Zeitraumes nur die Losreißung des Ankers vom Magnete benutzte ¹⁾).

Bern, im November 1857.

V. *Vom Einfluß der Temperatur auf die Erscheinungen im Haarröhrchen; von C. Wolf.*

(Schluß der in Bd. 101, S. 576 abgebrochenen Abhandlung.)

Sind diese Verificationen einmal gemacht, so bringt man das untere Ende des Stifts in vollkommenen Contact mit der Flüssigkeit. Diese Gewisheit des Contacts ist beim Wasser und bei anderen das Metall benässenden Flüssigkeiten schwieriger zu erlangen als beim Quecksilber. Ich habe oft versucht, das Ende des Stifts einzufetten, aber umsonst; immer haftete diese Flüssigkeit am Metall und in sehr unregelmäßiger Weise. Für das Quecksilber hat man zu diesem Behufe vorgeschlagen, die Flüssigkeit und den Metallstift nebst einem sehr empfindlichen Galvanometer in eine elektrische Kette einzuschalten, so daß, wenn der Stift mit der Flüssigkeit in Berührung kommt, ein Strom entsteht und der Beginn der Ablenkung der Nadel den Moment der Herstellung des Contactes anzeigt. Um die Genauigkeit dieses Vorschlages beim Wasser zu prüfen, bediente ich mich als Contactspitze der Spitze eines Sphärometers, das leicht 0,001 Millimeter angiebt; immer fand ich aber das Verfahren wenig empfindlich, indem sich die Nadel erst lange nach erfolgtem Contact in Bewegung setzte. Diese Unempfindlichkeit entspringt aus mehren Ursachen, zunächst aus der Masse der Nadel, die der Wirkung des

1) Die Beschreibung dieses Apparates, von dessen bequemer und sicherer Anwendbarkeit mich zu überzeugen ich vielfach Gelegenheit hatte, ist noch nicht veröffentlicht. Derselbe war aber auf der diesjährigen schweizerischen Industriausstellung bereits ausgestellt.

Stroms erst einige Zeit nachdem sie angefangen hat sich fühlbar zu machen gehorcht, dann vor allem aus der Nicht-Leitungsfähigkeit des reinen Wassers, die nur dann eine hinlängliche Intensität des Stromes zulässt, wenn die Berührungsfläche eine gewisse Gröfse hat. Versucht man diesem Uebelstand durch Anwendung einer intensiveren Elektrizitätsquelle abzuhelpen, so erlaubt die Zersetzung des Wassers nicht mehr constante Resultate zu erhalten. Ich bin daher zum einfachsten Verfahren zurückgekehrt, und habe gesehen, dafs, wenn man dem Sphärometer eine konische, am Ende kaum abgestumpfte und recht trockne Spitze giebt, man die Berührung bis nahe auf 0,001 Millimeter bringen kann. Die Nothwendigkeit, das Ende der berührenden Spitze jedesmal mit einem Pinsel zu reinigen, macht die Anwendung einer Schraube sehr unbequem. Ich habe es vorgezogen, diesen Stift mittelst eines sehr sanften Getriebes zu bewegen, und habe mich überzeugt, dafs unter diesen Bedingungen die Berührung nicht um 0,01 Millimeter schwankt, eine Genauigkeitsgränze, die mir mein Kathetometer anzugeben vermochte.

Um diese äufserste Genauigkeitsgränze zu erreichen, mußte ich noch einige Vorsichtsmaafsregeln befolgen. Mit welcher Sorgfalt der Mechanikus auch das Kathetometer verfertigt haben mag, so ist es doch fast unmöglich, dafs die Axe des Fernrohrs in allen Azimuthen eine genau horizontale Lage behalte; es ist daher wichtig, das Fernrohr bei den Beobachtungen nur einen sehr kleinen Winkel beschreiben zu lassen; diese Bedingung wird bei meinem Apparat erfüllt. Ueberdies erleidet das Fernrohr, wenn man den dasselbe tragenden Schlitten mit der Hand bewegt, in seiner Lage immer kleine Störungen, welche man vor jeder Beobachtung berichtigen muß, dadurch dafs man die Blase des Niveaus in ihre centrale Lage bringt. Allein diese Störungen werden fast unmerklich, meistens Null, wenn man dem Schlitten die lothrechte Bewegung mittelst einer Stellschraube ertheilt. Ich habe daher bei allen meinen Beobachtungen als berührenden Stift eine Metallstange

angewandt, die an Höhe fast der zu messenden Capillarsäule gleich war. Dadurch konnte man dem Fernrohr die nöthige Bewegung, um aus der ersten Lage in die zweite zu kommen, mittelst der Stellschraube geben und die Horizontalität des Niveaus fand sich bewahrt. Die Länge des Berührungsstiftes ward übrigens fast jeden Tag vor jeder Beobachtungsreihe gemessen, und niemals stiegen, Dank den angezeigten Vorsichtsmafsregeln, die Schwankungen bei der Messung auf mehr als ein Hundertel-Millimeter.

Die Verdampfung des Wassers endlich war fast vollständig vernichtet durch Glasplatten, welche das Gefäfs bedeckten und nur ein Loch zur Durchlassung des Berührungsstiftes besaßen. An jedem Tage wurde das Wasser in der Röhre und in dem Gefäfs erneut. Immer arbeitete ich mit luftfreiem Wasser ¹⁾.

Der soeben beschriebene Apparat hat mir zunächst zu Beobachtungen in gewöhnlichen Temperaturen gedient, so dafs ich im Laufe eines Jahres eine sehr vollständige Reihe von Höhen, entsprechend Temperaturen von 0° bis 25° C., erhalten konnte. Alle diese Beobachtungen wurden zu 18 Gruppen vereint, von denen jede die zu einem gleichen Intervall von 1° gehörigen Höhen umfasste; ich berechnete die mittlere Temperatur und die mittlere Höhe jeder dieser Gruppen. Diese Mittel sind in den ersten beiden Columnen der folgenden Tafel enthalten. Ich habe übrigens an den direct erhaltenen Zahlen niemals die übliche Berichtigung von einem Drittel-Radius angebracht, aus dem Grunde, weil diese Berichtigung sich auf die als falsch erkannten Theorien von Jurin und Clairault stützt, und weil in den richtigen Theorien die Gesetze direct für die Ordinate des tiefsten Punktes des Meniscus gelten.

- 1) Um ein von Luft möglichst vollkommen befreites Wasser zu erhalten, kochte ich diese Flüssigkeit in einem grofsen Ballon, versehen mit einem zwei Mal gekrümmten Rohr, welches in einem zweiten, kleineren Ballon tauchte, der ebenfalls siedendes Wasser enthielt. Wenn die Dampfblasen sich nur stoßweise entwickelten, nahm ich den Ofen fort; das siedende Wasser des kleineren Ballons füllte dann den gröfseren vollständig, und man liefs den Apparat ruhig stehend erkalten.

Durchmesser der Röhre . . 0^{mm},2346.

Tempera- turen	Höhen		Unter- schiede	Berechnete Höhen	Unter- schiede
	beobachtet	berechnet			
0	mm	0		mm	
0,35	132,15	132,17	+ 0,020	132,17	+ 0,020
1,268	131,97	131,94	— 0,030	131,93	— 0,040
2,62	131,569	131,583	+ 0,014	131,57	+ 0,001
3,61	131,34	131,33	— 0,010	131,31	— 0,030
4,32	131,145	131,140	— 0,005	131,13	— 0,015
5,587	130,82	130,81	— 0,010	130,80	— 0,020
7,50	130,28	130,31	+ 0,030	130,30	+ 0,020
8,35	130,10	130,09	— 0,010	130,07	— 0,030
13,76	128,68	128,68	0,000	128,70	+ 0,020
14,335	128,547	128,556	+ 0,009	128,56	+ 0,013
15,49	128,273	128,273	0,000	128,27	— 0,003
16,896	127,93	127,917	— 0,003	127,93	0,000
17,43	127,84	127,80	— 0,040	127,80	— 0,040
18,40	127,61	127,56	— 0,050	127,56	— 0,050
20,26	127,03	127,10	+ 0,070	127,10	+ 0,070
21,475	126,80	126,85	+ 0,050	126,80	0,000
24,417	126,09	126,13	+ 0,040	126,09	0,000
25,446	125,84	125,83	— 0,010	125,84	0,000

Construirt man die Curve, welche die Temperaturen zu Abscissen, und die entsprechenden Höhen zu Ordinaten hat, so sieht man sogleich, dafs sie wesentlich von der geraden Linie abweicht, indem die Ordinaten von 0° bis 8° rascher abnehmen als bei höheren Temperaturen. Allein in diesen beiden Intervallen kann man jedes Stück der Curve als eine gerade Linie betrachten. Ich habe dies benutzt, um das empirische Gesetz der Erscheinung zu bestimmen.

Zuvörderst berechnete ich für jedes dieser beiden Intervalle die Coëfficienten einer Gleichung von der Form $y = ax + b$, und liess bei der Bestimmung von a und b alle Beobachtungen auf eine sehr einfache Weise mitwirken. Die Zahlen in der dritten Columnne der vorstehenden Tafel zeigen zwischen den Resultaten der Erfahrung und denen der Rechnung einen vollen Einklang. Von 0° bis 8° gebrauchte ich die Formel:

$$y = 132,265736 - 0,260553x,$$

und von 13° bis 25° die:

$$y = 132,0785 - 0,245699x.$$

Diese ersten Formeln dienten mir zur Berechnung der den Graden 0, 5 und 15 entsprechenden Höhen, und mittelst dieser bestimmte ich die Coëfficienten einer parabolischen Formel: $y = a + bx + cx^2$.

Dadurch gelangte ich zu der Gleichung:

$$y = 132,265736 - 0,2660448x + 0,00054918x^2,$$

welche alle Beobachtungen von 0° bis 25° auf eine hinreichend genaue Weise wiedergiebt. Die Zahlen der vierten Columnne sind aus dieser Formel abgeleitet und, wie man sieht, sind die Unterschiede zwischen Rechnung und Beobachtung bald positiv, bald negativ, und überschreiten nur ein einziges Mal 0^{mm},05.

Die Resultate stimmen mit denen des Hrn. Brunner überein, bis auf den Unterschied, daß die raschere Höhen-Abnahme, welche dieser Physiker unterhalb 4° beobachtet hat, sich noch darüber fortzusetzen scheint. Das Dichtigkeitsmaximum hat also Einfluß auf die Erscheinung; allein andere Ursachen, die im umgekehrten Sinne wirken, treten dazwischen, so daß er kaum wahrnehmbar wird. Wenn meine Beobachtungen richtig sind, so folgt noch, daß die Erklärung, welche Hr. Brunner von dem raschen Anwuchs der Capillarrhöhe unterhalb 4° gegeben hat, nicht hinlänglich ist, weil dieser Anwuchs schon oberhalb dieser Temperatur stattfindet und dafsungeachtet die Dichte der Flüssigkeit noch nicht abnimmt.

Oberhalb 10° stellt sich die Uebereinstimmung meiner Resultate mit denen des Hrn. Brunner wieder her. Denn wenn man die von ihm gegebene Formel:

$$h = 15,33215 - 0,0286396 t$$

vergleicht mit der, deren ich mich von 13° bis 25° bedient habe, so findet man das Verhältniß der numerischen Coëfficienten in Brunner's Gleichung = 535,383, und in der meinigen = 537,56. Sucht man nach den von mir angeführten Versuchen die Capillarrhöhe bei 0° in einer Röhre von 1 Millimeter Radius, so findet man 15^{mm},5331, statt der von Hrn. Brunner erhaltenen 15^{mm},33215. Aber diese Uebereinstimmung findet keineswegs mit den von Simon

gegebenen Höhen statt; denn hier ist das Product der Capillarröhe in den Durchmesser der Röhre 31,029, während die Simon'sche Tafel für diesen Durchmesser das viel stärkere Product 32,375 giebt. Die von diesem Physiker erhaltenen Höhen der Wassersäulen scheinen also zu groß zu seyn, wie das schon von Mehren bemerkt worden ist.

Es wäre interessant, die Versuche unterhalb 0° fortzusetzen, und dieß würde, glaube ich, leicht gelingen, da das Wasser nur schwer in Capillarröhren gefriert, wenn man den Wasserstrom durch einen Strom kalten Alkohols ersetzt. Allein ich muß bemerken, daß in niederen Temperaturen die Schleimigkeit des Wassers schon sehr merklich ist, und daß die Versuche viel schwieriger, folglich weniger genau sind als bei höheren Temperaturen. Diese Schleimigkeit würde hinreichen, die Verschiedenheit zwischen Hrn. Brunner's und den meinigen zu erklären. Aus diesem Grunde, habe ich nicht gesucht, unterhalb 0° Höhen zu messen, da ich doch keine hinlänglich genaue Resultate zu erhalten hoffen konnte.

Derselbe Apparat war auch für höhere Temperaturen als die gewöhnlichen brauchbar, wenn man die Hülle des Gefäßes und die Hülse einen, bis zu einer constanten Temperatur erhitzen, Wasserstrom durchstreichen ließ. Um diesen Wasserstrom zu erhalten, schaltete ich zwischen den Behälter und den Apparat einen Glasballon ein, in welchen das Wasser durch eine bis zum Boden hinabreichende Röhre eintrat, während es durch eine andere Röhre, die nicht die Unterseite des Propfens überragte, wieder ausfloß. Dieser Ballon wurde durch eine Alkohollampe mit doppeltem Luftzug erhitzt. Da das Wasser sehr rasch floß, so stieg die Temperatur des Gefäßes und der Hülse und erreichte bald einen constanten Werth, der jedoch von einem Versuch zum andern, je nach der Temperatur des Wassers im Behälter und nach der Intensität der Wärmequelle verschieden war. Freilich war die Temperatur der Hülse gewöhnlich etwas verschieden von der des Wassers in dem unteren Gefäß; allein dieser Unterschied stieg niemals über 1 bis 2 Grad,

und, wie ich gezeigt habe, ist der Einfluss eines solchen Unterschiedes ganz unmerklich. Man hätte auch fürchten können, daß die Temperatur nicht gleich sey in den verschiedenen Schichten der Hülse; allein ich habe mich durch mehr oder weniger tiefes Versenken des Thermometers oft überzeugt, daß die Verschiedenheit nicht wahrnehmbar ist. Ueberdies habe ich bei jeder Temperatur eine doppelte Beobachtung gemacht, indem das Wasser erstlich aus dem Gefäß in die Hülse, und dann umgekehrt aus der Hülse in die Hülle des Gefäßes floss; in beiden Fällen erhielt ich immer dieselben Höhen.

Diese Versuche machte ich mit einer anderen Röhre als vorhin, von anderem Glase und von anderem Durchmesser ($0^{\text{mm}},3098$), und sie bedurfte keiner Waschung, da sie neu war. Leider konnten sie nur zu einer Zeit unternommen werden, da die Temperatur der Umgebung über 4° war; sie können also nicht dazu dienen, das Gesetz in der Nähe des Maximums der Wasserdichtigkeit zu bestätigen. Die erhaltenen Resultate lassen sich durch die lineare Gleichung

$$y = 101^{\text{mm}},80346 - 0,184966x$$

sehr gut darstellen, wie aus folgender Tafel hervorgeht:

Temperatur	Höhe		Unterschied	Temperatur	Höhe		Unterschied
	beob.	berech.			beob.	berechn.	
0°	mm	mm		0°	mm	mm	
5,73	100,729	100,744	+ 0,015	24,59	97,220	97,250	+ 0,030
6,588	100,586	100,585	— 0,001	25,255	97,265	97,130	— 0,135
7,505	100,395	100,415	+ 0,020	26,582	96,950	96,890	— 0,060
8,57	100,224	100,218	— 0,006	27,26	96,740	96,760	+ 0,020
9,545	99,985	100,038	+ 0,043	28,66	95,440	96,500	+ 0,060
10,601	99,816	99,843	+ 0,027	32,39	95,875	95,810	— 0,065
11,625	99,510	99,650	+ 0,140	34,24	95,490	95,470	— 0,020
12,51	99,495	99,490	— 0,005	36,43	95,055	95,060	+ 0,005
13,685	99,180	99,270	+ 0,090	39,376	94,540	94,520	— 0,020
15,45	98,945	98,945	0,000	45,264	93,430	93,430	0,000
16,45	98,790	98,760	— 0,030	51,486	92,275	92,280	+ 0,005
17,42	98,566	98,580	+ 0,014	54,456	91,755	91,730	— 0,025
18,61	98,327	98,360	+ 0,033	58,75	90,891	90,930	+ 0,039
19,326	98,229	98,229	0,000	61,83	90,350	90,360	+ 0,010
20,38	97,964	98,034	+ 0,070	65,00	89,685	89,780	+ 0,095
21,426	97,830	97,748	— 0,082	82,27	86,085	86,470	+ 0,385
22,558	97,607	97,630	+ 0,023				

Einige, durch künstliche Erkaltung des Wassers in der Hülse, unterhalb 4° gemachte Beobachtungen zeigten eine raschere Zunahme der Höhe an als oberhalb dieser Temperatur; die erhaltenen Werthe gaben nämlich $102^{\text{mm}},058$ Höhe bei 0° statt $101^{\text{mm}},803$. Allein man kann ihnen, wegen der Schwierigkeit der Beobachtungen, nicht viel Vertrauen schenken, da die Glasplatten sich beständig mit Thau beschlugen.

Vergleicht man diese Resultate mit denen des Hrn. Brunner und mit den von mir bei der ersten Röhre erhaltenen, so erblickt man eine merkwürdige Verschiedenheit, obwohl das allgemeine Gesetz der Erscheinung noch dasselbe bleibt. Während nämlich das Verhältniß der Coëfficienten in den zwei ersten Formeln, die ich anführte, 535 oder 537 ist, erreicht es hier den Werth 550,3, so dafs das Verhältniß zwischen den in jeder dieser Röhren gehobenen Säulen mit der Temperatur variirt. Ueberdies würde die Höhe bei 0° in der Röhre von 1 Millimeter Radius hier $15^{\text{mm}},77$ oder $15^{\text{mm}},81$ seyn, je nachdem man $101^{\text{mm}},80$ oder $102^{\text{mm}},058$ als Höhe in der Röhre von $0^{\text{mm}},3098$ Durchmesser annimmt, ein Werth viel gröfser als die, welche wir schon gefunden haben. Indefs erreicht dies Resultat noch lange nicht das von Simon, denn das Product des Durchmessers in die Höhe ist 31,538 oder 31,617, während es nach Simon etwas gröfser als 32,13 seyn würde.

Die Prüfung der vorstehenden Tafel zeigt auch, dafs bei Temperaturen über 60° die Unterschiede zwischen Rechnung und Beobachtung sehr zunehmen. Allein dieses entspringt daraus, dafs die Beobachtung nicht recht genaue Resultate geben kann. Zu der Schwierigkeit nämlich, während der Dauer des Versuchs eine constante Temperatur zu erhalten, gesellt sich noch eine andere, aus der Verdampfung der Flüssigkeit im Gefäfs entspringende, welche Verdampfung, obwohl durch den Glasdeckel des Gefäßes verzögert, doch noch rasch genug ist, um den Meniscus während der Beobachtung um ein Merkliches zu senken.

Daher kann dann die in der Tafel angegebene Höhe nicht den vollkommenen Gleichgewichtszustand der Capillarsäule vorstellen. Wie die Beobachter vor mir diese Unsicherheitsquelle vermieden haben und bis zum Siedpunkt des Wassers beobachten konnten, ist mir nicht recht begreiflich, da sie nicht angeben, welche Vorsichtsmafsregeln sie etwa getroffen haben.

Die von mir mit Wasser gemachten Versuche können also als Bestätigungen der Resultate des Hrn. Brunner, so wie als Widerlegung der Behauptungen von Simon angesehen werden. Allein, wie ich schon bemerklich machte, ist das Wasser nicht die geeignetste Flüssigkeit, um den Widerspruch zwischen Theorie und Erfahrung darzuthun, und dessen Ursache aufzufinden. Bei niederen, dem Dichtigkeitsmaximum nahen Temperaturen zeigt nämlich das Wasser schon eine merkliche Schleimigkeit, und die Theorie setzt eine vollkommene Flüssigkeit voraus, einen Zustand, dem sich Schwefeläther und Alkohol mehr nähern. Zweitens kann das directe Verfahren, welches beim Wasser eben wegen seiner Schleimigkeit, vermöge welcher es seinen normalen Gleichgewichtsstand in der Capillarröhre erst nach mehrmaligem Heben und Senken der Säule annimmt, alleinig anwendbar ist, nicht bei höheren Temperaturen benutzt werden. Und dennoch sind es gerade diese höheren Temperaturen, bei denen man eine Bestätigung oder Widerlegung der Hypothesen der mathematischen Theorie zu erwarten hat, da man sich dann bei allen Flüssigkeiten unter weit besser mit dieser Theorie in Uebereinstimmung stehenden Umständen befindet.

Wen es nämlich wahr ist, dafs die Steighöhe einer Flüssigkeit in einer Capillarröhre bei jeder Temperatur proportional ist der Dichtigkeit der Flüssigkeit, so kann, da diese Dichtigkeit niemals Null wird, auch die Höhe niemals auf Null herabsinken, selbst bei der Temperatur, bei welcher die Flüssigkeit sich, den Versuchen des Hrn. Cagniard-Latour gemäß, vollständig in Dampf verwandelt. Im Gegentheil, wenn die von verschiedenen Experimenta-

toren gewonnenen Resultate richtig sind, wenn die Abnahme der Höhe proportional ist der Temperatur, so leuchtet ein, daß die Capillarrhöhe bei einer hinreichend hohen Temperatur Null werden, und oberhalb dieser Temperatur das Aufsteigen sehr wahrscheinlich in ein Vertiefen übergehen wird.

Diese Temperatur läßt sich nun aus den empirischen Formeln, die ich oben angegeben habe, leicht ableiten. Die des Hrn. Brunner giebt für Wasser $535^{\circ},38\text{ C.}$, die meinigen für die erste Röhre $537^{\circ},56\text{ C.}$, für die zweite $550^{\circ},3\text{ C.}$ Es war also nicht das Wasser, von dem ich die Bestätigung meiner Induction erwarten durfte, sondern andere, flüchtigere Flüssigkeiten, wie Schwefeläther, Schwefelkohlenstoff u. s. w. Die von Hrn. Brunner für Schwefeläther gegebene Formel

$$h = 5^{\text{mm}},3536 - 0,028012t$$

giebt eine Höhe $= 0$ bei der Temperatur $191^{\circ},12$, welche sich leicht erreichen läßt und unterhalb der vollständigen Verdampfung dieser Flüssigkeit liegt. Allein ich wollte zuvörderst das Gesetz der Höhen-Abnahme bei höheren Temperaturen als die des siedenden Aethers, bei welcher Hr. Brunner stehen blieb, prüfen.

In einer an einem Ende verschlossenen Glasröhre von 24 Millimeter Durchmesser und hinreichender Wanddicke hing ich mittelst eines gegen die Wandung federnden Kupferringes und drei sehr dünner Metalldrähte eine Capillarröhre genau in der Axe auf. Dann zog ich die weite Röhre vor der Lampe aus, brachte durch Digestion und Destillation über Chlornatrium rectificirten Schwefeläther hinein, vertrieb die Luft durchs Sieden dieser Flüssigkeit und schmolz das offene Ende zu. Der Aether bildete dann auf dem Boden der weiten Röhre eine etwa 3 Centimeter hohe Schicht, in welche die Capillarröhre eintauchte.

Um diese Röhre in verschiedene Temperaturen zu versetzen, befestigte ich sie in der Mitte eines kubischen Gefäßes von Kupfer, welches 8 Liter faßte und an zwei gegenüberstehenden Seiten mit Glasplatten versehen war. Ein

Thermometer neben der Röhre zeigte die Temperatur des das Gefäß füllenden Wassers an, und diese Temperatur wurde durch eine Alkohollampe mit mehreren Dochten gesteigert und durch einen Umrührer gleichförmig gemacht. Der ganze Apparat ruhte auf einem Brett, versehen mit drei Stellschrauben, mittelst deren man die vordere Glasplatte genau lothrecht zur Axe des Fernrohrs des Kathetometers stellte. Ich versicherte mich auch durch das schon angezeigte Verfahren, daß die Glasröhre keine Ablenkung der Lichtstrahlen hervorbrachte.

Jede Versuchsreihe begann mit einer Beobachtung bei gewöhnlicher Temperatur; diese variierte wenig im Laufe meiner Versuche und die Uebereinstimmung der sonach in jeder Reihe erhaltenen ersten Zahlen diente zum Nachweise, daß der Zustand der Röhre sich nicht geändert hatte. Hierauf steigerte man die Temperatur bis zu dem beabsichtigten Grad und es war leicht, dieselbe fast eine Viertelstunde constant zu halten. Eine schon von Hrn. Frankenheim hervorgehobene Schwierigkeit bei diesem Verfahren liegt in der Temperaturverschiedenheit der Capillarröhre und der Flüssigkeit, in welche sie eintaucht. Letztere erwärmt sich nämlich direct durch den Contact mit dem Wasser des großen Gefäßes, während der hervorragende Theil der Röhre sich nur durch Strahlung erwärmt. Allein der Moment, wo die constante Temperatur des Bades auch die der Röhre geworden ist, wird hier durch die Röhre selbst angezeigt. So lange nämlich ein Temperatur-Unterschied zwischen Röhre und Flüssigkeit besteht, verdichten sich die Aetherdämpfe in dieser Röhre und bilden darin, oberhalb der Capillarsäule, Blasen, die unanfhörlich herunter sinken und sich oben unaufhörlich wieder bilden. So wie die Bildung dieser Blasen aufhört, kann man die Temperatur als gleichförmig betrachten. Ueberdies habe ich, um zur constanten Beobachtungstemperatur zu gelangen, immer die Vorsicht getroffen, das Gefäß erst zu erwärmen und dann erkalten zu lassen, und mich der Identität der Resultate in beiden Fällen zu versichern.

Die bei diesem Verfahren gemessenen Höhen erfordern eine Berichtigung, weil in dem ringförmigen Raum zwischen den beiden Röhren die Flüssigkeit durch Capillarwirkung aufsteigt. Die Niveaudifferenz muß der, nach der Temperatur verschiedenen Steighöhe der Flüssigkeit hinzugefügt werden. Ich habe den Werth dieser Berichtigung direct bestimmt; dazu würde es genügen mitten in einem großen, mit Aether gefüllten Gefäß einen Ring, gebildet von einem Stück der zum Versuche angewandten Röhre, aufzustellen, darin die Capillarröhre anzubringen, und nun, mit den schon angegebenen Vorsichtsmaßregeln, die Niveaudifferenz zwischen der Flüssigkeit innerhalb und außerhalb des Ringes mit dem Sphärometer zu messen. Allein die Verdampfung der Flüssigkeit ist so rasch, daß ich die Methode der abwechselnden Beobachtung anwenden mußte; ich maß also erst das Niveau in der Röhre, dann im Gefäß und dann wieder in der Röhre, nach einer Zeit, die der Zwischenzeit der beiden ersten Beobachtungen gleich war. So erhielt ich bei 20° als Mittel von Resultaten, die kaum um 0,001 Millimeter unter sich abwichen, 0^{mm},104. Diese Berichtigung variirt mit der Temperatur. Zur Bestimmung dieser Variation bediente ich mich der Resultate des Hrn. Brunner, woraus sich ergibt, daß die Steighöhe bei 191° Null ist, was ich übrigens direct bestätigt habe, wie ich sogleich angeben werde. Daraus folgt, daß die Abnahme der Berichtigung 0,000608 für jeden Grad ist, daß sie 0^{mm},116 bei 0° und 0^{mm},055 bei 100° wird. Nach dieser Berichtigung erhielt ich folgende Tafel:

Temperatur	Höhen		Unterschiede	Temperatur	Höhen		Unterschiede
	beob.	berechn.			beob.	berechn.	
	mm	mm			mm	mm	
12,67	36,140	35,86	— 0,180	46,82	29,879	29,90	+ 0,021
14,79	35,437	35,48	+ 0,043	56,42	28,233	28,18	— 0,053
15,77	35,247	35,31	+ 0,063	69,94	25,784	25,81	+ 0,026
18,07	34,794	34,91	+ 0,116	76,81	24,673	24,51	— 0,163
20,03	34,504	34,56	+ 0,056	85,01	23,145	23,16	+ 0,015
24,74	33,591	33,74	+ 0,149	87,80	22,483	22,67	+ 0,187
27,97	33,129	33,17	+ 0,041	92,71	22,015	21,82	— 0,185
33,14	32,316	32,27	— 0,046	93,46	21,760	21,69	— 0,070
34,78	32,145	31,98	— 0,165	99,19	20,748	20,56	— 0,188

Die Zahlen der dritten und siebenten Columnne sind berechnet nach der linearen Formel

$$y = 38^{\text{mm}},0819 - 0,175436x,$$

welche die Resultate der Erfahrung ziemlich genau darstellt. Man kann hier offenbar nicht dieselbe Genauigkeit verlangen, wie bei der directen Methode, vor Allem wegen der Schwierigkeit, das Niveau der Flüssigkeit in der weiten Röhre zu bestimmen. Dessenungeachtet kann man daraus die Folgerung ziehen, daß die Abnahme der Capillarrhöhe, welche Hr. Brunner bis 35° proportional der Temperatur gefunden hat, noch bis 100° demselben Gesetze folgt.

Aber daraus hinaus wird die Abnahme rascher. Das Gesetz derselben habe ich, wegen der Schwierigkeit, die Temperatur während dieses Versuches constant zu halten, nicht bestimmen können. Ein einziges, aber sehr wichtiges Resultat führt mich zu diesen Schlufs. Aus der obigen Formel ergibt sich, daß die Höhe der Flüssigkeit in der Capillarröhre Null wird bei 217° , wenn das Gesetz sich bis zu dieser Temperatur erstreckt. Die Röhre, mit welcher die obigen Versuche angestellt wurden, war nicht stark genug, um ohne Gefahr bis zu dieser Temperatur angewandt zu werden, bei welcher der innere Druck sehr groß seyn mußte.

Demgemäß schloß ich die Capillarröhre dieser Versuche in eine Röhre von 1 Centimeter innerem Durchmesser und sehr großer Wanddicke ein, füllte letztere bis fast zu einem Viertel ihres Raumgehaltes mit Aether, und schmolz sie vor der Lampe zu, nachdem die Luft ausgetrieben worden war. Diese Röhre wurde lothrecht in eine umgekehrte Glocke voll Leinöls gestellt und daneben eine zweite ähnliche aber offene Röhre angebracht, in welche ein Thermometer tauchte. Ein doppelter Agitator diente zur Herstellung der Gleichförmigkeit der Temperatur.

In dem Maasse, als die Temperatur stieg, sah man die Flüssigkeitssäule in der Capillarröhre rasch sinken, und endlich gegen 190° oder 191° vollständig verschwinden. Und zu gleicher Zeit wurde die bis dahin concave Flüssig-

keit in der weiten Röhre, immer flacher und endlich, bei dieser Temperatur selbst, ganz flach. Erhitzt man weiter, so kann man den capillaren Meniscus unter dem Niveau der äusseren Flüssigkeit wahrnehmen; gegen 198° scheint sich die stark convexe Oberfläche der Flüssigkeit mit einer dicken Wolke zu bekleiden und bietet nur einen schlecht begränzten Umriss dar. Gegen 200° endlich ist die Flüssigkeit vollkommen in Dampf verwandelt, wie schon Hr. Cagniard-Latour beobachtet hat. Lässt man hierauf die Temperatur langsam sinken, so kommt die Flüssigkeit plötzlich wieder zum Vorschein, und die früheren Erscheinungen treten in umgekehrter Ordnung von Neuem auf.

Die Erfahrung beweist also, dass in dem von mir angewandten Haarröhrchen die Flüssigkeit bei einer Temperatur zu steigen aufhört, die weit unter derjenigen liegt, welche die aus Versuchen zwischen 0° und 100° abgeleitete Formel ergibt, die dagegen genau derjenigen gleich ist, welche ich aus der von Hrn. Brunner gegebenen Formel gefolgert habe. Darf man daraus schliessen, dass meine Beobachtungen mit Unrichtigkeiten behaftet seyen? Ich glaube nicht, denn man muss erwägen, dass die Versuche des Hrn. Brunner zwischen sehr engen Temperaturgränzen, zwischen 0° und 35° angestellt sind, und dass es kaum möglich ist, daraus zu folgern, was bei einer von diesen Gränzen so entfernten Temperatur vorgehe, so dass dieses Zusammentreffen als ganz zufällig betrachtet werden muss. Wenn man zweitens die von mir bei der gewöhnlichen Temperatur angestellten Beobachtungen als richtig ansieht und aus denselben die Capillarhöhe bei 100° abzuleiten sucht, unter der Bedingung, dass die Abnahme proportional sey der Temperatur und dass die gehobene Säule bei 191° auf Null komme, so findet man die Steighöhe bei $100^{\circ} = 18^{\text{mm}}, 44$, statt $20^{\text{mm}}, 54$, ein viel zu grosser Unterschied, als dass man ihn den Beobachtungsfehlern zuschreiben könnte.

Allein, ich muss sagen, ich lege viel weniger Gewicht auf die Bestimmung des Werthes dieser Gränzttemperatur als auf den Nachweis der Thatsache selbst, da sie allein

mir einen entscheidenden Einwand gegen die mathematische Theorie zu liefern scheint. Seitdem ich diesen ersten Versuch mit Schwefeläther angestellt hatte, wollte ich ihn mit mehreren anderen Flüssigkeiten, Schwefelkohlenstoff, Naphtha, Alkohol wiederholen. Ich schloß diese Flüssigkeiten in Röhren von 2 Millimeter innerem Durchmesser ein, in solcher Menge, daß sie dieselben fast zum Viertel füllten. Ich erhitze diese Röhren in einer kleinen umgekehrten und mit Oel gefüllten Eprouvette, und immer sah ich, daß, in dem Maasse die Temperatur stieg, der Meniscus stets weniger concav und die Oberfläche zuletzt eben wurde, und darauf bei einer, der gänzlichen Verflüchtigung der Flüssigkeit nahe liegenden Temperatur ins Convexe überging. Selbst wenn man die Röhre horizontal legt, sieht man die Flüssigkeit sich in ihrer ganzen Länge horizontal ausbreiten und eine Schicht bilden, die von einer vollkommen ebenen Oberfläche begrenzt ist. Ich habe nicht die Temperaturen bestimmen können, bei denen diese Erscheinung für die letzteren Flüssigkeiten eintritt, da ich zur Bestimmung sehr hoher Temperaturen keine Thermometer besaß; allein, sie liegen wie gesagt, denjenigen nahe, bei welchen nach Hrn. Cagniard-Latour die vollständige Verflüchtigung eintritt¹⁾, 200° beim Schwefeläther, 259° beim Alkohol, 275° beim Schwefelkohlenstoff, und eine Temperatur zwischen 200 und 259 bei der Naphtha. Ueberdies habe ich die von demselben Physiker gemachte Beobachtung bestätigt gesehen, daß die Temperatur der vollständigen Verflüchtigung einer Flüssigkeit unabhängig zu seyn scheint von dem Verhältniß zwischen ihrem Volum und dem des freien Raums, in welchem sie sich ausbreiten kann.

Aus den so eben beschriebenen Versuchen glaube ich folgende Schlüsse ziehen zu dürfen:

1. Das Gesetz der Abnahme der Höhe, bis zu welcher eine Flüssigkeit in einer selben Röhre bei verschiedenen Temperaturen aufsteigt, ist viel rascher als es die Theorie von Laplace und Poisson angiebt.

1) *Ann. chim. et phys. Ser. II, T. XXI, p. 181 et T. XXII, p. 414.*

2. Das Gesetz der Abnahme scheint bei Röhren von verschiedener Temperatur nicht dasselbe zu seyn, so daß das Verhältniß der Höhen, zu welchen sich eine selbe Flüssigkeit in verschiedenen Röhren erhebt, mit der Temperatur variirt.

3. Die Dichtigkeit der Flüssigkeit scheint nur einen secundären Einfluß auf die Erscheinung auszuüben; denn erstens kann die Steighöhe abnehmen, wenn die Dichtigkeit zunimmt, und umgekehrt; und zweitens, was in meinen Augen das Wichtigste ist; diese Höhe kann Null werden, das Aufsteigen kann sogar in ein Hinabdrücken übergehen, wenn die Flüssigkeit noch eine merkliche Dichtigkeit hat.

Während diese Erscheinung den entscheidendsten Beweis gegen die Theorie liefert, führt sie uns aber auch noch zu einer sehr einfachen Erklärung eines Widerspruchs zwischen Theorie und Erfahrung, den die Physiker wohl dargethan, aber bisher nicht aufgeklärt haben. Um den Gegenstand deutlich zu machen, muß ich zu den Hypothesen zurückgehen, auf denen die Theorie beruht.

Alle Physiker machen mit Laplace, Gauß und Poisson die Annahme, daß, wenn eine Flüssigkeit in einer Röhre aufsteigt, deren Wandung sie benäßt, sie längs dieser Wandung eine äußerst dünne Schicht bilde, eine Art flüssiger Röhre, in welcher dann die Capillarsäule sich erhebt. Daraus dann der unmittelbare Schluß: die Form des Meniscus, welcher die Flüssigkeit begränzt, hängt allein ab von dem Winkel, den das letzte Element der Oberfläche mit der Wand bildet, und da dieser Winkel Null ist, wenn Flüssigkeit und Wand von gleicher Natur sind, so müssen die Gestalt der Oberfläche und der Krümmungsradius derselben am untersten Punkt in cylindrischen Röhren von hinreichender Enge bei jeder Temperatur constant bleiben und die freie Oberfläche muß hemisphärisch seyn.

Diese Constanz des Krümmungsradius des Meniscus voraussetzend und überdies annehmend, daß die Anziehung der Flüssigkeit auf sich selbst proportional sey ihrer

Dichtigkeit, gelangen Laplace und Poisson zu dem Schluss, daß die Capillarrhöhe proportional sey der Dichtigkeit der Flüssigkeit.

Zunächst muß ich bemerken, daß die Hypothese von der Proportionalität der Anziehung der Flüssigkeit auf sich selbst zu ihrer Dichtigkeit sehr zweifelhaft ist. Sehr wahrscheinlich ist die Wechselwirkung der flüssigen Elemente verschieden nicht allein nach ihrer Dichtigkeit, sondern nach ihrer Temperatur. *A priori* ist also auch das Gesetz von der Proportionalität der Capillarrhöhe zu der Dichtigkeit ein sehr zweifelhaftes.

Ueberdies habe ich aber so eben gezeigt, daß die Krümmung der Oberfläche des Meniscus mit der Temperatur variirt, daß sie desto schwächer wird, je höher die Temperatur ist. Die Folgerung der Constanz dieser Krümmung kann also nicht mit den Thatsachen übereinstimmen.

Läßt man alle Hypothesen bei Seite, so stimmen die Theorien darin überein zu zeigen, daß das Steigen einer Flüssigkeit sich umgekehrt verhalte wie der Krümmungsradius der freien Fläche an ihrem tiefsten Punkt, diese als eine Umdrehungsfläche vorausgesetzt. Selbst wenn man die Voraussetzungen von Laplace und Poisson zugeben will, muß man eine Berichtigung daran anbringen. Die Höhe wird variiren im Verhältniß zur Variation zweier Elemente, der Dichtigkeit und des Krümmungsradius des Meniscus.

Nennen wir mit Laplace q die Höhe bei 0° , q' die Höhe bei einer anderen Temperatur, bei welcher die Dichtigkeit der Flüssigkeit, bezogen auf die bei 0° , gleich $1 - \alpha$ ist, so hätten wir, falls der Krümmungsradius nicht variirte

$$q' = q(1 - \alpha).$$

Wenn aber der Krümmungsradius ρ bei 0° wird ρ' bei der zweiten Temperatur, so wird man haben:

$$q' = q(1 - \alpha) \frac{\rho}{\rho'},$$

und da ρ' mit der Temperatur wächst, so sieht man, daß die Capillarahöhe rascher abnehmen muß als die Dichtigkeit.

Diese Veränderung der Krümmung des Meniscus wollte ich noch bei Temperaturen unterhalb denen, wobei, wie in den oben beschriebenen Versuchen, die Gestaltveränderung sichtbar wird, direct untersuchen. In den sehr engen Röhren, mit denen ich operirt hatte, ist die Messung des Meniscuspeils sehr schwierig, so daß sie nicht den nöthigen Grad von Schärfe haben kann. Ich gebrauchte daher eine Röhre von 4^{mm},50 innerem Durchmesser, welche, nachdem sie mit Salpetersäure und verdünnter Schwefelsäure gewaschen worden, zum Theil mit einer Flüssigkeit gefüllt und vor der Lampe verschlossen wurde. Ich befestigte sie lothrecht in einem kubischen Gefäß von Kupfer, das mit zwei gegenüberliegenden kleinen Fenstern von parallelen Plangläsern versehen, mit Wasser gefüllt und durch eine matte opake Platte fast ganz zugedeckt war. Es war nämlich, um die obere und untere Gränze des Meniscus deutlich zu sehen, nothwendig, die Röhre durch ein fast paralleles Licht zu beleuchten und die seitlichen Strahlen auszuschließen. Dann maß ich mit dem Kathetometer den Pfeil des Meniscus, erst bei gewöhnlicher Temperatur und dann bei der Siedhitze des Wassers. Folgendes waren die von mir erhaltenen Resultate als successives Wasser, gewöhnlicher Aether und Schwefelsäure bis zur selben Höhe in dieselbe Röhre eingeführt wurden.

	Wasser	Aether	Schwefelsäure
18°	1 ^{mm} ,955	1 ^{mm} ,80	1 ^{mm} ,80
Siedpunkt des Wassers	1,87	1,60	1,73.

Diese Veränderung in der Höhe des Meniscus beobachtet man schon bei einer Temperatur von einigen Graden über der gewöhnlichen; allein die Schwierigkeit, die Temperatur des Gefäßes constant zu halten, hat mir nicht erlaubt, genaue Messungen zu machen.

Ich komme nun zur zweiten Folgerung aus meinen Beobachtungen. Dem Beispiele Clairault's folgend, betrachteten die Mathematiker bei der Wirkung der Flüssig-

keit auf sich selbst und auf die Röhre immer vier Hauptfälle:

1. Wenn die Wirkung der Röhre auf die Flüssigkeit Null ist oder geringer als die Hälfte der Flüssigkeit auf sich selbst, so wird die Oberfläche der Flüssigkeit in der Röhre convex seyn und eine Depression statt haben.

2. Wird diese Wirkung gleich der Hälfte der der Flüssigkeit auf sich selbst, so ist die Oberfläche der Flüssigkeit in der Röhre eben, und es erfolgt weder Hebung noch Senkung des Niveaus.

3. Bis die Wirkung der Röhre auf die Flüssigkeit gleich geworden der der Flüssigkeit auf sich selbst, zeigt die Theorie, ist die Oberfläche concav und es findet ein Aufsteigen der Flüssigkeit in der Röhre statt.

4. Wenn endlich diese Anziehung die eigene Anziehung der Flüssigkeit überwiegt, erweist sich die Theorie mangelhaft, und es wird zur Erklärung dessen, was dann geschehen könnte, die Annahme nöthig, daß die Flüssigkeit bei ihrem Anhaften an der Röhre eine innere Röhre bilde, welche allein die Flüssigkeit hebt, deren Oberfläche nun concav und sphärisch ist. Es ist zu vermuthen, sagt Laplace, daß dieser Fall der des Wassers und der Oele in Glasröhren sey.

Ist diese Muthmaßung richtig, stimmt sie mit den That-sachen? Ich glaube nicht, wenigstens nicht bei etwas erhöhten Temperaturen; denn meine Beobachtungen führen zu dem Schlufs, daß bei Flüssigkeiten wie Wasser, Alkohol, Schwefeläther und Naphtha, die in Glasröhren aufsteigen, die Anziehung der Röhre auf die Flüssigkeit, welche insgemein größer ist als die Hälfte der der Flüssigkeit auf sich selbst, nicht gleich ist dieser Wirkung, um so mehr also nicht größer als sie, wenigstens unter gewissen Temperaturumständen.

In der That habe ich gezeigt, daß bei einer hinlänglich erhöhten Temperatur, die übrigens von einer Flüssigkeit zur anderen und wahrscheinlich auch nach der Natur des Gefäßes verschieden ist, die Flüssigkeit aufhört dieses Ge-

fäfs zu benässen und darin eine vollkommen ebene Oberfläche bildet; eben so, dafs in diesem Moment die Wirkung der Röhre auf die Flüssigkeit genau gleich ist der Hälfte der der Flüssigkeit auf sich selbst. Bei einer höheren Temperatur nimmt die Wirkung der Röhre ab und die Flüssigkeit bildet eine convexe Oberfläche. Wenn aber die Temperatur sinkt, wird die Oberfläche concav, die Flüssigkeit steigt im Haarröhrchen und die Erfahrung zeigt noch, dafs die Krümmung des Meniskus zunimmt in dem Maafse, als die Flüssigkeit weiter erkaltet. Die Continuität der Erscheinungen zwingt also zu der Annahme, dafs in dem Moment, wo das Aufsteigen entsteht, die Anziehung der Röhre auf die Flüssigkeit geringer ist als die der Flüssigkeit auf sich selbst. Es scheint mir also bewiesen, dafs bei hinreichend erhöhten Temperaturen, deren untere Gränze ich jedoch noch nicht festsetzen konnte, die Flüssigkeit nicht mehr an der Wandung des Haarröhrchens haftet, um daran die allgemein angenommene Scheide zu bilden.

Ist aber diese Scheide bei den gewöhnlichen Temperaturen vorhanden, bei denen die früheren Versuche gemacht wurden? Ich wiederhole, meine Beobachtungen können diese Frage nicht beantworten. Indefs, wenn man erwägt, welche Gründe die Mathematiker nöthigen konnten, die Theorie durch die Hypothese vom Daseyn dieser Scheide zu compliciren, so sieht man, dafs es bis jetzt eben so viel Wahrscheinlichkeiten für als gegen sie giebt. Folgende Gründe sind hauptsächlich zu Gunsten derselben angeführt.

Der erste liegt in der schon längst gemachten Bemerkung, dafs man eine constante Erhebung in einem Haarröhrchen nur dann erhält, wenn man zuvor die Wandung durch Aufsaugen der Flüssigkeit benäfst hat. Allein diese Bedingung zum Erfolg läfst sich auch durch die Nothwendigkeit erklären, die immer der Wandung anhaftende Luft zu entfernen und den Contact zwischen Flüssigkeit und Röhre herzustellen.

Der zweite würde ernsthafter seyn, wenn er auf recht

sicheren Thatsachen beruhte. Es ist beobachtet, sagt man, daß eine Flüssigkeit in gleich weiten Röhren, wenn dieselbe sie benäht, immer zur selben Höhe aufsteigt, von welcher Natur auch die Röhre sey, so daß also, der Einfluß der Natur der Wandung Null oder unmerklich ist, was nur erklärt werden kann durch das Daseyn einer dieser Wandung anhaftenden Schicht, deren Dicke beträchtlicher ist als der Wirkungsradius der Röhrentheilchen. Allein, wo sind die Versuche, auf welchen dieß Gesetz begründet ist? Gewöhnlich citirt man Hawksbee; allein seinen Versuchen kann man die von Musschenbroek entgegenstellen, durch welche dieser berühmte Experimentator einen merklichen Einfluß der Wandung erkannt zu haben glaubt. Man citirt die Versuche von Oersted ¹⁾, allein sie sind nach einem ähnlichen Verfahren wie das von Simon gemacht, und sie können, wie die Versuche des Letzteren, nicht angerufen werden zur Stütze einer auf ganz anderen Bedingungen errichteten Theorie. Sein Apparat bestand aus einer Art von umgekehrtem Heber, dessen einer Arm durch eine horizontale, mit einem Loche versehene Platte verschlossen war, und man bestimmte den Druck, der nöthig war, um die Flüssigkeit zu diesem Loche austreten zu lassen. Er fand, daß der Druck gleich war, das Wasser mochte durch gleiche Oeffnungen in Glas oder amalgamirtem Kupfer austreten, was so viel sagt, als daß das Wasser in Röhren von Glas und von amalgamirtem Kupfer gleich hoch steigen würde.

Und doch, wenn man, nach Verurtheilung dieser ungehörigen Methoden, untersucht, durch welche Mittel sich wohl der Nicht-Einfluß der Wandung erweisen liefse, sieht man sehr bald, daß man, weil die Röhren fast alle opak sind, unmöglich zur directen Methode greifen kann, ausgenommen im Fall die Röhren so weit wären, daß man die Erhebung der Flüssigkeit mit dem Sphärometer messen könnte; allein dann wäre die absolute Gröfse der Erhebung so gering, daß man einen strengen Beweis nicht erwarten

1) Pogg. Ann. 1841, Bd. LIII, S. 614.

könnte. Es ist übrigens sehr schwierig, zwei Röhren von genau gleichem Durchmesser zu haben. Dieser Uebelstand findet sich nicht bei der Anwendung zweier parallelen Platten, deren Abstand durch Metalldrähte und Druckschrauben geregelt werden kann. Nun hat Link viele Beobachtungen an parallelen Platten von verschiedener Natur gemacht¹⁾. Bei einem Abstand der Platten gleich 0,4 par. Lin. bekam er folgende Resultate:

	Dichtig- keit.	Glas- platten.	Kupfer- platten.	Zink- platten.
Wasser, destillirtes	1,000	12,5	13,0	13,0
Alkohol, rectificirter	0,835	8,0	10,0	9,5
Schwefeläther	0,755	7,0	10,0	8,5
Schwefelsäure	1,845	11,0	11,0	15,0
Salpetersäure	1,200	14,0		
Chlorwasserstoffsäure	1,115	14,0	14,0	
Aetzkali	1,335	8,0	10,5	5,0
Essigsäures Kali	1,145	8,5	11,5	10,0.

Wenn auch für das Wasser die Höhe in den drei Fällen beinahe dieselbe ist, so sieht man doch, daß Alkohol und Aether, welche Flüssigkeiten die Platten weit leichter benässen, sich zwischen den verschiedenartigen Platten zu sehr ungleichen Höhen erheben und daß die Unterschiede bisweilen die möglichen Beobachtungsfehler übersteigen.

Ich will nicht reden von einer dritten Thatsache, welche die wichtigste wäre, welche aber noch der Bestätigung bedarf, nämlich, daß ein Tropfen Wasser, Aether oder Alkohol sich auf einer *vollkommen reinen*, ebenen und horizontalen Glasplatte nach ihrer ganzen Oberfläche ausbreitet. Die Bedingungen aber, unter welchen ein solcher Versuch angestellt seyn müßte, um keinem Einwand zu unterliegen, sind dermaßen schwierig zu erfüllen, daß er mir unausführbar scheint.

Wie dem auch sey, so scheint mir doch aus dem, was bei gewöhnlicher Temperatur vorgeht, sicher zu seyn, daß bei einer ziemlich hohen Temperatur das Daseyn einer

1) Pogg. Ann. 1834, Bd. XXXI, S. 593.

flüssigen Scheide in den Haarröhrchen verworfen werden muß.

Aus dieser Beobachtungsweise der Capillarphänomene ergeben sich mehre Folgerungen, die ich hier, als Schlusssätze dieser Arbeit, noch untersuchen will.

1. Das Aufsteigen einer selben Flüssigkeit in Haarröhrchen hängt, unter sonst gleichen Umständen, von der Natur des Röhrchens ab.

2. In einer und derselben Röhre und bei verschiedenen Temperaturen steht die Steighöhe der Flüssigkeit im zusammengesetzten Verhältniß ihrer Dichtigkeit und der Krümmung des Meniscus; letztere nimmt ab, so wie die Temperatur zunimmt, wird Null bei einer hinreichend hohen Temperatur und kommt jenseits derselben in umgekehrter Gestalt wieder zum Vorschein. Das Gesetz der Höhenabnahme muß nothwendig nach der Natur der Röhre verschieden seyn, und obwohl Röhren von verschiedenen Glassorten fast gleiche Wirkungen auf die Flüssigkeit ausüben, so hat man doch, von einer Röhre zur anderen, Abweichungen in dem Gange der Erscheinung zu erwarten. Zu dem Ende verweise ich auf die Verschiedenheit der Resultate, die ich erst mit einer gewöhnlichen Glasröhre und dann mit einer Krystallglas-Röhre beobachtete.

Das Gesetz der Veränderung der Depression mit der Temperatur bei Flüssigkeiten, die das Glas nicht benässen, knüpft sich dann an das Gesetz der Abnahme der Steighöhe und wird eine Folge daran. In der That habe ich gezeigt, daß bei einer bestimmten Temperatur eine Flüssigkeit aufhört das Gefäß zu benässen, worin sie sich befindet, und daß jenseits derselben die Flüssigkeit eine convexe Oberfläche annimmt und sich deprimirt. Die Continuität der Erscheinungen findet sich also auf eine sehr einfache Weise hergestellt. Es bedarf nur der Annahme, daß z. B. das Quecksilber, am Glase, schon bei niederen Temperaturen in demselben Zustand ist, welchen Aether, Alkohol und Schwefelkohlenstoff erst bei einer sehr hohen

Temperatur erreichen. Daher muß, wie Hr. Frankenheim beobachtet hat, die Depression mit der Temperatur zunehmen, nach einem Gesetze, das übrigens nach der Natur der Flüssigkeit und der Röhre verschieden ist. Es folgt auch daraus, daß diejenigen Flüssigkeiten, welche die Röhren nicht benässen, diese dennoch bei hinreichend niedriger Temperatur werden benässen können, und somit, durch Wirkung der Kälte, dieselbe Reihe von Erscheinungen darbieten, welche der Aether bei Wirkung der Wärme zeigt. Leider kenne ich keine Flüssigkeit, welche die Bedingungen erfüllt, das Glas nicht zu benässen und bei niedriger Temperatur nicht zu gefrieren, und vielmehr eine hinreichende Beweglichkeit bewahrte.

Zusammengefaßt, glaube ich mein Vorhaben ausgeführt und bewiesen zu haben:

1. Daß das von verschiedenen Beobachtern und besonders von Hrn. Brunner gefundene Gesetz für die Abnahme der Capillarhöhe bei steigender Temperatur richtig ist, daß es aber unmöglich ist, dasselbe zu verallgemeinern und anzuwenden auf andere Röhren, als mit welchen die Versuche gemacht wurden.

2. Daß die Uebereinstimmung der mathematischen Theorie und der Erfahrung, die durch diese Resultate gestört zu seyn scheint, wiederum hergestellt wird, wenn man, wenigstens für etwas hohe Temperaturen, die Hypothese aufgiebt, daß der Wandung der Röhren eine flüssige Schicht anhafte, in welcher die Flüssigkeit sich erhebe.

3. Daß das Steigen und das Vertiefen einer Flüssigkeit in einer Röhre nur besondere Fälle eines selben allgemeinen Phänomens sind, welches in seinen Modificationen dem natürlichen Continuitätsgesetze unterliegt.

Ich spreche hier nicht von den Folgerungen, die sich aus einigen der von mir beobachteten Thatsachen, rücksichtlich der Erklärung der Phänomene des sphäroidalen Zustandes ableiten lassen. Vielleicht, daß man selbst diejenigen, die ich aus einer so kleinen Zahl von Beobachtungen zog, voreilig findet: die Dunkelheit, die noch die

Theorie der von mir studirten Erscheinungen einhüllt, und der Wunsch, einiges Licht auf sie zu werfen, mögen meine Dreistigkeit entschuldigen.

VI. *Ueber die Capillarität;
von Hrn. W. Wertheim.*

(*Compt. rend. T. XLIV, p. 1022.*)

Die Theorie der Capillarität beruht auf der Hypothese, daß das Volum der Flüssigkeit, welche sich über das Niveau erhebt, proportional sey dem Umfang des Querschnitts der starren Wand, welche Krümmung auch der Umfang haben möge. Diese von Laplace aufgestellte Hypothese, welche mit der von Young zusammenfällt, dient als Ausgangspunkt für die Entwicklung aller besonderen Fälle und andererseits für die Erhebung zum Studium der Molecularkräfte. Sie kann daher nicht sorgfältig genug geprüft werden; leider hat sich die Integration der fundamentalen Differentialgleichung nur in einigen besonderen Fällen bewerkstelligen lassen können, und die experimentelle Prüfung ist daher zwischen sehr enge Gränzen eingeschlossen.

Um diese Prüfung auf eine allgemeine Weise vorzunehmen, verfuhr ich wie folgt. Ich begann die asymptotische Curve, die Generatrix der Oberfläche des durch eine Ebene gehobenen Meniscus zu beobachten, und, nachdem für sehr nahe an einander liegende Abscissen die entsprechenden Werthe der Ordinaten über dem Niveau gemessen worden, construirte ich diese Curve durch Punkte und bestimmte experimentell den Flächenraum und die Lage des Schwerpunkts der zwischen dieser Curve und den beiden Axen begriffenen Fläche. Dieselben Bestimmungen machte ich bei den Menisken, die durch eine große Anzahl convexer Cylinder von verschiedenem Durchmesser