

DIN EN 1993-6



ICS 53.020.20; 91.010.30; 91.080.13

Einsprüche bis 2024-03-05
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 1993-6:2010-12**Entwurf****Eurocode 3 –
Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –
Teil 6: Kranbahnen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 1993-6:2024**

Eurocode 3 –
Design of steel structures –
Part 6: Crane supporting structures;
German and English version prEN 1993-6:2024

Eurocode 3 –
Calcul des structures en acier –
Partie 6: Chemins de roulement;
Version allemande et anglaise prEN 1993-6:2024

Anwendungswarnvermerk

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-01-05 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 nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

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

Gesamtumfang 157 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1993-6:2024) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird. CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus zuständig. Die Verantwortung für alle Angelegenheiten der Tragwerks- und geotechnischen Planung wurde dem CEN/TC 250 von CEN übertragen.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-08-01 AA „Kranbahnen (SpA zu CEN/TC 250/SC 3/WG 19)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

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

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 1993-6:2010-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) komplette technische Überarbeitung;
- b) komplette redaktionelle Überarbeitung.

Titel de: Eurocode 3 — Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 6:
Kranbahnen

Titel en: Eurocode 3 — Design of steel structures — Part 6: Crane supporting
structures

Titel fr: Eurocode 3 — Calcul des structures en acier — Partie 6: Chemins de
roulement

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
0 Einleitung	6
0.1 Einleitung zu den Eurocodes	6
0.2 Einleitung zu der Normenreihe EN 1993	6
0.3 Einleitung zu EN 1993-6	8
0.4 In den Eurocodes verwendete Verbformen	8
0.5 Nationaler Anhang zu EN 1993-6	8
1 Anwendungsbereich	10
1.1 Anwendungsbereich von prEN 1993-6	10
1.2 Annahmen	11
2 Normative Verweisungen	11
3 Begriffe und Symbole	11
3.1 Begriffe	11
3.2 Symbole	14
3.2.1 Allgemeines	14
3.2.2 Lateinische Großbuchstaben	14
3.2.3 Lateinische Kleinbuchstaben	14
3.2.4 Griechische Großbuchstaben	16
3.2.5 Griechische Kleinbuchstaben	16
4 Grundlagen für die Tragwerksplanung	18
4.1 Allgemeine Regeln	18
4.1.1 Grundlegende Anforderungen	18
4.1.2 Geplante Nutzungsdauer	18
4.1.3 Dauerhaftigkeit	18
4.1.4 Lichtraumprofil von Brückenlaufkranen	19
4.1.5 Kranprüfungen	19
4.2 Basisvariablen	19
4.3 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten	19
4.3.1 Bemessungssituationen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit (mit Ausnahme von Ermüdung)	19
4.3.2 Bemessungssituationen mit Ermüdungseinwirkungen	20
5 Werkstoffe	21
5.1 Baustähle	21
5.2 Lager	21
5.3 Weitere Produkte für Kranunterstützungen	21
5.3.1 Allgemeines	21
5.3.2 Schienenstähle	21
5.3.3 Besondere Verbindungselemente für Kranschienen	22
6 Dauerhaftigkeit	22
7 Tragwerksberechnung	22
7.1 Statisches System für Tragwerksberechnungen	22
7.1.1 Allgemeines	22
7.1.2 Exzentrizität von Radlasten	23
7.2 Untersuchung von Gesamttragwerken	23

7.3	Imperfektionen	23
7.4	Berechnungsverfahren.....	24
7.4.1	Allgemeines	24
7.4.2	Querschnittseigenschaften	24
7.5	Berechnung von Kranbahnträgern	25
7.5.1	Globale Beanspruchungen	25
7.5.2	Lokale Beanspruchungen infolge von Radlasten.....	27
7.6	Lokale Spannungen in den Stegen infolge Radlasten.....	27
7.6.1	Allgemeines	27
7.6.2	Lokale vertikale Druckspannungen	28
7.6.3	Lokale Schubspannungen.....	30
7.6.4	Lokale Biegespannungen infolge der Exzentrizität von kranbedingten Einwirkungen	31
7.7	Lokale Biegespannungen im Unterflansch infolge Radlasten.....	33
7.7.1	Allgemeines	33
7.7.2	Übersicht über die Berechnungsverfahren	34
7.7.3	Weit auseinander liegende Räder	35
7.7.4	Dicht beieinander liegende Räder	38
7.8	Lokale Spannungen in Schienenschweißnähten infolge Radlasten	38
7.8.1	Grenzzustand der Tragfähigkeit (ausgenommen Ermüdung).....	38
7.8.2	Bemessungssituation mit Ermüdung.....	41
8	Grenzzustände der Tragfähigkeit.....	44
8.1	Berücksichtigung der lokalen Auswirkungen von Einwirkungen aus Kranbetrieb.....	44
8.2	Biegedrillknicken.....	44
8.2.1	Allgemeines	44
8.2.2	Wirksamer Einleitungsort der Radlasten beim Biegedrillknicknachweis	44
8.2.3	Nachweisverfahren.....	44
8.3	Beanspruchbarkeit der Stege gegenüber Radlasten	46
8.3.1	Allgemeines	46
8.3.2	Länge der starren Lasteinleitung	46
8.4	Plattenbeulen.....	46
8.5	Beanspruchbarkeit von Unterflanschen gegenüber Radlasten	46
9	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	50
9.1	Allgemeines	50
9.2	Verformungen.....	51
9.3	Begrenzung des Stegblechatmens.....	53
9.4	Elastisches Verhalten von Kranbahnträgern	53
9.5	Querschwingung des Unterflansches.....	54
10	Verbindungs mittel, Schweißnähte, Horizontalverbindungen und Schienen.....	55
10.1	Schweißverbindungen.....	55
10.2	Schraubverbindungen	55
10.3	Horizontalhalterungen.....	55
10.4	Kranschienen	57
10.4.1	Geplante Nutzungsdauer	57
10.4.2	Schienenauswahl	57
10.5	Schienenbefestigungen	57
10.5.1	Allgemeines	57
10.5.2	Starre Befestigungen.....	58
10.5.3	Flexible Befestigungen	58
10.6	Schienenverbindungen	58
11	Bemessungssituation mit Ermüdung.....	59
11.1	Anforderungen	59
11.2	Betrachtung der lokalen Auswirkungen von Kraneinwirkungen	60
11.3	Spannungsspektren infolge Ermüdungsbelastung.....	60

11.3.1	Allgemeines	60
11.3.2	Vereinfachter Ansatz	60
11.3.3	Schadensäquivalenzbeiwert	62
11.4	Nachweise	65
11.4.1	Allgemeines	65
11.4.2	Einwirkungen aus mehreren Kranen	65
11.5	Ermüdungswiderstand	67
Anhang A (informativ) Bemessung von Kranschienen mit flexibler Schienenbefestigungen		68
A.1	Anwendung dieses informativen Anhangs	68
A.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen	68
A.3	Tragwerksberechnung	68
A.4	Beanspruchungen	69
A.5	Nachweis	71
Anhang B (informativ) Inspektionen von Kranbahnträgern nach EN 1993-1-9		72
B.1	Anwendung dieses informativen Anhangs	72
B.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen	72
B.3	Begriffe	72
B.4	Vorbereitung von Inspektionen	73
B.4.1	Benötigte Unterlagen	73
B.4.2	Bewertung des Ist-Zustandes	73
B.4.3	Anzahl der Inspektionen	73
B.4.4	Verteilung der Inspektionen	73
B.5	Durchführung von Inspektionen	74
B.5.1	Identifizierung der kritischen Konstruktionsdetails	74
B.5.2	Inhalt der Inspektionen	75
B.6	Dokumentation von Inspektionen	75
Anhang C (informativ) Hinweise zur Klassifizierung von Kranbahnträgern hinsichtlich Ermüdung		76
C.1	Anwendung dieses informativen Anhangs	76
C.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen	76
C.3	Klassifizierung ohne Berechnung	76
C.4	Klassifizierung durch Berechnung	77
Literaturhinweise		78

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1993-6:2024) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird. CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus zuständig. Die Verantwortung für alle Angelegenheiten der Tragwerks- und geotechnischen Planung wurde dem CEN/TC 250 von CEN übertragen.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 1993-6:2007 und ihre Berichtigung ersetzen.

Die erste Generation der EN Eurocodes wurde zwischen den Jahren 2002 und 2007 veröffentlicht. Dieses Dokument wurde als Teil der zweiten Generation der Eurocodes im Rahmen des Mandats M/515 erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben.

Die Eurocodes wurden erarbeitet, um in Verbindung mit einschlägigen Ausführungs-, Werkstoff-, Produkt- und Prüfnormen angewendet zu werden und um Anforderungen an Ausführung, Werkstoffe, Produkte und Prüfung zu identifizieren, auf denen die Eurocodes beruhen.

Die Eurocodes erkennen die Verantwortlichkeit aller Mitgliedstaaten an und wahren deren Recht, sicherheitsbezogene Werte auf nationaler Ebene in Nationalen Anhängen festzulegen.

0 Einleitung

0.1 Einleitung zu den Eurocodes

Die Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus umfassen die folgenden Normen, die in der Regel aus mehreren Teilen bestehen:

- EN 1990, Eurocode — *Grundlagen der Tragwerksplanung*
- EN 1991, Eurocode 1 — *Einwirkungen auf Tragwerke*
- EN 1992, Eurocode 2 — *Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken*
- EN 1993, Eurocode 3 — *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*
- EN 1994, Eurocode 4 — *Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton*
- EN 1995, Eurocode 5 — *Bemessung und Konstruktion von Holzbauten*
- EN 1996, Eurocode 6 — *Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten*
- EN 1997, Eurocode 7 — *Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik*
- EN 1998, Eurocode 8 — *Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*
- EN 1999, Eurocode 9 — *Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken*
- Neue Teile sind derzeit in Erarbeitung, z. B. der Eurocode für die Bemessung von tragenden Konstruktionen aus Glas.

Die Eurocodes sind für die Anwendung durch Tragwerksplaner, Bauherren, Hersteller, Ausführende, zuständige Behörden (bei der Wahrnehmung ihrer Aufgaben in Übereinstimmung mit nationalen oder internationalen Vorschriften), Lehrkräfte, Softwareentwickler und Normenausschüsse, in denen verwandte Produktnormen, Prüfnormen und Ausführungsnormen erarbeitet werden, gedacht.

ANMERKUNG Einige Entwurfs- und Bemessungsaspekte werden am zutreffendsten von den zuständigen Behörden festgelegt oder können, sofern keine Festlegungen getroffen wurden, für ein bestimmtes Bauvorhaben zwischen den beteiligten Parteien wie Tragwerksplanern und Bauherren vereinbart werden. In den Eurocodes werden solche Aspekte durch ausdrückliche Bezugnahme auf die zuständigen Behörden und die beteiligten Parteien gekennzeichnet.

0.2 Einleitung zu der Normenreihe EN 1993

EN 1993 gilt für den Entwurf und die Bemessung von Hoch- und Ingenieurbauten aus Stahl. Sie entspricht den Grundsätzen und Anforderungen für die Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit von Tragwerken, deren Bemessungs- und Nachweisgrundlagen in EN 1990, Eurocode: *Grundlagen der Tragwerksplanung*, angegeben sind.

EN 1993 beschäftigt sich ausschließlich mit den Anforderungen an die Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit, Dauerhaftigkeit und Feuerwiderstandsfähigkeit von Stahltragwerken. Andere Anforderungen wie etwa an die Wärme- und Schalldämmung werden nicht berücksichtigt.

EN 1993 ist in mehrere Teile gegliedert:

EN 1993-1, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

EN 1993-2, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 2: Stahlbrücken*

EN 1993-3, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 3: Türme, Maste und Schornsteine*

EN 1993-4, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 4: Silos*

EN 1993-5, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 5: Pfähle und Spundwände*

EN 1993-6, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 6: Kranbahnen*

EN 1993-7, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 7: Bemessung von Sandwich-Elementen*

EN 1993-1 existiert nicht als ein physisches Dokument, sondern als eine Normenreihe, die aus den folgenden 14 gesonderten Teilen besteht, deren grundlegender Teil EN 1993-1-1 ist:

EN 1993-1-1, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

EN 1993-1-2, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall*

EN 1993-1-3, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-3: Kaltgeformte Bauteile und Profiltafeln*

ANMERKUNG Kaltgeformte Hohlprofile nach EN 10219 werden in EN 1993-1-1 behandelt.

EN 1993-1-4, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-4: Tragwerke aus nichtrostenden Stählen*

EN 1993-1-5, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile*

EN 1993-1-6, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen*

EN 1993-1-7, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-7: Aus Blechen zusammengesetzte Bauteile unter Querlasten*

EN 1993-1-8, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-8: Anschlüsse*

EN 1993-1-9, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-9: Ermüdung*

EN 1993-1-10, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung*

EN 1993-1-11, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-11: Bemessung und Konstruktion von Tragwerken mit Zuggliedern aus Stahl*

EN 1993-1-12, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-12: Zusätzliche Regeln zur Erweiterung von EN 1993 auf Stahlgüten bis S700*

EN 1993-1-13, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-13: Träger mit großen Stegöffnungen*

EN 1993-1-14, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-14: Bemessung mithilfe von Finite-Element-Berechnung*

Alle Teile von EN 1993-1-2 bis EN 1993-1-14 behandeln allgemeine Themen, die unabhängig von der Art des Bauwerks sind, wie die Tragwerksbemessung für den Brandfall, kaltgeformte Bauteile und Bleche, nichtrostende Stähle, plattenförmige Bauteile usw.

Alle Teile von EN 1993-2 bis EN 1993-7 behandeln Themen, die für eine bestimmte Tragwerksart maßgebend sind, wie Stahlbrücken, Türme, Maste und Schornsteine, Silos und Tankbauwerke, Pfähle und Spundwände, Kranunterstützungen usw. EN 1993-2 bis EN 1993-7 beziehen sich auf die allgemeinen Regeln von EN 1993-1 und ergänzen, ändern oder ersetzen diese.

0.3 Einleitung zu EN 1993-6

EN 1993-6 enthält spezifische Bemessungsregeln für Kranunterstützungen aus Stahl. Dieses Dokument ist dazu vorgesehen, gemeinsam mit EN 1990, EN 1991 und der Normenreihe EN 1993-1 angewendet zu werden. Aspekte, die bereits in diesen Dokumenten behandelt wurden, werden nicht wiederholt. Das Hauptaugenmerk in EN 1993-6 liegt auf den Bemessungsregeln, die die entsprechenden Bestimmungen der Normenreihe EN 1993-1 ergänzen, ändern oder ersetzen.

0.4 In den Eurocodes verwendete Verbformen

Das Verb „muss“ beschreibt eine Anforderung die zwingend zu befolgen ist und von der bei Anwendung der Eurocodes keine Abweichung zulässig ist.

Das Verb „sollte“ beschreibt eine streng empfohlene Auswahl oder Vorgehensweise. In Abhängigkeit von nationalen Regeln und/oder relevanten Vertragsbestimmungen können alternative Lösungen verwendet/angenommen werden, wenn sie technisch gerechtfertigt sind.

Das Verb „darf“ beschreibt eine erlaubte Vorgehensweise innerhalb der Anwendungsgrenzen der Eurocodes.

Das Verb „kann“ beschreibt Möglichkeiten und Fähigkeiten; es wird für Tatsachenfeststellungen und Erklärungen verwendet.

0.5 Nationaler Anhang zu EN 1993-6

Nationale Festlegungen sind in dieser Norm zulässig, wo dies ausdrücklich in Anmerkungen angegeben wird. Nationale Festlegungen umfassen die Auswahl der Werte für national festgelegten Parameter (NDP, en: nationally determined parameters).

Die jeweilige nationale Ausgabe von EN 1993-6 kann einen Nationalen Anhang mit allen nationalen Festlegungen enthalten, die für den Entwurf und die Bemessung von Hoch- und Ingenieurbauten im jeweiligen Land Verwendung finden.

Wird keine nationale Festlegung angeführt, ist die in dieser Norm angegebene Standardfestlegung anzuwenden.

Wenn keine nationale Festlegung angeführt wird und keine Standardfestlegung in dieser Norm angegeben ist, kann die Festlegung durch eine zuständige Behörde getroffen werden, oder sofern keine Festlegungen getroffen wurden, können die beteiligten Parteien im Einzelfall eine Vereinbarung treffen.

Nationale Festlegungen sind in EN 1993-6 in Form von Anmerkungen zu den folgenden Abschnitten gestattet:

4.1.2(2)	4.1.5(2)	4.3.1(2)	4.3.2(1)
4.3.2(2)	5.1(1)	5.3.2(2)	5.3.3(1)
7.1.2(1)	7.5.1(1)	7.6.1(1)	7.6.4(6)
7.7.1(1)	9.2(1)	11.1(4)	11.4.2(6)

Nationale Festlegungen sind in prEN 1993-6 hinsichtlich der Anwendung der folgenden informativen Anhänge gestattet:

Anhang A

Anhang B

Anhang C

Der Nationale Anhang kann, direkt oder durch Verweisungen, ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Erleichterung der Umsetzung enthalten, sofern dadurch keine Bestimmungen der Eurocodes geändert werden.

1 Anwendungsbereich

1.1 Anwendungsbereich von prEN 1993-6

(1) EN 1993-6 enthält Regeln für die Tragwerksbemessung von Kranunterstützungsstrukturen.

(2) EN 1993-6 ist anwendbar für die Kranunterstützungsstrukturen, insbesondere für Kranbahnträger innerhalb und außerhalb von Gebäuden von:

a) Brückenlaufkränen, entweder:

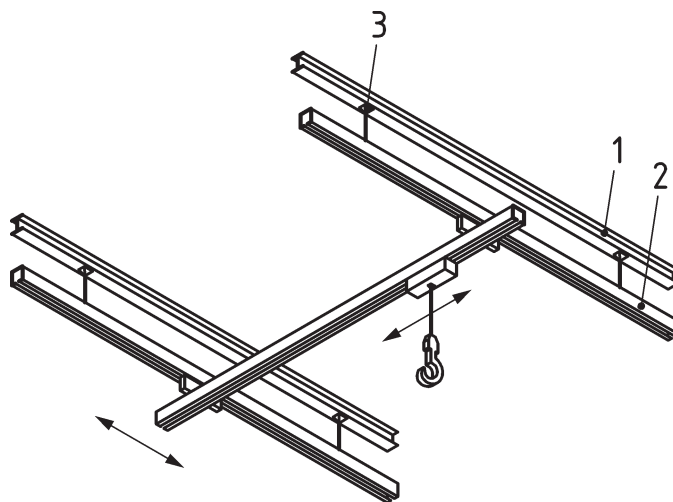
- Laufkrane;
- Hängekrane;

b) Einschienenkatzen.

ANMERKUNG Die Grundsätze der Bemessungsregeln können auf die Unterstützungsstrukturen anderer Kranarten angewendet werden, wobei gegebenenfalls die Unterschiede in den Einwirkungen aus dem Kranbetrieb zu berücksichtigen sind. Beispielsweise wird in den Bemessungsregeln für die Unterstützungsstrukturen der in (2) aufgeführten Kranarten vorausgesetzt, dass die horizontalen Kranlasten im Allgemeinen zufällig entlang der Kranbahnen verteilt auftreten. Diese Voraussetzung gilt nicht für andere Krane, wie z. B. Wandlaufkrane.

(3) EN 1993-6 gilt nicht für die Schienen und Aufhängungen von Leichtkransystemen nach EN 16851, siehe Bild 1.1.

ANMERKUNG Die genormten Schienen und Aufhängungen von Leichtkransystemen werden als Teil des Krans verstanden.



Legende

- 1 nach EN 1993-1 bemessener Unterstützungsträger
- 2 standardisierte Schiene eines nach EN 16851 bemessenen Leichtkransystems
- 3 Unterstützungspunkt

Bild 1.1 — Leichtkransystem

(4) Zusätzlich werden Regeln für Zubehörteile von Kranbahnen einschließlich Kranschienen, bauliche Fahrbahnenbegrenzungen, Horizontalhalterungen und Horizontalträger und für die Kranbahnunterstützung angegeben.

(5) EN 1993-6 gilt nicht für Krane und alle anderen beweglichen Teile.

ANMERKUNG Bestimmungen für Krane sind in der Normenreihe EN 13001 angegeben.

1.2 Annahmen

(1) Sofern nicht ausdrücklich etwas anderes angegeben ist, gelten EN 1990, EN 1991 und Normenreihe EN 1993-1.

(2) Die in EN 1993-6 angegebenen Bemessungsverfahren sind anwendbar, wenn

- die Qualität der Ausführung und die Toleranzen den Festlegungen von EN 1090-2 entsprechen, und
- die verwendeten Baustoffe und -produkte den Festlegungen der zutreffenden Teile von EN 1993 oder den zutreffenden Material- und Produktspezifikationen entsprechen.

(3) Es werden die folgenden Schnittstellen zwischen den Hebezeugen und deren Unterstützung angenommen:

- a) die Oberkante der Kranschiene für Laufkrane;
- b) die Oberseite des Flansches, auf dem der Kran oder die Laufkatze im Fall von Hängekranen und Einschienenkatzen läuft;
- c) die in Bild 1.1 für Leichtkransysteme gezeigten Unterstützungspunkte.

2 Normative Verweisungen

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

ANMERKUNG In den Literaturhinweisen sind weitere zitierte Dokumente aufgeführt, die keine normativen Verweisungen sind, einschließlich solcher Dokumente, die als Empfehlungen (d. h. durch „sollte“-Sätze) und Erlaubnisse (d. h. durch „darf“-Sätze) in Bezug genommen werden.

EN 1090-2, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken*

EN 1990:2023¹, *Eurocode — Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991 (alle Teile), *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke*

EN 1993 (alle Teile), *Eurocode 3 — Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1990:2023, EN 1991-3, Normenreihe EN 1993-1 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

Radlast

vertikale Einwirkung infolge Kranbetriebs

1 Geändert durch EN 1990:2023/prA1:2024.

3.1.2

Horizontallasten aus Kranbetrieb

horizontale Einwirkungen infolge der Kranfahrt (oder der Fahrt der Laufkatze, soweit maßgebend), die aufgrund von Beschleunigung/Verzögerung und/oder durch Schräglauf in Längsrichtung und/oder seitlich auf die Kranbahnträger wirken

3.1.3

Kranunterstützung

Zusammensetzung aus stationären lasttragenden Komponenten einer Krananlage, die den Kran stützen und alle Einwirkungen aus Kranbetrieb in die Fundamente weiterleiten; sie wird üblicherweise als Teil eines Bauwerks betrachtet und dementsprechend bemessen und konstruiert

Anmerkung 1 zum Begriff: Aus Bemessungsgründen wird die Kranunterstützung üblicherweise in die Kranbahn und die Kranbahnunterstützung unterteilt.

3.1.4

Kranbahn

Kranunterstützung, die als Spurführungs- und Unterstützungssystem dient, auf der der Kran läuft, bestehend aus tragenden Bauteilen wie Kranbahnträgern, Horizontalträgern, sofern maßgebend, Horizontalhalterungen, baulichen Fahrbahnendbegrenzungen und nichttragenden Komponenten wie elektrischen Einrichtungen, Zugangswege und Sicherheitsvorrichtungen

3.1.5

Kranbahnträger

Träger, der direkt oder über eine Schiene den Einwirkungen aus Kranbetrieb ausgesetzt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei Kranbahnen mit Horizontalträger wird nur der Träger unterhalb der Radlasten als Kranbahnträger bezeichnet, siehe Bild 3.1.

3.1.6

Horizontalträger

vollwandiger oder fachwerkartiger Träger, der als kontinuierliche seitliche Halterung wirkt und die auf den Kranbahnträger einwirkenden Horizontallasten aus Kranbetrieb aufnimmt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 3.1.

3.1.7

Horizontalhalterung

verbindendes Bauelement, das als eine diskrete seitliche Halterung wirkt und das die auf den Kranbahnträger oder Horizontalträger einwirkenden Horizontallasten aus Kranbetrieb aufnimmt

3.1.8

bauliche Fahrbahnendbegrenzung

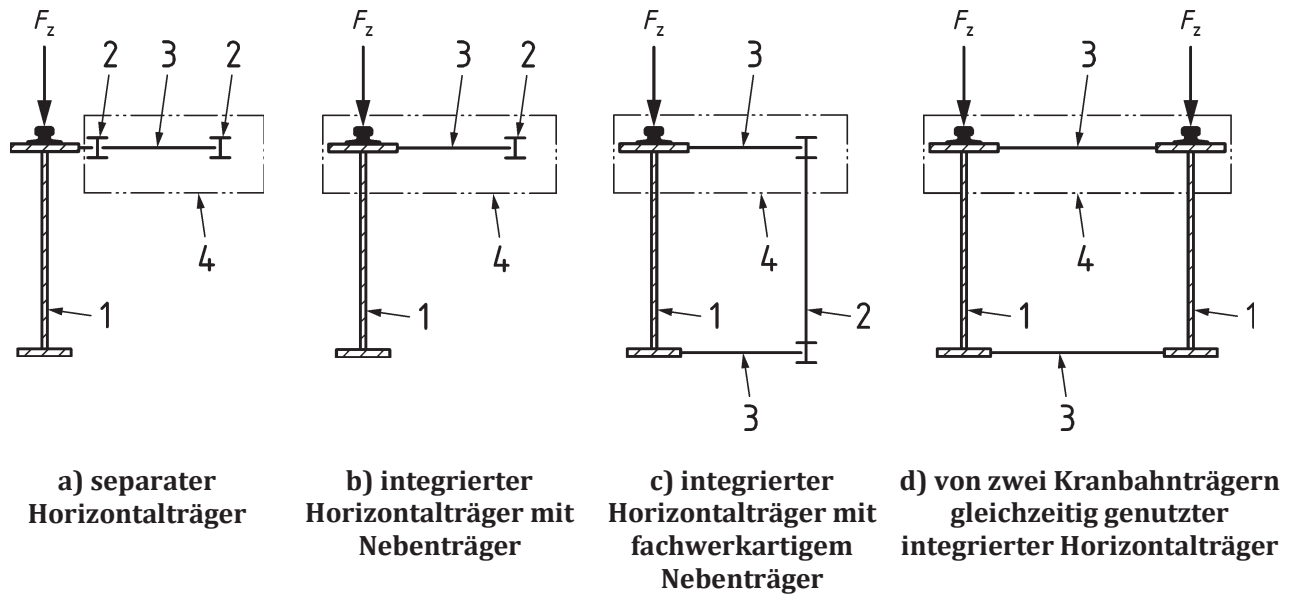
Bauteil zum Anhalten eines Krans, einer Laufkatze oder einer Einschienenkatze beim Erreichen des Fahrbahndes

3.1.9

Kranbahnunterstützung

Kranunterstützung, die alle Einwirkungen aus Kranbetrieb von der Kranbahn zu den Fundamenten weiterleitet

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Kranbahnunterstützung umfasst, soweit maßgebend, Kranbahnträgerauflager, Konsolen, Stützen, Rahmen, Aussteifungen und Fundamente.



Legende

- 1 Kranbahnträger
- 2 Nebenträger oder fachwerkartiger Nebenträger
- 3 Gitter- oder Plattenversteifung (möglicherweise als Laufsteg verwendet)
- 4 Horizontalträger

Bild 3.1 — Kranbahnträger mit Horizontalträger (Auswahl)

3.1.10

Elastomerunterlage

nachgiebiges verstärktes elastomeres Bettungsmaterial, das zur Verwendung unter Kranschienen vorgesehen ist

3.1.11

C-Klasse

Klassifizierung der Ermüdungseinwirkung eines Krans als Ganzes basierend auf seinem Nennlastkollektiv

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe EN 1991-3.

3.1.12

R-Klasse

Klassifizierung der globalen Auswirkungen der ermüdungsrelevanten Kraneinwirkung (im Allgemeinen die Auswirkung der einzelnen Radlast eines Krans) auf die Konstruktionsdetails der Kranunterstützung, wobei Effekte aus mehreren Lasteinwirkungen vernachlässigt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe EN 1993-1-9 für weitere Definitionen in Zusammenhang mit Ermüdung.

3.1.13

Effekte aus mehreren Lasteinwirkungen

Auswirkung (entweder global oder lokal) auf die Konstruktionsdetails der Kranunterstützung, die nicht durch die R-Klasse erfasst wird und durch mehrere Radlasten eines Krans oder durch die Einwirkung mehrerer Krane verursacht wird

3.2 Symbole

3.2.1 Allgemeines

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole.

3.2.2 Lateinische Großbuchstaben

D_{dup}	zusätzliche Schädigung infolge der Kombination von zwei oder mehreren Kranen, die gelegentlich zusammenwirken
D_i	Schädigung infolge eines unabhängig verkehrenden Einzelkrans i
$F_{\text{f,Rd}}$	Bemessungswiderstand des Unterflansches eines Trägers bei Beanspruchung durch eine Radlast eines Hängekrans oder einer Einschienenkatze
F_W^*	Windlast in Betrieb
$F_{\text{z,Ed}}$	Bemessungswert der Radlast
$H_{\text{y,Ed}}$	seitliche Horizontallast aus Kranbetrieb
$I_{\text{f,eff}}$	Trägheitsmoment eines Flansches mit einer effektiven Breite $b_{\text{f,eff}}$ um seine horizontale Schwerachse
I_{T}	Trägheitsmoment einer Schiene um ihre horizontale Schwerachse
I_{rf}	Trägheitsmoment eines zusammengesetzten Querschnittes aus einer Schiene und einem Flansch mit einer effektiven Breite $b_{\text{f,eff}}$ um seine horizontale Schwerachse
I_{T}	Torsionsträgheitsmoment
L_{z}	Abstand zwischen den Auflagern eines Kranbahnträgers
L_{y}	Länge zwischen den seitlichen Halterungen
Q_{C}	Eigengewicht des Krans (siehe EN 1991-3)
Q_{e}	schadensäquivalente Ermüdungsbelastung (siehe EN 1991-3)
Q_{H}	Hublast (siehe EN 1991-3)
$Q_{\text{max},i}$	Höchstwert der charakteristischen vertikalen Radlast i (siehe EN 1991-3)
R_i	R-Klasse i
C_i	C-Klasse i
T_{Ed}	Bemessungswert des Torsionsmoments
$T_{\text{H,Ed}}$	Bemessungswert des Torsionsmoments infolge exzentrischer seitlicher Horizontallast
$T_{\text{V,Ed}}$	Bemessungswert des Torsionsmoments infolge exzentrischer Radlasten

3.2.3 Lateinische Kleinbuchstaben

a	Abstand zwischen Quersteifen; Länge des unausgesteiften Stegbeulfeldes (siehe EN 1993-1-5)
a	Bemessungswert der Nahtdicke (siehe EN 1993-1-8)
b_{f}	Flanschbreite

$b_{f,eff}$	wirksame Flanschbreite
b_{fr}	Breite des Schienenfußes
c	lichter Abstand zwischen den Spurkränzen des Krans und der Kranschiene
c_T	Beiwert für lokale Stegbiegung von I-Querschnitten
c_{TB}	Beiwert für lokale Stegbiegung von Kastenquerschnitten
c_x	Beiwert für die Bestimmung der Längsbiegespannung
c_{xi}	Beiwert für die Bestimmung der Längsbiegespannung an der Stelle i (der Index i kann die Werte 0, 1 oder 2 einnehmen)
c_y	Beiwert für die Bestimmung der Querbiegespannung
c_{yi}	Beiwert für die Bestimmung der Querbiegespannung an der Stelle i (der Index i kann die Werte 0, 1 oder 2 einnehmen)
e_y	seitliche Exzentrizität der Radlast (entspricht e in prEN 1991-3:2024, 2.5.2.1(2))
e_z	Exzentrizität seitlicher Horizontallasten
f_y	charakteristischer Wert der Streckgrenze
h_c	Abstand zur Ebene, in der der Kran unterstützt wird
h_r	Höhe der Kranschiene
h_1	Abstand zwischen dem Oberflansch und der Längssteife
h_w	Steghöhe (siehe EN 1993-1-1)
$i_{f,z}$	Trägheitsradius eines Flansches um seine z-z-Achse
ℓ_{eff}	effektive Lastausbreitungslänge an der Unterseite des Oberflansches
$\ell_{eff,r}$	effektive Lastausbreitungslänge an der Schienenschweißnaht
$\ell_{f,eff}$	effektive Länge des Unterflansches
m	Hebelarm von der Radlast zum Ausrundungsbeginn des Flanschs
n	Abstand von der Mittellinie der Radlast zur freien Flanschkante
r	Ausrundungsradius (siehe EN 1993-1-1)
s	Abstand Kranschienenenschwerpunkte
s_s	Länge der starren Lasteinleitung (siehe EN 1993-1-5)
$t_{f,1}$	Flanschdicke in der Mittellinie der Radlast
t_f	Flanschdicke
$t_{f,m}$	mittlere Flanschdicke
t_r	Minstdicke unterhalb der Abnutzungsfläche einer Kranschiene
t_w	Stegdicke
u_y	horizontale Verschiebung eines Trägers (oder einer Stütze) in Höhe der Kranauflagerung
w_c	Überhöhung

$w_{\max}$	verbleibende Gesamtdurchbiegung unter Berücksichtigung der Überhöhung (siehe EN 1990:2023, A.1)
$w_{z,\text{pay}}$	vertikale Durchbiegung eines Katzbahnträgers für eine Einschienenkatze mit Bezug auf dessen Auflager, als ausschließliche Folge der Nutzlast
w_y	horizontale Durchbiegung eines Kranbahnträgers
w_z	vertikale Durchbiegung eines Kranbahnträgers
x_e	Abstand vom Trägerende zur Radachse
x_w	Abstand zwischen den Achsen benachbarter Kranräder
y	senkrechter Abstand in der Fachwerkebene zwischen der Schwerachse des Bauteils und dessen maßgebender Kante
z	Abstand unterhalb der Unterseite des Oberflansches (definiert in Bild 7.4)

3.2.4 Griechische Großbuchstaben

Δh_c	Unterschied der vertikalen Durchbiegungen zweier Träger, die eine Kranbahn bilden
Δs	Änderung der Spurweite
Δu_y	Differenz zwischen den horizontalen Verschiebungen benachbarter Rahmen oder Stützen
$\Delta \sigma_C$	Bezugswert des Ermüdungswiderstands unter Normalspannung bei 2×10^6 Spannungsspielen
$\Delta \sigma_{E,2}$	schadensäquivalente Normalspannungsschwingbreite bezogen auf 2×10^6 Spannungsspiele
$\Delta \sigma_{E,2,\text{dup}}$	schadensäquivalente Normalspannungsschwingbreite für das Zusammenwirken zweier oder mehrerer Krane
$\Delta \sigma_{E,2,i}$	schadensäquivalente Normalspannungsschwingbreite für einen einzelnen Kran i ;
$\Delta \tau_C$	Bezugswert des Ermüdungswiderstands unter Schubspannung bei 2×10^6 Spannungsspielen
$\Delta \tau_{E,2}$	schadensäquivalente Schubspannungsschwingbreite bezogen auf 2×10^6 Spannungsspiele
$\Delta \tau_{E,2,i}$	schadensäquivalente Schubspannungsschwingbreite für einen einzelnen Kran i

3.2.5 Griechische Kleinbuchstaben

α	Verhältnis Q_C/Q_H des Kraneigengewichts Q_C zur Hublast Q_H
$\gamma_{F,\text{test}}$	Teilsicherheitsbeiwert für Kranprüfungen
γ_{Ff}	Teilsicherheitsbeiwert für schadensäquivalente Spannungsschwingbreiten mit konstanter Amplitude (siehe EN 1993-1-9)
$\gamma_{M,\text{ser}}$	Teilsicherheitsbeiwert für den Nachweis elastischen Verhaltens im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
γ_{M0}	Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit der Querschnitte (siehe EN 1993-1-1)
γ_{M1}	Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit von Bauteilen bei Stabilitätsversagen, bewertet durch Bauteilnachweise (siehe EN 1993-1-1)
γ_{M2}	Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit von Querschnitten bei Bruchversagen infolge Zugbeanspruchung (siehe EN 1993-1-1)

γ_{M2}	Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit von Schrauben, Nieten, Bolzen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit, Schweißnähten und Blechen auf Lochleibung (siehe EN 1993-1-8)
γ_{M3}	Teilsicherheitsbeiwert für den Gleitwiderstand im Grenzzustand der Tragfähigkeit (siehe EN 1993-1-8)
$\gamma_{M3,ser}$	Teilsicherheitsbeiwert für den Gleitwiderstand im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (siehe EN 1993-1-8)
γ_{M4}	Teilsicherheitsbeiwert für die Lochleibungsbeanspruchbarkeit von Injektionsschrauben (siehe EN 1993-1-8)
γ_{M5}	Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit von Anschlüssen in Fachwerken aus Hohlprofilen (siehe EN 1993-1-8)
$\gamma_{M6,ser}$	Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit von Bolzen in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (siehe EN 1993-1-8)
γ_{M7}	Teilsicherheitsbeiwert für die Vorspannung hochfester Schrauben (siehe EN 1993-1-8)
γ_{Mf}	Teilsicherheitsbeiwert für den Ermüdungswiderstand (siehe EN 1993-1-9)
λ_{dup}	Schadensäquivalenzbeiwert für gelegentliches Zusammenwirken zweier oder mehrerer Krane
λ_i	Schadensäquivalenzbeiwert für Kran i
μ	Verhältniswert für die Berechnung der lokalen Biegespannungen (siehe 7.7)
σ_{Ed}	Bemessungswert der Normalspannung
$\sigma_{Ed,ser}$	Bemessungswert der Normalspannung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
$\sigma_{eq,Ed,ser}$	Bemessungswert der schadensäquivalenten Spannung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
$\sigma_{f,Ed}$	Bemessungswert der Normalspannung in der Mittelebene des Flansches
$\sigma_{ox,Ed}$	Bemessungswert der lokalen Längsnormalspannung infolge von Biegung des Unterflansches
$\sigma_{ox,Ed,ser}$	Bemessungswert der lokalen Längsnormalspannung infolge von Biegung des Unterflansches im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
$\sigma_{oy,Ed}$	Bemessungswert der lokalen Quernormalspannung infolge von Biegung des Unterflansches
$\sigma_{oy,Ed,ser}$	Bemessungswert der lokalen Quernormalspannung infolge von Biegung des Unterflansches im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
$\sigma_{oy,end,Ed}$	Bemessungswert der lokalen Quernormalspannung infolge von Flanschbiegung eines unausgesteiften Unterflansches am Ende des Kranbahnträgers
$\sigma_{oz,Ed}$	Bemessungswert der lokalen vertikalen Normalspannung im Steg (immer Druckspannung)
$\sigma_{oz,Ed,ser}$	Bemessungswert der lokalen vertikalen Normalspannung im Steg im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
σ_p	Normalspannung für den Nachweis in der Bemessungssituation mit Ermüdung
$\sigma_{p,max}$	maximale Normalspannung infolge einer vereinfachten Ermüdungsbelastung bei der Bestimmung der schadensäquivalenten Spannungsschwingbreite
$\sigma_{p,min}$	minimale Normalspannung infolge einer vereinfachten Ermüdungsbelastung bei der Bestimmung der schadensäquivalenten Spannungsschwingbreite
$\sigma_{T,Ed}$	Bemessungswert der lokalen vertikalen Normalspannung im Steg infolge Stegbiegung

$\sigma_{x,Ed,ser}$	Bemessungswert der Längsnormalspannung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
$\tau_{Ed,ser}$	Bemessungswert der Schubspannung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
$\tau_{oxz,Ed}$	Bemessungswert der lokalen Schubspannung
τ_p	Schubspannung für den Nachweis in der Bemessungssituation mit Ermüdung
$\tau_{p,max}$	maximale Schubspannung infolge einer vereinfachten Ermüdungsbelastung bei der Bestimmung der schadensäquivalenten Spannungsschwingbreite
$\tau_{p,min}$	minimale Schubspannung infolge einer vereinfachten Ermüdungsbelastung bei der Bestimmung der schadensäquivalenten Spannungsschwingbreite
φ_{fat}	schadensäquivalenter dynamischer Beiwert (siehe EN 1991-3)

4 Grundlagen für die Tragwerksplanung

4.1 Allgemeine Regeln

4.1.1 Grundlegende Anforderungen

(1) Die Bemessung der Kranunterstützung muss in Übereinstimmung mit den allgemeinen Regeln von EN 1990:2023 und Normenreihe EN 1991 sowie mit den spezifischen Bemessungsvorschriften für Stahltragwerke von Normenreihe EN 1993-1 erfolgen.

(2) Kranunterstützungen, die nach EN 1993-6 bemessen wurden, müssen nach EN 1090-2 ausgeführt werden unter Verwendung von Baustoffen und -produkten nach den zutreffenden Teilen von EN 1993 oder den maßgebenden Werkstoff- und Produktspezifikationen.

(3) Es dürfen andere Toleranzen (in EN 1090-2 als „besondere Toleranzen“ bezeichnet) von der zuständigen Behörde festgelegt werden oder, wenn keine Festlegungen getroffen wurden, für ein bestimmtes Bauvorhaben zwischen den beteiligten Parteien vereinbart werden.

ANMERKUNG Die Bemessung von Laufkränen nach EN 15011 in Verbindung mit der Normenreihe EN 13001 bezieht sich auf Toleranzen der Kranunterstützung nach ISO 12488-1. Diese Toleranzen können strenger sein als die in EN 1090-2 geforderten.

4.1.2 Geplante Nutzungsdauer

(1) Die geplante Nutzungsdauer einer Kranunterstützung muss in Übereinstimmung mit EN 1990:2023, Abschnitt A.5, festgelegt und mit dem Bauherrn vereinbart werden.

(2) Die geplante Nutzungsdauer von Kranbahnträgern sollte dokumentiert werden (z. B. in einem Wartungsplan).

ANMERKUNG Für Kranbahnträger beträgt die geplante Nutzungsdauer 25 Jahre, sofern der Nationale Anhang keinen anderen Wert angibt.

(3) Für Bauteile, die nicht so ausgelegt werden können, dass sie die volle geplante Nutzungsdauer der Kranunterstützung erreichen, siehe Abschnitt 6(5).

4.1.3 Dauerhaftigkeit

(1) Kranunterstützungen müssen hinsichtlich der Umgebungseinflüsse wie Korrosion, Verschleiß und Ermüdung durch geeignete Werkstoffauswahl, geeignete konstruktive Durchbildung und geeigneten Korrosionsschutz entworfen werden.

(2) Wenn ein Austausch oder eine nachträgliche Ausrichtung von Bauteilen notwendig ist (z. B. infolge zu erwartender Bodensetzungen), muss ein solcher Austausch bzw. eine solche Nachjustierung bei der Bemessung durch geeignete konstruktive Durchbildung berücksichtigt und als vorübergehende Bemessungssituation nachgewiesen werden.

4.1.4 Lichtraumprofil von Brückenlaufkranen

(1) Das Lichtraumprofil zwischen allen Brückenkranen und der Kranunterstützung sowie die Maße aller Zugangswege zu den Kranen für die Kranführer und das Wartungspersonal sollten ISO 11660-5 entsprechen.

4.1.5 Kranprüfungen

(1) Für den Fall einer erforderlichen Prüfung des Krans bzw. der Einschienenkatze nach dem Aufsetzen auf die Unterstützungsstruktur, sollte ein Spannungsnachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit, siehe 9.4, für die unterstützenden Bauteile unter Verwendung der maßgebenden Kranprüflasten nach EN 1991-3 erbracht werden.

(2) Die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach Abschnitt 8 müssen auch unter den Kranprüflasten erfüllt sein, die an den betroffenen Stellen angreifen. Hierbei ist der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{F,Test}$ für diese Kranprüflasten zu verwenden.

ANMERKUNG Der Wert von $\gamma_{F,Test}$ beträgt 1,1, sofern im Nationalen Anhang kein anderer Wert angegeben ist.

4.2 Basisvariablen

(1) Die charakteristischen Werte, die Lastgruppen und die Lastanordnungen der Einwirkungen aus Kranbetrieb müssen nach EN 1991-3 bestimmt werden.

ANMERKUNG EN 1991-3 enthält Regeln zur Ermittlung der Kraneinwirkungen in Übereinstimmung mit den Festlegungen in EN 13001-1 und EN 13001-2, um den Informationsaustausch mit Kranherstellern zu erleichtern.

(2) Andere Einwirkungen auf die Kranunterstützung müssen nach EN 1991 bestimmt werden.

4.3 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten

4.3.1 Bemessungssituationen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit (mit Ausnahme von Ermüdung)

(1) Für die Kombination von Einwirkungen und die Teilsicherheitsbeiwerte γ_F für Einwirkungen muss EN 1990:2023, Abschnitt A.5, angewendet werden.

ANMERKUNG Der Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkungen bei Kranprüfungen ist in 4.1.5 angegeben.

(2) Die Teilsicherheitsbeiwerte γ_M sollten auf die charakteristischen Werte der Beanspruchbarkeiten, wie in Tabelle 4.1 und Tabelle 4.2 angegeben, angewendet werden.

Tabelle 4.1 — Teilsicherheitsbeiwerte für die Beanspruchbarkeit in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit

a) Beanspruchbarkeit von Bauteilen und Querschnitten:	
— Beanspruchbarkeit von Querschnitten	γ_{M0}
— Bauteilwiderstand bei Stabilitätsversagen, bewertet durch Bauteilnachweise	γ_{M1}
— Beanspruchbarkeit von Querschnitten bei Bruchversagen	γ_{M2}

b) Beanspruchbarkeit von Anschlüssen und deren Komponenten	
— Beanspruchbarkeit von Schrauben	γ_{M2}
— Beanspruchbarkeit von Nieten	γ_{M2}
— Beanspruchbarkeit von Bolzen im Grenzzustand der Tragfähigkeit	γ_{M2}
— Beanspruchbarkeit von Schweißnähten	γ_{M2}
— Beanspruchbarkeit von Blechen auf Lochleibung	γ_{M2}
— Gleitwiderstand im Grenzzustand der Tragfähigkeit (Kategorie C)	γ_{M3}
— Lochleibungsbeanspruchbarkeit einer Injektionsschraube	γ_{M4}
— Beanspruchbarkeit von Knotenanschlüssen in Fachwerken mit Hohlprofilen	γ_{M5}
— Vorspannung hochfester Schrauben	γ_{M7}

Tabelle 4.2 — Teilsicherheitsbeiwerte für die Beanspruchbarkeit in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit

a) Beanspruchbarkeit von Bauteilen und Querschnitten:	
— Beanspruchbarkeit von Querschnitten	$\gamma_{M,ser}$
b) Beanspruchbarkeit von Anschlüssen und deren Komponenten	
— Gleitwiderstand (Kategorie B)	$\gamma_{M3,ser}$
— Beanspruchbarkeit von Bolzen in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit	$\gamma_{M6,ser}$

Die empfohlenen Werte der Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Mi} für Kranunterstützungen sind die folgenden, sofern im Nationalen Anhang keine anderen Werte angegeben sind:

$$\gamma_{M0} = 1,00; \gamma_{M1} = 1,00; \gamma_{M2} = 1,25; \gamma_{M3} = 1,25; \gamma_{M4} = 1,00; \gamma_{M5} = 1,00; \gamma_{M7} = 1,10$$

$$\gamma_{M,ser} = 1,00; \gamma_{M3,ser} = 1,10; \gamma_{M6,ser} = 1,00$$

4.3.2 Bemessungssituationen mit Ermüdungseinwirkungen

(1) Für Ermüdungslasten muss der Teilsicherheitsbeiwert γ_{Ff} verwendet werden.

ANMERKUNG Der Wert von γ_{Ff} beträgt 1,0, sofern im Nationalen Anhang kein anderer Wert angegeben ist.

(2) Für den Ermüdungswiderstand muss der Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mf} verwendet werden.

ANMERKUNG Die Werte von γ_{Mf} sind in prEN 1993-1-9:2023, Tabelle 5.1, angegeben, sofern im Nationalen Anhang keine anderen Werte angegeben sind.

5 Werkstoffe

5.1 Baustähle

(1) Es gelten die Anforderungen und Bestimmungen der Normenreihe EN 1993 für Baustähle, einschließlich:

- Werkstoffeigenschaften;
- Anforderungen an die Duktilität;
- Bruchzähigkeit;
- Eigenschaften in Dickenrichtung.

ANMERKUNG Die niedrigste Einsatztemperatur, die bei der Bemessung von Kranunterstützungen innerhalb von Gebäuden im Hinblick auf die Bruchzähigkeit anzuwenden ist, beträgt -10 °C , sofern im Nationalen Anhang kein anderer Wert angegeben ist.

5.2 Lager

(1) Lager sollten der Normenreihe EN 1337 entsprechen.

5.3 Weitere Produkte für Kranunterstützungen

5.3.1 Allgemeines

(1) Teilvorgefertigte oder komplett vorgefertigte Produkte, die bei der Bemessung und Konstruktion einer Kranunterstützung verwendet werden, sollten der zutreffenden Europäischen Produktnorm oder EAD oder ETA entsprechen.

5.3.2 Schienenstähle

(1) Sowohl speziell angefertigte Kranschienen als auch Eisenbahnschienen sollten aus speziellen Schienenstählen mit einer festgelegten Mindestzugfestigkeit zwischen 500 N/mm^2 und $1\,200\text{ N/mm}^2$ hergestellt werden.

(2) Rechteck- und Vierkantstangen sowie andere Querschnitte, die als Kranschienen verwendet werden, dürfen aus Baustählen bestehen, die die Anforderungen von EN 1993-1-1 erfüllen, oder aus anderen Stählen entsprechend den Empfehlungen des Kranherstellers.

ANMERKUNG Informationen zu geeigneten Kranschienen und Schienenstählen sind in Tabelle 5.1 (NDP) angegeben, sofern der Nationale Anhang keine anderen Festlegungen trifft.

Tabelle 5.1 (NDP) — Informationen zu geeigneten Kranschienen und Schienenstählen

Schientyp		Maße, Querschnittseigenschaften	Stahlsorten
Kranschienen mit Fußflansch		DIN 536-1	
Flachschienen		EN 10058	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6
Vierkantschienen		EN 10059	

5.3.3 Besondere Verbindungselemente für Kranschienen

(1) Besondere Verbindungselemente für Kranschienen, einschließlich speziell angefertigter Befestigungen und Elastomerunterlagen, sollten nach den entsprechenden Produktspezifikationen für ihre spezifische Verwendung geeignet sein.

ANMERKUNG Informationen zu besonderen Verbindungselementen können im Nationalen Anhang angegeben werden, wenn keine geeignete Produktspezifikation (Europäische Produktnorm, EAD oder ETA) vorhanden ist.

6 Dauerhaftigkeit

(1) Die Nachweise in der Bemessungssituation mit Ermüdung sollten für Kranunterstützungen nach Abschnitt 11 geführt werden.

(2) Wird davon ausgegangen, dass die Kranschienen zur Festigkeit bzw. Steifigkeit eines Kranbahnträgers beitragen, sollten bei der Bestimmung der Eigenschaften des zusammengesetzten Querschnitts entsprechende Abminderungen infolge Verschleiß berücksichtigt werden, siehe 7.4.2.1(3) und 7.4.2.1(4).

(3) Bei zu erwartenden Einwirkungen durch Bodensetzungen oder Erdbeben sollten Toleranzen für vertikale und horizontale Zwangsverformungen mit dem Kranhersteller vereinbart sowie in den Inspektions- und Wartungsplänen dokumentiert werden.

(4) Die zu erwartenden Zwangsverformungen sollten durch eine geeignete konstruktive Durchbildung mit Möglichkeiten der Nachjustierbarkeit berücksichtigt werden.

(5) Bauteile, die nicht mit ausreichender Zuverlässigkeit für das Erreichen der geplanten Gesamtnutzungsdauer für die Kranunterstützung bemessen werden können, sollten austauschbar sein. Solche Bauteile können sein:

- Dehnfugen;
- Kranschienen und ihre Befestigungen;
- Elastomerunterlagen;
- Horizontalhalterungen.

7 Tragwerksberechnung

7.1 Statisches System für Tragwerksberechnungen

7.1.1 Allgemeines

(1) Es gelten die Anforderungen und Bestimmungen der Normenreihe EN 1993-1 hinsichtlich der Modellbildung für die Tragwerksberechnung, einschließlich:

- der grundlegenden Annahmen;
- der Berechnungsmodelle für Anschlüsse.

(2) Die Modellierung ermüdungsbeanspruchter Anschlüsse sollte so ausgeführt werden, dass eine ausreichende Ermüdungslebensdauer nach EN 1993-1-9 nachgewiesen werden kann.

7.1.2 Exzentrizität von Radlasten

(1) Für die Kranbahnträger von Laufkrane sollte eine von der Schienenmittelachse aus gemessener Exzentrizität der Radlasten Q_r nach prEN 1991-3:2024, 5.6.1(8), in Abhängigkeit von den Bemessungssituationen der Grenzzustände berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 1 Die Unterabschnitte 7.5 und 7.6 enthalten ausführliche Informationen darüber, wie die Exzentrizität in den Bemessungssituationen der Kranbahnträger zu berücksichtigen ist.

ANMERKUNG 2 Während der geplanten Nutzungsdauer können die Radlasten mit sich zufällig ändernden Exzentrizitäten angreifen, die unter normalen Betriebsbedingungen zu unbeabsichtigten Abweichungen nach beiden Seiten von der Schienenmittelachse führen. Die Exzentrizität e_y einer Radlast Q_r von der Schienenmittelachse beträgt $0,25 b_{hr}$, wobei b_{hr} die Breite des Schienenkopfes ist, siehe Bild 7.2, sofern der Nationale Anhang keine anderen Festlegungen trifft.

(2) Für Kranbahnträger von Hängekranen und von Einschienenkatzen darf eine unbeabsichtigte zufällige Verschiebung der Einleitungsstellen der Radlasten vernachlässigt werden.

7.2 Untersuchung von Gesamttragwerken

(1) Es gelten die Anforderungen und Bestimmungen der Normenreihe EN 1993-1 für die Tragwerksberechnung, einschließlich:

- Berücksichtigung von Einflüssen nach Theorie II. Ordnung;
- Berechnungsverfahren für Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit;
- Imperfektionen.

7.3 Imperfektionen

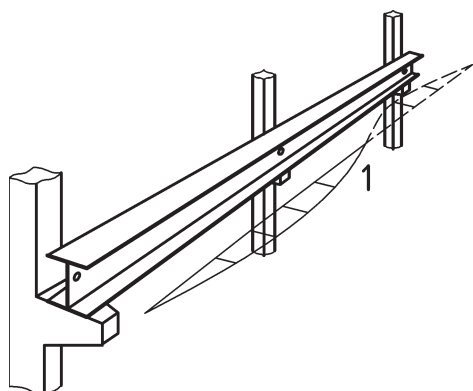
(1) Für die maßgebenden Imperfektionen der Kranunterstützung, die berücksichtigt werden sollten, siehe Tabelle 7.1.

ANMERKUNG 1 Siehe die Beispiele für Imperfektionen in Bild 7.1. Die Vorkrümmungen können vernachlässigt werden, wenn der Nachweis des Biegeknickens der einzelnen Bauteile nach EN 1993-1-1:2022, 8.3, geführt wird. Siehe die Bestimmungen in EN 1993-1-1:2022, 7.2.2.

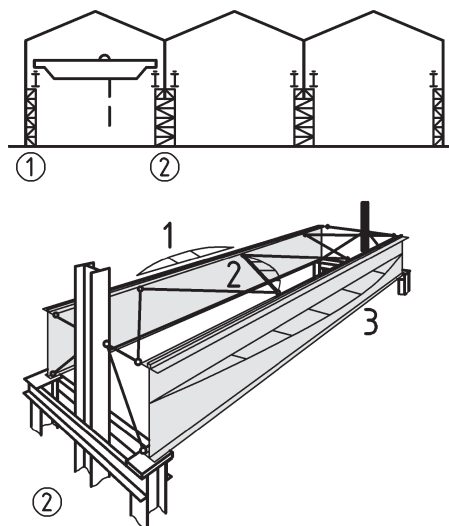
ANMERKUNG 2 Bei der Berechnung der Vorkrümmung ist m die Anzahl der Kranbahnen, die durch den Horizontalträger ausgesteift werden, siehe Bild 7.1b.

Tabelle 7.1 — Maßgebende Imperfektionen bei der Betrachtung von Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung

Art der Berechnung	Kranunterstützung		
	Kranbahn		Kranbahnunterstützung
	Kranbahnträger	Horizontalträger (sofern vorhanden)	
Gesamttragwerk	Vorkrümmungen bei Biegedrillknicken nach EN 1993-1-1:2022, 7.3.3.2 (siehe ANMERKUNG 1)	Vorkrümmung für den Horizontalträger als horizontales Aussteifungssystem nach EN 1993-1-1:2022, 7.3.5.1 (siehe ANMERKUNG 2)	Siehe EN 1993-1-1:2022, 7.3
Bauteil		Vorkrümmung bei Biegeknicken einzelner Bauteile des Horizontalträgers nach EN 1993-1-1:2022, 7.3.3.1 (siehe ANMERKUNG 1)	



a) Kranbahnträger



b) Zwei Kranbahnträger ($m = 2$) gestützt durch Horizontalträger

Legende

- 1 Vorkrümmung bei Biegedrillknicken eines Kranbahnträgers zwischen seitlichen Halterungen
- 2 Vorkrümmung bei Biegeknicken von einzelnen Bauteilen des Horizontalträgers
- 3 Vorkrümmung bei Horizontalträgern als horizontales Aussteifungssystem

Bild 7.1 — Beispiele für Imperfektionen nach Tabelle 7.1

(2) Die Kombination der Exzentrizität in 7.1.2 und der Imperfektionen in 7.3 darf vernachlässigt werden.

7.4 Berechnungsverfahren

7.4.1 Allgemeines

(1) Es sollten die Regeln von EN 1993-1-1:2022, 7.2, angewendet werden.

ANMERKUNG Im Fall einer plastischen Tragwerksberechnung als Grundlage für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit kann der Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit nach 9.4 von Bedeutung sein.

(2) Eine elastische Tragwerksberechnung sollte für den Nachweis in der Bemessungssituation mit Ermüdung nach EN 1993-1-9 durchgeführt werden.

ANMERKUNG Das elastische Verhalten ist eine Voraussetzung für den Ermüdungsnachweis mithilfe des spannungsbasierten Verfahrens nach EN 1993-1-9.

7.4.2 Querschnittseigenschaften

7.4.2.1 Kranbahnträger für Laufkrane

(1) Eine Kranschiene, die starr mit den Oberflansch eines Kranbahnträgers verbunden ist, entweder durch

- Passschrauben, oder
- vorgespannte Schrauben in Kategorie-C-Verbindungen, oder
- durch Schweißen, sofern die Schiene aus Baustahl besteht,

darf als Teil des Kranbahnträgerquerschnitts betrachtet werden, der den globalen Beanspruchungen (siehe 7.5.1) im Grenzzustand der Tragfähigkeit widersteht (ausgenommen die Bemessungssituationen mit Ermüdung), wenn die Schrauben oder Schweißnähte entsprechend bemessen sind.

ANMERKUNG Es gilt als konservativ, den Beitrag der Kranschiene zur Festigkeit und Steifigkeit eines Kranbahnträgers bei dessen Bemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ausgenommen die Bemessungssituation mit Ermüdung) zu vernachlässigen, da dadurch die Spannungen überschätzt werden.

(2) Für Nachweise in der Bemessungssituation mit Ermüdung sollte die in (1) angesprochene Wirkung der Kranschiene auf den Kranbahnträger berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Die Schiene beeinflusst die Spannungsverteilung des Kranbahnträgers und die Ermüdungsfestigkeit des Oberflansches.

(3) Zur Berücksichtigung von Verschleiß sollte die Nennhöhe der Kranschiene bei der Berechnung der Querschnitteigenschaften abgemindert werden. Diese Abminderung sollte im Allgemeinen 25 % der Nenndicke t_r unterhalb der Verschleißfläche betragen, siehe Bild 7.2, sofern vom Bauherrn keine anderweitigen Angaben gemacht werden.

(4) Bei den Nachweisen in der Bemessungssituation mit Ermüdung braucht nur die Hälfte der in Absatz (3) angegebenen Abminderung berücksichtigt werden.

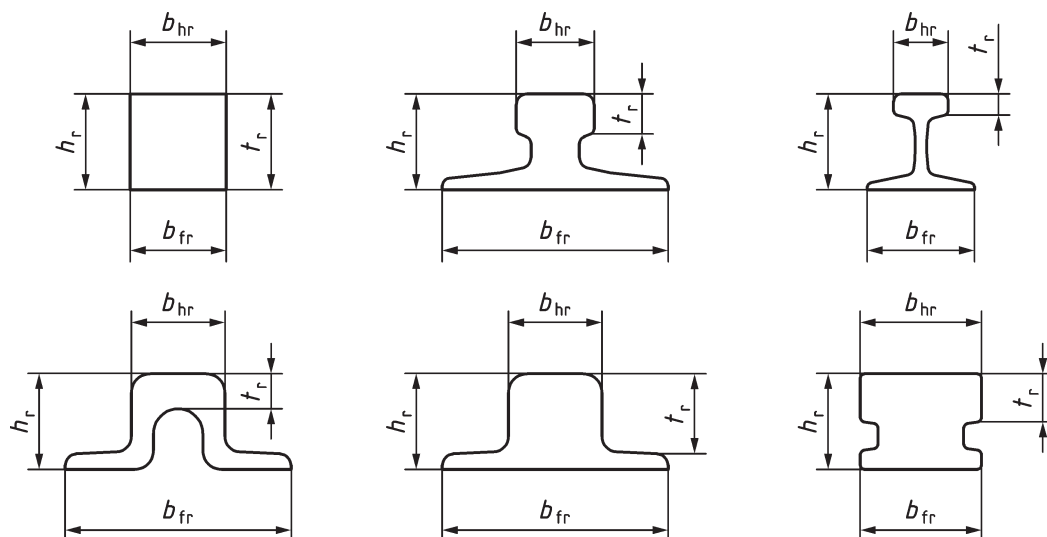


Bild 7.2 — Mindestdicke t_r unterhalb der Verschleißfläche einer Kranschiene

7.4.2.2 Kranbahnträger für Hängekrane und Einschienenkatzen

(1) Auf eine Abminderung der Nenndicke für den Verschleiß der Kranbahnträgerflansche, auf denen der Hängekran oder die Einschienenkatze läuft, darf verzichtet werden, sofern vom Bauherrn nichts anderes angegeben ist. In letzterem Fall sollte der Bauherr Werte für die Abminderung der Nenndicke angeben.

7.5 Berechnung von Kranbahnträgern

7.5.1 Globale Beanspruchungen

(1) Zusätzlich zu den Beanspruchungen als Folge der ständigen Einwirkungen (wie das Eigengewicht des Kranbahnträgers) und der nicht kranbedingten veränderlichen Einwirkungen auf das Gesamttragwerk sollten die folgenden kranbedingten Schnittgrößen bei der Bemessung der Kranbahnträger berücksichtigt werden:

— zweiachsige Biegung aufgrund von Radlasten und horizontalen Kräften;

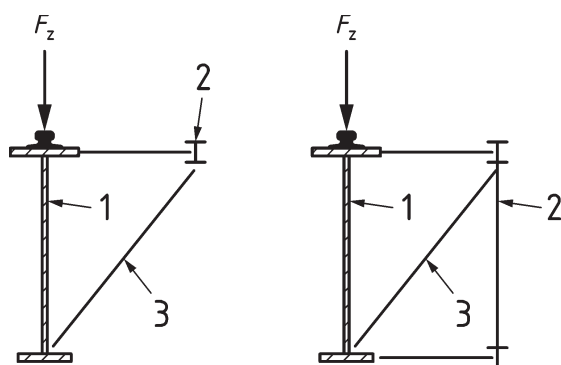
- zentrische Druck- oder Zugkraft infolge längsgerichteter Horizontalkräfte und im Fall von Kranbahnträgern mit Horizontalträgern auch infolge seitlicher Horizontalkräfte;
- Torsionsmoment und Wölbkrafttorsion, sofern vorhanden, infolge der Exzentrizität e_z der seitlichen Horizontalkräfte bezogen auf den Schubmittelpunkt des Kranbahnträgerquerschnitts;
- Torsionsmoment und Wölbkrafttorsion, sofern vorhanden, infolge der in 7.1.2 festgelegten Exzentrizität e_y der Radlasten, bezogen auf den Schubmittelpunkt des Querschnitts des Kranbahnträgers;
- vertikale und horizontale Querkräfte aus Radlasten und seitlichen Horizontalkräften.

ANMERKUNG Torsionsmoment und Wölbkrafttorsion, sofern vorhanden, infolge der Exzentrizität e_y der Radlasten können als eine globale Auswirkung auf den Kranbahnträger vernachlässigt werden, sofern der Nationale Anhang keine anderen Festlegungen trifft.

(2) Bei offenen Querschnitten dürfen die Normal- und die Schubspannungen infolge Torsion mithilfe vereinfachter Modelle berechnet werden, unter der Annahme reiner Wölbkrafttorsion und unter Vernachlässigung St. Venantscher Torsion. Für die kranbedingten Einwirkungen darf angenommen werden, dass:

- die Radlasten durch den Kranbahnträger abgetragen werden, unter der Voraussetzung, dass keine Vertikallastübertragung zwischen dem Kranbahnträger und dem Nebenträger (sofern vorhanden) erfolgt;
- Seitenkräfte aus Laufkranen durch den Oberflansch oder den Horizontalträger (sofern vorhanden) aufgenommen werden;
- Seitenkräfte aus Hängekranen oder Einschienenkatzen vom Unterflansch aufgenommen werden;
- Torsionsmomente in ein horizontales Kräftepaar umgewandelt werden, das auf den Ober- und Unterflansch wirkt.

ANMERKUNG Das vereinfachte Modell kann nicht auf Kranbahnträger angewendet werden, die starr mit ihrem Horizontalträger (einschließlich des Nebenträgers) zu einer baulichen Einheit verbunden sind. Eine diagonale Aussteifung außerhalb der Auflager des Kranbahnträgers, wie in Bild 7.3 gezeigt, gestattet beispielsweise keine unterschiedlichen Verformungen von Kranbahnträger und Horizontalträger. Dies führt zu einem ähnlichen Verhalten wie bei einem Kastenträger, was im Vergleich zum vereinfachten Modell eine Entlastung des Kranbahnträgers hinsichtlich der Radlasten sowie eine Überlastung des Nebenträgers und der Aussteifungen bewirkt.



Legende

- 1 Kranbahnträger
- 2 Nebenträger
- 3 diagonale Aussteifung nicht nur an den Auflagern

Bild 7.3 — Beispiele für Kranbahnträger mit Horizontalträger und einem kastenträgerähnlichen Verhalten

- (3) Die Vereinfachungen in (2) dürfen auch in der Bemessungssituation mit Ermüdung angewendet werden.
- (4) Bei Kastenquerschnitten mit Torsion sollte das vereinfachte Modell von EN 1993-1-1:2022, 8.2.7(4), nicht angewendet werden.

7.5.2 Lokale Beanspruchungen infolge von Radlasten

- (1) Zusätzlich zu den globalen Beanspruchungen in 7.5.1 sollten die lokalen Auswirkungen der Radlasten berücksichtigt werden.
- (2) Die in 7.6 definierten lokalen Auswirkungen auf die Stege sollten für die Kranbahnträger von Laufkränen berücksichtigt werden.
- (3) Die in 7.7 definierten lokalen Auswirkungen auf die Flansche sollten für die Kranbahnträger von Hängekränen und Einschienenkatzen berücksichtigt werden.

7.6 Lokale Spannungen in den Stegen infolge Radlasten

7.6.1 Allgemeines

(1) Im Steg eines Kranbahnträgers, der einen Laufkran unterstützt, sollten die folgenden lokalen Spannungen berücksichtigt werden, die in der Regel durch die Radlasten auf dem Oberflansch erzeugt werden:

- lokale vertikale Druckspannung $\sigma_{oz,Ed}$, 7.6.2;
- lokale Schubspannung $\tau_{oxz,Ed}$, 7.6.3;
- lokale Biegespannung $\sigma_{T,Ed}$, 7.6.4.

ANMERKUNG Die lokalen Spannungen werden in den Nachweisen der Grenzzustände, wie in Tabelle 7.2 (NDP) angegeben, berücksichtigt, sofern im Nationalen Anhang nichts anderes festgelegt ist.

Tabelle 7.2 (NDP) — Empfohlene Berücksichtigung lokaler Spannungen in Stegen von Kranbahnträgern für Laufkrane

Grenzzustände	Berücksichtigung lokaler Spannungen infolge der Einleitung von Radlasten		
	Lokale Druckspannungen $\sigma_{oz,Ed}$	Lokale Schubspannungen $\tau_{oxz,Ed}$	Lokale Biegespannungen $\sigma_{T,Ed}$
Grenzzustand der Tragfähigkeit (ausgenommen Ermüdung), siehe Abschnitt 8	ja	nein	nein
Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (Spannungsnachweise), siehe 9.4	ja	nein	nein
Bemessungssituation mit Ermüdung, siehe Abschnitt 11	ja	ja	ja, aber nur bei hoher und sehr hoher Ermüdungsgefährdung
ANMERKUNG Hohe und sehr hohe Ermüdungsgefährdung sind in Tabelle 11.1 (NDP) definiert.			

7.6.2 Lokale vertikale Druckspannungen

(1) Der Höchstwert der lokalen vertikalen Druckspannung $\sigma_{oz,Ed}$, die an der Oberseite des Stegs (entspricht der Oberflanschunterseite) durch eine einzelne Radlast auf dem Oberflansch hervorgerufen wird, siehe Bild 7.4, darf wie folgt bestimmt werden:

$$\sigma_{oz,Ed} = \frac{F_{z,Ed}}{\ell_{eff} t_w} \quad (7.1)$$

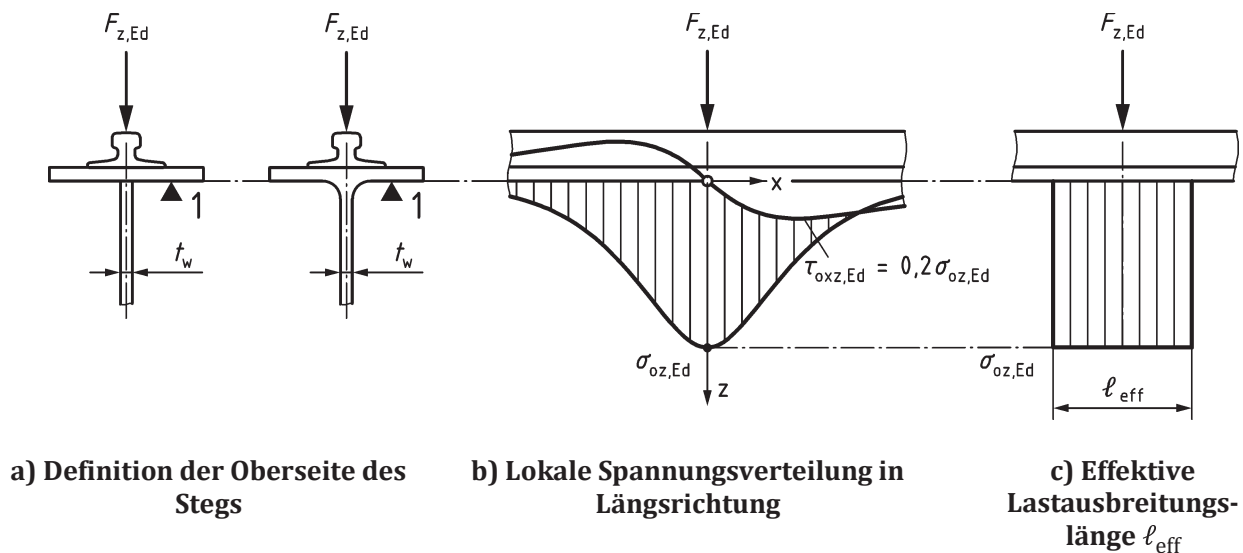
Dabei ist

- $F_{z,Ed}$ der Bemessungswert der Radlast;
- ℓ_{eff} die effektive Lastausbreitungslänge;
- t_w die Blechdicke des Stegs.

(2) Die effektive Lastausbreitungslänge ℓ_{eff} , über die die lokale vertikale Druckspannung $\sigma_{oz,Ed}$ infolge einer einzelnen Radlast als gleichmäßig verteilt angenommen wird, darf unter Verwendung von Tabelle 7.3 ermittelt werden.

(3) Bei der Bestimmung der effektiven Lastausbreitungslänge ℓ_{eff} sollte der Verschleiß der Kranschiene nach 7.4.2.1(3) und 7.4.2.1(4) berücksichtigt werden.

(4) Wenn der Abstand x_w zwischen den Mittelpunkten benachbarter Laufräder kleiner als ℓ_{eff} ist, sollten die Spannungen aus den beiden Rädern überlagert werden.



Legende

- 1 Oberseite des Stegs

Bild 7.4 — Lokale Spannungen unter zentrischen Radlasten an der Oberseite des Stegs

(5) Die lokale vertikale Druckspannung $\sigma_{oz,Ed}$ in anderen horizontalen Schnitten im Steg darf unter der Annahme einer weiteren Verteilung der Radlast unter 45° ausgehend von der effektiven Lastausbreitungslänge ℓ_{eff} an der Unterseite des Oberflansches berechnet werden, siehe Bild 7.5.

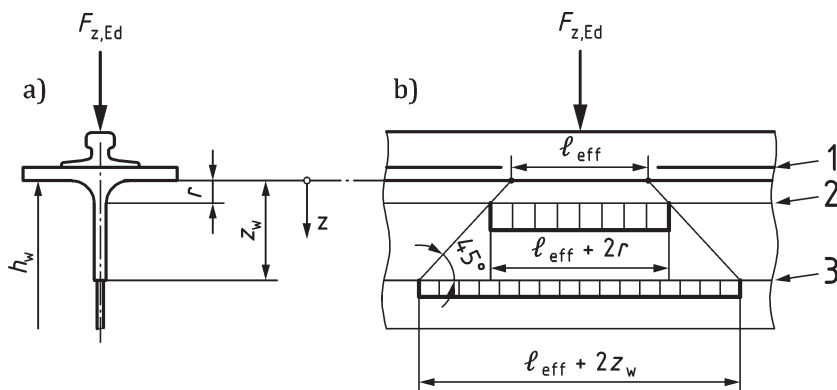
(6) Wenn die gesamte Lastausbreitungslänge in Bild 7.5, die $\ell_{\text{eff}} + 2z$ beträgt, den Abstand x_w zwischen benachbarten Laufrädern überschreitet, sollten die Spannungen aus den beiden Rädern überlagert werden.

(7) Außerhalb des Auflagerbereiches sollte die mit dieser Länge berechnete vertikale lokale Druckspannung $\sigma_{\text{oz,Ed}}$ mit dem Abminderungsfaktor $[1 - (z/h_w)^2]$ multipliziert werden. Dabei ist h_w die Gesamthöhe des Stegs und z ist der Abstand unterhalb der Unterkante des Oberflansches, siehe Bild 7.5.

(8) In Auflagernähe sollte die lokale vertikale Druckspannung infolge einer ähnlichen Verteilung der Auflagerreaktion ebenfalls ermittelt und der größere Wert der Spannung $\sigma_{\text{oz,Ed}}$ verwendet werden.

Tabelle 7.3 — Effektive Lastausbreitungslänge ℓ_{eff}

Fall	Beschreibung	Effektive Lastausbreitungslänge
(a)	Kranschiene starr am Oberflansch befestigt	$\ell_{\text{eff}} = 3,25 [I_{\text{rf}}/t_w]^{1/3}$
(b)	Kranschiene nicht starr am Oberflansch befestigt	$\ell_{\text{eff}} = 3,25 [(I_r + I_{\text{f,eff}})/t_w]^{1/3}$
(c)	Kranschiene auf einer mindestens 6 mm dicken nachgiebigen Elastomerunterlage befestigt	$\ell_{\text{eff}} = 4,25 [(I_r + I_{\text{f,eff}})/t_w]^{1/3}$
$I_{\text{f,eff}}$ ist das Flächenträgheitsmoment um die horizontale Schwerachse des Oberflansches mit der effektiven Breite $b_{\text{f,eff}}$; I_r ist das Flächenträgheitsmoment um die horizontale Schwerachse der Schiene; I_{rf} ist das Flächenträgheitsmoment um die horizontale Schwerachse des zusammengesetzten Querschnitts einschließlich der Schiene und des Oberflansches mit der effektiven Breite $b_{\text{f,eff}}$; t_w ist die Stegdicke.		
$b_{\text{f,eff}} = b_{\text{fr}} + h_r + t_f$ aber $b_{\text{f,eff}} \leq b_f$ Dabei ist b_f die Gesamtbreite des Oberflansches; b_{fr} die Breite des Schienenfußes, siehe Bild 7.1; h_r die Schienenhöhe, siehe Bild 7.1; t_f die Flanschdicke.		
ANMERKUNG Der Verschleiß der Kranschiene, siehe 7.4.2.1(3) und 7.4.2.1(4), wird bei der Bestimmung von I_r , I_{rf} und h_r berücksichtigt.		



Legende

- 1 Unterseite des Oberflansches
- 2 Ende des Ausrundungsbereichs des T-Profiles
- 3 Stegende des T-Profiles

ANMERKUNG Steghöhe h_w nach EN 1993-1-1:2022, Bild 3.1.

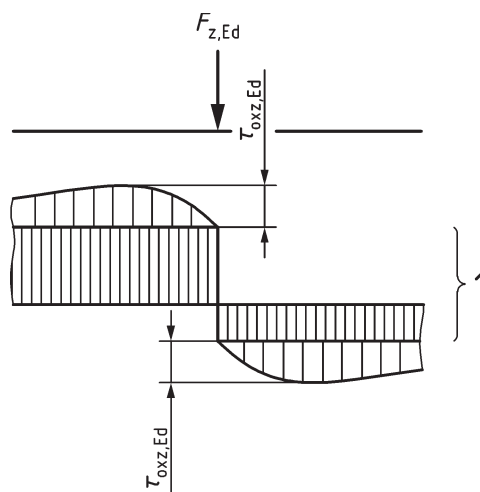
Bild 7.5 — Lokale vertikale Druckspannung $\sigma_{oz,Ed}$ in unterschiedlichen Horizontalschnitten im Steg (Beispiele)

7.6.3 Lokale Schubspannungen

(1) Der Höchstwert der lokalen Schubspannung $\tau_{oxz,Ed}$ infolge einer Radlast, die zu beiden Seiten der Radlasteinleitung wirkt, darf mit 20 % der maximalen lokalen vertikalen Druckspannung $\sigma_{oz,Ed}$ im betrachteten Horizontalschnitt des Stegs angenommen werden.

(2) Die lokale Schubspannung $\tau_{oxz,Ed}$ sollte an allen Punkten zusätzlich zur globalen Schubspannung aus derselben Radlast berücksichtigt werden, siehe Bild 7.6.

(3) Die zusätzliche Schubspannung $\tau_{oxz,Ed}$ darf in Horizontalschnitten des Stegs unterhalb $z = 0,2h_w$ vernachlässigt werden, wobei h_w und z in 7.6.2(7) definiert sind.



Legende

- 1 Verteilung der globalen Schubspannung $\tau_{xz,Ed}$ im betrachteten Horizontalschnitt des Stegs im Bereich der Radlastposition

Bild 7.6 — Überlagerung von lokalen und globalen Schubspannungen infolge einer Radlast

7.6.4 Lokale Biegespannungen infolge der Exzentrizität von kranbedingten Einwirkungen

(1) Die Biegespannung $\sigma_{T,Ed}$ an der Oberseite eines querausgesteiften Stegs eines I-Querschnitts infolge des Torsionsmoments T_{Ed} darf wie folgt ermittelt werden:

$$\sigma_{T,Ed} = \frac{6 T_{Ed}}{a t_w^2} c_T \tanh(c_T) \quad (7.2)$$

mit

$$c_T = \left[\frac{0,75 a t_w^3}{I_T} \cdot \frac{\sinh^2(\pi h_w / a)}{\sinh(2\pi h_w / a) - 2\pi h_w / a} \right]^{0,5} \quad (7.3)$$

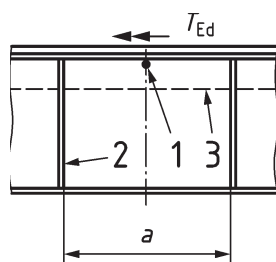
Dabei ist

- a der Abstand der Quersteifen im Steg;
- h_w die Gesamthöhe des Steges als lichter Abstand zwischen den Flanschen;
- t_w die Dicke des Stegs;
- I_T das Torsionsträgheitsmoment der Querschnittsfläche einschließlich Oberflansch und Schiene (mit dem Beitrag aus der Verbundwirkung, falls die Schiene starr befestigt ist).

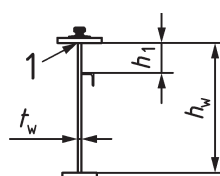
(2) Im Fall von längsausgesteiften Stegen sollte die Gesamthöhe des Stegs h_w in Gleichung (7.3) durch h_1 ersetzt werden, siehe Bild 7.7b und Bild 7.7c, sofern keine genauere Berechnung durchgeführt wird.

(3) Für I-Querschnitte mit T-Profil-Flanschen, siehe Bild 7.5, darf t_w als die Dicke des Stegblechs unter dem T-Profil in Gleichung (7.3) angesetzt werden. Die Dicke des T-Profil-Stegs sollte in Gleichung (7.2) verwendet werden.

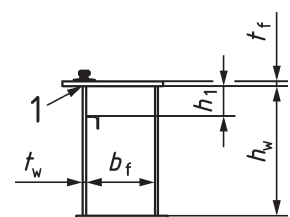
ANMERKUNG Siehe Absatz (7) für Spannungen in verschiedenen Horizontalschnitten des Stegs.



a) Torsionsmoment



b) I-Querschnitt



c) Kastenquerschnitt

Legende

- 1 betrachtete Stegposition unter der Schweißnaht oder dem Ausrundungsradius
- 2 Quersteife
- 3 Längssteife

Bild 7.7 — Lokale Stegbiegung

(4) Die Biegespannung $\sigma_{T,Ed}$ an der Oberseite eines querausgesteiften Stegs eines Kastenquerschnitts infolge des Torsionsmoments T_{Ed} darf wie folgt bestimmt werden:

$$\sigma_{T,Ed} = \frac{6T_{Ed}}{at_w^2} c_{TB} K \tanh(c_{TB}) \quad (7.4)$$

mit:

$$c_{TB} = [c_{T,w}^2 + c_{T,f}^2]^{0,5} \quad (7.5)$$

$$K = c_{T,w}^2 / c_{TB}^2 \quad (7.6)$$

$$c_{T,f} = \left[\frac{0,75at_f^3}{I_{T,r}} \cdot \frac{\sinh^2(\pi b_f/a)}{\sinh(2\pi b_f/a) - 2\pi b_f/a} \right]^{0,5} \quad (7.7)$$

Dabei ist

b_f die Breite des Oberflansches als lichter Abstand zwischen den Stegen, siehe Bild 7.7c;

t_f die Dicke des Oberflansches;

$I_{T,r}$ das Torsionsträgheitsmoment der Schiene;

$c_{T,w} = c_T$ nach Gleichung (7.3), aber berechnet mit $I_{T,r}$ anstelle von I_T .

(5) Für Kastenquerschnitte mit einem T-Profil an der Querschnittsecke unter der Radlast darf t_w als die Dicke des Stegblechs unter dem T-Profil in Gleichung (7.5) und Gleichung (7.6) angesetzt werden. Die Dicke des T-Profil-Stegs sollte in Gleichung (7.4) verwendet werden.

ANMERKUNG Siehe Absatz (7) für Spannungen in verschiedenen Horizontalschnitten des Stegs.

(6) Das Torsionsmoment T_{Ed} , das am Kranbahnträger zwischen zwei Quersteifen wirkt und hervorgerufen wird durch:

— die horizontale Exzentrizität e_y der Radlast $F_{z,Ed}$, siehe Bild 7.8:

$$T_{V,Ed} = F_{z,Ed} e_y \quad (7.8)$$

— die vertikale Exzentrizität e_z der seitlichen Horizontallast $H_{y,Ed}$, siehe Bild 7.8:

$$T_{H,Ed} = H_{y,Ed} e_z \quad (7.9)$$

sollte wie folgt werden:

$$T_{Ed} = T_{V,Ed} + T_{H,Ed} \quad (7.10)$$

Dabei ist

e_y die Exzentrizität e der Radlast nach 7.1.2(1), aber $e_y \geq 0,5 t_w$;

t_w die Dicke des Stegs;

e_z der Abstand zwischen der Stegobenseite und der Schienenoberkante.

ANMERKUNG Das Torsionsmoment infolge der Exzentrizität der seitlichen Horizontalkraft kann in der Regel vernachlässigt werden, da lokale Biegespannungen des Stegs nur in der Bemessungssituation mit Ermüdung berücksichtigt werden, wenn die Auswirkung (Spannungsschwankung) der horizontalen Kraneinwirkungen üblicherweise vernachlässigbar sind (siehe 11.1), es sei denn, der Nationale Anhang legt einen anderen Ansatz fest.

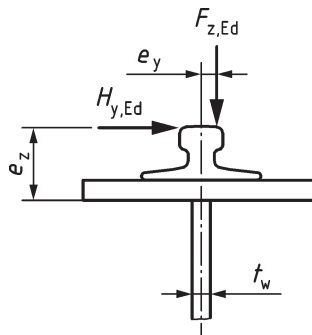


Bild 7.8 — Exzentrizität von Einwirkungen aus Kranbetrieb

(7) Im Fall eines gleichförmigen Stegs darf die lokale Biegespannung von der Oberseite zur Unterseite des Stegs als linear ansteigend angesehen werden.

(8) Für Horizontalschnitte des Stegs, in denen die Stegdicke im Vergleich zur Stegobenseite reduziert ist, dürfen die Spannungen wie in (7) angenommen werden, aber sollten dann um $(t_{w1}/t_{w2})^2$ erhöht werden, wobei t_{w1} die größere Stegdicke an der Stegobenseite und t_{w2} die reduzierte Stegdicke im betrachteten Horizontalschnitt ist.

(9) Bei Kranbahnträgern mit warmgewalztem I-Querschnitt, für die $h_w \leq 800$ mm und $a/h_w \geq 8$ gilt, darf Gleichung (7.2) wie folgt vereinfacht werden:

$$\sigma_{T,Ed} = 2,54 \frac{T_{Ed}}{\sqrt{I_T h_w t_w}} \quad (7.11)$$

(10) Bei Kranbahnträgern mit I-Querschnitt und ohne irgendeine Quersteife darf die Biegespannung $\sigma_{T,Ed}$ wie folgt bestimmt werden:

$$\sigma_{T,Ed} = 5,07 \frac{T_{Ed}}{\sqrt{I_T h_w t_w}} \quad (7.12)$$

ANMERKUNG Im Gegensatz zu Gleichung (7.11) berücksichtigt diese Gleichung das unausgesteifte Ende des Trägers als den kritischen Querschnitt. Quersteifen können beispielsweise erforderlich sein, um Biegedrillknicken oder lokales Stegbeulen zu verhindern.

7.7 Lokale Biegespannungen im Unterflansch infolge Radlasten

7.7.1 Allgemeines

(1) Im Unterflansch eines Kranbahnträgers, der einen Hängekran oder eine Einschienenkatze unterstützt, sollten die folgenden lokalen Biegespannungen berücksichtigt werden, die im Allgemeinen durch die Radlasten am Unterflansch erzeugt werden:

- Längsbiegespannung $\sigma_{ox,Ed}$;
- Querbiegespannung $\sigma_{oy,Ed}$.

ANMERKUNG Die lokalen Spannungen werden in den Nachweisen der Grenzzustände, wie in Tabelle 7.4 (NDP) angegeben, berücksichtigt, sofern im Nationalen Anhang nichts anderes festgelegt ist.

Tabelle 7.4 (NDP) — Empfohlene Berücksichtigung lokaler Spannungen in den Unterflanschen von Kranbahnträgern für Hängekrane und Einschienenkatzen

Grenzzustände	Berücksichtigung lokaler Spannungen infolge der Einleitung von Radlasten	
	Längsbiegespannung $\sigma_{ox,Ed}$	Querbiegespannung $\sigma_{oy,Ed}$
Grenzzustand der Tragfähigkeit (ausgenommen Ermüdung), siehe Abschnitt 8	nein, siehe Anmerkung zur Tabelle	nein, siehe Anmerkung zur Tabelle
Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (Spannungsnachweise), siehe 9.4	ja	ja
Bemessungssituation mit Ermüdung, siehe Abschnitt 11	ja	ja
ANMERKUNG Der Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit von 8.5 basiert auf einer plastischen Bemessung.		

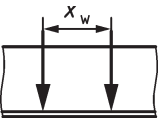
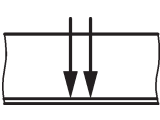
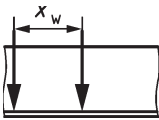
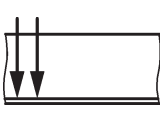
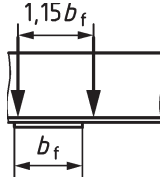
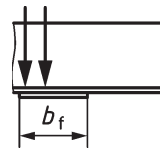
7.7.2 Übersicht über die Berechnungsverfahren

(1) Die Berechnungsverfahren für die Spannungen im Unterflansch sollten die folgenden Aspekte berücksichtigen:

- unverstärkter oder verstärkter Unterflansch;
- Radlasten weit entfernt vom Flanschende oder am Flanschende wirkend;
- weit auseinander liegende oder dicht beieinander liegende Räder.

ANMERKUNG Tabelle 7.5 enthält eine Übersicht über die Berechnungsverfahren von 7.7.

Tabelle 7.5 — Übersicht über die Berechnungsverfahren

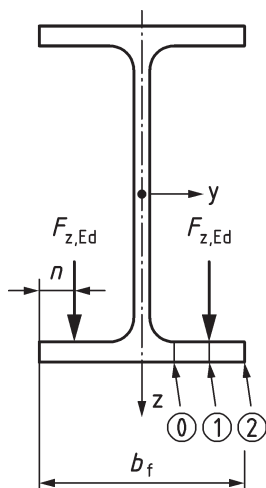
Nicht verstärkter Unterflansch				Verstärkter Unterflansch	
Weit entfernt vom Flansche $x_e \geq b_f$		Flansche $x_e < b_f$		Flansche $x_e < b_f$	
Weit auseinander liegende Räder $x_w \geq 1,15 b_f$	Dicht beieinander liegende Räder $x_w < 1,15 b_f$	Weit auseinander liegende Räder $x_w \geq 1,15 b_f$	Dicht beieinander liegende Räder $x_w < 1,15 b_f$	Weit auseinander liegende Räder $x_w \geq 1,15 b_f$	Dicht beieinander liegende Räder $x_w < 1,15 b_f$
Gleichung (7.12) und Gleichung (7.13)	Gleichung (7.16)	Gleichung (7.15)	Gleichung (7.15), aber angewendet auf eine Radlastsumme	Der Nachweis für die Radlast am Flansche ist bereits durch den Nachweis in Spalte 1 abgedeckt.	Der Nachweis für beide Radlasten am Flansche ist bereits durch den Nachweis in Spalte 2 abgedeckt.
					
1	2	3	4	5	6

7.7.3 Weit auseinander liegende Räder

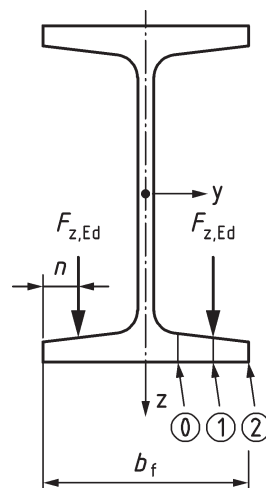
(1) Wenn der Abstand x_w zwischen benachbarten Radlasten nicht weniger als $1,15 b_f$ beträgt, wobei b_f die Flanschbreite des Trägers ist, darf das folgende Verfahren angewendet werden, um die lokalen Biegespannungen im Unterflansch eines Trägers mit I-Querschnitt infolge der Radlasten, die am Unterflansch wirken, zu bestimmen.

(2) Die Biegespannungen infolge Radlasten an Stellen, die mehr als b_f vom Trägerende entfernt liegen, wobei b_f die Flanschbreite ist, sollten an den drei in Bild 7.9 angegebenen Stellen bestimmt werden:

- Stelle ①: am Übergang vom Steg zum Flansch;
- Stelle ②: in der Wirkungslinie der Radlast;
- Stelle ③: an der äußeren Flanschseite.



a) Träger mit parallelen Flanschen



b) Träger mit geneigten Flanschen

Bild 7.9 — Stellen zur Bestimmung der Spannungen infolge Radlasten

(3) Die lokale Längsbiegespannung $\sigma_{ox,Ed}$ und Querbiegespannung $\sigma_{oy,Ed}$ im Unterflansch infolge einer Radlast, die weiter als b_f vom Trägerende entfernt aufgebracht wird, sollten wie folgt ermittelt werden:

$$\sigma_{ox,Ed} = c_{xi} F_{z,Ed} / t_{f,1}^2 \quad (7.13)$$

$$\sigma_{oy,Ed} = c_{yi} F_{z,Ed} / t_{f,1}^2 \quad (7.14)$$

Dabei ist

$F_{z,Ed}$ die Radlast;

$t_{f,1}$ die Dicke des Flansches in der Wirkungslinie der Radlast.

(4) Im Allgemeinen dürfen die Beiwerte c_{xi} und c_{yi} zur Bestimmung der Längs- und Querbiegespannungen an den drei in Bild 7.9 dargestellten Stellen ①, ② und ③ mithilfe von Tabelle 7.6 bestimmt werden unter Berücksichtigung, ob der Träger über parallele oder geneigte Flansche verfügt, und des Verhältnswerts μ , der sich wie folgt ergibt:

$$\mu = 2n / (b_f - t_w) \quad (7.15)$$

Dabei ist

n der Abstand der Wirkungslinie der Radlast zur äußeren Flanschseite;

t_w die Dicke des Stegs.

Tabelle 7.6 — Beiwerte c_{xi} und c_{yi} für die Berechnung der Spannungen an den Stellen $i = 0, 1$ und 2

Spannung	Parallele Flansche	Geneigte Träger (siehe Anmerkung)
Längsbiege- spannung $\sigma_{ox,Ed}$	$c_{x0} = 0,050 - 0,580 \mu + 0,148e^{3,015\mu}$	$c_{x0} = -0,981 - 1,479 \mu + 1,120e^{1,322\mu}$
	$c_{x1} = 2,230 - 1,490 \mu + 1,390e^{-18,33\mu}$	$c_{x1} = 1,810 - 1,150 \mu + 1,060e^{-7,700\mu}$
	$c_{x2} = 0,730 - 1,580 \mu + 2,910e^{-6,000\mu}$	$c_{x2} = 1,990 - 2,810 \mu + 0,840e^{-4,690\mu}$
Querbiege- spannung $\sigma_{oy,Ed}$	$c_{y0} = -2,110 + 1,977 \mu + 0,0076e^{6,530\mu}$	$c_{y0} = -1,096 + 1,095 \mu + 0,192e^{-6,000\mu}$
	$c_{y1} = 10,108 - 7,408 \mu - 10,108e^{-1,364\mu}$	$c_{y1} = 3,965 - 4,835 \mu - 3,965e^{-2,675\mu}$
	$c_{y2} = 0$	$c_{y2} = 0$
Vorzeichenkonvention: c_{xi} und c_{yi} sind positiv bei Zugspannungen an der Flanschunterseite.		
ANMERKUNG Die Beiwerte für geneigte Flanschträger gelten für eine Neigung von 14 % oder 8°. Für Träger mit größerer Flanschneigung liegen sie auf der sicheren Seite. Für Träger mit geringerer Neigung ist eine konservative Annahme, die Beiwerte für Träger mit parallelen Flanschen zu verwenden. Als Alternative darf linear interpoliert werden.		

(5) Wenn keine genaueren Informationen vorliegen, sollte die lokale Biegespannung $\sigma_{oy,end,Ed}$ infolge Radlasteinleitung in einem unausgesteiften Unterflansch an einem rechtwinkligen Trägerende wie folgt ermittelt werden:

$$\sigma_{oy,end,Ed} = (5,6 - 3,225 \mu - 2,8 \mu^3) F_{z,Ed} / t_{f,m}^2 \quad (7.16)$$

Dabei ist

$t_{f,m}$ die mittlere Dicke des Flansches.

(6) Alternativ darf angenommen werden, dass die lokale Biegespannung $\sigma_{oy,end,Ed}$ die Werte von $\sigma_{ox,Ed}$ und $\sigma_{oy,Ed}$ von Absatz (3) nicht überschreitet, wenn der Unterflansch am Trägerende durch ein aufgeschweißtes Blech ähnlicher Dicke verstärkt ist, das über die Breite b_f des Flansches und in Trägerlängsrichtung mindestens über eine Länge b_f hinausreicht, siehe Bild 7.10.

ANMERKUNG Im Fall verstärkter Flanschenden sind die Spannungen im Unterflansch in großer Entfernung zu diesen Enden ausschlaggebend.

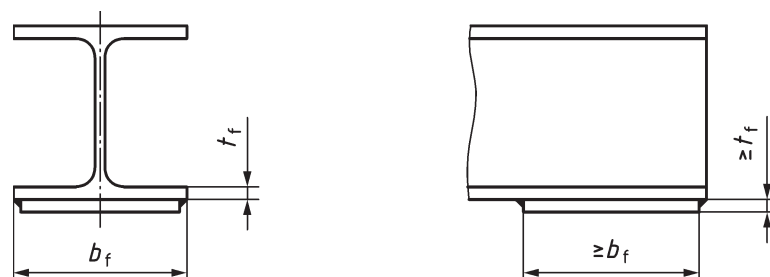


Bild 7.10 — Mögliche Verstärkung des Unterflansches am Trägerende

7.7.4 Dicht beieinander liegende Räder

(1) Wenn der Abstand x_w zwischen zwei benachbarten Radlasten kleiner als $1,15b_f$ ist, wobei b_f die Flanschbreite des Trägers ist, darf ein konservativer Ansatz angewendet werden, bei dem die Spannungen, die für jede Radlast separat nach 7.7.3 berechnet wurden, überlagert werden, sofern das in (2) beschriebene Verfahren zur Bestimmung der lokalen Spannungen befolgt wird.

(2) Wenn der Radabstand in Längsrichtung x_w weniger als $1,15 b_f$ beträgt, dürfen die lokalen Biegespannungen infolge der kombinierten Wirkung zweier Radlasten wie folgt abgeschätzt werden:

$$\sigma_{02,i} = c_1 c_2 \sigma_{01,i} \quad \text{aber} \quad \sigma_{02,i} \geq \sigma_{01,i} \quad (7.17)$$

mit

$$c_2 = 2 - 1,1 (x_w/b_f) + 0,2 (x_w/b_f)^2 \quad \text{aber} \quad c_2 \geq 1,0$$

$$\text{wenn } x_w < 0,75 b_f: \quad c_1 = 1 - 0,2 (x_w/b_f) \mu$$

$$\text{wenn } x_w \geq 0,75 b_f: \quad c_1 = 1 - 0,15 \mu$$

Dabei ist

μ in 7.7.3(4) definiert;

$\sigma_{01,i}$ die lokale Biegespannung $\sigma_{ox,Ed}$ oder $\sigma_{oy,Ed}$ infolge einer Radlast;

$\sigma_{02,i}$ die lokale Biegespannung $\sigma_{ox,Ed}$ oder $\sigma_{oy,Ed}$ infolge zweier Radlasten.

(3) Sofern keine genaueren Informationen vorliegen, sollte die lokale Biegespannung $\sigma_{oy,end,Ed}$ in einem unausgesteiften Unterflansch infolge der Einleitung zweier dicht beieinander liegender gleicher Radlasten an einem rechtwinkligen Trägerende mit Gleichung (7.16) ermittelt werden, wenn $F_{z,Ed}$ durch die Summe der Radlasten ersetzt wird.

7.8 Lokale Spannungen in Schienenschweißnähten infolge Radlasten

7.8.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit (ausgenommen Ermüdung)

(1) Die folgenden lokalen Spannungen sollten für den Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit entsprechend dem richtungsbezogenen Verfahren von EN 1993-1-8 berücksichtigt werden.

(2) Wenn Nahtversagen in den Schienenschweißnähten in der Bemessungssituation mit Ermüdung unter Berücksichtigung der in 7.8.2 definierten lokalen Spannungen nachgewiesen wird, darf ein zusätzlicher Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit unterbleiben.

(3) Die lokalen Spannungen, die in durchgehenden Schienenschweißnähten (Doppelkehlnaht) durch eine Radlast $F_{z,Ed}$ auf der Schiene erzeugt werden, siehe Bild 7.11, sollten unter Vernachlässigung des Kontakts zwischen Schiene und Flansch berechnet und dürfen wie folgt bestimmt werden:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{F_{z,Ed}}{2\sqrt{2}a\ell_{eff,r}} \quad (7.18)$$

Dabei ist

- a die Nahtdicke der einzelnen Kehlnaht;
- $\ell_{\text{eff},r}$ die im Grenzzustand der Tragfähigkeit anzusetzende effektive Lastausbreitungslänge an der Schienenunterseite.

ANMERKUNG Die Radlastexzentrizität wird in der Regel in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit nicht berücksichtigt (ausgenommen bei der Bemessung gegen Ermüdung).

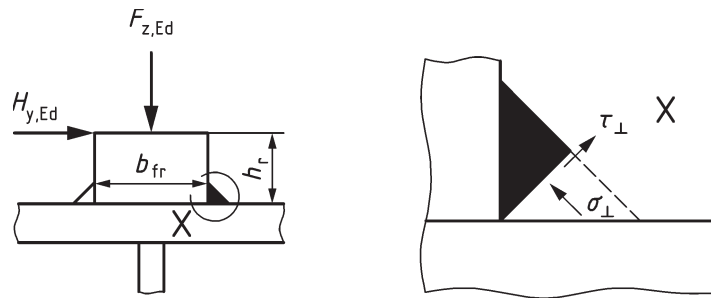


Figure 7.11 — Lokale Spannungen von Schienenschweißnähten für das richtungsbezogene Verfahren von EN 1993-1-8

(4) Die lokalen Spannungen, die in durchgehenden Schienenschweißnähten (Doppelkehlnaht) durch eine seitliche Horizontalkraft $H_{y,Ed}$ erzeugt werden, die an der Schienenoberseite wirkt, siehe Bild 7.11, dürfen wie folgt bestimmt werden:

$$\sigma_{\perp} = \frac{H_{y,Ed}}{2\sqrt{2}a\ell_{\text{eff},r}} + \frac{H_{y,Ed}h_r}{\sqrt{2}a\ell_{\text{eff},r}(b_{fr} + a)} \quad (7.19)$$

$$\tau_{\perp} = -\frac{H_{y,Ed}}{2\sqrt{2}a\ell_{\text{eff},r}} + \frac{H_{y,Ed}h_r}{\sqrt{2}a\ell_{\text{eff},r}(b_{fr} + a)} \quad (7.20)$$

ANMERKUNG Die mit „A“ gekennzeichnete Schweißnaht ist in Bild 7.11 von Bedeutung.

Dabei ist

- a die Nahtdicke der einzelnen Kehlnaht;
- h_r die Nennhöhe der Schiene;
- b_{fr} die Breite der Schiene;
- $\ell_{\text{eff},r}$ die im Grenzzustand der Tragfähigkeit anzusetzende effektive Lastausbreitungslänge, siehe Gleichung (7.18).

ANMERKUNG Die effektive Lastausbreitungslänge im ersten Term von Gleichung (7.19) und Gleichung (7.20) liegt auf der sicheren Seite.

(5) Die effektive Lastausbreitungslänge $\ell_{\text{eff},r}$ darf wie folgt bestimmt werden:

$$\ell_{\text{eff},r} = 2h_r + \Delta\ell \quad (7.21)$$

Dabei ist

- h_r die Nennhöhe der Schiene;
- $\Delta \ell$ gleich 20 mm; für $5 \leq t_w \leq 10$ mm;
- gleich 10 mm; für $10 < t_w \leq 15$ mm;
- gleich 0 mm; für $15 < t_w \leq 20$ mm.

ANMERKUNG Gleichung (7.21) berücksichtigt indirekt 25 % Kranschienenverschleiß.

(6) Wenn besondere Vorkehrungen bei Herstellung und Kontrolle getroffen werden, um den Kontakt zwischen Schiene und Oberflansch sicherzustellen, dürfen die lokalen Spannungen in unterbrochenen Schienenschweißnähten infolge von Radlasten $F_{z,Ed}$ auf der Schiene für die Schienenkonfigurationen in Bild 7.12 vernachlässigt werden.

ANMERKUNG Besondere Vorkehrungen bei Herstellung und Kontrolle umfassen die Überprüfung des Kontakts zwischen Schiene und Oberflansch nach der Fertigung.

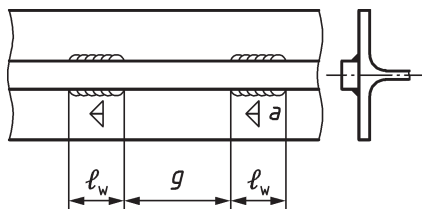
(7) Die lokalen Spannungen, die in unterbrochenen Schienenschweißnähten durch eine Horizontalkraft $H_{y,Ed}$ erzeugt werden, die an der Schienenoberseite wirkt, siehe Bild 7.11, dürfen wie folgt bestimmt werden:

$$\sigma_{\perp} = \frac{H_{y,Ed}}{2\sqrt{2}n_w a \ell_w} \cdot \left(1 + \frac{2h_r}{b_{fr} + a}\right) \quad (7.22)$$

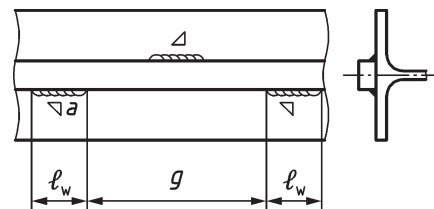
$$\tau_{\perp} = -\frac{H_{y,Ed}}{2\sqrt{2}n_w a \ell_w} \left(1 - \frac{2h_r}{b_{fr} + a}\right) \quad (7.23)$$

Dabei ist

- a die Nahtdicke der einzelnen Kehlnaht;
- ℓ_w die Schweißnahtlänge, allerdings nicht kürzer als $\ell_{eff,r}$ nach Gleichung (7.21);
- n_w die Anzahl der Schweißnähte (1 für versetzt angeordnete, 2 für parallel angeordnete unterbrochene Schienenschweißnähte).



a) Parallel angeordnete, unterbrochene Schienenschweißnähte mit
 $50 \leq \ell_w \leq 100$ mm
 $3 \leq g/\ell_w \leq 5$
 $a \geq 4$ mm



b) Versetzt angeordnete, unterbrochene Schienenschweißnähte mit
 $100 \leq \ell_w \leq 200$ mm
 $2 \leq g/\ell_w \leq 4$
 $a \geq 5$ mm

Bild 7.12 — Konfigurationen unterbrochener Schienenschweißnähte, für die 7.8.1(6) gilt

7.8.2 Bemessungssituation mit Ermüdung

(1) Die folgenden lokalen Spannungen sollten für den Nachweis in der Bemessungssituation mit Ermüdung nach dem Nennspannungskonzept nach EN 1993-1-9 berücksichtigt werden:

- lokale vertikale Druckspannung $\sigma_{oz,Ed}$, 7.8.2(2);
- lokale Schubspannung $\tau_{oxz,Ed}$, 7.8.2(5).

(2) Die lokale vertikale Druckspannung $\sigma_{oz,Ed}$, die in durchgehenden Schienenschweißnähten (Doppelkehlnaht) durch eine Radlast $F_{z,Ed}$ auf der Schiene erzeugt wird, darf wie folgt bestimmt werden:

$$\sigma_{oz,Ed} = \frac{F_{z,Ed}}{2a\ell_{eff,fat}} \quad (7.24)$$

Dabei ist

a die Nahtdicke der Schweißnaht;

$\ell_{eff,fat}$ die in der Bemessungssituation mit Ermüdung anzusetzende effektive Lastausbreitungslänge.

(3) Die effektive Lastausbreitungslänge $\ell_{eff,fat}$, über die die lokale vertikale Druckspannung $\sigma_{oz,Ed}$ infolge einer einzelnen Radlast gleichmäßig verteilt angenommen wird, darf unter Verwendung von Tabelle 7.7 und Tabelle 7.8 für gebräuchliche warmgewalzte I-Querschnitte ermittelt werden.

ANMERKUNG Für andere Querschnitte können die effektiven Lastausbreitungslängen $\ell_{eff,fat}$ nach „Euler, M.; Kuhlmann, U.: Aufgeschweißte Flach- und Vierkantschienen von Kranbahnträgern. Ermüdungsnachweis für Schweißnähte zur Schienenbefestigung“ bestimmt werden.

(4) Bei der Bestimmung der effektiven Lastausbreitungslänge $\ell_{eff,fat}$ sollte der Verschleiß der Kranschienen nach 7.4.2.1(4) berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Tabelle 7.7 und Tabelle 7.8 berücksichtigen eine Abminderung der Nenndicke t_r um 12,5 % infolge von Verschleiß, die für die Bemessungssituation mit Ermüdung nach 7.4.2.1(4) maßgebend ist.

Tabelle 7.7 — Effektive Lastausbreitungslänge $\ell_{\text{eff,fat}}$ von durchgehenden Schienenschweißnähten für warmgewalzte I-Querschnitte der Reihe HEB

Profil	Breite/Höhe von Schienen mit Rechteckprofil, in mm							
	50/30	50/40	50/50	60/30	60/40	60/50	60/60	70/50
HEB 200	67	89	113	70	94	120	146	126
HEB 220	66	88	111	69	93	118	143	124
HEB 240	64	86	108	68	90	114	139	120
HEB 260	63	84	106	67	89	112	136	118
HEB 280	63	84	105	66	88	111	135	117
HEB 300	62	82	103	65	86	108	131	114
HEB 320	62	81	101	65	85	107	129	112
HEB 340	61	80	100	64	85	106	128	111
HEB 360	61	80	99	64	84	105	126	110
HEB 400	60	79	98	63	83	103	124	108
HEB 450	60	78	97	63	82	102	123	107
HEB 500	60	78	96	63	81	101	121	105
HEB 550	60	77	95	62	81	100	120	105
HEB 600	59	77	95	62	81	100	119	104
HEB 650	59	77	94	62	80	99	118	103
HEB 700	59	76	94	62	80	98	117	102
HEB 800	59	76	93	61	79	97	116	101
HEB 900	59	75	92	61	79	96	115	100
HEB 1000	58	75	92	61	78	96	114	100

Tabelle 7.8 — Effektive Lastausbreitungslänge $\ell_{\text{eff,fat}}$ von durchgehenden Schienenschweißnähten für warmgewalzte I-Querschnitte der Reihe HEA

Profil	Breite/Höhe von Schienen mit Rechteckprofil, in mm							
	50/30	50/40	50/50	60/30	60/40	60/50	60/60	70/50
HEA 200	72	98	126	76	105	134	164	141
HEA 220	71	96	123	75	102	130	160	137
HEA 240	68	92	118	72	98	125	153	132
HEA 260	67	90	115	71	96	122	150	129
HEA 280	66	89	113	70	94	120	147	127
HEA 300	65	86	110	68	91	116	142	122
HEA 320	64	85	108	67	90	114	139	120
HEA 340	63	84	106	67	89	112	137	118
HEA 360	63	83	105	66	88	111	135	116
HEA 400	62	82	103	65	86	108	131	114
HEA 450	61	81	101	65	85	107	129	112
HEA 500	61	80	100	64	84	105	127	110
HEA 550	61	79	99	64	83	104	126	109
HEA 600	60	79	98	63	83	103	124	108
HEA 650	60	78	97	63	82	102	123	107
HEA 700	60	78	96	63	82	101	122	106
HEA 800	59	77	95	62	80	99	119	104
HEA 900	59	76	94	62	80	99	118	103
HEA 1000	59	76	94	62	80	98	117	102

(5) Der Höchstwert der lokalen Schubspannung $\tau_{\text{oxz,Ed}}$ infolge einer Radlast, die zn jeder Seite der Radlastposition wirkt, darf mit 20 % der maximalen lokalen vertikalen Druckspannung $\sigma_{\text{oz,Ed}}$ angenommen werden.

(6) Die lokale Schubspannung $\tau_{\text{oxz,Ed}}$ sollte zusätzlich zur globalen Schubspannung in den Schienenschweißnähten infolge derselben Radlast berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Vergleiche die Überlagerung der globalen und lokalen Schubspannungen in Bild 7.6.

(7) Die lokale vertikale Druckspannung $\sigma_{\text{oz,Ed}}$ durch eine Radlast $F_{\text{z,Ed}}$, die nach Bild 7.12a mit $l_{\text{w}} = 50$ mm in parallel angeordneten unterbrochenen Schienenschweißnähten (Doppelkehlnähten) hervorgerufen wird, darf mit Gleichung (7.25) bestimmt werden.

$$\sigma_{\text{oz,Ed}} = \frac{F_{\text{z,Ed}}}{2a(b_{\text{fr}} + h_{\text{r}})} \quad (7.25)$$

Dabei ist

b_{fr} die Breite der Schiene;

h_r die Nennhöhe der Schiene.

8 Grenzzustände der Tragfähigkeit

8.1 Berücksichtigung der lokalen Auswirkungen von Einwirkungen aus Kranbetrieb

(1) Für die lokalen Spannungen in Stegen, sowie in den Verbindungen wie der Flansch-Steg-Verbindung, von Kranbahnträgern für Laufkrane, die berücksichtigt werden sollten, siehe Tabelle 7.2 (NDP) in 7.6.1.

(2) Für die lokalen Spannungen in Unterflanschen, sowie in den Verbindungen wie der Flansch-Steg-Verbindung, von Kranbahnträgern für Hängekrane oder Einschienenkatzen, die berücksichtigt werden sollten, siehe Tabelle 7.4 (NDP) in 7.7.1.

8.2 Biegedrillknicken

8.2.1 Allgemeines

(1) Beim Nachweis gegen Biegedrillknicken eines Kranbahnträgers sollten die Torsionsmomente infolge der maßgebenden Exzentrizitäten der vertikalen Einwirkungen und seitlichen Horizontallasten mit Bezug auf den Schubmittelpunkt berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Die maßgebenden Exzentrizitäten sind in 7.1.2 und 7.3(2) aufgeführt.

(2) Die folgenden Kranbahnträger sollten als einfach-symmetrische, geschweißte Querschnitte hinsichtlich Biegedrillknicken nach EN 1993-1-1 behandelt werden:

- einfach-symmetrischer, warmgewalzter Kranbahnträger mit einer am Oberflansch angeschweißten Schiene;
- einfach-symmetrischer, warmgewalzter Kranbahnträger mit Winkelprofilen am Oberflansch;
- einfach-symmetrischer, geschweißter Kranbahnträger mit Stegdickensprung.

8.2.2 Wirksamer Einleitungsort der Radlasten beim Biegedrillknickenachweis

(1) Im Fall von Radlasten durch eine Einschienenkatze oder einen Hängekran darf die stabilisierende Wirkung der Lasteinleitung am Unterflansch berücksichtigt werden.

(2) Liegen keine genaueren Berechnungen vor, sollte der Lasteinleitungspunkt der vertikalen Radlast nicht unterhalb der Oberseite des Unterflansches angenommen werden.

8.2.3 Nachweisverfahren

(1) Für den Bauteilnachweis dürfen die Verfahren in EN 1993-1-1:2022, 8.3, angewendet werden.

(2) Die Biegedrillknickenbeanspruchbarkeit eines gabelgelagerten Einfeldträgers mit einfach-symmetrischem oder doppelt-symmetrischem I- und H-Querschnitt darf durch Überprüfung des isolierten Druckflansches mit der folgenden Vereinfachung von EN 1993-1-1:2022, Gleichung (8.89), nachgewiesen werden:

$$\frac{N_{cf,Ed}}{\chi_{c,z} A_{cf} f_y / \gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{W_{z,cf} f_y / \gamma_{M1}} \leq 1 \quad (8.1)$$

mit

$$N_{cf,Ed} = N_{Ed} \frac{A_{cf}}{A_{cf} + A_{tf}} + M_{y,Ed} \frac{A_{cf}}{S_{y,cf} + S_{y,tf}} \quad (\text{einfach-symmetrischer I-Querschnitt})$$

$$N_{cf,Ed} = \frac{N_{Ed}}{2} + \frac{M_{y,Ed}}{h_f} \quad (\text{doppelt-symmetrischer I- oder H-Querschnitt})$$

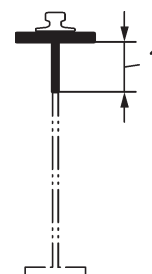
Dabei ist

- $N_{cf,Ed}$ die auf den Druckflansch wirkende Normalkraft;
- A_{cf} die Querschnittsfläche des Druckflansches, siehe Bild 8.1a);
- A_{tf} die Querschnittsfläche des Zugflansches;
- $S_{y,cf}$ das Flächenmoment ersten Grades des Druckflansches in Bezug auf den Schwerpunkt des vollen Querschnitts;
- $S_{y,tf}$ das Flächenmoment ersten Grades des Zugflansches in Bezug auf den Schwerpunkt des vollen Querschnitts;
- h_f der Abstand der Flanschschwerpunkte;
- $W_{z,cf}$ das Widerstandsmoment des Druckflansches um die schwache Achse des vollen Querschnitts;
 $W_{z,cf} = W_{pl,z}$ für Klasse 1 und Klasse 2;
 $W_{z,cf} = W_{el,z}$ für Klasse 3;
- $\chi_{c,z}$ der Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung von Biegeknicken, siehe (3);
- k_{zz} der Interaktionsbeiwert, siehe (4).

ANMERKUNG Das Biegemoment $M_{z,Ed}$ um die schwache Achse wird nach Gleichung (8.1) ausschließlich dem Flansch zugewiesen, um die Wirkung des Torsionsmoments zu berücksichtigen, das durch die Horizontalkräfte verursacht wird, die an der Schienenoberkante mit einer Exzentrizität zum Schwerpunkt des Kranbahnträgerquerschnitts wirken.



a) Druckflansch innerhalb des vollen Querschnitts



b) Äquivalenter Druckflansch nach EN 1993-1-1:2022, Gleichung (8.89)

Legende

- 1 Steganteil in Abhängigkeit vom Lasteinleitungspunkt

Bild 8.1 — Ansetzbarer Druckflansch

(3) Der Abminderungsfaktor für zur Berücksichtigung von Biegeknicken $\chi_{c,z}$ in Gleichung (8.1) sollte für den äquivalenten Druckflansch nach EN 1993-1-1:2022, 8.3.2.4, berechnet werden, siehe Bild 8.1b. Für die Bestimmung des Abminderungsfaktors sollten β_c und k_c mit 1 für $n_z > 0,3$ angesetzt werden.

ANMERKUNG Das Verhältnis n_z wird für den vollen Querschnitt berechnet. Dabei ist es konservativ, β_c und k_c mit 1 anzusetzen.

(4) Der Interaktionsbeiwert k_{zz} in Gleichung (8.1) sollte nach EN 1993-1-1:2022, Tabelle 8.8, berechnet werden und darf mit 1 angesetzt werden.

8.3 Beanspruchbarkeit der Stege gegenüber Radlasten

8.3.1 Allgemeines

(1) Für den Steg eines Kranbahnträgers, der den Radlasten eines Laufkrans ausgesetzt ist, sollte ein Nachweis für die Beanspruchbarkeit gegenüber Querlasten geführt werden.

ANMERKUNG Abschnitt 7.5.1 legt die globalen Beanspruchungen und Tabelle 7.2 die lokalen Beanspruchungen infolge der Radlast fest, die bei diesem Nachweis zu berücksichtigen sind.

(2) Die Beanspruchbarkeit des Stegs eines gewalzten oder geschweißten Querschnitts gegenüber Querlasten, die über einen Flansch aufgebracht werden, sollte mithilfe von FprEN 1993-1-5:2023, Abschnitt 8, bestimmt werden.

(3) Die Interaktion der Querlasten mit Momenten und Normalkraft sollte nach FprEN 1993-1-5:2023, 9.2, nachgewiesen werden.

8.3.2 Länge der starren Lasteinleitung

(1) Die Länge der starren Lasteinleitung s_s an der Oberseite des Oberflansches infolge einer Radlast, die über eine Schiene aufgebracht wird, und die in FprEN 1993-1-5:2023, 8.5, zu verwenden ist, darf wie folgt ermittelt werden:

$$s_s = \ell_{\text{eff}} - 2 t_f \quad (8.2)$$

Dabei ist

ℓ_{eff} die wirksame Lastausbreitungslänge an der Unterseite des Oberflansches nach Tabelle 7.3;

t_f die Dicke des Oberflansches.

8.4 Plattenbeulen

(1) Bei Plattenbeulen in einem geschweißten Querschnitt sollten die Regeln von EN 1993-1-5 angewendet werden.

(2) Für Steifen in ausgesteiften Platten, die auf Druck beansprucht werden, und die zusätzliche Biegemomente infolge von Lasten quer zur Ebene der ausgesteiften Platte erfahren, darf die Stabilität nach EN 1993-1-1:2022, 8.3.3, nachgewiesen werden.

8.5 Beanspruchbarkeit von Unterflanschen gegenüber Radlasten

(1) Der Unterflansch eines Kranbahnträgers, der einem Paar gleicher Radlasten $F_{z,Ed}$ durch einen Hängekran oder eine Einschienenkatze ausgesetzt ist, sollte wie folgt nachgewiesen werden: