**4. Experimentelle Bestimmung
der Oberflächenspannung von Flüssigkeiten und
von geschmolzenen Metallen durch Messung der
Wellenlänge der auf ihnen erzeugten Capillar-
wellen; von Leo Grunmach.¹⁾**

Die unter der Wirkung des Moleculardruckes auf Flüssigkeitsoberflächen zu stande kommenden „Capillarwellen“ sind zuerst von Faraday²⁾ und später von Scott Russell³⁾ beobachtet und untersucht, und in neuerer Zeit an mehreren Flüssigkeiten nach verschiedenen Erregungsmethoden von Hrn. L. Matthiessen⁴⁾ studirt worden. Lord Kelvin⁵⁾ hat dann, ausgehend von hydrokinetischen Betrachtungen, für Flüssigkeitswellen, welche in hinreichend tiefen und weiten Gefässen unter der gemeinsamen Wirkung der Schwere und der Oberflächenspannung erzeugt werden können, eine Beziehung abgeleitet zwischen ihrer Fortpflanzungsgeschwindigkeit und ihrer Wellenlänge, nämlich

$$(1) \quad v^2 = g \frac{\lambda}{2\pi} + \frac{2\pi}{\lambda} \frac{\alpha}{\sigma},$$

in welcher v die Fortpflanzungsgeschwindigkeit, g die Beschleunigung durch die Schwere, λ die Wellenlänge, α die Oberflächenspannung und σ die Dichte der Flüssigkeit bedeutet. Die Discussion der Formel führte Lord Kelvin zu der durch das Experiment bestätigten Folgerung, dass es ein Minimum für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit geben müsse, welches man erhält, wenn man die Gleichung nach λ differenziert

1) L. Grunmach, Verhandl. d. Deutsch. Physikal. Gesellschaft. **1.** Nr. 1. p. 13. 1899. Vom Verfasser zuerst auf der Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte zu Düsseldorf vorgetragen am 20. September 1898.

2) M. Faraday, Pogg. Ann. **26.** p. 193. 1831.

3) S. Russell, Rep. Brit. Assoc. **7.** 1834; **12.** 1842.

4) L. Matthiessen, Pogg. Ann. **134.** p. 107. 1868; **141.** p. 375. 1870.

5) W. Thomson, Phil. Mag. **42.** p. 368. 1871.

und hernach $dv/d\lambda$ gleich Null setzt. Es ergibt sich dann für das Minimum der Fortpflanzungsgeschwindigkeit

$$v_{\min} = \sqrt{2 \sqrt{\frac{g\alpha}{\sigma}}}$$

und die diesem Minimum entsprechende Wellenlänge

$$\lambda_{\min} = 2\pi \sqrt{\frac{\alpha}{g\sigma}}.$$

Wellen, deren Länge kleiner ist, als dieser Wert, nennt Thomson „ripples“ (Kräuselungen, Kräuselwellen); sie werden in ihrem Entstehen und Fortbestehen nur in geringem Maasse von der Schwere beeinflusst, während man mit „capillary ripples“ Wellen von noch kleinerer Wellenlänge (Capillarwellen) zu bezeichnen pflegt, welche von der Schwere nahezu unabhängig und nur durch die Oberflächenspannung bedingt sind. Für solche Wellen kann man daher das erste Glied auf der rechten Seite der Thomson'schen Gleichung vernachlässigen, und man erhält, wenn man $v^2 = n^2 \lambda^2$ setzt, wo n die Anzahl der Schwingungen der Flüssigkeit in der Secunde bedeutet,

$$(2) \quad \alpha = \frac{1}{2\pi} \sigma n^2 \lambda^3.$$

Mittels dieser Formel lässt sich also die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit (in Dynen pro Centimeter) berechnen, wenn ihre Dichte, die Anzahl ihrer Schwingungen und deren Wellenlänge (in Centimeter) bekannt ist. Zur Reduction auf Gramm/Centimeter ist α durch $g = 981,28$ zu dividiren.

Die experimentelle Bestätigung der Richtigkeit der Thomson'schen Formel hat nun zuerst Hr. Matthiessen¹⁾ geliefert durch sinnreiche, von ihm angegebene und angewandte Messungsmethoden, insbesondere mit Hülfe von tönenden Stimmgabeln, an deren Zinken feine Stifte befestigt waren, durch deren Schwingungen Wellen auf den Flüssigkeiten erregt wurden. Fast gleichzeitig hat Lord Rayleigh²⁾ dieselbe

1) L. Matthiessen, Wied. Ann. **38**. p. 118. 1889.

2) Lord Rayleigh, Phil. Mag. (5) **30**. p. 386. 1890. Vgl. auch Proc. Roy. Soc. **47**. p. 367. 1890, sowie die früheren Arbeiten: Phil. Mag. April und Juli 1883.

Methode angewandt, um die Oberflächenspannung von Wasser, welches mit äusserst dünnen Fettschichten bedeckt ist, zu messen. Hr. C. Michie Smith¹⁾ hat dann photographische Aufnahmen von auf Quecksilber und auf Wasser erzeugten Capillarwellen gemacht und durch Ausmessung derselben Werte für die Capillarconstanten abgeleitet, welche aber eine geringe innere Uebereinstimmung zeigen, und welche der Verfasser selbst deshalb auch als nur vorläufige bezeichnet. Solche photographische Aufnahmen sind mehrere Jahre später auch ausgeführt worden von Hrn. J. H. Vincent²⁾, aber nicht in der Absicht, um durch deren Ausmessung die Oberflächenspannung zu bestimmen, sondern um an ihnen die Erscheinungen der Spiegelung, Interferenz und Beugung darzustellen. In einer früheren Arbeit³⁾ hatte Hr. Matthiessen die Iso-periodicität der Schwingungen der erregenden Stimmgabeln und der Molecüle der Flüssigkeit nachgewiesen, sodass die vorhin gemachte Voraussetzung, dass die Schwingungsanzahl n der Flüssigkeit bekannt sei, gleichbedeutend ist mit der leicht zu erfüllenden Bedingung, dass die Schwingungsanzahl der erregenden Stimmgabel bekannt sei. Zur Erzeugung der Capillarwellen taucht man also eine in einem festen Stativ gelagerte Stimmgabel von hoher Schwingungsanzahl mit den an ihren beiden Zinken befindlichen feinen Stiften in ein weites, mit der Flüssigkeit gefülltes Gefäss etwa 1—2 mm tief ein und bringt sie zum Tönen; es entstehen dann auf der Niveaufläche um die Spitzen als Centren zwei fortschreitende Kreiswellensysteme und zwischen den Spitzen ein System stehender Interferenzwellen, hyperbelförmiger, in der Axe äquidistanter Rippungen, deren Knoten und Bäuche sich durch die Spiegelwirkung gekrümmter Flächen als scharfe, dunkle und helle Linien abheben. Hr. Matthiessen hatte bei seinen Versuchen die Stifte an den Zinken der Stimmgabel mit Wachs befestigt und die Wellenlänge λ gemessen, indem er über die Flüssigkeitsoberfläche einen Stangenkreis von bekannter Spitzenentfernung hielt und eine möglichst grosse Anzahl der

1) C. Michie Smith, Proc. Roy. Soc. Edinb. **17**. p. 115. 1890.

2) J. H. Vincent, Phil. Mag. (5) **43**. p. 411. 1897. Vgl. ferner Dorsey, Phil. Mag. (5) **44**. p. 369. 1898.

3) L. Matthiessen, Wied. Ann. **32**. p. 626. 1887.

zwischen den Spitzen desselben liegenden Knotenlinien der Interferenzwellen direct abzählte.

Für Präcisionsmessungen erscheint indessen diese Art der Wellenlängenmessung nicht ausreichend, auch muss für eine sicherere Befestigung der Stifte Sorge getragen werden, da eine Unsicherheit in der Bestimmung der Schwingungsanzahl oder der Wellenlänge eine zweimal, bez. dreimal so grosse Unsicherheit in der Bestimmung der Oberflächenspannung zur Folge hat. Differenzirt man die Gleichung (2) nach n und nach λ , so zeigt sich, dass bei Anwendung einer Stimmgabel von etwa 253 Schwingungen in der Secunde eine Unsicherheit von einer Schwingung für die Bestimmung der Oberflächenspannung des Quecksilbers eine Unsicherheit von etwas mehr als 1 Proc. und für die des Wassers von 0,8 Proc. zur Folge hat, und dass ein Fehler von nur 0,01 mm der Wellenlänge bereits einen Fehler von 2,5 Proc. in der Grösse der Oberflächenspannung des Quecksilbers und einen Fehler von 1,5 Proc. von der des Wassers bedingt.

Bei der von mir benutzten Stimmgabel sind die beiden genau gleich langen Stahlspitzen mit feinen Gewinden versehen und in die unteren Flächen der Zinken fest eingeschraubt. Mit ihrem Fusse ist die Stimmgabel in einen parallelepipedischen Halter aus Eichenholz eingeschraubt. Bei den Versuchen wird sie in verticaler Lage in einem Stativ von folgender Form befestigt: Eine starke nivellirbare Grundplatte trägt zwei solide verticale Säulen, welche durch zwei starke, in derselben Vertical-ebene liegende horizontale Querbalken miteinander verbunden sind. In der Mitte dieser Querbalken befinden sich quadratische Oeffnungen, welche genau gleich sind und genau vertical untereinander liegen, und durch welche der quadratisch geformte Stimmgabelhalter mit sanfter Reibung geführt und mittels zweier Druckschrauben unverrückbar festgeklemmt werden kann.

Von der anfänglichen Absicht, die Stimmgabel elektromagnetisch zu erregen, bin ich zurückgekommen, nachdem mehrere mit anderen Stimmgabeln nach dieser Richtung hin angestellte Vorversuche ergeben hatten, dass durch Veränderungen des Magnetismus und abwechselnde Magnetisirung und Entmagnetisirung die Schwingungsanzahl verändert werden kann. Ihre Erregung erfolgte deshalb durch Anschlagen der

unteren Zinkenenden mittels eines Korkhammers. Die Schwingungszahl n ist von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt bei verschiedenen Temperaturen (t) bestimmt und durch die Gleichung gegeben

$$n = 253,13 - 0,025 (t - 19,1^{\circ}) \pm 0,05.$$

Zur genauen Messung von λ habe ich ein Ablesemikroskop von folgender Form construiert und angewandt: Unmittelbar hinter dem Ocular ist ein Schlittenapparat angebracht, der zwei in derselben Ebene liegende Fadenkreuzpaare enthält, welche einzeln durch besondere Schrauben relativ gegen ein-

Fig. 1.

ander bewegt und auf einer constanten Entfernung, die im Maximum dem Abstände (2,05 cm) der beiden Stimmgabelspitzen entspricht, festgestellt werden können. Unabhängig von diesen Fadenkreuzpaaren lässt sich in einer zu ihrer Ebene parallelen und von ihr um kaum mehr als die Dicke des Fadens entfernten Ebene ein dritter verticaler Spinnwebefaden mittels einer feinen Mikrometerschraube bewegen, welche an ihrem Ende mit einer in 100 Teile geteilten Messtrommel versehen ist. Die Messung der Wellenlänge erfolgt in folgender Weise: Nach Erregung der in die Flüssigkeit eintauchenden Stimmgabel werden die Kreuzungspunkte der beiden Fadenkreuzpaare mittels der zugehörigen Schrauben auf die Mitten a und b zweier symmetrisch zur Mitte liegenden Interferenzcurven (Fig. 1) eingestellt, die Anzahl der zwischen a und b

liegenden Intervalle mittels des durch die Mikrometerschraube zu bewegenden Verticalfadens abgezählt und die Entfernung ab gemessen durch die Differenz der beiden Ablesungen, die man an der Trommel der Messschraube erhält, einmal, wenn der Verticalfaden auf b , und dann, wenn er auf a eingestellt wird. Zur Auswertung der Schraube wurde mittels derselben vor und nach jeder Messungsreihe die Entfernung der Stimmgabelspitzen gemessen, welche andererseits durch zahlreiche Messungsreihen mittels eines Horizontalcomparators bestimmt ward.

Die zu untersuchende Flüssigkeit befindet sich in einem weiten, tiefen Porzellangefäß, welches auf einer nivellirbaren Eisenplatte ruht. Dem senkrecht zur Stimmgabelaxe befindlichen Mikroskop gegenüber ist ein regulirbarer Spalt aufgestellt, welcher durch eine hinter ihm befindliche elektrische Glühlampe nebst Beleuchtungslinse beleuchtet wird. Lichtquelle, Linse und Spalt sind in solcher Entfernung und Höhe hinter dem Flüssigkeitsgefäß aufgestellt, dass das von der Flüssigkeitsoberfläche reflectirte Spaltbild im Gesichtsfeld des passend geeigneten Ablesemikroskops erscheint.

Der Untersuchung unterworfen wurden bisher Quecksilber, welches im Vacuum destillirt worden war, destillirtes Wasser, welches gleichfalls in einer silbernen, innen stark vergoldeten Destillationsblase kurz vor den Versuchen destillirt worden war, ferner absoluter Alkohol, Zuckerlösungen verschiedener Concentration, russisches Leuchtöl und amerikanisches Mineralöl, deren Dichten vor und nach den Versuchen sorgfältigst mittels Normaläräometer ermittelt worden waren. Die Mehrzahl der Versuche mit diesen Flüssigkeiten ist von mir während der letzten zwei Jahre im grossen, auf constanter Temperatur zu erhaltenden Comparatorsaal der Normal-Aichungs Commission ausgeführt worden. Die ganze Versuchsanordnung befand sich auf einem der isolirten Pfeiler des Saales. Eine ausführliche Mittheilung und eingehende Discussion dieser Versuche und ihrer Ergebnisse wird an anderer Stelle erfolgen. Hier sei nur vorläufig, um ein Bild von der Anordnung der Beobachtungen und deren Berechnung zu geben, eine Beobachtungsreihe für *Quecksilber* mitgeteilt:

Spitzenentfernung vor Messung d. Wellenl. = 2489,62 p (Mikrometerpartes)

„ nach „ „ „ = 2485,02 p „

Mittel = 2487,32 p = 2,0474 cm.

10 Intervalle = $10 \cdot \frac{\lambda}{2} = 860,4$ p, Korrig. Temp. t vor der Messung = 20,09° C.

859,6 „ „ nach „ „ = 20,18° C.

861,8 Mittel: $t = 20,14^\circ$ C.

861,4

859,9

861,5

Dichte des Quecksilbers $\sigma_t = 13,5460$

860,1

Schwingungsanzahl $n_t = 253,11$

861,4

Erdbeschleunigung $g = 981,28$

860,9

860,4

863,4

862,1

859,4

862,2

862,4

Mittel = 861,13 p; hieraus $\lambda = 0,1418$ cm,

also

$$\alpha = \frac{1}{2\pi g} \sigma_t n_t^2 \lambda^3 = 0,401 \text{ g/cm.}$$

Auf diese Weise haben sich folgende Werte der Oberflächenspannung in Grammcentimeter bei ca. 20° C. ergeben:

Vergleichswerte, gewonnen
aus Versuchen nach der
Steighöhenmethode:

Für Quecksilber	0,400	—
Für destillirtes Wasser . . .	0,075	0,074
Für absoluten Alkohol . . .	0,027	0,029
(spec. Gewicht 0,7969)		
Für russisches Leuchtöl . . .	0,031	0,033
(spec. Gewicht 0,822)		
Für amerikanisches Mineralöl	0,030	0,031
(spec. Gewicht 0,756)		
Für 19 proc. Zuckerlösung . .	0,067	0,069
(spec. Gewicht 1,080)		
Für 30 proc. Zuckerlösung . .	0,063	0,067
(spec. Gewicht 1,131)		

Diese Werte, welche möglicherweise noch eine kleine Correctur erhalten können, da alle Controlrechnungen noch nicht ausgeführt sind, zeigen eine gute Uebereinstimmung mit Werten, welche aus ausgedehnten, nach der Steighöhenmethode an der Normal-Aichungs-Commission angestellten Beobachtungen folgen.

Der Wert für Quecksilber ist aus zahlreichen Messungen gewonnen und bezieht sich auf *reines Quecksilber*, welches nach der Destillation in einer bis an den Hals gefüllten und verschlossenen Glasflasche einen Tag lang aufbewahrt und unmittelbar vor den Messungen durch ein Filter aus Conceptpapier in die Porzellanschale hineinfiltrirt worden war.¹⁾ Denselben Wert 0,40 erhielt ich, als ich die Porzellanschale durch eine zur Erde abgeleitete eiserne Schale ersetzte. Bleibt das Quecksilber, vor Staub oder Verunreinigung geschützt, längere Zeit (Tage lang) mit der atmosphärischen Luft in Berührung, so sinkt der Wert der Oberflächenspannung allmählich von 0,40 bis auf 0,34.

Ich habe nun weiter die Capillarwellenmethode angewandt zur Bestimmung der *Capillarconstanten von schmelzenden und geschmolzenen Metallen*.

Zweierlei Schwierigkeiten sind bei diesen Versuchen vor allem zu überwinden: die erste besteht darin, eine reine, glänzende, *oxydfreie* Metallspiegeloberfläche zu erhalten, die zweite darin, *jede fremde Erschütterung zu vermeiden*. Die erste Schwierigkeit, welche eine Folge davon ist, dass die unedlen geschmolzenen Metalle sehr leicht an der Luft oxydiren, konnte dadurch gehoben werden, dass über der zu beob-

1) Die Zeit, welche infolge des Filtrirens bis zum Beginn der Beobachtungen verfloss, betrug wohl eine halbe Stunde und darüber. Bei weiteren Versuchen, welche ich inzwischen gemeinsam mit Hrn. Karl Luyken zur Bestimmung der Capillarconstanten von Quecksilber gegen Wasser und gegen verdünnte Schwefelsäure verschiedener Concentration ausgeführt habe, und über welche demnächst ausführlich berichtet werden soll, war durch Anwendung eines geeigneten Doppeltrichterapparates die Möglichkeit geboten, in jedem beliebigen Zeitmomente eine frische, reine Quecksilberoberfläche herzustellen und unmittelbar darauf, so zu sagen in statu nascendi, die Oberflächenspannung zu messen. Hierbei erhielten wir den Wert 0,50, der aber sofort herabsank und von Minute zu Minute kleiner wurde, um sich allmählich dem oben angeführten, für längere Zeit constant bleibenden Werte zu nähern.

achtenden Metalloberfläche künstlich eine Stickstoff- oder eine Kohlensäureatmosphäre geschaffen wurde. Zu diesem Zwecke wurden aus mit comprimiertem Stickstoff bez. mit flüssiger Kohlensäure gefüllten Bomben die Gase, nachdem sie zuvor gereinigt, getrocknet und genügend vorgewärmt waren, aus einem mit einer Löcherreihe versehenen Kranze in schwachem, continuirlichen Strome in das Erhitzungsgefäss, in welchem sich der Metallspiegel bilden sollte, geleitet. Das Erhitzungsgefäss bestand ursprünglich aus zwei halbkugelförmigen, mit Stützen versehenen Eisenschalen, die durch eine kurze, schwach geneigte Eisenröhre miteinander verbunden waren. In der höher gelegenen Schale wurde das Metall bis zum Schmelzen und etwas darüber erwärmt und hernach bei vorsichtiger Lüftung eines metalledicht schliessenden conischen Stopfens durch die vorher erwärmte Verbindungsröhre in die etwas tiefer gelegene, gleichfalls vorher auf die erforderliche Temperatur erwärmte Eisenschale geleitet, in welcher sich dann eine tadellos reine Metallspiegeloberfläche ausbildete. Später wurde dieses Erhitzungsgefäss ersetzt durch ein einfacheres, welches im wesentlichen aus zwei concentrischen Eisenschalen bestand (Fig. 2). In der äusseren Schale wurde das Metall zunächst zum Schmelzen gebracht und dann die innere, mit einem über-

Fig. 2.

greifenden Rande versehene Schale eingesetzt; in dieser bildete sich dann nach vorsichtiger Lüftung des einen Kreisöffnung im Boden verschliessenden Stopfens eine Metallspiegeloberfläche aus, wie sie schöner nicht vom reinsten Quecksilber erhalten werden konnte. Im

Laufe der Versuche erwies es sich noch als einfacher und zweckmässiger, die innere Schale, nachdem in der äusseren die oberste geschmolzene Metallschicht mittels eines Stahlmessers bei Seite gefegt war, direct ohne den verschliessenden Stopfen aufzusetzen. Durch die kreisrunde, *absolut rein* zu haltende

Oeffnung im Boden steigt dann das flüssige Metall in die innere Schale auf und bildet in ihr einen vollkommenen Spiegel.

Eine zweite bei weitem grössere Schwierigkeit liegt in der Notwendigkeit der Vermeidung jeder fremden Erschütterung. Die Versuche mit den geschmolzenen Metallen habe ich im physikalischen Laboratorium unserer Hochschule ausgeführt; auch hier benutzte ich für die Aufstellung einen der isolirten Pfeiler. Das Erhitzungsgefäss durfte aber jetzt nicht auf die starke Grundplatte des Stimmgabelstativs aufgestellt werden, weil durch die Schwingungen der Stimmgabel störende Vibrationen des Stativs hervorgerufen wurden, sondern es musste in der Grundplatte ein grosser kreisförmiger Ausschnitt gemacht werden, welcher es ermöglichte, Erhitzungsgefäss und Stimmgabelstativ, *beide unabhängig voneinander*, auf dem Pfeiler aufzustellen.

Nachdem dann das Metall zum Schmelzen gebracht, auf die soeben beschriebene Weise ein schöner reiner Metallspiegel gebildet und die mit grosser Vorsicht in denselben 1—2 mm tief eingeführte Stimmgabel erregt worden war, bildete sich das Wellensystem sofort mit grosser Schärfe aus; dasselbe blieb indessen, vermutlich weil die Schwingungen sehr schnell durch das flüssige Metall gedämpft werden, nur zu kurze Zeit bestehen, um mit der Sicherheit und Genauigkeit abgezählt und ausgemessen werden zu können, wie bei den gewöhnlichen Flüssigkeiten. Immerhin betrug die Zeitdauer, während welcher die Interferenzlinien deutlich sichtbar waren, einige Secunden. Ich nahm deshalb zur Photographie meine Zuflucht und es gelang mir, mit freundlicher Unterstützung meines Freundes und Collegen, des Hrn. O. Raschdorff, sowie der Herren Stud. E. Neuberg und E. Strunz, bei Anwendung von Sonnenlicht, welches vom Heliostaten reflectirt wurde, und auch bei elektrischem Licht gute und übereinstimmende photographische Aufnahmen zu erhalten von Capillarwellen, welche auf flüssigem Blei, auf flüssigem Zinn und auf verschiedenen leicht flüssigen Legirungen durch die Schwingungen der Stimmgabel erregt wurden.¹⁾ Diese photographischen Aufnahmen wurden

1) Dieselben waren während der Naturf.-Versamml. zu Düsseldorf (September 1898) in der „Ausstellung betreffend die Photographie im Dienste der Wissenschaft“ ausgestellt und wurden in der Sitzung der physik. Gesellschaft objectiv dargestellt.

mikrometrisch ausgemessen, und unter Benutzung der zugehörigen photographischen Aufnahmen der bekannten Spitzenentfernung die Wellenlängen in Millimeter ausgewertet. Auf diese Weise wurden die specifischen Cohäsionen und die Oberflächenspannungen für Blei, Zinn, die Blei-Zinnlegirung PbSn_3 , Wood'sche, Rose'sche und Lipowitz'sche Legirung bestimmt, indem für flüssiges Blei, flüssiges Zinn und die flüssige Blei-Zinnlegirung die von den Herren Vicentini und Omodei¹⁾ bestimmten specifischen Gewichte und für die anderen Legirungen die von mir auf pyknometrischem Wege bestimmten specifischen Gewichte, deren Werte ich indessen noch nicht als definitive betrachtet wissen möchte, zu Grunde gelegt wurden. Die Metalle sind als *chemisch rein* (elektrolytisch dargestellt) von der Firma C. A. F. Kahlbaum bezogen worden, die Legirungen habe ich selbst aus ihnen durch mehrfaches sorgfältiges Umschmelzen dargestellt.

Es ergab sich für:

	Temperatur	Spec. Gewicht	Oberflächenspannung in Grammcenimeter
Wood's Legirung	145° C.	9,52	0,345
Rose's Legirung	145	9,34	0,350
Lipowitz' Legirung	160	9,58	0,334
Zinn-Bleilegirung	215	8,05	0,394
Zinn	240	6,988	0,359
Blei	335	10,645	0,482

Für Zinn und Blei liegen Vergleichswerte vor, bei annähernd denselben Temperaturen, gewonnen nach der *Tropfenmethode*, welche Hr. Quincke²⁾ in seiner grundlegenden Abhandlung zuerst über diesen Gegenstand mitteilt und auf eine grosse Anzahl von Metallen angewandt hat, und ausserdem Werte, welche Hr. Siedentopf³⁾ nach der Helmholtz-König'schen *ophthalmometrischen Methode*⁴⁾ der Messung der Krümmung an den Kuppen von Tropfen bestimmt hat:

1) G. Vicentini u. D. Omodei, Atti della R. Acc. di Torino **23**. p. 38. 1887; **24**. p. 177. 1888.

2) G. Quincke, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Berlin **27**. p. 132. Febr. 1868 und Pogg. Ann. **134**. p. 356. 1868; **135**. p. 621. 1868.

3) H. Siedentopf, Inaug.-Dissert., Göttingen, p. 39. 1897.

4) A. König, Wied. Ann. **16**. p. 1. 1882.

	Quincke	Siedentopf	Grunmach
Zinn =	0,598	0,624	0,359
Blei =	0,457	0,519	0,482

Während die Werte für Blei eine in Anbetracht der Schwierigkeit der Versuche und der Unsicherheit in der Kenntnis der specifischen Gewichte gute Uebereinstimmung zeigen, weichen die Werte für Zinn beträchtlich voneinander ab.

Ich habe auch mit den reinen Metallen Cadmium und Wismut Versuche angestellt, bin aber bei diesen noch nicht zu befriedigenden Resultaten gelangt, sodass ich noch nicht habe feststellen können, ob und welch' ein Zusammenhang zwischen den Capillarconstanten der leicht schmelzbaren Legierungen und denen ihrer componirenden Bestandteile besteht, und ob für diese die Quincke'sche Hypothese zutreffend ist, dass sich ihre specifischen Cohäsionen wie die ganzen Zahlen 1, 2, 3 . . . verhalten. Des weiteren sind von mir zahlreiche Versuche ausgeführt worden, bei denen über der flüssigen Metalloberfläche sich eine hochsiedende durchsichtige Flüssigkeit (z. B. reines Anilin, Olivenöl, Phenantren etc.) befand, durch welche hindurch die Oberflächenwellen leicht und sicher mittels des Mikrometernikroskops gemessen und die Oberflächenspannung der flüssigen Metalle gegen jene Flüssigkeiten und letzterer gegen Luft bestimmt wurden.

In derselben Weise wurde Quecksilber unter einer Schicht von reinem absoluten Alkohol bei tiefen Temperaturen beobachtet, und es ergab sich als Mittel aus zwei vollständig übereinstimmenden Reihen als:

Oberflächenspannung von reinem Quecksilber gegen absoluten Alkohol
in Grammcenimeter

bei 18° C.	kurz vor dem Erstarren	beim Schmelzen
	unter dem flüssigen Quecksilber befindet sich noch festes Quecksilber	
0,373		0,400

Auf diese Weise lassen sich die Capillarwellen sicher bis zur *Erstarrung* der Metalle messend verfolgen.

(Eingegangen 18. October 1900.)