

DIN EN 4827



ICS 49.025.20; 49.040

**Luft- und Raumfahrt –
Hexavalentes chrom(VI)-freies Anodisieren von Aluminium und
Aluminiumlegierungen;
Deutsche und Englische Fassung EN 4827:2017**

Aerospace series –

Hexavalent chromium free anodizing of aluminium and aluminium alloys;

German and English version EN 4827:2017

Série aérospatiale –

Anodisation sans chrome hexavalent de l'aluminium et des alliages d'aluminium;

Version allemande et anglaise EN 4827:2017

Gesamtumfang 40 Seiten

DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)
DIN-Normenausschuss Beschichtungsstoffe und Beschichtungen (NAB)



Nationales Vorwort

Der Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie — Normung (ASD-STAN) ist vom Europäischen Komitee für Normung (CEN) für zuständig erklärt worden, Europäische Normen (EN) für das Gebiet der Luft- und Raumfahrt auszuarbeiten. Durch die Vereinbarung vom 3. Oktober 1986 wurde ASD Assoziierte Organisation (ASB) des CEN.

Das vorliegende Dokument (EN 4827:2017) wurde von ASD-STAN, Fachbereich Werkstoffe und Verfahren, unter Mitwirkung deutscher Experten des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) erarbeitet.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 131-02-04 AA „Oberflächenschutz“ im DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL).

Entsprechend Beschluss 57/9 des Technischen Ausschusses des Beirats des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) sind die europäischen Luft- und Raumfahrt-Normungsergebnisse zweisprachig, in Deutsch und Englisch, in das Deutsche Normenwerk zu überführen. Aus diesem Grund wurde der Deutschen Fassung dieses Dokumentes die Englische Fassung hinzugefügt.

Deutsche Fassung

Luft- und Raumfahrt —
Hexavalentes chrom(VI)-freies Anodisieren von
Aluminium und Aluminiumlegierungen

Aerospace series —
Hexavalent chromium free anodizing of
aluminium and aluminium alloys

Série aérospatiale —
Anodisation sans chrome hexavalent de
l'aluminium et des alliages d'aluminium

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 24. September 2016 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	3
1 Anwendungsbereich.....	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Zweck des Verfahrens.....	5
4 Begriffe	6
5 Einteilung der Schutzsysteme	7
6 Anforderungen an das Verfahren	8
7 Ingenieurtechnische Anforderungen.....	11
8 Qualitätsanforderungen	13
Anhang A (normativ) Ingenieurtechnische Anforderungen.....	15
Anhang B (normativ) Qualitätsanforderungen.....	16
B.1 Qualitätsanforderungen	16
B.2 Interpretation der Ergebnisse des Farbtropfentests	17
Literaturhinweise.....	19

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 4827:2017) wurde vom Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie – Normung (ASD-STAN) erstellt.

Nachdem Umfragen und Abstimmungen entsprechend den Regeln dieses Verbandes durchgeführt wurden, hat diese Norm die Zustimmung der nationalen Verbände und offiziellen Behörden der Mitgliedsländer der ASD erhalten, bevor sie CEN vorgelegt wurde.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis August 2017, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis August 2017 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die Anforderungen für das Chrom(VI)-freie Anodisieren von Aluminium und Aluminiumlegierungen zum Schutz vor Korrosion sowie zum Kleben und Lackieren fest.

Hartanodisieren wird von dieser Europäischen Norm nicht abgedeckt.

Zweck dieser Europäischen Norm ist die Vorgabe von Leistungs-, Qualitäts- und Herstellungsanforderungen. Sie stellt keine vollständigen innerbetrieblichen Prozessanweisungen zur Verfügung; diese müssen in den ausführlichen Prozessanweisungen des Herstellers angegeben werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 2284, *Luft- und Raumfahrt — Schwefelsäure-Anodisieren von Aluminium und Aluminium-Knetlegierungen*

EN 3665, *Luft- und Raumfahrt — Prüfverfahren für Anstrichstoffe — Prüfung der Beständigkeit gegen Filiformkorrosion von Aluminiumlegierungen*

EN 4704, *Luft- und Raumfahrt — Weinsäure-Schwefelsäure-Anodisieren (TSA) von Aluminium und Aluminium-Knetlegierungen für den Korrosionsschutz und zur Vorbehandlung*

EN 4707, *Luft- und Raumfahrt — Beizen von Aluminium und Aluminiumlegierungen ohne sechswertiges Chrom*

EN 6072, *Luft- und Raumfahrt — Metallische Werkstoffe — Prüfverfahren — Ermüdungstest mit konstanter Amplitude*

EN ISO 2409, *Beschichtungsstoffe — Gitterschnittprüfung (ISO 2409)*

EN ISO 9227, *Korrosionsprüfungen in künstlichen Atmosphären — Salzsprühnebelprüfungen (ISO 9227)*

EN ISO 1463, *Metall- und Oxidschichten — Schichtdickenmessung — Mikroskopisches Verfahren (ISO 1463)*

EN ISO 2085, *Anodisieren von Aluminium und Aluminiumlegierungen — Prüfung der Kontinuität dünner anodisch erzeugter Oxidschichten — Kupfersulfatversuch (ISO 2085)*

EN ISO 2360, *Nichtleitende Überzüge auf nichtmagnetischen metallischen Grundwerkstoffen — Messen der Schichtdicke — Wirbelstromverfahren (ISO 2360)*

EN ISO 9220, *Metallische Überzüge — Messung der Schichtdicke — Verfahren mit Rasterelektronenmikroskop (ISO 9220)*

3 Zweck des Verfahrens

Anodisieren ist ein spannungsgesteuertes, elektrochemisches Verfahren, bei dem die Umwandlung der Metalloberfläche in eine mikroporöse Aluminiumoxidschicht ermöglicht wird. Das Ziel dieser Behandlung besteht darin, den Korrosionsschutz sicherzustellen und/oder diese Schicht als Haftgrundlage vor dem Kleben oder Lackieren anzuwenden. Für das Aufbringen des Korrosionsschutzes (mit oder ohne Lackieren oder Kleben) wird diese Anodisierschicht üblicherweise nachverdichtet; diese Anodisierschicht muss nicht nachverdichtet werden, wenn das Teil geklebt oder lackiert wird.

Diese Spezifikation gilt für Aluminium und Aluminiumlegierungen und allgemein für Einzelteile.

Für den Verschleißschutz geeignetes Hartanodisieren und das Anodisieren mithilfe von Plasmaelektrolyten werden von dieser Spezifikation nicht abgedeckt.

3.1 Anwendbarkeit

3.1.1 Typ A: Anodisieren ohne Nachverdichten

Dieser Typ muss entweder als Oberflächenvorbereitung vor dem Aufbringen der Lackierung/des Klebstoffes oder jeder anderen Nachbehandlung angewendet werden.

3.1.2 Typ B: Anodisieren mit Nachverdichten

Dieser Typ dient dem Korrosionsschutz. Er muss mit oder ohne Einfärbung und mit oder ohne zusätzlichem Lackieren angewendet werden.

Siehe Tabelle 1.

Tabelle 1 — Verschiedene Einsatzfälle

	Ohne Nachverdichten (Typ A)			Mit Nachverdichten (Typ B)	
	Nicht lackiert	Lackiert	Geklebt (strukturell)	Nicht lackiert	Lackiert
Schwefelsäure-Anodisieren (SAA) EN 2284	Nicht anzuwenden	Anzuwenden	Nicht anzuwenden	Anzuwenden	anzuwenden
Dünnschicht-Anodisieren mit Schwefelsäure (TFSAA)					Noch nicht festgelegt für chrom(VI)-freies Anodisieren mit Nachverdichtung
Weinsäure-Schwefelsäure-Anodisieren (TSA) EN 4704					
Bor-Schwefelsäure-Anodisieren (BSAA)			Anzuwenden	Nicht anzuwenden	Nicht anzuwenden
Phosphorsäure-Anodisieren (PAA)					
Schwefel-Phosphorsäure-Anodisieren (PSA)					

3.2 Einschränkungen

Alle Verfahren, durch die der anodische erzeugte Überzug beeinträchtigt werden kann, wie Formgebung und Wärmebehandlung, müssen vor der Oberflächenvorbehandlung der zu anodisierenden Teile durchgeführt werden.

Die Anodisierung ist nicht anzuwenden:

- in Zonen/Bereichen mit elektrischer Leitfähigkeit;
- bei Rohren, Leitungen und Öffnungen mit einem Länge-Durchmesser-Verhältnis größer als 10:1 (außer es wird eine spezielle Kathode angewendet);
- bei Hohlräumen mit einem Länge-Durchmesser-Verhältnis größer als 5:1;
- bei Teilen oder Baugruppen (z. B. punktgeschweißt und genietet), in denen Behandlungslösungen dauerhaft eingeschlossen werden können;
- bei Bauteilen, in denen Behandlungslösungen dauerhaft eingeschlossen werden können, ausgenommen sind Bauteile, die angemessen abgedeckt werden können.

ANMERKUNG Die Bildung einer Oxidschicht beeinflusst die Maße des Teils und muss bei Teilen mit engem Toleranzbereich berücksichtigt werden.

4 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

4.1

deanodisieren

Prozess zum Entfernen von anodisch erzeugtem Oxid

4.2

Beizbast

Ablagerung von Legierungsbestandteilen (z. B. Cu, Fe, Zn, Si) auf der Oberfläche von Teilen nach einem Prozess, üblicherweise nach dem alkalischen Beizvorgang

4.3

MDL

(en: Mechanically Disturbed Layer)

Schicht an der Oberfläche, die im Werkstoff durch den Walzprozess erzeugt wird

4.4

Pit

Oberflächenkorrosionsfehler, an dem die anodische Beschichtung durchdrungen wurde

Anmerkung 1 zum Begriff: Typische Eigenschaften von Korrosionspits sind:

- eine runde, unregelmäßige oder längliche Geometrie;
- kometenschweifartige, gerade oder ringförmige Kontur innerhalb der Vertiefung;
- einige Korrosionsnebenprodukte innerhalb von Pits (auf Aluminiumproben kann das Nebenprodukt körnig, pulverig oder amorph und weiß, grau oder schwarz sein).

Um als Korrosionspit angesehen zu werden, muss eine Vertiefung mindestens zwei der vorstehend angegebenen Eigenschaften aufweisen.

4.5

Prozessanweisung

Dokument, das die Anwendungsbereiche, den genauen Prozess (die wesentlichen Parameter, die einzelnen Schritte usw.), das Qualitätsmanagement, Umwelt- und Sicherheitsvorschriften usw. beschreibt

4.6

Legierungen

alle Aluminiumlegierungen, die mit dem chromatfreien Anodisierprozess in dem jeweiligen Betrieb behandelt werden

4.7

reanodisieren

Wiederholung der Anodisierprozessstufe nach vollständigem Deanodisieren

4.8

Nachverdichtung

chromatfreie Nachverdichtung (der anodisierten Schichten) wird angewendet, um die beim Anodisierprozess entstandenen Poren zu verschließen

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie erfolgt üblicherweise in einem Bad mit heißem vollentsalztem Wasser mit oder ohne Zusatzstoffe(n) bei unterschiedlichen Temperaturen. Die Nachverdichtung erhöht die Korrosionsbeständigkeit des anodisch erzeugten Überzugs.

4.9

Los

falls nicht anders festgelegt, besteht es aus Teilen gleicher Art (d. h. Form, Größe, Werkstoff), die gleichzeitig im selben Bad behandelt wurden

5 Einteilung der Schutzsysteme

5.1 Systemtypen

Die Anodisierschicht wird in folgende zwei Typen eingeteilt:

- Typ A: Anodisieren ohne Nachverdichten: Dieser Typ muss zur Vorbereitung der Oberfläche vor dem Lackieren/Kleben oder jeder anderen Nachbehandlung verwendet werden.
- Typ B: Anodisieren mit Nachverdichten: Dieser Typ dient dem Korrosionsschutz. Er muss mit oder ohne Einfärbung und mit oder ohne zusätzliche Lackierung angewendet werden.

5.2 Schichtdicken

Siehe Tabelle 2.

Tabelle 2 — Schichtdicken entsprechend dem Klassentyp

Klassentyp	Typische Dicke	Anodisierprozess
Klasse 1	$\leq 1 \mu\text{m}$	Phosphorsäure-Anodisieren (PAA) Schwefel-Phosphorsäure-Anodisieren (PSA) ^a
Klasse 2	2 μm bis 8 μm	Weinsäure-Schwefelsäure-Anodisieren (TSA) Bor-Schwefelsäure-Anodisieren (BSAA) Dünnschicht-Anodisieren mit Schwefelsäure (TFSA)
Klasse 3	8 μm bis 25 μm	Schwefelsäure-Anodisieren (SAA)
^a $\leq 5 \mu\text{m}$ für einige Aluminiumlegierungen, die zwischen Käufer und Lieferanten vereinbart wurden.		

6 Anforderungen an das Verfahren

6.1 Angaben für den Bearbeiter

- Bezeichnung des Typs und der Klasse;
- Standardreferenz des Substrats und der Wärmebehandlung;
- zu anodisierende Bereiche;
- Messpunkte bezüglich der Dicke der Anodisierschicht;
- elektrische Kontaktpunkte oder Bereiche, an denen diese nicht zulässig sind;
- Festlegung hinsichtlich des Prüfens an Teilen und/oder Proben.

6.2 Zustand der Teile vor der Behandlung

Schweißen, Weich-/Hartlöten, mechanische Behandlungen und Wärmebehandlungen müssen abgeschlossen sein.

- Die Teile müssen frei von Öl, Fett, Anreißfarbe und anderen Oberflächenverunreinigungen sein.
- Die Oberfläche muss frei von Legierungsbestandteilen oder von aus vorausgehenden Prozessen zurückführbaren Ablagerungen oder Beizbasten sein, was sich durch die glänzende und gleichmäßige Erscheinung der Oberfläche zeigt.
- MDL muss entweder durch mechanische oder chemische Verfahren entfernt werden.
- Im Falle eines Reanodisierens müssen alle Rückstände vom vorherigen Anodisieren vollständig entfernt werden.

6.3 Verfahrensbedingungen

6.3.1 Werkzeuge

Die Werkzeuge, Schienen, elektrischen Kontaktsysteme und Abdeckwerkzeuge aus Metall müssen frei von Korrosion oder anderen Schäden sein, die während der Anwendung die Behandlung beeinträchtigen können. Die Gestelle und Werkzeuge für die Teile müssen so ausgeführt und eingestellt sein, dass:

- vermieden wird, dass Luft oder Behandlungslösung in den Teilen bleibt;
- Neutralisieren und Entfernen von Lösungen während der Spülvorgänge erleichtert werden;
- die elektrischen Kontakte müssen für den bestimmungsgemäßen Stromdurchgang in einem guten Zustand gehalten werden;
- jeglicher versehentlicher Kontakt zwischen den zu behandelnden Teilen und der Badausrüstung oder den Elektroden und zwischen den unterschiedlich Teilen muss während des gesamten Verfahrens vermieden werden;
- die elektrischen Kontaktpunkte sollten zwischen dem Käufer und Bearbeiter festgelegt werden;
- die Aufhängevorrichtungen (z. B. aus Aluminiumlegierung oder Titan) müssen einen wirksamen elektrischen Kontakt mit den Teilen herstellen;
- der Kontakt wird vorzugsweise an mehreren Stellen hergestellt, um eine bessere Stromverteilung sicherzustellen.

6.3.2 Abdecken

Vor dem Abdecken müssen die Teile zumindest entfettet werden.

Die Bereiche der Teile, die nicht beschichtet werden dürfen, müssen mit einem geeigneten Material abgedeckt werden.

6.3.3 Vorbehandlung der Oberfläche

Eine der Vorbehandlung der Oberfläche bedeutet jegliche Verfahren anzuwenden, die in der Lage sind, alle Oberflächenverunreinigungen vollständig zu beseitigen.

Bei einer chemischen Vorbehandlung muss als letzter Arbeitsvorgang vor dem Anodisieren ein saures Beizen (Dekapieren), vorzugsweise chromatfrei, vorgenommen werden.

Das Anodisieren muss unmittelbar nach dem Beizen durchgeführt werden (nach Norm EN 4707 zum Beizen von Aluminium und Aluminiumlegierungen).

6.3.4 Anodisieren

Während des Anodisierens

- muss der Abstand zwischen dem Teil und der Elektrode so festgelegt werden, dass er ohne Lichtbogen die erforderliche anodische Schichtdicke aufweist;
- sollten die Teile vollständig eingetaucht werden;
- dürfen die Teile keiner Zug-, Biege- und Torsionsspannung oder anderen Beanspruchungen ausgesetzt werden;
- muss der Prozess so ablaufen, dass die Teile zwischen den einzelnen Prozessstufen (Vorbehandlung, Anodisieren usw.) nicht trocknen;
- müssen die Parameter für das Anodisieren (Temperatur, Spannung, Zeit) entsprechend der Badzusammensetzung an den Werkstoff und dessen Anforderungen angepasst sein;
- muss im Falle eines Reanodisierens der frühere Schutz vorher vollständig (chemisch oder mechanisch) entfernt werden (siehe 6.5).

6.3.5 Nachbehandlung nach dem Anodisieren

Nach dem Anodisieren:

- müssen die Teile hinreichend mit Wasser nach 6.4 gespült werden.
- müssen die Teile anschließend entweder
 - unmittelbar danach getrocknet und innerhalb von 16 h lackiert werden; diese Zeit kann entsprechend den Kundenanforderungen verlängert werden. In diesem Fall ist es empfehlenswert, dass der Umgang mit den nach dem Anodisieren erhaltenen Teilen mithilfe von Handschuhen erfolgt;
 - unmittelbar danach getrocknet und innerhalb von 8 h geklebt werden; diese Zeit kann entsprechend den Kundenanforderungen verlängert werden. In diesem Fall ist es empfehlenswert, dass der Umgang der nach dem Anodisieren erhaltenen Teile mithilfe von Handschuhen erfolgt;
 - mit chromatfreier Lösung nachverdichtet werden, um die gewünschte Korrosionsbeständigkeit des anodisch erzeugten Überzugs zu erhalten.

6.4 Wasserbeschaffenheit

Jegliches zum Ansetzen des Bades und darüber hinaus für das Anodisieren und den abschließenden Spülschritt sowie für das Nachverdichtungsverfahren verwendete Wasser muss vollentsalzt sein.

6.4.1 Anodisierbad

Das Wasser muss folgende Anforderungen erfüllen:

- pH-Wert bei 25 °C: 5,0 bis 8,0;
- Trockenrückstand [mg/l]: ≤ 5 ;
- Leitfähigkeit [$\mu\text{S}/\text{cm}$]: ≤ 2 .