

DIN EN 13001-3-6

ICS 23.100.20; 53.020.20

**Krane –
Konstruktion allgemein –
Teil 3-6: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von
Maschinenbauteilen – Hydraulikzylinder;
Deutsche Fassung EN 13001-3-6:2018**

Cranes –
General design –
Part 3-6: Limit states and proof of competence of machinery – Hydraulic cylinders;
German version EN 13001-3-6:2018

Appareils de levage à charge suspendue –
Conception générale –
Partie 3-6: États limites et vérification d'aptitude des éléments de mécanismes – Vérins
hydrauliques;
Version allemande EN 13001-3-6:2018

Gesamtumfang 59 Seiten

DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM)

Nationales Vorwort

Diese Norm enthält sicherheitstechnische Festlegungen.

Sie beinhaltet die Deutsche Fassung der vom Technischen Komitee CEN/TC 147 „Krane - Sicherheit“ im Europäischen Komitee für Normung (CEN) ausgearbeiteten EN 13001-3-6:2018.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung wurden vom Ausschuss NA 060-22-10 AA „Lenkungsausschuss Krane und Hebezeuge“ und dem Spiegelausschuss NA 060-22-10-21 AK „Konstruktion – allgemein“ im Fachbereich „Krane und Hebezeuge“ des DIN-Normenausschusses Maschinenbau (NAM) wahrgenommen. Vertreter der Hersteller und Anwender von Krane und Hebezeuge sowie der Berufsgenossenschaften waren an der Erarbeitung beteiligt.

Diese Norm konkretisiert einschlägige Anforderungen von Anhang I der EU-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG an erstmals im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) in Verkehr gebrachte Maschinen, um den Nachweis der Übereinstimmung mit diesen Anforderungen zu erleichtern.

Ab dem Zeitpunkt ihrer Bezeichnung als Harmonisierte Norm im Amtsblatt der Europäischen Union kann der Hersteller bei ihrer Anwendung davon ausgehen, dass er die von der Norm behandelten Anforderungen der Maschinenrichtlinie eingehalten hat (so genannte Vermutungswirkung).

Für die Anwendung wird darauf hingewiesen, dass unter dem Begriff „Kran“ alle Maschinen zum zyklischen Heben oder zum zyklischen Heben von an Haken oder anderen Lastaufnahmeeinrichtungen hängenden Lasten verstanden werden. Das bedeutet, dass diese Norm auch z. B. für Winden, die diese Definition erfüllen, anzuwenden ist.

Die im Abschnitt 2 und den Literaturhinweisen zitierten Europäischen Normen sind als DIN-EN- bzw. DIN-EN-ISO-Normen mit gleicher Zählnummer veröffentlicht.

Für die zitierten Internationalen Normen, sofern sie nicht als DIN-ISO-Normen mit gleicher Zählnummer veröffentlicht sind, gibt es keine nationalen Entsprechungen, außer für:

ISO 724 siehe DIN ISO 724:2010-01

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 724:2010-01, *Metrische* *ISO-Gewinde* *allgemeiner* *Anwendung* — *Grundmaße*
(ISO 724:1993+Cor. 1:2009)

Deutsche Fassung

Krane —
Konstruktion allgemein —
Teil 3-6: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von
Maschinenbauteilen —
Hydraulikzylinder

Cranes —
General design —
Part 3-6: Limit states and proof of competence of
machinery —
Hydraulic cylinders

Appareils de levage à charge suspendue —
Conception générale —
Partie 3-6: États limites et vérification d'aptitude des
éléments de mécanismes —
Vérins hydrauliques

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 13. November 2017 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe und Symbole	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Symbole	7
3.3 Terminologie	10
4 Allgemeines	11
4.1 Dokumentation	11
4.2 Werkstoffe für Hydraulikzylinder	12
4.2.1 Allgemeine Anforderungen	12
4.2.2 Werkstoffsorten und Werkstoffgüten	13
5 Nachweis der statischen Festigkeit	13
5.1 Allgemeines	13
5.2 Grenzwerte der Bemessungsspannung	15
5.2.1 Allgemeines	15
5.2.2 Grenzwert der Bemessungsspannung in tragenden Bauteilen	15
5.2.3 Grenzwerte der zulässigen Spannung in Schweißverbindungen	16
5.3 Linearer Spannungsnachweis	16
5.3.1 Allgemeines	16
5.3.2 Übliche Lastfälle und Randbedingungen	16
5.3.3 Zylinderrohr	18
5.3.4 Zylinderboden	19
5.3.5 Schweißnähte der Kolbenstange	20
5.3.6 Zylinderkopf	21
5.3.7 Zylinderrohr- und Kolbenstangengewinde	21
5.3.8 Gewindefreistich und Sicherungsdrahtrillen	22
5.3.9 Schweißnähte am Ölanschluss	22
5.3.10 Anschlusschnittstellen mit dem Krantragwerk	23
5.4 Nichtlinearer Spannungsnachweis	23
5.4.1 Allgemeines	23
5.4.2 Standardzylinder mit Endmomenten	23
5.4.3 Stützbeinzylinder	23
5.5 Durchführung des Nachweises	24
5.5.1 Nachweis für lasttragende Bauteile	24
5.5.2 Nachweis für Schraubverbindungen	25
5.5.3 Nachweis für Schweißverbindungen	25
6 Nachweis der Ermüdungsfestigkeit	25
6.1 Allgemeines	25
6.2 Spannungsverläufe	25
6.3 Durchführung des Nachweises	27
6.4 Grenzwert der Bemessungsschwingbreite	27
6.5 Zu beachtende Details	28
6.5.1 Allgemeines	28

6.5.2	Schweißnaht am Zylinderboden	28
6.5.3	Kerbspannung an den Ölschlüssen	31
6.5.4	Zylinderkopf	31
6.5.5	Kolbenstange	34
6.5.6	Zylinderkopfschrauben	36
6.5.7	Schweißnaht am Zylinderkopfflansch	36
6.5.8	Mechanische Verbindungsstellen	38
7	Nachweis der elastischen Stabilität	38
7.1	Allgemeines	38
7.2	Kritische Beullast	38
7.3	Grenzwert der Bemessungsdruckspannung	40
7.4	Durchführung des Nachweises	41
Anhang A (informativ) Kritische Beullast für übliche Knickfälle		42
A.1	Allgemeines	42
A.2	Knickfall A	43
A.3	Knickfall B	43
A.4	Knickfall C	44
A.5	Knickfall D	44
A.6	Knickfall E	44
A.7	Knickfall F	45
A.8	Knickfall G	45
Anhang B (informativ) Analyse II. Ordnung für zwei wichtige Fälle		46
B.1	Druckzylinder mit Endmomenten und Winkelversatz	46
B.2	Druckzylinder mit seitlicher Endkraft und Winkelversatz	47
B.3	Axialspannungen für die Fälle in B.1 und B.2	48
Anhang C (informativ) Querkräfte im Mantel und Biegemomente des Zylinderbodens		49
Anhang D (informativ) Nachweis des Ermüdungsverhaltens der Schweißnaht am Zylinderboden für kompliziertere Fälle		52
Anhang E (informativ) Auswahl einer geeigneten Gruppe von Krannormen für eine gegebene Anwendung		55
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2006/42/EG		56
Literaturhinweise		57

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 13001-3-6:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 147 „Krane — Sicherheit“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis August 2018, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis August 2018 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

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

Einleitung

Diese Europäische Norm wurde erarbeitet, um als harmonisierte Norm die mechanische Konstruktion und den theoretischen Nachweis von Kranen zu unterstützen, damit die grundlegenden Gesundheits- und Sicherheitsanforderungen der Maschinenrichtlinie, geändert, erfüllt werden. Diese Norm schafft außerdem Schnittstellen zwischen dem Anwender (Käufer) und dem Konstrukteur sowie zwischen dem Konstrukteur und dem Bauteilhersteller, um eine Grundlage für die Auswahl von Kranen und deren Bauteile zu schaffen.

Diese Europäische Norm ist eine Typ-C-Norm wie in EN ISO 12100:2010 angegeben.

Auf die betreffenden Maschinen und die behandelten Gefährdungen, Gefährdungssituationen und Gefährdungsereignisse wird im Anwendungsbereich dieser Norm hingewiesen.

Für Maschinen, die nach den Festlegungen dieser Typ-C-Norm konzipiert und gebaut worden sind, gilt: Wenn die Festlegungen in dieser Typ-C-Norm von den Festlegungen in Typ-A- oder Typ-B-Normen abweichen, haben die Festlegungen dieser Typ-C-Norm Vorrang gegenüber den Festlegungen der anderen Normen.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm ist gemeinsam mit EN 13001-1, EN 13001-2 und EN 13001-3-1 anzuwenden sowie mit den einschlägigen EN-Produktnormen für Krane, die allgemeine Bedingungen, Anforderungen und Methoden festlegen, um so anhand der Konstruktion und des theoretischen Nachweises mechanische Gefährdungen der Hydraulikzylinder, die Teil der lasttragenden Struktur von Kranen sind, zu verhindern. Hydraulikleitungen, -schläuche und -anschlüsse von Zylindern sowie Zylinder aus anderen Werkstoffen als Kohlenstoffstahl fallen nicht in den Anwendungsbereich der vorliegenden Norm.

Nachfolgend ist eine Auflistung der signifikanten Gefährdungssituationen und Gefährdungsereignisse aufgeführt, die während der bestimmungsgemäßen Verwendung und der vernünftigerweise vorhersehbaren Fehlanwendung zu Risiken für Personen führen könnten. Die Abschnitte 4 bis 7 der vorliegenden Norm sind notwendig, um Risiken in Verbindung mit den folgenden Gefährdungen zu mindern oder zu beseitigen:

- a) Überschreiten der Festigkeitsgrenzwerte (Fließgrenze, Bruch- und Ermüdungsfestigkeit);
- b) elastische Instabilität (knickstabähnliches Verhalten).

ANMERKUNG EN 13001-3-6 behandelt ausschließlich die Methode der Grenzzustände in Übereinstimmung mit EN 13001-1.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 10083-2:2006, *Vergütungsstähle — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Stähle*

EN 10210-2:2006, *Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen — Teil 2: Grenzabmaße, Maße und statische Werte*

EN 10216-3:2013, *Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 3: Rohre aus legierten Feinkornbaustählen*

EN 10277-2:2008, *Blankstahlerzeugnisse — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Stähle für allgemeine technische Verwendung*

EN 10305-1:2016, *Präzisionsstahlrohre — Technische Lieferbedingungen — Teil 1: Nahtlose kaltgezogene Rohre*

EN 10305-2:2016, *Präzisionsstahlrohre — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Geschweißte kaltgezogene Rohre*

EN 13001-1, *Krane — Konstruktion allgemein — Teil 1: Allgemeine Prinzipien und Anforderungen*

EN 13001-2, *Kransicherheit — Konstruktion allgemein — Teil 2: Lasteinwirkungen*

EN 13001-3-1, *Krane — Konstruktion allgemein — Teil 3-1: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von Stahltragwerken*

EN 13445-2:2014, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 2: Werkstoffe*

EN ISO 148-1:2016, *Metallische Werkstoffe — Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy — Teil 1: Prüfverfahren (ISO 148-1:2016)*

EN ISO 5817:2014, *Schweißen — Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817:2014)*

EN ISO 8492, *Metallische Werkstoffe — Rohr — Ringfaltversuch (ISO 8492:2013)*

EN ISO 12100:2010, *Sicherheit von Maschinen — Allgemeine Gestaltungsgrundsätze — Risikobeurteilung und Risikominderung (ISO 12100:2010)*

ISO 724:1993, *ISO general-purpose metric screw threads — Basic dimensions*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN ISO 12100:2010.

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

- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

3.2 Symbole

Die wichtigsten Symbole und Abkürzungen sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 — Symbole und Abkürzungen

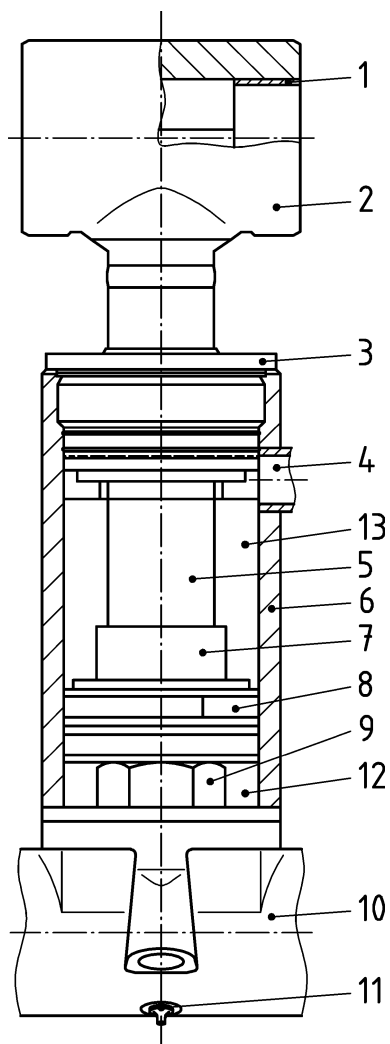
Symbole	Beschreibung
$A\%$	prozentuale Bruchdehnung
a	Schweißnahtdicke
A_i, B_i, C_i, D_i	Konstanten
A_s	Spannungsquerschnitt
D	Kolbendurchmesser
d	Kolbenstangendurchmesser
$D_{a,i}$	Achsendurchmesser
D_p	druckbeeinflusster Durchmesser
D_w	Schweißnahtdurchmesser
E	Elastizitätsmodul
F	Druckkraft
F_A	Druckkraft
FE	Finite Elemente
f_{Rd}	Grenzwert der Bemessungsspannung
$f_{Rd\sigma}$	Grenzwert der Bemessungsspannung, Normalspannung

Symbole	Beschreibung
$f_{Rd\tau}$	Grenzwert der Bemessungsspannung, Scherspannung
F_S	Querkraft
F_{Sd}	äußere Bemessungskraft
f_u	Bruchfestigkeit
$f_{w,Rd}$	Grenzwert der zulässigen Schweißnahtspannung
f_y	Fließgrenze
h	Dicke des Zylinderbodens
I	Trägheitsmoment, allgemein
I_1	Trägheitsmoment des Rohrs
I_2	Trägheitsmoment der Kolbenstange
L	Gesamtlänge des Zylinders
L_1	Länge des Zylinderrohrs
L_2	Länge der Kolbenstange des Zylinders
m	inverse Steigung der Wöhlerlinie
M_0	Biegemoment im Mantelabschnitt, das am Übergang zwischen Rohr und Boden wirkt
MB	Biegemoment
N	Druckspannung
N_k	kritische Beullast
N_{Rd}	Grenzwert der Bemessungsdruckspannung
N_{Sd}	Bemessungsdruckspannung
p_{i1}	maximaler Innendruck in der kolbenseitigen Kammer
p_{i2}	maximaler Innendruck in der kolbenstangenseitigen Kammer
p_o	äußerer Druck
p_{Sd}	Bemessungsdruck
R	mittlerer Radius des Rohrs ($R = R_i + t/2$)
r_i	Innenradius des Rohrs
R_i	Innenradius des Rohrs
r_o	Außenradius des Rohrs
r_r	Außenradius der Kolbenstange
s_3	Spannungsverlaufparameter (siehe EN 13001-3-1)
t	Rohrwanddicke

Symbole	Beschreibung
T_0	Querkraft im Mantelabschnitt, die am Übergang zwischen Rohr und Boden wirkt
x, y	Längs- und Seitenkoordinaten
α	Winkelversatz, Radianen
γ_m	allgemeiner Widerstandsbeiwert ($\gamma_m = 1,1$, siehe EN 13001-2)
γ_{mf}	spezifischer Widerstandsbeiwert für die Ermüdungsfestigkeit (siehe EN 13001-3-1)
γ_R	Gesamtwiderstandsbeiwert ($\gamma_R = \gamma_m \cdot \gamma_s$)
γ_s	spezifischer Widerstandsbeiwert
$\Delta\sigma$	Schwingbreite
$\Delta\sigma_b$	Schwingbreite der Biegespannung im Rohr
$\Delta\sigma_c$	charakteristischer Wert der Ermüdungsfestigkeit
$\Delta\sigma_m$	Schwingbreite der Membranspannung im Rohr (axial)
$\Delta\sigma_{Rd}$	Grenzwert der Bemessungsschwingbreite
$\Delta\sigma_{Sd}$	Bemessungsschwingbreite
Δp_{Sd}	kolbenseitiger Bemessungsdruckbereich
δ_{max}	maximaler Versatz
κ	Minderungsfaktor im Knickfall
λ	Schlankheitsgrad
λ_i	Reibbeiwerte
μ_i	Reibungsfaktoren
ν	Poissonzahl ($\nu = 0,3$ für Stahl)
σ_a	Axialspannung im Rohr
σ_b	unterer Grenzwert der Schwingbreite
σ_r	Radialspannung im Rohr
σ_{Sd}	Bemessungsspannung, Normalspannung
σ_t	Schubspannung (Ringspannung) im Rohr
σ_u	oberer Grenzwert der Schwingbreite
$\sigma_{w,Sd}$	Bemessungsspannung der Schweißnaht, Normalspannung
τ_{Sd}	Bemessungsspannung, Scherspannung
$\tau_{w,Sd}$	Bemessungsspannung der Schweißnaht, Scherspannung

3.3 Terminologie

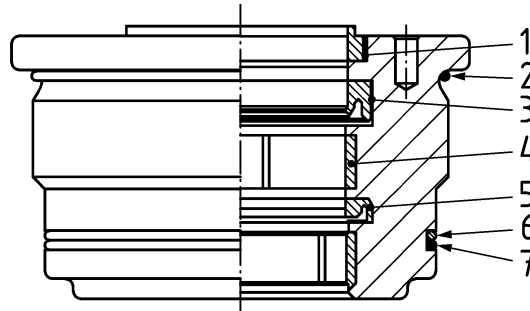
Die Benennungen für die Hauptbauteile eines Hydraulikzylinders, die in der vorliegenden Europäischen Norm verwendet werden, sind in den Bildern 1 bis 3 angegeben.



Legende

- 1 Buchse
- 2 Kolbenstangenkopf
- 3 Zylinderkopf
- 4 Ölanschluss
- 5 Kolbenstange
- 6 Zylinderrohr
- 7 Abstandhalter
- 8 Kolben
- 9 Schraubenmutter
- 10 Zylinderboden
- 11 Schmiernippel
- 12 kolbenseitige Kammer
- 13 kolbenstangenseitige Kammer

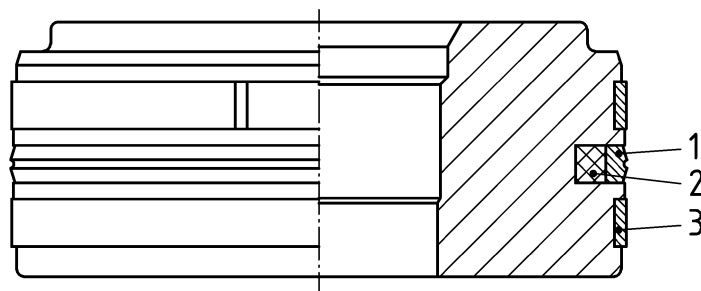
Bild 1 — Vollständiger Zylinder



Legende

- 1 Abstreifer
- 2 O-Ring
- 3 sekundäres Dichtelement
- 4 Führungsring (2-fach)
- 5 primäres Dichtelement
- 6 Stützring
- 7 O-Ring

Bild 2 — Zylinderkopf



Legende

- 1 Dichtelement
- 2 Druckelement
- 3 Führungsring (2-fach)

Bild 3 — Kolben

Die vorstehenden Bilder zeigen spezifische Konstruktionsmerkmale, um die Terminologie beispielhaft darzustellen. Andere Konstruktionen dürfen verwendet werden.

4 Allgemeines

4.1 Dokumentation

Die Dokumentation zum Sicherheitsnachweis muss Folgendes umfassen:

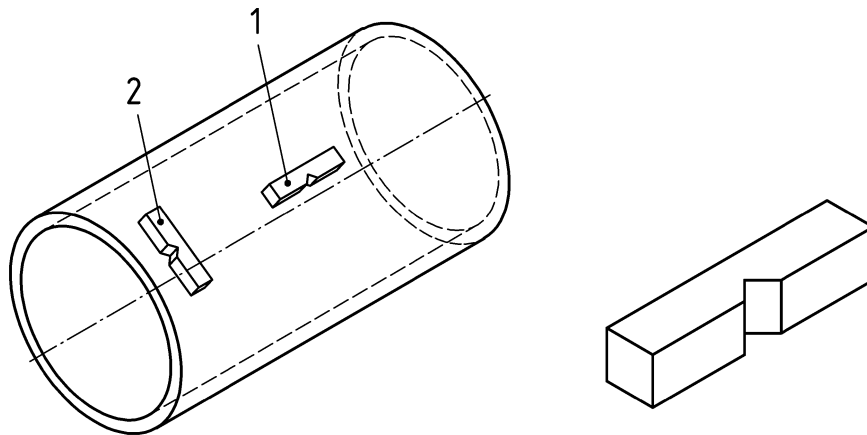
- Bemessungsannahmen mit Berechnungsmodellen;
- anwendbare Lasten und Lastkombinationen;
- Werkstoffsorten und Werkstoffgüte;
- Bewertungsgruppen von Schweißnähten nach EN ISO 5817:2014 und EN 13001-3-1;
- relevante Grenzzustände;
- Ergebnisse aus der Berechnung des Sicherheitsnachweises und Prüfungen, sofern anwendbar.

4.2 Werkstoffe für Hydraulikzylinder

4.2.1 Allgemeine Anforderungen

Die Werkstoffe für Rohre und Stangen, die dem inneren Druck ausgesetzt sind, müssen die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Die Kerbschlagzähigkeit in Querrichtung muss nach EN ISO 148-1 geprüft werden und muss die in EN 13001-3-1 angegebenen Anforderungen erfüllen. Prüflinge müssen in Querrichtung ausgeschnitten und derart hergestellt werden, dass die Achse der Kerbe senkrecht zur Rohroberfläche verläuft.



Legende

- 1 in Längsrichtung ausgeschnittener Prüfling
- 2 in Querrichtung ausgeschnittener Prüfling

Bild 4 — Prüfling für die Prüfung der Kerbschlagzähigkeit

- Falls es aufgrund der Werkstoffdicke oder der Rohrmaße nicht möglich ist, Prüflinge herauszuschneiden, muss der Rohrwerkstoff einen Ringfaltversuch nach EN ISO 8492 bestehen. Für geschweißte Rohre sind zwei Versuche erforderlich, wobei einer mit in Zusammendrückrichtung ausgerichteter Schweißnaht erfolgt, und der andere mit in 90° zur Zusammendrückrichtung ausgerichteter Schweißnaht. Der Rohrquerschnitt muss auf eine Höhe H zusammengedrückt werden, die sich wie folgt ergibt:

$$H = \frac{1,07 \cdot t}{0,07 + \frac{t}{D_o}}$$

Dabei ist

D_o der Rohraußendurchmesser;

t die Rohrwanddicke.

In anderen Bauteilen verarbeitete Werkstoffe müssen den Anforderungen von EN 13001-3-1 entsprechen.

4.2.2 Werkstoffsorten und Werkstoffgüten

In Europäischen Normen sind Werkstoffe und spezifische Werte festgelegt. Die vorliegende Norm enthält eine bevorzugte Auswahl. Als Rohrwerkstoff müssen Stähle in Übereinstimmung mit den folgenden Europäischen Normen verwendet werden:

- EN 10083-2;
- EN 10210-2;
- EN 10216-3;
- EN 10277-2;
- EN 10305-1;
- EN 10305-2;
- EN 13445-2.

Unter der Voraussetzung, dass sie den folgenden Anforderungen entsprechen, dürfen alternativ andere Stahlsorten und Stahlgüten als die in diesem Abschnitt aufgelisteten als Rohrwerkstoffe verwendet werden:

- der Bemessungswert von f_y ist auf $f_u/1,1$ für Werkstoffe mit $f_u/f_y < 1,1$ begrenzt;
- die prozentuale Bruchdehnung beträgt $A \% \geq 14 \%$ bei einer Ausgangslänge von $L_0 = 5,65 \cdot \sqrt{S_0}$ (wobei S_0 die ursprüngliche Querschnittsfläche ist).

Werkstoffsorten und Werkstoffgüten, die in anderen Zylinderbauteilen oder Montageschnittstellen von Zylindern verwendet werden, müssen in Übereinstimmung mit EN 13001-3-1 ausgewählt werden.

5 Nachweis der statischen Festigkeit

5.1 Allgemeines

Ein rechnerischer Nachweis der statischen Festigkeit ist dafür vorgesehen, übermäßige Verformungen durch Fließen des Werkstoffs, elastische Instabilität und Bruch von tragenden Bauteilen oder Verbindungen zu verhindern. Es werden die in EN 13001-2 oder in anderen maßgeblichen Produktnormen angegebenen dynamischen Beiwerte verwendet, um äquivalente statische Lasten zu erzeugen, mit denen die dynamischen Einflüsse simuliert werden. Auch laststeigernde Einflüsse durch Verformung müssen berücksichtigt werden. Die Anwendung der Plastizitätstheorie für die Berechnung der Grenztragfähigkeit wird im Zusammenhang mit dieser Norm als nicht zulässig angesehen. Der Nachweis muss für tragende Bauteile und Verbindungen durchgeführt werden, wobei die ungünstigsten Lasteinwirkungen aus den Lastkombinationen A, B oder C nach EN 13001-2 oder anderen maßgeblichen Produktnormen zu berücksichtigen sind.

Die Zylinder sind entweder aktiv oder passiv. Aktive Zylinder bewegen sich und steigern dadurch die potentielle Energie des Krans. Passive Zylinder bewegen sich nicht oder sie bewegen sich und verringern dadurch die potentielle Energie des Krans. Indem die Kräfte, die vom Krantragwerk auf den Zylinder aufgebracht werden, nach EN 13001-2 berechnet werden, sind sie bereits um die Teilsicherheitsbeiwerte γ_p und die maßgeblichen dynamischen Beiwerte erhöht. Die Gleichungen (1) und (2) ergeben den Bemessungsdruck p_{Sd} , der durch die Kräfte hervorgerufen wird, die durch das Krantragwerk auf den Zylinder wirken. Des Weiteren sind die zusätzlichen Drücke p_{Sde} , die durch interne Vorgänge im Hydraulikkreislauf hervorgerufen werden, zu betrachten und dem Bemessungsdruck p_{Sd} hinzuzufügen. Solche intern erzeugten Drücke können z. B. durch regenerative Anschlüsse, Druckabfall in den Rücklaufleitungen oder Dämpfung hervorgerufen werden.

Wenn vorgesehen ist, einen Zylinder als ein Bauteil bei einem höheren Druck als dem Bemessungsdruck p_{Sd} zu prüfen, muss dieser Lastfall ebenfalls im Nachweis der statischen Festigkeit berücksichtigt werden und der Prüfdruck ist mit einem Teilsicherheitsbeiwert γ_p von 1,05 zu multiplizieren.

Der Bemessungsdruck p_{Sd} in der kolbenseitigen Kammer oder in der kolbenstangenseitigen Kammer muss aus der Bemessungskraft F_{Sd} , unter Berücksichtigung der Kraftrichtung und dem auf die Reibung zurückzuführenden Wirkungsgrad η des Zylinders, berechnet werden. Ein Beiwert Ψ für den Wirkungsgrad wird verwendet, um den Einfluss der Zylinderreibung zu berücksichtigen. Bei aktiven Zylindern besitzt Ψ den Wert $1/\eta$ und bei passiven Zylindern besitzt Ψ den Wert von η .

Für die kolbenseitige Kammer ergibt sich der Bemessungsdruck wie folgt:

$$p_{Sd} = \frac{4 \cdot F_{Sd}}{\pi \cdot D^2} \cdot \Psi \quad (1)$$

Dabei ist

F_{Sd} die äußere Bemessungskraft;

D der Kolbendurchmesser;

Ψ mit η gleichgesetzt für passive Zylinder und mit $1/\eta$ gleichgesetzt für aktive Zylinder.

Für die kolbenstangenseitige Kammer ergibt sich der Bemessungsdruck wie folgt:

$$p_{Sd} = \frac{4 \cdot F_{Sd}}{\pi \cdot (D^2 - d^2)} \cdot \Psi + p_{Sde} \quad (2)$$

Dabei ist

F_{Sd} die äußere Bemessungskraft;

D der Kolbendurchmesser;

d der Kolbenstangendurchmesser;

Ψ mit η gleichgesetzt für passive Zylinder und mit $1/\eta$ gleichgesetzt für aktive Zylinder;

p_{Sde} der zusätzliche Druck, der durch interne Vorgänge hervorgerufen wird.

Wenn keine begründeten Werte für den Wert η vorliegen, muss ein Wert von 1,1 für Ψ eingesetzt werden.

Die vorliegende Norm basiert auf Nennspannungen, d. h. Spannungen, die mithilfe der traditionellen Theorie der elastischen Festigkeit von Werkstoffen berechnet wurden, bei der im Allgemeinen die lokalen Spannungsungleichmäßigkeiten außer Acht gelassen werden. Wenn alternative Verfahren mit höherer Präzision für den Spannungsnachweis verwendet werden, wie z. B. die Finite-Elemente-Methode, kann die Verwendung solcher Spannungen für den in dieser Norm angegebenen Nachweis übermäßig konservative Ergebnisse erzielen.

5.2 Grenzwerte der Bemessungsspannung

5.2.1 Allgemeines

Die Grenzwerte der Bemessungsspannung müssen wie folgt berechnet werden:

$$\text{Grenzwerte der Bemessungsspannung } f_{Rd} = \text{Funktion } (f_k, \gamma_R) \quad (3)$$

Dabei ist

f_k der charakteristische Wert (oder der Nennwert);

γ_R der Gesamtwiderstandsbeiwert $\gamma_R = \gamma_m \cdot \gamma_s$;

γ_m der allgemeine Widerstandsbeiwert $\gamma_m = 1,1$ (siehe EN 13001-2);

γ_s der spezifische Widerstandsbeiwert für spezifische tragende Bauteile, wie in den nachstehenden Abschnitten angegeben.

ANMERKUNG f_{Rd} ist äquivalent zu R_d/γ_m von EN 13001-1.

5.2.2 Grenzwert der Bemessungsspannung in tragenden Bauteilen

Der Grenzwert der Bemessungsspannung f_{Rd} , der bei der Konstruktion von tragenden Bauteilen Anwendung findet, muss wie folgt berechnet werden:

$$f_{Rd\sigma} = \frac{f_y}{\gamma_{Rm}} \quad \text{für Normalspannungen} \quad (4)$$

$$f_{Rd\tau} = \frac{f_y}{\gamma_{Rm} \cdot \sqrt{3}} \quad \text{für Scherspannungen} \quad (5)$$

mit $\gamma_{Rm} = \gamma_m \cdot \gamma_{sm}$.

Dabei ist

f_y der Mindestwert der Fließgrenze des Werkstoffs;

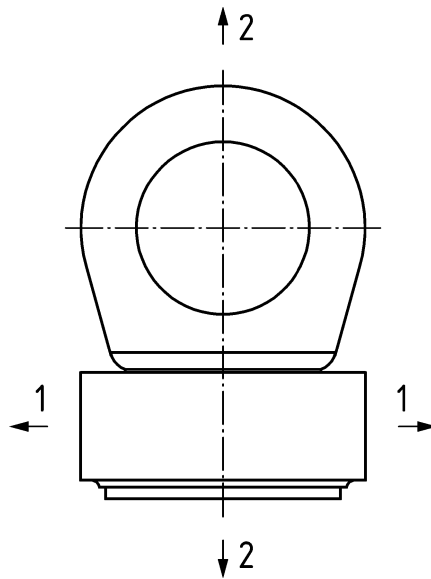
γ_{sm} der spezifische Widerstandsbeiwert für den Werkstoff.

$\gamma_{sm} = 0,95$ für Stähle in Übereinstimmung mit den in 4.2.2 angegebenen Normen;

$\gamma_{sm} = 1,0$ für andere Stähle.

Bei Zugspannungen senkrecht zur Walzebene (siehe Bild 5) muss der Werkstoff senkrechte Lasten aushalten können und darf keine Dopplungsfehler aufweisen. In EN 13001-3-1 sind die Werte von γ_{sm} für Werkstoffe, die senkrecht zur Walzebene belastet werden, festgelegt.

Beispiel eines Zylinderrohrbodens, bei dem Plattenstahl verwendet wird (geschweißte Lasche). Das Bild zeigt eine Zuglast senkrecht zur Walzebene, wobei gilt:



Legende

- 1 Walzebene
- 2 Spannungs-/Lastrichtung

Bild 5 — Zuglast senkrecht zur Walzebene

5.2.3 Grenzwerte der zulässigen Spannung in Schweißverbindungen

Der Grenzwert der zulässigen Schweißnahtspannung $f_{w,Rd}$, der bei der Konstruktion von Schweißverbindungen Anwendung findet, muss EN 13001-3-1 entsprechen.

5.3 Linearer Spannungsnachweis

5.3.1 Allgemeines

In 5.3 sind typische zu beachtende Details enthalten, die für den Nachweis der statischen Festigkeit maßgeblich sind. Details, die ausschließlich für den Ermüdungsnachweis relevant sind (z. B. Biegemomente im Rohrmantel), werden in 5.3 nicht behandelt. In Fällen oder unter den Bedingungen, die in der vorliegenden Norm nicht behandelt werden, müssen andere anerkannte Quellen verwendet oder statische Druck-/Kraftprüfungen durchgeführt werden.

5.3.2 Übliche Lastfälle und Randbedingungen

Vor der Durchführung von Berechnungen müssen die Randbedingungen und Belastungen ermittelt werden. Typische zu bestimmende Bedingungen sind:

- äußere Kräfte und deren Richtungen;
- Art des Zylinders;
- Befestigung des Zylinderrohrs und der Kolbenstange an der Maschine;
- Kräfte/Spannungen durch Gewindevorspannung;
- Richtung der Schwerkraft.

Bei der Berechnung der statischen Festigkeit für Zylinder müssen verschiedene Lastfälle betrachtet werden.