

DIN EN 13001-3-5

ICS 53.020.20; 53.020.30

Entwurf

Einsprüche bis 2013-12-11
Vorgesehen als Ersatz für
DIN SPEC 1186
(DIN CEN/TS
13001-3-5):2010-11

**Krane –
Konstruktion allgemein –
Teil 3-5: Grenzzustände und Sicherheitshinweise von geschmiedeten
Haken;
Deutsche Fassung prEN 13001-3-5:2013**

Cranes –
General design –
Part 3-5: Limit states and proof of competence of forged hooks;
German version prEN 13001-3-5:2013

Appareils de levage à charge suspendue –
Conception générale –
Partie 3-5: Etats limites et vérification d'aptitude des moufles à crochet;
Version allemande prEN 13001-3-5:2013

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2013-10-11 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de 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/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN, 60498 Frankfurt am Main, Postfach 71 08 64 (Hausanschrift: 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 81 Seiten

Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN

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 13001-3-5:2013

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung werden vom Arbeitsausschuss NA 060-22-02 AA „Krane - Konstruktion- allgemein“ sowie dem Lenkungsausschuss NA 060-22-10 AA „CEN/TC 147 – ISO/TC 96 – Krane“ im Fachbereich „Krane und Hebezeuge“ des Normenausschusses Maschinenbau (NAM) im DIN wahrgenommen. Vertreter der Hersteller und Anwender von Krane und Hebezeuge sowie der Berufsgenossenschaften sind an der Erarbeitung beteiligt.

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.

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

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

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

ISO 4306-1:2007 ähnlich DIN 15001-1:1973-11 und DIN 15001-2:1975-07

Änderungen

Gegenüber DIN SPEC 1186:2010-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aktualisierung der Normativen Verweisungen und der Literaturhinweise;
- b) Aufnahme eines informativen Anhangs ZA über den Zusammenhang dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN 15001-1:1973-11, *Krane — Begriffe, Einteilung nach der Bauart*

DIN 15001-2:1975-07, *Krane — Begriffe, Einteilung nach der Verwendung*

CEN/TC 147

Datum: 2013-09

prEN 13001-3-5:2013

CEN/TC 147

Sekretariat: BSI

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

Appareils de levage à charge suspendue — Conception générale — Partie 3-5 : Etats limites et vérification d'aptitude des moufles à crochet

Cranes — General Design — Part 3-5: Limit states and proof of competence of forged hooks

ICS:

Deskriptoren

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

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen.....	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Symbole und Abkürzungen	8
4 Allgemeine Anforderungen.....	10
4.1 Werkstoffe	10
4.2 Verarbeitung.....	12
4.3 Fertigungstoleranzen	12
4.4 Wärmebehandlung.....	13
4.5 Belastung mit einer Prüflast	13
4.6 Geometrie des Hakenkörpers.....	13
4.7 Bearbeitung des Hakenschaftes	15
4.8 Hakenmutter	16
4.9 Hakenaufhängung.....	16
5 Statische Festigkeit	16
5.1 Allgemeines	16
5.2 Bemessungsvertikalkraft	17
5.3 Bemessungshorizontalkraft	17
5.4 Biegemoment des Schaftes	18
5.5 Bemessungsspannungen an Hakenkörpern	22
5.6 Bemessungsspannungen des Hakenschaftes	23
5.7 Nachweis der statischen Festigkeit von Haken.....	24
6 Ermüdungsfestigkeit	25
6.1 Allgemeines	25
6.2 Bemessungsvertikalkraft für die Ermüdungsfestigkeit	25
6.3 Bemessungshorizontalkraft für die Ermüdungsfestigkeit	26
6.4 Bemessungsbiegemoment für die Ermüdungsfestigkeit des Schaftes.....	26
6.5 Nachweis der Ermüdungsfestigkeit von Hakenkörpern	27
6.6 Nachweis der Ermüdungsfestigkeit von Hakenschäften.....	32
6.7 Ermüdungsgerechte Konstruktion von Hakenschäften für serienmäßig gefertigte Haken.....	39
7 Verifizierung der Konformität mit den Anforderungen	39
7.1 Allgemeines	39
7.2 Verifizierung der Fertigung	39
7.3 Belastungsprüfung	39
7.4 Probenentnahme.....	40
8 Benutzerinformationen	40
8.1 Wartung und Prüfung.....	40
8.2 Kennzeichnung	41
8.3 Sichere Handhabung	42
Anhang A (informativ) Reihen von Einfachhaken	43
A.1 Serie von Einfachhaken des Typs RS/RSN, Maße der Schmiedestücke	43
A.2 Serie von Einfachhaken des Typs RF/RFN, Maße der Schmiedestücke.....	45

A.3	Serie von Einfachhaken des Typs B, Maße für Schmiedestücke	47
Anhang B (informativ)	Serie von Doppelhaken des Typs RS/RSN und RF/RFN, Maße der Schmiedestücke	49
Anhang C (normativ)	Grenzwerte der statistischen Bemessungskräfte von Hakenkörpern	51
C.1	Grenzwerte der statischen Bemessungskräfte von Hakenkörpern für Haken des Typs RS und RF	51
C.2	Grenzwerte der statischen Bemessungskräfte von Hakenkörpern für Hakenserien des Typs B, mit zusätzlichen Werkstoffen	52
Anhang D (normativ)	Grenzwerte der Bemessungskräfte für die Ermüdungsfestigkeit von Hakenkörpern	53
D.1	Grenzwerte der Bemessungskräfte für die Ermüdungsfestigkeit von Hakenkörpern für Haken des Typs RS und RF	53
D.2	Grenzwerte der Bemessungskräfte für die Ermüdungsfestigkeit für Hakenserien des Typs B, mit zusätzlichen Werkstoffen	54
Anhang E (normativ)	Berechnung von Hakenkörpern und spezifische Verhältniszahlen der Lastkollektive	55
E.1	Umrechnungsfaktor zur Berechnung des Hakenkörpers mit Hilfe einer Betriebsklasse	55
E.2	Spezifische Verhältniszahlen des Lastkollektivs	55
E.3	Kollektive, die den spezifischen Verhältniszahlen des Kollektivs zugrunde liegen	56
Anhang F (normativ)	Auswahl an Werkstoffgütern für Haken des Typs RS und RF	58
Anhang G (informativ)	Reihen von Hakenschaft- und Gewindeausführungen	59
G.1	Serie von Hakenschaft- und Gewindeausführungen mit Rundgewinde	59
G.2	Serie von Hakenschaft- und Gewindeausführungen mit metrischem Gewinde	61
G.3	Serie von Hakenschaft- und Gewindeausführungen mit modifiziertem metrischen Gewinde	63
G.4	Hakenschaft- und Gewindeausführungen für Haken des Typs B	65
Anhang H (normativ)	Biegung gekrümmter Balken	67
Anhang I (normativ)	Berechnung des Kippwiderstandes der Hakenaufhängung mit Scharniergelenkverbindung oder Seiltrieb	70
Anhang J (informativ)	Anleitung zur Auswahl der Hakengröße mit Hilfe der Anhänge C bis E	74
Anhang K (normativ)	Bereitstellung von Informationen durch den Hakenhersteller	76
Anhang L (informativ)	Auswahl geeigneter Krannormen für den konkreten Anwendungsfall	77
Anhang ZA (informativ)	Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2006/42/EG	78
Literaturhinweise		79

Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13001-3-5:2013) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 147 „Krane“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird CEN/TS 13001-3-5:2010 ersetzen.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem 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 Technische Spezifikation ist ein Teil der EN 13001. Die anderen Teile sind:

- *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*

Einleitung

Diese Europäische Norm wurde erarbeitet mit dem Ziel, als eines der Instrumente für die mechanische Konstruktion und den theoretischen Sicherheitsnachweis für Krane zu dienen, um den wesentlichen Gesundheits- und Sicherheitsanforderungen zu entsprechen. Ferner schafft diese Spezifikation Schnittstellen zwischen Betreiber (Käufer) und Konstrukteur sowie Konstrukteur und Hersteller von Bauteilen und soll somit eine Basis für die Auswahl von Kranen und Bauteilen sein.

Diese Europäische Norm ist eine Typs C-Norm.

Die betreffenden Maschinen und Anlagen und der Umfang, in dem Gefahren abgedeckt werden, sind im Anwendungsbereich dieser Europäische Norm angegeben.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm ist in Verbindung mit den anderen einschlägigen Teilen der Normenreihe zu sehen. Insgesamt werden darin die allgemeinen Bedingungen, Anforderungen und Methoden zur Verhinderung von Gefahren an Haken als Bestandteil sämtlicher Krantypen festgelegt.

Diese Europäische Norm gilt für folgende Hakenteile und Hakenarten:

- alle Arten von geschmiedeten Spitzhakenkörpern
- bearbeitete Hakenschäfte mit Gewinde-/Mutter-Aufhängung.

ANMERKUNG 1 Die Grundsätze der Europäische Norm sind auch auf andere Arten von Gabelhaken sowie bei der Ermittlung und Verwendung von Spannungskonzentrationsfaktoren, die für die betreffende Schaftkonstruktion von Bedeutung sind, anwendbar. Lamellenhaken, die aus einem oder mehreren parallel angeordneten Blechen aus Walzstahl zusammengesetzt sind, sind nicht Gegenstand dieser Europäische Norm.

Die vorliegende Europäische Norm gilt für Haken aus Werkstoffen mit einer Bruchfestigkeit von maximal 800 N/mm² und einer Fließgrenze von maximal 600 N/mm².

Im Folgenden sind signifikante Gefahrensituationen und Gefahrenereignisse aufgeführt, die zu Gefahren für den Menschen während des normalen Gebrauchs und bei vorhersehbarem Missbrauch führen könnten. Abschnitte 4 bis 8 dieses Dokuments sind wichtig, um Risiken, die mit nachfolgend genannten Gefahren verbunden sind, zu minimieren oder zu verhindern:

- a) Überschreiten der Festigkeitsgrenzwerte (Fließen, Bruch, Ermüdung);
- b) Überschreiten der Temperaturgrenzwerte des Werkstoffs;
- c) unbeabsichtigtes Aushängen der Last vom Haken.

Die Anforderungen dieser Europäische Norm sind im Hauptteil des Dokuments beschrieben und gelten für Hakenkonstruktionen allgemein. Die in den Anhängen A, B und G aufgeführten Bemessungen von Hakenkörpern und Hakenschäften dienen nur als Beispiel und sind nicht als Anforderungen dieser Europäische Norm zu verstehen.

Diese Europäische Norm gilt für Krane, die nach dem Datum der Genehmigung dieses Dokuments durch CEN gefertigt werden, und dient als Referenzgrundlage für Europäische Norm von speziellen Krantypen.

ANMERKUNG 2 Dieser Teil der EN 13001 befasst sich nur mit der Methode der Grenzzustände nach EN 13001-1.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei undatierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen)

EN 10002-1, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur*

EN 10045-1, *Metallische Werkstoffe — Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy — Teil 1: Prüfverfahren*

EN 10025-3:2004, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 3: Technische Lieferbedingungen für normal geglühte/normalisierend gewalzte Erzeugnisse aus schweißgeeigneten Feinkornbaustählen*

EN 10222-4:1998, *Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter — Teil 4: Schweißgeeignete Feinkornstähle mit hoher Dehngrenze*

EN 10228-3:1998, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schmiedestücken aus Stahl — Teil 3: Ultraschallprüfung von Schmiedestücken aus ferritischem oder martensitischem Stahl*

EN 10243-1:1999, *Gesenkschmiedeteile aus Stahl — Maßtoleranzen — Teil 1: Warm hergestellt in Hämmern und Senkrecht-Pressen*

EN 10250-2:1999, *Freiformschmiedestücke aus Stahl für allgemeine Verwendung — Teil 2: Unlegierte Qualitäts- und Edelstähle*

EN 10250-3:1999, *Freiformschmiedestücke aus Stahl für allgemeine Verwendung — Teil 3: Legierte Edelstähle*

EN 10254, *Gesenkschmiedeteile aus Stahl — Allgemeine technische Lieferbedingungen*

EN 13001-1+A1:2009, *Krane — Konstruktion allgemein — Teil 1: Allgemeine Prinzipien und Anforderungen*

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

CEN/TS 13001-3-2, *Krane — Konstruktion allgemein — Teil 3-2: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von Drahtseilen in Seiltrieben*

EN ISO 4287:1998, *Geometrische Produktspezifikationen (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren — Benennungen, Definitionen und Kenngrößen der Oberflächenbeschaffenheit (ISO 4287:1997)*

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

ISO 965-1:1998, *ISO general purpose metric screw threads — Tolerances — Part 1: Principles and basic data*

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 12100-1:2003 und ISO 4306-1:2007 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

Hakenschaft

Hakenoberteil, mit dem der Haken am Hubwerk des Kranes eingehängt wird

3.1.2

Hakenkörper

unterer, gebogener Teil des Hakens unterhalb des Schaftes

3.1.3

Hakengrund

Unterteil des Hakenkörpers, auf dem das Lastaufnahmemittel aufliegt

3.1.4

Gelenkverbindung der Hakenaufhängung

Merkmal der Hakenaufhängung, das dem Haken Kippbewegungen in Richtung der schrägen Belastungslinie ermöglicht

3.1.5

serienmäßig gefertigter Haken

Haken, der als Einzelteil oder als Komponente einer Hakenflasche konstruiert, gefertigt und für den Markt freigegeben wurde und an keinen bestimmten Krantyp oder Anwendungsfall gebunden ist

3.2 Symbole und Abkürzungen

Tabelle 1 — Symbole und Abkürzungen

Symbole, Abkürzungen	Bezeichnung
A_{d1}	Querschnittsfläche des geschmiedeten Schaftes
A_{d4}	Querschnittsfläche des kritischen Hakenschaftquerschnitts
A_v	Mindestkerbschlagzähigkeit des Materials
a	Beschleunigung
a_1	Kreisdurchmesser des Hakengrundes
a_2	Hakenmaulöffnung
a_3	Höhe der Hakenspitze
$b_{\max}$	Maximalbreite des kritischen Hakenschaftquerschnitts
b_{ref}	Referenzbreite
C	Gesamtzahl der Arbeitszyklen während der Bemessungslebensdauer des Kranes
C_t	Relativer Kippwiderstand der Hakenaufhängung
c_e	Beiwert für die Lastexzentrizität
D	Akkumulierte Schädigung (Hypothese von Palmgren-Miner)
d_1	Durchmesser des geschmiedeten Schaftes
d_3	Gewindenennendurchmesser
d_4	Durchmesser des Unterschnitts am Schaft
d_5	Gewindekerndurchmesser
e_R	Abstand der vertikalen Lastlinie von der Schaftmittellinie
F	Vertikalkraft
F_H	Vertikalkraft am Haken infolge nicht-regelmäßiger oder außergewöhnlicher Lasteinwirkungen
$F_{Rd,s}, F_{Rd,f}$	Grenzwert der Bemessungskräfte für die statische bzw. Ermüdungsfestigkeit
$F_{Sd,s}$	Bemessungsvertikalkraft zum Nachweis der statischen Festigkeit
$F_{Sd,f}$	Bemessungsvertikalkraft zum Nachweis der Ermüdungsfestigkeit
f_1, f_2, f_3	Weitere Einflussfaktoren
f_{Rd}	Grenzwert der Bemessungsspannung
f_y	Fließgrenze
f_u	Bruchfestigkeit
g	Beschleunigung durch Schwerkraft $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
$H_{Sd,s}$	Bemessungshorizontalkraft des Hakens
$H_{Sd,f}$	Bemessungshorizontalkraft zum Nachweis der Ermüdungsfestigkeit
h_1, h_2	Querschnittshöhen des Hakenkörpers
h	Vertikaler Abstand vom tiefsten Punkt des Hakengrundes zur Gelenkachse

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbole, Abkürzungen	Bezeichnung
h_s	Vertikaler Abstand vom tiefsten Punkt des Hakengrundes zum kritischen Querschnitt des Hakenschaftes
i	Index für ein Hubspiel oder Spannungsspiel
I	Referenzträgheitsmoment für gekrümmte Balken
I_{d1}	Trägheitsmoment des geschmiedeten Schaftes
I_{d4}	Trägheitsmoment des kritischen Querschnitts des Hakenschaftes
k_C	Transformationsfaktor für Spannungskollektiv und Betriebsklasse
k_h, k_s	Spannungskollektivbeiwerte
k_Q	Lastkollektivbeiwert nach EN 13001-1
k_5^*, k_6^*	Spezifische Verhältniszahlen des Kollektivs, $m = 5 / 6$
$\lg$	Logarithmus zur Basis 10
M_1, M_2, M_3, M_4	Biegemomente des Hakenschaftes
$M_{1,f,i}, M_{2,f,i}, M_{3,f,i}$	Biegemomente des Hakenschaftes für den Nachweis der Ermüdungsfestigkeit, Hubspiel i
$M_{Sd,s}$	Statisches Bemessungsbiegemoment
m	Wert der inversen Steigung der charakteristischen Bemessungswöhlerlinie
m_{RC}	Masse der Hubnennlast
m_i	Masse der Hakenlast in einem Hubspiel i
N	Gesamtzahl der Spannungsspiele / Hubspiele
N_D	Referenzzahl der Spannungsspiele, $N_D = 2 \times 10^6$
p	Gewindesteigung
p_a	Durchschnittliche Beschleunigungsanzahl je Hubspiel
R	Krümmungsradius des Hakenkörpers
R_a	Durchschnittliche Tiefe des Oberflächenprofils nach EN ISO 4287:1998
R_z	Maximale Tiefe des Oberflächenprofils nach EN ISO 4287:1998
r_g	Übergangsradius des Unterschnitts
r_{th}	Radius im Gewindegrund
s	Länge des Unterschnitts
s_h, s_s	Spannungsverlaufparameter
s_Q	Lastverlaufparameter
t	Gewindetiefe
T	Betriebstemperatur
u_S, u_T	Kerbtiefen
α	Winkel
α_S, α_T	Spannungskonzentrationsfaktoren
β	Winkel oder Richtung der Hakenschräglage

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbole, Abkürzungen	Bezeichnung
$\beta_n, \beta_{nS}, \beta_{nT}$	Kerbwirkungszahlen
ϕ_2	Dynamischer Beiwert für das Heben einer frei beweglichen Last vom Boden
ϕ_5	Dynamischer Beiwert für Änderungen der Beschleunigung einer Bewegung
γ_n	Risikobeiwert
γ_p	Teilsicherheitsbeiwert
γ_m	Allgemeiner Widerstandsbeiwert
γ_{sm}	Spezifischer Widerstandsbeiwert
γ_{Hf}, γ_{Sf}	Spezifische Widerstandsbeiwerte für die Ermüdungsfestigkeit
η_1	Randabstand eines Hakenkörperquerschnitts
ν	Beiwert für die Lastkomponente
ν_h, ν_s	Relative Spannungsspielzahlen
μ	Beiwert für den Mittelspannungseinfluss
σ_a	Schaftspannung durch Axialkraft
σ_b	Schaftspannung durch Biegemoment
σ_m	Mittelspannung eines Spannungsspiels
σ_A	Spannungsamplitude eines Spannungsspiels
σ_{Sd}	Bemessungsspannung
σ_M	Grundwert der Spannungsamplitude für die Ermüdungsfestigkeit eines ungekerbten Prüfkörpers
σ_p	Gesamtschwingbreite in einem Schwellbeanspruchungszyklus
σ_W	Spannungsamplitude für die Ermüdungsfestigkeit eines gekerbten Bauteils
$\sigma_{Tmax}, \sigma_{T1}, \sigma_{T2}$	Transformierte Spannungsamplituden
$\Delta\sigma_c$	Charakteristischer Wert der Ermüdungsfestigkeit
$\Delta\sigma_{Rd}$	Grenzwert der Bemessungsspannung für die Ermüdungsfestigkeit
$\Delta\sigma_{Sd,i}$	Schwingbreite in einem Hubspiel i
$\Delta\sigma_{Sd,max}$	Maximale Schwingbreite

4 Allgemeine Anforderungen

4.1 Werkstoffe

Der Hakenwerkstoff muss im Fertigerzeugnis über eine ausreichende Duktilität verfügen, um sich plastisch zu verformen, bevor die Last nicht mehr gehalten werden kann, wobei der für den Einsatz des Hakens spezifizierte Temperaturbereich zu berücksichtigen ist. Nach dem Schmieden und der Wärmebehandlung muss der Hakenwerkstoff mit einer V-Probe eine Mindestkerbschlagzähigkeit nach Tabelle 2 aufweisen.

Tabelle 2 — Kerbschlagprüfvorgabe für den Hakenwerkstoff

Betriebstemperatur	Prüf­temperatur	Mindestwert der Kerbschlag­zähigkeit A_v
$T \geq -30\text{ °C}$	-20 °C	27 J
$-30\text{ °C} > T \geq -40\text{ °C}$	-30 °C	
$-40\text{ °C} > T \geq -50\text{ °C}$	-40 °C	

Europäische Normen spezifizieren Werkstoffe und Werkstoffeigenschaften. Diese Europäische Norm enthält eine bevorzugte Auswahl. Für geschmiedete Haken werden die in Tabelle 3 angegebenen Stahlsorten und Stahlgüten verwendet. Weitere Einzelheiten sollten der jeweiligen Europäischen Norm entnommen werden.

Tabelle 3 — Bevorzugte Werkstoffe für geschmiedete Haken

Werkstoffnorm	Ausgewählte Stahlgüten	
EN 10025-3	S275N S355N	S420N
EN 10222-4	P285NH P285QH P355NH P355QH	P420NH P420QH
EN 10250-2	S235J2 S355J2	
EN 10250-3	25CrMo4+QT 34CrMo4+QT 36CrNiMo4+QT	34CrNiMo6+QT 30CrNiMo8+QT

Es dürfen auch Stahlsorten und Stahlgüten, die nicht in den vorgenannten Normen oder in Tabelle 3 aufgeführt sind, verwendet werden, wenn die mechanischen Eigenschaften und die chemische Zusammensetzung durch den Hersteller sichergestellt werden und diese den Qualitätsvorgaben der in Tabelle 3 verwiesenen Normen entsprechen.

Die mechanischen Eigenschaften (Fließgrenze, Bruchfestigkeit) sind abhängig von der Dicke des geschmiedeten Hakenkörpers. Als maßgebliche Dicke muss dabei entweder die breiteste Stelle des Hakengrundes oder der Durchmesser des Hakenschaftes verwendet werden, in jedem Fall aber der größere Wert.

Zum Zwecke der Normierung werden die Werkstoffgüten für geschmiedete Haken in Klassen nach Tabelle 4 unterteilt. Wird der Hakenwerkstoff durch eine solche Stahlgüteklasse spezifiziert, sind die in Tabelle 4 angegebenen Werte für die mechanischen Eigenschaften als Bemessungswerte zugrunde zu legen und als Mindestwerte durch den Hakenhersteller sicherzustellen.

Tabelle 4 — Materialeigenschaften der Stahlgüteklassen

Stahlgüteklasse	Mechanische Eigenschaften	
	Fließgrenze f_y N/mm ²	Fließgrenze f_u N/mm ²
M	215	340
P	315	490
S	380	540
T	500	700
V	600	800

Anhang F enthält eine Auswahl an Materialeigenschaften entsprechend den Stahlgüteklassen von Tabelle 4 für die in Anhang A und Anhang B genannten Hakengrößen. Es dürfen auch andere Stahlgüten verwendet werden, so lange die Anforderungen nach Tabelle 4 erfüllt und durch den Hakenhersteller garantiert werden.

4.2 Verarbeitung

Fertigungsprozess, Werksprüfungen und Lieferbedingungen müssen den Anforderungen nach EN 10254 entsprechen.

Jeder Hakenkörper muss in einem Stück warm geschmiedet werden. Der makroskopische Faserverlauf des Schmiedestückes muss der Außenlinie des Hakenkörpers entsprechen. Der Schmiedegrat ist sauber zu entfernen, so dass die Oberfläche frei von scharfen Kanten ist.

Profilfräsen aus einer Platte ist für geschmiedete Haken unzulässig.

Die Oberflächenrauigkeit des Hakengrundes im Fertigerzeugnis darf maximal R_z 500 µm betragen. Die geforderte Oberflächenqualität darf durch Schleifen erreicht werden. Dabei ist darauf zu achten, dass mögliche Schleifspuren in Umfangsrichtung bezogen auf den Kreisquerschnitt des Hakengrundes verlaufen.

Nach der Wärmebehandlung ist der Ofenzunder zu entfernen und der Hakenkörper muss frei von schadhaften Mängeln einschließlich Rissen sein. Der geschmiedete Haken ist mit Hilfe geeigneter zerstörungsfreier Prüfverfahren nach EN 10228-3 auf Mängel zu untersuchen. Dabei müssen die Anforderungen der Güteklasse 1 nach EN 10228-3:1998 erfüllt sein.

Schweißen ist in allen Fertigungsstufen unzulässig.

4.3 Fertigungstoleranzen

Die Maßtoleranzen für die Schmiedegüte F nach EN 10243-1 müssen eingehalten werden, soweit keine anderslautenden Festlegungen in diesem Dokument getroffen werden.

Der Kreisdurchmesser des Hakengrundes und die Hakenmaulöffnung dürfen eine Abweichung von [0; +7 %] vom Nennmaß aufweisen. Die Grenzabweichung der Höhe der Hakenspitze a_3 vom Nennmaß beträgt [-7 %; +7 %].

Die Mittellinie des bearbeiteten Schaftes darf nicht mehr als $\pm 0,02 a_1$ von der Mitte des Hakengrundes abweichen.

Die Form des Hakens in seiner eigenen Ebene muss so beschaffen sein, dass die Achsen der Materialquerschnitte, die durch zwei Flanken eines Querschnittes definiert werden, zwischen zwei parallelen Ebenen mit einem Abstand von $0,05 d_1$ liegen.

4.4 Wärmebehandlung

Geschmiedete Haken werden entweder bei einer Temperatur über dem AC_3 -Punkt gehärtet und vergütet oder bei einer Temperatur über dem AC_3 -Punkt normalgeglüht. Die Anlasstemperatur muss mindestens 475 °C betragen.

Die Normalglüh- und Anlassbedingungen müssen mindestens so effektiv sein wie die Temperatur von 475 °C bei einer Haltezeit von 1 h.

4.5 Belastung mit einer Prüflast

Im Rahmen des Fertigungsprozesses können Haken einer Belastung mit Prüflast unterzogen werden. Diese Prüflast kann sowohl einem erweiterten Qualitätsmanagement als auch der allgemeinen Verbesserung des Ermüdungsverhaltens von Haken dienen. Wird die Prüflast angewendet, so ist wie folgt vorzugehen:

- a) die Belastung mit einer Prüflast erfolgt nach dem Schmieden im Anschluss an die Wärmebehandlung und Bearbeitung des Schaftes;
- b) die Prüfzugkraft muss zwischen Hakengrund und Hakenaufhängungsmutter aufgebracht werden, und zwar entweder als geradlinige Zugkraft parallel zum Hakenschaft oder entsprechend der Belastung mit einer Prüflast nach Bild 7:
- c) eine durch die Belastung mit einer Prüfkraft hervorgerufene relative plastische Verformung an der Maulöffnung darf nicht mehr als 0,25 % betragen;
- d) werden Haken in Chargen hergestellt, muss die Belastung mit einer Prüflast für jeden einzelnen Haken der Charge erfolgen;
- e) die Höhe der Prüflast ist so zu wählen, dass die Spannung an der Innenfläche höher ist als die Fließgrenze des Werkstoffes;
- f) im Allgemeinen sollte die Höhe der Prüflast im Verhältnis zum Grenzwert der statischen Bemessungskraft des Hakenkörpers stehen und innerhalb der Grenzwerte $1,0 \cdot F_{Rd,s}$ und $1,2 \cdot F_{Rd,s}$ liegen;
- g) nach der Belastung mit einer Prüflast muss der Haken mit Hilfe geeigneter zerstörungsfreier Prüfverfahren auf Mängel untersucht werden. Er darf keine gravierenden Fehler, Mängel oder Risse aufweisen;
- h) Haken, die einer Prüflast belastet wurden, sind mit einem Stempel mit dem Symbol „PL“ direkt neben der Hakentyp-Kennzeichnung zu versehen.

ANMERKUNG Die Vorteile, die sich aus der Anwendung der Belastung mit einer Prüflast auf das anschließende Ermüdungsverhalten und den Qualitätsmanagementprozess ergeben, sind nicht Inhalt dieser Europäischen Norm.

4.6 Geometrie des Hakenkörpers

Die Proportionen der Hakenquerschnitte müssen so ausgelegt sein, dass die Spannungen nicht die Spannungen in den kritischen Querschnitten nach 5.5.1 überschreiten.

Der Hakengrund hat die Form eines Kreises. Bei einem Einfachhaken ist darauf zu achten, dass der Krümmungsmittelpunkt mit der Mittellinie des bearbeiteten Schaftes übereinstimmt. Bei einem Doppelhaken muss die Kreislinie des Hakengrundes tangential zur Außenkante des geschmiedeten Schaftes verlaufen.

Ein Doppelhaken muss symmetrisch zur Schaftmittellinie sein.

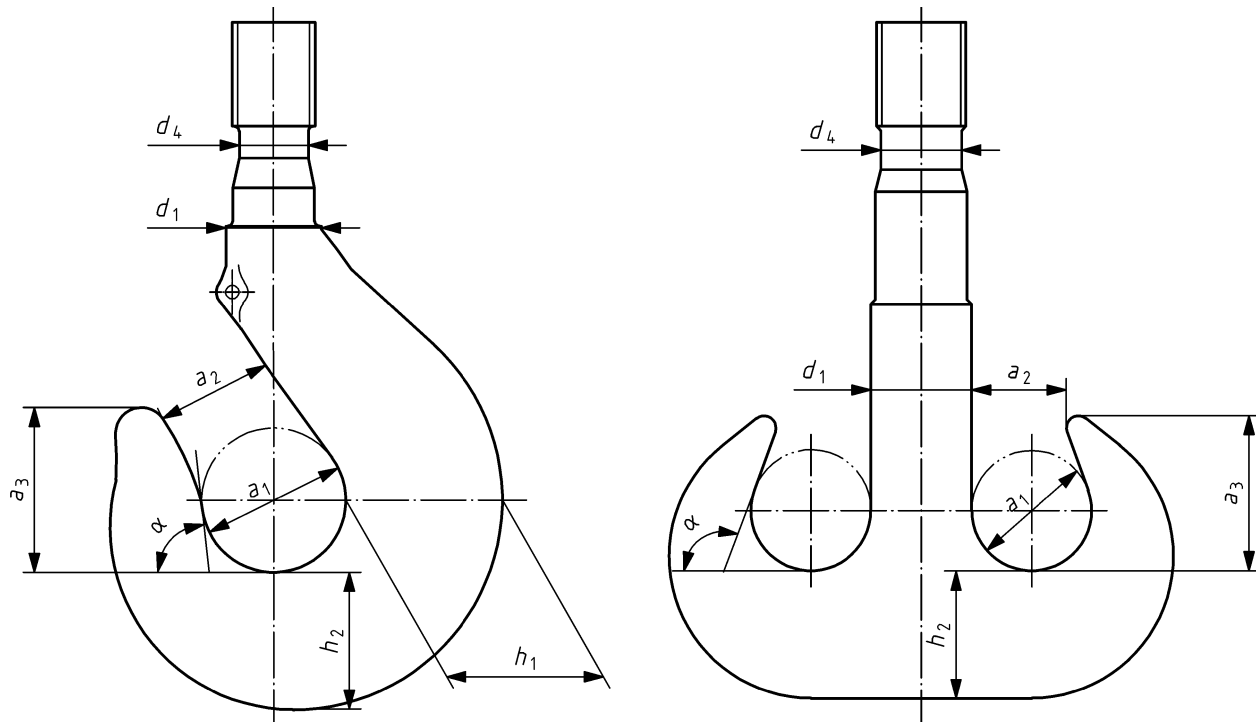


Bild 1 — Hakenmaße

Der Durchmesser des geschmiedeten Schaftes (d_1) muss sich folgendermaßen proportional zum Kreisdurchmesser (a_1) verhalten: $d_1 \geq 0,55 a_1$.

Der Intersektionspunkt zwischen Innenkante und Kreis des Hakengrundes (a_1) muss mit der Horizontalen folgenden Mindestwinkel bilden: bei Einfachhaken $\alpha \geq 60^\circ$, bei Doppelhaken $\alpha \geq 90^\circ$.

Die vollständige Maulöffnung (a_2) — ohne Berücksichtigung des Sicherungsbügels — muss folgendes Verhältnis zum Kreisdurchmesser des Hakengrundes haben: $a_2 \leq 0,85 a_1$. Die effektive Maulöffnung mit Sicherungsbügel muss mindestens $a_0 \geq 0,7 a_1$ betragen.

Die Höhe der Hakenspitze (a_3) muss mindestens $a_3 \geq a_1$ sein.

In den Anhängen A und B werden Beispiele für Hakenkörpermaße aufgeführt, die den Anforderungen dieses Abschnittes entsprechen.

4.7 Bearbeitung des Hakenschaftes

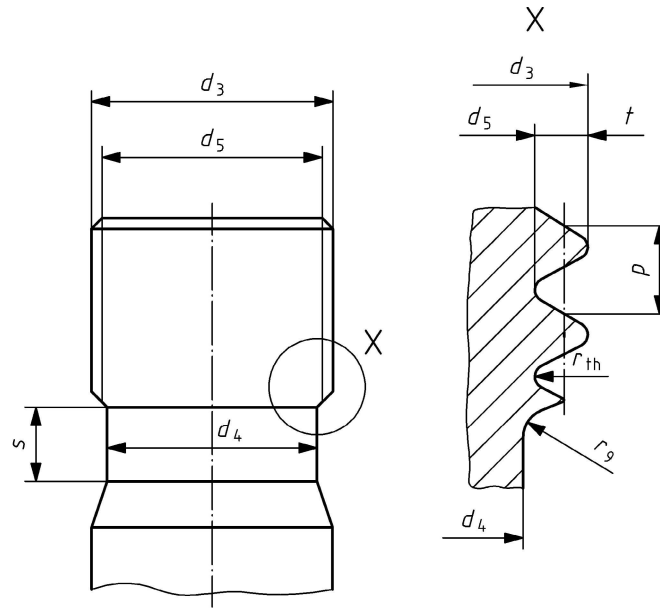


Bild 2 — Maße des bearbeiteten Schaftes

Die Länge des Schaftteils mit Gewinde darf nicht weniger als $0,8 d_3$ betragen.

Das Verhältnis der Gewindesteigung (p) zum Gewindenennendurchmesser (d_3) ist wie folgt vorzusehen: $0,055 d_3 \leq p \leq 0,15 d_3$.

Das Verhältnis der Gewindetiefe (t) zur Gewindesteigung (p) ist wie folgt vorzusehen: $0,45 p \leq t \leq 0,61 p$.

Der Radius im Grund des Gewindeprofils (r_{th}) darf nicht weniger als $0,14 p$ betragen. Gewindetypen, bei denen der Radius im Grund nicht festgelegt ist, dürfen nicht verwendet werden.

Der Schaft muss unterhalb des letzten Gewindeganges mit einer Unterschneidung (mit einem Durchmesser d_4) versehen sein, deren Länge (s) sich zur Tiefe der Unterschneidung wie folgt verhält: $s \geq 2 (d_3 - d_4)$. Die Unterschneidung muss tiefer sein als der Kerndurchmesser des Gewindeprofils (d_5), mindestens jedoch wie folgt: $d_4 \leq (d_5 - 0,3 \text{ mm})$. Die Unterschneidung muss mit einem Profilschleifwerkzeug auf eine Oberflächengüte von $R_a \leq 3,2 \mu\text{m}$ gebracht werden und darf keine Bearbeitungsspuren und Mängel aufweisen.

Zwischen dem Gewindeteil und der Unterschneidung muss ein Übergangsradius vorhanden sein. Dieser Übergangsradius (r_g) muss sich zum Durchmesser der Kerbe (d_4) wie folgt verhalten: $r_g \geq 0,06 d_4$. Die Form des Übergangsbereiches muss kein ganzes Viertel des Kreises ausmachen.

Der dünnste Querschnitt des bearbeiteten Schaftes (demzufolge d_4) muss die Bedingung $d_4 \geq 0,65 d_1$ erfüllen, wobei d_1 der Durchmesser des geschmiedeten Schaftteils ist. Siehe dazu Bild 1.

Der gesamte bearbeitete Schaftquerschnitt muss einen Radius für jede Durchmesseränderung haben. Der bearbeitete Querschnitt darf nicht an den gebogenen Teil des geschmiedeten Hakenkörpers heranreichen.

Schraubgewinde müssen den Toleranzvorgaben nach ISO 965-1 (Grobgewindeserie) und der mittleren Passungsklasse 6g entsprechen.

Anhang G enthält Beispiele für bearbeitete Schäfte und Gewindemaße, die den geometrischen Anforderungen entsprechen.

4.8 Hakenmutter

Die Werkstoffgüte der Mutter muss der Werkstoffgüte des Hakens entsprechen.

Die Höhe der Mutter ist so zu wählen, dass das Gewinde der Mutter das Gewinde des Hakenschaftes über die volle Länge abdeckt.

Um ein Lösen der Mutter zu verhindern, muss diese formschlüssig am Schaft gegen Verdrehen gesichert werden. Beim Sichern ist darauf zu achten, dass die unteren zwei Drittel der Verbindung zwischen Mutter und Schaftgewinde frei bleiben. Die Sicherung ist so auszuführen, dass eine relative Axialbewegung zwischen Schaft und Mutter durch Spiel in der Gewindeverbindung möglich ist. Alternativ ist beim Sichern darauf zu achten, wenn die Mutter mit einem Stift oder einem ähnlichen Befestigungsteil gesichert wird, dass die tragenden Gewindeflanken von Mutter und Schaft sich direkt berühren und somit eine ungestörte Lastübertragung gewährleisten.

Die Mutter muss wälzgelagert sein und ermöglicht somit dem Hakenkörper, sich um die vertikale Achse zu drehen. Die Kontaktfläche zwischen Mutter und Lager muss den Anforderungen des jeweiligen Lagers entsprechen. Es ist darauf zu achten, dass sich die Kontaktfläche im Bereich der unteren Hälfte der Gewindeverbindung befindet.

Schraubgewinde der Mutter müssen den Vorgaben nach ISO 965-1 (Grobgewindeserie) und einer mittleren Passungsklasse von 6H entsprechen. Der Radius im Grund des Gewindeprofils für die Mutter darf nicht kleiner sein als $0,07 p$, wobei p die Gewindesteigung bezeichnet. Gewindetypen, von denen der Radius im Grund nicht angegeben ist, dürfen nicht verwendet werden.

4.9 Hakenaufhängung

Im Allgemeinen und im Besonderen bei serienmäßig gefertigten Hakenflaschen muss die Hakenaufhängung zusammen mit dem Hubseil des Seiltriebes so ausgelegt sein, dass sich die Neigung des Hakens beliebig entsprechend der Schräglage der Lastlinie frei einstellen kann. Ist diese Gelenkigkeit der Hakenaufhängung nicht gegeben, muss dies in den Konstruktionsberechnungen für den Haken besondere Berücksichtigung finden. Es ist ebenfalls in den Konstruktionsberechnungen zu berücksichtigen, wenn durch Änderung der Konfiguration oder der Position der Kran-/Hakenflasche die Gelenkigkeit der Hakenaufhängung möglicherweise eingeschränkt ist.

Die gleichen Lasteinwirkungen, wie sie für den Haken definiert wurden, sind bei der Auslegung der Hakenaufhängung zu beachten.

5 Statische Festigkeit

5.1 Allgemeines

Der Nachweis der statischen Festigkeit für Haken muss gemäß den Grundsätzen nach EN 13001-1 und EN 13001-2 erfolgen. Der allgemeine Grenzwert für die Bemessung der statischen Festigkeit ist das Fließen des Materials.

Der Nachweis für die festgelegten kritischen Hakenquerschnitte unter Berücksichtigung der ungünstigsten Lasteinwirkungen aus Lastkombinationen A, B oder C nach EN 13001-2 sowie der relevanten Teilsicherheitsbeiwerte γ_p müssen zur Verfügung gestellt werden. Die Risikobeiwerte γ_n finden nur Berücksichtigung, wenn es die konkreten Anwendungsfälle oder die entsprechenden Bestimmungen der einschlägigen Europäischen Krannormen erfordern.

5.2 Bemessungsvertikalkraft

Die Bemessungsvertikalkraft für Haken $F_{Sd,s}$, die beim Heben der Hakennennlast wirkt, muss wie folgt berechnet werden:

$$F_{Sd,s} = \phi \cdot m_{RC} \cdot g \cdot \gamma_p \cdot \gamma_n \quad (1)$$

$$\text{mit } \phi = \max \left\{ \phi_2; \left(1 + \phi_5 \cdot \frac{a}{g} \right) \right\}$$

Dabei ist

- ϕ_2 der dynamische Beiwert beim Anheben einer frei beweglichen Last vom Boden, siehe EN 13001-2;
- ϕ_5 der dynamische Beiwert für Lasten, die durch beschleunigtes Heben erzeugt werden, siehe EN 13001-2;
- a die vertikale Beschleunigung oder Verzögerung;
- m_{RC} die Masse der Hakennennlast;
- g die Beschleunigung infolge der Schwerkraft $g = 9,81 \text{ m/s}^2$;
- γ_p der Teilsicherheitsbeiwert, siehe EN 13001-2;
 - $\gamma_p = 1,34$ für regelmäßige Lasten (Lastkombinationen A);
 - $\gamma_p = 1,22$ für nicht-regelmäßige Lasten (Lastkombinationen B);
 - $\gamma_p = 1,10$ für außergewöhnliche Lasten (Lastkombinationen C);
- γ_n der Risikobeiwert.

Andere Lasteinwirkungen und Lastkombinationen nach EN 13001-2 können Vertikalkräfte am Haken hervorrufen, deren Lasteinwirkungen ebenfalls untersucht werden müssen. Die Bemessungsvertikalkraft in diesen Fällen lässt sich mit folgender allgemeiner Gleichung berechnen:

$$F_{Sd,s} = F_H \cdot \gamma_p \cdot \gamma_n \quad (2)$$

Dabei ist

- F_H die Vertikalkraft am Haken, die durch andere Lasteinwirkung als durch das Heben einer Nennlast erzeugt wird; z. B. eine Prüflast oder Spitzenlast bei Überbelastung;
- γ_p der Teilsicherheitsbeiwert, wie oben beschrieben, siehe EN 13001-2;
- γ_n der Risikobeiwert.

5.3 Bemessungshorizontalkraft

Die Horizontalkräfte, die für die Festigkeit von Haken von entscheidender Bedeutung sind, entstehen durch horizontale Beschleunigungen der Kranbewegungen. Andere horizontale Kräfte, die z. B. durch Wind oder seitliches Ziehen erzeugt werden, sind zu beachten, wenn diese relevant sind. Es wird angenommen, dass die Horizontalkraft an der tiefsten Stelle des Hakengrundes einwirkt.

Die Bemessungshorizontalkraft für den Haken $H_{Sd,s}$, die auf horizontale Beschleunigung zurückzuführen ist, muss wie folgt berechnet werden:

$$H_{Sd,s} = \min \left\{ \frac{m_{RC} \cdot a \cdot \phi_5 \cdot \gamma_p \cdot \gamma_n}{C_t \cdot F_{Sd,s} / h} \right\} \quad (3)$$

Dabei ist

- m_{RC} die Masse der Hakenennlast;
- a die Beschleunigung oder Verzögerung der horizontalen Bewegung;
- ϕ_5 der dynamische Beiwert für Lasten, die durch horizontale Beschleunigung erzeugt werden, siehe EN 13001-2. Für Hakenaufhängungen, die in horizontaler Richtung nicht starr mit beweglichen Kranteilen verbunden sind, gilt $\phi_5 = 1$;
- γ_p der Teilsicherheitsbeiwert nach Gleichung (1);
- γ_n der Risikobeiwert;
- C_t der relative Kippwiderstand der Hakenaufhängung nach Anhang I;
- $F_{Sd,s}$ die Bemessungsvertikalkraft nach 5.2 für einen Lastzustand, bei dem $H_{Sd,s}$ festgelegt ist;
- h der vertikale Abstand vom tiefsten Punkt des Hakengrundes am Hakenkörper zur Gelenkachse.

5.4 Biegemoment des Schaftes

5.4.1 Allgemeines

Bei der Ermittlung des Gesamtbiegemoments des Hakenschaftes ist folgende Lasteinwirkung zu beachten:

- a) Horizontalkräfte, siehe 5.4.2;
- b) Schräglage der Hakenaufhängung, siehe 5.4.3;
- c) Exzentrische Einwirkung der Vertikalkraft am Hakengrund, siehe 5.4.4;
- d) Doppelhaken mit jeweils halber Nennlast pro Haken, siehe 5.4.5.

Die Biegemomente, die durch diese Lasteinwirkungen erzeugt werden, sind auf die gleichen Lastkombinationen zurückzuführen, zu denen die Grundlasten oder Betriebsbedingungen, die das Biegemoment erzeugen, gehören.

5.4.2 Biegemoment bei horizontaler Krafteinwirkung

In diesem Abschnitt wird das Biegemoment des Schaftes beschrieben, das durch äußere horizontal wirkende Kräfte erzeugt wird. Das Biegemoment M_1 , erzeugt durch die Bemessungshorizontalkraft $H_{Sd,s}$, muss am kritischen Querschnitts des Hakenschaftes wie folgt berechnet werden:

$$M_1 = H_{Sd,s} \cdot h_s \quad (4)$$

Dabei ist

- $H_{Sd,s}$ die Bemessungshorizontalkraft nach 5.3;
- h_s der vertikale Abstand vom tiefsten Punkt des Hakengrundes zum oberen Ende des dünnsten Querschnitts des Hakenschaftes.

5.4.3 Biegemoment bei Schräglage der Hakenaufhängung

Ist das Hubwerk oder der Haken/die Hakenflasche so ausgelegt, dass die Hakenaufhängung unter Last eine Schräglage einnehmen kann, ist das Biegemoment am Schaft, das durch diese Schräglage verursacht wird, in den Konstruktionsberechnungen zu berücksichtigen. Eine derartige Schräglage kann z. B. verursacht werden durch:

- Unterschiedliche Hubwege von zwei separaten Hubwerksantrieben, die eine Traverse mit Haken aufnehmen, siehe Bild 3;
- Schräglage eines Einzelseiltriebs während der Hub-/Senkbewegung, siehe Bild 4;
- Schräglage eines Kranteils, an dem der Haken starr befestigt ist; oder
- Schräglage eines Kranteils mit 2 Endanschlüssen, die die Hakenflasche in oberster Hubposition erreicht.

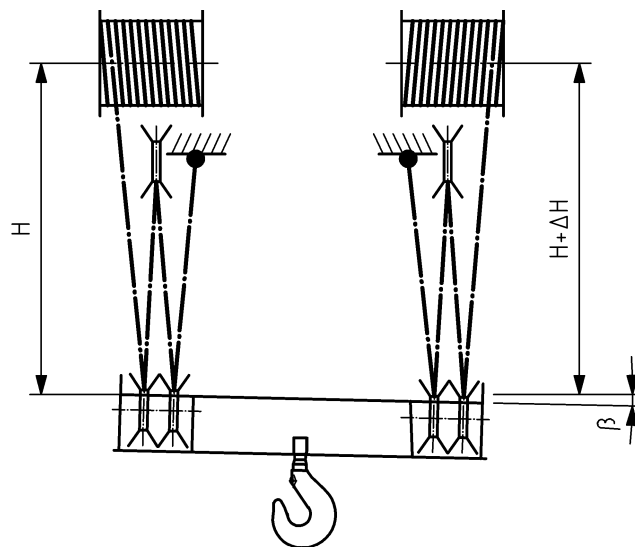


Bild 3 — Schräglage des Hakens bei unterschiedliche Hubwegen

Infolge der Schräglage hat die Vertikalkraft eine Kraftkomponente, die senkrecht zur Achse des Hakenschaftes verläuft. Diese Kraft ist in gleicher Weise wie die Horizontalkräfte zu berücksichtigen. Das Biegemoment M_2 , das am kritischen Querschnitt des Hakenschaftes erzeugt wird, verhält sich zur Bemessungsvertikalkraft wie folgt:

$$M_2 = F_{Sd,s} \cdot h_s \cdot \sin(\beta) \quad (5)$$

Dabei ist

- $F_{Sd,s}$ die Bemessungsvertikalkraft nach 5.2, bezogen auf den Zustand mit Hakenschräglage β ;
- β die maximale Gesamtschräglage der jeweiligen relevanten Lastkombination;
- h_s der vertikale Abstand zwischen dem tiefsten Punkt des Hakengrundes und oberem Ende des dünnsten Teils des Hakenschaftes.

Bei einer Hakenflasche mit Seilausgleich und mehreren Seilsträngen sowie nur einem von der Trommel ablaufenden Seil führen Hebe- und Senkbewegungen dazu, dass die Hakenaufhängung kippt, wie in Bild 4 veranschaulicht. Die Schräglage wird wie folgt berechnet:

$$\beta = \arctan(C_t/h) \quad (6)$$

Dabei ist

- C_t der relative Kippwiderstand der Hakenaufhängung nach Anhang I;
- h der vertikale Abstand zwischen tiefstem Punkt des Hakengrundes am Hakenkörper und Gelenkachse.

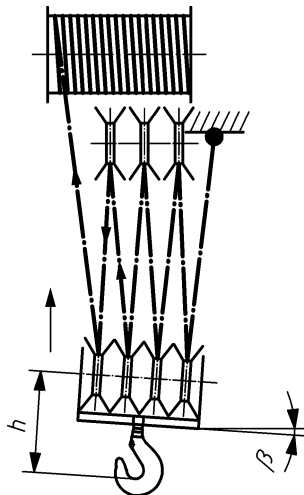


Bild 4 — Kippen der Hakenaufhängung bei Einzelseiltrieb

Die maximale Schräglage, die damit verbundene Vertikalkraft und das daraus resultierende Biegemoment M_2 sind für alle relevanten Kranlastzustände separat zu berechnen.

5.4.4 Biegemoment bei Exzentrizität der Vertikalkraft

Eine Hebevorrichtung ist nicht immer in der Mitte des Hakengrundes angeordnet. Die Abweichung der Vertikalkraft-Wirkungslinie von der Schaftmittellinie erzeugt ein Biegemoment, das wie folgt errechnet werden muss:

$$M_3 = c_e \cdot F_{Sd,s} \cdot a_1 \quad (7)$$

Dabei ist

- $F_{Sd,s}$ die Bemessungsvertikalkraft nach 5.2;
- a_1 der Kreisdurchmesser des Hakengrundes am Hakenkörper;
- c_e der Exzentrizitätsbeiwert;
- $c_e = 0,05$.

ANMERKUNG In den Konstruktionsberechnungen kann eine geringere Exzentrizität zugrunde gelegt werden, wenn mit Hilfe eines formschlüssigen mechanischen Hilfsmittels sichergestellt wird, dass die Hebevorrichtung näher zur Mitte des Hakengrundes gelangt.

5.4.5 Sonderfall für Doppelhaken

Als Sonderlastfall für Doppelhaken muss angenommen werden, dass die Vertikalkraft zur Hälfte auf einen der beiden Hakenteile einwirkt, während die andere Hakenhälfte unbelastet ist. In den Berechnungen wird dieser Lastfall der Lastkombination C zugeordnet.

Für einen Doppelhaken mit einseitiger Belastung lässt sich das Biegemoment M_4 , das an dem kritischen Hakenschaftquerschnitt erzeugt wird, wie folgt berechnen:

$$M_4 = F_{Sd,s} / 2 \cdot \left[e_R \cdot (1 - h_s / h) + h_s / h \cdot \min \left\{ \frac{e_R}{C_t} \right\} \right] \quad (8)$$

mit

$$e_R = (a_1 + d_1) / 2$$

Dabei ist

- $F_{Sd,s}$ die Bemessungsvertikalkraft nach 5.2 und γ_p für Lastkombination C;
- d_1 der Durchmesser des geschmiedeten Hakenschaftes;
- a_1 der Kreisdurchmesser des Hakengrundes;
- e_R der Abstand der vertikalen Lastlinie von der Schaftmittellinie;
- h der vertikale Abstand vom tiefsten Punkt des Hakengrundes zur Gelenkachse;
- h_s der vertikale Abstand vom tiefsten Punkt des Hakengrundes zum oberen Ende des dünnsten Teils des Hakenschaftes;
- C_t der relative Kippwiderstand der Hakenaufhängung, siehe dazu Anhang I.

5.4.6 Bemessungsbiegemoment des Schaftes

Im Allgemeinen muss das Bemessungsbiegemoment am kritischen Hakenquerschnitt $M_{Sd,s}$ für Lastzustände, wie in 5.4.2 bis 5.4.4 beschrieben, wie folgt berechnet werden, und zwar für jede relevante Lastkombination separat:

$$M_{Sd,s} = \min \left\{ \begin{array}{l} (M_1 + M_2 + M_3) \\ C_t \times F_{Sd,s} \end{array} \right\} \quad (9)$$

Dabei ist

- M_1 bis M_3 die Biegemomente nach 5.4.2 bis 5.4.4;
- C_t der relative Kippwiderstand der Hakenaufhängung, siehe Anhang I;
- $F_{Sd,s}$ die Bemessungsvertikalkraft nach 5.2.

Außerdem ist das Bemessungsbiegemoment entsprechend dem Sonderfall in 5.4.5 in der Lastkombination C wie folgt zu berücksichtigen:

$$M_{Sd,s} = M_4 \quad (10)$$

Dabei ist

- M_4 das Biegemoment nach 5.4.5.

5.5 Bemessungsspannungen an Hakenkörpern

5.5.1 Lasteinwirkungen

Die Bemessungsvergaskraft $F_{Sd,s}$ wird in zwei Kraftkomponenten unterteilt, die in der Mitte des Kreises des Hakengrundes symmetrisch an den gegenüberliegenden Seiten der vertikalen Mittellinie in einem Winkel α zur Vertikalen einwirken. Siehe dazu Bild 5.

Für den Winkel muss ein Mindestwert von $\alpha = 45^\circ$ angenommen werden.

Bei Doppelhaken wird eine gleichmäßige Lastverteilung zwischen den beiden Haken wie in den Lastkombinationen A und B angenommen.

Als Sonderlastfall für Doppelhaken muss angenommen werden, dass die Vergaskraft zur Hälfte auf einen Haken einwirkt, während der andere Haken unbelastet ist. In den Berechnungen wird dieser Lastfall der Lastkombination C zugeordnet.

Die Horizontalkräfte bleiben in den Berechnungen für Hakenkörper unberücksichtigt.

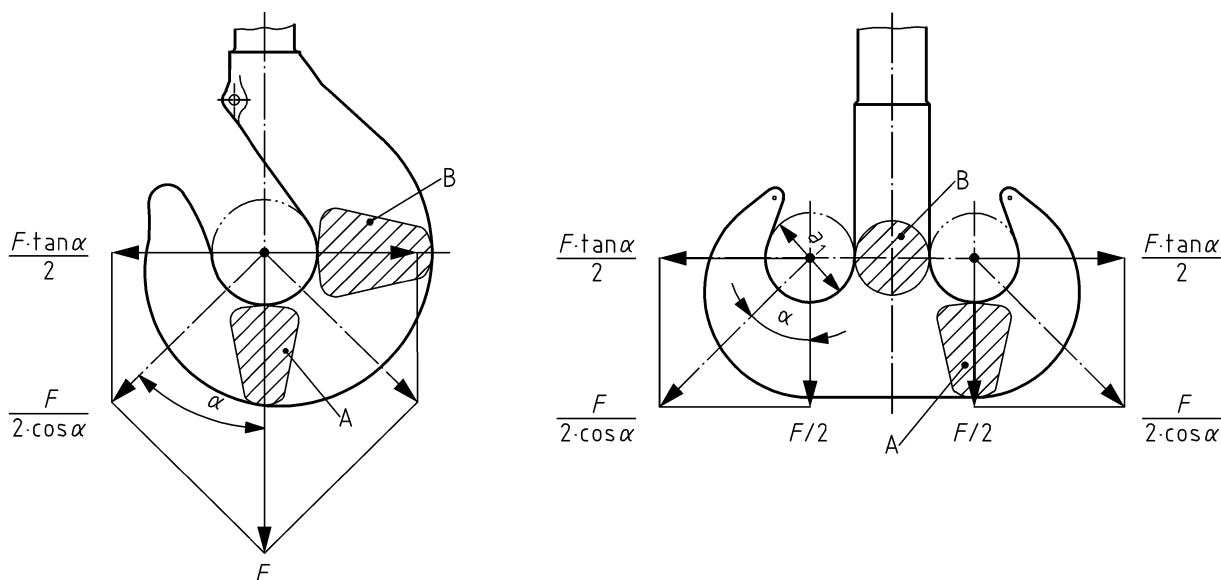


Bild 5 — Lasteinwirkungen am Hakenkörper und kritische Querschnitte für die Berechnung

5.5.2 Verfahren zur Berechnung von Spannungen

Spannungen an den bezeichneten Querschnitten des Hakenkörpers müssen mit Hilfe der in Anhang H beschriebenen Biegetheorie für gekrümmte Balken, der Finite-Elemente-Methode oder durch Experimente im Echtmaßstab ermittelt werden. Für die Ermittlung von Spannungen am Querschnitt B eines Doppelhakens kann jedoch die konventionelle Balkenbiegetheorie verwendet werden.

Die folgenden Abschnitte basieren auf der Biegetheorie für gekrümmte Balken.

5.5.3 Bemessungsspannungen

Die Bemessungsspannungen σ_{Sd} in den Querschnitten A und B eines Einfachhakens und in Querschnitt A eines Doppelhakens müssen wie folgt berechnet werden:

$$\sigma_{Sd,s} = \frac{\nu \cdot F_{Sd,s} \cdot R \cdot \eta_1}{I} \cdot \frac{1}{1 - \eta_1 / R} \quad (11)$$

mit

$$R = a_1 / 2 + \eta_1$$

und

$$\nu = 1 \quad \text{für Querschnitt B eines Einfachhakens;}$$

$$\nu = 0,5 \cdot \tan \alpha \quad \text{für Querschnitt A eines Einfach- und Doppelhakens, } \alpha = 45^\circ.$$

Dabei ist

- R der Hakenbiegungsradius, der durch den Schwerpunkt des Querschnitts bestimmt wird;
- $F_{\text{Sd,s}}$ die Bemessungsvertikalkraft nach 5.2;
- I das Referenzträgheitsmoment des gekrümmten Balkens;
- a_1 der Kreisdurchmesser des Hakengrundes;
- η_1 der absolute Wert der y -Koordinate an der Innenkante des betreffenden Querschnitts;
- α der Winkel der Lasteinwirkungslinien zur Vertikalen, siehe Bild 5.

Die Größen η_1 und I sind spezifische Querschnittswerte, die nach Anhang H zu berechnen sind.

Die Bemessungsspannung für Querschnitt B des Doppelhakens für den in 5.4.5 genannten Sonderfall ist sich wie folgt zu berechnen:

$$\sigma_{\text{Sd,s}} = \frac{F}{A_{\text{d1}}} + \frac{F \cdot (a_1 + d_1) \cdot d_1 / 4}{I_{\text{d1}}} \quad (12)$$

mit

$$F = F_{\text{Sd,s}} / 2$$

Dabei ist

- $F_{\text{Sd,s}}$ die Bemessungsvertikalkraft nach 5.2 und γ_p für Lastkombination C;
- A_{d1} die Querschnittsfläche des geschmiedeten Hakenschaftes;
- I_{d1} das Trägheitsmoment des geschmiedeten Hakenschaftes;
- d_1 der Durchmesser des geschmiedeten Hakenschaftes;
- a_1 der Kreisdurchmesser des Hakengrundes.

5.6 Bemessungsspannungen des Hakenschaftes

Für die Festigkeitsnachweise von Hakenschäften sind die Bemessungsvertikalkräfte nach 5.2 und die Bemessungsbiegemomente nach 5.4 zu berücksichtigen. Im Allgemeinen befindet sich der kritische Schaftquerschnitt in der Unterschneidung direkt unterhalb des Gewindeabschnitts mit einem Durchmesser d_4 siehe dazu Bild 1. Die maximale Bemessungsspannung $\sigma_{\text{Sd,s}}$ wird als Nennspannung ohne Spannungskonzentrationsfaktoren mit Hilfe der konventionellen Balkenbiegetheorie nach folgender Gleichung berechnet:

$$\sigma_{\text{Sd,s}} = \frac{F_{\text{Sd,s}}}{A_{\text{d4}}} + \frac{M_{\text{Sd,s}} \cdot d_4 / 2}{I_{\text{d4}}} \quad (13)$$