

DIN EN ISO 4042

ICS 21.060.01

Ersatz für
DIN EN ISO 4042:2018-11**Verbindungselemente –
Galvanisch aufgetragene Überzugssysteme (ISO 4042:2022);
Deutsche Fassung EN ISO 4042:2022**

Fasteners –
Electroplated coating systems (ISO 4042:2022);
German version EN ISO 4042:2022

Fixations –
Systèmes de revêtements électrolytiques (ISO 4042:2022);
Version allemande EN ISO 4042:2022

Gesamtumfang 73 Seiten

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

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 4042:2022) 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.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 067-00-06 AA „Oberflächenschichten von Verbindungselementen“ im DIN-Normenausschuss Mechanische Verbindungselemente (FMV).

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 1478	siehe	DIN EN ISO 1478
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	siehe	DIN EN ISO 3613
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/TR 20491	siehe	DIN CEN ISO/TR 20491
ISO 21968	siehe	DIN EN ISO 21968
ISO 22479	siehe	DIN EN ISO 22479

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 ISO 4042:2018-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) in Abschnitt 1 wurde eine Aussage hinzugefügt, die besagt, dass die Anforderungen dieses Dokuments für Verbindungselemente mit galvanisch aufgebrachtem Überzug den Vorrang gegenüber anderen Dokumenten zur elektrolytischen Metallabscheidung haben;
- b) Erweiterung des Anwendungsbereichs auf alle Verbindungselemente mit Gewinde;
- c) sämtliche Verweisungen auf ISO 2081 und ISO 19598 wurden entfernt, weil ISO 4042 ein in sich geschlossenes Dokument für die Anwendung auf Verbindungselemente ist;
- d) in 4.4 wurden die Maßnahmen zur Vermeidung von interner (fertigungsbedingter) Wasserstoffversprödung bei Muttern, flachen Scheiben und einsatzgehärteten Schrauben vollständig überarbeitet;
- e) in 6.4 wurden die Referenzflächen für die Schichtdickenbestimmung genauer festgelegt;
- f) im gesamten Dokument wurde die Wortwahl verbessert, um genauere Formulierungen, besonders bei komplexen Themen, zu erreichen.
- g) Dokument redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 267-9: 1968-05, 1979-08

DIN ISO 4042: 1992-06

DIN EN ISO 4042: 1999-10, 2001-01, 2018-11

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 Verbindungselemente — Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 2: Muttern mit festgelegten Festigkeitsklassen*

DIN EN ISO 898-3, *Mechanische Verbindungselemente — 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 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 Gewinde*

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 1478, *Blechschaubengewinde*

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

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, *Mechanische Verbindungselemente — Wärmebehandelte Blechschauben — Mechanische und physikalische Eigenschaften*

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

DIN EN ISO 3613, *Metallische und andere anorganische Überzüge — Chromatierüberzüge auf Zink, Cadmium, Aluminium-Zink- und Zink-Aluminium-Legierungen — Prüfverfahren*

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 CEN ISO/TR 20491, *Mechanische Verbindungselemente — Grundlagen der Wasserstoffversprödung in Verbindungselementen aus Stahl*

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

DIN EN ISO 22479, *Korrosion von Metallen und Legierungen — Prüfung mit Schwefeldioxid in feuchter Atmosphäre (Verfahren mit festem Gasvolumen)*

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Verbindungselemente — Galvanisch aufgebrachte Überzugssysteme (ISO 4042:2022)

Fasteners —
Electroplated coating systems (ISO 4042:2022)

Fixations —
Systèmes de revêtements électrolytiques (ISO 4042:2022)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 4. Februar 2022 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	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	12
4.4.1 Allgemeines	12
4.4.2 Verbindungselemente mit einer Härte von bis zu 360 HV	13
4.4.3 Verbindungselemente mit einer Härte von mehr als 360 HV und bis zu 390 HV	13
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 Einsatzgehärtete Verbindungselemente	15
4.4.7 Kaltverformte Verbindungselemente und Verbindungselemente mit schlussgewalztem Gewinde	17
4.4.8 Verbindungselemente mit bainitischem Gefüge	17
4.5 Tempern	17
5 Korrosionsschutz und Prüfung	17
5.1 Allgemeines	17
5.2 Neutrale Salzsprühnebelprüfung (NSS) bei zinkbasierten Überzugssystemen	18
5.3 Prüfung mit Schwefeldioxid (Kesternich-Prüfung)	20
5.4 Schüttgutbehandlung, automatisierte Prozesse wie Zuführen und/oder Sortieren, Lagerung und Transport	20
6 Maßanforderungen und Prüfung	21
6.1 Allgemeines	21
6.2 Verbindungselemente mit metrischem ISO-Gewinde	21
6.2.1 Schichtdicke	21
6.2.2 Lehrenhaltigkeit und Montierbarkeit	21
6.3 Sonstige Verbindungselemente	23
6.4 Prüfverfahren für die Bestimmung der Schichtdicke	23
7 Mechanische und physikalische Eigenschaften und Prüfung	25
7.1 Allgemeines	25
7.2 Aussehen	25
7.3 Temperaturbeständigkeit des Korrosionsschutzes	26
7.4 Drehmoment/Vorspannkraft-Verhältnis	26
7.5 Bestimmung von Chrom(VI)	26
8 Anwendbarkeit von Prüfungen	26
8.1 Allgemeines	26
8.2 Für jedes Los vorgeschriebene Prüfungen	26

8.3	Prüfungen zur Prozessüberwachung.....	27
8.4	Prüfungen, die durchzuführen sind, wenn vom Käufer festgelegt.....	27
9	Bezeichnungssystem	27
9.1	Allgemeines	27
9.2	Bezeichnung von galvanisch aufgetragenen Überzugssystemen für die Bestellung.....	28
9.3	Beispiele für die Bezeichnung von Chrom(VI)-freien galvanisch aufgetragenen Überzugssystemen bei Verbindungselementen	31
9.4	Bezeichnung von Verbindungselementen mit galvanisch aufgetragenen Überzugssystemen für die Kennzeichnung.....	31
10	Bestellanforderungen an galvanisch aufgetragene Überzüge	32
11	Lagerungsbedingungen.....	32
Anhang A (informativ) Konstruktions- und Montageaspekte für Verbindungen mit beschichteten Verbindungselementen.....		33
A.1	Konstruktive Ausführung.....	33
A.1.1	Allgemeines	33
A.1.2	Beschichtungsverfahren	33
A.1.3	Versiegelungen und Deckschichten.....	34
A.1.4	Mögliche Auswirkungen von Überzugskorrosion auf das Aussehen	34
A.2	Funktionelle Eigenschaften	37
A.2.1	Montierbarkeit.....	37
A.2.2	Weitere Eigenschaften von Verbindungen mit beschichteten Verbindungselementen	38
A.3	Besondere Aspekte in Bezug auf Verbindungselemente und Beschichtungsprozesse	39
A.3.1	Allgemeines	39
A.3.2	Verbindungselemente mit metrischem ISO-Gewinde.....	39
A.3.3	Verbindungselemente mit (einer) unverlierbaren Scheibe(n).....	39
A.3.4	Scheiben und ähnliche Verbindungselemente	39
A.3.5	Verbindungselemente mit klebenden oder klemmenden Elementen.....	39
A.3.6	Muttern mit Klemmteil.....	40
A.3.7	Verbindungselemente mit Vertiefung, Innen-Kraftangriff, Hohlraum oder Loch.....	40
A.3.8	Gewindefurchende Schrauben	40
A.3.9	Clips und Sicherungsringe.....	40
A.4	Lagerung von beschichteten Verbindungselementen	40
Anhang B (informativ) Hinweise zur Wasserstoffversprödung.....		41
B.1	Allgemeines	41
B.2	Bedingungen für das Versagen durch Wasserstoffversprödung.....	41
B.3	Elektrolytische Metallabscheidung und interne (fertigungsbedingte) Wasserstoffversprödung (IHE)	42
B.4	Tempern	43
B.5	Spannungsabbau	45
B.6	Prüfverfahren zur Wasserstoffversprödung.....	45
Anhang C (informativ) Korrosionsschutz von Zinküberzügen mit Chromatierüberzügen		46
Anhang D (informativ) Schichtdicke und Gewindenspiel bei metrischen ISO-Gewinden		47
D.1	Allgemeines	47
D.2	Geometrischer Zusammenhang zwischen Schichtdicke und Flankendurchmesser	47
D.3	Schichtdicke auf Verbindungselementen mit Außengewinde.....	49
D.4	Schichtdicke auf Verbindungselementen mit Innengewinde	50
D.5	Gewindenspiel für die Schichtdicke.....	51
D.5.1	Verbindungselemente mit Außengewinde	51
D.5.2	Verbindungselemente mit Innengewinde.....	52
D.6	Kompatibilität von Korrosionsbeständigkeit und Gewindenspiel.....	53

Anhang E (informativ) Durch neutrale Salzsprühnebelprüfung (NSS) nach ISO 9227 geprüfte Überzugssysteme — Bewertung der Korrosivität der Prüfkammer bei der neutralen Salzsprühnebelprüfung.....	54
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 Bezeichnungs-codes 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 (EN ISO 4042:2022) 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.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 2022, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2022 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 ISO 4042:2018.

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.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 4042:2022 wurde von CEN als EN ISO 4042:2022 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (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 Normungsthemen 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*, in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN), Technisches Komitee CEN/TC 185, *Mechanische Verbindungselemente*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

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

- in Abschnitt 1 wurde eine Aussage hinzugefügt, die besagt, dass die Anforderungen dieses Dokuments für Verbindungselemente mit galvanisch aufgebrachtem Überzug den Vorrang gegenüber anderen Dokumenten zur elektrolytischen Metallabscheidung haben;
- sämtliche Verweisungen auf ISO 2081 und ISO 19598 wurden entfernt, weil ISO 4042 ein in sich geschlossenes Dokument für die Anwendung auf Verbindungselemente ist;
- in 4.4 wurden die Maßnahmen zur Vermeidung von interner (fertigungsbedingter) Wasserstoffversprödung bei Muttern, flachen Scheiben und einsatzgehärteten Schrauben vollständig überarbeitet;
- in 6.4 wurden die Referenzflächen für die Schichtdickenbestimmung genauer festgelegt;
- im gesamten Dokument wurde die Wortwahl verbessert, um genauere Formulierungen, besonders bei komplexen Themen, zu erreichen.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

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. Diese überarbeitete Fassung wurde 2018 veröffentlicht.

Die letzten Ausgaben von ISO 2081:2018 sowie von ISO 19598:2016, bei denen es sich um allgemeine Normen zur elektrolytischen Metallabscheidung handelt, sind ungeeignet zur Erfassung der in ISO 4042 behandelten Anforderungen an Verbindungselemente mit galvanisch aufgetragenen Überzügen, besonders im Hinblick auf Wasserstoffversprödung und Tempern. Somit war eine erneute Überarbeitung von ISO 4042:2018 notwendig, um sämtliche Verweisungen auf diese beiden allgemeinen Normen zu entfernen und damit jegliche Widersprüche zu vermeiden.

Für Muttern, flache Scheiben und einsatzgehärtete Schrauben mit galvanisch aufgetragenen Überzügen wurden die Maßnahmen zur Minderung des Risikos von Wasserstoffversprödung, besonders beim Tempern, überarbeitet, um den Überarbeitungen von ISO 898-2 und ISO 2702 zu entsprechen und aktuellen Forschungsergebnissen Rechnung zu tragen. In Bezug auf flache Scheiben nach ISO 898-3 mit galvanisch aufgetragtem Überzug gilt allgemein als anerkannt, dass aus absichtlicher und unabsichtlicher Biegung im Betrieb resultierende Zugspannungen das Risiko einer Wasserstoffversprödung erhöhen können. Ein geeignetes Prüfverfahren, mit dessen Hilfe sich ein derartiges Szenario simulieren lässt, wird zurzeit untersucht.

1 Anwendungsbereich

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

Es legt außerdem Anforderungen fest und gibt Empfehlungen, um das Risiko einer Wasserstoffversprödung auf ein Mindestmaß zu verringern; 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 haben Vorrang vor anderen Dokumenten zur elektrolytischen Metallabscheidung.

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

ANMERKUNG Galvanische Überzüge werden auch auf Verbindungselemente aus nichtrostendem Stahl aufgetragen, z. B. zur Schmierung, um ein Fressen zu vermeiden.

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

ISO 3613, *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 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 <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1

Referenzplatte

Referenzwerkstoff, der der Korrosion ausgesetzt wird, um 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 aufgetragene Überzugssysteme für Verbindungselemente aus Stahl werden hauptsächlich für den Korrosionsschutz und für funktionelle Eigenschaften, z. B. Drehmoment/Vorspannkraft-Verhältnis, aufgetragen.

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

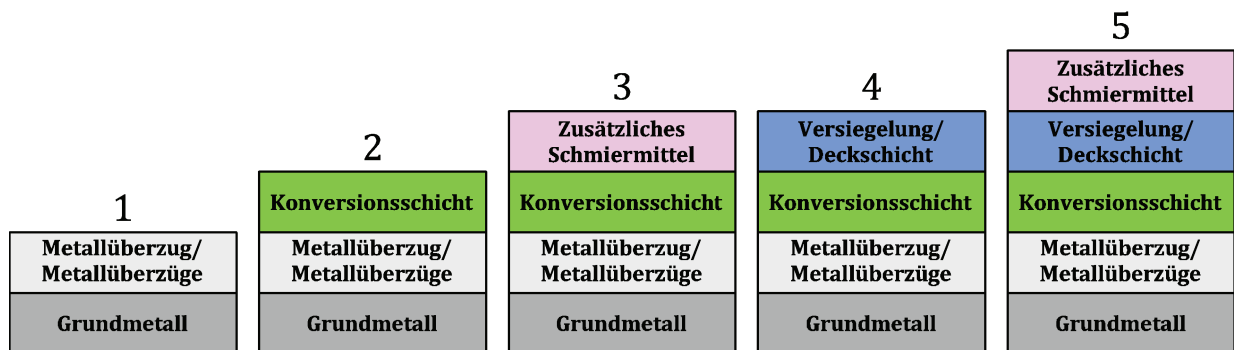
Für Verbindungselemente gebräuchliche galvanisch aufgetragene Überzüge sind in Tabelle 1 gemeinsam mit ihrem (ihren) Hauptzweck(en) angegeben. Zusätzliche Angaben, wie z. B. Bezeichnung oder dekorative Gesichtspunkte, können anderen maßgebenden ISO-Normen entnommen werden, welche in der letzten Spalte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

Tabelle 1 — Galvanisch aufgetragene Überzüge mit Angabe ihres Hauptzwecks (ihrer Hauptzwecke) 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(n) Farbe/Lack bieten.

Zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit und/oder zur Erzielung von anderen spezifischen Eigenschaften (z. B. Drehmoment/Vorspannkraft-Verhältnis, Chemikalienbeständigkeit, mechanische Festigkeit, Aussehen, Farbe, thermische Stabilität, erhöhte elektrische Isolation, 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.

ANMERKUNG Galvanische Überzüge werden auch auf Verbindungselemente aus nichtrostendem Stahl aufgebracht, z. B. zur Schmierung, um ein Fressen zu vermeiden.

4.3 Überzugssysteme und Beschichtungsverfahren

Bei der Wahl eines Überzugssystems sollten der Typ und die Geometrie des Verbindungselements und das zugehörige Beschichtungsverfahren (siehe Anhang A) sowie die Hinweise zur Wasserstoffversprödung (siehe Anhang B) berücksichtigt werden.

Der Prozess der elektrolytischen Metallabscheidung muss in Übereinstimmung mit einer anerkannten Norm und/oder einer Festlegung durch Vereinbarung mit dem Käufer unter Kontrolle sein. Empfehlungen für eine ergänzende Prozessverifizierung im Hinblick auf interne (fertigungsbedingte) Wasserstoffversprödung werden in 4.5 und B.4 gegeben.

4.4 Interne (fertigungsbedingte) Wasserstoffversprödung

4.4.1 Allgemeines

Damit bei Verbindungselementen ein Risiko interner (fertigungsbedingter) Wasserstoffversprödung (en: internal hydrogen embrittlement, IHE) besteht, müssen die folgenden drei Bedingungen **gleichzeitig** vorliegen; siehe auch Anhang B:

- hohe Zugfestigkeit oder hohe Härte, einschließlich Einsatzhärtung;
- Zugspannung, einschließlich Zugeigenspannung;
- Absorption von atomarem Wasserstoff durch den Stahl.

Die Anfälligkeit für IHE wächst mit zunehmender Härte des Verbindungselements. In Tabelle 2 sind geeignete Maßnahmen zur Vermeidung von IHE bei vergüteten Verbindungselementen in Abhängigkeit von der Härte festgelegt.

Tabelle 2 und 4.4.2 bis 4.4.4 enthalten allgemeine Leitlinien zu den hinsichtlich IHE in Abhängigkeit von der Härte zu treffenden Maßnahmen.

Die allgemeinen Leitlinien von Tabelle 2 wurden in normative Anforderungen übersetzt, die in 4.4.5 und 4.4.6 angegeben und bezüglich der jeweiligen Festigkeitsklasse (siehe Tabelle 3 bis Tabelle 5) oder der Kernhärte (siehe Tabelle 6 und Tabelle 7) spezifisch auf jede einzelne Art von Verbindungselementen anwendbar sind. Diese spezifischen normativen Anforderungen basieren sowohl auf der Härte als auch auf dem Niveau der Zugspannung, durch die die einzelnen Arten von Verbindungselementen aufgrund ihrer konstruktiven Ausführung und Funktion beansprucht wird.

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

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	ergänzende Prozessverifizierung und/oder Produktprüfung in Bezug auf IHE UND Tempern (Tempertemperatur und -dauer müssen festgelegt werden)
—	nach Ermessen des Verbindungselementherstellers	—
siehe 4.4.2	siehe 4.4.3 und B.6	siehe 4.4.4 und B.6

^a Für Verbindungselemente, die zu großer Härte kaltverfestigt wurden, siehe 4.4.7 und B.5.

4.4.2 Verbindungselemente mit einer Härte von bis zu 360 HV

Beim Galvanisieren von vergüteten Verbindungselementen mit einer festgelegten maximalen Härte von bis zu 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 mehr als 360 HV und bis zu 390 HV

Beim Galvanisieren von vergüteten Verbindungselementen mit einer festgelegten maximalen Härte von mehr als 360 HV und bis einschließlich 390 HV (**B** in Tabelle 2, Tabelle 3 und Tabelle 5) ist nach Wahl des Verbindungselementherstellers ein Tempern nicht erforderlich unter der Voraussetzung, dass eine ergänzende Prozessverifizierung und/oder Produktprüfung in Bezug auf IHE durchgeführt wurde.

Für Verbindungselemente in diesem festgelegten Härtebereich stellt die elektrolytische Metallabscheidung kein Risiko für IHE dar. Im Fall des Nichtbestehens einer Produktprüfung kann nicht angenommen werden, dass ein Tempern dieser Teile das Nichtbestehen vermieden hätte: Die metallurgischen und physikalischen Eigenschaften des Verbindungselementwerkstoffs sollten auf Nichtkonformitäten untersucht werden. Siehe B.2 und B.4 für weiterführende Informationen.

4.4.4 Verbindungselemente mit einer Härte über 390 HV

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

Die folgenden Ausnahmen gelten:

- bei Verbindungselementen, die aufgrund ihrer konstruktiven Ausführung 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 Festlegung 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 mit einem Nickelgehalt von 12 % bis 16 % besteht ein geringeres Risiko für IHE (siehe B.3), weswegen es möglich ist, ein Tempern zu vermeiden; die Entscheidung, ein Tempern nicht durchzuführen, muss auf Prüfungen (siehe B.6) basieren und zwischen Lieferer und Käufer vereinbart werden.

ANMERKUNG 1 Alkalische Zink-Nickel-Abscheidungsprozesse mit einem typischen Nickelgehalt von 12 % bis 16 % werden in der Luft- und Raumfahrtindustrie auch als Prozesse mit geringer Wasserstoffversprödungsneigung (en: low hydrogen embrittlement, LHE) bezeichnet, siehe B.3.

ANMERKUNG 2 Bei sauren Zink-Nickel-Abscheidungen haben Studien ähnliche Vorteile wie bei alkalischen Zink-Nickel-Abscheidungen gezeigt, allerdings sind weitere Daten notwendig, um ein Unterlassen des Temperns zu bestätigen.

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 sind Tabelle 3, Tabelle 4 und Tabelle 5 anzuwenden.

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

Festigkeitsklasse	< 10.9	10.9	12.9/<u>12.9</u>
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 kein Tempern notwendig	ODER Tempern	UND Tempern ^{a,b}
	—	nach Wahl des Verbindungselementherstellers	—
	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 Lieferer und Käufer vereinbart werden. ^b Siehe B.4 für Tempertemperatur und -dauer.			

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

Festigkeitsklasse	≤ 12
Maßnahmen hinsichtlich IHE	A
	keine ergänzende Prozessverifizierung oder Produktprüfung in Bezug auf IHE
	UND
	kein Tempern notwendig ^{a,b}
	siehe 4.4.2
^a Untersuchungen haben gezeigt, dass die Zugspannung in kritischen Bereichen von Muttern (einschließlich Muttern mit Flansch) immer geringer ist als die Zugspannung im Gewinde der dazugehörigen Schrauben entsprechender Festigkeitsklasse (siehe die in Tabelle 3 angegebenen Maßnahmen hinsichtlich IHE); Muttern nach ISO 898-2 (alle Festigkeitsklassen) haben immer eine Härte von weniger als 390 HV, weswegen ein Tempern nicht notwendig ist. ^b Bei Ganzmetallmutter mit Klemmteil der Festigkeitsklassen 10 und 12 ist nach Wahl des Verbindungselementherstellers eine ergänzende Prozessverifizierung oder ein Tempern erforderlich.	

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

Festigkeitsklasse	≤ 300HV	380HV
Maßnahmen hinsichtlich IHE	A	B
	keine ergänzende Prozessverifizierung oder Produktprüfung in Bezug auf IHE UND kein Tempern notwendig ^a	ergänzende Prozessverifizierung und/oder Produktprüfung in Bezug auf IHE ODER Tempern ^b
	—	nach Wahl des Verbindungselementherstellers
	siehe 4.4.2	siehe 4.4.3
^a Falls flache Scheiben der Festigkeitsklasse 300HV für Spezialanwendungen (z. B. vergrößerte Löcher oder Langlöcher), in denen Biegespannungen auftreten können, vorgesehen sind, kann ein Tempern notwendig sein und muss gegebenenfalls vom Käufer bei der Bestellung in Auftrag gegeben werden. Siehe B.4 für Tempertemperatur und -dauer. ^b Falls flache Scheiben der Festigkeitsklasse 380HV für Spezialanwendungen (z. B. vergrößerte Löcher oder Langlöcher), in denen Biegespannungen auftreten können, vorgesehen sind, ist ein Tempern notwendig und muss vom Käufer bei der Bestellung in Auftrag gegeben werden. Siehe B.4 für Tempertemperatur und -dauer.		

4.4.6 Einsatzgehärtete Verbindungselemente

Verbindungselemente, deren Oberfläche absichtlich einsatzgehärtet wurde, um eine (oder mehrere) spezifische Funktion(en) zu erfüllen, sind u. a.

- Blechschrauben (siehe ISO 2702),
- gewindefurchende Schrauben für metallische Werkstoffe,
- Bohrschrauben (siehe z. B. ISO 10666),
- Schrauben für weiche Werkstoffe (z. B. Kunststoff, Holz).

Die für einsatzgehärtete Schrauben geltenden Maßnahmen hinsichtlich IHE basieren auf der Kernhärte, die sich am signifikantesten auf die Anfälligkeit gegenüber IHE auswirkt (siehe B.3).

Einsatzgehärtete Schrauben werden in die folgenden beiden Kategorien a) und b) eingeteilt:

a) einsatzgehärtete Schrauben, die nicht für hohe Vorspannkräfte ausgelegt sind

Zu dieser Kategorie gehören Blechschrauben und Bohrschrauben mit Gewinde nach ISO 1478 sowie Schrauben für weiche Werkstoffe, usw.

Da diese Schrauben üblicherweise nicht für hohe Vorspannkräfte ausgelegt sind, besteht ein wesentlich geringeres Risiko gegenüber IHE.

Die für diese Kategorie geltenden Maßnahmen hinsichtlich IHE sind in Tabelle 6 festgelegt.

ANMERKUNG Bei einsatzgehärteten Verbindungselementen ohne Gewinde, die aufgrund ihrer konstruktiven Ausführung nicht durch Zugspannungen beansprucht werden (wie z. B. Stifte oder Scheiben), sind keine speziellen Maßnahmen hinsichtlich IHE erforderlich, es sei denn, dies wurde zwischen Käufer und Hersteller für eine bestimmte Anwendung speziell vereinbart.

b) einsatzgehärtete und angelassene Schrauben, die für eine Vorspannkraft ausgelegt sind

Zu dieser Kategorie gehören einsatzgehärtete und angelassene Schrauben, die metrische ISO-Mutterngewinde nach ISO 965-1 formen, und andere einsatzgehärtete und angelassene gewindefurchende Schrauben oder Bohrschrauben, die für eine Vorspannkraft ausgelegt sind.

Die für diese Kategorie geltenden Maßnahmen hinsichtlich IHE sind in Tabelle 7 festgelegt.

Tabelle 6 — Maßnahmen hinsichtlich IHE für einsatzgehärtete Schrauben, die üblicherweise nicht für hohe Vorspannkraften ausgelegt sind

Kernhärte	≤ 360 HV	> 360 HV und ≤ 390 HV	> 390 HV
Maßnahmen hinsichtlich IHE	ergänzende Prozessverifizierung hinsichtlich IHE	ergänzende Prozessverifizierung hinsichtlich IHE	ergänzende Prozessverifizierung hinsichtlich IHE
	ODER	UND	UND
	Produktprüfung	Produktprüfung und/oder Tempern	Tempern ^a
	ODER		UND
	Tempern		Produktprüfung für jedes Fertigungslos ^b
	nach Wahl des Verbindungselementherstellers		—
^a Siehe B.4 für Tempertemperatur und -dauer.			
^b Bei alkalischen Zink-Nickel-Abscheidungen mit 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 Schrauben, die für eine Vorspannkraft vorgesehen sind

Kernhärte	≤ 360 HV	> 360 HV und ≤ 390 HV	> 390 HV
Maßnahmen hinsichtlich IHE	ergänzende Prozessverifizierung hinsichtlich IHE	ergänzende Prozessverifizierung hinsichtlich IHE	ergänzende Prozessverifizierung hinsichtlich IHE
	ODER	UND	UND
	Produktprüfung	Tempern ^a	Tempern ^a
	ODER		UND
	Tempern		Produktprüfung für jedes Fertigungslos ^b
	nach Wahl des Verbindungselementherstellers	Produktprüfung ausschließlich nach Wahl des Herstellers	—
^a Siehe B.4 für Tempertemperatur und -dauer.			
^b Bei alkalischen Zink-Nickel-Abscheidungen mit einem Nickelgehalt von 12 % bis 16 % muss die Produktprüfung als Bestandteil der Prozessüberwachung (nicht für jedes Fertigungslos vorgeschrieben) angesehen werden.			

Falls einsatzgehärtete Schrauben einer Produktprüfung hinsichtlich IHE unterzogen werden, muss diese nach ISO 15330 oder ASME B18.6.3 erfolgen; siehe auch B.6.