

DIN EN 4827



ICS 49.025.20; 49.040

Ersatz für
DIN EN 4827:2019-12

**Luft- und Raumfahrt –
Chrom(VI)-freies Anodisieren von Aluminium und
Aluminiumlegierungen;
Deutsche und Englische Fassung EN 4827:2024**

Aerospace series –
Hexavalent chromium free anodizing of aluminium and aluminium alloys;
German and English version EN 4827:2024

Série aérospatiale –
Anodisation sans chrome hexavalent de l'aluminium et des alliages d'aluminium;
Version allemande et anglaise EN 4827:2024

Gesamtumfang 73 Seiten

DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)

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 4827:2024) wurde von ASD-STAN, Fachbereich Werkstoffe, 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 Dokuments die Englische Fassung hinzugefügt.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 4827:2019-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die normativen Verweisungen wurden aktualisiert;
- b) in 3.2.4 wurde Bild 1 ergänzt;
- c) Abschnitt 6 „Ingenieurtechnische Anforderungen“ wurde in die neuen Abschnitte 6 „Anforderungen an Probekörper“ und Abschnitt 7 „Anforderungen an Bauteile“ umstrukturiert;
- d) Anforderungen betreffend Werkstoff, Anzahl, Maß und Analysenhäufigkeit der Probekörper wurden in Tabelle 3 bis Tabelle 8 aufgenommen;
- e) in Tabelle 3 bis Tabelle 5 wurden Anforderungen für die Qualifizierung von Probekörpern geändert und aufgenommen;
- f) in Tabelle 6 bis Tabelle 8 wurden Anforderungen für periodische Tests aufgenommen;
- g) Anhang A wurde umbenannt;
- h) in Tabelle A.1 wurden Änderungen zu den Punkten „äußeres Erscheinungsbild“, „anodische Schichtdicken“, „Korrosionsbeständigkeit“, „Haftfestigkeit der Lackierung“ und „Qualität der Nachverdichtung“ vorgenommen;
- i) Anhang B wurde umbenannt;
- j) in Tabelle B.1 wurden Änderungen zu den Punkten „äußeres Erscheinungsbild“, „anodische Schichtdicken“, „Korrosionsbeständigkeit“ und „Haftfestigkeit der Lackierung“ vorgenommen;
- k) die Tabelle C.1 wurde eingefügt;

- l) in Tabelle D.1 wurden Änderungen zum Punkt „äußeres Erscheinungsbild“ vorgenommen;
- m) das Dokument wurde redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN EN 4827: 2017-05, 2019-12

- Leerseite -

Deutsche Fassung

Luft- und Raumfahrt —
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 5. Mai 2024 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, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, 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: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
3.1 Allgemeine Begriffe	7
3.2 Technische Begriffe	7
4 Allgemeine Grundsätze des Verfahrens	9
4.1 Zweck des Verfahrens	9
4.2 Anwendbarkeit	10
4.2.1 Typ A: Anodisieren ohne Nachverdichten	10
4.2.2 Typ B: Anodisieren mit Nachverdichten	10
4.3 Einschränkungen	10
4.4 Einteilung	11
4.4.1 Systemtypen	11
4.4.2 Schichtdicken	11
5 Anforderungen an das Verfahren	11
5.1 Angaben für den Bearbeiter	11
5.2 Verfahrensbedingungen	12
5.2.1 Werkzeuge	12
5.2.2 Abdecken	12
5.2.3 Vorbehandlung der Oberfläche	12
5.2.4 Anodisieren	12
5.2.5 Nachbehandlung nach dem Anodisieren	13
5.3 Wasserbeschaffenheit	13
5.3.1 Allgemeines	13
5.3.2 Anodisierbad	13
5.3.3 Nachverdichtung und Färbebäder	13
5.3.4 Abschließendes Spülbad	14
5.4 Periodische chemische Analyse des Bades	14
5.5 Reanodisieren	14
6 Anforderungen an Probekörper	14
6.1 Definition der Probekörper	14
6.1.1 Allgemeines	14
6.1.2 Für die Qualifizierung	14
6.1.3 Für periodische Prüfungen	14
6.2 Prüfungen für die Qualifizierung	19
6.3 Periodische Prüfungen	19
7 Anforderungen an Bauteile	20
7.1 Zustand der Teile vor der Behandlung	20
7.2 Prüfungen vor der Behandlung	20
7.3 Prüfungen während der Behandlung	20
7.4 Prüfungen an Teilen nach dem Anodisieren	20
8 Qualitätssicherung	20
8.1 Anerkennung des Verfahrens	20
8.2 Allgemeine Hinweise	21
8.3 Qualifizierungsverfahren	21
Anhang A (normativ) Prüfung an Probekörpern zur Qualifizierung	22
Anhang B (normativ) Periodische Prüfungen an Probekörpern	28
Anhang C (normativ) Anforderungsniveaus an die Korrosionsbeständigkeit des Dünnschicht-Anodisierens von unlackierten Probekörpern	32
Anhang D (normativ) Prüfungen an Teilen	33

Anhang E (normativ) Farbtropfentest	34
E.1 Farbtropfen	34
E.2 Farbstofflösung A	34
E.3 Farbstofflösung B	34
Literaturhinweise	36

Bilder

Bild 1 — Beispiel für Korrosionspits auf einer Aluminiumlegierung, nachdem diese einem neutralen Salzsprühnebel (NSS; en: neutral salt spray) ausgesetzt wurde	8
Bild 2 — Beispiele für die Analyse von Korrosionspits auf bearbeiteter Aluminiumlegierung 2024 T351 und beschichteter Aluminiumlegierung 2024 T3, die mit Schwefelsäure-Anodisieren behandelt wurden	9

Tabellen

Tabelle 1 — Verschiedene Einsatzfälle	10
Tabelle 2 — Schichtdicken entsprechend dem Klassentyp	11
Tabelle 3 — Definition der Probekörper zur Qualifizierung (Klasse 1: PAA, PSA)	14
Tabelle 4 — Definition der Probekörper zur Qualifizierung (Klasse 2: TFSAA, TSA, BSAA)	15
Tabelle 5 — Definition der Probekörper zur Qualifizierung (Klasse 3: SAA)	16
Tabelle 6 — Definition der periodischen Prüfungen (Klasse 1: PAA, PSA)	17
Tabelle 7 — Definition der periodischen Prüfungen (Klasse 2: TFSAA, TSA, BSAA)	18
Tabelle 8 — Definition der periodischen Prüfungen (Klasse 3: SAA)	19
Tabelle A.1 — Qualifizierung — Prüfung und Abnahmekriterien	22
Tabelle B.1 — Periodische Prüfungen — Prüfung und Abnahmekriterien	28
Tabelle C.1 — Anforderungsniveaus — Beschreibung	32
Tabelle D.1 — Mindestprüfungen nach dem Anodisieren zur Annahme der Teile	33
Tabelle E.1 — Interpretation der Ergebnisse des Farbtropfentests	34

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 4827:2024) 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 dieses Dokument die Zustimmung der nationalen Verbände und offiziellen Behörden der Mitgliedsländer von ASD-STAN erhalten, bevor es CEN vorgelegt wurde.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Januar 2025, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 2025 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 4827:2019.

Dieses Dokument beinhaltet die folgenden wesentlichen technischen Änderungen im Vergleich zu EN 4827:2019:

- die normativen Verweisungen wurden aktualisiert;
- in 3.2.4 wurden Bild 1 und Bild 2 ergänzt;
- Abschnitt 6 „Ingenieurtechnische Anforderungen“ wurde in die neuen Abschnitte 6 „Anforderungen an Probekörper“ und Abschnitt 7 „Anforderungen an Bauteile“ umstrukturiert;
- Anforderungen betreffend Werkstoff, Anzahl, Maß und Analysenhäufigkeit der Probekörper wurden in Tabelle 3 bis Tabelle 8 aufgenommen;
- in Tabelle 3 bis Tabelle 5 wurden Anforderungen für die Qualifizierung von Probekörpern geändert und aufgenommen;
- in Tabelle 6 bis Tabelle 8 wurden Anforderungen für periodische Tests aufgenommen;
- Anhang A wurde umbenannt;
- in Tabelle A.1 wurden Änderungen zu den Punkten „äußeres Erscheinungsbild“, „anodische Schichtdicken“, „Korrosionsbeständigkeit“, „Haftfestigkeit der Lackierung“ und „Qualität der Nachverdichtung“ vorgenommen;
- Anhang B wurde umbenannt;
- in Tabelle B.1 wurden Änderungen zu den Punkten „äußeres Erscheinungsbild“, „anodische Schichtdicken“, „Korrosionsbeständigkeit“ und „Haftfestigkeit der Lackierung“ vorgenommen;
- die Tabelle C.1 bezüglich des Anforderungsniveaus an die Korrosionsbeständigkeit des Dünnschicht-Anodisierens von unlackierten Probekörpern wurde eingefügt;
- in Tabelle D.1 wurden Änderungen zum Punkt „äußeres Erscheinungsbild“ vorgenommen;
- das Dokument wurde redaktionell überarbeitet.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, 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

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

Dieses Dokument ist nicht anwendbar für das Hartanodisieren und das Anodisieren mithilfe von Plasmaelektrolyten (Mikro-Lichtbogen-Oxidation).

Zweck dieses Dokuments ist die Vorgabe von Leistungs-, Qualitäts- und Herstellungsanforderungen. Es stellt keine vollständigen innerbetrieblichen Prozessanweisungen zur Verfügung; diese sind in den ausführlichen Prozessanweisungen der Bearbeiter angegeben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 — Saures Beizen von Aluminium und Aluminiumlegierungen ohne hexavalentes Chrom*

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

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 2376, *Anodisieren von Aluminium und Aluminiumlegierungen — Bestimmung der Durchschlagsspannung und Spannungsfestigkeit (ISO 2376)*

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

EN ISO 2812-2, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Beständigkeit gegen Flüssigkeiten — Teil 2: Verfahren mit Eintauchen in Wasser (ISO 2812-2)*

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

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

ASTM B 137, *Standard Test Method for Measurement of Coating Mass Per Unit Area on Anodically Coated Aluminum*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1 Allgemeine Begriffe

3.1.1

Originalgerätehersteller

Hersteller, der die verantwortliche Entwicklungsstelle ist und Hersteller von Komponenten oder Produkten, die von einem Unternehmen gekauft und unter dem Markennamen dieses einkaufenden Unternehmens in den Handel gebracht werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Originalgerätehersteller kann den Prozess auch anwenden.

3.1.2

Hersteller

Firma oder Person, die Komponenten herstellt, fertigt, zusammenbaut

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Hersteller kann den Prozess auch anwenden.

3.1.3

Bearbeiter

Unternehmen oder Person, das (die) den Prozess anwendet

3.1.4

Prozessanweisung

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

3.1.5

Los

falls nicht anders festgelegt Teile gleicher Art (Form, Größe, Werkstoff), die gleichzeitig im selben Bad behandelt wurden

3.2 Technische Begriffe

3.2.1

Deanodisieren

Prozess zum Entfernen von anodisch erzeugtem Oxid

3.2.2

Beizbast

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

3.2.3

mechanisch gestörte Schicht

MDL, en: Mechanically Disturbed Layer

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

3.2.4

Pit

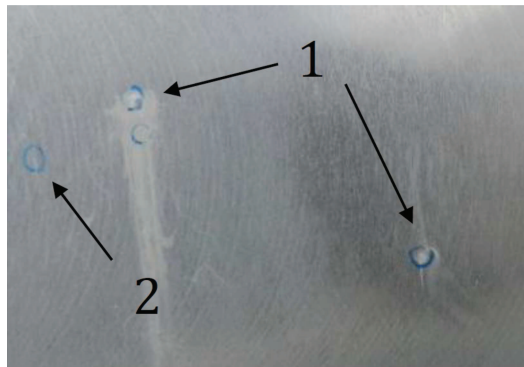
Oberflächenkorrosionsfehler, an dem die anodische Beschichtung durchdrungen und/oder perforiert wurde

Anmerkung 1 zum Begriff: Typische Eigenschaften von Korrosionspits sind:

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

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

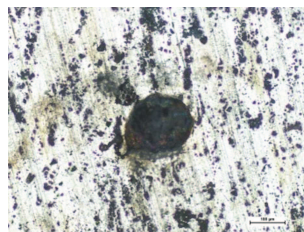
Anmerkung 2 zum Begriff: Siehe Bild 1 und Bild 2.



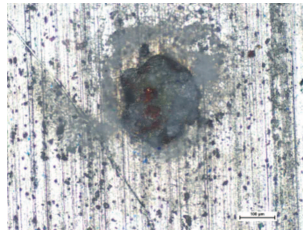
Legende

- 1 Pits mit Überlauf
- 2 Pits ohne Überlauf

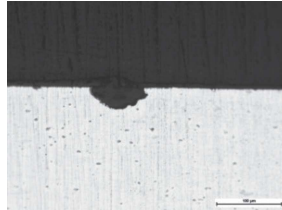
Bild 1 — Beispiel für Korrosionspits auf einer Aluminiumlegierung, nachdem diese einem neutralen Salzsprühnebel (NSS; en: neutral salt spray) ausgesetzt wurde



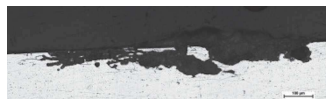
a) Korrosionspit mit schwarzen Korrosionsnebenprodukten



b) Korrosionspit mit grauen Korrosionsnebenprodukten



c) Korrosionspit auf bearbeiteter Aluminiumlegierung 2024 T351



d) Korrosionspit auf beschichteter Aluminiumlegierung 2024 T3

Bild 2 — Beispiele für die Analyse von Korrosionspits auf bearbeiteter Aluminiumlegierung 2024 T351 und beschichteter Aluminiumlegierung 2024 T3, die mit Schwefelsäure-Anodisieren behandelt wurden

3.2.5

Reanodisieren

Wiederholung der Anodisierungsprozessstufe nach vollständigem Deanodisieren

3.2.6

Nachverdichtung

Chrom(VI)-freie Nachverdichtung (der anodisierten Schichten), die angewendet wird, um die beim Säure-Anodisierungsverfahren entstandenen Poren zu verschließen

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

4 Allgemeine Grundsätze des Verfahrens

4.1 Zweck des Verfahrens

Anodisieren ist ein spannungsgesteuertes, elektrochemisches Verfahren, bei dem die Umwandlung der Oberfläche des Aluminiums (und seiner Legierungen) in eine nanoporöse und amorphe Oxidschicht aus einer Aluminiumoxid-ähnlichen Struktur ermöglicht wird. Das Ziel dieser Behandlung besteht darin, 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 braucht nicht nachverdichtet zu werden, wenn das Teil geklebt oder lackiert wird.

4.2 Anwendbarkeit

4.2.1 Typ A: Anodisieren ohne Nachverdichten

Dieser Typ muss entweder als Oberflächenvorbereitung vor dem Aufbringen der Lackierung/Klebung, wie in Tabelle 1 angegeben, oder vor jeder anderen Nachbehandlung angewendet werden.

4.2.2 Typ B: Anodisieren mit Nachverdichten

Dieser Typ dient dem Korrosionsschutz. Er muss mit oder ohne Einfärbung und mit oder ohne zusätzliche Lackierung angewendet werden, wie in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 — Verschiedene Einsatzfälle

Anodisierungsprozess	Ohne Nachverdichten (Typ A)			Mit Nachverdichten (Typ B)	
	Nicht lackiert	Lackiert	Klebung (strukturell)	Nicht lackiert	Lackiert
Schwefelsäure-Anodisieren (SAA, en: sulphuric acid anodizing) nach EN 2284	nicht anwendbar	anwendbar	nicht anwendbar	anwendbar	anwendbar
Dünnschicht-Anodisieren mit Schwefelsäure (TFSAA, en: thin film sulphuric acid anodizing)					
Weinsäure-Schwefelsäure-Anodisieren (TSA, en: tartaric sulphuric acid anodizing) nach EN 4704					
Bor-Schwefelsäure-Anodisieren (BSAA, en: boric sulphuric acid anodizing)			anwendbar	nicht anwendbar	nicht anwendbar
Phosphorsäure-Anodisieren (PAA, en: phosphoric acid anodizing)					
Schwefel-Phosphorsäure-Anodisieren (PSA)					

4.3 Einschränkungen

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

Die Anodisierung darf nicht angewendet werden:

- 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.

4.4 Einteilung

4.4.1 Systemtypen

Die Anodisierschicht wird in folgende zwei Typen eingeteilt:

- Typ A: Anodisieren ohne Nachverdichten: Dieser Typ muss zur Vorbereitung der Oberfläche vor dem Aufbringen der Lackierung/Klebung 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.

4.4.2 Schichtdicken

Die Schichtdicken müssen Tabelle 2 entsprechen.

Tabelle 2 — Schichtdicken entsprechend dem Klassentyp

Klassentyp	Typische Dicke	Anodisierprozess
Klasse 1	≤ 1 µm	Phosphorsäure-Anodisieren (PAA) Schwefel-Phosphorsäure-Anodisieren (PSA) ^a
Klasse 2	2 µm bis 8 µm ^{b c}	Weinsäure-Schwefelsäure-Anodisieren (TSA) Bor-Schwefelsäure-Anodisieren (BSAA) Dünnschicht-Anodisieren mit Schwefelsäure (TFSAA)
Klasse 3	8 µm bis 25 µm	Schwefelsäure-Anodisieren (SAA)
^a ≤ 5 µm für einige Aluminiumlegierungen, die zwischen Bearbeiter und Originalgerätehersteller/Hersteller vereinbart wurden.		
^b Für Knetlegierungen.		
^c Höchstens 12 µm für Gussstücke.		

5 Anforderungen an das Verfahren

5.1 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, in denen diese nicht zulässig sind;
- Festlegung hinsichtlich des Prüfens an Teilen und/oder Probekörpern.

5.2 Verfahrensbedingungen

5.2.1 Werkzeuge

Die Werkzeuge, Schienen, elektrischen Kontaktsysteme und Abdeckwerkzeuge aus Metall müssen frei von Oxidation/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;
- dass Neutralisieren und Entfernen von Lösungen während der Spülvorgänge erleichtert werden;
- dass jeglicher versehentliche Kontakt zwischen den zu behandelnden Teilen und der Badausrüstung oder den Elektroden und zwischen den unterschiedlich Teilen während des gesamten Verfahrens vermieden wird.
- Zusätzlich:
- die elektrischen Kontakte müssen für den bestimmungsgemäßen Stromdurchgang in einem guten Zustand gehalten werden;
- die elektrischen Kontaktpunkte sollten zwischen dem Bearbeiter und Originalgerätehersteller/Hersteller festgelegt werden;
- der Kontakt wird vorzugsweise an mehreren Stellen hergestellt, um eine bessere Stromverteilung sicherzustellen;
- die Aufhängevorrichtungen (z. B. aus Aluminiumlegierung oder Titan) müssen einen wirksamen elektrischen Kontakt mit den Teilen herstellen.

5.2.2 Abdecken

Vor dem Abdecken müssen die Teile zumindest entfettet werden.

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

5.2.3 Vorbehandlung der Oberfläche

Eine Vorbehandlung der Oberfläche bedeutet jegliches Verfahren, welches alle Oberflächenverunreinigungen beseitigt.

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

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

5.2.4 Anodisieren

Während des Anodisierungsprozesses:

- muss der Abstand zwischen der Elektrode und dem (den) Teil(en) und zwischen den Teilen so angepasst werden, dass eine Beschädigung der Teile durch Kurzschlüsse und Lichtbogenentladungen vermieden wird;
- 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 feucht bleiben;
- müssen die Parameter für das Anodisieren (Temperatur, Spannung, Zeit) entsprechend der chemischen Badzusammensetzung an den Werkstoff angepasst sein;
- muss im Falle eines Reanodisierens der frühere Schutz (chemisch oder mechanisch) entfernt werden (siehe 5.5). Die Oberfläche muss frei von jeglichen Rückständen sein.

5.2.5 Nachbehandlung nach dem Anodisieren

Nach dem Anodisierungsverfahren:

- müssen die Teile hinreichend mit Wasser nach 5.3.4 gespült werden;
- müssen die Teile anschließend entweder:
 - sofort getrocknet und innerhalb von 16 h lackiert werden; diese Zeit kann entsprechend den Anforderungen der Originalgerätehersteller/Hersteller verlängert werden. In diesem Fall ist es empfehlenswert, dass der Umgang der nach dem Anodisieren erhaltenen Teile mithilfe von Handschuhen erfolgt;
 - sofort getrocknet und innerhalb von 8 h geklebt werden; diese Zeit kann entsprechend den Anforderungen der Originalgerätehersteller/Hersteller verlängert werden. In diesem Fall ist es empfehlenswert, dass der Umgang der nach dem Anodisieren erhaltenen Teile mithilfe von Handschuhen erfolgt;
 - mit Chrom(VI)-freier Lösung nachverdichtet werden, um die gewünschte Korrosionsbeständigkeit des anodisch erzeugten Überzugs zu erhalten.

5.3 Wasserbeschaffenheit

5.3.1 Allgemeines

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

5.3.2 Anodisierbad

Das Wasser muss folgende Anforderungen erfüllen:

- | | |
|----------------------------|-------------|
| — pH-Wert bei 25 °C: | 5,0 bis 8,0 |
| — Trockenrückstand [mg/l]: | ≤ 5 |
| — Leitfähigkeit [μS/cm]: | ≤ 20 |

5.3.3 Nachverdichtung und Färbebeäder

Das Wasser muss folgende Anforderungen erfüllen:

- | | |
|----------------------------|-------------|
| — pH-Wert bei 25 °C: | 5,0 bis 8,0 |
| — Trockenrückstand [mg/l]: | ≤ 5 |
| — Leitfähigkeit [μS/cm]: | ≤ 20 |
| — Silikatgehalt [mg/l]: | ≤ 1 |

5.3.4 Abschließendes Spülbad

Das Wasser muss folgende Anforderungen erfüllen:

- pH-Wert bei 25 °C: 5,0 bis 8,0
- Trockenrückstand [mg/l]: ≤ 5
- Leitfähigkeit [µS/cm]: ≤ 20

5.4 Periodische chemische Analyse des Bades

Die Zusammensetzung der Bäder muss innerhalb der Grenzwerte liegen, wie in den genauen Prozessanweisungen der Bearbeiter festgelegt. Die Analysenhäufigkeit muss unter Berücksichtigung der Alterung, der Verunreinigung sowie der Wirksamkeit der Bäder, der Fertigungsgeschwindigkeit und des Neueinstellens oder des Wiedereinfüllens der Bäder festgelegt werden.

5.5 Reanodisieren

Jegliches Reanodisieren muss zwischen dem Bearbeiter und Originalgerätehersteller/Hersteller vereinbart werden.

6 Anforderungen an Probekörper

6.1 Definition der Probekörper

6.1.1 Allgemeines

Falls nicht anders vom Originalgerätehersteller/Hersteller festgelegt, erlaubt die Qualifizierung die Behandlung jeglicher Typen von Aluminiumlegierungen.

6.1.2 Für die Qualifizierung

Siehe Tabelle 3 für Klasse 1: PAA, PSA.

Siehe Tabelle 4 für Klasse 2: TFSAA, TSA, BSAA.

Siehe Tabelle 5 für Klasse 3: SAA.

6.1.3 Für periodische Prüfungen

Siehe Tabelle 6 für Klasse 1: PAA, PSA.

Siehe Tabelle 7 für Klasse 2: TFSAA, TSA, BSAA.

Siehe Tabelle 8 für Klasse 3: SAA.

Tabelle 3 — Definition der Probekörper zur Qualifizierung (Klasse 1: PAA, PSA)

Eigenschaft	Probekörper		
	Werkstoff	Anzahl	Maß
äußeres Erscheinungsbild	X	X	X
anodische Schichtdicke	X	X	X

Tabelle 3 (fortgesetzt)

Eigenschaft		Probekörper		
		Werkstoff	Anzahl	Maß
Qualität der Nachverdichtung		NA	NA	NA
Korrosions- beständig- keit	mit heißem Wasser verdichtet			
	mit heißem Wasser und Additiven verdichtet			
	in 2 Schritten verdichtet: 1. Schritt verdichtet mit Inhibitoren - 2. Schritt verdichtet mit heißem Wasser			
	lackiert	X	X	X
Haftfestigkeit der Lackierung		X	X	X
Ermüdungsverhalten		X	X	X
Klebeverhalten		X	X	X
X: nach Originalgerätehersteller-/Hersteller-Vorgaben. NA: nicht anwendbar.				

Tabelle 4 — Definition der Probekörper zur Qualifizierung (Klasse 2: TFSAA, TSA, BSAA)

Eigenschaft	Probekörper		
	Werkstoff	Anzahl	Maß
äußeres Erscheinungsbild	X	alle Probekörper	X
anodische Schichtdicke	X		X
Schichtgewicht	Blech der Legierung 2024 T3	1 Probekörper	X
Qualität der Nachverdichtung (wenn sie nicht vom Originalgerätehersteller/Hersteller gefordert wird)	X	alle Probekörper	X

Tabelle 4 (fortgesetzt)

Eigenschaft		Probekörper		
		Werkstoff	Anzahl	Maß
Korrosionsbeständigkeit	mit heißem Wasser verdichtet	X	5 Probekörper je Werkstoffgüte für die Prüfungen der Korrosionsbeständigkeit, die durch den Bearbeiter durchgeführt werden. - Und falls nichts anderes mit dem Originalgerätehersteller/Hersteller vereinbart wurde: 5 Probekörper je Werkstoffgüte für die Prüfungen der Korrosionsbeständigkeit, die durch den Originalgerätehersteller/Hersteller oder ein anerkanntes Laboratorium durchgeführt werden.	Mindestoberfläche 1 dm ²
	mit heißem Wasser und Additiven verdichtet	X		
	in 2 Schritten verdichtet: 1. Schritt verdichtet mit Inhibitoren - 2. Schritt verdichtet mit heißem Wasser	X		
	lackiert	X	Für die Prüfungen der Korrosionsbeständigkeit werden die 6 Probekörper je Güte wie folgt aufgeteilt: 3 Probekörper je Güte für die Filiformkorrosionsprüfungen, die durch den Bearbeiter durchgeführt werden; und 3 Probekörper je Güte für die Filiformkorrosionsprüfungen, die durch den Originalgerätehersteller/Hersteller oder ein anerkanntes Laboratorium durchgeführt werden.	
Haftfestigkeit der Lackierung		X	Für die Prüfungen der Haftfestigkeit (trocken und nass) werden 4 Probekörper je Güte und Prüfung wie folgt aufgeteilt: 2 Probekörper je Güte und Prüfungstyp für den Bearbeiter; und 2 Probekörper je Güte und Prüfungstyp für den Originalgerätehersteller/Hersteller oder ein anerkanntes Laboratorium.	X
Ermüdungsverhalten		X	X	X
Klebeverhalten		NA	NA	NA
X: nach Originalgerätehersteller-/Hersteller-Vorgaben. NA: nicht anwendbar.				

Tabelle 5 — Definition der Probekörper zur Qualifizierung (Klasse 3: SAA)

Eigenschaft	Probekörper		
	Werkstoff	Anzahl	Maß
äußeres Erscheinungsbild	X	X	X
anodische Schichtdicke	X	X	X

Tabelle 5 (fortgesetzt)

Eigenschaft		Probekörper		
		Werkstoff	Anzahl	Maß
Qualität der Nachverdichtung (wenn sie nicht vom Originalgerätehersteller/Hersteller gefordert wird)		X	alle Probekörper	X
Korrosionsbeständigkeit	mit heißem Wasser verdichtet	X	X	Mindestoberfläche 1 dm ²
	mit heißem Wasser und Additiven verdichtet	X	X	
	in 2 Schritten verdichtet: 1. Schritt verdichtet mit Inhibitoren - 2. Schritt verdichtet mit heißem Wasser	X	X	
	lackiert	X	X	
Haftfestigkeit der Lackierung		X	X	X
Ermüdungsverhalten		X	X	X
Klebeverhalten		X	X	X
X: nach Originalgerätehersteller-/Hersteller-Vorgaben. NA: nicht anwendbar.				

Tabelle 6 — Definition der periodischen Prüfungen (Klasse 1: PAA, PSA)

Eigenschaft		Probekörper			
		Analysenhäufigkeit	Werkstoff	Anzahl	Maß
äußeres Erscheinungsbild		100 %	X	alle Probekörper	X
anodische Schichtdicke		einmal je Fertigungslos	X	mindestens ein Probekörper ^a	X
Kontinuität der Schicht			X		X
Korrosions- beständig- keit	mit heißem Wasser verdichtet	NA	NA	NA	NA
	mit heißem Wasser und Additiven verdichtet				
	in 2 Schritten verdichtet: 1. Schritt verdichtet mit Inhibitoren - 2. Schritt verdichtet mit heißem Wasser				
		lackiert	X	X	X ^a
Haftfestigkeit der Lackierung		X	X	X ^a	X

Tabelle 6 (fortgesetzt)

Eigenschaft	Probekörper			
	Analysenhäufigkeit	Werkstoff	Anzahl	Maß
Klebeverhalten	X	X	mindestens ein Probekörper ^a	X
X: nach Originalgerätehersteller-/Hersteller-Vorgaben. NA: nicht anwendbar.				
^a Für eine Analysenhäufigkeit von einmal je Monat werden mindestens drei Probekörper empfohlen.				

Tabelle 7 — Definition der periodischen Prüfungen (Klasse 2: TFSAA, TSA, BSAA)

Eigenschaft		Probekörper			
		Analysen- häufigkeit	Werkstoff	Anzahl	Maß
äußeres Erscheinungsbild		100 %	X	alle Probekörper	X
anodische Schichtdicke		einmal je Fertigungslos	X	mindestens ein Probekörper ^c	
Kontinuität der Schicht			X		
Qualität der Nachverdichtung (wenn sie nicht vom Original- gerätehersteller/Hersteller gefordert wird)			X	alle Probekörper ^c	
Korrosions- beständig- keit	mit heißem Wasser verdichtet	wöchentlich ^a	2024 T3 und 7175 T6 ^b	ein Probekörper je Güte ^c	Mindestoberfläche 1 dm ²
	mit heißem Wasser und Additiven verdichtet				
	in 2 Schritten verdichtet: 1. Schritt verdichtet mit Inhibitoren - 2. Schritt verdichtet mit heißem Wasser				
	lackiert	Filiform- korrosion: vierteljährlich ^a	X	X ^c	
Haftfestigkeit der Lackierung		wöchentlich	X	zwei Probekörper ^c	X
Klebeverhalten		NA	NA	NA	NA
X: nach Originalgerätehersteller-/Hersteller-Vorgaben. NA: nicht anwendbar.					
^a Die Analysenhäufigkeit kann nach Vereinbarung zwischen dem Bearbeiter und dem Originalgerätehersteller/Hersteller angepasst werden.					
^b 2017A T4 kann als Alternative zu 2024 T3 verwendet werden, 7075 T8 oder 7175 T8 können als Alternative zu 7175 T6 verwendet werden.					
^c Für eine Analysenhäufigkeit von einmal je Monat werden mindestens drei Probekörper empfohlen.					