

HOE DE ELEKTRISCHE STROOM VLOEISTOFFEN DOOR EEN POREUZEN WAND DRIJFT.

DOOR

Dr. E. VAN DER VEN.

Bij het stellen van dit stuk beкроop mij de overtuiging dat er onder onze lezers velen zullen zijn, die het, met een: »niet voor mij« ongelezen zullen laten. Tot verontschuldiging van het feit, dat ik het desniettemin niet in portefeuille heb gelaten, strekke mijne daarnevens staande overtuiging, dat vele anderen, sommigen uit den aard van hun ambt, met belangstelling kennis zullen nemen van de resultaten eener zooveel mogelijk volledige behandeling van een tot heden, naar mijn oordeel zonder reden, verwaarloosd onderdeel der werking van den electrischen stroom.

Sedert lang reeds is het bekend, dat als men een elektrischen stroom laat gaan door een met vloeistof gevulden bak, die door een poreuzen wand in tweeën wordt gedeeld, die vloeistof langzamerhand van de eene afdeeling naar de andere wordt overgebracht; zij daalt in de eene, rijst in de andere.

Reuss, te Moskou, die er, in 1807, het eerst melding van maakt, gaf het den geleerden naam: *motus stoechiometricus*; een naam, uit zijn aard onschuldiger dan die van *elektrische endosmose*, waaronder het sedert, en ook nog wel heden, bekend staat, die de pretentie schijnt te hebben een oorzakelijk verband te leggen tusschen het verschijnsel en werkingen, die er niets mede hebben uit te staan.

In de eeuw, die ons van den ontdekker scheidt, schijnt het onderwerp weinig de aandacht der natuurkundigen op zich te hebben gevestigd. Althans de H.H. G. WIEDEMANN en C. FREUND zijn de eenigen, die, in *Poggendorff's Annalen*, hunne methode van onderzoek en de resultaten daarvan meer uitvoerig beschreven. PFAUNDLER, in

zijn 1888—1890 verschenen leerboek, bepaalt er zich dan ook toe, in dit opzicht wel wat sterk generaliseerend, als »die wichtigsten Gesetze dieser Ueberführung« de resultaten op te noemen, door WIEDEMANN verkregen, te weten:

- 1^o. dat de in gelijke tijden door den elektrischen stroom overgebrachte hoeveelheden water die van eene oplossing van kopersulfaat overtreffen;
- 2^o. dat het vervoer van water en van een oplossing van kopersulfaat, onder overigens gelijke omstandigheden, evenredig is aan de stroomsterkte;
- 3^o. dat, weder o. g. o. van oplossingen van kopersulfaat van verschillende concentratie het vervoer des te geringer is, naarmate haar geleidend vermogen voor den stroom grooter is;
- 4^o. dat het vervoer steeds plaats heeft in de richting van de anode (+ pool) naar de kathode (— pool).

Deze door niets gerechtvaardigde veronachtzaming was het, die mij drong het verschijnsel aan een meer uitvoerig onderzoek te onderwerpen. Daar het hier de plaats niet is omtrent de onderdeelen van dit onderzoek in bijzonderheden te treden, zal ik mij tot de mededeeling van de daardoor verkregen resultaten bepalen. Alleen zij vermeld dat ik, daarbij WIEDEMANN's methode volgende, de toepassing daarvan in zooverre wijzigde, dat de invloed werd voorkomen of geëlimineerd, die verschillen in hydrostatische drukking, aan weêrszijde van den poreuzen wand gedurende de proefnemingen ontstaan, op het bedrag van de overgebrachte vloeistof moesten hebben, een verschil dat zoowel ontstond door het toenemend niveauverschil in de door den wand gescheiden afdeelingen als door het tijdens het onderzoek ontstaand concentratie-verschil van de daarin aanwezige vloeistof. Wie hieromtrent meer licht verlangen verwijzen wij naar de *Archives du musée Teyler* ¹⁾ waarin het volledig dagboek der waarnemingen is opgenomen, benevens eene fotografische afbeelding ²⁾ van den toestel, zooals die zich in den loop van het onderzoek uit den door WIEDEMANN gebezigten heeft ontwikkeld.

De onderzoekingen strekten zich uit over oplossingen van verschillende concentratie ($\frac{1}{2}$ pCt.—30 pCt.) van de volgende metaalzouten: kopersulfaat, kopernitraat, zinksulfaat, zinknitraat, zinkchloried, loodacetaat, loodnitraat, ijzeroxydulesulfaat, ijzeroxydedsulfaat, ijzernittraat, ijzerchloried, nikkelsulfaat, nikkelnittraat, nikkelchloruur.

1) *Ann. du Musée Teyler*, Serie II, Vol. IV—XI, (1901—1908), passim.

2) ib. idem, Vol. IX, p. 99.

Daarbij bleek mij in de eerste plaats dat de oplossingen der sulfaten allen werden vervoerd in de richting van de anode naar de kathode, die van de nitraten en van de chloorverbindingen in tegenovergestelde richting.

Toch vloeit hieruit geen algemeene regel voort; dit schijnt alleen te gelden voor de oplossingen der zouten van *zware* metalen, daar het mij later bleek dat die van natriumnitraat, -chloried, -bromied en -jodied evenzeer in eerstgenoemde richting vervoerd werden als die van natriumsulfaat.

Het bleek mij verder dat bij gelijke stroomsterkte, gelijke concentratie en gelijke temperatuur het gewicht van de vloeistof, die in een bepaalden tijd werd overgebracht, bij de oplossingen der sulfaten veel grooter was dan bij die der nitraten en bij deze wederom veel grooter dan bij die der chloorverbindingen. Het varieerde: bij een concentratie van 5 pCt., tusschen 19.375 gram per ampère-uur voor eene oplossing van kopersulfaat en 6.750 gram voor eene van koper-nitraat; tusschen 20.835 gram voor eene van zinksulfaat, 8.375 gram voor eene van zinknitraat en 2.605 gram voor eene van zink-chloried, enz.

Het vervoer van de verschillend geconcentreerde oplossingen der bovengenoemde metaalzouten werd uitvoerig onderzocht. Daarbij bleek dat steeds:

het gewicht van de in bepaalden tijd en onder overigens gelijke omstandigheden vervoerde hoeveelheid vloeistof

1°. rechtstreeks evenredig is aan de sterkte van den haar vervoerenden stroom en

2°. omgekeerd evenredig aan het gewicht van het zout, opgelost in de eenheid van volume, m.a.w. aan den graad van concentratie der oplossing.

Dat deze beide regelen bij het vervoer moeten gelden laat zich gemakkelijk aantonen, als men in eene beschouwing treedt van de krachten, die daarbij op de vloeistof werken.

Wij hebben hier in de eerste plaats te doen met de aantrekking — of afstooting — tusschen het potentiaalverschil in de richting van den stroom aan de beide zijden van den poreuzen wand en de met vrije elektriciteit geladen vloeistof, die de als tallooze haarbuisjes te beschouwen poriën vult. Deze lading — »charge de contact« noemen haar de Fransen — heeft de wand ontvangen door zijn aanraking met de vloeistof; die van de vloeistof zelve is dus met die van den wand steeds verschillend van teeken. Wordt zij daarbij

positief geladen, dan wordt zij door het positieve potentiaalverschil op den van de anode komende stroom naar de kathode gedreven; in het tegenovergestelde geval naar de anode getrokken. Bij de oplossingen der sulfaten was het eerste, bij die der nitraten en chloorverbindingen het laatste het geval.

Van de twee factoren dezer kracht is het potentiaalverschil rechtstreeks evenredig aan de stroomsterkte. Zijn dus alle andere omstandigheden — concentratie der oplossing, dikte en poreusheid van den wand, enz. — gelijk, dan is dit ook met de voortstuwende kracht het geval. Want bij gelijke concentratie is de tweede factor van de kracht, de vrije lading standvastig.

Zijn daarentegen concentratie, dikte en poreusheid van den wand gelijk, dan is het potentiaalverschil omgekeerd evenredig aan het geleidend vermogen van de vloeistof voor den stroom. Of dit nu ook met de voortstuwende kracht het geval zal zijn is niet zeker; want bij aanraking met vloeistoffen van ongelijke concentratie kan de vrije lading van den wand verschillend zijn.

Dat dit echter niet het geval is heb ik proefondervindelijk aangetoond bij drie oplossingen van verschillende concentratie ($7\frac{1}{2}$ pCt., 5 pCt., $2\frac{1}{2}$ pCt.) van kopersulfaat en zinksulfaat. De grootte der voortstuwende kracht werd daartoe direct uitgedrukt in grammen, door het gewicht van de vloeistof, dat in een uur door een stroom van 1 ampère werd overgevoerd, te vergelijken met het gewicht, dat in denzelfden tijd door den wand werd gedreven door een bekende kracht, de hydrostatische drukking van een kolom vloeistof van gelijke hoogte als die, waarop, tijdens het vervoer door den stroom, zij gehouden werd. De verhouding der drie krachten werd in de drie gevallen bevonden volkomen gelijk te zijn aan die der potentiaalverschillen; zoodat de vrije lading van den wand, die de tweede factor van de voortstuwende kracht vormt, voor de drie concentraties dezelfde bleek te zijn.

Zoo verhouden zich, dan, o. c. p. *de voortstuwende krachten*:

bij gelijke concentratie, als de stroomsterkte, en

bij gelijke stroomsterkte, omgekeerd als het geleidend vermogen der oplossingen.

Voor de *gewichten van in een zelfden tijd overgebrachte hoeveelheden vloeistof* geldt echter deze dubbele regel niet.

Bij het vervoer toch wordt de voortstuwende kracht rechtstreeks tegengewerkt door de viscositeit der vloeistof en deze is bij verschillend geconcentreerde oplossingen van hetzelfde zout niet gelijk. Bij de bovengenoemde oplossingen bleek mij, door een opzettelijk daartoe

ingesteld onderzoek waarbij de gewichten der hoeveelheden werden nagegaan, die in gelijken tijd door eene standvastige drukking door denzelfden wand werden gedreven, dat deze, bij toenemende concentratie, ($2\frac{1}{2}$ pC., 5 pCt., $7\frac{1}{2}$ pCt.) afnamen in reden van 1 : 0.9 : 0.8, zoowel bij oplossingen van koper- als van zinksulfaat.

Bij standvastige concentratie en veranderlijke stroomsterkte ondergaat dus de voortstuwende kracht eene standvastige vermindering, waardoor de absolute waarden van de vervoerde hoeveelheden elk in het bijzonder verminderen met een standvastig bedrag, dat echter, blijkens onze waarnemingen, klein genoeg is om te vallen buiten de grenzen der waarnemingsfouten, zoodat de evenredigheid tusschen het bedrag der waargenomen hoeveelheden vervoerde vloeistof en de aangewende stroomsterkten niet verbroken schijnt.

Neemt echter, bij toenemende concentratie der oplossingen, deze vermindering toe, dan voegt zich haar bedrag in toenemende mate bij het evenzeer als een weerstand werkend geleidend vermogen. Volgens de waarnemingen van vele natuurkundigen, van KOHLRAUSCH en LONG vooral, neemt dit vermogen, het moge niet zijn in dezelfde verhouding als de concentratie, met haar zeer snel toe, en het is onder den invloed van beide, in dezelfde richting werkende weerstanden dat, bij gelijke stroomsterkte en toenemende concentratie, het bedrag van het waargenomen vervoer, binnen de grenzen der waarnemingsfouten, afneemt in dezelfde verhouding als waarin de concentratie toeneemt.

Gelden de beide gevonden regels bij het vervoer van vloeistoffen door den electrischen stroom, dan zou het zoo oppervlakkig schijnen alsof bij het voortdurend afnemen van het gewicht der in de eenheid van volume opgeloste stof, het gewicht van de in gelijke tijden overgevoerde hoeveelheid vloeistof tot in het oneindige zou moeten toenemen.

Dit zou ook inderdaad het geval zijn, indien niet bij steeds afnemende concentratie het geleidend vermogen van de oplossing zóó verminderde, dat het ten laatste niet mogelijk zou zijn daardoor een stroom te drijven. Bij scheikundig zuiver water, waarbij, met de concentratie, het geleidend vermogen *nul* wordt, zou de uitdrukking voor het vervoer de gedaante $\frac{0}{\infty}$ aannemen, of m.a.w., de grootte van het vervoer zou onbepaald worden.

Van gewoon gedistilleerd water uit den handel bracht ik met een stroom van 220 volts in één uur 985 gram over; de stroomsterkte bedroeg 0.175 ampère, de weerstand dus 1257 ohm, wat even ver van een oneindigen weerstand ligt als de zuiverheid van het gebruikte water van scheikundige zuiverheid.

HAARLEM, 15 Mei 1908.
