

# Zeitschrift für angewandte Chemie.

Organ des Vereins deutscher Chemiker.

XX. Jahrgang.

Heft 8.

22. Februar 1907.

Alleinige Annahme von Inseraten bei August Scherl, G. m. b. H., Berlin SW 68, Zimmerstr. 37/41 und Daube & Co., G. m. b. H., Berlin SW 19, Jerusalemerstr. 53/54

sowie in deren Filialen: **Bremen**, Obernstr. 16. **Breslau**, Schweidnitzerstr. 11. **Chemnitz Sa.**, Marktgütschen 3. **Dresden**, Seestraße 1. **Elberfeld**, Herzogstr. 38. **Frankfurt a. M.**, Kaiserstr. 10. **Halle a. S.**, Große Steinstr. 11. **Hamburg**, Alter Wall 76. **Hannover**, Georgstr. 39. **Kassel**, Obere Königstr. 27. **Köln a. Rh.**, Hohestr. 145. **Leipzig**, Petersstr. 19, I. **Magdeburg**, Breiteweg 184, I. **München**, Kaufingerstr. 25 (Domfreiheit). **Nürnberg**, Kaiserstr. Ecke Fleischbrücke. **Strassburg i. E.**, Giebhausgasse 18/22. **Stuttgart**, Königstr. 11, I. **Wien I**, Graben 28. **Würzburg**, Franziskanergasse 5½. **Zürich**, Bahnhofstr. 89.

Der Insertionspreis beträgt pro mm Höhe bei 45 mm Breite (3 gespalten) 15 Pfennige, auf den beiden äußeren Umschlagseiten 20 Pfennige. Bei Wiederholungen tritt entsprechender Rabatt ein. Beilagen werden pro 1000 Stück mit 10,50 M für 5 Gramm Gewicht berechnet; für schwere Beilagen tritt besondere Vereinbarung ein.

## INHALT:

- E. Krause: Ein neues Verfahren zur elektrolytischen Herstellung nahtloser Kupferrohre 305.  
G. Bredig: Über Katalyse 308.  
F. Foerster: Nochmals die Elektroanalyse der Metalle 312.  
L. Vignon u. J. Mollard: Die Chlorierung der Wolle 313.  
C. Claessen: Herstellung von nitrierten Geweben für Filtrierzwecke 316.  
H. Hummel: Zuschrift an die Redaktion 316.

## Referate:

Chemische Technologie (Apparate, Maschinen und Verfahren allgemeiner Verwendbarkeit) 317; — Farbenchemie 327.

## Wirtschaftlich-gewerblicher Teil:

Tagesgeschichtliche und Handelsrundschau: Deutsches Kapital in Norwegen; — Virginia: Ausstellung in Norfolk; — Neu York; — Rübenzuckerindustrie in Venezuela: — Argentinische Republik: Zolltarifänderung; — Opium in China; — Japan: Einfuhr pharmazeutischer Präparate 338; — Zuckerrohranpflanzungen und Zuckerproduktion Javas 1905 bis 1906; — Niederländisch-Ostindien: Zuckersteuer; — Lorenzo Marques; — Die Kupferindustrie in Turkestan; — Liverpool 339; — Amerikanisierung englischer Zinnwerke; — London: Englische Rübenzuckerindustrie; — Woolich 340; — Schweden; — Petersburg; — Österreich-Ungarn; — Österreichische Zementindustrie; — Wien 341; — Prag; — Die Gesamterzeugung von Roheisen in Deutschland und Luxemburg; — Zur Lage der Gummwarenindustrie; — Aus der Ceresindustrie; — Berlin; — Danzig; — Stuttgart 342; — Handelsnotizen; — Dividenden 343; — Aus anderen Vereinen: Österreichischer Ingenieur- und Architektenverein; — Verband deutscher Patentanwälte; — Schweizerische naturforschende Gesellschaft; — Deutsche Röntgengesellschaft; — Personal- und Hochschulnachrichten 344; — Neue Bücher; — Bücherbesprechungen 345; — Patentlisten 347.

## Verein deutscher Chemiker:

Bezirksverein Rheinland-Westfalen: Dr. G. Erlwein: „Über Fixierung des Luftstickstoffs und technische Verwertung der dabei erhaltenen Produkte“ 351; — Bezirksverein Mittelfranken: Dr. Birkenbach: „Über Wismutjodid“; Dr. E. Merkel: „Über eisenhaltiges Wasser und Wasserenteisenung“; Dr. E. Jordis: „Über die relative Stärke von Kohlensäure und Kieselsäure“; — Bezirksverein Hannover: III. Kalitag 352.

## Ein neues Verfahren zur elektrolytischen Herstellung nahtloser Kupferrohre.

Von Dr. ing. ERNST KRAUSE.

(Eingeg. d. 21.12. 1906.)

Von den vielen Verfahren, die zur Gewinnung nahtloser Kupferrohre im elektrolytischen Bade bekannt sind, haben nur eine verhältnismäßig geringe Anzahl in der Praxis Eingang gefunden. Der Grund dafür liegt einerseits darin, daß die meisten eine zu komplizierte Apparatur bedingen, andererseits aber auch darin, daß die Industrie sehr hohe Anforderungen an die Qualität des niedergeschlagenen Kupfers stellt.

In nachfolgendem sollen die bekanntesten Verfahren für diesen Zweck kurz beschrieben werden, um alsdann auf die Herstellung solcher Kupferrohre nach dem D. R. P. Nr. 175 470 näher einzugehen.

In sämtlichen neueren elektrochemischen Prozessen ist man bemüht, möglichst hohe Stromdichten anzuwenden, so daß es nötig ist, für eine genügende Bewegung der Elektrolyten zu sorgen, um einer Verarmung derselben an der Kathode vorzubeugen. Dieser Bedingung sucht Elmore in seinem be-

kannten Verfahren zur Herstellung von Kupferrohren dadurch Rechnung zu tragen, daß er dieselben im elektrolytischen Bade rotieren läßt, wobei ein Achtkörper während der Elektrolyse die Unebenheiten an der Kathode im Entstehen glatt streckt. Da jedoch die hierdurch erzielte Schleifwirkung nicht so groß ist, um ein Festsetzen der Wasserstoffbläschen an der Kathode völlig zu verhindern, so zeigen die erhaltenen Rohre Gaseinschlüsse, die die Qualität des Kupfers wesentlich beeinträchtigen. Eine Modifikation des Elmoreverfahrens bildet das D. R. P. Nr. 85 713 von Ziperowksky, in dem Kupferrohre von besonders hoher Festigkeit dadurch erhalten werden sollen, daß die nach dem Elmoreverfahren erhaltenen Kupferrohre mit Stahldraht umwickelt und dann von neuem mit einem Kupferüberzug versehen werden sollen. Ein Kupfer von dichter und gleichmäßiger Beschaffenheit bei der Herstellung von Kupferrohren und profilierten Kupferhohlkörpern sucht Igantek in dadurch zu erhalten, daß er die graphitierten oder metallischen Kerne auf glatten, bzw. profilierten Platten, den sogen. Walkplatten hin- und herrollen läßt. Andere Erfinder bedienen sich zur Erzielung dichter Kupferniederschläge tierischer Hämte, z. B. Schaffelle, wobei die hervorstehenden Teile der Oberfläche der Röhre

mit einer dünnen Haut von tierischem Fett bedeckt werden, wodurch die weitere Abscheidung darauf so lange verhindert werden soll, bis die benachbarten Teile zu gleicher Höhe angewachsen sind. Während auf diese Weise eine mechanische Behandlung der Rohre im Bade vorgenommen wird, suchen andere Erfinder die physikalischen Eigenschaften des Kupfers dadurch zu verbessern, daß sie den Elektrolyten während der Elektrolyse gegen die Kathode strömen lassen. So beschreibt z. B. Craydon Poore ein Verfahren, bei dem der Elektrolyt in kräftigem Strahl gegen die horizontal angeordnete Welle geblasen wird. Ein anderes, sehr bekanntes Verfahren von Cowper Coles benutzt die Schleifwirkung einer sich sehr rasch um eine senkrechte Achse drehenden Welle mit der umgebenden Flüssigkeit, um ein Festhalten von Gasblasen an der Oberfläche zu verhindern und glatte und dichte Niederschläge zu erzielen. Eine nähere Beschreibung des Verfahrens von dem Erfinder selbst findet sich in einem Vortrag vor der Institution of Electrical Engineers (Electrician 1900, **44**, 543—549.) Hiernach gelingt es Cowper Coles, Kupferröhren, Platten und Drähte auf elektrolytischem Wege zu gewinnen, die nicht das störende Abblättern des Niederschlags zeigen und ein Kupfer von großer Dichte ergeben. Bei diesem Verfahren rotiert die Kathode mit solcher Geschwindigkeit um ihre Achse, daß die Oberflächenreibung zwischen dem niedergeschlagenen Kupfer und der Flüssigkeit so groß ist, daß die sich festsetzenden Gasbläschen, sowie Verunreinigungen durch Zentrifugalkraft hinweggeschleudert werden. Man konnte hierdurch z. B. Kupferrohre von einem Durchmesser von 30 cm bei einer Umdrehung von 1000 pro Minute und einer Stromdichte von 0,17 Amp. pro Quadratzentimeter gewinnen, wobei die Stromarbeit gleichzeitig benutzt wurde, um ein unreines Anodenkupfer zu raffinieren. Der Elektrolyt hatte dabei die folgende Zusammensetzung:

$\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ aq.}$  : 10,95%,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  10,9%,  $\text{FeSO}_4$  0,02%,  $\text{H}_2\text{O}$  78,15%.

In späteren Patenten finden sich Angaben, daß sich durch Zusatz von gelatinösen oder albuminösen Substanzen, die durch Behandlung mit Bichromat oder Formaldehyd unlöslich gemacht werden, gute und dichte Kupferniederschläge erzielen lassen.

Aus der großen Zahl der für diesen Zweck gemachten Vorschläge geht deutlich hervor, welche Wichtigkeit derartige Rohre für viele Industriezweige besitzen. Neben vielen anderen Verwendungsarten werden dieselben z. B. vielfach zur Herstellung von Kondensatorrohren, sowie für Dampfleitungen benutzt, besonders wenn letztere auf hohen Druck beansprucht werden. Dementsprechend muß natürlich das Kupfer von besonders hoher Zähigkeit sein, um bei seiner Verwendung die erforderliche Betriebssicherheit zu gewähren. Namentlich auf Schiffen findet sich meistens ein ausgedehntes Netz von Kupferrohren der verschiedensten Dimensionen, das dazu dient, den Dampf den verschiedenen Verbrauchsstellen zuzuführen. Nach den Bestimmungen der Kaiserlich deutschen Marine dürfen hierfür gelötete Rohre, besonders wenn es sich um hohe Dampfspannungen handelt, nicht verwendet werden. Für Kupferrohre von

125 mm l. W. und darüber bei Verwendung von Dampf von mehr als 8 Atm. wird sogar die Umwicklung derselben mit verzinktem Stahldrahttau verlangt, um den ev. Unfällen beim Platzen der Rohre vorzubeugen. Aus dieser Bestimmung geht hervor, daß man bis jetzt Kupferrohre, die für diese Drucke genügende Sicherheit auch ohne Umwicklung gewähren, nicht herstellen konnte.

Neuerdings hat nun ein „Verfahren zur Herstellung von Metallrohren und -hohlkörpern oder von bleibenden Metallüberzügen auf elektrolytischem Wege“, D. R. P. Nr. 175 470 für die Gewinnung derartig nahtloser Kupferrohre im elektrolytischen Bad große Bedeutung gewonnen, da die hiernach erzielten Kupferniederschläge bezügl. ihrer physikalischen Eigenschaften und ihrer Dichte den weitgehendsten Ansprüchen genügen. Das Grundprinzip dieses Verfahrens ist in dem D. R. P. Nr. 125 404 niedergelegt, wonach „der Bäderlauge solche feste oder flüssige, einen chemischen Einfluß nicht ausübende Körper zugesetzt werden, welche geeignet sind, bei hinreichend starker Bewegung der Flüssigkeit durch Anstoßen an die Kathoden die an derselben sich ansetzenden Wasserstoffbläschen zu beseitigen, sowie die Niederschläge zu glätten“.

Ausgehend von dem Gedanken, daß die Bildung der meisten schlechthaltenden und porösen Metallniederschläge in erster Linie durch die gleichzeitige Abscheidung von Wasserstoff veranlaßt wird, sucht der Erfinder diesem Übelstand dadurch abzuheften, daß er dem elektrolytischen Bade feste Substanzen zusetzt, die durch Bewegung der Kathode oder auf andere Weise im Bade aufgewirbelt werden. Der Wasserstoff haftet nämlich in Form kleiner Bläschen äußerst fest auf der Kathode und bildet hier Isolierstellen, auf denen sich kein Metall niederschlagen kann. Setzt man jedoch dem Bade scharfkörnige Substanzen zu, so werden dieselben durch die lebhafte Rotation mit der Kathode und damit auch mit den Wasserstoffbläschen in innige Berührung gebracht. Sie schlitzen sie auf und veranlassen dadurch das Aufsteigen der Gasblasen und damit ihre Entfernung von der Kathode. Die Wirkung dieser, dem Bade zugesetzten Stoffe wird also eine rein mechanische, scheuernde sein, wie man sie auch mit Bürsten und ähnlichen Abstreifvorrichtungen erzielen kann. Als Substanzen, die sich für diesen Zweck eignen, werden in dem D. R. P. Nr. 125 404 Sand, Bimsstein, Ziegelmehl, Holzmehl, Spreu usw. genannt, doch eignet sich dafür am besten Kieselgur, dessen Verwendung zur Herstellung von Metallrohren usw. Gegenstand des D. R. P. Nr. 175 470 ist. Verwendet man statt der Infusorienerde eine der genannten Substanzen, so werden dieselben entweder nicht genügend in die Höhe genommen, was besonders bei Kathoden von größerem Umfang der Fall ist, oder sie schwimmen auf der Flüssigkeit und vermögen aus diesem Grunde auf die Kathode keine genügende Wirkung auszuüben. Dagegen ist Kieselgur eine Substanz von feinporöser Beschaffenheit, die sich leicht mit Flüssigkeit durchtränkt und in einem bewegten Bade in gleichmäßiger Suspension gehalten werden kann. Er zeigt ferner die Eigenschaft großer Härte, ohne dabei spröde zu sein, so daß er sich nicht, wie z. B. Bimsstein, während der Rotation zu einem immer feineren Pulver zerschlägt. Ein weiterer Vorteil

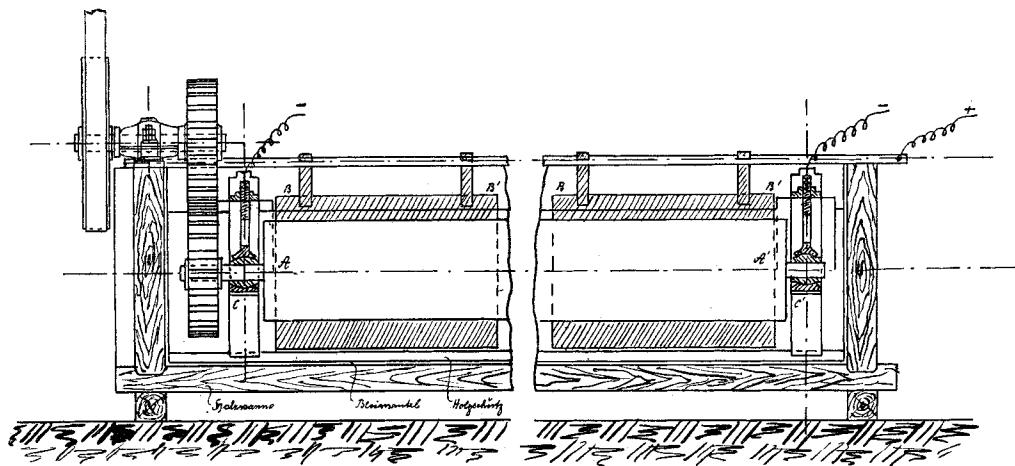
seiner Verwendung besteht darin, daß bei starker Bewegung durch den heftigen Anprall auf das niedergeschlagene Metall gleichzeitig ein Glätten und Blankscheuern desselben stattfindet.

Unter Berücksichtigung dieser Bedingungen wurden Versuche zur Herstellung von Kupferrohren in der Weise ausgeführt, daß in einem sauren Kupferbad durch die Rotation der walzenförmigen Kathode gleichzeitig Infusorienerde in wirbelnder Bewegung gehalten wurde. Das Bad bestand aus einer Kupfersulfatlösung von 22° Bé. mit einem Zusatz von 5 kg Schwefelsäure und 20 kg Kieselgur pro 100 l Badflüssigkeit. Im Interesse der Ökonomie des Prozesses ist es nötig, ein möglichst billiges Anodenmaterial zu benutzen, ohne daß die physikalischen Eigenschaften des niedergeschlagenen Kupfers leiden. Als Anoden wurde 96,5%iges Kupfer verwendet, das frei von As, Bi und Sb war, um zu vermeiden, daß diese Metalle sich mit dem Kupfer niederschlagen und dadurch die Qualität des ausgeschiedenen Kupfers beeinträchtigen. Ein Gehalt des Anodenmaterials an Fe, Co, Zn und Ni ist ohne Nachteil für den Prozeß, da diese Metalle sich bei der Elektrolyse nicht abscheiden; enthält die Anode Ag, Au und Pt, so gehen diese Metalle in den Anodenschlamm über. —

Eine Hauptschwierigkeit bei der Ausführung des Verfahrens lag darin, eine geeignete Unterlage für die Walze zu finden, von der sich der Kupfermantel leicht abziehen läßt. Zunächst wurde ein Kern aus Wachs benutzt, der durch einen Überzug von Graphit oder Bronzepulver leitend gemacht wurde. Überzicht man jedoch einen solch vorbereiteten Kern zunächst im nicht bewegten Kupferbad mit einem dünnen Kupferüberzug, so bemerkt man,

dß manche Stellen hartnäckig keinen Niederschlag annehmen, während andere Stellen sich sehr rasch überzichen, so daß auf diesem Wege eine technisch brauchbare Unterlage nicht erzielt werden konnte. Weit besser eignete sich eine leitende Unterlage, z. B. eine Walze von Messing, die vorher gut abgedreht und poliert worden war. Um ein Festhaften des Kupfers auf der Walze zu vermeiden, wurde dieselbe durch einen dünnen Überzug von Schellack (3 T. Schellack auf 100 T. 96%igen Alkohol) geschützt, der durch Graphitieren leitend gemacht wurde. Auf diese Weise konnte im bewegten Bade direkt ein glatter Überzug erzielt werden, der auch bei längerer Stromzufuhr seine ursprüngliche glatte Form nicht verlor und sich leicht von der Messingwalze trennen ließ. Es erfordert jedoch diese Art der Vorbereitung der Walze für die Verkupferung große Sorgfalt, besonders da es schwer ist, den Lacküberzug völlig gleichmäßig auf einer längeren Welle aufzutragen.

Viel einfacher läßt sich jedoch eine Unterlage erhalten, wenn man hierzu ein geschlossenes eisernes Rohr verwendet, dasselbe poliert und vor dem Verkupfern schwach vernickelt. Man erhält dadurch einen Kern, der vom sauren Kupferbad nicht angegriffen wird, auf dem sich das Kupfer in dichter glatter Form niederschlägt, und von dem es sich nach Beendigung des Versuches leicht abziehen läßt. Infolge der hiermit erzielten günstigen Resultate wurden die folgenden Versuche sämtlich mit einem derartig vorbereiteten Kern ausgeführt. Die Anordnung des Apparates, der zu diesen Versuchen diente, geht aus den beiden nachfolgenden Zeichnungen, die einen Längs- und Querschnitt des Bades zeigen, hervor.

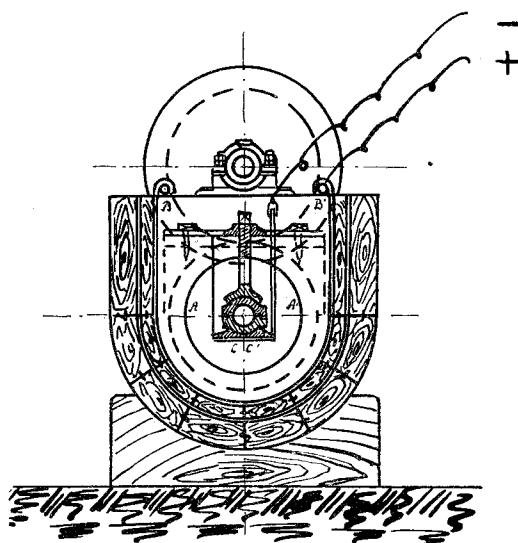


In einem hölzernen, innen verbleiten Bottich befindet sich die eiserne, vorher vernickelte, walzenförmige Kathode AA', die durch ein metallisches Lager CC' ihren Strom erhält. Es empfiehlt sich, an den Stirnseiten der Walze Scheiben aus nichtleitendem Material, die auf die Walze etwas übergreifen, anzubringen, um ein Überwachsen des Kupfers während der Elektrolyse zu verhindern. Der Antrieb der Welle erfolgt durch Vermittlung eines hölzernen Zahnrades durch einen Elektromotor, dessen Tourenzahl sich regulieren läßt und der mittels einer Transmission der Welle eine Um-

drehungsgeschwindigkeit von ca. 20 pro Minute erzielt. An den beiden Seiten des Elektrolysegefäßes befinden sich Kupferbleche BB', die als Anoden dienen.

Während der zur Ausbildung dieses Verfahrens im galvanischen Institut von Dr. G. Langbein & Co. in Leipzig-S. im Auftrage des Erfinders unternommenen Versuchsreihe wurden Kupferrohre von 2 m Länge und einem Durchmesser von 14—20 cm erhalten. Hierbei wurde mit einer Spannung von 2,5 Volt bei einer Stromdichte von 2 Amp. pro Quadratdezimeter gearbeitet. Die Stromausbeute

betrug durchschnittlich 95% der Theorie. Die angewandte Stromdichte läßt sich natürlich noch erhöhen, wenn man die Walze rascher rotieren läßt. Die abgezogenen Kupferrohre hatten eine Wandstärke von 5 mm und zeigten eine glatte, glänzende Oberfläche ohne knospige Auswüchse. Nach Versuchen der Kgl. mechanisch-technischen Versuchsanstalt in Charlottenburg zeigten die aus dem Bade entnommenen Rohre eine Zugfestigkeit, die andertthalbmal so groß war, als den Anforderungen der Kaiserlichen Marine entspricht. Dieselbe läßt sich jedoch auf mindestens das Doppelte erhöhen, wenn man die Rohre einem Nachziehen unterwirft. — In der gleichen Weise, wie beschrieben, lassen sich auch profilierte Kupferrohre herstellen, wenn man eine entsprechend geformte Unterlage wählt. Na-



türlich ist man nicht an die hier gegebenen Größenverhältnisse gebunden, sondern es ist auch die Herstellung von Rohren beliebiger Dimensionen, nach den seitherigen Versuchen zu urteilen, ohne größere Schwierigkeiten möglich.

Die Versuche ergaben die große Überlegenheit dieses Verfahrens gegenüber allen anderen für diesen Zweck bekannten Herstellungsweisen. Nicht allein, daß es gestattet, glatte und dichte Kupferniederschläge bei geringer Rotationsgeschwindigkeit zu erhalten, sondern, daß es ein Kupfer von besonders hervorragenden Eigenschaften liefert. Die scheinende Wirkung des Kieselgurs auf das niedergeeschlagene Kupfer ist eine so vorzügliche, daß sämtlicher Wasserstoff entfernt wird, wodurch es keine der bei den üblichen Verfahren sich zeigenden Nachteile aufweist. Es eignen sich deshalb derartige Rohre für alle Zwecke; besonders aber werden sie vorteilhafte Anwendung finden, wo es sich darum handelt, Kupferrohre anzuwenden, die auf hohen Druck beansprucht werden sollen.

Da sich das genannte Verfahren nicht nur auf die elektrolytische Abscheidung des Kupfers beschränkt, so dürfte dasselbe auch bei der Elektrolyse solcher Metalle, die leicht lockere und poröse Niederschläge liefern, mit gleichem Erfolg verwendet werden.

## Über Katalyse.

Von G. BREDIG, Heidelberg.

(Eingeg. d. 4.1. 1907.)

### I. Zur Abwehr.

Wenn ein auf gewissen Gebieten mit Recht hoch angesehener Chemiker wie Raschig, wiederholt auf anderen, ihm weniger bekannten Pfaden, ohne sich vorher genügend zu instruieren, „den Mund so weit aufmacht“, (die in Anführungszeichen stehenden Ausdrücke stammen von Raschig), daß er ohne hinreichende Gründe einen Grundpfeiler der physikalischen und chemischen Atomistik, wie die Avogadro'sche Regel (vgl. diese Z. 18, 1283, 1298 [1905]) für morsch erklärt, oder daß er einem wissenschaftlich gebildeten Hörer- und Leserkreise, wie dem Verein deutscher Chemiker, in feierlicher Versammlung zumutet, seine nunmehr genügend (diese Z. 19, 1985 u. 2049 [1906]) charakterisierten Spekulationen für die Quintessenz der Arbeit einer Reihe großer „Meister“ (diese Z. 19, 1761 [1906]) tatenreicher Jahrhunderte und des heutigen Standes der atomistischen und katalytischen Forschung zu halten, daß er, wie Raschig (diese Z. 19, 2084—2085 [1906]), den Anspruch macht, „Schlüsse, welche schon viele Fachgenossen, wenn auch meist unbewußt, dunkel und unklar daraus gezogen hatten, klar und in einigermaßen straffer Folgerichtigkeit“ zu ordnen, dann kann man ihn nicht hinter die Immunität einer Festred<sup>1</sup>) verschanzen, und er darf sich nicht beklagen, wenn die Kritik, mit der ich durchaus nicht allein stehe, prüft, was denn nun eigentlich Gediegenes an der Sache ist, auch wenn sie bei vollständig negativem Resultat etwas herb ausfällt. Der Ton der guten alten Zeit (l. c. S. 2086), den Raschig herbeisehnt, ist übrigens gelegentlich doch sehr erheblich schärfer gewesen, wie Raschig sich leicht durch Lektüre seines Gewährsmannes Liebig und anderer in ihren Polemiken gegen sehr verdiente Leute überzeugen kann<sup>2</sup>). Für Raschigs eigentümliche Vernichtung der Avogadro'schen Regel, zu der ich früher als Zuhörer nicht gerade aus Zustimmung geschwiegen hatte, hat sich bereits von berufener Seite<sup>3</sup>) die Charakterisierung eingefunden, in seinem Nürnberger „Kartenhaus“ (l. c. S. 2083) aber will der Erbauer trotz meinem und Luthers Abraten wohnen bleiben.

Herr Raschig erwiderst den Ton meiner Kritik, der ihm nicht gefällt, zum mindesten nicht mit einem besseren und hat es u. a. für passend gefunden, meine persönliche Stellung als Lehrer (l. c. S. 2083) zu berühren. Er beklagt sich darüber,

<sup>1)</sup> Anmerkung: Als Muster einer geistreichen, phantastievollen, aber stets exakten, atomistischen Festplauderei sei Meister H. Kopp's köstliche Broschüre: „Aus der Molekularwelt“, (Heidelberg 1882) empfohlen, die diese Zierde des Heidelberger „Lehrkörpers“ dem Altmaster Bunsen, als dessen Schüler sich uns Raschig (diese Z. 19, 2085 ([1906]) vorstellt, zu seinem Geburtstage gewidmet hat.

<sup>2)</sup> Vgl. z. B. Liebig's Ann. 2, 19 (1832); 25, 29 (1838); 33, 308 (1840); 57, 105, 112 (1846).

<sup>3)</sup> Lunge u. Berl., diese Z. 19, 881 (1906).