

können. Der Vergleich mit dem Stärkemehl lässt es immerhin interessant erscheinen, dass zwei Arten, deren Früchte sich sonst nur schwierig unterscheiden lassen, in ihren Aleuronkörnern so weitgehende Differenzen aufweisen. Es mag dies darin seinen Grund haben, dass, da ein Aleuronkorn eine Reihe von Bestandtheilen — Kristalloide, Globoide, Oxalat-Kristalle — in sich vereinigen kann, die Variabilität eine sehr grosse ist.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1—5 gehören zu *Illicium religiosum* Sieb. et Zucc.

Fig. 1. Querschnitt durch den äussern Theil des Samens Vergr. 225.

Fig. 2. a Innerste Schichten der Samenschale und äussere Schichten des Endosperms in Kalilauge, b inneres Epithel der Samenschale, c Nährschicht Tschirchs. Vergr. 500.

Fig. 3. Dieselben Schichten von aussen gesehen, unten rechts äusserste, nicht collabirte Schicht des Endosperms. Vergr. 225.

Fig. 4. Verdickte Zellen des Schwammparenchyms der Samenschale isolirt. Vergr. 112.

Fig. 5. Aleuronkörner des Endosperms unter fettem Oel Vergr. 750.

Fig. 6. Aleuronkörner des Endosperms von *Illicium verum* Hook. f. in fettem Oel. Vergr. 750.

Fig. 7. Globoide aus den grössern Aleuronkörnern von *Illicium verum* Hook. f. Vergr. 750.

Ueber die durch electriche Polarisation in Isolatoren erzeugte Wärme.

Von **A. Kleiner.**

Messungen über die in Glascondensatoren durch wechselnde Ladungen und Entladungen erzeugte Wärme, welche ich vor längerer Zeit hatte ausführen lassen, hatten, ausser einigen einfachen Gesetzmässigkeiten, auch das

Resultat ergeben, dass die auftretenden Wärmemengen einen ganz erheblichen Bruchtheil der gesammten Ladungsenergie ausmachen und daher ohne Schwierigkeit der genauen Bestimmung zugänglich sind; es schien mir desshalb von Interesse, das Verhalten auch anderer Dielectrica als Glas in dieser Beziehung zu untersuchen. Vorläufige Versuche zeigten mir bald, dass in allen untersuchten Substanzen Wärmemengen von ähnlichem Betrag wie im Glas entstehen; dies schien darauf hinzudeuten, dass die bei wechselnder Polarisirung der Dielectrica auftretende thermische Energie nicht eine zufällige Begleiterscheinung, sondern eine mit dem Vorgang der Transmission electrischer Ladung durch Dielectrica nothwendig verbundene sei. Um Aufklärung in dieser Beziehung zu erhalten, führte ich an vielen Substanzen quantitative Bestimmungen aus, die denn zu einem einfachen Gesetz führten.

V e r s u c h s m e t h o d e .

In den zu beschreibenden Versuchen war die Aufgabe zu lösen, Condensatoren durch Verbindung ihrer Belegungen mit den Polen einer Electrisirmaschine in rascher Folge sich laden und durch eine Funkenstrecke entladen zu lassen und zu bestimmen die im Ganzen in Bewegung gesetzte Electricitätsmenge einerseits und die im Dielectricum auftretende Wärmemenge andererseits. Die Wahl der Beobachtungsmethode war dabei wesentlich durch die Art der Ermittlung der thermischen Grössen bestimmt; bei den früheren Messungen am Glascondensator hatte sich nach der Anwendung des Eiskalorimeters und des Mischungsverfahrens die directe Bestimmung der Temperaturänderungen im Glas als vortheilhaft erwiesen; es wurden auf Glasröhren äussere und innere Schichten von

Platin eingebrannt und auf den Metallschichten die Zuleitungsdrähte zur Maschine und auf die äussere ausserdem die eine Löthstelle eines feinen Thermoelements aufgelöthet, während die andere Löthstelle auf constanter Temperatur erhalten wurde; die mit dem Galvanometer zu messenden Intensitäten der auftretenden Thermoströme ergaben dann die Temperaturerhöhungen im Glas. Diese Methode hat den grossen Vortheil, keine bestimmte Grösse der zu untersuchenden Condensatoren vorauszusetzen, also auf Dielectrica von kleinen Dimensionen anwendbar zu sein, da die Wärme in allen polarisirten Querschnitten auftritt; es können ferner die Messungen rasch und unter passenden Verhältnissen mit Genauigkeit ausgeführt werden.

Um diese Methode zur Anwendung zu bringen, verschaffte ich mir Platten aus verschiedenen Substanzen, passenden Dicken und etwa 100 cm² Fläche; sie wurden auf beiden Seiten mit kreisförmigen Staniolbelegungen von 5 cm. Durchmesser versehen, wobei sich ergab, dass ein Klebmittel gar nicht nöthig ist, sondern festes Adhären durch blosses Aufdrücken und Anreiben ganz sicher erreicht wird. Auf diesen Franklin'schen Täfelchen konnten nun in den meisten Fällen Zuleitungsdrähte und die Löthstellen feiner Thermoelemente am Staniol angelöthet werden, ohne dasselbe durchzuschmelzen, indem als Loth Wood'sches Metall verwendet wurde; mit etwas Uebung gelingt es dabei, mit winzigen Quantitäten Loth feste Verbindung herzustellen. Nur bei Paraffin und Wachs musste vom Löthen abgesehen werden; die Löthstellen der Thermoelemente wurden zwischen den Belegungen in die Substanz eingeschmolzen, die Zuleitungsdrähte an die Belegungen federnd angedrückt, so dass keine Funken an den Berührungsstellen auftraten.

Die verwendeten Thermolemente bestanden aus 3 cm langen, 0,1 mm dicken Drähten aus Kupfer und Nickel, die mit Silber in feinen Spitzen zusammengelöthet wurden; die eine Löthstelle wurde gegen die Mitte des Condensators angebracht, die andere am unbelegten Rand derselben in Siegellack oder die Platte selbst eingeschmolzen.

Zur Messung der Intensität der Thermostrome diente ein Spiegelgalvanometer mit 2 festen Multiplicatorrollen und 5 auf gleicher verticaler Axe befestigten Magnetenadeln, von denen 2 in der Mitte, die andern über und unter den Spulen sich in dämpfenden Kupferhülsen bewegten. Die ziemlich grosse Empfindlichkeit eines solchen Galvanometers wird erreicht durch vollständige Ausnutzung der ablenkenden Wirkung der gegebenen Windungen, nicht durch Astasirung, welche immer mit starker Veränderlichkeit der Ruhelage verbunden ist.

Um nun die, in verschiedenen Versuchen in den Condensatoren beobachteten Temperaturerhöhungen unter sich vergleichbar zu machen, war noch die Zahl der vorgenommenen Ladungen und Entladungen zu ermitteln, oder, bei gleichbleibender Funkenstrecke, das Quantum der, dem Condensator zugeführten Electricitätsmenge; erst dann war es möglich, die einer einzelnen Entladung oder bei gegebener Funkenstrecke die einer bestimmten in Bewegung gesetzten Electricitätsmenge entsprechende Wärme anzugeben. Bei den früheren Messungen an Glas wurde die gesammte dem Condensator zugeführte Electricitätsmenge gemessen durch die Wärme, welche sie beim Abfließen durch einen dünnen Draht von grossem Widerstand in einem Calorimeter erzeugte. Das Verfahren ist umständlich, hat aber den Vorthheil, directen Aufschluss über die ins Spiel kommende electricische Energie zu geben.

Bei den neuern Versuchen wurden die den kleinen Condensatoren zugeführten Ladungen ermittelt durch eine Maassflasche von grosser Capacität. Die der direct geladenen gegenüberliegende Belegung stand ausser mit der Funkenstrecke in Verbindung mit einem grossen Blättercondensator, der sich durch eine Funkenstrecke zur Maschine entladen konnte. Der kleine und der grosse Condensator bildeten also eine Cascadenbatterie, es erfolgen aber im letztern so viel mal weniger Entladungen, als seine Capacität grösser ist als die der erstern; seine Capacität war 0,054 MF, viele hundert mal grösser als die der meisten der auf Wärmetönung zu untersuchenden, so dass, während in den letztern die Entladungen so rasch aufeinander folgten, dass ein Ton hörbar wurde, die Entladungen an der Maassflasche circa alle Secunden erfolgten und bequem gezählt werden konnten. Die passende Entladungsfrequenz konnte durch die Dimensionirung der Funkenstrecke hergestellt werden. Die in den kleinen Condensatoren auftretenden Wärmemengen wurden berechnet für je hundert Entladungen in dem grossen Condensator. Als Electricitätsquelle stand mir eine Influenz-electrisirmaschine mit 26 laufenden Scheiben zur Verfügung, welche in kurzer Zeit, meistens schon nach Verfluss von Bruchtheilen einer Minute, ein genügendes Quantum von Electricität lieferte, um beobachtbare thermische Effekte zum Vorschein zu bringen.

Die Ausführung einer Messung gestaltete sich nun folgendermassen: Nach Herstellung der Verbindungen der Condensatoren mit den Polen der Electricirmaschine wurde letztere in Gang gesetzt, bis aus der Maassflasche eine bestimmte Anzahl von Funken übergegangen war, dann der electrostatische Kreis in sich geschlossen, die

Verbindung des Thermoelements mit dem Galvanometer hergestellt, in demselben der Ausschlag abgelesen; in etwa einer Minute konnte eine Beobachtung ausgeführt werden.

Hat die Methode den Vorzug, in Folge ihrer Einfachheit speditiv zu sein, so bedingt sie dagegen einige Fehlerquellen, welche schwer zu beseitigen sind, besonders in der Anwendung auf dünne Condensatorplatten. Ein Theil der im Dielectricum entstehenden Wärme wird an die, allerdings dünnen Staniolbelegungen abgegeben, es findet ferner Fortleitung von Wärme durch die, wenn auch dünnen, Thermoelementendrähte statt, ferner Ausstrahlung an die Umgebung und es ist offenbar der Einfluss dieser Umstände auf die zu beobachtende Temperaturerhöhung um so bedeutender, je kleiner u. dünner die Condensatorplatten sind und sie nimmt zu mit der zur Ausführung einer Beobachtung nöthigen Zeit und mit der bewirkten Temperaturerhöhung; es war deshalb geboten, nur so lange die Electricitätszuführung zu den Condensatoren fortzusetzen, als nöthig war, um sicher die erfolgende Temperaturerhöhung messen zu können: bei dünnen Platten war dies der Fall, wenn in der Maassflasche 10 Funken übergegangen waren, während bei dicken von 3 mm 100 Funken abgezählt werden mussten. Der Betrag der Fehler kann eingeschränkt werden durch Steigerung der Empfindlichkeit des Galvanometers, mit dem die Thermoströme gemessen werden; von Vortheil würde es auch sein, 2 Condensatorplatten aufeinander zu legen und nun die Temperatur an den sich berührenden mittlern Staniolbelegungen zu messen; der Wärmeverlust durch Strahlung würde dann ganz wegfallen. Bei den Dispositionen, wie sie mir zu Gebote standen, konnten noch Platten von

0,5 mm Dicke untersucht werden, für dünnere war der relative Betrag der Wärmeverluste zu gross.

Resultate.

1) *Einfluss der Dicke.* Es ist zum Vornherein zu erwarten, dass mit abnehmender Dicke der Platten die in denselben unter übrigens gleichen Umständen zu beobachtende Temperaturerhöhung zunimmt, weil die Masse, die zu erwärmen ist, abnimmt, die Capacität und mit ihr die Ladungsmenge bei der einzelnen Entladung zunimmt. Aus den Versuchen glaube ich schliessen zu müssen, dass für die untersuchten Dicken das Gesetz gilt, dass die bei verschiedener Dicke und unter sonst gleichen Umständen auftretenden Temperaturerhöhungen den Quadraten der Dicken umgekehrtproportional sind, oder dass die Beziehung gilt:

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

oder

$$t_1 d_1^2 = t_2 d_2^2 = \text{const. } A.$$

Die Zulässigkeit dieses Gesetzes lässt sich aus folgenden Tabellen beurtheilen, in welchen d die Dicke der Platten, α den der Temperaturerhöhung proportionalen Ausschlag am Galvanometer bedeutet, berechnet für 100 in der Massflasche übergehende Funken. 16,2 Scalentheile Ausschlag entsprechen einer Temperaturerhöhung von 1° . Die Angaben gelten für Ebonitscheiben, die aus der gleichen grossen Platte herausgeschnitten und abgedreht worden waren und für Glas. αd^2 ist der Mittelwerth, der sich aus den unter α aufgeführten Einzelwerthen ergibt.

d	α	$d^2 \alpha$
2,32	5,5	30,1
	5,7	
1,365	17	31,3
	17	
	16,4	
0,745	52	27,8
	48	

Aus einer andern Beobachtungsreihe, die unter etwas veränderten Umständen vorgenommen war, ergab sich:

d	α	$d^2 \alpha$
3,01	3,8	33,5
	3,1	
	3,7	
	4,0	
	3,9	
2,32	6,5	35,0
	6,5	
1,365	19,0	37,2
	21,8	
	19,2	
0,745	52	28,8

Aehnliche Resultate ergaben Glasplatten; dieselben waren nicht genau planparallel; das erklärt die grössern Abweichungen im Produkt αd^2 .

d	α	$d^2 \alpha$
3,34	2,6	29
2,28	6,6	34,3
1,4	16,0	31,3
0,77	42,0	25,7

Zu diesen Zusammenstellungen ist zu bemerken, dass bei den Platten von über 2 mm Dicke die Ablesungen im Galvanometer erst vorgenommen wurden, nachdem an der Maassflasche 100 Funken übergegangen waren, die unter α aufgeführten Werthe also direct beobachtet sind, während bei den dünnsten meistens schon nach 25 solcher Entladungen die Ausschläge beobachtet wurden, die aufgeführten Werthe von α also das 4fache der direct beobachteten sind. Zuweilen war die Zahl der Funken, die vor der Temperaturbestimmung abgezählt wurden, durch die mehr oder weniger ergiebige Leistung der Electricitätsmaschine bedingt. Bei allen Versuchen wurde darauf Bedacht genommen, nach möglichst kurzer Zeit die Temperaturmessung vorzunehmen, um den Einfluss der Wärmeableitungen zu reduciren. Die Tabellen zeigen, dass die für dicke Platten sich ergebenden Ausschläge allerdings klein sind; sie waren dafür stabil und sicher zu bestimmen; bei dünnen Platten war es leicht, grosse Ausschläge zu erhalten, aber sie zeigten sofort nach der Ablesung eine Tendenz zur Abnahme und dies erklärt auch die kleineren Werthe des Productes $d^2 \alpha$. Durch Beobachtung des ersten Ausschlages statt des stabilen kann diese Fehlerquelle reducirt werden; aber für Plattendicken von nur einigen Zehntel-Millimetern ist die ganze Methode in der hier beschriebenen Form und mit meinen Apparaten schlechterdings nicht anwendbar. Bei dünnen Glimmerplatten kann man nach kurzer Electricisirung hunderte von Scalentheilen Ausschläge bekommen, sie nehmen aber so rasch ab, dass Messungen unmöglich werden.

Die aufgeführten Zahlen lassen erkennen, dass während das Quadrat der Dicken d um das zehnbiszwanzigfache variirt wurden, das Product $d^2 \alpha$ nur um Procen-

sich änderte, und es scheint mir daher der Schluss gerechtfertigt, dass die Temperaturerhöhungen den Quadraten der Dicken umgekehrt proportional sind, wenigstens für das Dickenintervall 0,7 bis 3 mm. Ich glaube, dass dies Gesetz auch in weitem Grenzen gültig bleibt, muss aber den Beweis dafür erneuten und modificirten Bestimmungen vorbehalten.

Auf Grund unseres Gesetzes lässt sich nun auch die Wärmemenge bestimmen, welche in polarisirten Dielectris auftritt. Denken wir uns an der Stelle, wo die Temperatur gemessen wurde, einen Cylinder herausgeschnitten mit der Basisfläche eins, der, den Kraftlinien parallelen Höhe d , sind Dichte und specifische Wärme δ und ϱ , so ist die, der Temperaturänderung t entsprechende Wärmemenge Q

$$Q = d \cdot \delta \cdot \varrho \cdot t \quad \text{und weil}$$

$$t = \frac{A}{d^2} \quad \text{so wird}$$

$$Q = \frac{\delta \cdot \varrho \cdot A}{d} = \frac{B}{d}$$

wenn das Constantenaggregat $\delta \varrho A = B$ gesetzt wird. Die Wärmemengen, welche bei constanter Ladungsmenge durch wechselnde Polarisation erzeugt werden, sind also umgekehrt proportional den Dicken der polarisirten Schichten. Auf Grund des Zusammenhangs von Dicke und Zahl der Entladungen, welche einer gegebenen Electricitätsmenge E entsprechen, lässt sich nun auch das Gesetz der auf die einzelne Ladung resp. Entladung e entfallende Wärme q angeben, und zwar in lauter electricischen Grössen. Ist n die Zahl der Entladungen, welche die ganze zugeführte Electricitätsmenge E veranlasst, die Einzelladung e , ist

ferner p die constante Potentialdifferenz der Belegungen, β eine neue Constante, so gilt

$$Q = nq = \frac{B}{d}$$

$$n = \frac{E}{e}$$

$$q = \frac{B \cdot e}{E \cdot d}$$

$$e = \frac{p \cdot \beta}{4 \pi d}$$

$$d = \frac{p \beta}{4 \pi \cdot e} \quad \text{daher:}$$

$$q = \frac{B 4 \pi \cdot e^2}{\beta \cdot E \cdot p} = \gamma \cdot e^2$$

wenn die Constanten, zu welchen in den Versuchen auch E und p gehören, in die eine γ zusammengefasst werden; d. h.: die bei einmaliger Ladung bis zu einem bestimmten Potential, und darauffolgender Entladung in Richtung einer Kraftlinie entstehender Wärmemenge ist proportional dem Quadrat der Ladungsmenge oder der Ladungsenergie. In den oben beschriebenen Versuchen waren die Temperaturen an Stellen ermittelt worden, welche nahe der Mitte lagen; es war das nothwendig, weil nach den vorangehenden Formulirungen die Temperaturerhöhungen in der Fläche einer Condensatorbelegung an verschiedenen Stellen verschieden sind, gegen den Rand hin erheblich zunehmen müssen, weil dies für die electricischen Dichten gilt. Einige Versuchsreihen, bei welchen die Temperaturmessungen in verschiedenen Abständen vom Centrum der kreisförmigen Belegungen vorgenommen wurden, haben die Richtigkeit dieser Consequenz ergeben, und es sind nun auch Versuche im Gang, welche

auf die Ermittlungen der quantitativen Beziehungen ausgehen.

2) *Einfluss der Substanz des Dielectricums.* Um die Wärmetönungen durch electriche Polarisirung in verschiedenen Dielectricis zu vergleichen, verschaffte ich mir Plattencondensatoren mit gleichen kreisförmigen Belegungen und solchen Dicken, für welche das oben ausgesprochene Gesetz sicher angewendet werden kann. Es wurde die Temperaturerhöhung in ungefähr gleichen Distanzen vom Centrum, und nach Zuführung gleicher Gesamtladungen, bestimmt, es wurden Dichte und specifische Wärme der Substanzen gemessen, und es können nun die in den gleichen Volumen verschiedener Substanzen erzeugten Wärmequantitäten angegeben werden. Die folgende Tabelle gibt eine Uebersicht über die erreichten Resultate; in derselben bedeuten d die Dicken der Condensatorplatten, α die Ausschläge am Thermomultiplicator berechnet pro 100 Entladungen im grossen Condensator, ϱ die specifische Wärme der Substanzen, δ die Dichten.

Dielectricum	d	$d^2 \alpha$	δ	ϱ	$\varrho \delta d^2 \alpha$
Glimmer . .	0,6	3,24	2,8	0,213	1,93*
Guttapercha	1,8	28,16	0,97	0,381	10,18
Paraffin . .	2,0	120	0,88	0,374	39,5*
Ebonit . .	1,365	26,1	1,414	0,246	9,06
Glas . . .	0,92	22	2,16	0,19	10,86
Wachs . .	3,0	171	0,96	0,397	65,1*
Kautschuk .	1,08	47,8	0,95	0,349	15,9

Die in dieser Tabelle aufgeführten Resultate sind erhalten worden unter Anwendung von kleinern Thermo-
elementen, als die frühern waren; natürlich waren sie
aber unter sich gleich.

Die in der letzten Rubrik aufgeführten Zahlen stellen die, in gleichen Volumen und bei gleichen Dicken, und sonst gleichen Umständen in den aufgeführten Substanzen beobachteten Wärmemengen dar; die mit Kreuzen versehenen sind mit den andern nicht vergleichbar; bei Wachs und Paraffin waren die Löthstellen der Thermoelemente in die Substanz eingeschmolzen, statt auf die Belegung aufgelöthet; das muss auf die zu beobachtenden Temperaturerhöhungen einen ähnlichen Einfluss ausgeübt haben, wie eine Verminderung der Dicken; zudem befanden sich die Löthstellen näher am Rand der Belegungen, als bei den andern Condensatoren. Bei den Beobachtungen am Glimmer muss ein Fehler mit unterlaufen sein, wie z. B. Ablösung der Löthstelle mit der Belegung vom Glimmer; ich muss dies daraus schliessen, dass nach frühern Beobachtungen Glimmer unter gleichen Umständen nicht weniger erwärmt wurde, wie Glas.

Aus der Tabelle lässt sich nicht viel mehr schliessen, als dass durch wechselnde Polarisation in verschiedenen Dielectricis unter gleichen Umständen im gleichen Volumen Wärmemengen von gleicher Grössenordnung auftreten. Die Ermittlung der Abhängigkeit derselben etwa von der Dielectricitätsconstanten muss genaueren Messungen vorbehalten bleiben.

3) *Anderweitige Beobachtungen.* Ehe man daran gehen kann, die im Vorhergehenden besprochene Erscheinung heranzuziehen zur Prüfung electrostatischer Theorien, müssen noch weitergehende und genauere Beobachtungen vorliegen. Es ist der Einfluss der Entladungspotentialien auf die Wärmetönung zu untersuchen, und es ist die im Dielectricum auftretende Wärme zu vergleichen mit der im gesammten Stromkreise auftretenden. Es soll nur eine

Beobachtung noch erwähnt werden, die ich anstellte, um direct über die Zulässigkeit gewisser Erklärungsversuche Aufschluss zu erhalten. Es wurden die beiden Belegungen eines Glascondensators mit gleichnamigen Electricitäten geladen und in rascher Folge durch eine Funkenstrecke entladen; es waren dabei keine Temperaturänderungen im Glas zu constatiren. Dies Resultat zeigt einmal, dass die nach Joule's Gesetz in den Condensatorbelegungen erzeugte Wärme bei meinen Versuchen nicht in Betracht kam gegen die im Dielectricum auftretende; ferner aber folgt aus diesem Versuchsergebniss, dass directe Fernwirkungen der Belegungen auf einander unsere Erscheinung nicht zu erklären im Stande sind; denn solche Fernwirkungen mussten sowohl bei gleichnamiger wie bei entgegengesetzter Ladung einen beobachtbaren Effect ergeben, wenn sie überhaupt das thermische Verhalten des Dielectricums bedingen (etwa durch die Compressions- oder Dilatationsarbeit). Es ist zwar zu erwähnen, dass bei gleichnamiger Ladung der Belegungen und bei gleicher Funkenstrecke die einmaligen Ladungsmengen sehr viel kleiner sind, als bei ungleichnamiger Ladung und Eintreten der Condensatorwirkung; im letztern Fall ist die Ladung ungefähr im Verhältniss des Quadrats der Verstärkungszahl grösser als im ersten. Aber wenn überhaupt eine Temperaturänderung vorkäme, so müsste sie durch Vermehrung der gesammten Ladungsmenge, durch Verminderung der Plattendicke, beobachtbar gemacht werden können.

Zum Schluss sei erwähnt, dass auch in einer Flüssigkeit, Paraffinöl, Temperaturerhöhungen durch wechselnde electricische Polarisation beobachtet werden konnten, und zwar in ähnlichem Betrage, wie in den aufgeführten festen

Körpern. In einer dicken Paraffinplatte wurde eine flache cylindrische Vertiefung ausgedreht, der Boden derselben mit einer Metallbelegung versehen; diese kleine Grube wurde mit dem Oel gefüllt, auf die Flüssigkeitsoberfläche eine dünne Kupferplatte mit Thermoelement gelegt und nun konnten Beobachtungen ausgeführt werden, die den mit festen Condensatoren ganz analog waren. Bei solchen Beobachtungen können mechanische Compression und Dilation als Folge der electricischen Kräfte zur Erklärung der thermischen Wirkungen nicht herangezogen werden.

Während des Druckes dieser Mittheilung sind an Glas unter verbesserten Versuchsbedingungen Beobachtungen angestellt worden, welche das oben angeführte Dickengesetz als genau gültig erkennen lassen, wie folgende Tabelle zeigt. Die Bezeichnungen sind die auf Seite 329 gebrauchten.

d	α	$d^2 \alpha$
0,92	28,0	23,7
1,42	11,8	23,8
2,29	4,5	23,6
2,77	3,1	23,8
3,27	2,1	23,8

Zürich, December 1892.