DIN EN 13001-3-7

ICS 21.200; 53.020.20 Einsprüche bis 2019-05-29

Entwurf

Krane –
Konstruktion allgemein –
Teil 3-7: Grenzzustände und Sicherheitsnachweise für Maschinenbauteile – Verzahnungen und Getriebe;
Deutsche und Englische Fassung prEN 13001-3-7:2019

Cranes –
General design –
Part 3-7: Limit states and proof of competence of machinery – Gears and gear boxes;
German and English version prEN 13001-3-7:2019

Appareils de levage à charge suspendue –
Conception générale –
Partie 3-7: États limites et vérification d'aptitude des éléments de mécanismes – Engrenages et réducteurs;
Version allemande et anglaise prEN 13001-3-7:2019

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-03-29 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nam@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM), 60498 Frankfurt am Main, Postfach 71 08 64, Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 83 Seiten

DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM)

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05

Nationales Vorwort

Dieser Norm-Entwurf enthält sicherheitstechnische Festlegungen.

Er beinhaltet die Deutsche Fassung der vom Technischen Komitee CEN/TC 147 „Krane Sicherheit“ im Europäischen Komitee für Normung (CEN) ausgearbeiteten prEN 13001-3-7:2019.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung werden vom Arbeitsausschuss NA 060-22-10 AA „Lenkungsausschuss Krane und Hebezeuge“ und Spiegelausschuss NA 060-22-10-21 AK „Konstruktion, Ausrüstungen (SpA CEN/TC 147/WG 2“ im Fachbereich „Krane und Hebezeuge“ des DIN-Normenausschusses Maschinenbau (NAM) wahrgenommen. Vertreter der Hersteller und Anwender von Krane und Hebezeuge sowie der Berufsgenossenschaften sind an der Erarbeitung beteiligt.

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.

Dieser Norm-Entwurf 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.

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.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05

– Entwurf –

CEN/TC 147

Datum: 2019-03

prEN 13001-3-7:2019

CEN/TC 147

Sekretariat: BSI

Krane — Konstruktion allgemein — Teil 3-7: Grenzzustände und Sicherheitsnachweise für Maschinenbauteile — Verzahnungen und Getriebe

Appareils de levage à charge suspendue — Conception générale — Partie 3-7 : États limites et vérification d'aptitude des éléments de mécanismes — Engrenages et réducteurs

Cranes — General design — Part 3-7: Limit states and proof of competence of machinery — Gears and gear boxes

ICS: 53.020.20

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9d

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort **4**

Einleitung **5**

1 Anwendungsbereich **6**

2 Normative Verweisungen **6**

3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen **8**
3.1 Begriffe **8**
3.2 Symbole und Abkürzungen **9**

4 Allgemeine Anforderungen **10**
4.1 Zahnradwerkstoffe und deren Wärmebehandlung **10**
4.1.1 Allgemeine Anforderungen an die Werkstoffe **10**
4.1.2 Kerbschlagzähigkeit von Zahnrädern **11**
4.1.3 Nitrierstähle **11**
4.1.4 Ausferritisches Gusseisen mit Kugelgraphit, ADI **12**
4.2 Getriebegehäuse **12**
4.3 Offene Getriebe **12**
4.4 Zahnradgeometrie/Toleranzen **13**
4.5 Oberflächengüte von Zahnrädern **13**
4.6 Lagerung von Wellen, Zahnrädern und Getrieben **13**
4.7 Schmierung von Getrieben **13**
4.8 Austausch von Informationen **13**

5 Lasteinwirkungen **14**
5.1 Allgemeines **14**
5.2 Belastungen in Abhängigkeit von Bremsmomenten **14**
5.3 Lasteinwirkungen auf Getriebe bei Vertikalbewegungen **15**
5.3.1 Allgemeines **15**
5.3.2 Notabschaltung, Vertikalbewegungen **15**
5.3.3 Lasten infolge dynamischer Abschaltung der Hubbewegung durch Hubkraftbegrenzer **16**
5.3.4 Lasten durch Verhakung **17**
5.3.5 Lasten verursacht durch das Versagen von Mechanismen oder Komponenten **17**
5.4 Lasteinwirkungen auf Getriebe bei Horizontalbewegungen **18**
5.4.1 Allgemeines **18**
5.4.2 Pufferkräfte **19**
5.4.3 Notabschaltung, Horizontalbewegungen **19**
5.5 Verfahren zum Ableiten von am Getriebe wirkenden Momenten und Kräften **20**

6 Nachweis der statischen Festigkeit und der Ermüdungsfestigkeit von Getrieben **20**
6.1 Allgemeines **20**
6.2 Anwendung der Grundsätze der Normenreihe EN 13001 ..... **21**
6.3 Getriebe für Vertikalbewegungen **23**
6.3.1 Anwendung der Lastklasse Q nach EN 13001-1 ..... **23**
6.3.2 Lasteinwirkungen und deren Häufigkeit des Auftretens **23**
6.3.3 Betrachtungen im Hinblick auf bestimmte Anwendungen **24**
6.3.4 Ermüdung eines Getriebes bei variabler Belastung **25**
6.3.5 Nachweis der statischen Festigkeit und der Ermüdungsfestigkeit **26**
6.4 Getriebe für Horizontalbewegungen **27**
6.4.1 Anwendung der Lastklasse Q nach EN 13001-1 ..... **27**

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05

6.4.2 Lasteinwirkungen und deren Anzahl von Lastspielen 27
6.4.3 Betrachtungen im Hinblick auf bestimmte Anwendungen 28
6.4.4 Ermüdung eines Getriebes bei variabler Belastung 29
6.4.5 Nachweis der statischen Festigkeit und der Ermüdungsfestigkeit 29

7 Sicherheitsnachweis für Lager und Wellen 30
7.1 Allgemeines 30
7.2 Nachweis der statischen Festigkeit 31
7.3 Nachweis der Ermüdungsfestigkeit 31

Anhang A (informativ) Wärmebehandlung von Zahnrädern 32
A.1 Vergütungsstähle 32
A.2 Einsatzstähle 32
A.3 Induktions- und flammgehärtete Zahnräder 33

Anhang B (informativ) Risikobeiwerte für Zahnräder 35

Anhang C (informativ) Anwendung desselben Hubgetriebes in unterschiedlichen A-/U-/Q-Klassen 36

Anhang D (informativ) Vom Getriebehersteller bereitzustellende Informationen 37

Anhang E (informativ) Auswahl einer geeigneten Gruppe von Krannormen für eine gegebene Anwendung 38

Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden EU-Richtlinie 2006/42/EG 39

Literaturhinweise 40

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13001-3-7:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 147 „Krane — Sicherheit“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

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.

Dieses Dokument ist ein Teil der Normenreihe EN 13001. Die anderen Teile sind:

— *Krane — Konstruktion allgemein — Teil 1: Allgemeine Prinzipien und Anforderungen*

— *Kransicherheit — Konstruktion allgemein — Teil 2: Lasteinwirkungen*

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

— *Krane — Konstruktion allgemein — Teil 3-2: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von Drahtseilen in Seiltrieben*

— *Krane — Konstruktion allgemein — Teil 3-3: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von Laufrad/Schiene-Kontakten*

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

— *Krane — Konstruktion allgemein — Teil 3-5: Grenzzustände und Sicherheitsnachweise von geschmiedeten Haken*

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

— *Krane — Konstruktion allgemein — Teil 3-8: Grenzzustände und Sicherheitsnachweise für Maschinenbauteile — Wellen [CEN-Umfrage]*

Zum Zusammenhang mit anderen Europäischen Normen für Krane siehe Anhang E.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05

Einleitung

Diese Europäische Norm wurde erarbeitet, um ein Mittel für die mechanische Auslegung und den theoretischen Nachweis von Kranen bereitzustellen, um die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen zu erfüllen. Diese Europäische Norm bildet 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 Bauteilen zu schaffen.

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

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

Für Krane 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.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument ist zusammen mit EN 13001-1 und EN 13001-2 anzuwenden und gemeinsam legen sie allgemeine Bedingungen, Anforderungen und Verfahren fest, um so anhand der Konstruktion und des theoretischen Nachweises mechanische Gefährdungen für Getriebekomponenten in Kranen zu verhindern.

Dieses Dokument behandelt die folgenden Arten von Verzahnungen und angrenzenden Bauteilen, die in den Mechanismen für jede Art von Grundbewegung eines Krans eingesetzt werden:

— Schrauben- und Stirnräder sowie Kegelräder, mit Evolventenprofilgeometrie;

— geschlossene Getriebe bzw. offene Getriebe;

— Zahnräder aus Stahl oder Eisen und Getriebegehäuse aus Stahl, Eisen oder Aluminium;

— Räder und Ritzel mit Schmierung;

— Antriebe und Einzelgetriebeanordnungen mit Lagern und Wellen zur Aufnahme der Räder.

Nachstehend sind die signifikanten Gefährdungssituationen und Gefährdungsereignisse aufgelistet, die während des bestimmungsgemäßen Gebrauchs und bei vorhersehbarer Fehlanwendung zu Risiken für Personen führen könnten. Die Abschnitte 4 bis 7 dieses Dokuments werden benötigt, um die Risiken in Zusammenhang mit den folgenden Gefährdungen zu verringern oder zu beseitigen:

— Überschreiten der Festigkeitsgrenzwerte (Fließgrenze, Bruch- und Ermüdungsfestigkeit);

— Überschreiten von Temperaturgrenzwerten des Werkstoffs.

Dieses Dokument gilt für Krane, die nach dem Datum der Veröffentlichung dieses Dokuments durch CEN hergestellt wurden und dient als Bezugsbasis für die Produktnormen für bestimmte Kranarten.

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 1561:2011, *Gießereiwesen — Gusseisen mit Lamellengraphit*

EN 1563:2018, *Gießereiwesen — Gusseisen mit Kugelgraphit*

EN 1564:2011, *Gießereiwesen — Ausferritisches Gusseisen mit Kugelgraphit*

EN 1706:2010, *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Gussstücke — Chemische Zusammensetzung und mechanische Eigenschaften*

EN 10025-2:2004, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle*

EN 10025-3:2004, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 3: Technische Lieferbedingungen für normalgeglühte/normalisierend gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle*

EN 10025-6:2004+A1:2009, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 6: Technische Lieferbedingungen für Flacherzeugnisse aus Stählen mit höherer Streckgrenze im vergüteten Zustand*

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

EN 10083-3:2006, *Vergütungsstahle — Teil 3: Technische Lieferbedingungen für legierte Stähle*

EN 10084:2008, *Einsatzstähle — Technische Lieferbedingungen*

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05

EN 10085:2001, *Nitrierstähle — Technische Lieferbedingungen*

EN 10293:2015, *Stahlguss — Stahlguss für allgemeine Anwendungen*

EN 13001-1:2015, *Krane — Konstruktion allgemein — Teil 1: Allgemeine Prinzipien und Anforderungen*

EN 13001-2:2014, *Kransicherheit — Konstruktion allgemein — Teil 2: Lasteinwirkungen*

EN 13001-3-1:2012+A2:2018, *Krane — Konstruktion allgemein — Teil 3-1: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von Stahltragwerken*

EN 13001-3-2:2014, *Krane — Konstruktion allgemein — Teil 3-2: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von Drahtseilen in Seiltrieben*

EN 13001-3-3:2014, *Krane — Konstruktion allgemein — Teil 3-3: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von Laufrad/Schiene-Kontakten*

EN 13001-3-4:2018, *Krane — Konstruktion allgemein — Teil 3-4: Grenzzustände und Sicherheitsnachweise für Maschinenbauteile — Lager*

EN 13001-3-5:2016, *Krane — Konstruktion allgemein — Teil 3-5: Grenzzustände und Sicherheitsnachweise von geschmiedeten Haken*

EN 13001-3-6:2018, *Krane — Konstruktion allgemein — Teil 3-6: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von Maschinenbauteilen — Hydraulikzylinder*

prEN 13001-3-8:2018, *Krane — Konstruktion allgemein — Teil 3-8: Grenzzustände und Sicherheitsnachweise für Maschinenbauteile — Wellen*

EN 13135:2013+A1:2018, *Krane — Sicherheit — Konstruktion — Anforderungen an die Ausrüstungen*

prEN 14492-2:2016, *Krane — Kraftgetriebene Winden und Hubwerke — Teil 2: Kraftgetriebene Hubwerke*

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

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

ISO 1122-1:1998, *Vocabulary of gear terms — Part 1: Definitions related to geometry*

ISO 1328-1:2013, *Cylindrical gears — ISO system of flank tolerance classification — Part 1: Definitions and allowable values of deviations relevant to flanks of gear teeth*

ISO 1328-2:1997, *Cylindrical gears — ISO system of accuracy — Part 2: Definitions and allowable values of deviations relevant to radial composite deviations and runout information*

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

ISO 6336-1:2006, *Calculation of load capacity of spur and helical gears — Part 1: Basic principles, introduction and general influence factors*

ISO 6336-2:2006, *Calculation of load capacity of spur and helical gears — Part 2: Calculation of surface durability (pitting)*

ISO 6336-3:2006, *Calculation of load capacity of spur and helical gears — Part 3: Calculation of tooth bending strength*

ISO 6336-5:2016, *Calculation of load capacity of spur and helical gears — Part 5: Strength and quality of materials*

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05

ISO 6336-6:2006, *Calculation of load capacity of spur and helical gears — Part 6: Calculation of service life under variable load*

ISO 10300-1:2014, *Calculation of load capacity of bevel gears — Part 1: Introduction and general influence factors*

ISO 10300-2:2014, *Calculation of load capacity of bevel gears — Part 2: Calculation of surface durability (pitting)*

ISO 10300-3:2014, *Calculation of load capacity of bevel gears — Part 3: Calculation of tooth root strength*

ISO 17485:2006, *Bevel gears — ISO system of accuracy*

3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN ISO 12100:2010, ISO 1122-1, ISO 4306-1:2007 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
Getriebe
Bauteil zur Kraftübertragung mit Zahnrädern, Wellen und Lagern, die in einem geschlossenen Gehäuse mit Eingangs- und Ausgangswellen untergebracht sind und von diesem gehalten werden

3.1.2
offenes Getriebe
Getriebe, bei dem die Getriebeteile nicht durch eine kompakte, eingebundene Gehäusestruktur getragen werden

3.1.3
Einsatzhärten
Härtungsverfahren für Stähle, das die chemische Zusammensetzung und das Mikrogefüge der Oberflächenschicht durch Adsorption von Kohlenstoff, Stickstoff oder einem Gemisch aus diesen beiden Stoffen und durch Diffusion verändert, wodurch sich ein Gradient in der chemischen Zusammensetzung zeigt

3.1.4
Aufkohlungstiefe
Tiefe in der Zahnradoberfläche mit einer Härte größer als 550 HV bei einer Kernhärte von weniger als 450 HV oder einer Härte größer als 650 HV bei einer Kernhärte größer als oder gleich 450 HV

3.1.5
Induktions- und Flammhärtungstiefe
Tiefe in der Zahnradoberfläche mit einer Härte größer als oder gleich 80 % der festgelegten Oberflächenhärte

3.1.6
Nitrier- und Nitrocarburierhärtungstiefe
Tiefe in der Zahnradoberfläche mit einer Härte größer als oder gleich 400 HV, oder im Fall einer größeren Kernhärte als 380 HV, die Tiefe der Zahnradoberfläche mit einer Härte größer als die Kernhärte plus 50 HV

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05

3.1.7
Prüfling
Probekörper aus einem Werkstoff von repräsentativer Güte mit festgelegten Maßen

3.1.8
Vertikalbewegung
Bewegung der Hubmasse oder eines Kranteils, wobei die Massen mit einem Anstieg von 5 % oder steiler in Bezug auf die Horizontale bewegt werden

[QUELLE: EN 13135:2013+A1:2018, 3.29, modifiziert — „Masse“ wurde in der vorliegenden Definition durch „Massen“ ersetzt.]

3.1.9
Horizontalbewegung
Bewegung der Hubmasse oder eines Kranteils, wobei die Massen mit einem Anstieg von weniger als 5 % in Bezug auf die Horizontale bewegt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Definition wurde aus EN 13135:2013+A1:2018, 5.2.8.5.1, übernommen.

3.2 Symbole und Abkürzungen

Tabelle 1 — Symbole und Abkürzungen

Symbole, Abkürzungen	Beschreibung
C	Gesamtzahl der Arbeitsspiele während der Auslegungslebensdauer eines Krans/Hubwerks
C_{GVL}, C_{GVU}	zulässige Anzahl der Arbeitsspiele für Getriebe, Vertikalbewegungen, Abschnitte der Arbeitsspiele mit Last (L) und ohne Last (U)
C_{GH}	zulässige Anzahl der Arbeitsspiele für Getriebe, Horizontalbewegungen
h	Zahnhöhe
K_A	Anwendungsfaktor, ISO 6336-6
m	Steigung der Wöhlerlinie, EN 13001-1
m_{RC}	Tragfähigkeit (Nennlast) eines Krans bzw. Hubwerks
m_{DW}	Masse des Krans bzw. Hubwerks, relevant für eine Horizontalbewegung
N	Anzahl der Spannungsspiele
p	Ermüdungsexponent nach ISO 6336-6
R_a	Oberflächenrauigkeit
s_{AL}, s_{DL}, s_{AU}, s_{DU}	Beschleunigungs- und Bremsweg
S_{Fmin}	Sicherheitsbeiwert für die Zahnfußbiegung, ISO 6336-3
S_{Hmin}	Sicherheitsbeiwert für die Oberflächenbeständigkeit, ISO 6336-3
T	Betriebstemperatur des Zahnrads bzw. des Getriebes
T_n	Nenndrehmoment
X_{lin}	durchschnittliche Verlagerung der Bewegung
Y_{NT}, Z_{NT}	Lebensdauerbeiwerte

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05

Symbole, Abkürzungen	Beschreibung
ϕ_1, ϕ_2, ϕ_5, ϕ_L usw.	Dynamik-Beiwerte für die Lasten, EN 13001-2
γ_p	Teilsicherheitsbeiwert, EN 13001-2
γ_n	Risikobeiwert, wie in EN 13001-2 definiert
γ_{sB}	spezifischer Sicherheitsbeiwert für die Bremsen

4 Allgemeine Anforderungen

4.1 Zahnradwerkstoffe und deren Wärmebehandlung

4.1.1 Allgemeine Anforderungen an die Werkstoffe

Gebräuchliche Werkstoffe für Zahnräder und deren Wärmebehandlungen sind in Tabelle 2 angegeben. Für weitere Hinweise zu den Wärmebehandlungsempfehlungen siehe Anhang A.

Tabelle 2 — Typische Zahnradwerkstoffe

Art des Werkstoffs	Werkstoff-Norm	Ausgewählte Güten	
Vergütungsstähle	EN 10083-3	25CrMo4+QT 36NiCrMo16+QT 35NiCr6+QT 36CrNiMo4+QT	42CrMo4+QT 34CrNiMo6+QT 30CrNiMo8+QT
Einsatzstähle	EN 10084	17NiCrMo6-4 18CrNiMo7-6	16MnCr5 20MnCr5
Induktions- und flammgehärtete Stähle	EN 10083-2	C45E	C45R
	EN 10083-3	37Cr4 41Cr4	42CrMo4
Nitrierstähle	EN 10085	41CrMoV9	
	EN 10083-3	34CrMo4+QT 36NiCrMo16+QT	30CrNiMo8+QT
Gusseisen	EN 1563	EN-GJS 600-3	EN-GJS 700-2
	EN 10293	GE 300	
Baustähle	EN 10025-3	S420	S460
	EN 10025-6	S500	S690

Andere Werkstoffe als die in Tabelle 2 genannten dürfen verwendet werden, vorausgesetzt, dass die Werkstoffeigenschaften und -merkmale entsprechend den angegebenen Europäischen Normen spezifiziert sind und die Anforderungen an die aufgeführten Werkstoffgüten erfüllen, insbesondere im Hinblick auf:

— die chemische Zusammensetzung;

— die mechanische Festigkeit;

— die Oberflächenhärte;

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05

— die Bruchdehnung;

— die Härtbarkeit und die Ergebnisse des Jominy-Versuchs.

Der Nachweis der Werkstoffeigenschaften muss in Übereinstimmung mit den in Tabelle 2 angegebenen Normen erfolgen.

Gusseisen mit Lamellengraphit, Bronzelegierungen und Legierungen mit Aluminium oder Zink sind für Zahnräder in Getrieben für Vertikalbewegungen nicht zulässig.

Es muss eine Klassifizierung von Werkstoffgüten mit Bezug auf das Wärmebehandlungsverfahren nach ISO 6336-5 erfolgen. Es gibt die drei Klassen ML, MQ und ME. In der Regel wird die Klasse MQ empfohlen. Wenn die Klasse ME angewendet wird, sind die Bestimmungen festzulegen und die Übereinstimmung mit den Anforderungen von ISO 6336-5 ist ausführlich zu dokumentieren. Die Klasse ML sollte nicht für risikoreiche Anwendungen angewendet werden.

4.1.2 Kerbschlagzähigkeit von Zahnrädern

Die in Tabelle 2 angegebenen und in Übereinstimmung mit den einschlägigen Normen gelieferten Stahlgüten dürfen als solche für Zahnräder bei Betriebstemperaturen um −10 °C und höher verwendet werden.

Bei niedrigeren Betriebstemperaturen müssen die zusätzlichen Festlegungen dieses Abschnitts erfüllt sein.

Für die Werkstoffe, außer für Einsatzstähle, muss die Kerbschlagzähigkeit mithilfe eines Kerbschlagbiegeversuchs nach Charpy in Übereinstimmung mit EN ISO 148-1 nachgewiesen werden, wobei die Werte die Anforderungen von Tabelle 3 erfüllen müssen.

Tabelle 3 — Anforderungen an die Kerbschlagzähigkeit von Zahnradwerkstoffen

Betriebstemperatur	Temperatur während des Schlagversuchs	Mindest-Kerbschlagzähigkeit Av
$-10\ °C > T \geq -20\ °C$	−10 °C	27 J
$-20\ °C > T \geq -30\ °C$	−20 °C	27 J
$-30\ °C > T \geq -40\ °C$	−30 °C	27 J
$-40\ °C > T \geq -50\ °C$	−40 °C	27 J

Für Einsatzstähle gilt die Anforderung an die Kerbschlagzähigkeit bei Betriebstemperaturen um die −50 °C und höher als erfüllt, wenn

— der Stahl einen Nickelgehalt von 1,4 % oder mehr aufweist, und

— der Stahl ein martensitisches Gefüge in der Oberflächenschicht nach ISO 6336-5 aufweist.

Es kann erforderlich sein, die Legierungsbestandteile des Stahls genauer zu betrachten, um die Kerbschlagzähigkeit zu erreichen.

Die Betriebstemperatur ist die niedrigste festgelegte Temperatur bei Betriebsbedingungen im Raum, im Gehäuse oder im Freien, wo das Getriebe platziert ist. Der Vorteil durch eine externe Heizungsanlage kann hierbei berücksichtigt werden.

4.1.3 Nitrierstähle

Die maßgeblichen Anforderungen von ISO 6336-5 müssen erfüllt sein.

ANMERKUNG Weitere Hinweise sind in Literaturhinweis [9] enthalten.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05

4.1.4 Ausferritisches Gusseisen mit Kugelgraphit, ADI

Ausferritisches Gusseisen mit Kugelgraphit ist in EN 1564 definiert. Dieser Werkstoff fällt nicht in den Anwendungsbereich des vorliegenden Dokuments, da die Normenreihe ISO 6336 keine Festlegungen hinsichtlich der Parameter zur Ermüdungsbemessung enthält.

ANMERKUNG Dieser Werkstoff könnte für Sonnenräder in Planetengetrieben verwendet werden.

4.2 Getriebegehäuse

Ein Getriebegehäuse muss starr genug sein, um jede Art von Verformung zu verhindern, die die Funktion der Zahnräder beeinträchtigt.

Getriebegehäuse, die geschweißt wurden, müssen vor ihrer Weiterbehandlung spannungsarm geglüht werden, um ihre Formfestigkeit sicherzustellen. Ihre Öldichtheit muss gemessen und die Ergebnisse müssen dokumentiert werden.

Getriebegehäuse in Mechanismen für Vertikalbewegungen müssen Folgendem entsprechen:

— Gusseisen mit Kugelgraphit, das in Getriebegehäusen verwendet wurde, muss eine ausreichende Kerbschlagzähigkeit aufweisen, bei der die maximale Wandstärke und die niedrigste Betriebstemperatur berücksichtigt werden; die Bruchdehnung A muss 7 % oder mehr betragen;

— der Einsatz von Getriebegehäusen aus Gusseisen mit Lamellengraphit nach EN 1561 oder aus Aluminiumlegierungen muss die in EN 13135 angegebenen Beschränkungen für risikoreiche Anwendungen einhalten.

Für gebräuchliche Werkstoffe für Getriebegehäuse siehe Tabelle 4.

Tabelle 4 — Typische Werkstoffe für Getriebegehäuse

Art des Werkstoffs	Werkstoff-Norm	Ausgewählte Güten	
Baustahl	EN 10025-2	S 355	
Gusseisen	EN 1561[a]	EN-GJL 250	
	EN 1563	EN-GJS 350-22	EN-GJS 400-15
		EN-GJS 400-18	EN-GJS 500-7
Aluminiumguss	EN1706[a]	AlSi9Cu3	

[a] Siehe Einsatzbeschränkungen für diesen Werkstoff im vorstehenden Absatz.

4.3 Offene Getriebe

Offene Getriebe sollten üblicherweise geschmiert werden. Dabei ist auf die Verträglichkeit zwischen der Verzahnungsgeschwindigkeit und der Schmierung zu achten, z. B. Viskosität und Haftvermögen des Schmiermittels, Häufigkeit der Schmierung (manuell oder automatisch), Schmierverfahren (Bürste, Spray).

Bei offenen Getrieben sollte ein vergütetes Antriebsrad mit einem geschliffenen, einsatzgehärteten Ritzel mit Kopf- und Zahnfußprofilverschiebungen verwendet werden. Wenn sowohl das Ritzel als auch das Getrieberad oder die Zahnstange vergütet sind, sollte die Härte des Ritzels um 30 HBW oder mehr größer sein als die des Getrieberads, um Abrieb und Kaltfressen an den Zahnflanken zu verringern.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05

4.4 Zahnradgeometrie/Toleranzen

Die Toleranzen der Zahnflanken von Stirnrädern müssen entsprechend der Normenreihe ISO 1328 festgelegt werden.

Die Toleranzen der Zahnflanken von Kegelrädern müssen nach ISO 17485 festgelegt werden.

4.5 Oberflächengüte von Zahnrädern

Bei Getrieben in Gehäusen ist es erforderlich, dass die Verzahnung eine glatte Oberfläche aufweist, um sicherzustellen, dass der Bemessungswert der Tragfähigkeit eingehalten wird. Glatte Oberflächen sind besonders im Hinblick auf die Beständigkeit gegen Grübchenbildung wichtig. Bei geschliffener Außenverzahnung sollte die Oberflächenrauigkeit der Zahnflanken $R_a = 1{,}6$ µm oder besser sein. Bei Innenverzahnung oder zugeschnittener Außenverzahnung sollte die Oberflächenrauigkeit der Zahnflanken $R_a = 3{,}2$ µm oder besser sein.

4.6 Lagerung von Wellen, Zahnrädern und Getrieben

Eine statisch unbestimmte Lagerung von Wellen ist nur dann zulässig, wenn die Kräfte und Spannungen durch elastische Analyse hergeleitet und dabei die nachteiligste Fertigungsgenauigkeit und Lagertoleranzen berücksichtigt werden.

Bei aufgeschrumpften Getrieberädern nehmen sowohl die Zahnkranzdicke als auch die Genauigkeit der Passung Einfluss auf die Zahnfußspannungen. Das Zusammenwirken dieser beiden Größen muss bei der Zahnfußspannungsanalyse berücksichtigt werden. Der Einfluss des Aufschrumpfens auf die Zahnradspannungsanalyse darf jedoch vernachlässigt werden, sofern

— die Zahnkranzdicke am Zahnfuß gleich oder größer als das 2,7-Fache des Zahnmoduls bei Außenverzahnung und das 3,5-Fache des Zahnmoduls bei Innenverzahnung ist, und

— die Aufschrumpfung 2/1 000 des Passungsdurchmessers oder weniger entspricht.

Der Getriebehersteller muss über die Verwendung aller mit dem Verkleben verbundenen Aufschrumpfungen zur Annahme durch den Kranhersteller informieren.

4.7 Schmierung von Getrieben

Getriebe müssen so mit einer geeigneten Schmierung versehen sein, dass die ordnungsgemäßen Betriebszustände der Komponenten aufrechterhalten bleiben und der Schmierfilm niemals reißt, auch wenn ein Getrieberad im stationären Zustand belastet wird. Die Auswahl des Schmiermittels und des Schmiersystems sollte nach ISO/TR 18792:2008, Abschnitte 5 und 6, erfolgen.

ANMERKUNG Aufgrund des eingeschränkten Anwendungsbereichs der Normenreihe ISO 6336 behandelt das vorliegende Dokument keine ungeschmierten Getriebe.

4.8 Austausch von Informationen

Der Kranhersteller muss dem Getriebehersteller alle relevanten Lastangaben entsprechend der vorliegenden Norm liefern, zusammen mit einer Aufschlüsselung der Häufigkeit dieser Lasten und der zugehörigen Anzahl von Umdrehungen des Zahnrads. Alle relevanten, kranbezogenen Auslegungsbeiwerte müssen in den Lastangaben enthalten sein, z. B. Dynamik-Beiwerte für die Lasten (ϕ_i), sonstige Beiwerte (γ_B) und der Risikobeiwert (γ_n). Die Anwendung von Auslegungsbeiwerten entsprechend den ISO-Normen für Getriebe liegt in der Verantwortung des Getriebeherstellers. Ein Beispiel ist in Tabelle 10 dargestellt.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05

Zwischen dem Kranhersteller und dem Getriebehersteller ist, zusätzlich zu den vorstehend genannten Lastangaben, ein Austausch wesentlicher technischer Informationen erforderlich. Nachstehend ist eine Liste von Beispielinformationen angegeben, die in den meisten Fällen erforderlich sein könnten:

— Übersetzungsverhältnis;

— Masse des Zahnrads/Getriebes;

— Gestell für das Zahnrad/Getriebe einschließlich der Abmessungen von Schnittstellen;

— notwendige Schnittstellendaten bezüglich z. B. Wellen und Kupplungen;

— Art der Kupplungen im Getriebe;

— Art der Schmierung von Zahnrädern;

— Korrosionsschutz des Getriebes, sowohl äußerlich als auch innerlich.

Anhang D enthält ein Beispiel der Daten, die für die technische Dokumentation des Krans notwendig sind und vom Kranhersteller zusammengestellt und aufbewahrt werden.

5 Lasteinwirkungen

5.1 Allgemeines

Getriebe müssen hinsichtlich der Lasteinwirkungen nach EN 13001-2 ausgelegt sein sowie hinsichtlich der im weiteren Verlauf dieser Norm festgelegten inneren Belastungen. Als grundlegende Belastungen eines Getriebes sind das Drehmoment und die Kräfte anzunehmen, die entweder an der sekundären (Ausgangs-)Seite oder an der primären (Eingangs-)Seite wirken. Die zulässigen Belastungen können von den globalen Lasteinwirkungen auf den Antriebsmechanismus abgeleitet werden oder die Belastungen können von den lokalen (internen) Lasteinwirkungen abgeleitet werden, je nach Anordnung der Mechanismen und den Merkmalen des Antriebs und dessen dynamischen Verhalten in speziellen Situationen.

Es ist zu beachten, dass z. B. abhängig von der detaillierten Anordnung von Bremsen und Motoren auf einer Eingangswellen, ein Getrieberad auf einer Welle und die Welle selbst unter denselben Lasteinwirkungen unterschiedliche Belastungen erfahren können.

5.2 Belastungen in Abhängigkeit von Bremsmomenten

Wenn das Bremsmoment auf Reibung beruht, kann das tatsächlich auftretende Moment stark variieren, was durch einen spezifischen Sicherheitsbeiwert berücksichtigt werden muss. Das bei der Getriebekonstruktion berücksichtigte Bremsmoment muss dem eingestellten Wert eines Bremsmoments multipliziert mit einem Beiwert γ_B wie folgt entsprechen:

— $\gamma_B = 1{,}15$ für organische Materialien des Bremsbelags;

— $\gamma_B = 1{,}30$ für gesinterte Materialien des Bremsbelags.

In Abhängigkeit von der Anordnung des Mechanismus hat das Bremsmoment nicht immer einen großen Einfluss auf ein Getriebe. Einschränkungen und Beschränkungen, die vor dem Anlegen des Bremsmoments an einem Getriebe zu beachten sind, sind in den entsprechenden Abschnitten dieser Norm angegeben.

In Bezug auf die Drehachse asymmetrische Bremsanordnungen induzieren Radialkräfte, die bei der Konstruktion von Wellen und Lagern berücksichtigt werden müssen.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05

5.3 Lasteinwirkungen auf Getriebe bei Vertikalbewegungen

5.3.1 Allgemeines

Eine allgemeine Beschreibung der Lasteinwirkungen, die zu berücksichtigen sind, wird in Tabelle 5 angegeben. Ausgewählte außergewöhnliche Lasteinwirkungen werden ausführlich in den nächsten Abschnitten beschrieben. Die Häufigkeit des Auftretens dieser Lasteinwirkungen wird in Abschnitt 6 beschrieben. Die verwendeten Symbole stammen aus EN 13001-2. Die Anforderungen von 5.3, soweit maßgeblich, sind neben den Hubbewegungen auf Mechanismen für jede Vertikalbewegung anzuwenden.

Tabelle 5 — Lasteinwirkungen bei Vertikalbewegungen

Nr.	Beschreibung	Weitere Festlegungen
1	Gleichmäßiges Heben mit Nennlast	Der Einfluss des Seiltriebs auf die Seilkraft und darüber hinaus auf das Raddrehmoment ist zu berücksichtigen.
2	Gleichmäßiges Senken mit Nennlast	
3	Gleichmäßiges Heben ohne Nutzlast	
4	Gleichmäßiges Senken ohne Nutzlast	
5	Dynamische Prüflast	ϕ_6 für die Prüflast
6	Statische Prüflast	
7	Lasten verursacht durch Notabschaltung	Siehe 5.3.2.
8	Lasten infolge dynamischer Abschaltung der Hubbewegung durch Hubkraftbegrenzer	Siehe 5.3.3.
9	Lasten durch Verhakung	Siehe 5.3.4.
10	Lasten verursacht durch das Versagen von Mechanismen oder Komponenten	Ein Risikobeiwert braucht nicht berücksichtigt zu werden, siehe auch 5.3.5.

5.3.2 Notabschaltung, Vertikalbewegungen

Es muss davon ausgegangen werden, dass eine Notabschaltung während der ungünstigsten Kombination von angehobener Last, Hubgeschwindigkeit und Bewegungsrichtung eintritt. Die folgenden Zustände in Abhängigkeit von der Bremsenanordnung müssen berücksichtigt werden:

a) Es sind nur Betriebsbremsen an der Eingangswelle eines Getriebes verbaut: Das am Getriebe anliegende Nenndrehmoment, das an der Eingangswelle wirkt, muss auf der Summe der Bremsmomente der Betriebsbremsen basieren, abzüglich des Drehmoments zum Abbremsen der Drehbewegung der Massen an der Eingangswelle.

   Ist ein direkt wirkender Hubkraftbegrenzer eingebaut, kann die Kraftbegrenzung bei der Bestimmung des an dem Getriebe wirkenden Drehmoments berücksichtigt werden, siehe 5.3.3.

b) In dem Mechanismus sind Betriebsbremsen sowie Zusatzbremsen vorhanden:

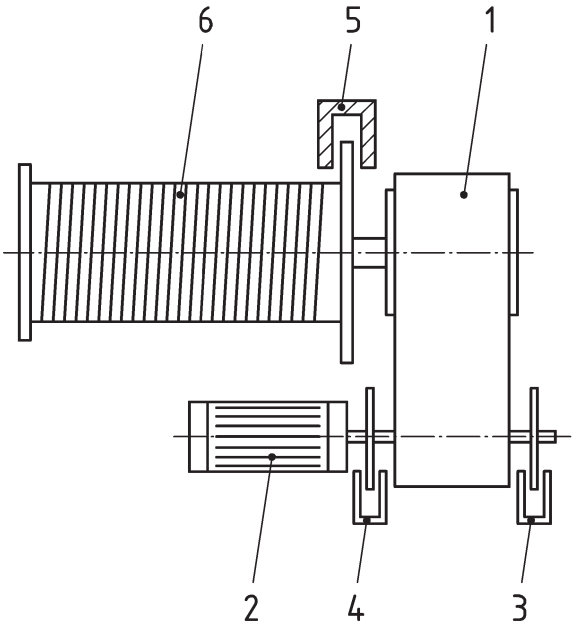
   Das am Getriebe anliegende Nenndrehmoment, das an der Eingangswelle wirkt, muss den Festlegungen von Listenpunkt a) vorstehend entsprechen.

   In einem zweiten Fall muss davon ausgegangen werden, dass das Bremsmoment der Zusatzbremse an der Ausgangswelle des Getriebes wirkt. Die Drehmomentwirkung infolge der angehobenen Last darf nicht abgezogen werden, da der ungünstigste Zustand die Bewegung aufwärts, unter Umständen ohne Nutzlast, ist.

   Ein gleichzeitiges Anlegen der Zusatzbremsen und der Betriebsbremsen darf nicht angenommen werden. Für ein Beispiel einer Bremsenanordnung siehe Bild 1.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05



Legende

1 Getriebe
2 Motor (Antrieb)
3 Betriebsbremse, an der Eingangswelle (Primärwelle)
4 Betriebsbremse, an der Eingangswelle (alternative/zusätzliche Anordnung)
5 Zusatzbremse, an der Ausgangswelle (Sekundärwelle)
6 Seiltrommel

Bild 1 — Beispiel eines Hubwerkaufbaus mit optionalen Bremsenanordnungen

5.3.3 Lasten infolge dynamischer Abschaltung der Hubbewegung durch Hubkraftbegrenzer

Bei einem indirekt wirkenden Hubkraftbegrenzer (IFL) ist das an einem Getriebe anliegende Nenndrehmoment aus dem Lastbeiwert ϕ_L, der festgelegt ist, und mit dem Berechnungsverfahren nach EN 13001-2 zu bestimmen.

Bei einem direkt wirkenden Hubkraftbegrenzer (DFL) ist das an einem Getriebe anliegende Nenndrehmoment nach Gleichung (1) anhand des eingestellten Werts des Begrenzersystems und eines zusätzlichen Beiwerts γ_B nach 5.2 für Reibungsbegrenzer zu bestimmen:

$$T_d = \gamma_B \times T_S \quad (1)$$

Dabei ist

T_d die zulässige Belastung (Drehmoment oder Kraft) im Mechanismus, wenn der Begrenzer arbeitet;

γ_B der Beiwert für Reibungsbegrenzer nach 5.2; für Hydraulik- und Pneumatikbegrenzer wird der Beiwert auf $\gamma_B = 1$ gesetzt;

T_S der eingestellte Wert des Begrenzersystems (Drehmoment oder Kraft).

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05

5.3.4 Lasten durch Verhakung

Lasten durch Verhakung bedeuten ein Verklemmen der angehobenen Last/des Lastaufnahmemittels, nachdem sie/es vom Boden abgehoben und die Bewegung in Gang gesetzt wurde, möglicherweise bei voller Geschwindigkeit. Lasten durch Verhakung werden derzeit nicht in EN 13001-2 berücksichtigt. Lasten durch Verhakung sind nur für Anwendungen zu berücksichtigen, für die sie aufgrund der Risikoanalyse als wahrscheinlich gelten.

Lasten durch Verhakung treten üblicherweise bei Kranen während des Löschens von Containerschiffen auf. Dabei kann sich ein angehobener Container oder ein leerer Container-Spreader zwischen den Führungsschienen im Schiff verkanten (durch Verdrehen).

Es muss davon ausgegangen werden, dass die Lasten durch Verhakung bei der ungünstigsten Kombination von angehobener Last und Hubgeschwindigkeit auftreten, wobei diese Kombination typischerweise in der maximalen Hubgeschwindigkeit mit leerem Spreader besteht.

5.3.5 Lasten verursacht durch das Versagen von Mechanismen oder Komponenten

Diese Lasteinwirkung ist anzuwenden, wenn Mechanismen oder Komponenten aus Sicherheitsgründen doppelt ausgeführt oder auf andere Weise gesichert sind.

Folgende grundsätzlich verschiedene Anordnungen von Seilen, Seiltrommeln und Getrieben können unterschieden werden:

a) Das Hubseil ist in einer vollsymmetrischen Seileinscherung doppelt ausgeführt, ein Getriebe und eine Seiltrommel.

   Es muss vom Versagen eines Seils ausgegangen werden und ein Dynamik-Beiwert $\phi_5 = 1{,}5$ ist auf die angehobene Last anzuwenden.

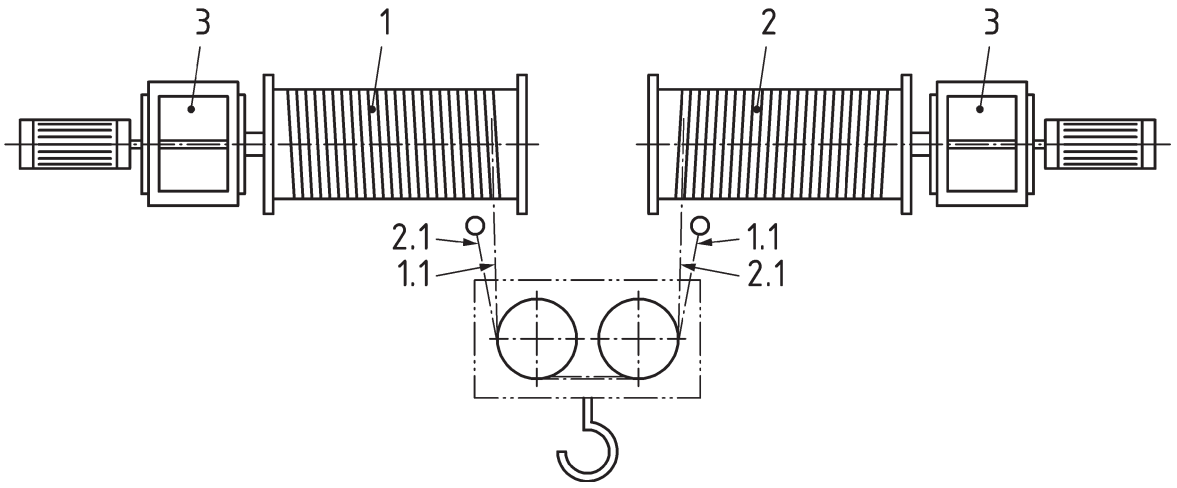
b) Die Anzahl der Getriebe wird verdoppelt, d. h. in dem Mechanismus befinden sich zwei Getriebe mit eigenen Betriebsbremsen und Antrieben, eine Seiltrommel und ein oder mehrere Hubseile.

   Es muss vom Versagen eines Getriebes oder eines Bauteils an der Eingangswelle des Getriebes ausgegangen werden. Das andere Getriebe ist hinsichtlich der gesamten angehobenen Last und mit einem Dynamik-Beiwert von $\phi_5 = 1{,}25$ für die angehobene Last zu berechnen.

c) Das Hubseil ist in einer vollsymmetrischen Seileinscherung doppelt ausgeführt, und beide Seile verfügen über ihre eigene Seiltrommel und ein Getriebe mit Betriebsbremsen und Antrieben. Die beiden Seiltrommeln sind nicht mechanisch miteinander verbunden. Ein Beispiel für diese Anordnung ist in Bild 2 dargestellt.

   Es muss vom Versagen einer einzelnen Komponente in einem Mechanismus ausgegangen werden, und folglich wird die gesamte angehobene Last von dem verbleibenden Seil und dem anderen Mechanismus einschließlich des Getriebes aufgenommen. Ein Dynamik-Beiwert $\phi_5 = 1{,}5$ ist auf die angehobene Last anzuwenden.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05



Legende

1, 2 Seiltrommeln
3, 4 Getriebe
1.1 Seil in Seiltrommel 1
1.2 Seil in Seiltrommel 2

Bild 2 — Beispiel einer vollsymmetrischen (Überkreuzung) Seileinscherung und doppelt ausgeführten Komponenten

5.4 Lasteinwirkungen auf Getriebe bei Horizontalbewegungen

5.4.1 Allgemeines

Die zu berücksichtigenden Lasteinwirkungen sind in Tabelle 6 angegeben. Die verwendeten Symbole stammen aus EN 13001-2. Die Häufigkeit des Auftretens der Lasteinwirkungen wird in Abschnitt 6 beschrieben.

Der Fahrwiderstand der Bewegung, einschließlich des Einflusses der Steigung/des Gefälles der Fahrbahn, ist gegebenenfalls zu berücksichtigen. Der Rollwiderstand im Stahl-auf-Stahl-Wälzkontakt muss EN 13135 entsprechen.

Bei einem im Freien arbeitenden Kran/Hubwerk ist eine der Bewegung entgegenstehende Windkraft nach Tabelle 6 zu berücksichtigen, wobei die Windkräfte nach EN 13001-2 berechnet werden.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05

Tabelle 6 — Lasteinwirkungen auf Getriebe bei Horizontalbewegungen

Nr.	Beschreibung	Weitere Festlegungen
1	Beschleunigen der Bewegung mit Nennlast	Die effektive Windstärke W3 nach EN 13001-2 ist auf Krane im Freien anzuwenden.
2	Gleichmäßige Bewegung mit Nennlast	
3	Abbremsen der Bewegung mit Nennlast	
4	Beschleunigen der Bewegung ohne Nutzlast	
5	Gleichmäßige Bewegung ohne Nutzlast	
6	Abbremsen der Bewegung ohne Nutzlast	
7	Fahren gegen den Wind in Betrieb	ϕ_5 für die Beschleunigung, effektive Windstärke W2 nach EN 13001-2
8	Schräglaufkräfte und Wind in Betrieb bei gleichmäßiger Bewegung	Effektive Windstärke W3 nach EN 13001-2
9	Bewegen von 110 % der dynamischen Prüflast, Beschleunigen wie im normalen Betrieb	ϕ_5 für die Beschleunigung
10	Pufferkräfte	ϕ_7 für die Pufferkraft, siehe 5.4.2
11	Lasten verursacht durch Notabschaltung	Siehe 5.4.3.

5.4.2 Pufferkräfte

Die Pufferkräfte sind nach EN 13001-2 unter Berücksichtigung der relevanten Ergänzungen und Änderungen der einschlägigen Produktnormen zu berechnen.

Das Abbremsen des rotierenden Mechanismus ergibt sich entweder direkt aus der Verzögerung der Kranbewegung oder, bei Fahren durch Reibkontakt, aus der durch Reibung hervorgerufenen Verzögerung des Antriebsmechanismus.

Das an der Eingangswelle des Getriebes wirkende Drehmoment ist basierend auf der Verzögerung der rotierenden Massen an der Eingangswelle zu berechnen. Es darf nicht davon ausgegangen werden, dass die Betriebsbremsen an der Eingangswelle während des Vorgangs angelegt sind.

5.4.3 Notabschaltung, Horizontalbewegungen

Es muss davon ausgegangen werden, dass die Notabschaltung bei der ungünstigsten Kombination von Geschwindigkeit, Bewegungsrichtung und Position und Masse der angehobenen Last auftritt. Die folgenden Zustände in Abhängigkeit von der Bremsenanordnung müssen berücksichtigt werden:

a) Auf der Eingangswelle eines Getriebes sind nur Betriebsbremsen vorhanden:

   Das an der Eingangswelle des Getriebes wirkende Nenndrehmoment muss auf der Summe der Bremsmomente der Betriebsbremsen beruhen, abzüglich des Drehmoments zum Abbremsen der rotierenden Massen an der Eingangswelle.

   Wenn die Antriebskraft von Reibung abhängig ist (z. B. ein Laufrad auf einer Schiene) oder eine ähnliche direkte Begrenzung der Antriebskraft vorliegt, kann dies bei der Bestimmung des am Getriebe wirkenden Drehmoments berücksichtigt werden.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05

b) Im Mechanismus sind Betriebsbremsen und Zusatzbremsen an der Sekundärwelle (z. B. Radbremsen) vorhanden:

Das am Getriebe anliegende Nenndrehmoment, das an der Eingangswelle wirkt, muss den Festlegungen von Listenpunkt a) vorstehend entsprechen.

In einem zweiten Fall muss davon ausgegangen werden, dass das Bremsmoment der Zusatzbremse an der Ausgangswelle des Getriebes wirkt. Bei Radbremsen begrenzt die Reibung zwischen Laufrad und Schiene normalerweise nicht das am Getriebe wirkende Drehmoment und darf nicht als Begrenzung hierfür verwendet werden.

Ein gleichzeitiges Anlegen der Zusatzbremsen und der Betriebsbremsen darf nicht angenommen werden.

5.5 Verfahren zum Ableiten von am Getriebe wirkenden Momenten und Kräften

Die Belastungen (z. B. Drehmoment) in einem Getriebe können mithilfe der quasistatischen Analyse von den externen Belastungen abgeleitet werden. Bei bestimmten außergewöhnlichen Lasteinwirkungen, z. B. wie nach 5.3.2 bis 5.3.5 und 5.4.2 bis 5.4.3, ist eine dynamische Analyse erforderlich, um die Belastungen eines Getriebes zu berechnen. Die Dynamik der Belastungsereignisse ist zu analysieren und das Spitzendrehmoment und die auf die Getriebe wirkenden Kräfte sind zu berechnen, wobei die folgenden Eigenschaften des Mechanismus und des Antriebssystems, soweit maßgeblich, berücksichtigt werden:

— Trägheit der rotierenden Massen;

— Zeitpunkt der Aktivierung des mechanischen und elektrischen Bremsvorgangs;

— Elastizität der mechanischen Komponenten, des Seiltriebs und der Tragstrukturen;

— Verlängerung des Hubseils durch eine spezielle mechanische Schutzvorrichtung zum Schutz vor Lasten durch Verhakung.

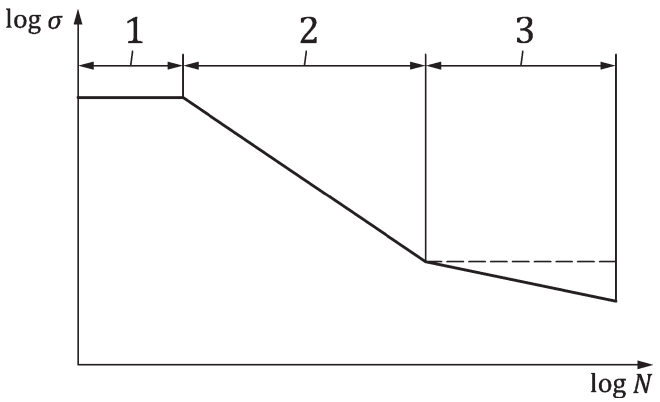
Verschiedene Arten von Analyseverfahren dürfen angewendet werden, z. B. analytische Untersuchungsverfahren, numerische Simulation durch kinetisches Elementmodell oder Messungen. In allen Fällen sind die Anforderungen der vorliegenden Norm zu berücksichtigen.

6 Nachweis der statischen Festigkeit und der Ermüdungsfestigkeit von Getrieben

6.1 Allgemeines

Im Fall von Getrieben wird der Nachweis der statischen Festigkeit mit dem Nachweis der Ermüdungsfestigkeit zu einem einzigen Nachweisverfahren kombiniert. Dies ist darin begründet, dass die Berechnungsverfahren von ISO 6336-2 und ISO 6336-3 sowohl den Nachweis der statischen Festigkeit als auch den Nachweis der Ermüdungsfestigkeit in einem einzigen Verfahren abdecken. Siehe Bild 3 für die konzeptionelle Darstellung der Wöhlerlinien.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05



Legende

1 statischer Grenzbereich
2 begrenzter Lebensdauerbereich
3 langer/unendlicher Lebensdauerbereich
σ zulässige Spannung
N Anzahl der Spannungsspiele

Bild 3 — Konzeptionelle Darstellung der Wöhlerlinien für Getriebe

In rotierenden Getrieben kann die Anzahl der Spannungsspiele Werte erreichen, die selbst bei nicht regelmäßigen und außergewöhnlichen Lasteinwirkungen für die Ermüdung der Getriebe von Bedeutung sind; daher müssen diese Lasteinwirkungen in dem kombinierten Nachweisverfahren für die statische Festigkeit und die Ermüdungsfestigkeit berücksichtigt werden.

Das Berechnungsverfahren in ISO-Normen für Getriebe basiert im Grunde genommen auf der Getriebeermüdung, bei der keine Teilsicherheitsbeiwerte γ_p angewendet werden. Der Nachweis der statischen Festigkeit nach EN 13001-1 mit außergewöhnlichen Lasteinwirkungen und Teilsicherheitsbeiwerten wird in diesem Dokument angemessen behandelt, weil

— alle außergewöhnlichen Lasteinwirkungen bei der Auslegung der Getriebe berücksichtigt werden, und

— fehlende Teilsicherheitsbeiwerte durch die eingebauten Sicherheitsmargen im statischen Bereich kompensiert werden.

Dynamik-Beiwerte haben nur eine kurzfristige Wirkung auf ein Getriebe, und daher werden die Beiwerte ϕ_2 und ϕ_5 für den Sicherheitsnachweis auf 1 gesetzt.

Der mechanische Wirkungsgrad muss berücksichtigt werden, wobei dessen Einfluss von der Bewegungsrichtung abhängig ist.

6.2 Anwendung der Grundsätze der Normenreihe EN 13001

Der Nachweis der statischen Festigkeit und der Ermüdungsfestigkeit von Getrieben muss den Grundsätzen von EN 13001-1 und EN 13001-2 entsprechen. Der Nachweis muss für jedes Getriebe in einem Antriebsstrang erbracht werden, wobei die Lasteinwirkungen von Tabelle 5 und Tabelle 7 berücksichtigt werden müssen. Alle Teilsicherheitsbeiwerte γ_p werden auf 1 gesetzt. Der Risikobeiwert γ_n muss, soweit maßgeblich, angewendet werden. Hinweise zur Auswahl der Werte für den Risikobeiwert sind in Anhang B enthalten.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05

Die Auslegungslebensdauer eines Getriebes in einem Mechanismus muss mindestens der Auslegungslebensdauer des dazugehörigen Krans oder Hubwerks entsprechen, die durch die Klassifizierungsparameter nach EN 13001-1 festgelegt ist, d. h. die Gesamtzahl der Arbeitsspiele, der Lastkollektivbeiwert, die durchschnittliche Verlagerung der relevanten Bewegung und die Anzahl der Positionierbewegungen.

Die Anzahl der Spannungsspiele in einem Getriebe muss von der Anzahl der Arbeitsspiele des Krans/Hubwerks und von den Verlagerungen der Bewegung abgeleitet werden. In Mechanismen, die relativ lange Strecken in eine Richtung zurücklegen, entspricht eine Umdrehung des Getrieberads in der Regel einem Spannungsspiel in einem Getriebe. Wenn die Bewegung des Mechanismus während eines Arbeitsspiels so erfolgt, dass ein Getrieberad während eines Arbeitsspiels keine volle Umdrehung ausführt, ist ein Arbeitsspiel zu nutzen, um ein Spannungsspiel in einem solchen Getrieberad zu erzeugen.

Die Ermüdungsexponenten von Getrieben in ISO-Normen liegen im Bereich von 6 bis 84 (siehe Tabelle 7), während die Q-Klassen nach EN 13001-1 für einen Ermüdungsexponenten von 3 ausgelegt sind. Dieser Unterschied macht die Ermüdungsbemessung von Getrieben sensibel für die Abschätzung der Q-Klasse, die Kombination von Q/U-Klassen und die Abschätzung der Lastverteilung innerhalb einer bestimmten Q-Klasse. In 6.3 und 6.4 wurde ein konservatives Verfahren angewendet, bei dem die Getriebekräfte auf der Grundlage der vollen (Nenn-)Last berechnet und die Anzahl der Spiele basierend auf der Q-Klasse des Krans/Hubwerks angepasst wird. Dieses Verfahren kann wie folgt erklärt werden:

— die konservativste Lastverteilung innerhalb einer beliebigen Q-Klasse wird abgedeckt;

— die vom Kranhersteller für die Ermüdungsberechnung eines Getriebes bereitgestellten Lastangaben sind unabhängig von dem vom Getriebehersteller ausgewählten Getriebewerkstoff;

— die Lastangaben für die Berechnung von Lagern in einem Getriebe sind korrekt und optimal;

— Kräfte bei außergewöhnlichen Lastfällen werden mit den größtmöglichen Werten berechnet;

— Getriebe in Hubwerken, die einer bestimmten A-Klasse zugeordnet sind (siehe prEN 14492-2), haben dieselbe Konstruktionsgrundlage innerhalb einer einzigen A-Klasse. Siehe auch Anhang C.

Tabelle 7 — Ermüdungsexponenten nach ISO 6336-6 für die Auslegung von Getrieben

Getriebewerkstoff, ISO 6336-6	**Ermüdungsexponent *p* für die Zahnfußbiegung**	**Ermüdungsexponent *p* für die Oberflächenbeständigkeit**
Durchgehärtet (Vergütungsstähle)	6,225	6,610
Aufgekohlt (Einsatzstähle)	8,738	6,610
Nitriert	17,035	5,709
Nitrocarburiert	84,003	15,715
ANMERKUNG Der Ermüdungsexponent *p* ist im Hinblick auf EN 13001-1 äquivalent zur inversen Steigung *m* der Wöhlerlinie.		

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05

6.3 Getriebe für Vertikalbewegungen

6.3.1 Anwendung der Lastklasse Q nach EN 13001-1

Unabhängig von der festgelegten Lastklasse Q müssen die Raddrehmomente mit der vollen Nennlast berechnet werden. Die Auslegungsanzahl der Arbeitsspiele (C_{GV}), die als Grundlage für die Berechnung von Spannungsspielen im Getriebe verwendet wird, muss von der tatsächlichen Anzahl der Arbeitsspiele nach Tabelle 8 abgeleitet werden.

Tabelle 8 — Auslegungsanzahl der Arbeitsspiele für die Auslegung von Hubwerksantrieben

Abfolge eines Arbeitsspiels	Lastklasse Q (EN 13001-1)					
	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5
Anzahl der Arbeitsspiele für die Auslegung des Hubwerkantriebs, C_{GVL} Abschnitte der Arbeitsspiele mit Last, volle Nennlast	$C/32$	$C/16$	$C/8$	$C/4$	$C/2$	C
Anzahl der Arbeitsspiele für die Auslegung des Hubwerkantriebs, C_{GVU} Abschnitte der Arbeitsspiele ohne Last	C	C	C	C	C	C

Legende

C Gesamtzahl der Arbeitsspiele des Krans bzw. Hubwerks, siehe EN 13001-1

Wenn der Wert von C anhand der U-Klasse nach EN 13001-1 bestimmt wurde, die für den Kran bzw. das Hubwerk festgelegt worden ist, muss C als die Obergrenze des für die festgelegte U-Klasse geltenden Bereichs angesehen werden.

6.3.2 Lasteinwirkungen und deren Häufigkeit des Auftretens

Getriebe für Vertikalbewegungen müssen für die Lasteinwirkungen, deren Häufigkeit des Auftretens und die Verlagerungen von Bewegungen nach Tabelle 9 ausgelegt sein. Die geänderte Anzahl der Arbeitsspiele (C_{GV}) für die Auslegung der Getriebe in den Abschnitten der Arbeitsspiele mit Last wird in Übereinstimmung mit 6.3.1 bestimmt.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 13001-3-7:2019-05