4. *Einige Formen von Tauchelectroden für Widerstandsbestimmung in Electrolyten; von F. Kohlrausch.*

(Hierzu Taf. V Fig. 1—3.)

Es kann bequem oder sonst vortheilhaft sein, die electriche Leitfähigkeit von Flüssigkeiten zu bestimmen, ohne die letzteren aus ihren Flaschen etc. ausgiessen zu müssen.

Die folgenden Formen von Electrodenpaaren, die man einfach in das Gefäss mit der Flüssigkeit eintaucht, machen Gebrauch von der Thatsache ¹⁾, dass man gut platinirte Electroden erheblich kleiner wählen kann als gewöhnlich, ohne Fehler durch Polarisation befürchten zu müssen.

Für die Zuleitungen zu den Electroden habe ich gläserne Doppelcapillaren äusserst zweckmässig gefunden, welche Hr. Schilling in Gehlberg auf meine Veranlassung herzustellen die Gefälligkeit hatte. Ihre Anfertigung scheint keine Schwierigkeit zu bieten. Sie werden auch manchen anderen Zwecken dienen können. Für die vorliegende Anwendung empfiehlt sich eine Weite der Höhlungen von $1\frac{1}{2}$ mm.

Die zu beschreibenden Vorrichtungen kann man sich mit einiger Uebung im Glasblasen selbst verfertigen. Der Glasbläser Hr. Meschenmoser in Strassburg ist aber bereit, dieselben zu liefern.

1. *Ebene Tauchelectroden für schlecht leitende Flüssigkeiten.* Fig. 1. (nat. Gr.) erläutert dieselben wohl ausreichend. Zwei 15 mm lange, $\frac{3}{4}$ mm dicke Platindrähte, an welche die etwa Quadratcentimeter — grossen Electroden aus $\frac{1}{4}$ mm dickem Blech angeschweisst sind, werden in die unteren Enden der Capillaren eingeschmolzen. Zur Bequemlichkeit mag man die beiden Electroden als ein zusammenhängendes Stück schneiden,

1) F. K. Wied. Ann. 49. p. 234. 1893.

umbiegen und bis auf einen kleinen zusammenhaltenden Rest an dem Knick durchfeilen. Dann kann man sie bei dem Einschmelzen mit einer (eisernen) Pincette noch gemeinsam fassen und nachher trennen und zurechtbiegen.

Schliesslich bläst man über das Doppelrohr das unten offene, oben mit einer kleinen Oeffnung versehene Schutzrohr, welches die Electroden vor mechanischer Verletzung hütet, ausserdem aber bewirkt, dass nicht Stromlinien austreten, die von der Tiefe des Eintauchens oder der Breite der Flüssig- abhängen.

Die bei dem Blasen in die Röhren gelangte Feuchtigkeit beseitigt man mit der Wasserluftpumpe.

Die Zuleitung zu den Electroden wird, wie bei den Widerstandsgefässen von Arrhenius, durch Quecksilber vermittelt, welches man mittels Schleudern von Luftblasen befreit. Zum ersten Einfüllen dient ein über das obere offene Ende der Doppelcapillare geschobenes Stückchen Gummischlauch mit etwas Quecksilber, welches eindringt, nachdem man mit dem Munde oder der Wasserluftpumpe etwas Luft ausgesogen hat.

Kupferdrähte, die man oben mit Guttapercha, Marineleim, Wachs und Colophonium oder dgl. einkittet, leiten den Strom zum Quecksilber.

Die Röhren wählt man so lang (20 bis 30 cm), wie es die Bequemlichkeit für das Einführen in die Flaschen etc. erfordert.

Gut platinirte Electroden von 1 mm Abstand sind für reines Wasser (100 000 Ohm im Durchschnitt) bis zu etwa $\frac{1}{100}$ -Normal-Salzlösungen (100 Ohm im Durchschnitt) brauchbar. Das Tonminimum bösst im letzteren Falle durch die Polarisation an Schärfe ein, aber nicht so viel, dass man nicht noch auf $\frac{1}{1000}$ sicher messen könnte. Electroden von 10 mm Abstand reichen bis etwa $\frac{1}{10}$ normal. Im letzteren Fall macht man, um austretende Stromlinien zu vermeiden, das Schutzrohr unten etwas länger oder enger.

Natürlich steht, ausser der etwaigen Enge der Flaschenhalse, nichts im Wege, die Dimensionen der Electroden und die Abstände zu vergrössern, wodurch das Minimum *cet. par.* besser wird.

Verfügt man nur über eine kleine Flüssigkeitsmenge, so kann man dieselbe in einen Reagircylinder füllen; man kann auch die kleine Oeffnung des Schutzrohres verstöpseln, die Vorrichtung umkehren und sie als Gefäss verwenden.

2. *Cylindertauchelectroden für sehr schlecht leitende Flüssigkeiten, z. B. für Wasser* (Fig. 2). Die unter 1 beschriebenen Electroden geben bei der Untersuchung von Wasser Widerstände etwa bis 100 000 Ohm, die man ohne einen recht langen Brückendraht schlecht bestimmen kann. Grosse ebene Electroden mit etwa 1 mm Abstand sind wegen kleiner Formveränderungen leicht inconstant. In folgender Weise kann man diesen Uebelständen durch concentrische Electroden abhelfen.

Das Doppelcapillarrohr wird an einer Stelle durch Aufblasen oder durch Umlegen eines Ringes von Einschmelzglas um reichlich 1 mm verdickt. Bis unter diese Stelle schiebt man über das Rohr einen gut passenden Cylinder von dünnen Platinblech, den ich durch Verlöten mit Gold leicht hergestellt habe. Macht man die Weite desselben etwas knapp, so gelingt es, unter Benutzung der immer etwas konischen Form des Glasrohres, durch Reiben mit einem blanken Eisen während des Aufchiebens den Cylinder gerade passend auszuweiten. Alsdann wird der angeschweisste Zuleitungsdraht durch eine dicht unter dem Cylinder in eine der Capillaren geblasene Oeffnung eingeschmolzen und daselbst zugleich durch Aufblasen oder mit umgelegtem Glas eine Verdickung der Röhre bewirkt, so wie die obere.¹⁾

Nun verfertigt man einen 15 mm längeren Cylinder aus nicht zu schwachen Blech, welcher sich über die Verdickungen schieben lässt, versieht denselben oben und unten mit einigen Löchern zur Circulation, schiebt ihn über, befestigt ihn nöthigen-

1) Das nothwendige sorgfältige Kühlen ist wegen des Brüchigwerdens des Platins nicht gut in der russenden Flamme vorzunehmen. Ein gewöhnlicher Gasargandbrenner, der dicht über seinem Cylinder das Glas noch weich werden lässt, eignet sich zum Kühlen sehr gut, indem man nach und nach die Flammen kleiner dreht oder mit dem Glase höher hinaufgeht. (Auch zum Biegen dünner Röhren kann der Raum über einem Argandcylinder mit seiner gleichmässigen Temperatur oft angenehmer sein, als die russende Flamme.)

falls durch Umbiegen seiner Enden über die Verdickungen und durch Anbinden mit Draht und schmilzt seinen Draht in die zweite Capillare ein. Schliesslich kann ein Schutzrohr gegen mechanische Verletzungen umgelegt werden wie bei 1. Die Zuleitungen werden ebenso hergestellt wie dort.

So hergestellte Electroden, von denen die innere 3 cm lang war, hatten eine Quecksilbercapacität von $8 \cdot 10^{-7}$ Ohm; sehr reines Wasser gibt also einen Widerstand von höchstens 10,000 Ohm, der sich noch mit gewöhnlichen Mitteln bestimmen lässt. Die kleine Brücke¹⁾ z. B., welche Hartmann und Braun verfertigen, reicht aus.

Allerdings müssen diese Electroden nach der Herstellung, oder wenn sie in einer besser leitenden Flüssigkeit gewesen sind, von den zwischen die innere Electrode und das Glas gedruckenen leitenden Theilen durch längeres Auswässern, am besten warm, befreit werden.

Um dies zu vermeiden, habe ich auch Cylinderelectroden verfertigt, von denen auch die innere nicht fest auf dem Glase aufsitzt und Circulationsöffnungen hat. Dies ist aber umständlicher.

Ueberhaupt ist die Herstellung dieser Electroden weniger leicht als die der unter 1 beschriebenen.

3. *Tauchelectroden für gut leitende Flüssigkeiten* (Fig. 3). Solche sind wieder leicht anzufertigen. Man befestigt einfach zwei dünne (2 cm lange) Bleche in geeignetem Abstände (5 bis 10 cm) von einander auf dem Glasrohr, wobei es genügt, dieselben umzuwickeln und je an zwei Stellen mit dünnem Platindraht festzubinden. Die Lage wird hierdurch und durch die beiden in die Capillare eingeschmolzenen Zuleitungsdrähte hinreichend gesichert. Die Bleche werden gut platinirt.

Die Widerstandscapacität wird durch den Abstand der Electroden und die Weite des überzuschmelzenden Schutzrohres bestimmt, innerhalb dessen der Strom übergeht. (Die obere Oeffnung des Schutzrohres ist hier selbstverständlich

1) F. K., Zeitsch. d. Electrotechn. Vereins in Wien. Dec. 1883. Ich habe die Hrn. Hartmann und Braun veranlasst, den Widerständen ein Stück von 10 000 Ohm, nach Chaperon unifilar alternirend gewickelt, hinzuzufügen.

nicht unterzutauchen). Soll das Rohr für sehr gut leitende Flüssigkeiten dienen, so kann man das Schutzrohr zwischen, *nicht an* den Electroden einengen, so wie in der Zeichnung.

Die Electrodenflächen werden freilich bei dieser Gestalt nicht gleichmässig für den Strom ausgenutzt, aber die Erfahrung zeigt, dass man die gegen die Polarisation nothwendige Wirkungsgrösse mit dem Obigen erreicht.

Strassburg, Nov. 1893.