

---

## Schulungsunterlagen für das Tampongalvanisieren mit dem Selectron-Verfahren

---

Dieses Dokument soll Richtlinien für das Tampongalvanisieren mit dem Selectron Verfahren darstellen. Es ist keine Anleitung für das Tampongalvanisieren im allgemeinen. Dieses Dokument ist nicht dafür vorgesehen, an andere Betriebe weitergeleitet zu werden.

### Inhalt

1. Theoretische Grundlagen
  - 1.1. Der galvanische Abscheidungsprozess
  - 1.2. Die Reinigung der Bauteile
  - 1.3. Die Elektrolyte, deren Grundzusammensetzung und Aufgaben
  
2. Praktische Richtlinien
  - 2.1. Sicherheitshinweise
  - 2.2. Anwendungsbereiche
  - 2.3. Das Aussehen von Beschädigungen
  - 2.4. Das Beschichten
  - 2.5. Berechnung von Schichtdicken
  - 2.6. Pflege und Umgang mit der Anlage

## 1. Theoretische Grundlagen

### 1.1. Der galvanische Abscheidungsprozeß

In einem galvanischen Bad befindet sich ein Elektrolyt. Der Elektrolyt ist eine Flüssigkeit (entionisiertes Wasser ~ destilliertes Wasser), in der Salze gelöst sind. Gibt man ein Salz in die Flüssigkeit, so dissoziiert es mehr oder weniger stark (hängt vom Salz ab). Unter dissoziieren versteht man, daß sich aus dem Salz elektrisch geladene Atome bilden, auch Ionen genannt. So werden z.B. aus festem Kochsalz (NaCl) in Wasser  $\text{Na}^+$  und  $\text{Cl}^-$  Ionen.

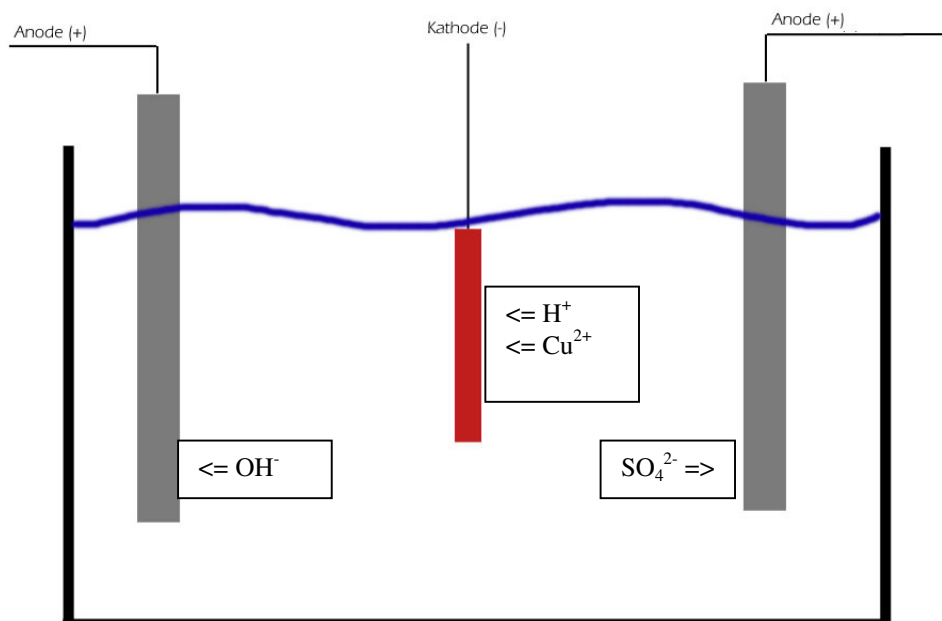
Die verschiedenen Salze haben unter anderem verschiedene Aufgaben:

- Metallträger (für das zu beschichtende Metall)
- Leitfähigkeit erhöhen
- Pufferung (= pH Wert konstant halten)

Legt man an den Elektrolyten eine Gleichspannung an, so ziehen sich gegenseitige Ladungen an.

Für das obige Beispiel:  $\text{Na}^+$  Ionen wandern zum Minuspol (Kathode) und  $\text{Cl}^-$  Ionen zum Pluspol (Anode).

Kochsalz hat in der galvanischen Abscheidung normalerweise keine Bedeutung. Am Beispiel eines sauren Kupferelektrolyten ergibt sich folgendes Bild für ein galvanisches Bad:



# SELECTRON Oberflächentechnik

Norbert Stein

Tampon-Galvanisieren

Das Bild ist stark vereinfacht, da nur Kupfersulfat ( $\text{CuSO}_4$ ) und Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) berücksichtigt wurden.  $\text{CuSO}_4$  dissoziiert in Wasser zu  $\text{Cu}^{2+}$  und  $\text{SO}_4^{2-}$ .  $\text{H}_2\text{O}$  dissoziiert zum Teil in  $\text{H}^+$  und  $\text{OH}^-$ .

$\text{SO}_4^{2-}$  und  $\text{O}^-$  wandern zur Anode (+) und dort entsteht Sauerstoff.

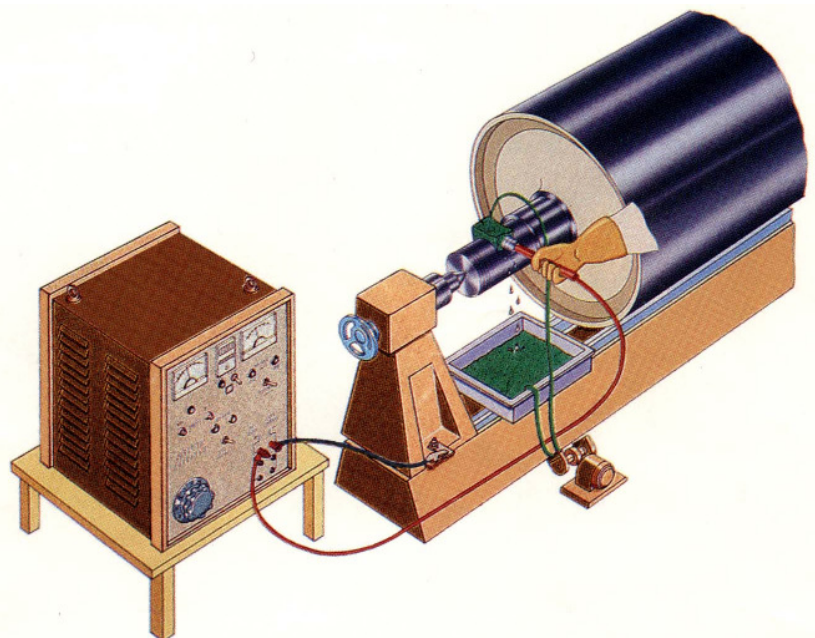
$2\text{H}^+$  und  $\text{Cu}^{2+}$  wandern zur Kathode (Bauteil). Dort entsteht Wasserstoff und das Kupfer scheidet sich auf der Bauteiloberfläche ab.

Da alle gebräuchlichen Elektrolyte auf Wasser basieren, entsteht normalerweise immer Wasserstoff und Sauerstoff beim Beschichten. Die Wasserstoffabscheidung ist in der Regel beim Beschichten nicht erwünscht, da es zur Wasserstoffversprödung kommen kann.

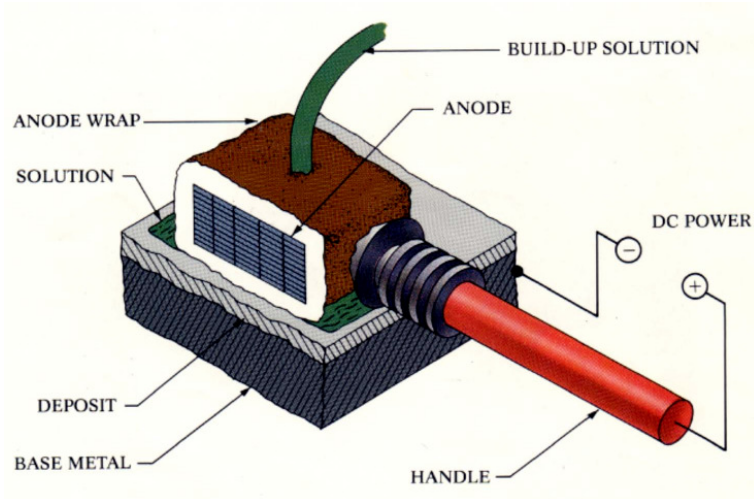
Je nach Einsatz von verschiedenen Elektrolyten hat man unterschiedlich viel Wasserstoffabscheidung. Im allgemeinen kann man sagen, daß bei alkalischen Elektrolyten (pH-Wert  $> 7$ ) weniger Wasserstoff entsteht als bei sauren (pH-Wert  $< 7$ ).

Beim Selectron Tampongalvanisieren befindet sich der Elektrolyt in einer Baumwollwatte, die um eine Graphitanode gewickelt ist. Das Bauteil ist, wie auch im Bad, die Kathode. Wenn man die Baumwollwatte mit dem Bauteil in Verbindung bringt, scheiden sich bei angelegter Spannung Schichten ab. **ACHTUNG:** Im Falle des sauren Kupfers muß darauf geachtet werden, daß beim Ansetzen der Anode Spannung anliegt, da sich das Kupfer bei bestimmten Grundmaterialien auch ohne Spannung abscheiden würde. Dies führt aber zu schlecht haftenden Schichten.

Zum besseren Verständnis, soll die vereinfachte, schematische Bildfolge beitragen:



Von einem Gleichrichter wird das Kathodenkabel an die Drehvorrichtung geklemmt. Das Anodenkabel wird von dem Gleichrichter an den Anodenhalter angeschlossen. Mittels Kreislaufpumpe wird der Elektrolyt durch den Schlauch von dem Elektrolytbehälter durch die Anode, über das zu beschichtende Teil in den Elektrolytbehälter zurückgepumpt. Die notwendige Anodenbewegung wird von der Drehvorrichtung durch die entsprechende Umdrehung pro Minute vorgenommen.



Dieses Schema zeigt anschaulich die Anodenanordnung beim Selectron-Arbeitsprozeß, bei dem die Elektrolytzufuhr ebenfalls im Kreislauf durchgeführt wird. Der Anodenbehälter ist anodisch (+), das Werkstück kathodisch (-) geschaltet. Der Elektrolyt (grün) wird durch den Schlauch zur Anode gepumpt und über das zu beschichtende Werkstück in den Elektrolytbehälter zurückgeführt. Die Anode ist mit einer saugfähigen Baumwollwatte (weiß) umhüllt und mit einem braunen Scotch Brite überzogen. Beim Galvanisierprozeß muß die Anode mit einer bestimmten Anodengeschwindigkeit – ca. 20 Meter pro Minute – von Hand bewegt werden.

## 1.2. Die Reinigung der Bauteile

Für das erfolgreiche galvanische Beschichten ist eine sorgfältige Reinigung der Bauteile sehr wichtig. Die zu beschichtende Oberfläche muß absolut frei von Schmutz, Rost, Zunder, Ölen und Fetten sein. Ist eine Oberfläche entfettet, darf sie auch nicht mehr mit den Fingern berührt werden !

Für das Entfetten mit dem Selectron Verfahren gilt:

1. Stark verschmutzte Stellen erst mit Aceton säubern.
2. Die zu beschichtende Stelle mit Klebeband abkleben
3. Mit Elektroreiniger SCM 4100 entfetten

Punkt 1 ist eine Grobentfettung, die die Oberfläche reinigt.

Punkt 3 ist eine Mikroentfettung. Hier werden durch den entstehenden Wasserstoff die restlichen auf der Oberfläche befindlichen Fette und Öle abgesprengt. Durch die Zusammensetzung des Elektrolyten werden Fette und Öle verseift und gebunden.

Anmerkung: Die oben beschriebene Entfettung funktioniert normalerweise immer. Durch den Einsatz von speziellen Fetten und Ölen kann es aber theoretisch vorkommen, daß die Oberfläche nicht 100% entfettet wurde. Dies hat schlecht haftende Schichten zur Folge.

### **1.3. Die Elektrolyte, deren Grundzusammensetzung und Aufgaben**

Für der Reparatur an Zylindern sind vor allem folgende Selectron Elektrolyte interessant:

#### **Elektroreiniger SCM 4100**

Der Elektroreiniger ist eine 1–5 prozentige Natronlauge mit verschiedenen Zusätzen. Er dient zur Mikroentfettung und zur Verseifung von Fetten.

#### **Aktivator Nr. 1 SCM 4200**

Der Aktivator ist eine 1-5 prozentige Schwefelsäurelösung. Er entfernt die restliche alkalische Schicht nach dem Entfetten und entfernt restliche Oxide.

#### **Nickel Spezial SPS 5630**

1-5 % Salzsäure und 30-60 % Nickelsulfat. Die Salzsäure verhindert die Bildung neuer Oxide auf dem Bauteil. Es wird eine dünne Schicht (1-2 µm) Nickel aufgetragen, die als Haftvermittler dient.

#### **Kupfer HS sauer SPS 5260**

10-30% Kupfersulfat und andere Bestandteile. Mit diesem Elektrolyt wird Kupfer beschichtet. Die Vorteile des Elektrolyten liegen in der hohen Abscheidegeschwindigkeit und in seiner Streufähigkeit. Der Elektrolyt ist allerdings aggressiv und greift bei Stahl und Eisen nicht abgedecktes Grundmaterial an. Daher wird dieser Elektrolyt vor allem bei Nickel, V4A, V2A Kupfer und Messingbauteilen eingesetzt.

#### **Kupfer alkalisch SPS 5305**

Alkalischer Elektrolyt zur Kupferabscheidung. Beschichtet langsamer als SPS 5260 und die Streufähigkeit ist schlechter, allerdings ist er nicht aggressiv gegenüber dem Grundmaterial. Er wird vor allem bei Stahl und Eisenbauteilen verwendet.

#### **Nickel XHB SPS 5646**

Elektrolyt zur Nickelabscheidung. Interessant bei vernickelten Zylindern als Deckschicht.

#### **Cobalt SPS 5200**

10-30% Cobaltsulfat und weitere Bestandteile. Elektrolyt zur Cobaltabscheidung. Interessant bei verchromten Zylindern als Deckschicht.

## **2. Praktische Richtlinien**

### **2.1. Sicherheitshinweise**

Die genauen Sicherheitshinweise sind jeweils den Datensicherheitsblättern der einzelnen Elektrolyten zu entnehmen, die von uns mitgeliefert wurden.

Generell sollte immer auf folgendes geachtet werden:

1. Elektrolyte sind chemische Lösungen, die niemals getrunken werden dürfen und nicht in die Augen gelangen dürfen.
2. Die Elektrolyte sollten bei Nichtgebrauch für nicht eingelernte Personen verschlossen aufbewahrt werden.
3. Elektrolytkontakt mit der Haut vermeiden.
4. Vermeiden Sie, die bei der Beschichtung entstehenden Dämpfe einzuatmen.
5. Nach der Arbeit mit Elektrolyten immer Hände waschen.
6. Die Elektrolytabfälle müssen zum Teil entsorgt werden (siehe Datensicherheitsblatt).
7. Elektrolyte nicht mischen.
8. Beim Einsatz von großen Anoden kann die Anode sehr warm werden.

Die bei der Arbeit entstehenden Aerosole sind bei kleinen Anoden (MS4) in normalen, belüfteten Räumen nicht bedenklich.

### **2.2. Anwendungsbereiche**

Die Selectron-Verfahrenstechnik ist in vielen Branchenbereichen einsetzbar. Vor allem im Werkzeugbau, Schwermaschinenbau, Schiffsbau, in der Elektrotechnik, Hydraulik und in Druckereien werden mit diesem Verfahren große Erfolge erzielt. Die Selectron-Tampongalvanisierung ist eine spezielle galvanische Verfahrenstechnik, deren Einsatz auch die wehrtechnischen Bereiche umfaßt. So erfüllt diese Technik auch die dafür notwendigen Spezifikationen wie Mil Standard 865c [UAF] (allgemeine Wehrtechnik), Naviships 0900-038-6010 (Schiffsbau) und die QQ 416a (Luftfahrt), um nur einige zu nennen.

Speziell im Druckmaschinenbau dient dieses Verfahren zur Reparatur und Nachbesserung von Beschädigungen an Zylindern.

## 2.3 Aussehen von Beschädigungen

Die Beschädigungen können verschiedenste Größen, Formen und Tiefen haben. Sie können punktuell oder rund um einen Zylinder vorliegen.

Für Beschädigungen, die tiefer als 1mm sind berät sie unsere Firma gerne über die beste Reparaturmethode. Solche Beschädigungen sind meist nur mit hohem Aufwand zu reparieren, und man muß genau die Vorgehensweise und Wirtschaftlichkeit überprüfen.

Wenn es nicht unbedingt nötig ist, werden Beschädigungen vor der Beschichtung nicht mechanisch bearbeitet, da das Risiko, die Beschädigung zu vergrößern, zu hoch ist.

Vergrößerte Beschädigungen:



Skizze 1



Skizze 2



Skizze 3

Man unterscheidet 3 Grundtypen von Beschädigungen:

- schmale Beschädigungen, wie z.B. Poren (Skizze 1)
- breite Beschädigungen, z.B. Riefen (Skizze 2)
- Beschädigungen mit Aufwurf (Verformungen im Randbereich), z.B. Eindrücke (Skizze 3)

Bei schmalen, tiefen Beschädigungen muß auf folgendes geachtet werden:

Abhängig von der Streufähigkeit des Elektrolyten, kann es hier passieren, daß sich im Grund der Beschädigung kein Metall abscheidet. Die aufgebrachte Schicht wächst über dem Beschädigungsgrund zusammen und es befinden sich Elektrolytreste in einem Hohlraum unter der Schicht. Reagiert der Elektrolyt mit dem Grundmaterial, können Gasblasen entstehen, die die Schicht anheben. Diese Gefahr besteht vor allem bei dem Grundmaterial Stahl/Eisen mit sauren Elektrolyten. Darum wird in diesem Fall oft die Pore vor der Beschichtung mit einem elektrischen Schleifer etwas aufgebohrt. Dies muß aber mit größter Vorsicht geschehen, um die Beschädigung nicht unnötig zu vergrößern.

Breite Beschädigungen können gut galvanisiert werden.

Wenn etwas in einen Zylinder hineingedrückt wurde, kann ein Aufwurf entstehen. Dieser Aufwurf muß nach der Beschichtung mit dem Füllmetall, bzw. vor der Beschichtung mit der Deckschicht mechanisch entfernt werden (schleifen), wenn eine exakt ebene Oberfläche gewünscht ist.

## **2.4 Das Beschichten**

Für das Beschichten werden folgende Dinge benötigt:

- ein Gleichrichter
- ein Kabelsatz (rotes und schwarzes Kabel)
- Anoden
- Elektrolyte (für Vorbehandlung, Beschichtung und Deckschicht)
- Wasserflasche zum Spülen
- Becherständer
- Baumwollwatte
- Klebeband
- Schere, Messer, u.U. Locher (für kleine Punkte)
- Saugfähiges Papier
- Schleifmaterial (400er Schmirgel, Scotchbrite, Feilen und Schleifsteine (fein) )
- Auffangbehälter für Restelextrolyt

Vor dem Beschichten müssen folgende Arbeitsschritte getan werden:

- Gleichrichter mit 220V Wechselspannung verbinden
- Ein Ende des schwarzen Kabels am Minuspol des Gleichrichters anschließen, das andere Ende des Kabels an einer freien metallischen Stelle am Bauteil anklennen.
- Das rote Kabel in den Pluspol des Gleichrichters anschließen
- Die Graphitstäbe der Anoden mit Scotchbrite abreiben, bis sie glatt sind.
- Becherständer aufstellen und Becher sauber auswaschen
- Becher mit gewünschten Elektrolyten füllen
- Die Graphitstäbe anfeuchten, mit Baumwollwatte umhüllen und in die Elektrolytbecher stellen

### **Anmerkungen zum Beschichtungsprozess:**

Beim Beschichten oder Vorbehandeln sollte die Anode immer bewegt werden, da sonst Verbrennungen auf Grund von Elektrolytverarmung entstehen. Dies äußert sich durch schwarze bzw. gräuliche, dunkle Flecken. Zwischendurch sollte man die Anode immer wieder in den Elektrolyt tauchen. Dieser Vorgang dient der (Ab-)Kühlung der Anode und zusätzlich wird durch das ständige, sich wiederholende Eintauchen die Metallkonzentration in der Baumwolle ausgeglichen (Schutz vor Verbrennungen). Im Randbereich der Abdeckung können beim Beschichten dunklen Stellen entstehen. Dies ist normal und liegt daran, daß dort höhere Stromdichten herrschen, die schneller zu einer Elektrolytverarmung führen können.

Mit der Zeit wird die Baumwollwatte dünner. Bei einem direkten Kontakt der Graphitanode mit dem Bauteil können Schweißstellen entstehen. Daher die Anodenumwicklung rechtzeitig wechseln!

Da sich beim Beschichten das Graphit anlöst (es entsteht  $\text{CO}_2$ ) sollte man nach dem Abnehmen der Baumwolle - beim Wechseln der Watte - die Graphitanode mit Scotchbrite abreiben. Dies garantiert eine einwandfreie Funktion der Anode.



Beschichtet wird immer mit einem Metall, das weicher ist als das Grundmaterial, damit bei der Nacharbeit – dem Schleifen – so wenig wie möglich abgenommen wird.

## **Ein Beispiel für die Reparatur von einer Beschädigung in einem verchromten Zylinder:**

Die Prozessschritte:

- 1.) Grobentfetten mit Aceton. Entfernen von Farbresten, Ölen und Fetten
- 2.) Anbringen einer Abdeckung mit Klebeband, um den Bearbeitungsbereich einzugrenzen (damit beim Schleifen nicht unnötig Abtrag an nicht beschädigten Stellen erfolgt). Zusätzlich wird eine Elektrolytauffangschale angebracht um den verbrauchten Elektrolyt aufzufangen.
- 3.) Elektrolytisch, kathodisch Entfetten mit Elektreiniger (ca. 7-15 Sekunden / 10V). Mikroentfettung durch Bildung von Wasserstoff an der Kathode der Fettpartikel absprengt. Analog wird Sauerstoff an der Anode entwickelt.
- 4.) Spülen
- 5.) Aktivierung der Oberfläche mit Aktivator Nr.1 (ca. 5-10 Sekunden 10V). Konditioniert die Oberfläche und entpassiviert Metallschichten durch entfernen von eventuell vorhandenen Oxiden.
- 6.) Vorvernickelung mit Nickel Spezial (ca. 20 Sekunden, 10V, kathodisch). Hier wird zur Haftvermittlung eine sehr dünne Nickelschicht aufgebracht. Der hohen Salzsäuregehalt dieser Lösung verhindert eine Passivierung des Grundmaterials. Dies ist nötig zur Haftverbesserung, da die Chromschicht im angrenzenden Bereich der Schadstelle mitgalvanisiert wird. Die Chromschicht bildet rasch an Raumluft eine passivierende Oxidschicht.
- 7.) Erneut spülen.
- 8.) Kupfer auftragen (10V, mehrere Minuten, kathodisch). Zu beachten ist hierbei, dass man die Anode mehrmals während der Beschichtungsoperation in die Lösung taucht, um einer Elektrolytverarmung vorzubeugen.
- 9.) Anschließend erneutes Spülen.
- 10.) Entfernen der Abdeckung
- 11.) Abschleifen mit Feile und Schmirgelpapier
- 12.) Falls Beschädigung nicht eben ist, zu Punkt 2 zurückkehren.
- 13.) Vorbehandlung (Punkt 3 bis 6) wiederholen
- 14.) Über den Beschädigungsbereich hinaus mit Cobalt beschichten (10V, kathodisch ca. eine Minute). Dies ist die Deckschicht und sie ist für die Farbe und die Härte.
- 15.) Spülen
- 16.) Stelle trocknen.

- 17.) Abreiben mit Scotch Brite. Dies hat eine polierende Wirkung zur Folge und die Übergänge von der Chromschicht zur Grundschicht werden egalisiert. Das Polieren ist nötig, da die mit diesem Verfahren abgeschiedene Oberflächen meist rauh sind.

Anmerkung: Die hier aufgeführten Zeiten hängen von der Größe der zu beschichtenden Flächen ab und wieviel Metall aufgetragen werden soll.

## 2.5. Berechnung von Schichtdicken

Zur Berechnung von Schichtdicken müssen folgende Werte bekannt sein:

- Die Oberfläche (A) des abgedeckten Bereich in cm<sup>2</sup>
- Die Schichtdicke (s), die erreicht bzw. ermittelt werden soll in µm.
- Der Amperestundenfaktor (Ah<sub>Faktor</sub>) des Elektrolyts (bei uns zu erfragen)
- Die Amperestunden (Ah), die der Gleichrichter anzeigt.

Die Formel lautet:

$$Ah = Ah_{\text{Faktor}} \cdot s \cdot A$$

### Rechenbeispiel:

Sie möchten eine 15 µm dicke Kupferschicht mit dem sauren Kupferelektrolyten auf eine 4 cm<sup>2</sup> große Fläche abscheiden.

$$Ah_{\text{Faktor}} = 0,00073, s = 15\mu\text{m}, A = 4 \text{ cm}^2$$

$$Ah = 0,00073 \cdot 15\mu\text{m} \cdot 4 \text{ cm}^2$$

$$Ah = 0,0438$$

Dies bedeutet: Sobald Ihr Gleichrichter 0,0438 Ah anzeigt, haben sie 15 µm Kupfer auf Ihrer Oberfläche abgeschieden.

Möchte man die Schichtdicke berechnen, die abgeschieden wurde:

$$s = \frac{Ah}{Ah_{\text{Faktor}} \cdot A}$$

Wichtige Amperestundenfaktoren:

Elektrolyt	Amperestundenfaktor
Kupfer sauer SPS 5260	0,00073
Kupfer alkalisch SPS 5305	0,00079
Nickel XHB SPS 5646	0,00103
Nickel spezial SPS 5630	0,00230
Cobalt SPS 5200	0,00152

Anmerkung: Wenn sie einen älteren Gleichrichter von uns verwenden, werden im Display Ampereminuten angezeigt. Um von Amperestunden auf Ampereminuten umzurechnen, müssen sie den Wert mit 60 multiplizieren. Um von Ampereminuten auf Amperestunden umzurechnen, teilen sie den Wert durch 60.

## 2.6. Pflege und Umgang mit der Anlage

Der Gleichrichter sollte vor der Benutzung ungefähr Raumtemperatur haben.

Nach dem Beschichten müssen die Anoden und der Becherständer gereinigt werden. Kann eine Reparatur nicht in einem Tag durchgeführt werden, kann man die Anoden in dem Becherständer stehen lassen, wenn die Plastikdeckel auf den Bechern sind.

Vermeiden Sie, die Anoden fallen zu lassen oder etwas daraufzustellen, da sie leicht brechen können.

Wenn ein Elektrolyt im Becher nur **wenig** gebraucht wurde und **nicht** verschmutzt ist, kann er in den Vorratsbehälter zurückgeschüttet werden. Im Zweifelsfall immer wegschütten, da sonst der Elektrolyt im Vorratsbehälter zerstört werden kann.