

III. *Ueber den elektrischen Rückstand; von A. Wüllner.*

§. 1.

Die beiden streitigen Theorien über die elektrische Rückstandsbildung, welche bei jedem elektrischen Condensator mit starrem Isolator stattfindet, kann man kurz dahin charakterisiren, daß die eine, ursprünglich von Kohlrausch ¹⁾ aufgestellte, später von Hrn. Clausius ²⁾ genauer behandelte, als die Ursache des Rückstandes den durch die Influenz in dem Isolator erregten elektrischen Zustand ansieht, während die andere, jetzt besonders von Hrn. von Bezold ³⁾ vertretene, annimmt, die Elektricität dringe von den Belegungen in den Isolator ein. Nach der erstern vermindert der in dem Isolator erregte polare Zustand das Potential der Elektricität auf den Belegungen; bei der Entladung bleibt deshalb auf den Leitern eine gewisse Menge Elektricität zurück, so daß im Momente der Entladung das Potential der auf den Belegungen vorhandenen Elektricität und der durch Influenz in dem Isolator geschiedenen auf den Belegungen gleich Null wird. In dem Maasse wie in dem Isolator die geschiedenen Elektricitäten sich vereinigen oder der polare Zustand verschwindet, muß dann das Potential auf den leitenden Belegungen wieder wachsen, somit der Rückstand auftreten. Die zweite Theorie nimmt an, daß die Rückstandsbildung Folge eines Eindringens der auf den Belegungen gebrachten Elektricität in den Isolator ist; es ist also im Isolator in der Nähe der positiven Belegung freie positive, in der Nähe der negativen Belegung freie negative Elektricität vorhanden. Im Momente der Entladung muß deshalb das Potential auf den Be-

1) Kohlrausch, Pogg. Ann. Bd. XCI.

2) Clausius, Abhandl. zur mechan. Wärmetheorie II. S. 155.

3) von Bezold, Pogg. Ann. Bd. CXXXVII.

gungen dadurch Null werden, daß dieselben eine gewisse, der ursprünglichen Ladung dem Vorzeichen nach entgegengesetzte Ladung erhalten. Der Rückstand tritt dann dadurch wieder auf, daß diese entgegengesetzte Ladung ebenso in den Isolator wieder eindringt und daher die vorher eingedrungene Elektrizität wieder hervortritt¹⁾.

Eine Entscheidung zwischen den beiden Theorien, welche die bisherigen Versuche noch nicht geliefert haben, läßt sich experimentell äußerst einfach erreichen; es ist dazu nur nöthig, daß man anstatt, wie es bisher geschah, den Gang der disponibeln Ladung und den nach und nach wieder auftretenden Rückstand zu beobachten, direct den im Momente der Entladung vorhandenen Rückstand untersucht. Man kann das sehr leicht, indem man Condensatoren anwendet, welche gestatten, beliebig die Belegung von den Isolatoren zu trennen. Entfernt man die Collectorplatte in dem Momente der Entladung, so läßt sich direct das Potential der auf derselben vorhandenen Elektrizität bestimmen. Nach der ersteren Theorie muß dann das Vorzeichen der auf der Platte vorhandenen zurückgebliebenen Ladung dasselbe seyn, wie das der ursprünglichen Ladung, nach der zweiten muß dagegen das Vorzeichen der Ladung das entgegengesetzte seyn, die ursprünglich etwa positiv geladene Platte muß negativ elektrisch seyn.

§. 2.

Ich habe in dem vergangenen Winter von Hrn. Urbani zur Untersuchung der Influenz auf Nichtleiter eine Methode anwenden lassen, welche den eben angedeuteten Versuch direct anzustellen gestattete. Das Princip dieser Methode ist die Anwendung von Condensatoren, deren Collectorplatte aus Metall, deren Condensatorplatte aus einem Isolator besteht und die Beobachtung der Aenderung, welche das elektrische Potential auf der Collectorplatte durch den gegenübergestellten Isolator erfährt. Die Anordnung des Apparates schließt sich derjenigen an, welche Kohlrausch

1) von Bezold a. a. O.

ursprünglich seinem Condensator gegeben hat. An den horizontalen Arm eines galgenförmigen Gestelles hängt horizontal schwebend eine Metallplatte; dieselbe ist durch drei dünne, vorsichtig gefirnifste Glasstäbchen von 25 Centm. Länge an ein Messingdreieck gehängt; dieses letztere hängt an zwei feinen Kupferdrähten, welche über zwei neben einander oben auf dem Galgen angebrachten Rollen geführt sind. Hinter den Rollen sind die beiden Drähte durch eine Querleiste verbunden, an welcher eine seidene Schnur befestigt ist; diese ist über eine Rolle geführt, die an der Kante, in der der verticale Ständer und der horizontale Arm des Galgens zusammentreffen, so angebracht ist, daß die Seidenschnur den beiden Kupferdrähten oben parallel ist. An dem verticalen Ständer des Gestells sind zwei Haken angebracht, in welche ein an die Seidenschnur befestigter Ring eingehängt werden kann, so daß sich die Metallplatte in zwei bestimmten Höhen, deren Differenz etwas mehr als 10 Centm. beträgt, festhalten läßt. Der Haken, welcher die Platte in ihrer tiefsten Lage festhält, ist mit Stellschraube in verticaler Richtung verschiebbar, so daß sich die tiefere Lage um etwa 1 Centm. in ihrer Höhe variiren läßt. Um die Metallplatte immer in genau horizontaler Lage erhalten zu können, waren die sie tragenden Glasstäbchen an Schraubenspindeln aufgehängt, welche durch auf dem Messingdreieck liegende Muttern gehoben und gesenkt werden konnten. In der Mitte der Metallplatte war ein dünnes verticales Messingstäbchen angebracht, von welchem ein feiner Platindraht zu einem Sineuselektrometer führte. Der Draht war so fein, er hatte etwa 0^{mm},05 Durchmesser, daß er die auf- oder niedergehende Platte in ihrer Bewegung gar nicht störte.

Unterhalb der schwebenden Platte stand ein ganz aus Glas gefertigtes Stativ. Auf einer großen dreieckigen mit Stellschrauben versehenen Glasplatte standen drei 10 Centm. hohe Glassäulchen, Glasröhren, welche innen und außen mit Siegelack überzogen waren. Dieselben trugen eine Glasplatte, welche auf denselben horizontal mit Siegelack

befestigt war. Auf die Glasplatte war mit einem Kite aus Harz und Wachs ein 1,3 Centim. hoher Glasring gekittet, dessen äußerer Durchmesser, 12 Centim., genau gleich dem Durchmesser der darüber schwebenden Metallplatte ist. Der Glasring mit der Bodenplatte bildete so ein 1,3 Centim. tiefes Gefäß, welches zur Untersuchung der Influenz auf Flüssigkeiten mit solchen gefüllt werden konnte. Dasselbe bildete dann mit der darüber schwebenden Metallplatte einen Condensator, dessen Condensatorplatte die 1,3 Centim. dicke Flüssigkeit in dem Gefäß war. Um die Flüssigkeit dann eventuell mit der Erde in leitende Verbindung bringen zu können, war die Bodenplatte in der Mitte durchbohrt und in diese Durchbohrung eine Röhre eingekittet, die mit einem Stopfen geschlossen werden konnte. Zur Herstellung der Ableitung konnte man dann das Gefäß mit einem Kautschukschlauch mit anderen daneben gestellten, etwa mit Trichtern verbinden, welche dieselbe Flüssigkeit enthielten, die als Condensatorplatte benutzt werden sollte. Ein mit den Gasleitungen des Laboratoriums verbundener Draht tauchte dann zur Herstellung der Ableitung in die Flüssigkeit des seitlich aufgestellten Trichters.

Andererseits konnte dieser Glasring auch zur Unterlage von irgend welchen Platten dienen, auf welche die obere geladene Platte influenzierend einwirken sollte. Wenn diese Platten sorgfältigst isolirt werden sollten, so wurden auf den oberen Rand des Glasringes zunächst drei Schellacktropfen gebracht, auf welche man dann die zu untersuchende Platte legte.

Wie man mit dieser Anordnung die Influenz auf Nichtleiter untersuchen kann, ergibt sich sofort. Man ladet die obere mit dem Sinuselektrometer verbundene Platte in ihrer höchsten Lage und mißt ihr Potential am Sinuselektrometer. Dann läßt man die geladene Platte bis zu einer genau bestimmten Entfernung von der Flüssigkeitsoberfläche oder von der auf dem Glasring liegenden Platte oder auch bis zur Berührung derselben herab und verfolgt den

Gang des Potentials der Metallplatte am Sinuselektrometer. Findet eine influenzirende Wirkung auf den Nichtleiter statt, so muß das Potential der geladenen Platte kleiner werden und zwar in dem Maasse, wie die Influenzierung in der Flüssigkeit oder der nichtleitenden Platte vorschreitet, so daß man an dem Gange des Potentials der influenzirenden Platte die Abhängigkeit der Influenz von der Zeit genau verfolgen kann. Ueber die nach dieser Methode erhaltenen Resultate wird Hr. Urbani anderweitig berichten.

§. 3.

Zur Ausführung des oben angedeuteten für die Theorie des Rückstandes entscheidenden Versuchs wurde die erwähnte an dem Galgen hängende Platte als abnehmbarer Beleg einer Franklin'schen Tafel benutzt. Es wurde auf den Glasring eine Messingplatte gelegt und durch einen Draht mit der Erde ableitend verbunden, deren Durchmesser genau gleich war demjenigen der darüber schwebenden Platte. Als isolirende Zwischenschichten wurden gefirnifste Glasplatten von verschiedener Dicke, theils Spiegelglasplatten, theils die Bruchstücke einer zerbrochenen Scheibe einer Influenzmaschine benutzt. Zunächst wurde bei den Versuchen so verfahren, daß die schwebende Metallplatte durch eine geriebene Porcellanröhre mit positiver Elektricität geladen wurde, so daß die am Sinuselektrometer beobachtete Ablenkung etwa 85° betrug. Dann wurde die geladene Platte herabgelassen bis sie auf der unten liegende Glasplatte auflag. Das am Sinuselektrometer gemessene Potential der Platte wurde sofort außerordentlich vermindert, so daß die Ablenkung am Sinuselektrometer bei Platten bis zu 6^{mm} Dicke schon nach der ersten Minute nur mehr weniger als 1° betrug und deshalb der Gang der disponibeln Ladung kaum mit Sicherheit zu beobachten war. Um indeß ein Bild dieses Ganges zu geben, theile ich einige so mit einer Spiegelglasplatte von 8^{mm} Dicke erhaltenen Reihen mit, bei welcher gleichzeitig der Einfluß

der Zerstreuung auf den Gang der disponibeln Ladung beobachtet wurde. Zu dem Zwecke wurde die geladene Platte eine Zeit lang auf der Glasplatte liegen gelassen, dann ohne Entladung aufgezo- gen und die dann noch in der Platte vorhandene Ladung gemessen. Es ergab sich dann der Bruchtheil der ursprünglichen Ladung der in der ganzen Zeit verschwunden war, und es konnte daraus unter Voraussetzung eines constanten Zerstreuungs- coëfficienten an jeder der beobachteten disponibeln Ladungen die Correction wegen der Zerstreuung angebracht werden. Die disponibeln Ladungen wurden von Minute zu Minute beobachtet und bei der Berechnung der Correction wegen der Zerstreuung vorausgesetzt, daß in jeder Minute derselbe Bruchtheil der am Ende der Minute beobachteten Ladung durch Zerstreuung verloren gegangen sey. Die vollständige Mittheilung einer Beobachtungsreihe und deren Berechnung wird dieselbe am besten hervortreten lassen.

Gang der disponibeln Ladung bei einer gefirniften Spiegelglasplatte
von 8^{mm} Dicke.

Zeit in Minuten	Ablenkung am Elektrometer α	$\frac{1}{2} \log \sin \alpha$	
0	85°	0,99917 — 1	Moment des Her- ablassens
1	1 28'	0,20408 — 1	
2	1	0,12042 — 1	
3	50	0,08134 — 1	
4	40	0,03288 — 1	
5	32	0,98443 — 2	
6	26	0,93934 — 2	
7	21	0,89297 — 2	
8	20	0,88237 — 2	
:	:		
13	14	0,80297 — 2	
:	:		
16	10	0,73186 — 2	Platte wieder auf- gezogen
17	64 20	0,97744 — 1	
18	58 54	0,96630 — 1	

Aus den beiden letzten Beobachtungen ergibt sich für den Logarithmus des Potentials der aufgezogenen Platte am Ende der 16. Minute als die Platte wieder aufgezogen wurde, indem man die Differenz der beiden letzten Werthe zu dem Werthe am Ende der 17. Minute addirt 0,98858. Der Logarithmus des Potentials hat sich somit in 16 Minuten um 0,01059 oder für die Minute um 0,00066 vermindert. Wir erhalten deshalb die Logarithmen der Potentialwerthe, welche ohne Zerstreuung beobachtet worden wären, indem wir für jede Minute einmal 0,00066 zu den beobachteten Logarithmen, zu dem für die 5. Minute beobachteten Werthe z. B. also 5 . 0,00066 addiren.

Die Beobachtung für die Zeit 0 giebt den Werth des Potentials für die einzeln schwebende Platte; um daraus den Werth des Potentials beim Beginne der Rückstandsbildung zu erhalten, muß man das Potential der Platte kennen, wenn sie ohne Zwischenlegung des Glases in der gleichen Entfernung von 8^{mm} der zweiten abgeleiteten Platte gegenüberhängt. Zu dem Ende wurde das Verhältniß der Potentiale v'_0 , wenn die Platte der abgeleiteten bis auf 8^{mm} genähert war, und v , wenn die Platte isolirt schwebte, direct bestimmt. Vier Versuche ergaben

$$\frac{v'_0}{v} = 0,6565 \dots 0,6513 \dots 0,6580 \dots 0,6505$$

Mittel 0,6541.

Hiernach ergeben sich für die Potentiale v' in den verschiedenen Minuten folgende Werthe

Zeit in Minuten	$\log v'$	v'	$\frac{v'}{v'_0}$	$\frac{v'}{v'_0}$	$\frac{v'}{v'_0}$
0	0,81481 — 1	0,6528	10	10	10
1	0,20474 — 1	0,1602	2,450	2,244	2,380
2	0,12176 — 1	0,1323	2,027	2,000	2,000
3	0,08332 — 1	0,1211	1,855	1,715	1,772
4	0,03552 — 1	0,1085	1,662	1,601	1,590

Zeit in Minuten	$\log v'$	v'	$\frac{v'}{v'_0}$	$\frac{v'}{v'_0}$	$\frac{v'}{v'_0}$
5	0,98773 — 2	0,0972	1,489	1,471	1,500
6	0,94330 — 2	0,0877	1,344		
7	0,89759 — 2	0,0789	1,210		
8	0,88765 — 2	0,0772	1,182		
⋮	⋮				
13	0,81355 — 2	0,0651	0,9971		
⋮	⋮				
16	0,74242 — 2	0,0552	0,8464		

Die vierte Columne, und ebenso die beiden letzten aus andern Beobachtungsreihen in derselben Weise abgeleitet, welche die Potentialwerthe in den verschiedenen Minuten auf jene zur Zeit 0 bezogen, geben, lassen den Gang der disponibeln Ladung übersichtlich erkennen. Man sieht, daß bei diesem Glase der Gang der disponibeln Ladung im großen und ganzen derselbe ist, wie ihn auch Herr von Bezold beobachtet hat. Er ist allerdings ein wesentlich anderer als der von Kohlrausch beobachtete, selbst wenn man nicht von dem Potentialwerthe zur Zeit Null ausgeht, sondern die disponible Ladung zur Zeit 1 Min. als Ausgangspunkt nimmt. So giebt Kohlrausch z. B. bei einer Beobachtungsreihe die disponible Ladung nach der ersten Minute (59'') zu 1,264, nach fast 16' (935'') zu 0,925, während sie hier in derselben Zeit von 2,45 bis zu 0,84 abnimmt. Es muß darnach das Glas von Kohlrausch ein ganz anderes gewesen seyn als alles von mir benutzte. Denn bei allen von mir benutzten Gläsern war die Abnahme der disponibeln Ladung eine viel raschere wie bei Kohlrausch. Die langsamste Abnahme, bei einer mit einer sehr dicken Firnißschicht bedeckten Scheibe von 2^{mm},4 Dicke ging immer von 1,25 am Ende der ersten auf 0,74 am Ende der 16. Minute.

Zur Prüfung des Rückstandes wurde die Kollektorplatte, nachdem sie mehr oder weniger lange Zeit auf der Glasplatte gelegen, mit der Erde in leitende Verbindung

gebracht, indem man den Knopf des Sinuselektrometers einen Moment mit einem Drahte berührte, der mit den Gasleitungen des Laboratoriums in Verbindung war, und dann sofort in die Höhe gezogen. Man nähert dann langsam der gehobenen Platte die geriebene Porcellanröhre; hat der Rückstand dasselbe Vorzeichen, wie die ursprüngliche Ladung, so muß die im Sinuselektrometer beobachtete Ablenkung der Nadel größer werden, hat der Rückstand das entgegengesetzte Vorzeichen, so muß die Ablenkung der Nadel des Sinuselektrometers abnehmen.

Das Resultat dieser Versuche war stets, daß der Rückstand mit der ursprünglichen Ladung das gleiche Vorzeichen besaß, der Rückstand der positiv geladenen Platte war stets positiv, ein Beweis, daß die Bildung desselben der Influenz des influenzirten Isolators auf die geladene Platte zuzuschreiben ist.

§. 4.

Dieselbe Regelmäßigkeit in dem Vorzeichen des Rückstandes zeigte sich aber nicht mehr als stärkere Ladungen angewandt wurden. Zur Herstellung solcher Ladungen wurde die Collectorplatte auf die Glasplatte herabgelassen und dann mit einem bestimmten Secundenschlage mit dem Knopfe einer geladenen Leydener Flasche in Verbindung gesetzt. Die Rückstandsbildung wurde dann auch in den meisten Fällen durch Beobachtungen von Minute zu Minute verfolgt, und dann in derselben Weise wie vorhin der Rückstand seinem Vorzeichen nach bestimmt.

Bei den dickeren gefirnißten Glasplatten, bis zu 2^{mm},4 herab war auch dann das Resultat der Versuche dasselbe, wie auch dort, wo eine Vergleichung möglich war, der Gang der disponibeln Ladung im wesentlichen derselbe war. Um auch hier zur Bestimmung des Ganges der disponibeln Ladung die Zerstreuung in Rechnung ziehen zu können, wurde vor den einzelnen Beobachtungsreihen an den

zu untersuchenden Platten mit schwachen Ladungen in der vorhin beschriebenen Weise die Zerstreuung direct beobachtet und dann zur Anstellung der eigentlichen Beobachtungen so lange gewartet, bis die Glasplatte zwischen den Belegungen nicht mehr elektrisch war. Dabei ergab sich, daß der Elektricitätsverlust bei dickern Platten zwischen den Belegungen stets viel beträchtlicher ist, als bei dünneren Platten; es folgt daraus, daß es unberechtigt ist, aus dem Gange der disponibeln Ladung allein zu folgern, daß die Rückstandsbildung bei dickeren Platten eine stärkere ist, als bei dünneren Platten. Es scheint nach meinen vielfachen Versuchen das in der That nicht der Fall zu seyn, sondern es hängt der Gang der disponibeln Ladung vielmehr von der Natur des Glases als von der Dicke desselben ab, wenigstens erhielt ich bei reinem Spiegelglase von 6^{mm} Dicke eine langsamere Abnahme der disponibeln Ladung als bei einem solchen von 4^{mm} Dicke, obwohl beides Spiegelgläser derselben Fabrik waren. Ja bei einer und derselben Scheibe ist selbst mit Berücksichtigung der Zerstreuung der Unterschied zwischen den verschiedenen Beobachtungsreihen fast eben so groß, wie zwischen den Platten verschiedener Dicke. Um das zu zeigen, theile ich zwei Beobachtungsreihen an dem gefirnifsten Spiegelglase von 8^{mm} Dicke mit, neben die ich je eine Reihe an einem gefirnifsten Spiegelglase von 6^{mm} und von 4^{mm} Dicke, sowie eine an einem stark gefirnifsten Fensterglase, Bruchstücke der Scheibe einer Influenzmaschine setze. Als Einheit liegt den Zahlen die disponible Ladung nach drei Minuten zu Grunde, deren Werth, die Quadratwurzel aus dem Sinus des Ablenkungswinkels im Elektrometer angeführt ist.

Zeit	Spiegelglasplatte von 8mm		desgl. 6mm	desgl. 4mm	Fensterglas 2mm,4
1	1,424	1,394	1,380	1,370	1,250
2	1,164	1,147	1,143	1,137	1,075
3	1=0,5569	1=0,6466	1=0,6557	1=0,7062	1=0,7434
4	0,9020	0,8912	0,8972	0,8950	0,9478
5	0,8092	0,8113	0,8238	0,8174	0,9130
6	0,7302	0,7461	0,7601	0,7552	0,8820
7	0,6782	0,6813	0,7113	0,7038	0,8604
8	0,6284	0,6503	0,6726	0,6659	0,8400
9	0,5867	0,6095	0,6402	0,6218	0,8233
10	0,5475	0,5733	0,6098	0,5860	0,8092
11	0,5158	0,5506	0,5863	0,5598	0,7991
12	0,4897	0,5175	0,5642	0,5331	0,7854
13	0,4733	0,4958	0,5436	—	0,7746
14	0,4510	0,4779	0,5279	—	0,7656
15	0,4308	0,4352	0,5131	—	0,7461
16	0,4131	0,4292	0,4933	0,4503	0,7363

Wie man sieht, ist der Unterschied in dem Gange der disponibeln Ladung zwischen den verschiedenen gefirnifsten Spiegelgläsern nicht sehr groß, wesentlich anders ist der Gang allerdings bei der dünnsten Platte, der 2,4 Mm. dicken Scheibe aus Fensterglas. Aber hier wird man den Unterschied eher der Verschiedenheit des Materials zuschreiben als der verschiedenen Dicke.

Dafs bei diesen viel stärkeren Ladungen der Gang des Potentials im wesentlichen derselbe ist als bei den vorher angegebenen schwächeren Ladungen, erkennt man, wenn man bei den Reihen, die an der Glasplatte von 8mm Dicke beobachtet sind, die Werthe in derselben Weise darstellt. Schreiben wir den Werth des Potentials in der dritten Minute als 1,781, dem Mittel der bei den vorigen drei Reihen gefundenen Werthe, so erhalten wir als Mittel der letzten beiden Reihen folgende, neben denen die Mittel der drei Reihen des vorigen §. angegeben sind:

Zeit	Starke	Schwache
	Ladungen	
0	10	10
1	2,510	2,355
2	2,057	2,009
3	1,781	1,781
4	1,587	1,617
5	1,443	1,484
6	1,315	1,344
7	1,210	1,210
8	1,141	1,182

Bei allen diesen Platten waren die Rückstände in der vorhin angegebenen Weise untersucht von gleichem Vorzeichen wie die ursprüngliche Ladung.

Anders dagegen bei zwei 1,2 Mm. dicken ebenfalls sorgfältig gefirnisten Spiegelglasplatten; bei diesen waren die Rückstände theils positiv, theils Null, theils negativ. Dieselben unterschieden sich aber von den bisher erwähnten auch dadurch, daß das Potential der Collectorplatte ganz rapide abnahm. Wurde eine dieser Platten zwischen die beiden Belegungen gebracht, so war auch bei Ladungen mit der Leydener Flasche schon nach der ersten Minute die Ablenkung der Nadel im Sinuselektrometer kaum mehr zu beobachten und die Rückstände bewiesen, daß hier unzweifelhaft ein Eindringen der Elektricität in die Platten stattgefunden hatte. Der Rückstand hing hier ab von der in der Platte influenzirten und der eingedrungenen Elektricität, wie sich deutlich ergab, wenn man nicht nur einmal, sondern mehrmals nach einander den Rückstand sich bilden liefs und beobachtete. War der erste Rückstand gleich Null, so fand man stets, daß bei einem nochmaligen Niederlassen der Platte und Ableitung derselben die Platte negativ war; war der erste Rückstand schon negativ, so war der zweite Rückstand meist größer, war der erste Rückstand positiv, so war der zweite sehr viel schwächer, dann der dritte entschieden negativ. Alle diese Fälle wurden beobachtet. So fanden sich bei Versuchen mit

derselben Platte folgende Ablenkungen am Sinuselektrometer.

1. Rückstand	0°	+ 33° 30'	— 5°
2. "	— 8 30'	0	— 6 30'
3. "	— 4	— 1 10	

Auch als zwei solche Platten aufeinander gelegt wurden, zeigte sich dasselbe, ein Beweis, daß die Influenz-
elektricitäten im Glase rascher verschwinden, als sich die
eingedrungenen vereinigen. Gerade das letztere liefs sich
bei Anwendung der doppelten Platte sehr leicht beweisen,
indem man nach der ersten Entladung und Beobachtung
des dort gebildeten Rückstandes bei der Bildung des zwei-
ten Rückstandes nur die obere oder untere Platte benutzte.
Die obere Platte für sich lieferte dann immer einen stär-
keren negativen Rückstand als beide Platten zusammen,
die untere für sich allein einen sehr starken positiven Rück-
stand.

Bei Anwendung einer dicken Spiegelglasplatte von 8^{mm},
welche unterhalb der oberen Platte von Firniß frei war, bei
der also die Collectorplatte direct auf dem Glase auflag,
waren die Rückstände ebenfalls negativ; aber auch hier
gab sich das Eindringen der Elektricität in die Platte durch
eine viel raschere Abnahme der disponiblen Ladung zu er-
kennen. Der Gang der Ladung war folgender.

Zeit	Potentialwerthe V	$\frac{V}{V_3}$
1	0,7071	1,682
2	0,6155	1,269
3	0,2849	1,000
4	0,3926	0,8096
5	0,3305	0,6813
6	0,2775	0,5722
7	0,2405	0,4960
8	0,2089	0,4308
9	0,1828	0,3771
10	0,1599	0,3299

Nach der Entladung war die aufgezogene Kollektorplatte stets negativ elektrisch, und zwar gleich nach der ersten Entladung häufig am stärksten, so daß hier der Einfluß der Influenz auf die Platte gegen das Eindringen vollständig zurücktrat. Ebenso verhielten sich andere von mir untersuchte zwischen den Belegungen nicht gefirnifste Spiegelglasplatten.

§. 5.

Nach den soeben mitgetheilten Beobachtungen kann eine Rückstandsbildung sowohl durch die in dem Isolator erregte Influenzelektricität, als auch durch Eindringen von Elektricität in den Isolator stattfinden; es fragt sich nun, ob in dem letzteren Falle der sogenannte wieder aufgetretene Rückstand dasselbe Vorzeichen haben kann, wie die ursprüngliche Ladung, wie es nach den Entwicklungen des Hrn. von Bezold der Fall seyn soll¹⁾. Es wurde zu dem Ende unter Benutzung der dicken von Firniß unter der Kollektorplatte befreiten Glasplatte nach der Entladung die Platte aufgezogen, um den Rückstand seinem Vorzeichen nach zu bestimmen und sofort wieder niedergelassen, oder es wurde nach der Entladung die Metallplatte auf dem Isolator liegen gelassen und erst nach einiger Zeit aufgezogen. Der sogenannte wiederaufgetretene Rückstand war in allen Fällen sehr schwach, und wenn der Rückstand im Momente der Entladung negativ war, auch stets negativ; nur einmal, als der Rückstand im Momente der Entladung fast gleich Null war, trat nach längerem Warten ein ganz schwacher positiver Rückstand hervor. Gerade die geringe Stärke des wiederaufgetretenen Rückstandes beweist, daß die eigentliche Rückstandsbildung nicht einem Wiederherastreten der in den Isolator eingedrungenen Elektricität zuzuschreiben ist, sondern daß dieselbe nur Folge der im Isolator erregten Influenzelektricität ist.

1) von Bezold, Pogg. Ann. Bd. CXXXVII.

§. 6.

Aus der Erklärung des Rückstandes als einer Wirkung der im Isolator erregten Influenzelektricität ergibt sich unter der Voraussetzung, daß die Veränderungen im Isolator nicht zum Theil momentan erfolgen, unmittelbar ein Ausdruck für die GröÙe des Rückstandes. Bezeichnen wir das Potential auf der ohne Zwischenschaltung des Isolators der abgeleiteten Condensatorplatte gegenübergestellten Collektrorplatte mit V , das Potential der im Isolator erregten Influenzelektricität auf der Collektrorplatte mit M , so kann man das Potential auf der Collektrorplatte des mit dem starren Isolator versehenen Condensators schreiben ¹⁾

$$V + M = V(1 - a),$$

worin a , wenn man wie Hr. Clausius den endlichen Zustand betrachtet, eine nur von der Beschaffenheit des Isolators abhängige Constante ist. Betrachtet man nicht den endlichen Zustand, so ist a gleichzeitig eine Function der Zeit, welche sich aus dem Gange der disponibeln Ladung bestimmen lassen würde, deren Werth sich aus diesem beobachteten Gange wenigstens für jeden Moment ableiten läßt. Entladet man nun die Collektrorplatte, und nennt das Potential des auf der Platte vorhandenen Rückstandes R , so wird

$$R + M = 0$$

$$R = -M = a \cdot V.$$

Diese Beziehung ist unabhängig von der speciellen Voraussetzung, welche Hr. Clausius ihrer Ableitung zu Grunde legt, sie setzt nur voraus, daß der durch Influenz im Isolator erregte elektrische Zustand der erregenden auf der Collektrorplatte vorhandenen Elektricität proportional ist.

Eine Messung des Rückstandes und Vergleichung mit der im Momente der Entladung vorhandenen disponibeln Ladung läßt also erkennen, bis zu welchem Grade die Influenz des Isolators momentan erfolgt. Wie man den Werth $1 - a$ für einen beliebigen Zeitpunkt erhält, ergibt

1) Clausius, Abhandl. zur mechan. Wärmetheorie II, S. 135.

die Berechnung der Beobachtungen in §. 3. Die dort in den Columnen $\frac{V'}{V_0}$ angegebenen Werthe sind für die 8^{mm} dicke gefirnifste Glasplatte, die Werthe von $1 - a$, welche den einzelnen Minuten entsprechen. Schärfer sind die Werthe folgendermaßen zu erhalten; man bestimmt zunächst das Verhältniß der Potentialwerthe auf der einzeln stehenden Collectorplatte und wenn sie der Condensatorplatte in der der Dicke des Isolators gleichen Entfernung gegenübersteht. Ist r der Radius der Collectorplatte, so ist das Potential der einzeln stehenden Platte

$$V = -2\pi h \cdot r,$$

wenn h die Dichtigkeit der Elektrizität auf der Platte ist. Befindet sich die Platte der Condensatorplatte ohne Zwischenlegung des Isolators im Abstände δ gegenüber, so wird

$$V'_0 = -4\pi h \delta,$$

somit

$$\frac{V'_0}{V} = \frac{2\delta}{r}.$$

Man legt dann den Isolator zwischen die leitenden Belegungen, ladet die Collectorplatte und beobachtet das Potential derselben in irgend einer Minute, zieht in demselben Momente die Platte auf und beobachtet das Potential der einzeln stehenden Platte. Erstere Beobachtung giebt

$$V'_0 + M = -2\pi \delta h(1 - a),$$

letztere

$$V = -2\pi h r,$$

somit

$$\frac{V'_0 + M}{V} = \frac{2\delta}{r}(1 - a)$$

und da die vorhergehenden Beobachtungen den Quotienten $\frac{2\delta}{r}$ geliefert haben, läßt sich $1 - a$ berechnen.

Zur Beobachtung des Rückstandes ladet man die schwebende Platte bis zu dem Potential V

$$V = -2\pi h r,$$

läßt die Platte auf den Isolator nieder und läßt sie dieselbe Zeit liegen, für welche man vorher den Werth a be-

stimmt hat; man entladet dann und mißt, nachdem man die Platte emporgezogen, das Potential R' der einzeln schwebenden Platte. Dann ist der Quotient

$$\frac{R'}{V} = a.$$

Da im Momente der Entladung das Potential der auf der Platte zurückgebliebenen Elektrizität gleich $-M = a \cdot V'_0$, somit die Dichtigkeit der auf der Platte befindlichen Elektrizität gleich ah ist.

Ich habe in dieser Art vielfach und an verschiedenen Platten die Rückstände gemessen und dabei die Entladung durch möglichst momentane Berührung der Kollektorplatte zu bewirken gesucht; habe dabei indeß für den Rückstand sehr schwankende, stets aber kleinere Werthe gefunden, als die eben erwähnte Relation verlangt. So erhielt ich z. B. für eine gefirnisste Spiegelglasplatte von 1^{mm},2 Dicke als Mittelwerth aus sehr vielen Beobachtungen der disponibeln Ladungen am Ende der dritten Minute, wenn die Kollektorplatte nicht fest auf der Glasplatte auflag, sondern eben über derselben schwebte, so daß ein Eindringen der Elektrizität in die Glasplatte gar nicht stattfinden konnte, $a = 0,7432$. Für die Verhältnisse der Rückstände zu den ursprünglichen Ladungen ergaben sich dagegen unter andern die Werthe

$$\frac{R'}{V} = 0,2843; \quad 0,3513; \quad 0,3837; \quad 0,4278.$$

Der größte Werth des beobachteten Rückstandes betrug also nur etwa 0,6 des unter der Voraussetzung, daß die Aenderungen im Glase nicht momentan erfolgen, berechneten Rückstandes. Aehnlich waren die Verhältnisse bei andern Platten, ein Beweis, daß die Influenz auf das Glas zum Theil so rasch erfolgt, daß selbst bei momentaner Berührung ein Ausgleich der Influenzelektrizitäten eintritt.

Bei andern Isolatoren als Glas ist diese Influenz eine noch viel raschere. Hr. Boltzmann giebt vom Schwefel an, daß dort die Influenz fast momentan in ihrer ganzen Stärke auftritt, ich habe das bestätigt gefunden und beim

Schwefel nie einen mit der ursprünglichen Ladung vergleichbaren Rückstand beobachtet. Wenn die Kollektorplatte sehr fest auf einer dicken Schwefelplatte auflag, war eine geringe Menge Elektrizität von dem Metall auf den Schwefel übergegangen, und demzufolge trat ein geringer negativer Rückstand auf.

Auch der Gang der disponibeln Ladung war beim Schwefel dem entsprechend; das Potential der auf der Schwefelplatte liegenden Kollektorplatte nahm nach der ersten Minute nur wenig mehr ab, von der siebenten Minute ab war es constant. Der Gang des Potentials war im Mittel aus mehreren nur wenig von einander abweichenden Versuchen, bei einer Schwefelplatte von 13^{mm} Dicke, folgender

Zeit	V'	$\frac{V'}{V'_0}$
0	0,8109	10
1	0,4509	5,560
2	0,4382	5,403
3	0,4312	5,317
4	0,4274	5,271
5	0,4243	5,231
6	0,4225	5,210
7	0,4201	5,189

Einen ähnlichen Gang zeigten die Potentialwerthe, als zwischen die beiden leitenden Platten eine Platte von Guttapercha und eine solche von Ebonit gelegt wurde, über denen die obere Platte in einer Entfernung von etwa 2^{mm} schwebte. Der Gang der Potentialwerthe war folgender

Guttapercha			Ebonit	
Zeit	V'	$\frac{V'}{V'_0}$	V'	$\frac{V'}{V'_0}$
0	0,5037	10	0,5221	10
1	0,2410	4,784	0,3521	6,740
2	0,2345	4,653	0,3350	6,436
3	0,2258	4,483	0,3248	6,221
4	0,2202	4,372	0,3172	6,076
5	0,1271	4,310	0,3133	6,000
6	0,2168	4,304		

Die Rückstände, welche hier auftraten, waren nur wenig größer als beim Schwefel.

Wie man sieht, nimmt die Influenz auf den Nichtleiter schon nach der ersten Minute nur wenig mehr zu, so daß also ein wesentlicher Unterschied zwischen diesen Substanzen und dem Glase vorhanden ist. Ferner zeigen diese Zahlen, verglichen mit denen bei dem Glase erhaltenen, wie sehr viel stärker dieses letztere influenzirt wird, als die drei anderen benutzten Isolatoren. Es zeigt sich das bei allen von mir benutzten Gläsern, nicht nur bei den Spiegelgläsern, sondern auch bei den vorhin erwähnten Scheiben aus Fensterglas, für welche im §. 4 der Gang der disponibeln Ladung mitgetheilt worden ist. Die Bestimmung des Werthes von a in der eben angegebenen Weise gelang dort, bei Anwendung einer Platte, nicht, weil die Ablenkung der Nadel des Sinuselektrometers gleich nach dem Herablassen der leitenden Platte nur mehr wenige Minuten betrug; als ich indessen zwei Stücke derselben Scheibe zwischen die leitenden Platten legte, liefs sich der Werth von a bestimmen. Unter diesen Umständen ergaben sich für die Quotienten $\frac{V'}{V'_0}$ folgende Werthe

Zeit	$\frac{V'}{V'_0} = 1 - a$
0	10
1	2,565
2	2,160
3	2,026
4	1,926
5	1,856
...	...
10	1,677
15	1,586
20	1,571

Wie man sieht, ist die Influenz auf das Glas nur wenig geringer als die vorhin für das Spiegelglas angegebene.

Die reciproken Werthe von $1 - a$, in den obigen Einheiten mit 10 multiplicirt, geben annähernd die specifische

Inductionsconstante Faraday's oder die Dielektricitätsconstante für die benutzten isolirenden Platten. Ich bemerke indeß, daß diese Zahlen nicht etwa mit denen des Hrn. Boltzmann verglichen werden können, da die Schwefelplatte Höhlungen besaß und die Ebonitplatte, wie die Guttaperchaplatte, den Raum zwischen den leitenden Belegungen nicht ausfüllte. Es ging eben bei dieser kleinen Untersuchung die Absicht nicht dahin, derartige Constanten zu bestimmen, man sieht aber wie diese Methode dazu sehr geeignet ist.

§. 7.

Die Frage, ob die specielle Voraussetzung über die Beschaffenheit der Isolatoren, welche Kohlrausch und Clausius bei der Behandlung der Theorie des Rückstandes zu Grunde gelegt haben, die richtige ist, hängt so innig mit der Lehre von der Influenz auf Nichtleiter zusammen, daß ich hier bei der Besprechung eines speciellen Falls nicht ausführlich darauf eingehen will. Die Frage ist ja dieselbe, ob wir uns die Isolatoren als dielektrische Medien denken müssen oder nicht. Indeß möchte ich doch einige Beobachtungen erwähnen, welche, so sehr man auch geneigt seyn mag, aus der Schnelligkeit, mit der die Influenz auf Nichtleiter wirkt und aus der Gröfse dieser Wirkung auf die Richtigkeit der Auffassung der Isolatoren als dielektrische Medien zu schließen, mit dieser Auffassung mir nicht vereinbar scheinen.

Es folgt nämlich aus dieser Auffassung mit Nothwendigkeit, daß in dem zwischen den Leitern vorhandenen Isolator die Molecüle sämmtlich mehr oder weniger gleich gerichtet seyn müssen, daß alle ihre negativ elektrische Seite nach der einen, die positive nach der andern Richtung gewandt haben müssen, wie das bei einem Magnete mit den magnetischen Molecülen der Fall ist. Ist also durch die Influenz der Isolator oben negativ elektrisch geworden, so muß er auf der untern Seite positiv elektrisch seyn. Schichten wir ferner den Isolator aus mehreren Platten auf,

so muß für jede Platte dasselbe gelten, die obere Seite muß stets negativ, die untere positiv elektrisch seyn, wie in einem Magnet, den wir zerbrechen, die dem Südpol zugewandte Fläche Südpol, die dem Nordpol zugewandte Fläche Nordpol seyn muß.

Nichts ist leichter als diese Folgerungen zu prüfen. Nachdem man den Rückstand sich hat bilden lassen, untersucht man zunächst in der angegebenen Weise den Rückstand in der Kollektorplatte. Man entladet dieselbe, kehrt den Isolator um, läßt die Kollektorplatte herab und setzt sie mit der Erde in leitende Verbindung. Zieht man sie dann empor, so muß die dann in der Platte enthaltene Ladung das entgegengesetzte Vorzeichen des vorher beobachteten Rückstandes haben; war derselbe von der oberen Seite positiv, so muß er von der untern Seite negativ seyn.

Bei den dünnern untersuchten Glasplatten zeigte sich in der That die Platte stets in diesem Sinne elektrisch; bei Anwendung der 2^{mm},4 dicken Stücke der Scheibe der Influenzmaschine, den 2^{mm} und 6^{mm} dicken gefirnifsten Spiegelglasscheiben waren die durch die obere Seite der Isolatoren gebildeten Rückstände resp. die von der obern Seite in der Kollektorplatte erregten Influenzelektricitäten erster Art stets positiv, die von der untern Seite, nach Umkehrung des Isolators, erregten Influenzelektricitäten erster Art stets negativ. Es waren also alle diese Gläser durch die Influenz von der positiv elektrischen Kollektorplatte oben negativ, unten positiv elektrisch geworden, ganz entsprechend der Annahme, daß in den Isolatoren eine Richtung der elektrischen Molecüle stattfindet.

Bei der vorhin erwähnten Glasplatte von 8^{mm} Dicke war das indeß nicht der Fall, es zeigte sich dort stets die untere Seite mit der oberen gleichnamig elektrisch. Es lag zunächst die Vermuthung nahe, daß dieß etwa Folge eines Eindringens der Elektricität in die Platte wäre und daß also während des Prüfens des Rückstandes von der oberen Seite des Glases die Wirkung der Influenz schon verschwunden sey und nun die Influenzirung von der ein-

gedrungenen Elektrizität herrühre. Indefs abgesehen davon, daß der Gang der disponibeln Ladung der Annahme, daß ein Eindringen stattgefunden hat, widersprach, liefs sich das auch dadurch widerlegen, daß man mehrfach abwechselnd die obere und untere Seite des Glases untersuchte; es zeigten sich bei mehrfach in dieser Richtung angestellten Versuchen stets beide Flächen gleichnamig elektrisch. Da bei diesen Beobachtungen die Nadel des Sinuselektrometers Ablenkungen bis zu 30° erhielt, war eine Täuschung gar nicht möglich.

Wurde die isolirende Zwischenschicht aus mehreren Platten aufgebaut, so war der elektrische Zustand der einzelnen Platten nie der aus der Theorie der dielektrischen Medien sich ergebende, in den meisten Fällen war die Elektrisirung auch qualitativ anders. So erhielt ich unter andern, als drei Stücke der mehrfach erwähnten Scheibe einer Influenzmaschine zwischen die leitenden Platten gebracht waren, bei welchen der Gang der disponibeln Ladung fast identisch derselbe war, wie bei den im vorigen §. erwähnten zwei Platten und bei denen der Rückstand demnach auch kräftig positiv war, von den einzelnen Platten folgende Rückstände, als ich die Combination eine Stunde hatte zusammenstehen lassen. Das Potential der Collectorplatte hatte in dieser Zeit von 0,9314 am Ende der ersten Minute auf 0,3930 am Ende der sechzigsten Minute abgenommen.

Die obere Seite der obersten Scheibe gab positiven Rückstand, war also negativ.

Die untere Seite der obersten Scheibe gab negativen Rückstand, war also positiv.

Die obere Seite der mittleren Scheibe gab positiven Rückstand, war also negativ.

Die untere Seite der mittleren Scheibe gab positiven Rückstand, war also negativ.

Die obere Seite der untersten Scheibe gab positiven Rückstand, war also negativ.

Die untere Seite der untersten Scheibe gab negativen Rückstand, war also positiv.

In anderen Fällen war die Vertheilung der Elektricitäten eine andere; dieselbe scheint von der Stärke und Dauer der Ladung abzuhängen; fast stets war aber die mittlere Platte auf beiden Seiten gleichnamig elektrisch, häufig auch die untere Platte.

Ähnliche Anomalien gegenüber der Theorie der dielektrischen Medien ergaben sich auch bei Anwendung zweier Schwefelplatten, sowie einer Schwefelplatte und Glasplatte. Erscheinungen, welche durchaus für die von Hrn Riefs vertretene Anschauung über die Natur der Isolatoren, sowie dessen Ansicht über die Influenz derselben sprechen. Sobald es meine Zeit gestattet, werde ich diese Fragen weiter verfolgen.

Aachen, 10. Juni 1874.

**IV. Ueber den Einfluß der Temperatur
auf die Ausflußgeschwindigkeit von
Wasser aus Röhren;
von Dr. Georg Baumgartner.**

In der Poiseuille'schen Formel

$$Q = C \frac{HD^4}{L}$$

für die Ausflußmenge von Flüssigkeiten aus capillaren Röhren, bedeutet bekanntermaßen C eine Constante, welche abhängig ist von der Natur der Flüssigkeit und der Temperatur, welche sie besitzt. Ich stellte mir die Frage, ob nicht vielleicht auch bei weiten Röhren eine ähnliche Constante anzubringen sey. Die Versuche, die ich derart anstellte, bejahten zwar diese Frage nicht ganz, gaben jedoch hinsichtlich der Abhängigkeit der Ausflußgeschwindigkeit