

DIN EN ISO 10405

ICS 23.040.01; 75.180.10

**Erdöl- und Erdgasindustrie –
Pflege und Gebrauch von Futterrohren und Steigrohren
(ISO 10405:2000);
Deutsche und Englische Fassung EN ISO 10405:2006**

Petroleum and natural gas industries –
Care and use of casing and tubing (ISO 10405:2000);
German and English version EN ISO 10405:2006

Industries du pétrole et du gaz naturel –
Entretien et utilisation des tubes de cuvelage et de production (ISO 10405:2000);
Version allemande et anglaise EN ISO 10405:2006

Gesamtumfang 94 Seiten

Normenausschuss Erdöl- und Erdgasgewinnung (NÖG) im DIN

Nationales Vorwort

Diese Norm enthält eine vom DIN erstellte Übersetzung von ISO 10405:2000, die im Rahmen des einstufigen Annahmeverfahrens (UAP) über CEN/TC 12 in das europäische Normenwerk des CEN und damit als nationale Norm DIN EN ISO übernommen wird.

Der Text dieser Norm enthält neben den gesetzlichen Einheiten auch Einheiten wie inch, lbf, °F. Es wird jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Anwendung dieser Einheiten im nationalen amtlichen und geschäftlichen Verkehr auf Grund des Gesetzes über Einheiten im Messwesen nicht zulässig ist. Umrechnung siehe Anhang A dieser Norm.

Deutsche Fassung

Erdöl- und Erdgasindustrie – Pflege und Gebrauch von
Futterrohren und Steigrohren (ISO 10405:2000)

Petroleum and natural gas industries – Care and use of
casing and tubing (ISO 10405:2000)

Industries du pétrole et du gaz naturel – Entretien et
utilisation des tubes de cuvelage et de production
(ISO 10405:2000)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 9. November 2006 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 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, 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: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 10405:2006) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 67 „Materials, equipment and offshore structures for petroleum and natural gas industries“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 12 „Werkstoffe, Ausrüstung und offshore-Bauwerke für die Erdöl- 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 Mai 2007, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Mai 2007 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, 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 10405:2000 wurde vom CEN als EN ISO 10405:2006 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen.....	4
3 Begriffe	4
4 Ver- und Entrohren von Futterrohren.....	5
4.1 Vorbereitung und Prüfung vor dem Verrohren	5
4.2 Dorndurchgangsprüfung von Futterrohren	6
4.3 Einsetzen, Verschrauben und Absenken	7
4.4 Vor-Ort-Verschraubung	8
4.5 Verfahren zum Absetzen von Futterrohren	10
4.6 Pflege des Futterrohrs im Bohrloch	10
4.7 Wiedergewinnung von Futterrohren	10
4.8 Problemursachen bezüglich Futterrohren	11
5 Ver- und Entrohren von Steigrohren	14
5.1 Vorbereitung und Prüfung vor dem Verrohren	14
5.2 Einsetzen, Verschrauben und Absenken	16
5.3 Vor-Ort-Verschraubung	16
5.4 Ausbau von Steigrohren	17
5.5 Problemursachen bezüglich Steigrohren	18
6 Transport, Handhabung und Lagerung.....	20
6.1 Allgemeines	20
6.2 Transport	20
6.3 Handhabung	21
6.4 Lagerung	21
7 Prüfung und Klassifizierung gebrauchter Futter- und Steigrohre	22
7.1 Allgemeines	22
7.2 Prüf- und Klassifizierungsverfahren	22
7.3 Zustand von Rohrwand und geschraubten Verbindungen	23
7.4 Einsatzbeurteilung	24
8 Wiederaufbereitung.....	24
9 Schweißen von Zubehöerteilen an Futterrohre vor Ort.....	24
9.1 Allgemeines	24
9.2 Anforderungen an Schweißverbindungen	25
9.3 Schweißprozesse	25
9.4 Füllstoff für das Lichtbogenschweißen	25
9.5 Vorbereitung des Grundmetalls	25
9.6 Vorwärmen und Abkühlen	26
9.7 Schweißtechnik	26
Anhang A (informativ) SI-Einheiten.....	50

1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Internationale Norm beschreibt Praktiken bezüglich Pflege und Gebrauch von Futterrohren und Steigrohren. Festgelegt werden Ver- und Entrohrungspraktiken (Ein- und Ausbau-) für Futterrohre und Steigrohre, einschließlich der Verfahrensweisen zum Dorndurchgangsprüfen, Verrohren (Einsetzen), Verschrauben und Absenken, Vor-Ort-Verschrauben, (Vor-Ort-)Dorndurchgangsprüfen und Absetzen. Ebenfalls enthalten sind Problemursachen sowie Transport, Handhabung und Lagerung, Prüfung und Vor-Ort-Verschweißung von Zubehöerteilen.

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 10400:1993, *Petroleum and natural gas industries — Formulae and calculation for casing, tubing, drill pipe and line pipe properties* [API Bul 5C3, *Bulletin on Formulas and Calculations for Casing, Tubing, Drill Pipe, and Line Pipe Properties*]

ISO 10422:1993, *Petroleum and natural gas industries — Threading, gauging, and thread inspection of casing, tubing and line pipe threads — Specification* [API Spec 5B, *Specification for Threading, Gauging, and Thread Inspection of Casing, Tubing, and Line Pipe Threads*]

ISO 11960:2004, *Petroleum and natural gas industries — Steel pipes for use as casing or tubing for wells* [API Spec 5CT, *Specification for Casing and Tubing*]

API Bul 5A3, *Bulletin on Thread Compounds for Casing, Tubing, and Line Pipe*

API Bul 5C2, *Bulletin on Performance Properties of Casing, Tubing, and Drill Pipe*

AWS Spec A5.1, *Covered Carbon Steel Arc Welding Electrodes*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

- 3.1
müssen**
wird zur Angabe einer verbindlichen Vorgabe verwendet
- 3.2
sollten**
wird zur Angabe einer unverbindlichen Vorgabe verwendet, die jedoch als Empfehlung bezüglich der „guten Praxis“ anzusehen ist
- 3.3
können/dürfen**
wird zur Angabe einer Vorgabe verwendet, die als wahlweise betrachtet werden kann

4 Ver- und Entrohren von Futterrohren

4.1 Vorbereitung und Prüfung vor dem Verrohren

4.1.1 Neue Futterrohre werden frei von schädlichen (nachteiligen) Mängeln, wie in ISO 11960 oder API Specification 5CT festgelegt, geliefert und halten die praktischen Grenzwerte bezüglich der in den oben angeführten Normen beschriebenen Prüfverfahren ein. Einige Anwender kamen zu dem Schluss, dass diese Verfahren für eine begrenzte Anzahl kritischer Bohrlochanwendungen nicht zu ausreichend mangelfreien Futterrohren führen, die ihre Forderungen für derartig kritische Anwendungen erfüllen. Von den Anwendern wurden verschiedene Dienstleistungen bezüglich zerstörungsfreier Prüfungen in Anspruch genommen, um sicherzustellen, dass beim Verrohren die gewünschte Beschaffenheit der Futterrohre beibehalten wird. Hinsichtlich dieser Praxis wird vorgeschlagen, dass der einzelne Anwender:

- a) sich mit den in den Normen festgelegten und den jeweiligen Walzwerken angewendeten Prüfverfahren beschäftigt und die in den Normen enthaltene Begriffsdefinition zu „schädlicher Mangel“ verinnerlicht;
- b) jegliche von ihm an Rohrprodukten angewendete zerstörungsfreie Prüfungen gründlich auswertet, um sich zu vergewissern, dass die Prüfung tatsächlich die schädlichen Mängel lokalisiert und von anderen veränderlichen Größen unterscheidet, die Quellen irrtümlicher Mangelanzeigen bei diesen Prüfverfahren sein können und häufig auch sind.

4.1.2 Alle Futterrohre, ob neu, gebraucht oder wiederaufbereitet, sollten immer mit ordnungsgemäß angebrachten Gewindeschutzvorrichtungen (-kappen) gehandhabt werden. Die Handhabung der Futterrohre sollte immer auf Gestellen bzw. auf Holz- oder Metalloberflächen, die frei von Steinen, Sand oder anderen Verunreinigungen als der übliche Bohrschlamm sind, erfolgen. Wenn Futterrohre versehentlich über einen verschmutzten Boden gezogen werden, sollten die Gewinde danach gereinigt und gewartet werden, wie in 4.1.7 beschrieben.

4.1.3 Für lange Stränge werden Keilelevatoren empfohlen. Sowohl Rohrkeiltopf als auch Elevatorkeile sollten sauber sowie scharf sein und richtig passen. Für sehr schwere Futterrohr-Stränge sollten die Abfangkeile besonders lang sein. Der Rohrkeiltopf muss plan sein.

ANMERKUNG Abfangkeil- und Zangenabdrücke gelten als schädlich. Um derartige Beschädigungen auf ein Mindestmaß einzuschränken, sollte mittels Anwendung geeigneter moderner Ausrüstung soviel Aufwand wie möglich betrieben werden.

4.1.4 Wenn Muffenzugelevatoren verwendet werden, sollte die Lageroberfläche sorgfältig auf a) ungleichmäßigen Verschleiß, der einen seitlichen Versatz an der Muffe mit Gefahr des Herausspringens hervorrufen kann, und b) gleichmäßige Verteilung der über der Lagerstirnseite der Muffe anliegenden Last geprüft werden.

4.1.5 Rohrkeiltopf und Elevatorkeile sollten untersucht und kontrolliert werden, ob sie sich alle zusammen absenken. Wenn sie sich ungleichmäßig absenken, besteht die Gefahr des Einbeulens vom Rohr oder schwerwiegender Kerbschnitte beim Gleiten.

4.1.6 Es muss sorgfältig darauf geachtet werden, insbesondere beim Einbau langer Futterrohrstränge, dass der ordnungsgemäße Zustand der Gleitbuchse oder des Keiltopfs (Rohrbirne) sichergestellt ist. Zangen können auf 1,5 % der berechneten Ausbaukraft (siehe ISO 10400 oder API Bulletin 5C3, mit den erforderlichenfalls auf N·m umgerechneten Einheiten) bemessen werden (150 % des in Tabelle 1 angegebenen Drehmoment-Richtwertes). Die Zangen sollten auf Verschleiß an den Gelenkbolzen und Gelenkoberflächen untersucht werden. Die Befestigung des Halteseils zum Stützpfeiler sollte erforderlichenfalls auf das Niveau der Zange in der Haltestellung korrigiert werden, um eine ungleichmäßige Lastverteilung auf den Greifflächen des Futterrohrs zu vermeiden. Die Länge des Halteseils sollte so sein, dass nur minimale Biegespannungen am Futterrohr hervorgerufen werden und die volle Greifbewegung der Konterzange möglich ist.

4.1.7 Bei der Vorbereitung der Futterrohrgewinde zum Verschrauben in den Futterrohrsträngen sollten folgende Vorkehrungen getroffen werden:

- a) unmittelbar vor dem Verrohren sind die Gewindeschutzkappen sowohl am Feldende (Vorderende) als auch am Muffenende abzunehmen und die Gewinde gründlich zu reinigen, was bei jeder weiteren frei werdenden Reihe zu wiederholen ist;
- b) die Gewinde sind sorgfältig zu prüfen. Diejenigen, die beschädigt sind, was auch bei geringfügiger Beschädigung gilt, sind zu verwerfen, sofern keine ausreichenden Möglichkeiten zum Korrigieren des Gewindeschadens zur Verfügung stehen;
- c) vor dem Verrohren muss die Länge jedes Futterrohrs gemessen werden. Hierzu sollte ein in Millimeter (Fuß, en. feet) auf 3,0 mm (0,01 ft) kalibriertes Stahlmaßband verwendet werden. Die Messung sollte von der äußersten Stirnseite des Schraubings (Doppelmuffe) oder der Gewindemuffe zu der Stelle am außen mit Gewinde versehenen Ende erfolgen, an der der Schraubring oder die Muffe anschlägt, wenn die Verbindung kraftverschraubt ist. An Rundgewindeverbindungen liegt diese Stelle in der Ebene des Punktes, an dem das Gewinde auf dem Rohr aufhört; bei Futterrohren mit Buttress-Gewinde liegt diese Stelle an der Basis der Dreieckskennzeichnung auf dem Rohr und bei Futterrohren mit Extrem(e)line-Gewinde befindet sich diese Stelle am Absatz des Endes mit Außengewinde. Der Gesamtwert der so gemessenen einzelnen Längen wird die Länge des unbelasteten Futterrohrstrangs wiedergeben. Die tatsächliche Länge unter Zugbeanspruchung im Bohrloch kann durch Einsicht in die für diese Zwecke angefertigten und in den meisten Rohr-Handbüchern enthaltenen Grafiken erhalten werden;
- d) jede Muffe ist bezüglich der Verschraubung zu prüfen. Wenn der Vorsprung unnormal groß ist, muss die Muffenverschraubung auf Dichtheit geprüft werden. Alle losen Muffen sind nach sorgfältiger Reinigung und Aufbringen von Dichtmittel über die gesamte Gewindeoberfläche fest anzuziehen, bevor das Rohr in den Bohrturm gezogen wird;
- e) vor dem Verrohren sind die gesamten inneren und äußeren Gewindebereiche mit reichlich Gewindedichtmittel zu versehen. Es wird empfohlen, ein Gewindedichtmittel zu verwenden, das die Leistungsanforderungen nach API Bulletin 5A3 erfüllt; in Sonderfällen, in denen extreme Bedingungen herrschen, wird jedoch empfohlen, dass Gewindedichtmittel aus Hochdruck-Silikon, wie in API Bulletin festgelegt, verwendet werden;
- f) das Feldende des Rohrs ist mit einem sauberen Gewindeschutz zu versehen, damit das Gewinde beim Rollen des Rohrs auf dem Gestell und Ziehen in den Bohrturm nicht beschädigt wird. Für diesen Vorgang dürfen Gewindeschutzkappen mehrmals gereinigt und wiederholt verwendet werden;
- g) wenn ein kombinierter Strang (Rohrtour) eingebaut werden soll, ist zu überprüfen, ob das geeignete Futterrohr auf dem Rohrlager zugänglich sein wird, wenn es planmäßig erforderlich ist;
- h) Rohrverbinder, die als Bauelement zur Aufnahme von Zug- und Tragkräften dienen, sollten bezüglich des Aufnahmevermögens ihrer Gewinde sorgfältig überprüft werden, um sicherzustellen, dass der Rohrverbinder die Last sicher tragen kann;
- i) beim Verschrauben von kurzen Verbindungsrohren (Passstücken) und Rohrverbindern sollte darauf geachtet werden, dass dieselbe Größe und der gleiche Typ der vorgesehenen Gewindepaare sichergestellt ist.

4.2 Dorndurchgangsprüfung von Futterrohren

4.2.1 Es wird empfohlen, unmittelbar vor dem Verrohren jeden Futterrohrabschnitt mit Prüfdornen (Rohrkaliber) nach ISO 11960 oder API Specification 5CT über die gesamte Länge auf Dorndurchgang zu prüfen. Futterrohre, die die Dorndurchgangsprüfung nicht bestehen, sollten ausgesondert werden.

4.2.2 Jedes einzelne Futterrohr ist vorsichtig und ohne Fallenlassen zum Laufsteg zu senken oder rollen. Erforderlichenfalls sind Seildämpfer zu verwenden. Das Anschlagen von Futterrohren gegen jegliches Teil des Bohrturms oder anderer Einrichtungen ist zu vermeiden. Am Fenster muss ein Rücklaufsicherungsseil bereitgestellt werden. Bei kombinierten oder ungekennzeichneten Strängen sollte ein Durchgangsprüfmoich oder

„Jackrabbitt“ durch jedes einzelne Futterrohr geführt werden, wenn es vom Laufsteg gehoben und auf den Bohrturmboden gezogen wird, um das Einbauen eines schweren Rohrabschnitts oder eines mit geringerem Innendurchmesser, als für den Futterrohrstrang gefordert, zu vermeiden.

4.3 Einsetzen, Verschrauben und Absenken

4.3.1 Der Gewindeschutz darf bis unmittelbar vor dem Einsetzen nicht vom Feldende des Futterrohres entfernt werden.

4.3.2 Erforderlichenfalls ist unmittelbar vor dem Einsetzen auf die gesamte Oberfläche der Gewinde ein Gewindedichtmittel aufzutragen. Die zum Auftragen des Gewindedichtmittels verwendete Bürste bzw. jegliches andere Hilfsmittel sollte frei von Fremdstoffen sein und das Dichtmittel sollte niemals verdünnt werden.

4.3.3 Beim Einsetzen sind die Futterrohre sorgfältig abzusenken, um eine Beschädigung der Gewinde zu vermeiden. Das Einsetzen muss senkrecht erfolgen, vorzugsweise mit Hilfe einer Person auf der Verrohrungsbühne. Wenn sich der Futterrohr-Gestängezug nach dem Verrohren zu einer Seite neigt, ist nach dem Anheben jedes beschädigte Gewinde zu reinigen und mit einer Dreikantfeile zu korrigieren, worauf jegliche Feilspäne sorgfältig zu entfernen sind und erneut Dichtmittel auf die Gewindeoberfläche aufgetragen werden muss. Nach dem Verrohren sollte das Futterrohr anfänglich sehr langsam gedreht werden, um sicherzustellen, dass die Gewinde richtig fassen und nicht ausreißen. Wenn ein Spillseil verwendet wird, sollte es nahe der Muffe ziehen.

ANMERKUNG Die Empfehlungen in 4.3.4 und 4.4.1 für das Verschrauben von Futterrohren gelten für die Verwendung von Hydraulikzangen. Hinsichtlich Empfehlungen zum Verschrauben von Futterrohren mit Hilfe von Spillseilen und herkömmlichen Zangen siehe 4.4.2.

4.3.4 Die Verwendung von Hydraulikzangen zum Verschrauben von Futterrohren führte zu dem Wunsch, für jede Größe, Masse und Güte von Futterrohren Drehmoment-Empfehlungswerte zusammenzustellen. Frühere Untersuchungen und Versuche ergaben, dass Drehmomentwerte von einer großen Anzahl an Variablen, wie z. B. Änderungen in der Kegelsteigung, Ganghöhe (Gewindesteigung), Gewindehöhe und -form, Oberflächenbeschaffenheit (-bearbeitung), Art des Gewindedichtmittels, Gewindelänge, Masse und Güte des Rohrs usw. beeinflusst werden. Hinsichtlich der Vielzahl veränderlicher Größen und des Ausmaßes, in dem diese Variablen allein oder in Kombination das Verhältnis der Drehmomentwerte gegenüber den Verschraubungsstellungen beeinflussen kann, erwies es sich als notwendig, sowohl das angelegte Drehmoment als auch die Verschraubungsstellung zu betrachten. Da die Gleichung für die Ausreißfestigkeit (Haltekraft) von Verbindungen in API Bulletin 5C2 mehrere der das Drehmoment beeinflussenden Variablen enthält, wurde die Anwendung einer modifizierten Gleichung zum Bestimmen der Drehmomentwerte untersucht. Die durch Einsetzen von 1 % des berechneten Ausreißwertes erhaltenen Drehmomentwerte erwiesen sich im Allgemeinen als vergleichbar mit den bei Verschraubungsfeldversuchen unter Anwendung von API-modifiziertem Gewindedichtmittel nach API Bulletin 5A3 erhaltenen Werten. Andere Dichtmittel als API-modifiziertes Gewindedichtmittel können zu anderen Drehmomentwerten führen. Diese Verfahrensweise wurde daher zum Vorbestimmen der in Tabelle 1 angegebenen Verschraubmomente angewendet. Alle Werte sind auf 10 N·m (10 ft·lbf) gerundet. Auf Grund der sehr starken Schwankungen in den Drehmomentanforderungen, die für eine bestimmte Verbindung bestehen können, dürfen diese Werte lediglich als Richtwerte angesehen werden. Aus diesem Grund ist es wesentlich, das Drehmoment mit der Verschraubungsposition ins Verhältnis zu setzen, wie in 4.4.1 beschrieben. Die in Tabelle 1 angeführten Drehmomentwerte gelten für Futterrohre mit verzinkten oder phosphatbeschichteten Muffen. Beim Verschrauben von Verbindungen mit verzinneten Muffen kann 80 % des jeweilig angeführten Wertes als Richtwert angewendet werden. Die angegebenen Werte gelten nicht für das Verschrauben von Muffen mit PTFE-(Polytetrafluorethylen)-Ringen. Für das Verschrauben von Rundgewinde-Verbindungen mit PTFE-Dichtungsringen werden 70 % der angeführten Werte empfohlen. Buttress-Verbindungen mit PTFE-Dichtungsringen können andere Drehmomentwerte als die üblicherweise an herkömmlichen Buttress-Gewinden beobachteten Werte ergeben.

ANMERKUNG Abrieb (Fressen) des Gewindes bei zu Abrieb neigenden Werkstoffen (martensitische Chromstahlsorten, 9 Cr und 13 Cr, nicht rostende Duplexstahlsorten und Legierungen auf Nickelbasis) tritt während der Bewegung auf — Einbau oder Ausbau und Verschrauben oder Entschrauben. Die Abriebfestigkeit von Gewinden wird in erster Linie durch zwei Einflussfaktoren geregelt — Oberflächenvorbereitung und -bearbeitung bei der Herstellung sowie vorsichtige Handhabungspraktiken beim Verrohren und Entrohren.

Gewinde und Schmiermittel müssen sauber sein. Die Montage in waagerechter Stellung sollte vermieden werden. Die Verbindungen sollten von Hand bis zur „handfest“ angezogenen Position gedreht werden, bevor mit Kraftwerkzeugen langsam festgezogen wird. Zur Demontage sollte das Verfahren umgekehrt angewendet werden.

4.4 Vor-Ort-Verschraubung

4.4.1 Für die Montage am Einsatzort wird folgende Praxis empfohlen:

- a) Für Rundgewinde mit einem Außendurchmesser (AD) von 114,3 mm (4 1/2 in) bis 339,7 mm (13 3/8 in):
 - 1) zu Beginn jedes Einbaus von Futterrohren aus einer bestimmten Walzwerklieferung ist es ratsam, ausreichend viele Verbindungen zum Bestimmen des Drehmoments, das für eine ordnungsgemäße Verschraubung notwendig ist, herzustellen. Bezüglich der genauen Anzahl an Umdrehungen nach dem handfesten Anziehen siehe 4.4.2. Diese Werte können anzeigen, dass eine Abweichung von den in Tabelle 1 angeführten Werten ratsam ist. Wenn andere Werte gewählt werden, sollte das Minstdrehmoment nicht weniger als 75 % als der ausgewählte Wert betragen. Das Höchstdrehmoment sollte nicht größer als 125 % des ausgewählten Drehmoments sein;
 - 2) die Hydraulikzange sollte mit einer zuverlässigen Drehmoment-Messeinrichtung bekannter Präzision versehen sein. In den Anfangsphasen der Verschraubung sollten jegliche Unregelmäßigkeiten der Verschraubung bzw. der Verschraubungsgeschwindigkeit beobachtet werden, da diese ein Anzeichen für ausgerissene Gewinde, verschmutzte oder beschädigte Gewinde oder andere nachteilige Bedingungen sein können. Um den Abrieb von Schraubverbindungen am Einsatzort zu verhindern, sollte die Geschwindigkeit beim Verschrauben der Verbindungen 25 min^{-1} nicht überschreiten;
 - 3) die Verschraubung ist fortzusetzen, wobei sowohl die Drehmoment-Messeinrichtung als auch die etwaige Position der Muffenstirnfläche in Bezug zum Gewindeendpunkt zu überwachen sind;
 - 4) die in den Tabellen 1 und 2 angeführten Drehmomentwerte wurden ausgewählt, um Empfehlungswerte für die Verschraubung unter Normalbedingungen anzugeben, und sollten unter der Voraussetzung, dass die Stirnfläche der Muffe mit dem Gewindeende in einer Ebene oder innerhalb von plus oder minus 2 Gewindeumdrehungen vom Gewindeende liegt, als zufrieden stellend betrachtet werden;
 - 5) wenn die Verschraubung so erfolgte, dass das Gewindeende um zwei Gewindeumdrehungen verdeckt ist und 75 % des in Tabelle 1 angegebenen Drehmomentes nicht erreicht wurden, sollte die Schraubverbindung als zweifelhafte Verbindung betrachtet werden, wie in 4.4.3 vorgegeben;
 - 6) wenn mehrere Gewindeumdrehungen bei Erreichen des angegebenen Drehmoments unverdeckt bleiben, ist die Verbindung auf bis zu 125 % des in Tabelle 1 angegebenen Drehmomentwertes anzuziehen. Wenn der Überstand (Abstand von der Muffenstirnseite zum Gewindeende) bei Erreichen dieses erhöhten Drehmomentwertes mehr als drei Gewindeumdrehungen beträgt, sollte die Schraubverbindung als zweifelhafte Verbindung betrachtet werden, wie in 4.4.3 vorgegeben;
- b) bei Futterrohrverbindungen mit Buttress-Gewinde in den Größen 114,3 mm (4 1/2 in) bis 508,0 mm (20 in) AD sollten die Schraubmomentwerte durch sorgfältiges Ermitteln der zum Verschrauben mehrerer Verbindungen bis zur Basis des Dreiecks erforderlichen Drehmomente bestimmt werden. Unter Anwendung des so ermittelten Drehmomentwertes ist die Kalkulation für das Rohr dieser bestimmten Masse und Güte im Rohrstrang zu machen.
- c) Für Rundgewinde von 406,4 mm (16 in), 473 mm (18 5/8 in) und 508,0 mm (20 in) AD:
 - 1) die Verschraubung von 406,4 mm (16 in), 473 mm (18 5/8 in) und 508,0 mm (20 in) AD muss an jeder Verbindung bis zu einer Stelle erfolgen, die durch den Gewindeendpunkt oder die Basis des Dreiecks dargestellt wird, wobei das in Tabelle 1 angegebene Minstdrehmoment als Richtwert anzuwenden ist;

Auf ein Futterrohr mit 8-Rundgewinde wird ein gleichseitiges Dreieck von 9,5 mm (3/8 in) in einem Abstand von $L_4 + 1,6$ mm (1/16 in) zu jedem Ende mit einem Schlagstempel geprägt (bezüglich L_4 siehe Bild 2.1 in ISO 10422:1993 oder API Spec 5B). Die Basis des Dreiecks hilft bei der Lokalisierung des Gewindeendpunktes bei einfachen kraftfesten Verschraubungen; die Position der Muffe bezüglich der Basis des Dreiecks darf jedoch keine Grundlage für die Annahme oder Rückweisung des Produktes sein. Zu Beginn der Verschraubung dieser größeren Verbindungen muss zur Vermeidung von schiefen Verschraubungen sorgfältig vorgegangen werden. Die ausgewählten Zangen sollten für den gesamten Verlauf hohe Drehmoment [67 800 N·m (50 000 ft·lbf)] bewirken können. Es ist zu erwarten, dass die Drehmoment-Höchstwerte das Fünffache des beim Verschrauben bis zur empfohlenen Position erhaltenen Mindestwertes annehmen können.

- 2) bezüglich der ordnungsgemäßen Verschraubung nach den Listenpunkten a) 5) oder a) 6) zweifelhafte Verbindungen sollten auseinander geschraubt werden und zum Bestimmen der Ursache der unsachgemäßen Verschraubung hingelegt werden. Sowohl das Rohrgewinde als auch das zugehörige Muffengewinde sollten sichtgeprüft werden. Beschädigte Gewinde oder Gewinde, die nicht der Spezifikation entsprechen, sollten repariert werden. Wenn keine beschädigten oder außerhalb der Toleranz liegenden Gewinde gefunden werden, die die Ursache für die fehlerhafte Verschraubung sind, sollte das Verschraubmoment zum Erzielen einer ordnungsgemäßen Verschraubung angepasst werden [siehe Listenpunkt a) 1)]. Es sollte angemerkt werden, dass Gewindedichtmittel mit einem von den üblichen Werten deutlich abweichenden Reibungskoeffizienten die fehlerhafte Verschraubung verursachen können.

4.4.2 Wenn herkömmliche Zangen zum Verschrauben der Futterrohre verwendet werden, ist mit den Zangen bis zum passenden Festigkeitsgrad festzuziehen. Die Verbindung sollte nach der handfesten Position um mindestens 3 Umdrehungen bei Größen von 114,3 mm (4 1/2 in) bis 177,8 mm (7 in) und mindestens dreieinhalb Umdrehungen bei Größen von 193,7 mm (7 5/8 in) und größer fester gezogen werden, ausgenommen die Größen 244,5 mm (9 5/8 in) und 273,1 mm (10 3/4 in) der Güteklassen P-110 und 508 mm (20 in) der Güteklassen J-55 und K-55, die ausgehend von der handfesten Stellung um vier Umdrehungen fester gezogen werden sollten. Bei Verwendung eines Spillseils ist es notwendig, die von Hand erzielte Festigkeit mit der Spill-Festigkeit zu vergleichen. Hierzu sind die ersten paar Verbindungen bis zur handfesten Stellung zu verschrauben, dann wieder zu lösen und bis zur mit Spillseil erreichbaren Position festzuziehen. Die relativen Positionen der beiden Verschraubungen sind zu vergleichen und die gewonnene Information dazu anzuwenden, die nach der handfesten Stellung für die Empfehlung erforderliche zusätzliche Anzahl an Umdrehungen zu bestimmen.

4.4.3 Verbindungen, die bezüglich ihrer ordnungsgemäßen Festigkeit zweifelhaft sind, sollten auseinander geschraubt werden und zur Prüfung und Instandsetzung hingelegt werden. Nachdem dies erfolgte, sollte die zugehörige Muffe sorgfältig auf beschädigte Gewinde untersucht werden. Getrennte Verbindungen sollten niemals ohne Werkstattbearbeitung oder Neuvermessung wieder verwendet werden, auch wenn der Schaden an den Verbindungen gering erscheint.

4.4.4 Wenn ein Futterrohr dazu neigt, bei der Verschraubung am oberen Ende übermäßig zu wackeln, was ein Anzeichen dafür sein kann, dass das Gewinde nicht zur Futterrohrachse ausgerichtet ist, dann sollte die Drehgeschwindigkeit zur Vermeidung von Gewindeabrieb verringert werden. Wenn das Wackeln trotz verminderter Drehgeschwindigkeit weiter anhält, sollte das Futterrohr zur Sichtprüfung abgelegt werden. Die Verwendung eines derartigen Futterrohrs an einer Stelle im Strang, an der eine hohe Zugbeanspruchung auftritt, sollte wohl überlegt sein.

4.4.5 Beim Verschrauben der Feldverbindung ist es möglich, dass die Muffe am Werksende leicht geschraubt werden kann. Dies ist kein Anzeichen dafür, dass die Muffe am Werksende zu lose ist, sondern dass das Feldende lediglich die Festigkeit erreicht hat, mit der die Muffe am Herstellort verschraubt wurde.

4.4.6 Futterrohrstränge sollten vorsichtig aufgehoben und abgesenkt werden, wobei beim Setzen der Abfangkeile sorgfältig vorzugehen ist, um Stoßbeanspruchungen zu vermeiden. Das Fallenlassen einer Rohrtour kann selbst bei geringer Höhe zum Lösen von Muffen am unteren Ende des Strangs führen. Es ist darauf zu achten, das Futterrohr nicht auf dessen unteres Ende zu stellen oder anderweitig einem Stauchdruck auszusetzen, da insbesondere in dem Teil des Bohrlochs, in dem das Loch aufgeweitet wurde, die Gefahr des Knickens besteht.

4.4.7 Bezüglich des Aufbaus des Futterrohrstrangs, einschließlich der passenden Lage der verschiedenen Stahlsorten, der Futterrohrmassen und der Art der Verbindungen, sollten eindeutige Anleitungen zur Verfü- gung stehen. Es sollte darauf geachtet, den Strang genau in der vorgesehenen Reihenfolge einzubauen. Wenn irgendein Rohrabschnitt nicht eindeutig identifiziert werden kann, sollte dieser beiseite gelegt werden, bis dessen Güte, Masse oder Verbindungsart mit Sicherheit festgestellt werden kann.

4.4.8 Um das Verrohren zu unterstützen und einen angemessenen hydrostatischen Druck zum Halten von Lagerstättendrücken sicherzustellen, sollte das Futterrohr im Verlauf des Verlegens regelmäßig mit Schlamm gefüllt werden. Die Häufigkeit, mit der das Füllen vorzunehmen ist, wird von einer Reihe von Parametern be- stimmt: Masse des Rohres im Bohrloch, Masse des Schlammes, Lagerstättendruck usw. In den meisten Fällen sollte das Füllen jedes sechsten bis zehnten Rohrabschnitts ausreichen. Der hydrostatische Ausgleich (Ge- gendruck) des Lagerstättendrucks sollte nicht durch zu unregelmäßiges Füllen gefährdet sein. Das Füllen soll- te mit Schlamm angemessener Masse unter Verwendung eines geeignet positionierten und dem Füllvorgang größentechnisch angepassten Schlauches erfolgen. Ein schnell öffnendes/schließendes Kegelventil am Schlammschlauch unterstützt den Vorgang und verhindert das Überfließen. Bei Verwendung eines Gummi- schlauches wird empfohlen, das schnell schließende Ventil eher dort einzubauen, wo der Schlauch an die Schlamm(förder)leitung angeschlossen wird, als am Auslassende des Schlauchs. Des Weiteren wird empfoh- len, mindestens einen anderen Entnahmeanschluss am Schlammfördersystem offen zu lassen, um den Auf- bau von übermäßigem Druck bei geschlossenem Schnellschlussventil und (noch) laufender Pumpe zu ver- hindern. Zum Verhindern einer Beschädigung der Muffengewinde beim Füllvorgang kann ein Kupfernippel am Ende des Schlamm Schlauches verwendet werden.

ANMERKUNG Die Praktik des vorangehenden Füllens mit Schlamm ist nicht notwendig, wenn automatische Auffüll- Futterrohrschuhe und -muffen verwendet werden.

4.5 Verfahren zum Absetzen von Futterrohren

Bezüglich der angemessenen Zugbelastung des Rohrstrangs sowie des angemessenen Absetzverfahrens nach dem Abbinden des Zements sollten eindeutige Anleitungen bereit gestellt werden. Zweck ist das Ver- meiden kritischer Spannungen oder übermäßiger und unsicherer Zugspannungen zu jedem Zeitpunkt der Nutzungsdauer des Bohrlochs. Beim Ermitteln der angemessenen Zugbeanspruchung und Vorgehensweise für das Absetzen sollten alle Faktoren, wie z. B. Bohrloch-Temperatur und -Druck, Temperaturentwicklung aufgrund der Hydratation des Zements, Schlammtemperatur und Temperaturänderungen während der Her- stellungsvorgänge berücksichtigt werden. Die Angemessenheit des ursprünglichen Sicherheitsfaktors für die Zugbeanspruchung des entwurfsgerechten Rohrstrangs beeinflusst das Absetzverfahren und sollte berück- sichtigt werden. Wenn es danach auf Grund von Überlegungen als nicht notwendig erachtet wird, spezielle Anleitungen für das Absetzverfahren zu erstellen (was wahrscheinlich für eine sehr große Mehrheit gebohrter Bohrlöcher gilt), dann sollte so vorgegangen werden, dass das Futterrohr im Futterrohrkopf genau an der Stel- le abgesetzt wird, an der es hing, als der Zementstopfen (-brücke) dessen tiefsten Punkt erreichte, oder an der Stelle wie beim Zementieren.

4.6 Pflege des Futterrohrs im Bohrloch

Innerhalb vom Futterrohr verlaufende Bohrröhre sollten mit geeigneten Bohrröhr-Schutzeinrichtungen ver- sehen werden.

4.7 Wiedergewinnung von Futterrohren

4.7.1 Die Ausbaurangen sollten nahe der Muffe angesetzt werden, jedoch nicht zu nah, da eine leichte Quetschwirkung an den Kontaktstellen zwischen Zangenmesser (-backen) und Rohroberfläche nicht ver- mieden werden kann, insbesondere wenn die Schraubverbindung sehr fest und/oder das Futterrohr leicht ist. Das Halten eines Abstands von einem Drittel bis einem Viertel des Rohrdurchmessers zwischen den Zangen und der Muffe sollte die unnötige Reibung in den Gewinden üblicherweise verhindern. Das Bearbeiten der Muffe mit einem Hammer zum Lösen der Verbindung ist eine schadende Praxis. Bei erforderlichem Klopfen ist die flache Seite des Hammers und niemals die Finne (schmale Hammerbahn) des Hammers zu nehmen; ein Fäustel darf unter keinen Umständen verwendet werden. Das Klopfen darf nur nahe der Mitte und über den gesamten Umfang der Muffe erfolgen und nie nahe dem Ende oder nur auf gegenüberliegenden Seiten.

4.7.2 Es sollte sehr sorgfältig darauf geachtet werden, dass das gesamte Gewinde ausgeschraubt ist, bevor das Futterrohr aus der Muffe gehoben wird. Das Futterrohr darf nicht aus der Muffe springen.

4.7.3 Alle Gewinde sollten gereinigt und gefettet oder mit einem Material beschichtet werden, dass die Korrosion auf eine Mindestmaß verringert. Vor dem Ablegen des Futterrohres sollten saubere Schutzkappen ordnungsgemäß angebracht werden.

4.7.4 Vor der Einlagerung oder Wiederverwendung sollten Rohr und Gewinde sichtgeprüft und die fehlerhaften Stellen für die Werkstattbearbeitung und Neuvermessung gekennzeichnet werden.

4.7.5 Wenn ein Futterrohr auf Grund eines Futterrohrfehlers entnommen wird, ist es zur zukünftigen Vermeidung derartiger Fehler dringend notwendig, eine gründliche metallurgische Untersuchung vorzunehmen. Es sollte jeder Versuch unternommen werden, den fehlerhaften Rohrabschnitt im Fehlzustand zu entnehmen. Wenn die gründliche metallurgische Untersuchung einige Parameter der Rohrgüte offen legt, die mit dem Fehler verbunden sind, sollten die Ergebnisse der Untersuchung im Prüfbericht angegeben werden.

4.7.6 Im Bohrturm abgestellte Futterrohre sollten ohne Gewindeschutz am unteren Ende auf eine feste hölzerne Plattform gesetzt werden, da die Auslegung der meisten Schutzvorrichtungen nicht so ist, dass sie das Einzelrohr oder den Gestängezug ohne Beschädigung des Gewindes am Feldende tragen können.

4.8 Problemursachen bezüglich Futterrohren

4.8.1 Die üblicheren Problemursachen bezüglich Futterrohren sind in 4.8.2 bis 4.8.17 angeführt.

4.8.2 Ungeeignete Auswahl für die vor Ort vorliegende(n) Tiefe und Drücke.

4.8.3 Unzureichende Prüfung aller Futterrohrabschnitte oder von vor Ort hergestellten Gewinden.

4.8.4 Fehlbehandlung im Walzwerk, beim Transport oder am Einsatzort.

4.8.5 Nichteinhaltung von Regeln der guten Praxis bezüglich Verrohren und Entrohren.

4.8.6 Fehlerhaftes Schneiden der vor Ort hergestellten Gewinde.

4.8.7 Die Verwendung von mangelhaft hergestellten Muffen als Ersatzteil und zusätzliches Bauteil.

4.8.8 Unzureichende Sorgfalt bei der Lagerung.

4.8.9 Übermäßiges Verdrehen des Futterrohres, um es durch Engstellen im Bohrloch zu drücken.

4.8.10 Zu starkes Ziehen an einem Rohrstrang (um es frei zu bekommen). Dies kann zum Lösen der Muffen oben am Rohrstrang führen. Diese sollten mit Zangen wieder festgeschraubt werden, bevor der Rohrstrang endgültig gesetzt wird.

4.8.11 Drehbohren innerhalb des Futterrohrs. Das Absetzen des Futterrohrs mit unangemessener Zugbeanspruchung nach dem Zementieren ist einer der Hauptbeiträge derartiger Fehlerursachen.

4.8.12 Der Verschleiß des Bohrrohrs während des Bohrens innerhalb des Futterrohrs ist besonders signifikant bei geneigten Bohrlöchern. Übermäßige Bohrlochknicken in abgelenkten Bohrlöchern, oder gelegentlich in geraden Bohrlöchern, an denen Korrekturmaßnahmen vorgenommen wurden, führen zu komprimierter Biegung des Futterrohrs, was wiederum zu übermäßigem inneren Verschleiß führt, insbesondere wenn sich die Bohrlochknicken oben im Bohrloch befinden.

4.8.13 Kappen eines Kabels/Drahtseils durch Scheuern/Kolbwirkung oder Seilschlagbohren.

4.8.14 Ausknicken des Futterrohrs in einem aufgeweiteten, ausgewaschenen, unzementierten Hohlraum, wenn beim Absetzen zuviel Spannung freigesetzt wird.

4.8.15 Fallenlassen eines Rohrstrangs, selbst bei sehr geringer Fallstrecke.

4.8.16 Undichte Verbindungen unter Außen- oder Innendruck sind eine häufige Problemursache und können auf Folgendem beruhen:

- a) ungeeignetes Gewindedichtmittel;
- b) ungenügende Zangenverschraubung;
- c) verunreinigte Gewinde;
- d) Gewindeabrieb auf Grund von Verunreinigung, sorglosem Verrohren, beschädigten Gewinden, zu schnellem Drehen, übermäßiger Zangenverschraubung oder Wackeln während Dreh- oder Zangenverschraubungsvorgängen;
- e) fehlerhaftes Schneiden von vor Ort herzustellenden Gewinden;
- f) zu starkes Ziehen am Rohrstrang;
- g) Fallenlassen des Rohrstrangs;
- h) übermäßiges Verschrauben und Entschrauben;
- i) zu kräftiger Zangenansatz am Futterrohr, besonders beim Entschrauben (dies führt zu einer Biege Wirkung, die zum Abrieb von Gewinden führen kann);
- j) unzureichende Verschraubung von Verbindungen im Werk;
- k) ovale Form bzw. Unrundheit des Futterrohrs;
- l) ungeeignete Absetzpraktik, die über die Streckgrenze hinaus gehende Spannungen in der Gewindeverbindung erzeugt.

4.8.17 Korrosion, die sowohl die Innen- als auch die Außenseite des Futterrohrs beschädigen kann, ist durch vorhandene Rostnarben oder Löcher im Rohr erkennbar. Korrosion auf der Außenseite des Futterrohrs kann durch korrosive Flüssigkeiten oder Formationen, die mit dem Futterrohr in Berührung kommen, oder durch elektrische Streuströme, die vom Futterrohr in die umgebenden Flüssigkeiten oder Formationen fließen, verursacht werden. Sulfat reduzierende Bakterien können ebenfalls zu starker Korrosion führen. Korrosionsschäden auf der Innenseite werden normalerweise durch aus dem Bohrloch stammende, korrosive Flüssigkeiten hervorgerufen, wonach der Schaden jedoch durch Abriebeffekte von Futterrohr- und Steigrohr-Pumpgeräten und durch hohe Fließgeschwindigkeiten, wie sie in einigen Gaslift-Bohrlöchern auftreten, erhöht werden kann. Korrosion an der Rohrinneinnenseite kann auch auf elektrischen Streuströmen (Elektrolyse) oder auf in engem Kontakt stehenden, unähnlichen Metallen (bimetallische galvanische Korrosion/Kontaktkorrosion) beruhen.

Da die Korrosion so viele Ursachen haben kann, ist die Angabe einer einfachen oder allgemeingültigen Abhilfemaßnahme nicht möglich. Jedes Korrosionsproblem muss als Einzelfall behandelt werden, wobei die jeweilige Lösung unter Berücksichtigung der bekannten Korrosionsfaktoren und Betriebsbedingungen anzustreben ist. Der Zustand des Futterrohrs kann durch Sichtprüfungen oder Prüfungen mit optischen Instrumenten bestimmt werden. Wenn diese unpraktisch sind, kann zum Bestimmen des Zustands der Innenfläche eine Futterrohr-Kalibermessung durchgeführt werden. Zum Bestimmen des Zustands auf der Außenseite des Futterrohrs in einem Bohrloch wurden bisher keine Werkzeuge entwickelt. Im Inneren vorgenommene Futterrohr-Kalibermessungen liefern das Ausmaß (Fläche), die Lage und die Schwere der Korrosion. Auf Grundlage der bisherigen Industrieerfahrung können folgende Praktiken und Maßnahmen zum Kontrollieren der Korrosion von Futterrohren angewendet werden.

- a) Wenn bekannt ist, dass Korrosion auf der Futterrohr-Außenseite auftritt, oder Messungen von elektrischen Streuströmen anzeigen, dass verhältnismäßig starke Ströme in das Bohrloch fließen, können folgende Praktiken angewendet werden:
- 1) gute Zementierungspraktiken, einschließlich der Verwendung von Zentrierkörben, Kratzern und angemessenen Zementmengen, um den Kontakt korrosiver Flüssigkeiten mit der Außenseite des Futterrohrs zu verhindern;
 - 2) elektrische Isolation von Förderleitungen aus dem Bohrloch durch Verwendung von nicht leitenden Flanschordnungen zum Vermindern oder Verhindern von in das Bohrloch fließenden, elektrischen Strömen;
 - 3) Verwendung von stark alkalischem Schlamm oder Schlamm, der mit einem Bakterizid behandelt wurde, als Komplettierungsflüssigkeit, um die Verminderung der von Sulfat reduzierenden Bakterien hervorgerufenen Korrosion zu unterstützen;
 - 4) ein angemessen ausgelegtes Katodenschutzsystem, ähnlich dem für Leitungsrohre verwendeten System, um die Korrosion auf der Futterrohr-Außenseite zu vermindern. Die Schutzkriterien für Futterrohre unterscheiden sich etwas von den für Leitungsrohre geltenden Kriterien. Bezüglich der richtigen Schutzkriterien sollte die Literatur zur Korrosion auf der Futterrohräußenseite oder eine mit diesem Fachgebiet vertraute Person hinzugezogen werden.
- b) Wenn bekannt ist, dass Korrosion auf der Innenseite vorliegt, können folgende Praktiken angewendet werden:
- 1) Packung des Ringraums mit Frischwasser oder alkalischen Schlämmen geringer Salzhaltigkeit in eruptierenden Bohrungen. (In einigen eruptierenden Bohrungen kann es günstiger sein, sich auf Inhibitoren zum Schutz der Innenseite von Futterrohren oder Steigrohren zu verlassen.);
 - 2) Vermeidung der Verwendung von Futterrohrpumpen bei Bohrlöchern mit Pumpförderung. Normalerweise sollten Bohrlöchern mit Pumpförderung unabhängig von der Pumpenlage so weit wie praktisch durchführbar bis zum Boden verrohrt werden, um Beschädigungen des Futterrohres durch korrosive Flüssigkeiten auf ein Mindestmaß zu beschränken;
 - 3) Verwendung von Inhibitoren zum Schutz der Futterrohr-Innenseite gegen Korrosion.
- c) Zum Bestimmen des Wertes und der Wirksamkeit oben angeführter Praktiken und Maßnahmen können vor und nach der Anwendung der Kontrollmaßnahmen erstellte Kosten- und Geräteausfall-Statistiken verglichen werden. Die Wirksamkeit von Inhibitoren kann auch mittels Kaliber-Messungen, Sichtprüfungen einfach zugänglicher Teile der Ausrüstung und Wasseranalysen auf Eisengehalt überprüft werden. Bei der Bestimmung, ob hinreichend Inhibitor verwendet wurde, können auch Probestücke hilfreich sein. Bei mangelnden Vorkenntnissen zu jeglicher der oben angeführten Maßnahmen, sollten sie vorsichtig und in begrenztem Maßstab angewendet werden, bis sie für die herrschenden Betriebsbedingungen richtig eingeschätzt sind.
- d) Im Allgemeinen sollten alle neuen Gebiete als potenziell korrosiv betrachtet werden und es sollten Untersuchungen zu Beginn der Nutzungsdauer eines Ölfelds veranlasst und danach regelmäßig wiederholt werden, um Korrosion festzustellen und zu lokalisieren, bevor jegliche fortschreitende Beschädigung entsteht. Diese Untersuchungen sollten Folgendes einbeziehen:
- 1) eine vollständige Analyse des Ablaufwassers, einschließlich pH, Eisen, Hydrogensulfid (Schwefelwasserstoff), organischer Säuren und jeglicher anderer Substanzen, die den Grad der Korrosion beeinflussen oder anzeigen. Eine Analyse des Kohlenstoffdioxid- und Schwefelwasserstoff-Gehalts des erzeugten Gases ist ebenfalls erstrebenswert;
 - 2) Korrosionsgeschwindigkeitsprüfungen durch Verwendung von Probestücken aus den gleichen Materialien, wie sie im Bohrloch verwendet werden;
 - 3) die Anwendung von Kaliberprüfungen oder Prüfungen mit optischen Instrumenten.

- e) Wenn H_2S in den Bohrlochflüssigkeiten/-gasen vorhanden ist, können Futterrohre mit hoher Dehngrenze einer Rissbildung durch Sulfid-Korrosion unterliegen. Die zum Verursachen der Rissbildung in den Materialien unterschiedlicher Festigkeit notwendige H_2S -Konzentration ist derzeit noch nicht genau definiert. Hierzu sollte die Literatur zur Sulfid-Korrosion oder eine mit diesem Fachgebiet vertraute Person hinzugezogen werden.

5 Ver- und Entrohren von Steigrohren

5.1 Vorbereitung und Prüfung vor dem Verrohren

5.1.1 Neue Steigrohre werden frei von schädlichen Mängeln, wie in ISO 11960 oder API Specification 5CT festgelegt, geliefert und halten die praktischen Grenzwerte bezüglich der in den oben angeführten Normen beschriebenen Prüfverfahren ein. Einige Anwender kamen zu dem Schluss, dass diese Verfahren für eine begrenzte Anzahl kritischer Bohranwendungen nicht zu ausreichend mangelfreien Steigrohren führen, die ihre Forderungen für derartig kritische Anwendungen erfüllen. Von den Anwendern wurden verschiedene Dienstleistungen bezüglich zerstörungsfreier Prüfungen in Anspruch genommen, um sicherzustellen, dass die gewünschte Beschaffenheit der Steigrohre beibehalten wird. Hinsichtlich dieser Praxis wird vorgeschlagen, dass der einzelne Anwender:

- a) sich mit den in den Normen festgelegten und den jeweiligen Walzwerken angewendeten Prüfverfahren beschäftigt und die in den Normen enthaltene Begriffsdefinition zu „schädlicher Mangel“ verinnerlicht;
- b) jegliche von ihm an Rohrprodukten angewendete zerstörungsfreie Prüfungen gründlich auswertet, um sich zu vergewissern, dass die Prüfung tatsächlich die schädlichen Mängel lokalisiert und von anderen veränderlichen Größen unterscheidet, die Quellen irrtümlicher Mangelanzeigen bei diesen Prüfverfahren sein können und häufig auch sind.

ACHTUNG — Auf Grund der zulässigen Abmaße des Außendurchmessers unmittelbar nach der Steigrohr-Stauchung, wird der Anwender darauf hingewiesen, dass Schwierigkeiten auftreten können, wenn „umgreifende Dichtungshänger“ an Steigrohren angebracht werden, die im oberen Toleranzbereich hergestellt wurden; aus diesem Grund wird bei der Auswahl der oben am Strang zu installierenden Steigrohr-Verbindung empfohlen, dass der Anwender bestätigt, dass der Außendurchmesser für die vorgesehene Anwendung geeignet ist.

5.1.2 Alle Steigrohre, ob neu, gebraucht oder wiederaufbereitet, sollten immer mit ordnungsgemäß angebrachten Gewindeschutzkappen gehandhabt werden. Die Handhabung der Steigrohre sollte immer auf Gestellen bzw. auf Holz- oder Metalloberflächen, die frei von Steinen, Sand oder anderen Verunreinigungen als der übliche Bohrschlamm sind, erfolgen. Wenn Steigrohre versehentlich über einen verschmutzten Boden gezogen werden, sollten die Gewinde danach gereinigt und gewartet werden, wie in 5.1.9 beschrieben.

5.1.3 Vor dem ersten Verrohren im Bohrloch sollten Steigrohre einer Dorndurchgangsprüfung mit einem Rohrkaliber unterzogen, um den Durchgang von Pumpen, Kolben (Swabs) und Packern sicherzustellen.

5.1.4 Elevatoren sollten sich in gutem Reparaturzustand befinden und Zangenbügel gleicher Länge haben.

5.1.5 Beim Einbauen spezieller Abstandsmuffen, insbesondere von am unteren Ende angefasten Muffen, werden Keilelevatoren empfohlen.

5.1.6 Elevatoren sollten daraufhin untersucht werden, ob das Verriegelungselement vollständig ist.

5.1.7 Es sollten Rohrkeiltopf-Abfangkeile verwendet werden, die die Steigrohre nicht quetschen. Die Abfangkeile sollten vor Verwendung untersucht werden, um festzustellen, ob sie zusammen wirken.

ANMERKUNG Abfangkeil- und Zangenabdrücke gelten als schädlich. Um derartige Beschädigungen auf ein Mindestmaß einzuschränken, sollte durch Anwendung geeigneter moderner Ausrüstung soviel Aufwand wie möglich betrieben werden.

5.1.8 Es sollten Steigrohrzangen verwendet werden, die den Rohrkörper nicht quetschen, und sie sollten richtig passen, um unnötiges Einkerbten der Rohrwand zu vermeiden. Die Zangenmesser sollten richtig passen und der Steigrohrrundung entsprechen. Die Verwendung von (gewöhnlichen) Rohrzanzen wird nicht empfohlen.

5.1.9 Bei der Herstellung der Steigrohrgewinde sollten folgende Vorkehrungen getroffen werden:

- a) unmittelbar vor dem Verrohren sind die Gewindeschutzkappen sowohl am Feldende als auch am Muffenende abzunehmen und die Gewinde gründlich zu reinigen, was bei jeder weiteren frei werdenden Reihe zu wiederholen ist;
- b) die Gewinde sind sorgfältig zu prüfen. Diejenigen, die beschädigt sind, was auch bei geringfügiger Beschädigung gilt, sind zu verwerfen, sofern keine ausreichenden Möglichkeiten zum Korrigieren des Gewindeschadens zur Verfügung stehen;
- c) vor dem Verrohren muss die Länge jedes Steigrohrs gemessen werden. Hierzu sollte ein in Millimeter (Fuß, en. feet) auf 3,0 mm (0,01 ft) kalibriertes Stahlmaßband verwendet werden. Die Messung sollte von der äußersten Stirnseite der Schraubring (Doppelmuffe) oder Gewindemuffe zu der Stelle am außen mit Gewinde versehenen Ende erfolgen, an der der Schraubring oder die Muffe anschlägt, wenn die Verbindung kraftverschraubt ist. Der Gesamtwert der so gemessenen einzelnen Längen wird die Länge des unbelasteten Steigrohrstrangs wiedergeben. Die tatsächliche Länge unter Zugbeanspruchung im Bohrloch kann durch Einsicht in die für diese Zwecke angefertigten und in den meisten Rohr-Handbüchern enthaltenen Grafiken erhalten werden;
- d) das Feldende des Rohrs ist mit einem sauberen Gewindeschutz zu versehen, damit das Gewinde beim Rollen des Rohrs auf das Gestell und Ziehen in den Bohrturm nicht beschädigt wird. Für diesen Vorgang dürfen mehrere Gewindeschutzkappen gereinigt und wiederholt verwendet werden;
- e) Jede Muffe ist bezüglich der Verschraubung zu prüfen. Wenn der Vorsprung unnormal groß ist, muss die Muffenverschraubung auf Dichtheit geprüft werden. Lose Muffen sollten abgenommen werden, worauf das Gewinde sorgfältig gereinigt, neues Dichtmittel über die gesamte Gewindeoberfläche aufgebracht und die Muffe wieder angebracht und fest angezogen wird, bevor das Rohr in den Bohrturm gezogen wird;
- f) vor dem Verrohren sind die gesamten inneren und äußeren Gewindebereiche mit reichlich Gewindedichtmittel zu versehen. Es wird empfohlen, ein hochdruckmodifiziertes Gewindedichtmittel zu verwenden, wie in der neuesten Ausgabe von API Bulletin 5A3 festgelegt, mit Ausnahme von Sonderfällen, in denen extreme Bedingungen herrschen und für die empfohlen wird, ein Gewindedichtmittel aus Hochdruck-Silikon, wie in API Bulletin festgelegt, zu verwenden;
- g) Rohrverbinder, die als Bauelement zur Aufnahme von Zug- und Tragkraft dienen, sollten bezüglich des Aufnahmevermögens ihrer Gewinde sorgfältig überprüft werden, um sicherzustellen, dass der Rohrverbinder die Last sicher tragen kann;
- h) beim Verschrauben von kurzen Verbindungsrohren (Passstücken) und Rohrverbindern sollte darauf geachtet werden, dass die gleiche Größe und der gleiche Typ der vorgesehenen Gewindepaare sichergestellt ist.

5.1.10 Bei Hochdruck- oder Kondensatlagerstätten sollten folgende zusätzliche Vorkehrungen getroffen werden, um feste/dichte Verbindungen sicherzustellen:

- a) die Muffen sollten abgebaut werden und sowohl das Rohrgewinde am Werksende als auch das Muffengewinde sollten gründlich gereinigt und geprüft werden. Um diesen Vorgang zu erleichtern, können die Steigrohre mit handhabungsfest angezogenen, was etwa einer Umdrehung nach handfest entspricht, Muffen oder mit getrennt gelieferten Muffen bestellt werden;
- b) das Gewindedichtmittel sollte sowohl auf das Innen- als auch das Außengewinde aufgetragen werden, worauf die Muffe wieder handhabungsfest festzuziehen ist. Feldend-Gewinde und zugehörige Muffengewinde sollten unmittelbar vor dem Verrohren mit Gewindedichtmittel versehen werden.

5.1.11 Beim Ziehen von Steigrohren in den Bohrturm sollte darauf geachtet werden, dass sich die Steigrohre nicht biegen bzw. die Muffen oder Schutzvorrichtungen nicht anschlagen.

5.2 Einsetzen, Verschrauben und Absenken

5.2.1 Der Gewindeschutz darf bis unmittelbar vor dem Einsetzen nicht vom Feldende des Steigrohres entfernt werden.

5.2.2 Erforderlichenfalls ist unmittelbar vor dem Einsetzen auf die gesamte Oberfläche der Gewinde ein Gewindedichtmittel aufzutragen. Die zum Auftragen des Gewindedichtmittels verwendete Bürste bzw. jegliches andere Hilfsmittel sollte frei von Fremdstoffen sein und das Dichtmittel sollte niemals verdünnt werden.

5.2.3 Beim Einsetzen sind die Steigrohre sorgfältig abzusenken, um eine Beschädigung der Gewinde zu vermeiden. Das Einsetzen muss senkrecht erfolgen, vorzugsweise mit Hilfe einer Person auf der Verrohrungsbühne. Wenn sich das Steigrohr nach dem Einsetzen zu einer Seite neigt, ist nach dem Anheben jedes beschädigte Gewinde zu reinigen und mit einer Dreikantfeile zu korrigieren, worauf jegliche Feilspäne sorgfältig zu entfernen sind und erneut Dichtmittel auf die Gewindeoberfläche aufgetragen werden muss. Es sollte darauf geachtet werden, insbesondere beim Verrohren von Doppel- oder Dreifachgestängezügen, ein Durchbiegen und daraus resultierende Ausrichtungsfehler durch Zulassen von zu starker Gewindebelastung beim Aufsetzen zu vermeiden. Zum Einschränken der Steigrohr-Durchbiegung dürfen Zwischenstützen angebracht werden.

5.2.4 Nach dem Einsetzen ist das Verschrauben mit der Hand zu beginnen oder es muss mit einer gewöhnlichen bzw. hydraulischen Steigrohrzange langsam gedreht werden. Um ein Gewindefressen beim Verbinden am Einsatzort zu vermeiden, sollten die Verbindungen mit einer Geschwindigkeit von höchstens 25 U/min verschraubt werden. Für Bohrlöcher von Hochdruck- oder Kondensatlagerstätten werden hydraulische Steigrohrzangen empfohlen, um die gleichmäßige Verschraubung und dichte Verbindungen sicherzustellen. Die Verbindungen sollten fest verschraubt werden, etwa zwei Umdrehungen nach der handfesten Stellung, wobei darauf zu achten ist, die Gewinde nicht zu verschleißen. Wenn die zusätzlichen Vorkehrungen bezüglich Herstellung/Vorbereitung und Prüfung für Bohrlöcher in Hochdruck- oder Kondensatlagerstätten getroffen werden, „schwimmt“ die Muffe oder es ist an beiden Enden gleichzeitig zu verschrauben, bis die richtige Anzahl an Umdrehungen nach der handfesten Stellung erreicht ist. Die handfeste Stellung kann durch Prüfen mehrerer Verbindungen auf dem Gestell und Aufzeichnen der bei einer mit einem Drehmoment von 68 N·m (50 ft·lbf) verschraubten Muffe frei liegenden Gewindegänge bestimmt werden.

5.3 Vor-Ort-Verschraubung

5.3.1 Die Lebensdauer von Steigrohrverbindungen bei wiederholter Feldverschraubung ist umgekehrt proportional zum vor Ort angewendeten Verschraubmoment. Aus diesem Grund sollten bei Bohrlöchern, bei denen die Leckbeständigkeit keinen großen Faktor darstellt, minimale Vor-Ort-Verschraubmomentwerte zur Verlängerung der Lebensdauer der Verbindungen angewendet werden. Die Verwendung von Hydraulikzangen zum Verschrauben von Steigrohren führte zu dem Wunsch, Drehmoment-Empfehlungswerte für jede Größe, Masse und Güte von Steigrohren aufzustellen. Tabelle 3 enthält Verschraubmoment-Richtwerte für ungestauchte, außengestauchte (außen verdickte) und Integralverbinder-Steigrohre, die auf 1 % der berechneten Ausreißfestigkeit von Verbindungen beruhen, die wiederum mit der Ausreißfestigkeits-Gleichung für Verbindungen von 8-Rundgewinde-Futterrohren aus ISO 10400 oder API Bulletin 5C3 bestimmt wurde. Alle Werte sind auf (die nächsten) 10 N·m (10 ft·lbf) gerundet. Die in Tabelle 3 angeführten Drehmomentwerte gelten für Steigrohre mit verzinkten oder phosphatbeschichteten Muffen. Beim Verschrauben von Verbindungen mit verzinneten Muffen kann 80 % des jeweilig angeführten Wertes als Richtwert verwendet werden.

5.3.2 Für das Verschrauben von Rundgewinde-Verbindungen mit PTFE-Dichtungsringen werden 70 % der angeführten Werte empfohlen. Analog zu den Standardverbindungen müssen die Verschraubungspositionen dies bestimmen. Buttress-Verbindungen mit PTFE-Dichtungsringen können andere Drehmomentwerte als die üblicherweise an herkömmlichen Buttress-Gewinden beobachteten Werte ergeben.

ANMERKUNG Gewindeabrieb von zu Abrieb neigenden Werkstoffen (martensitische Chromstahlsorten, 9 Cr und 13 Cr, nicht rostende Duplexstahlsorten und Legierungen auf Nickelbasis) tritt während der Bewegung auf — Einbau oder Ausbau und Verschrauben oder Entschrauben. Die Abriebfestigkeit von Gewinden wird in erster Linie durch zwei Einflussfaktoren geregelt — Oberflächenvorbereitung und -bearbeitung bei der Herstellung sowie vorsichtige Handhabungs-

praktiken beim Verrohren und Entrohren. Gewinde und Schmiermittel müssen sauber sein. Die Montage in waagerechter Stellung sollte vermieden werden. Die Verbindungen sollten von Hand bis zur „handfest“ angezogenen Position gedreht werden, bevor mit Kraftwerkzeugen langsam festgezogen wird. Zur Demontage sollte das Verfahren umgekehrt angewendet werden.

5.3.3 Rohrkeiltopf-Abfangkeile und Elevatoren sollten regelmäßig gereinigt und die Abfangkeile sollten scharf gehalten werden.

5.3.4 Das Erreichen des Bohrlochgrundes sollte mit extremer Vorsicht erfolgen. Das Steigrohr darf nicht zu heftig aufgesetzt werden.

5.4 Ausbau von Steigrohren

5.4.1 Eine Rohrkaliberprüfung vor der Entnahme eines verschlissenen Steigrohrstrangs bietet ein schnelles Mittel zum Aussondern stark verschlissener Rohrabschnitte für den Ausbau.

5.4.2 Die Ausbaurungen sollten nahe der Muffe angesetzt werden. Das Bearbeiten der Muffe mit einem Hammer zum Lösen der Verbindung ist eine schädende Praxis. Bei erforderlichem Klopfen ist die flache Seite des Hammers und niemals die Finne (schmale Hammerbahn) zu nehmen, wobei das leichte Klopfen nur nahe der Mitte und über den gesamten Umfang der Muffe und nie nahe dem Ende oder nur auf gegenüberliegenden Seiten erfolgen darf.

5.4.3 Es sollte sehr sorgfältig darauf geachtet werden, dass das gesamte Gewinde ausgeschraubt ist, bevor das Steigrohr aus der Muffe gehoben wird. Das Steigrohr darf nicht aus der Muffe springen.

5.4.4 Im Bohrturm abgestellte Steigrohre sollten ohne Gewindeschutz am unteren Ende auf eine feste hölzerne Plattform gesetzt werden, da die Auslegung der meisten Schutzvorrichtungen nicht so ist, dass sie das Einzelrohr oder den Gestängezug ohne Beschädigung des Gewindes am Feldende tragen können.

5.4.5 Die Gewinde sind vor Verunreinigungen oder Beschädigungen zu schützen, wenn sich das Steigrohr außerhalb des Bohrlochs befindet.

5.4.6 In den Bohrturm zurück gestellte Steigrohre sollten angemessen gestützt werden, um nachteiliges Biegen zu vermeiden. Steigrohre mit einem Außendurchmesser von 60,3 mm (2 3/8 in) und größer sollten in etwa 18,3 m (60 ft) langen Gestängezügen oder Zweifach-Gestängezügen von zweifachem Umfang ausgebaut werden. Gestängezüge von Steigrohren mit einem Außendurchmesser von 48,3 mm (1,9 in) oder kleiner und längere Gestängezüge als 18,3 m (60 ft) sollten zwischengestützt werden.

5.4.7 Vor Verlassen eines Platzes ist ein Steigrohr-Gestängeraum immer fest zu verschnüren.

5.4.8 Es ist sicherzustellen, dass vor dem Wiederverrohren die Gewinde unversehrt, sauber und angemessen mit Dichtmittel beschichtet sind.

5.4.9 Zum Verteilen des (örtlich unterschiedlichen) Verbinder- und Steigrohr-Verschleißes ist bei jedem Steigrohr-Ausbau ein Rohrabschnitt von oben des Stranges nach unten umzusetzen.

5.4.10 Um Undichtheiten zu vermeiden, sollten alle Verbindungen gelegentlich nachgezogen werden.

5.4.11 Wenn ein Steigrohr feststeckt, ist es praktisch am besten, einen kalibrierten Gewichtsanzeiger zu verwenden. Ein Dehnen des Rohrstrangs darf nicht zu der Annahme führen, dass das Steigrohr frei ist.

5.4.12 Nach starkem Ziehen zum Lösen eines Steigrohrstranges müssen alle dabei zugbelasteten Verbindungen wieder festgezogen werden.

5.4.13 Alle Gewinde sollten gereinigt und geschmiert oder mit einem Material beschichtet sein, dass die Korrosion auf ein Mindestmaß herabsetzt. Bevor ein Rohr abgelegt wird, sollten am Rohr saubere Schutzkappen angebracht werden.

5.4.14 Bevor Steigrohre eingelagert oder wieder verwendet werden, sollten Rohre und Gewinde geprüft und fehlerhafte Verbindungen für die Werkstattbearbeitung und Neuvermessung gekennzeichnet werden.

5.4.15 Wenn ein Steigrohr auf Grund eines Steigrohrfehlers entnommen wird, ist es zur zukünftigen Vermeidung derartiger Fehler dringend notwendig, eine gründliche metallurgische Untersuchung vorzunehmen. Es sollte jeder Versuch unternommen werden, den fehlerhaften Rohrabschnitt im Fehlzustand zu entnehmen. Wenn die gründliche metallurgische Untersuchung einige Parameter der Rohrgüte offen legt, die mit dem Fehler verbunden sind, sollten die Ergebnisse der Untersuchung im Prüfbericht angegeben werden.

5.5 Problemursachen bezüglich Steigrohren

5.5.1 Die häufigsten Ursachen von Steigrohrproblemen sind in 5.5.2 bis 5.5.16 angeführt.

5.5.2 Ungeeignete Auswahl bezüglich der erforderlichen Festigkeit und Lebensdauer, insbesondere bei Wahl nicht gestauchter Steigrohre, wenn gestauchte Steigrohre verwendet werden sollten.

5.5.3 Unzureichende Prüfung der fertigen Produkte im Walzwerk oder auf dem Lagerplatz.

5.5.4 Sorgloses Verladen, Abladen oder Transportieren.

5.5.5 Beschädigte Gewinde auf Grund sich lösender und abfallender Schutzkappen.

5.5.6 Mangel an Sorgfalt bezüglich des angemessenen Schutzes bei der Lagerung.

5.5.7 Übermäßiges Bearbeiten von Muffen mit dem Hammer.

5.5.8 Verwendung von verschlissenen oder falscher Arten von Handhabungsgeräten, Rohrkeiltöpfen, Zangen, Zangenmesser oder Rohrzangen.

5.5.9 Nichteinhaltung der richtigen Regeln beim Einbau oder Ausbau von Steigrohren.

5.5.10 Muffenverschleiß oder Kerben vom Pumpgestänge.

5.5.11 Übermäßiger Pumpgestänge-Entschraubung.

5.5.12 Materialermüdung, die häufig ein Versagen am letzten tragenden Gewindegang verursacht. Es besteht keine allgemeingültige Abhilfemaßnahme, jedoch verzögert die Verwendung von außengestauchten Steigrohren anstelle von ungestauchten Steigrohren den Beginn dieses Problems um ein Vielfaches.

5.5.13 Ersatz verschlissener Muffen durch nicht spezifikationsgerechte Muffen.

5.5.14 Fallen lassen eines Rohrstrangs, auch bei geringer Fallstrecke. Dies kann zum Lösen der Muffen am Boden des Strangs führen. Der Strang sollte ausgebaut und neu verrohrt werden, wobei alle Verbindungen sorgfältig zu untersuchen sind.

5.5.15 Undichte Verbindungen unter äußerem oder innerem Überdruck sind eine häufige Problemursache und können folgende Ursachen haben:

- a) ungeeignetes Gewindedichtmittel und/oder fehlerhafte Anwendung;
- b) verschmutzte Gewinde oder Gewinde, die mit Beschichtungsmaterial verunreinigt sind, das als Korrosionsschutz verwendet wird;
- c) übermäßige oder zu geringe Zangenverschraubung;
- d) Gewindeabrieb auf Grund von Verunreinigung, sorglosem Verrohren (Einsetzen), beschädigter Gewinde oder schlechtem bzw. verdünntem Dichtmittel;

- e) vor Ort fehlerhaft geschnittene Gewinde;
- f) durch Hammerschlag eingebeulte Muffen;
- g) zu starkem Ziehen am Strang;
- h) übermäßiges (zu häufiges) Wiederverrohren.

5.5.16 Korrosion, durch die sowohl die Innenseite als auch die Außenseite von Steigrohren beschädigt werden kann. Der Schaden äußert sich im Allgemeinen in Lochfraß, Muffenverschleiß, Rissbildung durch Spannungskorrosion, Schwefelwasserstoff-induzierten Spannungsrissen, es können aber auch örtliche Angriffe, wie Erosionskorrosion, „Ringelflechte“ und Rohrkaliberspuren. Lochfraß und Verschleiß durch die Pumpgestängemuffe können durch Rohrkaliberprüfungen visuell bestimmt werden. Bezüglich der Rissbildung können Hilfsmittel, wie Magnetpulver, zum Nachweis erforderlich sein. Korrosionsprodukte können an den Rohrwänden haften, müssen aber nicht. Die Korrosion beruht im Allgemeinen auf korrosiven Bohrlochflüssigkeiten, kann jedoch durch Abriebwirkungen der Pumpausrüstung, durch Gasdruckerhöhung (Gaslift) oder durch hohe Geschwindigkeiten verschlimmert werden. Korrosion kann auch von ungleichartigen Metallen, die sich in unmittelbarer Nähe zueinander befinden (bimetallische Korrosion), und durch Schwankungen im Gefüge, in den Oberflächenzuständen und -ablagerungen (konzentrationsbedingte Korrosion) beeinflusst werden. Da die Korrosion auf vielen Ursachen und Einflüssen beruhen und verschiedene Formen annehmen kann, ist es nicht möglich, eine einfache oder allgemeingültige Abhilfemaßnahme zur Beherrschung der Korrosion anzugeben. Jedes Korrosionsproblem muss gesondert behandelt werden, wobei die jeweilige Lösung unter Berücksichtigung der bekannten Korrosionsfaktoren und Betriebsbedingungen anzustreben ist.

Wenn bekannt ist, dass Korrosion auf der Innen- und Außenseite des Steigrohrs auftritt, und korrosive Flüssigkeiten erzeugt werden, können folgende Maßnahmen ergriffen werden:

- a) in eruptierenden Bohrungen kann der Ringraum abgepackt werden und die korrosive Flüssigkeit im Inneren des Steigrohrs eingeschlossen werden. Die Innenseite des Steigrohrs kann mit speziellen Auskleidungen, Beschichtungen oder Inhibitoren geschützt werden. Bei extremen Bedingungen können spezielle legierte Stahlsorten oder glasfaserverstärkte Kunststoffe verwendet werden. Wenn H_2S in den Bohrlochflüssigkeiten/-gasen vorhanden ist, können Steigrohre mit hoher Dehngrenze einer Rissbildung durch Schwefelwasserstoff-Korrosion unterliegen. Die zum Verursachen der Rissbildung in den Materialien unterschiedlicher Festigkeit notwendige H_2S -Konzentration ist derzeit noch nicht genau definiert. Hierzu sollte die Literatur zur Schwefelwasserstoff-Korrosion oder eine mit diesem Fachgebiet vertraute Person hinzugezogen werden;
- b) in Pump- und Gaslift-Bohrlöchern bieten über den Futterrohr-Steigrohr-Ringraum eingebrachte Inhibitoren einen angemessenen Schutz. Bei dieser Komplettierungsart, insbesondere in Pump-Bohrlöchern, können bessere Arbeitspraktiken ebenfalls zur Verlängerung der Lebensdauer von Steigrohren beitragen, z. B. durch die Verwendung von Pumpstangen-Schutzvorrichtungen, Rotation (zyklisches Umsetzen) der Steigrohre sowie längere und langsamere Pumpenhubtakte.

Zum Bestimmen des Wertes und der Wirksamkeit oben angeführter Praktiken und Maßnahmen können vor und nach der Anwendung der Kontrollmaßnahmen erstellte Kosten- und Geräteausfall-Statistiken verglichen werden. Die Wirksamkeit von Inhibitoren kann auch mittels Probestücken, Kaliber-Messungen und Sichtprüfungen einfach zugänglicher Teile der Ausrüstung überprüft werden. Wasseranalysen zum Bestimmen des Eisengehalts vor und nach dem Beginn der Inhibitorbehandlung können auch als Anzeige der relativen Korrosionsgeschwindigkeiten dienen. Bei mangelnden Vorkenntnissen über jegliche der oben angeführten Maßnahmen sollten die Maßnahmen vorsichtig und in begrenztem Maßstab angewendet werden, bis sie für die herrschenden Betriebsbedingungen richtig eingeschätzt sind.

Im Allgemeinen sollten alle neuen Gebiete als potenziell korrosiv betrachtet werden und es sollten Untersuchungen zu Beginn der Nutzungsdauer eines Ölfelds veranlasst und danach regelmäßig wiederholt werden, um Korrosion festzustellen und zu lokalisieren, bevor jegliche fortschreitende Beschädigung entsteht. Diese Untersuchungen sollten Folgendes umfassen:

- a) eine Analyse des erzeugten Gases auf Kohlendioxid und Schwefelwasserstoff. Ebenfalls anstrebenswert ist eine Analyse des Ablaufwassers bezüglich pH, Eisengehalt, organischer Säuren und jeglicher anderer Substanzen, von denen angenommen wird, dass sie das bestehende Problem beeinflussen;
- b) Korrosionsgeschwindigkeitsprüfungen durch Verwendung von Probestücken aus den gleichen Materialien, wie sie im Bohrloch verwendet werden;
- c) die Anwendung von Kaliberprüfungen oder Prüfungen mit optischen Instrumenten.

Wenn Korrosion fördernde Bedingungen herrschen, sollte ein qualifizierter „Korrosionsingenieur“ konsultiert werden. Besondere Aufmerksamkeit sollte der Minderung von Korrosionsschäden gelten, wenn die wahrscheinliche Lebensdauer der Untertageausrüstung geringer als die zum Erschöpfen einer Bohrung erwartete Zeit ist.

6 Transport, Handhabung und Lagerung

6.1 Allgemeines

Rohre im Allgemeinen und Gewinde insbesondere werden mit einer Präzision hergestellt, die eine sorgfältige und vorsichtige Handhabung erfordern und die, unabhängig ob neu, gebraucht oder aufbereitet, immer mit ordnungsgemäß angebrachten Gewindeschutzkappen gehandhabt werden sollten.

6.2 Transport

6.2.1 Transport mit dem Schiff

Rohrlieferanten und deren Vertreter sollten für eine angemessene Überwachung zum Zeitpunkt der Verladung und Entladung der Schiffe sorgen, um falschem oder unzureichendem Packmaterial (Schiffsgarnierung), einer unangemessenen Abspannung/Verankerung zum Verhindern der Ladungsbewegung beim Krängen des Schiffs, dem Verstauen der Rohre in oder nahe von Schlagwasser, von schädigenden Chemikalien und anderen korrosiven Materialien, dem Ziehen von Rohren entlang dem Stapel und somit möglichem Verhaken von Muffen oder Gewindeschutzkappen oder dem Anschlagen an die Kante einer Lukenöffnung bzw. Anschlagen an die Schiffsreling entgegenzuwirken.

6.2.2 Transport mit der Bahn

Beim Verladen von Rohren auf gedeckte Wagen sollten zusätzlich zur Einhaltung der von der U. S. Interstate Commerce Commission (Bundesverkehrsbehörde der Vereinigten Staaten) gestellten Anforderungen für hölzerne Langschwellen gesorgt werden, um einen Zwischenraum für das Anheben zuzulassen und die Rohre von Schmutz fernzuhalten. Wenn die Waggonladefläche uneben ist, sollten die Langschwellen so durch Beilagen fest ausgeglichen werden, dass deren Oberseiten in einer Ebene liegen. Langschwellen sollten nicht unter Muffen oder die gestauchten Rohrteile gelegt werden. Die Ladung sollte festgebunden und durch Trennwände angemessen gestützt werden, damit sie nicht verrutschen kann.

6.2.3 Transport mit Lastkraftwagen

Folgende Vorkehrungen sollten für den Transport mit Lastkraftwagen getroffen werden:

- a) die Rohre sind auf Unterlagen zu laden und mit geeigneten Ketten an den Unterlagen festzubinden. Beim Transportieren von langen Rohren sollte eine zusätzliche Kette in der Mitte angebracht werden;
- b) die Rohre sind so zu verladen, dass alle Muffen am gleichen Ende der Ladefläche sind;
- c) der Lastkraftwagen darf nicht so überladen werden, dass die Gefahr besteht, die Ladung nicht ohne Abladen bis zum Bestimmungsort transportieren zu können;
- d) nach dem Transportieren der Ladung für eine kurze Strecke sind Ketten, die sich auf Grund des Setzens der Ladung gelockert haben, wieder festzuziehen.

6.3 Handhabung

Die folgenden Vorkehrungen sollten bei der Handhabung von Futterrohren und Steigrohren eingehalten werden:

- a) Vor dem Verladen oder Entladen ist sicherzustellen, dass die Gewindeschutzkappen ordnungsgemäß und fest angebracht sind. Zum Entladen dürfen die Rohre nicht fallen gelassen werden. Eine raue Handhabung, die die Gewinde beschädigen oder den Rohrkörper einbeulen kann, ist zu vermeiden. Beschädigte Gewinde können undicht sein oder sich lösen. Beulen und Unrundheiten können die Quetschfestigkeit des Rohres vermindern.

Für Sauer-gaseinsatz und CRA-Materialien (korrosionsbeständige Legierungen, en. Corrosion Resistant Alloys) kann eine spezielle Handhabung erforderlich sein. Das Schlagen gegen ein benachbartes Rohr oder andere Gegenstände kann einen örtlichen Anstieg der Härte des Rohres in dem Maß verursachen, dass das Rohr gegenüber sulfidinduzierter Spannungsrissbildung anfällig wird. Vor dem Bewegen oder Handhaben ist der Eigentümer bezüglich jeglichen Handhabungsanforderungen zu kontaktieren.

- b) Bei Entladung von Hand sind zum kontrollierten Bewegen des Rohrs Seilschlingen zu verwenden. Beim Herunterrollen auf Schienen ist das Rohr parallel zum Stapel zu rollen und darf nicht zugelassen werden, dass das Rohr Schwung aufnimmt oder an den Enden anschlägt, da selbst mit angebrachten Schutzkappen die Gefahr besteht, dass die Gewinde beschädigt werden. Beim Rollen von Rohren auf dem Gestell sind die Rohre parallel zu halten und darf nicht zugelassen werden, dass das Rohr Schwung aufnimmt oder an den Enden anschlägt.
- c) Bei Nutzung eines Krans wird die Verwendung eines Rahmengeschirrs mit geschnürten Anschlagseilschlingen an jedem Ende zur Handhabung langer Rohre empfohlen. Jede Anschlagseilschlinge muss doppelt geschnürt sein.

6.4 Lagerung

Für die Lagerung von Rohren werden die folgenden Vorkehrungen empfohlen:

- a) Die Rohre sind nicht direkt auf dem Erdboden, auf Schienen oder Stahl- bzw. Betonfußböden zu stapeln. Die erste Lage Rohre sollte nicht weniger als 500 mm (18 in) über dem Boden liegen, um Feuchtigkeit und Schmutz von den Rohren fernzuhalten;
- b) Die Rohre sollten auf Auflagern liegen, deren Abstand angemessen ist, um ein Durchbiegen der Rohre oder Beschädigung der Gewinde zu verhindern. Die Langschwellen sollten in der gleichen Ebene liegen und angemessen ausgeglichen sein und sollten mit angemessenen Stützen so gestützt werden, dass die gesamte Stapellast ohne Aufsetzen getragen wird;
- c) Zwischen aufeinander folgenden Rohrschichten sind Holzleisten als Trennstücke zu legen, damit keine Last auf den Muffen liegt. Als Abstandhalter müssen mindestens drei Leisten verwendet werden;
- d) Die Abstandhalterleisten sind im rechten Winkel zu den Rohren und direkt über die darunter befindlichen Leisten und Stützen zu legen, um ein Durchbiegen der Rohre zu verhindern;
- e) Benachbarte Rohre in den Schichten sind um etwa eine Muffenlänge zu versetzen;
- f) An beiden Enden der Abstandhalterleisten sind die Rohre durch Annageln von Klötzen zu blockieren.
- g) Aus Sicherheitsgründen und der einfacheren Prüfung und Handhabung wegen sollten die Rohre nicht höher als 3 m (10 ft) gestapelt werden. An der Bohranlage sollten Rohre nicht höher als fünf Lagen gestapelt werden;
- h) Eingelagerte Rohre sollten regelmäßig sichtgeprüft und, falls notwendig, zum Vermeiden von Korrosion mit Schutzanstrichen/-beschichtungen versehen werden.

7 Prüfung und Klassifizierung gebrauchter Futter- und Steigrohre

7.1 Allgemeines

Für gebrauchte Futterrohre und Steigrohre wurden Prüfstandards und eine Klassifizierung festgelegt, wofür die Verfahren in diesem Abschnitt angegeben sind.

7.2 Prüf- und Klassifizierungsverfahren

7.2.1 Prüfmöglichkeiten

Sichtprüfung, mechanische Ausmessung (Lehrung), elektromagnetische Messungen, Wirbelstrom-, Ultraschall- und Gammastrahlprüfungen sind derzeit akzeptierte Verfahren zur Prüfung des Rohrkörpers. Diese Prüftechniken sind begrenzt auf die Lage von Rissen, Korrosionsstellen und anderen Oberflächenfehlern. Betriebsbedingte Fehlstellen, die im Zusammenhang mit der Prüfung gebrauchter Rohre als repräsentative Fehler betrachtet werden, sind folgende: Korrosionsschäden auf der Innen- und Außenseite des Rohres, Seilarbeitsschäden (längs) auf der Innenoberfläche, quer- und längsgerichtete Abfangkeil- und Zangenabdrücke auf der Außenseite, Bohrgestängeabrieb auf der Innenseite (nur bei Futterrohren), Querrisse (nur bei Drehbewegung der Steigrohre) und Pumpgestängeabrieb auf Innenoberfläche (nur bei Steigrohren).

7.2.2 Messung der Rohrwanddicke (Mindestwanddicke)

Die einzigen zulässigen Messungen der Wanddicke sind die mit Rohrwand-Mikrometer, Schallecho-Geräten oder Gammastrahl-Geräten durchgeführten Messungen, für die der Durchführende durch Verwendung von mit etwa auf Größe der Rohrwanddicke bemessenen Prüfkörpern nachweisen kann, dass sie mit einer Messunsicherheit von höchstens 2 % erfolgen.

7.2.3 Durchführung

Gebrauchte Futterrohre und Steigrohre sollten entsprechend Tabelle 5 nach der Abnahme der Nennwanddicke eingeteilt werden.

Diese Prozentzahlen stellen die Verminderung der Rohrwand bezüglich der festgelegten Rohrwanddicke dar. Diese Abnahme der Wanddicke betrifft Rohrbereiche entlang der Innen- und/oder Außenoberfläche. Rohre mit verminderter Wanddicke im Gewindebereich und/oder gestauchten Abschnitt, unabhängig davon, ob außen verdickte Enden (EUE, en. external upset ends) mit Gewinde und Muffe oder Integralverbinder, werden nicht nach Tabelle 5 eingeteilt. Die Abnahme der Wanddicke um einen höheren Prozentwert in stärker gestauchten Rohrabschnitten könnte in Abhängigkeit vom vorgesehenen Einsatz ohne Abzug zulässig sein. Von Beschädigung und/oder Wanddickenverminderung betroffene Rohrenden mit Gewinde erfordern in Abhängigkeit vom erwarteten Einsatz eine gesonderte Betrachtung vom Eigentümer des Rohres.

Zusätzlich zu der in Tabelle 5 beschriebenen Klassifizierung ist ein Farbschlüssel-Kennzeichnungssystem in Tabelle 4 angegeben. Die Farbschlüssel-Kennzeichnung sollte in einem etwa 50 mm (2 in) breiten Farb-anstrichband der entsprechende Farbe um den Rohrkörper in einem Abstand von etwa 300 mm (1 ft) zum Muffenende bestehen.

7.2.4 Leistungseigenschaften

Leistungseigenschaften von neuen Futterrohren, Steigrohren und Bohrgestängen beruhen üblicherweise auf den in ISO 10400 oder API Bulletin 5C3 angegebenen Gleichungen. Es besteht jedoch kein Normverfahren zum Berechnen der Leistungseigenschaften gebrauchter Futterrohre und Steigrohre. API Recommended Practice 7G, *Drill Stem Design and Operating Limits*, liefert eine zu empfehlende Praxis für die Berechnung der Leistungseigenschaften gebrauchter Bohrgestänge. Bohrgestängeverschleiß tritt üblicherweise auf der Außenoberfläche auf und dementsprechend beruhen die Leistungseigenschaften gebrauchter Bohrgestänge auf einem konstanten Innendurchmesser (ID), während Wanddicke und Außendurchmesser (AD) mit dem Grad des Verschleißes schwanken.

Futterrohr- und Steigrohrverschleiß (Metallverlust) und -korrosion treten üblicherweise an der Innenoberfläche auf. Die Leistungseigenschaften sollten auf einem konstanten AD beruhen. Wenn äußere Korrosion offensichtlich ist, muss sie auch berücksichtigt werden. Kleine Korrosionsstellen oder andere örtliche Metallverluste müssen nicht unbedingt schädigend sein, was von der Rohranwendung abhängt, jedoch sollten derartige Metallverluste vom Rohreigentümer in Betracht gezogen und bewertet werden.

Wenn während einer Kontrollprüfung Risse in einem Rohr festgestellt und als ausreichend lang beurteilt werden, um durch Sichtprüfung, optische Prüfung oder Magnetpulverprüfung nachgewiesen werden zu können, muss dieses Einzelrohr abgelehnt und für den weiteren Einsatz als ungeeignet betrachtet werden.

7.3 Zustand von Rohrwand und geschraubten Verbindungen

7.3.1 Allgemeines

Die folgenden allgemeinen Bemerkungen betreffen die Abnahme der Rohrwanddicke und Zustände von Gewindeverbindungen.

7.3.2 Rohrwand

Metallverluste in gebrauchten Futterrohren und Steigrohren treten üblicherweise auf der Innenoberfläche auf und ihre Form reicht von getrennten Korrosionsstellen, Rillen oder Kerben bis zu massiven Verlusten durch mechanischen Abrieb oder Sandschliff. Verschleiß im Inneren von Futterrohren und Linern erfolgt durch Rotation und Bewegung des Bohrstrangs während des Bohrens. Der Verschleiß tritt auch bei einem mit Gummiprotektoren versehenen Bohrgestänge auf. Das Ausmaß des Verschleißes steigt mit der Dauer, für die durch das Futterrohr gebohrt wird. Der Verschleiß tritt häufig nur auf einer Seite auf, was die Futterrohre auf der unteren Seite des Bohrlochs betrifft. Die Leistungseigenschaften können durch Einsetzen der Restwanddicke berechnet werden. Einige Erfahrungen haben gezeigt, dass Seilarbeitsverschleiß eine größere Auswirkung auf die Innendruckfestigkeit als der Verschleiß des Bohrgestänges hat, worauf vorgeschlagen wurde, die Berstdrücke zu vermindern, wenn eine Wanddickenabnahme durch Seilarbeitsverschleiß hervorgerufen wird.

Die Art des Metallverlustes kann die Anwendung der verwendeten Futterrohre und Steigrohre beeinflussen, Rohre mit Korrosionsstellen dürfen möglicherweise nicht für einige korrosive Bedingungen verwendet werden, können aber dann zufrieden stellend eingesetzt werden, wenn die Korrosion keine Einflussgröße darstellt. Rohre mit gleichmäßigerem Metallverlust auf Grund mechanischen Verschleißes sollten gegenüber korrosiven Bedingungen weniger anfällig sein und müssen lediglich entsprechend der Mindest-Restwanddicke in ihrer Leistung herabgesetzt werden.

7.3.3 Gewinde

Beim Prüfen der Gewinde an gebrauchten Futterrohren und Steigrohren sollte folgendes geprüft werden: übermäßig zugbelastete (ausgerissene) Rundgewinde, Gewindeabrieb, Ermüdungsrisse im letzten tragenden Gewindegang. Eine schnelle Gewindesteigung im Bereich der letzten tragenden Gewindegänge von Rundgewinden würde anzeigen, dass die Gewindegänge beim Ziehen mit Lasten über die Streckgrenze der Verbindung aufgeweitet wurden. Sie können zwar bei der nächsten Verschraubung in eine Muffe greifen, würden aber nicht die erwartete Verbindungsfestigkeit liefern und könnten zu einer unzureichenden Leckbeständigkeit führen. Gewindeabrieb stellt immer eine Möglichkeit dar, der begegnet werden kann, wenn Verbindungen gelöst werden, insbesondere bei an der Muffe angebrachten Kontermuttern. Außerdem gilt, dass bei wiederholter Verschraubung die Gewinde jedes Mal weiter eingreifen und Störungen auftreten. Versorgungsrohre und -stränge, die reziproker Zugspannung (Schubspannung) unterliegen, zeigen oft Ermüdungsrisse an der Wurzel des letzten tragenden Gewindegangs, die die Zugfestigkeitswerte vermindern oder sich bei weiterer Verwendung bis zum Versagen der Verbindung ausdehnen könnten. Diese Situationen würden eine Werkstattbearbeitung der Gewinde zum Wiederherstellen des einsetzbaren Zustands der Länge erfordern. Es sollte nicht erwartet werden, dass Schraubverbindungen nach Kraftverschraubung maßhaltig sind, weshalb geringe Abweichungen von den festgelegten Toleranzen akzeptiert werden sollten.

7.3.4 Verminderung am Kegelende des Gewindezapfen

Steigrohre, die im Bohrloch mehrmals ein- und ausgebaut wurden, wie im Fall von Versorgungsrohren, können auf Grund aufeinander folgenden Nachgebens durch wiederholtes Verschrauben einen verminderten Gewindezapfen-Durchmesser haben. Dieser Zustand kann die Verbindungsfestigkeit und Leckbeständigkeit beeinträchtigen und in schweren Fällen zum Aneinanderstoßen der Enden der Gewindezapfen nahe der Mitte der Muffe in der verschraubten Verbindung führen.

7.4 Einsatzbeurteilung

Die abschließende Leistungsbeurteilung der Rohre für den weiteren Einsatz erfordert die Betrachtung des inneren Rohrwandzustands und der Restwanddicke zum Bewerten der Quetsch-, Berst- und Zugfestigkeit des Rohres, die Betrachtung des Gewindezustands zum Bewerten der Leckbeständigkeit und die Betrachtung des Gewindezapfenendes zum Bewerten der Verschraubung.

In Abhängigkeit von den Umständen und Notfallanforderungen kann ein Vermessen der Gewinde zusammen mit der üblichen Rohrwandprüfung zum Bestimmen der endgültigen Leistungseigenschaften in Erwägung gezogen werden. Die Nutzung gebrauchter Futterrohre und Steigrohre sollte auf Erfahrungen und der Beurteilung hinsichtlich der Bohrlochbedingungen und Umweltfaktoren beruhen.

8 Wiederaufbereitung

Rohrprodukte, die durch die Verwendung oder Missbrauch beschädigt wurden, können oft nutzbringend wiederaufbereitet werden. Dies sollte aber nur in Übereinstimmung mit ISO 11960 oder API Specification 5CT erfolgen. Die Annehmbarkeit von wiederaufbereiteten Gewinden sollte immer durch Messen und Prüfung nach ISO 10422 oder API Specification 5B bestätigt werden.

9 Schweißen von Zubehörteilen an Futterrohre vor Ort

9.1 Allgemeines

9.1.1 Die Auswahl des für Futterrohre verwendeten Stahls richtet sich nach wichtigen Betrachtungen bezüglich des für die Futterrohe bestimmten Einsatzes. Die für das Vor-Ort-Schweißen am besten geeigneten Stahlsorten haben nicht die entsprechenden Leistungseigenschaften. Aus diesem Grund darf die Vor-Ort-Schweißbarkeit nicht Hauptgegenstand bei der Auswahl des für die Herstellung von Futterrohren verwendeten Stahls sein. Dementsprechend kann, sofern keine Vorkehrungen getroffen werden, das Schweißen negative Auswirkungen auf viele der für alle Güteklassen von Futterrohren verwendeten Stahlsorten, insbesondere J-55 und höher, haben.

9.1.2 Die Schweißwärme kann die mechanischen Eigenschaften hochfester Futterrohrstähle beeinflussen. In den Wärmeeinflusszonen können sich Risse und Versprödungsbereiche bilden. Harte Bereiche und Risse können zum Versagen von Futterrohren führen, insbesondere wenn Futterrohre einer Hammerbearbeitung von Gestängeverbindern ausgesetzt wurden. Aus diesen Gründen sollte das Schweißen hochfester Futterrohre möglichst vermieden werden.

9.1.3 Es werden Praktiken und eine Ausrüstung empfohlen, die das Schweißen unnötig machen. Zum Beispiel könnten zum Verhindern des Lösens von Schraubverbindungen eher Zement oder Sperrvorrichtungen als verschweißte Bodenmuffen (-flansche) angewendet werden. Analog wird die Anwendung mechanischer Befestigungsmittel für Zentrierkörbe und Kratzer nahe gelegt.

9.1.4 Obwohl das Schweißen von hochfesten Futterrohren nicht als beste Praxismethode empfohlen wird, ist es zulässig, dass der Anwender unter bestimmten Umständen entscheidet, dieses dennoch anzuwenden. Für derartige Fälle bestehen Praktiken, die bei Einhaltung die nachteiligen Auswirkungen des Schweißens auf ein Mindestmaß verringern. Ziel dieser Norm ist es, Praktiken anzuführen, die als orientierende Anleitung für das Personal vor Ort dienen.

9.1.5 Das Schweißen wird an denjenigen kritischen Abschnitten des Futterrohrstrangs nicht empfohlen, an denen Zug-, Berst- oder Quetschfestigkeitseigenschaften nicht beeinträchtigt werden dürfen. Wenn Schweißen notwendig ist, sollte es auf die untersten Abschnitte des zementierten Bereichs am Boden des Futterrohrstranges beschränkt werden. Eine möglicherweise notwendige Rohrschuhverschweißung von Muffen sollte mit extremer Sorgfalt und unter vollständiger Anwendung der hierin angeführten Verfahren erfolgen.

9.1.6 Die Verantwortung für das Schweißen liegt beim Anwender und die Ergebnisse werden zum großen Teil von den Fachkenntnissen des Schweißers bestimmt. Die Schweißbarkeit der verschiedenen Arten und Güteklassen von Futterrohren schwankt in hohem Maß, weshalb dem Schweißer weitere Verantwortung auferlegt wird. Die Beförderung eines qualifizierten Schweißers zum Arbeitsort anstelle des Heranziehens einer weniger qualifizierten Person, die vor Ort verfügbar ist, erweist sich in den meisten Fällen als ökonomisch. Der für den Betrieb verantwortliche Vertreter sollte die Qualifikation des Schweißers nachprüfen und sich erforderlichenfalls durch Anweisung oder Vorführung vergewissern, dass der Schweißer in der Lage ist, die Arbeit zufrieden stellend auszuführen.

9.2 Anforderungen an Schweißverbindungen

9.2.1 Schweißverbindungen sollten eine ausreichende mechanische Festigkeit haben, um das Lösen von Verbindungen zu verhindern oder verschiedene Zubehörteile/Befestigungen am Futterrohr halten zu können. Von betrieblich genutzten Schweißverbindungen wird verlangt, dass sie Stößen, Schlägen, Schwingungen und anderen schweren Betriebsbedingungen, denen Futterrohre ausgesetzt werden, standhalten. Oft ist die Fähigkeit, Biegekräften standzuhalten, ebenfalls wichtig. Um dies zu erreichen, werden duktile Schweißverbindungen frei von Rissen oder Sprödstellen angestrebt.

9.2.2 Die Leckbeständigkeit spielt bei Schweißverbindungen, die von den hierin angeführten Verfahren berücksichtigt werden, keine Rolle. Zweck der Schweißverbindungen ist das Anbringen von Befestigungen oder das Verhindern des LöSENS von Schraubverbindungen. Wenn an Verbindungen geschweißt wird, darf die Schweißung nicht als Abdichtung zum Verhindern von Leckage bestimmt sein, sondern als Maßnahme zum Verhindern des LöSENS der Verbindung. Die Leckbeständigkeit wird durch die Verbindung selbst erhalten.

9.2.3 Leckbeständigkeit wird bei der Dichtschweißnaht von Futterrohr-Hängern gefordert.

9.3 Schweißprozesse

Das Schweißen erfolgt derzeit durch Metall-Lichtbogenschweißen oder Gas(schmelz)schweißprozesse. Für die Anwendung eines Sauerstoff/Acetylen- oder Sauerstoff/Propanbrenners sind bei 650 °C (1 200 °F) oder tiefer schmelzende Hartlötlegierungen mit guten mechanischen Eigenschaften verfügbar. Sie dürfen zum Vermeiden von Sprödstellen oder Rissen, die in legierten Futterrohren beim Schweißen auftreten können, verwendet werden, allerdings kann das Erwärmen auf diese Temperatur zu einer Verringerung der Festigkeit führen.

9.4 Füllstoff für das Lichtbogenschweißen

Bei Anwendung des Metall-Lichtbogenschweißprozesses sollten Elektroden mit niedrigem Wasserstoffgehalt verwendet werden. Dies schließt alle Elektroden mit der AWS-Klassifizierung Exx 15, Exx 16 und Exx 18 in der AWS Specification A5.1 ein. Wasserstoffarme Elektroden sollten bis unmittelbar vor der Verwendung nicht der Umgebungsluft ausgesetzt werden. Die Elektroden müssen unmittelbar nach dem Öffnen ihrer Verpackungsbehälter in Warmhalteschränken (Trocken-) bei 65 °C bis 150 °C (150 °F bis 300 °F) aufbewahrt werden. Nach der Entnahme aus dem Wärmeschränk müssen sie innerhalb von 30 min verwendet werden. Nicht innerhalb dieser Zeitspanne verwendete Elektroden müssen verworfen oder durch Ofentrocknung für 1 h bei 315 °C bis 370 °C (600 °F bis 700 °F) wiederaufbereitet werden. Nach der Wiederaufbereitung müssen die Elektroden in den Wärmeschränk gestellt werden.

9.5 Vorbereitung des Grundmetalls

Die zu verschweißende Fläche muss trocken sein und von jeglichem übermäßigen Anstichstoff, Schmiermittel, Zunder, Rost oder Schmutz durch Bürsten oder Abwischen befreit werden.

9.6 Vorwärmen und Abkühlen

9.6.1 Das Vorwärmen wird für alle Güteklassen von Futterrohren als wesentlich betrachtet. Dabei sollten mindestens 75 mm (3 in) auf jeder Seite der Schweißstellen auf 205 °C bis 315 °C (400 °F bis 600 °F) vorgewärmt werden. Die Vorwärmtemperatur sollte während des Schweißens aufrechterhalten werden. (Zum Überprüfen der Temperatur ist ein „Tempilstik“ oder ein gleichwertiger temperaturempfindlicher Messfarbstift zu verwenden.)

9.6.2 Ein schnelles Abkühlen sollte vermieden werden. Um das langsame Abkühlen sicherzustellen, sollten die Schweißungen vor extremen Wetterbedingungen (Kälte, Regen, starke Winde usw.) geschützt werden. Während des Verrohrens an Futterrohren vorgenommene Schweißungen sollten vor dem Absenken in das Bohrloch an der Luft auf unter 120 °C (250 °F) abgekühlt werden (gemessen mit dem Tempilstik oder etwas Gleichwertigem). Die erforderliche Abkühlung dauert üblicherweise etwa 5 min.

9.7 Schweißtechnik

9.7.1 Das Schweißen sollte begonnen werden, sobald nach die festgelegte Vorwärmtemperatur erreicht ist. Der Schweißvorgang sollte vor starken Winden, wehenden Staub- und Sandwolken sowie Regen abgeschirmt werden.

9.7.2 Wenn das Metall-Lichtbogenschweißen angewendet wird, sollten Elektroden mit einem Durchmesser von 4,8 mm (3/16 in) oder kleiner verwendet werden. Bevorzugt werden Lage-Gegenlageschweißungen, vorausgesetzt, die zweite Lage kann so kontrolliert werden, dass sie nur das Schweißmetall überlagert und sich nicht über das Futterrohr erstreckt. Die Funktion der zweiten Lage ist das Anlassen oder (spannungsfrei) Glühen der darunter liegenden Schweißung und des benachbarten Metalls. Diese Funktion wird nicht erfüllt, wenn die Gegenlage bis auf das Futterrohr reicht. Die zweite Lage sollte nach dem Reinigen der ersten Schweißraupe sehr schnell aufgebracht werden, damit das bei Schweißung der ersten Lage erwärmte Metall sich nicht so schnell abkühlen kann, dass es spröde wird. Das Pendeln sollte auf ein Mindestmaß beschränkt werden und die Stromstärke im unteren Abschnitt des vom Elektrodenhersteller empfohlenen Bereichs liegen. Es sollten alle Anstrengungen zur Vermeidung von Einbrandkerben unternommen werden.

9.7.3 Jegliche(s) auf der Schweißraupe verbleibende Schlacke oder Flussmittel sollte vor Auftragen der nächsten Schweißraupe durch Auskreuzen oder Schleifen entfernt werden.

9.7.4 Befestigungen sollten so nah wie möglich an der Futterrohroberfläche anliegen.

9.7.5 Der Lichtbogen sollte nicht auf dem Futterrohr auftreffen, da jeder Lichtbogenbrennfleck zu einer harten Stelle führen und das Futterrohr beschädigen kann. Durch das Auftreffen des Lichtbogens auf dem Futterrohr wurden häufig Risse verursacht. Der Lichtbogen sollte auf der Befestigung, die aus gegenüber Beschädigung unanfälliger Stahl besteht, auftreffen. Wenn es wirklich notwendig ist, dass der Lichtbogen auf dem Futterrohr auftrifft, sollte er in dem zu verschweißenden Bereich auftreffen.

9.7.6 Es sollte darauf geachtet werden, sicherzustellen, dass das Schweißkabel ordnungsgemäß am Futterrohr geerdet ist, jedoch sollte die Erdungsleitung (Masse-) nicht an das Futterrohr angeschweißt werden. Die Erdungsleitung sollte fest am Futterrohr angeklemt oder zwischen Rohrabfangkeilen befestigt werden. Ein schlechter Kontakt kann Funkenbildung hervorrufen, was zu harten Stellen führen kann, unter denen sich möglicherweise Anrisse bilden. Das Schweißkabel sollte nicht an einem Stahlurm, Drehtischsockel oder Futterrohrlager geerdet werden.

9.7.7 Es sollten so viele Schweißungen wie möglich auf dem Rohrlager durchgeführt werden anstatt auf dem Bohranlagenboden oder nachdem das Futterrohr in das Bohrloch gehängt wurde. Diese Vorgehensweise hat zwei Vorteile: a) das Schweißen kann unter günstigeren Bedingungen vorgenommen werden und b) die Abkühlgeschwindigkeit der Schweißnaht kann langsamer erfolgen und genauer geregelt werden. Die Erdung darf nicht am Rohrlager, sondern muss durch Festklemmen am zu schweißenden Futterrohr erfolgen.

9.7.8 Wenn Muffen, Zwischenstücke (mit Rückschlag) und Führungsschuhe geschweißt werden, sollte ausreichend Metall aufgetragen werden, um deren Lösen zu verhindern. Wenn die Oberseite des Zwischenstücks und der Futterrohr-Verbinder verschweißt werden, während das Futterrohr sich im Bohrtisch befindet, oder

wenn keine vollständige Schweißung vorgenommen werden soll, sollten drei 75-mm-Schweißnähte (3 in) in Intervallen von 120° um Futterrohre von 244,5 mm (9 5/8 in) vorgesehen werden bzw. bei größeren Futterrohren drei Schweißnähte von 100 mm (4 in) und bei kleineren Futterrohren drei Schweißnähte von 50 mm (2 in).

9.7.9 Wenn längere Schweißnähte als 100 mm (4 in) bis zu 150 mm (6 in) hergestellt werden, ist Pilgerschrittschweißung vorteilhaft. Wenn zum Beispiel eine 150 mm (6 in) lange Schweißraupe als Strichraupe von links nach rechts aufgetragen wurde, sollte der Schweißer etwa 150 mm (6 in) links von der aufgetragenen Schweißraupe beginnen und bis zum Ausgangspunkt der zuvor aufgetragenen Schweißraupe schweißen.

9.7.10 Vollständige Kehlnähte sollten etwa gleiche Schenkelmaße haben. Es sollte darauf geachtet werden, Einbrennkerben zu vermeiden. Bevorzugt werden zwei Schweißlagen. (Die Schweißnähte sollten zwischen den Lagenschweißungen gereinigt werden.)

9.7.11 Wenn Nasen (Nocken) an Futterrohre geschweißt werden, muss sich die Schweißnaht um die Nasenenden erstrecken. Es gilt als gute Praxis, den Lichtbogen nahe dem Nasenende anzusetzen, das Ende zu schweißen und die Schweißnaht etwa in die Mitte der Nase zu führen. Der Lichtbogen wird vorübergehend unterbrochen, so dass die Nase geschnitten oder auf Länge gebrannt werden kann, worauf das ungeschweißte Ende mit dem Hammer gegen das Futterrohr geschlagen wird. Die Schweißung wird dann um das zweite Ende fortgesetzt, wobei der Lichtbogen vor dem Unterbrechen wieder auf die Schweißung gebracht wird. Auf diese Weise werden die Enden geschweißt ohne Ansetzen oder Unterbrechen des Lichtbogens an den Enden.

9.7.12 Wenn Zentrierkörbe oder Kratzer an das Futterrohr geschweißt werden, sollten die Schweißungen eine Mindestlänge von 50 mm (2 in) haben und in Intervallen von 50 mm (2 in) erfolgen.

9.7.13 Beim Schweißen von Drehkratzern an Futterrohre erwiesen sich Schweißungen über die gesamte Länge an jedem Ende mit Schweißnähten von 19 mm (3/4 in) in zwei gleichen Abständen zur Vorderkante und einer Schweißnaht von 19 mm (3/4 in) in der Mitte der hinteren oder nachlaufenden Kante als zufriedenstellend.