II. Ueber die Compressibilität der Oele und Colloide¹⁾; von G. de Metz.

1. Beschäftigt mit Untersuchungen über die temporäre Doppelbrechung des Lichtes in rotirenden Flüssigkeiten, suchte ich zugleich nach dem Verhältnisse dieser Erscheinung zu der Compressibilität, respective Volumenelasticität der Flüssigkeiten. Ich hatte die Absicht, eine Antwort auf die Frage — warum die Kundt'sche Doppelbrechung nicht allen Flüssigkeiten, sondern nur den Oelen und Colloiden eigen ist — zu finden.

2. Obgleich die Literatur einige Arbeiten von Prof. G. Quincke²⁾ und Prof. E. H. Amagat³⁾ über diesen Gegenstand aufzuweisen hat, so ist doch die Zahl der gewonnenen Daten zu gering, um auf Grund derselben die Lösung der bezüglichen Frage vornehmen zu können. Ich fasste deshalb den Entschluss, alle diejenigen Flüssigkeiten, welche Hr. Prof. Kundt⁴⁾ und ich⁵⁾ in unseren Abhandlungen anführen, zu untersuchen und benutzte dabei die Jamin'sche⁶⁾ Methode, die für stark compressible Flüssigkeiten (wie Wasser), meiner Meinung nach, als zuverlässig gelten kann, worauf ich in meinen folgenden Untersuchungen zurück zu kommen gedenke.

3. Wie bekannt, ergibt die Jamin'sche Methode beim Experiment diejenige Correction γ der Volumenveränderung des Piezometers, welche von der scheinbaren Compressibilität C der Flüssigkeit im Piezometer unter dem inneren Druck abzuziehen ist — um den Coëfficient der absoluten Compressibilität κ zu erhalten, d. h.:

1) Vom Hrn. Verf. für die Annalen bearbeitet nach der russischen Abhandlung: „Experimentelle Untersuchungen der mechanischen Eigenschaften der Oele und Colloide.“ Abhandlungen der mathem. Abtheilung der Naturforschergesellschaft der Universität Odessa. 9. p. 139. 1889.

2) G. Quincke, Wied. Ann. 19. p. 401. 1883.

3) E. H. Amagat, Ann. de chim. et de phys. (5) 11. p. 535. 1877.

4) A. Kundt, Wied. Ann. 13. p. 110. 1881.

5) G. de Metz, Wied. Ann. 35. p. 497. 1888.

6) Jamin, Compt. rend. 66. p. 1104. 1868.

$$(1) \quad \alpha = \frac{C - \gamma}{V \cdot p},$$

wo V das Volumen des Piezometers und p den Druck in Atmosphären bedeuten; V , C und γ sind immer in Kubikmillimetern angeführt.

4. Ich verfügte bei meinen Untersuchungen über folgende Instrumente:

a) Cailletet'sche¹⁾ Pumpe von Ducretet & Cie. in Paris construirt, welche rasch und leicht einen starken Druck ausübt und denselben auch sehr gut unterhält.

b) Luftmanometer²⁾ vom Universitätsmechaniker J. Timtschenko, die Constanten von mir berechnet. Beim Beginn und Schluss einer Reihe von täglichen Beobachtungen nahm ich zum Quecksilbermanometer (bis 1,25 Atm.) meine Zuflucht, wodurch ich die Möglichkeit erhielt, auf der Scala des Luftmanometers den Punkt, welcher einem ganz bestimmten Drucke (gewöhnlich 0,25 Atm.) entspricht, festzustellen. Darauf berechnete ich nach dem Mariotte'schen Gesetz den Druck bei den anderen Punkten dieser Scala, indem ich die übrige (jetzt bekannte) Luftsäule halbirte. Bei der ersten Halbirung bekam ich je nach der Zimmertemperatur und dem Barometerstand den Druck von 1,652—1,661 Atm.; bei der zweiten — von 4,165 bis 4,187 Atm.; bei der dritten — von 9,294—9,340 Atm. Bei dem letzten Druck blieb ich gewöhnlich stehen. Der Gebrauch des Quecksilbermanometers bei meinen Beobachtungen befreite mich von jeder Correction und den damit verbundenen Fehlern.

5. Ich hielt es für nöthig, dem Piezometer eine andere Form als üblich zu geben, und zwar bestand die Aenderung im Capillaransatz bc (Fig. 1) am untern Theil des Piezometers ab . Dieser Ansatz bietet eine wesentliche, praktische Erleichterung beim Ausleeren des Gefäßes, sowie bei dessen Waschen und Trocknen, da der Gebrauch des gewöhnlichen Piezometers bei Experimenten mit zähen Flüssigkeiten sehr beschwerlich ist. Nach jedem Experiment, wenn eine Flüssigkeit durch eine andere ersetzt werden musste, schnitt ich einen unbedeutenden Theil der Spitze c ab; das Gefäß wurde dadurch an den Punkten c und d geöffnet, konnte leicht geleert und wieder

1) Jamin et Bouty, Cours de Phys. 1. fasc. I. p. 129. 1882.

2) Jamin et Bouty, l. c. p. 219 etc.

gefüllt werden. Diese Manipulation zieht keine überflüssigen Berechnungen der Gefäßcapacität V nach sich, da die letztere durch das Abschneiden der Spitze c kaum um 2 mm verändert wird; ich zog jedoch selbst diese Volumenveränderung in Betracht. Um Ungenauigkeiten zu begegnen, sowie zur Verlängerung des Gebrauchs des Capillars bs , schnitt ich die Spitze c nicht mit dem Messer, sondern schliiff sie auf einem Steine ab. Bei meinen Untersuchungen hatte ich zwei Piezometer A und B zu meiner Verfügung, beide aus einem Glasrohr gefertigt; ihre Capacität V war:

$$V_A = 50622 \text{ cmm bei } 16^\circ \text{ C.}$$

$$V_B = 48272 \text{ cmm bei } 16^\circ \text{ C.}$$

und die Radien:

$$(A) \quad R_1 = 10,490 \text{ mm;}$$

$$R_0 = 8,285 \text{ mm.}$$

$$(B) \quad R_1 = 10,675 \text{ mm;}$$

$$R_0 = 8,495 \text{ mm.}$$

6. Das oben beschriebene Gefäß war ein für allemal mit gutem Siegelack in eine T-förmige Messinghülse aa (Fig. 2) eingekittet, wie sie gewöhnlich bei den Compressibilitätsversuchen der Gase vermittelst der Cailletet'schen Pumpe angewendet wird. Auf die Messinghülse aa war ein anderes Messingrohr bb aufgesetzt, welches sich auf der ersten bewegte und oben ebenfalls versiegelt war, wobei berücksichtigt wurde, dass der Siegelack des Rohres

bb sich mit dem der Hülse aa nicht verband. Der freie Raum zwischen den beiden Siegelackpfropfen war mit der äusseren Luft durch die Oeffnung o im Rohre bb verbunden.

Diese complicirte, nach der Idee des Hrn. Prof. Schwedoff ausgeführte Einrichtung wurde angewendet, um sicher zu sein, dass die Angaben des Correctionsrohres γ richtig waren. Das freie Ende des Rohres bb hatte einen Schraubengang, auf welchem sich eine Schraubenmutter bewegte, mit einer Vorrichtung für das Einkitten der Glasglocke und für die Uebertragung des Druckes aus der Pumpe nach innen. Wenn der ganze Apparat zusammengeschaubt und aufgestellt ist (Fig. 2), dringt das Wasser aus der Pumpe durch die Oeffnung f in die Glocke, comprimirt die Luft in derselben und erniedrigt das Niveau im Capillarrohr C ; das Piezometer dehnt sich aus, und es verändert sich infolge dessen das Niveau im Correctionsrohre γ . Die Glasglocke war so lang, dass bei dem zehnfachen Atmosphärendruck das Wasser der Pumpe in das Innere der Capillare C nicht eindringen konnte. Ich will nun auseinandersetzen, warum ich dem Rohre $aa\ bb$ eine complicirte Construction geben musste. Das Wasser in der Glocke befindet sich unter dem Einflusse des Luftdruckes, und wenn der Siegellackpfropfen aus einem einzigen Stücke von bb bis aa bestände, so könnte das Wasser den Siegellack durchdringen und aus der Glocke in den Stahlcylinder BB (Fig. 2) treten, das Volumen des daselbst befindlichen Wassers vergrössern und die richtigen Angaben des Correctionsrohres γ beeinflussen. Da wir jedoch an der Niveauveränderung im Rohre γ die durch den inneren Druck hervorgebrachte elastische Ausdehnung (räumliche Dilatation) des Piezometers messen, so würden unsere Angaben auf Irrthümern beruhen. Es ist also klar, dass bei der beschriebenen Vorrichtung das Durchdringen des Wassers diese Fehler nicht nach sich ziehen konnte, wenn selbst der Siegellackpfropfen sich als schwach erweisen sollte. Das Wasser wird im letzteren Falle durch die Oeffnung o ausfliessen; freilich wird der Druck im Innern der Glocke fallen; das kann aber für die Angaben des Correctionsrohres keine Bedeutung haben. Ich muss aber bemerken, dass im Verlaufe meiner Untersuchungen kein Durchdringen des Siegellackpropfens und somit auch kein Ausfliessen des Wassers durch die Oeffnung o beobachtet wurde.

7. Den Stahlcylinder BB mit dem Piezometer senkte

ich in einem grossen Eimer mit Wasser, der in Matten eingehüllt war; auf diese Weise erhielt ich das Piezometer auf der constanten Zimmertemperatur oder 0°.

8. Die Füllung des Piezometers ging immer bei einer Erwärmung der Flüssigkeit bis 100° C. in einem mit Hülfe der Carré'schen Pumpe¹⁾ erzeugten Vacuum vor sich; der grösste Theil der Flüssigkeiten kam dabei ins Sieden.

9. Da alle Messungen zur Berechnung der Angaben im Capillarrohr *C* und im Correctionsrohr γ führen, so musste dafür Sorge getragen werden, dass die Benetzung der Capillare *C* mit zähen Flüssigkeiten, wie Oelen und Colloiden, beseitigt wurde. Ich setzte deshalb den Oelen im Capillarrohr *C* 50 cmm reines Benzol zu; anderen Flüssigkeiten ebensoviel Wasser oder Alkohol (bei Collodium duplex).

10. Meine Experimente führte ich folgendermaassen aus:

a) Ich bestimmte auf der Scala des Luftmanometers mittelst des Quersilbermanometers den einem halben Atmosphärendruck entsprechenden Theilstrich und berechnete danach, wie schon erwähnt, den Druck, welcher von 9,294–9,340 Atmosphären schwankte, je nach der Zimmertemperatur und dem Barometerstand.

b) Dann machte ich gleichzeitige Ablesungen: die eine an den Capillaren des Piezometers *C*, die andere am Correctionsrohr γ und die dritte an einem Alvergnyat'schen Thermometer, welches bis auf 0,02° C. eingetheilt war.

c) Steigerte ich langsam, mittelst der Pumpe, den Druck bis zum berechneten Theilstrich des Luftmanometers, liess ihm die nöthige Zeit zum constant werden und las wieder die Angaben der Röhre *C* und γ , sowie des Thermometers ab.

d) Verminderte ich langsam den Druck, liess ihn wieder constant werden und las die Angaben der Röhre *C* und γ , sowie des Thermometers ab.

e) Nach diesen Angaben berechnete ich den Compressibilitätscoëfficient α der untersuchten Körper, nach der Formel (1), sowie den Coëfficient der elastischen Ausdehnung des Piezometers δ , nach der Formel:

$$(2) \quad \delta = \frac{\gamma}{V \cdot p}.$$

1) Jamin et Bouty, l. c. p. 252.

f) Jeder Coëfficient κ ist das Mittel mehrerer Beobachtungen nach obigem Plan; ich berücksichtige dabei den Unterschied zwischen der Compression bei Vergrößerung des Druckes von 1—10 Atmosphären und der Ausdehnung bei Verminderung des Druckes von 10—1 Atmosphären. Ich bezeichne weiterhin den ersten Coëfficient mit κ_1 und den zweiten mit κ_2 und dem entsprechend die Angaben des Rohres C mit C_1 und C_2 , und des Rohres γ mit γ_1 und γ_2 , d. h.:

$$(3) \quad \kappa_1 = \frac{C_1 - \gamma_1}{V \cdot p}, \quad \kappa_2 = \frac{C_2 - \gamma_2}{V \cdot p}.$$

Die Coëfficienten κ_1 und κ_2 sind meist verschieden.

11. Ich untersuchte vor allem die Compressibilität des Wassers, um meine Beobachtungen mit den bekannten Resultaten von Grassi¹⁾ zu vergleichen.

Tabelle I. Destillirtes Wasser. Piezometer B .

$p = 9,327$ Atmosphären; $V_B = 48263$ cmm.

C_1	C_2	t	γ_1	γ_2
cmm	cmm		cmm	cmm
28,55	28,55	12,58° C.	7,05	7,05
28,55	28,55	"	7,00	7,05
28,50	28,50	"	7,00	7,05
28,55	28,50	"	7,10	7,00
28,50	28,55	"	7,15	7,10
28,50	28,50	12,59° C.	7,10	7,10
Mittel 28,52	28,52	12,58	7,07	7,06

$$\kappa_1 = 0,00004765; \quad \kappa_2 = 0,00004767$$

$$\kappa = \frac{\kappa_1 + \kappa_2}{2} = 0,00004766 = 47,66 \times 10^{-6}.$$

Diese Tabelle zeigt folgendes:

a) dass die Columnen C_1 und C_2 , γ_1 und γ_2 gut übereinstimmen;

b) dass die Constante κ_1 gleich ist der Constanten κ_2 , d. h. $\kappa_1 = \kappa_2$, wodurch man ihr Mittel κ nehmen kann.

Für das Piezometer A fand ich, bei $t = 12,58^\circ$ C., $\kappa = 47,20 \times 10^{-6}$. Vergleichen wir diese Zahlen mit denjenigen anderer Beobachter bei $t = 12,58^\circ$ C.:

Grassi $47,79 \times 10^{-6}$

Amaury und Descamps²⁾ $46,19 \times 10^{-6}$

1) Grassi, Ann. de chim. et de phys. (3) 31. p. 437. 1851.

2) Amaury und Descamps, Compt. rend. 68. p. 1564. 1869.

Röntgen und Schneider¹⁾ $47,35 \times 10^{-6}$ De Metz $47,43 \times 10^{-6}$

so finden wir eine befriedigende Uebereinstimmung meiner Zahl mit anderen.

12. Alsdann schritt ich zur Untersuchung der Oele und Colloide. Oele: Ricinusöl, Olivenöl, Olivenöl mit Benzol (zur Hälfte), Olivenöl (ein Theil) mit Benzol (zwei Theile), Olivenöl mit flüssigem Paraffin 5,5 Proc. und 6,9 Proc., Leinöl, süßes Mandelöl, Lebertran, Benzol, Paraffin und Glycerin.

Colloide: Collodium duplex, Lösung von Gummi arabicum in Wasser, Lösung von Canadabalsam in Benzol (zur Hälfte), gelatinirender Leim, nichtgelatinirender Leim, Natronwasserglas, Lösung von Metaphosphorsäure in Wasser, Lösung von Zucker in Wasser.

13. Die Endresultate sind die folgenden, wobei ich in Betreff der Einzelheiten auf die Originalabhandlung verweise.²⁾

Tabelle II. Compressibilitätscoefficienten der Oele und Colloiden $10^6 \times \kappa$.

Nr.	Substanz	Spec. Gew. ³⁾	Absolute Compres. $\times 10^6$	t° C.
1	Ricinusöl	0,963 bei 18,6° C.	47,234	14,94
2	Leinöl	0,928 22,5°	51,825	14,78
3	Lebertran	0,925 18,3°	53,404	14,82
4	Mandelöl (süßes)	0,914 22,5°	53,473	14,75
5	Olivenöl mit 5,5 Proc. flüss. Paraf. fin	0,908 18,3°	54,476	14,75
6	Olivenöl mit 6,9 Proc. flüss. Paraf. fin	— —	54,788	14,91
7	Olivenöl	0,914 16,8°	56,266	14,78
8	Olivenöl (1) mit Benzol (1)	— —	64,496	14,77
9	Nichtgelatinirender Leim	1,053 14,8°	44,337	12,18
10	Gummi arabic. in Wasser	1,041 14,0°	44,593	14,84
11	Gelatinirender Leim . .	1,005 18,2°	48,488	11,67
12	Canadabalsam in Benzol	0,950 15,0°	57,205	14,90
13	Collodium duplex	0,807 15,0°	97,433	14,85
14	Flüssiges Paraffin	0,860 17,0°	62,685	14,84
15	Benzol, krystallisirbar . .	0,882 18,2°	74,690	14,77
16	Wasser, destillirtes	1,000 15,0°	47,430	12,58
17	Glycerin	1,245 16,5°	22,128	14,92
18	Metaphosphors. in Wasser	1,545 13,5°	19,663	14,68
19	Zucker in Wasser	1,350 13,5°	20,827	14,80
20	Natronwasserglas	1,345 14,5°	25,509	14,64

1) Röntgen und Schneider, Wied. Ann. **32**. p. 660. 1888.

2) G. de Metz, l. c. p. 194.

3) Das specifische Gewicht ist mittelst der Mohr'schen Wage bestimmt; das Gewicht des Wassers bei 15° C. ist als 1 angenommen.

14. Bevor ich zur Lösung der Frage auf Grund der vorhandenen Zahlen übergehe, muss ich folgende bemerkenswerthe Thatsachen besprechen, welche bei der Durchsicht der ausführlichen Tabellen der erwähnten Abhandlung auffallen.

a) Bei der Berechnung des Compressibilitätscoëfficienten der Mischungen des Benzols mit Olivenöl und des Benzols mit flüssigem Paraffin, fand ich, dass *der Compressibilitätscoëfficient der Mischung nicht immer als das Mittel der Compressibilitätscoëfficienten der Gemengtheile angesehen werden kann*, und zwar bekam ich bei Benzol mit 5,5 Proc. Paraffin nach der Berechnung $\kappa = 0,00005662$ und nach der Beobachtung $\kappa = 0,00005447$, d. h. eine geringere Zahl, als das Mittel. Ich hielt dieses Experiment für unrichtig und nahm eine Benzollösung mit 6,9 Proc. Paraffin; die Berechnung ergab wieder $\kappa = 0,00005671$ und die Beobachtung $\kappa = 0,00005479$.

Ein ähnlicher Fall wird bei zwei Untersuchungen von Dupré und Page¹⁾ bezüglich der Compressibilität von wasserhaltigem Alkohol erwähnt.

Die Compressibilität der Mischungen des Benzols mit Olivenöl (zur Hälfte und zum Drittel), entspricht vollständig der Berechnung.

Danach entsteht die Frage, ob wir wohl im ersten Falle eine Wechselwirkung der gemischten Theile haben, welche im zweiten Falle nicht stattfindet.

b) Ich erwähnte bereits, dass man zwei Compressibilitätscoëfficienten zu unterscheiden hat, κ_1 und κ_2 ; ich führe danach einige Compressibilitätscoëfficienten des Benzols an, welche unter verschiedenen Umständen bestimmt wurden.

1. bei stationärem Druck $\kappa_1 = 0,00007598$
2. bei rasch zunehmendem Druck . . . $\kappa_1 = 0,00007075$
3. bei rasch fallendem Druck $\kappa_2 = 0,00006789$
4. bei mittelmässig fallendem Druck . $\kappa_2 = 0,00006931$.

Diese Zahlen zeigen nicht nur den Unterschied von κ_1 und κ_2 , sondern auch den Einfluss der Deformationszeit. Ein derartiger Unterschied der Coëfficienten κ_1 und κ_2 ist wohl

1) Dupré und Page, Pogg. Ann. Erg.-Bd. 5. p. 237. 1871; Pogg. Ann. 148. p. 240. 1873.

der Temperaturveränderung von $0,015 - 0,020^{\circ}$ C. zuzuschreiben. Es ist charakteristisch, dass fast immer $\alpha_1 > \alpha_2$ ist. In der Tabelle II führe ich das Mittel an, d. h. $\alpha = \frac{1}{2}(\alpha_1 + \alpha_2)$. Bei der Vergrößerung des Druckes entstand eine Erwärmung, bei der Verminderung eine Abkühlung der Flüssigkeit; wenn wir also das Mittel nehmen, so nähern wir uns der richtigen Grösse des Compressibilitätscoefficienten.

c) Bei der Untersuchung einer zweiprocentigen Gelatine-lösung in Wasser, welche bei der Zimmertemperatur erstarrte, sank der Compressibilitätscoefficient mit der Zeit, infolge dessen wächst die Elasticität, und zwar war:

am 5. Januar 1889	$\alpha_1 = 0,045142$; $\alpha_2 = 0,045107$
3 Stunden später	$\alpha_1 = 0,044973$; $\alpha_2 = 0,044945$
am 7. Januar 1889	$\alpha_1 = 0,044844$; $\alpha_2 = 0,044853$.

Dieses Wachsthum der Elasticität bei Gelatine und Fischleim erwähnt im Jahre 1815 bereits Sir D. Brewster.¹⁾

15. Die zahlreichen Experimente, welche nach der Jamin'schen Methode ausgeführt wurden, lehrten mich dieselbe noch mehr schätzen, als dies nach den Originalabhandlungen von Jamin selbst und von Hrn. Amaury und Descamps möglich war, da sich dieselben in theoretischer und experimenteller Hinsicht als unvollständig erwiesen. Hr. Ch. Ed. Guillaume²⁾ suchte die theoretische Lücke zu ergänzen, um den nach dieser Methode erhaltenen Compressibilitätscoefficienten des Quecksilbers $0,0_{,187}$ mit der Zahl $0,0_{,3517}$ ³⁾ von Regnault in Einklang zu bringen; jedoch gab die Unvollständigkeit der Experimentalangaben Hrn. Schumann⁴⁾ mit Recht Veranlassung, gegen diese Methode Bedenken zu haben.

16. Indem ich alle Mittelwerthe des Correctionsrohres bei Erhöhung des Druckes γ_1 (aus 25 Beobachtungsreihen für das Piezometer B und 12 Beobachtungsreihen für das Piezometer A) und bei dessen Sinken γ_2 (aus ebensoviel Beobachtungsreihen) zusammenstelle, führe ich das Resultat meiner sämtlichen Beobachtungen in folgender Tabelle an.

1) Sir D. Brewster, Phil. Trans. 1815. p. 60.

2) Ch. Ed. Guillaume, Compt. rend. 103. p. 1183. 1886.

3) Regnault, Mém. de l'Inst. 21. p. 461. 1847.

4) Schumann, Wied. Ann. 31. p. 15. 1887.

Tabelle III. Schwankungen der Angaben γ_1 und γ_2 des Correctionsrohres.

	γ_1 cmm	M. F.	W. F.	γ_2 cmm	M. F.	W. F.
Piezometer <i>A</i> .	7,613	0,124	0,084	7,668	0,137	0,089
Piezometer <i>B</i> .	7,059	0,119	0,080	7,076	0,125	0,084

wo M. F. und W. F. mittlere und wahrscheinliche Fehler einer einzelnen Beobachtungsreihe bedeuten.

Wollen wir das Mittel von γ_1 und γ_2 nehmen, so bekommen wir:

$$\gamma_A = 7,640 \text{ cmm}; \quad \gamma_B = 7,068 \text{ cmm.}$$

Wenn wir nach den Werthen von γ_1 und γ_2 , sowie nach der Formel (2) die Coëfficienten δ_1 und δ_2 berechnen für das mittlere Volumen V und den mittleren Druck p , so ergibt sich die folgende Tabelle.

Tabelle IV. Coëfficienten der elastischen Ausdehnung der Piezometer.

	$\delta_1 \times 10^6$	$\delta_2 \times 10^6$	Mittel $\delta \times 10^6$
Piezometer <i>A</i>	16,126	16,243	16,184
Piezometer <i>B</i>	15,709	15,746	15,728

Die angegebenen Zahlen rechtfertigen die Jamin'sche Methode für stark compressible Flüssigkeiten; man muss jedoch dem Correctionsrohr eine besondere Aufmerksamkeit zuwenden und erst auf Grund vieler Beobachtungen bei der einen oder der anderen Correctionsgrösse stehen bleiben. Ich rathe das Piezometer recht oft im Gefäss *BB* (Fig. 2) hin und her zu schieben und besonders darauf acht zu geben, dass keine Luftblasen in seinem inneren entstehen. Das Correctionsrohr darf nicht zu eng sein; bei meinen Versuchen betrug der Radius die Grösse 0,407 mm.

17. Die bisherigen Resultate sind danach die folgenden:

a) Die Methode, welche Jamin vorgeschlagen hat, verlangt eine experimentelle Correction γ und ergibt ein genaues Resultat, wenn die untersuchten Flüssigkeiten zu der Gruppe

der stark compressiblen gehören. Etwaige Fehler übersteigen nicht 1—2 Proc.

b) Man hat zu unterscheiden die Compressibilitätscoëfficienten der Flüssigkeit bei der Steigerung des Druckes κ_1 von den Ausdehnungcoëfficienten κ_2 beim Sinken des Druckes. Die Mehrzahl der Flüssigkeiten ergibt $\kappa_1 > \kappa_2$. Ich schreibe diesen Unterschied einer möglichen Temperaturveränderung zu. Die Experimente mit Olivenöl, flüssigem Paraffin, Olivenöl mit 5,5 Proc. und 6,9 Proc. Paraffin und Mandelöl ergaben, dass die Niveauveränderung im Capillarrohr C auf ein Kubikmillimeter der Temperaturveränderung von 0,02 bis 0,03° C. entspricht. Wenn man nun in Betracht zieht, dass die Angaben C_1 und C_2 bei keinem einzigen von meinen Versuchen die Differenz von 1 mm erreichen, sondern im Gegentheil sich viel mehr nähern, so erklären sich diese Differenzen durch Temperaturschwankungen im Inneren der Flüssigkeit von ungefähr 0,01—0,015° C. Regnault's¹⁾ Untersuchung mit Wasser rechtfertigt diese Ansicht; deshalb nehme ich auch als Coëfficient der absoluten Compressibilität $\kappa = \frac{1}{2}(\kappa_1 + \kappa_2)$.

c) Manche Flüssigkeiten ergeben für den Compressibilitätscoëfficienten sehr voneinander abweichende Grössen; dazu gehören Benzol und gelatinirender Leim. Beim Benzol hängt der Coëfficient von der Art und Weise seiner Bestimmung ab; beim gelatinirenden Leim von der Zeit.

d) Man kann den Compressibilitätscoëfficienten der Gemenge nicht immer aus den Compressibilitätscoëfficienten ihrer einzelnen Theile berechnen.

e) Eine directe Beziehung zwischen den Coëfficienten κ der Tabelle II bei der Compressibilität oder Volumenelasticität und der optischen Wirkung des Hrn. Kundt ist nicht aufzufinden.

Ich möchte noch hieran die Bemerkung knüpfen, dass die Doppelbrechung des Lichtes in rotirenden Flüssigkeiten einzig von der Existenz vegetabiler und thierischer Theilchen in den Oelen und Colloiden abhängt. Die zahlreichen Experimente von Hrn. Brewster, Ehrenberg, Boeck, Carpentier,

1) Regnault, l. c. p. 464.

Ann. d. Phys. u. Chem. N. F. **XL**l.

v. Erlach, Steeg, C. Müller, Schwendener, v. Ebner, Ambrohn und anderen Beobachtern beweisen, dass die Doppelbrechung den organischen Geweben eigen ist. Ich glaube, dass die reinen Flüssigkeiten wie Wasser, Alkohol, Aether überhaupt keine Kundt'sche Doppelbrechung erzeugen können; dagegen die Lösungen solche hervorbringen. Zu der Kategorie der Lösungen rechne ich Oele und Colloide. Es scheint mir, dass die Deformationen der organischen Theilchen, welche durch die innere Reibung der rotirenden Flüssigkeiten hervorgerufen sind, genügen, um die Doppelbrechung zu erzeugen, weshalb wir sie auch bei den meisten Oelen und Colloiden finden. In den Salzlösungen sind diese Deformationen zu gering, um einen Gangunterschied der Lichtstrahlen zu erzeugen.

Phys. Labor. d. Univ. Odessa, den 4. August 1890.