

Die zahlreichen Abhandlungen Traubes sind zerstreut in den verschiedensten physikalischen, chemischen, biologischen, technischen in- und ausländischen Zeitschriften. Aus der weiteren schriftstellerischen Tätigkeit seien erwähnt der bei seinem Erscheinen von Clemens Winkler, Ramsay u. a. lebhaft begrüßte „Grundriß der physikalischen Chemie“, die auch ins Englische übertragenen „Physikalisch-chemischen Methoden“, sowie die 1914 von Traube begründete „Internationale Zeitschrift für Physikalisch-Chemische Biologie“.

Die reiche Lebensarbeit hat Traube nicht ermüdet. Trotzdem er immer zu kämpfen hatte und lange Zeit auf die Frucht seiner Arbeit warten mußte, hat er doch nie aufgehört, seine Ansichten zu verteidigen und durch unermüdliche Arbeit die Forschung zu fördern. Und so forscht er auch jetzt rüstig weiter und hat Freude an Arbeit und Erkenntnis. Mögen ihm jetzt seine anerkannten Erfolge Befriedigung bringen, und möge er noch lange so jung bleiben und rüstig weiterschaffen.

L. J. Weber, Berlin-Charlottenburg. [A. 18.]

## Neuere galvanische Verfahren zum Korrosionsschutz von Metallen.

Von Dr. W. BIRETT, Berlin.

(Eingeg. 18. November 1929.)

Bei den galvanischen Verfahren zum Korrosionsschutz von Metallen handelt es sich in der Regel um das Niederschlagen einer Metallschicht auf die zu schützenden Gegenstände mit Hilfe des elektrischen Stromes. (Verfahren, welche die Ausbildung von Oxydschichten auf den Gegenständen bezwecken, gehören, streng genommen, nicht hierher.) Das Grundmetall, in dessen Wahl aus Gründen der Wirtschaftlichkeit oder auch der der Bearbeitbarkeit bzw. im Hinblick auf die spätere mechanische Beanspruchung meist nur wenig Freiheit gegeben ist, wird dadurch mit einer Hülle umkleidet, welche ihm nach außen hin ganz andere, edlere oder zumindest für den betreffenden Fall günstigere Eigenschaften verleiht. Eine Verbesserung des galvanisierten Teiles im Kern — diese Erwartung ist leider noch immer ziemlich weit verbreitet — ist selbstverständlich nicht zu erwarten. Eine Beanspruchung, die sich nicht nur auf die Oberfläche beschränkt, findet stets den gleichen Widerstand bei einem galvanisierten wie bei einem nicht galvanisierten Teil. Nur gegen äußerliche oder wenigstens überwiegend an der Außenfläche angreifende Beanspruchungen ist durch Fremdmetallüberzüge ein Schutz zu erzielen. Bei der Überlegung über die Zweckmäßigkeit bzw. die Vorteile eines galvanischen Überzuges ist deshalb stets von vornherein die Beanspruchung der zu behandelnden Teile im späteren praktischen Gebrauch sowie die Schutzwirkung der einzelnen Metallüberzüge ins Auge zu fassen und nach diesen Gesichtspunkten auch das zu verwendende Verfahren auszuwählen.

Bis vor nicht allzu langer Zeit war es in der Hauptsache die Vernickelung allein, welche als galvanischer Schutzüberzug angewendet wurde. Kupfer und Messing wurden nie für sich, nur als Vorbehandlung für die Vernickelung aufgetragen. Galvanische Verzinkung und Verzinnung konnte sich neben der bisher üblichen Feuerbehandlung dieser Metalle nicht durchsetzen. Erst in letzter Zeit ist hier ein gewisser Wandel zu verzeichnen. Nach dem Kriege kamen besonders zwei Verfahren auf, welche zwar in Deutschland bis zur technischen Reife entwickelt, sich doch erst richtig durchsetzen konnten, als durch die Konkurrenz der amerikanischen Industrie sich ihre Anwendung auch in Deutschland nicht mehr vermeiden ließ, die Verchromung und die Cadmiumniederschläge.

Über die Verchromung liegt zwar schon eine große Anzahl von Abhandlungen vor. Angesichts der Tatsache jedoch, daß nunmehr die Entwicklung des Verfahrens endgültig als abgeschlossen bezeichnet werden kann und nur noch Einzelheiten in der praktischen Durchführung einem gewissen Wandel unterworfen sein

dürften, sei zusammenfassend auch dieses Verfahren nochmals besprochen.

Bei der Verchromung hat man es mit drei verschiedenen Gebieten zu tun, entsprechend den drei besonders hervorstechenden günstigen Eigenschaften des Metalles, der Temperaturbeständigkeit, der Härte und der Beständigkeit gegen oxydativ korrodierende Angriffe.

Metallisches Chrom hat einen Schmelzpunkt von etwa 1560°. Seine Anlaufftemperatur in sauerstoffhaltiger Atmosphäre liegt bei 400–600°, je nach Einwirkungsdauer.

Der hohe Schmelzpunkt macht das Chrom geeignet zu Überzügen für Preßformen, bei welchen, wie etwa in der Glasindustrie, mit Temperaturen bis über 1000° gearbeitet wird. Die verhältnismäßig hohe Anlaufftemperatur läßt Chromüberzüge geeignet erscheinen für Scheinwerfer, Bügeleisen, Heizkörper usw., bei welchen die Erhaltung des schön spiegelnden Hochglanzes des Überzuges gefordert ist. Für beide Fälle sind Überzüge aus Nickel und anderen Metallen unzulänglich.

Gerade bei Preßglasformen hat sich die Verchromung auf das beste bewährt, da der starke Angriff der heißen Alkalischmelzen eine ständige Nacharbeit der unverchromten Formen notwendig macht und innerhalb verhältnismäßig kurzer Zeit zum völligen Unbrauchbarwerden der Formen führt.

So rechnet man z. B. bei Preßformen für mittlere Glaschalen eine Lebensdauer von etwa 5000 Betriebstouren. Während dieser Zeit ist mit rund 4000 Arbeitsstunden für Putzen zu rechnen, davon 300 Arbeitsstunden allein auf das Nachziselieren der feinen Konturen, das von teuren Facharbeitern mit der Hand ausgeführt werden muß. Bei verchromten Formen sind innerhalb 15 000 Betriebstouren (das ist die dreifache Lebensdauer einer unverchromten Form) für Putzen etwa 500 Arbeitsstunden anzusetzen, und zwar handelt es sich ausschließlich um ein einfaches Auswischen der Formen, welches von billigen ungelernten Hilfskräften ausgeführt werden kann. Die nach diesen 15 000 Betriebstouren gepreßten Glasstücke zeigen noch die gleiche Schärfe der Konturen und den gleichen Glanz der Oberfläche wie die ersten Preßstücke dieser Form. Man hat also durch die Verchromung nach diesem Zeitraum nicht nur etwa 11 000 Arbeitsstunden (darunter 900 teuer bezahlte Ziselierarbeitsstunden) gespart, sondern auch die Anschaffungskosten für zwei neue Formen.

Daß bei der Verchromung von Preßglasformen unter bestimmten Bedingungen sogar eine gewisse Veredelung des Formkernes möglich ist, soll hier nur nebenbei erwähnt werden.

Ähnlich liegen die Verhältnisse für Formen zum Gießen von Bleiwaren, wie sie auch bei der Fabrikation von Großoberflächenplatten in der Akkumulatoren-

industrie Verwendung finden. Wenn die Verchromung dieser Gußformen, die aus einzelnen Gußlamellen zusammengesetzt sind (Abb. 1), auch in gewisser Beziehung

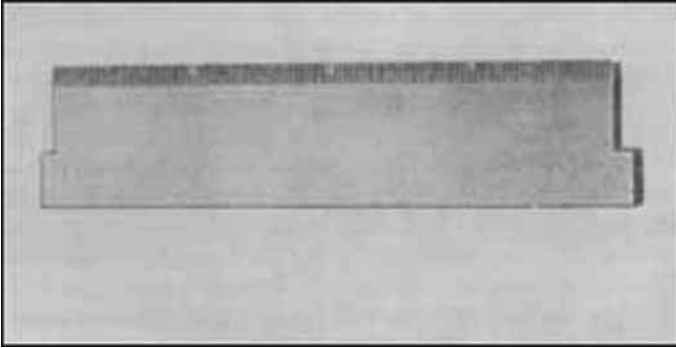


Abb. 1.

ein Spezialgebiet darstellt, wie übrigens die Verchromung von Preßformen selbst ja auch, so ist dieses Spezialgebiet, wie reiche praktische Erfahrungen bereits zeigen, vollkommen durchgearbeitet, und alle Schwierigkeiten sind beseitigt.

Bei der Verchromung von Scheinwerfern, Bügeleisen und anderen Gegenständen, deren polierte Flächen nicht nur der normalen atmosphärischen Korrosion, sondern auch einer gewissen Erwärmung ausgesetzt sind, ist im Gegensatz zu den obengenannten Anwendungsgebieten nicht der Schmelzpunkt, sondern die Anlaufftemperatur maßgebend. (Unter Anlaufftemperatur ist selbstverständlich die Temperatur verstanden, bei welcher sich unter Einwirkung der Hitze Oxyde bilden und die spiegelnde Fläche blind machen.) Die Lichtquellen strahlen stets eine erhebliche Wärmemenge aus, deren Ableitung teilweise durch das Spiegelmateriale erfolgt, wobei dieses mehr oder weniger stark erwärmt wird. Vernickelte Spiegel laufen dabei sehr rasch an und werden blind. So ergaben Dauerversuche mit Reflektoren, deren Lichtquellen eine Erwärmung der Spiegel bis 400° verursachten, daß bereits nach etwa 8 bis 14 Tagen die vernickelten Spiegel vollständig matt geworden waren und ihr Reflektionsvermögen an auffallendem Licht von etwa 65% auf unter 50% gesunken war. Verchromte Reflektoren zeigten dagegen nach 5 bis 6 Wochen Dauerbeanspruchung derselben Art noch die gleiche Reflexionskraft von 56% wie vor dem Versuch.

Ein weiterer Vorzug des Chroms ist seine Härte. Die Ausnutzung dieser Eigenschaft bei der Verchromung

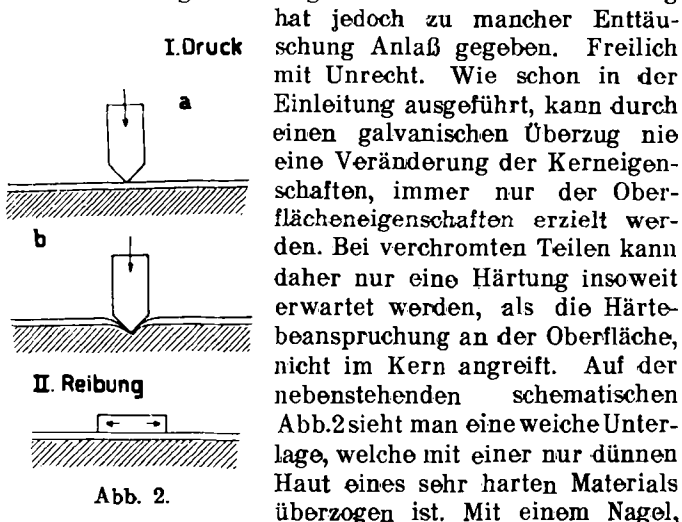


Abb. 2.

dessen Härte ruhig unterhalb der des harten Überzugsmaterials liegen kann, kann man dieses, wie bei b gezeigt

ist, durchstoßen, wenn nur das Grundmaterial genügend nachgibt. Bei gleitender Reibung dagegen, bei welcher keine Härtebeanspruchung des Kernes, sondern nur der Oberfläche vorliegt, kommt die Härte des dünnen Belages voll zur Geltung. Diese Überlegung erklärt wohl in all den Fällen, in welchen die Verchromung als Härtung versagte, das negative Ergebnis. Es ist daher zweckmäßig, von der zu Mißverständnissen Veranlassung gebenden Bezeichnung Härte abzugehen und nur von einer Verschleißfestigkeit des Chroms bzw. der Verchromung in diesem Zusammenhang zu sprechen. Praktisch ist die Verchromung als Erhöhung der Verschleißfestigkeit daher nur bei gleitend reibender Beanspruchung zu verwenden, bei Maschinenteilen (z. B. Zahnräder, Achsen kleiner Motore, die in Gleit- oder Walzlager laufen) aus Eisen und Stahl und bei Zahnrädern in Uhrwerken, wo sie sich sehr gut bewährt hat, sowie bei Druckplatten aus nicht zu stark federndem oder selbst bereits genügend hartem Grundmetall. So zeigten z. B. Stereotypplatten aus Hartblei eine Erhöhung der Lebensdauer durch die Verchromung auf das Dreifache. Ein Anwendungsgebiet, bei welchem ebenfalls die Verschleißfestigkeit von ausschlaggebender Bedeutung ist, ist die Verchromung von Bestecken.

Die dritte wertvolle Eigenschaft des Chroms ist seine Beständigkeit gegen oxydative Einflüsse, eine Eigenschaft, welche das Chrom wesentlich von dem Nickel unterscheidet.

Gerade bei solchen Teilen, welche glatte spiegelnde Flächen aufweisen, wird ein Angriff durch die Atmosphären sich am störendsten bemerkbar machen. Eine Vernickelung drängt wohl diese Angriffe auf das Grundmetall zurück, doch zeigt Nickel selbst nur eine ungenügende Beständigkeit und wird in verhältnismäßig kurzer Zeit angegriffen. Mit der Zeit wird die glänzende spiegelnde Fläche matt, die gebildeten Oxydschichten müssen abgeputzt werden. Hier setzt nun die Verchromung ein. Der Chromüberzug behält im Gegensatz zu Nickel seine glänzende Politur bei, das Anlaufen und Mattwerden fällt fort. Die Verchromung ist somit eine wertvolle Ergänzung der Vernickelung.

Sie ist kein Ersatz für die Vernickelung. Das kommt auch äußerlich in der Arbeitsweise zum Ausdruck. Abgesehen von der Verchromung als Erhöhung der Verschleißfestigkeit oder als Schutz gegen hochthermische Beanspruchung wendet man stets eine Zwischenschicht aus Nickel an. Teile aus Nickel selbst oder solchen Legierungen, welche Nickel als wesentlichen Bestandteil bereits enthalten, brauchen natürlich nicht erst vernickelt zu werden. Bei allen anderen Metallen — Ausnahmen bestätigen die Regel — wird vor der Verchromung eine Nickelzwischenschicht aufgebracht.

Lange wurde über die Zweckmäßigkeit bzw. Notwendigkeit dieser Zwischenschichten gestritten. Heute, nach Abschluß jahrelanger praktischer Versuche und Beobachtungen, ist die Frage restlos geklärt. Es gibt Metalle — Nickel gehört nicht zu ihnen —, deren Oxyde entweder sehr stark gefärbt sind oder welche ein verhältnismäßig großes Volumen einnehmen und treiben. Man denke hier u. a. an den Rost des Eisens, der unter den Schutzschichten weiter zu fressen vermag und diese Schutzschichten von den Unterlagen direkt abhebt und lossprengt. Wird ein solches Metall direkt mit Chrom allein überzogen, so ist durch die Poren des Chrombelages, die angesichts der starken Wasserstoffentwicklung bei der Verchromung gar nicht überraschend und auch unvermeidbar sind, das Grundmetall der oxydierenden Wirkung der atmosphärischen Einflüsse ausgesetzt

und führt nach kurzer Zeit zum Auftreten von Oxyden, die in den günstigsten, seltenen Fällen nur unschön aussehen, aber sich abwischen lassen, in den ungünstigeren Fällen, und das sind die Mehrzahl, den Chromniederschlag abheben.

Ein weiterer Umstand ist hier noch zu erwähnen, der die Verwendung einer Nickelzwischen-schicht unbedingt geboten erscheinen läßt, das Verhalten des Messings und anderer Kupferlegierungen. Ohne bei der Verchromung selbst besondere Schwierigkeiten zu bieten, zeigen sich bei direkter Verchromung dieser Legierungen meist nach einiger Zeit (etwa 3 Monaten) feine Risse und Sprünge in der Chromschicht, das Chrom läßt sich dann mehr oder weniger leicht mit einem Tuch abwischen. Es ist bis jetzt noch nicht gelungen, eine allgemein gültige Erklärung für diese Erscheinung zu finden. Es ist zwar bekannt, daß Messing, besonders zinkreiches oder kalt gewalztes Messing, starke innere Spannungen aufweist, die zum Ausgleich drängen und bis zur Zerstörung des Metalles in seiner äußeren Gestalt führen können, wenn diese Spannungen nicht durch thermische Behandlung beseitigt werden. Andererseits ist es eine bekannte Tatsache, daß die Zink-Kupfer-Legierungen bei starker Abkühlung (etwa bis 0° und darunter) oder bei einer Einwirkung von Ammoniak Sprünge in ihre Oberfläche bekommen, die sich langsam verstärken. Treten aus einer der genannten Ursachen in dem Messing Risse und Sprünge auf, so ist die dünne Schicht des nur wenig duktilen Chroms weder in der Lage, die Flächen zusammenzupressen und die Rißbildung somit zu verhindern, noch sich zu dehnen, daß der Riß überdeckt bleibt. Der Chrombelag reißt ebenfalls und vermag seine Schutzwirkung nicht mehr auszuüben. Erschwerend wirkt dabei ferner der große Unterschied in dem Ausdehnungskoeffizienten von Messing, Bronze usw. einerseits und von Chrom andererseits.

Es gibt in den meisten Fällen einleuchtende und beweisbare Erklärungen für solche Zerstörungen direkt verchromter Messingteile; ganz geklärt sind die Verhältnisse jedoch nicht. Bei den tatsächlich, wenn auch nur vereinzelt beobachteten Fällen, in welchen sich keine Zerstörung bemerkbar machte, kann man auch nicht sagen, worauf das in diesem Falle zurückzuführen ist. Eine direkte Verchromung ist eben ein Glücksspiel; eine Unternickelung dagegen ist durch ihre bedeutend geringere Porosität bereits eine praktisch vollkommene Abdeckung, läßt infolge des Nichtbildens stark gefärbter und treibender Oxyde den Chrombelag unverändert, wirkt durch ihren günstigen Ausdehnungskoeffizienten als Pufferung zwischen Chrom und dem Grundmetall und kann aus diesen Gründen allein die Gewähr dafür bieten, daß auch die Verchromung das hält, was man von ihr erwarten kann.

Freilich — und das ist heute der springende Punkt der Verchromung und eine neue Seite der Vernickelung — die Vernickelung selbst muß bedeutend strengeren Anforderungen, als bisher an sie gestellt wurden, genügen. Durch den nachfolgenden Verchromungsprozeß mit seiner starken Wasserstoffentwicklung wird die Haftfestigkeit der Nickelschicht auf dem Grundmetall außerordentlich stark beansprucht, viel stärker als die meisten der bisher üblichen Vernickelungen vertragen, die sich zwar als restlos genügend gegenüber den im praktischen Gebrauch an sie gestellten Anforderungen erwiesen haben, bei nachfolgender Verchromung sich aber meist von der Unterlage ablösen und das gefürchtete Abblättern zeigen. Durch systematische Versuche ist es gelungen, die Badlösungen und die Arbeitsbedin-

gungen auszuarbeiten, die zur Gewinnung eines einwandfreien, alle Voraussetzungen für eine nachfolgende Verchromung erfüllenden Niederschlages notwendig sind. Vor allem ist es der Wasserstoffgehalt des Niederschlages, welcher für die Größe der inneren Spannungen, für seine Duktilität, für seine Neigung zum Abblättern und damit für seine Haftfestigkeit maßgebend ist. Nicht weniger wichtig ist die Zusammensetzung des Elektrolyten und eine entsprechende Einstellung der Arbeitsbedingungen auf diese Lösungen, welche ihrerseits auf den Wasserstoffgehalt des Niederschlages einen maßgebenden Einfluß ausüben. Diese Erkenntnis hat nicht nur der Verchromung die Sicherheit gegeben, die notwendig ist für die praktische Verwertbarkeit des Verfahrens, sie hat auch der Vernickelung selbst wesentliche Fortschritte gebracht.

Mit einigen Worten soll hier von Versuchen berichtet werden über die Korrosionsfestigkeit vernickelter und vernickelt-verchromter Teile. Als Versuchsobjekte wurden polierte Flußeisenstanzbleche (5 × 10 cm) gewählt, welche elektrolitisch entfettet und dabei gleichzeitig schwach unterkuppert und dann in Spezialbädern vernickelt wurden. Die Stärke der Nickelschicht schwankte zwischen 6 und 24  $\mu$ , nach der Vernickelung wurden die Bleche auf Hochglanz poliert, ein Teil der vernickelten polierten Bleche wurde verchromt.

Um die Korrosionsfestigkeit der Bleche zu prüfen, wurden sie zunächst 16 h in destilliertes Wasser gelegt, anschließend daran wurden die Bleche 20 min in eine Beizlösung getaucht (eine Versuchsreihe wurde in 5%iger Schwefelsäure, eine andere in 5%iger Salpetersäure gebeizt) und dann in Gelatinelösung eingelegt, welche 10 g Natriumchlorid und 1 g Kaliumferrocyanid im Liter enthielt. Das an den Poren angegriffene und in Lösung gehende Eisen des Grundmetalles markiert sich innerhalb ganz kurzer Zeit deutlich durch die Bildung von Berlinerblau an diesen Stellen. Die Korrosionsstellen wurden unter dem Mikroskop ausgezählt.

Es zeigte sich, daß auch bei einer Nickelschichtstärke von 24  $\mu$  noch bis zu 10 Poren pro dm<sup>2</sup> festgestellt werden konnten, während bei einer Dicke des Nickelüberzuges von 8  $\mu$  die Porenzahl etwa 60 pro dm<sup>2</sup> betrug. Bei nachfolgender Verchromung war auf den Blechen mit 8  $\mu$  starker Nickelzwischen-schicht die Porenzahl auf etwa 11 bis 30 Poren pro dm<sup>2</sup> gesunken. Die gleiche Porenzahl wurde bei einer Vernickelung (ohne nachfolgende Verchromung) von 20  $\mu$  Schichtstärke gefunden.

Man sieht daraus folgendes: auch sehr starke, in der Praxis nur ganz selten verwendete Nickelniederschläge enthalten immer noch Poren; bei einer gar nicht übermäßig starken Vernickelung mit darauf folgender Verchromung ist die Porenzahl gegenüber einem extrem dicken Nickelbelag nur unerheblich gesteigert; dieser Niederschlag ist einer etwas schwächeren, aber immerhin gegenüber der Vernickelung mit nachfolgender Verchromung bedeutend stärkeren Vernickelung allein hinsichtlich Korrosionsschutz vollkommen ebenbürtig, ganz abgesehen von der Erhaltung der Politur der Oberfläche.

Während beim Chrom die Erhaltung des Glanzes, die Widerstandsfähigkeit gegen oxydierende und thermische Einflüsse sowie seine Härte das Entscheidende sind und seine Anwendungsgebiete bestimmen, hat man es beim Cadmium mit einem weichen und verhältnismäßig leicht oxydierbaren Metall zu tun. Das metallische Cadmium hat ein silberweißes glänzendes Aussehen, das sich an der Luft durch Bildung einer dünnen, aber sehr dichten Oxydschicht bald verliert. Es ist sehr duktil und weist daher, auch wenn es galvanisch abgeschieden

wird, trotz der erheblichen Absorptionsfähigkeit für Wasserstoffgas nie innere Spannungen auf, da sich diese bei dem weichen Metall bereits im Entstehen wieder ausgleichen können. Der Schmelzpunkt des Cadmiums liegt bei etwa 320°.

Die Abscheidung des Metalls kann, wie bei Kupfer, aus sauren und auch cyanalkalischen Lösungen erfolgen. Für die Praxis haben nur die cyanalkalischen Lösungen Bedeutung gewonnen. Im Verhältnis zu den anderen cyanalkalischen Bädern kann mit beträchtlich höheren Stromdichten gearbeitet werden. Diesem Umstand und dem hohen Äquivalentgewicht des Cadmiums (ungefähr 56) ist es zuzuschreiben, daß die Dauer der Behandlung im Cadmiumbad sehr verkürzt werden kann. Unter Zugrundelegung der Verhältnisse bei normalen in der Praxis benutzten Bädern ist, um einen Niederschlag von  $\frac{1}{100}$  mm Dicke zu gewinnen, eine Behandlungsdauer von 20–25 m bei Cadmium notwendig, im cyanalkalischen Kupferbad dagegen ungefähr 2–4 h, beim Vernickeln etwa 1 h (früher sogar 1,4 h); in Schnellvernickelungsbädern verringert sich diese Zeit auf ebenfalls 20–25 m, doch ist diese Zeit selbstverständlich nur auch mit entsprechenden Verhältnissen in Cadmiumbädern zu vergleichen, bei welchem sich etwa 10–15 m ergeben. Man sieht, ein Vorteil der Cadmiumüberzüge bei gleicher Schichtdicke des Überzuges besteht jedenfalls in Zeitgewinn und Stromgewinn, die sich aus dem hohen Abscheidungsäquivalent ergeben. Ein zweiter Vorteil liegt in der weitgehenden Porenfreiheit der Niederschläge, sowie in der im Verhältnis zu Nickel und Kupfer bedeutend günstigeren Potentiale gegenüber Eisen, welches bei Verletzung des Überzuges im Hinblick auf die Bildung von schädlichen Lokalelementen von außerordentlicher Bedeutung ist. Die Normalpotentiale (bezogen auf Wasserstoff = 0) sind für Eisen – 0,43, Cadmium – 0,4, Nickel – 0,22 und Kupfer + 0,34. Aus diesem Grunde gehören die Cadmiumüberzüge mit zu den besten Schutzüberzügen gegen atmosphärische Korrosion. Gegen Angriff von Säuren ist die Beständigkeit des Metalls selbstverständlich zu gering, da die dünne Oxydschicht, welche wohl beständig ist gegen die Einflüsse der Atmosphärien, durch stärkere Säuren sofort gelöst wird. Als normaler Rostschutz bewährt sich das Cadmium dagegen ausgezeichnet.

Das Anwendungsgebiet der Cadmiumniederschläge ist jedoch einer gewissen Beschränkung unterworfen. Man kann zwar, wie auch bei anderen Verfahren, sowohl gebeizte oder gesandete als auch polierte Flächen mit Cadmium überziehen und kann auch durch Wahl geeigneter Arbeitsbedingungen mehr oder weniger glänzende Überzüge erzielen. Ein nachträgliches Polieren auf Hochglanz mit den sonst üblichen rotierenden Tuschscheiben ist jedoch infolge der zu geringen Härte des

Metalles nicht möglich. Die Überzüge „verschmieren“. Die einzig mögliche Nachbehandlung von Cadmiumniederschlägen ist ein leichtes Bearbeiten mit Metalldrahtbürsten, welches zu dem gleichmäßigen glänzenden Aussehen gebürsteter Flächen allgemein führt, wie man es auch bei anderen Metallen kennt.

Die geringe Härte des Cadmiums, seine Neigung zum Verschmieren, ist andererseits der Grund für seine hervorragende Eignung als Überzugsmetall auf Schrauben und anderen ähnlichen Teilen, da das Cadmium beim Einschrauben nicht wie andere Überzüge sich vom Grundmetall losreißt, sondern sich dem Gewindengang weitgehend anschmiegt und die Zwischenräume gegen jedes Eindringen korrodierender Agenzien vollkommen dicht abschließt. Wegen seines hervorragenden Rostschutzes wird das elektrolytische Niederschlagen von Cadmium in letzter Zeit besonders auch an Stelle der Verkupferung vor der Vernickelung angewandt.

Die anfänglichen Schwierigkeiten, besonders beim Arbeiten auf glänzende Niederschläge hin, sind heute überwunden. Das Verfahren ist längst reif für die technische Durchführung und wird auch schon, ebenso wie die Trommelgalvanisierung kleiner Massenteile mit Cadmium, in der Technik in großem Maßstabe durchgeführt.

Zum Cadmium wird man nach dem Genannten vor allem dann greifen, wenn es sich darum handelt, wirklich einen besonders guten Rostschutz zu erhalten, ohne daß aus ästhetischen Gründen ein spiegelnd glänzender Überzug verlangt wird, oder daß eine nennenswerte mechanische Beanspruchung in Frage kommt. In all diesen Fällen, besonders bei Schraubenteilen und Teilen mit Gewinden ist das Cadmium der Vernickelung weit überlegen und wird die Vernickelung hier bald verdrängt haben, zumal durch die Möglichkeit, matgrau oder gebürstete glänzende Überzüge zu erzielen, nicht nur eine gewisse Auswahl geboten ist, sondern auch in vielen Fällen dem Schönheitsbedürfnis genügt werden kann.

Man sieht, jedes der drei geschilderten Verfahren hat seine Vorteile und damit seine besondere Eignung. Das Nickel durch seine gute Polierfähigkeit bei gleichzeitig verhältnismäßig großer Widerstandsfähigkeit gegen den Angriff der Atmosphärien, das Chrom durch seine Temperaturbeständigkeit und seine Härte, oder besser gesagt, die Verschleißfestigkeit seiner Niederschläge, sowie seine das Nickel noch weit übertreffende Widerstandskraft gegen oxydative Einflüsse und die dadurch bedingte Erhaltung des Glanzes poliert-verchromter Flächen, das Cadmium durch seine günstigen galvanischen Niederschlagsbedingungen, sowie seine durch die Porenfreiheit des Überzuges bedingte außerordentliche Schutzwirkung gegen die atmosphärische Korrosion.

[A. 9.]

## Beitrag zur Trennung von Phenolgemischen, insbesondere solchen aus Braunkohlenteer.

Prof. Dr. phil. Dr.-Ing. e. h. GUSTAV SCHULZ<sup>†</sup> und Dr.-Ing. HANS MENGELE,  
chemisch-technisches Institut der Technischen Hochschule München<sup>1)</sup>.

(Eingeg. 23. November 1929.)

Für die großen Mengen der im Steinkohlenurteer, im Braunkohlen- und Braunkohlengeneratorteer vorkommenden Phenole hat sich bis heute keine rationelle Verwendungsmöglichkeit gefunden. Das liegt zum großen Teil daran, daß die Zusammensetzung solcher Phenolgemische in bezug auf die einzelnen Individuen nur zum Teil bekannt ist. Es hat deshalb nicht an Versuchen gefehlt, durch Trennung und Nachweis der ein-

zelnen Phenole Aufschluß über die Zusammensetzung der Phenolgemische, besonders solchen aus Steinkohlenteer und aus Braunkohlenteer zu erhalten.

Erinnert sei hier nur an die Arbeiten von F. von Boyen<sup>2)</sup>, Börnstein und Bernstein<sup>3)</sup>, Avenarius<sup>4)</sup>, K. E. Schulze<sup>5)</sup>, F. Schütz,

<sup>2)</sup> Ztschr. angew. Chem. 5, 675 [1892].

<sup>3)</sup> Ebenda 27, 71 [1914].

<sup>4)</sup> Ebenda 36, 165 [1923].

<sup>5)</sup> Ber. Dtsch. chem. Ges. 20, 410.

<sup>1)</sup> Dissertation München 1925.