

DIN EN ISO 3506-5



ICS 21.060.99

Einsprüche bis 2023-08-31

Entwurf

**Verbindungselemente –
Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus
nichtrostenden Stählen –
Teil 5: Spezielle Verbindungselemente (einschließlich Verbindungs-
elemente aus Nickellegierungen) für Hochtemperaturanwendungen
(ISO 3506-5:2022);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 3506-5:2023**

Fasteners –

Mechanical properties of corrosion-resistant stainless steel fasteners –

Part 5: Special fasteners (also including fasteners from nickel alloys) for high temperature applications (ISO 3506-5:2022);

German and English version prEN ISO 3506-5:2023

Fixations –

Caractéristiques mécaniques des fixations en acier inoxydable résistant à la corrosion –

Partie 5: Fixations spéciales (incluant également les fixations en alliages de nickel) pour utilisation à hautes températures (ISO 3506-5:2022);

Version allemande et anglaise prEN ISO 3506-5:2023

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-06-30 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 oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 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 109 Seiten

DIN-Normenausschuss Mechanische Verbindungselemente (FMV)

Nationales Vorwort

Der Text von ISO 3506-5:2022 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 2 „Fasteners“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als prEN ISO 3506-5:2023 durch das Technische Komitee CEN/TC 185 „Mechanische Verbindungselemente“ übernommen, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 067-00-04 AA „Verbindungselemente aus nichtrostenden Stählen und Nichteisenmetallen“ im DIN-Normenausschuss Mechanische Verbindungselemente (FMV).

Nach diesem Dokument werden für die Muttern und Schrauben mit demselben Werkstoff-Kennzeichen dieselben Anforderungen an den Werkstoffzustand gestellt. Daher sind die Muttern im Prüfkraft-versuch mit gehärtetem Prüfdorn deutlich höher belastbar im Vergleich zur Paarung mit einer Schraube desselben Werkstoff-Kennzeichens.

Bei unzureichender Bemessungsmutternhöhe besteht im Grenzbereich ohne Anhebung der entsprechenden Prüfkraft die Gefahr der Überlastung des zur Paarung vorgesehenen Schraubengewindes.

Um bei gegebener Muttergeometrie voll belastbare Muttern für die praktische Anwendung zu erkennen wird empfohlen die Prüfkraft von Muttern mit Regelgewinde (Typ 1 oder Typ 2) um 6 % gegenüber den Vorgaben in Tabelle 13 und die Prüfkraft von Muttern mit Feingewinde (Typ 2) um 10 % gegenüber den Vorgaben in Tabelle 14 anzuheben. Muttern mit Feingewinde sollten immer in der Ausführung Typ 2 zum Einsatz kommen.

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 Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 68-1	siehe	DIN ISO 68-1
ISO 204	siehe	DIN EN ISO 204
ISO 261	siehe	DIN ISO 261
ISO 262	siehe	DIN ISO 262
ISO 286-2	siehe	DIN EN ISO 286-2
ISO 724	siehe	DIN ISO 724
ISO 898-2	siehe	DIN EN ISO 898-2
ISO 965-1	siehe	DIN ISO 965-1
ISO 965-2	siehe	DIN ISO 965-2
ISO 1891-4	siehe	DIN EN ISO 1891-4
ISO 3506-1	siehe	DIN EN ISO 3506-1
ISO 3506-2	siehe	DIN EN ISO 3506-2
ISO 3506-6	siehe	DIN EN ISO 3506-6
ISO 6506-1	siehe	DIN EN ISO 6506-1
ISO 6507-1	siehe	DIN EN ISO 6507-1
ISO 6508-1	siehe	DIN EN ISO 6508-1
ISO 6892-1	siehe	DIN EN ISO 6892-1
ISO 6892-2	siehe	DIN EN ISO 6892-2
ISO 7500-1	siehe	DIN EN ISO 7500-1
ISO 9513	siehe	DIN EN ISO 9513
ISO 16047	siehe	DIN EN ISO 16047

ISO 16228 siehe DIN EN ISO 16228
ISO 16426 siehe DIN EN ISO 16426

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

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 204, *Metallische Werkstoffe — Einachsiger Zeitstandversuch unter Zugbeanspruchung — Prüfverfahren*

DIN EN ISO 286-2, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — ISO-Toleranzsystem für Längenmaße — Teil 2: Tabellen der Grundtoleranzgrade und Grenzabmaße für Bohrungen und Wellen*

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

DIN EN ISO 1891-4, *Mechanische Verbindungselemente — Wortschatz — Teil 4: Prüfung, Überwachung, Lieferung, Annahme und Qualität*

DIN EN ISO 3506-1, *Mechanische Verbindungselemente — Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus korrosionsbeständigen nichtrostenden Stählen — Teil 1: Schrauben mit festgelegten Stahlsorten und Festigkeitsklassen*

DIN EN ISO 3506-2, *Mechanische Verbindungselemente — Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus korrosionsbeständigen nichtrostenden Stählen — Teil 2: Muttern mit festgelegten Stahlsorten und Festigkeitsklassen*

DIN EN ISO 3506-6, *Mechanische Verbindungselemente — Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus korrosionsbeständigen nichtrostenden Stählen — Teil 6: Allgemeine Regeln für die Auswahl von nichtrostenden Stählen und Nickellegierungen für Verbindungselemente*

DIN EN ISO 6506-1, *Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Brinell — Teil 1: Prüfverfahren*

DIN EN ISO 6507-1, *Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Vickers — Teil 1: Prüfverfahren*

DIN EN ISO 6508-1, *Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Rockwell — Teil 1: Prüfverfahren*

DIN EN ISO 6892-1, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur*

DIN EN ISO 6892-2, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 2: Prüfverfahren bei erhöhter Temperatur*

DIN EN ISO 7500-1, *Metallische Werkstoffe — Kalibrierung und Überprüfung von statischen einachsigen Prüfmaschinen — Teil 1: Zug- und Druckprüfmaschinen — Kalibrierung und Überprüfung der Kraftmesseinrichtung*

DIN EN ISO 9513, *Metallische Werkstoffe — Kalibrierung von Längenänderungs-Messeinrichtungen für die Prüfung mit einachsiger Beanspruchung*

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

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

DIN EN ISO 16426, *Verbindungselemente — Qualitätssicherungssystem*

DIN ISO 68-1, *ISO-Gewinde allgemeiner Anwendung — Grundprofil — Teil 1: Metrisches Gewinde*

DIN ISO 261, *Metrisches ISO-Gewinde allgemeiner Anwendung — Übersicht*

DIN ISO 262, *Metrisches ISO-Gewinde allgemeiner Anwendung — Auswahlreihen für Schrauben, Bolzen und Muttern*

DIN ISO 724, *Metrische ISO-Gewinde allgemeiner Anwendung — Grundmaße*

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*

– Leerseite –

Verbindungselemente – Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen – Teil 5: Spezielle Verbindungselemente (einschließlich Verbindungselemente aus Nickellegierungen) für Hochtemperaturanwendungen (ISO 3506-5:2022)

Fasteners – Mechanical properties of corrosion-resistant stainless steel fasteners – Part 5: Special fasteners (also including fasteners from nickel alloys) for high temperature applications (ISO 3506-5:2022)

Fixations – Caractéristiques mécaniques des fixations en acier inoxydable résistant à la corrosion – Partie 5: Fixations spéciales (incluant également les fixations en alliages de nickel) pour utilisation à hautes températures (ISO 3506-5:2022)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	10
3 Begriffe	10
4 Symbole	12
5 Bezeichnungssystem für Verbindungselemente aus nichtrostenden Stählen und Nickellegierungen	13
6 Werkstoffe und Herstellung	13
6.1 Chemische Zusammensetzung	13
6.2 Wärmebehandlung von Verbindungselementen	15
6.3 Oberflächenausführung	17
6.4 Konstruktion von Schrauben/Schraubenverbindungen	17
6.5 Betriebstemperaturen für Verbindungselemente	18
7 Mechanische und physikalische Eigenschaften	19
7.1 Mechanische Eigenschaften von Schrauben	19
7.2 Mechanische Eigenschaften von Muttern	23
8 Anwendbarkeit von Prüfverfahren und Kontrolle	25
8.1 Anwendbarkeit von Prüfverfahren	25
8.2 Kontrolle durch den Hersteller	26
8.3 Kontrolle durch den Lieferanten	26
8.4 Kontrolle durch den Kunden	26
8.5 Lieferung von Prüfergebnissen	27
9 Prüfverfahren bei Umgebungstemperatur	27
9.1 Zugversuch für Schrauben bei Umgebungstemperatur	27
9.1.1 Allgemeines	27
9.1.2 Anwendbarkeit	27
9.1.3 Prüfgeräte und Prüfeinrichtung	27
9.1.4 Allgemeines Prüfverfahren	28
9.1.5 Prüfverfahren zur gleichzeitigen Bestimmung von R_{mf} , R_{pf} und A	29
9.1.6 Referenzprüfverfahren zur Bestimmung der 0,2-%-Dehngrenze R_{pf}	30
9.1.7 Alternatives Prüfverfahren zur Bestimmung der Verlängerung A	31
9.1.8 Zugfestigkeit R_{mf} – Prüfergebnisse und Anforderungen	32
9.1.9 0,2-%-Dehngrenze R_{pf} – Prüfergebnisse und Anforderungen	33
9.1.10 Bruchverlängerung A – Prüfergebnisse und Anforderungen	33
9.2 Härteprüfung für Schrauben	33
9.2.1 Allgemeines	33
9.2.2 Durchführung der Prüfung	34
9.2.3 Härte – Prüfergebnisse und Anforderungen	34
9.3 Prüfkraftversuch für Muttern	34
9.3.1 Allgemeines	34
9.3.2 Anwendbarkeit	34
9.3.3 Prüfgerät und Prüfeinrichtung	35
9.3.4 Durchführung der Prüfung	35
9.3.5 Zusätzliche Prüfverfahren für Muttern mit Klemmteil	36
9.3.6 Prüfkraft von Muttern – Prüfergebnisse und Anforderungen	37
9.4 Härteprüfung für Muttern	37
9.4.1 Allgemeines	37
9.4.2 Durchführung der Prüfung	37
9.4.3 Härte von Muttern – Prüfergebnisse und Anforderungen	38

10	Prüfverfahren bei hoher Temperatur	38
10.1	Hochtemperatur-Zugversuch für Schrauben und Muttern	38
10.1.1	Allgemeines	38
10.1.2	Prüfvorrichtung	39
10.1.3	Durchführung der Prüfung	40
10.1.4	Prüfbericht	41
10.2	Hochtemperatur-Spannungsbruchprüfung für Schrauben und Muttern	42
10.2.1	Allgemeines	42
10.2.2	Prüfgerät und Prüfeinrichtung	42
10.2.3	Durchführung der Prüfung	42
10.2.4	Prüfbericht	43
10.3	Relaxationsprüfungen für Schrauben und Muttern	44
10.3.1	Allgemeines	44
10.3.2	Schraubenverbindungsmodelle	44
10.3.3	Prüfgeräte und Messvorrichtungen	45
10.3.4	Durchführung der Prüfung	45
10.3.5	Prüfergebnisse	46
10.3.6	Prüfbericht	47
10.4	Kriechprüfung	47
11	Kennzeichnung und Etikettierung von Verbindungselementen	48
11.1	Allgemeine Anforderungen an die Kennzeichnung	48
11.2	Herstellerzeichen	48
11.3	Kennzeichnung auf Verbindungselementen	48
11.3.1	Sechskantschrauben und -mutter	48
11.3.2	Schrauben mit Innensechskant oder mit Innensechsrund	49
11.3.3	Andere Arten von Schrauben und Muttern	50
11.3.4	Stiftschrauben (Stiftschrauben mit einem Ende oder zwei Enden)	50
11.3.5	Gewindebolzen	50
11.3.6	Kennzeichnung von Schrauben mit Linksgewinde	50
11.4	Kennzeichnung der Verpackungen (Etikettierung)	51
Anhang A (informativ)	Anlassen von martensitischen nichtrostenden Stählen	52
Literaturhinweise		54

Bilder

Bild 1	— Beispiel für Prüfeinrichtungen für den Zugversuch	28
Bild 2	— Kraft-Weg-Kurve	29
Bild 3	— Beispiel für eine Prüfeinrichtung mit einem Dehnmessgerät	30
Bild 4	— Kraft-Verlängerungs-Kurve zur Bestimmung der 0,2-%-Dehngrenze R_{pf}	31
Bild 5	— Bestimmung der Bruchverlängerung A	32
Bild 6	— Kreisfläche für die Härtemessung	34
Bild 7	— Prüfkraftversuch für Muttern	36
Bild 8	— Beispiel einer Härtebestimmung an der Auflagefläche	38
Bild 9	— Messstelle für die Bestimmung der Härte (Längsschnitt)	38
Bild 10	— Beispiel einer Prüfeinrichtung für den Hochtemperatur-Zugversuch	40
Bild 11	— Beispiel für eine Kurve Kraft gegen Zeit	46
Bild 12	— Beispiele für die Kennzeichnung von Sechskant-Verbindungselementen	49
Bild 13	— Beispiele für die Kennzeichnung von Innensechskantschrauben	50
Bild 14	— Beispiele für die Kennzeichnung von Stiftschrauben	50
Bild 15	— Beispiele für die Kennzeichnung von Verbindungselementen mit Linksgewinden	51
Bild A.1	— Beispiel einer Anlaßkurve für nichtrostenden Stahl mit 0,14 % C und 12 % Cr	52
Bild A.2	— Entwicklung der mechanischen Eigenschaften und der Korrosionsrate für nichtrostenden Stahl X20Cr13 (AISI 420A)	53

Tabellen

Tabelle 1 — Chemische Zusammensetzung für Verbindungselemente aus martensitischem nichtrostendem Stahl	13
Tabelle 2 — Chemische Zusammensetzung für Verbindungselemente aus ausscheidungshärtendem austenitischem nichtrostendem Stahl	14
Tabelle 3 — Chemische Zusammensetzung für Verbindungselemente mit Nickellegierungen . . .	15
Tabelle 4 — Wärmebehandlung von Verbindungselementen	16
Tabelle 5 — Empfohlene Kombinationen von Schrauben mit Muttern	18
Tabelle 6 — Typische maximale Betriebstemperaturen für Verbindungselemente	18
Tabelle 7 — Eigenschaften bei Umgebungstemperatur für Schrauben	19
Tabelle 8 — Mindestbruchkräfte bei Umgebungstemperatur — Regelgewinde	20
Tabelle 9 — Mindestkräfte bei R_{pf} bei Umgebungstemperatur — Regelgewinde	21
Tabelle 10 — Mindestbruchkräfte bei Umgebungstemperatur — Feingewinde	21
Tabelle 11 — Mindestkräfte bei R_{pf} bei Umgebungstemperatur — Feingewinde	22
Tabelle 12 — Härte für Muttern bei Umgebungstemperatur	23
Tabelle 13 — Prüfkraftwerte für Muttern bei Umgebungstemperatur — Regelgewinde	24
Tabelle 14 — Prüfkraftwerte für Muttern bei Umgebungstemperatur — Feingewinde	25
Tabelle 15 — Anwendbarkeit von Prüfungen für Verbindungselemente bei Umgebungstemperatur	26
Tabelle 16 — Adapterlochdurchmesser für den Zugversuch an Schrauben	28
Tabelle 17 — Lochdurchmesser der Spannzange für den Prüfkraftversuch für Muttern	35
Tabelle 18 — Referenzwerkstoffe für Hochtemperaturprüfungen	39

Europäisches Vorwort

Der Text von ISO 3506-5:2022 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 2 „Fasteners“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und vom Technischen Komitee CEN/TC 185 „Mechanische Verbindungselemente“ als prEN ISO 3506-5:2023 übernommen, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

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.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 3506-5:2022 wurde von CEN als prEN ISO 3506-5:2023 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-Directives, 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-Directives, 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*, erarbeitet.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 3506 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

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

Die Normenreihe ISO 3506 besteht unter dem allgemeinen Titel *Fasteners — Mechanical properties of corrosion-resistant stainless steel fasteners* aus den folgenden Teilen:

- *Part 1: Bolts, screws and studs with specified grades and property classes*
- *Part 2: Nuts with specified grades and property classes*
- *Part 3¹: Set screws and similar fasteners not under tensile stress*
- *Part 4¹: Tapping screws*
- *Part 5: Special fasteners (also including fasteners from nickel alloys) for high temperature applications*
- *Part 6: General rules for the selection of stainless steels and nickel alloys for fasteners*

Ergänzende detaillierte Erläuterungen zu Festlegungen von Sorten nichtrostender Stähle und Eigenschaften sind in ISO 3506-6 festgelegt.

Die Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostendem Stahl und Nickellegierungen für Hochtemperaturanwendungen ergeben sich aus der chemischen Zusammensetzung des Werkstoffs, dem Wärmebehandlungsverfahren und dem Herstellungsprozess der Verbindungselemente. Statische oder dynamische Eigenschaften bei Raumtemperatur wie Zugfestigkeit, Härte oder Dauerfestigkeit reichen nicht aus, um Verbindungselemente für Hochtemperaturanwendungen richtig auszulegen.

So treten bei hohen Temperaturen, z. B. über 300 °C, zusätzliche Phänomene auf:

- Abnahme der Zugfestigkeit und der Härte;
- Heißoxidation und Verzunderung;
- Spannungsrelaxation;
- Kriechen.

All diese Phänomene wirken sich erheblich auf die Haltbarkeit und Lebensdauer von Verbindungselementen aus. Daher gilt:

- die richtige Wahl der Werkstoffsorte ist wesentlich, um eine starke Heißoxidation zu vermeiden,
- die Qualifizierung von Verbindungselementen durch entsprechende Prüfungen sollte durchgeführt werden.

Derzeit stehen verschiedene Prüfungen zur Verfügung, um das Verhalten von mechanisch bearbeiteten und genormten Proben zu bewerten (siehe z. B. ASTM E292 oder ASTM E328). Zusätzlich zu diesen Prüfungen legt dieses Dokument Prüfverfahren für fertige Verbindungselemente fest: diese sind hilfreich, wenn Ergebnisse benötigt werden, die so repräsentativ wie möglich für die tatsächlichen Betriebsbedingungen sind.

Alle in diesem Dokument aufgeführten Kategorien von Verbindungselementen sind wärmebehandelt (siehe Abschnitt 6). Die Wärmebehandlung ist von entscheidender Bedeutung, um die mechanischen Eigenschaften und ein geeignetes Mikrogefüge zu erreichen, die wesentlich sind, um den oben beschriebenen Phänomenen

1 Es ist vorgesehen, ISO 3506-3 und ISO 3506-4 in Zukunft zu überarbeiten, um die Verweisung auf ISO 3506-6 einzuschließen.

standzuhalten und eine angemessene Haltbarkeit für die Verbindungselemente und die montierten Schraubverbindungen zu erreichen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die mechanischen und physikalischen Eigenschaften von Schrauben und Muttern mit Regelgewinde und Feingewinde aus korrosionsbeständigen nichtrostenden Stählen (d.h. martensitischen nichtrostenden Stählen und ausscheidungshärtenden austenitischen nichtrostenden Stählen) und Nickellegierungen fest, die für die Verwendung bei hohen Temperaturen bis 800 °C bestimmt sind.

Die Prüfungen nach Abschnitt 9 werden im Umgebungstemperaturbereich von 10 °C bis 35 °C durchgeführt, wobei andere Prüfungen auch bei höheren Temperaturen durchgeführt werden können, siehe Abschnitt 10.

ANMERKUNG Die in diesem Dokument festgelegten Verbindungselemente sind auch für den Einsatz bei niedrigen Temperaturen geeignet, typischerweise bis zu –50 °C. Für weitere Informationen siehe ISO 3506-6.

Der Begriff „Verbindungselemente“ (en: fasteners) wird in diesem Dokument verwendet, wenn „Schrauben mit Schaft“ (en: bolts), „Schrauben mit Gewinde bis Kopf“ (en: screws), „Stiftschrauben oder Gewindebolzen“ (en: studs) oder „Muttern“ (en: nuts) als Gesamtheit angesprochen werden.

In ISO 3506-6 werden allgemeine Regeln und zusätzliche technische Angaben zu geeigneten nichtrostenden Stählen und Nickellegierungen sowie ihren Eigenschaften bereitgestellt.

Dieses Dokument gilt für Verbindungselemente:

- mit metrischem ISO-Gewinde nach ISO 68-1,
- mit Durchmesser-Steigungs-Kombinationen nach ISO 261 und ISO 262,
- mit Regelgewinde M3 bis M39 und Feingewinde M8 × 1 bis M39 × 3,
- mit Gewindetoleranzen nach ISO 965-1 und ISO 965-2, und
- einer beliebigen Form und mit voller Belastbarkeit.

Kennzeichen für Verbindungselemente aus nichtrostendem Stahl und Nickellegierungen können für Größen außerhalb der in diesem Dokument festgelegten Grenzen für Durchmesser (d.h. für Schrauben mit $d < 3$ mm oder $d > 39$ mm und für Muttern mit $D < 5$ mm oder $D > 39$ mm) verwendet werden, vorausgesetzt, alle geltenden chemischen, mechanischen und physikalischen Anforderungen werden erfüllt.

Verbindungselemente mit reduzierter Belastbarkeit (d.h. niedrige Muttern und Schrauben, deren Kopf oder der gewindefreie Schaft eine niedrigere Festigkeit als das Gewindeteil aufweist) werden in diesem Dokument nicht behandelt.

Dieses Dokument legt keine Anforderungen an Funktionseigenschaften fest, wie:

- Drehmoment/Vorspannkraft-Eigenschaften,
- Scherfestigkeit,
- Dauerfestigkeit,
- Schweißbarkeit,

oder

- Eigenschaften von Schraubverbindungen und Verbindungselementen in Hochtemperaturumgebungen (siehe Prüfverfahren bei hohen Temperaturen für Verbindungselemente in Abschnitt 10).

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 1891-4, *Fasteners — Vocabulary — Part 4: Control, inspection, delivery, acceptance and quality*

ISO 3506-1, *Fasteners — Mechanical properties of corrosion-resistant stainless steel fasteners — Part 1: Bolts, screws and studs with specified grades and property classes*

ISO 3506-2, *Fasteners — Mechanical properties of corrosion-resistant stainless steel fasteners — Part 2: Nuts with specified grades and property classes*

ISO 3506-6, *Fasteners — Mechanical properties of corrosion-resistant stainless steel fasteners — Part 6: General rules for the selection of stainless steels and nickel alloys for fasteners*

ISO 6506-1, *Metallic materials — Brinell hardness test — Part 1: Test method*

ISO 6507-1, *Metallic materials — Vickers hardness test — Part 1: Test method*

ISO 6508-1, *Metallic materials — Rockwell hardness test — Part 1: Test method*

ISO 6892-1, *Metallic materials — Tensile testing — Part 1: Method of test at room temperature*

ISO 7500-1, *Metallic materials — Calibration and verification of static uniaxial testing machines — Part 1: Tension/compression testing machines — Calibration and verification of the force-measuring system*

ISO 9513, *Metallic materials — Calibration of extensometer systems used in uniaxial testing*

ISO 16228, *Fasteners — Types of inspection documents*

EN 10319-2, *Metallische Werkstoffe — Relaxationsversuch unter Zugbeanspruchung — Teil 2: Prüfverfahren mit Schraubenverbindungsmodellen*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1

nichtrostender Stahl

Stahl mit mindestens 10,5 % Massenanteil Chrom (Cr) und höchstens 1,2 % Massenanteil Kohlenstoff (C)

[QUELLE: ISO 3506-1:2020, 3.5]

3.2

martensitischer nichtrostender Stahl

nichtrostender Stahl (3.1) mit hohen Anteilen an Chrom, jedoch sehr geringen Anteilen an Nickel oder anderen Legierungselementen, der durch eine Wärmebehandlung gehärtet werden kann, um die Festigkeit zu erhöhen, und der jedoch eine verringerte Duktilität aufweist und deutlich magnetisierbar ist

[QUELLE: ISO 3506-1:2020, 3.7]

3.3

ausscheidungshärtende austenitischer nichtrostender Stahl

austenitischer rostfreier Stahl, der durch Abscheiden intermetallischer Phasen aus seiner übersättigten Metallmatrix gehärtet werden kann

3.4

Nickellegierung

Legierung, deren Hauptbestandteil Nickel ist

3.5

Lagerungszeit

Zeit, für die der gesamte wärmebehandelte Teil (an seinen gesamten Querschnitten) auf der festgelegten Solltemperatur gehalten wird

3.6

Schraube aus nichtrostendem Stahl mit voller Belastbarkeit

Schraube mit Nickellegierung mit voller Belastbarkeit

„Schraube mit Schaft“, deren Kopf eine höhere Festigkeit als der Gewindeteil und der gewindefreie Schaft aufweist (mit einem Durchmesser des gewindefreien Schafts $d_s \approx d_2$ oder $d_s > d_2$) oder „Schraube mit Gewinde bis Kopf“, die jeweils die Anforderungen an die Mindestbruchkraft erfüllt

[QUELLE: ISO 3506-1:2020, 3.1, modifiziert]

3.7

Stiftschraube aus nichtrostendem Stahl mit voller Belastbarkeit

Stiftschraube mit Nickellegierung mit voller Belastbarkeit

Stiftschraube mit einem Durchmesser des gewindefreien Schafts von $d_s \approx d_2$ oder $d_s > d_2$, die die Anforderungen an die Mindestbruchkraft erfüllt

[QUELLE: ISO 3506-1:2020, 3.2, modifiziert]

3.8

Mutter aus nichtrostendem Stahl mit voller Belastbarkeit

Mutter mit Nickellegierung mit voller Belastbarkeit

normale Mutter oder hohe Mutter, die die Anforderungen an die Prüfkraft erfüllt und eine Mindesthöhe von $m_{\min} \geq 0,80D$ oder $m_{\text{th,design,min}} \geq 0,73D$ aufweist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Grenzen für die Mindesthöhe $m_{\min} \geq 0,80D$ (für Standardmutter) oder $m_{\text{th,design,min}} \geq 0,73D$ (für andere Mutter) werden in 6.4 erläutert.

3.9

Beständigkeit gegen hohe Umgebungstemperaturen

Ausmaß, in dem ein Verbindungselement die erforderlichen funktionellen Eigenschaften (z. B. Oxidations-, Relaxations- und Kriechfestigkeit) beibehält, wenn es einer festgelegten Temperatur für eine festgelegte Dauer und/oder Temperaturzyklen ausgesetzt ist

3.10

Kriechen

zeitabhängige Dehnung, die nach dem Aufbringen einer Kraft auftritt und danach konstant gehalten wird

3.11

Relaxation

zeitabhängiger Spannungsverlust für eine konstante Dehnung

4 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole.

A	Bruchverlängerung des ganzen Verbindungselements, mm
A_T	Bruchverlängerung des ganzen Verbindungselements bei hoher Temperatur, mm
$A_{s,nom}$	Nennspannungsquerschnitt im Gewinde, mm ²
b	Gewindelänge, mm
d, D	Gewindenennendurchmesser, mm
d_1	Kerndurchmesser des Außengewindes am Grundprofil, mm
d_2	Flankendurchmesser des Außengewindes am Grundprofil, mm
D_2	Flankendurchmesser des Innengewindes am Grundprofil, mm
d_3	Kerndurchmesser des Außengewindes (für die Berechnung des Nennspannungsquerschnitts), mm
d_h	Lochdurchmesser der Spannzange in der Zugprüfmaschine, mm
d_s	Durchmesser des gewindefreien Schaftes, mm
F_{mf}	Zugbruchkraft des ganzen Verbindungselements, N
$F_{mf,T}$	Zugbruchkraft des ganzen Verbindungselements bei hoher Temperatur, N
$F_{n,T}$	höchste Abstreifkraft der Mutter bei hoher Temperatur, N
F_p	Prüfkraft der Mutter, N
F_{pf}	Kraft bei der 0,2-%-Dehngrenze des ganzen Verbindungselements, N
$F_{pf,T}$	Kraft bei der 0,2-%-Dehngrenze des ganzen Verbindungselements bei hoher Temperatur, N
h	Dicke der Spannzange der Mutter in der Zugprüfmaschine, mm
H	Höhe des Profildreiecks des Gewindes, mm
l	Nennlänge des Verbindungselements, mm
L_0	Gesamtlänge des Verbindungselements vor dem Zugversuch, mm
L_1	Gesamtlänge des Verbindungselements nach dem Bruch, mm
L_2	Einspannlänge vor dem Zugversuch, mm
l_t	Gesamtlänge einer Stiftschraube, mm
l_{th}	freie belastete Gewindelänge eines Verbindungselements in einer Prüfeinrichtung, mm
m	Höhe der Mutter, mm
$m_{th,design}$	Auslegungsgewindehöhe der Mutter, mm
P	Gewindesteigung, mm
R_{mf}	Zugfestigkeit eines ganzen Verbindungselements, MPa
$R_{mf,T}$	Zugfestigkeit eines ganzen Verbindungselements bei hoher Temperatur, MPa
$R_{n,T}$	Festigkeit der Mutter bei Abstreifkraft bei hoher Temperatur, MPa
R_{pf}	0,2-%-Dehngrenze bei ganzen Verbindungselementen, MPa
$R_{pf,T}$	0,2-%-Dehngrenze bei ganzen Verbindungselementen bei hoher Temperatur, MPa
S_p	Spannung unter Prüfkraft, MPa

5 Bezeichnungssystem für Verbindungselemente aus nichtrostenden Stählen und Nickellegierungen

Alle in diesem Dokument festgelegten nichtrostenden Stähle und Nickellegierungen gehören einer der drei folgenden Kategorien an:

- **martensitischer nichtrostender Stahl** (3.2): CH0, CH1, CH2, V, VH, und VW,
- **ausscheidungshärtende austenitische nichtrostende Stähle** (3.3): SD,
- **Nickellegierungen** (3.4): SB und 718.

Die chemische Zusammensetzung und die Wärmebehandlung von Verbindungselementen für diese drei Werkstoffkategorien sind in Abschnitt 6 festgelegt.

Die Kennzeichnung, Etikettierung und Bezeichnung mit den Kennzeichen für Verbindungselemente nach Abschnitt 6 muss nach Abschnitt 11 erfolgen.

6 Werkstoffe und Herstellung

6.1 Chemische Zusammensetzung

Tabelle 1, Tabelle 2 und Tabelle 3 legen die Grenzwerte für die chemische Zusammensetzung nichtrostender Stähle und Nickellegierungen für Verbindungselemente fest. Die chemische Zusammensetzung muss in Übereinstimmung mit den entsprechenden Internationalen Normen bewertet werden.

Die endgültige Wahl der chemischen Zusammensetzung innerhalb des festgelegten Kennzeichens für Verbindungselemente liegt im Ermessen des Herstellers, sofern keine andere Vereinbarung zwischen dem Kunden und dem Hersteller geschlossen wurde.

Die für eine Anwendung geeignete Sorte nichtrostender Stähle und Nickellegierungen ist in Übereinstimmung mit den Festlegungen nach ISO 3506-6 auszuwählen (siehe auch Literaturhinweise für zusätzliche Informationen zu den Werkstoffen).

Tabelle 1 — Chemische Zusammensetzung für Verbindungselemente aus martensitischem nichtrostendem Stahl

Kenn- zeichen des Verbin- dungs- ele- ments	Werkstoff- Verweisung	Chemische Zusammensetzung									
		Massenanteil, %									
		(Höchstwerte, wenn nicht anders angegeben)									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	N	andere Elemente
CH0	4021-420-00-I ^a	0,16 bis 0,25	1,00	1,50	0,040	0,030 ^c	12,0 bis 14,0	—	—	—	—
	1.4021 ^b										
CH1	4028-420-00-I ^a	0,26 bis 0,35	1,00	1,50	0,040	0,030 ^c	12,0 bis 14,0	—	—	—	—
	1.4028 ^b										
CH2	4057-431-00-X ^a	0,12 bis 0,22	1,00	1,50	0,040	0,030	15,0 bis 17,0	—	1,50 bis 2,50	—	—
	1.4057 ^b										
V oder VH ^d	4923-422-77-E ^a	0,18 bis 0,24	0,50	0,40 bis 0,90	0,025	0,015	11,0 bis 12,5	0,80 bis 1,20	0,30 bis 0,80	—	V: 0,25 bis 0,35
	1.4923 ^e										

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Kenn- zeichen des Verbin- dungs- ele- ments	Werkstoff- Verweisung	Chemische Zusammensetzung									
		Massenanteil, %									
		(Höchstwerte, wenn nicht anders angegeben)									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	N	andere Elemente
VW	1.4913 ^e	0,17 bis 0,23	0,50	0,40 bis 0,90	0,025	0,015	10,0 bis 11,5	0,50 bis 0,80	0,20 bis 0,60	0,05 bis 0,10	V: 0,10 bis 0,30 Nb: 0,25 bis 0,55 B ≤ 0,0015 Al ≤ 0,020

^a Die angegebene Verweisung auf den Werkstoff dient der Information nach ISO 15510.
^b Die angegebene Verweisung auf den Werkstoff dient der Information nach EN 10088-3.
^c Für die Bearbeitbarkeit wird ein kontrollierter Schwefelmassenanteil von 0,015 % bis 0,030 % empfohlen.
^d Kennzeichen V für die 0,2-%-Dehngrenze $R_{pf} \geq 600$ MPa, und Kennzeichen VH für $R_{pf} \geq 700$ MPa, nach Tabelle 7.
^e Die angegebene Verweisung auf den Werkstoff dient der Information nach EN 10269.

Tabelle 2 — Chemische Zusammensetzung für Verbindungselemente aus ausscheidungshärtendem austenitischem nichtrostendem Stahl

Kenn- zeichen des Verbin- dungs- elements	Werkstoff- Verweisung	Chemische Zusammensetzung									
		Massenanteil, %									
		(Höchstwerte, wenn nicht anders angegeben)									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Ti	andere Elemente
SD ^a	4980-662-86-X ^b	0,080 ^e	1,00	2,00	0,040	0,030	13,5 bis 16,0	1,00 bis 1,50	24,0 bis 27,0	1,90 bis 2,35	Al ≤ 0,35
	Alloy 660										V: 0,10 bis 0,50
	UNS S66286 ^c										B: 0,0010 bis 0,010
	1.4980 ^d	0,030 bis 0,080	1,00	1,00 bis 2,00	0,025	0,015	13,5 bis 16,0	1,00 bis 1,50	24,0 bis 27,0	1,90 bis 2,30	Al ≤ 0,35 V: 0,10 bis 0,50 B: 0,0030 bis 0,010

^a Ein sekundäres Schmelzen (z. B. Elektroschlacke-Umschmelzen) des Rohmaterials wird wegen der positiven Auswirkungen auf die funktionellen Eigenschaften der fertigen Verbindungselemente empfohlen. Die Wahl des Schmelzverfahrens ist dem Hersteller der Verbindungselemente überlassen, sofern nichts anderes vereinbart wurde.
^b Die angegebene Verweisung auf den Werkstoff dient der Information nach ISO 15510.
^c Die angegebene Verweisung auf den Werkstoff dient der Information nach ASTM A453/A453M.
^d Die angegebene Verweisung auf den Werkstoff dient der Information nach EN 10269.
^e Für bestimmte Anwendungen kann ein Mindestkohlenstoffgehalt erforderlich sein.

Tabelle 3 — Chemische Zusammensetzung für Verbindungselemente mit Nickellegierungen

Kenn- zeichen für Verbin- dungs- ele- mente	Werkstoff- Verweisung	Chemische Zusammensetzung									
		Massenanteil, %									
		(Höchstwerte, wenn nicht anders angegeben)									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Ti	andere Elemente
SB ^a	Alloy 80A UNS N07080 ^b	0,10 ^c	1,00	1,00	—	0,015	18,0 bis 21,0	—	Re- minder	1,80 bis 2,70	Al: 0,50 bis 1,80 Fe ≤ 3,00
	2.4952 ^d	0,040 bis 0,10	1,00	1,00	0,020	0,015	18,0 bis 21,0	—	≥ 65	1,80 bis 2,70	Al: 1,00 bis 1,80 Fe ≤ 1,50 Co ≤ 1,00 Cu ≤ 0,20 B ≤ 0,0080
718 ^a	Alloy 718 UNS N07718 ^e	0,080 ^c	0,35	0,35	0,015	0,015	17,0 bis 21,0	2,80 bis 3,30	50 bis 55	0,65 bis 1,15	Nb + Ta: 4,75 bis 5,50 Al: 0,20 bis 0,80 Co ≤ 1,00 Cu ≤ 0,30 B ≤ 0,0060
	2.4668 ^f	0,020 bis 0,080	0,35	0,35	0,015	0,015	17,0 bis 21,0	2,80 bis 3,30	50 bis 55	0,60 bis 1,20	Nb + Ta: 4,7 bis 5,5 Al: 0,30 bis 0,70 Co ≤ 1,00 Cu ≤ 0,30 B ≤ 0,0020 bis 0,0060
^a Ein sekundäres Schmelzen (z. B. Elektroschlacke-Umschmelzen) des Rohmaterials wird wegen der positiven Auswirkungen auf die funktionellen Eigenschaften der fertigen Verbindungselemente empfohlen. Die Wahl des Schmelzverfahrens ist dem Hersteller der Verbindungselemente überlassen, sofern nichts anderes vereinbart wurde. ^b Die angegebenen Verweisungen auf den Werkstoff dienen der Information nach ASTM B637. ^c Für bestimmte Anwendungen kann ein Mindestkohlenstoffgehalt erforderlich sein. ^d Die angegebenen Verweisungen auf den Werkstoff dienen der Information nach EN 10269. ^e Die angegebenen Verweisungen auf den Werkstoff dienen der Information nach ASTM A1014. ^f Die angegebenen Verweisungen auf den Werkstoff dienen der Information nach EN 10302.											

6.2 Wärmebehandlung von Verbindungselementen

Die Verbindungselemente müssen wärmebehandelt werden, um die in Abschnitt 7 festgelegten mechanischen und physikalischen Eigenschaften zu erfüllen.

Die Anforderungen an die Wärmebehandlung sind in Tabelle 4 festgelegt. Die Mindestanlasstemperatur für martensitische nichtrostende Stähle muss nach Tabelle 4 gewählt werden, wobei die in Tabelle 7 geforderten mechanischen und physikalischen Eigenschaften sowie die Temperatur, bei der die Verbindungselemente verwendet werden sollen, berücksichtigt werden müssen.

Die Verfahrensschritte müssen wie folgt eingehalten werden:

- für SD, SB und 718 muss eine Lösungsglühung (AT) durchgeführt werden. Darüber hinaus wird dringend empfohlen, AT nach der Herstellung der Verbindungselemente durchzuführen; bei Verbindungselementen mit Außengewinde und einer Zugfestigkeit R_{mf} von 1 100 MPa oder mehr könnte AT jedoch am Rohmaterial (vor der Herstellung der Verbindungselemente) durchgeführt werden, sofern der Käufer und der Hersteller dies zum Zeitpunkt der Bestellung vereinbart haben;
- bei kalt- und warmgeschmiedeten Verbindungselementen muss die Wärmebehandlung nach der Herstellung der Verbindungselemente erfolgen;
- bei aus Stäben gefertigten Verbindungselementen kann die Wärmebehandlung am Rohmaterial oder nach der Herstellung der Verbindungselemente durchgeführt werden.

Bei Verbindungselementen mit Außengewinde kann das Gewindefurchen vor oder nach der Wärmebehandlung oder zwischen den Schritten Lösungsglühen (AT) und Ausscheidungshärten (P) durchgeführt werden.

Tabelle 4 — Wärmebehandlung von Verbindungselementen

Kennzeichen für Verbindungselemente	Zustand der Wärmebehandlung	Temperaturbereich für das Abschrecken/ Lösungsglühen °C [und Lagerungszeit (3.5)]	Temperatur für das Anlassen/ Ausscheidungshärten °C [und Lagerungszeit (3.5)]
CH0	+QT	950 bis 1 050	$\geq 450^a$ b
CH1	+QT	950 bis 1 050	$\geq 450^a$ b
CH2	+QT	950 bis 1 050	$\geq 450^a$ b
V	+QT	1 020 bis 1 070	$\geq 550^a$
VH	+QT	1 020 bis 1 070	$\geq 550^a$
VW	+QT	1 100 bis 1 130	$\geq 550^a$
SD	+AT+P	970 bis 990 [≥ 1 h]	704 bis 760 [≥ 16 h]
		890 bis 910 [≥ 1 h]	
SB	+AT+P	1 050 bis 1 080	1. Schritt: 840 bis 860 [≥ 24 h] 2. Schritt: 690 bis 710 [≥ 16 h]
718	+AT+P	940 bis 1 010	1. Schritt: 710 bis 730 [≥ 8 h] 2. Schritt: 610 bis 630 Gesamtdauer der Behandlung: mindestens 18 h
QT vergütet.			
AT lösungsgeglüht (Glühbehandlung).			
P ausscheidungsgehärtet.			
^a Wenn die vorgesehene Betriebstemperatur vom Kunden festgelegt wird, muss der Hersteller eine Anlasstemperatur oberhalb dieser Betriebstemperatur und in Übereinstimmung mit dieser Tabelle 4 wählen. Andernfalls wird die Wahl der Anlasstemperatur dem Hersteller überlassen, vorausgesetzt, die geforderten mechanischen und physikalischen Eigenschaften der Verbindungselemente werden erfüllt.			
^b Anlasstemperaturen zwischen 500 °C und 600 °C sollten vermieden werden (Verlust der Zähigkeit und erhöhtes Risiko interkristalliner Korrosion): siehe Informationen in Anhang A			

Lagerungszeiten, die nicht in Tabelle 4 festgelegt sind, bleiben der Wahl des Herstellers überlassen. Abkühlmittel sind in Tabelle 4 nicht festgelegt, sie sind der Wahl des Herstellers überlassen (siehe z. B. EN 10269).

6.3 Oberflächenausführung

Soweit nicht anders vereinbart, müssen Verbindungselemente sauber geliefert werden.

Verbindungselemente werden häufig in Schraubenverbindungen verwendet, bei denen die Vorspannkraft durch Anziehen des Drehmoments aufgebracht wird. Es wird empfohlen, Verbindungselemente aus nichtrostendem Stahl und Nickellegierungen zu schmieren, um ein Festfressen beim Anziehen zu vermeiden.

ANMERKUNG 1 Es gibt mehrere Parameter, wie z. B. eine Beschädigung des Gewindes, eine hohe Vorspannkraft, eine hohe Anzugsgeschwindigkeit, die das Risiko des Festfressens von Verbindungselementen aus nichtrostendem Stahl und Nickellegierung in Schraubverbindungen während des Anziehens erhöhen können.

ANMERKUNG 2 In Internationalen Normen für Verbindungselemente aus nichtrostendem Stahl und Nickellegierung sind noch keine Anforderungen festgelegt, die Oberflächenunregelmäßigkeiten und Drehmoment/Vorspannkraft-Eigenschaften betreffen.

Ein geregeltes Verhältnis zwischen Drehmoment und Vorspannkraft kann für Verbindungselemente aus nichtrostendem Stahl und Nickellegierung durch eine angemessene Oberflächenausführung entweder nur mit einem Schmiermittel oder mit einer Beschichtung, Deckbeschichtung und/oder einem Versiegelungsmittel einschließlich Schmiermittel erreicht werden. In diesem Fall sollte die Bezeichnung und/oder Etikettierung die Buchstaben „Lu“ unmittelbar nach dem Kennzeichen des Verbindungselements enthalten, z. B. SD Lu. Es sollten geeignete Maßnahmen und Mittel für das Anziehen der Schrauben entsprechend ausgewählt werden, um die geforderte Vorspannkraft zu erreichen.

Wenn spezielle Anforderungen einzuhalten sind, müssen diese zwischen dem Lieferanten und dem Kunden zum Zeitpunkt der Bestellung vereinbart werden.

6.4 Konstruktion von Schrauben/Schraubenverbindungen

Zwei Arten von Muttern werden nach ihren Mindesthöhen festgelegt:

- a) Für Standard-Sechskantmutter (ohne Flansch und ohne Sicherungseigenschaften) werden die Typen entsprechend der Mindesthöhe der Mutter, $m_{\min}$, festgelegt:
 - Typ 1 für normale Muttern mit $0,80D \leq m_{\min} < 0,89D$,
 - Typ 2 für hohe Muttern mit $m_{\min} \geq 0,89D$.
- b) Für Muttern (Muttern mit Flansch, Muttern nach Zeichnung usw.) werden die Typen entsprechend der minimalen Auslegungsgewindehöhe $m_{\text{th,design,min}}^2$ festgelegt:
 - Typ 1 für normale Muttern mit $0,73D \leq m_{\text{th,design,min}} < 0,83D$,
 - Typ 2 für hohe Muttern mit $m_{\text{th,design,min}} \geq 0,83D$.

Weitere Informationen über grundlegende Gestaltungsgrundsätze für Muttern und zur Belastbarkeit von geschraubten Verbindungen sind in ISO 3506-2 enthalten.

Muttern sollten mit Schrauben (und flachen Scheiben) mit demselben Kennzeichen für Verbindungselemente gepaart werden (z. B. CH0-Schrauben mit CH0-Muttern). Die Kombination von Verbindungselementen aus verschiedenen Werkstoffen ist jedoch unter Voraussetzungen möglich:

- es muss ein erfahrener Metallurge für Verbindungselemente hinzugezogen werden,

2 Bisher ist $m_{\text{th,design,min}}$ nur in ISO/DIS 898-2:2021 für Stahlmutter spezifiziert: Es wird in ISO 3506-2 bei der nächsten Überarbeitung berücksichtigt werden.

- es muss immer das Bauteil mit der niedrigsten Korrosionsbeständigkeit berücksichtigt werden,
- es muss immer das Bauteil mit der niedrigsten Temperaturbeständigkeit berücksichtigt werden, und
- es muss auch das Risiko der Festfressens berücksichtigt werden.

In Bezug auf die Werkstoffeigenschaften sollten die Verbindungselemente in Übereinstimmung mit den in Tabelle 5 oberhalb der gestuften dicken Linie festgelegten Kombinationen gepaart werden.

Tabelle 5 — Empfohlene Kombinationen von Schrauben mit Muttern

Schrauben	Muttern						
	CH0	CH1	CH2	V, VH und VW	SD	SB	718
CH0							
CH1				Mögliche gepaarte Muttern			
CH2							
V, VH und VW							
SD							
SB							
718							

Wenn in Schraubenverbindungen mit eingespannten Teilen Verbindungselemente aus nichtrostendem Stahl und Nickellegierung verwendet werden, wird empfohlen, die Verwendung von isolierenden Teilen in Betracht zu ziehen, um galvanische Korrosion zu vermeiden.

6.5 Betriebstemperaturen für Verbindungselemente

Die in Abschnitt 7 festgelegten mechanischen und physikalischen Eigenschaften und die in Abschnitt 9 festgelegten Prüfverfahren gelten für Verbindungselemente im Umgebungstemperaturbereich von 10 °C bis 35 °C. Die mechanischen und physikalischen Eigenschaften der Verbindungselemente nehmen ab, wenn sie bei hohen Temperaturen verwendet werden. Die typische maximale Betriebstemperatur in Bezug auf das Kennzeichen des Verbindungselements ist in Tabelle 6 festgelegt. Abhängig von den Betriebsbedingungen kann die anwendbare Temperatur jedoch auch niedriger sein.

Tabelle 6 — Typische maximale Betriebstemperaturen für Verbindungselemente

Kennzeichen des Verbindungselements	Typische maximale Betriebstemperatur °C
CH0	400
CH1	400
CH2	450
V	550
VH	550
VW	550
SD	650
SB	800

Tabelle 6 (fortgesetzt)

Kennzeichen des Verbindungselements	Typische maximale Betriebstemperatur °C
718	700
ANMERKUNG SD, SB und 718 bieten auch eine gute Beständigkeit gegen Nasskorrosion.	

Oberhalb dieser typischen maximalen Betriebstemperaturen können die festgelegten mechanischen oder physikalischen Eigenschaften beeinträchtigt werden. Insbesondere oberhalb von 500 °C tritt Hochtemperaturoxidation auf, und die Kriechfestigkeit (3.10) ist der bestimmende Faktor. Es ist daher die Verantwortung des Anwenders, die geeignete Wahl für eine bestimmte Anwendung, einschließlich der Beständigkeit gegen hohe Temperaturen (3.9), in Absprache mit einem erfahrenen Metallurgen für Verbindungselemente zu treffen.

Wenn die Eigenschaften von Verbindungselementen für eine bestimmte Anwendung beurteilt werden müssen, ist es empfehlenswert, an den fertigen Verbindungselementen bei der erwarteten Betriebstemperatur einen Zugversuch bei hoher Temperatur und/oder eine Spannungsbruchprüfung und/oder eine Relaxationsprüfung (3.11) durchzuführen. Entsprechende Prüfverfahren sind in Abschnitt 10 festgelegt.

Die Prüfungen sollten unter Bedingungen durchgeführt werden, die denen der endgültigen Verbindung in der vorgesehenen Anwendung so nahe wie möglich kommen (eingespannte Teile, Vorspannkraft, Betriebstemperatur usw.). Die Vertragsparteien müssen sich vor der Bestellung über alle Prüfbedingungen einigen.

7 Mechanische und physikalische Eigenschaften

7.1 Mechanische Eigenschaften von Schrauben

Bei Prüfung nach den in Abschnitt 9 festgelegten Verfahren müssen die Schrauben des festgelegten Kennzeichens für Verbindungselemente bei Umgebungstemperatur alle geltenden Anforderungen nach Tabelle 7 bis Tabelle 11 erfüllen, unabhängig davon, welche Prüfungen während der Herstellung oder der Endprüfung durchgeführt werden.

Tabelle 7 — Eigenschaften bei Umgebungstemperatur für Schrauben

Kennzeichen des Verbindungselements	Zugfestigkeit R_{mf} MPa min.	0,2-%-Dehngrenze R_{pf} MPa min.	Bruchverlängerung A mm min.	Härte HRC min. – max.	Umge-werteter Härtewert ^a HV ($F \geq 98 \text{ N}$) min. – max.
CH0	800	600	0,20d	22 – 32	250 – 320
CH1	850	650	0,20d	26 – 39	270 – 380
CH2	860	690	0,20d	25 – 32	260 – 320
V	800	600	0,20d	22 – 32	250 – 320
VH	900	700	0,20d	28 – 38	280 – 370
VW	900	750	0,20d	28 – 38	280 – 370
SD	900	600	0,25d	22 – 37	250 – 367
SB	1 000	600	0,20d	32 – 42	320 – 417

Tabelle 7 (fortgesetzt)

Kennzeichen des Verbindungselements	Zugfestigkeit R_{mf} MPa min.	0,2-%-Dehngrenze R_{pf} MPa min.	Bruchverlängerung A mm min.	Härte HRC min. – max.	Umge- werteter Härtewert ^a HV ($F \geq 98$ N) min. – max.
718	1 230	1 030	0,20d	36 – 48	345 – 480
ANMERKUNG Zur Eignung für Hochtemperaturanwendungen siehe Tabelle 6.					
^a Die Vickershärte wird unter Berücksichtigung von ASTM A370, ASTM A1014, ASTM F2281 und DIN 267-13 aus HRC-Werten umgerechnet.					

Tabelle 8 — Mindestbruchkräfte bei Umgebungstemperatur — Regelgewinde

Ge- winde d	Nenn- span- nungs- quer- schnitt $A_{s,nom}$ mm ²	Mindestbruchkraft, F_{mf} N								
		CH0	CH1	CH2	V	VH	VW	SD	SB	718
M3	5,03	4 030	4 280	4 330	4 030	4 530	4 530	4 530	5 040	6 190
M3,5	6,78	5 430	5 760	5 830	5 430	6 100	6 100	6 100	6 780	8 340
M4	8,78	7 030	7 470	7 550	7 030	7 910	7 910	7 910	8 780	10 800
M5	14,2	11 350	12 060	12 200	11 350	12 770	12 770	12 770	14 190	17 450
M6	20,1	16 100	17 110	17 310	16 100	18 120	18 120	18 120	20 130	24 760
M7	28,9	23 090	24 540	24 820	23 090	25 980	25 980	25 980	28 860	35 500
M8	36,6	29 290	31 120	31 490	29 290	32 950	32 950	32 950	36 610	45 030
M10	58,0	46 400	49 300	49 880	46 400	52 200	52 200	52 200	57 990	71 330
M12	84,3	67 420	71 630	72 470	67 420	75 840	75 840	75 840	84 270	103 700
M14	115	92 360	98 130	99 280	92 360	103 900	103 900	103 900	115 500	142 000
M16	157	125 400	133 200	134 800	125 400	141 100	141 100	141 100	156 700	192 800
M18	192	154 000	163 700	165 600	154 000	173 300	173 300	173 300	192 500	236 800
M20	245	195 900	208 100	210 600	195 900	220 400	220 400	220 400	244 800	301 100
M22	303	242 800	257 900	261 000	242 800	273 100	273 100	273 100	303 400	373 200
M24	353	282 100	299 700	303 200	282 100	317 300	317 300	317 300	352 600	433 600
M27	459	367 600	390 500	395 100	367 600	413 500	413 500	413 500	459 500	565 100
M30	561	448 500	476 500	482 200	448 500	504 600	504 600	504 600	560 600	689 600
M33	694	554 900	589 600	596 500	554 900	624 200	624 200	624 200	693 600	853 100
M36	817	653 400	694 300	702 400	653 400	735 100	735 100	735 100	816 800	1 004 600
M39	976	780 700	829 400	839 200	780 700	878 200	878 200	878 200	975 800	1 200 200
$F_{mf,min} = A_{s,nom} \times R_{mf,min}$. Für die Berechnung von $A_{s,nom}$ siehe 9.1.8. Die Kraftwerte werden mit den genauen Daten für A_s berechnet, und erst am Ende werden die Werte auf die nächsthöheren 10 N bis zu 100 000 N und auf die nächsthöheren 100 N darüber gerundet.										

Tabelle 9 — Mindestkräfte bei R_{pf} bei Umgebungstemperatur — Regelgewinde

Ge- winde d	Nenn- span- nungs- quer- schnitt $A_{s,nom}$ mm^2	Mindestkraft bei der 0,2 %-Dehngrenze, F_{pf}								
		N								
		CH0	CH1	CH2	V	VH	VW	SD	SB	718
M3	5,03	3 020	3 280	3 480	3 020	3 530	3 780	3 020	3 020	5 190
M3,5	6,78	4 070	4 410	4 680	4 070	4 750	5 090	4 070	4 070	6 980
M4	8,78	5 270	5 710	6 060	5 270	6 150	6 590	5 270	5 270	9 050
M5	14,2	8 510	9 220	9 790	8 510	9 930	10 640	8 510	8 510	14 610
M6	20,1	12 080	13 090	13 890	12 080	14 090	15 100	12 080	12 080	20 730
M7	28,9	17 320	18 760	19 920	17 320	20 210	21 650	17 320	17 320	29 730
M8	36,6	21 970	23 800	25 260	21 970	25 630	27 460	21 970	21 970	37 710
M10	58,0	34 800	37 700	40 020	34 800	40 600	43 500	34 800	34 800	59 730
M12	84,3	50 560	54 780	58 150	50 560	58 990	63 200	50 560	50 560	86 800
M14	115	69 270	75 040	79 660	69 270	80 810	86 580	69 270	69 270	119 000
M16	157	94 010	101 900	108 200	94 010	109 700	117 600	94 010	94 010	161 400
M18	192	115 500	125 200	132 900	115 500	134 800	144 400	115 500	115 500	198 300
M20	245	146 900	159 200	169 000	146 900	171 400	183 600	146 900	146 900	252 200
M22	303	182 100	197 300	209 400	182 100	212 400	227 600	182 100	182 100	312 600
M24	353	211 600	229 200	243 300	211 600	246 800	264 400	211 600	211 600	363 100
M27	459	275 700	298 700	317 000	275 700	321 600	344 600	275 700	275 700	473 200
M30	561	336 400	364 400	386 900	336 400	392 500	420 500	336 400	336 400	577 500
M33	694	416 200	450 900	478 600	416 200	485 500	520 200	416 200	416 200	714 400
M36	817	490 100	530 900	563 600	490 100	571 800	612 600	490 100	490 100	841 300
M39	976	585 500	634 300	673 300	585 500	683 100	731 900	585 500	585 500	1 005 100

$F_{pf,min} = A_{s,nom} \times R_{pf,min}$. Für die Berechnung von $A_{s,nom}$ siehe 9.1.8. Die Kraftwerte werden mit den genauen Daten für A_s berechnet, und erst am Ende werden die Werte auf die nächsthöheren 10 N bis zu 100 000 N und auf die nächsthöheren 100 N darüber gerundet.

Tabelle 10 — Mindestbruchkräfte bei Umgebungstemperatur — Feingewinde

Gewinde $d \times P$	Nenn- span- nungs- quer- schnitt $A_{s,nom}$ mm^2	Mindestbruchkraft, F_{mf}								
		N								
		CH0	CH1	CH2	V	VH	VW	SD	SB	718
M8×1	39,2	31 340	33 300	33 690	31 340	35 260	35 260	35 260	39 170	48 180
M10×1,25	61,2	48 960	52 020	52 640	48 960	55 080	55 080	55 080	61 200	75 280
M10×1,0	64,5	51 600	54 820	55 470	51 600	58 050	58 050	58 050	64 500	79 330
M12×1,5	88,1	70 510	74 910	75 790	70 510	79 320	79 320	79 320	88 130	108 400
M12×1,25	92,1	73 660	78 270	79 190	73 660	82 870	82 870	82 870	92 080	113 300
M14×1,5	125	99 640	105 900	107 200	99 640	112 100	112 100	112 100	124 600	153 200

Tabelle 10 (*fortgesetzt*)

Gewinde $d \times P$	Nenn- span- nungs- quer- schnitt $A_{s,nom}$ mm ²	Mindestbruchkraft, F_{mf}								
		N								
		CH0	CH1	CH2	V	VH	VW	SD	SB	718
M16×1,5	167	133 800	142 200	143 900	133 800	150 600	150 600	150 600	167 300	205 800
M18×1,5	216	173 000	183 800	186 000	173 000	194 700	194 700	194 700	216 300	266 000
M20×1,5	272	217 300	230 800	233 500	217 300	244 400	244 400	244 400	271 600	334 000
M22×1,5	333	266 500	283 100	286 500	266 500	299 800	299 800	299 800	333 100	409 700
M24×2	384	307 600	326 800	330 600	307 600	346 000	346 000	346 000	384 500	472 900
M27×2	496	396 600	421 400	426 400	396 600	446 200	446 200	446 200	495 800	609 800
M30×2	621	497 000	528 100	534 300	497 000	559 100	559 100	559 100	621 300	764 100
M33×2	761	608 700	646 700	654 300	608 700	684 800	684 800	684 800	760 800	935 800
M36×3	865	692 000	735 200	743 900	692 000	778 500	778 500	778 500	865 000	1 063 900
M39×3	1 030	822 800	874 200	884 500	822 800	925 600	925 600	925 600	1 028 400	1 265 000

$F_{mf,min} = A_{s,nom} \times R_{mf,min}$. Für die Berechnung von $A_{s,nom}$ siehe 9.1.8. Die Kraftwerte werden mit den genauen Daten für A_s berechnet, und erst am Ende werden die Werte auf die nächsthöheren 10 N bis zu 100 000 N und auf die nächsthöheren 100 N darüber gerundet.

Tabelle 11 — Mindestkräfte bei R_{pf} bei Umgebungstemperatur — Feingewinde

Gewinde $d \times P$	Nenn- span- nungs- quer- schnitt $A_{s,nom}$ mm ²	Mindestkraft an der 0,2 %-Dehngrenze, F_{pf}								
		N								
		CH0	CH1	CH2	V	VH	VW	SD	SB	718
M8×1	39,2	23 510	25 460	27 030	23 510	27 420	29 380	23 510	23 510	40 350
M10×1,25	61,2	36 720	39 780	42 230	36 720	42 840	45 900	36 720	36 720	63 040
M10×1,0	64,5	38 700	41 930	44 510	38 700	45 150	48 380	38 700	38 700	66 430
M12×1,5	88,1	52 880	57 290	60 810	52 880	61 690	66 100	52 880	52 880	90 770
M12×1,25	92,1	55 250	59 850	63 530	55 250	64 460	69 060	55 250	55 250	94 840
M14×1,5	125	74 730	80 960	85 940	74 730	87 190	93 410	74 730	74 730	128 300
M16×1,5	167	100 400	108 800	115 500	100 400	117 100	125 500	100 400	100 400	172 300
M18×1,5	216	129 800	140 600	149 300	129 800	151 400	162 200	129 800	129 800	222 800
M20×1,5	272	163 000	176 500	187 400	163 000	190 100	203 700	163 000	163 000	279 700
M22×1,5	333	199 900	216 500	229 900	199 900	233 200	249 800	199 900	199 900	343 100
M24×2	384	230 700	249 900	265 300	230 700	269 100	288 400	230 700	230 700	396 000
M27×2	496	297 500	322 300	342 100	297 500	347 100	371 900	297 500	297 500	510 700
M30×2	621	372 800	403 800	428 700	372 800	434 900	466 000	372 800	372 800	639 900
M33×2	761	456 500	494 600	525 000	456 500	532 600	570 600	456 500	456 500	783 700
M36×3	865	519 000	562 300	596 900	519 000	605 500	648 800	519 000	519 000	890 900

Tabelle 11 (fortgesetzt)

Gewinde $d \times P$	Nennspannungsquerschnitt $A_{s,nom}$ mm ²	Mindestkraft an der 0,2 %-Dehngrenze, F_{pf}								
		N								
		CH0	CH1	CH2	V	VH	VW	SD	SB	718
M39×3	1 030	617 100	668 500	709 600	617 100	719 900	771 300	617 100	617 100	1 059 300

$F_{pf,min} = A_{s,nom} \times R_{pf,min}$. Für die Berechnung von $A_{s,nom}$ siehe 9.1.8. Die Kraftwerte werden mit den genauen Daten für A_s berechnet, und erst am Ende werden die Werte auf die nächsthöheren 10 N bis zu 100 000 N und auf die nächsthöheren 100 N darüber gerundet.

7.2 Mechanische Eigenschaften von Muttern

Bei Prüfung nach den in Abschnitt 9 festgelegten Verfahren müssen die Muttern des festgelegten Kennzeichens für Verbindungselemente bei Umgebungstemperatur alle nach Tabelle 12 bis Tabelle 14 festgelegten Anforderungen an die Prüfkraft und Härte erfüllen, unabhängig davon, welche Prüfungen während der Herstellung oder der Endprüfung durchgeführt werden.

Tabelle 12 — Härte für Muttern bei Umgebungstemperatur

Kennzeichen des Verbindungselements	Spannung unter Prüfkraft, S_p MPa	Härte HRC min. – max.	Umgewerteter Härtewert ^a HV ($F \geq 98$ N) min. – max.
CH0	800	22 – 32	250 – 320
CH1	850	26 – 39	270 – 380
CH2	860	25 – 32	260 – 320
V	800	22 – 32	250 – 320
VH	900	28 – 38	280 – 370
VW	900	28 – 38	280 – 370
SD	900	22 – 37	250 – 367
SB	1 000	32 – 42	320 – 417
718	1 230	36 – 48	345 – 480

^a Die Vickershärte wird unter Berücksichtigung von ASTM A370, ASTM A1014, ASTM F2281 und DIN 267-13 aus HRC-Werten umgerechnet.

Tabelle 13 — Prüfkraftwerte für Muttern bei Umgebungstemperatur — Regelgewinde

Ge- winde <i>D</i>	Nenn- span- nungs- quer- schnitt <i>A_{s,nom}</i> mm ²	Prüfkraft, <i>F_p</i> N								
		CH0	CH1	CH2	V	VH	VW	SD	SB	718
M5	14,2	11 350	12 060	12 200	11 350	12 770	12 770	12 770	14 190	17 450
M6	20,1	16 100	17 110	17 310	16 100	18 120	18 120	18 120	20 130	24 760
M7	28,9	23 090	24 540	24 820	23 090	25 980	25 980	25 980	28 860	35 500
M8	36,6	29 290	31 120	31 490	29 290	32 950	32 950	32 950	36 610	45 030
M10	58	46 400	49 300	49 880	46 400	52 200	52 200	52 200	57 990	71 330
M12	84,3	67 420	71 630	72 470	67 420	75 840	75 840	75 840	84 270	103 700
M14	115	92 360	98 130	99 280	92 360	103 900	103 900	103 900	115 500	142 000
M16	157	125 400	133 200	134 800	125 400	141 100	141 100	141 100	156 700	192 800
M18	192	154 000	163 700	165 600	154 000	173 300	173 300	173 300	192 500	236 800
M20	245	195 900	208 100	210 600	195 900	220 400	220 400	220 400	244 800	301 100
M22	303	242 800	257 900	261 000	242 800	273 100	273 100	273 100	303 400	373 200
M24	353	282 100	299 700	303 200	282 100	317 300	317 300	317 300	352 600	433 600
M27	459	367 600	390 500	395 100	367 600	413 500	413 500	413 500	459 500	565 100
M30	561	448 500	476 500	482 200	448 500	504 600	504 600	504 600	560 600	689 600
M33	694	554 900	589 600	596 500	554 900	624 200	624 200	624 200	693 600	853 100
M36	817	653 400	694 300	702 400	653 400	735 100	735 100	735 100	816 800	1 004 600
M39	976	780 700	829 400	839 200	780 700	878 200	878 200	878 200	975 800	1 200 200

F_p = *A_{s,nom}* × *S_p*. Für die Berechnung von *A_{s,nom}* siehe 9.1.8. Die Prüfkraftwerte werden mit den genauen Daten für *A_s* berechnet, und erst am Ende werden die Werte auf die nächsthöheren 10 N bis zu 100 000 N und auf die nächsthöheren 100 N darüber gerundet.

Tabelle 14 — Prüfkraftwerte für Muttern bei Umgebungstemperatur — Feingewinde

Gewinde $D \times P$	Nenn- span- nungs- quer- schnitt $A_{s,nom}$ mm ²	Prüfkraft, F_p N								
		CH0	CH1	CH2	CH0	VH	VW	CH0	SB	718
M8×1	39,2	31 340	33 300	33 690	31 340	35 260	35 260	35 260	39 170	48 180
M10×1,25	61,2	48 960	52 020	52 640	48 960	55 080	55 080	55 080	61 200	75 280
M10×1,0	64,5	51 600	54 820	55 470	51 600	58 050	58 050	58 050	64 500	79 330
M12×1,5	88,1	70 510	74 910	75 790	70 510	79 320	79 320	79 320	88 130	108 400
M12×1,25	92,1	73 660	78 270	79 190	73 660	82 870	82 870	82 870	92 080	113 300
M14×1,5	125	99 640	105 900	107 200	99 640	112 100	112 100	112 100	124 600	153 200
M16×1,5	167	133 800	142 200	143 900	133 800	150 600	150 600	150 600	167 300	205 800
M18×1,5	216	173 000	183 800	186 000	173 000	194 700	194 700	194 700	216 300	266 000
M20×1,5	272	217 300	230 800	233 500	217 300	244 400	244 400	244 400	271 600	334 000
M22×1,5	333	266 500	283 100	286 500	266 500	299 800	299 800	299 800	333 100	409 700
M24×2	384	307 600	326 800	330 600	307 600	346 000	346 000	346 000	384 500	472 900
M27×2	496	396 600	421 400	426 400	396 600	446 200	446 200	446 200	495 800	609 800
M30×2	621	497 000	528 100	534 300	497 000	559 100	559 100	559 100	621 300	764 100
M33×2	761	608 700	646 700	654 300	608 700	684 800	684 800	684 800	760 800	935 800
M36×3	865	692 000	735 200	743 900	692 000	778 500	778 500	778 500	865 000	1 063 900
M39×3	1 030	822 800	874 200	884 500	822 800	925 600	925 600	925 600	1 028 400	1 265 000

$F_p = A_{s,nom} \times S_p$. Für die Berechnung von $A_{s,nom}$ siehe 9.1.8. Die Prüfkraftwerte werden mit den genauen Daten für A_s berechnet, und erst am Ende werden die Werte auf die nächsthöheren 10 N bis zu 100 000 N und auf die nächsthöheren 100 N darüber gerundet.

8 Anwendbarkeit von Prüfverfahren und Kontrolle

8.1 Anwendbarkeit von Prüfverfahren

Die Anwendbarkeit der Prüfungen ist in Tabelle 15 festgelegt.

Die Prüfverfahren gelten nur für Schrauben aus nichtrostendem Stahl oder Nickellegierungen mit voller Belastbarkeit (3.6), für Stiftschrauben aus nichtrostendem Stahl oder Nickellegierung mit voller Belastbarkeit (3.7) und/oder für Muttern aus nichtrostendem Stahl oder Nickellegierung mit voller Belastbarkeit (3.8).

Tabelle 15 — Anwendbarkeit von Prüfungen für Verbindungselemente bei Umgebungstemperatur

		Eigenschaft und zugehöriges Prüfverfahren										
		Schrauben						Muttern				
Kenn- zeichen für Verbin- dungs- elemente	Mindestzug- festigkeit ^{a b c}	0,2-%- Dehngrenze ^a _b	Bruchver- längerung ^{a b}	Härte					Prüfkraft	Härte		
	R_{mf}	R_{pf}	A									
	Zugversuch 9.1				Härte- prüfung 9.2					Prüfkraft- versuch 9.3	Härte- prüfung 9.4	
SD, SB, 718	$d \geq 3 \text{ mm}$ und $l \geq 2,5d$ und $b \geq 2d$				anwendbar						anwendbar	anwendbar
CH0, CH1, CH2, V, VH, VW	$d \geq 3 \text{ mm}$ und $l \geq 2,5d$ und $b \geq 2d$				anwendbar						anwendbar	anwendbar
^a Für Gewindebolzen ist die Gesamtlänge $l_t \geq 3,5d$.												
^b Für $l < 2,5d$ (oder $l_t < 3,5d$ bei Gewindebolzen) sind die Prüfungen und Prüfbedingungen zwischen dem Kunden und dem Hersteller zu vereinbaren.												
^c Die Mindestzugfestigkeit R_{mf} kann auch mit dem Schrägzugversuch geprüft werden (in diesem Fall muss das in ISO 3506-1 festgelegte Prüfverfahren angewendet werden).												

8.2 Kontrolle durch den Hersteller

Verbindungselemente müssen alle zutreffenden in Abschnitt 6 und Abschnitt 7 festgelegten Anforderungen erfüllen, wenn die in 8.1 festgelegten anwendbaren Prüfungen sowie die Prüfverfahren nach Abschnitt 9 angewendet werden.

Dieses Dokument legt nicht fest, welche Prüfungen für jedes Fertigungslos durchzuführen sind. Es liegt in der Verantwortung des Herstellers, durch die Anwendung geeigneter Verfahren seiner Wahl, wie zum Beispiel Prozessüberwachung oder Endkontrolle, sicherzustellen, dass das gefertigte Los tatsächlich allen festgelegten Anforderungen entspricht. Für zusätzliche Angaben siehe ISO 16426.

Im Schiedsfall gelten die Prüfverfahren nach 8.1 und Abschnitt 9.

8.3 Kontrolle durch den Lieferanten

Der Lieferant kann die von ihm gelieferten Verbindungselemente mit Verfahren seiner Wahl überwachen und/oder prüfen (regelmäßige Beurteilung des Herstellers, Überprüfung von Prüfergebnissen des Herstellers, Prüfungen der Verbindungselemente selbst usw.), solange die in Abschnitt 6 und Abschnitt 7 festgelegten chemischen, mechanischen und physikalischen Eigenschaften erfüllt sind.

Im Schiedsfall gelten die Prüfverfahren nach 8.1 und Abschnitt 9.

8.4 Kontrolle durch den Kunden

Der Kunde kann die gelieferten Verbindungselemente unter Anwendung der in Abschnitt 9 festgelegten Prüfverfahren überwachen und/oder prüfen.

Im Schiedsfall gelten die Prüfverfahren nach 8.1 und Abschnitt 9.

8.5 Lieferung von Prüfergebnissen

Wenn der Kunde vom Lieferanten Prüfergebnisse anfordert, so ist die Art des Prüfberichts zum Zeitpunkt der Bestellung zu vereinbaren. Sofern nicht anders festgelegt, muss diese in Übereinstimmung mit ISO 16228 festgelegt werden. Die Art des Prüfberichts (F2.2, F3.1 oder F3.2) sowie alle zusätzlichen oder speziellen Prüfungen (zum Beispiel nach Abschnitt 10) sind ebenfalls vom Kunden anzugeben und zum Zeitpunkt der Bestellung zu vereinbaren.

9 Prüfverfahren bei Umgebungstemperatur

9.1 Zugversuch für Schrauben bei Umgebungstemperatur

9.1.1 Allgemeines

Dieser Zugversuch dient zur gleichzeitigen oder gesonderten Bestimmung:

- der Zugfestigkeit R_{mf} , und
- der 0,2-%-Dehngrenze R_{pf} , und
- der Bruchverlängerung A .

9.1.2 Anwendbarkeit

Dieser Zugversuch gilt für ganze Schrauben, die die folgenden Spezifikationen aufweisen:

- alle in diesem Dokument aufgeführten Verbindungselemente aus nichtrostendem Stahl und Nickellegierungen,
- $3 \text{ mm} \leq d \leq 39 \text{ mm}$,
- Schrauben (mit gewindefreiem Schaft) mit einer Nennlänge $l \geq 2,5d$, und einer Gewindelänge $b \geq 2d$,
- Durchmesser des gewindefreien Schafts $d_s > d_2$ oder d_s ungefähr gleich d_2 ,
- Gewindebolzen mit einer Gesamtlänge $l_t \geq 3,5d$.

9.1.3 Prüfgeräte und Prüfeinrichtung

Die Zugprüfmaschine muss ISO 7500-1, Klasse 1 oder besser, entsprechen. Querkrafteinleitung in das Verbindungselement muss vermieden werden, z. B. durch selbstausrichtende Spannzangen.

Die Spannzangen und die Adapter müssen Folgendem entsprechen:

- Mindesthärte von 45 HRC,
- Lochdurchmesser d_h nach Tabelle 16,
- Gewindetoleranzklasse 5H6G für Gewindeaufnahmen.

Die Prüfeinrichtung muss ausreichend starr sein, um eine Verformung zu vermeiden, die die Bestimmung der Kraft bei der 0,2-%-Dehngrenze F_{pf} oder der Bruchverlängerung A beeinflussen könnte.

Alle Längenmessungen müssen mit einer Messgenauigkeit von $\pm 0,05 \text{ mm}$ oder besser durchgeführt werden.