

Handbuch zum

ELOXIEREN

Inhaltsverzeichnis

1. Grundlagen zum Eloxieren	4
1.1 Was bedeutet Eloxieren?	4
1.2 Verfahrensablauf	4
1.3 Aufbau der Eloxalschicht	5
1.4 Was kann eloxiert werden?	6
2. Sicherheit	9
3. Das TIFOO Eloxieren-Starter-Set	10
4. Vorbehandlung - mechanisch und chemisch	11
4.1 Mechanische Vorbehandlung	11
4.2 Mechanische Hochglanzpolitur von Aluminium	13
4.3 Chemische Vorbehandlung	16
4.4 Vorhandene Eloxalschicht entfernen	16
5. Elektrolytisches Polieren	17
6. Anodische Oxidation	18
6.1 Kontaktieren der Werkstücke	19
6.2 Berechnung der Stromstärke und Eloxierdauer	19
6.3 Beispielberechnungen	20
7. Färben	22
8. Sealing / Verdichtung	23
9. Entsorgungshinweise	23
10. Troubleshooting-Guide	23



1. Grundlagen zum Eloxieren

1.1 Was bedeutet Eloxieren

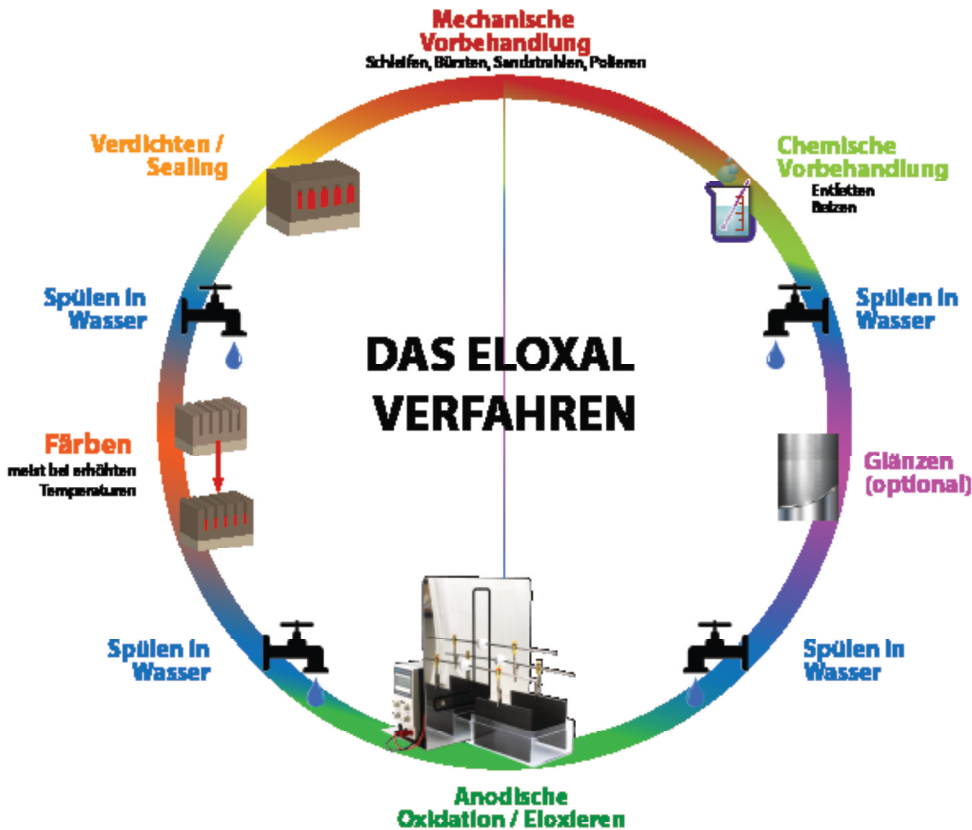
Der Begriff stammt vom sog. ELOXAL-Verfahren, was für ELEktrolytisch OXidiertes ALuminium steht. Eine andere Bezeichnung ist das „Anodisieren“ (v.a im Englischen wird „anodizing“ gebraucht) und bezeichnet den Aufbau einer Oxidschicht auf Aluminium bzw. Aluminiumlegierungen unter Anwendung von elektrolytischen Bädern.

Aluminium bildet, sobald es an Luft kommt, sehr schnell eine dünne Oxidschicht - etwa 0,1-0,5 µm dick. Diese natürliche Schicht schützt das Metall vor weiterer Oxidation durch Sauerstoff, kann aber aggressiveren Bedingungen nicht lange standhalten. Um die Schutzwirkung der Schicht zu verstärken und somit das Aluminium noch korrosionsbeständiger und auch fester zu machen wendet man das Eloxieren / Anodisieren an.

Hierbei wird die Oxidschicht bis zu 30 µm (0,03mm) verdickt und ist damit ca. 8-mal härter als die von unbehandeltem Aluminium. Durch das Verfahren des Hartanodisierens lassen sich sogar noch dickere Schichten erreichen (>100 µm). Die entstandenen Eloxalschichten sind gegen sehr viele chemische Verbindungen beständig. Zudem lassen sich in die poröse Schicht auch Farben einlagern, die dem fertigen Werkstück ein optisch sehr ansprechendes Aussehen verleihen. Nach dem sog. Versiegeln sind diese Farbschichten fest mit dem Objekt verbunden und können nicht ohne weiteres wieder abblättern (wie es z.B. bei Lacken oft der Fall ist).

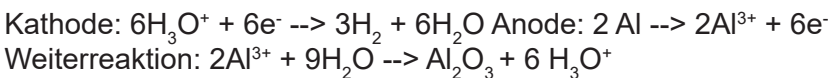
1.2 Verfahrensablauf

Um ein Aluminiumbauteil farbig eloxieren zu können, sind neben dem eigentlichen Anodisierschritt, also dem Einhängen in den Eloxalektrolyten, weitere Schritte durchzuführen, die entscheidenden Einfluss auf das Endergebnis haben. Einen Überblick über den Gesamtablauf des Eloxalverfahrens ist in der folgenden Abbildung zu sehen. Detaillierte Informationen und Vorgehenshinweise zu den einzelnen Schritten erhalten Sie in den folgenden Kapiteln dieses Handbuchs.

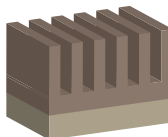


1.3 Aufbau der Eloxalschicht

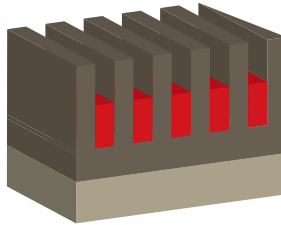
Beim eigentlichen Anodisierschritt wird das Aluminiumwerkstück anodisch geschaltet (Plus-Pol) und durch den angelegten Stromfluss zur Oxidation gebracht. Dabei laufen folgende chemische Reaktionen ab:



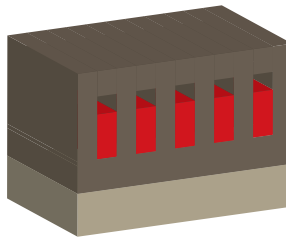
Die Schicht wächst in Form von kapillarähnlichen Poren von der Oberfläche her in das Metall hinein.



Dies bedeutet, dass die Eloxalschicht direkt in dem ursprünglichen Aluminium verankert wird und mechanisch nicht mehr abgelöst werden kann. Diese Poren sind nach dem Eloxiervorgang in der Lage Flüssigkeiten aufzunehmen, zum Beispiel Farbstoffe.



Nachdem ein Farbstoff in diese Poren eingelagert wurde, kann man die Oxidschicht durch das sogenannte Verdichten bzw. Sealing wieder schließen. Dabei reagiert das Aluminiumoxid mit dem Wasser und kristallisiert zu Aluminiumhydrat ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), welches die Poren verstopft.



Damit ist der Farbstoff unlösbar an das Aluminium gebunden und kann nicht wie z.B. bei Lacken abgekratzt werden oder abblättern. Es ist natürlich auch möglich keinen Farbstoff einzulagern und die Oxidschicht direkt nach dem Anodisieren zu Verdichten, dann behält das Werkstück seine silbrig graue Farbe, ist aber dennoch gegen Korrosion geschützt.

1.4 Was kann eloxiert werden?

Grundsätzlich kann jedes Aluminiumteil eloxiert werden. Jedoch ist das Ergebnis stark abhängig von der verwendeten Legierung. Generell gilt, je reiner das Aluminium, desto besser die Eloxalqualität. Allerdings wird reines Aluminium wegen seiner Weichheit nur selten als Werkstoff eingesetzt. Es gibt viele Legierungen, die sehr gut eloxierbar sind. Welche das sind, kann den folgenden Tabellen entnommen werden. Die Tabellen sind nach den 2 großen Klassen von Alu-Legierungen unterteilt: den Knet-

und den Gusslegierungen. Die Knetlegierungen werden vorrangig zum Walzen und Strangpressen herangezogen. Allgemein kann man sagen, dass sich die Knetlegierungen besser zum dekorativen Eloxieren eignen als die Gusslegierungen. Die Letzteren werden zum Beispiel beim Sandguss eingesetzt und u.a. Motorenteile werden auf diese Weise angefertigt. Bei diesen Legierungen sind die Beimengungen von Legierungsmetallen wie z.B. Silizium und Zink sehr hoch und diese eignen sich daher vergleichsweise wenig zur Anodisierung (es gibt aber auch Ausnahmen, die gut funktionieren!).

Aluminium Knetlegierungen				
Legierungs- bezeichnung Euronorm	Eloxieren	Färbung	Elektro- polieren	
Al 99,5	EN-AW-1050	sehr gut	sehr gut	sehr gut
Al 99	EN-AW-1200	gut	gut	
Al 99,5(A)	EN-AW-1350	sehr gut	gut	
AlMg3	EN-AW-5754	sehr gut	sehr gut	ausreichend
AlMgSi1	EN-AW-6082	sehr gut	ausreichend	ungenügend
AlMg4,5Mn	EN-AW-5083	gut	ausreichend	ungenügend
AlCu6BiPb	EN-AW-2011	ungenügend	ungenügend	
AlCuMg1	EN-AW-2017	gut		gut
AlMg1SiCu	EN-AW-6061	gut		befriedigend
AlZn4,5Mg- g1,5Mn	EN AW 7005			
AlZn5,5MgCu	EN AW 7075	befriedigend	ungenügend	
AlMg1	EN AW 5005	sehr gut	gut	gut
AlMnCu	EN AW 3003	sehr gut	ausreichend	gut
AlCuSiMn	EN AW 2014	befriedigend	ungenügend	
AlZn4,5Mg1	EN AW 7020	gut	befriedigend	
AlCuMgPbMgMn	EN AW 2007	ungenügend		
u n g	e n	ü g e	n d	sehr gut
AlMgSi0,5	EN AW 6069	sehr gut	befriedigend	

Aluminium Knetlegierungen				
Legierungs- bezeichnung Euronorm	Eloxieren	Färbung	Elektro- polieren	
AlMg _{2,5}	EN AW 5052	sehr gut	gut	
AlMg _{0,7} Si	EN AW 6063	sehr gut	sehr gut	sehr gut
AlMg ₁ Mn ₁	EN AW 3104			
AlCu ₄ Mg ₁	EN AW 2024	gut	ausreichend	
AlMgSiCu	EN AW 6111			
AlMg _{4,5} Mn _{0,4}	EN AW			
5182 AlMg ₃ Mn	EN AW	gut	ausreichend	
AlMg ₂ Mn _{0,5} Si _{0,4}	EN AW 5049	gut	ausreichend	
AlCuBiPb	EN AW 2011	ungenügend	ungenügend	
AlMg ₂ Mn _{0,3}	EN AW 5241	gut	ausreichend	
AlMgSi _{0,7}	EN AW 6005	sehr gut	gut	
AlMgSiPb	EN AW 6012	befriedigend	ungenügend	
AlMn ₁	EN AW 3103	gut	ausreichend	gut
AlMn ₁ Mg _{0,5}	EN AW 3005	sehr gut	ausreichend	
AlMn ₁ Mg ₁	EN AW 3004	sehr gut	ausreichend	
AlZnMgCu _{0,5}	EN AW 7022	gut	ungenügend	

Tabelle 1: Übersicht der Aluminium Knetlegierungen

Aluminium Gusslegierungen				
Legierungs- bezeichnung Euronorm	Eloxieren	Färbung	Elektro- polieren	
AlSi ₁₂	EN AC 44300	mangelhaft	ungenügend	
AlSi ₉ Cu ₃	EN AC 46000	ungenügend	ungenügend	
AlSi ₁₂ CuNiMg	EN AC 48000	ungenügend	ungenügend	
AlMg ₃	EN AC 51100	sehr gut	sehr gut	
AlMg ₅	EN AC 51300	sehr gut	sehr gut	

Aluminium Gusslegierungen				
Legierungs- bezeichnung	Euronorm	Eloxieren	Färbung	Elektro- polieren
AlZn5Mg	EN AC 71000	gut		
AlMg9	EN AC 51200	gut		gut
AlMg5Si	EN AC 51400	gut	gut	
AlSi11	EN AC 44000	mangelhaft	ungenügend	
AlSi6Cu4	EN AC 45000	ungenügend	ungenügend	
AlSi7Mg	EN AC 42100	ausreichend	ungenügend	
AlSi9Mg	EN AC 44200	ausreichend	ungenügend	
AlCu4TiMg	EN AC21000	mangelhaft	ungenügend	

Tabelle 2: Übersicht der Eloxal-Eigenschaften verschiedener, gängiger Aluminium Gusslegierungen

Wichtig ist, dass das Aluminium nicht bereits eloxiert ist. Dann ist das Werkstück nicht mehr leitend und es kann keine weitere Reaktion stattfinden. Zu diesem Zweck kann der Tifoo-Eloxalentsferner verwendet werden (siehe Kapitel „Vorbehandlung“). Bei passgenauen Aluminiumteilen muss beachtet werden, dass das Werkstück durch den Eloxiervorgang etwas größer wird.

2. Sicherheit

Im Umgang mit Chemikalien sind immer einige Vorsichtsmaßnahmen zu treffen, um sich selbst und andere nicht zu gefährden. Es ist immer darauf zu achten eine Schutzbrille und Handschuhe zu tragen. Außerdem sind geschlossene Schuhe und lange Kleidung wichtig, am besten ältere Sachen, falls vorhanden auch ein Kittel.

Falls es doch passieren sollte, dass man mit den Chemikalien in Kontakt kommt, sollte die betroffene Hautstelle sofort einige Minuten lang mit klarem Wasser gespült werden. Wenn die Kleidung verunreinigt wird, sollte sie schnellstmöglich gewechselt werden. Bei Augenkontakt sofort spülen, falls vorhanden, Kontaktlinsen entfernen und einen Arzt aufsuchen. Unter keinen Umständen dürfen die Chemikalien gegessen oder getrunken werden,

ebenso sollte man nicht am Arbeitsplatz oder in der Nähe essen oder trinken. Bei den verwendeten Bädern, insbesondere dem Eloxierbad und dem Eloxalentsferner, können korrosive Dämpfe entstehen.

Dieses kann mittels Dunstabzug oder guter Belüftung vorgebeugt werden. Giftige Dämpfe nicht einatmen und ggf. Maske benutzen. Der Arbeitsplatz sollte an einem gut gelüfteten Ort sein und in unmittelbarer Nähe darf kein Feuer entzündet werden.

3. Das Tifoo Eloxier-Starterset

Das Starterset beinhaltet alle Utensilien, die benötigt werden, um gute Eloxalergebnisse zu erzielen, ohne dass Sie selbst noch Chemikalien besorgen müssen. Es ist sowohl für Anfänger als auch für bereits Fortgeschrittene Anwender geeignet und deckt die nötige Grundausstattung ab.



Eloxieren Starterset ohne Netzteil.



Eloxieren Starterset mit Netzteil

Im Lieferumfang enthalten:

- 1 x Eloxal-Vorbehandlung (Aktivator) 1 Liter
- 1 x Eloxal-Elektrolyt 1 Liter
- 1 x Plastikwanne 2 Liter
- 2 x Edelstahlanode
- 4 x Krokodilklammer
- 1 x Titandraht 1 Meter
- 1 x Eloxalfarbe schwarz
- 1 x Eloxalfarbe blau
- 1 x Eloxalfarbe grün
- 2 x Kabel schwarz je 0,5 Meter
- 1 x Kabel rot 0,5 Meter

Varianten:

- A) + 3 Ampere Netzgerät
- B) + 10 Ampere Netzgerät
- C) + Deluxe-Zubehör und 3 Ampere Netzteil
- D) + Deluxe-Zubehör und 10 Ampere Netzteil

Die Tifoo Eloxalanlage Deluxe

Die Deluxe-Variante beinhaltet die magnetische Haltevorrichtung "Flexi-Move Galvanik-System", die es erlaubt, Kathodenplatten und Aluobjekte bequem in das Bad einzuhängen und zu positionieren.



Eloxieren Deluxe Set mit 10 A Netzteil



Zubehör Eloxalanlage Deluxe

Im Lieferumfang enthalten:

- 1 x Eloxal-Vorbehandlung (Aktivator) 1 Liter
- 1 x Eloxal-Elektrolyt 1 Liter
- 1 x Plastikwanne 2 Liter
- 2 x Edelstahlanode
- 4 x Krokodilklemme
- 1 x Titandraht 1 Meter
- 1 x Eloxalfarbe schwarz
- 1 x Eloxalfarbe blau
- 1 x Eloxalfarbe grün
- 2 x Kabel schwarz je 0,5 Meter
- 1 x Kabel rot 0,5 Meter
- 1 x Edelstahlwinkel
- 3 x Magnethalter
- 4 x Bananenstecker (schraubbar)

Weitere benötigte Utensilien:

Destilliertes Wasser (z.B. in jeder Tankstelle erhältlich)

Optionales Zubehör (im Shop erhältlich):

Weitere Farben

Netzteil 3A oder 10A Eloxal-Entferner

4. Vorbehandlung - mechanisch und chemisch

4.1. Mechanische Vorbehandlung

Der erste Schritt im Eloxal-Prozess ist die mechanische Vorbehandlung. Dies ist einer der wichtigsten Schritte für das Eloxieren von Aluminium,

da trotz der Eloxal-Schichtbildung jeder Kratzer und jede Unebenheit sichtbar bleibt. Jede Verunreinigung (Fettreste, Fingerabdrücke etc.) kann für ein schlechteres Endresultat sorgen. Die sorgfältige mechanische Vorbehandlung ermöglicht somit spiegel-glänzende Aluminiumoberflächen. Außerdem ist es wichtig, die Werkstücke zwischen den einzelnen Arbeitsschritten gründlich und ausgiebig zu spülen. Das Werkstück sollte zuerst mechanisch vorbehandelt werden. Je nach Beschaffenheit und Zustand der jeweiligen Oberfläche bieten sich unterschiedliche Vorbehandlungsmethoden an:

- Stahlwolle Schleifschwamm Bürsten
- Dremel mit verschiedenen Aufsätzen Sandstrahler
- Polierpasten

Eine universelle Strategie gibt es bei der mechanischen Vorbehandlung nicht: je nach Zielsetzung (*matt oder glänzend?*), Alulegierung (*hart oder weich?*) und Ausgangszustand (*verkratzt oder schon poliert*) muss entsprechend unterschiedlich vorgegangen werden. Grundsätzlich gilt aber folgendes: das Eloxieren gleicht Kratzer, Unebenheiten und sonstige Unregelmäßigkeiten **nicht** (!) aus. Die Qualität der Oberfläche vor dem Eloxieren entscheidet über die Qualität des Endergebnisses.

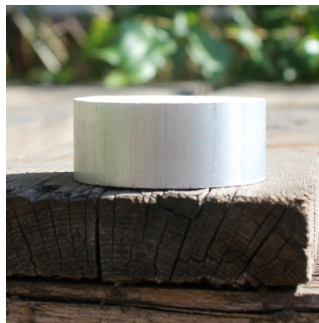
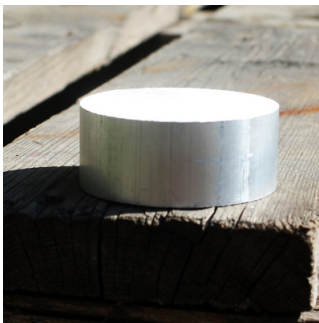
Im Folgenden sehen sie eine Übersicht der Methoden zur mechanischen Vorbehandlung, die jeweils benötigten Utensilien und zudem anschliessend Abbildungen einiger Werkzeuge die bei der mechanischen Vorbehandlung von Aluminium nützlich sein können und teils bei uns im Online-Shop oder im Baumarkt bzw. Fachhandel erworben werden können.

Verfahren	Werkzeug	Hinweise
Grobschleifen	<ul style="list-style-type: none"> - Schleifschwamm 40er bis 100er Körnung - grobe Stahlwolle - Bohrmaschine mit grobkörniger Aluminiumschleifscheibe 	gleichmäßig raue Oberfläche

Verfahren	Werkzeug	Hinweise
Feinschleifen	- Schleifschwamm 150er bis 2000er Körnung - feine Stahlwolle - feine Polierpaste in Verbindung mit Schleifscheiben	gleichmäßig leicht raue Oberfläche
Polieren	- Schwabbelnscheiben-Aufsatz für Bohrmaschine oder Dremel - Polierpasten	glatte Oberflächen
Hochglanzpolieren	- Moltonscheiben	nahezu Spiegelglanz
Trommelpolieren	- Rollfaß befüllt mit Stahlkugeln in einer Polierflüssigkeit und abschließend Lederstücken (für Hochglanz)	sehr glatte Oberflächen möglich
Bürsten / Satinieren	Stahldrahtbürsten aus gewelltem Stahldraht	leicht raue Oberfläche mit einer bevorzugten Richtung
Sandstrahlen	Sandstrahlapparat / -kabine	

4.2 Mechanische Hochglanzpolitur von Aluminium

Im Folgenden beschreiben wir Ihnen, wie Sie zu hochglanzpolierten Aluminiumteilen kommen, die nach dem Eloxieren den Spiegelglanz beibehalten. Alle benötigten Komponenten sind bei uns im Shop erhältlich. Als Beispiel dient eine 50 mm x 20 mm AlMg3 (EN-AW-5754)-Ronde, die vor Arbeitsbeginn folgendermaßen aussah:



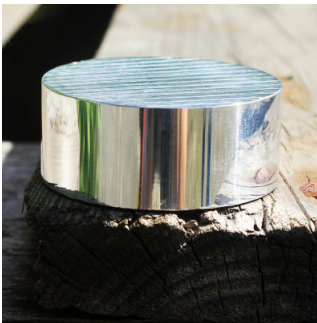
Die matte aber ansonsten in gutem Zustand befindliche Oberfläche wurde mit einer Molton-Scheibe, die als Aufsatz für jeden gängige Bohrmaschine verfügbar ist, und einer Polierpaste auf Hochglanz poliert.



Vorgehensweise: befestigen Sie die Molton-Scheibe auf der Bohrmaschine und reiben Sie dann etwas von der Polierpaste auf der Scheibe auf, während sie sich dreht. Reiben Sie auch das Objekt mit ein wenig Paste ein. Polieren Sie anschließend das Objekt wie in der folgenden Abbildung dargestellt:



Sie sehen zunehmenden Spiegelglanz zum Vorschein kommen. Nach der Politur hat die Oberfläche geschwärzte Stellen, die sich aber leicht mit einem Tuch und etwas Wasser abreiben lassen. Nach der Behandlung sah die Ronde dann so aus:



Was ist aber nun bei Oberflächen die sich in schlechterem Zustand befinden als die Ronde und schon verkratzt oder angegriffen sind? Auch hier kann die Molton-Scheibe mit der Polierpaste eingesetzt werden. Allerdings erst nachdem das Objekt zum Beispiel mit dem Schleifschwamm oder Bohrmaschinenaufsätzen, wie den Mob-Schleifscheiben, behandelt wurde. Diese gibt es mit unterschiedlichen Korngrößen im Baumarkt oder im Online-Fachhandel. Je nach Ausmaß der Oberflächenverletzung müssen Sie etwas gröber oder feiner starten. Ein Beispiel für eine recht ramponierte Oberfläche, die wir mit mechanischer Vorbehandlung wieder auf Hochglanz bringen konnten, ist ein Alu-Ständer aus einer unbekanntenen Alu-Gusslegierung der nachfolgend grün eloxiert wurde.



Alugussteil vor der Politur



Alugussteil nach der Politur

Das anschließende Eloxieren und Färben mit Tifoo Eloxal-Green brachte ein sehenswertes Ergebnis:



Bei Fragen zur richtigen mechanischen Vorbehandlung von Aluminiumlegierungen stehen wir Ihnen mit unserem Fachwissen zur Verfügung. Kontaktieren Sie uns am besten per E-Mail unter tifoo@marawe.de und wir geben Ihnen Hilfestellung bei der richtigen Werkzeugauswahl. Am besten schicken Sie uns ein Bild von dem Objekt, das eloxiert werden soll und den Zustand zeigt.

4.3 Chemische Vorbehandlung

Nach der mechanischen Vorbehandlung ist es wichtig, dass das Werkstück zusätzlich chemisch vorbehandelt wird. Spülen Sie das Werkstück zunächst gründlich mit Wasser, sodass alle Überreste der mechanischen Behandlung entfernt werden und geben Sie dieses danach in den **Eloxal-Aktivator (Eloxalvorbehandlung)**, denn: eine komplett fett- und staubfreie Oberfläche ist essentiell für ein gutes Eloxierergebnis!

Die Dauer der Vorbehandlung beträgt je nach Verschmutzungsgrad ca. 5 - 20 Minuten. Sie können das Werkstück zwischenzeitlich mithilfe einer Zange aus dem Bad nehmen, um zu prüfen ob die Oberfläche gleichmäßig aussieht. Falls ja, können Sie es ganz herausnehmen und dann gründlich mit destilliertem Wasser abspülen.

Das Kriterium für eine gut gebeizte Oberfläche: der Gegenstand bleibt überall nass und das Wasser perlt nicht von der Oberfläche ab!

Es ist wichtig, dass sie das Aluminium nun nicht mehr berühren, es darf also nur noch mit der Zange oder mit sauberen, nassen Handschuhen angefasst werden um Fettflecken zu vermeiden.

Bei manchen Legierungen (Si-, Mn-, Zn-haltig) kann es vorkommen, dass sich das Aluminium durch die Vorbehandlung dunkel färbt.

Während der chemischen Vorbehandlung sollten Sie bald eine einsetzende Gasentwicklung beobachten. Ist dies nicht der Fall, könnte das ein Hinweis darauf sein, dass Ihr Aluminiumstück bereits eloxiert ist. Das können sie zudem herausfinden, indem Sie an einer möglichst unauffälligen Stelle vorsichtig einen Kratztest durchführen. Unbehandeltes Aluminium lässt sich leicht kratzen, eloxiertes nicht.

4.4 Vorhandene Eloxalschicht entfernen

Wenn Sie bereits eloxiertes Aluminium vorliegen haben, kann zum Entfernen der Oxidationsschicht der Tifoo-Eloxalentsferner verwendet werden (erhältlich in unserem Onlineshop). Der Eloxalentsferner kann natürlich ebenfalls eingesetzt werden, wenn Sie selbst ein Teil eloxiert haben, aber mit dem Ergebnis noch nicht zufrieden sind. Dann können Sie die Schicht einfach wieder entfernen und nochmal von vorne beginnen.

Eloxal-Entferner (08-03-01000)

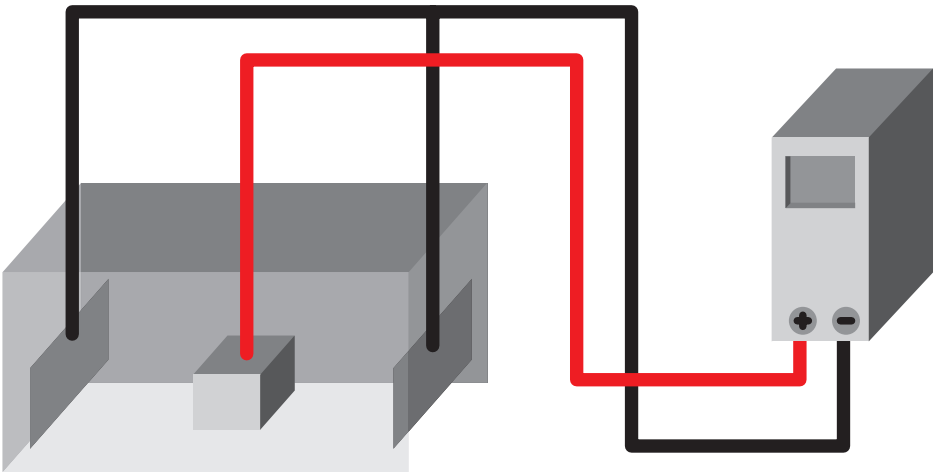
Bei der Verwendung des Eloxalentferners Handschuhe und Schutzbrille tragen. Bei Hautkontakt mit viel Wasser abspülen. Geben Sie den Flascheninhalt in ein geeignetes Kunststoff- oder Glasbehältnis und legen Sie die Aluteile darin ein. Nach wenigen Minuten ist die Eloxalschicht abgelöst. Danach mit Wasser abspülen.

5. Elektrolytisches Polieren

Das elektrolytische Polieren ist eine weitere Möglichkeit der Vorbehandlung, die aber nicht im Starterset enthalten ist und für Anfänger nur bedingt geeignet ist. Mit dieser Methode ist es möglich, Aluminiumteile so glänzend zu machen, dass die Oberfläche fast spiegelähnlich ist. Allerdings ist die Qualität des Ergebnisses sehr stark abhängig von der vorhandenen Legierung. Stark magnesium- oder siliziumhaltige Legierungen sind beispielsweise eher weniger geeignet. Auch hier gilt wieder: je höher der Aluminiumanteil, desto besser.

6. Anodische Oxidation

Die anodische Oxidation ist der Vorgang, bei dem die Eloxalschicht aufgebaut wird und somit der wichtigste Schritt im Gesamtprozess. Den schematischen Aufbau des Eloxierschrittes zeigt die folgende Grafik:



Befestigen Sie die 2 mitgelieferten Edelstahlanoden (Kathoden) entlang der 2 Längsseiten der Wanne oder in einem geeigneten Gefäß. Die Anordnung mit 2 Kathoden um das Werkstück herum hat den Vorteil einer besseren Stromdichteverteilung. Das Alu-Werkstück ist als Anode geschaltet, d.h. es hängt am Pluspol!

Es ist ebenfalls denkbar, mit runden Edelstahlbehältern zu arbeiten, die dann direkt als Kathode geschaltet werden können. Stellen Sie in diesem Fall aber immer sicher, dass es sich auch tatsächlich um chemikalienresistenten Edelstahl handelt. Geben Sie dann Eloxalektrolyt in das entsprechende Gefäß.

Für viele Anwendungen ist eine Menge von 1 bis 5 Liter Eloxal-Elektrolyt ausreichend.

Nun wird das bereits vorbehandelte Werkstück in der Mitte zwischen den Elektroden (bzw. in der Mitte des Edelstahlgefäßes) befestigt. Wichtig ist, dass alle Oberflächen die eloxiert werden sollen, auch tatsächlich und zur Gänze mit Flüssigkeit bedeckt sind.

6.1 Kontaktieren der Werkstücke

Zur Befestigung können die mitgelieferten Titandrähte verwendet werden (im Fachhandel gibt es auch Titanklemmen und Titanbefestigungen aller Art). Es ist wichtig, dass das Werkstück so befestigt wird, dass die Kontaktpunkte nicht verrutschen können und fest miteinander verbunden sind. Wenn während des Anodisierens die Titanbefestigung verrutscht und auf eine bereits eloxierte, nicht mehr leitende Stelle wandert, bricht der Stromfluss sofort ab. Die Vorteile von Titan sind die Beständigkeit gegenüber chemischer Korrosion und damit die uneingeschränkte Wiederverwendbarkeit.

Zudem sind Krokodilklammern aus Edelstahl bzw. vernickeltem Stahl enthalten. Diese sollten nicht mit dem Eloxalelektrolyten in Berührung kommen und sind geeignet, um Teile zu kontaktieren, die nicht ganz eloxiert werden müssen oder, um die Titanhalterung in Position zu halten bzw. für weitere Kontaktierungsvorrichtungen.

Auch aus Aluminium können Sie geeignete Halte- bzw. Kontaktierungsvorrichtungen anfertigen. Beachten Sie hierzu jedoch folgende Hinweise: das Alugestell wird logischerweise miteloxiert, d.h. nach der Anwendung muss dieses wieder gebeizt werden. Zudem sollte die Halterungen aus der gleichen Alu-Legierung sein wie diejenige die eloxiert wird. Halten Sie die Oberfläche möglichst gering, da ansonsten hohe Stromverluste auftreten können. Generell gilt, dass Sie Ihre Werkstücke immer mit nassen Handschuhen positionieren und umstecken sollten, um Abdrücke und Fehlstellen zu vermeiden.

6.2 Berechnung der Stromstärke und Eloxierdauer

Die Dicke der Eloxalschicht ist vorrangig abhängig von der Dauer des Anodisierens und der angelegten Stromstärke. Als Anhaltspunkt für die anzulegende Stromstärke gilt die Regel: 1,5 A pro Quadratdezimeter ($1 \text{ dm}^2 = 100 \text{ cm}^2$) für eine Anodisierungsdauer von 60 Minuten bei Raumtemperatur.

Die Stromstärke in Ampere für das jeweilige Werkstück ergibt sich dann aus der Multiplikation von Werkstückoberfläche in dm^2 mal 1,5 A.

$$\text{Oberfläche in } \text{dm}^2 \cdot 1,5 \text{ A} = (\text{Oberfläche in } \text{cm}^2) / 100 \cdot 1,5 \text{ A}$$

6.3 Beispielberechnungen

Ein Beispiel sorgt für Klarheit: Ein Aluminiumzylinder/Rundstange mit einem Durchmesser von 2 cm und einer Höhe von 10 cm soll eloxiert werden. Die Gesamtoberfläche eines Zylinders ergibt sich aus $2 \times$ Grundfläche + Mantelfläche. Die Mantelfläche dieses Zylinders ergibt sich aus Umfang mal Höhe und beträgt somit 63 cm^2 . Die Grundfläche des Zylinders berechnet sich nach $(\text{Radius})^2 \cdot \text{Kreiszahl Pi} = 3,1 \text{ cm}^2$.

Somit ergibt sich eine Oberfläche von $(2 \times 3,1) + 63 = 69,2 \sim 70 \text{ cm}^2$ (entspricht $0,7 \text{ dm}^2$) für den Beispielzylinder. Daraus folgt nach obiger Regel, dass unser Netzteil einen Strom von

$$0,7 \text{ dm}^2 \cdot 1,5 \text{ A} = 1,05 \text{ A}$$

liefern sollte. Da unser kleines Netzteil bis zu 3 A liefern kann, können Sie damit problemlos für eine Stunde bei 1,05 A eloxieren. Auch einen Zylinder mit doppelt so großer Oberfläche könnten Sie mit dem kleinen Netzteil problemlos innerhalb einer Stunde eloxieren. Bei noch größeren Teilen müssten Sie dann entweder entsprechend die Eloxierdauer erhöhen oder mit unserem stärkeren 10 A Netzteil arbeiten (*im Onlineshop erhältlich!*).

Beispiel

Bei einem Aluteil mit einer Oberfläche von $400 \text{ cm}^2 = 4 \text{ dm}^2$ würden ein Strom von 6 A ($4 \text{ dm}^2 \cdot 1,5 \text{ A}$) benötigt werden. Somit benötigt man nun entweder ein stärkeres Netzteil oder man eloxiert für 2 Stunden bei 3A.

Beachten Sie aber: Andersherum, also eine höhere Stromstärke einzustellen um dann kürzer zu anodisieren und so Zeit zu sparen, ist nicht empfehlenswert, da die Schicht bei zu hoher Stromdichte wieder zerstört wird.

Betrachten Sie die angegebenen Werte aber bitte nur als Anhaltspunkte, da die Rahmenbedingungen von der verwendeten Legierung, Leiterquerschnitten und Badzustand abhängig sind. Empfehlenswert ist es bei der Verwendung unserer Netzteile stromreguliert zu arbeiten. Denn durch das fortschreitende Wachstum der Eloxalschicht erhöht sich deren elektrischer Widerstand und der Strom sinkt zunehmend ab. Gibt man dem Netzteil die entsprechende Stromstärke vor, dann regelt dieses automatisch die benötigte Spannung nach und Sie müssen dies nicht per Hand machen. Praktisch gehen Sie dabei so vor, dass Sie zunächst alles in Position bringen (Werkstück, Kathoden und Bad) und dann im noch ausgeschalteten Zustand, die Netzteilregler für Strom und Spannung beide komplett auf Null zurückdrehen. Drehen Sie dann die Spannung komplett auf und schalten Sie das Gerät an. Nun drehen Sie am Stromregler (Current), solange bis die berechnete Amperezahl für das jeweilige Werkstück erreicht ist.

Während des Eloxierens bilden sich an der Kathode bzw. den Kathoden Wasserstoffbläschen. Diese Gasentwicklung deutet an, dass die elektrochemische Reaktion wie gewünscht abläuft.

Beachten Sie, dass Wasserstoff mit Luftsauerstoff das sog. „Knallgas“ bildet, ein leicht entzündliches und explosives Gemisch. Auch wenn die Mengen relativ gering sind, sollten Sie auf ausreichende Belüftung am Ort des Eloxierbades achten und jegliche Feuer- oder Zündquelle in der Nähe des Eloxalbeckens unbedingt vermeiden!

Berechnung der Schichtdicke H:

$H \text{ in } \mu\text{m} = (0,26 \cdot \text{Zeit in min} \cdot \text{Stromstärke in A}) / (\text{Oberfläche in dm}^2)$ Beispiel:

Zeit = 50 min

Stromstärke = 0,3 A

Oberfläche = 20 cm² = 0,2 dm²

H = 19,5 μm

Nach der gewünschten Eloxierdauer schalten Sie das Netzteil aus, nehmen das Werkstück aus dem Bad und spülen es lange und gründlich mit zunächst normalem Wasser und abschließend etwas destilliertem Wasser. Sparen Sie nicht an diesem Schritt! Zu kurzes Spülen ist einer der

häufigsten Gründe für fleckige bzw. unschöne Färbungen. Achten Sie zudem darauf, das Werkstück am besten nur an der Aufhängung zu fassen und die eloxierten Oberflächen nicht zu berühren. Sollten Sie das Objekt dennoch anfassen müssen, tun Sie dies idealerweise nur mit nassen Gummihandschuhen.

7. Färben

In die beim Anodisieren entstandenen Poren können nun Farbstoffe eingelagert werden. Bei den mitgelieferten Farbstoffen handelt es sich um Feststoffe. Als Anhaltspunkt können Sie folgende Werte verwenden für das Einrühren in dest. Wasser. Einfach die gewünschte Menge in Wasser auflösen.

0,1 bis 1 g pro Liter	hellere Färbungen
2 bis 5 g pro Liter	→ satte Färbung
> 5 g pro Liter	→ dunkle Färbungen

→
Farbbäder können oft wiederverwendet werden, es sollte aber darauf geachtet werden, dass der pH-Wert zwischen 5,5 und 7,5 liegt.

Wenn der Wert zu niedrig ist, geben Sie etwas NaOH dazu, ist er zu hoch, dann etwas Essigsäure. Zudem ist es sehr wichtig, dass Sie vor dem Färben das Werkstück ausreichend lange spülen. Denn Reste des Eloxalektrolyten, die nicht gründlichst aus den Poren ausgewaschen wurden, können das Farbbad unwirksam machen. Wenn nach dem Anodisieren viel Zeit vergangen ist, ist es sinnvoll das Aluminiumstück nochmals in den Eloxalektrolyten zu tauchen, um die Schicht wieder zu „aktivieren“.

Die Farbstofflösungen werden nun in ein hitzebeständiges Gefäß gegeben und auf 50- 60 °C erwärmt. Das frisch eloxierte und sehr gründlich gespülte Aluminiumstück wird für einige Minuten in die warme Farbstofflösung gegeben. Typische Färbezeiten mit den Eloxalfarben von TIFOO liegen zwischen 5 und 20 min Einwirkdauer. Falls möglich, verbessert Rühren während des Vorgangs die Zirkulation innerhalb des Bades und sorgt für gleichmäßigere Ergebnisse. Zuletzt wird das Objekt mithilfe einer Galvanozange vorsichtig entnommen und gründlich abgespült.

Wichtige Faktoren für höchste Farbstoffechtheit sind:

- dicke Oxidschicht (<20 µm)
- gute saugfähige Oxidschicht (Eloxieren bei Raumtemperatur)
- einwandfreies Spülen nach dem Eloxierschritt
- richtige Farbstoffkonzentration
- lange Färbzeit sorgt für tiefe Farbtöne (>30 min ist von Nachteil!)
- perfektes Verdichten (siehe nachfolgendes Kapitel)

8. Sealing / Verdichtung

Direkt nach dem Färben wird das gefärbte Aluminium in die bereits kochende Sealinglösung gegeben. Diese Lösung besteht aus dest. Wasser (es sollte v.a. sulfat- und phosphatfrei sein). Die Verdichtung führt zu einer sog. Hydratisierung der Oxidschicht; dies bedeutet einer Schließung der Poren und somit eine komplette Versiegelung der Oberfläche bzw. Einschluss der Farbstoffe in der Schicht. **Beachten Sie bitte:** die Temperatur des Wassers bzw. der Sealinglösung sollte mindestens 97°C betragen und der pH-Wert sollte zwischen 5,5 und 6 liegen (mit pH-Papier überprüfen). Es bringt nichts, über längere Zeit bei zum Beispiel nur 90°C zu verdichten - die Temperatur von über 96°C ist entscheidend! Sollten Sie Anpassungen des pH-Werts vornehmen müssen, bewerkstelligen Sie dies entweder mit Essig- oder Ameisensäure - nicht mit Schwefelsäure.

Die Dauer des Verdichtungs Vorganges sollte mindestens 30 Minuten betragen.

Je nach Schichtdicke variiert die optimale Dauer. Pro µm sollte 3 Minuten verdichtet werden, das heißt bei einer Schichtdicke von 20 µm dauert es ca. 60 Minuten. Danach ist die Farbe fest mit dem Aluminium verbunden und das Werkstück ist fertig eloxiert.

9. Entsorgungshinweise

Befolgen Sie die Anweisungen Ihrer regionalen Entsorgungsbetriebe bzw. erkundigen Sie sich dort über den richtigen Umgang mit der Entsorgung von Chemikalien. Es ist üblicherweise ausreichend, das Etikett der verwendeten Flüssigkeiten vorzuzeigen.

10. Troubleshooting-Guide

In diesem Kapitel wollen wir Ihnen eine kleine Übersicht von gängigen

Fehlern und Problemen beim Eloxieren aufzeigen. Sie erfahren außerdem, was die Ursachen möglicher Fehler sind und wie Sie diese beheben können.

Fehler	Ursache	Beschreibung / Hilfe
fleckige Oberfläche nach Anodisieren	Vorbereitung	<p># Ungleichmäßiges Schleifen oder Polieren kann ein fleckiges Aussehen bewirken. Wenn an einer Stelle mehr Material abgetragen wird als an einer anderen, kann die dort freigelegte tiefere Aluminiumschicht von anderer Beschaffenheit sein, weshalb diese Stelle nach dem Anodisieren matter oder glänzender aussehen kann.</p> <p># Polierwolken: partielle Überhitzung beim Polieren führt zu einer Veränderung des Metalls an dieser Stelle, wodurch milchig weiße Flecken entstehen, die aber oft erst nach dem Anodisieren sichtbar werden. Man sollte also vermeiden, zu lange die gleiche Stelle zu polieren, um diese Überhitzung zu verhindern.</p> <p># Auf dem Werkstück befinden sich noch Fettreste, da das Werkstück nicht lange genug mit der Aluminium-Vorbereitung vorbereitet wurde oder es wurde nach der Vorbereitung angefasst.</p>
Löcher und Poren nach dem Anodisieren	Vorbereitung	<p># Reste von Metallstaub oder Polierpaste können wegen zu kurzen Spülens auf der Aluminiumoberfläche haften bleiben und verursachen so ein ungleichmäßiges Anodisieren. Besonders schlimme Abtragungen entstehen, wenn man mit dem Polierwerkzeug zuvor Schwermetalle bearbeitet hat und sich nun Schwermetallstaub auf der Aluminiumoberfläche befindet. Dieser bewirkt starken Lochfraß während des Anodisierens, weshalb für Aluminium und Schwermetalle immer getrenntes Polierwerkzeug verwendet werden sollte.</p> <p># Es kann passieren, dass ein Aluminiumteil nach dem Polieren scheinbar gut aussieht, jedoch nach dem Anodisieren voller Löcher und Poren ist. Die Ursache hierfür ist, dass die Löcher vorher mit Metallspänen und Polierpaste zugeklebt und verstopft waren und somit nicht sichtbar wurden. Die Verstopfungen lösen sich beim Anodisieren und treten so hervor. Dagegen hilft nur eine noch gründlichere und längere Vorbereitung.</p>
Die Spannung während des Anodisierens beträgt nach Einstellen der berechneten Stromstärke über 17V	Kontaktierung	<p># Überprüfen, ob alle Klemmen, Drähte, etc. fest sitzen und noch nicht zu sehr korrodiert sind.</p> <p># Die Berechnung der Stromstärke war möglicherweise fehlerhaft und zu hoch angesetzt.</p>

Fehler	Ursache	Beschreibung / Hilfe
Berechnete Stromstärke nicht einstellbar, zu hohe Spannung	Kontaktierung	<p># Zuerst sollte überprüft werden, ob die Polung stimmt (Aluminium +Pol, Edelstahl- Elektroden –Pol) und, ob der Stromkreis komplett geschlossen ist.</p> <p># Klemmen sollten auf Korrosion und gute Kontaktierung überprüft werden.</p> <p># Möglicherweise ist das Aluminiumstück bereits eloxiert und so wird durch die nichtleitende Oberfläche ein Stromfluss verhindert.</p>
Spannung zu niedrig	Kontaktierung	<p># Die Berechnung der Stromstärke ist möglicherweise fehlerhaft und zu niedrig angesetzt</p> <p># Eine Klemme, die nicht aus Titan oder Aluminium besteht (z.B. Krokoklemme) taucht ggf. in den Eloxal-Elektrolyt ein. Dadurch fließt der Strom nicht durch das Aluminiumwerkstück, sondern daran vorbei direkt durch die Klemme, da dieser Weg einen geringeren Widerstand aufweist.</p>
Stromfluss bricht während des Anodisierens plötzlich ab	Kontaktierung	<p># Wenn der Kontakt zwischen Klemme bzw. Draht und Aluminium nicht besonders fest war, kann es passieren, dass die Kontaktstelle während des Anodisierens auf eine bereits eloxierte und somit nicht mehr leitfähige Stelle verrutscht, was einen Abbruch des Stromflusses zur Folge hat.</p>
Zuvor auf Hochglanz polierte Teile verlieren durch Anodisieren ihren Glanz	Anodisieren	<p># Eine zu hohe Stromstärke bewirkt einen Glanzverlust. Es ist empfehlenswert, für glänzende Teilen die Berechnung der Stromstärke mit nur 0,5-1A pro dm² statt wie normal 1,5A zu rechnen. Um dennoch die gleiche Schichtdicke zu erzielen, muss die Dauer der Anodisation entsprechend verlängert werden. Beispiel: Statt 45 min bei 1,5A/dm² wird nun 90 min bei 0,75A/dm² anodisiert.</p> <p># Wenn Aluminiumlegierungen mit sehr hohem Fremdmetallanteil verwendet werden, kann es sein, dass diese Fremdmetalle die Mattierung verursachen. In diesem Fall empfiehlt es sich eine andere Legierung mit höherem Aluminiumanteil zu verwenden.</p>
Oxidschicht verfärbt sich dunkel	Legierungsproblem	Die verwendete Legierung ist zum Eloxieren nicht gut geeignet → siehe Liste.
Oxidschicht blättert ab	Anodisieren	Die Temperatur des Elektrolyten ist zu hoch oder die Anodisierzeit zu lange.

Fehler	Ursache	Beschreibung / Hilfe
Ausbluten des Farbstoffs beim Verdichten	Färbung Verdichtungsbad	<p># Die Färbetemperatur ist niedriger als 50°C. # Die Färbedauer ist zu kurz, diese sollte ca. 5 Minuten betragen. # Der pH-Wert des Färbebades ist nicht korrekt, er sollte zwischen 5,5 und 7,5 liegen.</p> <p># Der pH-Wert des Verdichtungsbades ist verschoben, er sollte zwischen 5,5 und 6 liegen. Lässt sich mithilfe von pH-Papier überprüfen. Es ist zudem wichtig, das Sealingbad regelmäßig zu erneuern.</p>
Färbung fleckig	Vorbehandlung Anodisieren Spülen Färbung	<p># Ungleichmäßiges Schleifen oder Polieren kann ein fleckiges Aussehen bewirken. Wenn an einer Stelle mehr Material abgetragen wird als an einer anderen, kann die dort freigelegte Aluminiumschicht von anderer Beschaffenheit sein, weshalb diese Stelle nach dem Anodisieren matter oder glänzender aussehen kann. # Polierwolken: partielle Überhitzung beim Polieren führt zu einer Veränderung des Metalls an dieser Stelle, wodurch milchig weiße Flecken entstehen, die aber erst nach dem Anodisieren sichtbar werden. Es sollte vermieden werden, zu lange die gleiche Stelle zu polieren, um diese Überhitzung zu verhindern. # Auf dem Werkstück befinden sich Fettreste, da das Werkstück nicht lange genug mit der Aluminium-Vorbehandlung vorbereitet wurde oder es wurde nach der Vorbehandlung mit bloßen Händen angefasst. # Auf dem Aluminium befinden sich Reste einer alten Oxidschicht, die nicht vollständig entfernt wurde. Das Werkstück sollte länger mit dem Eloxal-Entferner behandelt werden. # Das Werkstück befindet sich während des Anodisierens zu dicht an der Wasseroberfläche. # Schlechtes Spülen vor oder nach dem Färben. # Das Aluminium wurde vor dem Färben mit bloßen Händen berührt, (Fettablagerungen). # Im Farbbad befinden sich Fettreste</p>
Färbung an den Rändern dunkler	Anodisieren	<p># Die Kontaktierung ist nicht optimal, überprüfen, ob alle Klemmen, Drähte, etc. sicher und fest sitzen und nicht zu stark korrodiert sind. # Die Stromdichte ist zu hoch eingestellt, Berechnung überprüfen.</p>
Färbung nichtabriebfest	Anodisieren Verdichten/Sealing	<p># Stromdichte zu hoch, Berechnung überprüfen. # Unzureichende Kontaktierung. # Anodisierzeit zu lange, diese sollte nicht länger als 70 min betragen. # Die Verdichtungszeit ist zu kurz, diese sollte mindestens 20 Minuten betragen, je nach Schichtdicke aber auch deutlich länger.</p>

Fehler	Ursache	Beschreibung / Hilfe
Färbung zu schwach	Anodisieren	<p># Anodisierungsdauer oder Stromstärke zu gering, was eine zu dünne Oxidschicht zur Folge hat.</p> <p># Wenn zwischen Anodisieren und Färben einige Stunden liegen, kann es vorkommen, dass die Oxidschicht „altert“. Deshalb sollte man in so einem Fall das Aluminium vor dem Färben noch einmal stromlos im Eloxal-Elektrolyt, um die Schicht wieder zu aktivieren. Danach muss es nochmals gründlich mit Wasser gespült werden.</p>
Färbung fleckig	Vorbehandlung	<p># Ungleichmäßiges Schleifen oder Polieren kann ein fleckiges Aussehen bewirken. Wenn an einer Stelle mehr Material abgetragen wird als an einer anderen, kann die dort freigelegte Aluminiumschicht von anderer Beschaffenheit sein, weshalb diese Stelle nach dem Anodisieren matter oder glänzender aussehen kann.</p> <p># Polierwolken: partielle Überhitzung beim Polieren führt zu einer Veränderung des Metalls an dieser Stelle, wodurch milchig weiße Flecken entstehen, die aber erst nach dem Anodisieren sichtbar werden. Es gilt zu vermeiden, zu lange die gleiche Stelle zu polieren, um diese Überhitzung zu verhindern.</p> <p># Auf dem Werkstück befinden sich noch Fettreste, da das Werkstück nicht lange genug mit der Aluminium-Vorbehandlung vorbereitet wurde oder es wurde nach der Vorbehandlung mit bloßen Händen angefasst.</p> <p># Auf dem Aluminium befinden sich noch Reste einer alten Oxidschicht die nicht vollständig entfernt wurde. Das Werkstück sollte dann länger mit dem Eloxal-Entferner behandelt werden.</p> <p># Das Werkstück befindet sich während dem Anodisieren zu dicht an der Wasseroberfläche.</p>

Kurzanleitung

1. Mechanische Vorbehandlung (Schleifen, Polieren)
2. Spülen
3. Eintauchen in Tifoo Eloxal-Aktivator (5 - 20 min, je nach Verschmutzungsgrad)
4. Spülen
5. Berechnung der Oberfläche des Alu-Werkstückes, das eloxiert werden soll
6. Edelstahlanoden in der Wanne ausrichten, Werkstück einhängen und bei 1,5 A / dm² für circa 45-60 min eloxieren, Werkstück hängt dabei am Pluspol, die beiden Edelstahlplatten am Minuspol
7. Spülen
8. Das gespülte Werkstück wird nun in das etwa 50 Grad Celsius warme Farbbad eingetaucht. Leicht hin und her schwenken, um die Aufnahme des Farbstoffs zu beschleunigen. Die Konzentration des Farbbades ist abhängig vom Farbstoff und der gewünschten Farbsättigung. Je nach Farbintensität und Konzentration des Bades beträgt die Verweildauer 2 - 20 Minuten. Je länger die Werkstücke im Farbbad sind, desto intensiver wird die Färbung. So lassen sich sehr einfach leichte Färbungen bis hin zu äußerst satten Farbtönen erzeugen.
9. Spülen

**Tifoo - eine Marke der, MARAWE
GmbH & Co. KG Donaustauer
Straße 378 Gebäude 64, 46, 46a,
47
93055 Regensburg**

**Tel.: 0941 / 29020439
Email: tifoo@marawe.de**

www.tifoo.de