

kommenen Condensatoren haben eine ungemein große Capacität. Zur Messung derselben ist also die Siemens'sche Methode der Capacitätsbestimmung nur mit Vorsicht zu gebrauchen. In England mißt man Capacitäten einfach dadurch, daß man den Ladungs- oder Entladungsstrom durch die Galvanometerrolle gehen läßt und die Ablenkung der Nadel beobachtet<sup>1)</sup>.

Aber auch bei dieser Methode macht sich der Einfluß der Verzögerung geltend, besonders wo es sich um große Capacitäten bei einigermaßen großen Widerständen handelt, und man ist nicht berechtigt, die Unterschiede, die man in den Ausschlägen wahrnimmt, wenn man die beiden Belegungen momentan oder längere Zeit mit den Polen der Kette verbindet, auf das Residuum oder wie es Herr Fleeming Jenkin nennt, auf die Absorption des Isolators allein zu schieben; dagegen wird man allerdings die Unterschiede, die man bei längerer Dauer der Schließung noch immer wahrnimmt, mit Hrn. Fleeming Jenkin auf die Absorption des Materials schieben müssen.

---

VIII. *Ueber das Verhältniß der Quercontraction zur Längendilatation bei Kautschuk;*  
*von W. C. Röntgen.*

---

Die in der folgenden Notiz mitgetheilten Untersuchungen sollen den experimentellen Nachweis liefern, daß das Verhältniß von Quercontraction zu Längendilatation bei kleinen Verlängerungen von ungedehnten und mäßig gedehnten Kautschukstäben nahezu den Werth 0,50 erreicht. Dieselben wurden veranlaßt durch die mich anfänglich überraschende Beobachtung, daß die cubische Compressi-

1) Siehe *Report of the British Association 1867. Experiments on Capacity. By Fleeming Jenkin.*

bilität des Kautschuks äußerst klein ist, eine Erscheinung, welche bei dem bedeutenden Elasticitätscoefficienten dieses Materials nur durch die Annahme eines Werthes des angegebenen Verhältnisses, welcher wenig von 0,50 abweicht, zu erklären ist.

Ich fand zwar, daß schon W. Thomson die Vermuthung ausgesprochen hat <sup>1)</sup>, daß die cubische Compressibilität von Gallerte und Kautschuk wenig von der des Wassers verschieden sey und daß in Folge dessen das angegebene Verhältniß sich dem Werth 0,50 nähern müsse, da mir jedoch eine directe, experimentelle Bestätigung nicht bekannt war, so entschloß ich mich, diese durch einige Versuche zu liefern. Die angewendete Methode glaube ich als sehr einfach und für den vorliegenden Zweck als vollständig ausreichend bezeichnen zu dürfen; dieselbe mag zuerst Erwähnung finden.

Ein Kautschukstab von nahezu quadratischem Querschnitt (30 auf 28<sup>mm</sup>) und von ungefähr 1,5<sup>m</sup> Länge wurde vertical aufgehängt und am untern Ende mit einer passenden Vorrichtung zum Anhängen von Gewichtsstücken versehen. Anstatt die bei den verschiedenen Belastungen eintretenden Verlängerungen und Quercontractionen sofort während der Belastung zu messen, welche Messung wegen besonderer Aufstellung von complicirteren Messinstrumenten immer Schwierigkeiten hat, wurde in folgender Weise verfahren.

Ich wählte ein Stück einer cylindrischen, dünnwandigen Messingröhre (Stück eines alten Fernrohrs) und überzeugte mich durch wiederholte genaue Messungen, daß der eine Rand desselben bis auf 0,01<sup>mm</sup> genau kreisrund gearbeitet war. (Durchmesser = 21,67<sup>mm</sup>). Diese Messingröhre wurde nun als Stempel benutzt, indem der kreisförmige Rand mit einer auf Leder gestrichenen, dickflüssigen Mischung von Alkohol, Schellack und Lampenrufs versehen und sodann vorsichtig gegen die Seiten-

1) Thomson und Tait, Handbuch der theoretischen Physik. I. Bd. II, Seite 211.

fläche des gedehnten Kautschuks gedrückt wurde. Diese äußerst einfache Operation wurde bei jeder neuen Belastung wiederholt; die Seitenfläche des Kautschuks bekam nach jeder neuen Verlängerung einen scharf gezeichneten, kreisförmigen Stempel.

Wurden dann die angehängten Gewichte weggenommen und somit die erzeugten Verlängerungen aufgehoben, so waren, wie ohne weiteres einleuchtend ist, die Kreise Ellipsen geworden, mit Ausnahme desjenigen, welcher dem angehängten Gewicht Null entspricht. Die Axen dieser Ellipsen mußten nun gemessen werden, denn wie unten gezeigt wird, ist die Kenntniß dieser Axen, und der entsprechenden Belastung nothwendig und zugleich ausreichend zur Lösung der gestellten Aufgabe. Der Kautschukstab wurde zum Zweck dieser Messung horizontal aufgelegt, die Messung konnte dann in einfacher Weise mit großer Genauigkeit mittelst eines Längencomparators oder einer Theilmaschine vorgenommen werden.

Selbstverständlich wurden diese Messungen sowie das Stempeln des Kautschukstabes erst dann vorgenommen, nachdem keine bedeutende Formveränderung in Folge der elastischen Nachwirkung mehr zu befürchten war.

Es folgen nun die Resultate zweier Versuchsreihen, bei der zweiten sind die angegebenen Werthe der Ellipsenaxe das Mittel aus den Messungen von je zwei Figuren, welche bei derselben Belastung gebildet wurden; durch diese doppelte Messung erzielte ich eine größere Genauigkeit.

## Versuchsreihe I.

Nummer der Figur	Belastung des be- treffenden Quer- schnitts in Kilo	Kleine Ellipsenaxe in Millimeter	Große Ellipsenaxe in Millimeter
1	0,00	21,67	21,67
2	3,00	21,07	21,90
3	4,96	20,68	22,11
4	6,93	20,24	22,34
5	8,89	19,74	22,58
6	10,86	19,28	22,78
7	12,84	18,76	23,04
8	14,82	18,26	23,37
9	16,80	17,79	23,77
10	18,79	17,28	24,08
11	20,77	16,71	24,47
12	22,75	16,06	24,88

## Versuchsreihe II.

Nummer der Figur	Angehängte Ge- wichte in Kilo	Kleine Ellipsenaxe in Millimeter	Große Ellipsenaxe in Millimeter
1	0,00	21,45	21,75
2	5,00	20,42	22,25
3	7,00	19,95	22,48
4	10,00	19,16	22,89
5	12,00	18,70	23,18
6	14,00	18,18	23,51
7	19,00	19,96	24,27

Aus diesen Daten wurden nun die folgenden Tabellen abgeleitet.

Tabelle I.

Verlängerung der Längen- einheit des ungedehnten Stabes	Elasticitäts- coëfficient $\epsilon$	Verhältnifs von Quercontraction zu Längendilata- tion $\mu$	Zunahme der Volumeneinheit des ungedehnten Stabes
0,014	7,89	0,37	0,007
0,038	7,84	0,50	0,007
0,059	8,86	0,47	0,007
0,084	10,06	0,42	0,011
0,111	9,29	0,37	0,017
0,140	10,53	0,41	0,022
0,171	10,13	0,52	0,020
0,202	9,48	0,64	0,012
0,236	10,28	0,44	0,016
0,275	11,54	0,47	0,017
0,323	13,24	0,41	0,024

Tabelle II.

Verlängerung der Längen- einheit des ungedehnten Stabes	Elasticitäts- coëfficient $\epsilon$	Verhältnifs von Quercontraction zu Längendilata- tion $\mu$	Zunahme der Volumeneinheit des ungedehnten Stabes
0,031	8,23	0,45	0,007
0,074	9,29	0,43	0,009
0,109	10,54	0,43	0,014
0,145	9,15	0,51	0,013
0,175	10,35	0,49	0,013
0,235	9,55	0,44	0,019

Die dritten Columnen dieser Tabellen enthalten die gesuchten Werthe des Verhältnisses von Quercontraction zu Längendilatation ( $\mu$ ); dieselben sind jedesmal aus den durch jeden Zuwachs der Belastung entstandenen Dimensionenveränderungen berechnet. Trotz dernicht unerheblichen

Abweichungen dieser Werthe unter sich, geht aus denselben überzeugend hervor, daß der Werth dieses Verhältnisses  $\mu$  bei 2 bis 5procentigen Verlängerungen sowohl von ungedehnten als von mälsig gedehnten Kautschukstäbchen sich nahezu  $= 0,50$  ergibt.

Die Frage, ob innerhalb der gewählten Versuchsgrenzen der Werth von  $\mu$  für derartige kleine Verlängerungen constant bleibt, oder ob sich derselbe gesetzmälsig mit der Ausdehnung ändert, läßt sich nicht durch das vorliegende Material beantworten; die Genauigkeit der angewendeten Versuchsmethode reicht zu diesem Zweck nicht aus. Es scheint mir aber sehr wahrscheinlich, daß der hohe Werth von  $\mu$  bei nur mälsig gedehnten Stäben, als eine Folge der leichten Verschiebbarkeit der Theilchen, abnehmen wird mit zunehmender Dehnung, und daß schließlich bei sehr stark gedehnten Stäben, wo der Elasticitätscoëfficient bekanntermaßen bedeutend abnimmt, auch der Werth von  $\mu$  sich den Werthen, welche für Körper von größerer Starrheit gefunden wurden, nähert.

Es sei noch erlaubt das Folgende in Bezug auf den Gang der Berechnung der obigen Tabellen und die Nebenresultate mitzutheilen.

*Columnne „Belastung“ etc.* Die unter Versuchsreihe I angeführte, der Figur 1 (s. S. 604) entsprechende Belastung 0,00 bezieht sich auf den *horizontal* hingelegten Stab; die Fig. 1 war deshalb ein Kreis. Als die Figur 2 gebildet wurde, war der *verticale* Stab mit 2 Kilo belastet; die Stelle, wo die Figur 2 sich befand, lag 1,01 Met. vom untern Ende des ungedehnten Stabes. Da nun die ganze Länge desselben 1,53 Met. und sein Gewicht 1,37 Kilo beträgt, so war der Querschnitt des vertical aufgehängten Stabes bei der Figur 2, aufser durch die angehängten 2 Kilo, noch durch das Gewicht des darunter hängenden Kautschuks  $= \frac{1,01}{1,53} \cdot 1,37 = 0,90$  Kilo und durch das Gewicht des für die Aufhängung der Gewichte benötigten Hakens etc.  $= 0,10$  Kilo

belastet; folglich war die in Rechnung zu ziehende Belastung = 3,00 Kilo.

Die Lage der Mitte der übrigen Figuren vom untern Ende ab war in folgender Weise gewählt:

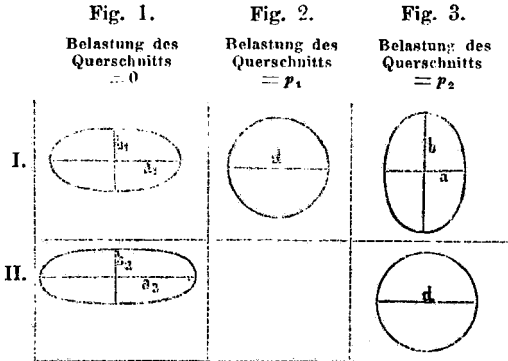
Nummer der Figur	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Entfernung in Meter	1,05	1,01	0,97	0,93	0,89	0,85	0,83	0,81	0,79	0,77	0,75	0,73

Aus diesen Entfernungen läßt sich jedesmal in derselben Weise, wie es oben durchgeführt wurde, die vom eigenen Gewicht des Kautschuks herrührende Belastung berechnen und in Rechnung ziehen.

Bei der Versuchsreihe II wurde die 1. Figur auf dem durch keine Gewichtsstücke belasteten, vertical aufgehängten Stab gemacht, und deshalb ist die bei horizontaler Lage gemessene Figur eine Ellipse, welche bei verticaler Stellung des Stabes durch das eigene Gewicht des Kautschuks und das Gewicht des Hakens etc. zu einem Kreis gestreckt wird. Die oben besprochene Berechnung des jedesmalig in Rechnung zu ziehenden, geänderten Eigengewichtes des Kautschuks wurde bei Versuchsreihe II vermieden, indem ich bei jeder Belastung nicht eine, sondern zwei Figuren bildete, die eine oberhalb, die andere unterhalb der der vorigen Belastung entsprechenden Figuren, und nun das arithmetische Mittel der entsprechenden Ellipsenaxen den weiteren Rechnungen zu Grunde legte. Bei der einen Figur ist alsdann die vom dem Eigengewicht des Kautschuks herrührende Belastung des Querschnittes um denselben Betrag größer als bei der vorhergehenden Figur, um welchen diese Belastung bei der zweiten Figur kleiner ist als bei der vorhergehenden; folglich wird das arithmetische Mittel der Ellipsenaxen mit erlaubter Annäherung dem Fall entsprechen, wo das in Rechnung zu ziehende Eigengewicht sich nicht geändert hätte, oder m. a. W. wo die sämtlichen Figuren an derselben Stelle gebildet worden wären. — Da nun bei der Berechnung des Elasticitätscoefficienten immer die

Verlängerungen etc., welche in Folge einer *Mehr*belastung eintreten, zu Grunde gelegt wurden, so brauchte ich auf das Eigengewicht des Stabes keine weitere Rücksicht zu nehmen und gebe deshalb auch bei Versuchsreihe II nur die „Angehängten Gewichte in Kilogr.“ an.

Columnne „Verlängerung der Längeneinheit etc.“



In der vorstehenden Zeichnung seyen unter Fig. 1 zwei mit I und II bezeichnete, auf einander folgende Ellipsen des Kautschukstabes dargestellt, die Axen der Ellipse I seien  $a_1$  und  $b_1$ , die der Ellipse II  $a_2$  und  $b_2$  und zwar gemessen bei horizontaler Lage des Stabes. Die Belastung, welche der Ellipse I entspricht, sei  $p_1$ , d. h. als der Querschnitt des Stabes, wo sich die Ellipse I befindet, mit  $p_1$  Kilo belastet war, hatte die Ellipse I die Gestalt eines Kreises; Fig. 2 stellt diesen Kreis vom bekannten Durchmesser  $d$  dar. Die Belastung, welche der Ellipse II entspricht, sei  $p_2$ ; die Figuren auf dem Kautschuk hatten bei dieser Belastung die unter Fig. 3 dargestellte Gestalt; I war eine Ellipse, mit den Axen  $a$ ,  $b$ , II ein Kreis vom Durchmesser  $d$ .

Die Berechnung der Verlängerung der Längeneinheit des ungedehnten Stabes gestaltet sich nun äußerst einfach. Ein Stück des ungedehnten Stabes von der Länge  $b_1$  hat bei der Belastung  $p_1$  die Länge  $d$ , folglich ist die gesuchte Verlängerung bei der Belastung  $p_1$



$$= \frac{d-b_1}{b_1}.$$

Ebenso findet sich die Verlängerung der Längeneinheit des ungedehnten Stabes bei der Belastung  $p_2$

$$= \frac{d-b_2}{b_2}.$$

Die in den andern Columnen der Tabellen angegebenen Werthe des Elasticitätscoefficienten und des Coefficienten  $\mu$  haben immer Gültigkeit innerhalb des Intervalles je zweier auf einander folgenden Verlängerungen; ich habe deshalb vorgezogen in der Columnne „Verlängerung etc.“ die mittleren Verlängerungen anzugeben, welche jedesmal nach der Formel

$$\frac{\frac{d-b_1}{b_1} + \frac{d-b_2}{b_2}}{2} \text{ oder } \frac{d(b_1+b_2)}{2b_1b_2} - 1$$

berechnet wurden.

Die in dieser Weise erhaltenen Zahlen geben somit durchaus nicht an, um wie viel die Längeneinheit des ungedehnten Stabes bei einer der angewendeten Belastungen verlängert wurde, sondern bedeuten Mittelwerthe dieser Verlängerungen, bei welchen die daneben stehenden Werthe des Elasticitätscoefficienten etc. Gültigkeit besitzen.

*Columnne „Elasticitätscoefficient.“* Es bedeute  $l$  die bei jedem Zuwachs der Belastung eintretende Verlängerung der Längeneinheit,  $q$  das arithmetische Mittel aus den Querschnitten des Stabes vor und bei der neuen Belastung und  $p$  der die neue Verlängerung erzeugende Zuwachs der Belastung; so wurde der Elasticitätscoefficient  $\varepsilon$  berechnet nach der Formel

$$\varepsilon = \frac{l \cdot q}{p}.$$

Mit Rücksicht auf das schon von frühern Beobachtern<sup>1)</sup> gefundene Resultat, daß die Dehnbarkeit des Kautschuks sich stark mit der Belastung ändert, war es durchaus geboten, den Elasticitätscoefficienten aus verhältnißmäßig kleinen Verlängerungen zu bestimmen. Deshalb wurde  $\varepsilon$ ,

1) Villari. Ueber die Elasticität des Kautschuks. Diese Ann. 143, S. 88.

wie oben angegeben, immer aus der durch den Zuwachs der Belastung eintretenden Verlängerung berechnet und nicht aus der durch die ganze Belastung erzeugten Verlängerung des ungedehnten Stabes.

Die für diesen Coëfficienten erhaltenen Werthe haben somit eine beschränkte Anwendung; dieselben geben nämlich nur Aufschluss über die Elasticitätsverhältnisse, welche bei kleinen, zwei- bis fünfprocentigen Verlängerungen eines Kautschukstabes, der in einem bekannten Verhältniß gedehnt ist, in Rechnung zu ziehen sind. Es ist z. B. nicht ohne weiteres erlaubt, diese Werthe auf die kleinen, durch Schallwellen erzeugten Verdichtungen und Verdünnungen anzuwenden; für diese werden höchst wahrscheinlich die betreffenden Coëfficienten Werthe erhalten, welche nicht unerheblich kleiner sind als die oben mitgetheilte n.

Die Berechnung von  $\varepsilon$  geschah in folgender Weise: Die durch die Mehrbelastung  $p_2 - p_1$  erzeugte Verlängerung der Längeneinheit ( $l$ ) wird erhalten, indem man beachtet, daß der in Fig. 2 dargestellte, der Belastung  $p_1$  entsprechende Kreis durch die Mehrbelastung  $p_2 - p_1$ , die in Fig. 3 I dargestellte Gestalt einer Ellipse angenommen hat; eine Länge gleich dem Kreisdurchmesser  $d$  wurde auf die Länge der Ellipsenaxe  $b$  vergrößert, folglich beträgt die Verlängerung der Längeneinheit

$$\frac{b-d}{d}.$$

Die Axe  $b$  ist nun nicht direct gemessen, dieselbe ist aber

$$= \frac{b_1}{b_2} d,$$

denn  $b$  ist in demselben Verhältniß größer als  $b_1$ , in welchem  $d$  größer ist als  $b_2$ ; war doch bei der Belastung  $p_2$  die Axe  $b_1$  auf  $b$  und die Axe  $b_2$  auf  $d$  (Fig. 1 und Fig. 3) ausgedehnt. Setzt man diesen Werth von  $b$  ein, so folgt:

$$l = \frac{b_1 - b_2}{b_2}.$$

Um zweitens den mittleren Querschnitt  $q$  des Stabes zu berechnen, bestimmt man zuerst den Querschnitt  $q_1$  des

Stabes bei der Belastung  $p_1$ , sodann den Querschnitt  $q$  des Stabes bei der Belastung  $p_2$ , addirt beide und dividirt die Summe durch 2. Der Querschnitt  $q_1$  bei der Belastung  $p_1$  ist in demselben Verhältniß kleiner als  $840 \text{ } \square\text{Mm.}$  (Querschnitt des ungedehnten Stabes) in welchem  $d^2$  kleiner ist als  $a_1^2$  (Figur 1), denn die Breite  $a_1$  wurde durch die Belastung  $p_1$  auf die Breite  $d$  reducirt. Folglich:

$$q_1 = 840 \frac{d^2}{a_1^2}.$$

Ebenso erhält man

$$q_2 = 840 \frac{d}{a_2^2},$$

und schließlich:

$$q = \frac{q_1 + q_2}{2} = 420 \frac{a_1^2 + a_2^2}{a_1^2 a_2^2} d.$$

Der Werth der Mehrbelastung  $p = p_2 - p_1$  ist ohne weiteres gleich der Differenz zweier auf einander folgenden, in den ersten Tabellen angegebenen Belastungen  $p_1$  und  $p_2$ .

Die so berechneten Werthe von  $\epsilon$  stimmen gut mit den von Villari gefundenen überein; auch liegen bei meinen Versuchen die Fehlergränzen nicht weiter auseinander als bei den Villari'schen.

Sehr bemerkenswerth ist das aus Tabelle I sich ergebende, anfängliche Wachsen von  $\epsilon$  mit der Dehnung; diese auch schon früher gefundene, bis jetzt unerklärte Thatsache ist noch auffälliger, wenn man beachtet, daß bei weiterer Dehnung eine bedeutende Abnahme von  $\epsilon$  eintritt.

*Columnne: Verhältniß von Quercontraction zu Längendilatation.* Für die durch jeden neuen Zuwachs der Belastung eintretende Verkürzung der Breitereinheit des Stabes findet man mit Beibehaltung der obigen Bezeichnungen den Ausdruck  $\frac{a_2 - a_1}{a_2}$ , in ähnlicher Weise wie oben für die Verlängerung der Längeneinheit  $\frac{b_1 - b_2}{b_2}$  gefunden wurde. Der Bruch

$$\frac{(a_2 - a_1) b_2}{(b_1 - b_2) a_2}$$

giebt somit den Werth des gesuchten Verhältnisses.

Oben wurde ausdrücklich angegeben, daß die gefundenen Werthe für 2 bis 5 procentige Verlängerungen Gültigkeit haben; es läßt sich nämlich leicht zeigen, daß die Werthe dieses Verhältnisses ohne Angabe der Größe von den Verlängerungen, welche den Berechnungen dieser Werthe zu Grunde liegen, eine vollständig unbestimmte Bedeutung haben, und zwar deshalb weil diese Werthe bei gleichbleibenden, elastischen Eigenschaften des untersuchten Materials sich im Allgemeinen verschieden sind, je nach der Größe der gewählten Dimensionenveränderungen. Angenommen z. B. wir hätten einen geraden Stab mit quadratischem Querschnitt aus einem sehr dehnbaren Material, welches die Eigenschaft besitzt, daß es bei einer durch eine Zugkraft erzeugten Dehnung sein Volumen nicht ändert. Wir hätten alsdann bei dem vertical aufgehängten Stab gefunden, daß durch irgend welche Belastung die Längeneinheit um  $l$  vergrößert und die Breitereinheit um  $b$  verringert worden sey, so muß, da das Volumen constant geblieben seyn soll

$$1 = (1 + l) (1 - b)^2,$$

woraus

$$\frac{b}{l} = \mu = \frac{1}{l} \left( 1 - \sqrt{\frac{1}{1+l}} \right).$$

Berechnen wir nun nach dieser Formel für verschiedene Verlängerungen der Längeneinheit die zugehörigen Werthe von  $\mu$ , so ergeben sich folgende Resultate:

Verlängerung der Längeneinheit	0,001	0,03	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
Verhältniß von Querconcentration zur Längendilatation	0,4996	0,489	0,367	0,293	0,211	0,167	0,112

Es ist aus dieser Tabelle ersichtlich, daß alle Werthe von  $\mu$  zwischen 0,50 und 0,00 dieselbe vorausgesetzte elastische Eigenschaft des Materials charakterisiren können; es wird aber eine Angabe z. B.  $\mu = 0,367$  nur dann diesen Zweck erfüllen, wenn wir zugleich mittheilen, daß

dieser Werth für eine bestimmte Verlängerung der Längeneinheit, im gewählten Fall = 0,5, Gültigkeit habe.

Sobald ein Körper nur verhältnißmäßig sehr kleine Dimensionenveränderungen zuläßt, wie es die meisten festen Körper in Wirklichkeit thun, wird die Angabe der Größe der Dimensionenveränderungen, aus welchen  $\mu$  berechnet wurde, so lange überflüssig seyn als die Schwankungen, welche der Werth von  $\mu$  in Folge der möglichen Aenderungen dieser Dimensionenveränderungen erleiden kann, vollständig innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler liegen. Da nun beim Kautschuk diese Bedingung nicht erfüllt ist, ist diese Angabe durchaus unerläßlich.

Ich glaubte diesen Gegenstand etwas ausführlich erörtern zu müssen, weil derselbe bei frühern Untersuchungen zu wenig oder gar nicht berücksichtigt wurde. Sowohl Wertheim als Villari finden bei ihren Untersuchungen über die Elasticität des Kautschuks, daß der Werth von  $\mu$  von  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{6}$  mit wachsender Dehnung abnimmt; Wertheim erhält die Resultate<sup>1)</sup>: „So lange die Verlängerungen nicht sehr bedeutend sind, findet man nahezu  $\mu = \frac{1}{3}$ “ und „so wie sich  $\delta$  (die Verlängerung der Längeneinheit) der Einheit nähert . . . . . wächst  $\beta$  (die Verkürzung der Breitereinheit) in einem viel kleineren Verhältniß als  $\frac{1}{3}\delta$  und selbst als  $\frac{1}{4}\delta$ “ und <sup>2)</sup> „ferner, da die Versuche (mit Glas und Messing) nur sehr kleine Unterschiede ergeben und wir dasselbe Gesetz ( $\mu = \frac{1}{3}$ ) durch Versuche beim Kautschuk gefunden haben, so können wir es für jetzt als strenge richtig ansehen“. . . Villari sagt<sup>3)</sup>: „Aus meinen Beobachtungen geht also hervor, daß die Verringerung der Einheit des Durchmessers, so lange die Länge sich nicht verdoppelt hat, gleich ist  $\frac{1}{3}$  der Verlängerung der Längeneinheit, und daß bei größeren Verlängerungen die Abnahme des Durchmessers in einem geringeren Verhältniß erfolgt, als von Poisson angegeben ist.

1) Diese Annalen Band 78, Seite 386.

2) A. a. O. Seite 400.

3) Diese Annalen Band 143, Seite 302.

Dieses kommt darauf zurück, daß zu Anfang des Ziehens die Volumenzunahme des Kautschuks größer ist als die, welche sich zeigt, wenn dasselbe seine Länge verdoppelt hat.“

Diese Schlüsse sind durch eine falsche Interpretation der Versuchsergebnisse entstanden und sind deshalb unrichtig; sobald wir die Größe der Verlängerungen berücksichtigen, welche den Berechnungen von  $\mu$  zu Grunde liegen, so liefern sowohl die Wertheim'schen als die Villari'schen Versuche sehr gute Belege für die Richtigkeit meiner Resultate. Villari findet z. B., daß bei einer Verlängerung der Längeneinheit = 0,6872 die dabei eintretende Verkürzung der Breitereinheit sich zu dieser Verlängerung der Längeneinheit verhält wie 0,333 zu 1, und ebenso bei einer Verlängerung der Längeneinheit von 3,0016 das Verhältniß 0,164. Berechnen wir nun nach der oben für Körper, welche ihr Volumen durch einseitigen Zug nicht ändern, aufgestellten Formel die Werthe des Verhältnisses von Quercontraction zu Längendilatation für die Verlängerungen der Längeneinheit = 0,6872 und = 3,0016, so finden wir diese Verhältnisse = 0,335 resp. = 0,167, also in beiden Fällen etwas kleinere Werthe als Villari beim Kautschuk; d. h. ein Kautschukstab ändert sein Volumen nur äußerst wenig, wenn derselbe um das 0,6872 oder 3,0016 fache seiner ursprünglichen Länge ausgedehnt wird; m. a. W. das Verhältniß von Quercontraction zur Längendilatation bei sehr kleinen Dimensionenveränderungen behält bei allen Zuständen der Dehnung zwischen dem 0 und 3fachen der ursprünglichen Länge wenigstens annähernd denselben Werth, nahezu 0,50.

Wie erwähnt, betrug die Verlängerung bei meinen Versuchen 2 bis 5 Proc. der jedesmaligen Länge; bei den meisten Versuchen war dieselbe nahezu 3 Proc. In der kleinen Tabelle auf S. 612 finden wir für eine Verlängerung der Längeneinheit = 0,03, für  $\mu$  den Werth 0,489, folglich um nahezu 2 Proc. kleiner als den Gränzwert 0,50, welcher für äußerst kleine Verlängerungen gültig ist.

Deshalb schliessen wir, dafs auch wenigstens näherungsweise für Kautschuk solche aus 3procentigen Verlängerungen berechnete Werthe von  $\mu$  um 2 Proc. kleiner sind als diejenigen, welche äufserst kleinen Dimensionenveränderungen entsprechen würden. Reducirt man nach dieser Methode sämtliche gefundene Werthe auf unendlich kleine Dimensionenveränderungen, und bildet das arithmetische Mittel aus diesen reducirten Werthen, so findet man aus Tabelle I den Mittelwerth 0,466, aus Tabelle II 0,473; die mittleren Fehler der Resultate betragen  $\pm 0,023$ , resp.  $\pm 0,013$ .

Die Frage, ob dieses Verfahren strenge richtig sey, bleibt, da keine entscheidenden Versuche vorliegen, vorläufig unentschieden; die vorliegende Arbeit bezweckt aber auch nicht für  $\mu$  eine Zahl zu finden, von welcher die zweite Decimale garantirt ist, sondern dieselbe soll nur, wie Eingangs erwähnt, den Nachweis liefern, dafs  $\mu$  für kleine Verlängerungen eines Kautschukstabes nahezu  $= 0,50$  ist.

*Columnne: „Volumenveränderung der Volumeneinheit etc.“*

Denken wir uns aus dem horizontal aufgelegten, vollständig unbelasteten Stabe zu jeder Ellipse ein rechtwinkliges Parallelepiped herausgeschnitten, dessen Grundfläche die grofse Axe der betreffenden Ellipse zu Seiten hat, und dessen Höhe gleich der kleinen Axe der betreffenden Ellipse ist, dessen Inhalt somit  $a^2_1 b_1$  ist, so war bei der Belastung, bei welcher die betreffende Figur als Kreis abgedruckt wurde, dieses Parallelepiped ein Cubus mit der Kante  $d$ , somit vom Inhalt  $d^3$ ; die durch jene Belastung erzeugte Volumenänderung der Volumeneinheit des ungedehnten Stabes ist alsdann gleich

$$\frac{d^3}{a^2_1 b_1} - 1.$$

Nach dieser Formel sind die in den letzten Columnnen von Tabelle I und II enthaltenen Zahlen berechnet; dieselben sind verhältnismäfsig erheblich gröfser als die von

Villari gefundenen, eine Erscheinung, die wahrscheinlich der verschiedenen Beschaffenheit des von uns beiden untersuchten Kautschuks zuzuschreiben ist. Dem entsprechend würden sich bei sehr kleinen Dimensionenveränderungen des Villari'schen Kautschuks Werthe von  $\mu$  ergeben, welche größer wären als die oben erhaltenen, welche somit dem Gränzwert 0,50 noch näher kämen.

Hohenheim, März 1876.

---

**IX. Ueber den Einfluss des Eosins auf die photographische Wirkung des Sonnenspectrums auf das Silberbromid und Silberbromojodid;**

**von Capt. J. Waterhouse,**

*Assist. Surveyor General of India.*

(Aus dem *Proceed. of the asiatic Soc. of Bengal*, vom Herrn Verfasser übersandt.)

---

In der Novembersitzung dieser Gesellschaft legte ich einige Platten vor, welche die Wirkung der rothen Strahlen des Spectrums auf die mit einem blauen Pigment bestrichenen (*stained*) trockenen Schichten von Collodium-Silberbromid zeigten. Seitdem habe ich von Berlin eine Probe eines neuen rothen Pigments, genannt *Eosin*, erhalten und damit Resultate auf die damit bestrichenen Platten von trockenem Bromid bekommen, in welchen besonders das Factum von Interesse ist, daß die photographische Wirkung des Spectrums auf solche Platten ganz verschieden ist von der gewöhnlichen Wirkung auf unbestrichene Platten, daß, statt das Maximum der Wirkung auf Indigo und Violett liegt, es auf Grün und Gelb fällt, wie aus Fig. 13, Taf. VII zu ersehen. Dieser Effect steht ganz im Einklang mit Hrn. Dr. Vogel's Theorie, daß