

DIN EN 13001-3-4

ICS 21.100.01; 53.020.20

**Krane –
Konstruktion allgemein –
Teil 3-4: Grenzzustände und Sicherheitsnachweise für Maschinenbauteile –
Lager;
Deutsche Fassung EN 13001-3-4:2018**

Cranes –
General design –
Part 3-4: Limit states and proof of competence of machinery – Bearings;
German version EN 13001-3-4:2018

Appareils de levage à charge suspendue –
Conception générale –
Partie 3-4: États limites et vérification d'aptitude des éléments de mécanismes – Paliers;
Version allemande EN 13001-3-4:2018

Gesamtumfang 111 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), dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird, ausgearbeiteten EN 13001-3-4:2018.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung wurden vom Arbeitsausschuss NA 060-22-10 AA „Lenkungsausschuss Krane und Hebezeuge“ und dessen Arbeitskreis NA 060-22-10-21 AK „Konstruktion - allgemein (SpA CEN/TC 147/WG 2 u. SpA ISO/TC 96/SC 10)“ im Fachbereich „Krane und Hebezeuge“ des DIN-Normenausschusses Maschinenbau (NAM) wahrgenommen. Vertreter der Hersteller und Anwender von Kranen und Hebezeugen 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.

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.

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 (sogenannte „Vermutungswirkung“).

Hinweis zur Übersetzung: In Abschnitt 5.2.1 wurde eine Nationale Fußnote (Hinweis auf Korrektur des Formelzeichens) eingepflegt.

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 in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden nationalen Dokumente hingewiesen:

ISO 76:2006	siehe	DIN ISO 76:2009-01
ISO 281:2007	siehe	DIN ISO 281:2010-10
ISO/TR 1281-1:2008	siehe	DIN SPEC 1281-1:2010-05
ISO 5593	siehe	DIN ISO 5593
ISO 3547-4:2017	siehe	E DIN ISO 3547-4:2019-02
ISO 4378-4:2009	siehe	DIN ISO 4378-4:2013-12
ISO 4378-5:2009	siehe	DIN ISO 4378-5:2013-12
ISO 4382-1:1991	siehe	DIN ISO 4382-1:1992-11
ISO 4382-2:1991	siehe	DIN ISO 4382-2:1992-11
ISO 4383:2012	siehe	DIN ISO 4383:2015-11
ISO 6691:2000	siehe	DIN ISO 6691:2001-05
ISO 12240-1:1998	siehe	DIN ISO 12240-1:1999-07
ISO 12240-2:1998	siehe	DIN ISO 12240-2:1999-07
ISO 12240-3:1998	siehe	DIN ISO 12240-3:1999-07

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 76:2009-01, *Wälzlager — Statische Tragzahlen (ISO 76:2006)*

DIN ISO 281:2010-10, *Wälzlager — Dynamische Tragzahlen und nominelle Lebensdauer (ISO 281:2007)*

DIN SPEC 1281-1:2010-05, *Wälzlager — Erläuternde Anmerkungen zur ISO 281 — Teil 1: Dynamische Tragzahlen und nominelle Lebensdauer (ISO/TR 1281-1:2008 + Cor.1:2009)*

DIN ISO 5593, *Wälzlager — Begriffe und Definitionen*

E DIN ISO 3547-4:2019-02, *Gleitlager — Gerollte Buchsen — Teil 4: Werkstoffe (ISO 3547-4:2017); Text Deutsch und Englisch*

DIN ISO 4378-4:2013-12, *Gleitlager — Begriffe, Definitionen, Einteilung und Symbole — Teil 4: Grundsymbole (ISO 4378-4:2009)*

DIN ISO 4378-5:2013-12, *Gleitlager — Begriffe, Definitionen, Einteilung und Symbole — Teil 5: Anwendung von Symbolen (ISO 4378-5:2009)*

DIN ISO 4382-1:1992-11, *Gleitlager — Kupferlegierungen; Kupfer-Gußlegierungen für dickwandige Massiv- und Verbundgleitlager; Identisch mit ISO 4382-1:1991*

DIN ISO 4382-2:1992-11, *Gleitlager — Kupferlegierungen — Kupfer-Knetlegierungen für Massivgleitlager; Identisch mit ISO 4382-2:1991*

DIN ISO 4383:2015-11, *Gleitlager — Verbundwerkstoffe für dünnwandige Gleitlager (ISO 4383:2012)*

DIN ISO 6691:2001-05, *Thermoplastische Polymere für Gleitlager — Klassifizierung und Bezeichnung — (ISO 6691:2000)*

DIN ISO 12240-1:1999-07, *Gelenklager — Teil 1: Radial-Gelenklager (ISO 12240 -1:1998)*

DIN ISO 12240-2:1999-07, *Gelenklager — Teil 2: Radial-Schräggelenklager (ISO 12240-2:1998)*

DIN ISO 12240-3:1999-07, *Gelenklager — Teil 3: Axial-Gelenklager (ISO 12240-3:1998)*

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Krane —
Konstruktion allgemein —
Teil 3-4: Grenzzustände und Sicherheitsnachweise für
Maschinenbauteile — Lager

Cranes —
General design —
Part 3-4: Limit states and proof of competence of
machinery — Bearings

Appareils de levage à charge suspendue —
Conception générale —
Partie 3-4: États limites et vérification d'aptitude des
éléments de mécanismes — Paliers

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 22. Juli 2018 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
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen	6
3.1 Begriffe	6
3.2 Symbole und Abkürzungen	7
4 Allgemeines	13
4.1 Dokumentation	13
4.2 Werkstoffe	14
4.2.1 Werkstoffsorten und Werkstoffgüte für Drehkränze	14
4.2.2 Werkstoffsorten und Werkstoffgüte für Wälzlager, ausgenommen Drehkränze	15
4.2.3 Werkstoffe für Gleitlager	15
4.3 Lager	16
4.3.1 Allgemeines	16
4.3.2 Drehkränze	16
4.3.3 Wälzlager	20
4.3.4 Gleitlager	21
4.4 Sicherheitsnachweis für Lager	25
5 Nachweis der statischen Festigkeit	26
5.1 Allgemeines	26
5.2 Grenzwerte der Bemessungsspannungen und der Bemessungskräfte	26
5.2.1 Allgemeines	26
5.2.2 Grenzwerte der Bemessungskräfte und der Bemessungsspannungen für Drehkränze	27
5.2.3 Durchführung des Nachweises für Drehkränze	40
5.2.4 Grenzwerte der Bemessungskräfte und der Bemessungsspannungen für Wälzlager	41
5.2.5 Durchführung des Nachweises für Wälzlager	43
5.2.6 Grenzwerte der Bemessungskräfte und der Bemessungsspannungen für Gleitlager	43
5.2.7 Durchführung des Nachweises für Gleitlager	48
6 Nachweis der Dauerfestigkeit und der Ermüdungsfestigkeit	49
6.1 Allgemeines	49
6.2 Drehkränze	49
6.2.1 Dynamische Auslegungslasten und Tragzahlen	49
6.2.2 Ermüdungsfestigkeit der Befestigungselemente	55
6.2.3 Durchführung des Nachweises für Drehkränze	57
6.3 Wälzlager	58
6.3.1 Dynamische Auslegungslasten und Tragzahlen	58
6.3.2 Durchführung des Nachweises für Wälzlager	62
6.4 Gleitlager	64
6.4.1 Allgemeines	64
6.4.2 Zylindrische Gleitlager	65
6.4.3 Gelenklager	69
6.4.4 Durchführung des Nachweises der Dauerfestigkeit für Gleitlager	73
6.4.5 Auslegungslbensdauer eines Gleitlagers	74
7 Nachweis der elastischen Stabilität	75

Anhang A (informativ) Berechnungsbeiwerte und Richtwerte für die Tragzahlen von Drehkränen	76
A.1 Überlastbeiwert K_{rep}	76
A.1.1 Allgemeines	76
A.1.2 Analyseverfahren für die Bestimmung von K_{rep}	77
A.2 Einflussfaktoren	78
A.2.1 Nachweis der statischen Festigkeit	78
A.2.2 Nachweis der Ermüdungsfestigkeit: Beiwert für die Trägerschicht f'_{f1}	79
A.2.3 Nachweis der Ermüdungsfestigkeit: Einschlussbeiwert f'_{f2}	80
A.2.4 Nachweis der Ermüdungsfestigkeit: Beiwert für die Oberflächenhärte f'_{f3}	80
A.3 Leitlinien für verschiedene Tragzahlen	80
A.3.1 Allgemeines	80
A.3.2 Richtwert für den Grenzwert für die statische axiale Bemessungstragzahl $C_{0a,Rd}$ für Drehkräne mit Kugellagern	81
A.3.3 Richtwerte für die Grenzwerte für die statischen Bemessungstragzahlen $C_{0a,Rd}$ und $C_{0r,Rd}$ für Drehkräne mit Rollenlager	81
A.3.4 Dynamische axiale Tragzahl C_a eines Drehkranes mit Kugellagern	82
A.3.5 Dynamische Tragzahlen C_a und C_r eines Drehkranes mit Rollenlagern	84
A.4 Befestigungselemente: alternative Berechnung der Bemessungsspannung σ_{Sd}	84
A.4.1 Schraubenhebelmoment M_{fb}	84
A.4.2 Bemessungswert der Normalspannung σ_{Sd}	89
A.4.3 Berechnung des Hebelarms s_a	89
Anhang B (informativ) Nachweis der Ermüdungsfestigkeit der Drehkranzlaufbahn: Berechnung des Lastverlaufparameters s_{sr} (Beispiel)	91
B.1 Allgemeines	91
B.2 Arbeitszyklen	91
B.2.1 Kranart	91
B.2.2 Beschreibung des Bewegungsablaufs	92
B.3 Beschreibung des Drehkranes	93
B.3.1 Art des Drehkranes	93
B.3.2 Hauptdaten	94
B.4 Nachweis der Ermüdungsfestigkeit	94
B.4.1 Lastkombinationen	94
B.4.2 Äquivalente dynamische Axiallasten $P_{a,i}$ für stützende/haltende Laufbahnen	96
B.4.3 Äquivalente dynamische Radiallasten $P_{r,i}$ für eine radiale Laufbahn	98
B.4.4 Klassifizierung der Laufbahnen	98
Anhang C (informativ) Gleichwertigkeit der Nachweise der Ermüdungsfestigkeit von Drehkränen und Wälzlager nach dem Verfahren von EN 13001 bzw. ISO 281	101
Anhang D (informativ) Auswahl einer geeigneten Gruppe von Krannormen für eine gegebene Anwendung	103
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2006/42/EG	104
Literaturhinweise	105

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 13001-3-4:2018) 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 Juni 2019, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2019 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 Mandats erarbeitet, das 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.

Diese Europäische Norm ist ein Teil der Normenreihe EN 13001. Die anderen Teile sind folgende:

- *Teil 1: Allgemeine Prinzipien und Anforderungen*
- *Teil 2: Lasteinwirkungen*
- *Teil 3-1: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von Stahltragwerken*
- *Teil 3-2: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von Drahtseilen in Seiltrieben*
- *Teil 3-3: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von Laufrad/Schiene-Kontakten*
- *Teil 3-5: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von geschmiedeten Haken*
- *Teil 3-6: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von Maschinenbauteilen — Hydraulikzylinder*
- *Teil 3-7: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von Maschinenbauteilen — Getriebe*
- *Teil 3-8: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von Maschinenbauteilen — Wellen*

Die Anhänge A, B, C und D sind informativ.

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.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument ist gemeinsam mit EN 13001-1 und EN 13001-2 anzuwenden; sie legen die allgemeinen Bedingungen, Anforderungen und Methoden zur Vermeidung von Gefahren bei Kranen durch Konstruktion und theoretische Nachweisverfahren fest.

ANMERKUNG 1 Spezifische Anforderungen an bestimmte Krantypen sind in den entsprechenden Europäischen Normen für den jeweiligen Krantypen enthalten.

Dieses Dokument beschäftigt sich mit Lagern in Kranen. Es ist nicht für Lager vorgesehen, die Teil von Normbauteilen, z. B. Getrieben, Motoren, ..., sind; derartige Lager müssen jedoch unter Anwendung der Lasteinwirkungen von EN 13001-2 und Klassifizierungsparameter von EN 13001-1 konstruiert werden.

ANMERKUNG 2 EN 13001-3-7 für Zahnräder und Getriebe ist in Vorbereitung und behandelt die Lasteinwirkungen bei Lagern in Getrieben.

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 des vorliegenden Dokuments sind notwendig, um Risiken in Verbindung mit den folgenden Gefährdungen zu mindern oder zu beseitigen:

- Überschreitung der Festigkeitsgrenzwerte (Fließgrenze, Bruch- und Ermüdungsfestigkeit);
- Überschreitung von Temperaturgrenzwerten des Werkstoffs oder der Komponenten;
- elastische Instabilität des Krans oder seiner Teile (Knicken, Ausbeulen).

Dieses Dokument gilt nicht für Krane, die vor dem Datum der Veröffentlichung dieses Dokuments als eine Europäische Norm hergestellt wurden und dient als Referenzgrundlage für die Europäischen Normen für bestimmte Krantypen (siehe Anhang D).

ANMERKUNG EN 13001-3-4 behandelt ausschließlich die Methoden der Grenzzustände nach 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 10083-1:2006, *Vergütungsstähle — Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen*

EN 10247:2017, *Metallographische Prüfung des Gehaltes nichtmetallischer Einschlüsse in Stählen mit Bildreihen*

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

EN ISO 683-17, *Für eine Wärmebehandlung bestimmte Stähle, legierte Stähle und Automatenstähle — Teil 17: Wälzlagerstähle (ISO 683-17)*

EN ISO 4287:1998, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren — Benennungen, Definitionen und Kenngröße der Oberflächenbeschaffenheit (ISO 4287)*

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

ISO 76:2006, *Rolling bearings — Static load ratings*

ISO 281:2007, *Rolling bearings — Dynamic load ratings and rating life*

ISO 4306-1:2007, *Cranes — Vocabulary — Part 1: General*

3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN ISO 12100:2010 und die Begriffe nach ISO 4306-1:2007, Abschnitt 6, für die Definition von Lasten und die folgenden Begriffe.

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

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

3.1.1

Gleitlager

Lager, in dem die Art der Relativbewegung Gleiten ist, jedoch mit der Ausnahme derjenigen Lager, die mit hydrodynamischer Schmierung betrieben werden

3.1.2

Wälzlager

Lager mit vorherrschender Rollbewegung zwischen den Teilen, die Last übertragen und sich relativ zueinander bewegen und welches aus Laufbahnkörpern mit Wälzkörpern mit oder ohne Trennungs- und/oder Führungselementen besteht

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die Anwendung dieses Dokuments ist es so ausgelegt, dass es radiale, axiale oder kombinierte radiale und axiale Lasten aufnehmen kann.

[QUELLE: ISO 5593, modifiziert]

3.1.3

Drehkranz

Drehkranzlager

großes Wälzlager, das eine Verbindung zwischen zwei angrenzenden Strukturen herstellt, und die Rotation und die Übertragung von Lasten zwischen ihnen (axiale und radiale Lasten und ein Kippmoment) ermöglicht

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Drehkranz verfügt üblicherweise über Bohrungen für die Befestigungsschrauben, eine Innen- oder Außenverzahnung, die die Rotation einer Struktur relativ zur anderen Struktur ermöglicht, und Schmierung und Dichtungen.

3.1.4

Nennberührungswinkel

Druckwinkel

α

Winkel zwischen einer zur Lagerachse senkrechten Ebene (einer radialen Ebene) und der Nenn-Wirkungslinie der resultierenden Kräfte, die vom Lagerring oder von der Lagerscheibe auf einen Wälzkörper übertragen werden (siehe nachstehend Verweis 04.02.10 in Bild 1)

[siehe QUELLE: ISO 5593:1997, Definition 04.02.10 und Bilder 93, 94]

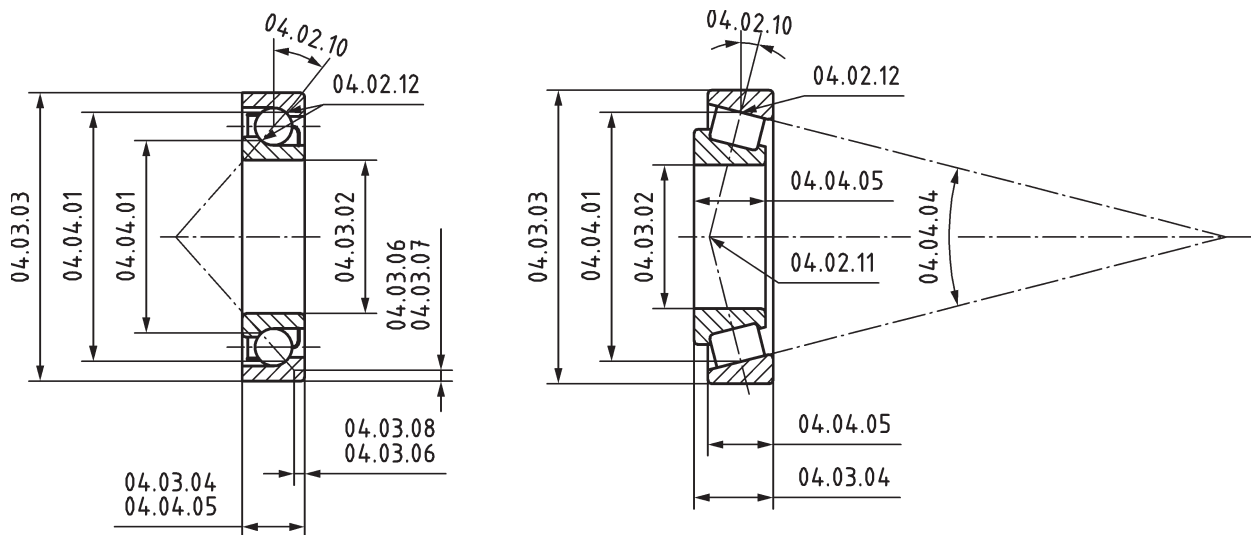


Bild 1 — Maße von Wälzlager

3.2 Symbole und Abkürzungen

Die in diesem Dokument verwendeten Symbole und Abkürzungen sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 — Symbole und Abkürzungen

Symbole, Abkürzungen	Beschreibung
a_1	Lebensdauerbeiwert für die Zuverlässigkeit (ISO 281:2007)
A_{pF}	Aufteilungsfaktor für die axiale Last F_a (Drehkranz)
A_{pM}	Aufteilungsfaktor für das Kippmoment M_r (Drehkranz)
A_s	Spannungsquerschnitt der Schraube (Befestigungselement)
b	Abstand zwischen zwei benachbarten Schrauben (Drehkranz)
C	Gesamtzahl von Arbeitsspielen (EN 13001-1)
C_a	dynamische axiale Tragzahl (ISO 281:2007)
C_r	dynamische radiale Tragzahl (ISO 281:2007)
$C_{a,Rd}$	Grenzwert für die dynamische axiale Auslegungslast (Drehkranz, Wälzlager)
$C_{r,Rd}$	Grenzwert für die dynamische radiale Auslegungslast (Drehkranz, Wälzlager)

Symbole, Abkürzungen	Beschreibung
C_{0a}	statische axiale Tragzahl (Drehkranz, Wälzlager, Gelenklager)
C_{0r}	statische radiale Tragzahl (Drehkranz, Wälzlager, Gelenklager)
$C_{0a,Rd}$	Grenzwert für die statische axiale Bemessungstragzahl (Drehkranz)
$C_{0r,Rd}$	Grenzwert für die statische radiale Bemessungstragzahl (Drehkranz)
C_1	Anziehdrehmoment
D_{in}	Innendurchmesser (Druckscheibe)
D_{ex}	Außendurchmesser (Druckscheibe, Bundbuchse)
D_m	Teilkreisdurchmesser der Wälzkörper (in ISO 76 und ISO 281 als D_{pw} bezeichnet)
D_{vi}	Teilkreisdurchmesser von Befestigungselementen
D_w	Kugeldurchmesser (Wälzkörper)
D_{we}	Rollendurchmesser (Wälzkörper)
d	Nenndurchmesser einer Schraube/eines Bolzens (Drehkranz); Wellendurchmesser (Gleitlager)
d_k	Kugeldurchmesser eines Gelenklagers
E	Elastizitätsmodul
E_b	Elastizitätsmodul einer Schraube
E_p	Elastizitätsmodul eines Drehkranz-Stützflansches
e_m	Abstand (Hebelarm) zwischen der äußeren Last F_e und dem Mittelpunkt der Stützweite $2 \cdot u$ des Drehkranzes
e_m^*	Hebelarm der äußeren Last F_e zur Schraubenachse (Drehkranz)
e_n	Abstand zwischen der Schraubenachse und dem Mittelpunkt der Stützweite $2 \cdot u$ des Drehkranzes
F_a	axiale Last
$F_{a,i}$	axiale Last, Bereich i (Ermüdung)
F_b	Schraubenkraft
$F_{b,f}$	Ermüdungsbelastung der Schraube
$F_{b,2}$	äquivalente Schraubenkraft
F_c	Drehkranz-Kontaktkraft
F_d	Grenzwert der Kraft
F_e	äußere Last (Drehkranz)
$F_{e,cr}$	kritische Öffnungskraft für einen Drehkranz

Symbole, Abkürzungen	Beschreibung
$F_{e,max}$	maximale äußere Auslegungslast
$F_{e,f,max}$	Bemessungswert der maximalen äußeren Ermüdungsbelastung
$F_{p,min}$	Mindestvorspannkraft bei Schrauben
$F_{pb,Sd}$	Gleitlager-Bemessungskraft
F_r	radiale Last (Drehkranz)
$F_{r,i}$	radiale Last, Bereich i (Ermüdung)
F_{Rd}	Grenzwert für die Bemessungskräfte
$F_{Sd,f,i}$	dynamische Auslegungslast (Gleitlager)
$F_{Sd,f,eq}$	mittlere äquivalente radiale Last (Gleitlager)
F_y	Kraft an der Fließgrenze der Schraube
f_c	Berechnungsbeiwert (ISO 281:2007)
f_{f1}	Zuverlässigkeitsbeiwert (Ermüdung, Drehkranz und Wälzlager)
f'_{f2}	Einschlussbeiwert (Ermüdung Drehkranz)
f_{f2}	Beiwert für zusätzliche Einflüsse (Ermüdung)
f'_{f3}	Beiwert für die Oberflächenhärte (Ermüdung)
f_{Rd}	Grenzwert der Bemessungsspannung
f_{ub}	Bruchfestigkeit des Befestigungselements
f_y	Fließgrenze des Werkstoffs
f_{yb}	Fließgrenze des Befestigungselements
f_0	Faktor zur Berechnung der statischen Tragzahl (ISO 76:2006)
f_1	Beiwert für die Scherspannung in der Trägerschicht (unterhalb der gehärteten Schicht) des Drehkranzes (statisch)
f'_{f1}	Beiwert für die Scherspannung in der Trägerschicht (unterhalb der gehärteten Schicht) des Drehkranzes (Ermüdung)
f_2	Verformungseinflussfaktor für den Drehkranz (statisch)
f'_2	Verformungseinflussfaktor für den Drehkranz (Ermüdung)
f_3	Beiwert für die Oberflächenhärte (statisch)
H_{ring}	Höhe des Drehkranzes
H_T	Höhe des Mantelrohrs (Drehkranz)
I_b	Trägheitsmoment einer Schraube (Drehkranz)
I_p	Trägheitsmoment des Drehkranz-Stützflansches

Symbole, Abkürzungen	Beschreibung
K_{rep}, K'_{rep}	Überlastbeiwert für die Laufbahn (Drehkranz, statisch und Ermüdung)
$K_{rep,b}$	Überlastbeiwert für Schrauben (Drehkranz)
k_{pb}	dynamischer Druckkollektivbeiwert (Gleitlager)
k_{sr}	dynamischer Lastkollektivbeiwert (Drehkranz)
k_{rb}	dynamischer Lastkollektivbeiwert (Wälzlager)
L_a	Axiallastversatz (Gleitlager)
L_b	Länge des Gleitlagers
L_{ci}, L_{ce}	innenliegende und außenliegende Fasen eines Gleitlagers
L_e	Länge eines äquivalenten elastischen Trägers (Drehkranz)
L_r	Radiallastversatz (Gleitlager)
L_{sr}	Abstand zwischen den Stützen des äquivalenten Trägers (Drehkranz)
l_k	effektive Klemmlänge
M_r	Kippmoment (Drehkranz)
$M_{r,i}$	Kippmoment, Bereich i (Ermüdung)
M_{fb}	Schraubenhebelmoment (Drehkranz)
m	inverse Steigung der Wöhlerlinie (Gleitlager)
N	Wellendrehzahl (Gleitlager)
$N_{tot,pb}$	Gesamtzahl der Zyklen (Gleitlager)
n_s	Anzahl der Stützen (Drehkranz)
n	Anzahl der Zyklen (Gleitlager)
n_{sr}	Anzahl der Drehkränze während der Auslegungslebensdauer eines Krans
$P_{a,i}$	äquivalente dynamische axiale Auslegungslast, Bereich i
$P_{a,Sd}$	dynamische axiale Auslegungslast (Drehkranz)
$P_{a,Sd,i}$	äquivalente dynamische axiale Auslegungslast, Bereich i (Wälzlager)
$P_{r,i}$	äquivalente dynamische radiale Auslegungslast, Bereich i
$P_{r,Sd}$	dynamische radiale Auslegungslast (Drehkranz)
$P_{r,Sd,i}$	äquivalente dynamische radiale Auslegungslast, Bereich i (Wälzlager)
P_{0a}	äquivalente statische axiale Auslegungslast (Drehkranz)
$P_{0a,Sd}$	äquivalente statische Axiallast (Wälzlager)
P_{0r}	äquivalente statische radiale Auslegungslast (Drehkranz)

Symbole, Abkürzungen	Beschreibung
$P_{0r,Sd}$	äquivalente statische Radiallast (Wälzlager)
$P_{spb,Sd}$	äquivalente Auslegungslast (Gelenklager)
p	Lebensdauerexponent (Drehkranz, Wälzlager)
p_{eq}	äquivalenter dynamischer Bemessungsdruck des Gleitlagers
p_L	Grenzwert für den dynamischen Bemessungsdruck des Gleitlagers
$p_{pb,i}$	dynamischer Bemessungsdruck des Gleitlagers, Bereich i
$p_{pb,max}$	maximaler dynamischer Bemessungsdrucks des Gleitlagers
$p_{pb,Sd}$	Bemessungsdruck des zylindrischen Gleitlagers (statisch)
$p_{pb,Rd}$	Grenzwert für den Bemessungsdruck des zylindrischen Gleitlagers (statisch)
p_{spb}	zulässige Flächenpressung (Gelenklager)
$p_{spb,L}$	Grenzwert der zulässigen dynamischen Flächenpressung des Gelenklagers
$(p \cdot v)_L$	Grenzwert der zulässigen effektiven übertragenen Leistungsdichte (zylindrisches Gleitlager)
$(p \cdot v)_{spb,L}$	Grenzwert der zulässigen effektiven übertragenen Leistungsdichte (Gelenklager)
Q_b	höchste Kontaktkraft für einen Wälzkörper (Drehkranz)
R_a	mittlere Tiefe des Oberflächenprofils nach EN ISO 4287:1998
R_d	Bemessungswiderstand
R_{ht}	maximal mögliche Einhärtetiefe durch Induktionshärten
S_b	Bolzenflexibilität (Drehkranz)
S_c	Flanschflexibilität (Drehkranz)
S_d	Bemessungsspannung oder Bemessungskraft
S_{sr}	Verbindungsflexibilität (Drehkranz)
$s_{a,cr}$	kritischer Hebelarm der Kontaktkraft F_c (Drehkranz)
s_a	Hebelarm der Kontaktkraft F_c (Drehkranz)
s_m	Spannungsverlaufparameter der Schraube
s_{rb}	Lastverlaufparameter des Wälzlagers
s_{sr}	Lastverlaufparameter der Drehkranzlaufbahn
S_0	statischer Sicherheitsbeiwert (Wälzlager)
T_{max}	Grenzwert für die Betriebstemperatur (Gleitlager)
t	Dicke
t_{ch}	projizierte Dicke des Gleitlagerraums

Symbole, Abkürzungen	Beschreibung
t_{af}	Dicke der reibungsarmen Schicht des Gleitlagers
t_p	Stützflanschdicke (Drehkranz)
u	halbe Stützweite des Drehkranzes
U_D	Bezugszahl der Umdrehungen (Drehkranz, Wälzlager)
U_i	Anzahl der Umdrehungen im Bereich i
$U_{tot,sr}$	Gesamtzahl der Umdrehungen (Drehkranz)
$U_{tot,rb}$	Gesamtzahl der Umdrehungen (Wälzlager)
v_{eff}	Bemessungswert der effektiven Wellengleitgeschwindigkeit (Gleitlager)
v_L	Grenzwert der zulässigen effektiven Gleitgeschwindigkeit (zylindrisches Gleitlager)
$v_{spb,eff}$	effektive Gleitgeschwindigkeit eines Gelenklagers
$v_{spb,L}$	Grenzwert der zulässigen effektiven Gleitgeschwindigkeit (Gelenklager)
$\bar{X}_{ang}$	durchschnittlicher Drehweg (EN 13001-1)
X	dynamischer (Radial-)Lastfaktor des Wälzlagers (ISO 281:2007); Lastfaktor des Gleitlagers
X_0	statischer (Radial-)Lastfaktor des Wälzlagers (ISO 76:2006)
Y	dynamischer (Axial-)Lastfaktor des Wälzlagers (ISO 281:2007); Lastfaktor des Gleitlagers
Y_0	statischer (Axial-)Lastfaktor des Wälzlagers (ISO 76:2006)
Z_{aF}	Anzahl an aktiven Wälzkörpern
Z_b	Anzahl an Befestigungselementen des Drehkranzes
Z_d	kritische Tiefe der Scherspannung in der Trägerschicht (unterhalb der gehärteten Schicht)
α	Nennberührungswinkel (siehe 3.1.4) bei Drehkränzen und Wälzlager; Kippwinkel bei Gelenklagern (ISO 12240)
α_c	Fasenwinkel (Gleitlager)
β_e	Berechnungsbeiwert zur Bestimmung des Überlastbeiwerts K_{rep}
ΔF_b	zusätzliche Schraubenkraft (Drehkranz)
ΔM_{fb}	zusätzliches Hebelmoment (Drehkranz)
$\Delta \sigma_c$	charakteristische Ermüdungsfestigkeit
$\Delta \sigma_{Sd}$	Bemessungsschwingbreite
$\Delta \sigma_{Rd}$	Grenzwert der zulässigen Schwingbreite
γ_m	allgemeiner Widerstandsbeiwert

Symbole, Abkürzungen	Beschreibung
γ_n	Risikobeiwert (EN 13001-2)
γ_R	Gesamtwiderstandsbeiwert
$\gamma_{Rb,1}; \gamma_{Rb,2}$	resultierende Widerstandsbeiwerte für zugbelastete Verbindungen
γ_{rbf}	spezifischer Widerstandsbeiwert für die Ermüdungsfestigkeit des Wälzlagers
γ_{sa}	spezifischer Widerstandsbeiwert für die Drehkranzlaufbahn (axial)
γ_{sr}	spezifischer Widerstandsbeiwert für die Drehkranzlaufbahn (radial)
γ_{srb}	spezifischer Widerstandsbeiwert für Wälzlager
γ_{srf}	spezifischer Widerstandsbeiwert für die Ermüdungsfestigkeit des Drehkranzes
ν_{rb}	relative Gesamtzahl der Umdrehungen (Wälzlager)
ν_{sr}	relative Gesamtzahl der Umdrehungen (Drehkranz)
ϕ	Verspannungsfaktor (Schrauben); Bewegungswinkel (Gesamtschwenkwinkel) (Gleitlager)
σ_b	Bemessungswert der Biegespannung (Schraube)
σ_n	Bemessungswert der Zugspannung (Schraube)
σ_{Rd}	Grenzwert der zulässigen Normalspannung
σ_{Sd}	Bemessungswert der Normalspannung
τ	Bemessungswert der Schubspannung (Schraube)
τ_p	Scherspannung in der Trägerschicht (unterhalb der gehärteten Schicht) (Drehkranz)
ψ_j	Schwenksektor im Bereich j (Drehkranz)

4 Allgemeines

4.1 Dokumentation

Die Dokumentation zum Sicherheitsnachweis muss umfassen:

- Bemessungsannahmen mit Berechnungsmodellen;
- anwendbare Lasten und Lastkombinationen;
- Werkstoffsorten und Werkstoffgüte;
- angewendete Anleitungen und Anforderungen des Lagervertreibers;
- relevante Grenzzustände;
- Ergebnisse aus der Berechnung des Sicherheitsnachweises und Prüfungen, sofern anwendbar.

4.2 Werkstoffe

4.2.1 Werkstoffsorten und Werkstoffgüte für Drehkränze

4.2.1.1 Werkstoffsorten

Werkstoffe und spezifische Werte sind in Europäischen und Internationalen Normen festgelegt. Das vorliegende Dokument enthält eine bevorzugte Auswahl an Werkstoffen und deren mechanischen Eigenschaften.

Für Laufbahnringe und Wälzkörper von Drehkränzen sollte Stahl in Übereinstimmung mit den folgenden Europäischen Normen verwendet werden:

- Vergütungsstähle; Legierte Stähle: EN 10083-3;
- Für eine Wärmebehandlung bestimmte Stähle, legierte Stähle und Automatenstähle; Wälzlagerstähle: EN ISO 683-17.

Andere als in den vorstehend angegebenen Normen behandelte Werkstoffsorten und Werkstoffgüten dürfen verwendet werden, solange die mechanischen Eigenschaften und die chemische Zusammensetzung in Übereinstimmung mit der einschlägigen Europäischen Norm festgelegt sind.

Für Drehkränze werden nachstehende Stahlsorten empfohlen:

- Wälzkörper: durchhärtender Lagerstahl in Übereinstimmung mit EN ISO 683-17 (z. B. 100Cr6).
- Der Mindestwert der Dehnung auf der Grundlage einer Messlänge von fünf Durchmessern für die Werkstoffe von Drehkränzen muss 14 % betragen.

4.2.1.2 Einschlüsse

Der Gehalt an nichtmetallischen Einschlüssen muss mindestens die Anforderungen von EN 10083-1 erfüllen.

Falls eine erweiterte Dauerfestigkeit des Drehkranzes notwendig ist, können die Höchstwerte für den Gehalt an nichtmetallischen Einschlüssen nach EN ISO 683-17 verwendet werden (siehe A.2.3).

Die Messverfahren müssen EN 10247:2017 entsprechen. Anhand der Messdaten, die mit diesen Verfahren erzielt wurden, ist eine Bewertung nach EN 10083-1 und EN ISO 683-17 durchzuführen (siehe besonders EN 10247:2017, Anhang L).

4.2.1.3 Kerbschlagzähigkeit

Die Drehkranzkomponenten müssen über eine ausreichende Duktilität verfügen, um Sprödbruch zu verhindern.

Der Werkstoff muss im Anschluss an die Wärmebehandlung eine Kerbschlagzähigkeit von mindestens 17 J bei -20 °C (Betriebstemperatur $T \geq -30\text{ °C}$) aufweisen, geprüft in Übereinstimmung mit EN ISO 148-1.

Bei vergüteten Werkstoffen muss die Kerbschlagzähigkeit mindestens 27 J bei -20 °C (Betriebstemperatur $T \geq -30\text{ °C}$) betragen.

4.2.2 Werkstoffsorten und Werkstoffgüte für Wälzlager, ausgenommen Drehkränze

4.2.2.1 Werkstoffsorten

Werkstoffe und spezifische Werte sind in Europäischen und Internationalen Normen festgelegt. Das vorliegende Dokument enthält eine bevorzugte Auswahl an Werkstoffen zusammen mit deren mechanischen Eigenschaften.

Für Wälzlager sollte Stahl in Übereinstimmung mit den folgenden Europäischen Normen verwendet werden:

- Vergütungsstähle; Legierte Stähle: EN 10083-3,
- Für eine Wärmebehandlung bestimmte Stähle, legierte Stähle und Automatenstähle; Wälzlagerstähle: EN ISO 683-17.

Andere als in den vorstehend angegebenen Normen behandelte Werkstoffsorten und Werkstoffgüten dürfen verwendet werden, solange die mechanischen Eigenschaften und die chemische Zusammensetzung in Übereinstimmung mit den einschlägigen Europäischen Normen festgelegt sind.

Für Wälzkörper wird durchhärtender Lagerstahl (z. B. 100Cr6) empfohlen, nach ISO 683-17.

4.2.2.2 Einschlüsse

Der Gehalt an nichtmetallischen Einschlüssen muss mindestens die Anforderungen von EN 10083-1 erfüllen.

Falls eine erweiterte Dauerfestigkeit des Wälzlagers notwendig ist, können die Höchstwerte für den Gehalt an nichtmetallischen Einschlüssen nach EN ISO 683-17 verwendet werden.

Die Messverfahren müssen EN 10247:2017 entsprechen. Anhand der Messdaten, die mit diesen Verfahren erzielt wurden, ist eine Bewertung nach EN 10083-1 und EN ISO 683-17 durchzuführen (siehe besonders EN 10247:2017, Anhang L).

4.2.3 Werkstoffe für Gleitlager

Gleitlager können aus verschiedenen Stählen und reibungsarmen Werkstoffen hergestellt werden, z. B. aus Bronze, Sinterbronze, Bleibronze, Graphitbronze, Polymeren (Polyamid, Polyacetal, Polyetheretherketon — PEEK), Fluorpolymeren (TFE, PTFE), und können reibungsarme Zusätze, z. B. PTFE, MoS₂, oder verschleißmindernde Zusätze, wie Glasfasern, enthalten.

Für die grundlegenden Eigenschaften der nachstehenden Werkstoffe können folgende Internationale Normen angewendet werden:

- Fluorpolymere (PTFE): ISO 6691;
- Werkstoffe für gerollte Buchsen: ISO 3547-4;
- Kupferlegierungen (z. B. Bronze): ISO 4382 und EN 1982.

Für die grundlegenden Eigenschaften anderer Werkstoffe kann sich der Konstrukteur auf spezielle Werkstoffdatenblätter für Gleitlager beziehen, die von den Herstellern bereitgestellt werden.

Für den Stahlstützkörper sollte Stahl nach den folgenden Europäischen Normen verwendet werden:

- Vergütungsstähle: Legierte Stähle: EN 10083-3;
- Für eine Wärmebehandlung bestimmte Stähle, legierte Stähle und Automatenstähle; Wälzlagerstähle: EN ISO 683-17.

4.3 Lager

4.3.1 Allgemeines

Die Rotationsführung von drehenden Teilen kann mit folgenden Bauteilen sichergestellt werden:

- Drehkränze;
- Wälzlager;
- Gleitlager.

4.3.2 Drehkränze

4.3.2.1 Allgemeines

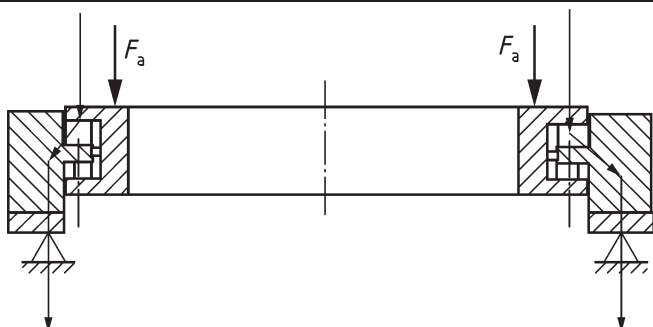
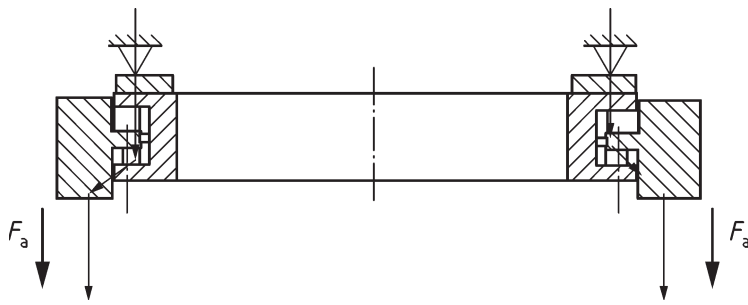
Die Herstelleranweisungen hinsichtlich Einbau, Wartung und Positionierung (Schmierung, Zentrierung, Getriebeispiel, ...) müssen eingehalten werden.

Diese Herstelleranweisungen gelten nur für unverschmutzte Umgebungen, z. B. Umgebungen, in denen keine potentiell schädigenden Elemente (Staub, Wasser, ...) vorhanden sind, die in die Drehkranzlaufbahnen eindringen können.

Diese Europäische Norm behandelt hängend und gestützt gelagerte Drehkranzkonstruktionen. Drehkränze werden in der Regel gestützt auf der unteren Anschlusskonstruktion eingebaut: die Axiallast F_a entlastet die Schrauben. Im Gegensatz dazu, falls die Konstruktion hängend eingebaut wird, erhöht sich die Spannung an den Schrauben durch die Axiallast F_a .

Die durch F_a hervorgerufenen Lastpfade sind in Tabelle 2 für beide Einbauarten eines dreireihigen Rollenslagers dargestellt.

Tabelle 2 — Gestützte und hängende Drehkränze (Kurzdarstellung)

 <p style="text-align: center;">Gestützter Drehkranz</p>
 <p style="text-align: center;">Hängender Drehkranz</p>
<p>Legende</p> <p>F_a axiale Last</p>

4.3.2.2 Stützkonstruktion

Ein Drehkranz ist ein Wälzlager mit großem Durchmesser, das über vorgespannte Schraubverbindungen mit einer Stützkonstruktion verbunden ist. Die bevorzugte Bauweise der Stützkonstruktion bietet eine ausreichend starre Unterstützung des Drehkranzes, bei der die Steifigkeit gleichmäßig über den Umfang verteilt wird, und sollte aus einem mechanisch bearbeiteten Flansch bestehen, der mit einem Mantelrohr in coaxialer Anordnung zum Drehkranz verbunden ist.

Eine ausreichende Steifigkeit der Stützkonstruktion wird üblicherweise erreicht, indem die Stützflanschdicke t_p mindestens der halben Höhe des Drehkranzes H_{ring} entspricht (siehe Bild 2).

Um eine optimale Verteilung der von außen auf die Wälzkörper wirkenden Kräfte zu erreichen, wird empfohlen, dass

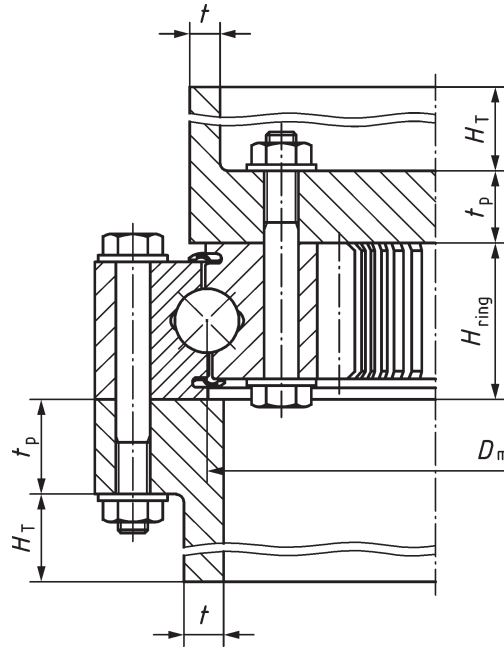
- die Dicke des Mantelrohrs t mindestens $1/6$ der Höhe des Drehkranzes H_{ring} entsprechen sollte,
- die Höhe des Mantelrohrs H_T mindestens $1/4$ des Teilkreisdurchmessers der Wälzkörper D_m entsprechen sollte.

Tabelle 3 enthält empfohlene Ebenheitstoleranzen in Übereinstimmung mit EN ISO 1101 für nicht segmentierte Drehkränze. Für andere Drehkränze (z. B. mit einem Durchmesser von mehr als 8 m) sollten die Ebenheitstoleranzen zwischen dem Kranhersteller und dem Lieferanten der Drehkränze vereinbart werden.

Tabelle 3 — Ebenheitstoleranzen (EN ISO 1101)

D_m Teilkreisdurchmesser von Wälzkörpern <i>(siehe Bild 2)</i> [mm]	Ebenheit nach EN ISO 1101, je Stützfläche [mm]		
	Zweireihiges Zweipunktkugellager	Einreihiges Vierpunktkugellager	Rollenlager
		Zweireihiges Vierpunktkugellager	
≤ 500	0,15	0,10	0,07
$500 < D_m \leq 1\,000$	0,20	0,15	0,10
$1\,000 < D_m \leq 1\,500$	0,25	0,19	0,12
$1\,500 < D_m \leq 2\,000$	0,30	0,22	0,15
$2\,000 < D_m \leq 2\,500$	0,35	0,25	0,17
$2\,500 < D_m \leq 4\,000$	0,40	0,30	0,20
$4\,000 < D_m \leq 6\,000$	0,50	0,40	0,30
$6\,000 < D_m \leq 8\,000$	0,60	0,50	0,40

Die mechanische Bearbeitung der Drehkranzlagerflächen sollte nach dem Schweißen erfolgen, um die erforderlichen Ebenheitstoleranzen einzuhalten. Anstelle der mechanischen Bearbeitung kann auch Vergussmasse verwendet werden.



Legende

t_p	Stützflanschdicke
H_{ring}	Höhe des Drehkranzes
H_T	Höhe des Mantelrohrs
D_m	Teilkreisdurchmesser von Wälzkörpern

Bild 2 — Maße

4.3.2.3 Härte

Laufbahnen und Wälzkörper müssen mindestens oberflächengehärtet sein, um die maximale Beanspruchung an der Berührungsstelle, die sie erfahren, auszuhalten.

Die Laufbahnen sollten induktionsgehärtet sein, um den festgelegten Mindestwert der Oberflächenhärte zu erreichen, und eine effektive Einhärtetiefe von mindestens dem 2-Fachen der Tiefe der maximalen Scherspannung aufweisen. Eine Oberflächenhärte von mindestens 55 HRC wird empfohlen, und falls eine erweiterte Dauerfestigkeit des Drehkranzes notwendig ist, werden mindestens 58 HRC empfohlen.

Härtungspunkte müssen gekennzeichnet sein und sollten sich am Einfüllstopfen für den unverzahnten Ring befinden und so nahe wie möglich an der neutralen Lastachse angeordnet werden: im Idealfall an der Nullmomentenachse. Bei intensiv beanspruchten Lagern müssen Schwachstellen geschliffen sein.

Die Stauchwirkung auf den Kern der Trägerschicht muss vom Drehkranzhersteller berücksichtigt und technisch begründet werden.

Eine Oberflächenhärte von mindestens 60 HRC wird für die Wälzkörper empfohlen.

4.3.2.4 Befestigungsschrauben

Die Befestigungsschrauben sollten — soweit wie praktisch möglich — gleichmäßig über den Umfang von 360° verteilt sein.

Wenn ein Winkelsektor ermittelt werden kann, der sich dauerhaft unter Druck befindet:

- können nicht gleichmäßig verteilte Schrauben zulässig sein, wobei die Mindestanzahl der Schrauben mindestens der Hälfte der Anzahl der Schrauben auf der Zugseite entspricht,
- muss das in der Dokumentation begründet und aufgezeichnet werden.

Hochfeste Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8, 10.9 oder 12.9 müssen für die Verbindung des Drehkranzes mit dessen Stützkonstruktion verwendet werden. Sie müssen kontrolliert festgezogen werden und mit einer bestimmten festgelegten Vorspannkraft vorgespannt werden. Üblicherweise wird eine Festigkeitsklasse der Schrauben von 10.9 empfohlen.

Die vom Drehkranzlieferanten/-hersteller bereitgestellten Anweisungen und Anforderungen hinsichtlich der Festigkeitsklasse der Schrauben, der Schraubenanzahl und des Schraubendurchmessers sowie des Fest- und Nachziehens müssen eingehalten werden.

Das Verhältnis von der effektiven Klemmlänge l_k zum Nenndurchmesser der Schraube d sollte mindestens 4,5 betragen (siehe Bild A.4).

Der Konstrukteur sollte den Schraubenlieferanten dazu auffordern, für Schrauben der Güteklasse 10.9 und 12.9 den Nachweis zu erbringen, dass diese den Sicherheitsanforderungen in Bezug auf Wasserstoffversprödung entsprechen. Die technischen Anforderungen sind in EN ISO 15330, EN ISO 4042 und ISO 9587 festgelegt.

4.3.2.5 Schmierung

Drehkränze müssen mit einer geeigneten Schmierung versorgt werden, die ein regelmäßiges Einschmieren sicherstellt, wodurch die richtigen Betriebsbedingungen der Drehkranzkomponenten aufrechterhalten bleiben. Geeignete Schmiermittel und Schmierzeiträume, die vom Drehkranzhersteller festgelegt wurden, sind einzuhalten.

4.3.3 Wälzlager

4.3.3.1 Allgemeines

Die Auswahl der Wälzlager und der Befestigungen muss entsprechend den betrachteten einwirkenden Lasten erfolgen. Bei der Auswahl der Bauart des Wälzlagers müssen die Temperaturgrenzwerte der Lager in Betracht gezogen werden.

Die Herstelleranweisungen hinsichtlich Einbau, Wartung und Positionierung müssen berücksichtigt werden. Besteht der Fall, dass die Herstelleranweisungen nicht eingehalten werden, muss diese Tatsache technisch begründet werden.

Diese Herstelleranweisungen gelten nur für unverschmutzte Umgebungen, z. B. Umgebungen, in denen keine potentiell schädigenden Elemente (Staub, Wasser, ...) vorhanden sind, die in die Wälzlager-Laufbahnen eindringen können.

4.3.3.2 Gehäuse

Die Gehäuse von Kugel- oder Rollenlagern müssen starr genug sein, um eine Verzerrung der Ringe (Laufbahnen) zu verhindern. Eine Gehäusewanddicke von mindestens dem 2,5-Fachen der Dicke des Außenrings wird empfohlen.

4.3.3.3 Härte

Laufbahnen und Wälzkörper müssen mindestens oberflächengehärtet sein, um die maximale Beanspruchung an der Berührungsstelle, die sie erfahren, auszuhalten.

Eine Oberflächenhärte von mindestens 60 HRC wird für die Wälzkörper empfohlen.

4.3.3.4 Schmierung

Wälzkörper müssen mit einer geeigneten Schmierung versorgt werden, die ein regelmäßiges Einschmieren sicherstellt, wodurch die richtigen Betriebsbedingungen der Wälzkörperkomponenten aufrechterhalten bleiben. Ist eine regelmäßige Schmierung erforderlich, müssen geeignete Schmiermittel und Schmierzeiträume, die vom Wälzlagerhersteller festgelegt wurden, eingehalten werden.

4.3.4 Gleitlager

4.3.4.1 Allgemeines

Gleitlager und deren Befestigungsmittel müssen entsprechend den Lasten, die auf die betrachteten Wellen wirken, der Wellengeschwindigkeit und deren Umgebung ausgewählt werden.

Diese Norm beschäftigt sich ausschließlich mit den folgenden Gleitlagern (siehe Bild 3, einschließlich axialen und radialen Lasten, und Bild 4):

- Buchse;
- Bundbuchse;
- Druckscheibe;
- Radial-Gelenklager;
- Gelenklager mit schräger Berührungslinie;
- Axial-Gelenklager.

Die Wahl der Art des Gelenklagers erfolgt hauptsächlich in Bezug auf:

- das Verhältnis von axialen und radialen Komponenten einwirkender Lasten (siehe 5.2.6.2.1),
- den Kippwinkel zwischen der Wellenachse und der Gehäuseachse (in ISO 12240 als α bezeichnet).

Einige Gleitlager aus Polyamid (z. B. PA 4.6) sind möglicherweise nicht für feuchte Atmosphären geeignet.

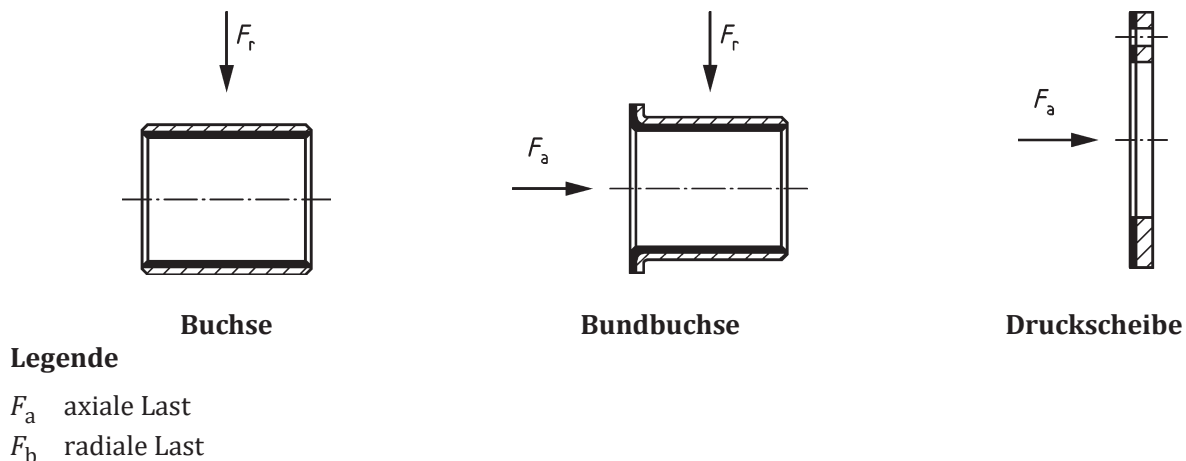


Bild 3 — Drei Arten von zylindrischen Gleitlagern

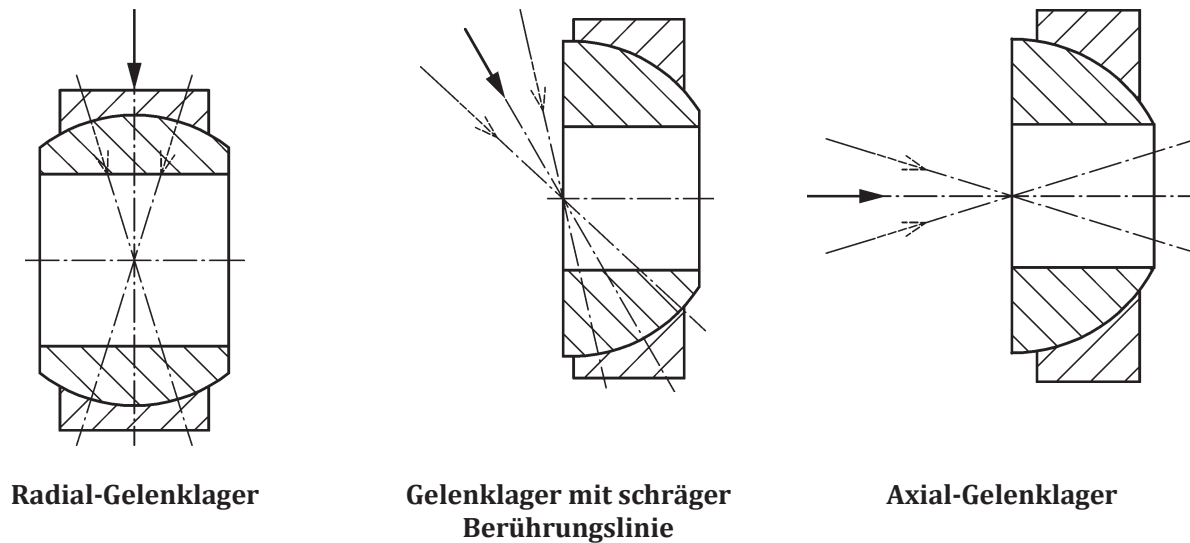


Bild 4 — Drei Arten von Gelenklagern

Die Herstelleranweisungen hinsichtlich Einbau, Wartung und Positionierung müssen eingehalten werden.

Die Definitionen für Gleitlager können den Normenreihen ISO 4378 und ISO 12240 entnommen werden.

Die vorgesehene Konstruktion muss die Kantenbelastungen auf ein Mindestmaß verringern und berücksichtigen, dass der Freiraum mit der gewählten Schmierung und dem vorgesehenen Prozess kompatibel ist. Es wird empfohlen, dass die Länge des Gleitlagers nicht mehr als dem 1,2-fachen Wellendurchmesser entspricht, um die Kantenbelastungen zu begrenzen.

Reibungsarme Buchsen werden in zwei verschiedenen Zuständen geliefert: im fertigen Zustand oder im halbfertigen Zustand (Zustand vor der mechanischen Bearbeitung). Die Durchmesser von Welle und Gehäuse müssen die Freiraumtoleranzen berücksichtigen, um gute Betriebsbedingungen sicherzustellen. Buchsen im fertigen Zustand könnten poliert werden, um die erforderlichen Freiraumtoleranzen zu erreichen.

Wenn keine Anweisungen des Herstellers zylindrischer Gleitlager vorliegen, gelten nachstehend angeführte Leitlinien:

- die größten Freiräume sollten, in Abhängigkeit vom Wellendurchmesser d , in mm, folgendermaßen sein:
 - $1,8 \cdot 10^{-3} \cdot d + 0,11$ für Lager mit Schmiertasche für Fettschmierung und Reserve;
 - $1,6 \cdot 10^{-3} \cdot d + 0,07$ für Lager ohne Schmiertasche.
- die kleinsten Freiräume sollten, in Abhängigkeit vom Wellendurchmesser d , in mm, folgendermaßen sein:
 - $1 \cdot 10^{-3} \cdot d$ für Lager mit Schmiertasche;
 - $3 \cdot 10^{-3} \cdot d$ für Gleitlager ohne Schmiertasche.

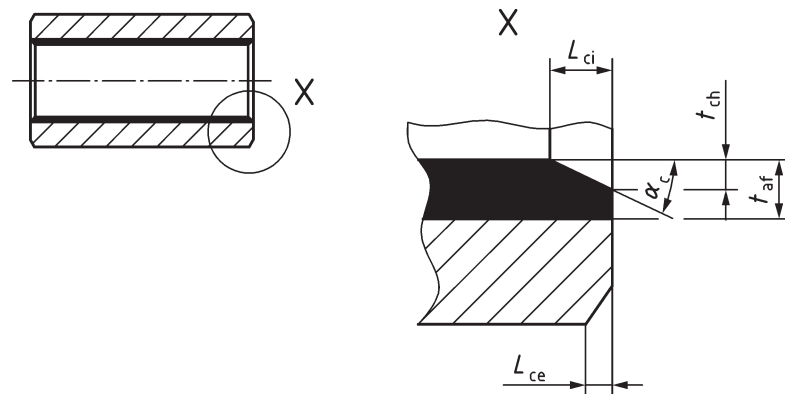
Bei Buchsen mit $p_{pb,Sd} \geq 0,75 \cdot p_{pb,Rd}$ (siehe 5.2.7) oder bei Lastenumkehr müssen die vorstehenden größten Freiräume enger gefasst werden (siehe [3-9]).

Liegen keine Anweisungen des Herstellers vor, sollte die mechanische Bearbeitung der Welle mit Gelenklagern als Richtwert mindestens mit der Toleranz m6 und des Gehäuses mit H7 erfolgen.

Bei Buchsen werden Fasen an den Gehäusen empfohlen, um plastische Verformungen der Buchse zu Beginn der Montage zu verhindern. Die Fase muss für ein Flanschlager lang genug sein, um die Rundung des Flansches zu berücksichtigen. Bei einer Buchse, die mechanisch zu bearbeiten ist, muss eine innenliegende Fase vorhanden sein, um die Scherspannung und das Risiko der Rissbildung am Ende des aktiven Bereichs zwischen der reibungsarmen Schicht und der Stahlunterschicht zu verringern. Liegen keine Anweisungen des Gleitlagerherstellers vor, wird Folgendes empfohlen:

- der Fasenwinkel α_c beträgt höchstens 45° ;
- $t_{ch} \geq 0,66 \cdot t_{af}$ (siehe Bild 5).

Die innenliegende Fase L_{ci} muss aufgrund von Überlegungen zur Ermüdungsfestigkeit größer sein als die außenliegende Fase L_{ce} (siehe Bild 5).



Legende

- L_{ce} außenliegende Fase
 L_{ci} innenliegende Fase
 α_c Fasenwinkel

Bild 5 — Fasen an der Buchse

Allgemein betrachtet, erfolgt die Presspassung so, dass der Druck an der Berührungsstelle zwischen der Lagerbuchse und deren metallischer röhrenförmiger Aufnahme mindestens 10 MPa beträgt. Bei quasi-isolierten Anwendungen und Anwendungen unter Extrembedingungen (z. B. Gleitlager mit Bemessungsdruck $p_{pb, sd} > 40$ MPa und $p_{eq} \cdot v_{eff} > 1$ MPa·m/s, siehe 5.2.6.1.2 bzw. 6.4.4.1) sollte die Rauigkeit des Gehäuses $R_a = 0,4 \mu\text{m}$ oder besser sein, um den Wärmewiderstand an der internen Berührungsstelle zwischen der Buchse und dem Gehäuse zu verringern.

Bei starker Kontamination werden Buchsen mit Spiralnut empfohlen, um den zusätzlichen Abrieb, der durch die Schmutzpartikel hervorgerufen wird, zu verringern (siehe [3-3]).

4.3.4.2 Dichtung

Die Dichtung des Lagers muss so ausgewählt werden, dass Folgendes verhindert wird:

- das Eindringen von schmutztragenden Flüssigkeiten;
- das Einschließen von harten Partikeln in der reibungsarmen Schicht (die abschleifend wirken können);
- die Korrosion der Laufbahnflächen.

Wenn in Gelenklagern Dichtungen verwendet werden, muss auf die Kompatibilität von Folgendem geachtet werden:

- des verfügbaren Raums mit dem Kippwinkel, um eine Berührung zwischen den Lagerbauteilen und deren benachbarten Bauteilen zu verhindern;
- der Temperaturgrenzwerte sowohl der Lagerbauteile als auch der Dichtung;
- der Art des Schmiermittels und der Häufigkeit der Nachschmierung.

4.3.4.3 Schmierung

Bei Gleitlagern, die den Einsatz von Schmiermitteln aus einer externen Quelle erfordern, muss eine geeignete Schmierung erfolgen, die die ordnungsgemäßen Betriebsbedingungen der Gleitlagerkomponenten aufrechterhält. Geeignete Schmiermittel und Schmierzeiträume, die vom Gleitlagerhersteller festgelegt sind, müssen eingehalten werden, besonders für Komponenten, die bei sehr niedrigen Temperaturen arbeiten.

Bei Buchsen mit Schmiertasche, die mit großen Temperaturamplituden und bei Temperaturen unter 0 °C arbeiten, wird empfohlen, reibungsarme Werkstoffe sowie Fette, die keine Reibkorrosion zulassen, zu verwenden.

4.3.4.4 Wellen für zylindrische Gleitlager

Die vom Gleitlagerhersteller festgelegten Werte für die Härte und die Rauigkeit der Welle müssen verwendet werden.

Für den Fall, dass keine Anweisungen des Herstellers zylindrischer Gleitlager vorliegen, darf der in Tabelle 4 Bereich der Werte für die Härte und die Rauigkeit der Welle angewendet werden. Die Werte entsprechen EN ISO 4287, nach dem Drehen und vor dem Schleifen. Für Buchsen ohne Schmiertaschen müssen die Rauigkeitswerte niedriger angesetzt werden.

Tabelle 4 — Härte und Rauigkeit der Welle

Zylindrisches Gleitlager, reibungsarmer Werkstoff	Härte der Welle [HB]	Rauigkeit der Welle R_a [µm]
Bronze	150 bis 400	≤ 1,0
Sinterbronze	300 bis 600	≤ 0,4
Bleibronze	300 bis 600	≤ 0,4
Graphitbronze	300 bis 500	≤ 0,8
POM-Verbundwerkstoff, nach ISO 3547-4	150 bis 600	≤ 0,8
PTFE-Verbundwerkstoff, nach ISO 3547-4	300 bis 600	≤ 0,4
Fluorpolymere (PTFE) + Sinterbronze + Zusätze	300 bis 600	≤ 0,4
Faserverbundwerkstoff	500 bis 600	0,2 bis 0,4
Polyamid + Sinterbronze	200 bis 400	0,4

Die Welle muss geschützt oder an die Maschinenumgebung angepasst werden (Vorhandensein von Wasser oder von einem Transportfluid), damit keine Redoxreaktion zwischen der Welle und dem Gleitlager, im Fall von metallischen Lagern (z. B. Wellen, die Nickel enthalten), auftreten kann.

Bei Gleitlagern aus Polymeren sollte eine Welle aus gehärtetem Stahl oder eine wärmebehandelte Welle verwendet werden.

Für Verbundstahl (Stahlstützkörper, reibungsarme Metallschicht und möglicherweise eine galvanische Schicht) empfiehlt ISO 4383 eine Oberflächenhärte der Welle entsprechend der Anwendung.

4.3.4.5 Wellen für Gelenklager

Die Anforderungen an die Welle unterscheiden sich bei Gelenklagern geringfügig von denen an die Wellen bei zylindrischen Lagern. Da jedes Gelenklager mindestens zwei Bauteile umfasst, die an der Welle und im Gehäuse befestigt sind, ist es wichtig sicherzustellen, dass eine Erweiterung der Baugruppe nicht das Lagerspiel des Gelenklagers beeinträchtigt.

Die Welle benötigt außerdem eine Mindesthärte für den Verschleißwiderstand und eine minimale Rauigkeit, um Abrieb an den Dichtlippen zu vermeiden und geringen Verschleiß sicherzustellen.

Liegen keine Anweisungen des Gelenklagerherstellers oder Dichtungsvertreibers vor:

- muss die Härte der Welle mehr als 50 HRC betragen;
- muss die Rauigkeit R_a der Welle geringer sein als 3,2 μm ;
- muss die Rauigkeit R_z der Welle geringer sein als 10 μm .

Bezüglich der Lagerlüfte des Gelenklagers, der Radial- und Axialluft zwischen dem Innenring und dem Außenring, werden diese Parameter vom Lieferanten festgelegt, der die Presspassungen für die Welle und für das Gehäuse bereitstellt.

4.4 Sicherheitsnachweis für Lager

Ziel des Sicherheitsnachweises ist es aufzuzeigen, dass die Bemessungsspannungen oder -kräfte nicht die Bemessungswiderstände R_d überschreiten:

$$S_d \leq R_d \quad (1)$$

Die Bemessungsspannungen oder -kräfte S_d müssen bestimmt werden, indem die maßgeblichen Lasten, Lastkombinationen und Teilsicherheitsbeiwerte in Übereinstimmung mit EN 13001-2 angewendet werden.

In den folgenden Abschnitten werden die Bemessungswiderstände R_d wie folgt dargestellt:

- Grenzwerte der Spannungen (Schraubverbindungen des Drehkranzes);
- Grenzwerte der Tragzahlen (Drehkränze und Wälzlager);
- Grenzwerte der Drücke (Gleitlager);
- Grenzwerte der Leistungsdichten (Gleitlager).

Die folgenden Sicherheitsnachweise müssen für Lager erbracht werden:

- Nachweis der statischen Festigkeit, in Übereinstimmung mit Abschnitt 5;
- Nachweis der Ermüdungsfestigkeit, in Übereinstimmung mit Abschnitt 6;
- Nachweis der elastischen Stabilität, in Übereinstimmung mit Abschnitt 7.

Alle diese Nachweise beruhen auf Nennspannungen, d.h. Spannungen, die auf der Grundlage der herkömmlichen Elastizitätstheorie der Werkstofffestigkeit berechnet wurden, bei der im Allgemeinen lokale Spannungsunregelmäßigkeiten außer Acht gelassen werden; die Nachweise der Festigkeit von Drehkränzen ermöglichen jedoch die Bestimmung von optimierten Werten von vielen Faktoren auf der Grundlage fortschrittlicher Verfahren, wie z. B. Finite-Elemente-Modelle.

Wie in EN 13001-1 erwähnt, dürfen alternativ generell fortschrittlichere und anerkannte theoretische oder experimentelle Methoden verwendet werden, vorausgesetzt, dass sie die Grundsätze dieser Normenreihe erfüllen. Diese Methoden können anspruchsvolle Programme sein (z. B. der Wälz- oder Gleitlagerindustrie). Die Erfüllung der Grundsätze der Normenreihe EN 13001 bedeutet insbesondere, dass:

- die Klassifizierungsparameter des betrachteten Lagers aus EN 13001-1 stammen müssen;
- die ungünstigsten Lasteinwirkungen (Nachweis der statischen Festigkeit) und der Lastverlauf (Nachweis der Ermüdungsfestigkeit) den Lastkombinationen A, B oder C nach EN 13001-2 entspringen müssen;
- sowohl für die statische als auch die Ermüdungsfestigkeit getrennte Nachweise durchgeführt werden müssen.

5 Nachweis der statischen Festigkeit

5.1 Allgemeines

Der rechnerische Nachweis der statischen Festigkeit soll übermäßige Verformungen infolge des Fließverhaltens des Werkstoffs, elastische Instabilität (siehe Abschnitt 7) und Bruch von Maschinenbauteilen verhindern. Mit den in EN 13001-2 genannten dynamischen Beiwerten werden äquivalente statische Lasten erzeugt und damit die dynamischen Lasteinwirkungen simuliert.

Der Nachweis ist für Maschinenbauteile unter Berücksichtigung der ungünstigsten Lasteinwirkungen aus den Lastkombinationen A, B oder C nach EN 13001-2 und der nach 5.2 berechneten Widerstände zu erbringen.

5.2 Grenzwerte der Bemessungsspannungen und der Bemessungskräfte

5.2.1 Allgemeines

Die Grenzwerte der Bemessungsspannungen und der Bemessungskräfte müssen wie folgt berechnet werden:

Grenzwerte der Bemessungsspannungen oder Grenzwerte der Bemessungsdrücke =
Funktion (f_k , γ_R) oder (2a)

Grenzwerte der zulässigen Leistungsdichten oder Grenzwerte der Tragzahlen =
Funktion (F_k , γ_R) (2b)

Dabei ist

- f_k oder F_k der charakteristische Wert (oder der Nennwert);
- γ_R der Gesamtwiderstandsbeiwert $\gamma_R = \gamma_m \times \gamma_s$;
- γ_m der allgemeine Widerstandsbeiwert $\gamma_m = 1,1$ (siehe EN 13001-2);

γ_s der spezifische Widerstandsbeiwert für spezifische Maschinenbauteile, wie in den nachstehenden Abschnitten angegeben. $\gamma_s^{N1)}$ und γ_s sind allgemeingültige Symbole, die für unterschiedliche Bauteile in unterschiedlichen Nachweisen verwendet werden, wobei sie jedes Mal einen spezifischen Index erhalten.

ANMERKUNG Bemessungsgrenzwerte entsprechen R/γ_m in EN 13001-1.

5.2.2 Grenzwerte der Bemessungskräfte und der Bemessungsspannungen für Drehkränze

5.2.2.1 Allgemeines

Der Nachweis der statischen Festigkeit der Laufbahnen und der Wälzkörper von Drehkränzen basiert im Wesentlichen auf ISO 76:2006.

Der Nachweis der statischen Festigkeit von Schraubverbindungen des Drehkranzes muss mithilfe der Bemessungsspannungen und der Grenzwerte der Bemessungsspannung, die in 5.2.2.4 definiert sind, durchgeführt werden. Sie stellen eine Erweiterung der Anforderungen an Schraubverbindungen nach EN 13001-3-1 dar, in denen keine Schrauben behandelt werden, die Biegungen ausgesetzt sind, und keine Verbindungen behandelt werden, die anfällig für lokales Klaffen sind, was aber in der Einbauanordnung der Drehkranzschrauben durchaus vorkommt.

5.2.2.2 Äquivalente statische Lasten für Laufbahnen und Wälzkörper

5.2.2.2.1 Allgemeines

Die Lasten, die auf einen Drehkranz wirken, werden mithilfe der Lastkombinationen A, B oder C in Übereinstimmung mit EN 13001-2 berechnet.

Sie setzen sich aus den folgenden Kräften und Momenten zusammen (siehe Bild 6):

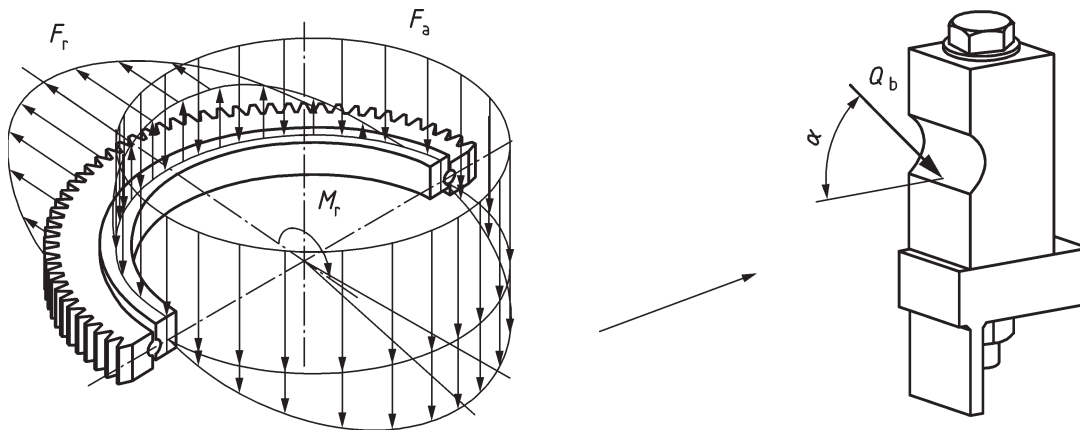
- axiale Last F_a ;
- radiale Last F_r ;
- Kippmoment M_r .

Die Auslegungslasten P_{0a} (äquivalente statische axiale Auslegungslast) und P_{0r} (äquivalente statische radiale Auslegungslast) müssen in 5.2.2.2.3 aus diesen Lasten bestimmt werden.

Q_b ist die höchste auf einen Wälzkörper wirkende Kontaktkraft.

Q_b und P_{0a} hängen vom Nennberührungswinkel α ab.

N1) Nationale Fußnote: Das Formelzeichen „ γ_s “ ist fehlerhaft. Hier müsste es korrekterweise „ γ_R “ heißen.



Legende

- F_r radiale Last
- F_a axiale Last
- M_r Kippmoment
- α Nennberührungswinkel
- Q_b höchste auf einen Wälzkörper wirkende Kontaktkraft

Bild 6 — Auf einen Drehkranz aufgebraachte Lasten, auf einen Wälzkörper wirkende Last Q_b

Die Bestimmung der Auslegungslasten für einen kritischen Sektor eines Drehkranzes basiert auf den folgenden vereinfachten Annahmen im Hinblick auf die Verteilung der auf die Wälzkörper aufgebraachten Lasten:

- sinusförmige Verteilung des Kippmoments M_r ;
- gleichförmige Verteilung der axialen Last F_a (gegebenenfalls einschließlich der axialen Last, die äquivalent zur radialen Last F_r ist);
- Austauschen der radialen Last F_r durch die äquivalente axiale Last. Dieser Austausch von F_r gilt nicht für dreireihige Rollenlager, bei denen F_r auf die separate vertikale Reihe verteilt ist (siehe Tabellen 5 und 6, letzte Zeile).

Diese Annahmen gelten unter den folgenden Bedingungen:

- die Stützkonstruktion besitzt eine ausreichende Steifigkeit (siehe Empfehlungen in 4.3.2.2);
- eine ausreichend große Anzahl an Befestigungselementen (Schrauben, Bolzen) ist vorhanden, die gleichmäßig verteilt sind;
- das Klaffen in der Verbindung zwischen den Drehkranzringen und deren Stützkonstruktion wird verhindert.

Wenn die vorstehend beschriebenen Bedingungen nicht erfüllt sind, dann weicht die Verteilung der Lasten und Momente in den Wälzkörpern des Drehkranzes aufgrund der vorhandenen Aufhängungen (z. B. bei einem schwachen Flansch mit geringer Steifigkeit, der direkt an einen Rahmen montiert ist, im Gegensatz zu einem Mantelrohr, Drehkranzabschnitten neben Versteifungselementen, Eckversteifungen, Abstützungen unterhalb des Stützflansches) von der angenommenen Verteilung ab. Um diese ungleichmäßige Verteilung auf die Wälzkörper oder Befestigungselemente in einer analytischen Berechnung zu berücksichtigen, muss

die aus den Nennlasten und -momenten berechnete resultierende Kraft mit einem Überlastbeiwert K_{rep} , der größer als 1,0 ist (siehe A.1 zur Bestimmung von K_{rep}), multipliziert werden.

5.2.2.2.2 Aufteilung der aufgebrachten Lasten

Wenn keine genaueren Informationen vorliegen (z. B. vom Drehkranzhersteller, Finite-Elemente-Analyse), müssen die aufgebrachten Lasten so auf die Laufbahnen des Drehkranzes aufgeteilt werden, wie es in Tabelle 5 (gestützte Konstruktionen) und Tabelle 6 (hängende Konstruktionen) für fünf unterschiedliche Arten von Drehkränzen definiert ist.

Drehkränze können mehr als eine Laufbahn besitzen und die Aufteilung der aufgebrachten Lasten hängt von der jeweiligen Art des Drehkranzes sowie von der betrachteten äußeren Last ab.

Die Tabellen 5 und 6 definieren diese Aufteilung (Faktoren A_{pF} und A_{pM}) und die dazugehörige Anzahl an aktiven (d. h. zur Übertragung der äußeren Last) Wälzkörpern entsprechend der Anzahl Z an Wälzkörpern auf jeder betrachteten Laufbahn (einzelne, obere oder untere). Die Aufteilungsfaktoren A_{pF} und A_{pM} werden in Gleichung (3) verwendet, mit der die äquivalente Auslegungslast P_{0a} bestimmt wird.

Tabelle 5 — Aufteilung der aufgetragenen Lasten und Anzahl an aktiven Wälzkörpern auf den Laufbahnen (gestützte Konstruktionen)

Art des Drehkranzes ^a	Laufbahn und Anzahl Z an Wälzkörpern	Axiale Last F_a			Kippmoment M_r	
		Lastpfad	Aufteilungs-faktor A_{pF}	Anzahl an aktiven Wälzkörpern Z_{aF}	Lastpfad	Aufteilungs-faktor A_{pM}
Einreihiges Vierpunktkugellager (zwei Berührungslinien je Kugel)	Einzelne Z_1		1,0	Z_1		1,0
Zweireihiges Zweipunktkugellager (eine Berührungslinie je Kugel) ^c	Obere Z_2		1,0	Z_2		1
	Untere Z_3		-1,0 wenn $\frac{M_r}{F_a} > \frac{D_m}{4}$	Z_3		1,0 wenn $\frac{M_r}{F_a} > \frac{D_m}{4}$
Zweireihiges Vierpunktkugellager (zwei Berührungslinien je Kugel); die Größe und die Anzahl der Kugeln sind für beide Reihen identisch ^b	Obere Z_2		1,4	$Z_2 + Z_3$		1,4
	Untere Z_3					