DER PHYSIK UND CHEMIE.

NEUE FOLGE. BAND II.

I. Der Entladungsrückstand der Leydner Batterie in seiner Abhängigkeit von der Beschaffenheit der isolirenden Substanz; von Dr. A. J. von Oettingen.

Vor bereits 15 Jahren wurde von mir nachgewiesen, dass der nach einer Entladung durch eine Funkenstrecke in der Leydner Batterie zurückbleibende Rückstand, — den man kurz den Entladungsrückstand im Gegensatze zum wiederauftretenden Rückstand nennen kann —, bald positiv, bald negativ sei.¹⁾ Bei oscillatorischen Entladungen müsste in der That ebenso oft das eine wie das andere Zeichen vorkommen. Indess zeigte sich schon damals der sehr merkliche Einfluss des wiederauftretenden Rückstandes, der ja stets mit der Ladung gleichnamig ist. Diesen Einfluss quantitativ nachzuweisen schien mir von einigem Interesse. Gut isolirende Leydner Flaschen sind leider noch immer eine Seltenheit; je schlechter dieselben aber isoliren, um so schwerer ist es negative Rückstände zu erhalten. So erkläre ich mir, weshalb es vielen Forschern nicht gelingen wollte, jenes Fundamentalphänomen nachzuweisen. Namentlich bei kurzem Schliessungsbogen, für den längst der oscillatorische Charakter der Entladung erwiesen ist,²⁾ wird man selbst bei den besten Batterien fast nur positive, oder richtiger scheinbar positive Rück-

1) Pogg. Ann. CXV. p. 513.

2) cf. Feddersen's Versuche in Pogg. Ann. CXIII. und CXVI. sowie meine Versuche über die Interruption oscillatorischer Entladungen in Pogg. Ann. Jubelbd. p. 269.

Ann. d. Phys. u. Chem. N. F. II.

stände beobachten. Wenn es sich aber zeigen lässt, dass der im Laufe der ersten Secunde nach der Entladung wiederauftretende Rückstand quantitativ grösser als der Entladungsrückstand ist, so kann jene Thatsache nicht mehr auffallen. Nun ist es freilich sehr schwer, den unmittelbar nach der Entladung wiederauftretenden Rückstand zu erhalten, allein es lässt sich derselbe erschliessen aus der nach einer variirten Anzahl von Secunden erhaltenen Zahlenreihe. Aus einer solchen wird man aber ferner erkennen, dass die vom Glase absorbirte Electricität in merklicher Weise die Entladung selbst beeinflusst, so zwar, dass zu der Ladung, wie sie jeweilig während der Entladung in der Flasche vorausgesetzt wird, stets ein Quantum positiver Electricität hinzugerechnet werden müsste, die in der noch so kurzen bereits verflossenen Zeit aus dem Innern des Isolators bereits an die belegte Oberfläche getreten wäre. Diese Electricitätsmengen werden stets die positiven Maxima vermehren, die negativen Maxima abschwächen. Da nun bei einem Maximum während der Entladung eine neue Oscillationsrichtung der Electricität eintritt, so wird im allgemeinen die 3te, 5te, 7te, kurz, die ungerade Oscillation befördert, weil sie nach einem positiven Rückstande anbricht, die 2te, 4te, kurz die geradzahlige Oscillation verzögert, weil sie aus einer nun negativ geladenen Flasche hervorbricht, mithin die Dichtigkeit der momentanen Ladung durch den wiederauftretenden Rückstand vermindert worden ist und weniger leicht die vorgebildete Funkenstrecke durchbricht.

Die Art der Entladung ist wesentlich nur vom Schliessungsbogen abhängig, die Beschaffenheit des Isolators der Flasche trübt nur mehr oder weniger den reinen Verlauf der Entladung, wie er bei einem absoluten Isolator zu beobachten wäre, d. h. in dem Falle, wo es gar keinen wiederauftretenden Rückstand gäbe. Es muss daher lehrreich sein bei ein und demselben Schliessungsbogen, der eine möglichst charakteristische oscillatorische Entladung bedingt, die Art der Flaschen zu variiren. Ehe ich in dieser Weise

einige Rückstandsreihen mittheile, beabsichtige ich das in hohem Grade ungleiche Isolationsvermögen der Flaschen darzustellen.

I. Untersuchung verschieden gut isolirender Batterien.

Ich habe zunächst die früher von mir benutzten Sauerwald'schen Flaschen (*A*) von ausgezeichneter Güte benutzt, von denen leider nur noch vier heil geblieben sind. Als ferner gut isolirendes Material wandte ich 2) Hartgummiplatten (*B*) (aus der Fabrik von Wallach in Cassel) an. Dieselben wurden bis zu einem 11 Ctm. breiten Rande mit Stanniol beklebt. Ich untersuchte 3) eine Grüel'sche Batterie (*C*) von sehr stark leitendem Glase, endlich 4) eine grosse innen stark versilberte Spiegelkugel (*D*), wie sie in Ziergärten angewandt werden, von 40 Ctm. Durchmesser, aussen mit Stanniol beklebt. Ich hoffte bei dieser letzteren der zerstreuen Wirkung des Randes zu entgehen, gewann indess wenig, weil leider auch dieses Glas sehr stark leitet, fast ebenso gut wie die Grüel'sche Batterie *C*.

Tab. 1. Dimensionen der vier angewandten Batterien und deren Capacitäten.

Bezeichnung des Condensators.		Dicke der isolirenden Schicht.	Belegte Oberfläche. Quadrat-Ctm.	Beobachtete Capacität.
<i>A</i>	Sauerwald-Flasche I	c. 4 Mm.	c. 2500	26.2 ± 0.4
	„ „ II	4 „	„	25.8 ± 0.4
	„ „ III	4 „	„	26.1 ± 0.3
	„ „ IV	4 „	„	27.8 ± 0.3
	„ „ I bis IV	4 „	c. 10000	106.2 ± 0.5
<i>B</i>	Hartgummiplatte I	c. 3.5 „	3608	15.8 ± 0.2
	„ „ II	3.5 „	4056	18.2 ± 0.2
	„ „ I u. II	3.5 „	7664	33.9 ± 0.2
<i>C</i>	Grüel'sche Batterie . .	c. 4 „	c. 9000	c. 160.0
<i>D</i>	Silberspiegelkugel . . .	c. 2 „	c. 4800	c. 160.0

Um die Capacität zu bestimmen, lud ich die Leydner Batterie mit dem offenen Pole einer andererseits zur

Erde abgeleiteten Batterie von 20 Clark'schen Elementen. Im Schliessungsbogen befand sich ein Galvanometer mit 6000 Windungen. Der Magnetspiegel wurde mit Fernrohr und Scala in $2\frac{1}{2}$ M. Entfernung beobachtet. Die Em-

Fig. 1.

pfindlichkeit war hoch gesteigert mit Hülfe eines Haüy'schen Stabes. Die Batterie war bei *B* angebracht, und beim Senken des Schlüssels S_1 konnte die Ladung in G_1 gemessen werden. Wurde S_1 geöffnet und S_2 sofort geschlossen, so konnte in G_1 die Entladung gemessen werden. Blieb S_1 geschlossen, so war je nach der Beschaffenheit der Leydner

Batterie, in G_1 ein bleibender constanter galvanischer Strom zu messen, der indess bei gut isolirendem Material trotz der Empfindlichkeit des Galvanometers nicht zu bemerken war.

Tab. 2. Ladung und Entladung verschieden gut isolirender Flaschen durch 20 Clark'sche Elemente.

Bezeichnung des Condensators.	Galvanometer G_1 .				galvan. Strom.	Bemerkungen.
	Nullpunkt.	Ablenkung.	Differenz.	Nullpunkt w. S_1 geschlossen.		
A 4 Sauerwald-Fl.	286	364	78	286	0	Ladung
" " "	286	207	79	286	—	Entladung
B Hartgummi I u. II	288	322	34	288	0	Ladung
C Silberspiegelkugel	438	622	184	469	31	Ladung
" "	435	619	184	469	34	"
" "	459	274	185	421	38	Entladung
" "	469	285	184	435	34	"
D Grüel'sche Batt.	417	621	204	462	45	Ladung
" "	420	626	206	466	46	"
" "	466	267	199?	416	—	Entladung
" "	459	263	196?	—	—	"

gut isolirende
Flaschen.

schlecht isolirende
Flaschen.

Bei *A* und *B* sind Ladung und Entladung einander gleich, es kehrt sofort nach der Ladung die Galvanometernadel genau auf ihren Nullpunkt zurück, es fliesst kein merklicher galvanischer Strom durch die Glassubstanz in *A* oder durch das Hartgummi *B*, während die Batterien *C* und *D* 34, resp. 45 Mm. Ablenkung für den constanten galvanischen Strom geben.

Bei schlecht isolirendem Glase kann die Ablenkung von 184 Mm. nicht ein Maass für die Capacität abgeben, da, wie aus der Nullpunkts-Aenderung zu ersehen, ein Antheil davon auf den galvanischen, die Flasche durchdringenden Strom kommt. (Man halte die Nullpunkts-Aenderung nicht für eine Aenderung der magnetischen Axe des Spiegels, da die angewandten Ströme viel zu schwach sind). Bei den letzten Zahlen sind Fragezeichen beigefügt, da es leicht bemerklich war, dass die Ablenkung um so kleiner ausfiel, ein je längerer Zeitraum zwischen dem Oeffnen von S_1 und Schliessen von S_2 verstrich. Weit charakteristischer tritt das Verhalten der isolirenden Schicht entgegen, wenn man das Galvanometer aus G_1 fortnimmt und bei G_2 einschaltet. Es lässt dann der Entladungsstrom, sowie der galvanische constante Strom, das Galvanometer G_2 intact, beim Heben von S_1 und Senken von S_2 erhält man nur die Entladung, die indess verschieden gross ist je nach der Zeit, die bis zum Senken von S_2 verstreicht. Schlecht isolirende Flaschen verloren schnell ihre Ladung, obgleich die letztere so sehr gering war. In nachstehender Tabelle wurden die Flaschen durch die Batterie *B* geladen, es wurde dann nach einer halben Minute S_1 geöffnet und eine bestimmte Anzahl von Secunden später (Tab. 3 Col. 1) S_2 gesenkt.

Während die Entladung bei *A* (Col. 2) anfänglich gar zuzunehmen scheint und erst später langsam die Ladung sich verliert, so sinken in kürzester Zeit *C* und *D* (Col. 3 und 4) auf einen geringen Bruchtheil herab. Nach einer Secunde erhalten wir die Ablenkung 159, eine Zahl, die sehr nahe die Capacität dieser Flaschen ausdrückt, wenn

man 106 für die Capacität der Batterie *A* annimmt. Da bei der früheren Ablenkung von 184 Mm. auf den galvanischen Strom etwa 31 Mm. kommen, die Differenz nur 153 beträgt, so mag in der Zahl 159 schon ein Theil wiederauftretender Rückstand sein.

Tab. 3. Entladung verschiedener Flaschen, gemessen eine gewisse Anzahl von Secunden nach der Abtrennung von der ladenden galvanischen Batterie.

Anzahl von Secunden nach Öffnung von <i>S</i> ₁ .	Betrag der Entladung.		
	<i>A</i> Sauerwald.	<i>C</i> Grüel.	<i>D</i> Spiegel- kugel.
1	106	159	159
5	106	139	134
10	107	96	126
20	107	83	102
30	—	67	76
40	102	47	67
50	—	44	52
60	96	38	44
120	93	18	21
180	95	14	11
600	86	—	—

Durchweg findet man bei schlechten Isolatoren sehr grosse wiederauftretende Rückstände. Es wurden wie vorhin die Flaschen mit 20 Elementen geladen, nach einer halben Minute geöffnet und gänzlich in einer Nebenschliessung entladen, endlich einige Secunden später (Tab. 4 Col. 1) der wiederauftretende Rückstand mit dem Galvanometer gemessen.

Wie überall, so gehen auch hier *C* und *D* einander völlig parallel. Hartgummi verhielt sich ganz wie die Sauerwaldschen Flaschen *A* (Col. 2). Während bei diesen

der wiederauftretende Rückstand gering ist und merklich mit der Zeit anwächst, so scheint er dort (Col. 3 und 4) um so kleiner, je später er gemessen wird; in der That hat aber bereits ein grosser Verlust nach entgegengesetzter

Tab. 4. Wiederauftretende Rückstände bei verschieden gut isolirenden Batterien.

Anzahl von Secunden zwischen gänzlicher Entladung und Messung des wiederauftretend. Rückstandes.	Betrag des wiederauftretenden Rückstandes.		
	A Sauerwald.	C Grüel'sche Batterie.	D Spiegelkugel.
5	4.0	69	51
10	4.3	63	41
20	4.3	47	39
40	6.0	36	31
60	6.4	28	24
120	6.0	12	11
180	6.6	7	6

Tab. 5. Entladungsrückstände und nach je 30 Secunden neugebildete wiederauftretende Rückstände aus gut isolirenden Flaschen.

Batterie.	Schlagweite.	Entladungsrückstand.	Wiederauftretender Rückstand.						Bemerkungen über die Ladungsdauer.
			1.	2.	3.	4.	5.	6.	
A.	5	-20.0	+ 4.0	+0.3	0	0	—	—	schnell.
	„	-17.0	+ 6.5	+1.5	+0.8	0	0	—	langsam.
	13	-64.0	+ 8.0	+2.3	+1.0	+0.3	0	0	schnell.
B.	„	-84.0	+12.0	+1.0	+0.5	0	0	—	langsam.
	5	- 1.0	+ 5.0	+2.0	+0.3	0	0	—	langsam.
	„	+ 0.5	+ 2.8	+0.5	0	—	—	—	schnell.
	„	+ 4.0	+ 2.8	+0.3	0	0	—	—	schnell.
	„	+ 2.0	+ 4.3	+3.5	+0.5	0	—	—	sehr langsam.
	13	-17	+ 6	+2.5	+2.5	0	0	—	schnell.
	„	-20	+ 8	+3.5	+0.5	0	0	—	langsam.
	„	+ 6	+ 4.5	+2.5	+2.0	+0.5	+1.0	0	schnell.
	„	-25	+13	+4.5	+2.3	+1.5	+1.0	0	sehr langs. u. geladen lange stehen lassen.

Richtung stattgefunden. Um dieses deutlicher zu zeigen, habe ich nach der ersten Entladung den in je 30 Secunden später wiederauftretenden Rückstand gemessen. Die Schlagweite betrug einmal 5 dann 13 Mm.; der letztere Werth war bei schlecht isolirenden Flaschen nicht zu erreichen. Vorstehende Tabelle 5 bringt die Versuche mit guten Isolatoren. In beträchtlichem Grade ist der wiederauftretende Rückstand von der Ladungsdauer abhängig.

In der letzten Zeile, wo die Ladungsdauer die grösste, da die Batterie geraume Zeit geladen stand, konnte noch bei der 5. Entladung die Electricitätsmenge 1.0 deutlich erkannt werden. Sonst war meist bei der 3., höchstens 4. Entladung keine Spur mehr zu erhalten. Man beachte, dass die Batterie *A* eine dreimal grössere Capacität besitzt als das Hartgummi *B*, mithin letzteres mehr wiederauftretenden Rückstand aufweist. Das Zeichen des Entladungsrückstandes schien keinen ganz deutlichen Einfluss auf die Grösse des wiederauftretenden Rückstandes zu haben. War der erstere positiv, so ist der letztere bei Hartgummi durchweg kleiner.

Ganz andere Werthe erhält man bei schlecht isolirendem Glase. Es konnte zwölfmal nach einander nach je 30 Secunden immer wieder ein neugebildeter Rückstand aus der Flasche gewonnen werden (Tab. 6).

Tab. 6. Entladungsrückstände und nach je 30 Secunden neugebildete wiederauftretende Rückstände aus schlecht isolirenden Flaschen.

Batterie.	Schlagweite. Mm.	Entlad.- Rückst.	Wiederauftretende Rückstände.						Bemerkungen über die Ladungsdauer.
			1.	2.	3.	4.	5.	6.	
C. Grüel .	5	+244	+50	+25	+12	+11	+7.8	+5.0	} lässt sich nur langs. laden.
„	6.5	+262	+60	+24	+15	+9.5	+7.0	+4.5	
D. Spiegel-	5	+142	+42	+13	+9	+6	+5	+2	} langsam. schneller.
kugel.	5	+154	+38	+11	+8.5	+4.5	+4.0	+2.0	

Batterie.	Schlag- weite. Mm.	Entlad.- Rückst.	Wiederauftretende Rück- stände.						Bemerkungen über die La- dungsdauer.
			7.	8.	9.	10.	11.	12.	
C. Grüel	5	+244	+3.0	+2.5	+...	—	—	—	) lässt sich nur langs. laden.
„	6.5	+262	+3.8	+2.5	+2.3	+2.0	+2.0	+1.5	
D. Spiegel- kugel.	5	+142	+2.5	+1.8	+2.0	+1.5	+1.5	+...	langsam.
	5	+154	+2.0	+1.0	+1.0	+...	—	—	schneller.

Die Capacitäten von *C* und *D* sind einander gleich, *C* giebt noch mehr wiederauftretenden Rückstand als die Spiegelkugel *D*. Beide Batterien erscheinen unerschöpflich. Stellenweise erreicht die Summe der wiederauftretenden Rückstände den Werth des erheblichen positiven Entladungsrückstandes. Hierbei ist zu beachten, dass eine vielleicht weit grössere Electricitätsmenge galvanisch durch das Glas hindurch sich entladen haben mag, dass wir mithin nur einen Theil des wiederauftretenden Rückstandes wiederauffangen konnten. Die Batterie *D* konnte gar nicht schnell geladen werden wegen der enormen Verluste galvanischer Art.

Die Capacitäten von *C* und *D* sind nur anderthalbmal so gross als die von *A*, somit erhellt der bedeutende Einfluss auf den Verlauf oscillatorischer Entladungen, der bei schlecht isolirenden Flaschen zu erwarten steht. Das Phänomen des Entladungsrückstandes kann nur bei guten Isolatoren wie *A* einigermaassen rein auftreten, denn auch hier wächst der wiederauftretende Rückstand mit der Ladung. Die beiden letzteren sind einander nahezu proportional.

II. Entladungsrückstände verschieden gut isolirender Leydner Flaschen.

Um möglichst deutlich den Einfluss des wiederauftretenden Rückstandes hervortreten zu lassen, beginne ich mit einer Versuchsreihe, die in ähnlicher Weise schon früher von mir angestellt war. Das damals benutzte

Galvanometer war weniger empfindlich, ferner hatte ich die Rückstände nur bis 5 Mm. Schlagweite geprüft; jetzt konnten, dank der Holtz'schen Influenzmaschine, 17 bis 20 Mm. Schlagweite erreicht werden.

In beistehendem Schema der Versuche bedeutet:

Fig. 2.

- L* die Leydner Flasche,
E die Erdleitung,
F die Funkenstrecke, die auf 0.01 Mm. genau eingestellt werden konnte.
R den Hauptwiderstand im Schliessungsbogen.
A den Fallapparat, welcher gesenkt zur Messung der Rückstände diente, mittelst *G*, des Galvanometers aus dickem Telegraphendraht (beschrieben in Pogg. Ann. CXV.), empfindlicher gemacht durch einen Hauy'schen Stab,

C den Conductor der Electrisirmaschine, der sofort nach der Entladung in *F* abgetrennt wurde, so dass durch Senkung von *A* der Rückstand in *G* erhalten ward.

Tab. 7. Entladungsrückstand aus gut (1. 2. 3.) und schlecht (4.) isolirenden Flaschen. Funkenmesserkugeln 20 Mm.; Schliessungsbogen 60000 M. Kupferdraht mit Eisenkern; Hauptspirale offen.

Schlagweite. Mm.	Entladungsrückstände.			
	1. Batt. A. Sauerwald. Capac. 106.	2. B. Hartgummi. Platte I u. II. Capac. 34.	3. B. Hartgummi. Platte I. Capac. 18.	4. D. Silber- spiegelkugel. Capac. 160.
0.1	+0.5 +14 +13 I	— I	— I	— I
0.2	—10.7 —9.0 +11.0 —11.5		+4.3 +5.0	+9.5
0.3	—7.5 —5.0 —17.0 —14.0			
0.4	—18.7 +9.5 +9.2.		—2.0 —1.2	— 8.0 — 7.0
0.5	+11.5 —20.0 +11.0 II	—7.7 +1.5 —9.1		
0.6	+19.0 —23.0 +19.5		—3.8 —2.4	—13.0 —13.0
0.7	+14.0 —24.0 —21.0	II		

Schlag- weite. Mm.	Entladungsrückstände.			
	1. Batt. A. Sauerwald. Capac. 106.	2. B. Hartgummi. Platte I u. II. Capac. 34.	3. B. Hartgummi. Platte I. Capac. 18.	4. D. Silber- spiegelkugel. Capac. 160.
0.8	+21.0 +17.5		-6.5 -6.5	+74 -15.0
0.9	+24.0 +23.0			
1.0	+17 +20	+3.0 +8.0	-6.0 -5.5 II	+10 +20 II
1.2	+28		+0.5 +2.0	+27
1.4	+20		-4.0 +4.5	+29
1.6	+31		-7.0	+40
1.8	+40		-10.4 +7.5	+42
2.0	+44	+15	+3.3 -13.0	+48
2.5	+40		+7.8 +7.8	+63
3.0	+57	+17	+7.8	+78
3.5	+75		+10.8	+82
4.0	+79	+26	+13.5	+103
4.5	-14 -16 III		+6.9	+132
5.0	+101 +110 -14	+9 III	$\pm 0.0 \pm 0.0$ III	+150 III
6.0	+109 -20	-8.5	-3.5	+75
7.0	-9 +127	-10.0	-3.6	+66
8.0	-11 -24	-11.0	$\pm 0.0 -8.0$	+76
9.0	-46 -47	-16	-7.7 -6.7	+67
10.0	-45 -74	-19	-9.2	—
11.0	-61	-22	-8.8	—
12.0	-75	-23	-12.6	—
13.0	-87	-19	-12.5	—
14.0	-93	+7 -22 -26	-13.2	—
15.0	—	-26	-14.2	—
16.0	—	-26	-14.1	—
17.0	—	-26	-4.0 -8.0 IV	—
18.0	—	-24 IV	—	—
19.0	—	+12 -14 -20	—	—

Bei den guten Isolatoren A und B sieht man mit 0.5 Mm. Schlagweite die II. Oscillation beginnen, mit 4.5 springen die positiven Rückstandswerthe in negative über und bleiben negativ. Bei Hartgummi tritt mit 19 Mm. Schlagweite eine unvollständige IV. Oscillation auf, daher ist der Rückstand positiv, oder negativ und klein. Col. 1 und 2 correspondiren sehr gut mit einander, da die Capacitäten nahezu wie 3 zu 1 sich verhalten. Hartgummi

und gut isolirendes Glas zeigen keinerlei Unterschied. Auffallend in Col. 3 ist das verspätete Auftreten der II. Oscillation, die III. beginnt an derselben Stelle wie jene, doch mit geringerer Intensität, die IV. setzt bereits bei 17 Mm. ein. Wie anders verhält sich dagegen die Silberspiegelkugel! Bei 0.6 Mm. haben wir den Rückstandswerth -13 , wo in Col. 1 -23 steht; hierzu kommt, dass Col. 4 die Capacität 160 hat, wenn Col. 1 106 gesetzt wird. Der negative Rückstand ist schon bei dieser kleinen Schlagweite vermindert und verdeckt durch wiederauftretenden Rückstand, daher der verspätete Eintritt der II. Oscillation. Ist diese einmal eingeleitet, so verharret sie bei höheren Ladungen, bis erst mit 6 Mm. die IIIte Oscillation beginnt, statt mit negativem, mit einem beträchtlich hohen positiven Werth. Dieselben Zahlen wiederholen sich bis 9 Mm. Schlagweite. Leider war 10 Mm. und mehr nicht zu erreichen. Ich bin überzeugt, dass fort und fort $+70$ als Rückstand erhalten worden wäre, wenn eine Electrisirmaschine mehr Electricität geliefert und die Entladung dadurch erzwungen hätte.

Beiläufig maass ich bei einer Schlagweite von 9 Mm. die nach dem Entladungsrückstande $+67$ in je 30 Secunden neugebildeten wiederauftretenden Rückstände. Es fand sich: $+70$, $+27$, $+16$, $+8.5$, $+6.5$, $+4.0$, $+3.0$, $+2.5$, $+1.7$, $+2.0$ u. s. w. Bei sehr viel höherer Ladung, 14 Mm. Schlagweite, gab die Flasche A (Col. 1) nach dem Rückstandswerthe -93 nachfolgende Reihe in je 30 Secunden wiederauftretenden Rückstandes: $+12$, $+4.5$, $+2.5$, $+0$, $+0$. Alle jene Quanta traten also aus dem Glase an die innere Belegung, und wohl noch weit mehr, da ja ein grosser Theil galvanisch verschwindet. Ein noch so grosser negativer Rückstand muss in der Batterie C schwinden. Ja es ist sogar wahrscheinlich, dass der beobachtete Entladungsrückstand $+67$ selbst ein wiederauftretender Rückstand ist, da die Entladung sicher dreifach oscillatorisch.

Dieser Art sind die Störungen, denen man beim Auf-

suchen negativer Rückstände ausgesetzt ist, und sollten auch die gangbaren Leydner Flaschen weniger schlecht isoliren, wie meine Batterien *C* und *D*, so tritt doch deutlich der Sinn der Abweichung von den theoretisch zu erwartenden Zahlen entgegen. Ja selbst bei sehr viel besser isolirenden Flaschen wird man bei kurzem Schliessungsbogen, wo die Entladungsfunken sehr heiss, die Oscillationen von sehr kurzer Dauer und grosser Anzahl, wo mithin der absolute Betrag der positiven und negativen Rückstände klein ist, meist ein Verdecken der letzteren durch den positiven wiederauftretenden Rückstand erwarten dürfen. Diesen als Correction in Abzug zu bringen, scheint unausführbar, weil die Grösse des wiederauftretenden Rückstandes gar zu sehr von der Ladungsdauer abhängt.

Da ich jetzt im Stande war, früher angestellte Versuche bis zu hohen Schlagweiten fortzusetzen, so theile ich einige Reihen mit, bei denen der Hauptdraht des Inductoriums in sich geschlossen war. Dazu wählte ich die Hartgummiplatten *B*.

Tab. 8. Entladungsrückstände aus Hartgummiplatten *B*. Schliessungsbogen: grosses Inductorium mit Eisenkern, darin die Hauptspirale in sich geschlossen:

Schlag- weite Mm.	Rückstände	Schlag- weite Mm.	Rückstände	Schlag- weite Mm.	Rück- stände	Schlag- weite Mm.	Rück- stände
0.1	+8.3+4.0 I	1.5	+7.0	7.0	+0.8	15.0	-1.5
0.2	0.0-1.2	2.0	+10	8.0	0.0	16.0	+2.0 IV
0.3	-0.8-3.0	2.5	+13	9.0	-2.5	17.0	+3.0
0.4	-5.0-6.0	3.0	+11+12	10.0	0.0	18.0	+1.0
0.5	-3.5-4.0	3.5	+7.0 III	11.0	-4.0	19.0	+3.0
0.6	+2.0+2.5 II	4.0	+4.0	12.0	-2.5		
0.8	+4.0	5.0	+2.0	13.0	-4.0		
1.0	+5.5	6.0	+0.5	14.0	+0.3		

Die Oscillationen setzen alle etwas früher ein als bei der vorigen Reihe Col. 2. Infolge stärkerer Induction des

Schliessungsbogens auf sich selbst ist der Abnahmekoeffizient aufeinanderfolgender Maxima während der Entladung grösser, daher neue Oscillationen früher eintreten. Bei 16 Mm. beginnt sicher eine IV. Oscillation.

Versuche mit einem kleineren Inductorium gaben deutlich sechs Perioden, wie nachstehende Reihe zeigt:

Tab. 9. Entladungsrückstände aus Hartgummiplatten *B*. Schliessungsbogen: kleines Inductorium.

Schlag- weite Mm.	Rückstände	Schlag- weite Mm.	Rückstände
0.1	+2.0+1.5 I	1.6	-3.0
0.2	-3.3-4.1	1.8	+1.4 IV
0.3	-4.0	2.0	+2.0
0.4	+3.4+1.8 II	2.5	+2.5
0.5	+4.3	3.0	+1.2
0.6	+6.4	3.5	0.0-0.5 V
0.7	+5.2	4.0	-0.5
0.8	+8.7	4.5	-1.5
0.9	+10.7	5.0	-2.0
1.0	+6.7	5.5	+10.0 VI
1.1	-1.0 III	6.0	+9.0
1.2	-1.7	6.5	+9.8
1.4	-1.8	7.0	?

Die V. Periode weist trotz der guten Isolation der Hartgummiplatten nur kleine negative Rückstände auf, kleiner als sie am Ende der III. Oscillation erhalten wurden. Leider gestattete das im Schliessungsbogen angewandte Inductorium keine Schlagweite über 7 Mm. Es wäre eine VII. Oscillation ganz gewiss mit scheinbar positivem Rückstände aufgetreten, wegen des bei so hohen Ladungen schon beträchtlichen wiederauftretenden Rückstandes.

An diese Beobachtungen schliesse ich eine andere Versuchsreihe an mit kurzem Schliessungsbogen von nur 45 Mm. langem, 1 Mm. dickem Kupferdraht. Die Grüel'sche Batterie *C* gab hier niemals negative Rückstände, während solche bei gut isolirenden Flaschen noch sehr kräftig auftraten. Namentlich durch Einschaltung einer Geissler'schen Röhre gelingt es die absoluten Rückstandswerthe zu vergrössern, indem hierdurch die Entladung früher abbricht, d. h. bei einem höheren Maximum der Entladung; es bleiben die letzten schwachen Oscillationen aus.

Tab. 10. Entladungsrückstände aus gut isolirenden Flaschen (*A* und *B*); Schliessungsbogen: 45 M. langer, 1 Mm. dicker Kupferdraht und Geissler'sche Röhre.

Schlag- weite. Mm.	Entladungsrückstände.		Schlag- weite. Mm.	Entladungsrückstände.	
	4 Sauerwald's <i>A.</i>	2 Hartgummi <i>B.</i>		4 Sauerwald's <i>A.</i>	2 Hartgummi <i>B.</i>
0.2	{ -27.0 +28.0 +31.0 -13.0	+9 +9 +10	3.5	-7	+14
0.4	-20 -15	+11 +9	4.0	+34	-1 -2
0.6	-16	+9	4.5	+34	+11 +6
0.8	-22	-4 -3	5.0	+21	+4
1.0	-15 +27 +10	-3 +7 -2	6.0	+41	0 +12
1.2	+33	+10 +7	7.0	-0.5	+4
1.4	+29	+6 +6	8.0	+43	+12
1.6	-21	+6	9.0	+43	+10
1.8	+32	+10	10.0	+6	+13
2.0	+34	+11	11.0	+35	+14
2.5	+33 -11	+11	12.0	+40	+18
3.0	-17	+12	13.0	+30	+23
			14.0	+30	+14

Bei vorstehenden Reihen kann die Anzahl der Oscillationen nicht bezeichnet werden. Man sieht aber, wie mit der Schlagweite, also mit der grösseren Anfangsladung auch die positiven Rückstandswerthe anwachsen, während die negativen abzunehmen scheinen. Bei 7 Mm. finden

wir noch -0.5 , dagegen bei 10 Mm. $+6$, welche letztere Zahl neben den anderen grossen Zahlen bereits sicher einen negativen Entladungsrückstand bezeichnet, wenn man den wiederauftretenden Rückstand in Abzug bringen könnte. Bei der letzten Columne mit der Hartgummiplatte wird bereits bei Schlagweiten von 4 Mm. der letzte absolut-negative Rückstand angetroffen.

Zum Vergleich mit vorstehender Reihe füge ich einige Versuche bei, bei welchen die Geissler'sche Röhre ausgeschaltet war. Die Rückstände sind klein und kein einziger Werth absolut negativ.

Tab. 11. (wie Tab. 10, mit Ausschaltung der Geissler'schen Röhre).

Schlag- weite. Mm.	Entladungsrückstände.	Schlag- weite. Mm.	Entladungsrückstände.
0.1	$+5 \pm 0.0 + 2.5 \pm 0.0$	0.7	$+2.3$
0.2	$+0.5$	0.8	$+1.2$
0.3	± 0.0	0.9	$+3.5$
0.4	$+0.3$	1.0	$+3.0$
0.5	$+0.5$	1.2	$+0.8$
0.6	$+5.5 + 2.0$		

Es wurde die Reihe abgebrochen, da offenbar ein ähnlicher Charakter der Rückstandswerthe bis zu hohen Schlagweiten hinauf zu erwarten stand.

Es ist auffallend, dass man dem absoluten Werthe nach geringere Rückstände erhält, wenn aus dem grossen Inductorium der Eisenkern mitsammt der primären Spirale gänzlich entfernt wird. Die Entladung scheint indess gleichförmiger vor sich zu gehen, die Rückstandsreihen sind sehr continuirlich. Die nachfolgende Tabelle ist ganz analog der in meiner früheren Abhandlung mitgetheilten, nur sind die Versuche viel weiter fortgesetzt, es treten bei grösseren Schlagweiten neue Oscillationen auf. Ferner füge ich einige Versuche mit der Sauerwald'schen Flasche II

bei (Tab. 12), wo zwei Funkenstrecken hinter einander im Schliessungsbogen sich befanden. Auch hier gewinnt man in noch höherem Grade, wie bei Einschaltung einer Geissler'schen Röhre, grössere Rückstandswerthe, es bricht die Entladung früher ab, neue Oscillationen beginnen weniger leicht, treten mithin erst bei höheren Ladungen auf. Die Versuche der beiden letzten Columnen wurden zur Abwechselung mit negativer Elektrizität angestellt. Es bedeutet das + Zeichen einen mit der Ladung gleichnamigen, das – Zeichen einen ungleichnamigen Rückstand. Ad Col. 1 und 2 ist zu bemerken, dass die Funkenmesserkugeln Durchmesser von 20 resp. 50 Mm. hatten. Infolge dessen differiren die Ladungen nur wenig von einander.

Es beginnt bei 14 Mm. Schlagweite eine unvollständige IV. Oscillation bei den kleineren Funkenmesserkugeln (Col. 1), während bei den grösseren (Col. 2) noch sehr rein die III. Oscillation mit hohen negativen Rückständen bis zu 16 Mm. Schlagweite sich erhält. Innerhalb jeder Periode findet ein sehr gleichmässiges Ansteigen der Rückstandswerthe statt. (Die in Tabelle 7 und anderen bemerkbare Unregelmässigkeit mag durch einen ungleich grossen remanenten Magnetismus des Eisenkerns bedingt werden.)

In Col. 3 und 4 sieht man, wie geringere Capacität das Auftreten neuer Oscillationen befördert. Hier sind die Zahlen weniger regelmässig; ganz sicher aber beginnt eine V. Oscillation bei 13 Mm. Schlagweite, wenn auch nur mit verdeckten negativen Rückständen. Aehnlich verhalten sich (Col. 3) die Hartgummiplatten, bei denen nur noch die IV. Oscillation mit grosser Präcision auftritt. Columnen 5, 6 und 7 sind mit Columnen 4 zu vergleichen, 5 ist mit positiver, 6 und 7 mit negativer Electricität angestellt, was, wie man sieht, keinen Unterschied bedingt. Die absoluten Rückstände sind, wie zu erwarten stand, grösser. Der Beginn der III. Oscillation ist bedeutend verspätet, er ist von 1.1 Mm. auf 3.0 Mm. verschoben, die IV. Oscillation von 5.0 auf 7.0. Der Beginn einer

Tab. 12. Entladungsrückstände; gut isolirende Flaschen; einfache
60,000 Meter

Schlag- weite. Mm.	Entladungsrückstände.		
	4 Sauerwald's A.		Hart- gummi B I u. II.
	Funkenmesserkugeln 20 Mm.	Funkenmesserkugeln 50 Mm.	
0.1	+4.5 +5.5 I	+6 +7 I	+2.3 I
0.2	0.0 +1.0	0 0	+4.0
0.3	-2.0 -4.0	-3	-1.8
0.4	-6.0 -6.0	-6	-0.5
0.5	-12 -12	-7	-4.3
0.6	-16	-7	+2.8 II
0.7	-17	-11	+3.0
0.8	±0.0 +4.5 II	-4 -2 II	+6.5
0.9	+8	-2	+5
1.0	+10	+5	+8
1.1	+9	+7	+8
1.2	+9	+8	+8
1.4	+11	+9	+5
1.6	+14	+12	+12 +7
1.8	+18	+15	+9
2.0	+22	+18	+2
2.2	+25	+20	+9 +7
2.5	+28	+24	+8
3.0	+35	+28	-2 III
3.5	+35	+34	-1
4.0	+40	+34	-1
4.5	+13 +9 III	+32	-2
5.0	+6 +6	+7 +12 III	-3
5.5	+4		
6.0	+2 +3	-5	+4 IV
7.0	+2	0	+8
8.0	-1	1.5	+13
9.0	-7	-3 -9	+12
10.0	-5	-10	+16
11.0	-5	-10	+22
12.0	-12	-16	+22
13.0	-14	-18	+19
14.0	+6 -1 -2 IV	-18	+23
15.0		-19	+25
16.0		-21	+28
17.0			+29
18.0			
Bezeichnung der Columnen:	1	2	3

und zweifache Funkenstrecken; Schliessungsbogen: Inductorium von ohne Eisenkern.

Entladungsrückstände.					
Sauerwald'sche Flasche II.					
Eine Funken- strecke:	Zwei Funkenstrecken:				Mit neg. Electr. Schlagw. I. = 6 Mm.
	Schlag- weite II.	Schlagweite I=1 Mm. mit pos. Electr. mit neg. Electr.		Schlag- weite II.	
+2 +3 I					
-1 +0					
-2					
-1					
+3 II					
+3					
+5					
+6					
+7	0.0	+4.5 +5 II	+4 +2 II		
+3 +2 III					
+1					
±0					
-3					
0 +3 +3	1.0	+3.8	+2		
+6					
+2	1.5	+7.5 +10.0	+10 +16		
-2	2.0	+2 +4 III	0 +14 III		
-3	2.5	+0.5 +0.0	-1 +4		
-1	3.0	-4.0			
-2	3.5	-3.5	-2		
-1 IV	4.0	-5	-5		
	4.5	-3	-2		
+8	5.0	-6	-1	0.0	+8 +5 IV
+10	6.0	+6 IV	+7 IV	1.0	-6 III
+12	7.0	+11	+4	2.0	-7
+17	8.0	+12	+4	3.0	+11 -8
+18	9.0	+11	+11	4.0	-2 +8
+19	10.0	+14	+12	5.0	+1
+17 +8 V	11.0	+15	+10	6.0	-5
+4	12.0	+14	+15	7.0	0 IV
+6	13.0	+12	+16	8.0	+9
+6	14.0	+20	+17	9.0	+17
+4	15.0	+16	+18	10.0	+16
+7	16.0	+16	+17	11.0	+22
+8	17.0			12.0	+21
4		5	6		7

V. Oscillation wird nicht mehr wie in Col. 4 erreicht. Dasselbe gilt für die mit negativer Electricität angestellte Col. 6. — Endlich ist in Col. 7 bei 6 Mm. Schlagweite der ersten Funkenstrecke derselbe Charakter der Entladung zu sehen, wie in Col. 4. Wir beginnen mit einer IV. Oscillation. Diese schwindet, sobald der zweite Funkenmesser geöffnet wird, und die III. Oscillation erhält sich aufrecht, bis in Summa 12 Mm. Schlagweite gegeben sind. Vergleicht man die hier in Col. 1 und 2 gegebenen Rückstände mit denen in Tab. 7, so sieht man die Oscillation sehr nahe bei derselben Schlagweite eintreten, obwohl hier die Dichtigkeit, welche eine neue Oscillation bedingt, kleiner ist. Ganz dasselbe fand sich für Rückstände mit, resp. ohne Eisenkern in meiner früheren Abhandlung. Die Beschaffenheit der Funken war auffallend verschieden. Dieselben sind flammend und sehr unregelmässig geformt, wenn sich der Eisenkern in der Inductionsspirale befindet, dagegen heller und schlichter, wenn der Eisenkern entfernt ist. Im ersteren Fall findet ein stärkerer Tumult der durchglühten Lufttheile statt, die die Entladung vermitteln.

Den Versuchen füge ich noch die Analyse des Glases der bestleitenden Sorte hinzu, welche Herr Ostwald, Assistent am physikalischen Institut, die Güte gehabt hat, auszuführen. Es wurden von einer zerschlagenen Flasche zwei Proben genommen, die nachstehendes ergaben:

Analyse des gut isolirenden Glases:

	Probe I	Probe II
Kali	8.64	8.90
Natron	4.34	4.30
Kalk	10.94	10.59
Magnesia	0.77	0.69
Thonerde und Eisenoxyd (Spur)	0.77	0.76
Kieselsäure (aus dem Verlust) .	74.54	74.76

Die Zusammensetzung nähert sich der des böhmischen Glases. Bei noch fernerer Verminderung des Natrongehaltes dürfte die Isolationsfähigkeit dieser jetzt schon ausgezeichneten Sorte noch vermehrt werden.

Zum Schluss noch eine Bemerkung. Es hat vor 10 Jahren bereits Herr Riess sich gegen meine Versuche gewandt und gesagt, „es hätten dieselben Aufmerksamkeit erregt, weil man in ihnen eine Stütze zu finden glaubte einer deductiv gewonnenen Hypothese über den Mechanismus der electricischen Entladung; ohne diese Rücksicht würden die negativen Ladungen aus lange vorliegenden Versuchen mit Leichtigkeit abgeleitet worden sein.“¹⁾ Ich muss dem Leser überlassen, hiermit Hrn. Riess's Ausspruch zu combiniren, der Entladungsrückstand sei ein vom Schliessungsbogen abhängiger bestimmter Bruchtheil der Ladung. Wenn weiterhin am angeführten Orte behauptet wird, ich hätte erhebliche negative Rückstände nur erhalten bei Widerständen von ungewöhnlicher Drahtlänge, so beruht das auf einem Irrthum. Ich brauche nur auf meine frühere Abhandlung zu verweisen. Die von mir angestellten Versuche werden von Herrn Riess auf p. 371 so gedeutet, als durchfliesse der Hauptstrom den Schliessungsbogen, und danach erst beginne der inducirte Nebenstrom sein Spiel. „In einem Schliessungsbogen von gebräuchlicher Länge und Einrichtung,“ heisst es, „ist der Nebenstrom viel zu schwach, um das Innere der Batterie negativ zu laden, das stets einen Theil der directen positiven Ladung zurückbehält.“ Dieser Satz zeigt am deutlichsten, wie sehr unsere Anschauungen auseinandergehen. Dass gerade in diesem Falle die heftigsten Oscillationen stattfinden, ist wohl heutzutage über allen Zweifel erhaben. Ich brauche nur zu verweisen auf meine im Jubelbande von Pogg. Ann. mitgetheilten Beobachtungen. Die auf p. 372 von Herrn Riess angestellten Versuche sind allerdings recht

1) Riess: Abhandlungen zu der Lehre von der Reibungselectricität. Berlin 1867. p. 370.

interessant, nur müssen dieselben, wie ich meine, ganz anders erklärt werden, als Herr Riess es thut, da derselbe in ein und derselben Schliessung die Wirkungen eines Nebensstromes von denen des Hauptstromes sondern zu können meint.

Sylt im August 1877.

II. *Ueber die durch das Strömen von Wasser in Capillarröhren erzeugte electromotorische Kraft; von Dr. H. Haga.*

Die von Quincke entdeckten Diaphragmenströme wurden 1872 durch Zöllner auf einen einfacheren Fall zurückgeführt, indem er das Diaphragma durch ein Capillarrohr ersetzte und zeigte, dass auch beim Pressen von Wasser durch solche Röhren eine electromotorische Kraft erzeugt würde.

Auf Veranlassung des Hrn. Prof. Kundt habe ich diese Erscheinung eingehender untersucht. Die Fragen, die ich mir stellte, waren: wie hängt die beim Strömen des Wassers durch Capillarröhren entstehende Potentialdifferenz ab vom Druck und von den Dimensionen der Röhren.

Da ich die Dimensionen und die Grösse des Drucks immer so gewählt habe, dass das Poiseuille'sche Gesetz gültig blieb, war die durchgeflossene Flüssigkeitsmenge Q und also die geleistete Arbeit bekannt; letztere ist nämlich: $DQ = c \frac{D^2 r^4}{l}$, wo D den Druck, r und l Radius und Länge des Capillarrohrs und c eine Constante bedeutet, die von der Natur der Flüssigkeit abhängt und gleich $\frac{\pi}{8} \eta$ ist, wenn η den Reibungcoefficienten bezeichnet.