

Facharbeit
aus dem Fach
Chemie

Thema: Die Galvanotechnik am Beispiel von Schreibgeräten



Verfasserin: Katharina Breitenmoser
Leistungskurs: 3C1
Kursleiter: LAss Kurt Gallenberger
Abgabetermin: 25. Januar 2008

Erzielte Note: in Worten:
Erzielte Punkte: in Worten:
(Einfache Wertung)

Abgabe beim Kollegstufenbetreuer am.....

.....
(Unterschrift des Kursleiters)

Inhaltsverzeichnis:

A) Geschichte der Galvanotechnik von Luigi Galvani bis zur Neuzeit	3
B) Theoretischer Teil: „Theorie und Einführung“	4
Galvanotechnik am Beispiel von Schreibgeräten	
I Bedeutung der Galvanotechnik für die heutige Zeit	4
II Dekorative Oberflächenbeschichtung	5
1. Funktionsweise und Vorgänge in einem Galvanikbad	5
2. Gleichstrom	7
C) Praktischer Teil: „Material und Methoden“	8
1. Oberflächenbeschichtung von Schreibgeräten	8
a) Arbeitsablauf der Hochglanzverchromung	8
b) Arbeitsablauf der Mattverchromung	11
c) Arbeitsablauf der Schwarzverchromung	12
2. Beschreibung der Badpflege an Hand verschiedener Analysemethoden	12
a) Atomabsorptions-Spektrometer	12
b) Titration	13
c) Hull-Zellen-Test	13
3. Schichtdickenmessung	14
a) Allgemeine Messmethoden	14
b) Nähere Erklärung des Messprinzips eines Couloscopes	15
4. Abwasser	16
a) Erklärung der Abwasseranlage	16
b) Behandlung der einzelnen Abwasserarten	17
D) Auswertung der praktischen Arbeit	18
E) Persönliche Stellungnahme und Marktanalyse	19
Selbstständigkeitserklärung	21
Literaturverzeichnis	22
Anhang: Abbildungsverzeichnis und Auswertung	23

A) Geschichte der Galvanotechnik von Luigi Galvani bis zur Neuzeit

„Die Gütegemeinschaft Galvanotechnik e.V. definiert die Galvanotechnik und ihre Aufgaben wie folgt:“¹

„Unter Galvanotechnik sind alle Verfahren zur Oberflächenbehandlung von Metallen und Nichtmetallen zu verstehen, die zur Herstellung metallischer Überzüge aus Elektrolytlösungen und Salzschnmelzen unter Ausnutzung eines Transporters von Ionen und Elektronen dienen. Die Schichteigenschaften werden dabei durch Vorbehandlung [des Werkstücks], Galvanisieren und Nachbehandlung definiert eingestellt.“²

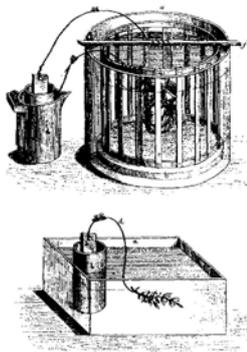


Abb. 1: Apparatur zum Überziehen von Gegenständen mit Kupfer

Die Geschichte und der Name der Galvanotechnik gehen auf den italienischen Arzt Luigi Galvani zurück, der 1780 die Wirkung von Strom entdeckte, indem er mit Froschschenkeln experimentierte. Unter Einfluss statischer Elektrizität kontrahierte deren Muskeln, und Galvani glaubte, das Geheimnis des Lebens entdeckt zu haben. Auch bereits in der Antike war die Vergoldung von Gegenständen mit Hilfe der Galvanotechnik bekannt. Der eigentliche Begründer und Erfinder der Galvanotechnik ist der deutsche Professor Moritz Hermann

von Jacobi, der 1838 zum ersten Mal auf elektrolytischem Wege genaue Kopien von Medaillen herstellte. Zwischen 1880 und 1916 wurde in Amerika und Europa die Metallabscheidung auf chemischem Wege erforscht, jedoch mit mäßigem Erfolg. Man hat erkannt, dass man auf diesem Weg Gebrauchsgegenständen durch Vergolden und Vernickeln ein gefälliges Aussehen verleihen konnte. Der eigentliche Durchbruch erfolgte durch die Einführung der Watts'schen Nickelelektrolyte. Ein Elektrolyt ist eine Mischung von Metallsalzen und wird unter Galvanotechnikern meist einfach nur Bad genannt. Die wichtigsten Bäder dieser Zeit waren Nickel-, Kupfer-, Gold- und Silberelektrolyte. Man konnte aus diesen Bädern allerdings nur matte Metallschichten abscheiden und musste diese nachher mühsam per Hand polieren. Sehr früh begann daher das Bestreben, glänzende Metallschichten abzuscheiden.

¹ Nasser K., Galvanotechnik, S. 9

² Gütegemeinschaft Galvanotechnik e.V.: „Gütesicherung in der Galvanotechnik“, S. 2

Daraufhin setzte weltweit eine stürmische Entwicklung und Forschung auf diesem Gebiet der Galvanotechnik ein und so wurden bereits 1936 die ersten glänzend abscheidenden Elektrolyte patentiert.³ Die Galvanotechnik hat sich bis zur heutigen Zeit jedoch deutlich weiterentwickelt. Die Abläufe der modernen Oberflächenbeschichtung bei Schreibgeräten, sowie einige Analyse- und Messmethoden sollen im Laufe der Facharbeit ausführlich dargestellt werden.

B) Theoretischer Teil

Galvanotechnik am Beispiel von Schreibgeräten

I Bedeutung der Galvanotechnik für die heutige Zeit

Die Anwendung galvanischer Verfahren ist sehr vielseitig und spielt in allen Industriezweigen eine wichtige Rolle.

1. Elektroindustrie: In allen elektronischen Geräten sind Leiterplatten. Das sind auf einem Isolator aufgebrachte Kupferbahnen, die Bauteile miteinander verbinden. Auch Kontaktstoffe finden eine vielfältige Anwendung in Schaltern und Relais (=Magnetschalter) und sorgen dort für eine sichere, störungsfreie und langlebige Arbeitsweise.

2. Automobilindustrie: Im Motorenbau sorgen Beschichtungen auf Kolben und Zylindern für lange Laufzeiten bis zu 500 000 Kilometern und mehr. Die Galvanotechnik sorgt aber auch durch Korrosionsschutzbeschichtungen im Motorenraum und bei der Karosserie für ein rostfreies Aussehen.

3. Dekorative Galvanotechnik: Auch in diesem Gebiet gibt es verschiedene Anwendungsbereiche, z.B. Kunststoffgalvanisierung, Verchromung von Stahlrohrmöbeln und Motorrädern, Vergoldung von Schmuck sowie die Beschichtung von Gebrauchsgegenständen, wie Essbesteck und Küchengeräte.

4. Funktionale Galvanotechnik: Es gibt viele Gegenstände, die täglich dem Wetter ausgesetzt sind, wie z.B. Leitplanken an Autobahnen und Lichtmasten. Sie erhalten durch Feuerverzinkung einen Korrosions- und Verschleißschutz.

³ www.leifi.physik.uni-muenchen.de/web_ph10/geschichte03galvani.htm;
www.bhak-bludenz.ac.at/physik/geschichte/physiker/galvani.shtml;
www.leiterplatten.com/gt/heft/aufsatz/200201%Caus-den-anfaengen.pdf

Aber auch die Katalyse oder die Verbesserung der elektrischen Leitfähigkeit, wie z.B. die Verzinkung von Schrauben, die Beschichtung von Maschinenteilen mit Hartchrom, die Herstellung von metallischen, meist nickel- oder platinhaltigen Katalysatoren für die chemische Industrie oder von Brennstoffzellen spielen in der funktionalen Galvanotechnik eine bedeutende Rolle. Nicht zu vergessen ist auch der Einsatz bei medizinischen Geräten.

5. Baugewerbe: Durch Eloxieren erhalten Aluminiumfenster und Fassadenplatten eine elektrolytische Verstärkung der natürlichen Oxidationsschicht.⁴

II Dekorative Oberflächenbeschichtung

1. Funktionsweise und Vorgänge in einem Galvanikbad

Die wichtigsten Bäder für diese Anwendung sind Glanznickel-, Mattnickel-, Chrom- und Goldbäder. Die Funktionsweise der Metallabscheidung wird im Folgenden anhand eines Glanznickelbades erklärt.

Die Hauptbestandteile sind:

- ◆ Nickelsulfat (NiSO_4)
- ◆ Nickelchlorid (NiCl_2)
- ◆ Borsäure (H_3BO_4)
- ◆ Saccharin

Dazu kommen folgende Zusätze:

- ◆ Glanzträger (primäre Glanzmittel) und
- ◆ Glanzbildner (sekundäre Glanzmittel)
- ◆ Einebner
- ◆ Netzmittel

Wirkungsweise der einzelnen Bestandteile:

- ◆ Das Nickelsulfat liefert die Metallionen Nickel (Ni^{2+}) für die Metallabscheidung
- ◆ Das Nickelchlorid sorgt für eine gute Anodenlöslichkeit
- ◆ Die Borsäure puffert den pH-Wert bei 4

⁴ Nasser K., Galvanotechnik, S. 9

Information aus mündlicher Quelle von Herrn Mayr E. am 28.08.2007

- ◆ Das Saccharin ist ein Bestandteil von Glanzbildnergemischen und sorgt für einen duktilen, das heißt geschlossenen und weichen Niederschlag.
- ◆ Die Glanzträger, wie z.B. Sulfonamide, haben nicht nur die Aufgabe der Glanzbildung, sondern auch die eines Antistressmittels. Das heißt, sie wirken den auftretenden Zugspannungen entgegen.⁵ Sie sind auch unentbehrlich, weil sie die Wirkung der Glanzzusätze verstärken.⁶
- ◆ Die Glanzzusätze, wie z.B. das 1-4-Butindiol, ergeben in gewissen Grenzen glänzende Niederschläge, die jedoch spröde sind und leicht abblättern. „Eine Vermischung beider Substanzen ergibt jedoch eine hochglänzende Nickelabscheidung[...]“⁷
- ◆ Der Einebner, wie z.B. Pyridiniummethoxysilfobetain⁸, füllt leichte Kratzer aus.
- ◆ Das Netzmittel, bzw. Tenside, z.B. Natriumlaurylsulfat, verhindert eine Porenbildung und setzt die Grenzflächenspannung herab.⁹

Die elektrolytischen Vorgänge im galvanischen Nickelelektrolyt (vereinfacht)

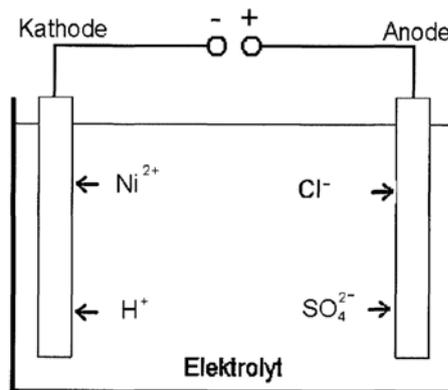


Abb. 2: Elektrolyt

⁵ Vgl.: Brugger R., Die galvanische Vernicklung, S. 111

⁶ Vgl.: Nasser K., Galvanotechnik, S. 79

⁷ Brugger R., Die galvanische Vernicklung, S. 109

⁸ Vgl.: Brugger R., Die Galvanische Vernicklung, S. 116

⁹ Vgl.: Schröter, Taschenbuch der Chemie, S. 718

Die Dissoziation, „das ist der Zerfall von Ionensubstanzen [...] in einer Lösung in frei bewegliche Ionen [...]“¹⁰, der Nickelsulfatlösung in Nickelionen (Ni^{2+}) und Sulfationen (SO_4^{2-}) erfolgt durch das elektrische Feld, welches durch die angelegte Gleichspannung entsteht. Dadurch wandern die Kationen, welche positive Ladungen tragen, zur negativ geladenen Kathode und die Anionen, die negativ geladen sind, zur positiv geladenen Anode.¹¹



Vorgänge an der Kathode:

Die Metallionen (Nickelionen) werden an der Kathode zu Nickel reduziert.



Vorgänge an der Anode:

Das Sulfation löst aus der Nickelanode Nickelionen, sodass sich ein konstantes Gleichgewicht an Nickelionen im Elektrolyt einstellt.



Die Arbeitsbedingungen ergeben sich aus einer Temperatur von 55° , einem pH-Wert von 4-4,2 und einer Stromdichte von 3-6 A/dm².¹²

2. Gleichstrom

Eine wichtige Größe und unbedingt notwendig ist Gleichstrom, mit einer Restwelligkeit von < 5%. Diesen Gleichstrom erzeugen so genannte elektrische Puls-
gleichrichter, die heute überwiegend wegen ihrer geringen Baugröße eingesetzt werden.

¹⁰ Schröter, Taschenbuch der Chemie, S. 160

¹¹ Vgl.: Schröter, Taschenbuch der Chemie, S. 161

¹² Information aus mündlicher Quelle von Herrn Mayr E. am 30.08.2007

Pulsleichrichter zerlegen die Sinuswechselspannung in kleine Teilspannungen mit hoher Frequenz und richten diese gleich, wobei sie mit sehr kleinen Bauteilen auskommen.

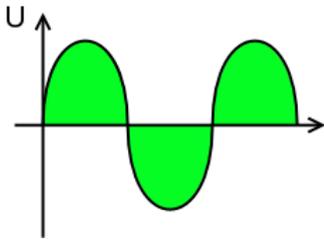


Abb. 3: Wechselstrom

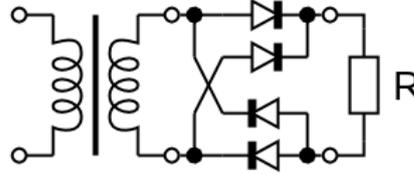


Abb. 4: Regeltransformator mit Siliziumdioden

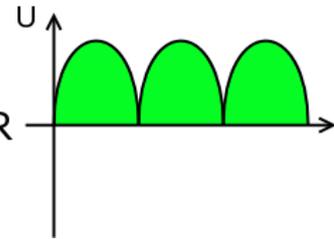


Abb. 5: Gleichstrom

Die Restwelligkeit ist hier kleiner als 1%. Sehr weit verbreitet sind jedoch noch ölgekühlte Gleichrichter nach folgendem Schaltbild, wobei der Regeltrafo und der Brückengleichrichter je nach Leistung entsprechend groß und schwer sind. Die Restwelligkeit ist hier $< 5\%$.¹³

C) Praktischer Teil: „Material und Methoden“

1. Oberflächenbeschichtung von Schreibgeräten

Nun werden die einzelnen Arbeitsabläufe der Oberflächenbeschichtung von Schreibgeräten mit unterschiedlichem Aussehen erklärt. Ein Schreibgerät besteht allgemein aus einem Drücker und einer Klippbuchse aus Messing, einem Klipp aus Federstahl, einem Ober- und Unterteil und einer Spitze, alles ebenfalls aus Messing.

a) Arbeitsablauf der Hochglanzverchromung

Als erstes werden die Messingteile mit Hilfe eines Polierautomaten geschliffen und poliert. Anschließend werden die Teile von Mitarbeitern per Hand auf Galvanisiergestelle aufgesteckt, bzw. -gebunden.

¹³ Information aus mündlicher Quelle von Herrn Mayr E. am 28.08.2008

Die Galvanisiergestelle sind mit PVC (Polyvinylchlorid) isolierte Messingrahmen, wobei nur die Kontaktstellen zur Ware freigelegt sind.



Abb. 6: Galvanisiergestell (aufgesteckt)



Abb. 7: Galvanisiergestell (aufgebunden)

Das erste Bad besteht aus 2 l Phosphorsäure auf 100 l Wasser und 2 ml Universal-tensid auch auf 100 l Wasser, bei einer Arbeitstemperatur von ca. 60° C und einer Expositionszeit (Verweilzeit) von ca. 10-15 Minuten. Dieses Bad dient dem Lösen von grobem Schmutz wie Rost und Oxyde durch Ultraschall. Der zweite Elektrolyt ist die Vorreinigung in der Heißentfettung und dient dem Lösen von Ölen und Polierpasten. Der gebräuchliche Ansatz hierfür sind 5 kg Salzgemisch, bestehend aus Natriumcarbonat, Benzolsulfonsäure und Nitrilotriethanol auf 100 l Wasser, bei einer Arbeitstemperatur von ca. 60° C und einer Verweilzeit von ca. 15 Minuten. Anschließend erfolgt die Beize, das ist in der Regel eine verdünnte Schwefelsäure mit einem Tensidzusatz und einem Beizeinhibitor. Dieser verhindert den Angriff der Säure auf den Grundwerkstoff, da die Schwefelsäure das Messing sofort angreifen würde, sobald alle Oxyde weg sind. Daraufhin kommt das Werkstück in die elektrolytische Entfettung, eine stark alkalische Reinigungslösung, die Tenside und Emulgatoren enthält. Durch Gleichstromeinsatz (kathodisch oder anodisch, vorzugsweise jedoch kathodisch) entsteht auf der Werksstücksoberfläche eine heftige Wasserstoffentwicklung. Diese Wasserstoffentwicklung sorgt dafür, dass auch die letzten Schmutzteilchen entfernt werden, die die Vorreinigung nicht beseitigen konnte. Die Tenside bzw. Netzmittel setzen die Oberflächenspannung soweit herunter, dass die Wirkstoffe Zugriff auf die Schmutzpartikel haben. Die Emulgatoren sorgen dafür, dass die Schmutzteilchen in der Lösung

gehalten werden und sich somit nicht mehr auf der Werkstoffoberfläche absetzen können.

Für dieses Bad verwendet man 5 kg Salzgemisch, bestehend aus Natriummetasilikat, Natriumhydroxid, Natriumcarbonat und Natriumcyanid auf 100 l Wasser. Dazu kommen 0,3 l Emulgator Rapidol, auch auf 100 l Wasser. Das Bad arbeitet bei einer Arbeitstemperatur von 20° C und einer Stromdichte von 6-8 A/dm². Die Expositionszeit beträgt ca. 5 Minuten. Die Dekapierung ist eine schwach saure Lösung, in der Regel ein verdünntes Salz- und Schwefelsäuregemisch, mit der Zusammensetzung von 5 l konzentrierter technischer Schwefelsäure auf 100 l Wasser und 15 l konzentrierter technischer Salzsäure auf 100 l Wasser. Diese Lösung neutralisiert die aus der elektrolytischen Entfettung kommende, stark alkalische Oberfläche. Somit werden auch letzte, eventuell vorhandene Oxydreste entfernt. Anschließend folgt das Glanznickelbad, welches dem Werkstück sein glänzendes Aussehen verleiht. Hierfür verwendet man 350 g/l Nickelsulfat, 100 g/l Nickelchlorid, 40 g/l Borsäure, 40 ml/l Saccharin und 8 ml/l Glanzbildner, alles aufgelöst in vollentsalztem, Wasser. Die Arbeitstemperatur beträgt 55° C, die Stromdichte 3-6 A/dm² und die Abscheidungsgeschwindigkeit ca. 1 µ Nickel/Minute. Der nächste Elektrolyt ist das Chrombad, mit einem gebräuchlichem



Abb. 8: Chrombad

Ansatz von 300 g/l Chromsäure, 0,06 ml/l chemisch reine Schwefelsäure und 0,16 g/l Katalysator, welcher jedoch streng geheim ist und somit nicht genannt werden kann. Dieser Elektrolyt arbeitet bei einer Temperatur von 40° C, einer Stromdichte von 15-20 A/dm² und hat eine Abscheidungsgeschwindigkeit von 0,1 µ/Minute. Nun gelangt der galvanisierte Werkstoff zur intensiven Spülung in Leitungs- und destilliertem Wasser, wobei bereits zwischen jedem einzelnen der Aktivbäder eine Kaskadenspülung erfolgt.

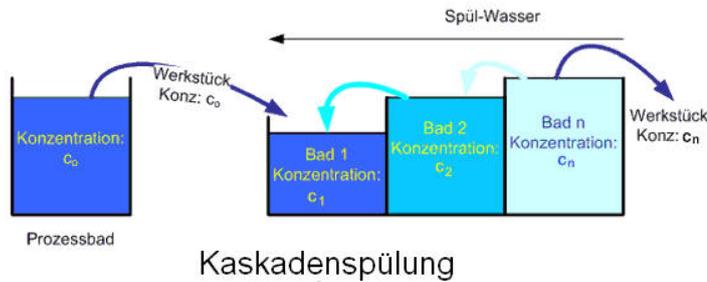


Abb. 9: Kaskadenspülung

Die letzte Spüle der Kaskade wird im Kreislauf über Ionenaustauscher gepumpt. Daraufhin erfolgt das Trocknen in zwei Schritten. Der erste Schritt ist das Abblasen des Werkstückes mit ölfreier Druckluft. Die Druckluft kommt aus einem Kompressor mit nachgeschaltetem Ölfilter. Im zweiten Schritt erfolgt das Umluft-trocknen, mittels Gas- oder Elektroheizung, bei einer Temperatur von ca. 60° C. Als letzter Schritt erfolgen die Kontrolle, die Abnahme vom Gestell und das sorgsame Verpacken von den Mitarbeitern per Hand.¹⁴

b) Arbeitsablauf der Mattverchromung

Der erste Schritt bei der Mattverchromung ist das aufrauen der Oberfläche durch Glasperlenstrahlen.



Abb. 10: Glasperlenstrahl-Automat



Abb. 11: Glasperlenstrahl-Automat

Das Strahlgut ist Glassand mit unterschiedlicher Körnung. Die bevorzugte Teilchengröße liegt zwischen 90 und 150 μm . Danach läuft bis zum Glanznickelbad der gleiche Arbeitsprozess wie bei der Hochglanzverchromung ab. Anstatt des Glanznickelbades finden wir hier ein Mattnickelbad vor. Dieses Bad verleiht den Werkstücken im Gegensatz zu dem vorherigen Bad kein glänzendes Aussehen

¹⁴ Information aus mündlicher Quelle von Herrn Mayr E. am 30.08.2007

mehr. Das Mattnickelbad unterscheidet sich vom Glanznickelbad nur durch das Fehlen der Glanzzusätze, der Ansatz für den Elektrolyten und die Arbeitsweise bleiben jedoch gleich. Die letzten Schritte, das Chrombad, die intensive Spülung, das Trocknen und die anschließenden Aufgaben der Mitarbeiter werden wieder genau wie beim Arbeitsablauf der Hochglanzverchromung durchgeführt.¹⁵

c) Arbeitsablauf der Schwarzverchromung

Die Vorgehensweise der Schwarzverchromung ist identisch wie bei dem vorherigen Arbeitsablauf der Mattverchromung. Jedoch wird das übliche Chrombad durch ein Schwarzchrombad ersetzt, welches den Gegenständen ihren schwarzen Überzug verleiht. Der gebräuchliche Ansatz 300 g/l Chromsäure, 1 ml/l Säuregemisch aus Salpeter- und Phosphorsäure und 2 g/l Katalysator, welcher wieder streng geheim gehalten wird. Die Abscheidungsgeschwindigkeit für diesen Elektrolyten ist 0,1 μ pro Minute, die Arbeitstemperatur ist 18° C und die Stromdichte beträgt 15-20 A/dm². Auch hier sind die abschließenden Vorgänge die gleichen, wie auch schon bei den zwei vorhergehenden Arbeitsabläufen erklärt wurde.¹⁶

2. Beschreibung der Badpflege anhand verschiedener Analysemethoden

Um eine optimale Arbeitsweise der Elektrolyte zu gewährleisten, müssen in gewissen Abständen die einzelnen Komponenten durch Analyse überwacht werden. Eine wichtige Kenngröße ist der Metallgehalt der Bäder.

a) Atomabsorbtionsspektrometer

Die Metallionen werden bevorzugt durch AAS (Atomabsorbtionsspektrometer) bestimmt und entsprechend korrigiert.



Abb. 12: Atomabsorbtionsspektrometer

¹⁵ Information aus mündlicher Quelle von Herrn Mayr E. am 30.08.2007

¹⁶ Information aus mündlicher Quelle von Mayr E. am 31.08.2007

„Das Messprinzip der AAS beruht darauf, die gelöste Probe zunächst thermisch in Atome zu zerlegen.“¹⁷

Die zu bestimmenden Metalle werden dann im Strahlengang einer elementspezifischen Lichtquelle (Hohlkathodenlampe HKL), die charakteristische Emissionslinien liefert, angeregt. Die durch die Probe absorbierte Strahlung wird von einem Detektor registriert und das resultierende Spektrum ausgewertet.¹⁸

b) Titration

Eine weitere häufig eingesetzte Analysemethode ist die Titration.

„Bei einer Titration nutzt man die Eigenschaft, dass sich Säuren und Basen gegenseitig neutralisieren.“¹⁹

Eine Bürette wird mit einer Maßlösung (=Titrierlösung) gefüllt, von der die genaue Konzentration bekannt ist. Diese Maßlösung tropft man zur Probelösung unbekannter Konzentration solange hinzu, bis der beigefügte Indikator umschlägt. Bei $\text{pH}=7$ ist der Neutralisationspunkt erreicht. Die Konzentration des gesuchten Inhaltsstoffes in g/l wird errechnet, indem man den Verbrauch der Maßlösung mit deren Faktor multipliziert.²⁰

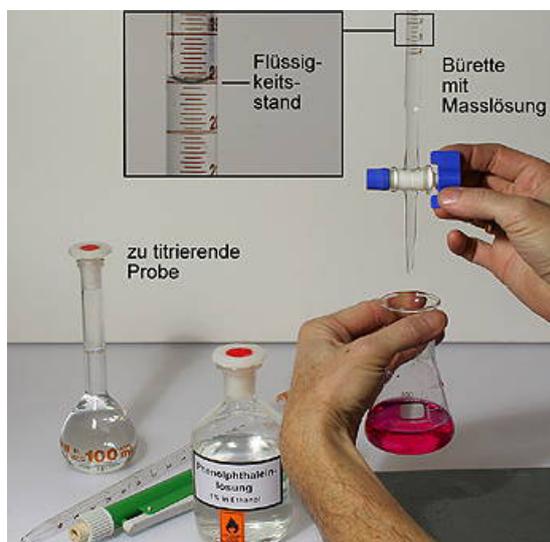
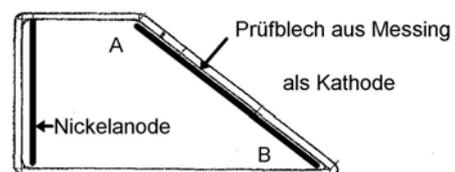


Abb. 13: Titration

c) Hull-Zellen-Test

Die Wirkungsweise organischer Badzusätze, die man analytisch nicht bestimmen kann, wird mit einem Hull-Zellen-Test er-



Hull - Zelle 250 ml

Abb. 14: Hull-Zelle Skizze

¹⁷ www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de/alfaweb/berichte/s-chem/chem0021.html

¹⁸ Information aus mündlicher Quelle von Remmele F. am 29.08.2007

¹⁹ www.seilnacht.com/Lexikon/Titratio.htm

²⁰ www.seilnacht.com/Lexikon/Titratio.htm

Information aus mündlicher Quelle von Remmele F. am 29.08.2007

mittelt. Durch besondere Anordnung von Kathode und Anode erhält man in dieser Prüfzelle auf dem Prüfblech ein weites Spektrum des Stromdichtebereiches. Auf dem Prüfblech entsteht bei A (→ hoher Stromdichtebereich) ein ger, ca. 10 mm breiter, matter Bereich.

Ebenso zeigt sich bei B im niedrigen Stromdichtebereich ein ca. 5 mm breiter, matter Streifen. Zwischen diesen beiden Bereichen liegt der Arbeitsbereich. Wenn der Elektrolyt an organischen Zusätzen verarmt, wird dieser Arbeitsbereich immer weiter eingeschränkt. Durch schrittweise Zugabe von diesen Zusätzen, versucht man den Arbeitsbereich so optimal wie möglich einzustellen.

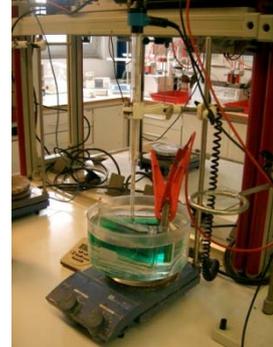


Abb.15: Hull-Zelle

3. Schichtdickenmessung

a) Allgemeine Messmethoden

Um in der Galvanotechnik zu messen, ob die Metallabscheidung auf einen bestimmten Gegenstand vollständig und fehlerfrei funktioniert hat, ist eine so genannte Schichtdickenmessung notwendig. Dazu gibt es mehrere Verfahren, je nachdem, ob das Probestück zerstört werden darf und wie viel Geld man für so ein Messgerät investieren möchte.

- ◆ Es gibt Messgeräte, die nach dem Wirbelstromprinzip arbeiten. Diese werden vorwiegend bei Metall- und Lackschichten auf Eisenwerkstoffen angewendet. Es ist eine zerstörungsfreie und einfache Messung mit preiswerten Geräten (Kosten ca. 100-200 Euro)
- ◆ Eine weitere Möglichkeit sind Messgeräte nach dem Ablöseverfahren z.B. ein Couloscope. Sie basieren auf dem coulomb'schen Gesetz (=physikalische Grundlage) und zerstören das Probestück (Kosten ca. 1000 Euro).
- ◆ Die jedoch am weitesten verbreitete Methode sind X-Ray-Geräte, die nach dem Röntgenstrahlverfahren arbeiten. Diese Methode ist zerstörungsfrei und universell einsetzbar.

Mit ihr lassen sich auch Materialzusammensetzungen bei Legierungen bestimmen. Ein negativer Faktor ist der hohe Preis mit ca. 50 000 Euro.²¹

b) Nähere Erklärung des Messprinzips eines Coulosopes

Im Folgenden erfolgt die nähere Erklärung des Messprinzips eines Coulosopes der Firma Fischer.

„Ebenso wie in einem galvanischen Prozess Metallschichten abgeschieden werden können, ist umgekehrt auch das Ablösen von Metallüberzügen möglich. Dies ist das Prinzip der coulometrischen Schichtdickenmessung, das beim COULOSCOPE angewendet wird. Die zur Schichtablösung erforderliche Elektrizitätsmenge ist direkt der abzulösenden Metallmasse proportional. Daraus lässt sich ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Ablösezeit und der Schichtdicke ableiten, wenn Ablösestrom und Ablösefläche konstant gehalten werden.“²²

Man setzt eine Messzelle mit einem kreisrunden Durchmesser von 3,2 mm (nach DIN 50 955) auf das Prüfstück und befüllt diese mit einem Spezial-elektrolyt. Dadurch erhält man „[...]eine Art elektrolytisches Minibad[...]“²³, verbindet dieses mit dem Messgerät und startet den Messvorgang.

"Nach der vollständigen Schichtablösung kommt der (Basis-) Werkstoff zum Vorschein und verursacht eine schlagartige Veränderung der Messzellenspannung“²⁴(=Potenzialsprung),

den das Messgerät erfasst und die den Prozess sofort automatisch beendet. Das Gerät errechnet

nun nach dem coulomb'schen Gesetz aus der abgelösten Metallmenge die Schichtdicke.

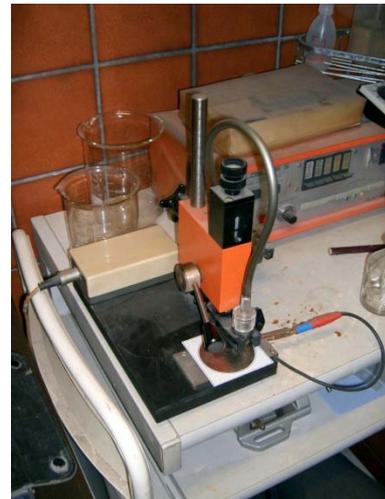


Abb. 16: Couloscope

Ablauf einer Beispielmessung

1. Die Prüfoberfläche mit einem Radiergummi reinigen
2. Die Messzelle aufsetzen
3. Den Spezialelektrolyt einfüllen

²¹ Information aus mündlicher Quelle von Mayr E. am 31.08.2007

²² Bedienungsanleitung, S. 1

²³ Bedienungsanleitung, S. 1

²⁴ Bedienungsanleitung, S. 1

4. Mit dem Messgerät verbinden
5. Die Messung starten
6. Nach automatischer Abschaltung kann man das Messergebnis ausdrucken und ablesen, bei einer mehrfachen Messung ist eine statistische Auswertung möglich.²⁵

4. Abwasser

Die letzte Kaskadenstufe sämtlicher Spülstationen wird über Ionenaustauscher geführt, wobei man jedoch die Spülwässer entsprechend ihrer Zusammensetzung aufteilt.

a) Erklärung der Abwasseranlage

Man unterscheidet dementsprechend nach:

- ◆ Sauer-alkalische Spülwässer
- ◆ Nickelhaltige Spülwässer
- ◆ Chromhaltige Spülwässer
- ◆ Cyanhaltige Spülwässer (sehr giftig)

Die Ionenaustauschtechnik bietet die Möglichkeit, die ins Spülwasser eingetragenen Ionen aufzukonzentrieren. Ionenaustauscher sind geschlossene Behälter mit einer Füllung aus Kunstharzkügelchen mit einem Durchmesser von 1 mm. Diese speziell entwickelten Kunstharze sind in der Lage, Anionen und Kationen auf ihrer Oberfläche festzuhalten.²⁶



Abb. 17: Ionenaustauscher

Die Aufgabe der Galvanotechnik besteht nicht nur darin, Gegenstände kostengünstig und entsprechend mit metallischen Legierungen zu versehen, sondern auch darin, diese Aufgabe möglichst umweltschonend auszuführen.

²⁵ Information aus mündlicher Quelle von Mayr E. am 30.08.2007

²⁶ Vgl.: Schröter, Taschenbuch der Chemie, S. 436

„Die Galvanobetriebe sind daher in aller Regel mit speziellen Anlagen und Verfahren ausgerüstet, die eine Rückgewinnung von Werkstoffen, Chemikalien und Wasser sowie die Beseitigung der Schadstoffe in Abluft und Abwässern ermöglichen.“²⁷

Die Anschaffung und das Betreiben solcher Anlagen erfordert zwar zusätzliche Investitionen, ist aber für die Schonung der Umwelt unbedingt notwendig.

In der Galvanikanlage wird die letzte Kaskade im Spülkreislauf über Ionenaustauscher gepumpt, wobei die Leitfähigkeit gemessen wird. Ein Ansteigen der Leitfähigkeit bis zu einem bestimmten Grenzwert zeigt, dass die Harze mit Metallionen gesättigt sind. Diese müssen dann mit Salzsäure (HCl) bzw. Natronlauge (NaOH) regeneriert werden. Dabei lösen sich von den Harzen die Metallionen und werden durch Wasserstoffionen bzw. Hydroxidionen ersetzt. Nach der Regeneration ist die Leitfähigkeit nahe Null. Der Vorgang an den Kationenharzen erfolgt durch das Ersetzen der Metallionen durch Wasserstoffionen, bei den Anionenharzen werden die Anionen durch Hydroxidionen ersetzt. Beim umgekehrtem Vorgang, „[...] dem Beladen werden die Wasserstoff- und Hydroxidionen wieder mit Metallionen (Kationen oder Anionen) ausgetauscht.“²⁸

Die durch den Ionenaustausch aufkonzentrierten Spüllösungen (Regenerate) werden in separaten Tanks nach verschiedenen Abwasserarten, wie oben aufgelistet, gesammelt.²⁹

b) Behandlung der einzelnen Abwasserarten

1. Die sauer-alkalischen Abwässer werden in einen Reaktionsbehälter mit einem Rührwerk gepumpt. Durch anschließende Zugabe von Ätznatron wird nun ein pH-Wert von neun eingestellt. Die im Wasser vorhandenen Metallionen werden dabei als unlösliche Hydroxide ausgefällt (=Hydroxidschlamm). Dann setzt man in geringen Mengen Flockungsmittel hinzu und pumpt das Ganze in ein Schlammabsetzbecken. Die Klarphase wird auf eventuell noch vorhandene Chrom- und Nickelionen getestet.

²⁷ Nasser K., Galvanotechnik, S. 20-21

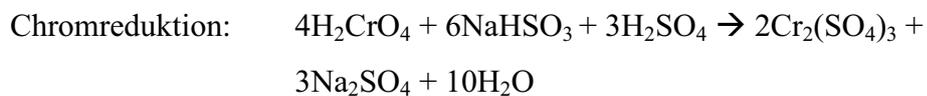
²⁸ Winkel P., Wasser und Abwasser, S. 285

²⁹ Information aus mündlicher Quelle von Mayr E. am 30.08.2007

Nach Gutbefund wird die Klarphase in die Endtauschervorlage abgezogen, dies ist auch die letzte Ionenaustauscher-Reinigungsstufe vor dem Eintritt in die Kanalisation.

2. Die nickelhaltigen Abwässer werden auf die gleiche Weise wie die unter Punkt 1 erklärten sauer-alkalischen Abwässer behandelt.

3. Chromhaltige Abwässer müssen zuerst mit Schwefelsäure (H₂SO₄) auf einen pH-Wert, der kleiner als zwei ist, eingestellt werden. Danach wird das im Abwasser vorhandene Chrom (VI) mit Natriumhydrogensulfit (NaHSO₃) zu Chrom (III) reduziert.



Danach erhöht man mit Ätznatron den pH-Wert auf neun und die Behandlung erfolgt weiter wie unter Punkt 1 besprochen.

4. Bei cyanidhaltigen Abwässern wird zuerst durch Zugabe von Schwefelsäure ein pH-Wert von neun eingestellt.

„Die Zerstörung des Cyans erfolgt durch Oxidation. Durch Zugabe von kräftigen Oxidationsmitteln, wie etwa Natronbleichlauge, werden Cyanide in Cyanate (z.B. NaCNO) übergeführt. Bei Überschuss von Oxidationsmitteln werden die Cyanate bis zu Kohlenstoffdioxid (CO₂) und elementarem Stickstoff (N₂) weiter oxidiert.“³⁰



Die Behandlung erfolgt weiter wie ab dem unter Punkt 1 erklärtem Klarphasentest.³¹

D) Auswertung der praktischen Arbeit

Die Auswertung der Schichtdickenmessung und die Analyse der Badbestandteile befinden sich im Anhang. An der Schichtdickenmessung mit Hilfe eines Coulosopes, die dreimal hintereinander an dem selben Gegenstand, jedoch an verschie-

³⁰ Winkel P., Wasser und Abwasser, S. 236

³¹ Information aus mündlicher Quelle von Mayr E. am 30.08.2007

denen Stellen ausgeführt wurde, sieht man, dass immer der selbe Wert von 1.4 herauskommt. Daraus lässt sich schließen, dass die Schichtdicke überall gleich ist. Zur Überprüfung der Funktion des Chrombades, wurde eine Probe entnommen und mit Hilfe der oben genannten Verfahren analysiert. Die Analysewerte zeigten, dass das Bad einwandfrei arbeitet und nichts hinzugefügt werden muss. Die aus der Badprobe analysierten Werte wichen nur geringfügig vom Sollwert des Bades ab.

E) Persönliche Stellungnahme und Marktanalyse

Ist die Galvanotechnik eine Schlüsseltechnologie? Da in der heutigen Zeit viel über die immer knapper werdenden Rohstoffe diskutiert wird, müssen wir immer sparsamer damit umgehen. Die Galvanotechnik bietet eine gute Möglichkeit, dies in die Tat umzusetzen. Durch die metallischen Überzüge wird die Lebenszeit vieler Werkstoffe um einiges verlängert und somit auch der Verbrauch an Material reduziert. Meiner Meinung nach ist die Wichtigkeit der Galvanotechnik noch zu wenig bekannt. Nach meiner persönlichen Erfahrung ist der Begriff „Galvanotechnik“ der Hälfte meines Freundes- und Bekanntenkreises nicht geläufig. Ein großer Teil hat die Befürchtung, dass die Abwässer nicht richtig gereinigt werden und in unser Grundwasser gelangen. Doch hat die Galvanotechnik auch hier strenge Auflagen, die Abwässer entsprechend zu reinigen. Dennoch ist schade, dass dieser wichtige Themenbereich noch nicht so verbreitet und seine Bedeutung noch nicht wirklich anerkannt ist, denn jeder von uns hat täglich in irgendeiner Form mit der Galvanotechnik zu tun, ohne, dass es ihm eigentlich bewusst ist, sei es im Automobilbau, in der Medizin oder bei Schreibwaren. Man kann nur hoffen, dass die Galvanotechnik sich weiterentwickelt und die Bevölkerung dies auch unterstützen wird.

Im Hinblick auf die Zukunft der Unternehmen selbst soll eine Umfrage des Fraunhofer-Institutes Auskunft geben.

Das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA hat sich unter anderem auch mit der Situation galvanotechnischer Betriebe in Deutschland beschäftigt. In der Umfrage wurden 792 Unternehmen angeschrieben, von denen 100 antworteten. Die Fragen bezogen sich schwerpunktmäßig auf die produktionstechnische Perspektive.

Mit Hilfe der Antworten zu drei Fragen soll ein Bild von der allgemeinen Situation und von der Perspektive der Beschichter in Deutschland gezeichnet werden:

1. Spielt der Wirtschafts- und Investitionsstandort Deutschland in fünf bis zehn Jahren noch eine Rolle für die Galvanotechnik?
2. Wie wichtig ist die Produktionsverlagerung nach Osteuropa für die Galvanotechnik?
3. Spielt die Galvanotechnik in fünf bis zehn Jahren noch eine Rolle bei der High-Tech-Fertigung und den High-Tech-Produkten?³²

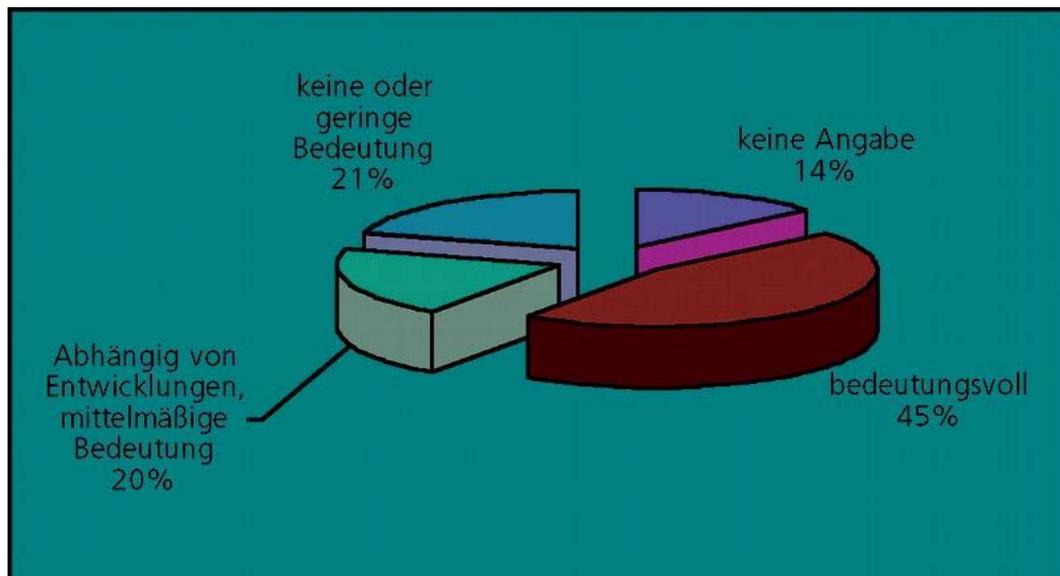


Abb. 18: Umfrageergebnisse zu den Zukunftsaussichten der Galvanotechnik

Anhand der ersten Grafik kann man sehen, dass nur 13% der befragten Unternehmen der Bedeutung des Standortes Deutschland negativ gegenüberstehen. Die Mehrheit jedoch, und das sind fast drei Viertel der Befragten, sehen die Bedeutung eindeutig positiv. Auch bei der dritten Frage stehen 89% dem Ganzen positiv gegenüber und 8% immerhin teilweise. Nur für 3% spielt die Galvanotechnik bei der High-Tech-Fertigung und bei High-Tech-Produkten in zehn bis fünfzehn Jahren keine große Rolle.

³² www.inovations-report.de

Im Hinblick auf die Frage, „wie wichtig die Produktionsverlagerung nach Osteuropa für die Galvanotechnik“³³ ist, sehen darin keine oder nur eine geringe Bedeutung, 20% eine mittel-mäßige Bedeutung

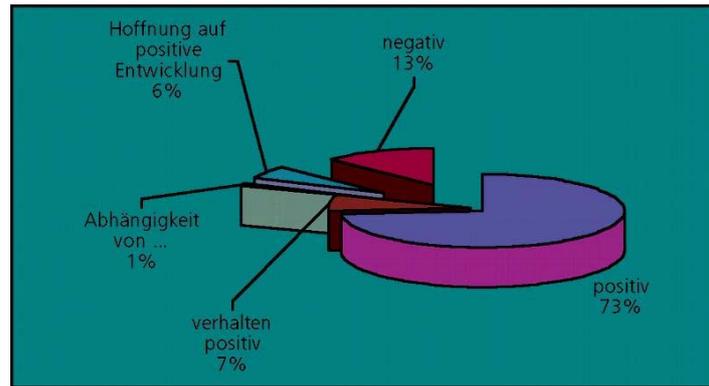


Abb. 19: Umfrageergebnisse zur Produktionsverlagerung nach Osteuropa

und eine Abhängigkeit von der zukünftigen Entwicklung. Jedoch 45% der Befragten halten die Produktionsverlagerung nach Osteuropa für bedeutungsvoll oder eine Teilverlagerung sogar für unvermeidlich. Die restlichen 14 % machten hierzu keine Angabe. Ein Großteil der befragten Unternehmen steht der Zukunft jedoch positiv gegenüber, auch wenn ihnen sicherlich bewusst ist, dass der Einfluss und die Konkurrenz der osteuropäischen Produkte immer größer werden.³⁴

Selbstständigkeitserklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die Facharbeit ohne fremde Hilfe angefertigt und nur die im Literaturverzeichnis aufgeführten Quellen benutzt habe.

Bernried, den 25.01.2008

.....

Katharina Breitenmoser

³³ www.inovations-report.de

³⁴ Vgl.: www.inovations-report.de

1. Quellenverzeichnis

- Mündliche Quellen:
 - Mayr Edwin, Firmenchef der Firma Mayr Chrom in Königsbach-Stein, Tel: 07232/311083
 - Remmele Frank, Mitarbeiter der Firma Enthone
- Bücherquellen:
 - Bedienungsanleitung, Operating Instructions Fischer, S. 1
 - Brugger R., Die galvanische Vernicklung, Eugen G. Leuze Verlag Saulgau/Württ., 1984², S. 109, S. 111, S. 116
 - Nasser K., Galvanotechnik Grundlagen, Verfahren, Praxis, Hanser Verlag München Wien, 2000, S. 9, S. 20-21, S. 79
 - Nohse W., Die Untersuchung galvanischer Bäder in der Hull-Zelle, Eugen G. Leuze Verlag Saulgau/Württ., 1965²
 - Schröter, Lautenschläger, Biback, Taschenbuch der Chemie, Verlag Harri Deutsch Thun und Frankfurt am Main, 1995², S. 160 Stichwort: elektrolytische Dissoziation, S. 161 Stichwort: Ionenbindung, S. 436 Stichwort: Ionenaustauscher, S. 718 Stichwort: Tenside
 - Winkel P., Wasser und Abwasser Behandlung und Kreislaufführung in der Galvanotechnik und Metallindustrie, Eugen G. Leuze Verlag D7968 Saulgau/Württ., „o.J.“², S. 236, S. 285
- Zeitschriftenquellen:
 - Gütegemeinschaft Galvanotechnik e.V., Gütesicherung in der Galvanotechnik, Eugen G. Leuze Verlag Saulgau/Württ., Nr. 2, S. 2
- Internetquellen:
 - www.bhak-bludenz.ac.at/physik/geschichte/physiker/galvani.shtml, Stand 08.01.2008
 - www.inovatins-report.de, Stand 08.01.2008
 - www.leifi.physik.uni-muenchen.de/web_ph10/geschichte03galvani.htm, Stand 08.01.2008
 - www.leiterplatten.com/gt/heft/aufsatz/200201%Caus-den-anfaengen.pdf, Stand 08.01.2008

- www.seilnacht.com/Lexikon/Titratio.htm, Stand 08.01.2008
- www.xfaweb.baden-wuerttemberg.de/alfaweb/berichte/s-chem/chem0021.html,

2. Abbildungsverzeichnis:

- Abbildung 1, Apparatur zum Überziehen von Gegenständen mit Kupfer, <http://www.leiterplatten.com/gt/heft/aufsatz/200201%5Caus-den-anfaengen.pdf>, Stand 28.08.2007
- Abbildung 2, Elektrolyt, erstellt von Katharina Breitenmoser
- Abbildung 3, www.elektro.de/lexikon.php?article=Gleichrichter, Stand 30.08.2007
- Abbildung 4, www.elektro.de/lexikon.php?article=Gleichrichter, Stand 30.08.2007
- Abbildung 5, www.elektro.de/lexikon.php?article=Gleichrichter, Stand 30.08.2007
- Abbildung 6, Galvanisiergestell (aufgesteckt), Foto gemacht von Katharina Breitenmoser
- Abbildung 7, Galvanisiergestell (aufgebunden), Foto gemacht von Katharina Breitenmoser
- Abbildung 8, Chrombad, Foto gemacht von Katharina Breitenmoser
- Abbildung 9, Kaskadenspülung, http://www.umweltschutz-bw.de/images/Metall/Galvanik_23_1.gif, Stand 30.08.2007
- Abbildung 10, Glasperlenstrahl-Automat, Foto gemacht von Katharina Breitenmoser
- Abbildung 11, Glasperlenstrahl-Automat, Foto gemacht von Katharina Breitenmoser
- Abbildung 12, Atomabsorbtionspektrometer, Foto gemacht von Katharina Breitenmoser
- Abbildung 13, Titration, www.seilnacht.com/Lexikon/Titratio.htm, Stand 29.08.2007
- Abbildung 14, Hull-Zelle, Nohse W., Die Untersuchung galvanischer Bäder in der Hull-Zelle, Eugen G. Leuze Verlag Saulgau/Württ., 1965², S. 10

- Abbildung 15, Analyse mit Hilfe der Hull-Zelle, Foto gemacht von Katharina Breitenmoser
- Abbildung 16, Couloscope, Foto selbstgemacht von Katharina Breitenmoser
- Abbildung 17, Ionenaustauscher, <http://www.ut-s/rema.pdf>
- Abbildung 18, Umfrageergebnisse zu den Zukunftsaussichten der Galvanotechnik, www.inovations-report.de
- Abbildung 19, Umfrageergebnisse zur Produktionsverlagerung nach Osteuropa, www.inovation-report.de

Auswertung der Schichtdickenmessung:

	1	(Schicht 1)	d =	1.4
N =	2	(Schicht 1)	d =	1.4
N =	3	(Schicht 1)	d =	1.4
FISCHER		COULSCOPE 8 9		
PRODUKT:	Rüfplatte.....			
NAME :	DATUM : 31.08.2007			
Endergebnis		Schicht 1		
Mittelwert =	1.40	N =	3	
Std. Abw. =	0.00	Var.Koeff. =	0.0%	
Min. Wert =	1.4	Max. Wert =	1.4	

Analysewerte des Chrombades:



Cookson Electronics PWB MATERIALS & CHEMISTRY

ENTHONE

Mayr Galvanotechnik GmbH
 z.Hd. Herrn Mayr
 Singener Str. 3
 75203 Königsbach-Stein

Verfahren:	Chrom		Volumen:	1200	
Anlage:	Chrom-Star GL Automat				
Probe-Nr:	14275				
Bemerkung:					
Entnahme:	29.8.2007	Eingang:	29.8.2007	Ausgang:	31.8.2007
Ansprechpartner:	Frank Remmele	Durchwahl:	-20		
		eMail:	fremmele@cooksonelectronics.com		

--

Analysewerte		neu	letzter Wert	Sollwert
Chromsäure	g/l	278	303	320
Schwefelsäure	g/l	1,7	1,8	
Schwefelsäure	%	0,6	0,6	0,66
Chrom(III)-oxid	g/l	1,5	5,5	
Katalysator KAT 20	g/l	14	15	15
Kupfer	g/l	25	28	
Katalysator CHROM-STAR GL	g/l	2,0	2,2	2,2

Praktische Untersuchung:

Ergänzungen:	Menge	Artikelbezeichnung	Artikelnummer
---------------------	--------------	---------------------------	----------------------

Regenerierempfehlungen:

Analysenkosten pro Probe:	103,00 €	Analysenkosten pro Verfahren gesamt
Berechnen:	Nein	Diese Analyse erfolgte im Rahmen unseres Kundendienstes kostenlos