

Das Verchromungs = Verfahren

Zusammenfassende Darstellung des derzeitigen Standes
der Verchromungstechnik mit Berücksichtigung
aller Arbeits = Vorschriften

von

Dr. W. Pfanhauser

Direktor der Langbein-Pfanhauser Werke

*



Berlin
Verlag von Julius Springer
1926

Nachdruck, auch einzelner Teile, ist verboten
und wird gerichtlich verfolgt

ISBN-13: 978-3-642-90238-3 e-ISBN-13: 978-3-642-92095-0
DOI: 10.1007/978-3-642-92095-0
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1926



Druck von Oscar Brandstetter in Leipzig.

Vorwort.

Einem vielseitig geäußerten Wunsche Rechnung tragend, habe ich den derzeitigen Stand der Technik des elektrolytischen Verchromens in möglichst umfassender, leicht verständlicher Form bei möglichster Kürze dargestellt. Bereits 1910 beschrieb ich in meinem Lehrbuch der Galvanotechnik das Verfahren der Herstellung von Chromniederschlägen, ohne daß sich die einschlägige Industrie für diese Metallabscheidung erwärmen ließ. Heute ist das Interesse an elektrolytischen Chromniederschlägen mit Rücksicht auf deren unleugbare Vorzüge allgemein, und speziell von Amerika aus verbreitet sich diese galvanotechnische Arbeitsweise sehr rasch, so daß sich auch die deutsche Industrie, die Zukunft dieses Spezialgebietes der Galvanotechnik erkennend, mit der ihr eigenen Gründlichkeit der Verchromung angenommen hat und sie bereits vielfach verwendet. Es wäre falsch, wollte man durch die Verchromung etwa die Vernicklung allenthalben ersetzen, — man wird stets prüfen müssen, für welche Zwecke die Verchromung verwendbar ist, wo sie gegenüber der auf höchster Vollendung angelangten Vernicklungsindustrie mit Erfolg vorgezogen werden kann. Von verschiedenen Seiten wird die patentrechtliche Frage dazu ausgenützt, eine gewisse Unsicherheit in diejenigen Kreise hineinzutragen, welche sich für das Verchromungsverfahren interessieren. Es befassen sich leider auch Firmen mit der Errichtung von Verchromungsanlagen, denen die nötige Erfahrung auf dem Spezialgebiet der Galvanotechnik abgeht oder die glauben, sich über den Schutz, der durch die Patentämter für neue Erfindungen gewährt wird, hinwegsetzen zu können. Um jeder Unannehmlichkeit aus dem Wege zu gehen, empfiehlt es sich daher, sich ausschließlich an erfahrene, renommierte Spezialfirmen für Galvanotechnik zu halten, wenn man sich eine Verchromungsanlage beschaffen will. Die einschlägige Patentliteratur ist äußerst kompliziert und kann nur von einem mit der Galvanotechnik durchaus vertrauten Fachmann richtig gewertet werden. Die nachfolgenden Ausführungen dürften geeignet sein, allen denjenigen, welche eingehenden Aufschluß über das Verchromen von Metallgegenständen zu erhalten wünschen, einen Einblick in dieses Verfahren zu verschaffen.

Leipzig, im Juni 1926.

Dr. W. Pfanhauser.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Geschichtliches	I
Eigenschaften und Vorzüge der Chromniederschläge	2
Die Chrombäder und Einrichtungen an diesen	3
Die eigentlichen Elektrolyte und deren Konstanten.	3
Stromverhältnisse beim Verchromen	4
Anoden für Chrombäder (Hilfs- oder Wanderanoden)	5
Zusammensetzung und Korrektur der Chrombäder	6
Wahl der Badgröße	7
Badgefäße und Ansetzen der Bäder	8
Die Stromquellen für Chrombäder	8
Die Badnebel und deren Absaugung	II
Wiedergewinnung der abgesaugten Chrombadteilchen	13
Die Arbeitsweise der Chrombäder	13
Vorgang bei der Chromabscheidung	13
Stromausbeute beim Verchromen	15
Die Schichtdicke der Chromniederschläge	17
Die Form der Chromabscheidung	17
Tiefenwirkung und Maßnahmen hierzu	18
Zwischenlagen vor der Chromabscheidung, Korrosionsschutz	19
Prüfen auf Rostsicherheit	19
Fehlerhafte Niederschläge	20
Abziehen mißlungener Chromüberzüge	21
Nachbehandlung verchromter Gegenstände	21
Technische Ausführung des Verchromens	22
Vorbereitung der zu verchromenden Gegenstände	22
Kontaktgebung	24
Stromblenden zur Verhütung des Anbrennens der Ränder	24
Das Verchromen von Gußstücken	25
Besondere Anwendungsgebiete der Verchromung	25
Das Polieren vor und nach dem Verchromen	28
Kalkulation der Verchromungskosten	30
Die Patentfrage	33

Geschichtliches.

Die Entdeckung des Chrommetalls gebührt Vauquelin im Jahre 1797, der diesem der Eisengruppe zugehörigen Metall auch den Namen gab. 1854 stellte Bunsen durch Elektrolyse einer kochenden chloridhaltigen Chromchlorürlösung erstmalig reines Chrom in Form spröder blanker Blättchen her. 1898 Auf thermochemischen Wege stellte 1895 Moissan und 1898 Goldschmidt reines Chrom für Legierungszwecke in Blockform her. Die elektrolytischen Prozesse, die darauf hinzielten, Chrom für Legierungszwecke in größerem Maßstabe zu gewinnen, mußten gegen das Goldschmidt-Verfahren zurücktreten, weil die mit der Elektrolyse verbundenen Herstellungskosten viel zu hoch lagen. Als erfolgreiche Forscher seien u. a. Glaser, Cowper-Coles, Carveth und Mott, Ferrée, Le Blanc Placet und Bonnet genannt, welche Sulfat- oder Chloridlösungen verwendeten bei durchweg hohen Kathodenstromdichten von 5—10 Amp/qdm und dementsprechend hohen Badspannungen. Die von diesen Forschern erhaltenen Chromniederschläge waren aber stets außerordentlich brüchig und rollten während der Niederschlagsarbeit von selbst ab. Für galvanotechnische Zwecke waren begreiflicherweise diese Methoden wertlos, und erst 1906 wurde die Frage der galvanotechnischen Verchromung durch Salzer, Chemiker bei der Firma Dr. G. Langbein & Co., Leipzig, der Vorgängerin der heutigen Langbein-Pfanhauser-Werke A.-G. Leipzig-Wien, gelöst. Das Verfahren wurde durch die D.R.P. 221 472 und Zus.-P. Nr. 225 769 in Deutschland geschützt. 1901—1920 arbeitete George J. Sargent mit großem Erfolg an der elektrolytischen Chromabscheidung und verdanken wir ihm viel interessante Mitteilungen über seine Arbeiten, die er unter der Leitung von Prof. W. D. Bancroft abschloß und in einem Vortrag, gehalten auf der 37. General-Versammlung der American Electrochemical Society am 8. April 1920 in Boston veröffentlichte. (Siehe Transactions of the American Electrochemical Society Vol. XXXVII, 1920, S. 479ff.)

Von dieser Zeit an stieg das Interesse an den durch Elektrolyse wässriger Lösungen hergestellten Chromüberzügen, besonders die amerikanische Industrie ging bald dazu über, Gegenstände aller Art zu verchromen, zumal man erkannte, daß verchromte Metallflächen in vieler Hinsicht große Vorteile im praktischen Gebrauch zeigen.

Auch in Deutschland wurde das vollkommen in Vergessenheit geratene Verchromungsverfahren Mode, und es beschäftigten sich auch hier eine ganze Reihe von Forschern mit mehr oder weniger Erfolg mit der Vervollkommnung dieses Verfahrens. Hierher gehören Namen wie Grube, Liebreich, Müller, und schließlich die Langbein-Pfanhauser-Werke, welche durch Dr. W. Würker den Weg fanden, um den vorzugsweise unter Verwendung von Chromsäure arbeitenden Chrombädern zu der für galvanotechnische Zwecke nötigen Tiefenwirkung beim Verchromen profilierter Gegenstände zu verhelfen. Praktisch im großen ausführbar wurde das Verchromungsverfahren erst, nachdem es gelang, die beim Verchromen sich entwickelnden Badnebel einwandfrei und ohne den Betrieb zu behindern, zu entfernen, was durch eine Konstruktion des Verfassers gelang. Die diesbezüglichen Schutzrechte, die in den meisten Kultur-

staaten bereits durchgeführt sind, liegen in den Händen der Langbein-Pfanhauser Werke A.-G. Leipzig-Wien. Nachdem durch die letztangeführten äußerst wichtigen Erfindungen auf dem Gebiete der Verchromung eine Anwendungsmöglichkeit größten Stiles vorhanden ist, handelt es sich derzeit nur noch darum, den immerhin im Vergleich zu metallischem Nickel noch hohen Preis des Chroms zu senken, um die Verchromung zu verbilligen und deren Anwendung in der Galvanotechnik zu verallgemeinern. Teilweise wird Chrom als Erz in Deutschland gefunden, doch ist Deutschland bei steigendem Bedarf darauf angewiesen, diese Erze als Ausgangsprodukt für die Chromsäureherstellung zu importieren. Die kürzlich bei Montana in den U.S.A. erschlossenen enormen Chromerzvorkommen sind dazu angetan, den Weltmarktpreis des Chroms bedeutend zu senken, so daß bei Eintreten einer solchen Preisermäßigung des Chroms die Chromplattierung in der Metallindustrie immer steigende Anwendung finden wird.

Eigenschaften und Vorzüge der Chromniederschläge.

Chromniederschläge lassen sich in jeder gewünschten Stärke herstellen, von hauchdünnen Auflagen bis zu einigen Millimetern Dicke.

Chromniederschläge besitzen eine, keinem anderen elektrolytischen Metallniederschlag innewohnende, enorme Härte. Die Härte bei einigermaßen starker Schicht entspricht der des Korund. Verchromte Gegenstände sind daher außerordentlich widerstandsfähig gegen mechanische Beanspruchungen, im praktischen Gebrauch daher so gut wie unabnutzbar.

Chromniederschläge haften außerordentlich fest auf der metallischen Unterlage, doch muß, um dieses Festhaften auf die Dauer zu gewährleisten, Vorsorge getroffen werden, daß die Unterlage frei von Poren ist, da sonst Korrosion durch in solchen Materialporen zurückgehaltene Flüssigkeitsteilchen eintreten kann. Besonders bei gegossenen Materialien sind daher Zwischenlagen von geeigneten korrosionsschützenden Metallniederschlägen vor der Verchromung aufzutragen, um vorher solche Poren zu schließen.

Chromniederschläge sind sehr hitzebeständig, in stärkeren Schichten aufgetragen, hält die Chromschicht Temperaturen von 600—800 Grad Celsius aus, ohne nennenswerte Veränderung der blanken Oberfläche zu zeigen. Anlauffarben treten erst bei höheren Temperaturen ein. Der Schmelzpunkt des elektrolytisch abgeschiedenen reinen Chroms liegt fast bei 2000 Grad Celsius.

Chromniederschläge sind wetterbeständig, laufen weder an der Luft noch durch Gase oder Dämpfe an, werden nie blind und brauchen daher nie geputzt zu werden.

Chromniederschläge sind alkali- und säurebeständig, sie widerstehen dem Angriff aller Substanzen, ausgenommen heißer starker Schwefelsäure und Halogensäuren. Salzlösungen aller Art, Seewasser usw. wirken in keiner Weise ein.

Chromniederschläge wirken rostschtzend, wenn in ausreichender Stärke aufgetragen. Speziell in Verbindung mit einem Verfahren der Langbein-Pfanhauser-Werke A.-G. nach D.R.P. zur Herstellung rostsicherer elektrolytischer Metallüberzüge kann man einen einwandfreien Rostschutz bei dem anerkannt schönen Aussehen verchromter Flächen erhalten.

Chromniederschläge zeigen eine silberähnlich bläulichweiße Farbe, ähnlich poliertem Platin, ein Effekt, der dem verchromten Gegenstände dauernd erhalten bleibt.

Chromniederschläge können vielfach so dünn gehalten werden, daß sie nicht teurer zu stehen kommen als eine gleichwertige Vernicklung, ohne daß ihre Haltbarkeit gefährdet wird.

Chromniederschläge lassen sich mit der Unterlage zusammen stanzen und drücken, — ein Löten ist jedoch nicht möglich, wie auch ein anderer galvanischer Metallniederschlag auf einer verchromten Unterlage nicht haftet.

Die Chrombäder und Einrichtungen an diesen.

Die eigentlichen Elektrolyte und deren Konstanten.

Als einzig brauchbare Elektrolyte zur Erzielung einwandfreier, technisch brauchbarer Chromniederschläge haben sich nur die Bäder erwiesen, welche aus Chromsäure angesetzt sind, ohne diesen wesentliche Zusätze zu machen. Der ursprüngliche Elektrolyt Salzers bestand aus einem Gemisch von Chromsäure, in welchem Chromoxyd aufgekocht wurde, und zwar verwendete er auf 2 Teile Chromsäure 1 Teil Chromoxyd. Es war hierbei gleichgültig, ob als Chromoxyd das im Handel befindliche grüne Produkt verwendet wurde, oder ob frischgefälltes Chromhydrat Anwendung fand. Von dem technischen Chromoxyd löste sich auch bei intensivem Kochen immer nur ein bestimmter Bruchteil auf, und die so erhaltene Lösung diente Salzer als Ausgangsmaterial für seine Chrombäder. Später setzte Salzer, gemäß seinem Zusatzpatent 225769, noch Chromsulfat zu, und Verfasser stellte fest, daß durch Zusatz freier fremder Säuren in geringfügiger Menge eine Verbesserung in der Wirkungsweise der Chrombäder beobachtet werden konnte und verwendete hierzu einige Tropfen Schwefelsäure oder etwas Borsäure. Analog der bekannten Wirkung freier Säure in Nickelbädern, stellte sich in dem Salzerschen Bad dieser Säurezusatz als sehr wirkungsvoll heraus und wurde vom Verfasser auch bereits im Jahre 1910 in der 5. Auflage seines Lehrbuches der Galvanotechnik erwähnt.

Das Bad nach Sargent, der schon früher als Salzer und unabhängig von diesem seine Studien an Chrombädern machte, besteht nur aus Chromsäure mit einem kleinen Zusatz von Chromsulfat, und zwar verwendete er die in Amerika bekannte C. P. Chromsäure von Baker bzw. von Baker & Adamson. Es ist dies eine Chromsäure, ähnlich der in Deutschland erhältlichen technischen reinen Chromsäure, die aber nicht verwechselt werden darf mit der Chromsäure, wie sie etwa zu galvanischen Elementen Verwendung findet. Sargent fand als günstigste Konzentration bei seinen Arbeiten den Gehalt von 300 Gramm dieser Chromsäure bei einem Zusatz von $2\frac{1}{2}$ —5 g Chromsulfat pro Liter.

Nach dem Verfahren der Langbein-Pfanhauser-Werke, D.R.P. a., wird ebenfalls technisch reine Chromsäure verwendet mit einem geringfügigen Zusatz von Fremdmetallsalzen, durch welche die bisher den Chrombädern mangelnde Tiefenwirkung bis zu einem bedeutenden Grade erreicht wird. Die normale Temperatur der Chrombäder ist etwa Zimmertemperatur, die Bäder erwärmen sich jedoch nach und nach, und oftmals wird auch mit Absicht die Temperatur der Chrombäder auf 35—40° von vornherein eingestellt zum Zwecke der Abscheidung einer glänzenden Chromschicht, wenn vorher das zu verchromende Metallstück vorpoliert wurde. Beim Glanzverchromen polierter Eisen- und Stahlteile geht man mit der Badtemperatur bis 45° C. Die Konzentration der Chrombäder nach den Vorschriften der L.P.W. liegt zwischen 32° und 33° Bé, wenn die Spindelung bei Zimmertemperatur von ca. 20° C vorgenommen wird. Bei höherer Temperatur er-

scheint natürlich die Dichte der Bäder kleiner und darf die Angabe des Aräometers immer nur bei Zimmertemperatur berücksichtigt werden. Chrombäder haben, wenn sie vorwiegend aus Chromsäure bestehen, ein außerordentlich gutes Leitvermögen, und bei dem kleinen elektrischen Widerstand dieser Lösungen ist es auch nur begreiflich, daß bei den verhältnismäßig hohen Stromdichten, bei denen verchromt werden muß, um einwandfreie Niederschläge zu erhalten, eine verhältnismäßig niedere Badspannung angewandt werden kann.

Stromverhältnisse beim Verchromen.

Das Augenmerk der L.P.W. war stets darauf gerichtet, die Chrombäder so zu präparieren, daß schon mit verhältnismäßig niederen Stromdichten und der dementsprechend niederen Badspannung eine gute Chromabscheidung ermöglicht wird. Das Produkt Stromdichte und Spannung gibt den Wattverbrauch, der für das Verchromen pro qdm Warenoberfläche in der Kalkulation Berücksichtigung finden muß. Es ist gelungen, bereits mit Stromdichten von ca. 2 Ampere zu verchromen, doch gilt diese Stromdichte nur dort, wo es sich um kleinere Flächen handelt bzw. um flache Gegenstände, die also keine nennenswerte Profilierung zeigen. Die von anderer Seite gemeldeten Angaben, daß bei solch kleinen Stromdichten der Wasserstoffgehalt des abgeschiedenen Chroms geringer sei als bei Stromdichten von 5—10 Ampere, sind unrichtig. Auch ist es falsch, daß ein Abplatzen des Chrombelages durch den im Niederschlag enthaltenen fest gebundenen und nach einiger Zeit entweichenden Wasserstoff veranlaßt wird. Solche Erscheinungen beruhen vielmehr auf Korrosion als Folge einer nicht genügend das Grundmetall deckenden, zu schwachen Chromschicht. Gerade durch zu kleine Stromdichten werden also solche Korrosionserscheinungen veranlaßt. Wie später erwähnt werden wird (s. Kapitel: Die Arbeitsweise der Chrombäder), ist eine gute Chromabscheidung in metallischer Form, frei von Oxyden, von der Einhaltung einer Minimalstromdichte abhängig. Es muß also beim Verchromen stets darauf geachtet werden, daß an allen Flächenpartien der zu verchromenden Gegenstände diese Minimalstromdichte von 2 Ampere mindestens vorherrscht. Eine solche Stromdichte erfordert bei normaler Elektrodenentfernung von etwa 15 cm, das ist die Entfernung zwischen Anode und den zu verchromenden Gegenständen im Bade, eine Badspannung von ca. 3 Volt. Bei großflächigen Gegenständen muß die Stromdichte höher gehalten werden, sonst würden die in der Mitte der großen Flächen liegenden Partien unverchromt bleiben, was mit dem Spannungsabfalle innerhalb des Materiales des zu verchromenden Gegenstandes, schließlich auch mit den Kontaktverhältnissen zusammenhängt. Es ist ferner begreiflich, daß bei Erhöhung der Stromdichte, wie man sie bei solch größeren Flächen anwenden muß, die Badspannung dementsprechend steigt. So gilt für eine Stromdichte von 5 Ampere pro qdm im Durchschnitt die Badspannung von ca. 3,5—4 Volt, bei 10 Ampere werden $5\frac{1}{2}$ —6 Volt Badspannung benötigt. Es empfiehlt sich aus diesem Grunde, wenn verschiedenartige Gegenstände zum Verchromen vorkommen, die Stromquelle hinsichtlich der Amperezahl, aber auch hinsichtlich der Klemmenspannung reichlich zu wählen. Man unterscheidet ferner auch den Strombedarf pro qdm beim Verchromen von Eisen- und Stahlgegenständen und beim Verchromen von Kupfer und dessen Legierungen, wie Messing, Alpaka, Bronze usw. Da Eisen und Stahl bei Berührung mit Chromsäure sofort passiv werden, ein Auflösen des zu verchromenden Metallstückes aus Eisen und Stahl ohne Strom im Bade also nicht zu befürchten ist, kann man diese Gegenstände, auch wenn es sich um profiliertere Stücke handelt, schon mit kleineren Stromdichten, also mit kleinerem Wattverbrauch verchromen als Kupfer und dessen Legierungen, welche von der Chrom-

säure, speziell wenn sie in erwärmtem Zustande verwendet wird, angegriffen und gelöst werden. Es muß also beim Verchromen von Kupfer und dessen Legierungen, wenn man in erwärmter Lösung arbeitet, von vornherein schon ein höheres Potential auf die zu verchromenden Gegenstände gedrückt werden, d. h. man muß bei höherer Badspannung die notwendige höhere Stromdichte einstellen. In dieser Hinsicht ergibt die Praxis des Verchromens sehr bald alle diejenigen Bedingungen, bei deren Einhaltung einwandfreie Resultate erzielt werden.

Anoden für Chrombäder (Hilfs- oder Wanderanoden).

Als Anoden eignen sich am besten Spezial-Bleianoden, und zwar sollen sie, je nach der Länge, mit der sie ins Bad eintauchen, 2—5 mm stark sein, um auch entlang der Anoden einen möglichst kleinen Spannungsabfall innerhalb der Lösung zu erhalten, was ja allein eine gleichmäßige Stromverteilung im Bad zwischen Anoden und den zu verchromenden Gegenständen verbürgt. Die Anoden müssen einwandfrei mit der Anodenleitungsarmatur verschraubt sein und gleich nach Einfüllen der Badlösung positiv polarisiert werden. Dies macht man in der Weise, daß man auf die Kathodenstange des Bades Metallbleche hängt und dann etwa $\frac{1}{2}$ Stunde lang starken Strom wirken läßt. Die Bleianoden überziehen sich dann mit einem unlöslichen oxydischen Überzug, der das Blei vor weiterem Angriff durch die Chromsäure schützt. In gleicher Weise werden andere Bleiarmaturen, wie Bleischlangen, mit Blei überzogene Badwärmer und dergleichen polarisiert, indem man sie am besten dauernd mit dem Anodenpol des Bades durch entsprechende Verbindungsleitungen verbindet. Andernfalls würde die Chromsäure das Blei nach und nach in Bleichromat verwandeln und solche Bleiteile zerstören. Es werden aus diesem Grunde jetzt auch vielfach zum Zwecke der Erwärmung der Bäder oder zum Abkühlen neuere Legierungen verwendet, um die Zerstörung solcher im Bade liegender Teile, auch wenn sie anodisch verbunden sind, zu verhüten. Die Fläche der Bleianoden soll ungefähr halb so groß sein wie die der zu verchromenden Gegenstände, keinesfalls kleiner als diesem Verhältnis entspricht, lieber etwas größer.

Man muß jedoch stets darauf achten, daß die Anodenfläche nicht zu groß ist, weil sonst, speziell wenn kleinere Gegenstände einer großen Anodenfläche gegenüberhängen, die Stromlinienstreuung sich sehr unliebsam bemerkbar macht, indem bei längerer Einhängedauer die Gegenstände an besonders exponierten Stellen überschlagen, matt werden, oder, wie der technische Ausdruck in der Galvanotechnik heißt „anbrennen“.

Es ist beim Verchromen, mehr wie bei jeder anderen Galvanisierungsmethode, nötig, auf einen möglichst gleichmäßigen Abstand zwischen Waren und Anoden zu achten, und zwar deshalb, weil, wie später dargetan wird, die Eigenart der elektrolytischen Chromabscheidung die Einhaltung einer gewissen Minimalstromdichte an der Kathode verlangt, so daß überhaupt kein Chrom an solchen Punkten der Ware abgeschieden wird, wo die Stromdichte unter dieses Minimum sinkt. Bei der kleinen Stromlinienstreuung, die trotz aller Maßnahmen in Chrombädern im Vergleich zu Nickelbädern immerhin besteht, muß man also für eine Gleichmäßigkeit des Anodenabstandes Vorsorge treffen. Bei Hohlkörpern oder anderen Gegenständen, bei denen die Stromlinienstreuung im Bade nicht mehr ausreicht, um eine einwandfreie Verchromung herbeizuführen, greift man deshalb zu Hilfsanoden oder zu Hand- oder Wanderanoden. Diese Hilfsanoden können auf der Wareneinhängevorrichtung (isoliert) angebracht werden, um mit dem Gegenstand zusammen ins Chrombad eingetaucht zu werden, nachdem schon vorher, außerhalb des Bades, die richtige, geeignete Lage der Hilfsanode festgestellt wurde. Man verbindet dann die Hilfsanode aus Blei mittels Kabel mit

der Anodenleitung des Bades und schließt nach Einsetzen der Warenträger und der daran befestigten Ware und Hilfsanode den Badstromkreis. Für schwächere Verchromungen genügt es auch, wenn man von Hand solche Hilfsanoden im Bade in richtiger Lage zum beispielsweise hohlen Gegenstand hält und das obere, aus dem Bade herausragende Ende der Anoden mit der Anodenleitung des Bades verbindet. Solche Hilfsanoden wurden zu Wanderanoden, wenn man sie von Hand oder maschinell im Bade der Ware entlang wandern läßt, wenn z. B. ein längerer rinnenartiger Körper im Innern mit einer solchen Hilfswanderanode verchromt werden soll.

Zusammensetzung und Korrektur der Chrombäder.

Da die Chrombäder mit unlöslichen Anoden arbeiten und es sich keinesfalls empfiehlt, lösliche Chromanoden, wie sie von mancher Seite empfohlen werden, zu verwenden, wird das abgeschiedene Chrom, das man auf die Gegenstände aufträgt, lediglich aus dem Bade selbst entnommen, und der Chromgehalt des Bades an metallischem Chrom sinkt entsprechend der angewandten Amperestundenzahl, die durch das Bad hindurchgegangen ist. Je intensiver ein Chrombad während der Betriebszeit ausgenutzt wird, je größer also die Strombelastung pro Liter Bad ist, desto mehr verarmt das Bad an metallischem Chrom, obschon die Chrombäder, wenn sie nach den Vorschriften der L.P.W. angesetzt sind, ein ganz bedeutendes Reservoir an metallischem Chrom darstellen. Es ist eine Begleiterscheinung bei der elektrolytischen Chromabscheidung, die sich nun einmal nicht ändern läßt, daß bei der kathodischen Abscheidung des metallischen Chroms aus der Chromsäure sich nebenbei ein Reduktionsvorgang an der Kathode abspielt, wobei immer ein Bruchteil der im Bade befindlichen Chromsäure zu Chrom-Chromat reduziert wird. Wird aber mit unlöslichen Anoden gearbeitet und die Anodenstromdichte richtig eingehalten, so daß sie etwa 10 Ampere pro qdm beträgt, keinesfalls mehr, dann wird das an der Kathode sich bildende Reduktionsprodukt, Chrom-Chromat genannt, an der Anode wieder zu Chromsäure oxydiert, d. h. die Bäder bleiben dann bei einem verhältnismäßig geringen Gehalt an Chrom-Chromat, der nicht schadet, in ihrer Zusammensetzung unverändert bzw. es verringert sich dann nur der Gehalt an Chromsäure im Verhältnis des beim Verchromen an den Waren abgeschiedenen Chroms. Wenn die Arbeitsverhältnisse gemäß den Vorschriften, die die L.P.W. für das Verchromen jeweils herausgeben, pünktlich eingehalten werden, dann steigt der Gehalt an Chrom-Chromat in den Bädern selten über 20 g pro Liter, und dieser Gehalt an Chrom-Chromat ist erfahrungsgemäß auf das gute Funktionieren der Chrombäder ohne jeden Einfluß. Wichtig dagegen ist, daß das Gesamtverhältnis zwischen Chromsäure und Chrom-Chromat sich nicht zu sehr verschiebt, und deshalb ist auf Konstanzhaltung des Chromsäuregehaltes in den Chrombädern besonders zu achten; denn wenn vergessen wird, die Chrombäder zu verstärken, nachdem einmal eine größere Menge metallisches Chrom daraus abgeschieden und solcherart dem Chrombad entzogen wurde, ist naturgemäß das Verhältnis zwischen dem restlichen Gehalt an Chromsäure und dem durch Reduktion erhaltenen Chrom-Chromat im Bade ungünstiger geworden. Es sei im nachstehenden eine Tabelle eingefügt, aus der hervorgeht, wie bei den einzelnen Beaumé-Graden, wenn diese bei Zimmertemperatur gemessen sind, der Chromgehalt des Bades sich verändert, und in der letzten Spalte ist der dann erforderliche Zusatz pro 100 Liter Bad an Verstärkungssalz angegeben, wenn die Konzentration des Bades, in Beaumé-Graden gemessen, gesunken ist.

Die Verhältnisse stellen sich wie folgt:

Wenn das Chrombad bei 20° C spindelt	enthält das Bad per 100 l an metall. Chrom	Zur Wiederherstellung der Konzentration von 33° Bé ist pro 100 l Bad an Ver- stärkungssalz zuzusetzen
° Bé	kg	kg
33	22,5	—
31	20,7	3,5
29	19,0	7,0
27	17,25	10,5
25	15,5	14,0

Irgendwelche Zusätze anderer Art als das von den L.P.W. vorgeschriebene Verstärkungssalz für Chrombäder sind unbedingt zu vermeiden. Sollte einmal ein Bad den Dienst versagen, trotzdem die Konzentration auf der normalen Höhe erhalten wurde, dann ist das betreffende Bad genau zu analysieren und der Gehalt an Chrom-Chromat zu bestimmen. Ist durch unrichtiges Arbeiten der Chrom-Chromatgehalt im Verhältnis zum Chromsäuregehalt zu hoch geworden, dann wird am besten ein Teil des Bades herausgenommen, ein entsprechender Anteil reines Wasser zugefügt und so viel Chrombad-Verstärkungssalz zugefügt, bis der ursprüngliche Konzentrationsgrad des Bades wieder erreicht ist. Diese Untersuchungen kann natürlich nur ein Laboratorium ausführen. Die L.P.W. verfügen seit langem über eine sichere Untersuchungsmethode. Von Chrombädern, die den Dienst versagen, wird am besten zwecks Untersuchung eine Badprobe an das Laboratorium der genannten Firma eingesandt.

Wahl der Badgröße.

Die Badgröße bestimmt sich natürlich durch die größten zur Verchromung gelangenden Gegenstände. Man muß damit rechnen, daß oberhalb des Badniveaus mindestens 10 cm freier Raum bis zur Kante des Badgefäßes verbleiben muß, und ebenso sollen die zu verchromenden Gegenstände nicht bis auf den Boden der Wanne reichen, sondern von der untersten Kante der im Bade hängenden Gegenstände bis zur Bodenfläche des Bades sollen 10—15 cm Raum verbleiben. Kleinere Gegenstände werden am besten auf einem gemeinsamen Gestänge auf einmal in das Bad gebracht. Es empfiehlt sich, Gegenstände komplizierterer Art, die man mit höherer Badspannung, also mit höherer Stromdichte „decken“ soll, einzeln im Bade zu behandeln oder eine Anzahl gleichartiger Gegenstände gleichzeitig in das Bad einzusetzen, um auf diese Weise allen Gegenständen die gleichartige Behandlungsweise beim Verchromen durch das Decken mit stärkerem Strom zuteil werden zu lassen. Solche Gegenstände komplizierterer Form, wie Kannen, Scheinwerfer mit großer Höhlung, kastenartige Gefäße mit Ecken im Innern, die man nur noch mit Hilfsanoden behandeln kann, bedingen die Verwendung verhältnismäßig kleiner Bäder, da man in einem größeren bereits teilweise beschickten Bad diese besondere Deckungsmethode mit stärkerem Strom mit nachfolgendem Abschwächen auf das normale Maß mit Hilfe des Regulators nicht beim sukzessiven Einhängen eines jeden Gegenstandes wiederholen kann. Sonst würden die schon einmal mit der hohen Stromdichte gedeckten, zuerst eingehängten Gegenstände einen außerordentlich starken Stromstoß erhalten und Gefahr laufen, anzubrennen.

Es ist daher in jedem einzelnen Falle, je nach dem zu verchromenden Gegenstand oder nach der Auswahl der vorkommenden Gegenstände des betreffenden Betriebes, zu entscheiden, wie man die Größe der Bäder am praktischsten wählt, um das Maximum an Leistung bei bequemer Handhabung der Bäder herausarbeiten zu können. Im allgemeinen empfiehlt es sich, lieber eine größere Anzahl

kleinerer Bäder aufzustellen als eine kleine Anzahl großer Bäder, wenn nicht, wie schon erwähnt, das Vorhandensein besonders groß dimensionierter Gegenstände zur Wahl entsprechend großer Badgefäße drängt.

Badgefäße und Ansetzen der Bäder.

Als Badgefäße dienen am besten bei kleinen Wannen solche aus Steinzeug, die man zum Schutze gegen das Zerspringen in ein autogen geschweißtes Eisengefäß einstellt. Größere Badgefäße, wie sie die L.P.W. schon bis zu 6 m Länge für diese Zwecke geliefert haben, werden aus autogen geschweißtem Eisenblech mit innerer säurebeständiger Auslegung ausgeführt. Diese letztere Arbeitsweise des Auslegens solcher Wannen kann nur durch einen Spezialfachmann erfolgen und auch nur an Ort und Stelle, weil solche Wannen nicht transportabel sind, da die säurefeste Auslegung im Innern dieser Gefäße durch die unvermeidlichen Stöße auf dem Transport schadhafte würden. — Durch unrichtige Wahl von Badgefäßen seitens nicht genügend orientierter Installationsfirmen ist schon mancher Schaden an Leib und Gut in solchen Betrieben entstanden, da die Chromsäure ein äußerst stark oxydierendes, ätzendes Material darstellt, das, ähnlich wie Schwefelsäure, alles Organische zerstört und zerfrisst.

Beim Ansetzen der Bäder, welche von den L.P.W. stets in trockener Form geliefert werden, ist besonders darauf zu achten, daß die Bäder, die etwas über 30° Bé schwer sind, beim Ansetzen dauernd und häufig durchmischt und durchgerührt werden müssen. Die schwere Lösung des an sich leicht löslichen Chrombadsalzes bleibt allzugern unvermischt am Boden der Gefäße liegen. Wird nun die obere Badschicht mit dem Aerometer gemessen, nachdem das Salz aufgelöst wurde, so wird meistens irrtümlich angenommen, daß das Chrombad nicht die notwendige und in der Anleitungsvorschrift angegebene Konzentration zeige.

Dies rührt immer daher, daß die Lösung nicht genügend durchmischt ist, das Bad ist oben dünner als am Boden, weil die schwere Chrombadlösung unvermischt noch am Boden des Badgefäßes liegt. Ist Druckluft in einem Betrieb vorhanden, so empfiehlt es sich, mit einem Eisenrohr, an einem Gummischlauch befestigt, Druckluft am Boden der Wanne einzuführen und einige Zeit die Luft durchzuleiten, das Rohr von einer Seite der Wanne zur anderen führend, so daß eine innige Vermischung der ganzen Badlösung in kurzer Zeit ermöglicht wird. Das Auflösen der von den L.P.W. zum Bereiten der Chrombäder gelieferten Salze Teil I und Teil II erfolgt in etwas angewärmtem Wasser bei etwa 40—50° C, wobei sich die Salze restlos und schnell lösen.

Zum Anschluß der Heizschlangen verwenden die L.P.W. Isolationsmuffen D.R.G.M., um zu verhindern, daß bei Anwesenheit mehrerer Bäder Strom von einem zum anderen Bad durch die gemeinsame Rohrleitung gelangt, wodurch Störungen in der Arbeit des Verchromens eintreten könnten. Chrombäder läßt man stets räumlich getrennt von anderen, speziell von Nickelbädern, weil schon Spuren von Chrombadlösung die Nickelbäder verderben.

Die Stromquellen für Chrombäder.

Am geeignetsten sind Nebenschluß-Niederspannungs-Dynamos zur Speisung der Chrombäder, weil sie sich am besten in ihrer Klemmenspannung regulieren lassen. Die modernen Niederspannungs-Dynamos, wie solche in Fig. 2 abgebildet ist, werden behufs funkenfreier Stromabgabe und um keinerlei Verstellung der stromabnehmenden Kupferkohlenbürsten zwischen Leerlauf und Vollast vornehmen zu müssen, um bei jeder Belastung funkenfreie Kommu-

tierung zu erhalten, mit Wendepolen, die Kollektoren mit Ausgleichwicklungen versehen.

Je nach Größe der Bäder und je nach Form und Größe der in den Bädern unterzubringenden Gegenstände, müssen die Dynamos für entsprechend große Stromstärke (Ampere) vorgesehen werden.

Im allgemeinen kann man mit einer Arbeitsstromstärke von 5—10 Ampere pro qdm zu verchromender Oberfläche rechnen und mit einer Klemmenspannung von 3—4 Volt am Bade. Da man aber stets mit einem gewissen Spannungsverlust in der Hauptleitung zwischen Dynamo und den Bädern rechnen muß, hält man für normale Verchromungsanlagen die Klemmenspannung an der Dynamo auf 5—6 Volt. Einwandfreie Verchromungsergebnisse hängen von der genauen und dauernden Einhaltung der Stromverhältnisse ab. Konstanter

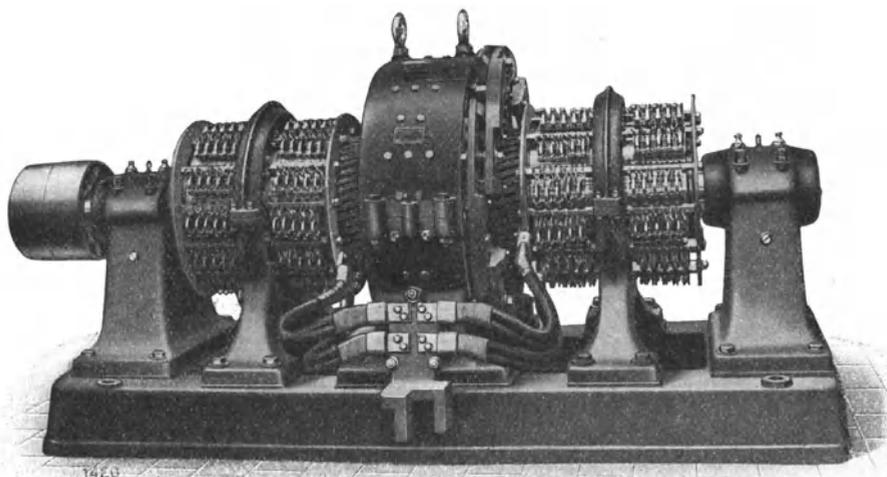


Fig. 2.

Niederspannungs-Dynamomaschine Type ED 45 mit Wendepolen und Kupferkohlenbürsten für eine Leistung von 6 Volt 7500 Ampere bei 580 Umdrehungen.

Strom aus einer Niederspannungs-Dynamo bedingt aber eine konstante Tourenzahl derselben, deshalb empfiehlt es sich, die in den Verchromungsanstalten verwendeten Niederspannungs-Dynamos mit direkt gekoppelten Antriebsmotoren zu sogenannten Aggregaten zu vereinen. Fig. 3 zeigt ein solches Maschinenaggregat für eine normale Leistung von 10000 Ampere bei 6 Volt Klemmenspannung.

Die Gesamtleistung der stromliefernden Dynamos muß sich nach dem Gesamtbedarf aller gleichzeitig im Betrieb befindlichen Chrombäder richten. Wenn nun in dem einen oder anderen Bad infolge Eigenart der zu verchromenden Gegenstände mit besonders starkem Strom gedeckt werden muß, so hat man bei Projektierung der Stromquelle für solche Bäder als Badstrom das Produkt aus erhöhter Stromdichte und Oberfläche der darin gleichzeitig zu verchromenden Gegenstände anzusetzen. Will man z. B. in einem der Chrombäder Gegenstände von 100 qdm wirksamer Oberfläche gleichzeitig mit einer Stromdichte von 15 Ampere decken, so muß man für ein solches Chrombad einen, wenn auch nur vorübergehenden Strombedarf von $100 \times 15 = 1500$ Ampere ansetzen. Nachdem man solcherart „gedeckt hat“, schwächt man mittels vorausberechneter Badstromregulatoren

die Betriebsstromstärke auf das entsprechende Maß ab, etwa auf 5 Ampere/qdm, auf eine Stromdichte, welche geeignet ist, gemäß der Tabelle für die Niederschlagschichten in einer vorher festgesetzten Zeit die verlangte Chromschicht zu

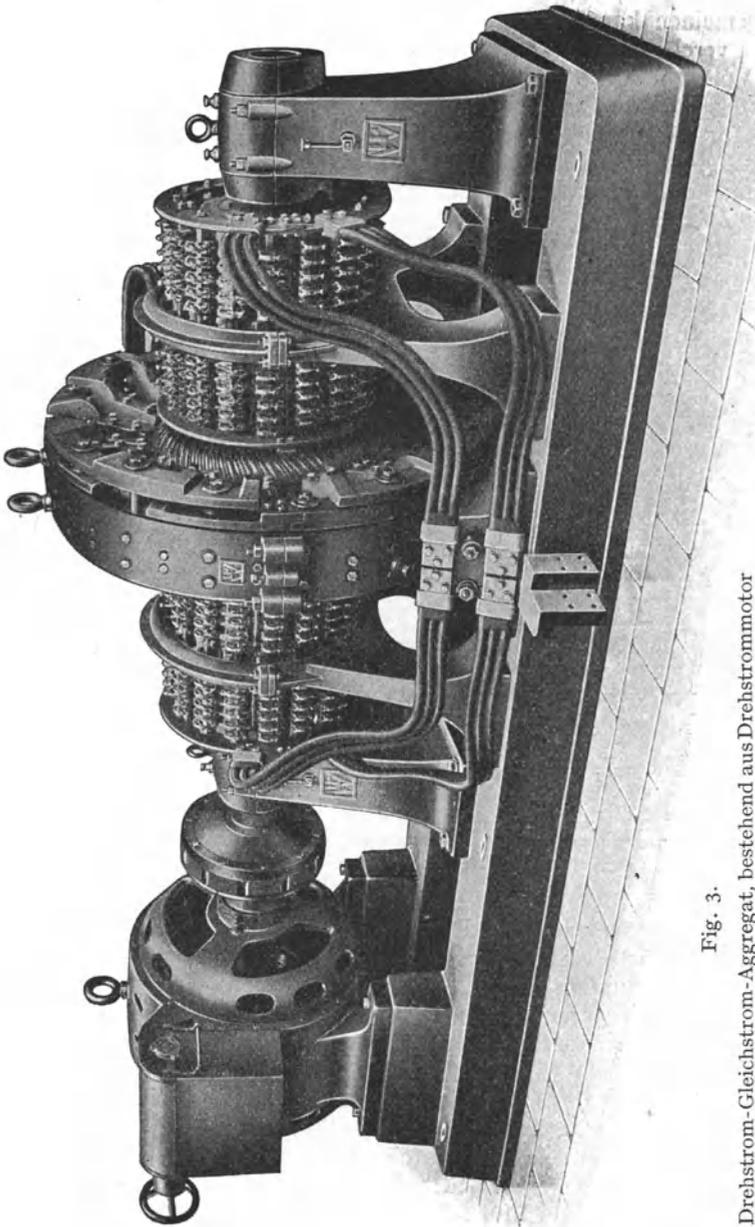


Fig. 3.

Drehstrom-Gleichstrom-Aggregat, bestehend aus Drehstrommotor auf gemeinsamer Grundplatte flexibel gekuppelt mit Niederspannungs-Dynamomaschine Type ED 65 mit Wendepolen und Kupferkohlenbürsten für eine Leistung von 6 Volt 10000 Ampere.

erhalten. Gesetzt den Fall, es seien drei Chrombäder in Betrieb, und es sollen darin auf einmal 3×100 qdm profilierte Gegenstände aus Messing verchromt werden, dann wäre die stromliefernde Dynamo für eine Gesamtstromstärke von $3 \times 1500 = 4500$ Ampere vorzusehen, um gleichzeitig in allen drei Bädern mit hoher Strom-

dichte decken zu können. Kurz nach erfolgtem Decken braucht man aber nur noch $3 \times 500 = 1500$ Ampere. Wollte man so arbeiten, so käme man stets zu großen und zu teuren Stromquellen. Arbeitet man aber so, daß man zuerst ein Bad beschickt, hierauf mittels des an diesem Bad angeordneten Badstromregulators auf 500 Ampere herabreguliert, dann das zweite Bad beschickt mit einem Intervall von 1—2 Minuten, so ist dann die Stromstärke $500 + 1500 = 2000$ Ampere, um nach Herabregulierung im zweiten Bad auf 1000 Ampere zu kommen. Wird dann, wieder, mit einem Intervall von 1—2 Minuten, das dritte Bad ebenso beschickt, so gelangt man, da indessen die beiden ersten Bäder auf eine Stromstärke von zusammen 1000 Ampere eingestellt wurden, auf eine maximale Stromstärke von 2500 Ampere, welche man aber auch nur vorübergehend beansprucht, weil nach erfolgtem Decken im dritten Bade schließlich auch dort mittels des Badstromregulators auf 500 Ampere herabreguliert wird. Um in jedem einzelnen Bad mit solch höheren Stromdichten decken zu können, muß man auch jeweils eine höhere Badspannung, je nach Größe der Ware und Höhe der beim Decken anzuwendenden Stromdichte, 6—7 Volt und mehr verwenden. Die Dynamo muß also für solche Fälle mit einer Gesamtstromleistung von 2500 Ampere gebaut sein.

Man sieht, daß schon bei einer Belastung pro Bad mit je einer Warenfläche von 100 qdm = 1 qm die Dynamo um 1000 Ampere = $66\frac{2}{3}\%$ höhere Stromleistung abgeben können muß als dauernd (1500 Ampere) benötigt werden. Die Verhältnisse werden sofort günstiger, wenn man die Anlage so einrichten kann, daß jedesmal nur etwa 25 oder 50 qdm gedeckt werden müssen, wie sich jedermann auf Grund vorstehender Rechnung leicht überzeugen kann. Bei gleichartigen Gegenständen, die man in größerer Menge gleichzeitig zu verchromen hat, ist es also wirtschaftlicher, eine größere Anzahl kleiner Bäder als wenige große Bäder zu verwenden. Natürlich muß jedes Bad mit einer eigenen Schalttafel, enthaltend den zum Bad gehörigen Badstromregulator und den dazugehörigen Meßinstrumenten, ausgerüstet sein, um jedes Bad unabhängig von den anderen Bädern regulieren zu können. Für einfache glatte Gegenstände liegt die Sache naturgemäß einfacher, weil ein „Decken“ überhaupt nicht in Frage kommt und sofort mit der vorausbestimmten Stromdichte von 1,5, 2 oder mehr Ampere/qdm gearbeitet werden kann. Die Projektierung von Stromquellen für Verchromungsanstalten muß immer in Verbindung mit einem Fachmann vorgenommen werden, der nach genauer Information, was und wie verchromt werden soll, die Einteilung der Bäder, die Berechnung der Badstromregulatoren und die Feststellung der Dynamoleistung nach Ampere und Volt vorzunehmen hat.

Die Badnebel und deren Absaugung.

Wie wir im Kapitel „Vorgang bei der Chromabscheidung“ und im Kapitel „Stromausbeute beim Verchromen“ sehen werden, geht der Vorgang der Chromabscheidung in wässriger Lösung stets parallel mit einer intensiven Gasentwicklung vor sich, weil 70—80% des angewendeten Stromes an der Kathode zur Entwicklung von Wasserstoff verbraucht wird und nur 20—30%, je nach Temperatur des angewendeten Elektrolyten, nach der angewendeten Stromdichte usw., für die eigentliche Fällung des metallischen Chroms zwecks Verchromung der eingehängten Metallgegenstände nutzbar wird. Diese Gasentwicklung beruht außerdem auf den zum Verchromen erforderlichen, verhältnismäßig hohen Stromdichten. Da es sich immerhin um eine verhältnismäßig konzentrierte Lösung handelt, veranlaßt diese Gasentwicklung ein Emporreißen der Chromflüssigkeit über den Badspiegel. Dadurch entstehen, von der Badoberfläche ausgehend, ganz fein verteilte Nebel von Chrombadflüssigkeit, welche, wenn sie mit den

Schleimhäuten von Nase und Mund in Berührung kommen, die unangenehmsten Erkrankungserscheinungen im Gefolge haben. Solange man nicht imstande war, restlos und sicher diese gefährlichen Chrombadnebel zu entfernen, waren Erkrankungsfälle an der Tagesordnung, ja es kamen sogar Fälle vor, wo, von der Nasenschleimhaut ausgehend, die ganze Zwischenwand der Nase der an den Chrombädern arbeitenden Leute durchgefressen wurde. Verfasser hat nun eine Einrichtung erfunden und sich schützen lassen, welche diese Badnebel vollständig entfernt, so daß ein Arbeiten an den Chrombädern heute bei Verwendung dieser Vorrichtung ebenso sicher und unschädlich ist wie das Arbeiten an anderen galvanischen Bädern.

Wie die nachstehende Fig. 4 zeigt, liegt über dem Wannenrand ein Rahmen zum Tragen der Leitungsarmatur aus Flachkupfer mit entsprechender Schraubenarmierung, um einerseits die Anoden, andererseits die im Bade hängenden zu verchromenden Gegenstände daran mit sicherem Kontakt zu befestigen. Unterhalb dieser Leitungsarmatur, direkt über denjenigen Stellen, wo sich durch die Elektrolyse der Chrombadflüssigkeit, und zwar an der Anode Sauerstoff,

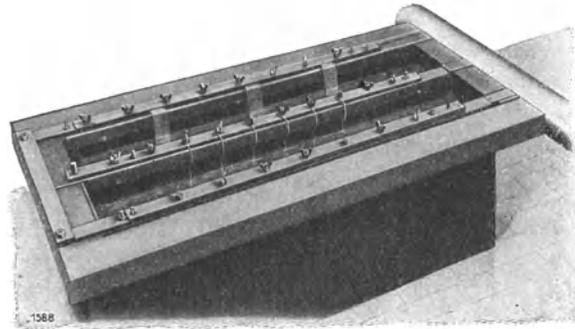


Fig. 4.

Patent-Absauge-Vorrichtung der Langbein-Pfanhauser-Werke A.-G.

an der Kathode Wasserstoff entwickeln (diese Gase verursachen das Mitnehmen der Badflüssigkeit in Form von Badnebeln), ist eine sicher wirkende Absaugeeinrichtung angeordnet, dergestalt, daß durch diese Saugrohrleitungen das Arbeiten im Chrombade selbst nicht behindert wird. Dies ist ein wesentlicher Vorteil dieser Absaugeeinrichtung, die außerdem geeignet ist, auch bei den längsten und breitesten Bädern den sicheren Erfolg zu verbürgen, weil das Absaugen der gefährlichen Gase und Badnebel direkt oberhalb derjenigen Stellen vor sich geht, wo dieselben entstehen. Dunstauffangdächer mit Ventilatoren an der oberen Seite kann man natürlich nur bei kleineren Versuchsbädern verwenden, bei Bädern im praktischen Betriebe jedoch, wo man oft schwere Gegenstände von oben her einhängen muß und außerdem nötig hat, die Arbeitsweise im Bade von allen Seiten zu beobachten, sind solche Dunstauffangdächer mit Abzug nicht zu gebrauchen. Ein besonderer Vorteil kommt dieser den Langbein-Pfanhauser-Werken A.-G. geschützten Absaugevorrichtung auch deshalb zu, weil es nur damit möglich ist, die beiden Gase, die an den Elektroden des Chrombades entstehen, erforderlichenfalls auch getrennt absaugen zu können, d. h. man kann durch einen Exhaustor an den Kathodenstangen den Wasserstoff, an den Anodenstangen dagegen den Sauerstoff absaugen und so verhindern, daß sich die beiden Gase zu Knallgas mischen. Dieses ist bekanntlich eines der explosivsten Gase, das sich andernfalls an der Badoberfläche ansammeln würde und

beispielsweise beim Herausheben eines Gegenstandes infolge des Öffnungsfunkens an der Einhängestelle explodieren könnte. Die Gewerbeinspektionen schreiben deshalb beim Arbeiten an Chrombädern diese unbedingt erforderlichen Absaugevorrichtungen vor. Das Absaugen geschieht entlang der ganzen Badlänge, und da jede einzelne Elektrodenstange, einerlei, ob es eine positive oder eine negative Stange ist, ein solches Absaugrohr erhält, kann man auch jedes beliebig große Chrombad nunmehr gefahrlos betreiben. Bei längeren Bädern sind die Öffnungen der Absaugerohre einstellbar, um eine gleichmäßige Absaugung auf der ganzen Länge des Bades durchzuführen. Kürzere Bäder bis zu etwa 2 m erhalten die Absaugeleitung derartig, daß an einem Ende des Bades durch Sammelrohre die Gase zu einem Exhaustor geleitet und unschädlich gemacht werden. Bei besonders langen Bädern empfiehlt es sich, die Absaugeleitung in der Mitte des Bades zu trennen und an jeder Stirnseite eines solch langen Bades einen besonderen Exhaustor anzubringen.

Wiedergewinnung der abgesaugten Chrombadteilchen.

Die Exhaustoren, die man zum Absaugen dieser Chrombadnebel und Gase verwendet, müssen von genügender Leistungsfähigkeit sein, um das Absaugen mit Sicherheit durchzuführen. Die mitgerissene Luft erhält dadurch eine ganz bedeutende Geschwindigkeit, und es werden natürlich sehr viele Chrombadpartikelchen mit in die Absaugeleitung gerissen. Deshalb bringen die Langbein-Pfanhauser-Werke an ihren Chrombädern sogenannte Abscheider an, in welchen sich, nachdem sich die durch die Absaugeleitung hindurchgesaugte Luft hinter dem Exhaustor beruhigt hat, die einzelnen Chrombadteilchen, die ja sehr schwer sind, sammeln und an einer tiefer liegenden Stelle abgezogen werden können, um sie dem Chrombade wiederum zuzuführen. Dadurch wird ein Verlust an Chrombadflüssigkeit vermieden.

Die Arbeitsweise der Chrombäder.

Vorgang bei der Chromabscheidung.

Über die Natur der eigentlichen Chromabscheidung war man, obschon man brauchbare Bäder für die Verchromung zur Verfügung hatte, doch nicht ganz im klaren, und die diesbezüglichen wissenschaftlichen Arbeiten gehen bezüglich der Erklärung des eigentlichen Vorganges bei der Chromabscheidung sehr auseinander. Tatsache ist, daß erst von einer gewissen Stromdichte an in einem normalen Chrombade metallisches Chrom zur Ausscheidung gelangt, und zwar parallel mit einer bedeutenden Gasentwicklung. Solange keine Gasentwicklung an der Kathode infolge zu kleinen Kathodenpotentials stattfindet, wird lediglich Chromsäure zu niederen Oxyden reduziert. Erst mit Einsetzen der Wasserstoffentwicklung hört diese Reduktion zu niederen Oxyden auf, und es tritt an ihre Stelle die Chromabscheidung in metallischer Form. Besonderes Verdienst, die diesbezüglichen Verhältnisse geklärt zu haben, gebührt Herrn Professor Dr. Erich Müller, Dresden, der in dieser für die Galvanotechnik sehr wichtigen Angelegenheit mit den Langbein-Pfanhauser-Werken gemeinsam gearbeitet hat, nachdem er sich bereits früher mit den einschlägigen Verhältnissen bei der Elektrolyse der Chromsäure eingehend befaßte. Aus den Versuchen Müllers geht hervor, daß nur bei niedrigem Kathodenpotential, wo noch keine Wasserstoffentwicklung und also keine Chromabscheidung erfolgt, eine Reduktion der Chromsäure zu Oxyden stattfindet. Jedoch schon bei Potentialen, bei denen Wasserstoffent-

wicklung einsetzt, geht diese Reduktion der Chromsäure zu Oxyden auf ein Minimum zurück und hört gänzlich auf, wenn das Potential zum Chromabscheidungs-wert angestiegen ist. Professor Müller schreibt hierzu:

„Für die Abscheidung des Chroms ist es also nicht nötig, daß ein Anteil der Chromsäure zuvor in niedrigere Oxyde verwandelt wird, wenn man gleich genügend hohe Stromdichten anwendet, sondern die Chromsäure wird direkt zu Chrommetall reduziert.

Dieses Verhalten der Chromsäure, daß sie direkt zu Metall reduzierbar ist, ist außerordentlich merkwürdig. Bei ihrer so außerordentlich hohen Oxydations- und daher Depolarisationskraft sollte man erwarten, daß sie das Kathodenpotential gar nicht zu den Werten ansteigen läßt, die zur Metallabscheidung nötig sind.

Der Grund ist folgender. Vor vielen Jahren wurde bereits (durch Professor Müller) gezeigt (siehe z. B. Zeitschrift für Elektrochemie 7, S. 398), daß bei der Elektrolyse der Alkalichloride das gebildete Hypochlorit dadurch völlig vor Reduktion an der Kathode geschützt werden kann, daß man bei Gegenwart von etwas Kaliumchromat elektrolysiert. Es ließ sich weiter zeigen, daß dessen eigentümliche Wirkung darauf beruht, daß es in ganz geringem Maße reduziert wird und daß ein dabei gebildetes Oxyd, vermutlich chromsaurer Chromoxyd, als nichtleitendes Diaphragma die Kathode überzieht, so daß die ClO^- -Ionen nicht mehr auf die polarisierte Kathode treffen können, ebensowenig können das die CrO_4^{2-} -Ionen des Kaliumchromates tun, so daß das Kaliumchromat kathodisch (wenigstens nicht in neutraler Lösung und an festen Elektroden) überhaupt nicht reduzierbar ist, weil der Vorgang seiner elektrolytischen Reduktion in sich eine Bremsvorrichtung besitzt; denn der Stoff, der dabei entsteht, unterbindet die weitere Reduktion.

Dieselben Erscheinungen treten hier bei der Chromsäure während der Elektrolyse ein, nur mit dem Unterschied, daß die freie Chromsäure Chromoxyd oder chromsaurer Chromoxyd zu lösen vermag.

Wenn man eine Kathode in Chromsäure mehr und mehr polarisiert, so findet bei dem Reduktionspotential $\text{Cr}(6) = \text{Cr}(3)$ Stromdurchgang statt — erster Stromanstieg —, indem das evtl. gebildete Chromoxyd oder -hydroxyd oder Chromi-Ion mit der überschüssigen Chromsäure eine lösliche Verbindung bildet — Chromi-Chromat genannt. Mit steigender Polarisierung und Stromstärke wächst nun das Verhältnis $\text{Cr}(3) : \text{Cr}(6)$ an der Kathode bis zu einem Betrage, bei dem unlösliches Chromi-Chromat gefällt wird und dieses als nichtleitendes Diaphragma die Kathode überzieht, von dessen Haftfestigkeit offenbar der nicht genau reproduzierbare Verlauf der Stromspannungskurve herrührt. Dieses Diaphragma bedingt den sprunghaften Rückgang der Stromstärke und das Emporschnellen des Kathodenpotentials bei einer bestimmten polarisierenden Spannung, und es findet erneut Stromdurchgang statt, wenn das Potential erreicht ist, bei dem ein neuer Vorgang, nämlich die Entladung der H-Ionen, einsetzen kann und ihm sich bei noch höheren Potentialen die Abscheidung des Chroms hinzugesellt.

Es ist klar, daß, wenn die Chromsäure-Ionen nicht mehr — gehindert durch das Diaphragma — an die Kathode gelangen können, daß dann auch die Reduktion zu Metall nicht erfolgen kann, es sei denn, daß zuvor das Diaphragma zerstört wird. Das Diaphragmenoxyd hat eine bestimmte, wenn auch jedenfalls minime Löslichkeit und bedingt eine bestimmte Chrom-Ionen-Konzentration. Steigt das Kathodenpotential auf einen Wert, der hinreicht, um Chrom-Ionen solch geringer Konzentration zu Metall zu entladen, dann muß das Diaphragma verschwinden: Der nichtleitende Kathodenüberzug wird in einen leitenden übergeführt, an dem sich, weil mit dem Grundmetall der Kathode metallisch verbunden, nunmehr die Entladungsvorgänge abspielen. Von diesem Moment ab

treffen also die Chromsäure-Ionen wieder auf die metallische Kathode. Da das Potential, bei dem sie zu Oxyd reduziert werden, längst, und das Potential, bei dem letzteres zu Metall reduziert wird, eben überschritten ist, findet nun ihre direkte Reduktion zu Metall statt. Von diesem Moment ab kommt es mithin gar nicht mehr, auch nicht intermediär, zu einer Oxydbildung auf der Kathode, die ja sofort zur Diaphragmenbildung führen würde. Denn sofern nur das Potential überschritten ist, bei dem Chrom-Ionen von einer Konzentration, wie sie eine mit dem Diaphragmenoxyd gesättigte Lösung zeigt, entladen werden, können diese Chrom-Ionen auch nicht in solcher Konzentration auftreten, daß das Löslichkeitsprodukt dieses Oxydes überschritten wird.

Diese Betrachtungen waren nötig, um zu zeigen, daß auch, unabhängig von der Diaphragmenhypothese, folgendes feststeht:

1. Die Versuche zeigen, daß während der Elektrolyse der Chromsäure, wenn Chrom abgeschieden wird, keine niederen Oxyde im Elektrolyten gebildet werden.

2. Die theoretischen Überlegungen lehren, daß auch die Annahme der intermediären Bildung niederer Oxyde auf der Kathode als Vorbedingung für die Chromabscheidung nicht zulässig ist.

Denn, um es noch einmal hervorzuheben:

Wer annimmt, daß das Chrom immer erst dadurch entsteht, daß sich zunächst Chromoxyd auf der Kathode abscheidet und erst dieses zu Metall reduziert wird, der muß auch annehmen, daß

a) die Chrom-Ionen-Konzentration an der Kathode größer ist, als dem Löslichkeitsprodukt des Oxydes entspricht, denn sonst könnte sich kein Oxyd bilden;

b) die Chrom-Ionen-Konzentration an der Kathode kleiner ist, als dem Löslichkeitsprodukt des Oxydes entspricht. Denn nur ein solcher Polarisationszustand gestattet die Abscheidung des Metalls aus dem Oxyd.

Beides kann nicht gleichzeitig zutreffen. Und da die Tatsache der Metallabscheidung besteht, die b) beweist, so muß die Annahme zu a), d. h. die primäre Bildung von Oxyd auf der Kathode, falsch sein.

Mithin wird während der elektrolytischen Abscheidung des Chroms aus der Chromsäure kein Oxyd, auch nicht intermediär, auf der Kathode gebildet. Die Abscheidung des Metalls erfolgt direkt aus der Chromsäure.“

Durch diese Beweisführung Prof. Müllers ist man nunmehr über den ganzen Vorgang der Chromabscheidung theoretisch im klaren, und alle anderen Erklärungen oder diesbezüglich genommenen Patente sind wertlos, da sie auf vollkommen falschen Grundlagen aufgebaut sind.

Erwähnt sei schließlich, daß sich Eisen und Stahl, Kupfer, Messing, Bronze, Alpaka, Blei, Zinn und Zink teils direkt, teils über eine Metallzwischenlage von Nickel verchromen lassen, Aluminium dagegen auf die Dauer nur eine bedingt haltbare Verchromung gestattet.

Die Stromausbeute beim Verchromen.

Entgegen den meisten galvanischen Prozessen, bei denen an der Kathode Metall abgeschieden wird, wobei die Stromausbeute, die effektiv zur Abscheidung von Metallen verwendet wird, zwischen 70 und 100% liegt, haben wir bei der Chromabscheidung eine verhältnismäßig kleine Ausbeute, und zwar wechselt diese bei konstanter Badzusammensetzung hauptsächlich mit der angewendeten Temperatur. Je höher die Stromdichte ist, um so größer ist gleichzeitig bei der

gleichen Temperatur die kathodische Stromausbeute an Metall. Im allgemeinen kann man nur mit einer Stromausbeute zwischen 12 und 25% rechnen. Die Ausbeutekurve verläuft bei den einzelnen Badtemperaturen wie nachstehend dargestellt (siehe Fig. 5).

Das Chrom wird in jedem Falle aus seiner 6-wertigen Form abgeschieden und das theoretische Abscheidungsäquivalent pro Amperestunde ist ca. 0,32 g. Bei einer Ausbeute von z. B. 20% wird also pro Amperestunde nur 0,064 g metallisches Chrom abgeschieden, bei 30% Stromausbeute dagegen ca. 0,096 g per Amperestunde.

Je nach der Arbeitsbedingung variiert aber die Stromausbeute. Die pro Am-

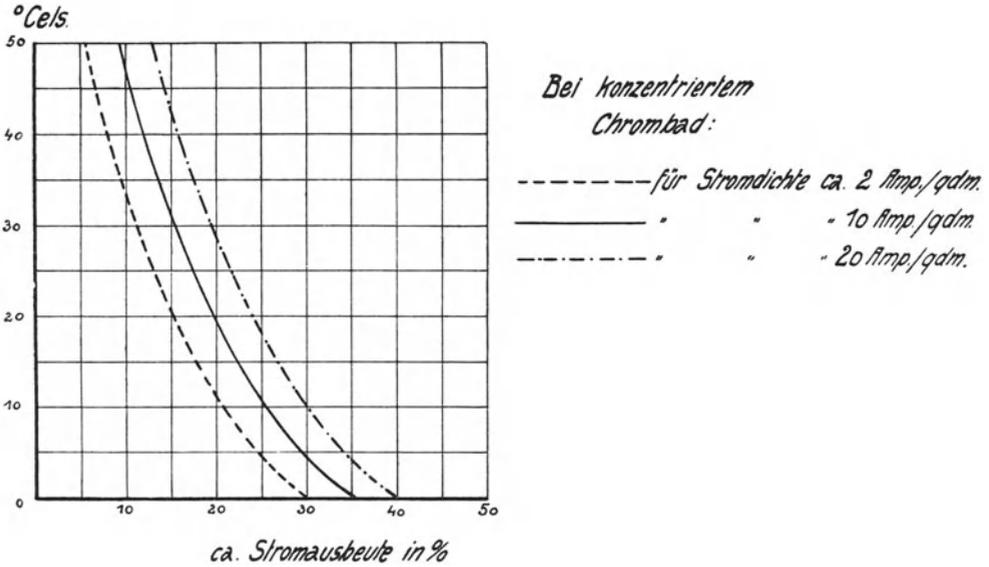


Fig. 5.

perestunde abgeschiedenen Mengen an Chrom sind aus nachstehender Aufstellung zu entnehmen.

Bei einer Stromausbeute von %	scheidet 1 Amp./Std. an metall. Chrom in g aus
7	0,0225
9	0,0290
12	0,0385
13	0,0417
15	0,0481
18	0,0580
20	0,0644
25	0,0805
30	0,0965
40	0,1290

Dementsprechend sind die Schichtdicken an abgeschiedenem Chrom verhältnismäßig klein, und erst durch Anwendung höherer Stromdichten kann man in verhältnismäßig kürzerer Zeit nennenswerte und meßbare Chromschichten herstellen.

Die Schichtdicke der Chromniederschläge.

Die nachstehenden Tabellen zeigen für die einzelnen Stromdichten die in der Zeit von $1/2$, 1, $1\frac{1}{2}$, 2, 4 und 8 Stunden erzielbaren Niederschlagsstärken an metallischem Chrom je nach angewandter Badtemperatur. Das spezifische Gewicht des Chroms ist mit 6,5 angenommen.

I. Angewendete Badtemperatur 20° C.

Strom- dichte Amp./qdm	Strom- ausbeute in %	Niederschlagsdicke in mm nach					
		$1/2$ Std.	1 Std.	$1\frac{1}{2}$ Std.	2 Std.	4 Std.	8 Std.
2	15	0,00075	0,00155	0,00180	0,0031 0,00241	0,0062	0,0124
5	18	0,00223	0,00446	0,00669	0,00892	0,01784	0,0356
10	20	0,0049	0,0098	0,0147	0,0196	0,0392	0,0784
15	25	0,0092	0,0184	0,0276	0,0368	0,0736	0,1472

II. Angewendete Badtemperatur 35° C.

Strom- dichte Amp./qdm	Strom- ausbeute in %	Niederschlagsdicke in mm nach					
		$1/2$ Std.	1 Std.	$1\frac{1}{2}$ Std.	2 Std.	4 Std.	8 Std.
2	12	0,00059	0,00119	0,00178	0,00238	0,00476	0,00952
5	13	0,00161	0,00322	0,00483	0,00644	0,01288	0,02576
10	15	0,00374	0,00748	0,01122	0,01596	0,03192	0,06384
15	20	0,0075	0,0150	0,0225	0,0300	0,0600	0,1200

III. Angewendete Badtemperatur 45° C.

Strom- dichte Amp./qdm	Strom- ausbeute in %	Niederschlagsdicke in mm nach					
		$1/2$ Std.	1 Std.	$1\frac{1}{2}$ Std.	2 Std.	4 Std.	8 Std.
2	7	0,00034	0,00069	0,00103	0,00138	0,00276	0,00552
5	9	0,00111	0,00222	0,00333	0,00444	0,00888	0,01776
10	12	0,00296	0,00592	0,00888	0,01184	0,02368	0,04736
15	15	0,00455	0,00910	0,01365	0,01820	0,03640	0,07280

Im allgemeinen genügt auf Handelsartikeln eine $1/2$ stündige Verchromung bei einer Stromdichte von etwa 5 Ampere. Wird diese Stromdichte z. B. bei flachen und kleineren Gegenständen niedriger gehalten, dann muß selbstverständlich dementsprechend die Verchromungsdauer in gleichem Maßstabe vergrößert werden. Wie weit man hierbei zu gehen hat, hängt ganz von dem beabsichtigten Zweck ab, doch sei bemerkt, daß die besondere Härte der Chromniederschläge erfahrungsgemäß erst eintritt, wenn man mit einer Stromdichte von etwa 5 Ampere $3/4$ Stunde bis 1 Stunde verchromt. Niederschläge von kleinerer Dicke zeigen diese große Härte noch nicht, und deshalb empfiehlt es sich auch, mit der Chromabscheidung nicht zu sparsam zu sein, wenn man sämtliche Vorteile der Verchromung erzielen will.

Die Form der Chromabscheidung.

In kleinerer Schichtdicke wird das Chrom auf jeden Fall, speziell wenn man auf Kupfer, Messing und anderen Kupferlegierungen Chrom abscheidet, in glänzender Form erfolgen, wenn der zu verchromende Gegenstand vorher bereits eine polierte Oberfläche gezeigt hat. Erhöht man aber die Temperatur des Bades auf etwa 35—40° C, dann kann man auch bei längerer Verchromung in 1—2 Stun-

den einen glänzenden Chromüberzug auf vorher glänzend polierter Metallunterlage auch bei der durch die längere Verchromungsdauer bewirkten größeren Schicht der Chromablagerung erhalten. Bemerkenswert ist, daß die Chromabscheidung auf Eisen und Stahl auch bei kleineren Schichtdicken dann matt ausfällt, wenn das Chrombad kalt verwendet wird, bei etwa 20° C. Unstreitig ist die matte Form der Chromabscheidung mit einer besonderen Härte gleichbedeutend. Diese Härte kann so weit getrieben werden, daß das abgeschiedene Metall nicht mehr auf der Unterlage fest haftet und infolge innerer Spannung des Chromniederschlags stellenweise abblättert und abspringt. Es sind also beim Verchromen, wenn man glänzende Verchromung erhalten will, bei stärkeren Niederschlägen die Temperaturverhältnisse genau zu beobachten, keinesfalls aber soll man das Bad über 40° C wesentlich erhöhen, weil sonst die Stromausbeute zu sehr sinkt und außerdem die Streuung der Stromlinien, also die Tiefenwirkung, bei höherer Temperatur zurückgeht.

Tiefenwirkung und Maßnahmen hierzu.

Es ist bereits erwähnt worden, daß die Tiefenwirkung, durch die Stromlinienstreuung im Chrombade bedingt, mit steigender Temperatur sinkt. Wo es sich also darum handelt, besondere Tiefenwirkung zu erzielen, darf man nicht übermäßig hohe Badtemperaturen anwenden.

Wir wissen ferner, daß eine Chromabscheidung aus Chromsäure, aus der die Chrombäder vorwiegend bestehen, erst bei einem Minimalpotential an der Kathode einsetzt, d. h. daß die Stromdichte an der Kathode an keiner Stelle unter 2 Ampere pro qdm sinken darf. Berücksichtigt man bei profilierten Gegenständen, z. B. bei rohrartigen Objekten, daß bei Vermeidung von Hilfsanoden und selbst bei hohen Stromdichten der Hauptteil des Stromes an den vorstehenden Kanten und den für den Strom leicht zugänglichen Außenflächen angreift, so ist es leicht erklärlich, daß in tiefer liegenden Partien die Stromdichte unter dieses vorerwähnte Minimum sinkt und von denjenigen Stellen ab, wo die Stromdichte unter dieses erlaubte Minimum herabgeht, wird dann überhaupt kein metallisches Chrom zur Abscheidung kommen. Nun vertragen die Chrombäder auf kürzere Zeit ganz bedeutende Stromdichten, und man arbeitet daher bei nicht allzu stark profilierten oder hohlen Gegenständen, wo man noch keine Hilfsanoden oder Innenanoden verwenden will, in der Weise, daß man zunächst 10—15 Sekunden lang einen ganz starken Strom zur Anwendung bringt, man sagt „man deckt mit starkem Strom“. Je nach Form und Größe des Gegenstandes geht man damit auf etwa 10—15 Ampere pro qdm ausmeßbare Gesamtfläche und reduziert dann den Badstrom so, daß wieder die normale Stromdichte eintritt. Hierbei wird bei normaler Elektrodenentfernung zum Decken 5—6 Volt, bei größeren Gegenständen oft auch bis 8—9 Volt zur Anwendung gebracht, jedoch, wie schon erwähnt, nur auf etwa 10—15 Sekunden, um dann mittels eines geeigneten Badstromregulators auf die normale Badspannung von 3—4 Volt herabzugehen. Über die Tiefenwirkung beim Verchromen profilierter Gegenstände, wobei auch die Verhältnisse beim Verchromen porösen Gusses gleichartig getroffen werden, gibt H. E. Haring in „The Metal Industry and the Iron Foundry vom 2. Oktober 1925 sehr beachtenswerte Erklärungen wie folgt: „Beim Verchromen ist es im allgemeinen wünschenswert, und bei Stahl, Nickel und anderen Metallen ist es unbedingt erforderlich, daß die Ware unter Strom ins Bad gehängt wird. Die erwähnten Metalle werden passiv, wenn sie mit Chromsäure in Kontakt kommen, ohne daß Strom durch das Bad geht. Um Chrom niederzuschlagen, ist es erforderlich, daß das Kathodenpotential mindestens so stark negativ gehalten wird, wie das statische Potential vom aktiven Chrom. Das Potential des passiven Chroms ist ca. 1 Volt positiver als das des aktiven Metalles, daher wird ca. 1 Volt

höhere Spannung benötigt, um Chrom auf passivem Metall abzuscheiden gegenüber aktivem Metall. Wird der Strom dem Gegenstand erst zugeführt, nachdem derselbe bereits von Chromsäure umgeben ist, so werden diejenigen Oberflächenteile, welche dazu neigen, von hohen Stromdichten bestrahlt zu werden, zunächst „aktiviert“, erhalten daher zuerst einen Chromniederschlag. Es ist dann leichter, diese Teile bei 1 Volt kleinerer Spannung weiter zu verchromen als die passiven Flächen, die sich noch nicht im Niederschlagskreis befinden. Daraus folgt, daß Chrom nur auf den Flächen höchster Stromdichte abgeschieden wird.

Es ist bereits bekannt, daß man diese Erscheinung als schlechte Streuung bezeichnet. Wird jedoch die zu verchromende Ware unter Kontakt mit dem negativen Pol der Stromquelle ins Bad gebracht, so kann keine Passivierung des Grundmetalles eintreten, und man bemerkt eine bessere Tiefenwirkung. Selbst bei größeren flachen Kathoden, wie sie im Bureau of Engraving and Printing verchromt wurden, muß dies beachtet werden, weil sonst große Teile der flachen Platten nicht mit Chrom gedeckt werden.“ Den Langbein-Pfanhauser-Werken ist es gelungen, durch einen eigenartigen Zusatz zur Chrombadflüssigkeit diese bisher störenden Erscheinungen einer allzu kleinen Tiefenwirkung bis zu einem gewissen Grade zu beseitigen, so daß man mit dem Verchromungsbad D.R.P. a. der Langbein-Pfanhauser-Werke größte Gegenstände ohne Hilfsanode verchromen kann, die man mit anderen Bädern nicht verchromen könnte.

Zwischenlagen vor der Chromabscheidung.

Es ist, wie bei jedem galvanischen Prozeß, bekannt, daß die Chromabscheidung in Form eines netzartigen Gefüges vor sich geht und daß dieses Netz von einzelnen Metallkristallen sich immer mehr und mehr schließt zu einer kompakten zusammenhängenden Schicht, je dicker diese Schicht aufgetragen wird. Wird diese Schichtdicke nicht erreicht, dann bleiben mikroskopische Poren vorhanden, durch welche einerseits korrodierende Flüssigkeiten oder Gase, die das Grundmetall angreifen können, eindringen, oder aber es bleiben mikroskopische Teilchen der Chrombadflüssigkeit in diesen Poren sitzen, welche zu einer Korrosion des Grundmetalles nach geraumer Zeit Anlaß geben und von diesen Stellen aus das an sich außerordentlich fest auf der Unterlage haftende Chrom abheben und den solcherart verchromten Gegenstand unansehnlich machen. Diese Korrosionswirkung tritt naturgemäß hauptsächlich bei porösen Materialien auf, vorzugsweise bei gegossenem Material. Die Langbein-Pfanhauser-Werke haben daher in Vorschlag gebracht, eine solche Korrosion dadurch zu vermeiden, daß man solche Gegenstände vorher mit einem starken, in sich vollkommen dichten Nickelniederschlag aus einer besonderen Nickelbadlösung deckt und hierauf erst die oberflächliche Verchromung ausführt. Dies hat noch den weiteren Vorteil, daß man nicht nötig hat, den Gegenstand vorher so auf Hochglanz vorzupolieren, wie dies beim direkten Verchromen nötig ist. Die Vernicklung erhält hierbei eine Schichtdicke von 0,025 bis zu 0,05 mm, welches sich in bekannter Weise leicht polieren läßt, auch wenn die Unterlage des Grundmetalles nicht auf Hochglanz vorpoliert war. Diese vernickelte und dann später noch auf Hochglanz polierte Fläche kann man dann in gewöhnlicher Weise verchromen, wobei im allgemeinen eine Verchromungsdauer schon von $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Stunde ausreichend ist. Diese Arbeitsweise ist unter der Bezeichnung „Chrom-Nickelplattierung“ vielfach in Gebrauch.

Prüfen auf Rostsicherheit.

Die Rostsicherheit der Verchromung ist, ähnlich wie bei der Vernicklung, nur dann gegeben, wenn die Verchromung stark genug ist. Man kann diese Rost-

sicherheit aber auch dadurch herbeiführen, wenn man mit dem an sich teuren Chrom sparen will, daß man zunächst nach dem Verfahren der Langbein-Pfanhauser-Werke D.R.P. eine Zwischenlage vor der Verchromung ausführt und dann eine etwa $\frac{1}{2}$ stündige Verchromung folgen läßt. Der Rostschutz wird dann nicht durch die Verchromung bedingt, sondern durch die vorher aufgetragene Rostschutz-Zwischenlage. Man kann solche Gegenstände dann in bequemer Weise auf Rostsicherheit prüfen, wenn man sie etwa 24—48 Stunden in destilliertes Wasser legt, bekanntlich der schärfste Angriff auf ungesichertes Eisen, wobei sich sofort an Stellen, wo der Rostschutz nicht vorhanden ist, punktweise Rostflecken bilden. Alle anderen Methoden, die Rostsicherheit zu prüfen, wie sie beispielsweise in Amerika üblich sind, sind viel langwieriger und können nicht dazu dienen, in so kurzer Zeit, wie die Rostprobe mit destilliertem Wasser, die Brauchbarkeit der rost sicher verchromten Gegenstände zu prüfen.

Fehlerhafte Niederschläge.

Die technische Ausführung des Verchromens erfordert eine genaue Kenntnis des einschlägigen Vorgangs in den Bädern; deshalb unterhalten die Langbein-Pfanhauser-Werke A.-G. eine eigene, gut ausgerüstete Musteranlage, wo diejenigen Unternehmungen, die mit einer L.P.W.-Verchromungsanlage arbeiten wollen, sich mit der Praxis und Eigenart der Verchromung vertraut machen können. Wie zu allen gebrauchstechnischen Prozessen, gehört zum Verchromen eine gewisse Übung, und ein verständiger Galvanotechniker wird nach einigen Tagen Unterweisung das Verchromen der in seinem Betrieb vorkommenden Gegenstände mit Sicherheit beherrschen.

Die häufigst vorkommenden Fehler beim Verchromen sind Chromniederschläge, welche stellenweise so matt aus dem Bade kommen, daß sie so gut wie nicht zu polieren sind. Die Ursache ist meist zu tiefe Badtemperatur. Wird das Bad bezüglich Temperatur richtig eingestellt und kommt der Chromniederschlag trotzdem matt aus dem Bade, und zwar einheitlich matt, so untersuche man die Badkonzentration. Bei zu kleiner Badkonzentration wird nämlich der Chromniederschlag auch bei kürzerer Verchromungsdauer (etwa $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ Std.) matt. Man muß dann durch Zusatz von Verstärkungssalz das betreffende Chrombad wieder auf seine normale Konzentration bringen (vgl. die Tabelle S. 7).

Erscheinen nur an einzelnen Teilen der Gegenstände nach dem Verchromen unpolierbare matte Stellen, so ist dies auf zu starken Strom, speziell an vorspringenden Teilen der Gegenstände zurückzuführen. Man helfe sich durch Stromblenden, die mit der Kathodenstange in leitender Verbindung stehen müssen, wie durch mit eingehängte Drähte oder Blechstreifen, die man knapp vor solche gefährdete, vorspringende Partien der eingehängten Gegenstände anordnet, oder man sorgt dafür, daß durch geeignetes Zusammenhängen der zu verchromenden Gegenstände eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Stromes eintritt — man nennt dies „Vereinheitlichung des Stromlinienfeldes“. Beim Verchromen von Messing- oder Alpakagegenständen mit scharfen Winkeln oder Vertiefungen tritt mitunter der Fall ein, daß in den Ecken oder in den Tiefen sich kein Chromniederschlag bildet, wogegen die übrigen Teile gut verchromt erscheinen. Die Ursache dazu ist meist zu kleine Stromdichte beim „Decken“. Man entchromt am besten solche Gegenstände, poliert sie, falls glänzende Oberfläche Bedingung war, und hängt sie unter stärkerem Strom nochmals ein, indem man den verstärkten Strom 20—30 Sekunden lang wirken läßt, um mittels des Badstromregulators nach Verlauf dieser Zeit wieder auf die normalen Stromverhältnisse zurückzugehen. Ist das Bad in seiner Konzentration unter das erlaubte Minimum gesunken, so ist so viel Verstärkungssalz zuzusetzen, bis die normale Badschwere wiederhergestellt ist. Selbstredend kann man ganz tiefe Gegenstände nur unter

Anwendung von Hilfs- bzw. fest angeordneten Innenanoden verchromen. Handelt es sich aber um solche Gegenstände, welche man bislang ohne solche Innenanoden gut verchromen konnte, bei Verchromung die vorerwähnten Maßnahmen keinen Erfolg zeitigen, so lasse man das Bad auf seinen Chromatgehalt untersuchen und korrigiere die Badzusammensetzung gemäß dem Ergebnis dieser Untersuchung.

Wenn die Gegenstände überhaupt kein Chrom annehmen, dann war kein genügender Kontakt mit der Einhängenvorrichtung vorhanden. Blättert der Chromniederschlag ab, so hat dies gewöhnlich seinen Grund in zu dünnem Bad. Hat man auf einer galvanisch aufgetragenen Kupfer-, Messing- oder Nickelschicht verchromt und es zeigen sich abblätternde Chromniederschläge, so suche man den Fehler in diesen Bädern und einem zu hohen Wasserstoffgehalt dieser Kupfer-, Messing- oder Nickelniederschläge. Verchromt man nämlich auf einer Unterlage eines Metallbelages, der mit Wasserstoff aufgeladen ist, so gibt diese Metallunterlage diesen gebundenen Wasserstoff an den selbst Wasserstoff enthaltenden Chrombelag ab und erhöht dadurch den Wasserstoffgehalt des Chromniederschlages bis zu der gefährlichen Grenze, wo durch innere Spannungen des Chromniederschlages dieser aufreißt und in Form kleiner Schuppen abrollt. Die Langbein-Pfanhauser-Werke A.-G. liefern zum Zwecke der Herstellung solcher Zwischenlagen Kupfer-, Messing- und Nickelbäder besondere Präparate, aus denen wasserstofffreie oder an Wasserstoff ganz arme Kupfer-, Messing- und Nickelniederschläge zu erzielen sind.

Abziehen mißlungener Chromüberzüge.

Wenn durch irgendein Versehen fehlerhafte Verchromungen vorgekommen sind, so ist die Entfernung dieser Chromüberzüge in sehr einfacher Weise ausführbar, indem man dieselben fettfrei, also dekapiert, sofern vorher etwa poliert wurde, in verdünnte Salzsäurelösung eintaucht, und zwar 1 Teil konzentrierte Salzsäure auf 1 Teil Wasser. Bei Eisen- und Stahlgegenständen, die man solcherart von ihrer Chromschicht befreit hat, wird der zuerst aufgebrachte Hochglanz durch diese Säuremischung kaum beeinträchtigt. Bei Messing, Kupfer und dgl. erscheint jedoch die darunterliegende Polierung stets etwas angegriffen, und es müßten daher die Gegenstände vor der neuerlichen Verchromung zunächst wiederum nachpoliert werden. Hat man ganz starke Chromniederschläge abziehen, die etwa in 3—4stündiger Verchromungsdauer hergestellt worden waren, so kann man das Abziehen des Chroms auch durch Einhängen dieser Gegenstände am positiven Pol des Chrombades vornehmen. Es empfiehlt sich aber, diesen Prozeß nur dort anzuwenden, wo als Untergrundmetall Eisen und Stahl vorliegt. Hat man solch übermäßig starke Chromüberzüge auf Messing, Kupfer und dessen Legierungen abziehen, so ist es ratsamer, die gewöhnliche Abbeizmethode mit verdünnter Salzsäure anzuwenden.

Nachbehandlung verchromter Gegenstände.

Die Gegenstände werden, wenn sie das Chrombad verlassen haben, zunächst in einem Sammelspülgefäß abgespült, um die anhaftende, immerhin wertvolle Chrombadlösung nicht zu verlieren. In diesem Sammelgefäß, das zunächst mit reinem Wasser gefüllt wird, steigt im Verlaufe einiger Zeit die Konzentration immer mehr und mehr, und man verwendet praktischerweise diese Flüssigkeit, die sich nach geraumer Zeit mit Chrombadflüssigkeit anreichert, dazu, um verlorengegangenes Bad zu ergänzen oder, wenn gleichzeitig auch Verstärkungen des Bades gemäß der früher erwähnten Tabelle vorzunehmen sind, das erforderliche Quantum Chrombad-Verstärkungssalz in dem entsprechenden Quantum

dieses ersten Spülwassers aufzulösen, um solcherart die Verstärkung unter Benutzung des gesammelten, mit den Waren herausgeschöpften Chrombades zu verwerten. Handelt es sich beispielsweise darum, den Badspiegel eines Chrombades wieder auf die normale Höhe zu bringen und braucht man dazu etwa 50 Liter Flüssigkeit, so nimmt man von diesem Vorratsspülgefäß, in dem man die Gegenstände abgespült hat, 50 Liter heraus und wenn gleichzeitig dem Bade nach der Tabelle, die früher angegeben wurde, 20 kg Chrom-Verstärkungssalz zugesetzt werden müssen, dann löst man diese 20 kg Verstärkungssalz in diesen aus dem Vorratsgefäß entnommenen 50 Liter verdünnter Badflüssigkeit auf und setzt sie dann unter gutem Umrühren dem Chrombade zu. Dem herausgenommenen Quantum von 50 Liter entsprechend gibt man in dieses erste Spülgefäß wieder 50 Liter reines Wasser und benutzt diese Lösung dann wiederum als erstes Spülgefäß zum Abspülen der aus dem Chrombad entnommenen Gegenstände. Es ist aber dann selbstverständlich eine weitere Spülung mit fließendem Wasser erforderlich, um die letzten Reste anhaftender Chrombadflüssigkeit zu entfernen, was man ja leicht an der Farbe des abfließenden Wassers ersehen kann. Die Chrombadflüssigkeit färbt außerordentlich stark, aber erst bis das Wasser rein abläuft, hat man die Gewißheit, daß sämtliche aus dem Chrombade anhaftende Flüssigkeit entfernt ist. Speziell bei hohlen Gegenständen, in denen sich leicht bedeutendere Mengen von Chrombadflüssigkeit ansammeln, ist das Spülen und Wässern besonders aufmerksam zu verfolgen. Bei Gegenständen, welche Überbördelungen zeigen, ebenso bei Gegenständen aus gegossenen Metallen, empfiehlt es sich außerdem, nach dem Abspülen mit Wasser dieselben noch in eine Lösung zu tauchen, die die letzten Spuren von Chromsäure unschädlich macht, um auch in solchen kleinen Hohlräumen, wie sie die Überbördelungen zeigen oder in kleinen Poren des Gusses zurückgehaltene Badflüssigkeit unschädlich zu machen. Diese Lösung besteht aus

- 1 Teil konzentrierter Salzsäure,
- 1 „ denaturiertem Spiritus und
- 2 Teilen Wasser.

Die gleiche Lösung kann man auch verwenden, um damit die Hände zu waschen, wenn beim Hantieren mit dem Chrombad Tropfen auf die Haut gekommen sind, die an sich ätzend wirken würden und die Haut gelb färben. Sehr empfehlenswert ist es auch, die Gegenstände, die nach dem Verchromen poliert wurden, noch mit einem Lappen, den man mit Vaseline getränkt hat, abzureiben, oder aber die Gegenstände sogar in flüssige, also geschmolzene Vaseline einzutauchen und dann mit einem Lappen trocken zu reiben. Erfahrungsgemäß wird durch diese Behandlung verchromter Gegenstände ein besonderer Schutz gegen Korrosion, wenn die betreffenden Metallgegenstände also ohne Korrosionszwischenlage verchromt wurden, erzielt.

Technische Ausführung des Verchromens.

Vorbereitung der zu verchromenden Gegenstände.

Die Gegenstände, die man verchromen will, müssen natürlich oxyd- und zunderfrei sein. Es sind daher Eisen- und Stahlgegenstände vorher zu beizen, wenn sie nicht etwa auf ihrer ganzen Oberfläche durch Bürsten und Schleifen bereits auf einen entsprechenden Glanz gebracht wurden, wobei anhaftendes Oxyd, Zunder usw. (ebenso auch Rost) entfernt wurde. Messing und Kupfergegenstände, sowie alle Legierungen des Kupfers werden in gleicher Weise, wie dies bei anderen Galvanisierungsarten üblich ist, vorentfettet, um evtl. an-

haftenden Polierschmutz, der vielfach in den Ecken festsetzt, zunächst zu entfernen. Es ist aber nicht nötig, das Dekapieren so peinlich genau durchzuführen, wie beispielsweise beim Vernickeln, weil kleine Spuren von Fett, wie sie beispielsweise durch das Anfassen mit den Händen auf die Gegenstände kommen, von der stark oxydierenden Chrombadflüssigkeit regelrecht verbrannt werden, so daß Fehler durch ungenügende Entfettung beim Verchromen gar nicht vorkommen. Gegenstände, welche man glänzend verchromen will, müssen vor der Verchromung bereits auf den Grad von Glanz gebracht werden, den später

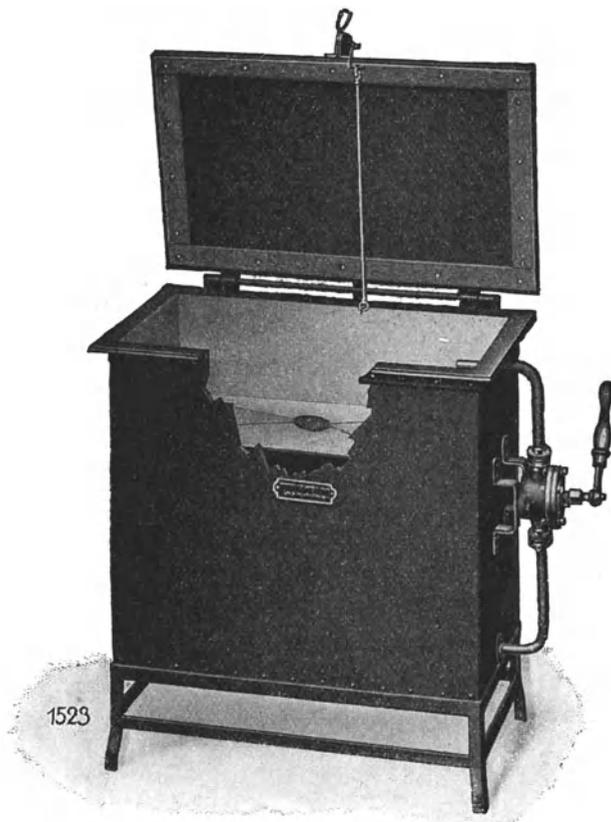


Fig. 6.

Benzin-Spül- und -Waschtisch der Langbein-Pfanhauser-Werke A.-G.

die Verchromung aufweisen soll. Es genügt vollkommen, wenn man die oxydfreien oxydierten Gegenstände unter Zuhilfenahme der in Fig. 6 veranschaulichten Benzin-Spül- und Waschtische am besten mit dem nicht brennbaren und nicht explodierbaren Benzinol der Langbein-Pfanhauser-Werke A.-G. von anhaftendem Schleif- und Polierschmutz reinigt, und dann, so bald das Fettlösungsmittel Benzinol verdampft ist, in die Chrombäder bringt.

Das Einhängen der Gegenstände in Chrombäder erfolgt unter Beobachtung guter Kontakte, und zwar am besten im trockenen Zustande. Man braucht also nicht etwa, wie dies beim Vernickeln üblich ist, die Gegenstände nochmals mit Kalk oder einem anderen Dekapiermittel vorzuscheuern und sie naß ins Bad zu hängen. Das Einhängen im nassen Zustande ist sogar schädlich und würde leicht Anlaß dazu geben, daß trotz guter Vorpolierung die Gegenstände matt aus dem Chrombade kommen. Durch anhaftendes Wasser beim

Einhängen der Gegenstände ins Chrombad würde naturgemäß in unmittelbarer Nähe des Gegenstandes zunächst eine verdünntere Chrombadlösung entstehen und die Folge einer zu verdünnten Chrombadflüssigkeit in der Umgebung der zu verchromenden Gegenstände ist sofort ein matterer Ton des Chromüberzuges, gleichbedeutend mit einem schwierigeren Nachpolieren.

Kontaktgebung.

Mehr wie bei jedem anderen galvanischen Prozeß ist guter Kontakt Grundbedingung für das Gelingen der Verchromung. Gegenstände, welche mit größeren Stromstärken verchromt werden müssen, in erster Linie also große Flächen, müssen mit der Einhängvorrichtung besonders innigen Kontakt erhalten. Wo irgend möglich, verbindet man die Kontakte mit dem Gegenstand an Stellen, wo durch diese Verbindung nicht etwa eine Abblendung des Stromes stattfindet. Ist dies aber nicht zu umgehen, wie etwa bei planen Flächen, größeren Blechen und ähnlichen Gegenständen, dann muß während des Verchromens die zum Befestigen der Stromzuleitung verwendete Klemmschraube gelöst werden, möglichst ohne den Gegenstand aus dem Bade herauszuheben, und der Kontakt an einer anderen bereits verchromten Stelle angebracht werden. Vielfach empfiehlt es sich auch, stärkere Stromzuleitungen an einer geeigneten Stelle am Gegenstande anzulöten. Bei kleineren Gegenständen, die man in größerer Menge zusammen ins Bad bringt, genügt wohl auch ein sicheres Umwickeln mit einem entsprechend starken Kupferdraht als Zuleitung, doch muß dieser Zuleitungsdraht ebenfalls nach einer gewissen Zeit verschoben werden, damit die unter dem Drahte befindliche Partie des Gegenstandes nach der Verchromung nicht etwa unverchromt erscheint. Kleine Massenartikel machen natürlich hierbei etwas Schwierigkeiten. Für Eßbestecke, Löffel, Gabeln und ähnliche Gegenstände, wie Scheren, Pinzetten, chirurgische Instrumente, bauen die Langbein-Pfanhauser-Werke A.-G. Leipzig-Wien durch R.G.R.M. und D.R.P. a. geschützte Einhänggestelle, welche ein Verändern der Aufliegekontaktstellen während des Verchromens gestatten, ohne daß man solche Gegenstände aus dem Chrombad herauszuheben braucht. Die Konstruktion dieser Vorrichtungen ist derart, daß durch einen oberhalb der Badoberfläche sitzenden Hebel die Gegenstände etwas verschoben werden, so daß die mit dem Kontakt in Berührung befindliche unverchromte Stelle des Gegenstandes, d. h. die Kontaktstelle, freigegeben wird und dann ebenfalls zur Verchromung gelangt.

Das Galvanisieren von kleineren Gegenständen in Trommelapparaten ist beim Verchromen nicht gut möglich, höchstens sind Glocken aus Steinzeug oder Zelluloid zu verwenden, jedoch kann man nur Gegenstände aus Eisen und Stahl in einem Glockenapparat verchromen und dann auch nur matt. Eine glänzende Verchromung von Massenartikeln auch aus Eisen und Stahl ist in solchen Glockenapparaten nicht ausführbar. Kupfer, Messing und andere Kupferlegierungen lassen sich in solchen Massengalvanisierungsapparaten überhaupt nicht verchromen. Wichtig ist ferner, daß größere oder profilierte tiefe Gegenstände, speziell solche mit scharfem Winkel, mit Kontakt eingehängt werden müssen, d. h. die Gegenstände müssen zuerst kathodisch verbunden werden und dürfen dann erst mit der Badflüssigkeit in Berührung kommen. Die diesbezüglichen Vorrichtungen sind ebenfalls den Langbein-Pfanhauser-Werken A.-G. geschützt.

Stromblenden zur Verhütung des Anbrennens der Ränder.

Wenn man einzelne Gegenstände zu verchromen hat, das Bad also nicht voll beschicken kann, muß man, um die Ränder der eingehängten Gegenstände vor dem Anbrennen infolge zu starken Stromes zu schützen, sogenannte

Stromblenden anwenden, um den Randstrom infolge Streuung der Stromlinien von den Anoden her aufzufangen. Hierzu genügen gewöhnlich schmale Blechstreifen, auch schon stärkere Drähte, mit denen man die gefährdeten Partien der zu verchromenden Gegenstände, speziell mit Spitzen oder weit vorstehenden Partien, die den Anoden sehr nahekommen, umgibt. Dort, wo man besondere Einhängestelle verwendet, werden diese Einhängestelle praktischerweise gleich auch mit solchen Stromblenden versehen, und es ist empfehlenswert, daß man sich vorher wegen Ausführung und Konstruktion solcher Einhängestelle mit den Langbein-Pfanhauser-Werken in Verbindung setzt. Im übrigen ergibt die Praxis des Verchromens sehr schnell für jeden einzelnen Gegenstand die Methode, wo und wie man diese Stromblenden anbringt bzw. auszuführen hat, um das Anbrennen infolge zu starken Stromes an solch gefährdeten Partien der zu verchromenden Gegenstände zu verhüten.

Das Verchromen von Guß-Stücken.

Infolge ihrer Porosität sind Guß-Stücke stets unter Strom einzuhängen und außerdem mit hohen Stromdichten zu decken. Je rauher und poröser der Guß ist, desto schwieriger gestaltet sich die Verchromung. Wesentlich einfacher stellt sich der Verchromungsprozeß, wenn die Unebenheiten solcher Guß-Stücke durch feines Schleifen und darauffolgendes Polieren geglättet werden. Am besten ist es, Gußstücke zuerst zu vernickeln, Gußeisen, Temperguß, Zinkguß u. ä. zuerst im warmen zyankalischen Kupferbad „R-Spezial“ der Langbein-Pfanhauser-Werke A.-G. vorzuverkupfern und hierauf stark zu vernickeln. Dieser Nickelniederschlag muß aber möglichst wasserstofffrei sein. Erst wenn durch solche Vorarbeit alle Poren dicht geschlossen sind, kann mit Erfolg verchromt werden. Manche Gußeisensorten lassen sich unter Anwendung hoher Stromdichten beim Decken, wenn unter Strom eingehängt wird, auch direkt verchromen. Phosphorhaltige und stark kohlenstoffhaltige Gußeisensorten sind direkt nicht zu bearbeiten und müssen Nickel- oder Kupferzwischenlagen erhalten.

Besondere Anwendungsgebiete der Verchromung.

Die Anwendungsmöglichkeiten der Verchromung sind natürlich ganz allgemein. Man kann selbst eine billige Vernicklung durch Verchromen ersetzen, wenn es sich nicht etwa um Massenartikel handelt, die man beispielsweise in sicher funktionierenden Massen-Galvanisierapparaten vernickelt und die gleichzeitig beim Vernickeln einen gewissen Glanz erhalten. In solchen Fällen kann die Verchromung gegen die Vernicklung natürlich nicht aufkommen, weil jeder kleine Gegenstand separaten Kontakt erhalten muß und vorher entsprechend glänzend vorbereitet werden muß, wenn man eine Glanzverchromung erhalten will. Wie schon früher erwähnt, lassen sich in den Glockenapparaten der Langbein-Pfanhauser-Werke allerdings auch Eisen- und Stahlgegenstände verchromen, kommen dann allerdings mit einem matten Chrombelag aus dem Bade, der sich, wie die Erfahrung zeigte, mit Hilfe des Kugel-Polier-Verfahrens unter Benutzung von Seifenlösung und Poliersalzlösungen einigermaßen auf Glanz trommeln läßt. Einen ausgesprochenen Hochglanz kann man aber damit nicht erzielen. Im übrigen wird man eine gewisse Auswahl treffen unter denjenigen Gegenständen, die man der Verchromung unterziehen will und wo man speziell die besonderen Eigenheiten der Verchromung zur Anwendung bringen will. Es wird sich

naturgemäß dabei in erster Linie nur um solche Gegenstände handeln, bei denen der zu erzielende Verkaufspreis dann etwas höher liegen kann, als wenn sie vernickelt worden wären. Mit Rücksicht auf die besonderen Vorteile durch Wetterbeständigkeit, Hitzebeständigkeit, Aussehen und Härte sollen unter vielen anderen möglichen Anwendungsgebieten folgende herausgegriffen sein:

Die Wetterbeständigkeit und das schöne Aussehen

bei der bekannten Eigenschaft verchromter Gegenstände nicht anzulaufen und sie nicht putzen zu müssen trotz intensiver Beanspruchung, weil sie an der Luft oder in Verbindung mit anderen Gasen, Flüssigkeiten, den meisten Säuren, Alkalien, Salzlösungen usw. nicht blind bzw. nicht angegriffen werden, machen sich folgende Industrien die Verchromung zunutze:

Die Autoindustrie für ihre sämtlichen Teile, die als Armaturen an Autos Verwendung finden, einschließlich der Scheinwerfer, ferner die Straßenbahnen und Auto-Omnibusse für die blanken Teile, ebenso

die Fahrradindustrie und die Metallwarenfabriken, welche Badeöfen und Badezimmer-Einrichtungen herstellen, ferner für Wasserleitungs- und Dampfleitungsarmaturen usw.,

Werften und Schiffsbauunternehmungen für sämtliche Schiffsbauarmaturen,

Fabriken für Eßbestecke und Tafelgeräte, Schlittschuhe, zahnärztliche und chirurgische Instrumente, Blitzableiter usw.

Die Hitzebeständigkeit

gibt Anlaß zur Verwendung der Verchromung für Brennerenteile aller Art, Bügeleisen, die Ventile von Explosionsmotoren, wie für sämtliche anderen Teile dieser Motoren, Gießformen für Glas oder Metalle, Brennscheren usw.

Die besondere Härte der Verchromung

hat sich außerordentlich gut bewährt, um Werkzeuge aller Art zu härten, so werden Feilen durch eine entsprechende Verchromung in ihrer Haltbarkeit um ein Mehrfaches verbessert gegenüber unverchromten Feilen, ebenso Sägen und Fräser, speziell wenn man nur den eigentlichen schneidenden Kranz oder die Zähne selbst verchromt. Auch die Turbinenschaufeln für Wases- und Dampfturbinen werden zur Erhöhung ihrer Haltbarkeit verchromt. Prägeformen für Knöpfe, Schnitte, Stanzen usw.

Die Klischeefabrikation, die Herstellung von Druckplatten und die Verhärtung von Stereotypieplatten findet ebenfalls in der Verchromung ein wertvolles Hilfsmittel, um die Haltbarkeit solcher Druckplatten in der graphischen Branche wesentlich zu erhöhen. Die Grammophonindustrie verchromt die aufgelöteten Shells zum Prägen der Platten usw.

Auch kleine Kammräder in der Uhrenindustrie, die Typenhebel für Schreibmaschinen, stark beanspruchte Laufflächen und Lagerzapfen erhalten durch die Verchromung eine ganz besondere Härte, ohne daß irgendwelche Veränderung im Gefüge oder in der Festigkeit solcher Teile eintritt. Nicht außer acht gelassen darf werden, daß bei dünneren Schneiden eine Gefahr durch die Verchromung in der Weise entsteht, daß bei stärkerer Verchromung, z. B. von einständiger Dauer, das darunter liegende Eisen oder der Stahl durch den Wasserstoff, der sich mit dem Chrom zusammen abscheidet, eine besondere Sprödigkeit erhält, ja daß sogar, wenn irgendwelche kleine Risse im Material vorhanden sind, ein Zerspringen durch die Verchromung eintreten kann.

Über die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten hat Verfasser bereits in der Chemiker-Zeitung Nr. 81 vom 7. 7. 1923 berichtet. In der Zwischenzeit

wurden die Anwendungsmöglichkeiten um ein bedeutendes verbreitert, und es wurden bereits viele Anlagen für die verschiedensten Zwecke errichtet. Auch von anderer Seite ist das Verfahren der Verchromung hinsichtlich der verschiedenartigen Anwendungen kritisch beurteilt worden. Nachstehende Ausführungen über die Anwendung der Verchromung in der graphischen Industrie sollen dartun, mit welchem Interesse auch im Auslande die Verchromung verfolgt wird.

In der *Chemical and Metallurgical Engineering* Vol. 32 Nr. 14 vom August 1925 berichtet H. E. Haring, Sozius-Chemiker im Bureau of Standards, Washington U.S.A. über seine Erfahrungen bei Verchromungen von Druckplatten zwecks Erhöhung der Widerstandsfähigkeit im Gebrauch wie folgt:

„Beim Platten- oder Rollen-Druck, wie im Bureau of Engraving and Printing, wird die nur auf der Oberfläche der Druckplatte befindliche Farbe vor jedem Abzug entfernt, so daß sich Druckfarbe nur in den Linien befindet. Die Entfernung der Farbe wird durch Abwischen der Platte mit Musseline oder anderen Stoffen bewirkt, dann folgt ein scharfes Polieren mit der Handfläche. Infolgedessen werden die Druckplatten einer ziemlichlichen Abnutzung unterworfen, so daß sie nicht so viel Abzüge hergeben, wie beim gewöhnlichen Oberflächendruck zu verlangen sind. Bei der letzteren Methode ist nur ein leichter Druck erforderlich, der wenig Abnutzung nach sich zieht.

Bis vor wenigen Jahren wurden alle Druckplatten im Bureau of Engraving and Printing aus Stahl mit Hilfe eines mechanischen Übertragungsprozesses hergestellt und nachträglich im Einsatz gehärtet. Um den größeren Anforderungen entsprechen zu können, wurde eine elektrolytische Methode zur Reproduktion der Platten im Jahre 1919 eingeführt. Die Details hierüber sind von W. Blum und T. F. Slattery beschrieben worden (*Chem. u. Met.*, 1921, vol. 25, S. 320). Die nickelplattierten elektrolytischen Platten verhalten sich gegen Abnutzung nicht so vorteilhaft wie die im Einsatz gehärteten Stahlplatten. Um die Lebensdauer zu verlängern, wurde die Verchromung erfolgreich eingeführt. Kratzproben, die kürzlich im Bureau of Standards auf Chromniederschlägen ausgeführt wurden, ergaben, daß Chrom bedeutend härter als der härteste Stahl ist.

Es ist möglich, eine verchromte Druckplatte durch zwei Methoden herzustellen:

1. Durch Niederschlagen einer Chromschicht an Stelle von Nickel auf der Form oder dem Negativ, oder
2. durch Niederschlagen einer dünnen Chromschicht auf der Nickeloberfläche der fertigen Druckplatte.

Infolge der Schwierigkeiten bei der ersten Methode wurde die zweite Methode angewendet. Unsere Erfahrungen zeigen, daß die Stärke der Verchromung 0,005 mm nicht zu überschreiten braucht, wenn man eine bedeutend längere Lebensdauer erzielen will. Da normal keine ausgeprägten Linien in den Gravierungen enthalten sind mit weniger als 0,05 mm Breite, also zehnmal die Stärke des Niederschlages, so wird auch keine wesentliche Veränderung durch die Verchromung, die sich beim Drucken bemerkbar machen könnte, hervorgerufen. Infolge der schlechten Streufähigkeit der Chrombäder wurde sogar gefunden, daß sich die Linien verteilten und die Abzüge infolgedessen besser als von den Originalplatten wurden. Der Chromüberzug muß mindestens so glatt und glänzend sein wie die Oberfläche, auf die er niedergeschlagen wird, sonst hält er die Druckerschwärze resp. Tinte und ist für Druckzwecke unverwendbar. Es ist erforderlich, daß derartige glatte und glänzende Niederschläge gleich beim Verchromen erzielt werden, weil die außerordentliche Härte des metallischen Chroms ein nachträgliches Polieren außerordentlich erschwert.

Obgleich über 1000 Druckplatten bis jetzt verchromt worden sind, so ist es noch nicht möglich, die ungefähre Lebensdauer vorauszusagen, da sie viele Mo-

nate benutzt werden können. Nur wenige sind bis jetzt ausrangiert worden. Die Resultate ergeben jedoch, daß Reproduktionen, bei denen die Originale maschinell graviert wurden, die mehrfache Lebensdauer von elektrolytisch vernickelten Platten besitzen und mindestens die doppelte Lebensdauer als im Einsatz gehärtete Stahlplatten. Bei „face“-Platten, deren Original meistens mit der Hand graviert und deren Linien infolgedessen viel feiner sind, ist bis jetzt die Lebensdauer sowohl von Stahl- als auch von elektrolytisch hergestellten Platten sehr kurz gewesen. Chrom hat sich für diese Platten als außerordentlich wertvoll erwiesen. Es hat nicht nur die Verwendung der weniger kostspieligen elektrolytischen Platten für Faces möglich gemacht, sondern auch wesentlich zur Verlängerung der Lebensdauer der Stahlplatten, die für diesen Zweck verwendet werden, beigetragen. Chrom wurde auf ungehärtete Stahldruckplatten niedergeschlagen, und dadurch wird ein sehr schwieriger und kostspieliger Arbeitsprozeß vermieden. Der Wert der verchromten Druckplattenoberfläche ergibt sich nicht nur aus der längeren Lebensdauer resp. den niedrigeren Kosten für Platten per 1000 Abzüge, sondern auch aus der größeren Sicherheit, weil die verchromten Platten absolut genaue Abzüge ergeben, während bei den Stahlplatten oder vernickelten Platten ein langsamer, aber stetiger Verlust an Genauigkeit eintritt. Ein weiterer großer Vorteil der verchromten Oberfläche ist, daß die Verchromung erneuert werden kann. Nachdem der Chromniederschlag fast abgearbeitet ist, kann er abgezogen werden, und ein neuer Niederschlag läßt sich ohne Verlust an Genauigkeit anbringen. Es ist vorläufig noch nicht möglich, die genauen jährlichen Ersparnisse anzugeben, die im Bureau of Engraving and Printing durch die Verwendung des Verchromungsverfahrens erzielt werden, aber sie belaufen sich bestimmt auf Hunderttausende von Dollars.“

Beim Verchromen von chirurgischen und zahnärztlichen Instrumenten hat sich ebenfalls die außerordentliche Widerstandsfähigkeit und Haltbarkeit der Instrumentarien erwiesen, so daß sämtliche Instrumente von Kliniken verchromt wurden, um ein stets einwandfreies, nicht oxydiertes Instrumentarium zu erhalten. Es hat sich gezeigt, daß die verchromten chirurgischen und zahnärztlichen Instrumente auch den bekannten Angriffen der zur Desinfektion verwendeten Lösungen standhalten und daß ein mehrstündiges Kochen in den verschiedenen Lösungen keinerlei Veränderung der Instrumente oder gar ein Rosten ergeben hätte. In England hat sich außerdem die Praxis eingebürgert, die scharfen Schneiden chirurgischer Instrumente nicht mit zu verchromen, und zwar mit Rücksicht darauf, daß die Schneide ja schließlich doch des öfteren nachgeschliffen werden muß, wodurch der Chromüberzug selbstverständlich entfernt wird. Außerdem hat man auch in England die Beobachtung gemacht, daß solche feine Schneiden leicht durch das Verchromen rissig werden und hat daher diese Schneiden von der Verchromung ausgeschlossen und lediglich die Griffe und die übrigen Teile verchromt.

In welchen Fällen man im praktischen Gebrauch eine direkte Verchromung anwendet und wo man die früher erwähnten Korrosionsschutz-Zwischenschichten verwendet, entscheidet am besten, sofern aus den vorstehenden Ausführungen nicht schon genügend Klarheit herrscht, der Fachmann und steht Verfasser mit diesbezüglichen Auskünften jederzeit gerne zur Verfügung.

Das Polieren vor und nach dem Verchromen.

Das Chrom scheidet sich, wie aus den verschiedenen früheren Ausführungen hervorgeht, auf einer blank polierten Fläche eines Metallgegenstandes in glänzender Form ab, wenn die Bedingungen zur Erzielung glänzender Niederschläge gegeben sind. Auf einer matten Fläche wird bei Einhaltung der Arbeitsbedingungen

zur Erzielung glänzender Chromniederschläge ein halbes Matt entstehen, das man natürlich nachträglich nicht polieren kann, weil das Chrom so außerordentlich hart ist, daß kein Poliermittel ein Ausgleichen der Rauheiten bei dem Abschleifen vorstehender Spitzen bis zur Erzielung des Hochglanzes ermöglicht. Man muß also, wenn man Gegenstände herstellen will, welche glänzend sein sollen, der vorhergehenden Hochglanzpolierung der betreffenden Gegenstände besondere Sorgfalt widmen. Das Polieren nach der Verchromung wird in gleicher Weise durchgeführt wie beim Vernickeln, doch kann es sich immer nur um solche Chromniederschläge handeln, die, entsprechend ihrer größeren Dicke, nur einen leichten Schleier zeigen, der lediglich eine ganz geringfügige Mattierung der zu polierenden Oberfläche darstellt. Die Polierung solcher Gegenstände gelingt dann unschwer bei Verwendung gewöhnlicher Poliermaschinen, wie sie auch beim Polieren vernickelter Gegenstände Anwendung finden, und zwar am besten unter Verwendung

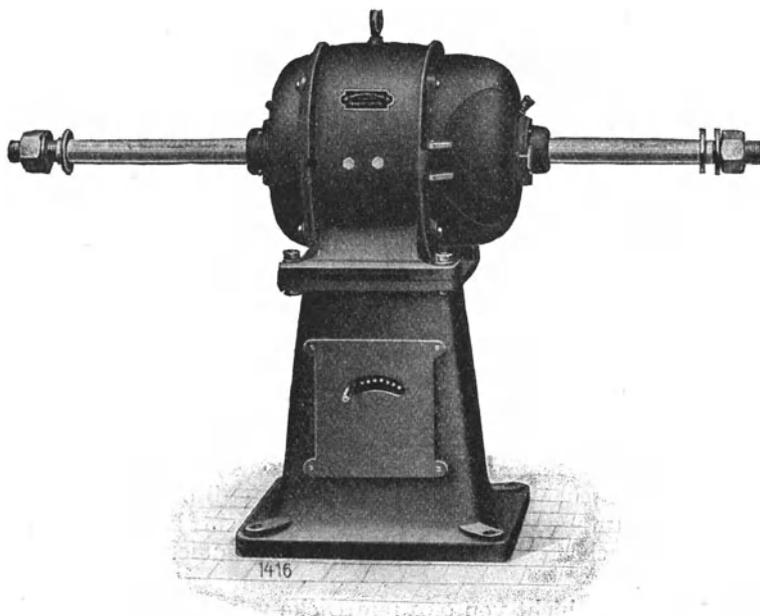


Fig. 7.

Polier-Motor der Langbein-Pfanhauser-Werke A.-G., Leipzig-Wien.

fliegender Schwabbeln und der Chromgrün-Poliermasse der Langbein-Pfanhauser-Werke. Die Kosten der Polierung, die in solchem Falle erforderlich sind, sind keinesfalls höher wie die, die beim Polieren vernickelter Gegenstände auflaufen. Eine Verteuerung der Herstellungskosten glanzverchromter Gegenstände gegenüber Vernicklung tritt dadurch keinesfalls ein.

Am geeignetsten sind zum Polieren sogenannte Poliermotore, bei denen der Antriebsmotor direkt auf der die Polierscheiben tragenden Schleifwelle sitzt. Bei diesen Maschinen bleibt die Tourenzahl der Schleifwelle konstant, auch wenn die Bremswirkung beim Polieren übernormal wird. Da also die Anfangsgeschwindigkeit der Polierscheiben konstant ist, erreicht man in kürzester Zeit den Hochglanzeffekt. Man achte darauf, daß beim Chrompolieren die Scheibe die Umfangsgeschwindigkeit von ca. 25 m/sek. machen soll, was bei 2000 Touren einer Scheibengröße von ca. 250 mm Durchmesser, bei 1450 Touren einer solchen von ca. 350 mm Durchmesser entspricht. Der Kraftbedarf beim Polieren ist dann pro

Scheibe bei 2000 Touren ca. 2,5 PS., bei 1450 Touren ca. 1,8—2 PS. Solche Motore werden von den Langbein-Pfanhauser-Werken sowohl für Gleichstrom als für Drehstrom und Einphasenwechselstrom gebaut (vgl. Fig. 7). Natürlich kann man zum Polieren auch die in den Schleifereien bekanntesten Schleif- und Poliermaschinen mit Riemenantrieb verwenden, wie sie zum Polieren von nickelplattierten Gegenständen üblich sind.

Kalkulation der Verchromungskosten.

Über die Höhe der Herstellungskosten von Chromniederschlägen wurde schon an verschiedenen Stellen berichtet, es liegt jedoch in diesen Angaben keine Einheitlichkeit, so daß bisher über die wirklichen Kosten Dunkel herrschte.

Bei gleicher Schichtdicke kommt die Verchromung unbedingt teurer als die Vernicklung. Da aber die Chromschicht ca. zehnmal härter ist als die Vernicklung, genügt bereits eine Chromschicht von $\frac{1}{10}$ Stärke der Vernicklung, um ungefähr die gleiche Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Abnutzung im Gebrauch zu erhalten. Mit der Frage des Schutzes gegen Rost oder Korrosion hat diese Angabe der Niederschlagsdicke selbstverständlich nichts zu tun.

Es kommt natürlich auch darauf an, ob man bei einem vernickelten bzw. verchromten Gegenstand lediglich die reinen Metallabscheidungskosten kalkuliert, oder ob man auch die Kosten einer vorhergehenden Schleif-, Entfettungsarbeit und ebenso die Kosten der nach der Metallaufgabe vorzunehmenden Arbeit des Trocknens und Polierens bei der Berechnung berücksichtigt.

Bei der sogenannten marktfähigen Vernicklung wird mit einer Nickelaufgabe von ca. 80—100 g Nickel pro qm Niederschlagsfläche gerechnet, was einer Nickelschicht von ca. 0,01 mm entspricht. Eine ebenso starke Chromschicht besitzt bei einem spez. Gewicht des Chroms von 6,5 ein Gewicht von ca. 61 g pro qm Niederschlag. Während man die Nickelschicht von 0,01 mm in den modernen Auto-Rapid-Schnell-Nickelbädern (Wanderbad-Betrieb!) bei einer angewendeten Stromdichte von 2 Amp./qdm in ca. 30 Minuten erreicht, braucht man, um eine gleich starke Chromschicht bei z. B. 10 Ampere Stromdichte niederzuschlagen, ca. 1 Std. 20 Min.

Eine solche Chromschicht von 0,01 mm Dicke wäre aber immer nötig, wenn ein Gegenstand vor Korrosion durch direkte Verchromung geschützt werden soll.

Handelt es sich dagegen darum, Gebrauchsgegenstände, die nicht dem Wetter ausgesetzt werden, nur so zu verchromen, daß sie ebensolange der mechanischen Abnutzung standhalten wie vernickelte Gegenstände, welche eine Nickelschicht von 0,01 mm Dicke zu erhalten pflegen, dann genügt eine direkte Verchromung von 0,001 mm Dicke, die man bei einer Stromdichte von 10 Amp./qdm in 8 bis 10 Minuten erzielt, bei einer Stromdichte von 5 Amp./qdm in 19—20 Minuten, bei 2 Ampere Stromdichte dagegen in ca. 1½ Stunden. Hierbei sind die Ergebnisse in einem Chrombad bei einer Badtemperatur von 35° C berücksichtigt.

Will man aber nur die Oberflächeneigenschaft des Chroms, also die Immunität gegen Matt- oder Blindwerden erhalten, gleichzeitig aber den Korrosionsschutz durch einen den Gegenstand dicht abschließenden Nickelüberzug bewirken, so wird man eine halbstündige Vernicklung bei 2 Ampere zuerst durchführen, hierauf auf Hochglanz polieren und dann die Chromschicht von 0,001 mm auftragen, wozu man, je nach angewendeter Stromdichte, ca. 10 bzw. 20 Minuten bzw. 1½ Stunde Verchromungszeit benötigt. Solcherart verchromte Gegenstände sind nur ca. 10% teurer in der Veredlung als wenn sie nur vernickelt wären.

Es soll zunächst rechnerisch ermittelt werden, wie hoch sich die reinen Niederschlagskosten für eine solide Vernicklung einer ebenso starken Verchromung gegenüber (Chromschicht = Dicke der Nickelschicht) belaufen, und zwar die Niederschlagsdicke mit 0,01 mm angenommen.

Die Berechnung pro qm stellt sich für eine solche Nickelschicht wie folgt:

Metallverbrauch an der Ware = ca. 100 g pro qm.	
Verbrauch an Anoden-Nickel bei 10 ⁰ / ₁₀₀ Abfall = 110 g.	
Metallkosten bei einem Preis für Nickelanoden von M. 4,50 per kg	
M. 4,50 × 0,11	M. 0,495
Kraftkosten bei einer Badspannung von 4 Volt, demnach Klemmenspannung der Dynamo = 5 Volt und Stromstärke von 200 Amp./qm, Expositionszeit = 1/2 Std., ergibt 5 × 200 × 0,5 = 500 Wattstunden = ca. 1 PS.-Stunde à M. 0,10	„ 0,10
Verzinsung und Amortisation der Anlagekosten bei einer Anlage, um in 8 Stunden etwa 200 qm zu vernickeln, mit moderner L.P.W.-Wanderbad-Anlage einschl. Stromquelle Preis ca. M. 40,000.— Bei 300 Arbeitstagen à 8 Std. kostet bei 20 ⁰ / ₁₀₀ für Zinsen und Amortisation 1 qm	„ 0,14
Arbeitslohn für Entfettung und Vernicklung bei 8 Mann pro 8 Stunden M. 38,40,	
demnach pro qm	ca. „ 0,20
200 ⁰ / ₁₀₀ Regie auf die Löhne	„ 0,40
1 qm Vernickeln exkl. Polieren kostet	M. 1,33

Für das Verchromen bei einer Chromschicht von 0,01 mm stellen sich die Verhältnisse dagegen wie folgt:

Metallverbrauch an der Ware = ca. 61 g pro qm.	
Verbrauch an Chrombadsalz einschl. Verlust von 5 ⁰ / ₁₀₀ = 128 g.	
Metallkosten bei einem Preis des Verstärkungssalzes von M 5,50 per kg ergibt 0,128 × 5,50	M. 0,71
Kraftkosten bei einer Badspannung von 4 Volt, demnach Klemmenspannung der Dynamo = 5 Volt und Stromstärke von 1000 Amp./qm, Expositionszeit 1 Std. 20 Min. ergibt	
5 × 1000 × 1,33 = 6600 Watt = ca. 13,2 PS./Std. à M. 0,10	„ 1,32
Kraftkosten für Absaugung für 1 Bad, welches 4 qm Oberfläche verchromt ca. 0,75 PS. für 1 Std. 20 Min. pro qm = 1 PS./Std.	„ 0,10
Verzinsung und Amortisation der Anlagekosten für eine Tagesleistung von 200 qm in 8 Std. einschließlich Stromquelle;	
Preis ca. M. 120,000.—, daher pro qm	„ 0,52
Arbeitslohn für Entfettung und Verchromung	
bei 8 Mann pro 8 Stunden = M. 38,40	„ 0,20
200 ⁰ / ₁₀₀ Regie auf die Löhne	„ 0,40
1 qm Verchromen exkl. Polieren kostet	M. 3,25

Wird die Chromschicht aber nur 0,001 mm stark gemacht, dann sinken die Verchromungskosten pro qm auf M. 0,32. Wird also etwa so gearbeitet, daß man eine Nickelschicht von 0,01 mm zuerst aufträgt und dann eine Chromschicht von nur 0,001 mm, so stellt sich (exkl. des Polierlohnes vor der Verchromung!)

1 qm Ware fertig vernickelt und verchromt auf

M. 1,33 + M. 0,32 = M. 1,65.

Berücksichtigt man aber, daß sowohl vor dem Vernickeln als auch vor dem Verchromen, sofern man eine glänzende Nickel- oder Chromauflage erhalten will, ein Vorschleifen bzw. Vorpolieren und nach erfolgter Metallaufgabe ein Hochglanzpolieren stattfinden muß, so wird die Differenz für den betreffenden fertigen Gegenstand in der Kalkulation wesentlich verringert, wie nachstehendes Beispiel zeigt.

Es sollen z. B. Fahrradlenker gewählt werden mit einer zu veredelnden Oberfläche von je ca. 7 qdm.

An Schleiflohn gilt hierbei als Akkord

für das Vorpolieren 32 Akkordminuten à 1 Pfg. = M. 0,32 per Std.

für das Nickelpolieren 5 Akkordminuten à 1 Pfg. = M. 0,05 „ „

Da bei einer Chromschicht von nur 0,001 mm nach vorheriger Vernicklung mit darauffolgender Nickelpolierung so gut wie keine Polierarbeit mehr nach der Verchromung in Frage kommt, ist es einerlei, ob man vorvernickelt und hierauf verchromt oder nur vernickelt. Für 1 qm sind also $100:7 = 14$ Lenkstangen zu rechnen und die Kosten einschließlich aller Vor- und Nacharbeiten inkl. Metallaufgabe errechnen sich dann pro qm:

A. Beim Vernickeln.

Kraftkosten für Schleif- und Polierarbeit = $7 \times 32 = 224$ Min. = 3 Std. 44 Min. bei 2,5 PS. Kraftverbrauch, d. s. zusammen 9,4 PS./Std. à M. 0,10 pro PS./Std.	M. 0,94
Löhne für das Schleifen und Nachpolieren 7×37 . . . „	2,59
200% Regie auf die Löhne	5,18
Vernicklungskosten.	1,33
	<u>1 qm = M. 10,04</u>

B. Beim Verchromen.

Kraftkosten für Schleif- und Polierarbeit, wie vor.	M. 0,94
Löhne für das Schleifen und Polieren	2,59
200% Regie auf die Löhne	5,18
Verchromungskosten	3,25
	<u>1 qm = M. 11,96</u>

Für diesen Fall ist also die Verchromung um ca. 20% teurer als die Vernicklung.

Macht man dagegen die Chromschicht bei ihrer 10fachen Widerstandsfähigkeit nur 0,001 mm stark, dann stellt sich 1 qm direkt verchromte Fläche einschl. aller Vor- und Nacharbeiten auf M. 9,03 gegenüber einer Vernicklung von 0,01 mm Dicke „ 10,04 Es ist die Verchromung dann sogar um 10% billiger als die gleich haltbare Vernicklung.

C. Beim Vorvernickeln und darauffolgender Verchromung.

Wenn die Nickelschicht 0,01 mm stark, die Verchromung 0,001 mm stark aufgetragen wird, sind:

Kosten für die Nickelunterlage von 0,01 mm Stärke einschließlich Vor- und Nacharbeit	M. 10,04
Kosten für die darauffolgende Verchromung von 0,001 mm Stärke, ohne Nachpolierarbeit	0,32
	<u>Zusammen also 1 qm = M. 10,36</u>

Die Mehrkosten gegenüber der normalen Vernicklung betragen also in diesem Falle ca. 3%.

Die vorstehenden Kalkulationen geben ein anschauliches Bild über die viel umstrittene Kostenfrage beim Verchromen und zeigen zur Genüge, daß an der Kostenfrage die Anwendung der Verchromung nach dem Verfahren der Langbein-Pfanhauser-Werke A.-G. nicht scheitern kann. Alle anderen Angaben, die mitunter von unberufener Seite gemacht werden, sind mangels Fachkenntnisse entstanden und dementsprechend einzuschätzen. Verchromte Gegenstände sind dank der besonderen Eigenschaften des Chroms als Deckschicht vernickelten Gegenständen unbedingt überlegen und ist ein entsprechender Mehrpreis für verchromte Gegenstände ohne weiteres gerechtfertigt und, wie die Erfahrung lehrt, ohne weiteres zu erzielen.

!!! Technisch Besseres rechtfertigt einen höheren Verkaufspreis !!!

Das im Inhaltsverzeichnis angegebene Kapitel „Die Patentfrage“ ist auf Veranlassung des Verfassers aus diesem Exemplar entfernt worden.