

# Witterungsbeständige Eloxalschichten in vielen Farben

**Mit dem Interferenz-Verfahren lassen sich korrosions- und witterungsbeständige, metallisch glänzende Eloxalschichten in allen Spektralfarben herstellen. Das Verfahren wurde in den letzten Jahren entscheidend weiterentwickelt.**

**A**luminium, erstmals hergestellt 1809 von dem britischen Chemiker Sir Humphry Davy, ist heute eines der begehrtesten Werkstoffe unserer Zeit. Neben seiner Leichtigkeit und guten Formbarkeit überzeugt das Metall vor allem durch seine Korrosionsbeständigkeit. Die natürliche Oxidschicht, die bei Berührung der blanken Oberfläche mit Feuchtigkeit und Sauerstoff entsteht, reicht für die Korrosionsanforderungen im Automobilbau oder in der Architektur nicht aus.

Um die Aluminiumoberfläche vor Korrosion dauerhaft zu schützen, haben sich mehrere Technologien bewährt, darunter das sogenannte Eloxal-Verfahren (abgeleitet von „elektrolytisch oxidiertes Aluminium“). Dabei wird das Aluminium als Anode in eine saure, wässrige Lösung getaucht und elektrochemisch oxidiert. Das Ergeb-

nis: Eine verdickte Oxidschicht, die nicht nur verhindert, dass weitere Luft zum Aluminium durchdringt, sondern auch durch ihre Transparenz den metallischen Glanz bewahrt. Hauptmerkmal dieser industriell erzeugten Aluminiumoxidschicht ist ihre besondere Porenstruktur. Auf engstem Raum befinden sich Millionen von winzigen Poren die das Einfärben des Werkstückes ermöglichen.

## Eingeschränkte Farbpalette bei lichtechten Färbungen

Bis vor wenigen Jahren konnten sich Anwender, die Aluminium färben oder weiterverarbeiten wollten, nur zwischen der nahezu unendlichen Farbvielfalt der lichtempfindlichen organischen Farbstoffe und der gegen Wetter und Sonnenlicht weitaus beständigeren elektrolytischen Metallsalz- oder Integralfärbung entscheiden. Der Preis für die höhere Lichtbeständigkeit war die eingeschränkte Farbpalette des durch Metallsalz gefärbten Aluminiums. Die Palette reichte nur von Champagner über Bronze bis zu Schwarz.

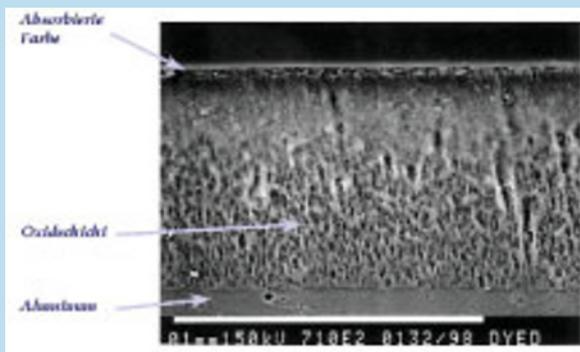
Mit dem Aluminiumfärbverfahren Spectrocolor 2000 können heute Bauelemente aus Aluminium in allen

Spektralfarben coloriert werden. Über viele Jahre behalten sie ihre Farbe und vor allem ihren einmaligen metallischen Glanz.

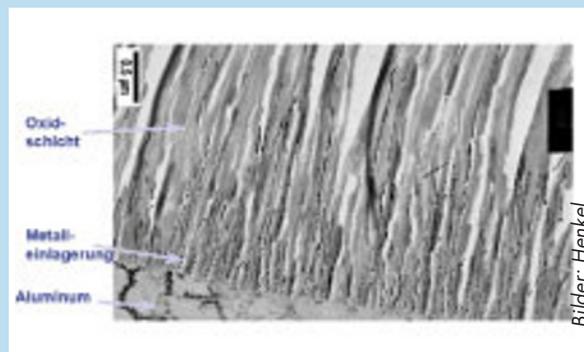
Der Eloxal-Prozess besteht nicht nur aus der eigentlichen Anodisierung. Bevor dieser Schritt erfolgen kann, muss die Oberfläche gründlich gereinigt werden. Bei der Reinigung handelt es sich um drei Aktivbäder: Entfettung, Beize und Dekapierung. Um eine Vermischung dieser Bäder zu vermeiden, wird nach jedem Aktivbad mindestens einmal gespült. Je nachdem welches Oberflächenfinish (matt oder glänzend) gewünscht ist, kommen alle, zwei oder nur ein Aktivbad für den Reinigungsschritt zum Einsatz.

Wenn das Aluminium gereinigt ist, kann der eigentliche Anodisierungsprozess beginnen. Das Aluminium wird in ein mit Schwefelsäure gefülltes Becken getaucht und innerhalb einer vorgegebenen Zeit, die sich nach der angelegten Spannung beziehungsweise Stromdichte sowie der angestrebten Schichtdicke richtet, in dem sogenannten Gleichstrom-Schwefelsäure-Verfahren mit einer etwa 20 µm dicken Oxidschicht versehen.

Die Porengröße wird durch die angelegte Spannung bestimmt. Je größer die Poren sind, desto schwerer wird eine gleichmäßige Färbung zu



Tauchfärbung mit organischen Farbstoffen: Der Farbstoff wird in den Innenwänden der Poren absorbiert.



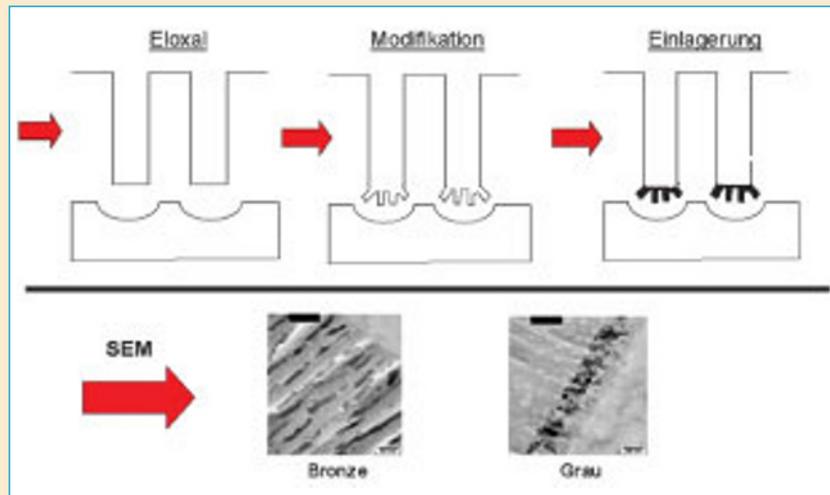
Elektrolytische Färbung: Die Färbung wird durch Metallsalzeinlagerungen am Boden der Oxidschichtporen erzeugt.

erreichen sein. Für eine hohe Gleichförmigkeit des anschließenden Färbeprozesses muss eine konstante Schichtdicke über den gesamten Warenträger erzielt werden. Die Einfärbung ist nur reproduzierbar, solange die Porengröße von Warenträger zu Warenträger in sehr engen Grenzen variiert. Wie bereits oben erwähnt stehen grundsätzlich zwei Färbemethoden zur Verfügung.

### Konventionelle Färbeverfahren mit Vor- und Nachteilen

Zum einen wird das anodisierte Aluminium in der sogenannten Tauchfärbung in ein Bad mit organischem Farbstoff getaucht, der in die Poren eindringt und an den Innenwänden absorbiert wird. Je länger ein Aluminiumteil im Färbekbad verweilt, desto höher die Farbkonzentration. Kein anderes Aluminium-Färbeverfahren ist in der Lage, so viele unterschiedliche Farbtöne herzustellen wie die Tauchfärbung mit organischen Farbstoffen. Das Problem: Pro Farbe wird ein Bad benötigt. Um in der Praxis kostendeckend zu arbeiten, wird daher nur eine sehr begrenzte Farbpalette angeboten.

Dem gegenüber ist die Farbpalette der sogenannten elektrolytischen Metallsalzfärbung klein: Champagner, Bronze und Schwarz. Die durch Metallsalzeinlagerungen am Boden der Oxidschichtporen erzeugten Färbungen sind lichtecht und



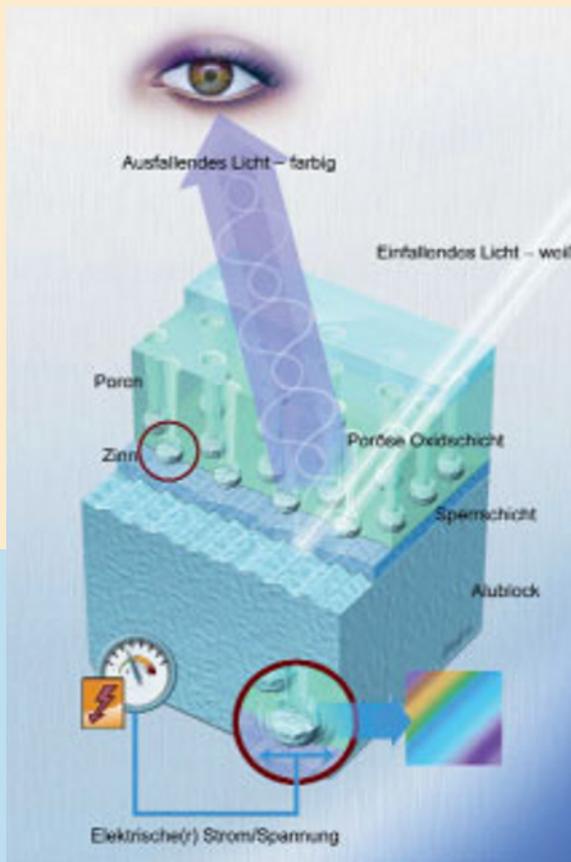
*Interferenzfärbung: In einem Modifikationsschritt wird der Durchmesser der Poren im unteren Bereich verändert. Danach werden die Metallpartikel eingelagert.*

korrosionsbeständig. Der Färbeprozess dauert nur wenige Minuten.

Das anodisierte Aluminium wird in ein Bad mit Metallsalzlösung getaucht. Unter Wechselstrom wird während der kathodischen Phase elementares Metall aus der Metallsalzlösung abgeschieden und setzt sich in dünner

Schicht am Porenboden ab. Diese Metallschicht wirkt nicht wie herkömmliche Lacke oder Farbstoffe durch seine Eigenfarbe – also durch Adsorption bestimmter Wellenlängenbereiche aus dem Spektrum des sichtbaren Lichts, deren kombinierte Komplementärfarbe sich zum Farbeindruck addiert – sondern als Reflexionsebene für das einfallende Licht. Durch Interferenzeffekte mit Licht, das an der Aluminiumoberfläche reflektiert wird, entstehen daraus die Farben. Die Höhe der Metallsäule in den Poren entscheidet bei der elektrolytischen Färbung über die Farbe.

Seit mehr als 20 Jahren haben sich in der verarbeitenden Aluminiumindustrie vor allem die elektrolytischen Färbungen auf Basis von Zinn bewährt. Dieses Färbeverfahren ist einfach zu handhaben und zudem vergleichsweise kostengünstig.



*Bei interferenzgefärbten Oberflächen wird das einfallende Licht sowohl an der Aluminiumoberfläche reflektiert als auch durch die Metallpartikel in den Poren*

### Bedarf an größerer Farbvielfalt

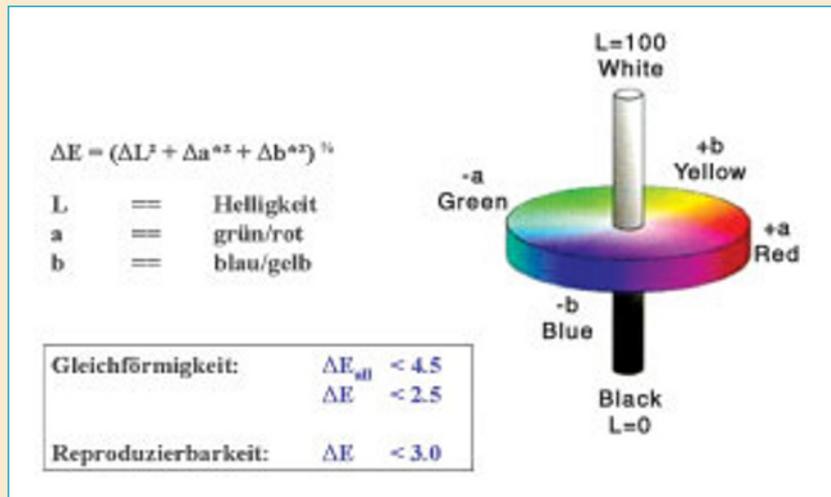
Der Wunsch nach einer größeren Farbvielfalt war ausschlaggebend für die Entwicklung der Interferenzfarben. 1988 begannen europäische und amerikanischen Forscher von Novamax, heute Henkel Technologies, mit den Arbeiten. Seit 1995 ist das Verfahren, bekannt unter dem Namen Spectrocolor 2000, am Markt etabliert. Es

wurde in den letzten Jahren entscheidend weiterentwickelt, so dass heute Aluminiumprofile und -bleche in allen Regenbogenfarben mit sehr hoher Korrosions- und Wetterbeständigkeit sowie mit einem einzigartigen Glanz eingefärbt werden können.

Anstelle der elektrolytischen Färbung erfolgt die Interferenzfärbung nach dem Spectrocolor-2000-Verfahren im gleichen Tank, jedoch mit geänderten chemischen Parametern. Doch statt – wie bei der elektrolytischen Metallsalzfärbung – direkt nach dem Anodisieren mit der Einlagerung zu beginnen, benötigt die Interferenzfärbung noch einen Modifikationsschritt. Der Durchmesser der Poren wird nur im unteren Bereich elektrochemisch verändert.

Nach diesem zusätzlichen Schritt werden – wie bei der normalen Metallsalzfärbung – Metallpartikel eingelagert. Das veränderte Porenprofil bewirkt eine extrem einheitliche und vor allem über die Modifizierung der Anodisierungsbedingungen gut steuerbare Metallverteilung. Das einfallende Licht wird sowohl an der Aluminiumoberfläche reflektiert als auch an der Ebene, die durch die Oberflächen des abgeschiedenen Metalls gebildet wird.

Durch geschicktes Austarieren des idealen Abstandes zwischen den Ebenen (Metall und Aluminiumoberfläche) lassen sich sogenannte Interferenzen erzeugen, die für den Betrachter als Farben sichtbar werden. Die Interferenzerscheinung entsteht durch die Überlagerung von Lichtwellen am gleichen Ort. Was das menschliche Auge als weißes Licht wahrnimmt, setzt sich in Wirklichkeit aus den Far-



Formel für die Charakterisierung der Farbe

ben Rot, Gelb, Grün, Blau und Violett zusammen. Ob es sich bei einer Farbe zum Beispiel um Rot, Gelb oder Blau handelt, hängt von der Frequenz des Lichtes ab.

### Schillerndes Farbspektrum durch Interferenz

Trifft nun Licht beispielsweise auf die Aluminiumoberfläche, wird es gebrochen sowie an der Aluminium- und der Metalloberfläche (Grenzflächen) reflektiert und legt dabei unterschiedlich lange Wege zurück. Einzelne Lichtbündel überlagern sich und können sich dabei verstärken, auslöschen oder zu den Komplementärfarben ergänzen. Das Ergebnis dieser Interferenz für das menschliche Auge ist im Falle einer Seifenblase das schillernde Farbspektrum und im Falle einer Aluminiumoberfläche – behandelt mit dem Spectrocolor-

2000-Verfahren – nur eine ganz bestimmte Farbe.

Damit die Farbe möglichst lange hält und das edle Material auf keinen Fall korrodieren kann, folgt nach dem Anodisieren und/oder Färben stets das Verdichten. Das Ziel ist es, die Poren zu verschließen, damit nichts aus der Pore entweichen kann, aber auch keine korrosiven Agenzien in die Pore eindringen können.

Jeder hier beschriebene Verfahrensschritt hat einen Einfluss auf das Erscheinungsbild der Oberfläche und damit auf die Farbe. Die Charakterisierung der Farbe erfolgt über die angegebene Formel. Mit Gleichförmigkeit ist die Farbgleichheit innerhalb einer Beladung gemeint. Unter der Reproduzierbarkeit wird die Farbgleichheit von Beladung zu Beladung verstanden.

### Vermeidung von Farbumschlägen

Bei der Auswahl der Farbe sollte darauf geachtet werden, dass die „a“- und „b“-Werte möglichst weit von der Achse entfernt sind. In diesem Fall erfolgt kein Farbumschlag bei einer Abweichung der „a“- und „b“-Werte im akzeptablen Bereich. Farbumschläge werden sofort mit dem Auge erkannt, so dass dann auch kleine Abweichungen nicht akzeptierbare Ergebnisse liefern.



Die Farbpalette fängt mit Brauntönen an und hört mit einem dunklem Grün auf

Die Farbpalette fängt mit Brauntönen an und hört mit einem dunklen Grün auf. Danach beginnt der Farbenzyklus erneut mit den Brauntönen. Der zweite Zyklus ist nicht so farbtintensiv wie der Erste.

Die erzielbaren Farben hängen von verschiedenen Parametern ab. Zum einen hat das eingesetzte Aluminium sowie die Oberflächenstruktur einen großen Einfluss. Die Vorbehandlung an sich kann die Oberflächenstruktur und somit die vom Auge wahrgenommene Farbe ändern. Diese Faktoren haben zur Folge, dass vor der Serienfertigung diese Einflussgrößen festgelegt werden müssen. Eine spätere Änderung führt zu einer Farbverschiebung und damit zu einer erneuten Anpassung der Farbe. Zum anderen beeinflussen die chemischen und physikalischen Parameter im Färbebad das Ergebnis. Dank der ausgeklügelten computergesteuerten Verfahrenstech-

nik lässt sich selbst bei langen und kompliziert aufgebauten Profilen eine hohe Farbhomogenität und Reproduzierbarkeit erzielen.

### Computergesteuertes Färbeverfahren aus einer Hand

Aufgrund dieser Komplexität kann das Verfahren nur bestehen, wenn alles aus einer Hand geliefert wird. Daher liefert Henkel Technologies neben dem computergesteuerten Färbeverfahren (Hard-, Software und Verfahrenslizenz) alle Produkte, die zur Anodisierung eingesetzt werden. Durch diese Kombination wird gewährleistet, dass bei Problemen sofort eine Lösung erarbeitet werden kann.

Die Vergangenheit hat gezeigt, dass der Färbeschritt anlagenspezifisch ist. Somit kann theoretisch auf jeder Anodisieranlage die gesamte Farbpa-

lette gefahren werden, jedoch wird der Farbeindruck unterschiedlich ausfallen. Die Optimierung des Verfahrens kann nur zusammen mit dem Kunden auf der Kundenanlage erfolgen und je mehr Parameter kontrolliert und geregelt werden, desto besser können die Anforderungen erfüllt werden.

Die Zusammenarbeit mit der Firma Südexal in Rosenheim hat gezeigt, dass diese Technologie zum Erfolg geführt werden kann. Es ist möglich, in neue und alte Märkte mit neuen Farben zu gehen und somit die Vorteile des Eloxalverfahrens bezüglich Korrosionsschutz, Langlebigkeit und Wirtschaftlichkeit neu herauszustellen. ■

Der Autor Dr. Lutz Hüsemann,  
Henkel KgaA, Düsseldorf,  
Tel. 02 11/7 97-38 12,  
lutz.huesemann@henkel.com

**Wir kennen jede Schraube persönlich.  
Kennen Sie unsere Extras  
persönlich?**



Im ATZ- und MTZ-Abonnement inklusive.  
Und jetzt auch im Einzelverkauf für € 19,- erhältlich:  
Sichern Sie sich Ihr persönliches Extra!

Bitte senden Sie mir  Exemplar(e) des Extras  
"Der neue VW Golf" zum Einzelpreis von € 19,- (zzgl.  
Versandkosten)

_____ Firma	_____ Abteilung
_____ Vorname	_____ Name
_____ Straße / Hausnummer	_____ PLZ / Ort
_____ Datum	_____ Unterschrift

Bitte einfach Coupon ausfüllen und faxen an 06 11.78 78 423 oder per Post senden!  
Vieweg Verlag Leserservice | Postfach 1546 | 65173 Wiesbaden  
Telefon 06 11.78 78 151 | Telefax 06 11.78 78 423  
abo@vieweg.de | www.all4engineers.com

## Strahlen von Schüttgütern



Kabinen nach dem  
Injektorsystem  
mit Drehkorb  
für Feinteile



Muldenbandschleuderradanlage  
zur flächigen Bearbeitung  
(Entzunder) von Schüttgütern



**Friedrich Goldmann GmbH & Co.**  
Neckarhauser Str. 29  
68229 Mannheim - Friedrichsfeld 40  
Tel. 06 21/47 10 34 · Fax 48 11 00  
www.f-goldmann.de