I. *Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Synaphie; vom Dr. Buys-Ballot in Utrecht.*

In seiner schätzbaren Dissertation: *De ratione quae inter fluidorum cohaesionem et calorem aliasque vires moleculares intercedit* ¹⁾ äußert Hr. Dr. Brunner in Betreff meiner früheren Arbeit über die Capillarität ²⁾: *In dissertatio, in qua v. d. Buys-Ballot accuratissime phaenomenorum capillarum cognitiones colligit, illa Sondhaussiana commentatio non recepta est. Ipse enim experimenta adhaesionis discis instituit ad rationem fluidorum cohaesionis diversa sub temperie explorandum, sed nusquam quae inde sequantur exposuit.* In Bezug auf die Untersuchung von Sondhaufs muß ich allerdings Hrn. Dr. B. Recht geben, da ich sie nicht kannte; aber, abgesehen von dem nicht an seiner Stelle stehenden *enim*, kann ich nicht umhin zu bemerken, daß es der Wahrheit gemäß statt *sed nusquam etc.* heißen müßte: *quaeque inde sequantur in dissertatione exposuit.*

Es ist dieß zu beachten, einmal weil noch so wenig Beobachtungen über den Einfluss der Temperatur auf die Capillarität veröffentlicht worden sind, und also jeder selbst geringe Beitrag einigen Werth hat, und zweitens weil mein als Dissertation erschienener Aufsatz offenbar nur sehr Wenigen in die Hände gekommen seyn kann. Meine Beobachtungen stimmen zwar nicht ganz mit denen des Hrn. Dr. B., aber darum sind die seinigen nicht schlechter, vielmehr räume ich gern ein, daß seine Beobachtungsmethode eine größere Genauigkeit zuließ, als die von mir angewandte. Er wirft

1) Welche der Verf. im vierten Hefte der Annalen d. J. in der Urschrift mitgetheilt hat. P.

2) *Dissertatio inauguralis de Synaphia et Prosaphia. Trajecti ad Rhenum* 1844.

mir vor, daß ich keine Schlüsse aus denselben gezogen habe, aber warum hat er sie denn nicht gemacht. Es war aber auch nicht nöthig, daß er sie machte, da ich selbst sehr bestimmte Folgerungen aus meinen Beobachtungen abgeleitet und Formeln gegeben habe, die, wie ich damals glaubte, das Gesetz sehr gut ausdrücken.

Zunächst findet man p. 26 ¹⁾ die Formel:

$$D = 15^{mm},3 - 0,0028t = a^2,$$

worin a^2 proportional ist der Capillarrhöhe in einer Röhre von einem Millimeter Halbmesser. Diese Formel ist aus funfzehn Versuchen abgeleitet, welche Frankenheim bei 0° und $16^\circ,5$ angestellt hat. Dann habe ich fünf von Denselben mit Alkohol gemachte Beobachtungen auf p. 27 so zusammengestellt:

Temperatur	20°	26°	35°	55°	69°
Beobachtet	6,06	6,02	5,94	5,74	5,66
Berechnet	6,07	6,02	5,95	5,77	5,65

»Effecti $a^2 = 6,24 - 0,0085t$ «: besser wäre gewesen

$$a^2 = 6,23 - 0,0085t.$$

Auf der nämlichen Seite heist es: »*Tribus reliquis observationibus de alcohole majoris densitatis*

19°	50°	62°,5
6,67	6,47	6,43
6,67	6,48	6,41

adaptari potest formula quae minimos errores indicat

$$a^2 = 6,78 - 0,006t,$$

nämlich, wenn man kurze Zahlen wünscht, sonst hat man

6,663	6,488	6,418
-------	-------	-------

aus $a^2 = 6,771 - 0,00365t$. Aufser diesen kleinen Berechnungen findet man auch Schlüsse aus meinen eignen Beobachtungen.

Nachdem ich im §. 2 des zweiten Kapitels die Vorsichtsmaafsregeln aufgezählt, die man bei Versuchen mit Adhäsionsplatten zu beachten hat, setze ich im §. 3 die Methode auseinander, nach welcher ich den Einfluß der Temperatur auf die Synaphie untersucht habe.

- 1) Auf derselben Seite habe ich mich auch, wie Hr. Dr. B., sehr gegen die Laplace'sche Hypothese erklärt: daß die Capillarrhöhe bei steigender Temperatur umgekehrt der Dichtigkeit proportional sey.

Aus §. 2 werde ich, da sein Gegenstand schon so häufig besprochen ist, nicht viel hervorheben. Man hat die Adhäsionsplatte gehörig zu reinigen ¹⁾, und muß auch die untere Fläche derselben, oder wenigstens die durch ihren Rand gelegte Ebene, vollkommen horizontal legen. Letzteres geschieht bei viereckigen Platten am leichtesten und sehr genau, und die Sicherheit, mit welcher es zu bewerkstelligen ist, wiegt den aus den Ecken entspringenden Nachtheil fast auf, so daß eine viereckige Platte von gleicher Oberfläche mit einer kreisrunden, durchschnittlich eben so große Werthe für die Cohäsion giebt, wie diese. Sind die Platten mit drei sehr feinen Schrauben versehen, durch welche man die drei Aufhängefäden verkürzen oder verlängern kann, so hat man die Horizontalität ganz in seiner Gewalt und bemerkt die geringste Abweichung von ihr sogleich, da man augenblicklich sieht, wann die Flüssigkeit nicht genau gleich weit an allen Ecken zurückweicht. Auch hat man darauf zu achten, daß die Platte sowohl vom Boden als von den Seitenwänden hinreichend entfernt bleibe ²⁾; von den letzteren ist sie fern genug, wenn der zwischen ihr und den Rändern des Gefäßes befindliche Theil der Flüssigkeit horizontal ist. Gleich Unreinigkeiten müssen auch Luftbläschen, die leicht an unreinen Stellen entstehen, und sich deshalb, wie bei den Haarröhrchen, meistens an den nämlichen Stellen einfinden, aufs sorgfältigste vermieden werden, was bei undurchsichtigen Platten natürlich schwieriger ist als bei durchsichtigen. Endlich hat man Gefäß und Platte möglichst vor Erschütterungen aller Art zu bewahren, darf also zur Zeit immer nur sehr kleine Gewichte auflegen, und zwar desto kleinere und mit mehr Vorsicht, je näher man der Gränze gerückt zu seyn glaubt.

Diefs sind die allgemeinen Vorsichtsmaafsregeln. Wenn

1) Ueber das Mittel, diels gehörig zu bewerkstelligen, vergleiche man Dutochet *sur la force capillaire* p. 27, und was derselbe von der sogenannten *surface neuve* sagt.

2) Siehe Frankenheim's Cohäsionslehre S. 102, Poisson's *Traité de capillarité* p. 212, und Young, *Philosoph. Transact. f.* 1805.

man den Einfluß der Wärme untersuchen will, so hat man noch zu beachten, was ich §. 3 p. 47—50 gesagt habe, und hier in Uebersetzung wiederholen will.

Das Gefäß, in welchem die zu untersuchende Flüssigkeit (am häufigsten Wasser) sich befand, war über eine Lampe gestellt, und konnte also bis zu jedem Temperaturgrad erwärmt werden. Drei Dinge hatte ich vorzüglich im Auge zu halten: daß die Oberfläche gleich mäßig warm wäre, daß das Plättchen dieselbe Temperatur hätte wie das Wasser, und daß ich diese Temperatur genau konnte.

Anfangs gedachte ich in die gegenüberhängende Schale der Waage weniger Gewicht zu legen als die Synaphie bei gewöhnlicher Temperatur zu tragen vermochte, und wollte dann die Temperatur erhöhen, um so alle Bewegung der Flüssigkeit zu vermeiden und ruhig den Moment abzuwarten, in welchem bei steigender Temperatur das Plättchen abreißen würde. Ich hatte dann allein auf die Temperatur zu achten und sie in dem Moment des Abreißens aufzuzeichnen, denn dieses mußte erfolgen, wenn die Synaphie bis zu dem Grade geschwächt worden, daß sie dem aufgelegten Gewichte gleich war.

Ich meinte, hiebei wäre keine Fehlerquelle vorhanden. Aber wiederholte Versuche, in der nämlichen oder einer benachbarten Temperatur angestellt, bewiesen das Fehlerhafte dieser Methode. Sie erforderte viel Zeit, da man immer beträchtlich kleinere Gewichte auflegen mußte, um das Plättchen wieder anzuheften, und, wenn es geschehen, verstrich abermals eine geraume Zeit, ehe sie wiederum abgerissen wurde. Dagegen konnte ich, wenn ich das Wasser langsam erkalten liefs, sehr viele Versuche bei abnehmender und sehr wenig verschiedener Temperatur anstellen. So entstanden viele Reihen von Beobachtungen, welche eine sehr regelmässige Abnahme der Synaphie mit steigender Temperatur darthaten und nichts zu wünschen übrig gelassen haben würden, wenn sie, mit einander verglichen, so gut übereingestimmt hätten, wie die Beobachtungen einer jeden Reihe unter sich. Das Auge folgte übrigens den

Angaben eines Fahrenheit'schen Thermometers mit Leichtigkeit, so daß ich jedesmal sehr genau die Temperatur kannte, bei welcher das Abreißen erfolgte. Die jedesmaligen Temperaturunterschiede mußten klein seyn, um die Fehler zu vermeiden, welche aus der ungleichen Temperatur der sich abkühlenden Wassertheilchen entspringen konnten. Ich wage jedoch nicht zu behaupten, daß die an der Platte befindlichen Theilchen immer genau dieselbe Temperatur gehabt haben, als die entfernteren. Die an der freien Oberfläche liegenden verloren die Wärme durch Verdampfung schneller als die anderen durch bloße Leitung, welche, wie wir aus den Versuchen von Despretz wissen, sehr gering ist. (Ann. Bd. 46, S. 340).

Wenn ich nun weiter untersuche, warum ich beim Erkalten der Flüssigkeit kleinere Abweichungen fand als beim Erwärmen derselben, so scheint mir die Ursache in der Bewegung der Theilchen zu liegen, welche bei der erkaltenden Flüssigkeit geringer ist, als bei der sich erwärmenden. Allerdings ist in beiden Fällen zwischen den oberen und unteren Schichten ein Temperaturunterschied, und folglich eine aufwärts gerichtete Bewegung der wärmeren Theilchen vorhanden; aber dieselbe ist in jenem Falle kleiner als in diesem. Wenn wir erwärmen, verlieren die oberen Schichten Wärme, während die unteren sie von der Lampe empfangen; bei der Erkaltung dagegen verlieren die Theilchen durch Ausstrahlung die Wärme gleichmäfsiger nach allen Seiten. Es würde wunderbar seyn, wenn diese Bewegung, durch welche der Abstand zwischen den zusammenhängenden Theilchen geändert wird, durchaus keinen Einfluß auf die beobachteten Gröfsen hätte. Dazu kommt noch, daß aus dem Wasser, dessen Temperatur erhöht wird, Luftblasen aufsteigen, die eine neue Erschütterung bewirken, indem sie sich an die Platte setzen¹⁾; dergleichen kommen aus erkaltendem Wasser nicht zum Vorschein.

1) Die vom Boden des Gefüßes aufsteigenden Blasen steigen nicht senkrecht in die Höhe, sondern weichen von der verticalen Linie ab, und ziehen die Platte und deren Rand in die Höhe, wie ich manchmal beobachtet habe.

Dieser Uebelstand kann vermieden werden, wenn man Wasser anwendet, das durch vorheriges Kochen größtentheils von Luft befreit worden ist; aber die andere Fehlerquelle bleibt doch. Die Mischung des Wassers ist desto weniger homogen, als die Theilchen in Temperatur verschieden sind, und dieses schadet sehr. Es war dieß am deutlichsten, als ich, um das durch Verdampfung fortgegangene Wasser zu ersetzen, oder um die Temperatur etwas schneller zum Sinken zu bringen, kaltes Wasser hinzugoss, wovon ich denn auch bald ganz zurückkam, denn das zum Abreißen erforderliche Gewicht verminderte sich außerordentlich. Wassertheilchen, welche eine andere Temperatur besitzen, bewirken ebenso eine ungleichmäßige Mischung als einige Tropfen Säure. Aus dieser Heterogenität ist erklärlich, weshalb der Zusatz von $\frac{1}{460}$ an Schwefelsäure oder Kali die Adhäsion der Platte um ein Sechstel schwächte, nicht, wie Ruhland meinte, aus der Wirkung dieser Substanzen. Auch Frankenheim hat diese Ansicht verworfen, und durch seine Versuche bewiesen, daß sie falsch ist. Ich glaube jedoch nicht, daß man seiner Erklärung unbedingt beitreten dürfe, und bin der Meinung, daß man, wie gesagt, die Thatsache eher aus der Heterogenität der Flüssigkeit erklären müsse. Aus der nämlichen Ursache muß auch dafür gesorgt werden, daß die Platte dieselbe Temperatur habe als das Wasser; darum liefs ich die Platte immer einige Zeit mit der Oberfläche in Berührung, ehe ich die Beobachtung anstellte, und liefs sie auch, nach dem Abreißen, der Oberfläche sehr nahe und in dem sich daraus entwickelnden Dampfe.

Je mehr die Temperatur stieg, desto ungewisser und schwankender waren die Resultate, da die Bewegung der Theilchen, wegen schnellerer Verdampfung, immer rascher wurde; auch hatte der Dampf bei 90° schon eine solche Spannung, daß er sichtbare Vibrationen in der Flüssigkeit erregte; endlich verdichtete sich dann auch der Dampf an der oberen Fläche der Platte, machte diese schwerer und liefs also zu große Werthe finden. Diesem war zwar durch

Abtrocknen abzuhefen, allein es ist klar, daß man hiedurch keine Compensation der Fehler erwarten konnte. Die Beobachtungen durften nicht auf diese Weise angestellt werden, sie mußten verworfen werden, da die Condensation bewies, daß die Platte nicht gleiche Temperatur mit dem Wasser hatte. Im Allgemeinen fand ich zwischen 90° und 100° kleinere Werthe, als mit der Formel $p = \alpha - \beta t$ überein kamen, wenn die Constanten aus den übrigen Beobachtungen bestimmt wurden; wegen der Menge von Fehlerquellen, die sie mit sich führen, habe ich ihnen nicht Gewicht genug beigelegt, um noch ein drittes Glied $-\gamma t^2$ hinzuzufügen.

Ich werde nun meine Beobachtungen folgen lassen.

Saure Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd.

Dichtigkeit 1,125.

Temp. F.	Gewicht, beob. Gran.	Gewicht, berechn. nach I.	Unterschied.	Gewicht, berechn. nach II.	Unterschied.
81,5	10,72	10,77	+ 5	10,86	+14
76	10,98	10,90	- 8	10,98	0
72	10,92	10,98	+ 6	11,07	+15
70	11,15	11,02	-13	11,11	- 2
69	11,18	11,04	-14	11,13	- 5
57	11,34	11,28	- 6	11,37	+ 3
45	11,37	11,53	+16	11,61	+24
40	11,50	11,62	+12	11,71	+21
37	11,50	11,68	+18	11,77	+27
36	11,59	11,70	+11	11,80	+21
34	11,72	11,74	+ 2	11,84	+14
33	11,83	11,76	- 7	11,86	+ 3
31,5	11,96	11,80	-16	11,89	- 7
27	11,90	11,89	- 1	11,98	+ 8
23	12,15	11,97	-18	12,07	- 8

I. Nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet

$$p = 12,43 - 0,0271 t. \quad C.$$

II. Aus den Beobachtungen bei niederen Temperaturen

$$p = 12,55 - 0,021 t. \quad C.$$

Lösung von reinem schwefelsaurem Kupferoxyd.

Dichtigkeit 1,212.

Temp. F.	Gewicht, beob.	Gewicht, beob.	Gewicht, berechn.	Unterschied.
200	11,86	11,83	11,84	- 2
192	11,77		11,93	+16
190	12,09		11,95	-14
182	12,12		12,03	- 9
162	12,18		12,25	+ 7
158	12,12	12,19	12,29	+ 7
156			12,31	+12
146	12,38		12,42	+ 4
140	12,38		12,48	+10
134	12,48		12,54	+ 6
132	12,51	12,60	12,56	
118	12,74	12,77	12,71	- 6
108	12,80	12,80	12,80	0
102			12,86	+ 6
90	12,77		12,98	+21
86	12,83		13,03	+20
80	13,06		13,10	+ 4
78	13,10		13,12	+ 2
70	13,16		13,21	+ 5
68	13,19		13,23	+ 4
66	13,37		13,26	-11
64	13,40		13,30	-10

Berechnet nach der Formel

$$p = 13,65 - 0,011 (t - 32^\circ). \quad \text{F.}$$

$$p = 13,65 - 0,02t. \quad \text{C.}$$

Lösung von schwefelsaurem Natron.

Dichtigkeit 1,160.

Temp. F.	Gewicht		Unterschied.	Temp. F.	Gewicht		Unterschied.
	beobacht.	berechn.			beobacht.	berechn.	
72°	12,16	12,04	-12	118°	11,43	11,57	+14
76	12,02	12,00	- 2	132	11,43	11,43	0
76	11,87	11,99	+12	134	11,35	11,41	+ 6
78	11,84	11,97	+13	144	11,35	11,31	- 4
80	11,70	11,95	+25	146	11,23	11,29	+ 6
80	11,64	11,95	+31	156	11,23	11,19	- 4
86	11,64	11,89	+25	158	11,11	11,17	+ 6
88	11,76	11,87	+11	168	11,05	11,07	+ 2
90	11,54	11,85	+31	176	11,05	10,99	- 6
94	11,54	11,81	+27	182	10,79	10,93	+14
98	11,51	11,77	+26	190	10,67	10,85	+17
102	11,48	11,73	+25	192	10,57	10,83	+26
108	11,48	11,67	+19	200	10,56	10,75	+18
110	11,31	11,65	+34				

Berechnet nach

$$p = 12,44 - 0,01 (t - 32^\circ). \quad \text{F.}$$

$$p = 12,44 - 0,018t. \quad \text{C.}$$

Lösung von schwefelsaurem Natron.

Dichtigkeit = 1,065.

Temp. F.	Gewicht		Unter- schied.	Temp. F.	Gewicht		Unter- schied.
	beobacht.	berechn.			beobacht.	berechn.	
59°,5	5,74	5,77	+ 3	36°	6,21	6,15	- 6
55	5,90	5,84	- 6	33	6,21	6,20	- 1
54	5,90	5,86	- 4	33,5	6,26	6,19	- 7
51	5,88	5,90	+ 2	33	6,26	6,20	- 6
51	5,91	5,90	- 1	30	6,32	6,25	- 7
47	5,91	5,96	+ 5	29	6,37	6,27	-10
44	5,98	6,00	+ 2	24	6,39	6,35	- 4
44	5,98	6,00	+ 2	22,5	6,39	6,37	- 2
42	5,92	6,03	+11	21	6,45	6,40	- 5
39	5,98	6,08	+10	18	6,43	6,45	+ 3
38	6,04	6,09	+ 5	16,5	6,63	6,47	
36	6,11	6,15	+ 4	16	6,75	6,49	
				14	6,81	6,52	

Berechnet nach der Formel

$$p = 6,75 - 0,0166t. \quad C.$$

Reines Wasser.

Temp. F.	Beobachtet		Berechnet nach I.	Untersch. mit dem Mittel der Beobacht.	Berechnet nach II.	Untersch. mit dem Mittel der Beobacht.
	Reihe I.	Reihe II.				
208°	11,05	11,02	11,19	+16	11,07	+ 3
204	10,93	10,93	11,24	+31	11,13	+20
200	11,34	11,25	11,30	0	11,20	-10
199	11,40	11,64	11,31	-31	11,21	-33
194	11,27		11,39	+12	11,30	+ 3
190	11,43	11,37	11,45	+ 5	11,37	- 3
186	11,49	11,37	11,50	+ 7	11,43	0
186		11,46	11,50	+ 4	11,43	- 3
178	11,67		11,61	- 6	11,57	-10
176	11,70		11,64	- 6	11,60	-10
173	11,86		11,69	-17	11,65	-21
170	11,89	11,70	11,74	- 6	11,70	-10
166		11,76	11,80	+ 4	11,77	+ 1
160	11,96	11,82	11,89	0	11,85	+ 4
153	12,24	11,90	12,00	- 7	11,96	- 9
142		12,14	12,16	+ 2	12,15	+ 1
138		12,20	12,22	+ 2	12,21	+ 1
130		12,35	12,34	- 1	12,34	- 1
110	12,47		12,64	+17	12,67	+20
108	12,53		12,67	+14	12,70	+17
106	12,59	12,47	12,70	+17	12,73	+20
62		13,52	13,37	-15	13,43	- 9
62	13,52	13,46	13,37	-10	13,43	- 4

Formel I ist

$$p = 14,28 - 0,0149t.$$

$$p = 13,81 - 0,0268t.$$

F.

C.

Reines Wasser.

Temp. F.	Beobachtet		Berechnet nach I.	Unterschied	Berechnet nach II.	Unterschied.
	Reihe I	Reihe II.				
116°	12,24		12,63	+41	12,57	+33
108	12,41		12,77	+36	12,70	+29
103	12,94		12,83	-11	12,78	-16
99,5	12,94		12,90	-4	12,85	-9
97		13,03	12,94	-9	12,88	-15
95		13,09	12,97	-12	12,90	-18
93	12,94	13,11	13,03		12,94	-8
89	13,07	13,13	13,09	-2	13,01	-9
85	13,12	13,15	13,13	-1	13,07	-6
84		13,16	13,14	-2	13,09	-7
82,5		13,19	13,16	-3	13,11	-8
82	13,12		13,17	+5	13,12	0
79		13,26	13,21	-5	13,17	-9
76		13,27	13,26	-1	13,22	-5
74		13,30	13,29	-1	13,25	-5
71	13,29	13,29	13,33	+4	13,30	+1
69	13,32	13,26	13,36	+6	13,33	+4
67,5	13,35		13,39	+4	13,35	0
67	13,32	13,32	13,39	+7	13,36	+4
66	13,38	13,37	13,40	+2	13,38	
66	13,39	13,40	13,41	+1	13,38	-2
65	13,42	13,42	13,42		13,39	-3
63	13,32		13,45	+13	13,42	+10
61,5	13,51		13,48	-3	13,44	-7
61	13,48		13,49	+1	13,45	-3
60	13,52	13,52	13,50	-2	13,47	-5
50	13,69		13,65	-4	13,64	-5

Formel I $p=13,92-0,0271t$. C.

Formel II $p=13,94-0,0293t$. C.

Die Endresultate zeigt nachstehende Tafel, welche in etwas abgeänderter Form die auf Seite 58 meiner Dissertation ist.

Flüssigkeit.	Beobacht. Gew. $p=\alpha-\beta t$.	Dichtigkeit.	Größe der	Werthe von a^2 .
			Platte. Qdr. millim.	
Kupfervitriol, sauer	12,55-0,021t	1,125	2463	10,26 -0,0343t
Kupfervitriol	13,65-0,02t	1,212	2500	10,15 -0,0297t
Glaubersalz	12,44-0,018t	1,160	2463	9,472-0,0274t
Glaubersalz	6,75-0,017t	1,065	1250	12,86 -0,0632t
Wasser 10°-40° C.	13,92-0,027t	1,000	2500	15,50 -0,06t
Wasser 17°-94° C.	13,81-0,027t	1,000	2463	15,80 -0,0614t

Die Gröfse α' ist aus den Poisson'schen Formeln berechnet, so wie ich sie a. a. O. p. 38 entwickelt habe. Mein Coëfficient ist also mehr als doppelt so groß als der Brunner'sche. Ist dies nun allein der Ungenauigkeit meiner Beobachtungen oder der Methode selbst zuzuschreiben? Wider die erstere Vermuthung muß ich meine Beobachtungen in Schutz nehmen; jedenfalls bin ich dem Brunner'schen Werthe viel näher gekommen als Achard, dessen Schrift ich nicht gelesen habe, sondern von der ich nur die im Gehler'schen Wörterbuch mitgetheilten zwei Beobachtungen kenne, aus denen geschlossen wird $\beta =_{\tau\tau\tau} \alpha$. Bei mir ist β noch nicht $=_{\tau\frac{1}{2}\tau} \alpha$.

Frankenheim (Cohäsionslehre S. 87) sagt von Achard: »Er giebt eine Formel, nach welcher die Abnahme arithmetisch ist, und Rechnung und Beobachtung stimmen bis auf eine verschwindende Differenz mit einander überein. Auf 100° berechnet, würde M um nicht weniger als 0,29 seines Werthes bei 0° abgenommen haben, und D , das bei $0^\circ = 15,0$ ist, müßte bei 100° nur etwa 8,4 Millimeter betragen. Wer die Uebereinstimmung seiner Versuche mit einer Theorie erwartet, der findet sie gewöhnlich trotz Waage und Maafsstab, besonders wenn die Wahl unter mehrern von einander abweichenden Beobachtungen dem eignen Er-messen überlassen bleibt.«

Es ist jedoch sonderbar, daß der Coëfficient derselbe, nur wenig größer ist als ich ihn gefunden habe. Ich habe in meiner Dissertation die Versuche von Achard gar nicht beachtet, weil ich sie, nach obigem Urtheile von Frankenheim, sogleich für ganz werthlos hielt. Wegen der andern Form, in der ich damals die obige Formel gegeben hatte, bemerkte ich die große Uebereinstimmung nicht, indem ich meine Coëfficienten nicht so berechnet hatte, daß sie vergleichbar waren. Die Versuche von Achard sind übrigens auch mit Adhäsionsplatten angestellt, und gilt also von ihnen, was ich von den meinigen sagen werde.

Berechnet man nämlich die Gröfse α' aus der von Poisson gegebenen Formel:

$$a = \frac{p}{\pi \mu r^2 \sqrt{2}} \left(1 + \frac{\tau \mu a^2 r}{3p} \right),$$

so ist bei Untersuchungen, wie die unserigen, nicht erlaubt $\mu=1$ zu setzen. Diefes aber habe ich bei Ausarbeitung meiner Dissertation gethan, und hätte mir von Herrn Dr. Brunner übel gedeutet werden können. Ich hätte erstlich p für jede Temperatur mit dem dazugehörigen μ dividiren, und aus dem so erhaltenen Quotienten eine Formel

$$\frac{p}{\mu} = \alpha - \beta t$$

berechnen müssen, dann aber aus $\alpha - \beta t$ den Werth von a^2 nach:

$$a^2 = \frac{(\alpha - \beta t)^2}{2(\pi r^2)} \left(1 + \frac{2\pi a^2 r}{3(\alpha - \beta t)} \right),$$

und also für $t=0$

$$a^2 = \frac{p^2}{2(\pi r^2)} \left(1 + \frac{2\pi a^2 r}{3p} \right).$$

Das zweite Glied habe ich wegen seiner Kleinheit vernachlässigt, und bin dann mittelst des ersten zu dem Ausdruck gelangt:

$$a^2 = \frac{\alpha}{2(\pi r^2)} - \frac{\alpha \beta}{(\pi r^2)^2} t = A - Bt,$$

wo

$$A = \frac{\alpha}{2\pi r^2} \text{ und } B = \frac{\alpha \beta}{(\pi r^2)^2}.$$

Suchen wir zunächst die Werthe von α und β für die Beobachtungen S. 185, so haben wir die Gleichungen

$$332,52 - 25\alpha + 614\beta = 0$$

und

$$813574 - 614\alpha + 16580\beta = 0$$

nach der Methode der kleinsten Quadrate, also:

$$\alpha = \frac{p}{\mu} = 138074 - 0,020628t \quad \dots \quad (I),$$

und folglich für diese Reihe

$$a^2 = 15,2515 - 0,045573t.$$

Für die Reihe auf S. 186 haben wir ebenso die Gleichungen

$$255,34 - 21\alpha + 1489,4\beta = 0$$

und

$$17909,395 - 1489,4\alpha + 115040\beta = 0,$$

woraus

$$\alpha = \frac{p}{\mu} = 13,667 - 0,021264t \quad \dots \quad (II)$$

und

$$a^2 = 15,395 - 0,04773t.$$

Die folgende Tafel zeigt die Uebereinstimmung dieser Formeln mit jeder der Reihen.

Erste Reihe.

Temp.	p .	$\frac{p}{\mu}$.	$\frac{p}{\mu}$ aus I.	Unterschied.	$\frac{99}{100} \frac{p}{\mu}$ a. III.	Unterschied.
97°,8 C.	11,035	11,49	11,59	+10	11,57	+10
95,6	10,93	11,36	11,63	+27	11,63	+27
93,3	11,295	11,72	11,68	-4	11,68	-4
92,8	11,52	11,95	11,69	-26	11,69	-26
90,0	11,27	11,67	11,75	+8	11,75	+8
87,8	11,40	11,79	11,80	+1	11,80	+1
85,6	11,44	11,81	11,84	+3	11,85	+4
81,1	11,67	12,02	11,94	-8	11,95	-7
80,0	11,70	12,04	11,96	-8	11,97	-7
78,3	11,86	12,19	12,00	-19	12,005	-18,5
76,7	11,795	12,11	12,04	-7	12,04	-7
74,4	11,76	12,06	12,08	+2	12,085	+2,5
71,1	11,89	12,17	12,16	-1	12,165	-0,5
67,2	12,07	12,32	12,24	-8	12,245	-7,5
61,1	12,14	12,35	12,37	+2	12,38	+3
58,9	12,20	12,40	12,42	+2	12,425	+2,5
54,4	12,35	12,52	12,51	-1	12,52	0
43,3	12,47	12,58	12,75	+17	12,755	+17,5
42,2	12,53	12,64	12,78	+14	12,775	+13,5
41,1	12,53	12,63	12,80	+17	12,81	+18
16,7	13,50	13,52	13,31	-20	13,34	-18

Zweite Reihe.

Temp.	p .	$\frac{p}{\mu}$.	$\frac{p}{\mu}$ aus II.	Unterschied.	$\frac{p}{\mu}$ aus III.	Unterschied.
39°,5 C.	12,94	13,035	12,99	-4,5	12,975	-6,5
37	12,94	13,025	13,03	+0,5	13,03	+0,5
36	13,03	13,11	13,055	-5,5	13,05	-6
35	13,09	13,17	13,075	-9,5	13,07	-10
34	13,025	13,10	13,10	0	13,095	-0,5
32	13,10	13,16	13,14	-2	13,135	-2,5
29,5	13,12	13,175	13,20	+2,5	13,19	+1,5
29	13,16	13,21	13,21	0	13,20	-1
28	13,19	13,24	13,23	-1	13,22	-2
27,5	13,12	13,17	13,24	+7	13,23	+6
26	13,26	13,30	13,27	-3	13,26	-4
24,5	13,27	13,31	13,30	-1	13,30	-1
23,5	13,30	13,335	13,32	-1,5	13,32	-1,5
21,5	13,29	13,32	13,36	+4	13,365	+4,5
20,5	13,28	13,305	13,38	+7,5	13,385	+8

Temp.	p .	$\frac{p}{\mu}$.	$\frac{p}{\mu}$ aus II.	Unter- schied.	$\frac{p}{\mu}$ aus III.	Unter- schied.
20° C.	13,35	13,375	13,395	+ 2	13,395	+ 2
19,5	13,32	13,345	13,405	+ 6	13,41	+ 6,5
19	13,375	13,40	13,415	+ 1,5	13,42	+ 2
19	13,395	13,415	13,415	0	13,42	+ 0,5
18,5	13,42	13,44	13,425	- 1,5	13,43	- 1
17,5	13,32	13,34	13,44	+10	13,45	+11
16	13,51	13,525	13,485	- 4	13,485	- 4
15,5	13,48	13,49	13,49	+ 0	13,495	+ 0,5
15,5	13,52	13,55	13,49	- 4	13,495	- 3,5
10	13,69	13,695	13,60	- 9,5	13,615	- 8

Die vorletzte Spalte enthält die berechneten Werthe für $\frac{p}{\mu}$, wenn ich die zwei Beobachtungsreihen combinire, und zwar auf folgende Weise:

Die erste Reihe ist mit der runden Platte von 2463 Quadratmillimeter angestellt, die zweite mit der viereckigen von 2500 Quadratmillimeter. Wir sehen aber den Einfluss und Nachtheil der Form der viereckigen Platte. Obgleich diese Platte die Gröfse P um $1\frac{1}{2}$ Hundertel hätte gröfser geben müssen, giebt sie sie nur um ein Hundertel gröfser. Indefs ist $13,667 + 0,137 = 13,804$, nicht abweichend genug von 13,807, um deshalb die Rechnung complicirter zu machen. Ich habe also angenommen, eine viereckige Platte gebe $\frac{1}{1000}$ weniger als eine runde von der nämlichen Gröfse, dafs demnach die Angaben meiner runden Platte um $\frac{1}{1000} = (\frac{1}{1000} - \frac{1}{1000})$ zu erhöhen seyen, um mit den Angabrn meiner viereckigen Platte verglichen werden zu können. Multiplicire ich nun jedes für die erste Reihe gegebene $\frac{p}{\mu}$ mit 1,01, oder, was dasselbe ist, ändere ich in den Gleichungen

$$255,34 = x \frac{p}{\mu} \text{ in } 257,89 = 1,01 \times 255,34$$

und

$$17909,395 \text{ in } 18088,489,$$

so kann ich die Gleichungen der ersten Reihe mit denen der zweiten combiniren, und daraus α und β herleiten. So erhalte ich

$$590,46 - 46\alpha + 2103,4\beta = 0$$

und

$$26224236 - 2103,4\alpha + 131620\beta = 0,$$

und daraus

$$\alpha = 13,832, \quad \beta = 0,0218;$$

also

$$\frac{p}{\mu} = 13,832 - 0,0218t \quad \dots \quad (III)$$

und

$$\alpha^2 = 15^{mm},306 - 0,04824t.$$

Nach der Formel (III) für $\frac{p}{\mu}$ sind nun die gesammten Werthe der vorletzten Spalte berechnet worden; ich habe indeß die berechneten Werthe, um sie mit den beobachteten der ersten Reihe zu vergleichen, multiplicirt mit 0,99. Die letzte Spalte giebt dann den Unterschied des jedesmaligen $\frac{p}{\mu}$ für die zweite Reihe mit dem nach der Formel (III) berechneten, und für die erste Reihe mit 0,99 des eben so berechneten $\frac{p}{\mu}$.

Nun stimmen die verschiedenen α^2 sowohl unter sich als mit den von anderen Beobachtern gefundenen Werthen sehr gut. *Haec experimenta licet non tam bene cum formulis convenient, sagte ich damals, und, obgleich sie nach vorstehender Berichtigung viel besser stimmen, sage ich es noch jetzt, ut non meliora expectanda sint, tamen efficaciam caloris omni dubio majorem faciunt: ultiores disquisitiones indicare dicere debebunt, quomodo numeri coefficientes α et β pro variis liquidis variis sint ab eorumque natura pendeant.*

Ueber die Abhängigkeit der Constanten A und B von der Natur der Flüssigkeit, glaube ich mit Hrn. Dr. Brunner, daß sie noch wenig bekannt ist. Die Vermuthung von Frankenheim halte ich noch nicht für genug bestätigt, um mit ihm anzunehmen, daß das Product aus α^2 , d. h. A_0 in dem Brechungsindex, eine constante Zahl sey. Ich habe sie a. a. O. p. 28 nur bezweifelt, konnte sie aber nicht verneinen, weil mir die interessanten Beobachtungen des Hrn. Prof. Mitscherlich nicht bekannt waren.

Auch die Formel, durch welche Frankenheim a^2 mit der Dichtigkeit verbindet (Cohäsionslehre S. 88), ist fehlerhaft. Ich habe sie darum p. 29 verworfen, und daran die Berechnungen von Kopp ¹⁾ ausgeführt nach der Interpolationsformel

$$a^2 = \frac{A\alpha + B\beta}{A + B},$$

worin A und B die Mengen der beiden Stoffe bezeichnen, α die GröÙe a^2 für den einen und β die für den andern ist.

Dies giebt für einige verdünnte Säuren die folgenden Resultate:

Temp.	Spec. Gew ρ	VWasser in 100; B.	a^2 beobacht.	a^2 berechnet.	Unter- schied.
-------	---------------------	-----------------------	--------------------	---------------------	-------------------

Salpetersäure.

16° C.	1,500	2,3	5,70	5,70	0,00
16	1,432	31,7	7,50	7,68	+0,88
16	1,372	35,2	8,80	8,92	+0,12
8,5	1,369	35,5	9,24	8,94	-0,30
8,5	1,275	53,7	10,73	10,55	-0,18
19	1,271	54,0	10,65	10,64	-0,01
13	1,223	61,7	11,30	11,34	+0,04
2,5	1,147	63,9	12,48	12,45	-0,03
19	1,117	79,2	12,71	12,92	+0,21
8,5	1,089	87,1	13,47	13,38	-0,09

Schwefelsäure.

14,5	1,849	13,5	6,85	6,85	0,00
17,5	1,782	13,5	8,30	7,92	+0,38
17,5	1,609	29,0	9,40	9,17	-0,23
17,5	1,522	37,6	10,00	9,77	-0,23
17,5	1,382	50,7	11,50	10,90	-0,60
17,5	1,195	73,0	12,74	12,68	-0,06
17,5	1,127	81,7	13,41	13,38	-0,03

Chlorwasserstoffsäure.

17,5	1,153	26,8	12,40	12,40	0,00
17,5	1,113	25,8	12,90	13,03	+0,13
17,5	1,057	62,5	13,90	12,92	+0,02

$A+B$ ist hier =100, ferner ist α die Capillarität der Säure (die bei der Salpetersäure natürlich hypothetisch ist, da

1) Ueber die Modification der mittleren Eigenschaft S. 170.

da N^2O^5 nicht für sich besteht) und β die des Wassers. Ich glaube wir werden uns fürs erste noch mit solchen Interpolationsformeln begnügen müssen. Die Temperatur ist nicht berücksichtigt worden.

Noch kann ich nicht die Einwürfe übergehen, welche Donny gegen die Methode zur Bestimmung der Synaphie bei Flüssigkeiten erhebt ¹⁾. Sehr geneigt bin ich, ihm einzuräumen, daß die eingeschlossene Luft die Synaphie sehr verändern könne, aber so finden wir denn doch immer die Synaphie für lufthaltige Flüssigkeiten. Die Uebereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung, und auch die Uebereinstimmung der Capillarrhöhe aus Beobachtungen mit Adhäsionsplatten ist doch so groß, daß sie nicht zufällig seyn kann. Wir brauchen uns auch nicht durch die von Hrn. Donny gemachten Einwürfe einschüchtern zu lassen.

Wenn anders ich es richtig verstehe, sonst würde meine Bemerkung keinen Werth haben, senkte er das Gefäß, dessen Flüssigkeit die Adhäsionsplatte berührte, während diese letztere befestigt war. Hiebei war es leicht die Flüssigkeit zu einer dünnen Säule auszuziehen, sobald es nur mit Vorsicht geschah, indem kein ziehendes Gewicht vorhanden war, welches immer und immer kräftiger wirkte. Bei den Beobachtungen mit den Adhäsionsplatten aber wird nur sehr wenig, etwa ein Zehntel der Platte von der Flüssigkeit verlassen, bei einer runden Platte nicht einmal so viel, und wenn die Flüssigkeit sich weiter zurückzieht, wird das nämliche Gewicht, welches nun an einer dünneren Säule hängen würde, sie immer noch dünner zu machen streben, wie es auch geschieht. Man kann dann nichts mehr auflegen, und man mißt also das Gewicht, das erforderlich ist, um die erste Verringerung des Querschnitts der Säule zu bewirken, gerade so wie man es wünscht. Der Einwurf des Hrn. Donny trifft also nicht.

Es verhält sich gerade so, wie mit einem Metalledraht nach Wertheim's Beobachtungen ²⁾. Wenn dieser ein-

1) *Mémoire sur la cohésion des liquides etc.* (Ann., Bd. 67, S. 562.)

2) *Annalen, Ergänzungsband II, Heft I.*

mal durch ein Gewicht eine bleibende Verlängerung, also auch eine bleibende Verringerung seines Durchmessers erfahren hat, wird er durch ein und dasselbe Gewicht immer dünner werden und zuletzt zerreißen. Der nämliche Fall tritt bei Flüssigkeiten ein, nur schneller. Was Hr. Donny in seiner trefflichen Abhandlung gesagt hat, ist ganz richtig, nur bildet es keinen Einwurf gegen die Methode, die Synaphie durch Adhäsionsplatten zu bestimmen.

II. *Ueber gewisse Erscheinungen beim Volta'schen Glühen, und die Zersetzung des Wassers durch Hitze: von W. R. Grove.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den *Philosoph. Transact. f.* 1847, pt. I.)

Im *Philosophical Magazine*, August 1841, empfahl ich zu eudiometrischen Zwecken den Gebrauch eines durch die Volta'sche Batterie in's Glühen versetzten Platindrahts. In Taf. I, Fig. 6, ist ein hiezu geeigneter Apparat abgebildet. Er besteht aus einer Röhre von böhmischem Glase, mit einem am oberen Ende eingeschmolzenen Bügel (*Loop*) aus Platindraht von $\frac{1}{8}$ Zoll Durchmesser. Die Gröfse der Glasröhre muß sich nach der zu untersuchenden Gasmenge richten; sie kann erforderlichenfalls sehr klein seyn, ein Achtelzoll weit; vermittelt eines Kupfer- oder Platindrahts oder Glasstabs, wie es dem Gase angemessen ist, kann man dieses in der Röhre zum Aufsteigen bringen. Eine Salpetersäure-Batterie aus zwei Zellen reicht vollkommen hin, den Draht in's Glühen zu bringen, und dieselbe Batterie liefert durch Elektrolyse reinen Sauer- und Wasserstoff zu der Analyse. Seit ich dieses Eudiometer vorschlug, habe ich selten ein anderes zu solchen Analysen angewandt, wo die zu untersuchenden Gase mit Sauerstoff oder Wasserstoff verbunden werden müssen. Es besitzt den Vorzug, daß