

deutschen Mittelschulen; M. Wehner: Die Bedeutung des Experiments für den Unterricht in der Chemie (1905); M. O. Paul: Zur Geschichte des chemischen Lehrbuchs (1906); R. Böttger: Beiträge zur Geschichte und Methode des chemischen Unterrichts in der Volksschule (1906).

Die Reihe der von Wagner herausgegebenen Arbeiten würde ohne Zweifel eine weit umfangreichere sein, wenn er nicht durch seine Tätigkeit als Geschäftsführer der Deutschen Bunsen-Gesellschaft, welches Amt er über 25 Jahre mit außergewöhnlicher Hingebung und Umsicht verwaltet hat, so daß er auf der 27. Hauptversammlung zum Ehrenmitglied ernannt wurde, von der Erweiterung seines Wirkens abgehalten worden wäre.

## Die Elektrodenkohlen und ihre Verwendung in den Carbid-, Aluminium- und Chloralkaliwerken<sup>1)</sup>.

Von K. ARNDT.  
(Eingeg. 24./10. 1924.)

**Geschichtliches:** In der elektrochemischen Industrie werden große Mengen der im Gasofen gebrannten, gut leitenden Kohle als Stromzuführer gebraucht. Als ich Ende 1916 vom Kriegsamte mit der Bewirtschaftung dieser Elektrodenkohlen beauftragt wurde, konnten von den deutschen Elektrodenfabriken monatlich etwa 2000 t geliefert werden; durch Neubauten steigerte sich ihre Leistung bis 1918 auf rund 5000 t, von denen fast 2000 t von den Carbidwerken benötigt wurden. Das größte Carbid- und Kalkstickstoffwerk der Welt, Piesteritz bei Wittenberg, brauchte allein monatlich 500–600 t. Im ganzen galt es, mehr als 150 Verbraucher in Deutschland, Österreich-Ungarn, Schweiz, Schweden und Norwegen mit Elektroden der verschiedensten Größe, Form und Beschaffenheit zu versorgen. An der Lieferung waren beteiligt fünf deutsche Elektrodenfabriken: Gebrüder Siemens in Berlin-Lichtenberg, Planiawerke in Ratibor (O.-S.), Gesellschaft für Teerverwertung in Duisburg-Meiderich und Rauxel, Conradty in Röthenbach bei Nürnberg, Lessing in Nürnberg. Am Schluß des Krieges erstand die Rheinische Elektrodenfabrik in Knapsack bei Köln. Durch inniges Zusammenarbeiten mit den Erzeugern und den Verbrauchern gelang es, der größten Schwierigkeiten bei der Beschaffung der Rohstoffe, der Verarbeitung und der Beförderung glücklich Herr zu werden.

Zuerst hat vor etwa drei Viertel Jahrhunderten R. Bunsen Elektrodenkohlen hergestellt, indem er backende Steinkohle mit Koks mischte und unter Luftabschluß glühte. Später hat Gaudoin ein Gemisch von Kokspulver, Ruß und Teer in einer Strangpresse geformt. Von andern um die Elektrodenfabrikation verdienten Männern will ich hier nur Pemsel und Braun in Nürnberg, Rudolfs in Ratibor nennen. In Deutschland entstand zuerst die Fabrik „galvanischer Kohlen“ von Dr. A. Lessing 1872; Siemens begann 1880 zunächst Bogenlampenkohlen herzustellen; die Fabrik von Conradty wurde 1884, Plania 1896 gegründet. Von ausländischen Elektrodenfabriken will ich nur einige der ältesten, Société Le Carbone (1884) in Frankreich und Hartmuth (1883) in Österreich erwähnen. Die Firma Hartmuth ist 1898 erloschen, während ihre Tochterwerke in Ratibor (Planiawerke, jetzt Rütgerswerke, Abteilung Planiawerke) und in Venissieux bei Lyon (Co. des Electrodes) weitergediehen sind.

<sup>1)</sup> Auszug aus einem Vortrag im Märkischen Bezirksverein zu Berlin am 27. Juni 1924.

**Herstellung:** Die Rohstoffe für die Elektrodenfabrikation sind heutzutage hauptsächlich Koks, Anthrazit, Retortenkohle, Pech und Teer. Je besser die Rohstoffe sind, um so leichter ist es natürlich, gute Elektroden daraus herzustellen. Während der Kriegszeit mußten auch in dieser Hinsicht außerordentliche Schwierigkeiten überwunden werden. Der Koks gelangt von den

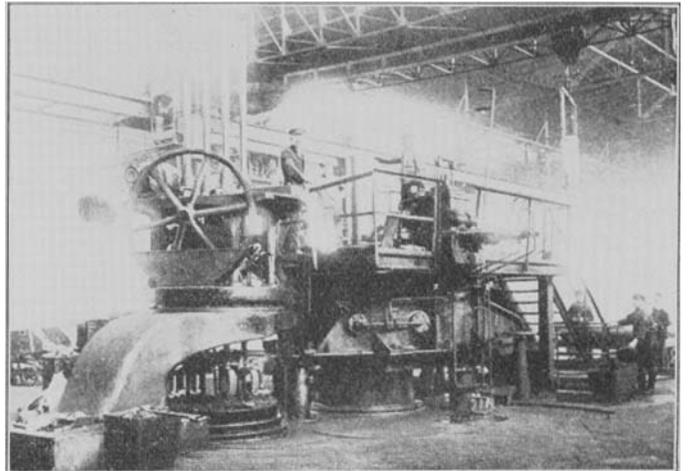


Fig. 1. Große Elektrodenpresse.

Brechern in die Rohmühlen, wo er zunächst mit Stahlkugeln vorgemahlen und dann mit Flintsteinen feingemahlen wird. Darauf wird er in großen Mischmaschinen mit der nötigen Menge Pech und Teer innig durchgeknetet — die gleiche Arbeit wird auch von den mächtigen Walzen der Kollergänge geleistet — und nun wird die bildsame Masse in Strangpressen geformt. Fig. 1 zeigt eine riesige Presse in Ratibor, in welcher große Elektro-

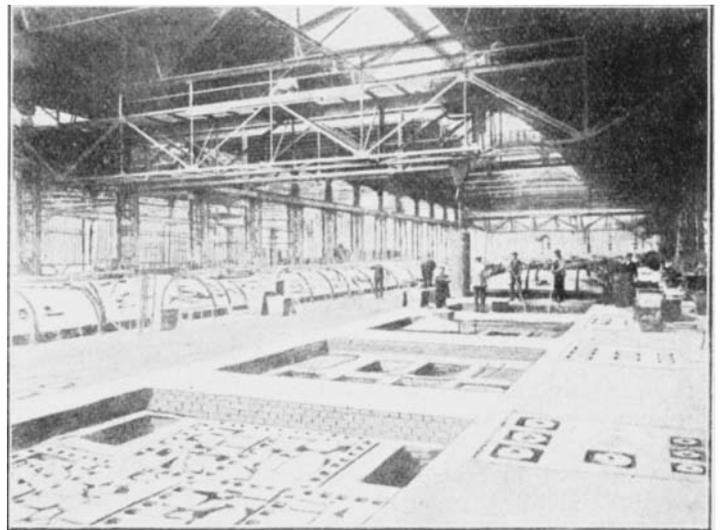


Fig. 2. Brennofen für Elektroden.

den (für die 8000-KW-Öfen der modernen Carbidwerke) hergestellt werden, welche 1,8 m hoch, 0,5 × 0,5 m im Querschnitt sind und über 700 kg wiegen. Nachdem die Elektrode aus dem mit Dampf geheizten Zylinder der Presse unter hohem hydraulischem Druck herausgetreten ist, besitzt sie genügende Festigkeit, so daß sie ohne Verbiegen in den Brennofen übergeführt werden kann. Nach dem Verfahren von Gebr. Siemens werden die Elektroden nicht gepreßt, sondern in Formen gestampft.

Die Brennöfen sind Ringöfen mit Generatorgasfeuerung (Fig. 2); sie werden von der Nürnberger Firma Meiser gebaut. Die Elektroden werden senkrecht in die

Kammern eingesetzt, mit Kokspulver bedeckt und, nachdem die gewaltigen Kammerdeckel aufgebracht sind, allmählich bis auf etwa  $1100^{\circ}$  erhitzt und dann ebenfalls erkalten gelassen. In etwa zehn Tagen ist die „grüne“ Elektrode, die sich noch mit dem Messer schneiden ließ, in eine sehr harte Kohle umgewandelt, die, mit dem Hammer angeschlagen, einen hellen Glockenton gibt und einen spezifischen elektrischen Widerstand von etwa 70–100

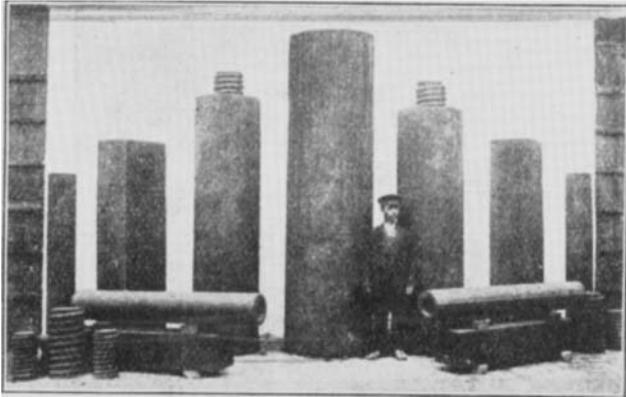


Fig. 3. Große Kohlenelektroden (die runden Kohlen mit Gewindennippel sind für Elektrotahlöfen bestimmt).

Ohm besitzt (bezogen auf 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt). Fig. 3 zeigt einige solcher fertigen Elektroden, unter ihnen die größte Elektrode der Welt von 3 m Länge, 80 cm Durchmesser und über 2 t Gewicht.

Carbidelektroden. Je nach ihrer Verwendung müssen die Kohlenelektroden ganz verschiedenen Anforderungen genügen, worauf bei ihrer Herstellung gebührende Rücksicht zu nehmen ist. Fig. 4 zeigt das Wesentliche eines kleinen Carbidofofens. In den aus feuerfesten Steinen gemauerten Herd hängen mehrere zu einem Paket vereinigte Kohleprismen hinein; die mit

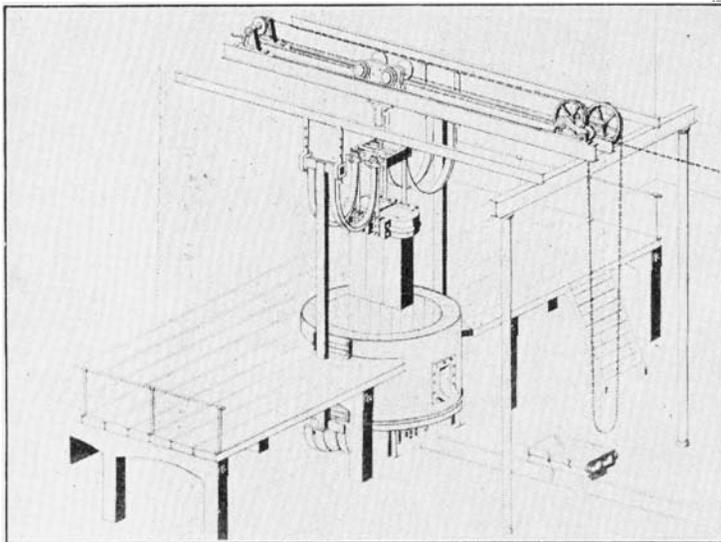


Fig. 4. Schema eines kleinen Carbidofofens.

derselben Kohle bekleidete eiserne Bodenplatte des Herdes bildet die andere Elektrode. Beim Betrieb wird ein Gemenge von grobstückigem Koks und gebranntem Kalk in den Herd geschaufelt, wo in der Hitze des Lichtbogens Carbide entsteht, während Kohlenoxyd entweicht. Das flüssige Carbide wird in bestimmten Zeiträumen abgestochen; es wälzt sich breiig in untergeschobene Tröge, auf welchen die glühenden Fladen in die Kühlhalle gefahren werden. Im Laufe zweier Jahrzehnte sind die Carbidofofen immer größer geworden. Für die riesigen

Carbidwerke in Piesteritz (Bezirk Halle) und Chorzow (Oberschlesien) wurden 8000-KW-Öfen gebaut, welche jeder täglich 50 t Carbide liefern können. Diese mit Drei-

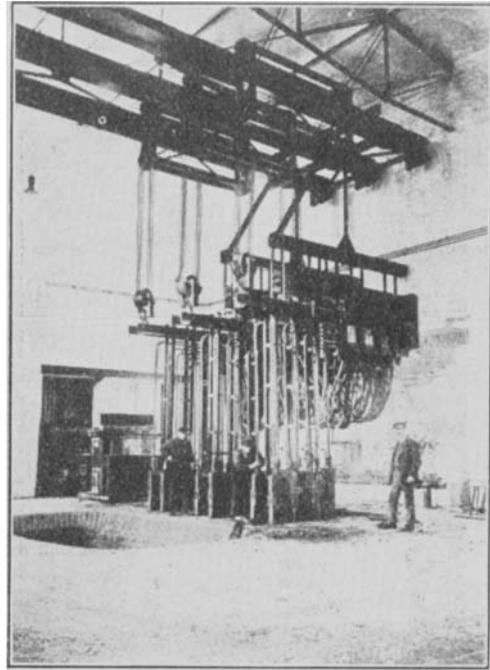


Fig. 5. Zangenfassungen für einen Carbidofofen.

phasenstrom gespeisten Öfen besitzen drei Herde nebeneinander, in deren jeden ein Paket von drei oder vier Elektroden hineinhängt. Am Boden befindet sich keine Stromzuführung; die drei Herde sind durch das glühende Carbide leitend miteinander verbunden. Während die alten Öfen Elektroden von etwa  $27 \times 27$  cm Querschnitt und 150 cm Länge brauchen, die gegen 170 kg wiegen, sind die Kohlen für die heutigen Riesenöfen, wie schon erwähnt, über viermal so schwer; sie werden auf den

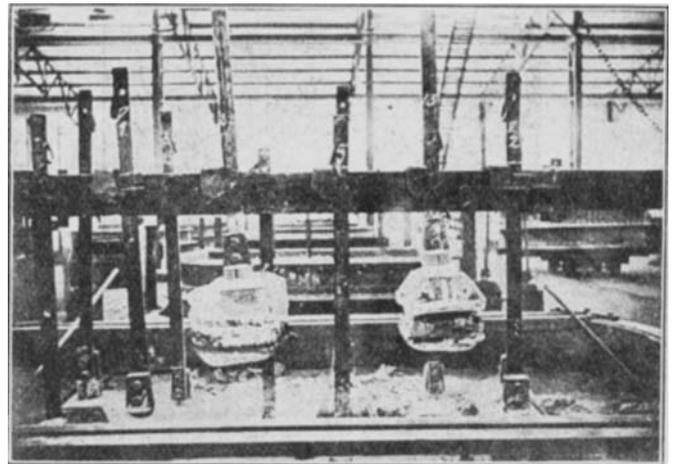


Fig. 6. Aluminiumbad (zwei Anoden hochgehoben).

Quadratcentimeter erheblich stärker mit Strom belastet, mit etwa 5 Ampere gegen früher 3–4 Ampere. Bedenkt man, daß die Elektrode möglichst gut leiten, mechanisch fest sein und möglichst wenig abbrennen soll, während sie unten durch den Lichtbogen bis auf etwa  $3000^{\circ}$  erhitzt und oben in der Fassung durch Wasser gekühlt wird, so ist begreiflich, daß bei einem so spröden Stoff wie Kohle diese Anforderungen recht schwer zu erfüllen sind. Dazu kam während des Krieges der verhängnisvolle Mangel an Rohmaterialien und gutem englischen

Anthrazit. Deshalb schnellte der Verbrauch an Elektroden, welcher vor dem Kriege kaum 30 kg auf die Tonne erzeugten Carbid's betragen hatte, bei den neuen 8000-KW-Öfen auf 60 kg und mehr empor, wozu besonders die vielen Brüche im Betriebe beitrugen. Nicht selten

einen Satz solcher Fassungen, und zwar „Zangenfassungen“ neben der Herdöffnung eines neuerbauten Ofens<sup>2)</sup>.

Anoden für Aluminiumherstellung. Das Aluminium wird durch Elektrolyse einer Kryolith-Tonerdeschmelze gewonnen.

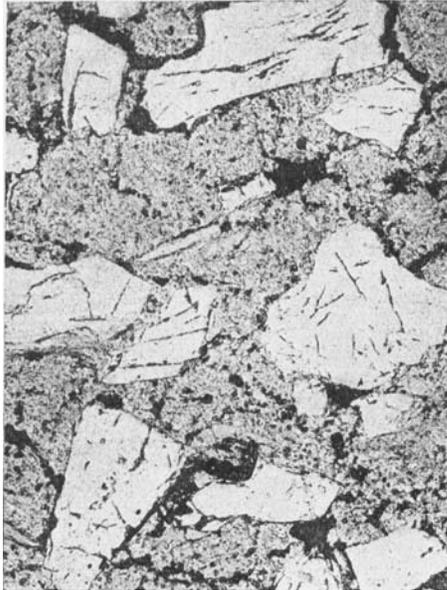


Fig. 7.  $V = 8$



Fig. 9.  $V = 20$

brachen die großen Blöcke oben am Kopfe ab; der betreffende Ofenteil mußte dann ausgeschaltet und das abgebrochene Stück, welches wohl eine halbe Tonne wog, aus dem glühenden Herde herausgefischt werden. Trotz aller jener Schwierigkeiten gelang es allmählich, die

Als Anoden hängen von der positiven Stromschiene dicke Kohleblöcke in die Schmelze hinab, während der von dem geschmolzenen Aluminium bedeckte Boden der Wanne mit dem negativen Pol verbunden ist und die Kathode darstellt. Der an der Anode abgeschiedene

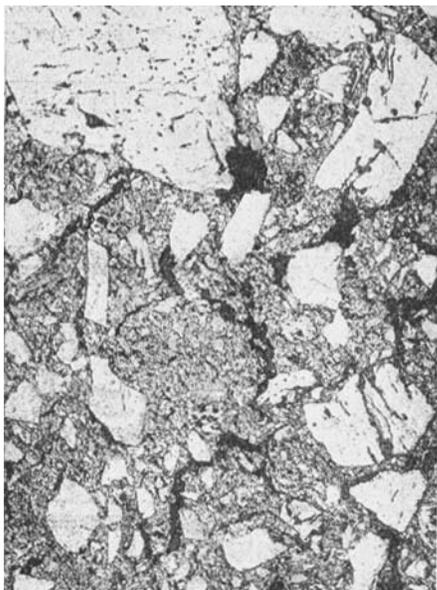


Fig. 8.  $V = 8$



Fig. 10.  $V = 20$

Bruchgefahr fast auszuschalten und den Verbrauch bis auf etwa 40 kg herabzumindern, was natürlich für die Elektrodenwirtschaft eine gewaltige Entlastung bedeutete. Zu diesem Fortschritt trug auch die Verbesserung der gußeisernen Fassungen bei, welche die Elektroden tragen und ihnen die riesigen Ströme zuführen. Fig. 5 zeigt

Sauerstoff verbrennt die Anodenkohle; unter der Annahme, daß Kohlenoxyd entsteht, werden auf 1 kg Alu-

<sup>2)</sup> Die Mannigfaltigkeit der auf den verschiedenen Carbidwerken gebrauchten Fassungen, welche wohl ein halbes Hundert verschiedener Formen von Elektrodenköpfen erfordert, ist eine Plage für die Elektrodenfabriken. Sie erschwerte mir während

minium theoretisch  $\frac{2}{3}$  kg Elektrodenkohle verbraucht. Alle Verunreinigungen der Elektrode gehen in das Bad und aus diesem in das abgeschiedene Metall über. Weil nun das gute Aluminium nicht mehr als 1 % Eisen und Silicium enthalten darf, so muß auch die Anodenkohle möglichst aschefrei sein. Um aber eine Elektrode herzustellen, die nicht mehr als 1 % Asche gibt, muß als Rohstoff bester Petrolkoks verwendet werden. Sehr gute Leitfähigkeit ist ebenfalls notwendig, weil bei der zur Elektrolyse selbst erforderlichen geringen Spannung jedes Zehntel Volt Spannungsverlust in der Elektrode fast 1,5 % der Stromkosten ausmacht. Was die mechanischen Eigenschaften der Anodenkohle anlangt, so ist ihr Ge-

trennt. Die Kathode besteht aus Eisen, die Anode aus Kohle, und zwar aus solcher Elektrodenkohle, die durch sehr hohes Erhitzen in einem elektrischen Widerstands-ofen nach dem Verfahren von Acheson in Graphit verwandelt ist, weil dieser „Achesongraphit“ oder „Elektrographit“ der anodischen Oxydation weit länger standhält als die gewöhnliche Elektrodenkohle, welche schon nach einigen Monaten zerfressen ist. Bei der in Deutschland besonders verbreiteten Billitzerzelle ist die Wanne durch ein wagrecht ausgespanntes Asbesttuch in den oberen Anodenraum und den unteren Kathodenraum geschieden. Das die Scheidewand tragende Eisendrahtnetz dient gleichzeitig als Kathode. Im oberen Raum werden wäge-



Fig. 11. V = 500  
Retortenkohle.

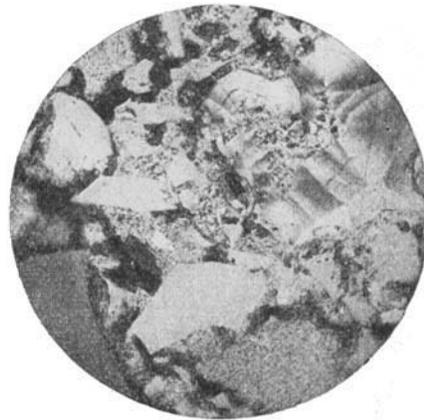


Fig. 12. V = 500  
Retortenkohle als Gefübestandteil einer Elektrode.

wicht zwar nur etwa 40 kg, aber ihre gefährliche Stelle liegt dort, wo der sie tragende eiserne Nippel eingeschraubt oder eingeklebt ist. Wenn hier die Verbindung nicht tadellos ist, so erhitzt sich diese Stelle beim Durchgang der 1000 Ampere, mit denen die Anode belastet wird (bei einem Querschnitt von 800 qcm), allmählich bis zum Glühen; der Nippel kann sogar abschmelzen und das Aluminium verderben. Eine andere Gefahr liegt in dem „Abrieseln“, das manchmal auftritt; die Anode schnürt sich dicht über der Schmelze ein, während Kohlepulver ringsum das Bad bedeckt und wegen seiner schlechten Wärmeleitung die Temperatur der Schmelze, welche regelrecht gegen 920—950° beträgt, zu hoch steigen läßt, wodurch die Metallausbeute außerordentlich verschlechtert wird. Die Ursache des Abrieselns sind Spannungen im Gefüge der Kohle. Fig. 6 zeigt ein Aluminiumbad, bei welchem zwei Anoden herausgehoben sind; die Einschnürung der einen ist deutlich zu sehen. Eine gute Anode wird in etwa 200 Stunden bis auf eine dünne Platte aufgebraucht, während ungleichmäßig abbrennende oder gar um den Nippel ausbrennende Anoden weit früher ausgewechselt werden müssen.

Platten für Alkalichlorid-elektrolyse. Durch Elektrolyse von wässriger Kochsalzlösung wird Natronlauge und Chlor gewonnen. Damit sich nicht beide im Bade zu Hypochlorit umsetzen, ist der Kathodenraum vom Anodenraum durch eine poröse Scheidewand ge-

des Krieges die Verteilung sehr, weil nur in wenigen Fällen die für das eine Werk angefertigten, aber dort vielleicht nicht so dringend gebrauchten Elektroden einem andern in Not befindlichen Werk zugewiesen werden konnten, und weil nicht ohne weiteres die Lieferungen unter die fünf Elektrodenfabriken verteilt werden durften, sondern, neben ihrer Leistungsfähigkeit der Menge nach, stets berücksichtigt werden mußte, ob das betreffende Mundstück für die Elektrodenpresse in der Fabrik vorhanden war. Hier ist auch für gewöhnliche Zeiten eine vereinfachende Normung dringend zu wünschen.

rechte Graphitplatten von Graphitstäben getragen, welche durch den gasdicht schließenden Zementdeckel emporragen und mit der positiven Leitung verbunden sind. Die warme Salzlösung tropft durch das mit einer Mischung aus Asbestfasern und Schwespatpulver bedeckte Diaphragma auf die Kathode und wird hier zum Teil in Natronlauge verwandelt. Die Anode wird im Laufe mehrerer Jahre — bei geringer Stromdichte manchmal erst in zehn Jahren — aufgezehrt, indem sich Kohlendioxyd und auch organische Kohlenstoffverbindungen bilden und herabfallender Kohlenstaub auf dem Diaphragma abgelagert wird. Vor dem Kriege wurden diese graphitisierten „Elektrolyseplatten“ ausschließlich von der Achesongesellschaft am Niagara-fall hergestellt; während des Krieges errichteten die Planiawerke, Gebr. Siemens, die Badische Anilin- und Sodafabrik und Griesheim-Elektron Graphitierungsanlagen, um den Bedürfnissen der Chlorherstellung zu genügen. Die Graphitierungsöfen sind lange, aus feuerfesten Steinen gefügte Tröge; ihre Stirnwände werden von den Elektroden, dicken Kohleblöcken, durchsetzt. Zwischen diese werden die im Generatorgasofen gebrannten Kohleplatten und -stäbe gepackt, so daß sie dem Strome als Widerstand dienen, der sie allmählich auf mehr als 2000° erhitzt. Hierbei verdampfen die Verunreinigungen der Kohle, Kieselsäure, Kalk, Tonerde und Eisenoxyd; es hinterbleibt nach dieser etwa vierundzwanzig Stunden dauernden Behandlung eine mit dem Messer leicht ritzbare graphitische Kohle von oft weniger als 0,1 % Aschengehalt und bis zu zehnmal größerer Leitfähigkeit (spezifischer Widerstand 7—12 Ohm), welche auch chemisch sehr widerstandsfähig ist, sich aber im Preise natürlich um ein mehrfaches teurer stellt als die nichtgraphitierte Elektrode<sup>3)</sup>.

<sup>3)</sup> Trotz dieses höheren Preises werden auch in den Elektro-stahlöfen heute gern die graphitisierten Kohlen verwendet, weil sie wegen ihres kleinen Widerstandes weit höher mit Strom

Mikrophotographische Untersuchung der Elektrodenkohlen. Während des Krieges wurden mir auf Anregung von Dr. Tauß, dem Leiter des Werkes Piesteritz, von den wichtigsten Elektrodenverbrauchern und den Elektrodenfabriken Mittel zur Verfügung gestellt, um durch wissenschaftliche Forschung die Ursachen für den viel zu hohen Verschleiß, besonders für die vielen Brüche von Elektroden festzustellen und ihnen abzuhelpen<sup>4)</sup>.

Als erstes Hilfsmittel wandte ich nach dem Vorbilde der Metallkunde die mikrophotographische Untersuchung

20facher Vergrößerung. Ich möchte das Gefüge dieser für sehr hohe Beanspruchung bestimmten Elektrode mit einem Feldsteinmauerwerk vergleichen, bei welchem die das Gerippe darstellenden Steine geschickt aufgebaut sein müssen, damit sie mit dem sie verbindenden Mörtel eine sehr feste Mauer ergeben. Bei Fig. 7 sind die Anthrazitkörner in einer sie fest verkittenden Grundmasse (Fig. 9) ziemlich gleichmäßig verteilt, während sie in Fig. 8 ungünstiger angeordnet sind und auch die Grundmasse (Fig. 10) einen ungünstigen Eindruck macht. Jene Elektrodenart bewährte sich gut, diese brach oft im

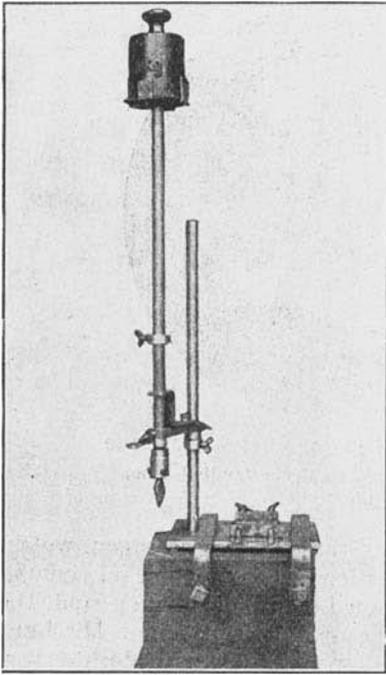


Fig. 13.

Festigkeitsprüfer.

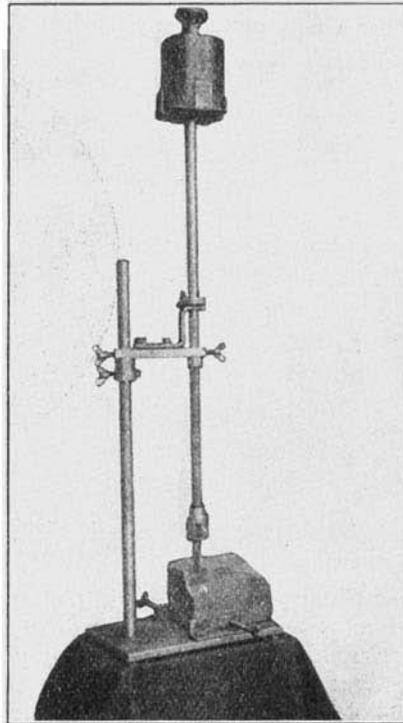


Fig. 14.

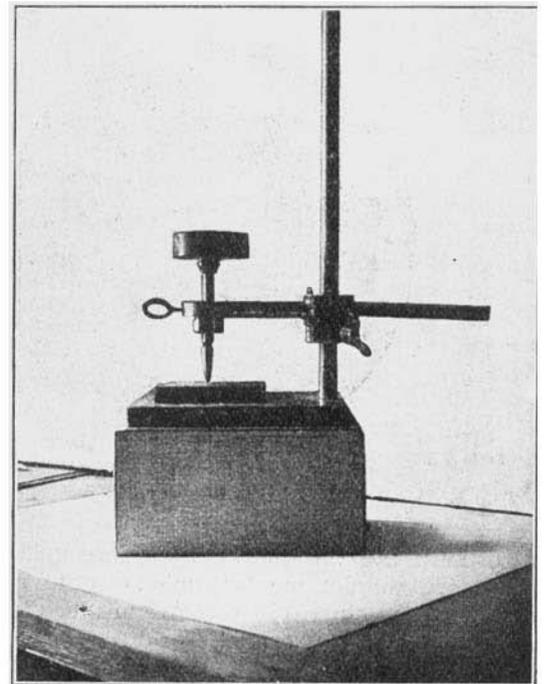


Fig. 15. Ritzhärteprüfer.

von Schliften an. Schon die Herstellung der Schliffe bot bei so einem leicht ausbröckelnden Stoffe große Schwierigkeiten; durch Tränken mit einem harten Wachs mußte die Kohle für das Anschleifen vorbereitet werden. Auch das Photographieren selber war mühselig, weil der Schliff wenig Licht zurückwarf und deshalb stärkere Vergrößerungen nur ausnahmsweise angewendet werden konnten<sup>5)</sup>. Fig. 7 und 8 sind Schliffe von Carbidelektroden für die 8000-KW-Öfen bei achtfacher Vergrößerung. In die Grundmasse sind Bruchstücke von Anthrazit eingelagert. Fig. 9 und 10 zeigen die Grundmasse bei

belastet werden dürfen und weil wegen ihrer großen Reinheit der Edelstahl durch etwa abfallende Stücke der Elektrode nicht verschlechtert wird. In die Aluminiumindustrie sind die graphitierten Elektroden bisher nicht eingeführt worden und für die Fabrikation von Carbid und Ferrosilicium ist wegen der hohen Kosten des Elektrographits daran gar nicht zu denken.

<sup>4)</sup> Bei diesen Arbeiten hat mich während der Kriegsjahre in erster Linie Dr. Redlich, der damalige Leiter des Piesteritzer Carbidgebietes, mit wertvollen Ratschlägen unterstützt. Besonders wertvoll war es, daß ich durch meine einzigartige Stellung genaue Einsicht in fast alle elektrodenverbrauchenden und erzeugenden Betriebe erhielt und trotz der gehäßten Zwangswirtschaft mir als Vermittler und Berater das Vertrauen beider Seiten erwarb.

<sup>5)</sup> Für die Herstellung der vielen Schliffe und Bilder bin ich der sehr erfahrenen Assistentin am metallographischen Laboratorium der Berliner Technischen Hochschule, Fräulein A. Schrader, zu warmem Danke verpflichtet.

Ofen. Zur Verbesserung wird der Elektrodenmasse als edelster Rohstoff Retortengraphit<sup>6)</sup> zugegeben. Weil er im Kriege sehr knapp war, wurde davon nur für Elektroden zu Stahlföfen reichlich bewilligt. Besonders interessant ist das Gefüge der Retortenkohle (wie man richtiger statt Retortengraphit sagt) bei sehr hoher Vergrößerung, die man hier ausnahmsweise anwenden darf, weil die harte Retortenkohle sich glänzend polieren läßt. Fig. 11 zeigt dieses bisher unbekanntes schalige Kleingefüge, welches mit seinen kleinen Rosen ganz eigenartig ist, so daß man z. B. im Schliffbild einer Elektrode (Fig. 12) sofort die Retortenkohle erkennt und sogar ihre Menge abschätzen könnte<sup>6)</sup>.

Festigkeitsprüfung. Zerreißproben oder Biegeproben sind an Elektroden von großem Querschnitt bisher nicht durchgeführt worden. Um den wirklichen Verhältnissen zu entsprechen, müßten sie bei hoher Temperatur vorgenommen werden. Meine Absicht, solche Messungen mit einer erst zu schaffenden Apparatur durchzuführen, wurde durch die Revolution vereitelt. Um schon mit einfachen Mitteln ein Urteil über die Festigkeit zu gewinnen, verfeinerte ich das gelegentlich geübte Verfahren, mit einem Hammer ein Stückchen von der Elektrode abzuschlagen und aus der dazu nötigen Kraft auf die

<sup>6)</sup> Ich folgere daraus, daß bei der Entstehung der Retortenkohle sich der durch Zerlegung von Kohlenwasserstoffen gelieferte Kohlenstoff um feste Kondensationskerne schalenartig lagert.

verhältnismäßige Festigkeit zu schließen, zu einer Meßmethode, indem ich einen schmalen Meißel aus einer bekannten Höhe mit bekannter Belastung auf eine bestimmte Stelle der Elektrode hinabfallen und eine Ecke abschlagen lasse. Das Produkt aus Belastung und Fallhöhe gibt mir ein Maß der Festigkeit.

Bei der Ausführung dieser Methode (Fig. 13 und 14) wird zunächst auf die eine Ecke der Elektrode (oder eines aus ihr gesägten prismatischen Stückes) ein gleichschenkelig rechtwinkliges Dreieck aus Blech (von 30 mm Schenkellänge) gelegt und an seiner Grundlinie ein Kreidestrich gezogen. Auf die Mitte dieses Striches wird die Schneide des Meißels genau eingestellt. Wenn die Wucht des fallenden Meißels so groß ist, daß schon beim ersten Schläge die Ecke abspringt, vermindert man die Fallhöhe oder die Belastung und wiederholt an einer zweiten Ecke den Versuch. Bei einer richtigen Einstellung soll der erste Schlag nur eine Vertiefung in die Kohle eingraben, der zweite Schlag einen Riß erzeugen

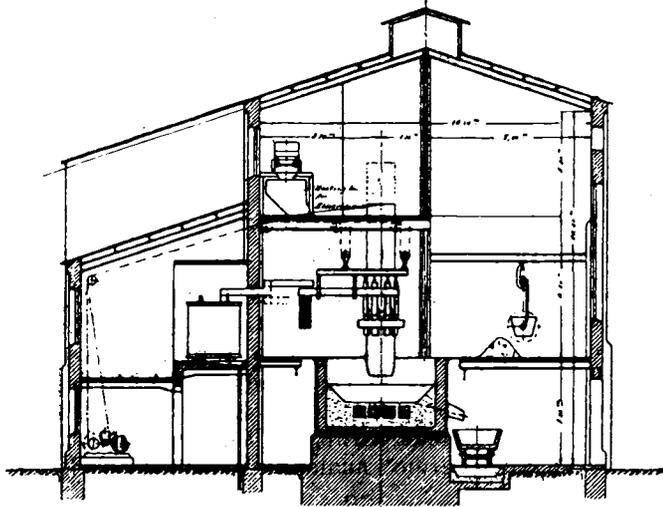


Fig. 16. Schema eines Carbidofens mit Söderbergelektrode.

und dann der dritte Schlag die Ecke abtrennen. Wenn der Schlag zu schwach ist, so kann man im allgemeinen wohl zehn- oder zwanzigmal den Meißel herabschmettern lassen, ohne daß die Ecke abspringt; die Grube, welche der erste Schlag erzeugte, wird durch die folgenden Schläge nur weiter vertieft. Fig. 13 zeigt eine Aluminiumanode unter dem Fallapparat. Diese einfache Festigkeitsprüfung hat sich in der Praxis gut bewährt.

Die Ritzhärte. Bei graphitierten Elektroden pflegt man mit dem Taschenmesser die Kohle einzuschneiden, um ihre Weichheit und damit den Grad der Graphitierung zu beurteilen. In der Metallographie hat man zur Ermittlung der Härte neben der Brinellschen Kugeldruckprobe den Ritzhärteprüfer nach Seebeck gelegentlich verwendet, welcher aus einer kegelförmigen Diamantspitze besteht, auf die mit Hilfe eines an einem Hebelarm verschiebbaren Gewichts ein bestimmter Druck ausgeübt wird. Die Breite des von der Diamantspitze auf der betreffenden Metallfläche erzeugten Ritzes ergibt ein Maß für die Härte der betreffenden Probe. Diesem zierlichen Präzisionsapparat, von dem sich ein Exemplar im Dahlemer Materialprüfungsamt befindet, gab ich für die Elektrodenprüfung eine handfeste Ausführung (Fig. 15). Anstatt des Diamanten benutze ich die kegelförmige Spitze eines stählernen Körners, welcher sich in einem einfachen Gestell verschieben läßt und durch ein Gewicht belastet werden kann. Die Breite des Striches wird unter dem Mikroskop bei schwacher Vergrößerung mit dem Okularmikrometer gemessen. Um den Strich auf der Kohle gut sichtbar zu machen, reibe ich

vorher die betreffende Stelle mit Kreide ein; dann hebt sich die schwarze Furche von der weißen Fläche vorzüglich ab.

Bei Elektroden, deren Gefüge sich aus mehreren Bestandteilen zusammensetzt, bekommt man auch auf geschliffener Fläche zumeist keinen glatten gleichmäßigen Strich. Man zieht dann mehrere Striche, mißt auf jedem eine Reihe von Stellen und nimmt aus allen diesen Einzelwerten das Mittel. So erhält man die durchschnittliche Strichbreite, welche die Ritzhärte der betreffenden Kohle kennzeichnet.

Sonstige Untersuchungsweisen. Neben diesen neuen Methoden werden nach bekannter Weise der elektrische Widerstand, die Porosität, der Aschengehalt, die Zusammensetzung der Asche und bei den Elektrolysekohlen die chemische Widerstandsfähigkeit bestimmt. Dazu kommt beim Elektrographit die Ermittlung des Graphitierungsgrades<sup>7)</sup>. Alle Methoden gemeinsam geben ein deutliches Bild von der Eignung der untersuchten Elektrode und weisen den Weg, auf dem die Fabrikation immer weiter zu vervollkommen ist<sup>8)</sup>.

In den letzten Jahren sind einige Besitzer von großen elektrischen Öfen dazu übergegangen, sich ihre Elektroden nach dem Verfahren von Söderberg selber herzustellen. Wie Fig. 16 schematisch darstellt, wird die Elektrodenmasse oberhalb des Ofens in einen Eisenblechmantel eingestampft; beim Gebrauch brennt sich die Elektrode entsprechend ihrem Herabdrücken zum Herdegar. [A. 246.]

## Über einige Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung und analeptischen Eigenschaften bei Verbindungen, die nicht zur Campherreihe gehören<sup>1)</sup>.

Von E. WEDEKIND.

Aus dem Chemischen Institut der Forstlichen Hochschule Hann.-Münden.

(Eingeg. 5./12. 1924.)

Campher galt bis vor einiger Zeit als souveränes analeptisches Mittel. Medizinisch ist von besonderer Wichtigkeit die Vergrößerung und Beschleunigung der Atmung bei drohender Atmungslähmung und die Wiederbelebung der versagenden Herztätigkeit durch Campher. Die Wirkung wird aber bekanntlich deswegen nicht vollkommen ausgenutzt, da infolge der geringen Löslichkeit des Camphers in Wasser (1:800) Öllösungen benutzt werden müssen, und selbst aus diesen Öllösungen die Resorbierbarkeit nicht groß genug ist. Die relativ lange Wirkungsdauer ist erklärlich, weil immer nur langsam neue Anteile Campher aus der Depotstelle resorbiert werden. Jedoch erfolgt die Aufnahme im Verhältnis der Schnelligkeit der Entgiftung allzu langsam. Ein Vorteil besteht nur darin, daß der Campher bei dieser Art der Darreichung als relativ gefahrlos gelten kann, denn der Abstand der toxischen von der therapeutischen Dosis ist ziemlich groß. Ein Nachteil der üblichen Camphertherapie

<sup>7)</sup> Vgl. Z. ang. Ch. 35, 442 [1922].

<sup>8)</sup> Oft wird auch die Temperatur der „Oxydation in Luft“ angegeben, z. B. für graphitierte Kohlen zu 660°, für nicht graphitierte zu 370°. Diese Zahlen haben nur dann größeren Wert, wenn sie genauer umgrenzt werden; denn die Dauer der Erhitzung, die Luftbewegung und die Genauigkeit des Wägens beeinflussen wesentlich die Wahl der Temperatur, welche man bei einer solchen, nicht plötzlich beginnenden Reaktion als Anfang nimmt.

<sup>1)</sup> Nach einem in der Göttinger Chemischen Gesellschaft gehaltenen Vortrage.