

Experimentalundersøgelse over Gnidningselektricitetens Oprindelse.

Af

C. Christiansen.

(Meddelt i Mødet den 25. Maj 1894.)

§ 1. Indledning.

Imellem Naturvidenskabens forskellige Discipliner indtager Elektricitetslæren en særegen Stilling. Paa alle andre Omraader har der været en stor Række af Fænomener, som have været tilgængelige for den menneskelige Iagttagelse, og som senere ere blevne underkastede en videnskabelig Behandling. Anderledes er det med Elektriciteten. Oldtiden kendte Ravets Evne til at tiltrække lette Legemer; men Sagen blev ikke videre undersøgt. Gilbert anfører i sin Bog de Magnete (1600), at der er flere Legemer, der gøre det samme som Ravet, saaledes Diamant, Glas, Svovl, Lak. Senere Undersøgelser viste, at alle de saakaldte slette Ledere eller Isolatorer ved Gnidning blive elektriske. Medens den videregaaende Undersøgelse af den elektriske Kraft har ført til en Række Opdagelser og Anvendelser, der næppe paa noget andet Omraade har sit tilsvarende; er man, med Hensyn til Grundfænomenet, ikke kommen stort videre, end man var paa Gilberts Tid. Det har vist sig, at Legemerne kunne ordnes i en Række, saaledes at ethvert Stof bliver negativ elektrisk, naar det gnides med et foregaaende

Stof, positiv elektrisk, naar det gnides med et efterfølgende Stof. En saadan Række, udledt af Faradays¹⁾ og Riess's²⁾ Angivelser er følgende:

Katteskind.	Mat Glas.
Flonel.	Metaller.
Elfenbeen.	Kautschuk.
Bjergkrystal.	Segllak.
Flintglas.	Svovl.
Bomuld.	Guttapercha.
Linned.	Elektrisk Papir (Schönbeins).
Hvid Silke.	Kollodium.
Haanden.	Skydebomuld.
Træ.	Fedtsten.

Det sidste Stof er tilføjet efter Meutzner³⁾. Det synes vanskeligt at se nogen Lovmæssighed i denne Række, de mest forskelligartede Stoffer staa her ved Siden af hinanden, medens beslægtede Stoffer kunne være fjernede meget langt fra hinanden. Ofte finder man endog, at to Stykker af samme Stof, som to Stykker Glas eller to Silkebaand ved Gnidning blive elektriske og da naturligtvis hver faa sin Art af Elektricitet. Wollaston, Davy og Faraday have udtalt, at kemiske Virkninger spille en Rolle herved; men en Paavisning af, hvilke disse Processer ere, har endnu ingen forsøgt at give. Med Hensyn til Faradays Anskuelse om Sagen, der ere holdte i stor Almindelighed, henvises til Exper. Res. § 1746—48. 1838.

Vil man søge efter Gnidningselektricitetens Oprindelse, ligger det nær at overveje, paa hvilke andre Maader Elektricitet kan fremkaldes. Foruden ved Gnidning kan Elektricitet ogsaa fremkaldes ved Tryk og Stød, men dette giver ingen Oplysning om Sagen. Omhyggelig undersøgte ere kun Berøringselektriciteten, Thermoelektriciteten og Induktionen. Den sidstnævnte synes at

¹⁾ Faraday. Experimental Researches § 2141. 1843.

²⁾ Riess. Die Reibungselektricität II. S. 387, 390. 1853.

³⁾ Meutzner. Zeitschrift für physikalische Unterricht 2. S. 241. 1889.

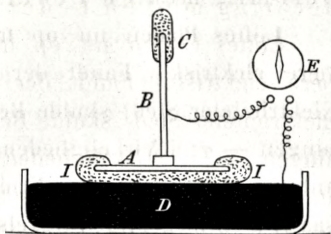
ligge altfor fjernt fra vort Æmne; Thermoelektriciteten ved man i Virkeligheden kun meget lidt om; derimod er Analogien mellem Berørings- og Gnidningselektriciteten iøjnefaldende.

I en Afhandling om elektriske Grænselag¹⁾ har H. Helmholtz blandt andet behandlet Gnidningen fra dette Synspunkt. Han antager, at to Legemer, som berøre hinanden, faa forskelligt Potential; kaldes Potentialerne V_1 og V_2 saa er $V_1 - V_2$ Potentialforskellen. I Grænselaget, hvis Tykkelse kaldes a , virker der altsaa en elektrisk Kraft $(V_1 - V_2)/a = F$. Kaldes Overfladetæthederne $+\sigma$ og $-\sigma$, har man da $F = 4\pi\sigma$ og altsaa

$$\sigma = \frac{V_1 - V_2}{4\pi a}.$$

Hvis de to Legemer kunde skilles ad, uden nogen Forstyrrelse i den elektriske Tilstand, vilde det ene Legeme altsaa paa hver Fladeenhed have Ladningen $+\sigma$, det andet $-\sigma$. Det er højest sandsynligt, at disse Ladninger vilde være overmaade store. I Virkeligheden vil der under Adskillelsen finde Genforening Sted af de adskilte Elektriciteter; ere begge Legemer gode Ledere, vil den ske gennem de Berøringspunkter, som sidst adskilles; er det ene af dem, eller begge, en Isolator, vil den ske ved Udladning gennem Luften.

For at se, hvilke Konsekvenser denne Opfattelse fører til, ville vi anstille et simpelt Forsøg. Lad A være en Metalplade, B en Metalstang og C et isolerende Haandtag. A beklædes med et isolerende Stof $I I$; man kan f. Eks. dykke den ned i smeltet Beg. D er en Skaal fyldt med Kvægsølv; baade Kvægsølvet og Pladen A forbindes med et Galvanometer E med mange Vindinger. Jeg benyttede et Thomsons Galvanometer med en Modstand af 6400 Ohm,



¹⁾ Helmholtz. Wied. Ann. Bd. 7. S. 335. 1879.

det gjorde et Udslag af 1 Centimeter, naar 100 elektrostatiske Elektricitetsenheder strømmede gennem det. Sættes Begfladen paa Kvægsølvet, fremkommer intet Udslag, men idet den igen løftes op, faas et ofte meget stort Udslag, især naar Kvægsølvoverfladen er frisk; har Kvægsølvet staaet nogle Timer i Skaalen, bliver Udslaget mindre. Strømmen gaar fra Kvægsølvet gennem Galvanometret til Metalpladen. Efter Helmholtz maa dette nu opfattes saaledes. Ved Berøring med Beg faar Kvægsølvet Potentialet V_1 , Beget Potentialet V_2 i den underste Flade. Der vil da gaa en Strøm gennem Galvanometret, hvorved Pladen A ogsaa faar Potentialet V_1 . Kaldes Beglagets Tykkelse a' , saa har man tilnærmelsesvis den elektriske Kraft F' i Beget lig $(V_1 - V_2)/a'$, altsaa bliver Overfladetætheden σ' paa Grænsen mellem A og I bestemt ved $KF' = 4\pi\sigma'$, idet K er Begets Dielektricitetskonstant. Vi have følgelig

$$\sigma' = \frac{K(V_1 - V_2)}{4\pi a'}$$

I Virkeligheden maa a være en overmaade lille Størrelse, σ' vil altsaa være forsvindende i Sammenligning med σ ; derfor er Elektricitetsmængden Q overmaade ringe; jeg har i intet Tilfælde mærket det mindste til den. Det er sandsynligt, at den ved alle virkelige Isolatorer er at sætte lig Nul; der opstaar altsaa ingen elektrisk Strøm, naar en Isolator bringes i Berøring med en Leder.

Løftes Pladen nu op fra Kvægsølvet, vil Beget findes at være elektrisk. Fandt der ingen Genforening af de adskilte Elektriciteter Sted, skulde Beget paa hver Fladeenhed have Ladningen $-\sigma$; i Virkeligheden finder en saadan Genforening Sted; antages at Ladningen paa Fladeenheden efter Adskillelsen er $-\lambda\sigma$, saa er λ en meget lille Størrelse. Beget beholder da paa sin Underflade med Arealet S Ladningen $-\lambda S\sigma$. Den tilsvarende positive Ladning $Q' = S\lambda\sigma$ gaar da fra Kvægsølvet gennem Galvanometret til Pladen A . Q' er da den Elektricitetsmængde, som

strømmer gennem Galvanometret. Den er forholdsvis meget stor og let at iagttage; mest iøjnefaldende ere dens Virkninger, naar man benytter et Elektroskop; Spændingen bliver let Tusinder af Volt.

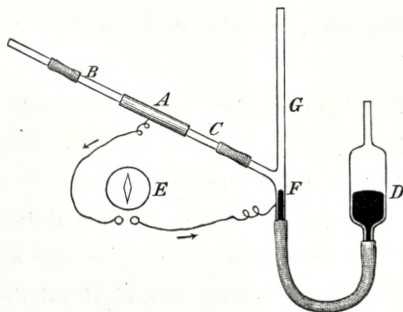
Gentages Forsøget, stille Sagerne sig noget anderledes. Beget har nu en negativ Ladning; idet det kommer i Berøring med Kvægsølv, vil der opstaa en Fordeling deri, hvorved en lige saa stor negativ Elektricitetsmængde vil gaa gennem Galvanometret til Pladen *A*. Elektricitetsmængden — Q'' , som strømmer gennem Galvanometret, findes altid at være numerisk mindre end Q' ; i Reglen er den kun det halve eller en Trediedel af Q' . Dette hidrører dels fra Tab til Luften, dels fra den Indtrængen i Isolatoren, som fremkalder det under Navn af Restladning vel bekendte Fænomen.

I Almindelighed faa vi altsaa en elektrisk Strøm baade naar Berøring indtræder og naar den ophører; disse Strømme gaa i modsatte Retninger, jeg vil kalde dem Slutningsstrømmen og Aabningsstrømmen. Slutningsstrømmen er Nul ved den første Berøring; den forsvinder ogsaa, naar Beget opvarmes, til det bliver blødt, eller ved at holde det et Øjeblik over Flammen af en Spirituslampe eller Bunsens Brænder. Holdes det over en lysende Flamme, afsættes der Kulpartikler paa den; man faar da heller ingen Aabningsstrøm.

De Forhold, jeg her har beskrevet, genfindes ved alle virkelige Isolatorer, kun Fortegnet kan være forskelligt.

Da det muligvis ikke er ligegyldigt, i hvilken Luftart Forsøgene anstilles, har jeg anvendt følgende Apparat, der ikke alene tillader at undersøge Luftarternes Indflydelse, men ogsaa i andre Henseender er fordelagtigt. Det bestaar af et Glasrør *BC*, hvis udvendige Diameter i Reglen var 3 til 4^{mm}; Vægttykkelsen var gerne 1^{mm}. Ved *A* er Røret paa en Længde af 6^{cm} beklædt med Staniol, som ved en Kobbertraad er forbundet med Galvanometret *E*. *D* er en Kvægsølvbeholder, som ved en Kautschukslange er forbunden med det tregrenede Glasrør *F*.

I dette er indsmeltet en Platintraad, der staar i ledende Forbindelse med Galvanometret. De enkelte Dele forbindes med Kautschukrør. Glasrøret *BC* beklædes indvendig med den Isolator, som skal undersøges; Luftarten, i hvilken Forsøget skal foregaa, strømmer ind ved *B*, ud gennem *G*. Ved



at hæve *D* kommer Kvægsølv og Isolatoren i Berøring; sænkes *D*, ophæves Berøringen igen. Som foran omtalt, faas altsaa i Reglen to Udslag paa Galvanometret. Jeg indstillede Maalestocken saaledes, at Ligevægtsstillingen var ved 30.0 cm. Forbindelserne vare valgte saaledes, at et Udslag til større Tal betegner, at Strømmen gaar fra Glasrøret, gennem Galvanometret, til Kvægsølv. Slaar Naalen ud til 32, saa kalder jeg Strømmen positiv og siger for Kortheds Skyld, at Udslaget er 32; i Virkeligheden menes dermed, at Udslaget er 2 cm.

§ 2. Forsøg med rent Kvægsølv og Isolatorer.

Til Forsøgene anvendtes i Reglen Kvægsølv, som var destilleret i Vacuum. Dette var vel ikke fuldkommen rent; jeg har prøvet at behandle det med fortyndet Salpetersyre, men fandt ikke, at dette gjorde nogen Forandring. Endvidere har jeg elektrolyseret destilleret Kvægsølv efter den af W. Jaeger ¹⁾ angivne Methode; heller ikke derved kunde nogen Forandring spores. Som Isolatorer benyttede jeg Beg, Harpax, Segllak, Paraffin, Kamfer, Schellak, Guajacharpix, indtørret Terpentin, Mastix og enkelte andre. Atmosfæren, hvori Forsøgene anstilledes, var enten atmosfærisk Luft, Brint eller Kulsyre. De to

¹⁾ W. Jaeger. Wied. Ann. Bd. 48. S. 219. 1893.

sidstnævnte befriedes for Ilt, ved at lade dem strømme gennem et Forbrændingsrør, fyldt med Kobbernet, som ophededes til Rødgloedehede. Luftarterne tørredes med Svovlsyre, undertiden ogsaa med Fosforsyre. Fugtighedsgraden syntes for øvrigt ikke at have synderlig Indflydelse, forsaavidt Isolatorerne ikke bedækkedes med et Lag af Fugtighed, hvorved de bleve ledende.

1. Beg. Beget smeltes og suges ind i Glasrøret. I atmosfærisk Luft bliver Beg altid negativt i Berøring med rent Kvægsølv. I Brint, fremstillet paa sædvanlig Maade af Zink og fortyndet Svovlsyre og tørret med Svovlsyre, er Beget ogsaa negativt; dog er Udslaget ofte meget ringe, især naar man opvarmer Beget noget, mens Brint strømmer gennem Røret. Befries Brinten paa den ovenfor anførte Maade for Ilt, og opvarmes Beget i denne Luftstrøm, faas derimod et positivt Udslag, til Tegn paa, at Beg nu er positivt i Berøring med rent Kvægsølv. Til Bevis herfor anføres følgende Forsøg.

Begrøret havde ligget nogen Tid i Luften, derpaa ledes iltfri Brint gennem Røret. Udslaget for Aabningsstrømmen var da i to paa hinanden følgende Forsøg

28.8, 29.1

Nu opvarmedes Begrøret saa meget, at Beget smeltede; Udslagene var nu

31.6, 31.8, 31.6.

Idet derefter Brintstrømmen standsedes et Minut, og lidt atmosfærisk Luft diffunderede ind i Røret, beholdtes Udslagene

29.2, 28.9, 29.0.

Saasart der altsaa blot er Spor af atmosfærisk Luft tilstede, bliver Beget negativt; at Ilten her er det virksomme Stof, følger af, at Udslaget bliver positivt ved at lede Brinten over glødende Kobber.

2. Segllak. Et Rør beklædtes indvendig med Segllak, som sugedes ind i det i smeltet Tilstand. Iltfri Brint strømmede gennem Røret. Aabningsstrømmen frembragte Udslagene

29.7, 29.7.

Nu opvarmedes Røret, til Lakket smeltede, efter Afkøling fremkom Udslagene

31.2, 31.1.

Et andet Lakrør opvarmedes stærkt i en iltfri Brintstrøm og gav da Udslagene

31.3, 31.3.

Derefter standsedes Brintstrømmen i 3 Minutter, i hvilken Tid atm. Luft kunde diffundere ind i Røret; derefter beholdtes Udslagene

29.1, 29.3.

Segllak forholder sig altsaa paa samme Maade som Beg.

3. Harpix. Et Glasrør beklædtes indvendig med Harpix. Brint, som ikke var befriet for Ilt, lededes gennem Røret. Aabningsstrømmene frembragte Udslagene

29.7, 29.0,, 29.1.

Dernæst befriedes Brinten for Ilt ved Hjælp af glødende Kobber, derefter fremkom følgende Udslag

29.7, 29.65, 29.9, 30.0, 30.1, 30.15, 30.2, 30.25, 30.4.

Derefter gaves Luften i et Minut Adgang til Røret, Udslaget blev derved

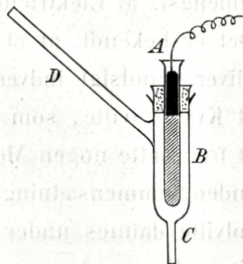
29.05, 29.5, 30.1, 30.3, 30.4, 30.5, 30.55, 30.6, 30.7, 30.7, 30.7.

For de tre anførte Isolatorers Vedkommende er det saaledes klart, at Ilten gør dem negative, medens de uden Ilt blive positive i Berøring med Kvægsølv. Noget anderledes stiller Sagen sig for de øvrige Isolatorers Vedkommende.

4. Paraffin bragtes ind i Røret paa samme Maade som de foregaaende Isolatorer. I iltfri Brint gav Paraffin Udslagene for Aabningsstrømmen 30.1, 30.2; efter Opvarmning 30.05, 30.07. Luften gaves nu Adgang, Udslag 30.0. Paraffin giver i alle Tilfælde kun meget lidt Elektricitet.

5. Kamfer opløstes i Alkohol og et Glasrør vædedes indvendig med Opløsningen; den tørredes i en iltfri Brintstrøm. Aabningsstrømmen gav Udslagene 31.3, 31.4. Luften gaves i 2 Minutter Adgang til Røret, hvorefter Udslaget var 30.5, 30.4.

6. Silke. Et snevert Reagensglas *A*, ydre Diameter 8^{mm}, indre 5^{mm}, omvikledes til en Højde af 5^{cm} over Bunden med et Stykke saakaldet «raat Silketøj» og befæstedes ved Hjælp af en Prop i Munden af det videre Reagensglas *B*. *A* fyldes med Kvægsølv, som ved en Metaltraad forbindes med Galvanometret; Kvægsølvet træder ind gennem *C*, Luften gennem *D*. I atmosfærisk Luft bliver Silke negativ ved Berøring med Kvægsølv; i iltfri Brint bliver det derimod efterhaanden positivt, som det ses af Udslagene:



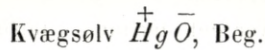
29.3, 29.6, 30.2, 30.4, 30.7,; 32.3.

Den atmosfæriske Luft havde derefter i 1 Minut Adgang til Silken; derefter var Udslaget sunken til 31.0. Efter 2 Minutters Adgang for Luften sank det til 30.2.

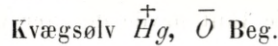
Man ser heraf, at Iltten har en afgørende Betydning for Elektricitetsudviklingen ved Berøring mellem Kvægsølv og Isolatorer; fastholdes den af Helmholtz fremsatte Anskuelse om den væsentlige Identitet mellem Gnidnings- og Berøringselektriciteten, forstaar man herved, at samme Stof snart kan være positiv, snart negativ, eftersom Iltten under Gnidningen fjernes eller ikke. Med Kvægsølv vil en svag Gnidning bevirke, at Isolatorerne blive negative, medens de ved stærkere Gnidning maa blive positive. Af samme Grund indses Muligheden af, at to Stykker af samme Stof ved Gnidning hver kunne faa sin Elektricitet.

Det bemærkes, at de undersøgte Stoffer alle vare brændbare. Deri ligger, at de have en stor Affinitet til Ilt, som sandsynligvis fortættes paa deres Overflade allerede ved almindelig Temperatur. Især gælder dette om de harpixagtige Stoffer. Det er bekendt, at Terpentinoxid optager en stor Mængde Ilt; efter Schönbein spaltes Iltmolekylet i to Atomer ved Berøring med Terpentinoxid; det ene Atom optages af Terpentinoxiden og omdanner den til Harpix, det andet Atom bliver i Terpentinoxiden i opløst Tilstand.

Af de foregaaende Forsøg, i Forbindelse med hvad der vil blive vist i det følgende, er jeg kommen til at anse det for rimeligst, at Elektriciteten her fremkommer paa følgende Maade. Det er bekendt, at et Glasrør, hvori Kvægsølv stiger og falder, bliver smudsig indvendig, sandsynligvis fordi der afsætter sig et Kvægsølvilte, som jeg vil betegne med HgO , uden dermed at fremsætte nogen Mening om, hvorvidt det maaske ikke har en anden Sammensætning, f. Ex. Hg_2O . Jeg antager, at dette Kvægsølvilte dannes under de her beskrevne Forsøg, saaledes at vi altsaa have:



Idet nu Kvægsølvet skilles fra Beget, dissocieres nogle af HgO -Molekylerne, vi faa altsaa



Kvægsølvet er altsaa positivt, fordi det indeholder Kvægsølvkationer, Beget negativt, fordi der paa dets Overflade sætter sig Iltanioner.

§ 3. Forsøg med Zinkamalgam og Isolatorer.

Gnidepuderne i Elektrisermaskinen bedækkes med et Lag af Zink- eller Tinamalgam; derved bliver Glasset positiv elektrisk. Ogsaa Kautschuk og andre Isolatorer blive positive ved at gvides med Amalgam. Det er under disse Omstændigheder sandsynligt, at de nævnte Amalgamer ogsaa ville gøre de her omhandlede Isolatorer positive. Dette viser sig ogsaa at være Tilfældet. Jeg bar mig ad hermed paa følgende Maade. Ovenpaa Kvægsølvet i *D*, Fig. 2, hældtes en Opløsning af Zinksulfat, i hvilken en Platintraad dyppedes ned. Platintraaden forbandtes med et galvanisk Batteris positive Pol, medens Batteriets negative Pol forbandtes med Kvægsølvet. Der vil da udskilles Zink, som med Kvægsølvet danner et Amalgam. Ved de Forsøg, som her skulle omtales, anvendtes 4 Bunsenske Elementer og tillige indskødes en større Modstand *M*, enten 8000 eller 1000 Ohm, saaledes at der udfældedes Zink under hele Forsøget. Aabningsstrømmen bestemtes hvert Minut.

Tab. 1. Beg og Zinkamalgam.

Brint.		Atm. Luft.		Brint.	
Slutning.	Aabning.	Slutning.	Aabning.	Slutning.	Aabning.
Rent Kvægselv.					
30.0	29.6	30.1	28.6	30.6	28.9
30.2	—	30.7	29.0	30.7	28.6
30.2	29.7	30.65	29.05	30.8	28.6
30.2	29.7	30.5	29.1	30.8	28.6
Zinkamalgam, 8000 Ohm.					
30.2	29.7	30.5	29.15	30.7	28.8
30.2	29.7	30.4	29.1	30.7	28.7
30.2	29.7	30.45	29.0	30.8	28.7
30.15	29.6	30.6	28.9	30.8	29.0
30.2	29.7	30.6	28.8	30.6	29.6
30.2	29.9	30.7	28.7	30.2	29.8
30.0	30.5	30.7	28.7	30.05	29.8
29.7	30.9	30.7	28.7	30.05	29.8
29.5	30.9	30.7	28.8	30.1	29.9
29.4	31.0	30.7	28.7	30.05	30.2
				29.95	30.18
				29.9	30.25
				29.8	30.4
				29.8	30.55
				29.7	30.6
				29.6	30.7
				29.6	30.6
				29.6	30.7
Zinkamalgam, 1000 Ohm.					
29.4	31.05	30.8	28.7		
29.4	31.0	30.75	28.6		
29.4	31.0	30.7	29.2		
		30.5	30.3		
		29.75	30.4		
		29.8	30.3		
		29.9	30.3		
Rent Kvægselv.					
29.5	29.8	29.85	28.8		
30.15	29.8	30.65	28.85		
30.1	29.8	30.65	29.0		
		30.6	29.05		

Til Forstaaelse af denne Tabel bemærkes følgende. Først var der Brint, saaledes som den erholdes ved Udvikling af fortyndet Svovlsyre og Zink, rensset med manganoversurt Kali og tørret med koncentreret Svovlsyre. Brinten indeholder under disse Omstændigheder Spor af Ilt. Ved den første Berøring mellem Beg og Kvægsølv er der intet Udslag; idet Kvægsølvet skiller sig fra Beget, faas Udslag til 29.6; det vil sige, at Beget er negativ elektrisk. Derpaa sendes Strømmen fra de 4 Bunsenske Elementer gennem Zinksulfatet og en Modstand af 8000 Ohm; i de første Minutter er Beget negativ elektrisk, men efter 6 Minutters Forløb faas Udslaget 30.5 for Aabningsstrømmen, Beget er nu blevet positivt, og bliver det i endnu højere Grad naar der sættes mere Zink til. Derpaa formindskes Modstanden til 1000 Ohm; Udslaget holder sig dog uforandret ved 31.0; yderligere Tilførsel af Zink har altsaa ingen Virkning. Benyttes derimod rent Kvægsølv, bliver Beget strax igen negativt. Ombyttes derefter Brinten med Ilt, bliver Beget endnu stærkere negativt, som det ses af de første Iagttagelser i tredie og fjerde Rubrik. I en Iltatmosfære er Zinkens Virkning svagere; i de første 10 Minutter bliver Beget mere negativt ved Tilsætning af Zink ved en Modstand af 8000 Ohm; formindskes Modstanden til 1000 Ohm, bliver det dog positivt, men svagere end tidligere. Sættes nu rent Kvægsølv i Stedet for Amalgamet, bliver Beget atter negativt. Nu arbejdes i en Brintstrøm, Udslaget holder sig stadigt negativt, men ved ny Tilsætning bliver det atter positivt, med 8000 Ohm dog først efter 9 Minutters Forløb.

At Begets Overflade under Forsøgene maa være undergaaet visse Forandringer, synes herefter sikkert; tildels kan dette bestaa af Forurening ved Zinkilte; som bekendt iltes Zinkamalgam meget let; ogsaa det rene Kvægsølv iltes, naar det mange Gange stiger og falder i et Rør.

Det har sin Interesse at vide, hvor meget Zink der maa sættes til en given Mængde Kvægsølv, for at gøre Beg positiv

elektrisk. En højere Grænse herfor kan findes af disse Forsøg. Til dem anvendtes 150 Gram Kvægsølv; i den første Forsøgsrække fremkom Udslaget efter 6 Minutters Forløb. De 4 Bunsenske Elementer have en elektromotorisk Kraft af 7.2 Volt; derfra gaar Polarisationen i Zinksulfatet; foruden Modstanden 8000 Ohm, der var indskudt, have vi Modstand i Zinksulfatet og i den øvrige Ledning. Vi ere altsaa sikre paa at have en højere Grænse ved at regne med 7 Volts elektromotorisk Kraft og en Modstand af 8000 Ohm. Da en Coulomb udvikler 0.0003367 Gram Zink, er den i 6 Minutter udviklede Zinkmængde.

$$\frac{7}{8000} \times 0.0003367 \times 6 \times 60 = 0.000106 \text{ Gram.}$$

I hvert Gram af Amalgamet findes altsaa $0.000106/150 = 7.1.10^{-7}$ Gram Zink. Man ser, at det er en forbausende ringe Zinkmængde, der behøves for at gøre Beget positiv elektrisk. I Virkeligheden er det betydelig mindre, der udfordres; man maa nemlig erindre, at Zinken udfældes i Beholderen *D*, og sikkert er Amalgamet stærkere der end i de øvrige Dele af Apparatet, svagest vil det netop være, hvor det rører ved Beget. Som det er let at forstaa, vise Forsøgene med atmosfærisk Luft, at der, naar denne Luft er tilstede, behøves en langt større Zinkmængde. Vi have jo nemlig her to modsatte Kræfter; Kvægsølvet for sig vil i Berøring med Ilt gøre Beget negativt, Zinken vil gøre det positivt; hvilken af disse Kræfter der faar Overhaand, vil afhænge af Mængden af Ilt og Zink, som er tilstede.

En tilsvarende Forsøgsrække udførtes med Segllak og Zinkamalgam. Resultaterne ere angivne i Tab. II.

Tab. II. Segllak og Zinkamalgam.

Brint.		Atm. Luft.		Brint.	
Slutning.	Aabning.	Slutning.	Aabning.	Slutning.	Aabning.

Rent Kvægselv.

30.0	29.1	30.1	28.4	29.9	28.95
30.2	29.0	30.4	28.6	30.25	29.4
30.3	29.0	30.4	28.6	30.2	28.4
30.3	29.2	30.35	28.7	30.4	28.2

Zinkamalgam, 8000 Ohm.

30.3	29.1	30.3	28.6	30.5	28.0
30.3	29.2	30.35	28.7	30.6	28.0
30.3	29.1	30.4	28.6	30.5	28.2
30.35	29.0	30.45	28.5	30.6	29.1
30.4	30.5	30.45	28.4	30.3	29.5
30.05	30.8	30.5	28.3	30.1	29.65
29.85	30.8	30.55	28.2	30.1	31.2
29.8	31.1	30.55	28.3	29.7	31.2
29.8	31.05	30.55	28.3	29.6	31.2
29.75	31.1	30.6	28.3	29.6	31.2

Rent Kvægselv.

Zinkamalgam, 1000 Ohm.

29.8	29.0	30.5	28.3		
30.2	29.3	30.6	29.8		
30.15	29.5	30.1	30.8		
30.1	29.5	29.7	31.1		
		29.6	31.1		
		29.6	31.0		
		29.7	30.8		
		29.8	30.7		
		29.8	30.6		
		29.8	30.55		

Elektrolysen frembragtes ogsaa her ved Hjælp af 4 Bunsenske Elementer. Allerede efter 4 Minutters Forløb er i den første Forsøgsrække Lakken bleven positiv elektrisk; Zinkmængden har altsaa været mindre end i det foregaaende Forsøg. For øvrigt ser man af Tabellen, at den almindelige Gang er den samme her som ved Beget.

I en anden Forsøgsrække med Segllak og Zinkamalgam blev Lak positivt efter $4\frac{1}{2}$ Minuts Forløb i Brint, som endnu indeholdt lidt Ilt; i iltfri Brint blev det positivt efter 3 Minutters Forløb.

Lignende Forsøg har jeg anstillet med Harpix; med 4 Bunsenske Elementer og 8000 Ohms Modstand blev Harpix positiv i Brint efter 6 Minutters Forløb, med 4000 Ohms Modstand efter 4 Minutters Forløb.

De Forsøg, som her ere meddelte, tyde i det hele paa, at Isolatorerne have desto lettere ved at blive positive, jo mindre Ilt der er tilstede; dette stemmer ogsaa med, hvad der er udviklet i § 2; der viste det sig nemlig, at de i Berøring med Kvægsølv alle blive positive, naar ingen Ilt var tilstede. Alligevel forholder det sig ikke saaledes. Er der ingen Ilt tilstede, saa er der heller ingen Forskel paa det rene Kvægsølv og paa Zinkamalgamet, begge give samme Udslag i Berøring med Isolatorer; først naar Ilt kommer til, fremtræder det større positive Udslag. I et Forsøg med Begrør, hvor iltfri Luft anvendtes, og hvor Begrøret var opvarmet for at bortskaffe vedhængende Luft, beholdtes for Aabningsstrømmen Udslagene:

Med rent Kvægsølv 31.3, 31.3.

Med Zinkamalgam 30.8, 31.1, 31.2.

Nu lod jeg atmosfærisk Luft i et Minut diffundere ind i Røret; derefter beholdtes følgende Udslag, idet iltfri Brint igen strømmede gennem Røret:

32.2, 31.4, 30.9, 30.5, 29.9, 29.9.

Beget opvarmedes nu til Smeltning, hvorefter Udslaget blev 30.9 Lignende Resultater beholdtes med Harpix og Segllak;

derimod var der ingen saadan Virkning af Iltten at opdage ved Paraffin og Kamfer. Som Forsøgene med Beg vise, slaar Udslaget let om til negativt; det kommer sikkert af, at vi her have en Virkning af de modsatte Tendenser hos Kvægsølv og Zink; i Berøring med Ilt og Beg bliver Kvægsølvet positivt, men Zinken negativ.

At Zink gør Isolatorerne positiv elektrisk, naar Ilt er tilstede, maa vel forklares paa følgende Maade. Zinken indeholder Zinkkationer, som forbinde sig med Iltanioner til Zinkilte; Iltkationen afsætter sig paa Beget, som derfor er positiv elektrisk.

§ 4. Forskellige Amalgamer.

I det foregaaende er der kun talt om Zinkamalgamets Virkning paa Isolatorerne; jeg vil nu gaa over til at omtale de andre Amalgamer. Naar der ikke er Ilt tilstede, forholde de sig vistnok alle som Kvægsølv selv; Amalgamerne blive altsaa negative, Isolatoren positiv. Hos Kamfer og Paraffin er Virkningen dog kun svag. Er der Ilt tilstede, afhænger Udfaldet af Metallets Art.

Fremstilles Amalgamet ved Elektrolyse paa den i § 3 omtalte Maade, blive Isolatorerne positive med følgende Amalgamer:

NH_4 , Ca , Ba , Al , Mg , Zn , Mn .

Ved de fleste af disse Metaller udfordres en temmelig stærk Strøm, da Amalgamet dekomponerer Vandet. Derimod fandt jeg paa den Maade ingen Virkning af Metallerne:

Fe , Ni , Sn , Pb , Cu , Ag .

Deraf tør dog ikke slutes at de ere uvirksomme; med stærke Amalgamer, som tilberedtes ved Elektrolyse og derefter hældtes i Beholderen *D*, Fig. 2, fik jeg Virkning af flere af de sidstnævnte Metaller, navnlig Bly og Tin. Kobber er derimod ikke i Stand til at gøre Isolatorerne positive. Ved disse Forsøg anvendtes Brint, som ikke fuldstændig var befriet for Ilt. Tabel III indeholder Forsøgene med Blyamalgam. Forholdet mellem Blyets og Kvægsølvets Vægt i Amalgamet var lidt over 3 : 10000.

Tab. III. Forsøg med Blyamalgam.

Segllak.		Harpix.		Beg.		Paraffin.	
Slutning.	Aabning.	Slutning.	Aabning.	Slutning.	Aabning.	Slutning.	Aabning.

Rent Kvægsølv, atm. Luft.

30.2	28.4		28.4		28.1	30.0	29.9
30.5	28.6	30.4	28.6	30.1	28.1	30.0	29.8

Rent Kvægsølv, Brint.

—	28.5	30.4	28.4	30.9	29.2	30.0	29.75
30.6	28.4	30.5	28.3	30.4	29.3	30.0	29.7

Blyamalgam, Brint.

30.5	28.7	30.5	31.2	30.2	29.7	30.0	30.0
30.5	29.0	29.7	31.3	30.1	29.75	30.0	29.95
30.4	29.6	29.6	31.3	30.15	29.6	30.0	29.95
30.2	29.8			30.3	29.8		
30.1	29.9			30.2	29.85		
30.05	30.05			30.1	30.1*		
30.0	30.05			30.2	30.1*		
30.0	30.1						
30.0	30.15						
29.95	30.2						

Blyamalgam, atm. Luft.

29.95	31.7	29.6	31.8	30.2	30.5	30.0	30.1
29.5	31.1	29.4	31.7	29.8	30.9	30.0	30.1
29.7	30.9	29.4	31.7	29.5	31.0	30.0	30.15
				29.4	31.0		

Blyamalgam, Brint.

29.8	31.0	29.4	31.6	29.5	30.8		
29.7	31.3	29.4	31.6	29.5	30.8		

Som sædvanlig er Segllak negativt i Berøring med Kvægsølv saavel i Luft som i Brint, der indeholder lidt Ilt. Med Bly-amalgam bliver Segllak derimod efter nogen Tids Forløb positivt, formodentlig fordi den ved Lakken hængende Ilt forbruges. Sker Berøringen i atmosfærisk Luft, faaes et stort Udslag 31.7, hvilket viser Iltens Evne til at gøre Isolatoren positiv, naar der er et let ilteligt Metal tilstede. Lignende Forhold iagttages, som Tabellen viser hos de andre Isolatorer, men i svagere Grad; med Paraffin er Elektricitetsudviklingen i det hele meget svag. Ved de Iagttagelser, der ere mærkede med en Stjerne, var Udslaget først negativt, 29.9, derpaa standsedes Udslaget pludselig og der kom nu et positivt Udslag til 30.3.

Med Tin erholdtes lignende Resultater. Udslaget var med Tinamalgam ($\frac{2}{10000}$) altid positivt; særlig vil jeg fremhæve, at jeg anstillede Forsøg med de fire Isolatorer anbragte i Rør, der havde henligget i flere Dage i Luften. Derved erholdtes følgende Udslag:

Segllak,	Harpix,	Beg,	Paraffin.
31.2.	31.0.	31.1.	30.0.

Paafaldende er det her, hvor lille Forskel der er mellem de tre førstnævnte Isolatorer; med Paraffin er Udslaget som sædvanligt meget ubetydeligt.

Kobberamalgam synes derimod ikke at kunne gøre Isolatorerne positive, hvilket fremgaar af Tabel IV.

Tab. IV. Forsøg med Kobberamalgam.

Segllak.		Harpix.		Beg.	
Slutning.	Aabning.	Slutning.	Aabning.	Slutning.	Aabning.
Rent Kvægsølv, atm. Luft.					
	28.4		27.9		28.7
30.6	28.6	30.8	28.4	30.7	28.8

Segllak.		Harpix.		Beg.	
Slutning.	Aabning.	Slutning.	Aabning.	Slutning.	Aabning.

Rent Kvægsølv, Brint.

30.5	28.1	30.6	28.0	30.6	28.8
30.6	28.1	30.8	28.0	30.7	28.8
30.7	28.0	30.8	28.0	30.7	28.8

Kobberamalgam, Brint.

30.5	28.0	30.7	28.2	30.7	28.9
30.7	28.1	30.8	28.6	30.7	28.9
30.8	28.1	30.5	28.2	30.6	29.0

Kobberamalgam, atm. Luft.

30.8	28.9	30.8	28.3	30.6	29.2
30.4	29.4	30.8	28.5	30.5	29.4
30.3	29.7	30.7	28.7	30.4	29.5
30.2	29.85	30.7	29.0		
30.1	29.9	30.5	29.1		
30.1	29.9	30.45	29.3		

Kobberamalgam, Brint.

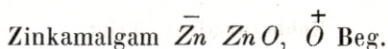
30.1	29.95	30.4	29.25	30.3	29.6
30.08	29.9	30.3	29.2	30.2	29.6
30.08	29.9	30.4	29.2	30.2	29.6

Amalgamet indeholdt omtrent 1 Del Kobber for 10000 Dele Kvægsølv. I Brint forholde rent Kvægsølv og Kobberamalgamet sig ens; i Ilt derimod er den negative Elektricitet paa Isolatoren svagere for Amalgamets Vedkommende. Virkningen af Kobberet gaar altsaa i samme Retning som Virkningen af de andre Metaller; dog er den for svag til at overvinde Kvægsølvets Tendens til at gøre Isolatorerne negative.

Jeg fortolker nu disse Forsøg paa følgende Maade. Vi have set, at Zinkamalgam forholder sig ligesom rent Kvægsølv, naar ingen Ilt er tilstede; er der Ilt tilstede, bliver Isolatoren, lad os sige Beg, efter Omstændighederne positiv eller negativ. I første Tilfælde antager jeg, at Virkningen fremkommer derved, at vi under Berøringen have Tilstanden udtrykt ved følgende Skema



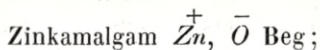
Ved Adskillelsen ordne Jonerne sig derimod efter Skemaet



Beget bliver altsaa negativt, fordi der sætter sig Iltkationer paa det. Men det er ogsaa tænkeligt, at der kan dannes Zinkilte, saaledes at vi have



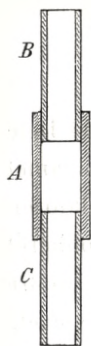
Idet Amalgamet strømmer ud af Røret, adskilles Zinkilten efter Skemaet



her er det Iltanionen, der gør Beget negativ elektrisk.

§ 5. Galvaniske Kombinationer.

For at vise Sammenhængen mellem Gnidnings- og Berørings-elektriciteten benyttede jeg Messing- eller Sølvrør, 7.5^{cm} lange, med en Diameter af 0.7^{cm}. I et saadant Rør befæstedes med Lak to Glasrør *B* og *C*; indvendig beklædtes det med Stoffet, som skulde undersøges; *A* forbandtes med Galvanometret, og det hele anbragtes i Apparatet Fig. 2 i Stedet for Røret *BC* i denne Figur. Bringes rent Kvægsølv nu paa sædvanlig Maade ind i Røret *BC*, har man et galvanisk Element og vil i Reglen faa en Strøm. Ved den første Berøring kommer der vist altid en Strøm, naar det da ikke er en virkelig Isolator, som Lak eller Harpix, der beklæder Indersiden af *A*; denne Strøm er dog



i Reglen meget kortvarig. Den elektriske Forskel paa Kvægsølv og Messing eller Sølv er jo ogsaa kun lille. Har man derimod et Amalgam, Bly- eller Zinkamalgam, gaar der en forholdsvis stærk Strøm gennem Mellemlaget; den aftager dog ved Gentagelse og bliver, naar man sørger for, at der er tør Luft i Røret, efterhaanden saa svag, at den næppe kan bemærkes. Samtidig hermed faas da et Udslag, idet Amalgamet kommer ind i Røret, det hidrører fra en Restladning, der er bleven tilbage paa Røret.

Betydningen heraf ses maaske klarest ved at benytte samme Betragtningmaade som i § 1. Vi erstatte da Isolatoren *II* med en Leder, f. Ex. indtørret Vandglas eller Dextrin. Vi tænke os, at der i Skaalen er et Zinkamalgam. I det Øjeblik da Berøringen indtræder, opstaar der en elektrisk Strøm fra *D* til *A*; anskueligst bliver Fremstillingen ved at benytte den af Nernst¹⁾ fremsatte Hypotese, ifølge hvilken de positive Zinkioner søge at udbrede sig paa Grund af deres særegne, overmaade store osmotiske Tryk; idet de trænge ind i Mellemlaget *II*, drive de de positive Joner foran sig, og der opstaar saaledes en Strøm. Imidlertid sættes der forskellige Hindringer imod denne Strøm; dels bliver Zinkamalgamet nu selv negativt, dels fremkommer der en Polarisation i Mellemlaget, som kan antage meget store Værdier. Løftes nu *II* op fra Kvægsølvet, vil der fremkomme en meget stor Potentialforskel mellem Underfladen af *II* og *A*; derved kan der fremkomme en elektrisk Strøm i samme Retning som tidligere, altsaa fra *D* til *A*; imidlertid er der nu ogsaa en Mulighed for, at den positive Elektricitet — de positive Zinkioner kunne gaa tilbage til Amalgamet i Skaalen; man kan altsaa ikke vide med Sikkerhed, til hvilken Side Aabningsstrømmen vil gaa. Dog finder jeg altid, at den har samme Retning som Slutningsstrømmen med Zink- og Blyamalgam, derimod var den med rent Kvægsølv ofte modsat Slutnings-

¹⁾ W. Nernst. Zeitschrift für phys. Chemie. Bd. IV, S. 129, 1889.

strømmen. Jeg har paa den Maade anstillet Forsøg med Dextrin, kiselsurt Natron, Gelatine og Fiskelim. De forholdt sig over for Zink- og Blyamalgam paa samme Maade, med rent Kvægsølv beholdtes snart positivt snart negativt Udslag. Resultaterne vare i øvrigt meget variable, hvorfor jeg her ikke skal gaa nærmere ind paa dem. Ogsaa enkelte Isolatorer har jeg undersøgt paa denne Maade.

1. Schellak. Vædedes det ovenfor (Fig. 4) fremstillede Rør indvendig med en Opløsning af Schellak i Spiritus, beholdtes med rent Kvægsølv et stort negativt Udslag, saavel ved Slutningen som ved Aabningen; derimod var der intet Udslag, naar Røret henstod fyldt med Kvægsølv. Ved Gentagelse af Forsøget aftog Udslagene og bleve tilsidst umærkelige. Her have vi en Virkning af den vedhængende Ilt. Laget har ikke været absolut isolerende.

2. Kollodium. Det lille Reagensglas *A* (Fig. 3) vædedes med en Opløsning af Kollodium i Æthervinaand og anbragtes i det videre Rør *B*. Idet Opløsningsmidlet fordamper, dannes en Kollodiumhinde paa Glasset. Derved beholdtes for Aabningsstrømmen Udslag 28, for Slutningsstrømmen Udslag 29.5; mærkeligt var det tillige, at det sidste Udslag først viste sig 3 til 5 Sekunder efter at Kvægsølvet havde rørt Kollodiumlaget. Der hengaar altsaa nogen Tid inden Dobbeltlaget dannes. Her maa ved Berøringen opstaa en saa stærk elektromotorisk Kraft, at den kan frembringe en Strøm gennem Glasset; Forsinkelsen viser, at det tager nogen Tid inden den elektromotoriske Kraft, som Berøringen mellem rent Kvægsølv og Kollodium fremkalder, er naaet op over Glassets Polarisationsspænding. Udslaget forstærkes, naar der er Ilt tilstede. Derpaa erstattedes Reagensglasset *A* med et Messingrør, som beklædtes med Kollodium; Resultatet var i Hovedsagen det samme; kun beholdtes her ved Slutningen først et lille Udslag til positiv Side; derpaa vendte Udslaget pludselig om; dette hidrører fra den negative Elektricitet, som er bleven siddende paa Kollodiumlaget efter Aabningen.

Afsættes et af de her nævnte Stoffer, som ikke ere uden nogen Ledningsevne, i et Glasrør og undersøges deres elektriske Forhold paa den sædvanlige Maade, faas med rent Kvægsølv i Reglen kun et meget lille Udslag, og den omgivende Lufts Beskaffenhed har heller ikke synderlig Indflydelse; med Zinkamalgam faas derimod et stort Udslag, visende, at Stoffet, hvormed Røret er beklædt, bliver positiv. Jeg vil anføre nogle Exempler herpaa:

	Rent Kvægsølv. Aabning.	Zinkamalgam. Aabning.
Gummi arabicum	30.4	32.4
Dextrin	29.7	32.3
Druesukker	30.0	32.1
Mælkesukker	30.6	31.6
Galbanum i Kaliopløsning .	30.3	31.3
Manna opløst i Vand	30.2	30.7
Manna opløst i Vinaand . .	30.1	33.0

Ved Slutningen kom i Reglen intet Udslag. Havde der været Zinkamalgam i Røret, erholdtes med rent Kvægsølv negativt Udslag; dette hidrører vistnok fra, at Laget har optaget Zinkioner, som ved Berøring med Kvægsølvet igen træde ind i dette, og efterlade Røret negativ elektrisk. Som Exempel herpaa anføres nogle Forsøg med Dextrin i et Glasrør. Udslaget var da for Aabningsstrømmen:

Kvægsølv	30.0	30.0		
Zinkamalgam . .	32.1	32	32	
Kvægsølv	29.5	29.8	30.05	30.1
Zinkamalgam . .	32.1	32.3	32.3	32.3
Kvægsølv	30.6	30.1	28.6	29.0 29.5

§ 6. Om Glas.

Anvendes et Rør af Thüringer Glas, faas altid et negativt Udslag med destilleret Kvægsølv; Glasset bliver altsaa negativ elektrisk ved Berøring med Kvægsølv. Sættes Zink til Kvæg-

sølvet, bliver Glasset i Reglen positiv elektrisk baade i atmosfærisk Luft og i Brint eller Kulsyre. Vi skulle først nærmere betragte Forholdene ved Berøring mellem Glas og rent Kvægsølv.

Et Rør af Thüringer Glas af de sædvanlige Dimensioner rensedes med Kali, Svovlsyre og destilleret Vand, hvorefter det tørredes i en Tørrekasse. Det henlaa derefter et Døgn, hvorpaa følgende Forsøg udførtes i iltfri Brint:

Slutning:	30.0	30.2	30.2	30.2	30.2	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1
Aabning:	27.8	28.8	28.5	28.6	28.6	28.7	28.8	28.9	29.0	29.0	29.1.

Røret bliver ved Gentagelse mindre og mindre elektrisk. Derpaa opvarmedes Røret med en Spiritusflamme, medens Brinten strømmede igennem:

Slutning:	30.0	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1	30.1
Aabning:	27.7	28.1	28.35	28.6	28.7	28.8	28.8	29.0	29.0	29.1	29.2.

Resultaterne vare ganske de samme som tidligere. Det synes, at dette kan gentages meget tit. Jeg antager, at Glassets negative Ladning fremkommer ved, at Natriumkationer gaa fra Glasset over i Kvægsølvet; Udslaget aftager da, fordi der bliver færre af dem i Glassets Inderflade. Der er i hvert Fald en paafaldende Forskel mellem Glas og Isolatorer som Beg og Harpix; med disse sidste faas jo, som vi have set, positive Udslag i iltfri Brint.

Nu kogtes Kvægsølvet i Røret, derved fremkom Udslagene:

Slutning:	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
Aabning:	28.8	29.3	29.4	29.55	29.6	29.7	29.7	29.75	29.75	29.75	29.8.

Nu dyppedes en Zinkstang i Kvægsølvet, hvorpaa følgende Udslag fremkom:

Slutning:	30.0	30.0	30.1	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2	30.2
Aabning:	29.5	28.8	27.6	27.3	27.2	27.2	27.4	27.3	27.4	27.3	27.3.

Skønt der her er Zink tilstede, var Udslaget dog negativt ligesom med rent Kvægsølv. Først ved at give atmosfærisk Luft Adgang til Røret, fremkom et lille Udslag; efterat der var gaaet

fugtig Luft i nogen Tid gennem Røret, beholdtes i en iltfri Atmosfære Udslagene:

Slutning: — 29.8 29.8 29.8 29.8 29.8

Aabning: 31.3 31.5 31.6 31.8 31.9 31.9.

Efter Opvarmning beholdtes nu igen negativt Udslag:

Slutning: 30.0 — 30.1 30.2 30.2 30.2 30.2

Aabning: 29.1 28.9 28.9 29.0 29.0 28.9 28.9.

Nu lededes tør atmosfærisk Luft gennem Røret:

Slutning: 30.0 30.0 30.0

Aabning: 30.0 30.0 30.0.

Røret opvarmedes atter:

Slutning: 30.0 30.15 30.15

Aabning: 28.9 29.2 29.3.

Disse Forsøg vise, at man ikke altid faar Glasset positivt ved Berøring med Zinkamalgam, i nærværende Tilfælde synes Tilstedeværelsen af Vanddampe og navnlig af Ilt at bidrage væsentlig dertil.

Jeg skal nu meddele en anden Forsøgsrække, anstillet med et andet Rør, som var skaaret af samme Glasrør som det forrige og rensed og tørret paa samme Maade, kun havde det henligget 3 Dage efter at være rensed.

I iltfri Brint gav det med Kvægsølv Udslag til:

Slutning: 30.0 30.2 30.15 30.1 30.1 30.1 30.1 30.1 30.1 30.1 30.05

Aabning: 28.2 28.4 28.6 28.7 28.8 28.9 28.9 28.9 28.9 29.0 29.0.

Nu sattes Zink til Kvægsølvet, hvorefter Udslaget blev positivt:

Slutning: 30.05 30.1 30.0 29.85 29.85 29.85

Aabning: 29.0 30.3 32.2 32.2 32.2 32.2.

Opvarmning med Spiritusflamme havde ingen Virkning paa Udslaget. Opvarmedes Røret derimod over en Bunsens Brænder indtil Flammen blev gul, beholdtes aftagende Udslag:

Slutning: 30.0 29.9 29.9 29.9 29.9 30.0 30.05 30.05 30.1 30.1 30.1

Aabning: 32.0 31.7 31.3 30.9 30.3 29.8 29.5 29.25 28.9 28.6 28.5.

Udslaget blev stadig mere og mere negativt og tilsidst konstant lig 27.6.

Ved at sende tør, kulsyrefri, atmosfærisk Luft en Tid gennem Røret og derefter igen uddrive den med iltfri Brint, beholdtes atter positivt Udslag. Men ved fornyet stærk Opvarmning af Glasset var og blev Røret stadig positivt. Konstante, ensartede Resultater var det mig umuligt at erholde.

Jeg undersøgte dernæst et Rør af haardt, bøhmisk Glas. Det var rensat og tørret paa den ovenfor angivne Maade. Det gav mærkeligt nok positivt Udslag med rent Kvægsølv i iltfri Brint:

Slutning: — 29.6 29.6 29.6 29.7
Aabning: 30.6 30.5 30.5 30.4 30.3.

Opvarmet med Bunsens Flamme beholdtes:

Slutning: 30.0 30.1 30.05 30.0 30.0
Aabning: 29.8 28.9* 29.9* 29.95 29.95.

Ved de Forsøg, der ere mærkede med en Stjerne, vendte Udslaget pludselig om, ligesom ved et Stød.

Jeg lod nu i et Minut tør kulsyrefri atmosfærisk Luft strømme igennem Røret; derpaa i to Minutter iltfri Brint, inden Forsøgene begyndte igen:

Slutning: 30.0 29.9 29.9 29.9
Aabning: 30.2 30.2 30.2 30.2.

Her synes Ilten at bidrage til at gøre Røret positiv elektrisk. Nu opvarmedes Røret igen med Bunsens Flamme:

Slutning: 30.0 30.3 30.1
Aabning: 29.6 29.9 29.9.

Nu sattes Zink til Kvægsølvet, hvorved Glasset blev stærk positivt:

Slutning: 29.95 28.6 28.5 28.4 28.4
Aabning: 32.1 32.2 32.3 32.1 32.2.

For at prøve om Ilt, der hænger ved Glasset, har nogen Indflydelse, lod jeg tør atmosfærisk Luft strømme gennem Røret i

5 Minutter; den uddreves igen ved i de næste 5 Minutter at lade iltfri Brint strømme igennem. Efterfølgende Forsøg, som udførtes i iltfri Brint, vise ingen Virkning af mulig vedhængende Ilt:

Slutning: 29.2 28.4 28.2

Aabning: 32.2 32.4 32.3.

For ganske at rense Glasset, kogtes Zinkamalgamet i det:

Slutning: — 29.0 28.9

Aabning: 31.6 31.7 31.7.

Foretages derimod Forsøgene i tør kulsyre-fri atmosfærisk Luft, faas negative Udslag:

Slutning: 28.9 30.8 30.9

Aabning: 28.9 28.7 28.7.

Glasrøret var nu hist og her belagt med en spejlende Hinde, formodentlig af Zinkilte blandet med Kvægsølv. Derpaa strømmede iltfri Brint gennem Røret:

Slutning: 30.9 31.1 31.2

Aabning: 28.4 28.4 28.2.

Nu var Røret igen rent. Derpaa opvarmedes det over Bunsens Flamme:

Slutning: 30.0 31.2 31.4

Aabning: 28.2 28.1 28.2.

Her har Opvarmningen ingen Virkning haft. Nu kogtes Zinkamalgamet i Røret, hvorefter følgende Udslag erholdtes:

Slutning: — — 30.1 29.6 29.4

Aabning: 29.9 29.9 30.7 30.9 30.9.

Jeg har anstillet mange lignende Forsøg uden at komme til aldeles bestemte Resultater. Det synes, at Elektriseringen betinges af Omstændigheder, der vanskelig kunne bringes ind under nogen simpel Lov. I Glasrør, som har været opvarmet, faas altid negativt Udslag med rent Kvægsølv, med Zinkamalgam er Udslaget derimod snart positivt, snart negativt. Dette har sandsynligvis samme Aarsag som de ovenfor omtalte ejendommelige

Forhold, der iagttages, naar et Amalgam og en Isolator, som Beg eller Harpix berøre hinanden. Ilten gør der efter Omstændighederne Isolatoren positiv eller negativ. Forene Ilten og Zinken sig med hinanden ved Dissociation af Ilten, ville positive Iltatomer sætte sig paa Glasset eller paa Isolatoren, medens Amalgamet bliver negativt. Det kan ogsaa tænkes, at Zinkilte dannes og sønderdeles igen; idet Ilten da bliver hængende fast ved Rørvæggene, bliver den negativ elektrisk.

Man vil have lagt Mærke til, at Slutningsstrømmen er meget svag med Thüringerglas, meget stor med bøhmisk Glas. Vi have her en Virkning af Ledningsmodstanden. Denne er meget stor i det bøhmiske Glas, men forholdsvis lille i Thüringer Glas. At dette er Grunden fremgaar deraf, at Slutningsstrømmen blev forholdsvis omtrent 4—5 Gange stærkere, naar Glasrøret beklædtes indvendig med et Lag af Harpix. Det er ganske mærkeligt at se, at Harpixlaget her har samme Virkning enten det findes inden i Glasset eller uden paa det.

§ 7. Den elektriske Ladning bestaar af Joner.

Under Forudsætningen af, at Helmholtz's Opfattelse af Gnidningselektricitetens Natur er den rigtige, mener jeg at have godtgjort ved de foran anførte Iagttagelser, at Elektricitetens Art og Styrke bestemmes ved de gnidende Legemers Natur og ved den Atmosfære, i hvilken Gnidningen sker; nærmest vil man kunne udtrykke Resultatet ved at sige, at der under Gnidningen foregaar kemiske Processer, i det væsentlige analoge med dem, der fremkalde Berøringselektriciteten. Navnlige mener jeg, at selve Berøringselektriciteten maa betragtes under det herved givne Synspunkt, saaledes at det bliver Metallernes Forhold til Ilten i Luften, der bestemmer deres Plads i den elektriske Række. Jeg vil tilføje, at jeg har udført en stor Mængde Forsøg, som ikke ere omtalte her eller kun ere antydede; jeg har ikke troet, at det var til nogen Nytte at gaa i Enkeltheder i

større Omfang end jeg har gjort; Forsøgene ere saa simple og udkræve saa faa Midler, at enhver, der nærer nogen Tvivl om Paalideligheden af Resultaterne, let vil kunne komme til at danne sig en selvstændig Dom. Jeg skal nu til Slutning fremhæve, hvad det synes mig at være berettiget at slutte af mine Iagttagelser.

Den 5. April 1881 holdt Helmholtz i den kemiske Forening i London en Tale over den nyere Udvikling af Faradays Ideer over Elektriciteten. Efter at have givet en Fremstilling af Elektrolysens historiske Udvikling, fremsætter han nogle nye Tanker om dette Æmne. Han gaar her ud fra, at de nyere Undersøgelser have godtgjort, at der under Elektrolysen finder en Vandring Sted af Jonerne; ved Elektrolysen af Zinksulfat vandrer Zinkkationerne hen til den negative Pol, SO^4 til den positive Pol. Disse Joner føre nu Elektriciteten med sig; og den Mængde, f. Ex. af positiv Elektricitet, der gaar gennem en Flade, forholder sig ligefrem som Antallet af Kationer der gaar gennem Fladen. Det er derfor nødvendigt, at hver Jon maa indeholde en bestemt positiv Ladning, et Elementærkvantum af positiv Elektricitet. Elektriciteten er derfor ikke et Kontinuum i den almindelige Betydning af Ordet; forsaavidt vi ville tillægge den en selvstændig Existens, maa den ogsaa have en atomistisk Bygning; et Atom af et Grundstof maa indeholde enten en eller flere elektriske Elementærdele. Han mener endvidere, at et Atom af et vist Grundstof indeholder altid samme Mængde (eller maaske et Multiplum deraf), men at Fortegnet kan skifte. Saaledes ankomme Zinkkationerne til den negative Pol med positiv Ladning; ved Berøring med denne ombytter det halve Antal deres positive Ladning med en lige saa stor negativ Ladning; vi kunne betegne to forskelligt ladede Atomer med Zn^+ Zn^- ; disse forene sig da til et uelektrisk Molekyl $Zn^+ Zn^-$ som afsættes i fast Form og er uelektrisk.

Af de her meddelte Forsøg mener jeg nu, at man kan slutte, at det samme gælder om Gnidningselektriciteten. Ved Berøring

mellem Gummi og Zinkamalgam gaar Zinkkationer $\overset{+}{Zn}$ over i Gummi, medens Zinkanioner \bar{Zn} blive tilbage; Gummi bliver altsaa positiv ved Berøring eller Gnidning mod Zinkamalgam. Her bestaar altsaa den positive Elektricitet af Zinkkationer. Ved Gnidning mellem Zinkamalgam og Harpix vil, naar Ilt er tilstede, Iltten spaltes i $\overset{+}{O}$ og \bar{O} ; $\overset{+}{O}$ afsættes paa Harpixen, medens \bar{O} forener sig med Amalgamets Zinkkationer $\overset{+}{Zn}$; der dannes da Zinkilte $\overset{+}{Zn} \bar{O}$; her bestaar Harpixens positive Ladning af Iltkationer, Amalgamets negative Ladning af Zinkkationer.

Naar et Legeme bliver ladet med Elektricitet, vil dets Vægt altsaa undergaa en Forandring; er der gaaet Joner over paa det, saa er det blevet tungere, har det afgivet saadanne bliver det lettere. Imidlertid er denne Vægtforandring vistnok i alle virkelig forekommende Tilfælde umærkelig. Wollaston paaviste, at Gnidningselektricitet kan dekomponere Elektrolyter; han benyttede som Elektrode en i Glas indsmættet Sølvtraad, der blev skaaret af saaledes, at Strømmen kun kunde træde ud gennem dens Endeflade. Senere have Buff og Andrews anstillet lignende Forsøg. Man kan ogsaa nøjes med at sætte den ene Elektrode i Vædsken, medens den anden holdes i Luften eller afledes til Jorden. Ogsaa i dette Tilfælde vil der ved en i Vand ned-sænket Elektrode finde Luftudvikling Sted; er det den positive Pol, der er i Vandet, stige Bobler af Ilt op fra den; som Lippmann ¹⁾ har bemærket, vil der da fremkomme fri Brint paa Vandets Overflade. Lignende Forsøg ere anstillede af Ostwald og Nernst ²⁾. De beklædte en stor Glaskolbe udvendig med Stanniol og stillede den paa en Ebonitplade. Kolben fyldtes med fortyndet Svovlsyre, som ved en fugtig Snor forbandtes med Svovlsyren i Lippmanns Kapillarelektrometer. Nu forbandtes en Elektrisermaskines positive Konduktor med Kolbens ydre

¹⁾ Lippmann. Journal de Physique t. VI. S. 41. 1877.

²⁾ Ostwald og Nernst. Zeitschrift für phys. Chemie. Bd III. S. 120. 1889.

Belægning, medens den negative Pol forbandtes med Kvægsølvet i Elektrometret. Idet Maskinen drejedes, viste der sig Brintbobler paa Kvægsølvet i Elektrometret; samtidig hermed maa SO^4 være udskilt paa Kolbens Inderside. Da en Coulomb udvikler $1.038.10^{-5}$ Gram Brint, og da den er lig 3.10^9 elektrostatiske Elektricitetsenheder, maa et Legeme, som er ladet elektrisk ved Hjælp af Brintioner indeholde $0.346.10^{-14}$ Gram Brint for hver elektrostatisk Elektricitetsenhed. Denne Vægt er jo aldeles forsvindende. Antage vi med Richarz ¹⁾, at hvert Brintatom indeholder en Ladning, som er $1.29.10^{-10}$, svarer denne Elektricitetsmængde til et Antal af $7.7.10^9$ Atomer. Skønt, efter nærværende Opfattelse, Elektriciteten antages at være koncentreret i Atomer, er deres Antal dog herefter saa stort, at Virkningerne udadtil blive de samme som ved at antage, at den er jævnt udbredt over Legemernes Overflade. Lades f. Ex. en Kugle, hvis Radius er en Centimeter, til en Spænding af en Volt, bliver dens hele Ladning $\frac{1}{300}$, og Antallet af Joner er paa dens Overflade altsaa 26 Millioner.

¹⁾ Richarz. Wied. Ann. Bd. 52. S. 385. 1894.