

DIN EN ISO 4042

ICS 21.060.01

Entwurf

Einsprüche bis 2020-01-15
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 4042:2018-11

**Verbindungselemente –
Galvanisch aufgetragene Überzugssysteme (ISO/DIS 4042:2019);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 4042:2019**

Fasteners –
Electroplated coating systems (ISO/DIS 4042:2019);
German and English version prEN ISO 4042:2019

Fixations –
Systèmes de revêtements électrolytiques (ISO/DIS 4042:2019);
Version allemande et anglaise prEN ISO 4042:2019

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-11-15 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an fmv@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Mechanische Verbindungselemente (FMV), 10772 Berlin, Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 131 Seiten

DIN-Normenausschuss Mechanische Verbindungselemente (FMV)
DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 4042:2019) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 2 „Fasteners“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 185 „Mechanische Verbindungselemente“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 067-00-06 AA „Oberflächenschichten von Verbindungselementen“ im DIN-Normenausschuss Mechanische Verbindungselemente (FMV) verantwortlich.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 898-1	siehe	DIN EN ISO 898-1
ISO 898-2	siehe	DIN EN ISO 898-2
ISO 898-3	siehe	DIN EN ISO 898-3
ISO 898-5	siehe	DIN EN ISO 898-5
ISO 965-1	siehe	DIN ISO 965-1
ISO 965-2	siehe	DIN ISO 965-2
ISO 965-3	siehe	DIN ISO 965-3
ISO 1456	siehe	DIN EN ISO 1456
ISO 1463	siehe	DIN EN ISO 1463
ISO 1502	siehe	DIN ISO 1502
ISO 1891-2	siehe	DIN EN ISO 1891-2
ISO 2082	siehe	DIN EN ISO 2082
ISO 2177	siehe	DIN EN ISO 2177
ISO 2178	siehe	DIN EN ISO 2178
ISO 2702	siehe	DIN EN ISO 2702
ISO 3497	siehe	DIN EN ISO 3497
ISO 3613:2010	siehe	DIN EN ISO 3613:2011-04
ISO 4042:1999	siehe	DIN EN ISO 4042:1999-10
ISO 4521	siehe	DIN EN ISO 4521
ISO 9227	siehe	DIN EN ISO 9227
ISO 10666	siehe	DIN EN ISO 10666
ISO 15330	siehe	DIN EN ISO 15330
ISO 16047	siehe	DIN EN ISO 16047
ISO 16228	siehe	DIN EN ISO 16228
ISO 16426	siehe	DIN EN ISO 16426
ISO 21968	siehe	DIN EN ISO 21968

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 4042:2018-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Einführung einer Erklärung in Abschnitt 1 (Anwendungsbereich), dass die Anforderungen von ISO 4042 für galvanische Verbindungselemente andere allgemeine ISO-Normen, die sich mit der Galvanik befassen, ersetzen;
- b) Erweiterung des Anwendungsbereichs auf alle Verbindungselemente mit Gewinde;
- c) alle Verweisungen auf ISO 2081 und ISO 19598 entfernt;
- d) Verbesserung der Beschreibungen der Referenztestflächen (einschließlich Abbildung 2) in 6.4.;
- e) Norm redaktionell überarbeitet.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 898-1, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 1: Schrauben mit festgelegten Festigkeitsklassen — Regelgewinde und Feingewinde*

DIN EN ISO 898-2, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 2: Muttern mit festgelegten Festigkeitsklassen — Regelgewinde und Feingewinde*

DIN EN ISO 898-3, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 3: Flache Scheiben mit festgelegten Festigkeitsklassen*

DIN EN ISO 898-5, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 5: Gewindestifte und ähnliche Verbindungselemente mit Gewinde in festgelegten Härteklassen — Regelgewinde und Feingewinde*

DIN EN ISO 1456, *Metallische und andere anorganische Überzüge — Galvanische Überzüge aus Nickel, Nickel plus Chrom, Kupfer plus Nickel und Kupfer plus Nickel plus Chrom*

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

DIN EN ISO 1891-2, *Mechanische Verbindungselemente — Benennungen — Teil 2: Begriffe und Definitionen für Oberflächenschichten*

DIN EN ISO 2082, *Metallische und andere anorganische Überzüge — Galvanische Cadmiumüberzüge auf Eisenwerkstoffen mit zusätzlicher Behandlung*

DIN EN ISO 2177, *Metallische Überzüge — Schichtdickenmessung — Coulometrisches Verfahren durch anodisches Ablösen*

DIN EN ISO 2178, *Nichtmagnetische Überzüge auf magnetischen Grundmetallen — Messen der Schichtdicke — Magnetverfahren*

DIN EN ISO 2702, *Wärmebehandelte Blechschrauben aus Stahl - Mechanische Eigenschaften*

DIN EN ISO 3497, *Metallische Schichten — Schichtdickenmessung — Röntgenfluoreszenz-Verfahren*

DIN EN ISO 3613:2011-04, *Metallische und andere anorganische Überzüge — Chromatierüberzüge auf Zink, Cadmium, Aluminium-Zink- und Zink-Aluminium-Legierungen — Prüfverfahren (ISO 3613:2010); Deutsche Fassung EN ISO 3613:2010*

DIN EN ISO 4042:1999-10, *Verbindungselemente — Galvanische Überzüge (ISO 4042:1999); Deutsche Fassung EN ISO 4042:1999*

DIN EN ISO 4521, *Metallische Überzüge und andere anorganische Überzüge — Galvanische Silber- und Silberlegierungs-Überzüge für technische Zwecke — Anforderungen und Prüfverfahren*

DIN EN ISO 9227, *Korrosionsprüfungen in künstlichen Atmosphären — Salzsprühnebelprüfungen*

DIN EN ISO 10666, *Bohrschrauben mit Blechschraubengewinde — Mechanische und funktionelle Eigenschaften*

DIN EN ISO 15330, *Verbindungselemente — Verspannungsversuch zur Entdeckung von Wasserstoffversprödung — Verfahren mit parallelen Auflageflächen*

DIN EN ISO 16047, *Verbindungselemente — Drehmoment/Vorspannkraft-Versuch*

DIN EN ISO 16228, *Mechanische Verbindungselemente — Arten von Prüfbescheinigungen*

DIN EN ISO 16426, *Verbindungselemente — Qualitätssicherungssystem*

DIN EN ISO 21968, *Nichtmagnetische metallische Überzüge auf metallischen und nichtmetallischen Grundwerkstoffen — Messung der Schichtdicke — Wirbelstromphasenwechselverfahren*

DIN ISO 965-1, *Metrisches ISO-Gewinde allgemeiner Anwendung — Toleranzen — Teil 1: Prinzipien und Grundlagen*

DIN ISO 965-2, *Metrisches ISO-Gewinde allgemeiner Anwendung — Toleranzen — Teil 2: Grenzmaße für Außen- und Innengewinde allgemeiner Anwendung; Toleranzklasse mittel*

DIN ISO 965-3, *Metrisches ISO-Gewinde allgemeiner Anwendung — Toleranzen — Teil 3: Grenzabmaße für Konstruktionsgewinde*

DIN ISO 1502, *Metrisches ISO-Gewinde allgemeiner Anwendung — Lehren und Lehreung*

Verbindungselemente — Galvanisch aufgebrachte Überzugssysteme (ISO/DIS 4042:2019)

Fixations — Systèmes de revêtements électrolytiques (ISO/DIS 4042:2019)

Fasteners — Electroplated coating systems (ISO/DIS 4042:2019)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: parallele Umfrage
Dokumentsprache: D

STD Version 2.9p

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	9
4 Allgemeine Eigenschaften des Überzugs	10
4.1 Überzugmetalle oder -legierungen und Hauptzweck	10
4.2 Aufbau grundlegender galvanischer Überzugssysteme	11
4.3 Überzugssysteme und Beschichtungsverfahren	11
4.4 Interne (fertigungsbedingte) Wasserstoffversprödung	11
4.4.1 Allgemeines	11
4.4.2 Verbindungselemente mit einer Härte unter 360 HV	12
4.4.3 Verbindungselemente mit einer Härte von mindestens 360 HV und bis zu 390 HV	12
4.4.4 Verbindungselemente mit einer Härte über 390 HV	13
4.4.5 Verbindungselemente nach ISO 898-1, ISO 898-2 und ISO 898-3	13
4.4.6 Tempern und Prüfanforderungen bei einsatzgehärteten und angelassenen Schrauben	15
4.4.7 Kaltverformte Verbindungselemente	16
4.4.8 Verbindungselemente mit bainitischem Gefüge	16
4.5 Tempern	16
5 Korrosionsschutz und Prüfung	17
5.1 Allgemeines	17
5.2 Neutrale Salzsprühnebelprüfung (NSS) bei zinkbasierten Überzugssystemen	17
5.3 Prüfung mit Schwefeldioxid (Kesternich-Prüfung)	19
5.4 Schüttgutbehandlung, automatisierte Prozesse wie Zuführen und/oder Sortieren, Lagerung und Transport	20
6 Maßanforderungen und Prüfung	20
6.1 Allgemeines	20
6.2 Verbindungselemente mit metrischem ISO-Gewinde	20
6.2.1 Schichtdicke	20
6.2.2 Lehrenhaltigkeit und Montierbarkeit	21
6.3 Sonstige Verbindungselemente	22
6.4 Prüfverfahren für die Bestimmung der Schichtdicke	22
7 Mechanische und physikalische Eigenschaften und Prüfung	24
7.1 Allgemeines	24
7.2 Aussehen	24
7.3 Temperaturbeständigkeit des Korrosionsschutzes	24
7.4 Drehmoment/Vorspannkraft-Verhältnis	25
7.5 Bestimmung von Chrom(VI)	25
8 Anwendbarkeit von Prüfungen	25
8.1 Allgemeines	25
8.2 Für jedes Los vorgeschriebene Prüfungen	25
8.3 Prüfungen zur Prozessüberwachung	25

8.4	Prüfungen, die bei Forderung des Käufers durchzuführen sind	26
9	Bezeichnungssystem	26
9.1	Allgemeines	26
9.2	Bezeichnung von galvanisch aufgetragenen Überzugssystemen bei der Bestellung	27
9.3	Beispiele für die Bezeichnung von Chrom(VI)-freien galvanisch aufgetragenen Überzugssystemen bei Verbindungselementen.....	29
9.4	Bezeichnung von Verbindungselementen mit galvanisch aufgetragenen Überzugssystemen für die Kennzeichnung.....	30
10	Bestellanforderungen an galvanisch aufgetragene Überzüge	31
11	Lagerungsbedingungen.....	31
Anhang A (informativ) Konstruktive Ausführung und Montage von beschichteten Verbindungselementen.....		
A.1	Konstruktive Ausführung.....	32
A.1.1	Allgemeines	32
A.1.2	Beschichtungsverfahren	32
A.1.3	Versiegelungen und Deckschichten.....	33
A.1.4	Mögliche Auswirkungen von Überzugskorrosion auf das Aussehen	33
A.2	Funktionelle Eigenschaften	37
A.2.1	Verschraubbarkeit und Montierbarkeit.....	37
A.2.2	Sonstige Eigenschaften von beschichteten Verbindungselementen und Baugruppen.....	37
A.3	Besondere Aspekte in Bezug auf Verbindungselemente und Beschichtungsprozesse	38
A.3.1	Allgemeines	38
A.3.2	Verbindungselemente mit metrischem ISO-Gewinde.....	38
A.3.3	Verbindungselemente mit (einer) unverlierbaren Scheibe(n).....	38
A.3.4	Scheiben und ähnliche Verbindungselemente	38
A.3.5	Verbindungselemente mit klebenden oder klemmenden Elementen.....	39
A.3.6	Muttern mit Klemmteil.....	39
A.3.7	Verbindungselemente mit Vertiefung, Innenkraftangriff, Hohlraum oder Loch.....	39
A.3.8	Gewindefurchende Schrauben	39
A.3.9	Clips und Sicherungsringe.....	39
A.4	Lagerung von beschichteten Verbindungselementen	39
Anhang B (informativ) Betrachtungen zur Wasserstoffversprödung.....		
B.1	Allgemeines	40
B.2	Bedingungen für das Versagen durch Wasserstoffversprödung	40
B.3	Galvanische Metallabscheidung und fertigungsbedingte Wasserstoffversprödung (IHE)	41
B.4	Tempern	42
B.5	Spannungsabbau.....	43
B.6	Prüfverfahren zur Wasserstoffversprödung.....	44
Anhang C (informativ) Korrosionsschutz von Zinküberzügen mit Chromatierüberzügen		
Anhang D (informativ) Schichtdicke und Gewindenspiel bei Schrauben mit metrischem ISO-Gewinde		
D.1	Allgemeines	46
D.2	Geometrischer Zusammenhang zwischen Schichtdicke und Flankendurchmesser	47
D.3	Schichtdicke auf Verbindungselementen mit Außengewinde.....	49
D.4	Schichtdicke auf Innengewinden.....	49
D.5	Spiel für die Schichtdicke	50
D.5.1	Verbindungselemente mit Außengewinde	50
D.5.2	Verbindungselemente mit Innengewinde.....	51
D.6	Kompatibilität von Korrosionsbeständigkeit und Spiel	53
Anhang E (informativ) Nach ISO 9227 geprüfte Überzugssysteme, NSS — Bewertung der Korrosivität der Prüfkammer bei der neutralen Salzsprühnebelprüfung		
E.1	Einleitung	54

E.2	Zweck	54
E.3	Häufigkeit der Kontrollen	54
E.4	Betriebsbedingungen	55
E.4.1	Parameter	55
E.4.2	Referenzplatten	55
E.4.3	Vorbereitung der Referenzplatten	55
E.4.4	Kontrollmaske	58
E.4.5	Bestimmung der korrodierten Oberfläche	59
E.4.6	Quantifizierung der Korrosivität	60
E.5	Ergebnisse der Korrosivitätsprüfung	61
E.6	Beispiel für ein Berichtsformular zur jährlichen Kontrolle und monatlichen Überwachung der Prüfkammer	61
E.6.1	Jährliche Kontrolle und monatliche Überwachung des Korrosivitätsniveaus der Prüfkammer	61
E.6.2	Kondensatüberprüfung	61
E.6.3	Bestimmung des Korrosivitätsniveaus	62
E.6.4	Schlussfolgerung bezüglich der Korrosivität der Prüfkammer	62
E.6.5	Beispiel für die Bestimmung des Korrosivitätsniveaus	62
Anhang F (informativ) Veraltete Bezeichnungen von galvanisch aufgetragenen Überzugssystemen auf Verbindungselementen nach ISO 4042:1999		64
F.1	Veraltetes Codesystem	64
F.2	Beispiel für veraltete Bezeichnung	66
Literaturhinweise		67

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 4042:2019) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 2 „Fasteners“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 185 „Mechanische Verbindungselemente“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 4042:2018 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 4042:2019 wurde von CEN als prEN ISO 4042:2019 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Themen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 2, *Fasteners*, Unterkomitee SC 14, *Surface coatings*, erarbeitet.

Diese vierte Ausgabe ersetzt die dritte Ausgabe (ISO 4042:2018), die technisch überarbeitet wurde. Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

- Aufnahme eines Hinweises in Abschnitt 1 (Anwendungsbereich), dass die Anforderungen nach ISO 4042 für Verbindungselemente mit galvanisch aufgetragenen Überzügen andere allgemeine ISO-Normen zu galvanisch aufgetragenen Überzügen ersetzen;
- Erweiterung des Anwendungsbereichs auf alle Verbindungselemente mit Gewinde;
- sämtliche Verweisungen auf ISO 2081 und ISO 19598 wurden entfernt;
- Verbesserung der Beschreibungen der Referenzprüfflächen (einschließlich Bild 2) in 6.4.

Einleitung

ISO 4042:1999 wurde vollständig überarbeitet, um neue Entwicklungen in Bezug auf Chrom(VI)-freie Passivierungen, das Aufbringen von Versiegelungen und Deckschichten, Anforderungen an funktionelle Eigenschaften sowie Forschungsergebnisse zur Minimierung des Risikos von Wasserstoffversprödung zu berücksichtigen, und die überarbeitete Ausgabe wurde 2018 veröffentlicht.

Die letzten Ausgaben von ISO 2081 (2018) sowie von ISO 19598 (2016), bei denen es sich um allgemeine Normen zu galvanisch aufgetragenen Überzügen handelt, sind ungeeignet zur Abdeckung der in ISO 4042 behandelten Anforderungen an Verbindungselemente mit galvanisch aufgetragenen Überzügen, insbesondere bezüglich Wasserstoffversprödung und Tempern. Somit war eine erneute Überarbeitung erforderlich, um sämtliche Verweisungen auf diese beiden Normen zu entfernen, um jegliche Widersprüche zu vermeiden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Anforderungen an Verbindungselemente aus Stahl mit galvanisch aufgetragenen Überzügen und Überzugssystemen fest. Die Maßanforderungen gelten auch für Verbindungselemente aus Kupfer oder Kupferlegierungen.

Es legt außerdem Anforderungen fest und gibt Empfehlungen, um das Risiko der Wasserstoffversprödung zu minimieren; siehe 4.4 und Anhang B.

Es gilt hauptsächlich für Verbindungselemente mit Zink- und Zinklegierungsüberzugssystemen (Zink, Zink-Nickel, Zink-Eisen) und Cadmium, die vor allem für den Korrosionsschutz und weitere funktionelle Eigenschaften bestimmt sind:

- mit oder ohne Konversionsschicht;
- mit oder ohne Versiegelung;
- mit oder ohne Deckschicht;
- mit oder ohne Schmiermittel (integriertes Schmiermittel und/oder nachträglich aufgetragenes Schmiermittel).

Die Festlegungen für weitere galvanisch aufgetragene Überzüge und Überzugssysteme (Zinn, Zinn-Zink, Kupfer-Zinn, Kupfer-Silber, Kupfer, Silber, Kupfer-Zink, Nickel, Nickel-Chrom, Kupfer-Nickel, Kupfer-Nickel-Chrom) sind in diesem Dokument nur für Maßanforderungen in Bezug auf Verbindungselemente mit metrischem ISO-Gewinde enthalten.

Die Anforderungen dieses Dokuments an Verbindungselemente mit galvanisch aufgetragenen Überzügen ersetzen andere allgemeine ISO-Normen zu galvanisch aufgetragenen Überzügen.

Dieses Dokument gilt für Schrauben und Muttern mit metrischem ISO-Gewinde, für andere Verbindungselemente mit Gewinde sowie für Verbindungselemente ohne Gewinde, wie Scheiben, Stifte, Clips und Nieten.

Hinweise zur konstruktiven Ausführung und zur Montage von beschichteten Verbindungselementen sind in Anhang A aufgeführt.

Dieses Dokument legt keine Anforderungen an Eigenschaften wie Schweißbarkeit oder Lackierbarkeit fest.

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).

ISO 1456, *Metallic and other inorganic coatings — Electrodeposited coatings of nickel, nickel plus chromium, copper plus nickel and of copper plus nickel plus chromium*

ISO 1463, *Metallic and oxide coatings — Measurement of coating thickness — Microscopical method*

ISO 1502, *ISO general-purpose metric screw threads — Gauges and gauging*

ISO 1891-2, *Fasteners — Terminology — Part 2: Vocabulary and definitions for coatings*

ISO 2082, *Metallic and other inorganic coatings — Electroplated coatings of cadmium with supplementary treatments on iron or steel*

ISO 2093, *Electroplated coatings of tin — Specification and test methods*

ISO 2177, *Metallic coatings — Measurement of coating thickness — Coulometric method by anodic dissolution*

ISO 2178, *Non-magnetic coatings on magnetic substrates — Measurement of coating thickness — Magnetic method*

ISO 3231, *Paints and varnishes — Determination of resistance to humid atmospheres containing sulfur dioxide*

ISO 3497, *Metallic coatings — Measurement of coating thickness — X-ray spectrometric methods*

ISO 3613:2010, *Metallic and other inorganic coatings — Chromate conversion coatings on zinc, cadmium, aluminium-zinc alloys and zinc-aluminium alloys — Test methods*

ISO 4521, *Metallic and other inorganic coatings — Electrodeposited silver and silver alloy coatings for engineering purposes — Specification and test methods*

ISO 6988, *Metallic and other non organic coatings — Sulfur dioxide test with general condensation of moisture*

ISO 8991, *Designation system for fasteners*

ISO 9227, *Corrosion tests in artificial atmospheres — Salt spray tests*

ISO 15330, *Fasteners — Preloading test for the detection of hydrogen embrittlement — Parallel bearing surface method*

ISO 15726, *Metallic and other inorganic coatings — Electrodeposited zinc alloys with nickel, cobalt or iron*

ISO 16047, *Fasteners — Torque/clamp force testing*

ISO 16228, *Fasteners — Types of inspection documents*

ISO 21968, *Non-magnetic metallic coatings on metallic and non-metallic basis materials — Measurement of coating thickness — Phase-sensitive eddy-current method*

ASME B18.6.3, *Machine Screws, Tapping Screws, and Metallic Drive Screws (Inch Series)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 1891-2 und 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 <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1

Referenzplatte

Referenzmaterial, das mit der Absicht beansprucht wird, das Korrosivitätsniveau der bei der Prüfung von Verbindungselementen genutzten Prüfkammer zu überprüfen

4 Allgemeine Eigenschaften des Überzugs

4.1 Überzugmetalle oder -legierungen und Hauptzweck

Galvanisch aufgebrachte Überzugssysteme für Verbindungselemente aus Stahl werden hauptsächlich für den Korrosionsschutz und für funktionelle Eigenschaften, z. B. Drehmoment/Vorspannkraft-Verhältnis, aufgebracht.

Zusätzlich können weitere funktionelle Eigenschaften oder dekorative Eigenschaften festgelegt werden; siehe Anhang A.

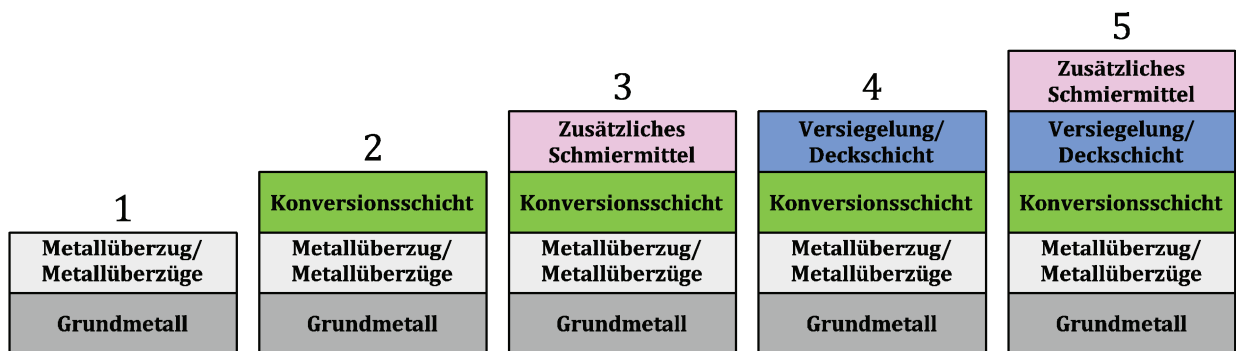
Für Verbindungselemente gebräuchliche galvanisch aufgebrachte Überzüge sind in Tabelle 1 gemeinsam mit ihrem Hauptzweck angegeben. Zusätzliche Angaben, wie z. B. Bezeichnung oder dekorative Gesichtspunkte, können anderen maßgebenden ISO-Normen entnommen werden, welche in der letzten Spalte der Tabelle 1 aufgeführt sind.

Tabelle 1 — Galvanisch aufgebrachte Überzüge mit Angabe ihres Hauptzwecks und der zugehörigen ISO-Normen

Überzugmetall(e)		Art	Zweck des Überzugs bei Verbindungselementen	ISO-Norm
Symbol	Element			
Zn	Zink	Metall	P/D/F	—
ZnNi	Zink-Nickel	Legierung	P/D/F	ISO 15726
ZnFe	Zink-Eisen	Legierung	P/D/F	ISO 15726
Cd	Cadmium ^a	Metall	P/F	ISO 2082
Ni	Nickel	Metall	D/F	ISO 1456
Ni+Cr	Nickel+Chrom	Mehrschichtig	D	ISO 1456
Cu+Ni	Kupfer+Nickel	Mehrschichtig	D	ISO 1456
Cu+Ni+Cr	Kupfer+Nickel+Chrom	Mehrschichtig	D	ISO 1456
CuZn	Messing	Legierung	D	—
CuSn	Kupfer-Zinn (Bronze)	Legierung	F	—
Cu	Kupfer	Metall	F/D	—
Ag	Silber	Metall	F/D	ISO 4521
CuAg	Kupfer-Silber	Legierung	F	—
Sn	Zinn	Metall	F	ISO 2093
SnZn	Zinn-Zink	Legierung	F/P	—
P Korrosionsschutz (en: corrosion protection) F funktionelle Eigenschaften (en: functional properties) D dekorative Eigenschaften (Farbe, Aussehen) (en: decorative properties) ^a Cadmium ist für viele Anwendungen eingeschränkt oder verboten (Cadmium wird vorwiegend noch vom Militär und von der Luft- und Raumfahrtindustrie verwendet).				

4.2 Aufbau grundlegender galvanischer Überzugssysteme

In Bild 1 sind die grundlegenden galvanisch aufgetragenen Überzugssysteme dargestellt.



Legende

- 1 nur Metallüberzug/Metallüberzüge
- 2 Metallüberzug/Metallüberzüge + Konversionsschicht
- 3 Metallüberzug/Metallüberzüge + Konversionsschicht + zusätzliches Schmiermittel
- 4 Metallüberzug/Metallüberzüge + Konversionsschicht + Versiegelung/Deckschicht
- 5 Metallüberzug/Metallüberzüge + Konversionsschicht + Versiegelung/Deckschicht + zusätzliches Schmiermittel

Bild 1 — Grundlegende galvanisch aufgetragene Überzugssysteme (schematisch)

Eine Konversionsschicht erhöht den Korrosionsschutz auf Zink-, Zinklegierungs- und Cadmiumüberzügen. Sie darf eine Passivierung (Chrom(VI)-frei) oder Chromatierung (Chrom(VI)-haltig) sein. Die Konversionsschicht kann außerdem eine bessere Haftfestigkeit für zusätzliche Schichten und/oder zusätzliche Farbe/Lack bieten.

Zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit und zur Erzielung von anderen spezifischen Eigenschaften (z. B. Drehmoment/Vorspannkraft-Verhältnis, Chemikalienbeständigkeit, mechanische Festigkeit, Aussehen, Farbe, thermische Stabilität, erhöhter elektrischer Widerstand, UV-Beständigkeit) darf eine zusätzliche Versiegelung/Deckschicht (mit oder ohne integriertes Schmiermittel) gewählt werden. Die Wahl der Art einer Versiegelung oder Deckschicht sollte sich nach den gewünschten zusätzlichen Eigenschaften richten.

Zur Anpassung oder Veränderung des Drehmoment/Vorspannkraft-Verhältnisses darf ein zusätzliches Schmiermittel aufgebracht werden.

4.3 Überzugssysteme und Beschichtungsverfahren

Bei der Wahl eines Überzugsystems sollten der Typ und die Geometrie von Verbindungselementen und das zugehörige Beschichtungsverfahren (siehe Anhang A) sowie die Betrachtungen zur Wasserstoffversprödung (siehe Anhang B) berücksichtigt werden.

Der Galvanikprozess muss nach einer anerkannten Norm und/oder einer Festlegung durch Vereinbarung mit dem Kunden kontrolliert werden.

4.4 Interne (fertigungsbedingte) Wasserstoffversprödung

4.4.1 Allgemeines

Wenn bei Verbindungselementen die aufgeführten drei Bedingungen gleichzeitig vorliegen:

- hohe Zugfestigkeit oder Härte oder einsatzgehärtet und angelassen oder zu hoher Härte kaltverformt,

- Zugspannung,
- Aufnahme von Wasserstoff,

besteht das Risiko einer internen (fertigungsbedingten) Wasserstoffversprödung (IHE, en: internal hydrogen embrittlement), siehe Anhang B.

Die Anfälligkeit für eine IHE wächst mit zunehmender Härte des Verbindungselementwerkstoffs. In Tabelle 2 sind geeignete Maßnahmen zur Vermeidung einer IHE bei vergüteten Verbindungselementen in Abhängigkeit von der Härte festgelegt. Für Verbindungselemente nach ISO 898-1, ISO 898-2 und ISO 898-3 gelten Tabelle 3, Tabelle 4 und Tabelle 5.

Tabelle 2 — Maßnahmen hinsichtlich IHE bei vergüteten Verbindungselementen in Bezug auf die Härte

360 HV		390 HV
A	B	C
Keine ergänzende Prozessverifizierung oder Produktprüfung in Bezug auf IHE UND Kein Tempern notwendig	Ergänzende Prozessverifizierung und/oder Produktprüfung in Bezug auf IHE ODER Tempern (nach Wahl des Verbindungselementherstellers)	Ergänzende Prozessverifizierung und/oder Produktprüfung in Bezug auf IHE UND Tempern (Tempertemperatur und -dauer müssen festgelegt werden)
Siehe 4.4.2	Siehe 4.4.3 und B.6	Siehe 4.4.4 und B.6

4.4.2 Verbindungselemente mit einer Härte unter 360 HV

Beim Galvanisieren von Verbindungselementen mit einer festgelegten maximalen Härte unter 360 HV (A in Tabelle 2, Tabelle 3, Tabelle 4 und Tabelle 5) sind keine ergänzende Prozessverifizierung in Bezug auf IHE und kein Tempern notwendig.

4.4.3 Verbindungselemente mit einer Härte von mindestens 360 HV und bis zu 390 HV

Beim Galvanisieren von Verbindungselementen mit einer festgelegten maximalen Härte von mindestens 360 HV und bis einschließlich 390 HV (B in Tabelle 2, Tabelle 3, Tabelle 4 und Tabelle 5) und vorausgesetzt, eine ergänzende Prozessverifizierung und/oder Produktprüfung in Bezug auf IHE wurden durchgeführt, ist ein Tempern nicht erforderlich. Dem Käufer steht es jedoch frei, generell ein Tempern zu fordern.

Für Verbindungselemente in diesem festgelegten Härtebereich stellt Galvanisieren kein Risiko für IHE dar. Im Fall eines Versagens bei einer Produktprüfung kann nicht angenommen werden, dass Tempern dieser Teile das Versagen vermieden hätte: Die metallurgischen und physikalischen Eigenschaften des Verbindungselementwerkstoffs sollten auf Nichtkonformitäten untersucht werden. Siehe B.4 für weiterführende Informationen.

4.4.4 Verbindungselemente mit einer Härte über 390 HV

Beim Galvanisieren von Verbindungselementen mit einer festgelegten maximalen Härte über 390 HV (C in Tabelle 2, Tabelle 3 und Tabelle 5) ist ein Tempern erforderlich; siehe B.4 für empfohlene Mindesttemperatur und -dauer.

Die folgenden Ausnahmen gelten:

- bei Verbindungselementen, die nach Auslegung oder nach Norm (z. B. Gewindestifte nach ISO 898-5) nicht unter Zugspannung stehen, ist ein Tempern nicht erforderlich (siehe B.2);
- induktionsgehärtete Gewindeenden (z. B. bei gewindefurchenden Schrauben) dürfen nicht für die Bestimmung von Maßnahmen zur Vermeidung von IHE nach Tabelle 2 betrachtet werden, da sie üblicherweise keiner Zugspannung ausgesetzt werden, vorausgesetzt, dass das Gewindeende durch das Gegengewinde hindurchragt.

Bei alkalischen Zink-Nickel-Abscheidungen (und einem Nickelgehalt von 12 % bis 16 %) ist es möglich, ein Tempern aufgrund des geringen Risikos von IHE (siehe B.3) zu vermeiden. Die Entscheidung, ein Tempern nicht durchzuführen, muss auf Prüfungen (siehe B.6) basieren und zwischen dem Lieferanten und dem Käufer vereinbart werden.

ANMERKUNG Bei sauren Zink-Nickel-Abscheidungen haben Studien ähnliche Vorteile wie bei der alkalischen galvanischen Zink-Nickel-Abscheidung gezeigt, allerdings sind weitere Daten in Bezug auf ein Unterlassen des Temperns notwendig.

4.4.5 Verbindungselemente nach ISO 898-1, ISO 898-2 und ISO 898-3

Für Verbindungselemente nach ISO 898-1, ISO 898-2 und ISO 898-3 gelten Tabelle 3, Tabelle 4 und Tabelle 5.

Tabelle 3 — Maßnahmen hinsichtlich IHE bei Verbindungselementen nach ISO 898-1

Schrauben nach ISO 898-1	Festigkeitsklasse		
	≤ 9.8	10.9	12.9 und 12.9
Maßnahmen hinsichtlich IHE	A	B	C
	Keine ergänzende Prozessverifizierung oder Produktprüfung in Bezug auf IHE	Ergänzende Prozessverifizierung und/oder Produktprüfung in Bezug auf IHE	Ergänzende Prozessverifizierung und/oder Produktprüfung in Bezug auf IHE
	UND	ODER	UND
	Kein Tempern notwendig	Tempern	Tempern ^a
	—	Nach Wahl des Verbindungselement- herstellers	Tempertemperatur und -dauer müssen festgelegt werden (siehe auch B.4)
	Siehe 4.4.2	Siehe 4.4.3 und B.6	Siehe 4.4.4 und B.6
^a Bei alkalischen Zink-Nickel-Abscheidungen (und einem Nickelgehalt von 12 % bis 16 %) muss die Entscheidung, ein Tempern nicht durchzuführen, auf Prüfungen (siehe B.6) basieren und zwischen dem Lieferanten und dem Käufer vereinbart werden.			

Tabelle 4 — Maßnahmen hinsichtlich IHE bei Muttern nach ISO 898-2

	Festigkeitsklasse	
	≤ 12	
Muttern nach ISO 898-2	Muttern mit einer festgelegten maximalen Härte < 360 HV	Muttern mit einer festgelegten maximalen Härte ≥ 360 HV ^a
Maßnahmen hinsichtlich IHE	A	B
	Keine ergänzende Prozessverifizierung UND Kein Tempern notwendig	Ergänzende Prozessverifizierung hinsichtlich IHE ODER Tempern
	—	Nach Wahl des Verbindungselementherstellers
	Siehe 4.4.2	Siehe 4.4.3
^a Nur: — bei Sechskantmuttern (Typ 1) mit Feingewinde, Festigkeitsklasse 10, und — bei hohen Muttern (Typ 2) mit Feingewinde, Festigkeitsklasse 12 und Durchmesser über 16 mm.		

Tabelle 5 — Maßnahmen hinsichtlich IHE bei flachen Scheiben nach ISO 898-3

	Festigkeitsklasse		
	≤ 200 HV	300 HV	380 HV
Flache Scheiben nach ISO 898-3	A	B	C
Maßnahmen hinsichtlich IHE	Keine ergänzende Prozessverifizierung UND Kein Tempern notwendig	Ergänzende Prozessverifizierung hinsichtlich IHE ODER Tempern	Ergänzende Prozessverifizierung hinsichtlich IHE UND Tempern ^a
	—	Nach Wahl des Verbindungselementherstellers	Tempertemperatur und -dauer müssen festgelegt werden (siehe auch B.4)
	Siehe 4.4.2	Siehe 4.4.3	Siehe 4.4.4
^a Bei alkalischen Zink-Nickel-Abscheidungen (und einem Nickelgehalt von 12 % bis 16 %) muss die Entscheidung, ein Tempern nicht durchzuführen, auf Prüfungen (siehe B.6) basieren und zwischen dem Lieferanten und dem Käufer vereinbart werden.			

4.4.6 Tempern und Prüfanforderungen bei einsatzgehärteten und angelassenen Schrauben

Zu einsatzgehärteten und angelassenen Verbindungselementen gehören Blechschrauben (siehe ISO 2702), gewindefurchende Schrauben für metallische Werkstoffe, Bohrschrauben (siehe ISO 10666) und Schrauben für weiche Werkstoffe (z. B. Kunststoff, Holz). Die Oberfläche dieser Schrauben ist üblicherweise absichtlich gehärtet, um ihre speziellen Funktionen zu erfüllen.

Die Anfälligkeit für IHE bei einsatzgehärteten und angelassenen Schrauben hängt nicht nur von der Kernhärte ab; siehe B.3.

Anforderungen an einsatzgehärtete und angelassene Verbindungselemente (mit Ausnahme von Blechschrauben und Schrauben für weiche Werkstoffe) sind in Tabelle 6 festgelegt.

Anforderungen an Blechschrauben und Schrauben für weiche Werkstoffe sind in Tabelle 7 festgelegt.

Die Prüfung hinsichtlich IHE bei einsatzgehärteten und angelassenen Schrauben mit einer Kernhärte über 370 HV (C in Tabelle 6) und für Blechschrauben über 390 HV (C in Tabelle 7) muss nach ISO 15330 oder ASME B18.6.3 durchgeführt werden.

**Tabelle 6 — Maßnahmen hinsichtlich IHE bei einsatzgehärteten und angelassenen Schrauben
(mit Ausnahme von Blechschrauben und Schrauben für weiche Werkstoffe)**

	Kernhärte	
	≤ 370 HV	> 370 HV
	B	C
	Ergänzende Prozessverifizierung hinsichtlich IHE UND Produktprüfung und/oder Tempern	Ergänzende Prozessverifizierung hinsichtlich IHE UND Tempern UND Produktprüfung für jedes Fertigungslos ^a
Maßnahmen hinsichtlich IHE	Nach Wahl des Verbindungselementherstellers	Tempertemperatur und -dauer müssen festgelegt werden (siehe auch B.4)
^a Bei alkalischen Zink-Nickel-Abscheidungen (und einem Nickelgehalt von 12 % bis 16 %) muss die Produktprüfung als Bestandteil der Prozessüberwachung (nicht für jedes Fertigungslos vorgeschrieben) angesehen werden.		

Tabelle 7 — Maßnahmen hinsichtlich IHE bei einsatzgehärteten und angelassenen Blebschrauben und Schrauben für weiche Werkstoffe

	Kernhärte	
	$\leq 390 \text{ HV}$	$> 390 \text{ HV}$
Maßnahmen hinsichtlich IHE	B	C
	Ergänzende Prozessverifizierung hinsichtlich IHE UND Produktprüfung und/oder Tempern	Ergänzende Prozessverifizierung hinsichtlich IHE UND Tempern UND Produktprüfung für jedes Fertigungslos ^a
	Nach Wahl des Verbindungselementherstellers	Tempertemperatur und -dauer müssen festgelegt werden (siehe auch B.4)
^a Bei alkalischen Zink-Nickel-Abscheidungen (und einem Nickelgehalt von 12 % bis 16 %) muss die Produktprüfung als Bestandteil der Prozessüberwachung (nicht für jedes Fertigungslos vorgeschrieben) angesehen werden.		

4.4.7 Kaltverformte Verbindungselemente

Für Verbindungselemente, die zu hoher Härte kaltverformt wurden, was zu Zugeigenspannungen führt, und bei denen keine Vergütung beabsichtigt ist, siehe B.5.

Tabelle 3 für Verbindungselemente mit metrischem ISO-Gewinde gilt unabhängig vom Gewindewalzen vor oder nach der Wärmebehandlung: Eine örtliche Zunahme der Oberflächenhärte durch Kaltverformung hat keine negative Auswirkung auf die Anfälligkeit gegenüber IHE.

4.4.8 Verbindungselemente mit bainitischem Gefüge

Verbindungselemente mit bainitischem Gefüge werden in 4.4 nicht behandelt. Eine schriftliche Vereinbarung zwischen dem Lieferanten und dem Käufer hinsichtlich IHE ist erforderlich.

4.5 Tempern

Wenn ein Tempern durchgeführt wird, müssen die Temperbedingungen, einschließlich Temperatur und Dauer, auf den Werkstoffeigenschaften der Verbindungselemente, dem Galvanikprozess und dem Beschichtungsstoff basieren. Für detailliertere Hinweise/Empfehlungen siehe B.4.

Das Tempern wird üblicherweise vor dem Aufbringen einer Konversionsschicht und/oder vor dem Aufbringen einer zusätzlichen Versiegelung/Deckschicht durchgeführt. Bei Passivierungen (mit oder ohne Versiegelung) und in Abhängigkeit von der Tempertemperatur kann ein Tempern im passivierten und/oder versiegelten Zustand unter der Voraussetzung geeignet sein, dass die Korrosionsbeständigkeit nicht beeinträchtigt wird.

ANMERKUNG Mit entsprechender Sorgfalt werden viele Verbindungselemente aus Stahl ohne Tempern galvanisiert, indem die Prozessbedingungen und die Beschichtungsstoffe auf die Anfälligkeit gegenüber Wasserstoffversprödung des Verbindungselementwerkstoffs abgestimmt und geeignete Verfahren zur Prozessüberwachung angewendet werden. DIN 50969-2 oder ASTM F1940 sind anerkannte Verfahren zur Prozessüberwachung, um das Risiko von IHE zu bewerten. Diese oder weitere vergleichbare Prüfverfahren können als Grundlage für die Festlegung von Temperanforderungen in einem kontrollierten Prozess angewendet werden.

Die Vermeidung des Risikos von IHE hängt nicht nur vom Tempern ab (siehe 4.4 und Anhang B).

5 Korrosionsschutz und Prüfung

5.1 Allgemeines

Der Korrosionsschutz eines galvanisch aufgetragenen Überzugsystems hängt in hohem Maße von der Dicke des Metallüberzuges/der Metallüberzüge ab. Konversionsschichten und/oder Versiegelungen/Deckschichten auf Zink-, Zink-Eisen-, Zink-Nickel und Cadmiumüberzügen bieten Schutz gegenüber Überzugskorrosion (Bildung von Weißrost) und bieten somit zusätzlichen Schutz gegenüber Grundmetallkorrosion.

Überzüge aus Zink, Zinklegierungen und Cadmium sind weniger elektropositiv als das Grundmetall aus Stahl, was die Voraussetzung ist, um kathodischen Schutz zu bieten. Im Gegensatz dazu können Metalle, die stärker elektropositiv als das Grundmetall sind (z. B. Nickel, Kupfer, Silber), keinen kathodischen Schutz bieten, was die Korrosion des Verbindungselements intensivieren kann, wenn der Überzug beschädigt oder löchrig ist.

Die Häufigkeit und Dauer der Benetzung und die Betriebstemperaturen, Kontakt mit korrosiven Chemikalien und Kontakt mit anderen Metallen und Werkstoffen (galvanische Korrosion/Kontaktkorrosion) können die Schutzleistung der Überzüge beeinflussen.

Die Korrosionsbeständigkeit wird als ein Produktmerkmal angesehen, das durch folgende Faktoren verändert werden kann:

- physikalische Beschädigung des Überzugs durch Handhabung und Transport, und
- Oxidation des Überzugs oder Reaktion mit der Umgebung während Transport und Lagerung.

Bei der Wahl eines Überzugsystems sollten sämtliche Funktionen und Montagebedingungen und nicht nur das Verbindungselement allein betrachtet werden; siehe Anhang A. Eine geeignete Wahl für eine bestimmte Anwendung sollte zwischen dem Käufer und dem Verbindungselementlieferanten und/oder dem Beschichter und/oder dem Chemikalienlieferanten getroffen werden.

Die Korrosionsbeständigkeit bei beschleunigten Korrosionsprüfungen (z. B. neutrale Salzsprühnebelprüfung, Prüfung mit Schwefeldioxid) kann mit dem Korrosionsschutzverhalten bei Betriebsumgebungen nicht direkt korreliert werden. Allerdings werden beschleunigte Prüfungen üblicherweise genutzt, um die Korrosionsbeständigkeit des Überzugsystems zu bewerten.

5.2 Neutrale Salzsprühnebelprüfung (NSS) bei zinkbasierten Überzugssystemen

Die neutrale Salzsprühnebelprüfung (NSS, en: neutral salt spray test) nach ISO 9227 wird angewendet, um die Korrosionsbeständigkeit des Überzugsystems zu bewerten.

Wenn eine Bewertung der Korrosivität der Kammer erforderlich ist, sollte diese nach Anhang E durchgeführt werden.

Die NSS-Prüfung nach ISO 9227 muss angewendet werden, um die Stabilität des Prozesses durch Quantifizierung der Korrosionsbeständigkeit an Proben von Verbindungselementen, die regelmäßig dem Galvanikprozess (d. h. bei der Prozessüberwachung) entnommen werden, zu überwachen. Aus diesen Gründen muss die NSS-Prüfung an Proben von Verbindungselementen im „beschichteten“ Zustand durchgeführt werden.

Der „beschichtete“ Zustand ist definiert als der Zustand nach Beendigung aller Beschichtungsschritte (einschließlich Aufbringen einer Versiegelung, Deckschicht oder eines Schmiermittels), ohne dass eine Verschlechterung durch die in 5.4 aufgeführten Faktoren auftritt, d. h. vor dem Sortieren, Verpacken, Montieren, Transportieren oder Lagern.

ANMERKUNG 1 Kunden oder Endverbraucher wünschen oft, die NSS-Prüfung separat als eine Referenz für die Bewertung der Korrosionsbeständigkeit als ein „Leistungsmerkmal“ und/oder für die Lieferantenüberwachung

anzuwenden. In diesen Fällen wird die Korrosionsbeständigkeit an Proben von Verbindungselementen im „Lieferzustand“ bewertet, d. h. nach einer eingetretenen Verschlechterung durch Sortieren, Verpacken, Montieren, Transportieren und/oder Lagern; in diesen Fällen ist es nicht zweckmäßig, die Minstdauer für die neutrale Salzsprühnebelprüfung nach Tabelle 8 zu verwenden. Die Werte in Tabelle 8 dienen eher als eine Ausgangsbasis für die Bewertung der Korrosionsbeständigkeit im Lieferzustand, unter Berücksichtigung der Faktoren, die zur Verschlechterung der Korrosionsbeständigkeit führen. Siehe 5.4.

Die in Tabelle 8 für Überzugssysteme mit Chrom(VI)-freier Passivierung festgelegte Dauer der neutralen Salzsprühnebelprüfung gilt ausschließlich für Verbindungselemente, die frühestens 24 h nach dem Beschichten im „beschichteten“ Zustand geprüft werden. Für die Dauer der neutralen Salzsprühnebelprüfung von Zink-Überzugssystemen mit Chromatierüberzügen siehe Anhang C.

Gegebenenfalls vorhandene Berührungsstellen des Verbindungselements mit einer Haltevorrichtung dürfen bei der Bewertung der Korrosionsprüfung nicht berücksichtigt werden.

Verbindungselemente mit einer oder mehr unverlierbaren Scheibe(n) haben zwischen dem Verbindungselement und der zugehörigen Scheibe und/oder zwischen den zugehörigen Scheiben Bereiche mit einer geringeren Schichtdicke aufgrund des intrinsischen elektrochemischen Abscheideverhaltens; Ähnliches gilt für Verbindungselemente mit Sacklöchern. Beides führt zu einer verringerten Korrosionsbeständigkeit in diesen Bereichen während der Korrosionsprüfung und sollte kein Rückweisungsgrund sein. Im Betrieb sind diese Bereiche üblicherweise keiner umgebungsbedingten Korrosion ausgesetzt.

ANMERKUNG 2 Bei Verbindungselementen, bei denen vorgesehen ist, dass sie nach dem Beschichten einem hohen Grad an plastischer Verformung ausgesetzt werden (Crimpen, Nieten usw.) wird die Korrosionsbeständigkeit im verformten Bereich verringert.

Tabelle 8 — Korrosionsbeständigkeit von gängigen Zink- und Zinklegierungsüberzugssystemen

Zinkbasierte Überzugssysteme	Code (siehe Tabelle 11)	Minstdauer der neutralen Salzsprühnebelprüfung ^a bei Trommelbeschichtung ^b			
		Stunden			
		Keine Überzugskorrosion (Weißkorrosion)	Keine Grundmetallkorrosion (Rotrost)		
			Schichtdicke		
			5 µm	8 µm	12 µm
Zn, transparent passiviert ^c	Zn/An/T0	8	48	72	96
Zn, irisierend passiviert ^c	Zn/Cn/T0	72	120	192	240
Zn, irisierend passiviert, versiegelt ^c	Zn/Cn/T2	120	168	240	288
Zn, schwarz passiviert, versiegelt	Zn/Fn/T2	24 ^d	72	144	192
ZnFe, irisierend passiviert ^c	ZnFe/Cn/T0	96	144	216	264
ZnFe, irisierend passiviert, versiegelt ^c	ZnFe/Cn/T2	120	216	288	360
ZnFe, schwarz passiviert, versiegelt	ZnFe/Cn/T2	96 ^d	192	240	312
ZnNi, irisierend (silbergrau) passiviert	ZnNi/Cn/T0	120	480	720	720 ^e
ZnNi, irisierend (silbergrau) passiviert, versiegelt	ZnNi/Cn/T2	168	600	720	720 ^e

Zinkbasierte Überzugssysteme	Code (siehe Tabelle 11)	Mindestdauer der neutralen Salzsprühnebelprüfung ^a bei Trommelbeschichtung ^b			
		Stunden			
		Keine Überzugskorrosion (Weißkorrosion)	Keine Grundmetallkorrosion (Rotrost)		
			Schichtdicke		
			5 µm	8 µm	12 µm
ZnNi, schwarz passiviert	ZnNi/Fn/T0	48 ^d	360	600	720 ^e
ZnNi, schwarz passiviert, versiegelt	ZnNi/Fn/T2	120 ^d	480	720	720 ^e

^a Die Mindestdauer der neutralen Salzsprühnebelprüfung darf nicht als ein direkter Anhaltspunkt für die Korrosionsbeständigkeit beschichteter Verbindungselemente in allen Umgebungen, in denen sie verwendet werden könnten, angesehen werden, siehe ISO 9227.

^b Mit einem Gestellverfahren wird die Auswirkung einer möglichen Beschädigung des Überzugs verringert, und somit kann eine erhöhte Korrosionsbeständigkeit erzielt werden.

^c Schwarze Flecken dürfen kein Rückweisungsgrund sein, da sie die Korrosionsbeständigkeit nicht beeinträchtigen, siehe A.1.4.4.

^d Grauschleier wird nicht als Weißkorrosion angesehen, siehe A.1.4.2.

^e Üblicherweise wird eine höhere Korrosionsbeständigkeit erzielt, allerdings werden die Korrosionsprüfungen für die Anwendung dieses Dokuments nach 720 h beendet.

Siehe auch 7.3 für die Korrosionsbeständigkeit in Bezug auf Temperatur.

5.3 Prüfung mit Schwefeldioxid (Kesternich-Prüfung)

Diese Prüfung ist für Verbindungselemente mit zinkbasierten Überzugssystemen für Außenanwendungen vorgesehen.

Bei Bedarf muss die Prüfung mit Schwefeldioxid unter allgemeiner Feuchtigkeitskondensation nach ISO 6988 oder ISO 3231 angewendet werden, um die Korrosionsbeständigkeit der Überzugssysteme zu bewerten; bei Verbindungselementen für Außenanwendungen muss diese Prüfung jedoch im Gegensatz zu ISO 6988 oder ISO 3231 mit zwei Litern SO₂ durchgeführt werden.

Diese Prüfung wird angewendet, um die Stabilität des Prozesses durch Quantifizierung der Korrosionsbeständigkeit an Proben von Verbindungselementen, die regelmäßig dem Galvanikprozess (d. h. bei der Prozessüberwachung) entnommen werden, zu überwachen. Aus diesen Gründen muss die Prüfung mit Schwefeldioxid an Proben von Verbindungselementen im „beschichteten“ Zustand durchgeführt werden. Der „beschichtete“ Zustand ist definiert als der Zustand nach Beendigung aller Beschichtungsschritte (einschließlich Aufbringen einer Versiegelung, Deckschicht oder eines Schmiermittels), ohne dass eine Verschlechterung durch die in 5.4 aufgeführten Faktoren auftritt, d. h. vor dem Sortieren, Verpacken, Montieren, Transportieren oder Lagern.

Die Prüfung mit Schwefeldioxid gilt ausschließlich für Verbindungselemente allein und darf frühestens 24 h nach dem Beschichten im „beschichteten“ Zustand durchgeführt werden.

Die Mindestanzahl der Zyklen muss zwischen dem Lieferanten und dem Käufer zum Zeitpunkt der Bestellung vereinbart werden (d. h. 2, 3, 5, 8, 10, 12, 15 Zyklen usw.).

Gegebenenfalls vorhandene Berührungsstellen von Verbindungselementen mit einer Haltevorrichtung dürfen bei der Bewertung der Korrosionsprüfung nicht berücksichtigt werden.

Verbindungselemente mit einer unverlierbaren Scheibe haben zwischen dem Verbindungselement und der zugehörigen Scheibe Bereiche mit einer geringeren Schichtdicke aufgrund des intrinsischen elektrochemischen Abscheideverhaltens; Ähnliches gilt für Verbindungselemente mit Sacklöchern. Beides führt zu einer verringerten Korrosionsbeständigkeit in diesen Bereichen während der Korrosionsprüfung und sollte kein Rückweisungsgrund sein. Im Betrieb sind diese Bereiche üblicherweise keiner umgebungsbedingten Korrosion ausgesetzt.

5.4 Schüttgutbehandlung, automatisierte Prozesse wie Zuführen und/oder Sortieren, Lagerung und Transport

Schüttgutbehandlung, automatisierte Prozesse wie Zuführen und/oder Sortieren, Lagerung und Transport können in Abhängigkeit des Überzugsystems sowie des Typs und der Geometrie von Verbindungselementen zu einer beträchtlichen Verringerung des Korrosionsschutzes (insbesondere des Schutzes gegenüber Überzugkorrosion) führen. Das kann insbesondere bei Chrom(VI)-freien Überzugssystemen auftreten, bei denen der Selbstheilungsprozess in geringerem Umfang stattfindet und/oder bei Versiegelungen/Deckschichten, die empfindlich gegenüber Stoßbeschädigung und/oder Abrieb sind.

Wenn der Korrosionsschutz nach diesen oder ähnlichen Prozessen/Schritten zu überprüfen ist, sollte zwischen dem Lieferanten und dem Käufer eine Vereinbarung getroffen werden, z. B.:

- Reduktion der Mindestdauer der neutralen Salzsprühnebelprüfung;
- Anpassung der Beschichtungsparameter;
- Erhöhung der Dicke des Überzugsystems; und/oder
- Wechsel des galvanisch aufgetragenen Überzugsystems.

6 Maßanforderungen und Prüfung

6.1 Allgemeines

Vor dem Beschichten müssen alle Maße von Verbindungselementen innerhalb der in Produktnormen oder Technischen Spezifikationen festgelegten Toleranzen liegen.

Schichtdicken, die nach ISO 965-1, ISO 965-2 und ISO 965-3 für metrische ISO-Gewinde gelten können, hängen von dem gültigen Grundabmaß ab, das selbst von dem Gewinde und den folgenden Toleranzfeldlagen abhängt:

- g, f, e bei Außengewinden;
- G oder H bei Innengewinden.

Für weitere Informationen siehe Anhang D.

6.2 Verbindungselemente mit metrischem ISO-Gewinde

6.2.1 Schichtdicke

Die Schichtdicke hat einen beträchtlichen Einfluss auf die Lehenhaltigkeit und Montierbarkeit, deshalb müssen Gewindetoleranz und -spiel berücksichtigt werden. Durch den Überzug darf die Nulllinie

(Grundmaß, d. h. h/H) bei Außengewinden nicht überschritten und bei Innengewinden nicht unterschritten werden; siehe D.5.

Wenn eine Schichtdicke gewünscht wird, die größer als das Gewindenspiel ist, gelten besondere Anforderungen; siehe Anhang D.

6.2.2 Lehrenhaltigkeit und Montierbarkeit

Beschichtete metrische ISO-Gewinde müssen nach ISO 1502 mit einer GUT-Lehre der Toleranzfeldlage h bei Außengewinden und der Toleranzfeldlage H bei Innengewinden gelehrt werden.

Bei der Lehrung von beschichteten Gewinden von Schrauben ist ein maximales Aufschraubmoment von $0,001d^3$ (Nm) über eine Länge von $1d$, beginnend vom Gewindeende, zulässig. Bei der Lehrung von beschichteten Gewinden von Muttern ist ein maximales Einschraubmoment von $0,001D^3$ (Nm) zulässig. Siehe Tabelle 9.

Tabelle 9 — Maximales Aufschraubmoment für die Lehrung von beschichteten metrischen ISO-Gewinden

Nenngewindedurchmesser <i>d oder D</i> mm	Maximales Aufschraubmoment für die Lehrung Nm
3	0,03
4	0,06
5	0,13
6	0,22
8	0,51
10	1,0
12	1,7
14	2,7
16	4,1
18	5,8
20	8,0
22	11
24	14
27	20
30	27
33	36
36	47
39	59
Für andere Durchmesser muss das Aufschraubmoment nach $0,001d^3$ oder $0,001D^3$ (Nm) berechnet und auf 2 signifikante Stellen gerundet werden.	

Annahmeverfahren für die Montierbarkeit dürfen nach Vereinbarung zwischen dem Lieferanten und dem Käufer angewendet werden:

- für Außengewinde, die Verwendung einer geeigneten Mutter oder des zugehörigen Original-Verbindungselements;
- für Innengewinde, die Verwendung eines geeigneten Dorns (z. B. Dorn, festgelegt für Prüflast nach ISO 898-2) oder des zugehörigen Original-Verbindungselements.

6.3 Sonstige Verbindungselemente

Nach dem Beschichten besteht keine Maßanforderung an sonstige Verbindungselemente mit Gewinde und für Verbindungselemente ohne Gewinde. Für zusätzliche Informationen siehe Anhang A.

6.4 Prüfverfahren für die Bestimmung der Schichtdicke

Die örtliche Schichtdicke von Metallüberzügen muss nach einem der folgenden Prüfverfahren bestimmt werden:

- Röntgenverfahren nach ISO 3497;
- Coulometrisches Verfahren nach ISO 2177; dieses Verfahren sollte nicht angewendet werden, wenn zusätzliche nichtleitfähige Schichten vorhanden sind;
- mikroskopisches Verfahren nach ISO 1463 (auf beliebigen Flächen des Verbindungselements);
- Magnetverfahren nach ISO 2178 (vor dem Aufbringen einer Versiegelung und/oder eines Schmiermittels); dieses Verfahren kann auch zur Bestimmung der örtlichen Gesamtschichtdicke angewendet werden;
- Wirbelstromphasenwechselverfahren nach ISO 21968.

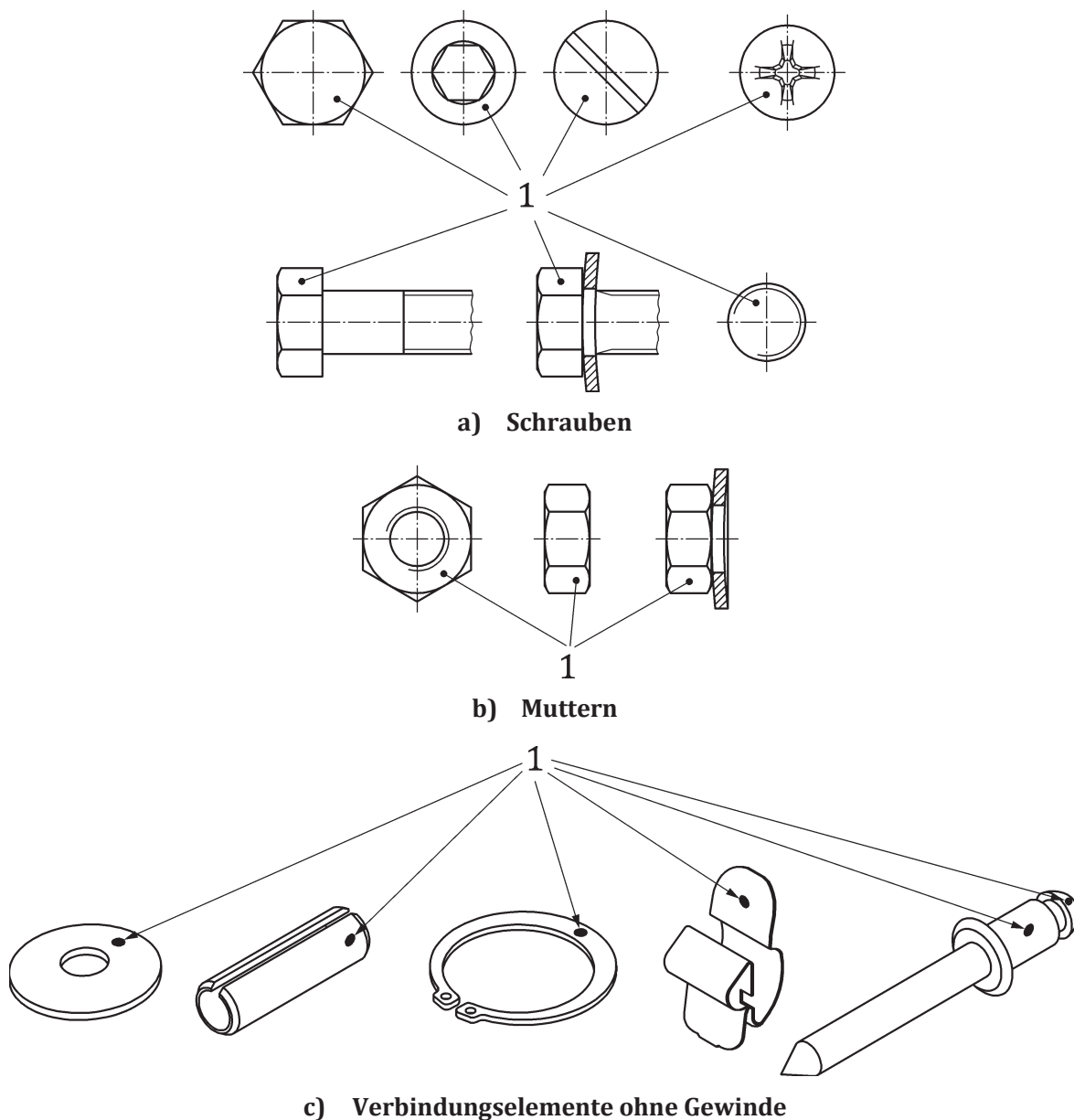
In Streitfällen muss das mikroskopische Verfahren nach ISO 1463 angewendet werden.

Die Schichtdicke muss auf Referenzflächen wie folgt bestimmt werden:

- bei länglichen Verbindungselementen (Schrauben, Stifte, Niete usw.) jede ebene Oberfläche an einem ihrer äußersten Enden; siehe Bild 2 a) und Bild 2 c);
- bei sonstigen Verbindungselementen jede ebene Oberfläche; siehe Bild 2 b) und Bild 2 c).

Bei Verbindungselementen mit (einer) unverlierbaren Scheibe(n) muss die Referenzfläche auf dem Verbindungselement mit Gewinde liegen, nicht auf der/den Scheibe(n). Bei besonderen Formen von Verbindungselementen sind die Referenzflächen zu vereinbaren.

Siehe auch Anmerkung 2.



Legende

1 Referenzflächen für die Bestimmung der örtlichen Schichtdicke

Bild 2 — Beispiele für Referenzflächen für Verbindungselemente

Bei freien Scheiben und ähnlichen flachen Verbindungselementen ist die Korrosionsbeständigkeit nach Tabelle 8 maßgebend. Die Angabe der Schichtdicke dient nur zur Orientierung.

ANMERKUNG 1 Für weitere Informationen zur Schichtdickenverteilung auf Scheiben und ähnlichen flachen Verbindungselementen siehe A.3.4.

Die Schichtdicke von Metallüberzügen, gemessen auf den Referenzflächen nach Bild 2, muss den Mindestwerten nach Tabelle 10 entsprechen. Eine geringere örtliche Schichtdicke an anderen Stellen als den Referenzflächen darf kein Rückweisungsgrund sein.

Tabelle 10 — Schichtdicke bei Metallüberzügen

Bezeichnung der Schichtdicke	Örtliche Mindest-Schichtdicke auf Referenzflächen
	µm
3	3
5	5
8	8
10	10
12	12
15	15
20	20
25	25
30	30

ANMERKUNG 2 Die meisten Schrauben werden in Trommeln galvanisiert und haben folglich die größte Schichtdicke an den beiden äußersten Enden der Verbindungselemente (bekannt als Hundeknocheneffekt). Dieser Effekt nimmt zu, je länger das Verbindungselement im Verhältnis zu seinem Durchmesser ist und führt zur Verringerung der Schichtdicke am Schaft. Das ist ein Grund dafür, Köpfe und Gewindeenden als Referenzflächen festzulegen, um eine reproduzierbare Bestimmung der Schichtdicke zu erzielen.

7 Mechanische und physikalische Eigenschaften und Prüfung

7.1 Allgemeines

Galvanisch aufgetragene Überzugssysteme müssen in Bezug auf Aussehen, Haftfestigkeit und Duktilität des betreffenden Überzugs den Festlegungen nach ISO 1456, ISO 2082, ISO 2093, ISO 4521, ISO 15726 (siehe auch Tabelle 1) und den in 7.2 bis 7.5 festgelegten Anforderungen entsprechen.

7.2 Aussehen

Das beschichtete Verbindungselement darf keine Blasen, Schichtablösungen und unbeschichteten Bereiche aufweisen, die den Korrosionsschutz beeinträchtigen können. Örtliche Überbeschichtungen (z. B. bei Deckschichten) dürfen die funktionellen Eigenschaften (Lehrenhaltigkeit, Drehmoment/Vorspannkraft-Verhältnis usw.) nicht beeinträchtigen.

Es ist möglich, der Passivierungs- oder Chromatierlösung Farbstoffe/Pigmente hinzuzufügen, um der Konversionsschicht ein farbiges Aussehen zu geben, das oft zu Unterscheidungszwecken genutzt wird. Farbstoffe/Pigmente dürfen auch Versiegelungen/Deckschichten hinzugefügt werden, um farbige Oberflächen zu erhalten.

7.3 Temperaturbeständigkeit des Korrosionsschutzes

Eine erhöhte Temperatur kann den Korrosionsschutz der beschichteten Verbindungselemente beeinträchtigen.

Falls zum Zeitpunkt der Bestellung vereinbart, darf die Korrosionsbeständigkeit nach einem festgelegten Heizzyklus geprüft werden. Die Temperatur und Dauer müssen vereinbart werden, z. B. 1 h bei 120 °C, 24 h bei 120 °C, 1 h bei 150 °C. Bei zinkbasierten Überzügen müssen nach einer Temperaturbelastung der Verbindungselemente bei einer Bauteiltemperatur für einen festgelegten Zyklus die in 5.2 festgelegten Anforderungen an die Korrosionsbeständigkeit weiterhin erfüllt sein.

7.4 Drehmoment/Vorspannkraft-Verhältnis

Falls erforderlich, darf das Drehmoment/Vorspannkraft-Verhältnis bei Verbindungselementen mit metrischem ISO-Gewinde und galvanisch aufgetragenen Überzugssystemen, einschließlich Versiegelungen und/oder Deckschichten mit integriertem Schmiermittel und/oder nachträglich aufgetragtem Schmiermittel, bestimmt werden.

Das Prüfverfahren muss zwischen dem Lieferanten und dem Käufer nach ISO 16047 bei Verbindungselementen mit metrischem ISO-Gewinde und/oder nach sonstigen zutreffenden technischen Spezifikationen vereinbart werden.

Die Anforderungen an das Drehmoment/Vorspannkraft-Verhältnis müssen zwischen dem Lieferanten und dem Käufer vereinbart werden. Siehe A.2 für weiterführende Informationen.

7.5 Bestimmung von Chrom(VI)

Falls erforderlich, muss das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Chrom(VI) nach ISO 3613:2010, 5.5.2, bestimmt werden.

8 Anwendbarkeit von Prüfungen

8.1 Allgemeines

Alle in Abschnitt 5 bis Abschnitt 7 festgelegten Anforderungen gelten, sofern es sich um allgemeine Eigenschaften des Überzugs handelt. Wenn vom Käufer ausdrücklich verlangt, müssen wahlfreie Prüfungen zum Zeitpunkt der Bestellung vereinbart werden.

8.2 Für jedes Los vorgeschriebene Prüfungen

Für jedes Fertigungslos von Verbindungselementen müssen die folgenden Prüfungen durchgeführt werden:

- Schichtdicke (siehe 6.4);
- Lehrenhaltigkeit/Montierbarkeit bei Verbindungselementen mit metrischem ISO-Gewinde (siehe 6.2.2);
- Aussehen (siehe 7.2).

8.3 Prüfungen zur Prozessüberwachung

Die folgenden Prüfungen sind nicht für eine Anwendung für jedes Fertigungslos von Verbindungselementen vorgesehen, sondern müssen gegebenenfalls zur Prozessüberwachung (siehe ISO 16426) herangezogen werden:

- Korrosionsschutz: NSS-Prüfung (siehe 5.2);
- nach 4.4 ergänzende/zusätzliche Prozessverifizierung in Bezug auf IHE.

8.4 Prüfungen, die bei Forderung des Käufers durchzuführen sind

Die folgenden Prüfungen werden durchgeführt, wenn sie vom Käufer ausdrücklich gefordert werden. Die Ergebnisse der Prüfungen zur Prozessüberwachung (siehe 8.3) dürfen dem Käufer als Prüfergebnisse zur Verfügung gestellt werden:

- Korrosionsschutz: NSS-Prüfung (siehe 5.2) oder alternativ und nur, wenn ausdrücklich verlangt, Prüfung mit Schwefeldioxid (siehe 5.3);
- Temperaturbeständigkeit (siehe 7.3);
- Drehmoment/Vorspannkraft-Verhältnis (siehe z. B. ISO 16047);
- Bestimmung des Vorhandenseins oder Nichtvorhandenseins von Chrom(VI) (siehe 7.5).

9 Bezeichnungssystem

9.1 Allgemeines

Ein Überzugssystem kann aus mehreren Schichten aufgebaut sein, wie in Tabelle 11 dargestellt. Allerdings brauchen nicht alle Schichten vorhanden zu sein; siehe Bild 1.

Tabelle 11 — Legende für die Bezeichnung von galvanisch aufgetragenen Überzugssystemen

Element	Beschreibung	Symbol	Bezeichnung
Grundmetall	Stahl		
Metallüberzüge	Zink Zink-Nickel Zink-Eisen (für andere Metallüberzüge siehe Tabelle 1)	Zn ZnNi ZnFe	Tabelle 12
Konversionsschicht (Passivierung)	Transparent Irisierend Schwarz Gelb Keine Konversionsschicht	An Cn Fn Gn U	Table 13 ^a
Versiegelung/Deckschicht	Versiegelung (siehe auch A.1.3) Deckschicht (siehe auch A.1.3) Keine Versiegelung, keine Deckschicht Kein Schmiermittel	T2 T7 T0 nL	Tabelle 15
Zusätzliches Schmiermittel	Nachträglich aufgetragenes Schmiermittel	T4	Tabelle 15

^a Siehe Tabelle 14 für Chromat-Konversionsschichten.

9.2 Bezeichnung von galvanisch aufgetragenen Überzugssystemen bei der Bestellung

Die Bezeichnung des Überzugs muss der Bezeichnung des Verbindungselements nach dem in ISO 8991 festgelegten Bezeichnungssystem hinzugefügt werden. Die Bezeichnung des galvanisch aufgetragenen Überzugssystems muss nach Tabelle 11 in derselben Reihenfolge erfolgen. Zur Trennung der Datenfelder in der Überzugsbezeichnung muss ein Schrägstrich (/) verwendet werden. Siehe Beispiele in 9.3.

ANMERKUNG Veraltete Bezeichnungen nach ISO 4042:1999¹ sind lediglich zu Informationszwecken in Anhang F aufgeführt.

Bei anderen galvanisch aufgetragenen Überzügen muss die Bezeichnung den in Tabelle 1 in Bezug genommenen gültigen Normen entsprechen.

Wenn ein Wärmebehandlungsprozess zum Spannungsabbau und/oder Tempern erforderlich ist, darf es nicht in der Bezeichnung enthalten sein, sondern muss separat festgelegt werden.

Tabelle 12 — Bezeichnung von galvanisch aufgetragenen Überzugssystemen bei der Bestellung von Verbindungselementen

Galvanisch aufgebracht es Überzugssystem				Dauer der neutralen Salzsprühnebelprüfung (Rotrost) ^c	Gegebenenfalls Festlegung von Drehmoment/ Vorspannkraft
Metallüberzüge		Konversions- schicht	Versiegelung, Deck- schicht und/oder Schmiermittel		
Beschichtungs- stoff	Schicht- dicke ^c				
Zn	nach Tabelle 10	nach Tabelle 13 oder Tabelle 14	nach Tabelle 15	z. B. 480 h	C ^d
ZnNi ^a					
ZnFe ^b					
a Galvanisch aufgetragene Zink-Nickelüberzüge für Verbindungselemente haben üblicherweise einen Massengehalt des Nickels von 12 % bis 16 % und werden mit ZnNi(12) nach ISO 15726 bezeichnet. Wenn ein anderer Nickelgehalt gewünscht ist, siehe ISO 15726. b Eine Zink-Eisen-Legierung ist festgelegt mit einem Massenanteil Eisen von 0,3 % bis 1 %. c Die Schichtdicke kann durch die Mindestdauer der neutralen Salzsprühnebelprüfung nach Tabelle 8 ersetzt werden: In diesem Fall muss die Schichtdicke in der Bezeichnung des Überzugssystems weggelassen und die Korrosionsbeständigkeit am Ende der Bezeichnung hinzugefügt werden; siehe 9.3, Beispiel 1. d Bereich von Reibungszahlen μ_{tot} oder K-Faktoren, die zum Zeitpunkt der Bestellung festzulegen sind; siehe auch A.2.1.					

¹ Zurückgezogen.

**Tabelle 13 — Bezeichnung von Chrom(VI)-freien Konversionsschichten
(nur galvanische Zink- und Zinklegierungsüberzüge)**

Passivierung ^a		Typisches Aussehen
Code ^b	Name	
An	Transparent	Transparent, klar bis bläulich ^c
Cn	Irisierend ^d	Transparent, klar bis irisierend
Fn	Schwarz	Schwarz, dunkel irisierend zulässig
Gn	Gelb	Gelb bis gelb irisierend
U	—	Keine Konversionsschicht

^a In allen Arten von Passivierungen dürfen Nanopartikel enthalten sein, um das Aussehen und/oder die funktionellen Eigenschaften zu verbessern.

^b Der erste Buchstabe entspricht der Art von Konversionsschicht; der zweite Buchstabe (n) gibt an, dass in der Konversionsschicht kein sechswertiges Chrom enthalten ist.

^c Bläulich kann in Abhängigkeit vom Überzugssystem von hellblau bis dunkelblau irisierend variieren.

^d Auch als Dickschichtpassivierung bezeichnet.

**Tabelle 14 — Bezeichnung von Chrom(VI)-haltigen Konversionsschichten
(nur Zink- und Zinklegierungsüberzüge)**

Chromatierüberzüge		Typisches Aussehen
Code	Name	
A	Klar	Transparent, klar bis bläulich
C	Irisierend	Gelb irisierend
D	Matt	Olivgrün
F	Schwarz	Schwarz, dunkel irisierend zulässig
U	—	Keine Konversionsschicht

Tabelle 15 — Bezeichnung von Versiegelungen, Deckschichten und/oder Schmiermitteln

Code	Name	Anforderung
—	Wenn kein Code T festgelegt ist, können Versiegelung oder Deckschicht nach Wahl des Beschichters angewendet werden.	
T0	Keine Versiegelung und keine Deckschicht	Versiegelung und Deckschicht dürfen nicht für eine bestimmte Anwendung (z. B. für Haftfestigkeit, Leitfähigkeit, elektrischen Kontakt, Schweißung) aufgebracht werden.
T2	Versiegelung ^a	Versiegelung muss aufgebracht werden, sie darf mit oder ohne integriertem Schmiermittel ^b versehen sein.
T4	Nachträglich aufgebrachtes Schmiermittel ^c	Schmiermittel oder Wachs müssen aufgebracht werden. Das Schmiermittel kann auf dem Metallüberzug, auf der Passivierung, auf einer Versiegelung oder einer Deckschicht ^b direkt aufgebracht werden.
T7	Deckschicht ^a	Eine Deckschicht muss aufgebracht werden. Die Deckschicht wird oft verwendet, um besondere Eigenschaften, z. B. Chemikalienbeständigkeit, Farbe, zu erzielen. Die Deckschicht darf mit oder ohne integriertem Schmiermittel ^b versehen sein.
nL	Kein Schmiermittel	Es darf kein integriertes Schmiermittel vorhanden sein (dieser Code muss gegebenenfalls zu T2 oder T7 hinzugefügt werden).
ANMERKUNG Siehe A.1.3 für weiterführende Informationen zu Versiegelungen und Deckschichten.		
^a Versiegelung und Deckschicht dürfen organisch, anorganisch oder eine Kombination aus beiden sein. ^b Wenn das Drehmoment/Vorspannkraft-Verhältnis (z. B. Bereich von Reibungszahlen) festgelegt wurde, muss gegebenenfalls ein integriertes Schmiermittel verwendet oder ein Schmiermittel nachträglich aufgebracht werden. ^c Wenn ein nachträglich aufgebrachtes Schmiermittel festgelegt wurde, muss der Code T4 nach einem Schrägstrich und direkt hinter der Bezeichnung der Versiegelung oder Deckschicht angegeben werden; siehe 9.3, Beispiel 4.		

9.3 Beispiele für die Bezeichnung von Chrom(VI)-freien galvanisch aufgetragenen Überzugssystemen bei Verbindungselementen

Wenn in der Bezeichnung eine Mindest-Korrosionsbeständigkeit festgelegt ist, muss die Übereinstimmung der Anforderung mit dem in der Bezeichnung enthaltenen Überzugssystem nach Tabelle 8 überprüft werden.

BEISPIEL 1 Ein Verbindungselement mit einem galvanisch aufgetragenen Überzug (ISO 4042) aus Zink-Nickellegierung (ZnNi), mit dem typischen Nickelgehalt von 12 % bis 16 %, ohne vorgeschriebene Schichtdicke, jedoch mit einer minimalen Korrosionsbeständigkeit bei der neutralen Salzsprühnebelprüfung von 720 h ohne Auftreten von Grundmetallkorrosion (Rotrost), mit einer Chrom(VI)-freien irisierenden Konversionsschicht (Cn), ohne spezielle Versiegelung, Deckschicht oder Schmiermittel wird wie folgt bezeichnet:

[Bezeichnung des Verbindungselements] – **ISO 4042/ZnNi/Cn/720h**

BEISPIEL 2 Ein Verbindungselement mit einem galvanisch aufgetragenen Überzug (ISO 4042) aus Zink (Zn), mit einer erforderlichen Schichtdicke von 8 µm und Chrom(VI)-freier transparenter Passivierung (An) wird wie folgt bezeichnet:

[Bezeichnung des Verbindungselements] – **ISO 4042/Zn8/An**

BEISPIEL 3 Ein Verbindungselement mit einem galvanisch aufgetragenen Überzug (ISO 4042) aus Zink (Zn) und einer erforderlichen Schichtdicke von 12 µm, mit einer Chrom(VI)-freien irisierenden Konversionsschicht (Cn), mit einer nachträglichen Versiegelung, mit oder ohne integriertem Schmiermittel (T2) wird wie folgt bezeichnet:

[Bezeichnung des Verbindungselements] – **ISO 4042/Zn12/Cn/T2**

BEISPIEL 4 Ein Verbindungselement mit einem galvanisch aufgetragenen Überzug (ISO 4042) aus Zink (Zn) und einer erforderlichen Schichtdicke von 12 µm, mit einer Chrom(VI)-freien schwarzen Konversionsschicht (Fn), mit einer nachträglichen Deckschicht (T7), mit einem nachträglich aufgetragenen Schmiermittel (T4) und mit einer Reibungszahl μ_{tot} innerhalb des Bereiches von [0,10 bis 0,20] wird wie folgt bezeichnet:

[Bezeichnung des Verbindungselements] – **ISO 4042/Zn12/Fn/T7/T4($\mu_{0,10-0,20}$)**

BEISPIEL 5 Ein Verbindungselement mit einem galvanisch aufgetragenen Überzug (ISO 4042) aus Zink (Zn) und einer erforderlichen Schichtdicke von 8 µm, mit einer Chrom(VI)-freien irisierenden Konversionsschicht (Cn), wobei eine nachträglich aufgetragene Versiegelung verboten ist (T0), wird wie folgt bezeichnet:

[Bezeichnung des Verbindungselements] – **ISO 4042/Zn8/Cn/T0**

BEISPIEL 6 Ein Verbindungselement mit einem galvanisch aufgetragenen Überzug (ISO 4042) aus Zink (Zn) und einer erforderlichen Schichtdicke von 8 µm, mit einer Chrom(VI)-freien schwarzen Konversionsschicht (Fn), wobei eine nachträgliche Versiegelung der Wahl des Beschichters überlassen ist, wird wie folgt bezeichnet:

[Bezeichnung des Verbindungselements] – **ISO 4042/Zn8/Fn**

BEISPIEL 7 Ein Verbindungselement mit einem galvanisch aufgetragenen Überzug (ISO 4042) aus Zink-Nickellegierung (ZnNi), mit dem typischen Nickelgehalt von 12 % bis 16 % und einer erforderlichen Schichtdicke von 8 µm, mit einer Chrom(VI)-freien irisierenden Konversionsschicht (Cn) und ohne spezielle Versiegelung, Deckschicht, Schmiermittel oder Drehmoment/Vorspannkraft-Anforderung wird wie folgt bezeichnet:

[Bezeichnung des Verbindungselements] – **ISO 4042/ZnNi8/Cn**

9.4 Bezeichnung von Verbindungselementen mit galvanisch aufgetragenen Überzugssystemen für die Kennzeichnung

Auf dem Etikett müssen mindestens die folgenden Informationen, getrennt durch einen Schrägstrich (/), angegeben werden:

- ISO 4042 für das galvanisch aufgetragene Überzugssystem nach diesem Dokument;
- der Werkstoff des Überzugs und die Schichtdicke der Metallschicht(en) oder die Minstdauer der neutralen Salzsprühnebelprüfung nach Tabelle 8;
- die Konversionsschicht nach Tabelle 13 (der Suffix n gibt an, dass sie kein Chrom(VI) enthält) oder nach Tabelle 14;
- gegebenenfalls die Versiegelung, Deckschicht und/oder das nachträglich aufgetragene Schmiermittel nach Tabelle 15.

BEISPIEL 1 [Bezeichnung des Verbindungselements] – **ISO 4042/ZnNi8/Fn/T7/T4**

BEISPIEL 2 [Bezeichnung des Verbindungselements] – **ISO 4042/ZnNi720h/Fn/T7/T4**

10 Bestellanforderungen an galvanisch aufgebraute Überzüge

Bei der Bestellung eines galvanisch aufgebrauten Überzugsystems für Verbindungselemente nach diesem Dokument müssen die folgenden Angaben zur Verfügung gestellt werden:

- a) Verweisung auf dieses Dokument (ISO 4042:2020);
- b) Bezeichnung des Überzugs (siehe Abschnitt 9);
- c) Eigenschaften der Verbindungselemente, die für den Beschichtungsprozess relevant sind, z. B. Grundmetall, Oberflächenzustand, Härte, Zugfestigkeit und/oder Festigkeitsklasse;
- d) gegebenenfalls Spannungsarmglühbedingungen beim Spannungsarmglühen vor der elektrolytischen Metallabscheidung;
- e) bei Verbindungselementen mit metrischem ISO-Gewinde gegebenenfalls die Gewindetoleranz des unbeschichteten Verbindungselements innerhalb einer Toleranzfeldlage;
- f) gegebenenfalls die Anforderungen an einzuhaltende Vorsichtsmaßnahmen gegen das Risiko von IHE, z. B. Tempern (siehe 4.4 und 4.5);
- g) gegebenenfalls die Anforderungen an das Drehmoment/Vorspannkraft-Verhältnis und das zugehörige Prüfverfahren (z. B. ISO 16047), wie zwischen dem Lieferanten und dem Käufer vereinbart;
- h) gegebenenfalls sonstige Anforderungen (z. B. Chemikalienbeständigkeit, Eignung für Klebstoffe, elektrische Leitfähigkeit/Isolierung);
- i) gegebenenfalls zusätzliche durchzuführende Prüfungen (siehe 8.4) und die zugehörige Probenahme;
- j) gegebenenfalls die Anforderungen an den Prüfbericht nach ISO 16228.

11 Lagerungsbedingungen

Die Lagerungsbedingungen dürfen das Drehmoment/Vorspannkraft-Verhältnis und die Korrosionsbeständigkeit von beschichteten Verbindungselementen nicht beeinträchtigen (siehe auch A.4).

Anhang A (informativ)

Konstruktive Ausführung und Montage von beschichteten Verbindungselementen

A.1 Konstruktive Ausführung

A.1.1 Allgemeines

Bei der Wahl eines Überzugsystems sollten sämtliche Funktionen und Montagebedingungen und nicht nur das Verbindungselement allein betrachtet werden; siehe A.2.2. Der Käufer sollte den Lieferanten zu Rate ziehen, um für eine bestimmte Anwendung die geeigneten Auswahlmöglichkeiten zu ermitteln.

Heute ist Chrom(VI) weitgehend eingeschränkt. Daher wird empfohlen, ausschließlich Chrom(VI)-freie Konversionsschichten (Passivierungen) für neue Anwendungen zu verwenden.

Bei Versiegelungen und Deckschichten (siehe A.1.3) darf zum Erzielen der Drehmoment/Vorspannkraft-Eigenschaften ein integriertes Schmiermittel oder ein zusätzlich aufgebrachtes Schmiermittel gewählt werden. Zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit und zur Erzielung von anderen spezifischen Eigenschaften und/oder Leistungen (z. B. Chemikalienbeständigkeit, mechanische Festigkeit, Stoß-/Abriebfestigkeit, Aussehen, Farbe, Wärmebeständigkeit, elektrische Isolierung/Leitfähigkeit, UV-Beständigkeit) dürfen Versiegelungen und Deckschichten gewählt werden.

A.1.2 Beschichtungsverfahren

Galvanisch aufgebrachte Überzugssysteme können im Schüttgutverfahren mit Trommeln oder im Gestellverfahren aufgebracht werden. Deckschichten werden üblicherweise mit einem Tauch-Schleuder-Verfahren (Dip-Spin) aufgebracht.

Die elektrolytische Metallabscheidung bei Verbindungselementen ist im Allgemeinen ein Massenverfahren. Wenn kleine Lose beschichtet werden müssen, kann eine besondere Beschichtungsanlage und/oder ein geeignetes Beschichtungsverfahren notwendig sein, um die erforderlichen Eigenschaften und Leistungen bei den beschichteten Verbindungselementen zu erzielen. Bei großen oder schweren Verbindungselementen, oder wenn das Risiko von Gewindebeschädigungen reduziert oder vermieden werden muss, kann anstelle des Schüttgut-/Trommelverfahrens das Gestellverfahren in Erwägung gezogen werden.

Wenn Deckschichten aufgebracht werden, kann die Aushärtung (insbesondere bei höherer Temperatur und/oder längerer Dauer) eine nachteilige Auswirkung auf die Eigenschaften/Leistungen von Verbindungselementen haben, z. B.:

- bei kaltverformten Verbindungselementen;
- bei Verbindungselementen mit nach der Wärmebehandlung gewalztem Gewinde, bei denen absichtlich eingebrachte Eigenspannungen reduziert werden können;
- bei Muttern mit Klemmteil mit nichtmetallischem Einsatz.

A.1.3 Versiegelungen und Deckschichten

Versiegelungen und/oder Deckschichten sind im Allgemeinen dafür vorgesehen, die Korrosionsbeständigkeit von zinkbasierten Überzugssystemen zu verbessern. Allerdings weisen beide unterschiedliche Eigenschaften auf:

- Eine Versiegelung wird üblicherweise im feuchten Zustand (nass in nass) ohne Trocknung vor ihrem Auftrag aufgebracht. Dadurch kann sich die Versiegelung teilweise mit der Passivierungsschicht verbinden und bildet eine Kompositschicht, die die Korrosionsbeständigkeit verbessert. Versiegelungen werden auch für verschiedene andere Zwecke verwendet, z. B. als Schmiermittel, zur Reduzierung des irisierenden Effekts von Passivierungsschichten, für mattierende oder aufhellende Effekte usw. Die Schichtdicke beträgt üblicherweise etwa 0,5 µm bis 2 µm.
- Eine Deckschicht wird üblicherweise im trockenen Zustand nach einem dazwischenliegenden Trocknungsschritt aufgebracht. Deckschichten werden oft verwendet, wenn besondere Anforderungen erfüllt werden müssen, z. B. Einarbeitung von Pigmenten, um eine intensive Farbe (z. B. schwarz), hohe Chemikalienbeständigkeit usw., zu erzielen. Die Schichtdicke beträgt üblicherweise etwa 2 µm bis 10 µm.

Die Wahl der Art einer Versiegelung oder Deckschicht sollte sich nach den gewünschten zusätzlichen Eigenschaften richten; siehe A.2.2.

A.1.4 Mögliche Auswirkungen von Überzugskorrosion auf das Aussehen

A.1.4.1 Allgemeines

Die Korrosionsprüfung nach ISO 9227 führt zu zwei Arten von Korrosionsprodukten:

- Überzugskorrosion der Zink- oder Zinklegierungsschicht, allgemein bekannt als Weißkorrosion (oder „Weißrost“);
- Grundmetallkorrosion, allgemein bekannt als Rotrost.

In der Anfangsphase der Korrosionsprüfung können weitere optische Veränderungen auftreten, z. B. ein leicht weißlicher Film, bekannt als „Grauschleier“, oder kleine schwarze Flecken.

A.1.4.2 Grauschleier

Grauschleier resultiert aus einer geringfügigen Reaktion des Prüfmediums mit dem Zink, die hauptsächlich in natürlichen Mikrorissen der Metallschicht und/oder der Passivierungsschicht auftritt. Bei Zink-Nickellegierungsschichten stoppt der Grauschleier die weitere Korrosion und ist als Voraussetzung für die hohe Korrosionsstabilität anzusehen.



a) Zink-Nickel nach 72 h NSS-Prüfung



b) Zink-Nickel nach 1 000 h NSS-Prüfung

Bild A.1 — Beispiele für Grauschleier im trockenen Zustand

Üblicherweise erscheint Grauschleier auf Zink-Nickelschichten ohne oder mit transparenter oder irisierender Passivierung nach etwa 24 h bis 72 h bei der Korrosionsprüfung; siehe Bild A.1 a). Grauschleier kann auch auf unlegierten Zinkschichten sowie Zink-Eisen- oder Zink-Nickellegierung in Kombination mit einer schwarzen Passivierungsschicht nach etwa 24 h bis 120 h bei der Korrosionsprüfung auftreten.

Grauschleier kann sich möglicherweise während der Prüfdauer mit der Zeit verstärken (siehe Bild A.1 b)). Er ist nicht voluminös und im feuchten Zustand nicht sichtbar, sondern nur auf trockenen Teilen; siehe Bild A.2.



a) Teil im feuchten Zustand



b) Teil im trockenen Zustand

Bild A.2 — Beispiele für Grauschleier auf einer Zink-Nickelschicht nach 720 h NSS-Prüfung im feuchten und trockenen Zustand

Grauschleier ist ein natürliches Phänomen insbesondere bei Zink-Nickelschichten und sollte zulässig sein. Bei höheren Anforderungen an das optische/dekorative Aussehen wird eine schriftliche Vereinbarung zwischen dem Lieferanten und dem Käufer empfohlen.

A.1.4.3 Weißkorrosion

Im Gegensatz zum Grauschleier entsteht Weißkorrosion von Zink- und Zinklegierungsschichten durch massive Korrosion des Überzugmetalls, ist voluminöser und kann bereits im feuchten Zustand der Teile erkannt werden; siehe Bild A.3 und Bild A.4.

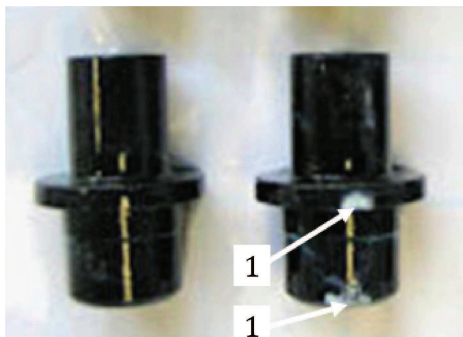


a) Weißkorrosion einer irisierenden passivierten Zinkschicht nach 240 h NSS-Prüfung

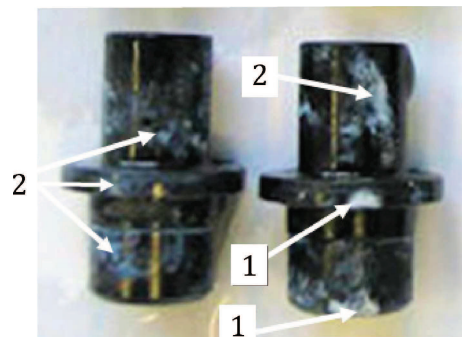


b) Starke Weißkorrosion einer irisierenden passivierten Zinkschicht nach 480 h NSS-Prüfung

Bild A.3 — Beispiele für Weißkorrosion



a) Teile im feuchten Zustand
(nur Weißkorrosion sichtbar)



b) Dieselben Teile im trockenen Zustand
(Grauschleier und Weißkorrosion sichtbar)

Legende

- 1 Weißkorrosion
- 2 Grauschleier

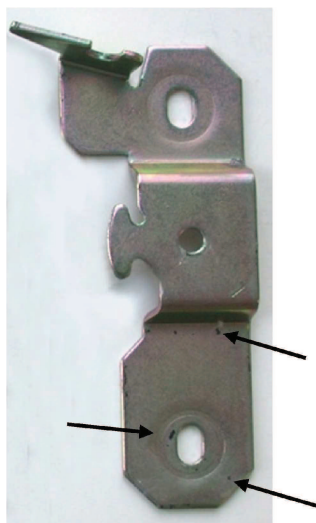
Bild A.4 — Beispiele für Weißkorrosion und Grauschleier auf einer Zinkschicht mit schwarzer Passivierung und transparenter Versiegelung nach 240 h NSS-Prüfung

A.1.4.4 Schwarze Flecken

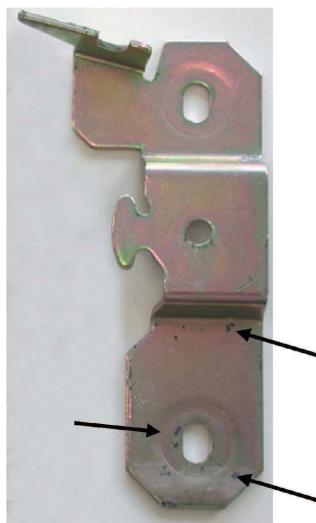
Schwarze Flecken können während der beschleunigten Korrosionsprüfung vor dem ersten Auftreten der Schichtkorrosion auftreten; siehe Bild A.5. Die wichtigste Ursache sind Mikrofehler des Grundmetalls und/oder des Überzugmetalls. Das Korrosionsmedium kann in das Grundmetall migrieren oder darin eingeschlossen sein und kann unter Sauerstoffmangel zu Korrosion führen, die schwarze Korrosionsprodukte bildet.

ANMERKUNG Es gibt weitere Ursachen von schwarzen Flecken, die derzeit jedoch noch nicht vollständig untersucht wurden.

Schwarze Flecken dürfen kein Rückweisungsgrund sein, da sie die Korrosionsbeständigkeit nicht beeinträchtigen und üblicherweise unter Betriebsbedingungen nicht auftreten.



a) Teil nach 168 h NSS-Prüfung



b) Dasselbe Teil nach 408 h NSS-Prüfung



c) Typische schwarze Flecken



d) Schwarze Flecken nach 240 h NSS-Prüfung von Verbindungselementen mit irisierender passivierter Zinkschicht

Bild A.5 — Beispiele für schwarze Flecken auf einer Zinkschicht mit irisierender Passivierung nach der NSS-Prüfung

ANMERKUNG Die Pfeile in Bild A.5 a) und Bild A.5 b) weisen auf schwarze Flecken hin.