

DIN EN 13001-3-5



ICS 53.020.20; 53.020.30

Einsprüche bis 2024-05-22
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13001-3-5:2022-05**Entwurf**

**Krane –
Konstruktion allgemein –
Teil 3-5: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von geschmiedeten und
gegossenen Haken;
Deutsche und Englische Fassung prEN 13001-3-5:2024**

Cranes –
General design –
Part 3-5: Limit states and proof of competence of forged and cast hooks;
German and English version prEN 13301-3-5:2024

Appareils de levage à charge suspendue –
Conception générale –
Partie 3-5: États limites et vérification des crochets forgés et moulés;
Version allemande et anglaise prEN 13001-3-5:2024

Anwendungswarnvermerk

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-03-22 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil das beabsichtigte Dokument 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@vdma.org 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 oder Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt am Main.

Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 181 Seiten

DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13001-3-5-1:2024) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 147 „Krane - Sicherheit“ erarbeitet, dessen Sekretariat von SFS (Finnland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche/nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 060-22-10-21 AK „Konstruktion – allgemein (SpA CEN/TC 147/WG 2 u. SpA CEN/TC 96/SC 10“ im DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM).

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

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.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13001-3-5:2022-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt 2 „Normative Verweisungen“ aktualisiert;
- b) Literaturhinweise aktualisiert;
- c) Norm redaktionell überarbeitet.

April 2024

prEN 13001-3-5

**Krane – Konstruktion allgemein – Teil 3-5: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis
von geschmiedeten und gegossenen Haken**

Cranes – General design – Part 3-5: Limit states and proof of competence of forged and cast hooks

Appareils de levage à charge suspendue – Conception générale – Partie 3-5: États limites et vérification des
crochets forgés et moulés

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen	10
3.1 Begriffe	10
3.2 Symbole und Abkürzungen	10
4 Allgemeine Anforderungen	13
4.1 Werkstoffe	13
4.1.1 Allgemeines	13
4.1.2 Typische Normen und Sorten	15
4.1.3 Klassifizierung von Hakenwerkstoffen	15
4.2 Verarbeitung	16
4.2.1 Geschmiedete Haken	16
4.2.2 Gegossene Haken	16
4.3 Fertigungstoleranzen von Schmiedestücken	17
4.4 Wärmebehandlung	17
4.5 Kaltumformung durch Prüfbelastung	17
4.6 Geometrie des Hakenkörpers	17
4.7 Bearbeitung des Hakenschaftes	19
4.8 Mutter	20
4.9 Wirkung der Hakenaufhängung	20
5 Statische Festigkeit	20
5.1 Allgemeines	20
5.2 Bemessungsvertikalkraft	21
5.3 Bemessungshorizontalkraft	21
5.4 Biegemoment des Schaftes	22
5.4.1 Allgemeines	22
5.4.2 Biegemoment bei horizontaler Krafteinwirkung	22
5.4.3 Biegemoment bei Schräglage der Hakenaufhängung	23
5.4.4 Biegemoment bei Exzentrizität der Vertikalkraft	24
5.4.5 Ausnahmefall für Doppelhaken	25
5.4.6 Bemessungsbiegemoment des Schaftes	25
5.5 Hakenkörper, Bemessungsspannungen	26
5.5.1 Lasteinwirkungen	26
5.5.2 Verfahren zur Berechnung von Spannungen	27
5.5.3 Bemessungsspannungen	27
5.6 Bemessungsspannungen des Hakenschaftes	28
5.7 Haken, Nachweis der statischen Festigkeit	28
5.7.1 Allgemeines zu Hakenkörper und Hakenschaft	28
5.7.2 Nachweis für Hakenkörper anhand des Grenzwertes der statischen Bemessungskraft	29
6 Ermüdungsfestigkeit	30
6.1 Allgemeines	30
6.2 Bemessungsvertikalkraft für die Ermüdungsfestigkeit	30
6.3 Bemessungshorizontalkraft für die Ermüdungsfestigkeit	30
6.4 Bemessungsbiegemoment für die Ermüdungsfestigkeit des Schaftes	31
6.4.1 Biegemoment bei horizontaler Krafteinwirkung	31
6.4.2 Biegemoment bei Schräglage der Hakenaufhängung	31
6.4.3 Biegemoment bei Exzentrizität der Vertikalkraft	32
6.5 Nachweis der Ermüdungsfestigkeit von Hakenkörpern	32
6.5.1 Berechnung der Bemessungsspannung	32

6.5.2	Spannungsverlauf im Allgemeinen	32
6.5.3	Spannungsverlauf anhand der Betriebsklassen	33
6.5.4	Grenzwert der Bemessungsspannung für die Ermüdungsfestigkeit	34
6.5.5	Durchführung des Nachweises	36
6.5.6	Nachweis von Hakenkörpern anhand des Grenzwerts der Bemessungskraft für die Ermüdungsfestigkeit	36
6.6	Nachweis der Ermüdungsfestigkeit von Hakenschäften	37
6.6.1	Allgemeines	37
6.6.2	Berechnung der Bemessungsspannung	37
6.6.3	Spannungsspiele	38
6.6.4	Grundwert der Ermüdungsfestigkeit des Werkstoffs	39
6.6.5	Geometrisch bedingte Spannungskonzentrationsfaktoren	39
6.6.6	Ermüdungsfestigkeit von gekerbten Schäften	40
6.6.7	Einfluss der Mittelspannung	41
6.6.8	Spannungstransformation auf Mittelspannung null	42
6.6.9	Spannungsverlaufparameter im Allgemeinen	42
6.6.10	Spannungsverlaufparameter anhand der Betriebsklassen	42
6.6.11	Durchführung des Nachweises	43
6.7	Ermüdungsgerechte Konstruktion von Hakenschäften für eigenständige Haken	44
7	Verifizierung der Sicherheitsanforderungen und/oder Schutzmaßnahmen	44
7.1	Allgemeines	44
7.2	Prüfumfang und Probenahme	44
7.3	Prüfung der mechanischen Eigenschaften	44
7.4	Belastungsprüfung	45
8	Benutzerinformationen	45
8.1	Wartung und Prüfung	45
8.2	Kennzeichnung	46
8.3	Sichere Handhabung	47
Anhang A	(informativ) Reihen von Einfachhaken	49
A.1	Serie von Einfachhaken des Typs RS/RSN, Maße der Hakenkörper	49
A.2	Serie von Einfachhaken des Typs RF/RFN, Maße der Hakenkörper	52
A.3	Serie von Einfachhaken des Typs B, Maße der Hakenkörper	54
Anhang B	(informativ) Serie von Doppelhaken des Typs RS/RSN und RF/RFN, Maße der Hakenkörper	56
Anhang C	(informativ) Maßtoleranzen von Hakenkörpern	59
Anhang D	(normativ) Grenzwerte der statistischen Bemessungskräfte von Hakenkörpern	61
D.1	Grenzwerte der statischen Bemessungskräfte von Hakenkörpern für Haken des Typs RS und RF	61
D.2	Grenzwerte der statischen Bemessungskräfte von Hakenkörpern für Hakenserien des Typs B, mit zusätzlichen Werkstoffen	62
Anhang E	(normativ) Grenzwerte der Bemessungskräfte für die Ermüdungsfestigkeit von Hakenkörpern	63
E.1	Grenzwerte der Bemessungskräfte für die Ermüdungsfestigkeit von Hakenkörpern für geschmiedete Haken des Typs RS und RF	63
E.2	Grenzwerte der Bemessungskräfte für die Ermüdungsfestigkeit für Hakenserien des Typs B, mit zusätzlichen, geschmiedeten Werkstoffen	64
E.3	Grenzwerte der Bemessungskräfte für die Ermüdungsfestigkeit von Hakenkörpern für gegossene Haken des Typs RS und des Typs RF	65
E.4	Grenzwerte der Bemessungskräfte für die Ermüdungsfestigkeit für Hakenserien des Typs B, mit zusätzlichen, gegossenen Werkstoffen	66
Anhang F	(informativ) Reihen von Hakenschaft- und Gewindeausführungen	67
F.1	Serie von Hakenschaft- und Gewindeausführungen mit Rundgewinde	67
F.2	Serie von Hakenschaft- und Gewindeausführungen mit metrischem Gewinde	69
F.3	Serie von Hakenschaft- und Gewindeausführungen mit modifiziertem metrischem Gewinde	71
F.4	Hakenschaft- und Gewindeausführungen für Haken des Typs B	73
Anhang G	(normativ) Biegung gekrümmter Balken	75

G.1	Grundgleichungen zur Spannungsberechnung	75
G.2	Näherungswert für das Referenzträgheitsmoment	76
Anhang H	(normativ) Berechnung des Kippwiderstandes der Hakenaufhängung mit Scharniergelenkverbindung oder Seiltrieb	78
H.1	Allgemeines	78
H.2	Scharniergelenkverbindung des Hakens	79
H.3	Gelenkigkeit einer Hakenaufhängung durch einen Seiltrieb mit Seilausgleich	79
Anhang I	(informativ) Anleitung zur Auswahl der Hakenkörpergröße mit Hilfe von Anhang D und Anhang E	82
I.1	Allgemeines	82
I.2	Fallbeschreibung	82
I.3	Nachweis der statischen Festigkeit	82
I.4	Nachweis der Ermüdungsfestigkeit	83
I.5	Endgültige Auswahl des Hakens	83
Anhang J	(normativ) Vom Hakenhersteller bereitzustellende Informationen	84
Anhang K	(informativ) Richtlinie zur Kaltumformung bei Prüfbelastung von geschmiedeten Haken	85
Anhang L	(informativ) Auswahl einer geeigneten Gruppe von Krannormen für eine gegebene Anwendung	86
Anhang M	(informativ) Liste der Gefährdungen	88
Anhang ZA	(informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den zu erfüllenden grundlegenden Anforderungen von Richtlinie 2006/42/EG	89
Anhang ZB	(informativ) Beziehung zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der Verordnung (EU) 2023/1230, die abgedeckt werden sollen	90
Literaturhinweise		92

Bilder

Bild 1	— Hakenmaße	18
Bild 2	— Maße des bearbeiteten Schaftes	19
Bild 3	— Schräglage des Hakens bei unterschiedlichen Abständen der Hubbewegung	23
Bild 4	— Kippen der Hakenaufhängung bei Einzelseiltrieb	24
Bild 5	— Lasteinwirkungen am Hakenkörper und kritische Querschnitte für die Berechnung	26
Bild 6	— Smith-Diagramm und Umwandlung der Spannungsamplitude	41
Bild 7	— Aufbringen einer Prüflast oder Prüfkraft auf einen Haken	45
Bild 8	— Kennzeichnungen eines Hakens	47
Bild A.1	— Symbole für Maße von Einfachhaken mit konkaven Flanken	49
Bild A.2	— Symbole für Maße von Einfachhaken mit geraden Flanken	52
Bild A.3	— Symbole der Maße für Einfachhaken	54
Bild B.1	— Symbole der Maße für Doppelhaken	56
Bild F.1	— Symbole der Maße für Hakenschaft und Gewinde	67
Bild F.2	— Symbole der Maße für Hakenschaft und Gewinde	69
Bild F.3	— Symbole der Maße für Hakenschaft und Gewinde	71
Bild F.4	— Symbole der Maße für Hakenschaft und Gewinde	73
Bild G.1	— Symbole zur Berechnung der Biegung von gekrümmten Balken	75
Bild G.2	— Faktor k für eine Auswahl von Querschnitten	77
Bild H.1	— Allgemeine Darstellung des Kippwiderstandes des Hakens	78
Bild H.2	— Hakenaufhängung mit Scharniergelenkverbindung	79
Bild H.3	— Beispiel für einen Seiltrieb	80

Tabellen

Tabelle 1	— Symbole und Abkürzungen	10
-----------	---------------------------	----

Tabelle 2 — Kerbschlagprüfanforderung an den Hakenwerkstoff	14
Tabelle 3 — Schwefel- und Phosphorgehalt	14
Tabelle 4 — Härtebarkeit von vergüteten Werkstoffen, Jominy-Verhältnis	14
Tabelle 5 — Geeignete Werkstoffe für Haken	15
Tabelle 6 — Mechanische Eigenschaften der Werkstoffklassen	15
Tabelle 7 — Anforderung an das Verformungsverhältnis	16
Tabelle 8 — Parameter zur Ermüdungsbemessung der Betriebsklassen	34
Tabelle 9 — Charakteristischer Wert der Ermüdungsfestigkeit von Hakenwerkstoffen	35
Tabelle 10 — Spezifischer Widerstandsbeiwert für die Ermüdungsfestigkeit	36
Tabelle 11 — Durchschnittliche Anzahl der horizontalen Beschleunigungen p_a	39
Tabelle 12 — Kennzahlen zur Berechnung von Spannungskonzentrationsfaktoren	39
Tabelle A.1 — Maße der unbearbeiteten Einfachhaken in Millimetern (mm)	50
Tabelle A.2 — Maße der unbearbeiteten Einfachhaken in Millimetern (mm)	53
Tabelle A.3 — Maße der unbearbeiteten Einfachhaken in Millimetern (mm)	55
Tabelle B.1 — Maße der unbearbeiteten Doppelhaken in Millimetern (mm)	57
Tabelle C.1 — Einfachhaken, Maßtoleranzen von unbearbeiteten Haken	59
Tabelle C.2 — Doppelhaken, Maßtoleranzen von unbearbeiteten Haken	59
Tabelle D.1 — Grenzwerte der statischen Bemessungskräfte $F_{Rd,s,0}$ in Kilonewton (kN)	61
Tabelle D.2 — Grenzwerte der statischen Bemessungskräfte $F_{Rd,s,0}$ in Kilonewton (kN)	62
Tabelle E.1 — Grenzwerte der Bemessungskräfte für die Ermüdungsfestigkeit $F_{Rd,f}$ in Kilonewton (kN)	63
Tabelle E.2 — Grenzwerte der Bemessungskräfte für die Ermüdungsfestigkeit $F_{Rd,f}$ in Kilonewton (kN)	64
Tabelle E.3 — Grenzwerte der Bemessungskräfte für die Ermüdungsfestigkeit $F_{Rd,f}$ in Kilonewton (kN)	65
Tabelle E.4 — Grenzwerte der Bemessungskräfte für die Ermüdungsfestigkeit $F_{Rd,f}$ in Kilonewton (kN)	66
Tabelle F.1 — Maße von Hakenschaft und Gewinde in Millimetern (mm)	67
Tabelle F.2 — Maße von Hakenschaft und Gewinde in Millimetern (mm)	69
Tabelle F.3 — Maße von Hakenschaft und Gewinde in Millimetern (mm)	72
Tabelle F.4 — Maße von Hakenschaft und Gewinde in Millimetern (mm)	73
Tabelle H.1 — Seilkräfte bei Schräglage	80
Tabelle J.1 — Vom Hakenhersteller bereitzustellende Informationen	84
Tabelle M.1 — Liste der Gefährdungen	88
Tabelle ZA.1 — Übereinstimmung zwischen dieser Europäischen Norm und Anhang I der Richtlinie 2006/42/EG	89
Tabelle ZB.1 — Entsprechungen zwischen dieser Europäischen Norm und Anhang III der Verordnung (EU) 2023/1230	90

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 13001-3-5:2024) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 147 „Krane — Sicherheit“ erarbeitet, dessen Sekretariat von SFS gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 13001-3-5:2016+A1:2021 ersetzen.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

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

Die in diesem Dokument behandelten Gefährdungen sind in Anhang M aufgeführt.

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

- Teil 1: Allgemeine Prinzipien und Anforderungen
- Teil 2: Lasteinwirkungen
- Teil 3-1: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von Stahltragwerken
- Teil 3-2: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von Drahtseilen in Seiltrieben
- Teil 3-3: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von Laufrad/Schiene-Kontakten
- Teil 3-4: Grenzzustände und Sicherheitsnachweise für Maschinenbauteile — Lager¹
- Teil 3-6: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von Maschinenbauteilen — Hydraulikzylinder

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

¹ Zurzeit Anfragestufe.

Einleitung

Dieses Dokument wurde mit dem Ziel erarbeitet, als ein Instrument für die mechanische Konstruktion und den theoretischen Sicherheitsnachweis für Krane zu dienen, um den wesentlichen Gesundheits- und Sicherheitsanforderungen zu entsprechen. Ferner schafft diese Europäische Norm Schnittstellen zwischen Betreiber (Käufer) und Konstrukteur sowie Konstrukteur und Hersteller von Bauteilen, um somit eine Grundlage für die Auswahl von Kranen und Bauteilen zu bilden.

Dieses Dokument ist eine Typ-C-Norm, wie in EN ISO 12100:2010 angegeben.

Dieses Dokument ist insbesondere für die folgenden Interessengruppen von Bedeutung, die die Marktteilnehmer im Bereich der Maschinensicherheit vertreten:

- Maschinenhersteller (kleine, mittlere und große Unternehmen);
- Gesundheits- und Sicherheitsorgane (Aufsichtsbehörden, Unfallverhütungsorganisationen, Marktüberwachung usw.).

Andere können durch das mithilfe des Dokuments erreichte Niveau der Maschinensicherheit von den oben erwähnten Interessengruppen beeinflusst werden:

- Maschinenanwender/Arbeitgeber (kleine, mittlere und große Unternehmen);
- Maschinennutzer/Arbeitnehmer (z. B. Gewerkschaften, Organisationen für Menschen mit besonderen Bedürfnissen);
- Dienstleister, z. B. für die Wartung (kleine, mittlere und große Unternehmen);
- Verbraucher (im Falle von Maschinen, die für den Gebrauch durch Verbraucher bestimmt sind)

Die oben genannten Interessengruppen hatten die Möglichkeit, sich an der Ausarbeitung dieses Dokuments zu beteiligen.

Die betreffenden Maschinen sowie der Umfang, in dem Gefährdungen, Gefährdungssituationen oder Gefährdungsergebnisse abgedeckt werden, sind im Anwendungsbereich dieses Dokuments angegeben.

Wenn die Anforderungen dieser Typ-C-Norm von denen abweichen, die in Typ-A- oder -B-Normen festgelegt sind, haben die Anforderungen dieser Typ-C-Norm Vorrang vor den Anforderungen der anderen Normen für Maschinen, die konstruiert und gebaut wurden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument gilt für folgende Hakenteile und Hakenarten:

- alle Arten von geschmiedeten oder gegossenen Hakenkörpern aus Stahl, einschließlich Edelstahl;
- maschinell bearbeitete Hakenschäfte mit Gewinde/Mutter-Aufhängung.

Plattenhaken, d. h. Haken, die aus einem oder mehreren parallelen Teilen aus gewalzten Stahlplatten zusammengesetzt sind, fallen nicht darunter.

Im Folgenden sind signifikante Gefährdungssituationen und Gefährdungsereignisse aufgeführt, die bei normalem Gebrauch und vorhersehbarer Fehlanwendung zu Risiken für den Menschen führen könnten. Abschnitt 4 bis Abschnitt 8 dieses Dokuments sind notwendig, um Risiken, die mit nachfolgend genannten Gefährdungen verbunden sind, zu reduzieren oder zu beseitigen:

- Überschreiten der Grenzwerte von Streckgrenze, Bruchfestigkeit, Ermüdungsfestigkeit, Sprödbbruch;
- Überschreiten der Temperaturgrenzwerte des Werkstoffs.

Dieses Dokument gilt für Haken, die in Kränen eingebaut sind, die nach dem Datum der Annahme dieser Europäischen Norm durch CEN hergestellt werden, und dient als Referenzgrundlage für Produktnormen bestimmter Krantypen.

Dieser Teil von EN 13001 befasst sich nur mit dem Grenzzustandsverfahren nach EN 13001-1:2015.

2 Normative Verweisungen

Auf die folgenden Dokumente wird im Text so verwiesen, dass ihr Inhalt ganz oder teilweise Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellt. 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 1369:2012, Gießereiwesen — Magnetpulverprüfung

EN 1370:2011, Gießereiwesen — Bewertung des Oberflächenzustandes

EN 1371-1:2011, Gießereiwesen — Eindringprüfung — Teil 1: Sand-, Schwerkraftkokillen- und Niederdruckkokillengussstücke

EN 1559-1:2011, Gießereiwesen — Technische Lieferbedingungen — Teil 1: Allgemeines

EN 10025-3:2019, Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 3: Technische Lieferbedingungen für normalgeglühte/normalisierend gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle

EN 10213:2007+A1:2016, Stahlguss für Druckbehälter

EN 10222-4:2017+A1:2021, Schmiedestücke aus Stahl für Druckbehälter — Teil 4: Schweißgeeignete Feinkornbaustähle mit hoher Dehngrenze

EN 10228-1:2016, Zerstörungsfreie Prüfung von Schmiedestücken aus Stahl — Teil 1: Magnetpulverprüfung

EN 10228-2:2016, Zerstörungsfreie Prüfung von Schmiedestücken aus Stahl — Teil 2: Eindringprüfung

EN 10228-3:2016, Zerstörungsfreie Prüfung von Schmiedestücken aus Stahl — Teil 3: Ultraschallprüfung von Schmiedestücken aus ferritischem oder martensitischem Stahl

EN 10250-1:2022, *Freiformschmiedestücke aus Stahl für allgemeine Verwendung — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

EN 10250-2:2022, *Freiformschmiedestücke aus Stahl für allgemeine Verwendung — Teil 2: Unlegierte Qualitäts- und Edelstähle*

EN 10250-3:2022, *Freiformschmiedestücke aus Stahl für allgemeine Verwendung — Teil 3: Legierte Edelstähle*

EN 10254:1999, *Gesenkschmiedeteile aus Stahl — Allgemeine technische Lieferbedingungen*

EN 10340:2007, *Stahlguss für das Bauwesen*

EN 12680-1:2003, *Gießereiwesen — Ultraschallprüfung — Teil 1: Stahlgussstücke für allgemeine Verwendung*

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

EN 13001-2:2021, *Krane — Konstruktion allgemein — Teil 2: Lasteinwirkungen*

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

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

EN ISO 642:1999, *Stahl — Stirnabschreckversuch (Jominy-Versuch) (ISO 642:1999)*

EN ISO 643:2020, *Stahl — Mikrophotographische Bestimmung der erkennbaren Korngröße (ISO 643:2019, korrigierte Fassung 2023-11)*

EN ISO 683-2:2018, *Für eine Wärmebehandlung bestimmte Stähle, legierte Stähle und Automatenstähle — Teil 2: Legierte Vergütungsstähle (ISO 683-2:2016)*

EN ISO 898-2:2022, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 2: Muttern mit festgelegten Festigkeitsklassen — Regelgewinde und Feingewinde (ISO 898-2:2012)*

EN ISO 21920-2:2022, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Profile — Teil 2: Begriffe und Kenngrößen für die Oberflächenbeschaffenheit (ISO 21920-2:2021, korrigierte Fassung 2022-06)*

EN ISO 6892-1:2019, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur (ISO 6892-1:2019)*

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

CEN ISO/TR 15608:2017, *Schweißen — Richtlinien für eine Gruppeneinteilung von metallischen Werkstoffen (ISO/TR 15608:2017)*

ISO 965-1:2013, *ISO general purpose metric screw threads — Tolerances — Part 1: Principles and basic data*

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

EN ISO 15614-1:2017, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen (ISO 15614-1:2017, Korrigierte Fassung vom 01.10.2017)*

3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

3.1 Begriffe

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

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1.1

Hakenschaft

Hakenoberteil, mit dem der Haken am Tragmittel 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 des Hakens

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

3.1.5

eigenständiger Haken

Haken, der als Teil oder als Komponente einer Hakenflasche konstruiert, gefertigt und für den Markt freigegeben wurde und an keine(n) bestimmten Kranarten oder Anwendungsfall gebunden ist

3.1.6

Gesamtverformungsverhältnis

Verhältnis der Fläche des gegossenen Querschnitts zur Fläche des geschmiedeten Querschnitts

Anmerkung 1 zum Begriff: In der Fachliteratur können die folgenden Begriffe auch hierfür verwendet werden: Reduktionsrate, Reduktionsverhältnis, Schmiedereduktion.

3.2 Symbole und Abkürzungen

Tabelle 1 — Symbole und Abkürzungen

Symbole, Abkürzungen	Bezeichnung
A_{d1}	Querschnittsfläche des unbearbeiteten Schaftes
A_{d4}	Querschnittsfläche des kritischen Hakenschaftquerschnitts
A_v	Mindestkerbschlagzähigkeit des Werkstoffs
a	Beschleunigung
a_1	Kreisdurchmesser des Hakengrundes

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbole, Abkürzungen	Bezeichnung
a_2	Hakenmaulöffnung
a_3	Höhe der Hakenspitze
$b_{\max}$	Maximalbreite des kritischen Hakenkörperquerschnitts
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 unbearbeiteten Schaftes
d_3	Gewindenenddurchmesser
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
$F_{\text{Rd},s,0}$	Grenzwerte der Bemessungskräfte, statisch
$F_{\text{Rd},s}, F_{\text{Rd},f}$	Grenzwert der Bemessungskräfte für die statische bzw. Ermüdungsfestigkeit
$F_{\text{Sd},s}$	Bemessungsvertikalkraft zum Nachweis der statischen Festigkeit
$F_{\text{Sd},f}$	Bemessungsvertikalkraft zum Nachweis der Ermüdungsfestigkeit
$f_M, f_{\text{MB}}, f_{\text{MS}}$	Faktoren, die den Werkstofftyp beeinflussen (geschmiedet/gegossen)
f_1, f_2, f_3	weitere Einflussfaktoren
f_{Rd}	Grenzwert der Bemessungsspannung
f_y	Fließgrenze
f_u	Bruchfestigkeit
g	Beschleunigung durch Schwerkraft $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
$H_{\text{Sd},s}$	Bemessungshorizontalkraft des Hakens
$H_{\text{Sd},f}$	Bemessungshorizontalkraft zum Nachweis der Ermüdungsfestigkeit
h_1, h_2	Querschnittshöhen des Hakenkörpers
h	vertikaler Abstand vom tiefsten Punkt des Hakengrundes zur Gelenkachse
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 unbearbeiteten Schaftes
I_{d4}	Trägheitsmoment des kritischen Querschnitts des Hakenschaftes
k_C	Umrechnungsfaktor für Spannungskollektiv und Betriebsklasse

Tabelle 1 (*fortgesetzt*)

Symbole, Abkürzungen	Bezeichnung
k_h, k_s	Spannungskollektivbeiwerte
k_Q	Lastkollektivbeiwert nach EN 13001-1
k_5^*	spezifische Verhältniszahl des Lastkollektivs, $m = 5$
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 Bemessungs-Wöhlerlinie
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_9	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
$\beta_n, \beta_{nS}, \beta_{nT}$	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

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Symbole, Abkürzungen	Bezeichnung
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

4.1.1 Allgemeines

Der Hakenwerkstoff muss die Anforderungen von diesem Abschnitt erfüllen, unabhängig von der geltenden Werkstoffnorm (siehe 4.1.2) und unabhängig davon, ob die Klassifizierung des Werkstoffs gilt oder nicht (siehe 4.1.3).

Der Hakenwerkstoff muss im Fertigerzeugnis über eine ausreichende Duktilität bei der für den Einsatz des Hakens spezifizierten Temperaturen verfügen, um sich bleibend zu verformen, bevor die Last nicht mehr gehalten werden kann. Der Hakenwerkstoff muss insbesondere die folgenden Bedingungen erfüllen:

- das Verhältnis der Bruchfestigkeit (f_u) zur Fließgrenze (f_y) $f_u/f_y \geq 1,1$. Für die Werkstoffe, die diese Bedingung nicht erfüllen, muss der Bemessungswert von f_y auf $f_u/1,1$ begrenzt werden;
- die prozentuale Bruchdehnung $A \geq 10\%$ auf einer Messlänge $L_0 = 5,65 \times \sqrt{S_0}$ (dabei ist S_0 die originale Querschnittsfläche).

Nach der Wärmebehandlung muss der Hakenwerkstoff mit einer V-Probe eine Mindestkerbschlagarbeit gemäß EN ISO 148 1:2016 und wie in Tabelle 2 angegeben, aufweisen.

Tabelle 2 — Kerbschlagprüfanforderung an den Hakenwerkstoff

Betriebstemperatur	Prüftemperatur	Mindestwerte der Kerbschlagarbeit KV_2
$T \geq 0\text{ °C}$	$+20\text{ °C}$	35 J
$T \geq -20\text{ °C}$	-0 °C	35 J
$T \geq -30\text{ °C}$	-20 °C	35 J
$T \geq -40\text{ °C}$	-30 °C	35 J

Um die Anforderungen der Betriebstemperatur zu befriedigen, muss der Hersteller den Stahl auswählen, der die gewählten Werkstoffeigenschaften unter Berücksichtigung der individuellen maßgeblichen Dicken der Haken nach geeigneter Wärmebehandlung für die gewählte Hakenform erfüllen können muss.

Der Stahl muss vollständig beruhigt, gegen Spannungsversprödung stabilisiert sein, sicherzustellen durch einen geeigneten Massengehalt an Aluminium (im Allgemeinen zwischen 0,02 % und 0,05 %). Der Stahl darf nicht mehr Schwefel und Phosphor enthalten als die in Tabelle 3 vorgegeben Grenzen.

Tabelle 3 — Schwefel- und Phosphorgehalt

Element	Maximaler Massengehalt, bestimmt durch	
	Schmelzenanalyse	Kontrollanalyse
Schwefel (S)	0,020 [%]	0,025 [%]
Phosphor (P)	0,020 [%]	0,025 [%]
Summe von S + P	0,035 [%]	0,045 [%]

Wird vergüteter Stahl verwendet, muss die Härbarkeit die Anforderungen des Jominy-Verhältnisses, angegeben in Tabelle 4, erfüllen. Das Jominy-Verhältnis J30/J1,5 ist das Verhältnis zwischen J30 und J1,5, wobei J30 und J1,5 die entsprechende Härte in Tiefen von 30 mm und 1,5 mm bedeutet, bestimmt durch den Stirnabschreckversuch nach Jominy nach EN ISO 642:2016.

Die Prüfungen müssen je Schmelze ausgeführt und die Werte in der technischen Hakenangabe, siehe Anhang J, angegeben werden. Für weitere Informationen zu Härtungseigenschaften und Härteverlauf siehe EN ISO 683-2:2018. Wenn die mechanischen Eigenschaften von gegossenen Haken für jeden Einfachhaken geprüft werden, darf die Härbarkeit mithilfe der Härteprüfung nach Brinell in Übereinstimmung mit EN ISO 6506-1:2014 am Querschnitt des Prüflings in einer Tiefe von 1,5 mm und 30 mm unter der Oberfläche nachgewiesen werden. Das Härteverhältnis muss die in Tabelle 4 angegebene Mindestanforderung (Jominy-Verhältnis) erfüllen.

Tabelle 4 — Härbarkeit von vergüteten Werkstoffen, Jominy-Verhältnis

Bruchfestigkeit f_u N/mm ²	Mindestens erforderliches Jominy-Verhältnis J30/J1,5
$540 \leq f_u < 800$	65 %
$800 \leq f_u$	93 %

Haken im Endzustand müssen eine Korngröße von

— 6 oder feiner für geschmiedete Werkstoffe haben,

— 5 oder feiner für gegossene Werkstoffe haben,

wobei die Korngröße in Übereinstimmung mit EN ISO 643:2012 festzulegen ist.

4.1.2 Typische Normen und Sorten

Europäische Normen spezifizieren Werkstoffe und Werkstoffeigenschaften. Es sind die in Tabelle 5 aufgeführten Werkstoffklassen und -qualitäten für Haken zu verwenden. Für weitere Einzelheiten siehe die spezifische Europäische Norm.

Tabelle 5 — Geeignete Werkstoffe für Haken

	Werkstoffnorm	Ausgewählte Güten	
Geschmiedete Haken	EN 10025-3:2019	S355N	S420N
	EN 10222-4:2017	P355NH	P420NH
		P355QH	P420QH
	EN 10250-2:1999	S355J2N	
	EN ISO 683-2:2018	25CrMo4+QT	34CrNiMo6+QT
Gusshaken	EN 10250-3:1999	34CrMo4+QT 36CrNiMo4+QT	30CrNiMo8+QT
	EN 10213:2017	G20Mn5 + N	G20Mn5 + QT
	EN 10340:2007	G18NiMoCr3–6 + QT	GX4CrNi13–4 + QT
Es dürfen auch Werkstoffsorten und -güten verwendet werden, die nicht in den vorgenannten Normen oder in Tabelle 5 aufgeführt sind, wenn die Anforderungen aus 4.1.1 erfüllt sind und die mechanischen Eigenschaften und die chemische Zusammensetzung entsprechend der relevanten Europäischen Normen festgelegt sind.			

4.1.3 Klassifizierung von Hakenwerkstoffen

Für praktische Zwecke ist in Tabelle 6 eine Werkstoffklassifizierung für Haken gegeben. Wird der Hakenwerkstoff durch eine solche Klasse spezifiziert, müssen die in Tabelle 6 angegebenen Werte für die mechanischen Eigenschaften als Bemessungswerte verwendet und als Mindestwerte durch den Hakenhersteller als Mindestwerte angegeben werden.

Tabelle 6 — Mechanische Eigenschaften der Werkstoffklassen

Werkstoff- klasse	Mechanische Eigenschaften	
	Fließgrenze	Bruchfestigkeit
	f_y N/mm ²	f_u N/mm ²
P	315	490
S	390	540
T	490	700
V	620	800
W	770	970

ANMERKUNG Die zulässigen Festigkeitseigenschaften des Hakenmaterials sind nicht auf die in Tabelle 6 aufgeführten Werte beschränkt.

4.2 Verarbeitung

4.2.1 Geschmiedete Haken

Fertigungsprozess, Werksprüfungen und Lieferbedingungen müssen die entsprechenden Anforderungen nach EN 10254:1999 oder EN 10250-1:1999 erfüllen.

Jeder Hakenkörper muss in einem Stück warmgeschmiedet werden. Der makroskopische Faserverlauf des Schmiedestückes muss in Bereichen der höchsten Zugspannung der Außenlinie des Hakenkörpers entsprechen. Der Schmiedegrat muss sauber entfernt werden, so dass die Oberfläche frei von scharfen Kanten ist. Das Gesamtverformungsverhältnis muss mit Tabelle 7 übereinstimmen.

Tabelle 7 — Anforderung an das Verformungsverhältnis

Schaftdurchmesser d_1 [mm]	Minimales Gesamtverformungsverhältnis
$d_1 \leq 50$ mm	8 : 1
$50 \text{ mm} < d_1 \leq 80$ mm	6 : 1
$80 \text{ mm} < d_1 \leq 120$ mm	4 : 1
$120 \text{ mm} < d_1$	3 : 1

Profilfräsen aus einer gewalzten Platte ist für geschmiedete Haken unzulässig.

Hakenschmiedestücke müssen unter Verwendung geeigneter zerstörungsfreier Prüfverfahren (ZfP) (en: NDT-methods) nach EN 10228-1:2016 oder EN 10228-2:2016 auf Oberflächenfehler geprüft werden und dabei die Anforderungen der Güteklasse 3 erfüllen. Die Oberfläche darf einem Schleifvorgang unterzogen werden, um die erforderliche Oberflächengüte zu erreichen. Dabei müssen mögliche Schleifspuren in Umfangsrichtung, bezogen auf den Kreisquerschnitt des Hakengrundes, verlaufen.

Hakenschmiedestücke müssen unter Verwendung geeigneter ZfP-Methoden nach EN 10228-3:2016 auf Volumenfehler geprüft werden und dabei die Anforderungen der Güteklasse 3 nach EN 10228-3:2016 erfüllen.

Nach der Wärmebehandlung muss der Ofenzunder entfernt werden und der Haken muss frei von schadhaften Mängeln einschließlich Rissen sein.

In keiner Fertigungsstufe dürfen Schweißungen ausgeführt werden.

4.2.2 Gegossene Haken

Der Fertigungsprozess, im Rahmen der Werksprüfungen und Lieferbedingungen müssen die Anforderungen nach EN 1559-1:2011 im Allgemeinen und die entsprechende Werkstoffnorm bezüglich der spezifischen Anforderungen erfüllen.

Das Gussteil muss wärmebehandelt werden, damit es die mechanischen Eigenschaften der jeweiligen Stahlsorte aufweist. Bei der Werkstoffauswahl müssen die mit der Tiefe variierenden Werkstoffeigenschaften, insbesondere bei großen Haken, berücksichtigt werden.

Gussprobestücke (siehe Abschnitt 7) sollten eine für den Haken repräsentative Erstarrungswärme-, Massenübertragungs- und mikrostrukturelle Verteilung aufweisen und die mechanische Prüfung sollte zeigen, dass das Gussstück über den gesamten Abschnitt die erwarteten Eigenschaften aufweist.

Vor der Vergütung ist das Anschnittsystem grob zu entfernen. Nach der Vergütung muss überschüssiges Material des Gießsystems entfernt werden, wodurch die Oberfläche sauber und frei von scharfen Kanten wird.

Die Oberflächenrauigkeit des Hakengrundes im Fertigerzeugnis muss gleich oder besser als $R_z 500 \mu\text{m}$ sein, (entsprechend S2 in Übereinstimmung mit EN 1370:2011). Die Oberfläche darf einem Schleifvorgang unterzogen werden, um die erforderliche Oberflächengüte zu erreichen. Dabei müssen mögliche Schleifspuren in Umfangsrichtung, bezogen auf den Kreisquerschnitt des Hakengrundes, verlaufen.

Nach der Wärmebehandlung muss die Oberfläche eines gegossenen Hakens mithilfe geeigneter zerstörungsfreier Prüfverfahren auf Fehler untersucht werden. Die Anforderungen der Gütestufe 2 nach EN 1369:2012 oder Gütestufe 2 nach EN 1371-1:2011 müssen erfüllt sein.

Die innere Güte muss durch Ultraschallprüfung in Übereinstimmung mit EN 12680-1:2003 untersucht werden und Gütestufe 2 oder 3 muss erfüllt sein. Zum Einfluss der Gütestufe auf die Bemessungsfaktoren siehe 5.7.1.

Schweißverfahren für das Fertigungsschweißen sind für alle Reparaturarbeiten während der Herstellung erforderlich und müssen in Übereinstimmung mit CEN ISO/TR 15608:2017 und EN ISO 15614-1:2017 qualifiziert sein. Im Anschluss muss der geschweißte Teil nach der Schweißung wärmebehandelt werden. Fertigungsschweißungen müssen so ausgeführt werden, dass die erhaltenen Werte für die jeweiligen Eigenschaften des Schweißgutes und der Wärmeeinflusszone den Anforderungen an den Grundwerkstoff nach dieser Norm entsprechen.

4.3 Fertigungstoleranzen von Schmiedestücken

Im Allgemeinen müssen alle Maße von unbearbeiteten Haken innerhalb $[0 ; +7 \text{ \%}]$ des Nennmaßes liegen.

Für die in Anhang A und Anhang B aufgelisteten Haken dürfen jedoch die in Anhang C angegebenen Toleranzen angewendet werden.

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

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

4.4 Wärmebehandlung

Die Wärmebehandlung von Haken muss in Übereinstimmung mit den geltenden Europäischen Werkstoffnormen, aufgelistet in Tabelle 5, durchgeführt werden.

4.5 Kaltumformung durch Prüfbelastung

Als letzte Stufe des Fertigungsprozesses darf ein geschmiedeter Haken einer „Prüflastprüfung“ ausgesetzt und infolge dessen kaltumgeformt werden. Siehe Richtlinien in Anhang K.

ANMERKUNG 1 Die Vorteile, die sich aus der Anwendung der Prüfbelastung auf das anschließende Ermüdungsverhalten und den Qualitätsmanagementprozess ergeben, sind nicht Inhalt der aktuellen Version dieser Europäischen Norm.

ANMERKUNG 2 Kaltumformung durch „Prüflastprüfung“ ist nicht Inhalt der Prüfung von Haken nach 7.3.

4.6 Geometrie des Hakenkörpers

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

Der Hakengrund muss ringförmig sein. Bei einem Einfachhaken muss der Krümmungsmittelpunkt mit der Mittellinie des bearbeiteten Schaftes übereinstimmen. Bei einem Doppelhaken muss die Kreislinie des Hakengrundes tangential zur Außenkante des unbearbeiteten Schaftes verlaufen.

Ein Doppelhaken muss symmetrisch zur Mittellinie des Schaftes sein.

Anhang A und Anhang B enthalten Beispielsätze von Hakenkörperabmessungen, die die Anforderungen dieses Abschnitts erfüllen. Die in Anhang A, Anhang B und Anhang F aufgeführten gebräuchlichen Hakenkörper- und Schaftformen sind nur Beispiele und dürfen nicht als Anforderungen dieser Europäischen Norm herangezogen werden. Anhang I gibt eine Anleitung für die Auswahl einer Hakengröße, wenn ein Hakenkörper mit Anhang A oder Anhang B übereinstimmt.

ANMERKUNG Die Auswahl der Hakenform ist nicht auf die in Anhang A und Anhang B aufgeführten Formen beschränkt.

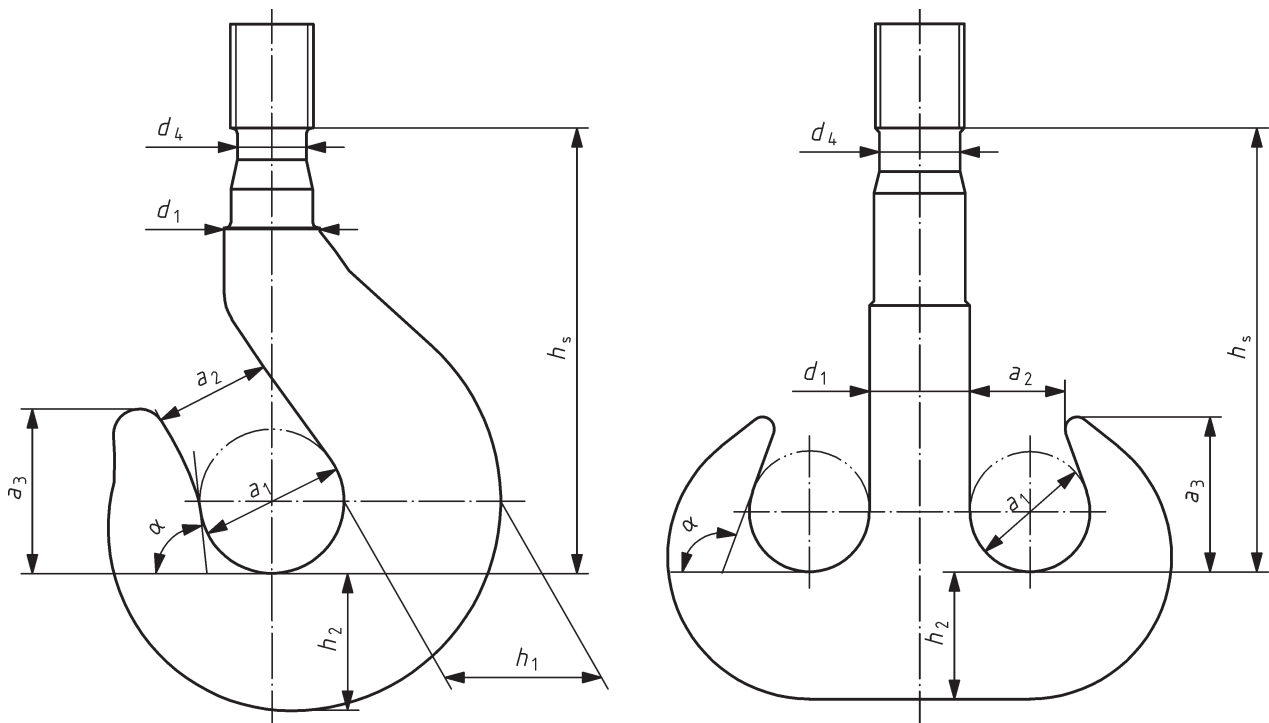


Bild 1 — Hakenmaße

Der Durchmesser des unbearbeiteten 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.

4.7 Bearbeitung des Hakenschaftes

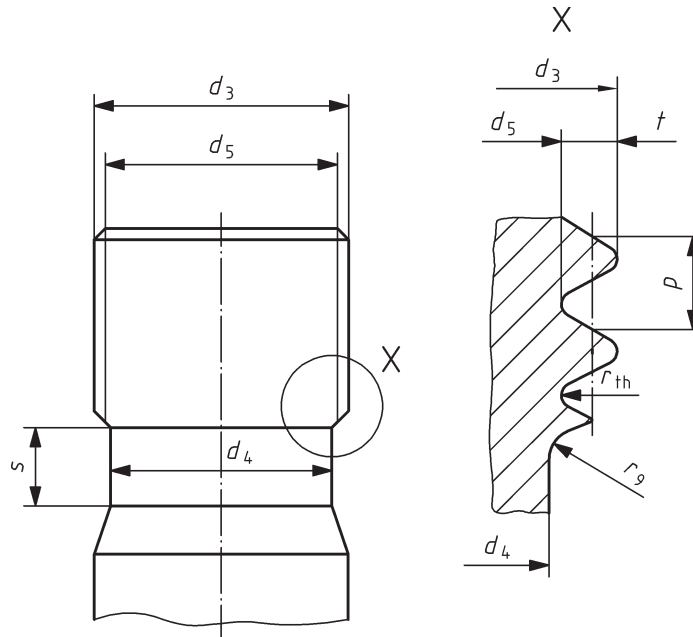


Bild 2 — Maße des bearbeiteten Schaftes

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

Das Verhältnis der Gewindesteigung (p) zum Gewindenennndurchmesser (d_3) muss wie folgt proportioniert werden: $0,055 d_3 \leq p \leq 0,15 d_3$.

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

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

Der Schaft muss unterhalb des letzten Gewingeganges mit einem Unterschnitt (mit einem Durchmesser d_4) versehen sein, deren Länge (s) sich zur Tiefe des Unterschnitts wie folgt verhält: $s \geq 2 (d_3 - d_4)$. Der Unterschnitt muss tiefer sein als der Kerndurchmesser des Gewindeprofils (d_5), mindestens jedoch wie folgt: $d_4 \leq (d_5 - 0,3 \text{ mm})$. Der Unterschnitt muss mit einem Profilwerkzeug auf eine Oberflächengüte von $R_a \leq 6,3 \mu\text{m}$ gebracht werden.

Zwischen dem Gewindeteil und dem Unterschnitt muss ein Übergangsradius vorhanden sein. Dieser Übergangsradius (r_9) muss sich zum Durchmesser des Unterschnitts (d_4) wie folgt verhalten: $r_9 \geq 0,06 d_4$. Es ist nicht notwendig, dass die Form des Übergangsbereiches ein ganzes Viertel des Kreises ausmacht.

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 unbearbeiteten 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 Hakenkörpers heranreichen.

Schraubgewinde müssen den Toleranzanforderungen nach ISO 965-1:2013 (Toleranzklasse grob) und der mittleren Passungsklasse 6g entsprechen.

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

4.8 Mutter

Die Muttern sollten aus geschmiedetem Material bestehen. Die mechanischen Eigenschaften des Mutterwerkstoffs müssen gleich oder besser als die nach 4.1 für den Werkstoff für geschmiedete Haken geforderten Eigenschaften sein. Für metrische Normmutter bis zur Größe M45, hergestellt aus Werkstoffen nach EN ISO 898-2:2012, muss von den Werkstoffeigenschaften der Mutter jedoch nur die Fließgrenze der Fließgrenze des Hakenwerkstoffes entsprechen.

Die Höhe der Mutter muss so gewählt werden, 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. Die Sicherung darf nicht in die unteren zwei Drittel der Verbindung zwischen Mutter und Schaftgewinde eingreifen. Die Sicherung muss relative Axialbewegung zwischen Schaft und Mutter durch Spiel in der Gewindeverbindung zulassen. Wenn alternativ die Mutter mit einem Stift oder einem ähnlichen Befestigungsteil zu sichern ist, ist darauf zu achten, dass sich die tragenden Gewindeflanken von Mutter und Schaft berühren, um Lastübertragung durch das Sicherungsmittel zu vermeiden.

Die Abstützung der Mutter muss dem Haken ermöglichen, sich um die vertikale Achse zu drehen. Die Höhenposition der Kontaktfläche muss sich in dem Bereich der unteren Hälfte der Gewindeverbindung befinden.

Schraubgewinde der Mutter müssen den Vorgaben nach ISO 965-1:2013 (Toleranzklasse grob) 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. Gewindearten, von denen der Radius im Grund nicht angegeben ist, dürfen nicht verwendet werden.

ANMERKUNG Die Verteilung der Last auf einen größeren Teil der Gewindelänge kann durch die Gestaltung der Mutter erreicht werden.

4.9 Wirkung der Hakenaufhängung

Die Auswirkung der Hakenaufhängung ist bei den Konstruktionsberechnungen für den Hakenschenkel zu berücksichtigen, siehe 5.4. Kann die Hakenaufhängung durch Änderung der Kran-/Hakenflaschenkonfiguration oder -position in eine starre Position gebracht werden, so ist dies bei der Konstruktionsberechnung des Hakens zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Üblicherweise besteht die Hakenaufhängung aus Mutter, Hakentraverse und Lager. In dieser Norm wird der Seiltrieb als Teil der Aufhängung betrachtet.

5 Statische Festigkeit

5.1 Allgemeines

Der Nachweis der statischen Festigkeit für Haken muss gemäß den Grundsätzen nach EN 13001-1:2015 und EN 13001-2:2021 erfolgen. Der allgemeine Grenzwert für die Bemessung der statischen Festigkeit ist auf das Fließen des Werkstoffs bezogen.

Für die festgelegten kritischen Hakenquerschnitte unter Berücksichtigung der ungünstigsten Lasteinwirkungen aus Lastkombinationen A, B oder C nach EN 13001-2:2021 muss der Nachweis erbracht werden. Die relevanten Teilsicherheitsbeiwerte γ_p müssen angewendet werden. Die Risikobeiwerte γ_n müssen angewendet werden, wenn es für die konkreten Anwendungsfälle oder in den entsprechenden Bestimmungen der einschlägigen Europäischen Krannormen gefordert wird.

5.2 Bemessungsvertikalkraft

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

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

mit

$$\Phi = \max \left\{ \Phi_2; \left(1 + \Phi_5 \times \frac{a}{g} \right) \right\}$$

dabei ist

Φ_2 der dynamische Beiwert beim Heben einer frei beweglichen Last vom Boden, siehe dazu 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);

$\gamma_p = 1,0$ für außergewöhnlichen Lastfall nach 5.4.5 (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 lässt sich in diesen Fällen mit folgender allgemeiner Gleichung berechnen:

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

dabei ist

F_H die Vertikalkraft am Haken, die durch eine 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. Es muss angenommen werden, 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:

$$H_{Sd,s} = \min \left\{ \begin{array}{l} m_{RC} \times a \times \Phi_5 \times \gamma_p \times \gamma_n \\ C_t \times F_{Sd,s}/h \end{array} \right\} \quad (3)$$

dabei ist

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

5.4 Biegemoment des Schaftes

5.4.1 Allgemeines

Bei der Ermittlung des Gesamtbiegemoments des Hakenschaftes muss folgende Lasteinwirkung berücksichtigt werden:

- 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 halber Nennlast auf einer Hakenseite, siehe 5.4.5.

Die Biegemomente, die durch diese Lasteinwirkungen verursacht werden, müssen auf die gleichen Lastkombinationen zurückgeführt werden, 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 Querschnitt des Hakenschaftes (siehe 5.6) wie folgt berechnet werden:

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

dabei ist

- $H_{Sd,s}$ die Bemessungshorizontalkraft nach 5.3;

h_s der vertikale Abstand zwischen tiefstem Punkt des Hakengrundes und oberem Ende des dünnsten Teils des Hakenschaftes, siehe Bild 1.

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, muss das Biegemoment am Schaft, das durch diese Schräglage verursacht wird, in den Konstruktionsberechnungen berücksichtigt werden. Eine derartige Schräglage kann z. B. verursacht werden durch:

- a) unterschiedliche Hubwege von zwei separaten Hubwerksantrieben, die eine Traverse mit Haken aufnehmen, siehe Bild 3;
- b) Schräglage eines Einzelseiltriebs während der Hub-/Senkbewegung, siehe Bild 4;
- c) Schräglage eines Kranteils, an dem der Haken starr befestigt ist; oder
- d) zwei Unterflaschen durch ein Kranteil (Hubwerkstraverse) verbunden in der obersten Hubposition in Schräglage.

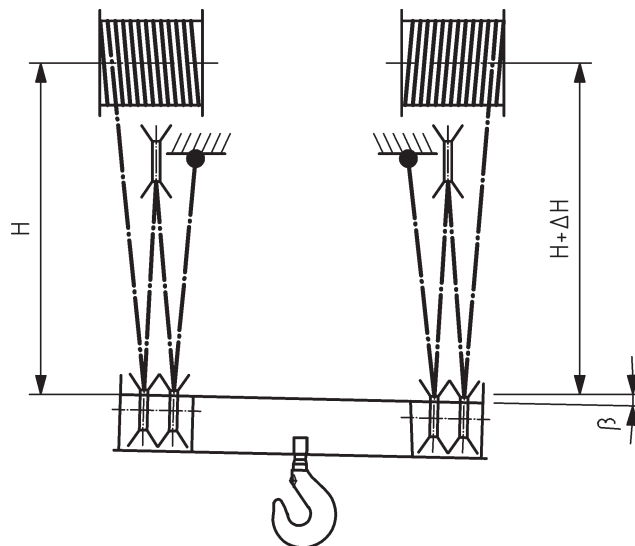


Bild 3 — Schräglage des Hakens bei unterschiedlichen Abständen der Hubbewegung

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

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

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 tiefstem 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, siehe Bild 4. Die Schräglage wird wie folgt berechnet:

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

dabei ist

C_t der relative Kippwiderstand der Hakenaufhängung nach Anhang H;

h der vertikale Abstand vom tiefsten Punkt des Hakengrundes zur Gelenkachse.

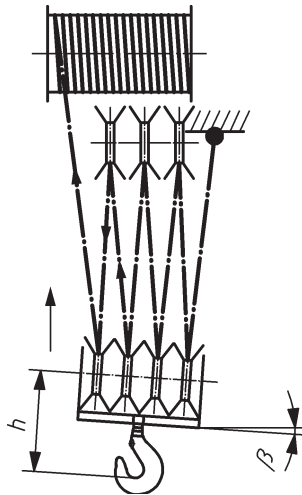


Bild 4 — Kippen der Hakenaufhängung bei Einzelseiltrieb

Die maximale Schräglage, die damit verbundene Vertikalkraft und das daraus resultierende Biegemoment M_2 müssen für alle relevanten Kranlastzustände separat berechnet werden.

5.4.4 Biegemoment bei Exzentrizität der Vertikalkraft

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

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

dabei ist

$F_{Sd,s}$ die Bemessungsvertikalkraft nach 5.2;

a_1 der Kreisdurchmesser des Hakengrundes am Hakenkörper;

c_e der Exzentrizitätsbeiwert;

$c_e = 0,05$.

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

5.4.5 Ausnahmefall für Doppelhaken

Die vorhersehbare Fehlanwendung, dass ein Doppelhaken nur an einem Haken belastet wird, muss als Ausnahmefall berücksichtigt werden. Daher muss für Doppelhaken angenommen werden, dass die Nennlast zur Hälfte auf einen der beiden Haken einwirkt, während der andere Haken unbelastet ist. In den Berechnungen wird dieser Lastfall der Lastkombination C mit $\gamma_p = 1$ zugeordnet, siehe 5.2.

Für einen Doppelhaken mit einseitiger Belastung muss das Biegemoment M_4 infolge der Exzentrizität der Belastung an dem bearbeiteten Unterschnitt mit einem Durchmesser d_4 (siehe Bild 1, angenommener dünnscher Hakenschaftquerschnitt) wie folgt berechnet werden:

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

mit

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

dabei ist

$F_{Sd,s}$ die Bemessungsvertikalkraft nach 5.2;

d_1 der Durchmesser des unbearbeiteten Hakenschaftes;

a_1 der Kreisdurchmesser des Hakengrundes;

e_R der Abstand des Lastangriffspunkts im Hakengrund von der Schaftmittellinie;

h der vertikale Abstand vom tiefsten Punkt des Hakengrundes zur Gelenkachse;

h_s der vertikale Abstand vom tiefsten Punkt des Hakengrunds zum oberen Ende des Hakenunterschnitts, siehe Bild 1;

C_t der relative Kippwiderstand der Hakenaufhängung, siehe dazu Anhang H.

ANMERKUNG Gleichung (8) stellt eine leicht konservative Methode dar, das Drehmoment am bearbeiteten Querschnitt des Schaftes zu berechnen. Die Berechnung von Spannungen im unbearbeiteten Schaftquerschnitt von Doppelhaken ist für diesen Ausnahmefall in 5.5.3 und Gleichung (12) angegeben.

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:

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

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 dazu Anhang H;

$F_{Sd,s}$ die Bemessungsvertikalkraft nach 5.2.

Zusätzlich dazu muss das Bemessungsbiegemoment entsprechend dem Ausnahmefall in 5.4.5 in der Lastkombination C wie folgt berücksichtigt werden:

$$M_{Sd,s} = M_4 + H_{Sd,s} \times h_s \quad (10)$$

dabei ist

M_4 das Biegemoment nach 5.4.5;

$H_{Sd,s}$ die horizontale Bemessungskraft nach 5.3, berechnet mit halber Nennlast.

5.5 Hakenkörper, Bemessungsspannungen

5.5.1 Lasteinwirkungen

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

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

Bei Doppelhaken wird eine gleichmäßige Lastverteilung auf beide Hakenseiten in den Lastkombinationen A und B angenommen.

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

Die Horizontalkräfte dürfen in den Berechnungen für Hakenkörper unberücksichtigt bleiben.

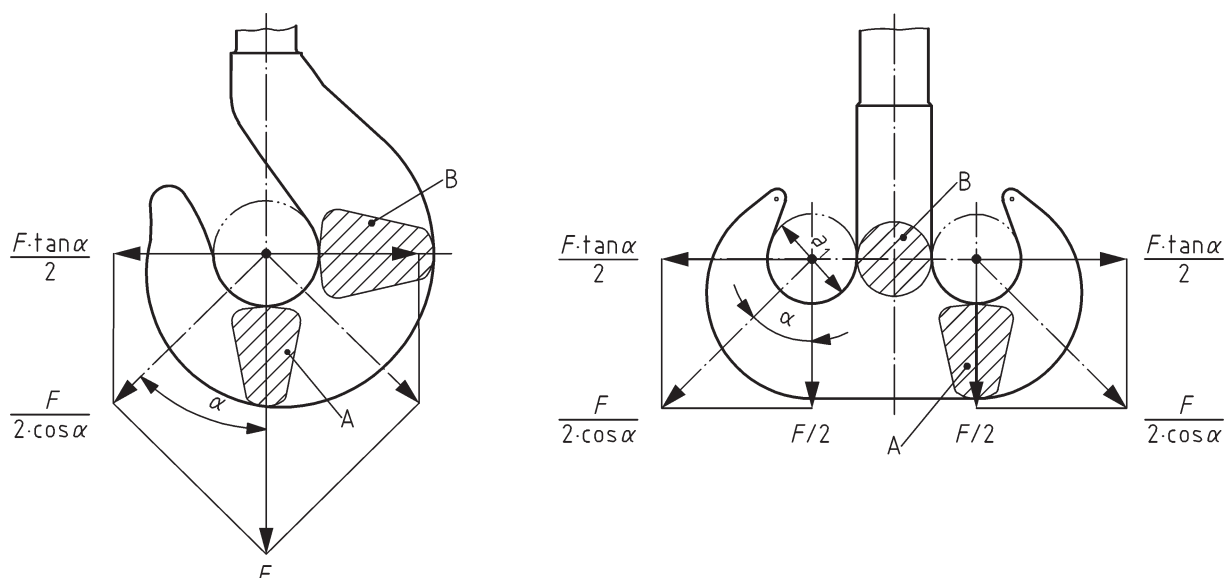


Bild 5 — Lasteinwirkungen am Hakenkörper und kritische Querschnitte für die Berechnung

5.5.2 Verfahren zur Berechnung von Spannungen

Spannungen an den gekennzeichneten Querschnitten des Hakenkörpers müssen durch eines der folgenden Verfahren analysiert werden:

- die Biegetheorie für gekrümmte Balken nach Anhang G;
- die Finite-Elemente-Methode;

Für die Ermittlung von Spannungen am Querschnitt B eines Doppelhakens darf jedoch die konventionelle Balkenbiegetheorie verwendet werden.

5.5.3 Bemessungsspannungen

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

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

mit

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

und

$v = 1$ für Querschnitt B eines Einfachhakens;

$v = 0,5 \times \tan \alpha$ für Querschnitt A eines Einfach- und Doppelhakens, $\alpha = 45^\circ$;

dabei ist

R der Hakenbiegungsradius, der durch den Schwerpunkt des Querschnitts bestimmt wird;

$F_{Sd,s}$ 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 G berechnet werden müssen.

Die Bemessungsspannung für den unbearbeiteten Schaftquerschnitt B des Doppelhakens für den in 5.4.5 genannten Ausnahmefall muss wie folgt berechnet werden:

$$\sigma_{Sd,s} = \frac{F_{Sd,s}}{2 \times A_{d1}} + \frac{F_{Sd,s} \times e \times d_1}{4 \times I_{d1}} \quad (12)$$

mit

$$e = \frac{e_R \times h_a}{\sqrt{e_R^2 + h_a^2}}, \quad h_a = h - a_1/2 \text{ und } e_R = (a_1 + d_1)/2,$$

dabei ist

$F_{Sd,s}$ die Bemessungsvertikalkraft nach 5.2;

h der vertikale Abstand vom tiefsten Punkt des Hakengrundes zur Gelenkachse;

e der Abstand der Mitte des Querschnitts B zur Wirkungslinie der Last in einem Haken. Wenn die Hakenaufhängung starr ist, setze $e = e_R$;

A_{d1} die Querschnittsfläche des unbearbeiteten Hakenschaftes;

I_{d1} das Trägheitsmoment des unbearbeiteten Hakenschaftes;

d_1 der Durchmesser des unbearbeiteten Hakenschaftes;

a_1 der Kreisdurchmesser des Hakengrundes.

Die Berechnung des Maßes e in Gleichung (12) gilt für einen kreisförmigen Hakengrund. Für andere Hakenrundformen muss das Maß e entsprechend berechnet werden.

5.6 Bemessungsspannungen des Hakenschaftes

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

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

dabei ist

$F_{Sd,s}$ die Bemessungsvertikalkraft des Hakens;

$M_{Sd,s}$ das Bemessungsbiegemoment am kritischen Querschnitt, siehe 5.4.6;

A_{d4} die Querschnittsfläche des kritischen Hakenschaftquerschnitts;

I_{d4} das Trägheitsmoment des kritischen Hakenschaftquerschnitts.

5.7 Haken, Nachweis der statischen Festigkeit

5.7.1 Allgemeines zu Hakenkörper und Hakenschaft

Sowohl für Hakenkörper als auch Hakenschäfte muss der Nachweis erbracht werden, dass bei relevanten Lastenwirkungen nach 5.2 bis 5.4 Folgendes gilt:

$$\sigma_{Sd,s} \leq f_{Rd} = f_1 \times f_M \times \frac{f_y}{\gamma_m \times \gamma_{sm}} \quad (14)$$

dabei ist

$\sigma_{Sd,s}$ die maximale Bemessungsspannung im kritischen Querschnitt nach 5.5 und 5.6;

f_{Rd} der Grenzwert der Bemessungsspannung;

f_y die Fließgrenze des Werkstoffs im Fertigerzeugnis;

- f_1 der Einflussfaktor für die Betriebstemperatur nach Gleichung (15);
- f_M der Einflussfaktor für den Werkstoff:
- $f_M = 1,0$ für geschmiedete Haken mit Gütestufe 2 oder besser gemäß EN 12680-1:2003;
- $f_M = 0,8$ für gegossene Haken mit Gütestufe 3 nach EN 12680-1:2003;
- $\gamma_m = 1,1$ der allgemeine Widerstandsbeiwert nach EN 13001-2:2014;
- γ_{sm} der spezifische Widerstandsbeiwert für die verschiedenen Querschnitte:
- $\gamma_{sm} = 0,75$ für den Querschnitt B des Hakenkörpers bei Einfachhaken, wie in Bild 5 dargestellt;
- $\gamma_{sm} = 0,81$ für den Querschnitt A des Hakenkörpers in Bild 5;
- $\gamma_{sm} = 0,95$ für die Schaftquerschnitte von Haken.

Liegen keine anderen Daten vor, darf der Faktor f_1 unter Berücksichtigung einer Verminderung der Fließgrenze bei hohen Temperaturen wie folgt berechnet werden:

$$\begin{aligned} f_1 &= 1 && \text{Für } -50^\circ\text{C} \leq T \leq 100^\circ\text{C} \\ f_1 &= 1 - 0,25 \times (T - 100) / 150 && \text{Für } 100^\circ\text{C} < T \leq 250^\circ\text{C} \end{aligned} \quad (15)$$

dabei ist

T die Betriebstemperatur in Grad Celsius ($^\circ\text{C}$).

Die Maße von Doppelhaken in Anhang B sind so proportioniert, dass der Querschnitt B des Hakenkörpers hinsichtlich der statischen Festigkeit des Körpers nicht bestimmend wird, d. h. der Nachweis des Sonderfalls in 5.4.5 ist für diese besonderen Haken nicht erforderlich.

5.7.2 Nachweis für Hakenkörper anhand des Grenzwertes der statischen Bemessungskraft

Entspricht der ausgewählte Hakenkörper Anhang A oder Anhang B, darf der Nachweis der statischen Festigkeit anhand des Grenzwertes der statischen Bemessungskräfte nach Anhang D erbracht werden, und es muss für alle relevanten Lasteinwirkungen und Lastkombinationen, die in 5.2 spezifiziert sind, nachgewiesen werden, dass

$$F_{Sd,s} \leq F_{Rd,s} = f_1 \times f_M \times F_{Rd,s,0} \quad (16)$$

dabei ist

- $F_{Sd,s}$ die Bemessungsvertikalkraft nach 5.2;
- $F_{Rd,s}$ der Grenzwert der statischen Bemessungskraft;
- f_1 der Einflussfaktor für die Betriebstemperatur nach Gleichung (15);
- f_M der Einflussfaktor für den Werkstoff gemäß Abschnitt 5.7.1.
- $F_{Rd,s,0}$ die statische Bemessungsgrundkraft nach Anhang D, die nach dem Verfahren dieser Norm berechnet wird.

Gleichung (16) deckt den Nachweis der statischen Festigkeit für Querschnitte A und B von Einfachhaken und Querschnitt A von Doppelhaken ab. Der Grenzwert der statischen Bemessungskraft wird wie folgt mit den in 5.5.3 definierten Parametern berechnet:

$$F_{Sd,s,0} = \frac{f_y}{\gamma_m \times \gamma_{sm}} \times \frac{I \times (1 - \eta_1/R)}{v \times R \times \eta_1} \quad (17)$$

Für Einfachhaken aus Anhang D wird der Grenzwert der statischen Bemessungskraft für die beiden Querschnitte A und B separat berechnet und der kleinere Wert von beiden angegeben.

Zusätzlich muss der Nachweis der statischen Festigkeit für den Hakenschaft nach 5.7.1 durchgeführt werden.

6 Ermüdungsfestigkeit

6.1 Allgemeines

Der Nachweis der Ermüdungsfestigkeit von Haken muss nach den Grundsätzen von EN 13001-1:2015 und EN 13001-2:2021 durchgeführt werden. Die Bemessungslebensdauer eines Hakens muss mindestens der Lebensdauer des dazugehörigen Kranes oder Hubwerkes entsprechen.

Der Nachweis muss für die kritischen Hakenquerschnitte (siehe Bild 5) unter Berücksichtigung der ungünstigsten Lasteinwirkungen aus den Lastkombinationen A nach EN 13001-2:2021, einschließlich der Risikobeiwerte γ_n , wenn anwendbar, und mit allen Teilsicherheitsbeiwerten auf $\gamma_p = 1$ gesetzt erbracht werden.

Die Spannungsspielzahl für den Nachweis muss anhand der Gesamtzahl der Arbeitszyklen während der Bemessungslebensdauer des Kranes oder Hubwerks nach EN 13001-1:2015 ermittelt werden. Im Allgemeinen gilt für den Hakenkörper, dass ein Hubspiel ein Spannungsspiel erzeugt. Besteht ein Arbeitszyklus aus mehreren Hubspielen, muss dies beim Zählen der Spannungsspiele berücksichtigt werden. Für den Hakenschaft muss außerdem die Anzahl der Positionierbewegungen nach EN 13001-1:2015 berücksichtigt werden, wenn die Zahl der Biegespannungsspiele ermittelt wird.

6.2 Bemessungsvertikalkraft für die Ermüdungsfestigkeit

Die Bemessungsvertikalkraft $F_{Sd,f,i}$ für ein Hubspiel i muss wie folgt berechnet werden:

$$F_{Sd,f,i} = \Phi_2 \times m_i \times g \times \gamma_n \quad (18)$$

dabei ist

Φ_2 der dynamische Beiwert beim Heben einer frei beweglichen Last vom Boden, siehe dazu EN 13001-2:2021;

γ_n der Risikobeiwert, siehe EN 13001-2:2021;

m_i die Masse der Hakenlast für ein Hubspiel i ;

g die Beschleunigung infolge der Schwerkraft $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

6.3 Bemessungshorizontalkraft für die Ermüdungsfestigkeit

Die Bemessungshorizontalkraft $H_{Sd,f,i}$ für ein Hubspiel i infolge horizontaler Beschleunigungen muss wie folgt berechnet werden:

$$H_{Sd,f,i} = \gamma_n \times \min \left\{ \begin{array}{l} m_i \times a \times \varphi_5 \\ C_t \times m_i \times g/h \end{array} \right\} \quad (19)$$

dabei ist

- m_i die Masse der Hakenlast für ein Hubspiel i ;
- a die Beschleunigung oder Verzögerung einer horizontalen Bewegung;
- ϕ_5 der dynamische Beiwert für Lasten, die durch horizontale Beschleunigung verursacht werden, siehe dazu EN 13001-2. Für Hakenaufhängungen, die in horizontaler Richtung nicht starr mit beweglichen Kranteilen verbunden sind, muss $\phi_5 = 1$ gesetzt werden;
- γ_n der Risikobeiwert, siehe EN 13001-2:2021;
- C_t der relative Kippwiderstand der Hakenaufhängung, siehe dazu Anhang H;
- g die Beschleunigung infolge der Schwerkraft $g = 9,81 \text{ m/s}^2$;
- h der vertikale Abstand vom tiefsten Punkt des Hakengrundes zur Gelenkachse.

6.4 Bemessungsbiegemoment für die Ermüdungsfestigkeit des Schaftes

6.4.1 Biegemoment bei horizontaler Krafteinwirkung

Das Biegemoment $M_{1,f,i}$ muss im kritischen Querschnitt des Hakenschaftes anhand der Bemessungshorizontalkraft $H_{Sd,f,i}$ nach 6.3 nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$M_{1,f,i} = H_{Sd,f,i} \times h_s \quad (20)$$

dabei ist

- $H_{Sd,f,i}$ die Bemessungshorizontalkraft in einem Hubspiel i nach 6.3;
- h_s der vertikale Abstand zwischen tiefstem Punkt des Hakengrundes und oberem Ende des dünnsten Teils des Hakenschaftes. Bei typischen Hakenaufhängungen ist h_s wie in Bild 1 dargestellt.

6.4.2 Biegemoment bei Schräglage der Hakenaufhängung

Hierbei müssen die Ursachen, die zu einer Schräglage führen, und die Berechnungsmethode analog 5.4.3 berücksichtigt werden. Für den Nachweis der Ermüdungsfestigkeit muss anhand der Krankonfiguration und des konkreten Anwendungsfalls entschieden werden, bei welchen Lasteinwirkungen aus Lastkombination A es sich um regelmäßige Beanspruchungen handelt.

Als regelmäßig in jedem Hubspiel auftretend muss mindestens Folgendes berücksichtigt werden: Bei einer Hakenflasche mit mehreren Seilsträngen und einem einzigen von der Trommel ablaufenden Seil führen Hub- bzw. Senkbewegungen zu einer Schrägstellung der Hakenaufhängung. Siehe dazu Bild 4. Das Biegemoment $M_{2,f,i}$, das im kritischen Querschnitt des Hakenschaftes entsteht, lässt sich wie folgt berechnen:

$$M_{2,f,i} = F_{Sd,f,i} \times h_s \times \sin(\beta) \quad (21)$$

dabei ist

- $F_{Sd,f,i}$ die Bemessungsvertikalkraft in einem Hubspiel i nach 6.2;
- h_s der vertikale Abstand zwischen tiefstem Punkt des Hakengrundes und oberem Ende des dünnsten Teils des Hakenschaftes;
- β die Schräglage der Hakenaufhängung nach Gleichung (6).

6.4.3 Biegemoment bei Exzentrizität der Vertikalkraft

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

$$M_{3,f,i} = c_e \times F_{Sd,f,i} \times a_1 \quad (22)$$

dabei ist

$F_{Sd,f,i}$ die Bemessungsvertikalkraft in einem Hubspiel i nach 6.2;

a_1 der Kreisdurchmesser des Hakengrundes am Hakenkörper;

c_e der Exzentrizitätsbeiwert $c_e = 0,05$.

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.

ANMERKUNG Der Wert $c_e = 0,05$ stellt eine Position am tiefsten Punkt dar, bei der ein Reibbeiwert von 0,1 ausreicht, um das Anschlagmittel in dieser Position zu halten.

6.5 Nachweis der Ermüdungsfestigkeit von Hakenkörpern

6.5.1 Berechnung der Bemessungsspannung

Der Nachweis der Ermüdungsfestigkeit muss auf dem akkumulierten Effekt der Schwingbreiten in den kritischen Querschnitten basieren. Es wird angenommen, dass in jedem Hubspiel das Heben der Last vom Boden erfolgt, so dass der Lastbereich des Hakens zwischen null und Volllast liegt, wobei die dynamischen Beiwerte entsprechend berücksichtigt werden.

Die Berechnung der Schwingbreiten ist vergleichbar mit der Berechnung der statischen Bemessungsspannungen in 5.5.3, wenn die Bemessungsvertikalkraft für die Ermüdungsfestigkeit aus 6.2 aufgebracht wird:

$$\Delta\sigma_{Sd,i} = \sigma_{Sd,s} \text{ nach Gleichung (11) in 5.5.3, wenn } F_{Sd,s} = F_{Sd,f,i} \text{ gesetzt wird.}$$

dabei ist

i der Index für ein Hubspiel;

$\Delta\sigma_{Sd,i}$ die Schwingbreite in einem Hubspiel i ;

$F_{Sd,f,i}$ die Bemessungsvertikalkraft für die Ermüdungsfestigkeit nach 6.2.

6.5.2 Spannungsverlauf im Allgemeinen

Der akkumulierte Ermüdungseffekt des Spannungsverlaufes ist in einem einzigen Spannungsverlaufsparameter s_h zusammengefasst, der wie folgt berechnet wird:

$$s_h = k_h \times v_h \quad (23)$$

mit

$$k_h = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{\Delta\sigma_{Sd,i}}{\Delta\sigma_{Sd, \max}} \right)^m \quad (24)$$

und

$$v_h = \frac{N}{N_D} \quad (25)$$

dabei ist

k_h	der Spannungskollektivbeiwert;
v_h	die relative Spannungsspielzahl;
i	der Index für ein Hubspiel;
N	die Gesamtzahl der Hubspiele;
$N_D = 2 \times 10^6$	die Referenzspielzahl;
$\Delta\sigma_{Sd,i}$	die Schwingbreite in einem Hubspiel i ;
$\Delta\sigma_{Sd,max}$	die maximale Schwingbreite;
m	die inverse Steigung der charakteristischen Bemessungs-Wöhlerlinie, $m = 5$.

Die Gesamtzahl der Hubspiele (N) muss der Gesamtzahl der Arbeitszyklen (C) während der Kranlebensdauer nach EN 13001-1 entsprechen.

6.5.3 Spannungsverlauf anhand der Betriebsklassen

Der Hakenkörper stellt einen Sonderfall dar, bei dem die Spannungsschwankungen nur von den Schwankungen der Hublast abhängen. Dadurch kann, anstatt eines fallspezifischen Spannungsverlaufs und detaillierter Berechnung von s_h nach 6.5.2, der Spannungsverlaufparameter direkt von den Q- und U-Klassen aus EN 13001-1:2015 abgeleitet werden. In den Fällen, bei denen der vorgesehene Betrieb nur durch die Q- und U-Klassen definiert wird, muss die Berechnung von s_h entsprechend der nachfolgenden Beschreibung erfolgen.

Der Lastverlaufparameter s_Q wird durch folgende Gleichung definiert:

$$s_Q = kQ \times N/N_D \quad (26)$$

dabei ist

kQ	der Lastkollektivbeiwert nach Tabelle 8, siehe auch EN 13001-1;
N	die Gesamtzahl der Hubspiele. Für einen Haken muss diese Anzahl typischerweise der Anzahl der Arbeitsspiele (C) entsprechen, die für einen Kran in Übereinstimmung mit den U-Klassen nach EN 13001-1:2015 festgelegt sind. Jedes zwischenzeitliche Absetzen der Last auf dem Boden innerhalb eines Arbeitszyklus muss jedoch wie ein zusätzliches Hubspiel gewertet und zum Wert von N addiert werden;
$N_D = 2 \times 10^6$	die Referenzspielzahl.

Der Lastkollektivbeiwert (kQ) wird unter Verwendung eines Exponenten von 3 berechnet, während die Ermüdung des Hakenkörpers auf einer Ermüdungskurve mit einer Steigung $m = 5$ basiert. Daher muss ein Umrechnungsfaktor (k_5^*) für eine Lastverteilung in einer gegebenen Form berechnet werden, um eine Verbindung zwischen Lastkollektiv nach EN 13001-1:2015 und Spannungsverlaufparameter des Hakenkörpers (s_h) herzustellen. Für eine Betriebsklasse müssen die stetigen Lastverteilungen nach EN 13001-1:2015, Anhang B, verwendet werden.

Die Spannungsverlaufparameter s_h für Hakenkörper müssen wie folgt berechnet werden:

$$s_h = s_Q / (k_5^*)^m \quad (27)$$

mit

$$k_5^* = \sqrt[5]{\frac{k_Q}{k_h}} \quad (28)$$

dabei ist

k_5^* die spezifische Verhältniszahl für das Lastkollektiv. Die standardisierten Werte, berechnet nach den in EN 13001-1:2015, Anhang B, angegebenen Gleichungen, sind in Tabelle 8 aufgelistet und müssen verwendet werden.

Tabelle 8 — Parameter zur Ermüdungsbemessung der Betriebsklassen

	Klasse Q	Q₀	Q₁	Q₂	Q₃	Q₄	Q₅
	k_Q	0,031 3	0,062 5	0,125	0,25	0,5	1
	$k_h = k_{(5)}$	0,008 69	0,017 76	0,046 82	0,127 52	0,355 82	1
	Faktor k_5^*	1,292	1,286	1,217	1,144	1,070	1
Klasse U	C [Spielzahl]	Umrechnungsfaktor $k_C = k_5^* / \sqrt[5]{s_Q}$					
U₀	16 000	6,78	5,88	4,84	3,96	3,23	2,63
U₁	31 500	5,93	5,14	4,23	3,46	2,82	2,29
U₂	63 000	5,16	4,47	3,68	3,01	2,45	2,00
U₃	125 000	4,50	3,90	3,21	2,63	2,14	1,74
U₄	250 000	3,92	3,39	2,80	2,29	1,86	1,52
U₅	500 000	3,41	2,95	2,43	1,99	1,62	1,32
U₆	1 000 000	2,97	2,57	2,12	1,73	1,41	1,15
U₇	2 000 000	2,58	2,24	1,84	1,51	1,23	1,00
U₈	4 000 000	2,25	1,95	1,61	1,31	1,07	0,87
U₉	8 000 000	1,96	1,70	1,40	1,14	0,93	0,76

6.5.4 Grenzwert der Bemessungsspannung für die Ermüdungsfestigkeit

Die Grundannahme besteht darin, dass es sich bei den Ermüdungsfestigkeitskurven in $\log(\sigma)/\log(N)$ -Form um Geraden handelt, die für alle Werkstoffsorten dieselbe Steigung (m) aufweisen. Das ist eine vernünftige Annäherung im Bereich der hohen Spannungsspielzahlen, in dem die Ermüdungsfestigkeit das maßgebende Bemessungskriterium ist.

Der Grenzwert der Bemessungsspannung für die Ermüdungsfestigkeit am Referenzpunkt N_D wird wie folgt berechnet:

$$\Delta\sigma_{Rd} = f_1 \times f_2 \times \Delta\sigma_c \quad (29)$$

dabei ist

$\Delta\sigma_{Rd}$ der Grenzwert der Bemessungsspannung für die Ermüdungsfestigkeit;

$\Delta\sigma_c$ der charakteristische Wert der Ermüdungsfestigkeit bei einer Spannungsspielzahl $N_D = 2 \times 10^6$ in Abhängigkeit vom Werkstoff;

f_1 der Einflussfaktor für die Betriebstemperatur nach Gleichung (31);

f_2 der Einflussfaktor für die Werkstoffdicke nach Gleichung (32).

Der charakteristische Wert der Ermüdungsfestigkeit $\Delta\sigma_c$ ist abhängig von der Bruchfestigkeit des Werkstoffs. Für die klassifizierte Werkstoffsorte nach Tabelle 6 darf der Wert der Ermüdungsfestigkeit aus Tabelle 9 entnommen werden.

Tabelle 9 — Charakteristischer Wert der Ermüdungsfestigkeit von Hakenwerkstoffen

Werkstoffklasse	$\Delta\sigma_c$ N/mm ²	$\Delta\sigma_c$ N/mm ²
	Geschmiedet	Gegossen
P	195	130
S	210	140
T	250	165
V	275	185
W	310	205

Für andere als klassifizierte Werkstoffe ist der charakteristische Wert der Ermüdungsfestigkeit $\Delta\sigma_c$ wie folgt zu berechnen:

$$\Delta\sigma_c = f_{MB} \times f_u \times lg \frac{13\,001}{f_u} \quad (30)$$

dabei ist

f_u die Bruchfestigkeit des Werkstoffs in Newton je Quadratmillimeter (N/mm²)

f_{MB} der Werkstofffaktor für die Ermüdung des Hakenkörpers:

$f_{MB} = 0,282$ für geschmiedete Haken,

$f_{MB} = 0,189$ für gegossene Haken.

Der Einflussfaktor f_1 für die Betriebstemperatur wird wie folgt berechnet:

$$\begin{aligned} f_1 &= 1 - 0,1 \times (T - 100) / 150 \text{ für } 100^\circ\text{C} \leq T \leq 250^\circ\text{C} \\ f_1 &= 1 \text{ für } -50^\circ\text{C} \leq T \leq 100^\circ\text{C} \end{aligned} \quad (31)$$

dabei ist

T die Betriebstemperatur in Grad Celsius (°C).

Der Einflussfaktor f_2 für die Werkstoffdicke wird wie folgt berechnet:

$$f_2 = \left(\frac{b_{\text{ref}}}{b_{\text{max}}} \right)^{0,167} \quad \text{für } 25 \text{ mm} \leq b_{\text{max}} \leq 150 \text{ mm} \quad (32)$$

$$\begin{aligned} f_2 &= 1 && \text{für } b_{\max} < 25 \text{ mm} \\ f_2 &= 0,74 && \text{für } b_{\max} > 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

dabei ist

b_{ref} die Referenzbreite, $b_{\text{ref}} = 25 \text{ mm}$;

$b_{\max}$ die maximale Breite im kritischen Querschnitt des Hakenkörpers, z. B. das Maß b_1 in Bild A.1.

6.5.5 Durchführung des Nachweises

Der Nachweis muss für alle relevanten Querschnitte des Hakenkörpers gesondert vorgenommen werden.

Für den Nachweis der Ermüdungsfestigkeit muss nachgewiesen werden, dass

$$\Delta\sigma_{\text{Sd,max}} \leq \frac{\Delta\sigma_{\text{Rd}}}{\gamma_{\text{Hf}} \times \sqrt[m]{s_{\text{h}}}} = \frac{k_5^* \times \Delta\sigma_{\text{Rd}}}{\gamma_{\text{Hf}} \times \sqrt[m]{s_{\text{Q}}}} \quad (33)$$

dabei ist

$\Delta\sigma_{\text{Sd,max}}$ die maximale Schwingbreite innerhalb des gesamten Spannungsverlaufs;

$\Delta\sigma_{\text{Rd}}$ der Grenzwert der Bemessungsspannung für die Ermüdungsfestigkeit nach Gleichung (29);

γ_{Hf} der spezifische Widerstandsbeiwert für die Ermüdungsfestigkeit nach Tabelle 10;

m die inverse Steigung der charakteristischen Bemessungs-Wöhlerlinie, $m = 5$;

s_{h} der Spannungsverlaufparameter;

k_5^* die spezifische Verhältniszahl des Lastkollektivs für $m = 5$;

s_{Q} der Lastverlaufparameter.

Tabelle 10 — Spezifischer Widerstandsbeiwert für die Ermüdungsfestigkeit

Hakenquerschnitt	γ_{Hf}
Querschnitt A von Einfach- und Doppelhaken	1,35
Querschnitt B von Einfachhaken	1,25

Für die Berechnung mit Hilfe der Klassifizierung nach EN 13001-1:2015 sind die Werte für den Umrechnungsfaktor k_{C} in Tabelle 8 gegeben.

6.5.6 Nachweis von Hakenkörpern anhand des Grenzwerts der Bemessungskraft für die Ermüdungsfestigkeit

In Fällen, bei denen der ausgewählte Hakenkörper Anhang A oder Anhang B entspricht, darf der Nachweis für die Ermüdungsfestigkeit anhand des in Anhang E angegebenen Grenzwertes der Bemessungskraft für die Ermüdungsfestigkeit erbracht werden und es muss für alle relevanten Lasteinwirkungen und Lastkombinationen nach 6.2 nachgewiesen werden, dass

$$F_{\text{Sd,f}} \leq \frac{f_1 \times F_{\text{Rd,f}}}{\sqrt[m]{s_{\text{h}}}} = \frac{f_1 \times k_5^* \times F_{\text{Rd,f}}}{\sqrt[m]{s_{\text{Q}}}} \quad (34)$$

dabei ist

$F_{Sd,f}$ der Maximalwert der Bemessungsvertikalkraft für die Ermüdungsfestigkeit nach 6.2;

$F_{Sd,f}$ der Grenzwert der Bemessungskraft für die Ermüdungsfestigkeit nach Anhang E;

f_1 der Einflussfaktor für die Betriebstemperatur nach Gleichung (31).

Der Grenzwert der Bemessungskraft für die Ermüdungsfestigkeit wird wie folgt mit den in 5.5.3 definierten Parametern berechnet:

$$F_{Rd,f} = \frac{f_2 \times \Delta\sigma_c}{\gamma_{Hf}} \times \frac{I \times (1 - \eta_1/R)}{v \times R \times \eta_1} \quad (35)$$

Für Einfachhaken wird der Grenzwert der Bemessungskraft für die Ermüdungsfestigkeit für die beiden Querschnitte A und B gesondert berechnet, wobei der kleinere Wert von beiden verwendet wird.

6.6 Nachweis der Ermüdungsfestigkeit von Hakenschäften

6.6.1 Allgemeines

Die Grundsätze dieses Abschnitts können auf bearbeitete Hakenschäfte im Allgemeinen angewendet werden. Spannungskonzentrationsfaktoren, die für die in diesem Abschnitt nicht genannten Konstruktionen relevant sind, müssen an anderer Stelle bestimmt werden.

Die Spannungsspielzahl wird von der Gesamtzahl der Hubspiele (N) abgeleitet, die der Gesamtzahl der Arbeitszyklen (C) während der Bemessungslebensdauer des Kranes nach EN 13001-1:2015 entsprechen muss.

In 6.6 werden folgende Symbole verwendet:

N die Gesamtzahl der Kranhubspiele;

Pa_a die durchschnittliche Beschleunigungszahl je Hubspiel nach EN 13001-1:2015;

i der Index für ein Spannungs-/Hubspiel;

$N_D = 2 \times 10^6$ die Referenzspielzahl;

m der Wert der inversen Steigung der charakteristischen Bemessungs-Wöhlerlinie;

f_u die Bruchfestigkeit des Werkstoffes;

f_y die Fließgrenze des Werkstoffes.

6.6.2 Berechnung der Bemessungsspannung

Die Bemessungsspannungen müssen am Unterschnitt des Schaftes direkt unterhalb des Gewindes mit einem Durchmesser d_4 berechnet werden. Siehe dazu Bild 1. Die Grundspannungen werden ohne Spannungskonzentrationsfaktoren mit Hilfe der konventionellen Balkenbiegetheorie berechnet. Die folgenden Gleichungen sind allgemein gültig und werden zur Berechnung der Bemessungsvertikalkräfte und Bemessungsbiegemomente in 6.6 verwendet:

$$\sigma_a(F) = \frac{F}{A_{d4}} \quad (36)$$

$$\sigma_b(M) = \frac{M \times d_4/2}{I_{d4}} \quad (37)$$

dabei ist

- σ_a die (Axial-)Spannung des Schaftes infolge der Bemessungsvertikalkraft;
- σ_b die (Biege-)Spannung des Schaftes infolge des Bemessungsbiegemomentes;
- F die Bemessungsvertikalkraft in einem Ermüdungslastspiel;
- M das Bemessungsbiegemoment in einem Ermüdungslastspiel;
- A_{d4} die Querschnittsfläche des kritischen Hakenschaftquerschnitts;
- I_{d4} das Trägheitsmoment des kritischen Hakenschaftquerschnitts.

6.6.3 Spannungsspiele

Für jedes Hubspiel gibt es zwei Arten von Spannungsspielen, die relevant sind und berücksichtigt werden müssen:

Spannungsspiel Typ 1: Spannungsspiel, das durch das Anheben einer Last und Absetzen auf den Boden entsteht, unter Berücksichtigung der Biegespannung als Folge der Schräglage der Hakenaufhängung und Exzentrizität der Vertikallast. Jedes Spannungsspiel (i) ist durch folgende Besonderheiten charakterisiert:

- a) Axialspannung $\sigma_{a1} = \sigma_a (F_{Sd,fi})$ (Gleichung (36)) mit $F_{Sd,fi}$ nach 6.2;
- b) Biegespannung $\sigma_{b1} = \sigma_b (M)$ (Gleichung (37)) mit $M = \max [M_{2,fi}, M_{3,fi}]$ nach 6.4.2 und 6.4.3;
- c) Spannungsspiel bei Schwellbeanspruchung von 0 bis $\sigma_{a1} + \sigma_{b1}$, Mittelspannung $\sigma_{m1,i} = (\sigma_{a1} + \sigma_{b1}) / 2$, Spannungsamplitude $\sigma_{A1,i} = \sigma_{m1,i}$;
- d) Gesamtzahl der Spannungsspiele $N_1 = N$.

Spannungsspiel Typ 2: Spannungsspiel, das durch horizontale Beschleunigung und daraus resultierendes Lastpendeln entsteht, muss wie folgt berücksichtigt werden:

- e) Axialspannung wie in Spannungsspiel Typ 1;
- f) Biegespannung $\sigma_{b2,i} = \sigma_b (M_{1,fi})$ (siehe Gleichung (37)) mit $M_{1,fi}$ nach 6.4.1;
- g) jedes Spannungsspiel mit Mittelspannung $\sigma_{m2,i} = \sigma_{a1,i}$ und Spannungsamplitude $\sigma_{A2,i} = \sigma_{b2,i}$;
- h) Gesamtzahl der Spannungsspiele $N_2 = p_a \times N$. Wird der Haken so verwendet, dass er sich frei und willkürlich um eine volle Umdrehung von 360° drehen kann, kann der Wert $N_2 = p_a \times N / 2$ angenommen werden.

Für jedes Hubspiel muss die jeweils spezifische Hakenlast verwendet werden.

Die Axialspannungen des Spannungsspiels Typ 2 dürfen ohne Berücksichtigung des Beiwertes ϕ_2 nach 6.2 berechnet werden.

Parameter p_a muss Tabelle 11 entnommen werden.

Tabelle 11 — Durchschnittliche Anzahl der horizontalen Beschleunigungen p_a

Anwendungsfall	p_a
1) Vorgänge, bei denen horizontale Lastbewegungen regelmäßig in jedem Arbeitszyklus stattfinden	8
2) Sonderfälle mit niedriger Geschwindigkeit und kurzen Wegen, bei denen die horizontalen Bewegungen stets durch einen Signalgeber überwacht werden	2
3) Verwendung einer besonderen Lastpendelregelung im Antriebssystem für die Horizontalbewegung	2
4) Alle sonstigen Anwendungsfälle und eigenständige Haken, bei denen der Anwendungsfall nicht bekannt ist	4

6.6.4 Grundwert der Ermüdungsfestigkeit des Werkstoffs

Der Grundwert der Wechselfestigkeit des Werkstoffs bei einer Mittelspannung von null ($\sigma_m = 0$) und einer Referenzlastspielzahl von $N_D = 2\,000\,000$ lässt sich anhand der Bruchfestigkeit des Werkstoffes wie folgt berechnen:

$$\sigma_M = f_{MS} \times 0,45 \times f_u \quad (38)$$

dabei ist

f_{MS} der Werkstofffaktor für die Ermüdung des Hakenschaftes,

$f_{MS} = 1,0$ für geschmiedete Haken,

$f_{MS} = 0,85$ für gegossene Haken.

6.6.5 Geometrisch bedingte Spannungskonzentrationsfaktoren

Bei den im Folgenden beschriebenen Faktoren handelt es sich um den Spannungskonzentrationsfaktor α und die im Endergebnis erhaltene Kerbwirkungszahl β_n . Beide Werte müssen separat für die Flanke und den Gewindegrund mit Hilfe der Gleichungen aus Tabelle 12 berechnet werden. Zum Nachweis der Ermüdungsfestigkeit des Schaftes muss der Maximalwert der beiden Faktoren β_n verwendet werden.

ANMERKUNG Es wird davon ausgegangen, dass es sich bei dem Gewinde um ein eingängiges Gewinde handelt.

Tabelle 12 — Kennzahlen zur Berechnung von Spannungskonzentrationsfaktoren

	Flanke	Gewinde
Mittlerer Gewindedurchmesser d_e	$d_e = 0,6 \times d_3 + 0,4 \times d_5$	
Kerbtiefe	$u_S = (d_e - d_4)/2$	$u_T = (d_e - d_5)/2$
Beiwert ϕ	$\phi = \frac{1}{2 + 4 \times \sqrt{\frac{u_S}{r_9}}}$	$\phi = \frac{1}{2 + 4 \times \sqrt{\frac{u_T}{r_{th}}}}$
Beiwert χ	$\chi = \frac{2 \times (1 + \phi)}{r_9}$	$\chi = \frac{2 \times (1 + \phi)}{r_{th}}$
Stützfaktor n	$n = 1 + \sqrt{\chi} \times 10^{-(0,33 + f_y/712)}$	

Tabelle 12 (*fortgesetzt*)

	Flanke	Gewinde
Geometrischer Spannungskonzentrationsfaktor	α_S (Gleichung (39))	α_T (Gleichung (40))
Kerbwirkungszahl β_n	$\beta_{nS} = \alpha_S/n$	$\beta_{nT} = \alpha_T/n$

$$\alpha_S = 1 + \frac{1,1}{\sqrt{0,22 \times \frac{r_9}{u_S} + 2,74 \times \frac{r_9}{d_4} \times \left(1 + 2 \frac{r_9}{d_4}\right)^2}} \quad (39)$$

$$\alpha_T = 1,8 \times \left(\frac{p}{d_5}\right)^{0,3} \times \left(\frac{u_T}{r_{th}}\right)^{0,2} \times \left(\frac{p}{u_S}\right)^{0,1} \times \left(\frac{d_4}{d_5}\right)^3 \times \left(1 + \frac{1}{\sqrt{0,22 \times \frac{r_{th}}{u_T} + 2,74 \times \frac{r_{th}}{d_5} \times \left(1 + 2 \frac{r_{th}}{d_5}\right)^2}}\right) \quad (40)$$

Die geometrischen Symbole in Tabelle 12 und Gleichung (39) und Gleichung (40) sind in Übereinstimmung mit denen in Bild 2. Die Fließgrenze f_y in der Gleichung für n muss in Newton pro Quadratmillimeter (N/mm²) eingesetzt werden. Die Maße r_9 und r_{th} in der Gleichung für χ müssen in Millimeter (mm) angegeben werden.

6.6.6 Ermüdungsfestigkeit von gekerbten Schäften

Die weitere Berechnung ist für den kritischeren der beiden Schaftquerschnitte bestimmt. Der Grundwert der Ermüdungsfestigkeit des Werkstoffs wird auf einen vergleichbaren Wert in Bezug auf die am Schaft wirkenden Nennspannungen reduziert.

$$\sigma_W = f_1 \times \frac{\sigma_M}{\left(\beta_n + \frac{1}{f_3} - 1\right)} \quad (41)$$

mit

$$f_3 = 1 - 0,29 \times \lg \frac{R_a}{0,4} \times \lg \frac{f_u}{200} \quad (42)$$

dabei ist

σ_M der Grundwert der Ermüdungsfestigkeit des Werkstoffs;

β_n der Maximalwert von β_{nS} und β_{nT} ;

f_1 der Einflussfaktor für die Betriebstemperatur nach Gleichung (31);

f_3 der Einflussfaktor für die Oberflächenrauigkeit;

R_a die Oberflächengüte in Mikrometern (μm) innerhalb der Grenzwerte $0,4 \mu\text{m} \leq R_a \leq 6,3 \mu\text{m}$;

f_u die Bruchfestigkeit des Werkstoffs in Newton je Quadratmillimeter (N/mm²), $f_u \geq 300 \text{ N/mm}^2$.

ANMERKUNG Der Beiwert zur Verringerung der Werkstofffestigkeit mit zunehmendem Durchmesser findet in diesem Dokument keine Anwendung. In den Konstruktionsberechnungen werden die tatsächlichen Werkstoffeigenschaften für den effektiven Durchmesser verwendet.

6.6.7 Einfluss der Mittelspannung

Die vorgenannten σ_W -Werte gelten für reine Wechsellastspannungen bei einer Mittelspannung gleich null. Haken-schäfte gehören zu der Art von Bauteilen, bei denen berücksichtigt werden muss, dass mit größer werdender Mittelspannung eine Verringerung der Ermüdungsfestigkeit eintritt. Der Einfluss der Mittelspannung ist in der Prinzipskizze eines Smith-Diagramms in Bild 6 dargestellt. Das Diagramm hat folgende charakteristische Werte:

- die Ermüdungsfestigkeit σ_W wird für die Mittelspannung $\sigma_m = 0$ festgelegt;
- die obere Grenzlinie im Diagramm wird durch den Einflussfaktor μ der Mittelspannung bestimmt;
- die Spannungsamplituden bei einer entsprechenden Mittelspannung müssen innerhalb der unteren und oberen Grenzwerte des Diagramms liegen.

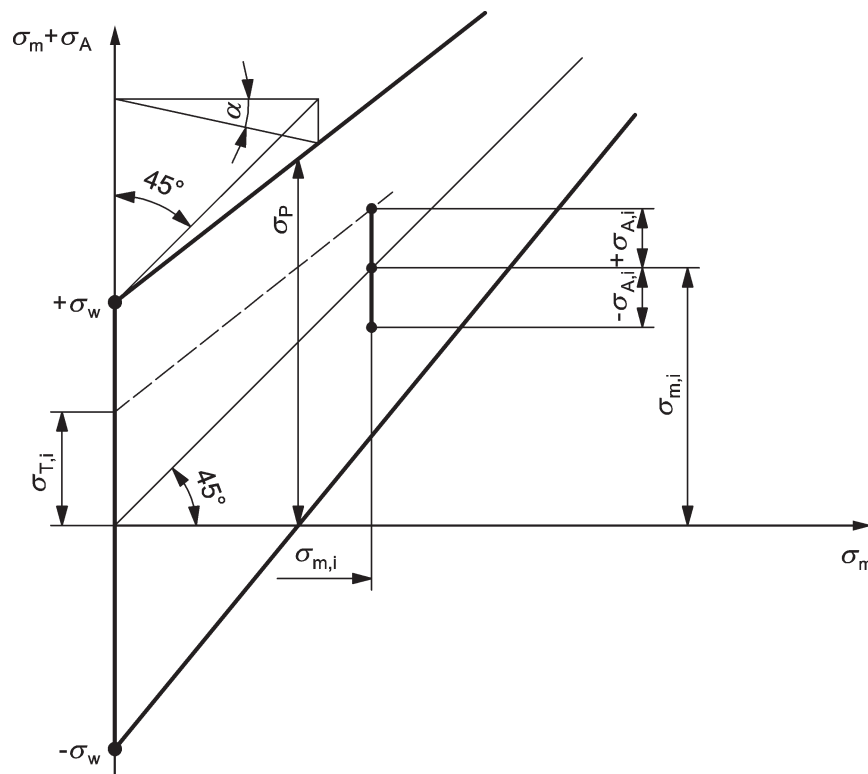


Bild 6 — Smith-Diagramm und Umwandlung der Spannungsamplitude

Die obere Grenzlinie des Diagramms wird durch die Annahme bestimmt, dass bei einer Schwellspannung die Gesamtschwingbreite auf $\sigma_p = 1,7 \sigma_W$ begrenzt ist. Nach dieser Regel muss der Einflussfaktor der Mittelspannung nach EN 13001-1 wie folgt berechnet werden:

$$\mu = \tan(\alpha) = \frac{\sigma_W}{1,7 \times \sigma_W/2} - 1 = 0,1765 \quad (43)$$

ANMERKUNG Die Einflussfaktoren für die Mittelspannung μ und α entsprechen den Faktoren μ_1 und α_1 von EN 13001-1:2015, so dass α in diesem Dokument immer als positiver Wert angenommen wird.

6.6.8 Spannungstransformation auf Mittelspannung null

Die Spannungsamplituden mit den entsprechenden Mittelspannungen nach 6.6.3 werden in eine Spannungsamplitude mit gleichem Einfluss auf die Ermüdung transformiert, wobei nach der in EN 13001-1:2015 beschriebenen Methode vorgegangen wird. Die Transformation in ein Spannungsspiel mit einer Mittelspannung gleich null erfolgt nach folgender Gleichung:

$$\text{Spannungsspiel Typ 1 } \sigma_{T1,i} = \sigma_{A1,i} + \mu \times \sigma_{m1,i} \quad (44)$$

$$\text{Spannungsspiel Typ 2 } \sigma_{T2,i} = \sigma_{A2,i} + \mu \times \sigma_{m2,i} \quad (45)$$

dabei ist

$\sigma_{T1,i}, \sigma_{T2,i}$ die transformierten Spannungsamplituden bei Mittelspannung null;

μ der Einflussfaktor der Mittelspannung.

Die Transformation von $\sigma_{A,i}$ zu $\sigma_{T,i}$ wird in Bild 6 dargestellt.

6.6.9 Spannungsverlaufparameter im Allgemeinen

Der akkumulierte Ermüdungseffekt des Spannungsverlaufes aus allen Spannungsspielen wird in einem einzigen Spannungsverlaufparameter s_s zusammengefasst. Dies wird wie folgt berechnet:

$$s_s = k_s \times v_s \quad (46)$$

mit

$$k_s = \frac{1}{N + p_a \times N} \times \left[\sum_{i=1}^N \left(\frac{\sigma_{T1,i}}{\sigma_{Tmax}} \right)^m + p_a \times \sum_{i=1}^N \left(\frac{\sigma_{T2,i}}{\sigma_{Tmax}} \right)^m \right] \quad (47)$$

und

$$v_s = \frac{N + p_a \times N}{N_D} \quad (48)$$

dabei ist

σ_{Tmax} der Maximalwert der transformierten Spannungsamplituden $\sigma_{T1,i}$ und $\sigma_{T2,i}$;

k_s der Spannungskollektivbeiwert für den Hakenschaft;

v_s die relative Spannungsspielzahl;

i der Index für ein Hubspiel;

N die Gesamtzahl der Hubspiele;

$m = 5$ die inverse Steigung der charakteristischen Bemessungs-Wöhlerlinie.

6.6.10 Spannungsverlaufparameter anhand der Betriebsklassen

Der Hakenschaft stellt einen Sonderfall dar, bei dem das Ausmaß der Spannungsänderungen direkt proportional zu den Schwankungen der Hublast ist. Aus diesem Grund kann der Spannungsverlaufparameter direkt

von den Q- und U-Klassen nach EN 13001-1:2015 abgeleitet werden, statt einen spezifischen Spannungsverlauf und eine detaillierte Berechnung nach 6.6.9 zu nutzen.

Der Lastkollektivbeiwert (kQ) wird unter Verwendung eines Exponenten von 3 berechnet, während die Ermüdung des Hakenkörpers auf einer Ermüdungskurve mit einer Steigung $m = 5$ basiert. Daher muss ein Umrechnungsfaktor (k_5^*) für eine Lastverteilung in einer gegebenen Form berechnet werden, um eine Verbindung zwischen Lastkollektiv nach EN 13001-1:2015 und Spannungsverlaufparameter des Hakenschafts (s_s) herzustellen. Für eine Betriebsklasse müssen die stetigen Lastverteilungen nach EN 13001-1:2015, Anhang B, verwendet werden.

In Fällen, bei denen die Betriebsklasse anhand der Q- und U-Klassen nach EN 13001-1:2015 festgelegt wird, muss der Spannungsverlaufparameter wie folgt berechnet werden:

$$s_s = k_s \times v_s \quad (49)$$

mit

$$k_s = \frac{1}{1 + p_a} \times \frac{kQ}{(k_5^*)^m} \left[\left(\frac{\sigma_{T1, \max}}{\sigma_{T\max}} \right)^m + p_a \times \left(\frac{\sigma_{T2, \max}}{\sigma_{T\max}} \right)^m \right] \quad (50)$$

$$v_s = \frac{N}{N_D} \times (1 + p_a) \quad (51)$$

und

$$k_5^* = \sqrt[5]{\frac{kQ}{k_5}} \quad (52)$$

dabei ist

kQ	der Lastkollektivbeiwert, siehe Tabelle 8;
$\sigma_{T1, \max}, \sigma_{T2, \max}$	die Maximalwerte der transformierten Spannungsamplituden der Spannungsspieltypen 1 und 2;
N	die Gesamtzahl der Hubspiele. Normalerweise muss bei einem Haken diese Zahl der Zahl der Arbeitszyklen (C) gleichgesetzt werden, die für den Kran anhand der U-Klasse nach EN 13001-1:2015 festgelegt wird. Jedes zwischenzeitliche Absetzen der Last auf dem Boden innerhalb eines Arbeitszyklus muss jedoch wie ein zusätzliches Hubspiel gewertet und zum Wert von N addiert werden;
k_5^*	die spezifische Verhältniszahl für das Lastkollektiv. Für die Bemessung des Hakenschaftes müssen standardisierte Werte nach Tabelle 8 verwendet werden. Siehe auch 6.5.3 und Gleichung (28).

6.6.11 Durchführung des Nachweises

Zum Nachweis der Ermüdungsfestigkeit muss nachgewiesen werden, dass

$$\sigma_{T\max} \leq \frac{\sigma_W}{\gamma_{Sf} \times \sqrt[m]{s_s}} \quad (53)$$

dabei ist

$\sigma_{T\max}$	der Maximalwert der transformierten Spannungsamplitude innerhalb des Gesamtspannungsverlaufes;
------------------	--

- σ_W der Grenzwert der Bemessungsspannung für die Ermüdungsfestigkeit nach Gleichung (41);
- $\gamma_{Sf} = 1,35$ der spezifische Widerstandsbeiwert der Ermüdungsfestigkeit für Hakenschäfte;
- $m = 5$ die inverse Steigung der charakteristischen Bemessungs-Wöhlerlinie;
- s_s der Spannungsverlaufsparameter.

6.7 Ermüdungsgerechte Konstruktion von Hakenschäften für eigenständige Haken

Die folgenden Berechnungsannahmen müssen als Mindestwerte für die Bemessung der Hakenschäfte von eigenständigen Haken mit fertigem Schaft verwendet werden:

- der Grenzwert der Bemessungskraft für die Ermüdungsfestigkeit des Hakenkörpers muss als Bemessungskraft für die Ermüdungsfestigkeit des Hakenschafts zugrunde gelegt werden;
- die Anzahl von Schaftbiegespielen infolge horizontalen Lastpendelns beträgt $p_a = 4$;
- zur Berechnung der horizontalen Ermüdungsbemessungskraft nach 6.3 wird für die horizontale Beschleunigung $a = 0,2 \text{ m/s}^2$ und $\phi_5 = 1$ gesetzt;
- für den Kippwiderstand der Hakenaufhängung wird eine auf den Hakengrund einwirkende Horizontalkraft angenommen, die einem Wert von 2 % der Vertikalkraft entspricht.

7 Verifizierung der Sicherheitsanforderungen und/oder Schutzmaßnahmen

7.1 Allgemeines

Die Erfüllung der in Abschnitt 5 und Abschnitt 6 angegebenen Anforderungen muss anhand von Konstruktionsberechnungen verifiziert werden.

Die Bemessungsannahmen, z. B. der vorgesehene Betrieb und die vorgesehene Nenntraglast des Hakens, müssen mit den entsprechenden Bemessungsparametern des dazugehörigen Kranes oder Hubwerks übereinstimmen. Dies muss durch ingenieurtechnische Bewertung verifiziert werden.

Alle Verifikationen nach Abschnitt 7 müssen dokumentiert werden und sind Bestandteil der technischen Dokumentation. Der Inhalt muss Anhang J entsprechen.

7.2 Prüfumfang und Probenahme

Werkstoffprüfungen, volumetrische zerstörungsfreie Prüfungen und Belastungsprüfungen müssen entweder an jedem einzelnen Haken oder auf Basis eines Fertigungsloses durchgeführt werden, d. h. durch eine Losprüfung. Eine zerstörungsfreie Prüfung der gesamten Oberfläche muss für jeden Haken durchgeführt werden, siehe 4.2.

Wird die Losprüfung angewendet, muss die maximale Losgröße die Anzahl an Haken umfassen, die aus der gleichen Rohmaterialschemelze oder demselben Walzblock hergestellt wurden, die das gleiche Gesamtverformungsverhältnis aufweisen und die derselben Wärmebehandlung unterzogen worden sind. Zusätzlich wird die Losgröße für die Belastungsprüfungen auf die Haken begrenzt, die die gleiche Bearbeitungsgestaltung des fertigen Schafts aufweisen.

7.3 Prüfung der mechanischen Eigenschaften

Die Probestücke für Zug- und Kerbschlagprüfungen müssen in Längsrichtung vom oberen Teil des Hakenschaftes entnommen werden, bevorzugt in einem Abstand von einem Drittel des Radius von der Schaftoberfläche. Alternativ dazu dürfen, wenn z. B. der Schaft zu klein ist, die Prüfungen auch mit einer Materialprobe durchgeführt werden, die aus derselben Rohmaterialschemelze mit demselben Gesamtverformungsverhältnis stammt,

den gleichen Durchmesser wie der Referenzschaft aufweist und zusammen mit dem Haken wärmebehandelt wurde. Die Durchführung der Materialzugprüfung muss nach EN ISO 6892-1:2016 erfolgen. Die Kerbschlagprüfung muss nach EN ISO 148-1:2016 durchgeführt werden.

7.4 Belastungsprüfung

Zusätzlich zu 7.1 und 7.2 müssen die statische Festigkeit und die allgemeine Integrität des Hakens durch eine Belastungsprüfung geprüft werden. Der Haken kann als eigenständiges Bauteil und/oder zusammen mit dem dazugehörigen Kran bzw. Hubwerk einer Belastungsprüfung unterzogen werden.

Bei der Bauteilprüfung muss die Prüflast dem Grenzwert der statischen Bemessungskraft des Hakens entsprechen. Die Aufhängung zwischen Hakenschaft und Prüfeinrichtung muss der geplanten Aufhängung des dazugehörigen Krans oder der dazugehörigen Hakenflasche entsprechen. Das Aufbringen der Prüflast oder Prüfkraft auf den Haken muss so erfolgen, dass eine resultierende Lasteinwirkung am Haken nach Bild 7 erzeugt wird. Das wird entweder durch Aufhängen einer Prüflast an einem Haken nach Bild 7, Punkt a), Bild 7, Punkt b) mit $\alpha = 90^\circ$ oder durch Aufbringen einer Prüfkraft auf einen Haken in zwei getrennten Prüfungen nach Bild 7, Punkt c) erreicht.

Erfolgt die Prüfung zusammen mit dem Kran oder dem Hubwerk, müssen die gleichen dynamischen und statischen Prüflasten wie beim Kran oder dem Hubwerk verwendet werden. Die Anordnung der Anschlagmittel am Haken muss entweder nach Bild 7, Punkt a) oder b) mit $\alpha = 90^\circ$ oder in Übereinstimmung mit der Anordnung des Lastaufnahmemittels der speziellen Anwendung des Krans oder Hubwerks erfolgen.

Bei einem Doppelhaken muss die Prüflast/-kraft gleichmäßig auf die beiden Hakenhälften verteilt werden.

Lastprüfungen eines Hakens als Bauteil darf durch Kaltumformen durch Prüfbelastung nach 4.5 und Anhang K ersetzt werden.

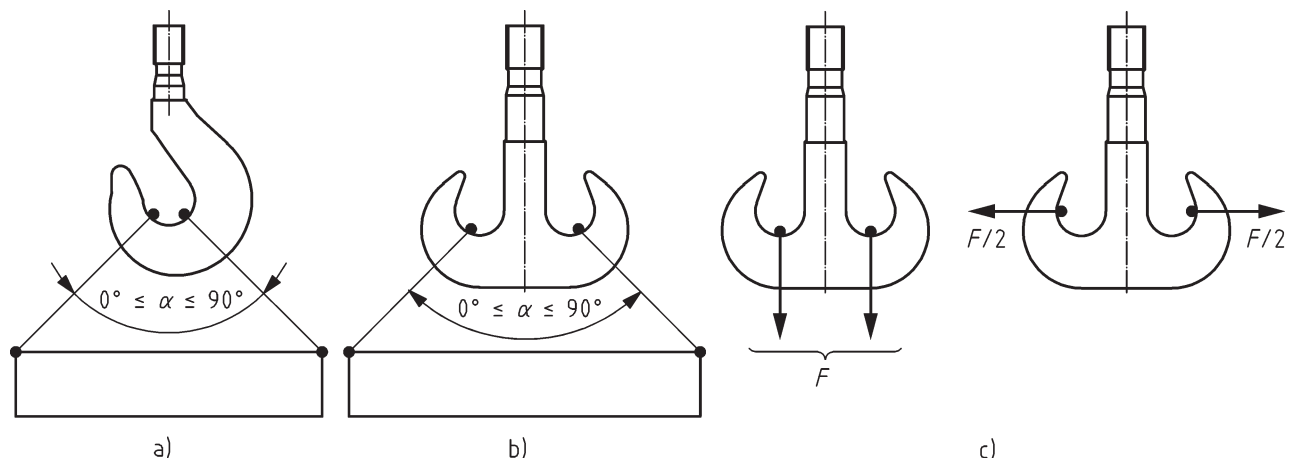


Bild 7 — Aufbringen einer Prüflast oder Prüfkraft auf einen Haken

Ein Haken muss der Prüflast ohne übermäßige bleibende Verformung standhalten. Das Maß der Maulöffnung muss vor und nach der Belastungsprüfung unter Verwendung der spezifischen Messpunkte (1) in Bild 8 gemessen werden. Eine bleibende Verformung darf 0,25 % nicht überschreiten. Der Haken muss mit dem in 4.2 festgelegten Verfahren oberflächengeprüft werden.

8 Benutzerinformationen

8.1 Wartung und Prüfung

Der Haken muss in den Wartungs- und Prüfungshandbüchern des jeweiligen Krans eigenständig behandelt werden.

E DIN EN 13001-3-5:2024-04
prEN 13001-3-5:2024 (D)

In dem Wartungshandbuch muss als Minimalanforderung auf die Wartung der folgenden Teile eingegangen werden:

- a) Axiallager unterhalb der Mutter;
- b) Hakentraversengelenk;
- c) Schweißungen; am Haken oder der Mutter sind Reparaturschweißungen nicht zulässig.

In dem Prüfungshandbuch müssen als Minimalanforderung folgende Punkte betrachtet und die jeweiligen Prüfungsintervalle und Rückweisungskriterien angegeben werden:

- d) bleibende Verformung (Maulöffnung) des Hakenkörpers;
- e) Verschleiß des Hakenkörpers;
- f) Prüfung der Oberfläche auf Mängel, Risse und Korrosion, wobei die Hakenaufhängung zum Zwecke der Inspektion des Hakenschaftes demontiert wird;
- g) Verdrehsicherung der Mutter;
- h) Hakenmaulsicherung, wenn vorhanden.

Die bleibende Verformung (Maulöffnung) des Hakenkörpers, gemessen an den Maßen y , y_1 und y_2 in Bild 8, muss auf 10 % des Ausgangswertes begrenzt sein.

Die zulässige Verschleißtiefe des Hakenkörpers an der tiefsten Stelle des Hakengrundes muss auf 5 % der Nennhöhe des Hakenkörperquerschnitts h_2 in Bild 1 begrenzt sein. Die Verschleißflächen müssen fließend in die angrenzenden Flächen übergehen. Sie dürfen keine scharfen Riefen und Kanten oder andere Oberflächenfehler aufweisen.

8.2 Kennzeichnung

Der Hakenkörper muss mit einer dauerhaften Kennzeichnung nach Position 2 in Bild 8 versehen werden, die Folgendes festlegt:

- a) Hakengröße und Hakenform unter Verwendung einer definierten Identifikation, z. B. Hakennummer nach Anhang A oder Anhang B;
- b) Werkstoffbezeichnung, entweder die Werkstoffklasse nach Tabelle 6 oder eine andere dokumentierte Bezeichnung;
- c) Nummer der Bezugsnorm oder Bezugsspezifikation;
- d) Kennzeichnung des Herstellers und Rückverfolgbarkeitskennzeichnung des Hakens, z. B. Chargen- oder Seriennummer;
- e) wenn relevant, Kennzeichnung der Prüfbelastung nach 4.5.

BEISPIEL Ein Haken, der die Anforderungen dieser Europäischen Norm erfüllt, dessen Größe und Form mit Nummer 12 von (Tabelle) A.1 übereinstimmt und der aus dem Werkstoff P gefertigt wurde, sollte folgende Kennzeichnung erhalten:

EN 13001 —

RS12 P

Man xxxxxxxxx

Alle Kennzeichnungen auf einem Haken müssen gut lesbar sein und mit einem dauerhaften und lang haltenden Verfahren hergestellt werden.

Bei kleinen Hakengrößen darf die Kennzeichnung aufgrund des Platzmangels reduziert werden, z. B. auf einen Identifizierungs-Code des Herstellers, der eine eindeutige Rückverfolgbarkeit zu den Hakendaten in einem separaten Dokument ermöglicht.

Die Tragfähigkeit eines Hakens, bezogen auf den bestimmten Kran oder die bestimmte Hakenposition in einem Kran, darf mit einer Kennzeichnung auf dem Haken angegeben sein, wenn die Hakenaufhängung nicht genug Platz hierfür bietet oder aus anderen Gründen für eine solche Kennzeichnung ungeeignet ist.

Bei speziell angefertigten, nicht standardisierten Haken sollte die Kennzeichnung eine Kennzeichnung des Herstellers mit einem Identifizierungs-Code, der eine eindeutige Rückverfolgbarkeit zu den Hakendaten in einem separaten Dokument ermöglicht, enthalten.

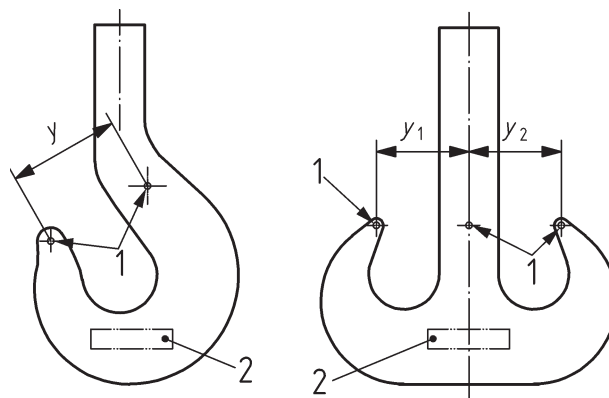


Bild 8 — Kennzeichnungen eines Hakens

Der Haken muss mit einer dauerhaft eingepprägten Kennzeichnung versehen werden, die nach Punkt 1 in Bild 8 angebracht wird. Sofern zutreffend, müssen die Maße y oder y_1 und y_2 protokolliert und der Hakendokumentation beigelegt werden. Wo durchführbar dürfen die Werte der y -Maße auch auf dem Haken selbst gekennzeichnet werden.

8.3 Sichere Handhabung

Das Benutzerhandbuch für den jeweiligen Kran oder den Haken bzw. die Hakenflasche als eigenständiges Bauteil muss mindestens auf folgende Punkte einer sicheren Handhabung eingehen:

- freie Beweglichkeit der Gelenkverbindung der Hakenaufhängung (Scharnier), die dem Haken ermöglicht, sich während der Lastschwingung ohne Behinderung in Lastrichtung auszurichten, d. h. vertikal oder bei einem Pendeln der Last mit einer Schräglage;
- Anleitungen zum Verzurren der Last am Haken, wobei der Winkel zwischen den Seilschlingen maximal 90° betragen darf;
- Formvorgabe für das Lastanschlagmittel zur Vermeidung von Schäden an der Oberfläche des Hakengrundes;
- die beiden Hakenhälften eines Doppelhakens sollten symmetrisch und gleichmäßig belastet sein;
- das Belasten von nur einem Haken eines Doppelhakens ist verboten;
- in Fällen, in denen das Hakenmaul mit einem Sicherheitsbügel versehen ist, muss dieser nach Anbringen der Last problemlos schließen;

g) Temperaturgrenzen bei der Anwendung des Hakens.