I. Ueber die Capillaritätsconstanten des Quecksilbers; von G. Quincke.

1.

Die Capillaritätserscheinungen haben schon seit den Zeiten Leonardo da Vinci's¹⁾ die Physiker beschäftigt, und das Interesse für dieselben wurde besonders rege, als Thomas Young und Laplace fast zu gleicher Zeit allgemeine Theorien für dieselben aufstellten. Seitdem ist der Gegenstand vielfach mit der Rechnung und dem Experiment verfolgt worden, so daß die Litteratur, wie der Anhang zeigt, so reich, wie in wenigen Kapiteln der Physik ist.

Von welchen Grundlagen die theoretischen Betrachtungen auch ausgehen mögen, immer kommen sie seit dem Erscheinen der Young'schen Abhandlungen darauf zurück, daß die Flüssigkeitsoberfläche zur Erklärung der Capillaritätserscheinungen ausreicht. Unter der Voraussetzung, daß der Gleichgewichtszustand eingetreten ist, führen sie auf die schon von Thomas Young²⁾ im wesentlichen aufgestellten Haupttheoreme, die ich hier kurz anführen will.

Wenn ϱ und ϱ_1 den größten und kleinsten Krümmungsradius eines Punktes P der freien Oberfläche einer Flüssigkeit bezeichnen, so ist der Druck p in diesem Punkte P der Oberfläche

$$p = K \pm \frac{H}{2} \left(\frac{1}{\varrho} + \frac{1}{\varrho_1} \right) \quad 1)$$

1) *Vide Libri, histoire des sciences mathém. en Italie. t. III, p. 54.*

2) *Young, an Essay on the cohesion of fluids, read Dec. 20. 1804. Philos. transact. 1805, p. 65 sqq. Lectures on natural philosophy II, p. 649 sqq. London 1807.*

wo K und $H/2$ Constante bedeuten und das obere oder untere Vorzeichen gilt, je nachdem die Oberfläche die convexe oder concave Seite nach ausen kehrt. K ist der Druck, der in einem Punkte einer horizontalen Flüssigkeitsoberfläche stattfindet, für den

$$\varrho = \varrho_1 = \infty$$

ist. Die Constante H hängt von der Anziehung der Flüssigkeitstheile auf sich selbst, d. h. von der Natur der Flüssigkeit allein ab.

Wenn ferner θ den Winkel bezeichnet, unter welchem die freie Oberfläche einer Flüssigkeit die Oberfläche eines festen Körpers schneidet, so ist

$$\theta = \text{Const.} \quad 2)$$

für dieselbe Flüssigkeit und denselben festen Körper, und unabhängig von der Gestalt der Oberfläche der Flüssigkeit und des festen Körpers. Es wird also z. B. das letzte Element eines auf einer horizontalen Unterlage ruhenden Quecksilbertropfens denselben Winkel mit der Unterlage bilden, wie das letzte Element der Kuppe einer Quecksilbersäule mit der Wand einer Röhre von demselben Glase.

Die Gleichungen 1) und 2), welche die erwähnten Haupttheoreme ausdrücken, beziehen sich also auf die Wirkung der Theilchen einer Flüssigkeit untereinander, und auf die Wirkung der Theilchen eines festen Körpers auf die der Flüssigkeit. Benetzt die Flüssigkeit den festen Körper, so ist der Winkel $\theta = 0$ und die Erscheinungen sind gerade so, als ob die feste Wand von den Theilchen der Flüssigkeit selbst gebildet würde.

Thomas Young wurde auf diese Sätze durch einfache geometrische Betrachtungen geführt, indem er annahm, daß die Spannung in der freien Flüssigkeitsoberfläche constant sey. Laplace¹⁾ hat dann später mit dem Calcul dieselben abgeleitet, indem er annahm, daß die Capillaritätserscheinungen von Kräften abhingen, die bloß in unendlich kleiner Entfernung einen endlichen Werth hätten und pro-

1) Laplace, *Sur l'action capillaire. Supplément au X. livre du traité de mécanique céleste. Paris éd. 1845. IV, p. 389 sqq.*

portional den Massen der aufeinander wirkenden Molecüle wären. Ist r die Entfernung zweier solcher Massenmolecüle m und m' und drückt fr das Gesetz der Anziehung derselben auf einander aus, so ist die Kraft mit der sich dieselben in der Richtung von r anziehen

$$= mm' fr$$

und in Folge der Voraussetzung kann man bei den Integrationen dieses Ausdrucks noch dr statt 0 und einer endlichen Grenze 0 und ∞ einführen. Unter dieser Voraussetzung allein, oder physikalisch ausgesprochen unter der Annahme, daß nur die Theilchen der Flüssigkeit und des festen Körpers in unmittelbarer Nähe der freien Flüssigkeitsoberfläche von Einfluß auf die Capillaritätserscheinungen sind, leitet Laplace die Gleichung 1) ab, wobei er keine Annahme über das Verhalten der Dichtigkeit in der Nähe der freien Oberfläche macht.

Später hat Poisson¹⁾ durch eine tiefer auf diesen Umstand eingehende mathematische Betrachtung nachgewiesen, daß man eine Aenderung der Dichtigkeit in der Nähe der freien Flüssigkeitsoberfläche annehmen muß, daß dann an Stelle jener von Laplace angewandten Integrationen Summationen treten, die auch auf die Gleichung 1) führen, nur daß dann die Constanten K und H in anderer Weise von der Molecularwirkung der Molecüle abhängen.

Um die Gleichung 2) nachzuweisen, combinirt Laplace die erste Methode, mit welcher er die Gleichung 1) nachgewiesen hat, mit einer anderen Methode, wo er die Wirkung von Fäden der Flüssigkeit und einer festen Röhrenwand betrachtet. Einen strengen Beweis für die Gleichung 2) hat erst Gauß²⁾ geliefert, der vor dem Erscheinen der Poisson'schen Arbeit von dem Princip der virtuellen Geschwindigkeit ausgehend und wie Laplace, unter Annahme von Molecular-Attractionen, die nur in unmerklich kleiner Entfernung wirksam sind, durch Variationsrechnung die

1) Poisson, *nouvelle théorie de l'action capillaire*. Paris 1831.

2) Gauß, *principia generalia theoriae figurae fluidorum in statu aequilibrii*. Commentat. societ. reg. Gotting. VII, 1932, p. 43 sq.

Aufgabe löst, und so direct auf die Gleichungen 1) und 2) geführt wird.

2.

Die Anwendung dieser Theoreme auf das Experiment und die Uebereinstimmung der Erscheinungen mit der Theorie beschränkt sich im Allgemeinen auf die Fälle, die schon Laplace in seiner *mécanique céleste* anführt. Besonders sind es die benetzenden Flüssigkeiten, bei denen die Gleichung 1) zur Erklärung der Erscheinungen ausreicht und die Beobachtungen von Steighöhen in Röhren gewesen, an denen man die Richtigkeit der Gleichung 1) nachgewiesen hat, und die Beobachtungen von Gay-Lussac¹⁾ z. B. schliessen sich sehr gut der Theorie an. Ich bemerke hierbei, daß die Constante K jener Gleichung 1) sich nicht experimentell bestimmen läßt, sondern nur die Constante H in die Versuche eingeht. Andere Beobachtungen haben aber durchaus keine Uebereinstimmung mit der Theorie ergeben; die Werthe für die Steighöhe von Wasser in einer Röhre von 0",01 Durchmesser variiren nach Brewster²⁾ bei verschiedenen Beobachtern, deren Namen wohl Vertrauen verdienen, von 2",1 his 5",3.

In neuerer Zeit hat man daher diese Versuche wieder aufgenommen, und besonders hat Hagen³⁾ in seiner Abhandlung »Ueber die Oberfläche der Flüssigkeiten« die Uebereinstimmung der Gleichung 1) mit dem Experiment für Wasser durch zahlreiche und genaue Versuche nachgewiesen, indem er das Ansteigen in Röhren, an Planplatten und zwischen parallelen Platten von verschiedenen Substanzen gemessen hat. Er fand dabei, daß die Steighöhe unabhängig von der Substanz der Platten ist, wie es die Theorie fordert, aber auch, daß bei frischer Wasser-

1) *Vide Laplace, méc. cél.* IV, p. 522 und *Poisson, nouv. théor.* pag. 112.

2) *Vide Edinburgh Encyclopaedia*, vol V, 1830. *Capillary attraction*. Daraus abgedruckt in *Report of the British Association 1834*, pag. 279.

3) Hagen, Ueber die Oberfläche der Flüssigkeiten. Abhandlungen der Berliner Academie 1845 und 1846.

oberfläche die Constante H einen größeren Werth hat, als bei Wasser, das einige Zeit gestanden hat. Diese Beobachtung ist später von Anderen bestätigt worden; wie denn schon Frankenheim¹⁾ eine Abnahme der Constante H bei Salzlösungen, Säuren und Alkalien, selbst bei Wasser, bemerkt hat, der jedoch bei Wasser den Grund in der Unreinigkeit der angewandten Röhren sucht.

In den letzten Jahren sind, besonders wohl angeregt durch den von der Pariser Academie ausgesetzten Preis, zahlreiche Arbeiten über diesen Gegenstand publicirt worden, die aber auch sich meist auf die Richtigkeit der Gleichung 1) bei benetzenden Flüssigkeiten beziehen.

Das zweite Haupttheorem dagegen, welches nur bei einer nicht benetzenden Flüssigkeit, bei dem Quecksilber, nachgewiesen werden kann, ist bei weitem weniger der Gegenstand von Versuchen gewesen, was mit in der großen Schwierigkeit liegen mag, die vielen Fehlerquellen bei dem Experiment zu vermeiden. Ich habe daher schon vor zwei Jahren eine Arbeit begonnen, um den Winkel θ für Quecksilber zu bestimmen, und ein großer Theil derselben war vollendet, als mich Privatverhältnisse nöthigten, dieselbe ein ganzes Jahr zu unterbrechen. Unterdessen hat Desains²⁾ in seiner großen Arbeit über Capillarität ähnliche Messungen publicirt, da aber die von mir angewandten Methoden von den früheren abweichen, so hoffe ich, daß sie doch zur Aufklärung dieses schwierigen Capitels beitragen werden.

Die mir bekannten Angaben über den Winkel θ , unter welchem eine Quecksilberoberfläche eine Glaswand schneidet, rühren von Thomas Young, Laplace und Poisson, die ihn nach Gay-Lussac's Beobachtungen berechnen, von Bravais und Desains her.

Thomas Young,³⁾ der den Winkel zu nahe 40° an giebt, hat ihn bei Röhren, besonders bei Barometern, unter

1) Frankenheim, Lehre von der Cohäsion. Breslau 1835, p. 69.

2) Desains, recherches sur les phénomènes capillaires. Ann. de chim. et de phys. t. LI, 1857. p. 385 sqq.

3) Young, lectures of natural philosophy tom. II, p. 666.

verschiedenen Verhältnissen mit Hülfe von reflectirtem Licht gemessen, ohne die Methode näher anzugeben. Laplace ¹⁾ zeigt die Uebereinstimmung der theoretisch von ihm abgeleiteten Formeln mit den Gay-Lussac'schen Messungen der Dicken großer Quecksilbertropfen und der Depression des Quecksilbers an der verticalen Wand eines weiten Glasgefäßes, wenn man $\theta = 42^\circ 12'$ oder $= 48$ Centesimalgraden setzt.

Gay-Lussac hat nach Poisson ²⁾ gefunden, daß der Winkel zwischen der inneren Oberfläche eines Quecksilbertropfens und seinem Bilde in der Glasplatte, die ihn trägt, ein rechter ist, woraus dann $\theta = 45^\circ$ folgt. An einer anderen Stelle berechnet Poisson den Werth des Winkels $\theta = 45^\circ 30'$ bei $12^\circ,5$ C. Er combinirt dabei Gay-Lussac's Messungen von Quecksilberdepressionen in benetzten Röhren mit der Dicke von großen Quecksilbertropfen auf einer horizontalen Glasplatte, und nimmt an, daß der Winkel θ in beiden Fällen derselbe ist. ³⁾ Außerdem reducirt er noch die bei verschiedenen Temperaturen gemachten Beobachtungen auf eine Temperatur, indem er annimmt, die Steighöhe der Flüssigkeit in einer Röhre nehme proportional der Dichtigkeit der Flüssigkeit zu. Abgesehen davon, daß letzteres wahrscheinlich nicht richtig ist, so ist der Winkel, den Quecksilber mit einer von Wasser benetzten Röhrenwand bildet, durchaus nicht derselbe, wie mit einer gewöhnlichen Glasplatte, sondern er variirt, wie man sich leicht überzeugen kann, ganz bedeutend, wird bei gehöriger Benetzung sogar 0° , der Winkel von Quecksilber gegen Glas ändert sich freilich mit dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft, wie es scheint, und wird mit steigendem Feuchtigkeitsgehalt kleiner, aber bei trockenen Glasplatten

1) *Laplace*, *méc. cel. t. IV*, p. 538.

2) *Poisson*, *nouv. théor. p.* 220.

3) *Poisson*, *nouv. théor. p.* 219: *la constante relative au contact du mercure avec le verre ou plutôt avec la couche d'eau, qui est toujours (?) adhérente à la surface du verre.*

ist er nahe 45° . Diese Angabe, $\theta = 45^\circ 30'$, verdient also kein Vertrauen.

Bravais ¹⁾ hat den Winkel θ bei verschiedenen Barometern gemessen und findet verschiedene Werthe zwischen $30^\circ 12'$ und $40^\circ 40'$ bei verschiedenen Instrumenten, während die Genauigkeit $0^\circ,89$ beträgt. Das Mittel aus seinen Zahlen ist $\theta = 35^\circ 58'$. In den einzelnen Instrumenten variirt der Winkel sehr wenig. Er wendet reflectirtes Licht an, um den Winkel zu messen, doch habe ich leider die Auseinandersetzung nicht verstehen können, wohl weil der Arbeit keine Zeichnung beigegeben ist.

In einer anderen Abhandlung ²⁾ leitet er aus Bohnenberger's ³⁾ Versuchen über Meniskenhöhe des Quecksilbers in Barometern den Werth $\theta = 56^\circ$ ab, wobei er die Constante H als bekannt annimmt.

Desains ⁴⁾ endlich hat die Beobachtungen von Danger ⁵⁾, welcher die Höhe des Meniskus in Glasröhren von verschiedenem Radius gemessen hat mit der Theorie verglichen. Er findet den Winkel $\theta = 37^\circ 52'$ als den, der die Danger'schen Beobachtungen am besten wiedergiebt, und denselben constant für dasselbe Quecksilber und Glas. Desains selbst hat dann den Winkel bestimmt, indem er die Dicke K von großen Quecksilbertropfen auf horizontaler Glasunterlage und die Depression K' von Quecksilber an einem verticalen Planglas gemessen hat. Nach Poisson ⁶⁾ ist dann, wenn man mit H die Constante des ersten Haupt-

1) *Bravais, nouvelle table des dépressions de mercure dans les tubes du baromètre. Ann. de chim. 3. sér. tom. V, p. 492 sqq.*

2) *Bravais et Martins, comparaisons barométriques faites à Bruxelles et dans le nord de l'Europe. Mém. de l'acad. roy. de Bruxelles tom. XIV, p. 45.*

3) *Bohnenberger, Beobachtungen in Bezug auf die Capillarität beim Barometer. Diese Ann. XXVI, p. 458.*

4) *Desains, Ann. de chim. LI, p. 390.*

5) *Danger, Ann. de chim. et de phys. sér. III. tom XXIV, p. 501; und diese Ann. LXXVI, p. 297. Ueber die Höhe der Menisken, welche die Oberfläche des Quecksilbers in Glasgefäßen darbietet.*

6) *Poisson, nouv. théor. p. 217 éq. o und pag. 224 éq. r.*

das Oxyd vom Quecksilber aufgelöst, und die Kuppe nähme die gewöhnliche Gestalt an. Da Poggendorff ¹⁾ es sehr wahrscheinlich gemacht hat, daß Quecksilber sich durch bloßes Stehen an der Luft oxydirt, so könnte durch diese Oxydation, die ja an der Oberfläche des Quecksilbers vor sich geht, der Winkel auch ohne Kochen schon sich ändern.

Die Constante H oder a^2 scheint, den vorhandenen Messungen nach zu urtheilen, nicht so großen Schwankungen unterworfen zu seyn. Folgende Tabelle giebt den Werth von a nach verschiedenen Beobachtungen für Quecksilber in Millimetern:

	a <small>mm</small>
Laplace	2,55
Poisson	2,554
Hagen	2,68 bis 2,62
Bède	2,66
Danger	2,59
Desains	2,62 bis 2,65

Von Laplace, Poisson, Danger und Desains sind die Werthe von a nach den Methoden bestimmt, die oben für die Bestimmungen von θ angeführt sind. Aus den Beobachtungen von Quecksilberdepressionen in engen Röhren, die von Hagen und Bède ²⁾ angestellt sind, habe ich a unter der Annahme, daß $\theta = 45^\circ$ ist, berechnet. Hagen ³⁾ macht aber schon darauf aufmerksam, daß auch bei Quecksilber wie bei Wasser eine Abnahme der Constante a bemerkbar ist. Dasselbe haben später auch Bède und Desains gefunden, weshalb der erstere die Depression des Quecksilbers erst 24 Stunden nach dem Eingießen in Röh-

1) Poggendorff, über das Verhalten des Quecksilbers bei seiner electromagnetischen Rotation. Diese Ann. LXXVII, p. 1 sqq.

2) Bède, *Mémoire sur l'ascension de l'eau et de la dépression du mercure dans les tubes capillaires. Mém. de l'ac. roy. de Belgique (savants étrangers) tom. XXV. 1851—1853.*

3) Hagen, Oberfläche der Flüssigkeiten, 2te Abhandl. p. 15.

ren mißt, wo dann doch, wie schon Poggendorff gezeigt hat, das Quecksilber an seiner Oberfläche schwer beweglich geworden ist. Ich werde weiter unten hierauf zurückkommen.

3.

Es kam also darauf an, frei von den Fehlern, welche durch Verunreinigung des Quecksilbers und des Glases herbeigeführt werden konnten, den Winkel θ zu bestimmen. Ich habe deshalb von vornherein vorgezogen, den Winkel, welchen Quecksilber mit gläsernen Planplatten bildet, zu bestimmen, weil man diese Platten leichter reinigen kann als Röhren und zugleich die Fehler vermeidet, die durch Unebenheiten der Glaswand bei der Beobachtung entstehen. Außerdem ist auch der störende Einfluß der Reibung, welche die Beweglichkeit des Quecksilbers hindert, geringer.

Ich habe zuerst den Winkel θ unabhängig von der Constante H oder a^2 bestimmt und dazu eine einfache Interpolationsmethode gewählt. Da ein Quecksilbertropfen auf einer horizontalen Unterlage als eine Rotationsoberfläche angesehen werden kann, so braucht man nur die erzeugende Curve zu betrachten, oder einen verticalen Schnitt, der durch den höchsten Punkt eines solchen Tropfens gelegt ist. Die Linie, in der die Schnittebene die horizontale Unterlage schneidet, sei die x Axe, die y Axe darauf senkrecht, und der Anfangspunkt der Coordinaten sei der Schnittpunkt der freien Quecksilberoberfläche mit der x Axe. Man kann dann in der Nähe des Anfangspunktes der Coordinaten die Curve durch die Gleichung

$$y = Ax + Bx^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 4)$$

wiedergeben, wo A und B Constante sind, die aus der Beobachtung von horizontalen und verticalen Coordinaten sich bestimmen lassen. Es ist dann

$$A = \left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=0} = tg \theta \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 5)$$

Da die x Axe mit der Oberfläche des festen Körpers

zusammenfällt und θ also der Winkel ist, unter dem die Tangente an die Curve im Punkte $x = 0$ die x Axe schneidet.

Es kam nun darauf an, wie die zu einem entsprechenden x gehörigen y gemessen werden sollten. Der einfachste Weg wäre gewesen, die Tropfen durch einen seitlich aufgestellten photographischen Apparat abzunehmen und dann an diesem Bilde die Coordinaten zu bestimmen. Der Anfangspunkt der Coordinaten markirt sich bei allen diesen Beobachtungen dadurch, dafs man zugleich das Spiegelbild des Tropfens in der horizontalen Unterlage sieht, und dafs man in der Nähe desselben auch am Spiegelbild die einem gewissen Werthe von x entsprechenden y messen kann. Die x Axe wäre dann durch die Verbindungslinie der beiden Endpunkte, wo das Quecksilber die Glasplatte berührt, bestimmt gewesen, und man hätte an demselben Tropfen die Gestalt der rechten und linken Seite zu gleicher Zeit fixirt gehabt.

Da jedoch die Tropfen nur niedrig sind und niemals dicker als 4^{mm} , so mußte entweder der photographische Apparat das Bild vergrößert abnehmen, oder das Meßinstrument mußte mit einem Mikroskop versehen seyn. Dann wurde aber, wie der Versuch zeigte, die Gränze, mit der sich der Tropfen gegen die Umgebung abzeichnete, undeutlich und erlaubte keine genaue Messung. Ich habe sowohl bei Daguerreotypplatten wie bei Photographien auf Collodium diesen Uebelstand gefunden.

Später habe ich, durch Hrn. Professor Magnus veranlaßt, folgende Methode, leider ebenso vergeblich, versucht. Ein Heliostat warf Sonnenlicht auf eine Linse von kurzer Brennweite, die in dem Laden eines dunklen Zimmers angebracht war, so dafs man einen leuchtenden Punkt von großer Lichtintensität hatte. Mit diesem wurde dann ein in gleicher Horizontalebene liegender Quecksilbertropfen beleuchtet und der Schatten auf eine entfernte verticale Wand projicirt. Hier zeigte sich nun ein Uebelstand, der überhaupt dazu beiträgt, Messungen an Quecksilberkuppen

ungenau zu machen. Die von der Quecksilberoberfläche an ihrer äußersten Gränze reflectirten Lichtstrahlen interferiren mit den ein wenig vor oder hinter dieser Stelle reflectirten Strahlen, und so erscheint der ganze Schatten von prächtigen Fransen eingefasst, die jede Messung vereiteln, besonders an den Stellen, wo die Tropfenoberfläche das Glas berührt.

Ich habe deswegen die Tropfen direct mit einem horizontalen Mikroskop von ziemlicher Objectweite betrachtet; das Mikroskop war an einem Kathetometer angebracht, dessen ich mich auch weiter unten zu anderen Zwecken bedient habe, und dessen Beschreibung daher gleich hier folgen mag. Die Fig. 11 und 13 Taf. I stellen das Kathetometer in $\frac{1}{4}$ natürlicher Gröfse dar.

Auf einem gufseisernen gehobelten Rahmen *A*, wie sie an einer gewöhnlichen Drehbank zum Verschieben des Support's angebracht sind, läßt sich ein gufseiserner, ebenfalls gehobelter Schlitten *B* mit sanfter Reibung verschieben. An diesem Schlitten befindet sich ein Mikroskop *C* mit Ocular-Mikrometer, welches über einer horizontalen Scale *S* verschoben wird und so die Verschiebung des Schlittens *B* bis auf 0^{mm},002 anzeigt. Auf dem Schlitten, der das eigentliche Kathetometer trägt, ist mit 3 Stell- und 3 Zugschrauben *D* und *D'* ein messingenes Gestell *E* befestigt, in dessen *Y*'s ein auf dem Support abgedrehter Cylinder *F* von Messing durch 2 Federn hereingedrückt wird. Der Cylinder *F* trägt an seiner Basis eine kleine Platte *H* von hartem Stahl und ruht mit dieser lose auf dem stählernen Kopf der Schraube *K*, durch die er sanft gehoben werden kann. Wenn die Schraube *K* herabgeschraubt wird, sinkt er durch sein eigenes Gewicht herunter; das Muttergewinde für *K* befindet sich in einer an dem Gestell *E* festgeschraubten Platte, die aufgeschnitten ist und mit einer Schraube zusammengezogen werden kann. Um eine Drehung des Cylinders *F* zu vermeiden, hat er parallel der Axe einen Schlitz, in den eine auf dem unteren *Y* festgeschraubte ver-

ticale Stahlplatte *M* eingreift, die in Taf. I Fig. 14 und 15 in natürlicher Gröfse dargestellt ist. Diese Stahlplatte trägt auf der einen Seite eine kleine Stahlfeder *N*, welche immer die eine Seite des Cylinderschlitzes an die verticale Stahlplatte *M* drückt. Auf dem verticalen Cylinder *F* ist ein horizontales Messingstück *O* mit 2 *Y*'s angebracht, in welche das Beobachtungs-Mikroskop *Q* gelegt wird. Mit einer Wasserwaage, die in der Zeichnung fortgelassen ist, kann diefs horizontal gestellt werden.

Der verticale Messingcylinder *F* trägt eine verticale auf Silber in 0^{mm},25 getheilte Scale *R*, die vor dem Ocular-Mikrometer des Mikroskops *P* vorbeigeschoben wird, wenn man den Cylinder *F* hebt oder senkt. Das Mikroskop *P* ist durch den messingenen Arm *T* an dem Gestell *E* befestigt.

Wenn der Rahmen *A* durch seine 3 Stellschrauben mit Hülfe einer langen Libelle horizontal gestellt ist, kann man auf ihm den Schlitten *B* und somit das ganze Kathetometer genau horizontal verschieben. Der Cylinder *F* ist durch die 3 Stellschrauben *DDD* vertical gestellt, und das Mikroskop *P* giebt seine Verschiebung, oder die des Mikroskops *Q* bis auf 0^{mm},001 an. Die Beobachtung zeigte, dafs diese Genauigkeit wirklich erreicht wurde, wenn man das Fadenkreuz von *Q* auf eine feste Spitze einstellte.

Die Ocular-Mikrometer haben dabei folgende Einrichtung, wie Taf. I Fig. 3 zeigt. Eine Scale mit verticalen Linien wird durch eine schräge Linie *AC* und eine andere horizontale *CB* geschnitten. Die Vergröfserung des Mikroskops ist so eingerichtet, dafs der Abstand zweier horizontalen Striche *DE* und *D'E'* der abzulesenden Scale, die parallel mit *BC* laufen, im Ocular des Mikroskops den Raum *AB* einnimmt. Man hat dann nur zu sehen, an welchem Punkte die schräge Linie *AC* von dem Theilstriche *DE* geschnitten wird, so kann man direct den Abstand des Punktes *A* von *DC* ablesen. Ist z. B. wie in der Zeichnung Taf. I Fig. 3 die Linie *AC* durch die verticalen Striche in 25 Theile getheilt und ist der Abstand zweier Scalentheile

DE und $D'E' = 0^{\text{mm}},25$, so entspricht ein Theilstrich der Linie AC $0^{\text{mm}},01$, und durch Schätzung kann man leicht $0^{\text{mm}},001$ bestimmen. Durch eine kleine Rechnung läßt sich natürlich auch jede andere Scale mit Hilfe eines solchen Mikrometers in Unterabtheilungen theilen und ich halte diese Art der Messung für genauer als mit Mikroskopen, wo das Fadenkreuz mit einer Schraube meßbar verschoben werden kann. Abgesehen vom Kostenpunkte und der Schnelligkeit des Ablesens wird durch das Schrauben am Fadenkreuz das ganze Mikroskop sehr leicht verschoben und die Messungen werden ungenau, besonders wenn es sich um so kleine Größen wie $0^{\text{mm}},001$ handelt. Man kann, wenn die Mikrometertheilung nicht genau seyn sollte, auch leicht die nothwendige Correction anbringen, so wie man, wenn das Mikrometer nur einen kleinen Raum in der Mitte des Gesichtsfeldes einnimmt, auch keinen Fehler durch die Randstrahlen zu befürchten hat, wenigstens nicht mehr als bei Mikroskopen mit verschiebbarem Fadenkreuz.

Bei der Methode, den Winkel θ durch die Interpolationsformel 5. zu bestimmen, habe ich das Kathetometer nur als Träger des Mikroskopes Q benutzt, das etwa 60 Mal linear vergrößerte. In dem Ocular befand sich ein auf Glas getheiltes, rechtwinkliges Coordinatensystem, dessen Linien $0^{\text{mm}},1$ von einander abstanden, so daß man durch die Vergrößerung des Oculars noch deutlich $0^{\text{mm}},01$ schätzen konnte. Durch Verschieben des Kathetometerschlittens konnte man controlliren, ob die eine Linienreihe des Mikrometers horizontal war. Zugleich erlaubte die horizontale und verticale Verschiebung des Mikroskops Q die Ecke E und E' eines Quecksilbertropfens (Taf. I Fig. 1) mit dem Schnittpunkt zweier Coordinatenlinien zusammenfallen zu lassen, und es wurden die den Abscissen $x = 1\ 2\ 3 \dots$ entsprechenden Werthe der Ordinaten y abgelesen. Eine freie horizontale Verschiebung wurde Anfangs durch Klopfen an dem Schlitten B (Taf. I Fig. 15 und 17) hervorgebracht, was sehr sicher geht; ich habe später jedoch vorgezogen,

den Schlitten durch eine Schraube zu bewegen, die in der Zeichnung fortgelassen ist.

Vorläufige Messungen hatten gezeigt, daß der Winkel θ in freier Luft bei gewöhnlichem Quecksilber und Glas 36° betrug, und ich schob diese Abweichung von dem Gay-Lussac'schen Werth auf den Gehalt der atmosphärischen Luft an Wasserdampf, zumal ich den Werth 36° nicht constant für dasselbe Quecksilber und dasselbe Glas erhielt. Um diese Fehlerquelle zu vermeiden und zugleich die Tropfen im luftleeren Raum messen zu können, habe ich dann nach einigen Modificationen einen Apparat angewandt, der in Taf. I Fig. 4 und 5 in $\frac{1}{4}$ natürlicher GröÙe dargestellt ist.

Ein festes Holzgestell *A* trägt einen verschiebbaren Tisch *B*, auf dem eine in der Mitte durchbohrte plangeschliffene Glasplatte *C* festgekittet ist. In die Durchbohrung dieser Platte ist der Glashahn *D* eingekittet, der durch einen Ausschnitt des Tisches *B* hinabreicht, um durch den Kork und das Glasrohr *E* mit einer Luftpumpe in Verbindung gesetzt zu werden. Auf die Glasplatte *C* paßt die unten abgeschliffene Glasglocke *F* luftdicht auf, in deren Boden die Barometerprobe *J* eingekittet ist, während vor eine gröÙere seitliche Oeffnung eine messingene rechteckige Fassung gekittet ist, die auf der äußeren Seite plangeschliffen worden. Auf diese wird dann mit Fett oder Kitt eine geschliffene Oertling'sche Glasplatte *H* mit planparallelen Seiten luftdicht aufgelegt. Diese Planplatte *H* erlaubt mit dem Mikroskop des Kathetometers in den inneren Raum der Glasglocke zu sehen, in welchem die Quecksilbertropfen auf einem horizontalen Glastisch liegen, der von einem eisernen Gestell *N* getragen wird.

Dieses Gestell *N* ist auf Taf. I Fig. 2 und 7 in $\frac{3}{4}$ natürlicher GröÙe dargestellt. An einem eisernen Klotz *K* ist die rechtwinklich-gebogene Platte *N* angeschraubt. In dem oberen horizontalen Theil derselben befinden sich 3 Schrauben *r*, auf deren Spitzen der Glastisch *P*, eben-

falls eine Oertling'sche Planplatte, ruht. Die Stifte $Q Q$ verhindern das seitliche Ausweichen dieser Platte.

O ist ein kleines Glasgefäß mit reiner concentrirter Schwefelsäure, um den Raum, in welchem sich die Tropfen befinden, trocken zu erhalten. Der Klotz K , in welchen unten ein Ausschnitt gefeilt ist, um die Oeffnung des Hahnes D nicht zu verdecken, wurde mit ein paar Tropfen Kitt auf der Glasplatte C , der größeren Festigkeit wegen, festgekittet.

Auf Taf. I Fig. 4 ist noch eine Oeffnung L im oberen Boden der Glasglocke F gezeichnet, durch welche ein Kork und ein Glastrichter gehen. Diese Oeffnung fehlte bei den vorliegenden Versuchen und ich werde später darauf zurückkommen. Das Holzgestell A wurde auf ein festes, an der Wand des Zimmers befestigtes Brett gestellt. Ein Draht, der durch ein Loch des Brettes frei hindurchging und in den Ring E des Gestelles A eingehakt war, trug an seinem unteren Ende ein 30-Pfundstück, wodurch die Festigkeit des Ganzen wesentlich vermehrt wurde.

Die Schrauben S des Holzgestelles und s des eisernen Tischchens erlaubten, die Glasplatte P genau horizontal zu stellen. Es geschah dies, bevor die Platte P gereinigt wurde, mittelst einer gewöhnlichen Dosenlibelle, die an ihrer unteren Basis einen abgeschliffenen Ring von geringerem Durchmesser als die Platte P trug. Man konnte sich durch dieselbe Dosenlibelle davon überzeugen, daß die Lage der Platte P nach dem Fortnehmen und wieder Auflegen genau dieselbe war. Ich habe zu demselben Zweck auch eine andere Vorrichtung benutzt, die sehr leicht zu beschaffen ist und, ohne daß die Platte P berührt wird, die Horizontalität derselben zu beurtheilen erlaubt. Sie läßt sich sogar anwenden, wenn die Platte sich im luftleeren Raum befindet. An den drei Seiten eines Dreiecks abc , das bei a den rechten Winkel haben mag, sind drei kleine Pendel aufgehängt, so daß das Pendel a hinter, die Pendel b und c vor der Platte P hängen. Steht das Spiegelbild des Pendels a in der Platte P vertical, so ist die

Platte *P* horizontal. Um das erstere zu beurtheilen, dienen die Pendel *b* und *c*. Man stellt das Auge so, daß das Spiegelbild von *a* mit dem Pendel *b* fast zusammenfällt und das Auge beurtheilt sehr scharf ob beide parallel sind oder nicht. Dasselbe geschieht mit dem Pendel *c* und dem Spiegelbild von *a*. Die Methode wird noch sicherer, wenn man mit einem Fernrohr statt mit bloßem Auge die Pendel betrachtet, weil es dem bloßen Auge schwerfällt das Spiegelbild und das Pendel *b* oder *c* zu gleicher Zeit in die Weite des deutlichen Sehens zu bringen. Als Pendel benutzte ich gewöhnlich Coconfäden, die in aufgeschnittenen Schrootkugeln (Rehposten) eingeklemmt sind, wodurch der Faden ohne verletzt zu werden ein Gewicht trägt, das ihn vollkommen straff spannt. Die gelben Coconfäden sind dabei gegen dunklen Grund sehr gut zu sehen und die Methode hat die einzige Unbequemlichkeit, daß die Luftströmungen leicht Schwingungen der Pendel hervorrufen, was man theilweise dadurch vermeiden kann, daß man die Schrootkugeln in Oel tauchen läßt. Es läßt sich auf diese Weise jede spiegelnde Fläche horizontal stellen, und da man unter einem sehr spitzen Winkel auf dieselbe sehen kann, so werden selbst mattgeschliffene Glasplatten und dergl. noch Spiegelbilder von hinreichender Lichtintensität geben.

Die Glasplatte *P* wurde vor jedem Versuch mit concentrirter Schwefelsäure erhitzt, mit einer Platinzange herausgenommen, mit destillirtem Wasser gewaschen und dann längere Zeit, etwa eine halbe Stunde, in ein größeres Gefäß mit destillirtem Wasser gelegt, um die letzten Spuren Säure zu entfernen. Es ist dies ein ähnliches Verfahren mit welchem Faraday ¹⁾ die Platinplatten bei seinen Versuchen über Benetzung der Elektrodenflächen gereinigt hat. Die Platte wurde dann in einer reinen Porcellanschale über der Spirituslampe oder der Ofenröhre getrocknet, mit der reinen Platinzange auf das eiserne Tischchen gelegt und hier erkalten gelassen.

1) Faraday *experim. research*, 588, 633. Ueber Benetzen der Elektrodenflächen, diese Ann. Bd. XXXIII, S. 158 und 177.

Poggendorff's Annal. Bd. CV.

Obwohl das destillirte Wasser nochmals filtrirt wurde, zeigten sich doch noch nach dem Trocknen der Glasplatte fremde Substanzen, wenn man sie behauchte. Es wurde daher gesorgt, daß die letzten Spuren Wasser an einer anderen Stelle der Glasplatte verdampften, als der, die mit dem Quecksilber in Berührung kam und die dann beim Behauchen den Wasserdampf gleichmäßig condensirte.

Die Quecksilbertropfen wurden mit einem Trichter auf den Glastisch gelegt, der in Fig. 2 dargestellt ist. Derselbe endete in einen langen dünnen elastischen Glasfaden, dessen anderes Ende senkrecht umgebogen war. Während das Ende des Glasfadens vertical festgehalten wurde, konnte man durch Neigen des eigentlichen Trichters leicht jede beliebige Menge Quecksilber ausfließen lassen. Der Trichter wurde entweder, wie die Glasplatte, mit heißer concentrirter Schwefelsäure und destillirtem Wasser gereinigt, oder der Glasfaden wurde an einem Trichter, der auf die beschriebene Weise gereinigt war, vor der Glasbläserlampe gezogen und gebogen, ohne daß die Flammengase mit dem inneren Raume in Berührung kommen konnten.

5.

Zuerst wandte ich käufliches reines Quecksilber an, das ich durch mehrfaches Digeriren mit concentrirter Schwefelsäure ¹⁾ um beigemengtes Oxyd und fremde Metalle zu entfernen, Waschen mit destillirtem Wasser und Trocknen gereinigt hatte, und das bei 0° ein Sp. G. von 13,595 hatte. Ich habe später als die Versuche nicht constante Resultate für den Winkel θ gaben, dieses so gereinigte Quecksilber mit reiner Salpetersäure in salpetersaures Quecksilberoxyd und durch Glühen in einer Porcellanschale in Quecksilberoxyd verwandelt. Aus diesem Quecksilberoxyd wurde dann, durch Destillation in einer neuen Porcellanretorte, Quecksilber dargestellt, da Glasretorten, wenn man größere Mengen Quecksilber zu destilliren hat, weich werden und sich aufblähen. Hr. Geheimerath Mitscherlich ²⁾, der

1) Dulong, diese Ann. Bd. XXVI, S. 457.

2) E. Mitscherlich, Lehrbuch der Chemie 1840, Bd. II, 2, S. 383.

diese Methode reines Quecksilber darzustellen angegeben hat, gestattete mir mit großer Freundlichkeit hierbei die Benutzung seines Laboratoriums. Einige Gramme des so erhaltenen Quecksilbers gaben beim Erhitzen in einer Porcellanschale keinen Rückstand. Das Quecksilber wurde dann durch Behandlung mit reiner concentrirter Chlorwasserstoffsäure in der Wärme und wiederholtes Waschen mit destillirtem Wasser noch von den letzten Spuren Oxyd, die ihm beigemengt seyn konnten, und durch Filtriren und Trocknen über Schwefelsäure von Wasser befreit. Theilweise habe ich es auch durch vorsichtiges Erhitzen über der Spirituslampe getrocknet, ohne einen Unterschied in den Eigenschaften desselben zu finden. 34,9361 Grm. dieses Quecksilbers wogen bei 16°,2 C. in ausgekochtem Wasser nur 32,3645 Grm., woraus das Sp. G. dieses Quecksilbers bei 0° C. = 13,596 folgt, ebenso wie es Regnault gefunden hat.

Vor jedem Versuche wurde das Quecksilber mehrfach durch einen Papiertrichter mit enger Oeffnung filtrirt, und nach ein paar Versuchen wieder mit Chlorwasserstoffsäure behandelt, um es von dem etwa gebildeten Oxyde zu befreien.

Unter diesen Vorsichtsmafsregeln habe ich dann auch bei zahlreichen Messungen verhältnismäfsig constante Resultate erhalten. Dabei war kein Unterschied zu bemerken ob die Tropfen im luftleeren oder im luftgefüllten Raume lagen. Der Glastisch selbst zeigte nach Entfernung der Tropfen jedes Mal beim Behauchen deutlich die Berührungsflächen, und oft schon ohne Behauchen, indem kleine Theilchen Staub an der Gränze der freien Oberfläche des Tropfens und Glases zurückbleiben. Der Grund liegt wohl darin, dafs der Quecksilbertropfen, wenn man ihn noch so vorsichtig auf die Glastafel legt, durch Reibung elektrisch wird. Die in der ruhigen Luft schwebenden Staubtheilchen werden dann angezogen und lagern sich an der Gränze des Berührungskreises auf dem Glase ab. Welcher Natur diese Schmutz- und Staubtheilchen sind, habe ich mit den stärk-

sten Vergrößerungen eines großen Schiek'schen Mikroskopes nicht erkennen können. Durch diese Staubtheilchen wird natürlich der Winkel θ modificirt und nach längerer Zeit fangen selbst im luftleeren Raume die Ecken des Tropfenbildes an undeutlich zu werden, so daß es schwierig wird den Durchschnittspunkt zweier Coordinatenlinien auf die Ecke einzustellen. Die Veränderungen des Winkels sind aber doch so bedeutend, daß es schwer ist, sie diesen Staubtheilchen allein zuzuschreiben, da auch, wie ich später zeigen werde, die anderen Theile der Quecksilberoberfläche sich ändern.

Bei den Messungen selbst wurden die Tropfen von hinten durch eine Argand'sche Lampe erleuchtet, die so lange verschoben wurde, bis die Ecke des Tropfens ein scharfes Bild gab, um so die Spiegelung, die besonders bei großen Tropfen stört, möglichst zu vermeiden. Der Apparat, in welchem der Tropfen lag, war dabei von einem schwarz ausgeklebten Pappkasten umgeben, dessen Hinterwand von einer großen Glimmerplatte gebildet wurde, um die strahlende Wärme der Argand'schen Lampe abzuhalten. Ein Thermometer befand sich mit seiner Kugel innerhalb dieses Pappkastens.

6.

Ich habe zahlreiche Messungen mit diesem Apparate angestellt, indem ich also bestimmte Werthe von y an der einen Seite eines Tropfens maß, die den Werthen $x=1\ 2\ 3$ entsprachen. Die Beobachtungen an der einen Seite eines Tropfens wurden dann combinirt, um mit ihnen die Werthe der Constanten A und B der Gl. 4) nach der Methode der kleinsten Quadrate zu berechnen und aus den so erhaltenen Werthen der Winkel θ gefunden. So z. B. giebt folgende Tabelle die Beobachtungen an 4 Quecksilbertropfen von fast gleicher Größe, die zu derselben Zeit sich auf dem Tischchen befanden. Die erste Columnne giebt die Werthe von x , die zweite die beobachteten Werthe von y . Für jede Seite jedes Tropfens wurden nach der Methode der kleinsten Quadrate die entsprechenden Werthe von A

und B der Gleichung 4) berechnet. Die dritte Columnne giebt dann die mit diesen Werthen von A und B berechneten Werthe von y , die vierte Columnne die Differenzen. M_y bedeutet den mittleren Fehler von y . Die Temperatur schwankte von

18° bis 19°,5 C.

Der Druck war 3^{mm} Quecksilber. Die einzelnen Versuchsreihen sind unmittelbar nach dem Auflegen der Tropfen, 8½ und 21 Stunden später abgelesen. Bei den einzelnen Tropfen war das Gewicht

1. 0^{gr},0345
2. 0 ,0386
3. 0 ,0355
4. 0 ,0346

I. 0^b nach Auf-

x	No. 1.						No. 2.					
	links			rechts			links			rechts		
	y			y			y			y		
	beob.	ber.	Diff.	beob.	ber.	Diff.	beob.	ber.	Diff.	beob.	ber.	Diff.
1	1,3	1,10	— 0,20	0,9	0,89	0,01	1,2	1,03	— 0,17	1,1	0,99	— 0,11
2	2,4	2,34	— 0,06	2,0	2,04	0,04	2,2	2,16	— 0,04	2,2	2,10	— 0,10
3	3,8	3,72	— 0,08	3,4	3,45	0,05	3,3	3,39	0,09	3,4	3,33	— 0,07
4	5,2	5,24	0,04	5,1	5,12	0,02	4,6	4,72	0,12	4,9	4,68	— 0,22
5	7,0	6,90	— 0,10	7,0	7,05	0,05	6,1	6,15	0,05	6,3	6,15	— 0,15
6	9,0	8,70	— 0,30	9,1	9,24	0,14	7,6	7,68	0,08	8,1	7,74	— 0,36
M_y	0,159			0,063			0,101			0,195		
θ	45° 57'			37° 17'			44° 33'			43° 50'		

II. 8^b,5 nach Auf-

1	1,3	1,20	— 0,10	1,1	1,01	— 0,09	1,2	1,09	— 0,11	1,0	0,95	— 0,05
2	2,6	2,54	— 0,06	2,2	2,22	0,02	2,3	2,30	0,00	2,1	2,04	— 0,06
3	4,0	4,02	0,02	3,6	3,63	0,03	3,6	3,63	0,03	3,3	3,27	— 0,03
4	5,7	5,64	— 0,06	5,2	5,24	0,04	5,1	5,08	— 0,02	4,7	4,64	— 0,06
5	7,4	7,40	0,00	6,9	7,05	0,15	6,6	6,65	0,05	6,2	6,15	— 0,05
6	9,5	9,30	— 0,20	9,0	9,06	0,06	8,4	8,34	— 0,06	8,0	7,80	— 0,20
M_y	0,098			0,079			0,057			0,088		
θ	48° 26'			42° 22'			45° 52'			41° 27'		

III. 21^b nach Auf-

1	1,3	1,18	— 0,12	1,2	1,07	— 0,13	1,3	1,14	— 0,16	1,1	1,13	0,03
2	2,5	2,50	0,00	2,3	2,30	0,00	2,4	2,38	— 0,02	2,2	2,32	0,12
3	4,0	3,96	— 0,04	3,7	3,69	— 0,01	3,7	3,72	0,02	3,4	3,57	0,17
4	5,5	5,56	0,06	5,3	5,24	— 0,06	5,0	5,16	0,16	4,7	4,88	0,18
5	7,3	7,30	0,00	6,9	6,95	0,05	6,6	6,70	0,10	6,2	6,25	0,05
6	9,3	9,18	0,12	9,0	8,82	0,18	8,3	8,34	0,04	7,9	7,68	0,22
M_y	0,075			0,096			0,103			0,145		
θ	47° 52'			44° 30'			47° 31'			47° 51'		

legen der Tropfen.

No. 3.						No. 4.					
links			rechts			links			rechts		
y			y			y			y		
beob.	ber.	Diff.	beob.	ber.	Diff.	beob.	ber.	Diff.	beob.	ber.	Diff.
1,2	1,07	- 0,13	1,1	1,01	- 0,09	1,2	1,08	- 0,12	1,2	1,04	- 0,16
2,4	2,30	- 0,10	2,2	2,18	- 0,02	2,4	2,32	- 0,08	2,3	2,22	- 0,08
3,7	3,69	- 0,01	3,4	3,51	0,11	3,7	3,72	0,02	3,5	3,54	0,04
5,2	5,24	0,04	5,0	5,00	0,00	5,2	5,28	0,08	5,1	5,00	- 0,10
6,8	6,95	0,15	6,6	6,65	0,05	7,0	7,00	0,00	6,7	6,60	- 0,10
9,0	8,82	- 0,08	8,4	8,46	0,06	9,0	8,88	0,02	8,6	8,34	- 0,26
0,098			0,066			0,068			0,037		
44° 45'			42° 59'			44° 54'			44° 16'		

legen der Tropfen.

1,3	1,19	- 0,11	1,1	1,07	- 0,03	1,2	1,07	- 0,13	1,2	1,06	- 0,14
2,6	2,54	- 0,06	2,3	2,30	0,00	2,3	2,30	0,00	2,3	2,28	- 0,02
4,0	4,05	0,05	3,7	3,69	- 0,01	3,7	3,69	- 0,01	3,6	3,66	0,06
5,6	5,72	0,12	5,2	5,24	0,04	5,3	5,24	- 0,06	5,2	5,20	0,00
7,4	7,55	0,15	6,8	6,95	0,15	7,0	6,95	- 0,05	6,8	6,90	0,10
9,5	9,54	0,04	8,8	8,82	0,02	9,0	8,82	- 0,18	8,8	8,76	- 0,04
0,097			0,065			0,096			0,077		
48° 1'			44° 41'			44° 43'			44° 28'		

legen der Tropfen.

1,4	1,14	0,26	1,2	1,02	- 0,18	1,3	1,16	- 0,14	1,1	1,05	- 0,05
2,5	2,42	- 0,08	2,3	2,20	- 0,10	2,5	2,48	- 0,02	2,3	2,24	- 0,06
3,8	3,84	0,04	3,5	3,54	0,04	3,9	3,96	0,06	3,5	3,57	0,07
5,4	5,40	0,00	5,1	5,04	0,06	5,5	5,60	0,10	5,0	5,04	0,04
7,2	7,10	- 0,10	6,7	6,70	0,00	7,3	7,40	0,10	6,6	6,65	0,05
9,2	8,94	- 0,26	8,8	8,52	0,28	9,3	9,36	0,06	8,4	8,40	0,00
0,160			0,145			0,087			0,005		
47° 21'			43° 13'			47° 17'			44° 20'		

Man sieht aus den Werthen von θ , die unter jeder Beobachtungsreihe angegeben sind, dafs schon für denselben Tropfen der Winkel nicht constant ist. Da vorherrschend die linken Seiten der Tropfen einen gröfseren Winkel geben, wie die rechten, so ist es möglich, dafs das Fadenkreuz des Oculars ein wenig geneigt gewesen ist. Die Mittel aus den Beobachtungen rechts und links stimmen besser, wie folgende Tafel zeigt.

No.	1	2	3	4	Mittel
I	41° 37'	44° 11'	43° 52'	44° 35'	43° 34'
II	45 24	43 40	46 21	44 36	45
III	46 11	47 41	45 17	45 48	46 14

Der wahrscheinliche Fehler von A schwankt bei den einzelnen Messungen von 0,056 bis 0,011 was einem wahrscheinlichen Fehler von θ von 1° 30' bis 17' entsprechen würde; im Durchschnitt beträgt der letztere 50'. Da jedoch die Schwankungen schon bei Tropfen von derselben Gröfse und im luftleeren Raume so grofs sind, so war nicht zu erwarten, dafs man mit Tropfen von verschiedener Gröfse und im luftgefüllten Raume andere Resultate erhalten würde. Zahlreiche Versuche haben diese Vermuthung bestätigt. Die Messungen an gröfseren Tropfen haben dieselben Schwankungen und selbst für verschiedene Seiten eines Tropfens verschiedene Werthe von θ ergeben, wie z. B. die Messungen an einem gröfseren Tropfen zeigen, dessen Berührungskreis mit der Glasplatte einen Durchmesser von 3^{mm},768 hatte.

No. 5.

x	I.			II.			links			III.		
	links	rechts		links	rechts		links	rechts		links	rechts	
	y	y		y	y		y	y		y	y	
	beob.	ber.	Diff.	beob.	ber.	Diff.	beob.	ber.	Diff.	beob.	ber.	Diff.
1	1,1	0,86	- 0,24	1,1	1,07	- 0,03	1,1	1,00	- 0,10	1,0	0,93	- 0,07
2	1,9	1,78	- 0,12	2,2	2,18	- 0,02	2,2	2,09	- 0,11	2,0	1,92	- 0,03
3	2,8	2,77	0,03	3,1	3,33	- 0,07	3,3	3,28	- 0,02	3,1	2,99	- 0,11
4	3,7	3,81	0,11	4,4	4,32	- 0,08	4,6	4,57	- 0,03	4,2	4,12	- 0,08
5	4,9	4,91	0,01	5,7	5,66	- 0,04	5,8	5,96	- 0,04	5,3	5,33	0,03
6	6,0	6,07	0,07	7,1	7,21	0,11	7,0	7,44	0,14	6,5	6,60	0,10
7	7,3	7,29	- 0,01	8,5	8,67	0,17	8,2	9,03	0,13	7,8	7,94	0,14
8	8,5	8,56	0,06	10,2	10,33	0,13	9,7	10,71	0,01	9,3	9,35	0,05
9	10,0	9,90	- 0,10	11,3	11,09	- 0,21	12,6	12,49	0,11	11,0	10,83	- 0,17
M_y	39° 48'	0,107		46° 17'	0,102		43° 24'	0,096		41° 47'	0,101	
θ										41° 33'	0,146	

Der wahrscheinliche Fehler von θ beträgt bei diesen Messungen etwa 30', und die Temperatur schwankte zwischen 15°,7 bis 16°,9 C., während der Luftdruck 4^{mm},8 Quecksilber betrug. Die Messungen I. II. III. wurden gleich nach dem Auflegen der Tropfen und Evacuiren, 14 und 36 Stunden später gemacht.

Für dasselbe aus Quecksilberoxyd dargestellte Quecksilber gaben 31 Beobachtungsreihen an 13 Tropfen im Mittel

$$\theta = 44^{\circ},39'$$

und nahe denselben Werth ergaben zahlreiche Messungen an Quecksilber, das aus gewöhnlichem Quecksilber durch Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure erhalten war.

7.

Ich schob den Mangel eines constanten Resultates auf die Ungenauigkeit der angewandten Methode und benutzte deshalb ein Verfahren, mittelst dessen ich zugleich entscheiden konnte, ob die Constante H , die Anziehung der Quecksilbermoleculé auf sich selbst denselben Werth beihelt. Da ja die Capillaritätserscheinungen durch so unmerkliche Ursachen beeinflusst werden, so konnte wohl die von Pogendorff so wahrscheinlich gemachte Oxydation des Quecksilbers die von Hagen beobachtete Aenderung von H hervorgerufen haben.

Auf den Rath des Hrn. Professor Neumann befolgte ich dabei folgende Methode.

Es sey K der höchste Punkt der Oberfläche eines Quecksilbertropfens (Fig. 1 Taf. I) der auf einer horizontalen Glasplatte EE' liegt. Da der Tropfen ein Rotationskörper ist, betrachte ich nur den verticalen Querschnitt, durch dessen Drehung er entstanden gedacht werden kann. OK sey die verticale z , OE die horizontale x Axe. Die Punkte K K' und k haben die resp. Ordinaten

$$\begin{array}{lll} x=0 & x=r & x=l \\ z=K & z=K' & z=k \end{array}$$

Der Krümmungsradius der Oberfläche in K ist constant $=\mu$. In einem Punkte R der Oberfläche mit dem Coordinaten x z sind R und R' der größte und kleinste Krüm-

mungshalbmesser. Wenn der Gleichgewichtszustand eingetreten ist, muß in R und K derselbe Druck seyn, und also nach dem ersten Haupttheorem, da sich die Constanten K der Gleichung 1) fortheben

$$\frac{H}{2} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right) = \frac{H}{2} \cdot \frac{2}{\mu} + (K - z) \varepsilon g \dots (6)$$

wenn ε die Dichtigkeit des Quecksilbers und g die beschleunigende Kraft der Schwere bezeichnen. Setzt man wieder, wie oben

$$\frac{H}{\varepsilon g} = a^2$$

so kann man die Gl. (6) auch schreiben ¹⁾:

$$\frac{\frac{d^2 z}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}} + \frac{\frac{1}{x} \frac{dz}{dx}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2}} = 2 \left(\frac{K - z}{a} + \frac{1}{\mu} \right) \dots (7)$$

Diese Gleichung mit dz multiplicirt, und von z bis K integrirt, giebt, wenn man berücksichtigt, daß die Wurzelgröße mit $\frac{dz}{dx}$ ihr Zeichen ändern muß,

$$1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2}} + \int_z^K \frac{\frac{dz}{x} \frac{dz}{dx}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2}} = \left(\frac{K - z}{a} + \frac{a}{\mu} \right)^2 - \frac{a^2}{\mu^2}$$

oder

$$1 + \frac{a^2}{\mu^2} - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2}} + \int_z^K \frac{\frac{dz}{x} \frac{dz}{dx}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2}} = \left(\frac{K - z}{a} + \frac{a}{\mu} \right)^2 \quad (8)$$

Wenn man in dieser Gleichung $z = k$ setzt, und berücksichtigt, daß für $z = k$ der Ausdruck $\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2}}$ verschwin-

det, so geht die Gleichung über in

1) Poisson, *nouv. théor. p.* 232 oder Laplace, *méc. cél. IV*, p. 411.

$$1 + \frac{a^2}{\mu^2} + \int_k^K \frac{\frac{dz}{x} \frac{dz}{dx}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2}} = \left(\frac{K-k}{a} + \frac{a}{\mu}\right)^2$$

oder

$$a = \frac{K-k}{\sqrt{1 + \frac{a^2}{\mu^2} + \int_k^K \frac{\frac{dz}{x} \frac{dz}{dx}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2}}} - \frac{a}{\mu}} \dots \dots (9)$$

Um in dieser Gleichung das Integral $\int_k^K$ zu bestimmen, theilen wir es in 2 Theile von k bis K' und von K' bis K . In der Gleichung (8) ist das Integral $\int_k^K$ zu vernachlässigen für das seitliche Stück der Curve von $z = 0$ bis $z = K'$, da

$$\frac{\frac{dz}{dx}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2}} = \sin(s, x), \text{ wenn } s \text{ den Bogen der Curve be-}$$

zeichnet, immer eine Gröfse < 1 ist, und $\frac{dz}{x}$ immer sehr klein ist, sobald x gehörig grofs ist. Die Gleichung (8) geht dann über in

$$-\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2}} = \left(\frac{K-z}{a} + \frac{a}{\mu}\right)^2 - 1 - \frac{a^2}{\mu^2} = \cos(s, x)$$

Daraus ergibt sich

$$\sin(s, x) = \sqrt{\left[\left(\frac{K-z}{a} + \frac{a}{\mu}\right)^2 - \frac{a^2}{\mu^2}\right] \left[2 - \left(\frac{K-z}{a} + \frac{a}{\mu}\right)^2 + \frac{a^2}{\mu^2}\right]}$$

oder wenn man, da μ immer sehr grofs im Verhältnifs zu a seyn soll, $\frac{a^2}{\mu^2}$ vernachlässigt

$$\begin{aligned} \sin(s, x) &= \frac{\frac{dz}{dx}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2}} \\ &= \left(\frac{K-z}{a} + \frac{a}{\mu}\right) \sqrt{2 - \left(\frac{K-z}{a} + \frac{a}{\mu}\right)^2} \dots (10) \end{aligned}$$

und daraus folgt dann

$$\int_k^{K'} \frac{\frac{dz}{x} \frac{dz}{dx}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2}} = \frac{a}{3\lambda} \left[\left\{ 2 - \left(\frac{K-z}{a} + \frac{a}{\mu} \right)^2 \right\}^{\frac{3}{2}} \right]_z^{K'} \dots \dots (11)$$

wo λ eine GröÙe zwischen l und r bedeutet. In dieser Gleichung dann k für z gesetzt, giebt

$$\int_K^{K'} \frac{\frac{dz}{x} \frac{dz}{dx}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2}} = \frac{a}{3\lambda} \left\{ \left[2 - \left(\frac{K-K'}{a} + \frac{a}{\mu} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}} - \left[2 - \left(\frac{K-k}{a} + \frac{a}{\mu} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}} \right\} \dots \dots (12)$$

Um das $\int_K^{K'}$ zu finden geht man auf die Gleichung (7) zurück, dann ist

$$\begin{aligned} \int_{K'}^K \frac{\frac{dz}{x} \frac{dz}{dx}}{\sqrt{2 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2}} &= - \int_{K'}^K \frac{\frac{d^2z}{dx^2} dz}{\left[1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}} \\ &+ 2 \int_{K'}^K \left(\frac{K-z}{a} + \frac{1}{\mu} \right) dz \dots \dots (13) \end{aligned}$$

Wenn man dann die $\frac{3}{2}$ Potenz nach Potenzen von $\frac{dz}{dx}$ entwickelt, und integrirt, so erhält man

$$\begin{aligned} \int_{K'}^K \frac{\frac{dz}{x} \frac{dz}{dx}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2}} &= - \left[\frac{1}{2} \left(\frac{dz}{dx}\right)^2 - \frac{1 \cdot 3}{2 \cdot 4} \left(\frac{dz}{dx}\right)^4 + \dots \right]_{K'}^K \\ &+ \left(\frac{K-K'}{a} \right)^2 + 2 \frac{K-K'}{\mu} \end{aligned}$$

da nun für

$$z = K \quad \frac{dz}{dx} = 0$$

ist, so wird

$$\int_{K'}^K \frac{\frac{dz}{x} \frac{dz}{dx}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2}} = \frac{1}{2} \left(\frac{dz}{dx}\right)^2 - \frac{3}{8} \left(\frac{dz}{dx}\right)^4 \Big|_{z=K'}^{z=K} + 2 \cdot \frac{K-K'}{\mu} + \left(\frac{K-K'}{a}\right)^2$$

wo die höheren Potenzen von $\frac{dz}{dx}$ als die vierte vernachlässigt sind, da $\text{tg}(s, x)$ für den größten Theil der Curve von K' bis K einen sehr kleinen Werth hat; wobei aus der Gl. (10) folgt

$$\left(\frac{dz}{dx}\right)^2_{z=K'} = \frac{\left\{2 - \left(\frac{K-K'}{a} + \frac{a}{\mu}\right)^2\right\} \left\{\frac{K-K'}{a} + \frac{a}{\mu}\right\}^2}{\left\{1 - \left(\frac{K-K'}{a} + \frac{a}{\mu}\right)^2\right\}^2} \dots \dots (14)$$

Es wird darnach also der ganze Werth des Integrals in der Gleichung (9)

$$\begin{aligned} \int_k^K \frac{\frac{dz}{x} \frac{dz}{dx}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2}} &= \frac{a}{3\lambda} \left\{ \left[2 - \left(\frac{K-K'}{a} + \frac{a}{\mu}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}} \right. \\ &\quad \left. - \left[2 - \left(\frac{K-k}{a} + \frac{a}{\mu}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}} \right\} + \frac{1}{2} \left(\frac{dz}{dx}\right)^2_{z=K'} - \frac{3}{8} \left(\frac{dz}{dx}\right)^4_{z=K'} \\ &\quad + 2 \cdot \frac{K-K'}{\mu} + \left(\frac{K-K'}{a}\right)^2 \dots \dots \dots (15) \end{aligned}$$

wo für $\left(\frac{dz}{dx}\right)^2_{z=K'}$ sein Werth aus der Gl. (14) zu setzen ist.

In der Gleichung (9) sind also, wenn K, K', k, l und r gemessen sind, alle Größen mit Ausnahme von a , das bestimmt werden soll, und von μ bekannt. Den Krümmungsradius an der Tropfenspitze μ habe ich nach der von Poisson ¹⁾ gegebenen Formel berechnet, da der Werth von a angenähert bekannt war:

1) Poisson, *nouv. théor. p.* 216.

$$\mu = \frac{a(1+\sqrt{2})}{4\sqrt{\pi\sqrt{2}}} \sqrt{\frac{a}{l'}} e^{\frac{l'}{a}\sqrt{2}}$$

wo $l' = l + (\sqrt{2}-1)a$ ist oder

$$\left. \begin{aligned} \mu &= 2,8634 a \sqrt{\frac{a}{l'}} e^{\frac{l'}{a}\sqrt{2}} \\ l' &= l + 0,41421 a \end{aligned} \right\} \dots (16)$$

Aus der Gleichung (9) kann man also mit Hülfe von (14), (15) und (16) a finden, das angenähert $= K-k$. Das Correctionsglied wird um so kleiner seyn, je größer der Tropfenradius l ist.

Aus der Gleichung (8) folgt ferner

$$1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2}} = \left(\frac{K-z}{a} + \frac{a}{\mu}\right)^2 - \frac{a^2}{\mu^2} - \int_z^K \frac{\frac{dz}{x} \frac{dz}{dx}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2}}$$

und da für $z = 0$

$$-\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2}} = \cos \theta$$

$$1 + \cos \theta = \left(\frac{K}{a} + \frac{a}{\mu}\right)^2 - \frac{a^2}{\mu^2} - \int_0^K \frac{\frac{dz}{x} \frac{dz}{dx}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2}} \dots (17)$$

wo dann, wie aus den Gleichungen (11) und (13) folgt, ist:

$$\begin{aligned} \int_0^K \frac{\frac{dz}{x} \frac{dz}{dx}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2}} &= \frac{a}{3\lambda} \left\{ \left[2 - \left(\frac{K-K'}{a} + \frac{a}{\mu} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}} \right. \\ &\quad \left. - \left[2 - \left(\frac{K-k}{a} + \frac{a}{\mu} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}} \right\} + 2 \frac{K-K'}{\mu} + \left(\frac{K-K'}{a} \right)^2 \\ &\quad + \frac{1}{2} \left(\frac{dz}{dx} \right)^2_{z=K} - \frac{3}{8} \left(\frac{dz}{dx} \right)^4_{z=K} \dots (18) \end{aligned}$$

Die Tropfen wurden bei der Beobachtung wie früher auf den horizontalen Glastisch gelegt, die Glasglocke darüber gesetzt, und mit dem Kathetometer $KkK'r$ und l gemessen. Das Mikroskop Q (Fig. 11 und 13 Taf. I), mit dem die Tropfen beobachtet wurden, hatte dabei eine etwa 16malige Linear-Vergrößerung.

Wenn die Tropfen groß sind, so ist es schwer auf die Spitze des Tropfens das Mikroskop einzustellen. Deshalb liefs sich in dem Kork der Oeffnung L (Fig. 5 Taf. I) ein Stahlstab luftdicht verschieben, der unten in eine feine Spitze endigte. Zwischen dem Bilde dieser Spitze im Quecksilbertropfen und der Spitze selbst wurde dann das Fadenkreuz des Mikroskops eingestellt. K' und k lassen sich besser messen, weil hier die Krümmung der Tropfenoberfläche sich schneller ändert, und das Mikroskop sich besser einstellen läfst.

Bei den Messungen zeigte sich nun aber der Uebelstand, dafs der Tropfen keine Gleichgewichtslage annimmt, sondern seine Gestalt fortwährend ändert, indem K und k kleiner, K' aber gröfser wird. Es bedingt das eine Abnahme der Constante a . Die Abnahme ist kurz nach dem Auflegen der Tropfen sehr schnell, später langsamer und dauert oft Tage. Das Quecksilber wird dabei auch schwer beweglich; Eindrücke auf seiner Oberfläche verschwinden äufserst langsam und Erschütterungen, die in einem bewohnten Hause nicht zu vermeiden sind, verrücken plötzlich die Gestalt, so dafs a wieder einen gröfseren Werth erhält, um von neuem abzunehmen.

Es findet diefs statt, mag man reines Quecksilber, das mit reiner Chlorwasserstoffsäure und destillirtem Wasser behandelt worden ist, in der Wärme oder nur durch Filtriren und über concentrirter Schwefelsäure getrocknet haben. Bei den vielen von mir angestellten Versuchen scheint freilich Quecksilber, das nicht durch Anwendung der Wärme getrocknet worden ist, für a einen gröfseren Werth zu ergeben.

Der Werth der Constante a fiel demzufolge kleiner aus, wenn die Tropfen im luftverdünnten Raume gemessen wur-

den, weil zwischen dem Auflegen und Messen immer eine gewisse Zeit wegen des Auspumpens der Luft verstreichen mußte. Ich mafs daher die Tropfen unmittelbar nach dem Auflegen im luftgefüllten trockenen Raume. Um zu zeigen, mit welcher Schnelligkeit die Constante a abnimmt, lasse ich zwei Messungen an einem Tropfen von 13,014 Grm. Gewicht folgen, die unmittelbar nach dem Auflegen und fünf Minuten später, nach dem Evacuiren, gemacht wurden.

Temp. 16°,3 C.

No.	K	k	$K-k$	K'	$K-K'$	r	l	a	θ
1.	^{mm} 3,689	0,810	2,879	1,798	1,891	9,894	10,222	2,941	57° 43'
2.	3,622	0,874	2,748	1,798	1,824			2,816	51 37

Bei der Rechnung wurde λ als das arithmetische Mittel von l und r angenommen. Man sieht, dafs a in der kurzen Zeit von fünf Minuten um den 25^{ten} Theil seines Werthes abgenommen hat. Der Winkel θ hat sich von 57° 43' in 51° 37' umgeändert, doch halte ich diese Methode ihn zu bestimmen nicht für genauer als die frühere Interpolationsmethode. Ein Fehler um eine Einheit in der zweiten Decimale von a ist wegen der schnellen Aenderung der Gestalt des Tropfens sehr leicht möglich, ebenso in K , und dies würde schon für θ eine Aenderung von fast 2° bedingen. Dazu kommt noch der Einfluß der Correctionsglieder, der hier bedeutender als bei der Bestimmung von a ist.

8.

Ich glaubte, dafs diese schnelle Aenderung von a durch eine Oxydation des Quecksilbers hervorgebracht seyn könnte, und habe deshalb die Tropfen in den luftleeren Raum gelegt. Dazu wurde in das Loch L (Fig. 5 Taf. I) der Glasplatte F ein Kork luftdicht eingepafst, durch welchen ein Glasrohr von engem Caliber luftdicht hindurchging, das oben in einen Trichter M endigte. An der Stelle, wo der Trichter an das Glasrohr anschloß, war ein Glasstab eingeschliffen. Der Trichter M wurde mit Quecksilber gefüllt, dann die Glocke evacuirt, und man kann nun durch Lüften

des Glasstabes beliebige Mengen Quecksilber durch das enge Glasrohr auf den Glastisch *P* fließen lassen. Das Beobachtungsmikroskop wurde zwischen der Spitze des Glasrohrs *L* und dem Bilde dieser Spitze in der Kuppe des Quecksilbertropfens eingestellt; oder es war ein ganz dünner Platindraht an das Glasrohr angeschmolzen, der als Spitze benutzt wurde. Durch Verschieben des Glasrohrs im Kork konnte man die Spitze dem Tropfen beliebig nähern und entfernen. Das Quecksilber kam auf diese Weise nur mit seinem unbenutzten Theile mit der Atmosphäre in Berührung, und da der Glastrichter *M* und das Glasrohr *L* leicht mit concentrirter Schwefelsäure und Wasser gereinigt werden konnten, so konnte das Quecksilber auch nicht durch fremde Stoffe verunreinigt werden. Der Versuch zeigte, daß der Apparat mehrere Tage vollkommen luftdicht hielt. Es trat aber auch bei dieser Methode eine schnelle Gestaltsveränderung der Tropfen ein, und die Constante *a* nahm ab, wie in der atmosphärischen Luft. Durch diese schnelle Abnahme, die später langsamer wird, aber noch nach 10^b und länger merklich ist, erklären sich auch die verschiedenen Werthe von *a*, die ich bei zahlreichen Messungen an verschiedenen Tropfen von demselben Quecksilber erhalten habe.

So ergaben Messungen an einem Tropfen, dessen Gewicht 21,4967 Grm. war

Temp. = 18° C.

No.	<i>K</i>	<i>k</i>	<i>K</i> — <i>k</i>	<i>K'</i>	<i>K</i> — <i>K'</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>a</i>	<i>θ</i>
1.	^{mm} 3,679	0,870	2,809	1,848	1,831	13,111	12,75	2,833	49° 13'

An einem anderen Tropfen, der nicht gewogen wurde.

Temp. = 15° C.

No.	<i>K</i>	<i>k</i>	<i>K</i> — <i>k</i>	<i>K'</i>	<i>K</i> — <i>K'</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>a</i>	<i>θ</i>
1.	^{mm} 3,660	0,913	2,747	1,882	1,778	14,51	14,01	2,772	45° 45'
2.	3,620	0,910	2,710	1,949	1,671			2,616	36 46

Zwischen diesen beiden Messungen No. 1 und 2 war eine Zeit von 15 Minuten verflossen, und in dieser Zeit war wieder der Werth von a von 2,77 auf 2,62 gesunken. Während die Messungen an dem ersten Tropfen $a = 2,83$ ergaben, giebt der zweite Tropfen 2,77 und doch sind beide Messungen gleich nach dem Auflegen der Tropfen in den luftleeren Raum gemacht worden. Die Barometerprobe gab bei beiden Tropfen etwa 8^{mm} Druck.

Um zu zeigen, wie a abnimmt, gebe ich die Werthe von $K - k$ an einem Tropfen, der ebenfalls in den luftleeren Raum gelegt war, resp. 0', 5', 10' und 180' nach dem Auflegen:

2^{mm},797 2,777 2,688 2,661.

Da die von mir benutzte Luftpumpe nur bis auf 8^{mm} Quecksilberdruck auspumpte, so glaubte ich, dafs die geringe Menge atmosphärische Luft, die in der Glocke zurückblieb, noch eine Oxydation des Quecksilbers bewirken könnte. Ich brachte daher, nachdem die Glocke evacuirt und der Hahn D (Fig. 4 und 5 Taf. I) geschlossen worden war, statt des Glasrohrs E , das zur Luftpumpe führte, ein anderes enges Glasrohr an, das am anderen Ende durch ein weiteres daran angeschmolzenes Glasrohr geschlossen war. Die Erweiterung war mit frisch geglühter Kohle gefüllt. Oeffnete ich nun wieder den Hahn D , so trat die Luft aus dem Kohlenrohr in die Glocke F , und die Barometerprobe gab jetzt einen Druck von 38^{mm} . Die Kohle in dem Röhrchen wurde dann mit einer Alkoholflamme längere Zeit erhitzt, bis man sicher seyn konnte, dafs der Sauerstoff in der Glocke vollständig verzehrt war. Die Temperatur konnte dabei natürlich nur so hoch gesteigert werden, dafs das Glas des Kohlenrohrs nicht weich wurde und schmolz. In diesen so von Sauerstoff befreiten Raum liefs ich dann, nachdem der Hahn D wieder geschlossen worden, das Quecksilber hineinfliefsen, und beobachtete dieselbe Aenderung der Constante, wie folgende Tabelle zeigt:

Temp. = 17°, 1 C.

No.	K	k	$K-k$	K'	$K-K'$	l	r	a	θ
1.	^{mm} 3,655	0,872	2,783	1,799	1,856	14,355	13,99	2,850	51° 24'
2.	3,544	0,878	2,666	1,898	1,646			2,584	40

Der Tropfen wog 27^{er},8452. Die Constante a hat also in 5 Minuten, die die beiden Beobachtungsreihen auseinander liegen, von 2,85 bis 2,58 abgenommen, und ebenso hat sich θ geändert. Die Aenderung ging auch hier wie in atmosphärischer Luft vor sich.

9.

Da die Werthe der Constante a von den verschiedenen früheren Beobachtern mit verhältnißmäßig geringen Abweichungen gegeben werden, und bis auf mehrere Decimalen genau, so habe ich von den früher angewandten Methoden diejenigen wiederholt, die mir am zuverlässigsten schienen, d. h. ich habe Quecksilbertropfen mit sehr großem Durchmesser gemessen. Ich habe dabei die Methode gebraucht, eine Spitze mit meinem Kathetometer meßbar zu verschieben und sie dem Tropfen oder der Glasunterlage desselben so lange zu nähern, bis Spitze und Bild sich berührten. Diese Methode erlaubt aber nicht k sehr genau zu messen. Man kann dies noch am besten, wenn man eine helle Fläche, z. B. einen Papierstreifen mit verticaler Gränze gegen dunklen Hintergrund in dem Tropfen spiegeln läßt. Alsdann sieht man diese verticale Linie gekrümmt in dem Tropfen gespiegelt, etwa wie eine Parabel, und beobachtet nun, wenn Spitze, Bild der Spitze und der Scheitel der Parabel in einer horizontalen Ebene liegen. So läßt sich k etwa auf 0^{mm},01 genau messen, während die Genauigkeit der Messung der Tropfenkuppe und des Tischniveaus wohl 0^{mm},005 erreicht. Ich habe deshalb später wieder vorgezogen das Fadenkreuz des horizontalen Mikroskops des Kathetometers (dessen Vergrößerung wegen der größeren Objectweite aber schwächer seyn mußte) zwischen einer genäherten Spitze und dem Bilde der Spitze einzustellen,

Die Genauigkeit beträgt dann wohl 0^{mm},001, wenigstens wird man sich selten um diese kleine Gröfse irren.

Da es schwer, oder fast unmöglich ist, grofse Quecksilbertropfen so hinzulegen, dafs sie Rotationsoberflächen bleiben, so ist das Gewicht bei denselben angegeben. Der Radius ist nur als Annäherung zu betrachten. Als Unterlage wurde eine grofse quadratische Glasplatte benutzt, deren Seite 30^{cm} betrug. Diese wurde mit einer Dosenlibelle horizontal gestellt, nachdem sie mit concentrirter Schwefelsäure und destillirtem Wasser gereinigt worden. Die Messungen mit dem Kathetometer gaben dann für die verschiedenen Stellen der Platte Höhen an, die höchstens um 0^{mm},001 von einander differirten, so dafs die Platte als eben angesehen werden kann. Die Messungen wurden in freier Luft angestellt. Bei I. II. und III. der folgenden Tabelle wurde käufliches Quecksilber angewandt, das mit concentrirter Schwefelsäure gereinigt worden war, und ein Sp. G. von 13,595 bei 0° hatte. Bei No. IV wurde Quecksilber aus Quecksilberoxyd benutzt. Folgende Tabelle giebt für vier verschiedene Tropfen die Tropfendicke K , das Gewicht P , den Radius l , die Temperatur und den Werth der Constante a , wenn $\theta = 44^\circ 30'$ gesetzt wird. Die Constante a wurde nach der von Poisson ¹⁾ gegebenen Gleichung

$$K = a \sqrt{2} \cos \frac{\theta}{2} - \frac{a^2}{\mu} + \frac{a^2}{3l' \cos \frac{\theta}{2}} \left(1 - \sin^3 \frac{\theta}{2}\right)$$

berechnet, wenn man das letzte Glied der rechten Seite mit dem näherungsweise bekannten Werth von a berechnet, wie er aus dem ersten Gliede allein folgt. μ wurde = ∞ angenommen.

No.	I.	II.	III.	IV.
K	3 ^{mm} ,499	3 ^{mm} ,467	3 ^{mm} ,530	3 ^{mm} ,498
l	61 ^{mm} ,6	unreg.	57 ^{mm} ,2	51 ^{mm} ,8
P	546 ^{gr} ,53	1444 ^{gr} ,1	473 ^{gr} ,05	369 ^{gr} ,18
Temp. °C.	16°,5	15°,6	16°,6	18°,6
a	2,6434	2,6393	2,6270	2,6373

1) Poisson, *nouv. théor. p.* 217.

Es wurden also auch hier für α verschiedene Werthe erhalten, freilich unter der Voraussetzung, daß der Winkel θ derselbe gewesen. Bei einigen Tropfen habe ich auch k gemessen, und hier auch eine Abnahme von α gefunden. So ergaben für den Tropfen IV die Messungen, die unmittelbar nach dem Auflegen der Tropfen und fünf Minuten später gemacht worden sind, für $K - k$ die Werthe $2^{\text{mm}},659$ und $2^{\text{mm}},597$.

10.

Ich habe dieselben Versuche in Wasser wiederholt. Es wurde dazu aus möglichst reinen und ebenen Glasplatten um die große Glasplatte, die zu den eben beschriebenen Versuchen gedient hatte, ein Rand von 30^{mm} Höhe gekittet, so daß ein viereckiger Kasten mit senkrechten Glaswänden entstand, in den man mit dem horizontalen Mikroskop hineinsehen konnte. Der Boden des Glaskastens wurde mit einer Dosenlibelle horizontal gestellt, mit Chlorwasserstoffsäure und Wasser gereinigt, und 20^{mm} hoch mit Wasser gefüllt, so daß der Boden vollkommen benetzt war. Auf diesen Boden wurden dann die Tropfen gelegt. Es hat große Schwierigkeiten, wegen der geringen Reibung des Quecksilbers im Wasser und wegen der kleinen Unebenheiten der horizontalen Glasplatte, Tropfen von beträchtlicher Größe an eine bestimmte Stelle zu bringen und sofort zu messen, da dann das Mikroskop nicht einsteht. Ich habe mich deshalb mit Messungen an einigen Tropfen begnügt, da auch hier eine Abnahme der Constante α bemerkt wurde. So gaben die Messungen an einem Tropfen von etwa 30^{mm} Radius:

Temp. = $15^{\circ},1$ C.

No.	K	k	$K - k$	α
	mm	mm	mm	
1.	3,492	0,979	2,514	2,469
2.	3,370	0,977	2,393	2,383
3.	3,360			2,376
4.	3,350			2,269

wobei die einzelnen Beobachtungsreihen etwa 10 Minuten auseinander liegen. Der Werth von a wurde berechnet indem man $\theta = 0$ annahm, also

$$K = a\sqrt{2}$$

setzte nach der Gl. (3.) Der Werth von a bei der ersten Messung ist bedeutend kleiner als ihn die früheren ergaben, weil längere Zeit zwischen dem Hinlegen und Messen verstrichen war.

Obwohl alle diese Versuche eine schnelle Aenderung der Constante a ergaben, und es also nicht wahrscheinlich war, daß trotzdem eine Oxydation des Quecksilbers diese Aenderung hervorgerufen haben sollte, so habe ich schliesslich noch in Chlorwasserstoffsäure die Dicke von Quecksilbertropfen gemessen. Die verticale Wand des Glaskastens, in welchem sich die Säure befand, wurde von einem geschliffenen Oertling'schen Plangläse gebildet, und der Tropfen lag auf einer Glasplatte, die mit concentrirter Schwefelsäure und destillirtem Wasser gereinigt, und dann mit der Platinzange in die Chlorwasserstoffsäure gelegt worden war. Die Glasplatte ruhte auf einem kleinen gläsernen Hufeisen mit drei Kugeln wie ich sie weiter unten beschreiben werde (Fig. 10 Taf. 1) und lag horizontal. Die folgende Tafel giebt die Tropfenhöhe K zu der entsprechenden Zeit nach dem Auflegen:

Temp. = 26°, 2 C.					
Zeit	0'	5'	15'	60'	540'
K	3 ^{mm} ,514	3,497	3,449	3,409	3,338

Der Durchmesser des beobachteten Tropfen war 39^{mm},4. Man sieht also auch hier, während $\theta = 0^\circ$ war, eine Abnahme der Tropfendicke und der Constante a .

11.

Obwohl also diese Aenderung von a jede genaue Bestimmung vereitelt und unzuverlässig macht, wäre es doch möglich, daß θ selbst constant bliebe. Die Bestimmungen

nach der vorigen Methode, die Coordinaten der Tropfenoberfläche zu messen und so a und θ zugleich zu finden, die für θ nicht sehr zuverlässige Werthe ergeben, zeigten jedoch auch hier eine Aenderung des Winkels θ an.

Ich habe daher θ nach einer anderen Methode direct bestimmt, die eine weit grössere Genauigkeit, als die früheren zulässt, und den Winkel direct abzulesen erlaubt. Man denke sich nämlich eine horizontale Glasplatte AC (Fig. 8 Taf. I) auf einen Quecksilbertropfen gelegt, der auf einer horizontalen Unterlage oder in einem Uhrglase ruht. Bei B soll der Tropfen die Platte berühren. BD sey das letzte Element der freien Tropfenoberfläche, so daß DBA der Winkel θ ist, der bestimmt werden soll. Von einem leuchtenden Punkte P falle ein Bündel paralleler Lichtstrahlen auf B . Das in F befindliche Auge des Beobachters wird dann in BC ein *erstes* Bild des leuchtenden Punktes sehen, das durch Reflexion von der Fläche AC entsteht. Die Lichtstrahlen des Punktes P werden aber auch von der Fläche BD reflectirt, und fallen auf einen Spiegel GH , der um eine Axe, senkrecht auf der Ebene der Zeichnung, drehbar ist. Steht GH parallel mit BD , so wird der Lichtstrahl $P'P''$ parallel mit PB reflectirt, und ein in F befindliches Auge wird zu gleicher Zeit das durch einmalige Reflexion entstandene *erste* Bild des Punktes P und ein durch dreimalige Reflexion entstandenes *zweites* Bild sehen. Es ist dabei vorausgesetzt, daß P und F von dem Tropfen gehörig weit entfernt sind. Ein anderes Element der krummen Quecksilberoberfläche sey DE . Steht der Spiegel GH mit diesem Element DE parallel, so wird in F ebenfalls ein zweites Bild des leuchtenden Punktes zu sehen seyn. Wenn man dann den Spiegel GH dreht, so sieht man fortwährend ein zweites Bild des leuchtenden Punktes bis zu dem Augenblicke, wo der Spiegel GH parallel mit BD steht. Dreht man noch ein wenig weiter, so verschwindet das zweite Bild, und dieser Moment des Verschwindens läßt sich sehr scharf beobachten. Kennt man in diesem Moment die Neigung des Spie-

gels GH gegen die Horizontale, so hat man direct den Winkel θ .

Als leuchtenden Punkt benutzte ich nun die Flamme einer Argand'schen Lampe; das erste constante Bild in der horizontalen Fläche AC ist ebenso groß, wie die Flamme, das zweite variable Bild dagegen, welches am höchsten Rande des Tropfenbildes erscheint, sehr klein wegen der Krümmung der freien Quecksilberoberfläche. Beide Bilder unterscheiden sich also von einander durch ihre Größe und das zweite durch dreimalige Reflexion entstandene Bild, ist auf dem dunklen Grunde des ebenfalls von AC gespiegelten Spiegels GH scharf zu sehen. Das Auge des Beobachters wurde so gestellt, daß es mit der Mittellinie der Flamme und dem kleinen variablen Bilde in eine Vertical-ebene fiel. Der Spiegel GH war an einem Oertling'schen Goniometer befestigt, das der Berliner Universität gehört, und dessen Benutzung mir Hr. Prof. Magnus gütigst gestattet hatte.

Das Quecksilber befand sich in einem Apparate von ganz ähnlicher Construction wie Fig. 4 und 5 Taf. I, nur daß man durch eine Planplatte von oben in den luftleeren Raum sehen konnte. Die Glasplatte C (Fig. 4) war durch eine andere mit zwei Oeffnungen ersetzt, in welche ein Messinghahn, der zur Luftpumpe führte, und eine Barometerprobe eingekittet waren. Auf der Glasplatte stand dann ein oben und unten abgeschliffener niedriger Glaszylinder luftdicht auf, der oben durch eine mattgeschliffene Glasplatte und eine Oertling'sche Planplatte geschlossen war. Auf der unteren Glasplatte, welche mit einer Dosenlibelle horizontal gestellt war, stand ein Glasdreifuß, der in Fig. 9 Taf. I in natürlicher Größe abgebildet ist. Oben trägt er ein kleines Glasschälchen A , dessen Rand eben geschliffen ist, so daß eine auf ihn gelegte Planplatte ebenfalls horizontal steht. An einer Stelle B ist der ebene Rand des Schälchens etwas ausgeschliffen, damit beim Evacuiren die zwischen Quecksilber und der Glaswand des Schälchens

befindliche Luft entweichen kann. Das Schälchen konnte daher leicht mit concentrirter Schwefelsäure und destillirtem Wasser gereinigt werden, und wurde dann mit reinem Quecksilber durch einen Trichter mit langem Glasfaden, (Fig. 2 Taf. I) fast gefüllt. Später, als ich die Reibung des Quecksilbers an den Wänden des Schälchens zu groß fand, habe ich auf das Planglas *C* Quecksilbertropfen gelegt, und diese mit einem zweiten horizontal liegenden Planglase bedeckt. Dieses zweite Planglas lag dabei auf einem kleinen gläsernen Hufeisen, das in Fig. 10 Taf. I in natürlicher Gröfse dargestellt ist. An einem dünnen Glasfaden sind drei kleine Glaskugeln von gleicher Gröfse angeschmolzen, so dafs das obere Planglas mit dem unteren, als Tisch dienenden, parallel steht. Das blofse Auge unterscheidet schon ziemlich genau, ob die Kugeln gleich groß sind und kleine Fehler lassen sich leicht durch Schleifen beseitigen. Da alles dies von Glas war und leicht herausgenommen, gereinigt, und mit einer reinen Platinzange wieder hineingelegt werden konnte, so kam das reine Quecksilber mit keiner fremden Substanz, die es hätte verunreinigen können, in Berührung¹⁾. In dem Raume, der evacuir^t werden konnte, befand sich noch ein kleines Gefäß mit reiner concentrirter Schwefelsäure, um ihn trocken zu erhalten.

An dem Goniometer befanden sich zwei Fernröhre, die um die Axe des Instruments meßbar gedreht werden konnten. Mit einem Quecksilberniveau wurde die Axe des Instruments genau horizontal und dann die beiden Fernröhre so eingestellt, dafs das vom Quecksilberniveau gespiegelte Fadenkreuz des einen von dem des anderen gedeckt wurde. Nachdem das Quecksilberniveau entfernt worden, konnte ein kleiner Stahlspiegel mit planparallelen Seiten an der

1) Es ist dabei freilich zu bemerken, dafs bei allen Versuchen im luftleeren Raume Fett in der Nähe war, mit dem die Glocken luftdicht auf die mattgeschliffenen Glasplatten aufgesetzt wurden, und dafs der Raum offenbar mit dem Dampfe dieses Fettes erfüllt war. Ich glaube jedoch nicht, dafs man nach meinen Versuchen diesen Fettdämpfen einen Einfluß auf die Veränderung von α und θ zuschreiben kann.

Axe des Instruments befestigt, und so gestellt werden, daß wieder das von ihm reflectirte Fadenkreuz des einen Fernrohrs auf das des anderen fiel. Dann stand der Stahlspiegel horizontal und konnte nun um einen Winkel mit der Axe gedreht werden, der sich an dem Verticalkreise des Instruments bis auf $0,25$ ablesen liefs.

Obwohl der Dreifuß, (Fig. 9 Taf. I) geschliffen war, so stand die Planplatte *C* doch nicht ganz horizontal, zumal die durchbohrte Glasplatte, die den ganzen Apparat trug, nur mit einer Dosenlibelle horizontal gestellt war. Der Fehler, der hieraus entstand, erfordert eine kleine Correction, und diese wurde dadurch erhalten, daß man das Bild einer 'Argand'schen Lampe einmal von der Platte *A C* (Fig. 9 Taf. I) in das Fernrohr reflectiren liefs, und dann von einer horizontalen Wasserfläche *C*. Die gemessene Verrückung des Fernrohrs war der doppelte Winkel, den die Planplatte mit der Horizontalen machte, und überstieg sehr selten $45'$. Die Genauigkeit der einzelnen Beobachtungen von θ mag etwa $5'$ bei meinen Versuchen betragen haben; doch könnte man sie noch viel weiter treiben, wenn man das Bild der Argand'schen Lampe auf eine Linse von kurzer Brennweite fallen ließe, um einen kleineren leuchtenden Punkt zu erhalten und die vom Quecksilber reflectirten Bilder durch ein parallel mit sich selbst verschiebbares Fernrohr mit Fadenkreuz beobachtete.

Die Beobachtungen selbst, in freier Luft wie im luftleeren Raume haben nun aber durchaus keinen constanten Werth für den Winkel θ ergeben, sondern ebenfalls Aenderungen, wie sie die Constante *a* zeigt, nur daß sich der Winkel weit genauer bestimmen läßt. Zuweilen ist der Berührungskreis des Quecksilbers mit der oberen Platte nicht scharf begränzt, sondern zackig, und dann erscheinen mehrere kleinere Lampenbilder, die zu verschiedener Zeit verschwinden. Diese Beobachtungen wurden natürlich verworfen.

Obwohl alle Glasplatten auf dieselbe Weise mit concentrirter Schwefelsäure und destillirtem Wasser gereinigt und getrocknet waren, wie früher, so habe ich verschiedene

Werthe erhalten wenn dieselbe Platte zu verschiedenen Malen nach einander aufgelegt wurde, so daß der Winkel durch die Art des Auflegens modificirt zu werden scheint. Ich habe dieß bei Platten von verschiedenem Glase und auch bei frisch gespaltenen Gypsplatten gefunden, bei welchen letzteren man eine Verschiedenheit der Oberfläche doch nicht annehmen kann. Die angewandten Gypsplatten wurden mit polarisirtem und reflectirtem Lichte untersucht, und konnten als gleichmäfsig dick und eben angesehen werden. Es trat diese Verschiedenheit häufiger ein, wenn sich das Quecksilber in dem Schälchen als wenn es sich auf der Glasplatte befand, vielleicht weil in ersterem Falle die Reibung gröfser war. Manchmal wird der Winkel θ sogar so groß, daß die Einrichtung der Apparate ihn nach der Reflexionsmethode nicht mehr zu messen erlaubte.

An der Glasplatte die auch zu den Messungen mit der Interpolationsmethode benutzt worden war, und die sich in trockenem Raume bei gewöhnlichem Luftdruck befand, ergaben sich folgende Werthe für θ bei $17^{\circ},5$ C.:

$$38^{\circ} 17' \quad 39^{\circ} 19' \quad 39^{\circ} 49',5 \quad 40^{\circ} 2',5.$$

Die Messungen folgten in Zwischenräumen von einigen Minuten auf einander, und das Quecksilber befand sich in dem Schälchen.

An einer frisch gespaltenen Gypsplatte wurde unter denselben Verhältnissen gefunden $\theta =$

$$42^{\circ} 54' \quad 42^{\circ} 37' \quad 42^{\circ} 21'.$$

Nachdem sie von neuem aufgelegt war

$$40^{\circ} 44' \quad 41^{\circ} \quad 41^{\circ} 8'$$

Andere Messungen an einem Quecksilbertropfen von $3^{\text{er}},2559$ zwischen zwei horizontalen Planplatten, die um $2^{\text{mm}},384$ von einander entfernt waren, ergaben folgende Zahlen: Die erste Columnne giebt dabei die Zeit, vom Auflegen der Tropfen und der oberen Glasplatte an gerechnet, in Stunden, die zweite den beobachteten Werth von θ , die dritte die Temperaturschwankungen und den Barometerstand p , da der Apparat nicht ganz dicht war.

Zeit	θ	Temp. ° C.	Zeit	θ	Temp. ° C.
0h	31° 4',5	20°,98	Angestossen		
1	32° 43'	$p = 12^{\text{mm}},2$	46h,75	38° 41'	24°,48
3,75	34° 39',5		47,75	41° 34'	
9	35° 6',5		49	42° 21'	
13	38° 44'	$p = 30^{\text{mm}},4$	53,75	39° 1'	
23,75	41° 8'	$p = 74^{\text{mm}}$	61,75	39° 42'	
29,75	41° 42',5	22°,52	71,75	40° 7'	
33,75	42° 3'				
46,25	42° 46'				

Dasselbe ergaben Messungen an Gypsplatten, von denen ich folgende anführe.

$$p = 12^{\text{mm}}$$

Zeit	θ	Temp. ° C.
0h	48° 26'	26°,4
9h	39° 31'	
19h	40° 8'	25°,9
20h	39° 59'	

Man sieht auch hier unregelmäßige Aenderungen, die durch zufällige Erschütterungen im Hause oder durch Fahren auf der Strafe hervorgebracht seyn mögen. Im Allgemeinen zeigen meine zahlreichen Versuche, dafs der Winkel θ mit der Zeit zu wachsen scheint, bis eine zufällige Erschütterung ihn plötzlich ändert.

Im Allgemeinen schwankt θ zwischen 38° und 45° bei demselben Quecksilber und derselben Platte, mag diese letztere von verschiedenem Glas oder Gyps seyn, mag das Quecksilber frisch mit Chlorwasserstoffsäure und destillirtem Wasser gereinigt seyn oder nicht, und mag es mit Anwendung von Wärme getrocknet seyn oder nicht.

Bei einigen Versuchen wurde für θ auch ein bedeutend gröfserer Werth gefunden. So bei einer mit concentrirter Schwefelsäure und destillirtem Wasser gereinigten Glasplatte

in trockner Luft	57° 59'
nach dem Evacuiren	52° 52'
nachdem der Apparat angestossen	47° 40'
und bald darauf wieder	52°

Dieselben Aenderungen und Unregelmäßigkeiten ergaben kleine Tropfen. Bei diesen würde die spiegelnde Fläche BC (Fig. 8 Taf. I) zu klein gewesen seyn, und deshalb wurde die Glasplatte mit einem silbernen Spiegel belegt nach dem von Faraday ¹⁾ beschriebenen Petitjean'schen Verfahren. Ein Theil der Belegung wurde dann mit Salpetersäure entfernt, und die Platte mit destillirtem Wasser, mit Alkohol, und wieder mit destillirtem Wasser gereinigt und getrocknet. Hier ergaben sich für Tropfen von gleicher Gröfse, die zu gleicher Zeit die Platte berührten, verschiedene Winkel, so z. B. fand ich bei einem Versuche, wo die einzelnen Tropfen 2^{mm},5 Durchmesser hatten, für drei verschiedene Tropfen

$$\begin{array}{ccc} & \theta & \\ 27^{\circ} 23' & 29^{\circ} 51' & 31^{\circ} 35' \end{array}$$

und diese einzelnen Werthe änderten sich verschieden, indem sie gröfser wurden, ohne einen constanten Werth zu erreichen.

An benetzten Platten habe ich kein Verschwinden des zweiten reflectirten Bildes beobachten können, was mit der Theorie übereinstimmen würde, indem hier

$$\theta = 0^{\circ}$$

seyn mufs.

12.

Man sieht also, dafs der Winkel θ ebenso wie die Constante a sich so schnell ändert, dafs eine genaue Bestimmung derselben nicht möglich ist, und ich glaube auch nachgewiesen zu haben, dafs die Aenderung nicht von einer Oxydation des Quecksilbers herrührt. Es modificiren dabei offenbar noch andere Kräfte diese Erscheinungen, so dafs kein Gleichgewichtszustand eintritt. Da aber die Theorie von diesem Gleichgewichtszustande ausgeht, so können die Erscheinungen des Experiments nicht mit der Theorie stimmen, und die genaueren Beobachtungen, wie z. B. die von Desains, bestätigen dies eigentlich, der ja auch eine Aen-

1) Faraday, diese Ann. Bd. 101, S. 314.

derung der Constante a bei demselben Quecksilber gefunden hat. Was den Winkel θ betrifft, so zeigt er zwar wie die Werthe

$$a = 2^{\text{mm}},5912 \quad \theta = 37^{\circ} 52' 33''$$

den Danger'schen Beobachtungen von der verschiedenen Höhe von Quecksilbermenisken in Glasröhren von verschiedener Weite genügen, aber er sagt selbst von diesen Werthen: *»qui m'ont paru satisfaire mieux que d'autres à l'ensemble des expériences de M. Danger«*, und führt schliesslich an, dass die Constanten a und θ bei verschiedenen Sorten Quecksilber von

$$2^{\text{mm}},55 \text{ bis } 2^{\text{mm}},61 \text{ und } 38^{\circ} \text{ bis } 45^{\circ} /$$

variiren. Bei den von mir angewandten Methoden wurde a unabhängig von θ bestimmt, und aus der Schnelligkeit mit der ich die Tropfendicke etc. messen konnte, erklärt sich auch, weshalb meine Versuche für a im Mittel $2^{\text{mm}},8$ ergeben, einige sogar $2^{\text{mm}},9$, welche Werthe bedeutend von den früheren $a = 2^{\text{mm}},6$ abweichen. Da die Messungen an den grossen Tropfen nicht so schnell dem Auflegen folgen konnten, wie bei den kleineren, so erklärt sich daraus, dass ich auch hier für a Werthe gefunden habe, die nahe 2,6 waren.

Ich habe es wegen dieser grossen Veränderlichkeit capillarer Oberflächen beim Quecksilber daher auch für überflüssig gehalten Beobachtungen bei verschiedener Temperatur anzustellen, oder gar Temperaturcorrectionen an den gemessenen Werthen der Constanten anzubringen, da diese doch ganz unsicher seyn würden.

Wenn Beobachtungen von Quecksilberdepressionen in communicirenden Haarröhrchen constantere Resultate gegeben haben, so ist der Grund davon wohl in der grösseren Reibung zu suchen, die scheinbar das Gleichgewicht herstellt. Würden zahlreichere Versuche unter denselben Bedingungen angestellt worden seyn, so würden diese auch verschiedene Werthe der Constanten ergeben haben.

Möglich bleibt es freilich, dass an einem zufälligen Erschütterungen nicht so ausgesetzten Orte, wie sie eine grosse

Stadt darbietet, und auf besonderen Fundamenten wie bei einer Sternwarte, ein Gleichgewicht der capillaren Oberfläche eintritt. Vielleicht dafs dann diese räthselhafte Erscheinung ein Analogon zu der von W. Weber ¹⁾ gefundenen der elastischen Nachwirkung bildet. Immer aber, glaube ich, werden Reibung und die Art und Weise, wie man das Quecksilber in die Gefäße bringt, die Erscheinung so modificiren, dafs man für α und θ nicht constante Werthe finden wird.

Wenn es auch nicht ein angenehmer Abschluß einer Arbeit ist, dafs man sagen mufs, die Uebereinstimmung von Theorie und Beobachtung ist nicht nachzuweisen, so hoffe ich durch Veröffentlichung dieser Versuche doch manchem Anderen Zeit und Mühe zu ersparen, die dadurch auf unverhältnißmäfsige Weise in Anspruch genommen werden.

Ich fühle mich verpflichtet am Schlusse dieser Abhandlung den HH. Professoren Neumann, Magnus und Dove, sowie Hrn. Geheimerath Mitscherlich für die Freundlichkeit, mit der dieselben mich mit ihrem Rathe und Apparaten unterstützt haben, öffentlich meinen Dank auszusprechen.

Berlin im Juni 1858.

1) W. Weber, Ueber die Elasticität der Seidenfäden, diese Annalen Bd. XXXIV, S. 247.