

DIN EN ISO 15156-3

ICS 75.180.10; 77.060

Ersatz für
DIN EN ISO 15156-3:2005-07
und
DIN EN ISO 15156-3
Berichtigung 1:2007-02

**Erdöl- und Erdgasindustrie –
Werkstoffe für den Einsatz in H₂S-haltiger Umgebung bei der
Öl- und Gasgewinnung –
Teil 3: Hochlegierte Stähle (CRAs) und andere Legierungen
(ISO 15156-3:2009);
Deutsche Fassung EN ISO 15156-3:2009**

Petroleum and natural gas industries –
Materials for use in H₂S-containing environments in oil and gas production –
Part 3: Cracking-resistant CRAs (corrosion-resistant alloys) and other alloys
(ISO 15156-3:2009);
English version EN ISO 15156-3:2009

Industries du pétrole et du gaz naturel –
Matériaux pour utilisation dans des environnements contenant de l'hydrogène sulfuré (H₂S)
dans la production de pétrole et de gaz –
Partie 3: ARC (alliages résistants à la corrosion) et autres alliages résistants à la fissuration
(ISO 15156-3:2009);
Version allemande EN ISO 15156-3:2009

Gesamtumfang 100 Seiten

Normenausschuss Erdöl- und Erdgasgewinnung (NÖG) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 13156-3:2009) wurde vom ISO/TC 67 „Materials, equipment and offshore structures for petroleum, petrochemical and natural gas industries“, Working Group WG 7 „Corrosion resistant materials“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 12 „Materialien, Ausrüstungen und Offshore-Bauwerke für die Erdöl-, petrochemische und Erdgasindustrie“ (Sekretariat AFNOR, Frankreich) erarbeitet.

Für Deutschland hat hieran der Arbeitsausschuss NA 109-00-01 AA „Materialien, Ausrüstungen und Offshore-Bauwerke für die Erdöl-, petrochemische und Erdgasindustrie — Spiegelausschuss zu CEN/TC 12 und ISO/TC 67“ im Normenausschuss Erdöl- und Erdgasgewinnung (NÖG) des DIN Deutsches Institut für Normung e. V. mitgearbeitet.

Dieses Dokument enthält neben den gesetzlichen Einheiten auch die Einheiten „°F“, „ksi“, „psi“ und „ppm“, die in Deutschland nicht zugelassen sind. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Anwendung dieser Einheiten im nationalen amtlichen und geschäftlichen Verkehr aufgrund des Gesetzes über Einheiten im Messwesen nicht zulässig ist.

Umrechnung:

Nicht-SI-Einheit	SI-Einheit	Umrechnung	
°F	°C	°C	$= (5/9) (°F - 32)$
ksi	MPa	1 ksi	$= 6,894\,757\text{ MPa}$
ppm	mg/kg	1 ppm	$= 1\text{ mg/kg}$
psi (psig)	kPa	1 psi	$= 6,894\,757\text{ kPa}$

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

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 7539-7	siehe	DIN EN ISO 7539-7
ISO 10423	siehe	DIN EN ISO 10423
ISO 11960	siehe	DIN EN ISO 11960
ISO 15156-1	siehe	DIN EN ISO 15156-1
ISO 15156-2	siehe	DIN EN ISO 15156-2

ISO 15156 *Petroleum and natural gas industries — Materials for use in H₂S-containing environments in oil and gas production* besteht aus den folgenden Teilen:

- *Part 1: General principles for selection of cracking-resistant materials*
- *Part 2: Cracking-resistant carbon and low-alloy steels, and the use of cast irons*
- *Part 3: Cracking-resistant CRAs (corrosion-resistant alloys) and other alloys*

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 15156-3:2005-07 und DIN EN ISO 15156-3 Berichtigung 1:2007-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Berücksichtigung des ISO 15156-3 Technical Circular 1:2007-12;
- b) Berücksichtigung des ISO 15156-3 Technical Circular 2:2008-11;
- c) Einarbeitung neuer Werkstoffe und überarbeiteter Grenzwerte für weitere Werkstoffe in den Tabellen von Anhang A;
- d) Einarbeitung von ISO-Werten, die den ASTM-Härtenormwerten gleichwertig sind;
- e) Berichtigung der in Anhang E verwendeten Umwandlung des prozentualen Masseanteils an NaCl zu Cl⁻ in Milligramm je Liter wie in Anhang A verwendet.

Frühere Ausgaben

DIN EN ISO 15156-3: 2005-07

DIN EN ISO 15156-3 Berichtigung 1: 2007-02

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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 (Skalen A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T)*

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

DIN EN ISO 7539-7, *Korrosion von Metallen und Legierungen — Prüfung der Spannungsrisskorrosion — Teil 7: Prüfung mit langsamer Dehngeschwindigkeit*

DIN EN ISO 10423, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Bohr- und Förderausrüstung — Bohrlochkopf- und Eruptionskreuz-Ausrüstung*

DIN EN ISO 11960, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Stahlrohre zur Verwendung als Futter- oder Steigrohre für Bohrungen*

DIN EN ISO 15156-1, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Werkstoffe für den Einsatz in H_2S -haltiger Umgebung bei der Öl- und Gasgewinnung — Teil 1: Allgemeine Grundlagen für die Auswahl von gegen Rissbildung beständigen Werkstoffen*

DIN EN ISO 15156-2, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Werkstoffe für den Einsatz in H_2S -haltiger Umgebung bei der Öl- und Gasgewinnung — Teil 2: Gegen Rissbildung beständige unlegierte und niedriglegierte Stähle und Gusseisen*

Deutsche Fassung

Erdöl- und Erdgasindustrie —
Werkstoffe für den Einsatz in H₂S-haltiger
Umgebung bei der Öl- und Gasgewinnung —
Teil 3: Hochlegierte Stähle (CRAs) und
andere Legierungen (ISO 15156-3:2009)

Petroleum and natural gas industries —
Materials for use in H₂S-containing environments
in oil and gas production —
Part 3: Cracking-resistant CRAs (corrosion-resistant
alloys) and other alloys (ISO 15156-3:2009)

Industries du pétrole et du gaz naturel —
Matériaux pour utilisation dans des environnements
contenant de l'hydrogène sulfuré (H₂S)
dans la production de pétrole et de gaz —
Partie 3: ARC (alliages résistants à la corrosion) et autres
alliages résistants à la fissuration (ISO 15156-3:2009)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 29. September 2009 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 Management-Zentrum des CEN 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, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

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

Inhalt

Seite

Vorwort	5
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	9
4 Symbole und Abkürzungen	11
5 Faktoren, die die Beständigkeit gegen Rissbildung von CRAs und anderen Legierungen in H ₂ S-haltigen Umgebungen beeinträchtigen	11
6 Qualifizierung und Auswahl von CRAs und anderen Legierungen hinsichtlich SSC, SCC und GHSC in H ₂ S-haltigen Umgebungen	12
6.1 Allgemeines	12
6.2 Bewertung von Werkstoffeigenschaften	12
6.2.1 Härte von Grundmetallen	12
6.2.2 Eigenschaften hinsichtlich der Beständigkeit gegen Rissbildung von Schweißnähten	13
6.2.3 Eigenschaften hinsichtlich der Rissbildungsbeständigkeit, die mit anderen Herstellungsverfahren in Zusammenhang stehen	14
6.3 Lochfraßindex (PREN).....	14
7 Kaufinformationen und Kennzeichnung	15
7.1 Informationen, die bei der Beschaffung von Werkstoffen mitgeliefert werden sollten.....	15
7.2 Kennzeichnung, Beschriftung und Dokumentation.....	16
Anhang A (normativ) Gegen Rissbildung durch Umwelteinflüsse beständige CRAS und weitere Legierungen (einschließlich Tabelle A.1 Anleitung zur Verwendung der Werkstoffauswahltabellen)	17
A.1 Allgemeines	17
A.1.1 Werkstoffgruppen	17
A.1.2 Grenzen der chemischen Zusammensetzung	18
A.1.3 Umgebungsbedingte und metallurgische Grenzwerte für die Rissbeständigkeit	18
A.1.4 Anforderungen und Empfehlungen zum Schweißen	18
A.1.5 Weitere Anforderungen und Empfehlungen für CRAs und weitere Legierungen	19
A.1.6 Auffinden benannter Ausrüstungen oder Bauteile in den Werkstoffauswahltabellen	19
A.2 Austenitische nichtrostende Stähle (gekennzeichnet als Werkstoffart und als einzelne Legierungen)	20
A.2.1 Werkstoffanalysen	20
A.2.2 Grenzwerte für Umgebungen und Werkstoffe bei Verwendung von austenitischen nichtrostenden Stählen	23
A.2.3 Schweißen von austenitischen nichtrostenden Stählen dieser Werkstoffgruppe	27
A.3 Hochlegierte austenitische Stähle (gekennzeichnet als Werkstoffarten und als Einzellegierungen)	27
A.3.1 Chemische Zusammensetzung der Werkstoffe.....	27
A.3.2 Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von hochlegierten austenitischen Stählen.....	28
A.3.3 Schweißen von hochlegierten austenitischen nichtrostenden Stählen dieser Werkstoffgruppe	32
A.4 Mischkristall-Nickellegierungen (gekennzeichnet als Werkstoffarten und als Einzellegierungen)	33
A.4.1 Chemische Zusammensetzungen der Werkstoffe	33
A.4.2 Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe bei Verwendung von Mischkristall- Nickellegierungen	34
A.4.3 Schweißen von Mischkristall-Nickellegierungen dieser Werkstoffgruppe.....	36
A.5 Ferritische nichtrostende Stähle (gekennzeichnet als Werkstoffart).....	37

A.5.1	Chemische Zusammensetzung der Werkstoffe	37
A.5.2	Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von ferritischen nichtrostenden Stählen.....	37
A.5.3	Schweißen von ferritischen nichtrostenden Stählen dieser Werkstoffart	37
A.6	Martensitische (nichtrostende) Stähle (gekennzeichnet als Einzellegierungen).....	37
A.6.1	Chemische Zusammensetzungen der Werkstoffe	37
A.6.2	Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von martensitischen nichtrostenden Stählen.....	38
A.6.3	Schweißen von martensitischen nichtrostenden Stählen dieser Werkstoffgruppe.....	43
A.7	Nichtrostende Duplexstähle (gekennzeichnet als Werkstoffarten).....	43
A.7.1	Chemische Zusammensetzungen der Werkstoffe	43
A.7.2	Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von nichtrostenden Duplexstählen	44
A.7.3	Schweißen von nichtrostenden Duplexstählen dieser Werkstoffgruppe.....	45
A.8	Ausscheidungsgehärtete nichtrostende Stähle (gekennzeichnet als Einzellegierungen)	46
A.8.1	Chemische Zusammensetzungen der Werkstoffe	46
A.8.2	Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von ausscheidungsgehärteten nichtrostenden Stählen.....	46
A.8.3	Schweißen von ausscheidungsgehärteten nichtrostenden Stählen dieser Werkstoffgruppe.....	52
A.9	Ausscheidungsgehärtete Nickellegierungen (gekennzeichnet als Einzellegierungen).....	52
A.9.1	Chemische Zusammensetzungen der Werkstoffe	52
A.9.2	Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von ausscheidungsgehärteten Nickellegierungen.....	52
A.9.3	Schweißen von ausscheidungsgehärteten Nickellegierungen dieser Werkstoffgruppe.....	60
A.10	Kobaltlegierungen (gekennzeichnet als Einzellegierungen)	60
A.10.1	Chemische Zusammensetzungen der Werkstoffe	60
A.10.2	Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von Kobaltlegierungen	61
A.10.3	Schweißen von Kobaltlegierungen dieser Werkstoffgruppe	63
A.11	Titan und Tantal (Einzellegierungen)	64
A.11.1	Chemische Zusammensetzungen der Werkstoffe	64
A.11.2	Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe zur Verwendung von Titan- und Tantallegierungen.....	64
A.11.3	Schweißen von Titan- und Tantallegierungen dieser Werkstoffgruppe	65
A.12	Kupfer- und Aluminiumlegierungen (gekennzeichnet als Werkstoffarten).....	65
A.12.1	Kupferlegierungen.....	65
A.12.2	Aluminiumlegierungen.....	65
A.13	Plattierungen, Überzüge und verschleißfeste Legierungen	66
A.13.1	Korrosionsbeständige Plattierungen, Auskleidungen und Überzüge	66
A.13.2	Verschleißfeste Legierungen	66
Anhang B (normativ) Qualifizierung von CRAs für den Einsatz in H₂S-haltigen Umgebungen		
	mittels Laborprüfung	67
B.1	Allgemeines	67
B.2	Anwendung von Laborqualifizierungen.....	69
B.2.1	Allgemeines	69
B.2.2	Qualifizierung von hergestellten Erzeugnissen	70
B.2.3	Qualifizierung eines festgelegten Fertigungsweges	70
B.2.4	Verwendung von Laborprüfungen als Grundlage für die Beantragung von Ergänzungen und Änderungen von Anhang A	71
B.3	Allgemeine Anforderungen an die Prüfungen.....	72
B.3.1	Beschreibung der Prüfverfahren	72
B.3.2	Werkstoffe	72
B.3.3	Prüfverfahren und Probekörper.....	72
B.3.4	Auf glatte Probekörper aufgebrachte Prüfspannungen / Prüflasten	73
B.3.5	Prüfumgebungen für SSC/SCC-Prüfungen.....	73
B.3.6	Prüfungsdauer	75
B.3.7	Annahmekriterien und Prüfbericht	76

	Seite
B.3.8 Gültigkeit der Prüfungen.....	76
B.4 SSC-Prüfung.....	76
B.5 SCC-Prüfung ohne S ⁰	76
B.6 SSC/SCC-Prüfung bei Zwischentemperaturen	77
B.7 SCC-Prüfung bei Vorhandensein von S ⁰	77
B.8 GHSC-Prüfung mit Kopplung an unlegierten Stahl.....	77
Anhang C (informativ) Angaben, die bei der Werkstoffbeschaffung mitgeliefert werden sollten	78
Anhang D (informativ) Chemische Zusammensetzung der Werkstoffe und weitere Angaben	80
Anhang E (informativ) Festgelegte Gruppen von Prüfbedingungen	95
Literaturhinweise	96

Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 15156-3:2009) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 67 „Materials, equipment and offshore structures for petroleum, petrochemical and natural gas industries“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 12 „Materialien, Ausrüstungen und Offshore-Bauwerke für die Erdöl-, petrochemische und Erdgasindustrie“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis April 2010, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis April 2010 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 15156-3:2003.

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

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 15156-3:2009 wurde vom CEN als EN ISO 15156-3:2009 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

Die Auswirkungen plötzlich aufgetretener Schäden an metallischen Bauteilen in Öl- und Gasfeldausrüstungen, die H₂S-haltigen Medien ausgesetzt waren, haben zur Erstellung der ersten Fassung von NACE MR 0175 geführt, die im Jahre 1975 von der National Association of Corrosion Engineers, jetzt als NACE International bekannt, herausgegeben wurde.

Die erste und die nachfolgenden Ausgaben von NACE MR 0175 legten Grenzwerte für den H₂S-Partialdruck fest, bei deren Überschreitung Vorkehrungen gegen H₂S-induzierte Spannungsrisskorrosion (SSC) grundsätzlich als erforderlich betrachtet wurden. Sie gaben auch Hilfestellung bei der Auswahl und Festlegung von SSC-beständigen Werkstoffen für Fälle, in denen diese H₂S-Schwellenwerte überschritten wurden. In jüngeren Fassungen von NACE MR 0175 wurden zudem praktische Grenzwerte für einige korrosionsbeständige Legierungen in Bezug auf die Zusammensetzung der Umgebung und den pH-Wert, die Temperatur und den H₂S-Partialdruck angegeben.

Unabhängig hiervon hat die European Federation of Corrosion 1995 die EFC-Publikation Nr. 16 sowie 1996 die EFC-Publikation Nr. 17 herausgegeben. Diese Dokumente ergänzen im Allgemeinen diejenigen von NACE, auch wenn sie sich im Anwendungsbereich und in den Einzelheiten unterscheiden.

2003 wurde zum ersten Mal die Herausgabe der drei Teile der ISO 15156 und der NACE MR0175/ISO 15156 abgeschlossen. In diesen technisch identischen Dokumenten wurden die oben angegebenen Quellen verwendet, um Anforderungen und Empfehlungen für die Qualifizierung von Werkstoffen und ihre Auswahl zum Einsatz in nassen H₂S-haltigen Umgebungen in Systemen der Öl- und Gasgewinnung zu geben. Sie werden durch die Prüfverfahren in NACE TM 0177 und NACE TM 0284 ergänzt.

Die Überarbeitung dieses Teiles von ISO 15156 umfasst die Zusammenführung aller in den Technischen Berichtigungen 1 und 2, ISO 15156-3:2003/Ber. 1:2005 (E) und ISO 15156-3:2003/Ber. 2:2005 (E) vereinbarten und veröffentlichten Änderungen sowie der Änderungen in den Technischen Rundschreiben 1 und 2, ISO 15156-3:2001/Rund. 1:2007 (E) und ISO 15156-3:2001/Rund. 2:2008 (E), die vom für Dokumentenpflege zuständigen Sekretariat ISO 15156 bei DIN, Berlin veröffentlicht wurden.

Die Änderungen wurden von repräsentativen Gruppen innerhalb der Öl- und Gasgewinnungsindustrie erarbeitet und durch Abstimmung anerkannt. Die große Mehrheit dieser Änderungen sind Themen, die von Anwendern des Dokumentes zur Sprache gebracht wurden. Eine Beschreibung des Prozesses, wie diese Änderungen anerkannt wurden, ist auf der Dokumentenpflege-Website von ISO 15156 www.iso.org/iso15156maintenance zu finden.

Künftige vorläufige Änderungen an diesem Teil von ISO 15156 werden, wenn sie von Fachleuten der Öl- und Gasgewinnungsindustrie für notwendig erachtet werden, in derselben Art und Weise erarbeitet und führen zu vorläufigen Aktualisierungen dieses Teils von ISO 15156 in Form von Technischen Berichtigungen oder Technischen Rundschreiben. Anwendern dieses Dokumentes sollte bewusst sein, dass es derartige Dokumente geben kann und dass sie sich auf die Gültigkeit der in diesem Teil von ISO 15156 in Bezug genommenen Verweisungen auswirken können.

Die Agentur zur Dokumentenpflege der ISO 15156 bei DIN wurde eingerichtet, nachdem das ISO Technical Management Board in Dokument Nr. 34/2007 seine Zustimmung gegeben hat. Dieses Dokument beschreibt den Aufbau der Agentur, in der Fachleute von NACE, EFC und ISO TC 67/WG7 einbezogen sind, sowie das Verfahren für die Zustimmung zu Änderungen. Es steht auf der Dokumentenpflege-Website von ISO 15156 und beim ISO/TC Sekretariat Nr. 67 zur Verfügung. Über die Website kann auch auf zugehörige Dokumente, die mehr Einzelheiten über die Maßnahmen zur Dokumentenpflege von ISO 15156 enthalten, zugegriffen werden.

WARNUNG — Nach diesem Teil von ISO 15156 ausgewählte CRAs (korrosionsbeständige Legierungen) und weitere Legierungen sind in festgelegten H₂S-haltigen Umgebungen bei der Öl- und Gasgewinnung rissbeständig, aber nicht notwendigerweise unter allen möglichen Betriebsbedingungen korrosionsbeständig. Der Nutzer der Ausrüstung trägt die Verantwortung für die Auswahl der für den beabsichtigten Einsatz geeigneten CRAs und weiterer Legierungen.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 15156 nennt Anforderungen und gibt Empfehlungen für die Auswahl und Qualifizierung von hochlegierten Stählen (CRAs) (korrosionsbeständigen Legierungen) und weiteren Legierungen für den Betrieb in Einrichtungen der Öl- und Gasgewinnung und in Erdgasbehandlungsanlagen im Bereich H₂S-haltiger Umgebungen, deren Versagen ein mögliches Gesundheits- und Sicherheitsrisiko für die Allgemeinheit und das Personal oder für die Umwelt darstellen kann. Er kann angewendet werden zur Vermeidung kostspieliger Beschädigungen infolge von Korrosion der Anlage selbst. Er ergänzt, ersetzt aber nicht die in einschlägigen Berechnungscodes, Normen oder Regelwerken enthaltenen Anforderungen an Werkstoffe.

Dieser Teil von ISO 15156 behandelt die Beständigkeit dieser Werkstoffe gegen Beschädigungen, die durch H₂S-induzierte Spannungsrisskorrosion (SSC), Spannungsrisskorrosion (SCC) und galvanisch induzierte wasserstoffinduzierte Rissbildung (GHSC) verursacht werden können.

Dieser Teil von ISO 15156 behandelt ausschließlich die Rissbildung. Er befasst sich nicht mit Werkstoffverlusten durch allgemeine (Massenverlust) oder örtliche Korrosion.

Tabelle 1 enthält als nicht erschöpfende Liste eine Übersicht von Ausrüstungen, die in den Anwendungsbereich dieses Teiles von ISO 15156 fallen, einschließlich zugelassener Ausnahmen.

Dieser Teil von ISO 15156 gilt für die Qualifizierung und Auswahl von Werkstoffen für Ausrüstungen, die unter Verwendung von konventionellen Kriterien für die elastische Auslegung ausgelegt und gebaut wurden. Für Auslegungen, die auf Plastizitätskriterien (z. B. Verformung und plastischer Grenzzustand) beruhen, siehe ISO 15156-1:2009, Abschnitt 5.

Dieser Teil von ISO 15156 ist nicht zwangsläufig auch für die Anwendung auf Ausrüstungen in Raffinierungs- oder nachgeschalteten Verfahren und Einrichtungen geeignet.

Tabelle 1 — Übersicht von Ausrüstungen

ISO 15156 gilt für in den folgenden Ausrüstungen eingesetzte Werkstoffe	Zugelassene Ausnahmen
Bohrungen, Bohrlochaufbauten und Bohrloch-Serviceausrüstungen	Ausrüstungen, die nur Bohrflüssigkeiten mit kontrollierter Zusammensetzung ausgesetzt sind ^a Bohrmeißel Scherblätter für Blowout-Preventer (BOP) ^b Steigleitungssysteme Betriebsstränge Drahtseile und Drahtseilausrüstungen ^c Außen- und Zwischengehäuse
Bohrungen einschließlich Untertageeinrichtungen, Gasliftausrüstungen, Bohrlochköpfe und Erup-tionskreuze	Tiefpumpen und Pumpgestänge ^d Elektrische Tauchpumpen Weitere Fördereinrichtungen Keile
Förderleitungen, Sammelleitungen, Anlagen im Feld und in Weitervertriebsanlagen	Rohöllager- und -betriebseinrichtungen mit einem Gesamtabsolutdruck unter 0,45 MPa (65 psi)
Ausrüstungen zur Wasserhandhabung	Einrichtungen zur Wasserhandhabung mit einem Gesamtabsolutdruck unter 0,45 MPa (65 psi) Wassereinspritzeinrichtungen und Ausrüstungen zur Abwasserentsorgung
Erdgas-Behandlungsanlagen	—
Transportpipelines für Flüssigkeiten, Gase und mehrphasige Medien	Leitungen zum Weitertransport von Gas, das für den allgemeinen gewerblichen und den Privatverbrauch vorgesehen ist
Für alle oben aufgeführten Ausrüstungen	Nur mit Druck belastete Bestandteile
^a Für weitere Informationen, siehe ISO 15156-2:2009, A.2.3.2.3. ^b Für weitere Informationen, siehe ISO 15156-2:2009, A.2.3.2.1. ^c Drahtseilschmierungen und Schmierverbindungsrichtungen sind keine zugelassenen Ausnahmen. ^d Hinsichtlich Tiefpumpen und Pumpgestängen kann auf NACE MR 0176 verwiesen werden.	

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

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

ISO 6508-1, *Metallic materials — Rockwell hardness test — Test method (scales A, B, C, D, E F, G H, K N, T)*

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

ISO 7539-7, *Corrosion of metals and alloys — Stress corrosion testing — Part 7: Method for slow strain rate testing*

ISO 10423, *Petroleum and natural gas industries — Drilling and production equipment — Wellhead and christmas tree equipment*

ISO 11960, *Petroleum and gas industries — Steel pipes for use as casing or tubing for wells*

ISO 15156-1:2009, *Petroleum and natural gas industries — Materials for use in H₂S-containing environments in oil and gas production — Part 1: General principles for selection of cracking-resistant materials*

ISO 15156-2:2009, *Petroleum and natural gas industries — Materials for use in H₂S-containing environments in oil and gas production — Part 2: Cracking-resistant carbon and low alloy steels, and the use of cast irons*

ASTM A747/A747M¹⁾, *Standard Specification for Steel Castings, Stainless, Precipitation Hardening*

ASTM E562, *Standard Test Method for Determining Volume Fraction by Systematic Manual Point Count*

EFC Publications Number 17²⁾, *Corrosion resistant alloys for oil and gas production: guidelines on general requirements and test methods for H₂S in service*,

NACE CORROSION/95³⁾, Paper 47, *Test methodology for elemental sulfur-resistant advanced materials for oil and gas field equipment*, by G. Steinbeck, W. Bruckhoff, M. Köhler, H. Schlerkman, G. Schmitt, (Houston), 1995

NACE CORROSION/97, Paper 58, *Rippled strain rate test for CRA sour service materials selection*, (Houston), 1997

NACE TM0177-96, *Laboratory testing of metals for resistance to sulfide stress cracking and stress corrosion cracking in H₂S environments*

NACE TM0198, *Slow strain rate test method for screening corrosion-resistant alloys (CRAs) for stress corrosion cracking in sour oilfield service*

SAE⁴⁾ — ASTM, *Metals and alloys in the Unified Numbering System*, ISBN 07680-04074

SAE AMS2430P, *Shot Peening, Automatic*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in ISO 15156-1 und ISO 15156-2 angegebenen und die folgenden Begriffe.

3.1

Alterung

Änderung der metallurgischen Eigenschaften, die im Allgemeinen bei Raumtemperatur langsam erfolgt (natürliches Altern) und bei höheren Temperaturen schneller (künstliches Altern)

1) ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, USA.

2) European Federation for Corrosion, available from The Institute of Materials, 1 Carlton House Terrace, London SW1Y 5DB, UK (ISBN 0-901716-95-2).

3) NACE International, P.O. Box 2183140, Houston, TX 77218-8340, USA.

4) Society of Automotive Engineers (SAE), 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096-0001, USA.

3.2

Ausglühen

Erwärmung auf und Beibehaltung einer Temperatur, die für den bestimmten Werkstoff angemessen ist, und anschließende Abkühlung mit einer geeigneten Geschwindigkeit, mit dem Ziel, die Härte zu verringern, die Zerspanbarkeit zu verbessern oder wünschenswerte Eigenschaften zu erreichen

3.3

Austenit

kubisch-flächenzentrierte Kristallphase von Eisenlegierungen

3.4

nichtrostender Duplexstahl

austenitisch-ferritischer nichtrostender Stahl

nichtrostender Stahl, dessen Gefüge bei Raumtemperatur hauptsächlich aus einem Gemisch von Austenit und Ferrit besteht

3.5

Ferrit

kubisch-raumzentrierte Kristallphase von Eisenlegierungen

3.6

ferritischer nichtrostender Stahl

nichtrostender Stahl, dessen Gefüge bei Raumtemperatur vorwiegend aus Ferrit besteht

3.7

galvanisch induzierte wasserstoffinduzierte Spannungsrisskorrosion

GHSC

Rissbildung auf Grund von in einem Metall vorhandenem Wasserstoff, der an der Kathode eines galvanischen Elementes induziert wird, sowie Zugspannung (Rest- und/oder aufgebrachte Spannung)

3.8

Martensit

harter, übersättigter Mischkristall von Kohlenstoff in Eisen, der durch ein nadelkristallförmiges (nadelähnliches) Gefüge gekennzeichnet ist

3.9

martensitischer Stahl

Stahl, bei dem ein Martensit-Gefüge erreicht werden kann, indem er mit einer Abkühlgeschwindigkeit abgeschreckt wird, die ausreicht, um die Entstehung anderer Gefüge zu verhindern

3.10

Lochfraßindex (Wirksumme)

PREN

F_{PREN}

Index, der entwickelt wurde, um die Lochfraßbeständigkeit einer korrosionsbeständigen Legierung (CRA) wiederzugeben und vorauszuberechnen, was auf der Grundlage der Anteile der Elemente Cr, Mo, W und N in der chemischen Zusammensetzung der Legierung geschieht

ANMERKUNG Für weitere Informationen, siehe 6.3.

3.11

Mischkristall

Einkristallphase, die zwei oder mehr Elemente enthält

3.12

nichtrostender Stahl

Stahl, der einen Massenanteil von 10,5 % oder mehr Chrom enthält, und dem zur Sicherstellung bestimmter Eigenschaften möglicherweise weitere Elemente beigefügt werden

4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokumentes gelten die in ISO 15156-1 und ISO 15156-2 aufgeführten Symbole und Abkürzungen, von denen einige der Einfachheit halber wiederholt werden, sowie folgende Symbole und Abkürzungen:

AYS	effektive Streckgrenze
CRA	korrosionsbeständige Legierung
HBW	Brinell-Härte
HRB	Rockwell-Härte (Skala B)
HRC	Rockwell-Härte (Skala C)
p_{CO_2}	CO_2 -Partialdruck
$p_{\text{H}_2\text{S}}$	H_2S -Partialdruck
PWHT	Wärmenachbehandlung nach dem Schweißen
S^0	elementarer Schwefel
RSRT	Prüfung bei Dehngeschwindigkeit mit Belastungsfluktuationen (en: rippled strain rate test)
SSRT	Prüfung mit langsamer Dehngeschwindigkeit
UNS	einheitliches Nummerierungssystem für Legierungen (en: unified (alloy) numbering system)

5 Faktoren, die die Beständigkeit gegen Rissbildung von CRAs und anderen Legierungen in H_2S -haltigen Umgebungen beeinträchtigen

Das Rissbildungsverhalten von CRAs und anderen Legierungen in H_2S -haltigen Umgebungen kann durch vielschichtige Wechselwirkungen von Parametern, einschließlich der folgenden, beeinflusst werden:

- chemische Zusammensetzung, Festigkeit, Wärmebehandlung, Gefüge, Herstellungsverfahren und Endzustand des Werkstoffes;
- der H_2S -Partialdruck oder die gleichwertige gelöste Konzentration in der Wasserphase;
- die Acidität (pH-Wert am Einsatzort) in der Wasserphase;
- die Konzentration von Chloriden oder anderen Halogenidionen;
- das Vorhandensein von Sauerstoff, Schwefel oder anderen Oxidationsmitteln;
- die Beanspruchungstemperatur;
- die Lochfraßbeständigkeit des Werkstoffs in der Betriebsumgebung;
- galvanische Effekte;
- die Gesamtzugspannung (beaufschlagte Spannung plus Restspannung);
- die Dauer der Beanspruchung.

Diese Faktoren sind zu beachten, wenn dieser Teil der ISO 15156 für die Auswahl von Werkstoffen verwendet wird, die für den Einsatz in H_2S -haltigen Umgebungen bei Systemen der Öl- und Gasgewinnung geeignet sind.

6 Qualifizierung und Auswahl von CRAs und anderen Legierungen hinsichtlich SSC, SCC und GHSC in H₂S-haltigen Umgebungen

6.1 Allgemeines

CRAs und andere Legierungen sind im Hinblick auf ihre Beständigkeit gegen SSC, SCC und/oder GHSC wie für ihren beabsichtigten Einsatz erforderlich auszuwählen.

Die Übereinstimmung einer CRA oder einer anderen Legierung mit diesem Teil von ISO 15156 setzt die Rissbeständigkeit innerhalb der festgelegten Grenzwerte für die Umgebung des Einsatzortes voraus. Diese Grenzwerte sind von der Werkstoffart oder von der einzelnen Legierung abhängig.

Um die Qualifizierung und/oder Auswahl von CRAs und anderen Legierungen zu ermöglichen, kann vom Käufer der Ausrüstung gefordert werden, dass er dem Lieferanten der Ausrüstung Angaben über die beabsichtigten Beanspruchungsbedingungen zur Verfügung stellt.

Bei der Festlegung des Schärfegrades H₂S-haltiger Umgebungen müssen auch Belastungen berücksichtigt werden, die bei Systemstörungen oder -abschaltungen usw. vorkommen. Solche Belastungen können ungepuffertes Kondenswasser mit geringem pH-Wert sowie Säuren für die Verwendung zur Stimulation von Bohrungen einschließen. Im Fall von Säuren zur Stimulation müssen die Bedingungen, die während des Rückflusses vorliegen, beachtet werden.

Die Auswahl von CRAs und anderen Legierungen muss nach Anhang A oder nach Qualifizierung durch eine erfolgreiche Laborprüfung nach Anhang B erfolgen. Die Qualifizierung auf der Grundlage zufrieden stellender praktischer Erfahrungen ist ebenfalls akzeptabel. Diese Qualifizierung muss ISO 15156-1 entsprechen.

In Anhang A werden Werkstoffe in Werkstoffgruppen eingeteilt. Innerhalb jeder Gruppe werden Legierungen nach der Werkstoffart (innerhalb der Grenzwerte für ihre Zusammensetzung) oder als einzelne Legierungen eingeteilt. Es werden akzeptable metallurgische Bedingungen und Umgebungsgrenzwerte angegeben, bei denen erwartet wird, dass Legierungen gegen Rissbildung beständig sind. Umgebungsgrenzwerte werden für den H₂S-Partialdruck, die Temperatur, die Chloridkonzentration und elementaren Schwefel angegeben.

Eine CRA oder andere Legierung darf qualifiziert werden, indem sie auf ihre Verwendung unter Betriebsbedingungen, die strenger als die in Anhang A angegebenen Umgebungsgrenzwerte sind, geprüft wird. Ebenso darf eine CRA oder andere Legierung für die Verwendung unter anderen als den in Anhang A aufgeführten metallurgischen Bedingungen (höhere Festigkeit, alternative Wärmebehandlung usw.) qualifiziert werden.

Die Dokumentation der nach Anhang B durchgeführten Qualifizierungen muss die Anforderungen von Abschnitt 9 von ISO 15156-1:2009 erfüllen.

Der Nutzer der Ausrüstung muss die Qualifikationen verifizieren (siehe B.2.2) und eine Dokumentation aufbewahren, die die Auswahl der Werkstoffe belegt.

6.2 Bewertung von Werkstoffeigenschaften

6.2.1 Härte von Grundmetallen

Wenn Messungen der Härte an Grundmetallen festgelegt werden, sind ausreichende Härteprüfungen durchzuführen, um die tatsächliche Härte der CRA oder anderen untersuchten Legierung festzustellen. Einzelne Ablesungen der Rockwellhärte HRC, die den nach diesem Teil von ISO 15156 zulässigen Wert überschreiten, dürfen als akzeptabel angesehen werden, wenn der Mittelwert aus mehreren nah beieinander vorgenommenen Ablesungen den nach diesem Teil von ISO 15156 zulässigen Wert nicht überschreitet und keine Einzelablesung mehr als 2 HRC über dem festgelegten Wert liegt. Die gleichen Anforderungen gelten für weitere Verfahren der Härtemessung, wenn sie in diesem Teil von ISO 15156 festgelegt oder in einer Arbeitsvorschrift in Bezug genommen sind.

Die Umrechnung der Härteablesungen in oder aus andere(n) Skalen ist vom Werkstoff abhängig; der Nutzer darf die erforderlichen Umrechnungstabellen festlegen.

ANMERKUNG Die Anzahl und die Stellen der Härteprüfungen am Grundmetall sind in der Normenreihe ISO 15156 (alle Teile) nicht festgelegt.

6.2.2 Eigenschaften hinsichtlich der Beständigkeit gegen Rissbildung von Schweißnähten

6.2.2.1 Allgemeines

Die metallurgischen Veränderungen, die beim Schweißen von CRAs und anderen Legierungen auftreten, können ihre Anfälligkeit für SSC, SCC und/oder GHSC beeinflussen. Schweißverbindungen können für Rissbildung anfälliger sein als das/die verbundene(n) Grundmetall(e).

Der Nutzer der Einrichtung darf die Anfälligkeit von Schweißstellen für Rissbildung zulassen, um bei einer Schweißkonstruktion die Grenzwerte für sichere Betriebsbedingungen zu regulieren.

Die Auswahl vom beim Schweißen verwendeter Prozesse und Verbrauchsmaterialien sollte nach der bewährten Verfahrensweise erfolgen und so vorgenommen werden, dass die erforderliche Beständigkeit gegen Korrosion und Rissbildung erreicht wird.

Die Schweißarbeiten sind in Übereinstimmung mit geeigneten Codes und Normen wie zwischen Lieferanten und Kunden vereinbart durchzuführen. Schweißverfahrensrichtlinien (WPS) und Berichte über die Qualifizierung des Schweißverfahrens (PQR) müssen zur Überprüfung durch den Nutzer der Ausrüstung zur Verfügung stehen.

Berichte über die Qualifizierung des Schweißverfahrens (PQR) müssen einen dokumentierten Beleg enthalten, mit dem eine zufrieden stellende Beständigkeit gegen Rissbildung unter Bedingungen, die mindestens so streng ausgelegt sind wie bei der beabsichtigten Anwendung, nachgewiesen wird. Ein derartiger Beleg muss auf einem oder mehreren der folgenden Punkte beruhen:

- Übereinstimmung mit den Anforderungen und Empfehlungen für die spezielle Werkstoffgruppe in Anhang A (6.2.2.2 und 6.2.2.3);
- Qualifizierungsprüfung auf die Beständigkeit gegen Rissbildung bei Schweißnähten nach Anhang B;
- dokumentierte Erfahrungswerte, analog den in ISO 15156-1 für die Grundwerkstoffe festgelegten Werten.

Die in Anhang A aufgeführten Anforderungen und Empfehlungen könnten möglicherweise nicht für alle Kombinationen aus Grund- und Schweißmetallen, die zur Herstellung von Ausrüstungen und Bauteilen verwendet werden, geeignet sein. Der Nutzer der Ausrüstung darf einen Nachweis über eine erfolgreiche Prüfung auf Rissbildungsbeständigkeit als Teil der Schweißverfahrensprüfung fordern, um sicherzustellen, dass die hergestellte Schweißstelle eine für die jeweilige Anwendung ausreichende Beständigkeit gegenüber SSC, SCC und GHSC aufweist.

6.2.2.2 Qualifizierung von Schweißverfahren nach Anhang A, auf der Grundlage der Härte

6.2.2.2.1 Allgemeines

Die Qualifizierung von Schweißverfahren für saure Einsatzbereiche muss, sofern in Anhang A festgelegt, eine Prüfung der Härte nach 6.2.2.2.2, 6.2.2.2.3 und 6.2.2.2.4 enthalten.

6.2.2.2.2 Verfahren für die Prüfung der Härte zur Qualifizierung von Schweißverfahren

Die Prüfung der Härte zur Qualifizierung von Schweißverfahren muss mit dem Prüfverfahren nach Vickers HV 10 oder HV 5 entsprechend ISO 6507-1 oder mit dem Prüfverfahren nach Rockwell HR 15N entsprechend ISO 6508-1 durchgeführt werden.

ANMERKUNG Für die Anwendung dieser Festlegung entspricht ASTM E 92 ISO 6507-1 und ASTM E 18 ISO 6508-1.

Die Anwendung weiterer Verfahren erfordert die ausdrückliche Zustimmung des Nutzers.

6.2.2.2.3 Härtegutachten für die Qualifizierung von Schweißverfahren

Härtegutachten für Stoßnähte, Kehlnähte, Ausbesserungsschweißnähte, teilweise durchgeschweißte Nähte und Aufschweißungen sind wie in 7.3.3.3 von ISO 15156-2:2009 beschrieben durchzuführen.

6.2.2.2.4 Annahmekriterien für die Härte von Schweißnähten

In Anhang A angegebene Annahmekriterien für die Härte von Schweißnähten bei CRAs oder anderen Legierungen gelten für nach Anhang A ausgewählte Legierungen.

Annahmekriterien für die Härte dürfen auch anhand von erfolgreichen Prüfungen auf Rissbildungsbeständigkeit bei Schweißproben festgelegt werden. Die Prüfungen müssen nach Anhang B erfolgen.

6.2.2.3 Qualifizierung von Schweißverfahren nach Anhang A, anhand von weiteren Prüfungen

Falls angebracht, werden Anforderungen und Empfehlungen zur Sicherstellung einer angemessenen Rissbildungsbeständigkeit von Schweißnähten mithilfe anderer Prüfverfahren in den Werkstoffgruppen von Anhang A zur Verfügung gestellt.

6.2.3 Eigenschaften hinsichtlich der Rissbildungsbeständigkeit, die mit anderen Herstellungsverfahren in Zusammenhang stehen

Bei CRAs und anderen Legierungen, die metallurgischen Veränderungen unterliegen, die durch andere Herstellungsverfahren als Schweißen hervorgerufen werden, ist die Qualifizierungsprüfung auf Rissbildungsbeständigkeit des durch die Herstellung beeinträchtigten Werkstoffes als Teil der Qualifizierung des Herstellungsprozesses festzulegen.

Die Qualifizierungsprüfung ist als Teil der Qualifizierung von Brenn- und Schneidarbeiten festzulegen, wenn im Endprodukt eine Wärmeeinflusszone (HAZ) verbleibt.

Die Anforderungen und Annahmekriterien von 6.2.2 gelten sowohl für die Qualifizierungsprüfung für die Herstellungsverfahren als auch die Brenn-/Schneidverfahren, die der entsprechenden Auswertung der Anforderungen an das Härtegutachten nach 6.2.2.2.3 für das Herstellungsverfahren bzw. das Brenn-/Schneidverfahren unterliegen.

Die Form und Lage der für die Beurteilung und Prüfung verwendeten Proben muss für den Nutzer der Ausrüstung akzeptabel sein.

6.3 Lochfraßindex (PREN)

Der PREN (F_{PREN}) ist nach Gleichung (1) zu berechnen:

$$F_{\text{PREN}} = w_{\text{Cr}} + 3,3 (w_{\text{Mo}} + 0,5 w_{\text{W}}) + 16 w_{\text{N}} \quad (1)$$

Dabei ist

w_{Cr}	der Massenanteil an Chrom in der Legierung, angegeben als prozentualer Massenanteil an der Gesamtzusammensetzung;
w_{Mo}	der Massenanteil an Molybdän in der Legierung, angegeben als prozentualer Massenanteil an der Gesamtzusammensetzung;
w_W	der Massenanteil an Wolfram in der Legierung, angegeben als prozentualer Massenanteil an der Gesamtzusammensetzung;
w_N	der Massenanteil an Stickstoff in der Legierung, angegeben als prozentualer Massenanteil an der Gesamtzusammensetzung.

ANMERKUNG Es gibt für den PREN mehrere Variationen. All diese Indices wurden entwickelt, um die Lochfraßbeständigkeit von korrosionsbeständigen Fe/Ni/Cr/Mo-Legierungen bei Vorhandensein von gelösten Chloriden und Sauerstoff, z. B. in Salzwasser, widerzuspiegeln und vorauszuberechnen. Obwohl diese Indices hilfreich sind, weisen sie nicht direkt auf die Korrosionsbeständigkeit in H_2S -haltigen Ölfeldumgebungen hin.

7 Kaufinformationen und Kennzeichnung

7.1 Informationen, die bei der Beschaffung von Werkstoffen mitgeliefert werden sollten

7.1.1 Die Erstellung von Spezifikationen zur Beschaffung von Werkstoffen kann die Kooperation und den Austausch von Daten zwischen dem Nutzer der Ausrüstung, dem Lieferanten der Ausrüstung und dem Werkstoffhersteller erforderlich machen, um sicherzustellen, dass der beschaffte Werkstoff ISO 15156-1 und diesem Teil von ISO 15156 entspricht.

7.1.2 Folgende Angaben sind vorzusehen:

- bevorzugte Werkstoffarten und/oder Werkstoffe (falls bekannt);
- Art der Ausrüstung (falls bekannt);
- Verweis auf diesen Teil von ISO 15156;
- akzeptable Grundlagen für die Auswahl von Werkstoffen hinsichtlich Rissbildungsbeständigkeit, siehe Abschnitt 6.

7.1.3 Der Nutzer der Ausrüstung und der Lieferant der Ausrüstung/Werkstoffhersteller dürfen vereinbaren, dass CRAs und andere als die in Anhang A beschriebenen und/oder aufgeführten Legierungen in Abhängigkeit von geeigneten Qualifizierungsprüfungen ausgewählt werden dürfen.

Wenn der Kunde beabsichtigt, von derartigen Vereinbarungen, Ergänzungen und Qualifizierungen Gebrauch zu machen, müssen die entsprechenden Zusatzangaben deutlich in der Spezifikation zur Beschaffung von Werkstoffen gekennzeichnet sein. Diese Angaben umfassen

- Anforderungen an die Prüfung auf SSC, SCC und/oder GHSC; siehe Abschnitt 6 und Anhang B;
- die Betriebsbedingungen für die Anwendung in sauren Einsatzbereichen.

7.1.4 Die für die Werkstoffbeschaffung erforderlichen Angaben sind auf geeigneten Datenblättern anzugeben. Empfohlene Formate sind in Anhang C angegeben.

7.2 Kennzeichnung, Beschriftung und Dokumentation

Werkstoffe nach diesem Teil von ISO 15156 müssen vor ihrer Auslieferung vorzugsweise mittels Kennzeichnung rückverfolgbar gemacht werden. Eine entsprechende Beschriftung oder Dokumentation ist ebenfalls akzeptabel.

Bei Werkstoffen, die für eine besondere Anwendung nach Anhang B qualifiziert und ausgewählt wurden, muss die Rückverfolgbarkeit einen Verweis auf die Umgebungsbedingungen des besonderen Einsatzbereiches enthalten.

Der Nutzer der Ausrüstung darf vom Lieferanten der Ausrüstung oder der Werkstoffe verlangen, dass ihm eine Dokumentation zur Verfügung gestellt wird, die Angaben zu den in der Ausrüstung oder den Bauteilen enthaltenen Werkstoffen sowie zu den Grenzwerten für ihre Umgebungsbedingungen, wie in diesem Teil von ISO 15156 festgelegt, enthält.

Die Tabellen in Anhang C enthalten Bezeichnungen, die zur Kennzeichnung der Werkstoffe verwendet werden dürfen.

Anhang A (normativ)

Gegen Rissbildung durch Umwelteinflüsse beständige CRAS und weitere Legierungen (einschließlich Tabelle A.1 Anleitung zur Verwendung der Werkstoffauswahltabellen)

A.1 Allgemeines

A.1.1 Werkstoffgruppen

Die zur Auflistung von CRAs oder weiterer Legierungen (siehe 6.1) verwendeten Werkstoffgruppen sind:

- austenitische nichtrostende Stähle (als Werkstoffart und als einzelne Legierungen gekennzeichnet) siehe Abschnitt A.2;
- hochlegierte austenitische nichtrostende Stähle (als Werkstoffarten und als einzelne Legierungen gekennzeichnet) siehe Abschnitt A.3;
- Mischkristall-Nickellegierungen (als Werkstoffarten und als einzelne Legierungen gekennzeichnet) siehe Abschnitt A.4;
- ferritische nichtrostende Stähle (als Werkstoffart gekennzeichnet) siehe Abschnitt A.5;
- martensitische nichtrostende Stähle (als einzelne Legierungen gekennzeichnet) siehe Abschnitt A.6;
- nichtrostende Duplex-Stähle (als Werkstoffarten gekennzeichnet) siehe Abschnitt A.7;
- ausscheidungsgehärtete nichtrostende Stähle (als einzelne Legierungen gekennzeichnet) siehe Abschnitt A.8;
- ausscheidungsgehärtete Nickellegierungen (als einzelne Legierungen gekennzeichnet) siehe Abschnitt A.9;
- Kobaltlegierungen (als einzelne Legierungen gekennzeichnet) siehe Abschnitt A.10;
- Titan und Tantal (als einzelne Legierungen gekennzeichnet) siehe Abschnitt A.11;
- Kupfer, Aluminium (als Werkstoffarten gekennzeichnet) siehe Abschnitt A.12.

In Abhängigkeit von A.1.2, A.1.3, A.1.4 und A.1.5 dürfen die in den Tabellen A.1 bis A.42 aufgeführten CRAs und weiteren Legierungen innerhalb der angegebenen umgebungsbedingten Grenzen ohne Prüfung ihrer Beständigkeit gegen SSC, SCC und GHSC verwendet werden.

Angaben zur Verwendung von Kupfer- und Aluminiumlegierungen sind in Abschnitt A.12 enthalten.

Abschnitt A.13 enthält Empfehlungen zur Verwendung von Plattierungen, Überzügen und verschleißfesten Legierungen.

ANMERKUNG Die aufgeführten Werkstoffe und dargestellten Einschränkungen sind die ursprünglich in NACE MR0175:2003 aufgeführten Angaben (nicht mehr verfügbar), außer für seit 2003 eingeführte verabschiedete Änderungen.

A.1.2 Grenzen der chemischen Zusammensetzung

Der Anwender einer CRA oder weiteren Legierung muss sicherstellen, dass die chemische Analyse des verwendeten Werkstoffs die für den Werkstoff in SAE — ASTM, *Metals and Alloys in the Unified Numbering System* angegebenen Anforderungen an die Werkstoffanalyse erfüllt.

Um mit diesem Teil von ISO 15156 übereinzustimmen, muss der Werkstoff auch allen im Text und/oder den Tabellen zu seiner Werkstoffgruppe aufgeführten Festlegungen entsprechen.

A.1.3 Umgebungsbedingte und metallurgische Grenzwerte für die Rissbeständigkeit

A.2.2 bis A.11.2 enthalten Werkstoffauswahltabellen, in denen die umgebungsbedingten Grenzwerte der für beliebige Ausrüstungen oder Bauteile verwendeten Werkstoffe aufgeführt sind. Diese Unterabschnitte enthalten außerdem oftmals Werkstoffauswahltabellen, in denen die weniger restriktiven umgebungsbedingten Grenzwerte von Werkstoffen aufgeführt sind, die für benannte Ausrüstungen oder Bauteile verwendet werden.

Die Tabellen enthalten die Grenzwerte für die Anwendung hinsichtlich Temperatur, $p_{\text{H}_2\text{S}}$, Cl^- , pH-Wert und S^{0} . Diese Grenzwerte gelten gemeinsam. Der in den Tabellen verwendete pH-Wert entspricht dem Mindest-in-situ-pH-Wert.

ANMERKUNG 1 In den Tabellen dieses Anhangs wird die SI-Einheit „Milligramm je Liter“ für die Massenkonzentration verwendet; im angloamerikanischen Maßsystem wird sie üblicherweise in Teile pro Million (ppm) angegeben.

ANMERKUNG 2 Eine Anleitung zur Berechnung des $p_{\text{H}_2\text{S}}$ ist in ISO 15156-2:2009, Anhang C angegeben.

ANMERKUNG 3 Eine Anleitung zur Berechnung des pH-Wertes ist in ISO 15156-2:2009, Anhang D angegeben.

ANMERKUNG 4 Bei der Erstellung der Werkstoffauswahltabellen wurde davon ausgegangen, dass kein Sauerstoff in der Einsatzumgebung vorhanden ist.

Wenn in einer Tabelle für eine Variable kein festgelegter Grenzwert bestimmt werden kann, sind erklärende Bemerkungen, die den aktuellen Kenntnisstand widerspiegeln, in der Tabelle enthalten.

Die umgebungsbedingten Grenzwerte für eine Legierung gelten nur innerhalb der im Text derselben Tabelle für die Legierung angegebenen zusätzlichen metallurgischen Grenzen. Wenn für einen Werkstoff eine Härtung erforderlich ist, so muss die Härtungszeit ausreichen, um die erforderliche Härte über die gesamte Dicke sicherzustellen.

Beim Erwerb von Werkstoffen sollten metallurgische Eigenschaften, die bekanntermaßen die Leistungsfähigkeit des Werkstoffs in H_2S -haltigen Öl- und Gasumgebungen beeinträchtigen, zusätzlich zu den in diesem Anhang besonders aufgeführten Eigenschaften berücksichtigt werden. Derartige Eigenschaften sind in ISO 15156-1:2009, 8.1 aufgeführt.

A.1.4 Anforderungen und Empfehlungen zum Schweißen

Die Abschnitte zu den Werkstoffgruppen enthalten Anforderungen und Empfehlungen zum Schweißen der Werkstoffe der Gruppe, um eine ausreichende Rissbildungsbeständigkeit an der hergestellten Schweißstelle zu erreichen.

A.1.5 Weitere Anforderungen und Empfehlungen für CRAs und weitere Legierungen

A.1.5.1 Anforderungen an Überzüge, Oberflächenbehandlungen, Plattierungen, Beschichtungen, Auskleidungen usw.

Zur Zusammensetzung, Rissbildungsbeständigkeit und Verwendung von Überzügen, siehe Abschnitt A.13.

Metallische Beschichtungen (galvanisiert und stromlos plattiert), Konversionsbeschichtungen, Kunststoffbeschichtungen oder -Auskleidungen dürfen verwendet werden, sind aber zur Verhinderung der Rissbildung nicht annehmbar.

Die Auswirkung ihrer Anwendung auf die Rissbildungsbeständigkeit des Substrates ist zu beachten.

Eine Nitrierhärtung mit einer maximalen Einsatzhärtungstiefe von 0,15 mm (0,006 in) ist eine akzeptable Form der Oberflächenbehandlung, sofern sie bei einer Temperatur durchgeführt wird, die unter der kritischen Temperatur der zu behandelnden Legierung liegt. Die Anwendung des Nitrierens als Mittel zur Verhinderung von Rissbildung in sauren Einsatzbereichen ist nicht akzeptabel.

A.1.5.2 Gewindeschneiden

Mit Gewindeschneidemaschinen hergestellte Gewinde sind akzeptabel.

Durch Kaltverformen (Walzen) hergestellte Gewinde sind bei CRAs und weiteren Legierungen akzeptabel, sofern der Werkstoff und die Anwendungsgrenzen ansonsten diesem Teil von ISO 15156 entsprechen.

A.1.5.3 Kaltverformung von Oberflächen

Eine Kaltverformung von Oberflächen ist zulässig, wenn sie durch Prozesse wie z. B. Polieren verursacht wird, bei denen nicht mehr Kaltverformung erzeugt wird, als bei den üblichen Bearbeitungsverfahren (wie z. B. Drehen oder Abbohren, Walzen, Gewindeschneiden, Aufbohren usw.) anfällt.

Eine Kaltverformung durch gesteuertes Kugelstrahlen ist zulässig, sofern sie bei Grundwerkstoffen angewendet wird, die diesem Teil von ISO 15156 entsprechen und auf eine maximale Schussgröße von 2,0 mm (0,080 in) und eine Almenintensität von höchstens 10C beschränkt bleibt. Der Prozess ist nach SAE AMS2430P zu steuern.

A.1.5.4 Identifizierungsprägung

Die Verwendung einer Identifizierungsprägung unter Verwendung von spannungsarmen (Punkt-, Schwingungs- und abgerundeten V-)Stempeln ist annehmbar.

Die Verwendung herkömmlicher scharfer V-Stempel ist in spannungsarmen Bereichen, wie z. B. dem Außendurchmesser von Flanschen, annehmbar. Eine herkömmliche scharfe V-Prägung darf in Bereichen mit hoher Spannung nicht vorgenommen werden, außer wenn mit dem Nutzer der Ausrüstung vereinbart.

A.1.6 Auffinden benannter Ausrüstungen oder Bauteile in den Werkstoffauswahltabellen

Tabelle A.1 enthält eine Anleitung zu den Werkstoffauswahltabellen für beliebige Ausrüstungen oder Bauteile. Sie enthält außerdem auch eine Anleitung zu zusätzlichen Werkstoffauswahltabellen für besonders benannte Ausrüstungen oder Bauteile, für die weitere, weniger restriktive umgebungsbedingte oder metallurgische Grenzwerte angewendet werden dürfen.

A.2 Austenitische nichtrostende Stähle (gekennzeichnet als Werkstoffart und als einzelne Legierungen)

A.2.1 Werkstoffanalysen

Austenitische nichtrostende Stähle dieser Werkstoffart müssen die folgenden Elemente in folgenden Anteilen, angegeben als Massenanteile enthalten:

- C, maximal 0,08 %;
- Cr, mindestens 16 %;
- Ni, mindestens 8 %;
- P, maximal 0,045 %;
- S, maximal 0,04 %;
- Mn, maximal 2,0 %; und
- Si, maximal 2,0 %.

Weitere Legierungselemente sind zulässig.

Ein höherer Kohlenstoffgehalt ist für UNS S30900 und S31000 bis zu den Grenzwerten ihrer entsprechenden Spezifikationen akzeptabel.

Die in Tabelle D.1 aufgeführten Legierungen können die oben genannten Anforderungen zwar erfüllen, müssen es aber nicht zwangsläufig. In einigen Fällen sind restriktivere chemische Eigenschaften erforderlich, um die Anforderungen dieser Werkstoffgruppe zu erfüllen. Siehe auch A.3.1.

Produkte aus austenitischem nichtrostenden Automatenstahl dürfen nicht verwendet werden.

Tabelle A.1 — Anleitung zur Verwendung der Werkstoffauswahltabellen in Anhang A

Ausrüstungen und Bauteile	Nummer der Werkstoffauswahltabelle für verschiedene Werkstoffgruppen									
	Austenitischer nichtrostender Stahl (siehe A.2)	Hochlegierter austenitischer nichtrostender Stahl (siehe A.3)	Mischkristall-Nickellegerung (siehe A.4)	Ferritische nichtrostende Stähle (siehe A.5)	Martensitische nichtrostende Stähle (siehe A.6)	Nichtrostende Duplexstähle (siehe A.7)	Ausscheidungs- gehärtete nichtrostende Stähle (siehe A.8)	Ausscheidungs- gehärtete Nickellegierungen (siehe A.9)	Kobaltlegierungen (siehe A.10)	Titan und Tantal (siehe A.11)
Alle Ausrüstungen oder Bauteile	A.2	A.8	A.13 A.14	A.17	A.18	A.24	A.26	A.31 A.32 A.33	A.38	A.41 A.42
Zusätzliche Werkstoffauswahltabellen für Mantelrohre für Bohrer, Rohre und Bohrausrüstungen										
Rohrförmige Bauteile für Bohrausrüstungen	—	A.9	—	—	A.19	A.25	—	—	—	—
Packer und Untertage-ausrüstungen	—	A.9	—	—	A.20 A.21	A.25	A.27	—	—	—
Gasliftausrüstungen	A.7	A.10	A.16	—	—	—	—	A.37	—	—
Einspritzrohre und -ausrüstungen	A.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rohre für die Steuerleitung von Bohrausrüstungen und Bildschirme	A.7	A.11	—	—	—	—	—	—	—	—
Zusätzliche Werkstoffauswahltabellen für Bohrlochköpfe, Eruptionskreuze, Ventile, Drosseln und Niveauregler										
Bauteile für Bohrlochköpfe und Eruptionskreuze (mit verschiedenen festgelegten Ausnahmen)	—	—	A.13	—	A.23	—	A.27	A.34	—	—
Bauteile für Ventile und Drosseln ((mit verschiedenen festgelegten Ausnahmen)	—	—	—	—	A.23	—	A.27	A.34	—	—
Achsen, Schäfte und Bolzen	A.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bauteile für nicht drucktragende Innenventile, Druckregler und Niveauregler	—	—	—	—	—	—	A.28	A.35	—	—
Zusätzliche Werkstoffauswahltabellen für verfahrenstechnische Anlagen										
Verdichterteile	A.6	—	—	—	A.22	—	A.30	—	—	—
Zusätzliche Werkstoffauswahltabellen für weitere Ausrüstungen										
Mess- und Steuergeräte	A.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Ausrüstungen und Bauteile	Nummer der Werkstoffauswahltablelle für verschiedene Werkstoffgruppen									
	Austenitischer nichtrostender Stahl (siehe A.2)	Hochlegierter austenitischer nichtrostender Stahl (siehe A.3)	Mischkristall-Nickellegierung (siehe A.4)	Ferritische nichtrostende Stähle (siehe A.5)	Martensitische nichtrostende Stähle (siehe A.6)	Nichtrostende Duplexstähle (siehe A.7)	Ausscheidungs-gehärtete nichtrostende Stähle (siehe A.7)	Ausscheidungs-gehärtete Nickellegierungen (siehe A.9)	Kobaltlegierungen (siehe A.10)	Titan und Tantal (siehe A.11)
Rohre für Messgeräte und zugehörige Rohrverschraubungen, Rohre für die Oberflächen-Steuerleitung und oberirdische Bildschirme	A.4	A.11	—	—	—	—	—	—	—	—
Federn	—	—	—	—	—	—	—	A.36	A.39	—
Membrane, Druckmessgeräte und Druckdichtungen	—	—	—	—	—	—	—	—	A.40	—
Dichtungsringe und Dichtscheiben	A.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sicherungsringe	—	—	—	—	—	—	A.29	—	—	—
Lagerbolzen	—	—	A.15	—	—	—	—	—	—	—
Sonstige Ausrüstungen wie in den Tabellen genannt (einschließlich Hardware (z. B. Stellschrauben usw.), Werkzeuge für den zeitweiligen unter- und überirdischen Einsatz)	A.7	—	A.16	—	—	—	A.28	A.35	—	—

A.2.2 Grenzwerte für Umgebungen und Werkstoffe bei Verwendung von austenitischen nichtrostenden Stählen

Tabelle A.2 — Grenzwerte für Umgebung und Werkstoffe für die Verwendung austenitischer nichtrostender Stähle in beliebigen Ausrüstungen oder Bauteilen

Werkstoffart/ UNS-Nummer der Einzel- legierung	Höchst- temperatur °C (°F)	H ₂ S- Partialdruck $p_{\text{H}_2\text{S}}$ max. kPa (psi)	Chlorid- konzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefel- beständig?	Bemerkungen
Austenitischer nichtrostender Stahl der in A.2 beschrie- benen Werk- stoffart	60 (140)	100 (15)	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	nein	Jede in Produktions- umgebungen vorkom- mende Kombination aus Chloridkonzentration und in-situ-pH-Wert ist annehmbar.
	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	50	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	nein	Diese Werkstoffe wurden in Produktionsumge- bungen ohne Einschrän- kungen von Temperatur, $p_{\text{H}_2\text{S}}$ oder in-situ-pH eingesetzt. Es sind keine Grenzwerte für einzelne Parameter festgelegt, aber einige Kombina- tionen der Werte dieser Parameter könnten nicht akzeptabel sein.
S31600	93 (200)	10,2 (1,5)	5 000	≥ 5,0	nein	
S31603	149 (300)	10,2 (1,5)	1 000	≥ 4,0	nein	
S20910	66 (150)	100 (15)	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	Siehe Spalte „Bemer- kungen“	nein	Alle in Produktionsum- gebungen vorkommen- den Kombinationen aus Chloridkonzentration und in-situ-pH-Wert sind annehmbar.
Diese Werkstoffe müssen außerdem: — im lösungsgeglühten und abgeschreckten, oder weichgeglühten und wärmestabilisierten Zustand der Wärmebehandlung sein; — frei von Kaltverformungen, mit denen ihre mechanischen Eigenschaften verbessert werden sollen, sein; und — eine maximale Härte von 22 HRC aufweisen. S20910 ist jedoch im weichgeglühten oder warmgewalzten (warm/kaltverfestigten) Zustand bei einer maximalen Härte von 35 HRC akzeptabel. Bei diesen austenitischen Stählen sollte ein Grenzwert für den Martensitgehalt berücksichtigt werden.						

Tabelle A.3 — Grenzwerte für Umgebungen und Werkstoffe bei austenitischen nichtrostenden Stählen zur Verwendung als Ventilspindeln, Bolzen und Schäfte

UNS-Nummer der Einzellegierung	Höchsttemperatur °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck p_{H_2S} max. kPa (psi)	Chloridkonzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefelbeständig?	Bemerkungen
S20910	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	NDS ^a	Alle in Produktionsumgebungen vorkommenden Kombinationen aus Temperatur, p_{H_2S} , Chloridkonzentration und in-situ-pH-Wert sind annehmbar.
Bei diesen Anwendungen gelten auch folgende Einschränkungen für Werkstoffe:						
— UNS S20910 darf bei einem maximalen Härtegrad von 35 HRC in kaltverformten Zustand unter der Voraussetzung verwendet werden, dass es vor der Kaltverformung lösungsgeglüht wird.						
^a Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.						

Tabelle A.4 — Grenzwerte für Umgebungen und Werkstoffe bei austenitischen nichtrostenden Stählen zur Verwendung in Sonderbauteilen für Anwendungen übertage, wie z. B. Verrohrungen für Messgeräte und zugehörige Rohrverschraubungen, Rohre für Steuerleitungen und Bildschirmgeräte

UNS-Nummer der Einzellegierung	Höchsttemperatur °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck p_{H_2S} max. kPa (psi)	Chloridkonzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefelbeständig?	Bemerkungen
S31600	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	NDS ^a	Dieser Werkstoff wurde für diese Bauteile in Produktionsumgebungen ohne Einschränkung von Temperatur, p_{H_2S} , Chloridkonzentration oder in-situ-pH-Wert angewendet. Es sind keine Grenzwerte für einzelne Parameter festgelegt, aber einige Kombinationen der Werte dieser Parameter könnten nicht akzeptabel sein.
Der nichtrostende Stahl UNS S31600 darf für Rohrverschraubungen und Messgeräteverrohrungen eingesetzt werden, selbst wenn er die in Tabelle A.2 für beliebige Ausrüstungen oder Bauteile festgelegten Anforderungen möglicherweise nicht erfüllt.						
^a Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.						

Tabelle A.5 — Grenzwerte für Umgebungen und Werkstoffe bei austenitischen nichtrostenden Stählen zur Verwendung als Dichtungsringe und -scheiben

UNS-Nummer der Einzellegierung	Höchsttemperatur °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck $p_{\text{H}_2\text{S}}$ max. kPa (psi)	Chloridkonzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefelbeständig?	Bemerkungen
J92600, J92900 S30400, S30403 S31600, S31603	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	NDS ^a	Alle in Produktionsumgebungen vorkommenden Kombinationen aus Temperatur, $p_{\text{H}_2\text{S}}$, Chloridkonzentration und in-situ-pH-Wert sind annehmbar.
Bei diesen Anwendungen gelten auch folgende Einschränkungen für Werkstoffe: — Aus J92600, J92900 hergestellte API-Dichtungsringe und -scheiben, die aus im Schleudergießverfahren hergestelltem Werkstoff bestehen, müssen im Gusszustand oder im lösungsgeglühten Zustand eine Härte von maximal 160 HBW (83 HRB) aufweisen. — Aus S30400, S30403, S31600 oder S31603 hergestellte API-Dichtungsringe und -scheiben, die aus Halbzeug bestehen, müssen im lösungsgeglühten Zustand eine Härte von maximal 160 HBW (83 HRB) aufweisen.						
^a Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.						

Tabelle A.6 — Grenzwerte für Umgebungen und Werkstoffe bei austenitischen nichtrostenden Stählen zur Verwendung in Verdichtern und Mess- und Steuergeräten

Werkstoffart	Höchsttemperatur °C (°F)	H ₂ S-Partialdruck $p_{\text{H}_2\text{S}}$ max. kPa (psi)	Chloridkonzentration max. mg/l	pH-Wert	schwefelbeständig?	Bemerkungen
Verdichter						
Austenitischer nichtrostender Stahl der in A.2 beschriebenen Werkstoffart	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	NDS ^a	Alle in Produktionsumgebungen vorkommenden Kombinationen aus Temperatur, $p_{\text{H}_2\text{S}}$, Chloridkonzentration und in-situ-pH-Wert sind annehmbar.
Mess- und Steuergeräte ^b						
Austenitischer nichtrostender Stahl der in A.2 beschriebenen Werkstoffart	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	Siehe Spalte „Bemerkungen“	NDS ^a	Dieser Werkstoff wurde für diese Bauteile in Produktionsumgebungen ohne Einschränkung von Temperatur, $p_{\text{H}_2\text{S}}$, Chloridkonzentration oder in-situ-pH-Wert angewendet. Es sind keine Grenzwerte für einzelne Parameter festgelegt, aber einige Kombinationen der Werte dieser Parameter könnten nicht akzeptabel sein.
Bei diesen Anwendungen müssen diese Werkstoffe außerdem:						
— im lösungsgeglühten und abgeschreckten, oder weichgeglühten und wärmestabilisierten Zustand der Wärmebehandlung sein; — frei von Kaltverformungen, mit denen ihre mechanischen Eigenschaften verbessert werden sollen, sein; und — eine maximale Härte von 22 HRC aufweisen.						
^a Es liegen keine Daten vor (NDS) (en: No data submitted), um festzustellen, ob diese Werkstoffe für den Einsatz in Umgebungen zulässig sind, in denen elementarer Schwefel vorkommt.						
^b Mess- und Steuergeräte umfassen Membranen, Druckmessgeräte und Druckdichtungen, sind jedoch nicht darauf beschränkt.						