo, Berl. Ber. 13 p. 1219. 1880.

des Apparates im Querschnitt, Fig. 3 Taf. I von der Seite; *a* ist die Röhre des Luftthermometers, *b* die Capillare und *c* der Thermoregulator.

Methode des Versuches. Zuerst wurde der Durchflussapparat gereinigt durch successives Hindurchsaugen von Salpetersäure, destillirtem Wasser, Alkohol, Aether und trockener, warmer Luft. Das Quecksilber selbst wurde während mehrerer Tage mit Schwefelsäure behandelt, welcher einige Tropfen Salpetersäure zugesetzt waren; sodann wurde es mehrere mal in dünnem Strahle in heisses Wasser filtrirt, zuletzt getrocknet und warm in den Durchflussapparat hineinfiltrirt. Für eine Versuchsreihe wurde das Quecksilber destillirt und auf Verunreinigungen chemisch untersucht; es zeigte sich keine Spur von Beimischung eines anderen Metalles. Die Resultate dieser Versuchsreihe ergaben keine Abweichung.

Durch Neigen und Schütteln wurden Luftbläschen sorgfältig entfernt und die Oeffnungen der verticalen Schenkel nachher beständig durch Watte verschlossen gehalten. Der so vorbereitete Durchflussapparat wurde nun mit Hülfe des Kathetometers horizontal gestellt, neben ihm zu beiden Seiten das Luftthermometer *a* und der Thermoregulator *cc* angebracht und dann der Mantel des Thermostaten darüber gelegt. Etwaige Spalten am Thermostaten wurden mit Asbest verstopft. Jetzt wurde der Apparat auf die gewünschte Temperatur erwärmt und sodann mit dem Kathetometer die dem Beginne und dem Ende des Versuches entsprechenden Höhen der Quecksilbersäule in den beiden Schenkeln a_1 , e_1 , a_2 , e_2 (Fig. 1 Taf. I) gemessen. Dasselbe geschah zur Controlle nochmals am Ende jeder Versuchsreihe. Durch kleine Thermometer t_1 und t_2 , welche an die Verticalschenkel angelegt waren, wurde die Temperatur innerhalb dieser Röhren ermittelt und ebenso die Temperatur des Quecksilbers im Gefässe *W*. Durch die Biegungen am unteren Ende der Verticalröhren war das Herüberströmen des erwärmten Quecksilbers verhindert; ausserdem waren diese Röhren durch Holzschirme gegen die Strahlung des Thermostaten geschützt;

es trat daher in denselben eine bedeutende Temperaturerhöhung überhaupt nicht ein. Um einen Anhaltspunkt über die Genauigkeit dieser Temperaturbestimmung zu haben, wurde ein Thermometer in das Quecksilber eingetaucht und dessen Angabe mit derjenigen des aussen angelegten verglichen; bei dem Versuche Nr. 12, Tab. II zeigte das äussere $t_2 = 23^\circ$, das eingetauchte dagegen 25° . Ein Fehler von 5° in dieser Bestimmung würde aber, wie aus dem Ausdehnungscoefficienten des Quecksilbers folgt, noch nicht einen Fehler von $0,1\%$ im schliesslichen Resultate veranlassen.

Mit Hülfe der Luftpumpe, welche mit dem oberen Fortsatze des Gefässes W verbunden war, wurde das Quecksilber in dieses Gefäss herüber gesaugt; durch Zugiessen und Wegnehmen von Quecksilber aus dem anderen Schenkel wurde der Druckunterschied so variirt, dass derselbe zwischen 20 und 45 cm Quecksilber betrug. Nachdem die Verbindung mit der Luftpumpe aufgehoben war, begann das Durchfliessen. Die Zeitpunkte, in welchen das Quecksilber jede der beiden Verengerungen passirte, wurden beobachtet und dadurch die Durchflusszeit bestimmt. Bei derselben Temperatur wurden immer mehrere Versuche angestellt, und aus den beobachteten Durchflusszeiten, welche unter sich selten um $\frac{1}{4}\%$ abwichen, das Mittel genommen. Sowohl das Volumen des Gefässes W als der Radius der Capillaren war durch Auswägen mit Quecksilber bestimmt; für die Bestimmung des Radius der Capillaren wurde eine Bunge'sche Wage benutzt, mit der bis auf Zehntelmilligramme genau gewogen werden konnte.

Berechnung der Versuche. Der Durchfluss fand nicht bei constantem Drucke statt; die Druckhöhe änderte sich in beiden Schenkeln; es ist daher die Gleichung zur Berechnung der Reibungsconstanten zunächst abzuleiten.

Bezeichnet u die Reibungsconstante, R den Radius der Capillaren, l die Länge derselben, $h_1 - h_2$ die Druckdifferenz an den Enden der Capillaren, gemessen durch die Höhe einer Quecksilbersäule von 0° ; dv das Volumen des in dem Zeitelement dt durchfliessenden Quecksilbers, ρ das specifische Gewicht des Quecksilbers bei 0° und g die Fallbeschleunigung, so ist:

$$(I) \quad dv = \frac{\pi \cdot R^4 \cdot dt \cdot (h_1 - h_2) g \cdot \varrho}{8 \cdot \mu \cdot l}$$

Sind q_1 und q_2 die Querschnitte der Röhren an den Stellen, wo die Flüssigkeitsoberflächen sich zur Zeit t befinden, so ist $dv = -q_1 dh_1 = q_2 dh_2$. Bezeichnet ferner T die Durchflusszeit für das Volumen V und ist:

$$\begin{aligned} h_1 &= a_1 \quad \text{und} \quad h_2 = a_2 \quad \text{zur Zeit} \quad t = 0 \\ \text{und} \quad h_1 &= e_1 \quad \text{und} \quad h_2 = e_2 \quad \text{zur Zeit} \quad t = T, \end{aligned}$$

so folgt aus $q_2 dh_2 = -q_1 dh_1$ durch Integration:

$$h_2 = \frac{a_1 q_1 + a_2 q_2 - h_1 q_1}{q_2}.$$

Dadurch geht Gleichung (I) über in:

$$-q_1 dh_1 = \frac{\pi \cdot R^4 dt \cdot \{h_1 (q_1 + q_2) - (a_1 q_1 + a_2 q_2)\} g \cdot \varrho}{8 \mu \cdot l \cdot q_2},$$

woraus nach Trennung der Variabeln folgt:

$$(II) \quad \log \text{nat} \frac{q_2 (a_1 - a_2)}{q_2 (e_1 - a_2) - q_1 (a_1 - e_1)} = \frac{\pi \cdot R^4 (q_1 - q_2) T \cdot g \cdot \varrho}{8 \mu l q_1 \cdot q_2}.$$

Für q_1 und q_2 lassen sich noch direct gemessene Grössen einführen. Es ist nämlich: $q_1 (a_1 - e_1) = V$ und $q_2 (e_2 - a_2) = V$. Wenn man hieraus q_1 und q_2 bestimmt und in (II) einführt, so ergibt sich:

$$(III) \quad u = \frac{\pi \cdot R^4 T \cdot \{(a_1 - a_2) - (e_1 - e_2)\} g \cdot \varrho}{8 \cdot V \cdot l \cdot \log \text{nat} \left(\frac{a_1 - a_2}{e_1 - e_2} \right)}.$$

Nun macht aber noch der Umstand, dass das durchfliessende Quecksilber eine andere Temperatur hat, als dasjenige im Gefässe W , eine Correctur nöthig. In der Theorie bezeichnet nämlich V das Volumen des durchfliessenden Quecksilbers; dieses ist aber nicht direct zu beobachten, sondern es ist aus dem Volumen des Gefässes W und der Durchflusstemperatur zu berechnen. Bezeichnet Q das Gewicht des Quecksilbers, das bei 0° von dem Gefässe W gefasst wird, und σ das specifische Gewicht des Quecksilbers bei der Durchflusstemperatur, so ist für V einzuführen Q/σ .

Die endgültige Gleichung zur Bestimmung von μ ist also:

$$\mu = \frac{\pi \cdot R^4 \cdot T \{ (a_1 - a_2) - (e_1 - e_2) \} \varrho \cdot \sigma \cdot g}{8 \cdot g \cdot l \cdot \log \operatorname{nat} \left(\frac{a_1 - a_2}{e_1 - e_2} \right)}.$$

Die Dimensionen des Apparates wurden, so weit es die Umstände erlaubten, innerhalb möglichst weiter Grenzen variirt. Die benutzten Capillaren, welche einen gleichmässigen Querschnitt besaßen, hatten folgende Radien: $R_1 = 0,015\,185\,9$ cm, $R_2 = 0,010\,831\,2$ cm; $R_3 = 0,005\,359\,63$ cm. Die übrigen Dimensionen anzugeben, wäre zu weitläufig, da die ganz aus Glas gefertigten Durchflussapparate öfters zersprangen und bei den Reparaturen die Grössenverhältnisse wechselten. So war z. B. die Länge der Capillaren R_2 bei den ersten Versuchen, welche mit derselben angestellt wurden, $l = 33,98$ cm; nach mehrmaliger Reparatur dieses Apparates hatte dieselbe nur noch eine Länge von $29,9$ cm. Ich beschränke mich daher darauf, die Grenzen anzugeben, zwischen welchen die übrigen Versuchsbedingungen variierten. Die grösste Länge einer Capillaren betrug $41,8$ cm, die kleinste $20,98$ cm; die grösste Druckdifferenz $a_1 - a_2 = 44,22$ cm, die kleinste $e_1 - e_2 = 19,64$ cm.

Diese Aenderungen in den Dimensionen genügten, um die in der Secunde durchfliessende Menge des Quecksilbers zwischen sehr weiten Grenzen variiren zu lassen. So betrug dieselbe bei dem Versuche Nr. 3, Tab. III $6,68$ mg, dagegen bei Versuch 7, Tab. I 268 mg, also das Vierzigfache.

Ich lasse nun die vollständige Angabe aller Daten folgen, welche sich auf die bei $340,1$ angestellte Versuchsreihe beziehen, mit Ausnahme der das Luftthermometer betreffenden.

Zimmertemperatur 16° ; Radius der Capillaren $0,005\,359\,63$ cm; Länge derselben $l = 20,98$ cm; $a_1 = 49,22$ cm; $e_1 = 45,75$ cm; $a_2 = 5,0$ cm; $e_2 = 9,245$ cm; am Schlusse der Versuchsreihe zur Controle $a_2 = 5,02$, $e_2 = 9,26$. Mittlere Temperatur des Quecksilbers im ersten Schenkel: $t_1 = 21^\circ$; im zweiten Schenkel: $t_2 = 22^\circ$, im Gefässe W : $t = 18^\circ$, Temperatur des Thermostaten nach dem Luftthermometer: $340,1^\circ$, Gewicht des Quecksilbers im Gefässe W : $29,441$ g bei $13,5^\circ$; Durchflusszeit: 41 Min. 45 Sec. beim ersten und 41 Min. 39 Sec.

beim zweiten Versuch. Daraus ergibt sich $a_1 - a_2 = 44,05$; $e_1 - e_2 = 36,367$ cm (auf 0° reducirt). $T = 2502$ Sec.

Diese Daten ergeben: $\mu_{340,1} = 0,008975$.

Die Resultate der Versuche sind in folgenden Tabellen zusammengestellt. Jedes Ergebniss ist das Mittel aus einer Verruchsreihe bei derselben Temperatur oder bei Temperaturen, die höchstens um 2° C. differirten.

Tabelle I.

Versuche mit der Capillare $R_1 = 0,0151859$ cm.

	t	μ_t beob.	μ_t ber.	Fehler in %
1.	-18,1	0,01836	0,01823	+0,78
2.	0	1698	1697	-0,53
3.	16,7	1575	1592	-1,07
4.	99	1227	1223	+0,27
5.	124	1171	1152	+1,64
6.	237,8	986	972	+1,43
7.	282	9499	9411	+0,92

Dass in höheren Temperaturen bei dieser Capillare die beobachteten Reibungsconstanten stets beträchtlich zu gross gefunden wurden, mag daher rühren, dass die Capillare im Vergleich zum Thermostaten sehr lang war, (nämlich 41,8 cm zu 46 cm) sodass die Menge des vorgewärmten Quecksilbers kaum hinreichte.

Tabelle II.

Versuche mit der Capillare $R_2 = 0,0108312$ cm.

	t	μ_t beob.	μ_t ber.	Fehler in %
1.	-21,4	0,01868	0,01847	+1,13
2.	0	1698	1697	+0,06
3.	9,2	1631	1640	-0,56
4.	10,1	1620	1631	-0,7
5.	12,5	1599	1618	-1,18
6.	18,3	1561	1582	-1,21
7.	98,8	1228	1224	+0,33
8.	99,1	1225	1222	+0,22
9.	154	1092	1090	+0,24
10.	176,2	1047	1045	+0,14
11.	272	9492	9477	+0,16
12.	314,7	9188	9172	+0,19

Tabelle III.

Versuche mit der Capillare $R_2 = 0,005\ 359\ 63\ \text{cm.}$

	t°	μ_t beob.	μ_t ber.	Fehler in %
1.	11,5	0,01619	0,01625	-0,37
2.	12,8	1605	1615	-0,66
3.	13,6	1592	1610	-1,23
4.	196,7	1018	1017	+0,09
5.	249	9642	9652	-0,11
6.	262,5	9615	9543	+0,71
7.	263	9636	9540	+1,00
8.	316	9177	9160	+0,19
9.	340,1	8973	9054	-0,88

Die Resultate der Beobachtung werden durch folgende Gleichung dargestellt:

$$\mu_t = 0,016\ 969 - 0,000\ 066\ 052\ 5\ t \\ + 0,000\ 000\ 208\ 47\ t^2 - 0,000\ 000\ 000\ 245\ 5\ t.$$

Die aus dieser Gleichung berechneten Werthe von μ sind mit den aus den Versuchsdaten berechneten in den Tabellen zusammengestellt und verglichen. Bei der grossen Zahl der zu beobachtenden Daten erscheinen die Abweichungen, welche sich nie auf 2% belaufen, nicht über Erwarten gross.

Eine Vergleichung der gefundenen Grösse mit den früheren Bestimmungen der Reibungsconstanten ergibt folgendes Resultat:

E. Warburg: $\mu_{17} = 0,01602$. Obige Gleichung $\mu_{17} = 0,01591$
 Villari: $\mu_{10} = 0,02977$. „ „ $\mu_{10} = 0,01633$

Die Uebereinstimmung der beiden ersten Werthe ist sehr befriedigend, die Differenz beträgt nur 0,7%. Dagegen lässt sich der aus Villari's Versuchen berechnete Reibungscoëfficient mit den beiden anderen durchaus nicht in Einklang bringen; er ist fast doppelt so gross als diese, obgleich ich diejenige Versuchsreihe Villari's zu Grunde gelegt habe, welche die kleinere Reibungsconstante ergibt, nämlich diejenige, aus welcher p. 31 die Poiseuille'sche Constante zu 222.1,086 bestimmt ist. Die Ursache der Abweichung sowohl in der absoluten Grösse des von ihm bestimmten Werthes von μ als auch der einzelnen Versuchsreihen unter

sich, welche sich auf über 23% beläuft, ist von Villari selbst theilweise angedeutet. Zunächst standen ihm nicht Capillaren von constantem Querschnitt zu Gebote; die von ihm benutzten waren „wenig calibrisch“. ¹⁾ Dieser Umstand ist aber von der grössten Bedeutung, da die Gleichung zur Berechnung der Reibungsconstanten die vierte Potenz des Radius enthält. Sodann erscheint auch die Methode, den Apparat zu reinigen, ungenügend. Der gläserne Theil desselben wurde nämlich so lange mit Quecksilber ausgespült, bis dasselbe mit reiner, glänzender Oberfläche ausfloss ²⁾; dieses Kriterium gibt aber durchaus keine Bürgschaft für die Reinheit des Quecksilbers und des damit gespülten Apparates. ³⁾ Ferner kann der Umstand von nachtheiligen Folgen gewesen sein, dass die Capillare eingekittet war ⁴⁾, da das Einkitten zu sehr erheblichen Verunreinigungen des Apparates und des Quecksilbers Veranlassung geben kann.

Daher ist es Villari auch nicht gelungen, das Gesetz von Poiseuille durch Aenderung der Versuchsbedingungen „en bloc“ ⁵⁾ zu beweisen, d. h. für die Constante *C* auch wirklich einen constanten Werth zu erhalten, was doch der einzige vollgültige Beweis für die Richtigkeit des Gesetzes gewesen wäre; er beweist daher die einzelnen Theile des Gesetzes („das Gesetz der Längen, des Druckes, der Radian“) durch selbständige Versuchsreihen, deren Mittelwerthe immer noch 8% voneinander abweichen. ⁶⁾

Vergleichung mit anderen Substanzen. Für eine grosse Anzahl von Flüssigkeiten ist die Reibungsconstante mit Bezug auf ihre Abhängigkeit von der Temperatur untersucht, meistens allerdings nur innerhalb ziemlich enger Grenzen. Wenn man nun mit diesen Resultaten das Verhalten des Quecksilbers vergleicht, so ist dasselbe qualitativ nicht verschieden: die Reibungsconstante nimmt mit der Temperatur

1) l. c. p. 7.

2) *ibid.*

3) Quincke, Pogg. Ann. 139. p. 66. 1870.

4) l. c. p. 7.

5) l. c. p. 9.

6) l. c. p. 31.

ab, und zwar bei niederen Temperaturen rascher als bei höheren; allein die Grösse dieser Aenderung ist beim Quecksilber relativ sehr klein. Die Zusammenstellung der für einige Stoffe gefundenen Resultate möge dieses zeigen.

In der folgenden Tabelle steht unter *A* der Name der Substanz, unter *B* der Name des Beobachters, unter *C* das Temperaturintervall, innerhalb dessen für den betreffenden Stoff die Beobachtung ausgeführt wurde; unter *D* die beobachtete Abnahme von μ in diesem Temperaturintervall, und zwar in Procenten des kleineren Werthes, und unter *E* die entsprechende Aenderung von μ bei Quecksilber innerhalb desselben Intervalles. In dieser Tabelle sind ausser Wasser und Glycerin nur diejenigen Stoffe aufgenommen, deren Reibungsconstante durch die Temperatur am wenigsten beeinflusst wird.

Tabelle IV.

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>
Glycerin	Schöttner	2,8—25,6	680%	11%
Wasser	Sprung	0 —50	220	21
Ameisensäureäthyläther	Reilstab	13,1—47,5	46	13,6
Methylalkohol . . .	„	11,5—42,5	43	12,5
Essigsäuremethyläther .	„	13,7—40,1	34	11
Aceton	„	11,1—43	14	12,8
Aethyläther	„	10,1—28	2,2	8,3
Aldehyd	„	10 —20	0	5,2

Aus dieser Zusammenstellung ist ersichtlich, dass fast alle Substanzen eine grössere Aenderung der Reibungsconstanten aufweisen, als das Quecksilber; Aceton hat eine ungefähr ebenso grosse, Aethyläther und Aldehyd eine kleinere. Dieser letztere Umstand ist auffallend; es ist aber nicht schwer, die Ursache desselben zu erkennen. Alle diejenigen Stoffe nämlich, welche eine geringe Aenderung von μ zeigen, sind nur in einem kleinen Temperaturintervall untersucht, welches ganz in der Nähe des Siedepunktes der betreffenden Substanz liegt. (Der Siedepunkt des Acetons ist 56° , des Aethyläthers $34,45^\circ$, des Aldehyds 22°). Nun hat aber bei allen Stoffen in der Nähe des Siedepunktes die

Temperatur den geringsten Einfluss auf die Reibungsconstanten, wie ein Blick auf die betreffenden Curven lehrt. Vergleicht man das Verhalten des Aethers und des Aldehyds mit demjenigen des Quecksilbers bei einer solchen Temperatur, die man als analog ansehen kann, so zeigt sich wieder, dass das Quecksilber wenigstens keine grössere Aenderung der Reibungsconstanten erfährt, als diese Stoffe. In dem Intervall von 316 bis 340° z. B. erniedrigt sich μ für jeden Grad nur noch um $0,09\%$ (Aether zwischen 10 und 28° um $0,12\%$), und der Verlauf der Curve für Quecksilber lässt vermuthen, dass in dem Intervall von 350 bis 360° eine Aenderung der Reibungsconstanten sich ebenso wenig nachweisen liesse, wie für Aldehyd zwischen 10 und 20° .

Es war auch von Interesse, zu sehen, ob das Quecksilber in der Nähe des Gefrierpunktes und des Siedepunktes Unregelmässigkeiten in der Aenderung der Reibungsconstanten zeige. Innerhalb derjenigen Temperaturen, zwischen welchen ich beobachtet habe ($-21,4$ und $340,1^{\circ}$) habe ich eine Unstetigkeit in der Curve, welche die Abhängigkeit der Reibungsconstanten darstellt, nicht bemerken können. Leider vermochte ich nicht dem Gefrierpunkte und dem Siedepunkte so nahe zu kommen, als es erwünscht gewesen wäre. Bei den niedrigen Temperaturen scheiterte der Versuch daran, dass es mir nicht gelang, hinlänglich lange Zeit eine constante Temperatur zu erhalten, welche dem Gefrierpunkte des Quecksilbers näher gelegen wäre als die durch Schnee und Salz erzeugte. Bei den hohen Temperaturen hatte meine Versuchsanordnung einen anderen störenden Umstand zur Folge. Der Thermostat hätte zwar leicht gestattet, höhere Temperaturen zu erzeugen und constant zu erhalten. Da aber das Quecksilber nach jedem einzelnen Versuche mit Hülfe der Luftpumpe wieder zurückgesaugt wurde, so kam es dabei unter niedrigeren Druck und gerieth in ein heftiges, für den zerbrechlichen Durchflussapparat öfters verhängnisvolles Sieden.

Physikal. Inst. d. Univ. Freiburg i/Br., Juli 1881.

Koch Fig.1-3 Christiansen Fig.4. Moser Fig.5-7. Grunmach Fig.8-9. Sprung Fig.10-11.