

**DIN EN 1993-1-9**

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatzvermerk  
siehe unten

**Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –  
Teil 1-9: Ermüdung;  
Deutsche Fassung EN 1993-1-9:2005 + AC:2009**

Eurocode 3: Design of steel structures –  
Part 1-9: Fatigue;  
German version EN 1993-1-9:2005 + AC:2009

Eurocode 3: Calcul des structures en acier –  
Partie 1-9: Fatigue;  
Version allemande EN 1993-1-9:2005 + AC:2009

**Ersatzvermerk**

Ersatz für DIN EN 1993-1-9:2005-07;  
mit DIN EN 1993-1-1:2010-12, DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-3:2010-12,  
DIN EN 1993-1-3/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-5:2010-12, DIN EN 1993-1-5/NA:2010-12,  
DIN EN 1993-1-8:2010-12, DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-9/NA:2010-12,  
DIN EN 1993-1-10:2010-12, DIN EN 1993-1-10/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-11:2010-12 und  
DIN EN 1993-1-11/NA:2010-12 Ersatz für DIN 18800-1:2008-11;  
Ersatz für DIN EN 1993-1-9 Berichtigung 1:2009-12

Gesamtumfang 43 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

## DIN EN 1993-1-9:2010-12

### Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1993-1-9:2005 + AC:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Die Arbeiten auf nationaler Ebene wurden durch die Experten des NABau-Spiegelausschusses NA 005-08-16 AA „Tragwerksbemessung (Sp CEN/TC 250/SC 3)“ begleitet.

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 16. April 2005 angenommen.

Die Norm ist Bestandteil einer Reihe von Einwirkungs- und Bemessungsnormen, deren Anwendung nur im Paket sinnvoll ist. Dieser Tatsache wird durch das Leitpapier L der Kommission der Europäischen Gemeinschaft für die Anwendung der Eurocodes Rechnung getragen, indem Übergangsfristen für die verbindliche Umsetzung der Eurocodes in den Mitgliedstaaten vorgesehen sind. Die Übergangsfristen sind im Vorwort dieser Norm angegeben.

Die Anwendung dieser Norm gilt in Deutschland in Verbindung mit dem Nationalen Anhang.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN [und/oder die DKE] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Der Beginn und das Ende des hinzugefügten oder geänderten Textes wird im Text durch die Textmarkierungen **AC** **AC** angezeigt.

### Änderungen

Gegenüber DIN V ENV 1993-1-1:1993-04, DIN V ENV 1993-1-1/A1:2002-05 und DIN V ENV 1993-1-1/A2:2002-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Vornorm-Charakter wurde aufgehoben;
- b) in Teil 1-1, Teil 1-8, Teil 1-9 und Teil 1-10 aufgeteilt;
- c) die Stellungnahmen der nationalen Normungsinstitute wurden eingearbeitet und der Text vollständig überarbeitet und in einen eigenständigen Normteil überführt.

Gegenüber DIN EN 1993-1-9:2005-07, DIN EN 1993-1-9 Berichtigung 1:2009-12 und DIN 18800-1:2008-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) auf europäisches Bemessungskonzept umgestellt;
- b) Ersatzvermerke korrigiert;
- c) Vorgänger-Norm mit der Berichtigung 1 konsolidiert;
- d) redaktionelle Änderungen durchgeführt.

**Frühere Ausgaben**

DIN 1050: 1934-08, 1937xxxx-07, 1946-10, 1957x-12, 1968-06

DIN 1073: 1928-04, 1931-09, 1941-01, 1974-07

DIN 1073 Beiblatt: 1974-07

DIN 1079: 1938-01, 1938-11, 1970-09

DIN 4100: 1931-05, 1933-07, 1934xxxx-08, 1956-12, 1968-12

DIN 4101: 1937xxx-07, 1974-07

DIN 18800-1: 1981-03, 1990-11, 2008-11

DIN 18800-1/A1: 1996-02

DIN V ENV 1993-1-1: 1993-04

DIN V ENV 1993-1-1/A1: 2002-05

DIN V ENV 1993-1-1/A2: 2002-05

DIN EN 1993-1-9: 2005-07

DIN EN 1993-1-9 Berichtigung 1: 2009-12

**DIN EN 1993-1-9:2010-12**

— Leerseite —

EUROPÄISCHE NORM  
EUROPEAN STANDARD  
NORME EUROPÉENNE

**EN 1993-1-9**

Mai 2005

**+AC**

April 2009

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatz für ENV 1993-1-1:1992

**Deutsche Fassung**

**Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten —  
Teil 1-9: Ermüdung**

Eurocode 3: Design of steel structures —  
Part 1-9: Fatigue

Eurocode 3: Calcul des structures en acier —  
Partie 1-9: Fatigue

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 23. April 2004 angenommen.

Die Berichtigung tritt am 1. April 2009 in Kraft und wurde in EN 1993-1-9:2005 eingearbeitet.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG  
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

**Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel**

**DIN EN 1993-1-9:2010-12**  
**EN 1993-1-9:2005 + AC:2009 (D)**

## Inhalt

Seite

<b>Vorwort .....</b>	<b>3</b>
<b>Hintergrund des Eurocode-Programms .....</b>	<b>3</b>
<b>Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes .....</b>	<b>4</b>
<b>Nationale Fassungen der Eurocodes .....</b>	<b>5</b>
<b>Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (EN und ETAG) .....</b>	<b>5</b>
<b>Nationaler Anhang zu EN 1993-1-9 .....</b>	<b>5</b>
<b>1 Allgemeines .....</b>	<b>6</b>
1.1 Anwendungsbereich .....	6
1.2 Normative Verweisungen .....	6
1.3 Begriffe .....	7
1.3.1 Allgemeines .....	7
1.3.2 Parameter für die Ermüdungsbelastung .....	7
1.3.3 Ermüdungsfestigkeit .....	9
1.4 Formelzeichen .....	9
<b>2 Grundlegende Anforderungen und Verfahren .....</b>	<b>10</b>
<b>3 Bemessungskonzepte .....</b>	<b>11</b>
<b>4 Ermüdungsbeanspruchungen .....</b>	<b>12</b>
<b>5 Berechnung der Spannungen .....</b>	<b>13</b>
<b>6 Berechnung der Spannungsschwingbreiten .....</b>	<b>14</b>
6.1 Allgemeines .....	14
6.2 Bemessungswert der Spannungsschwingbreite der Nennspannungen .....	15
6.3 Bemessungswert der Spannungsschwingbreite korrigierter Nennspannungen .....	15
6.4 Bemessungswert der Spannungsschwingbreite für geschweißte Hohlprofilknoten .....	15
6.5 Bemessungswert der Spannungsschwingbreite der Strukturspannungen (Kerbspannungen) .....	16
<b>7 Ermüdungsfestigkeit .....</b>	<b>17</b>
7.1 Allgemeines .....	17
7.2 Modifizierung der Ermüdungsfestigkeit .....	20
7.2.1 Nicht geschweißte oder spannungsarm geglühte geschweißte Konstruktionen unter Druckbeanspruchung .....	20
7.2.2 Größenabhängigkeit .....	21
<b>8 Ermüdungsnachweis .....</b>	<b>21</b>
<b>Anhang A (normativ) Bestimmung von ermüdungsrelevanten Lastkenngrößen und Nachweisformate .....</b>	<b>36</b>
A.1 Bestimmung von Belastungszyklen .....	36
A.2 Spannungszeitverlauf am Kerbdetail .....	36
A.3 Zählverfahren .....	36
A.4 Spektrum der Spannungsschwingbreiten .....	36
A.5 Anzahl der Spannungsschwingspiele bis zum Versagen .....	37
A.6 Nachweisformate .....	37
<b>Anhang B (normativ) Ermüdungsfestigkeit bei Verwendung von Strukturspannungen (Kerbspannungen) .....</b>	<b>39</b>

## Vorwort

Dieses Dokument (EN 1993-1-9:2005 + AC:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird. CEN/TC 250 ist verantwortlich für alle Eurocode-Teile.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis November 2005, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2010 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument ersetzt ENV 1993-1-1.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

## Hintergrund des Eurocode-Programms

1975 beschloss die Kommission der Europäischen Gemeinschaften, für das Bauwesen ein Programm auf der Grundlage des Artikels 95 der Römischen Verträge durchzuführen. Das Ziel des Programms war die Beseitigung technischer Handelshemmnisse und die Harmonisierung technischer Normen.

Im Rahmen dieses Programms leitete die Kommission die Bearbeitung von harmonisierten technischen Regelwerken für die Tragwerksplanung von Bauwerken ein, die im ersten Schritt als Alternative zu den in den Mitgliedsländern geltenden Regeln dienen und sie schließlich ersetzen sollten.

15 Jahre lang leitete die Kommission mit Hilfe eines Steuerkomitees mit Repräsentanten der Mitgliedsländer die Entwicklung des Eurocode-Programms, das zu der ersten Eurocode-Generation in den 80'er Jahren führte.

Im Jahre 1989 entschieden sich die Kommission und die Mitgliedsländer der Europäischen Union und der EFTA, die Entwicklung und Veröffentlichung der Eurocodes über eine Reihe von Mandaten an CEN zu übertragen, damit diese den Status von Europäischen Normen (EN) erhielten. Grundlage war eine Vereinbarung<sup>1)</sup> zwischen der Kommission und CEN. Dieser Schritt verknüpft die Eurocodes de facto mit den Regelungen der Ratsrichtlinien und Kommissionsentscheidungen, die die Europäischen Normen behandeln (z. B. die Ratsrichtlinie 89/106/EWG zu Bauprodukten, die Bauproduktenrichtlinie, die Ratsrichtlinien 93/37/EWG, 92/50/EWG und 89/440/EWG zur Vergabe öffentlicher Aufträge und Dienstleistungen und die entsprechenden EFTA-Richtlinien, die zur Einrichtung des Binnenmarktes eingeleitet wurden).

Das Eurocode-Programm umfasst die folgenden Normen, die in der Regel aus mehreren Teilen bestehen:

EN 1990, *Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung*;

EN 1991, *Eurocode 1: Einwirkung auf Tragwerke*;

EN 1992, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbetonbauten*;

EN 1993, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*;

EN 1994, *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Stahl-Beton-Verbundbauten*;

---

1) Vereinbarung zwischen der Kommission der Europäischen Gemeinschaft und dem Europäischen Komitee für Normung (CEN) zur Bearbeitung der Eurocodes für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauwerken (BC/CEN/03/89).

**DIN EN 1993-1-9:2010-12**  
**EN 1993-1-9:2005 + AC:2009 (D)**

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 Aluminiumkonstruktionen*.

Die Europäischen Normen berücksichtigen die Verantwortlichkeit der Bauaufsichtsorgane in den Mitglieds-ländern und haben deren Recht zur nationalen Festlegung sicherheitsbezogener Werte berücksichtigt, so dass diese Werte von Land zu Land unterschiedlich bleiben können.

## Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes

Die Mitgliedsländer der EU und von EFTA betrachten die Eurocodes als Bezugsdokumente für folgende Zwecke:

- als Mittel zum Nachweis der Übereinstimmung der Hoch- und Ingenieurbauten mit den wesentlichen Anforderungen der Richtlinie 89/106/EWG, besonders mit der wesentlichen Anforderung Nr. 1: Mechanischer Festigkeit und Standsicherheit und der wesentlichen Anforderung Nr. 2: Brandschutz;
- als Grundlage für die Spezifizierung von Verträgen für die Ausführung von Bauwerken und dazu erforderlichen Ingenieurleistungen;
- als Rahmenbedingung für die Herstellung harmonisierter, technischer Spezifikationen für Bauprodukte (EN's und ETA's)

Die Eurocodes haben, da sie sich auf Bauwerke beziehen, eine direkte Verbindung zu den Grundlagendokumenten<sup>2)</sup>, auf die in Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hingewiesen wird, wenn sie auch anderer Art sind als die harmonisierten Produktnormen<sup>3)</sup>. Daher sind die technischen Gesichtspunkte, die sich aus den Eurocodes ergeben, von den Technischen Komitees von CEN und den Arbeitsgruppen von EOTA, die an Produktnormen arbeiten, zu beachten, damit diese Produktnormen mit den Eurocodes vollständig kompatibel sind.

Die Eurocodes liefern Regelungen für den Entwurf, die Berechnung und Bemessung von kompletten Tragwerken und Baukomponenten, die sich für die tägliche Anwendung eignen. Sie gehen auf traditionelle Bauweisen und Aspekte innovativer Anwendungen ein, liefern aber keine vollständigen Regelungen für ungewöhnliche Baulösungen und Entwurfsbedingungen, wofür Spezialistenbeiträge erforderlich sein können.

---

2) Entsprechend Artikel 3.3 der Bauproduktenrichtlinie sind die wesentlichen Angaben in Grundlagendokumenten zu konkretisieren, um damit die notwendigen Verbindungen zwischen den wesentlichen Anforderungen und den Mandaten für die Erstellung harmonisierter Europäischer Normen und Richtlinien für die Europäische Zulassungen selbst zu schaffen.

3) Nach Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hat das Grundlagendokument

- a) die wesentliche Anforderung zu konkretisieren, in dem die Begriffe und, soweit erforderlich, die technische Grundlage für Klassen und Anforderungshöhen vereinheitlicht werden,
- b) die Methode zur Verbindung dieser Klasse oder Anforderungshöhen mit technischen Spezifikationen anzugeben, z. B. rechnerische oder Testverfahren, Entwurfsregeln,
- c) als Bezugsdokument für die Erstellung harmonisierter Normen oder Richtlinien für Europäische Technische Zulassungen zu dienen.

Die Eurocodes spielen de facto eine ähnliche Rolle für die wesentliche Anforderung Nr. 1 und einen Teil der wesentlichen Anforderung Nr. 2.



## Nationale Fassungen der Eurocodes

Die Nationale Fassung eines Eurocodes enthält den vollständigen Text des Eurocodes (einschließlich aller Anhänge), so wie von CEN veröffentlicht, mit möglicherweise einer nationalen Titelseite und einem nationalen Vorwort sowie einem Nationalen Anhang.

Der Nationale Anhang darf nur Hinweise zu den Parametern geben, die im Eurocode für nationale Entscheidungen offen gelassen wurden. Diese national festzulegenden Parameter (NDP) gelten für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauten in dem Land, in dem sie erstellt werden. Sie umfassen:

- Zahlenwerte für  $\gamma$ -Faktoren und/oder Klassen, wo die Eurocodes Alternativen eröffnen;
- Zahlenwerte, wo die Eurocodes nur Symbole angeben;
- landesspezifische, geographische und klimatische Daten, die nur für ein Mitgliedsland gelten, z. B. Schneekarten;
- Vorgehensweise, wenn die Eurocodes mehrere zur Wahl anbieten;

Des weiteren dürfen enthalten sein:

- Entscheidungen über die Anwendung der informativen Anhänge, und
- Verweise zu ergänzenden, nicht widersprechenden Informationen, die dem Nutzer bei der Anwendung der Eurocodes helfen.

## Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (EN und ETAG)

Die harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte und die technischen Regelungen für die Tragwerksplanung<sup>4)</sup> müssen konsistent sein. Insbesondere sollten die Hinweise, die mit den CE-Zeichen an den Bauprodukten verbunden sind und die die Eurocodes in Bezug nehmen, klar erkennen lassen, welche national festzulegenden Parameter (NDP) zugrunde liegen.

## Nationaler Anhang zu EN 1993-1-9

Diese Norm enthält alternative Methoden, Zahlenangaben und Empfehlungen in Verbindung mit Anmerkungen, die darauf hinweisen, wo Nationale Festlegungen getroffen werden können. EN 1993-1-9 wird bei der nationalen Einführung einen Nationalen Anhang enthalten, der alle national festzulegenden Parameter enthält, die für die Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten im jeweiligen Land erforderlich sind

Eine nationale Wahl darf für folgende Abschnitte erfolgen:

- 1.1(2);
- 2(2);
- 2(4);
- 3(2);
- 3(7);
- 5(2);
- 6.1(1);
- 6.2(2);
- 7.1(3);
- 7.1(5);
- 8(4).

---

4) Siehe Artikel 3.3 und Art. 12 der Bauproduktenrichtlinie, ebenso wie 4.2, 4.3.1, 4.3.2 und 5.2 des Grundlagendokumentes Nr. 1

**DIN EN 1993-1-9:2010-12**  
**EN 1993-1-9:2005 + AC:2009 (D)**

## **1 Allgemeines**

### **1.1 Anwendungsbereich**

(1) EN 1993-1-9 enthält Nachweisverfahren zur Prüfung der Ermüdungsfestigkeit von Bauteilen, Verbindungen und Anschlüssen, die unter Ermüdungsbeanspruchung stehen.

(2) Die Nachweisverfahren basieren auf Ergebnissen von Ermüdungsversuchen mit bauteilähnlichen Prüfkörpern mit geometrischen und strukturellen Imperfektionen, die von der Stahlproduktion und Bauteilherstellung herrühren (z. B. Herstellungstoleranzen und Eigenspannungen infolge Schweißens).

ANMERKUNG 1 Zu Toleranzen siehe EN 1090. Solange EN 1090 noch nicht veröffentlicht ist, darf die Wahl der Ausführungsnorm im Nationalen Anhang geregelt werden.

ANMERKUNG 2 Informationen zu Anforderungen an die Herstellungsüberwachung dürfen im Nationalen Anhang gegeben werden.

(3) Die Regelungen gelten für Bauteile, die nach EN 1090 ausgeführt werden.

ANMERKUNG Gegebenenfalls sind zusätzliche Anforderungen in den Kerbschlagtabellen angegeben.

(4) Die in EN 1993-1-9 angegebenen Nachweisverfahren gelten in gleicher Weise für Baustähle, nicht-rostende Stähle und ungeschützte wetterfeste Stähle, soweit in den Kerbfalltabellen keine anderen Angaben gemacht werden. EN 1993-1-9 gilt nur für Werkstoffe, die den Zähigkeitsanforderungen nach EN 1993-1-10 genügen.

(5) Diese Norm enthält das Nachweisverfahren mit Ermüdungsfestigkeitskurven (Wöhlerlinien). Andere Verfahren oder Konzepte wie das Kerbgrundkonzept oder das bruchmechanische Konzept werden in EN 1993-1-9 nicht behandelt.

(6) Andere Nachbehandlungsmethoden als Spannungsarmglühen zur Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit werden in dieser Norm nicht behandelt.

(7) Die in dieser Norm angegebenen Ermüdungsfestigkeiten gelten für Konstruktionen unter normalen atmosphärischen Bedingungen und ausreichendem Korrosionsschutz. Korrosionserscheinungen infolge Seewasser werden nicht behandelt; Zeitschäden aus hohen Temperaturen (>150 °C) werden ebenfalls nicht behandelt.

### **1.2 Normative Verweisungen**

(1) Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend angeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderungen oder Überarbeitungen eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

EN 1090, *Anforderungen für die Ausführung von Stahlbauten*

EN 1990, *Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991, *Einwirkungen auf Tragwerke*

EN 1993, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*

EN 1994-2, *Bemessung und Konstruktion von Stahl-Beton-Verbundbauten — Teil 2: Brücken*

## **1.3 Begriffe**

(1) Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die folgenden Begriffe.

### **1.3.1 Allgemeines**

#### **1.3.1.1**

##### **Ermüdung**

Prozess der Rissbildung und des Rissfortschritts in einem Bauteil, hervorgerufen durch wiederholte Spannungsschwankungen

#### **1.3.1.2**

##### **Nennspannung**

Spannung im Grundwerkstoff oder einer Schweißnaht unmittelbar an der erwarteten Rissstelle, berechnet nach der elastischen Spannungstheorie ohne Berücksichtigung der örtlichen Kerbwirkung

ANMERKUNG Mit Spannungen sind Längsspannungen oder Schubspannungen, Hauptspannungen oder Vergleichsspannungen gemeint.

#### **1.3.1.3**

##### **korrigierte Nennspannung**

Nennspannung, vergrößert um den geometrischen Kerbfaktor  $k_f$ , der die geometrischen Abweichungen erfasst, die nicht im Kerbfall des Konstruktionsdetails berücksichtigt sind

#### **1.3.1.4**

##### **Strukturspannung**

Kerbspannung

maximale Hauptspannung im Grundwerkstoff unmittelbar an der potenziellen Rissstelle am Schweißnahtübergang einschließlich der lokalen Spannungsspitze aufgrund der geometrischen Ausbildung des Bauteils

ANMERKUNG Die Kerbwirkung infolge Nahtausbildung braucht nicht berücksichtigt zu werden, da diese in der Ermüdungsfestigkeitskurve enthalten ist, siehe Anhang B.

#### **1.3.1.5**

##### **Eigenspannung**

Die Eigenspannung ist eine ständige im Gleichgewicht befindliche Spannungsverteilung im Bauteil ohne äußere Lasteinwirkung. Eigenspannungen können vom Walzprozess, Schneiden, Schweißschrumpf oder von Zwängungen aus dem Zusammenbau herrühren. Sie entstehen auch bei Überschreitung der Streckgrenze infolge äußerer Belastung.

### **1.3.2 Parameter für die Ermüdungsbelastung**

#### **1.3.2.1**

##### **Belastungszyklus**

ein bestimmter Ablauf der Belastung auf ein Tragwerk, der zu einem Spannungs-Zeit-Verlauf führt, mit einer in der Regel definierten Anzahl von Wiederholungen während der Nutzungsdauer des Tragwerks

#### **1.3.2.2**

##### **Spannungs-Zeit-Verlauf**

gemessene oder berechnete Zeitfolge der Spannungen an einem bestimmten Tragwerkspunkt für einen Belastungszyklus

#### **1.3.2.3**

##### **Rainflow-Methode**

Zählverfahren zur Bestimmung des Spektrums der Spannungsschwingbreiten aus einem Spannungs-Zeit-Verlauf

**DIN EN 1993-1-9:2010-12**  
**EN 1993-1-9:2005 + AC:2009 (D)**

**1.3.2.4**

**Reservoir-Methode**

Zählverfahren zur Bestimmung des Spektrums der Spannungsschwingbreiten aus einem Spannungs-Zeit-Verlauf

ANMERKUNG Zur mathematischen Vorgehensweise siehe Anhang A.

**1.3.2.5**

**Spannungsschwingbreite**

algebraische Differenz zwischen zwei Extremwerten einer Spannungsänderung in einem Spannungs-Zeit-Verlauf

**1.3.2.6**

**Spektrum der Spannungsschwingbreiten**

Darstellung der Auftretenshäufigkeit der Spannungsschwingbreiten verschiedener Größe aus Messungen oder Berechnungen für einen bestimmten Belastungszyklus

**1.3.2.7**

**Bemessungsspektrum**

Gesamtheit aller Spektren der Spannungsschwingbreiten während der Nutzungsdauer, die für den Ermüdungsnachweis zugrunde gelegt werden

**1.3.2.8**

**Nutzungsdauer**

Bezugszeitraum, für den mit ausreichender Zuverlässigkeit planmäßiges Verhalten des Tragwerks ohne Versagen durch Ermüdungsrisse verlangt wird

**1.3.2.9**

**Lebensdauer (Zeitgröße)**

voraussichtlicher Zeitraum mit der Gesamtzahl von Spannungsschwingspielen, die zu Ermüdungsversagen führen können

**1.3.2.10**

**Miner-Regel**

lineare Schadensakkumulationshypothese nach Palmgren-Miner

**1.3.2.11**

**schadensäquivalente konstante Spannungsschwingbreite**

konstante Spannungsschwingbreite, die nach der Miner-Regel zu derselben Lebensdauer führen würde wie das Spektrum nicht konstanter Spannungsschwingbreiten

ANMERKUNG Zur mathematischen Bestimmung der schadensäquivalenten konstanten Spannungsschwingbreite siehe Anhang A.

**1.3.2.12**

**Ermüdungsbelastung**

eine Reihe von Einwirkungsparametern, die mit typischen Belastungszyklen bestimmt wurden und die Anordnung und Größe der Lasten, ihre relative Auftretenshäufigkeit und ihre Zeitfolge beschreiben

ANMERKUNG 1 Bei den Ermüdungseinwirkungen in EN 1991 handelt es sich um obere Grenzwerte, die anhand von Messauswertungen nach Anhang A bestimmt wurden.

ANMERKUNG 2 Die Einwirkungsparameter in EN 1991 sind entweder:

- $Q_{\max}$ ,  $n_{\max}$ , standardisiertes Spektrum oder
- $Q_{E,n_{\max}}$  bezogen auf  $n_{\max}$  oder
- $Q_{E,2}$  bezogen auf  $n = 2 \cdot 10^6$  Lastwechsel.

Dynamische Effekte sind, soweit nicht anders geregelt, in diesen Parametern enthalten.

**1.3.2.13****schadensäquivalente konstante Ermüdungsbelastung**

vereinfachte konstante Ermüdungsbelastung, die nach der Miner-Regel zu der gleichen Lebensdauer führt wie die wirklichen Belastungszyklen mit veränderlicher Belastung

**1.3.3 Ermüdungsfestigkeit****1.3.3.1****Ermüdungsfestigkeitskurve****Wöhlerlinie**

quantitative Beziehung zwischen den Spannungsschwingbreiten und der Anzahl der Spannungsspiele, die zum Ermüdungsversagen führen; sie wird für den Ermüdungsnachweis für einen bestimmten Kerbfall angewendet

ANMERKUNG Die Ermüdungsfestigkeiten in diesem Normenteil sind untere Grenzwerte, die anhand von Auswertungen von Ermüdungsversuchen mit bauteilähnlichen Prüfkörpern nach EN 1990, Anhang D bestimmt wurden.

**1.3.3.2****Kerbfall**

Zahlenwert, der einem bestimmten Konstruktionsdetail für eine bestimmte Beanspruchung zugeordnet ist, um die Ermüdungsfestigkeitskurve für den Ermüdungsnachweis festzulegen (die Kerbfallzahl bezeichnet den Bezugswert der Ermüdungsfestigkeit  $\Delta\sigma_C$  in N/mm<sup>2</sup>)

**1.3.3.3****Dauerfestigkeit**

Grenze für die Schwingbreite der Längsspannung oder Schubspannung, unterhalb derer im Versuch mit konstanten Schwingbreiten kein Ermüdungsschaden auftritt. Bei variablen Spannungsschwingbreiten müssen alle Schwingbreiten unterhalb dieser Grenze liegen, damit kein Ermüdungsschaden auftritt.

**1.3.3.4****Schwellenwert der Ermüdungsfestigkeit**

Grenze, unterhalb derer Spannungsschwingbreiten von Bemessungsspektren nicht mehr zur Akkumulation des Ermüdungsschadens beitragen

**1.3.3.5****Lebensdauer (Anzahl der Spannungsschwingspiele)**

in Spannungsschwingspielen ausgedrückte Zeit bis zum Versagen bei Einwirkung konstanter Spannungsschwingbreiten

**1.3.3.6****Bezugswert der Ermüdungsfestigkeit**

konstante Spannungsschwingbreite  $\Delta\sigma_C$  oder  $\Delta\tau_C$  für einen bestimmten Kerbfall, die zu der Lebensdauer  $N = 2 \times 10^6$  Schwingspiele gehört

**1.4 Formelzeichen**

$\Delta\sigma$  Spannungsschwingbreite (Längsspannungen);

$\Delta\tau$  Spannungsschwingbreite (Schubspannungen);

$\Delta\sigma_E, \Delta\tau_E$  schadensäquivalente konstante Spannungsschwingbreite bezogen auf  $n_{\max}$ ;

$\Delta\sigma_{E,2}, \Delta\tau_{E,2}$  schadensäquivalente konstante Spannungsschwingbreite bezogen auf  $2 \times 10^6$  Schwingspiele;



$\Delta\sigma_C, \Delta\tau_C$  Bezugswert für die Ermüdungsfestigkeit bei  $N_C = 2 \times 10^6$  Schwingspielen;

$\Delta\sigma_D, \Delta\tau_D$  Dauerfestigkeit bei  $N_D$  Schwingspielen;

**DIN EN 1993-1-9:2010-12**  
**EN 1993-1-9:2005 + AC:2009 (D)**

$\Delta\sigma_L, \Delta\tau_L$	Schwellenwert der Ermüdungsfestigkeit bei $N_L$ Schwingspielen;
$\Delta\sigma_{eq}$	äquivalentes Spannungsschwingpiel bei Steganschlussdetails von orthotropen Platten;
$\Delta\sigma_{C,red}$	reduzierter Bezugswert für die Ermüdungsfestigkeit;
$\gamma_{Ff}$	$\gamma$ -Faktor für die schadensäquivalenten Spannungsschwingbreiten $\Delta\sigma_E, \Delta\tau_E$ ;
$\gamma_{Mf}$	$\gamma$ -Faktor für die Ermüdungsfestigkeit $\Delta\sigma_C, \Delta\tau_C$ ;
$m$	Neigung der Ermüdungsfestigkeitskurve;
$\lambda_i$	Schadensäquivalenzfaktor;
$\psi_1$	Faktor für den häufig auftretenden Wert einer variablen Last;
$Q_k$	charakteristischer Wert einer einzeln auftretenden variablen Last;
$k_s$	Abminderungsfaktor für den Bezugswert der Ermüdungsfestigkeit zur Berücksichtigung der Größenabhängigkeit;
$k_1$	Erhöhungsfaktor für die Nennspannungsschwingbreite zur Berücksichtigung sekundärer Anschlussmomente in Fachwerken;
$k_f$	Kerbfaktor (Spannungskonzentrationsfaktor);
$N_R$	Lebensdauer, ausgedrückt als Anzahl von Spannungsschwingspielen mit konstanter Spannungsschwingbreite.

## 2 Grundlegende Anforderungen und Verfahren

(1)  P  Tragende Bauteile sind im Hinblick auf den Grenzzustand der Ermüdung so auszubilden, dass ihr Verhalten mit ausreichender Wahrscheinlichkeit während der gesamten Nutzungsdauer zufrieden stellend ist.

ANMERKUNG Für Tragwerke, die mit Ermüdungslasten nach EN 1991 und Ermüdungsfestigkeiten nach diesem Teil bemessen werden, darf diese Anforderung als erfüllt gelten.

(2) Anhang A darf für die Bestimmung von Ermüdungslasten im Einzelfall verwendet werden, wenn

- in EN 1991 keine Ermüdungsbelastung angegeben wird oder
- ein realistischeres Ermüdungslastmodell gefordert wird.

ANMERKUNG Anforderungen für die Bestimmung von Ermüdungslastmodellen dürfen im Nationalen Anhang gegeben werden.

(3) Ermüdungsversuche können durchgeführt werden

- um Ermüdungsfestigkeiten für Details zu bestimmen, die nicht in diesem Teil enthalten sind;
- um die Lebensdauer von Prototypen unter wirklichen oder schadensäquivalenten Ermüdungsbelastungen zu bestimmen.

(4) Bei der Durchführung und Auswertung von Ermüdungsversuchen ist in der Regel EN 1990 heranzuziehen, siehe auch 7.1.

ANMERKUNG Zu Anforderungen für die Bestimmung von Ermüdungslasten im Einzelfall siehe Nationaler Anhang.

(5) Der Ermüdungsnachweis in diesem Normenteil folgt dem üblichen Nachweiskonzept, bei dem Beanspruchungen und Beanspruchbarkeiten verglichen werden. Ein solcher Vergleich ist nur möglich, wenn die Ermüdungsbeanspruchungen mit Parametern der Ermüdungsfestigkeit nach diesem Normteil bestimmt werden.

(6) Die Ermüdungslasten werden entsprechend den Anforderungen des Ermüdungsnachweises bestimmt. Sie unterscheiden sich von denen für Tragfähigkeit- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise.

ANMERKUNG Treten Risse während der Betriebszeit auf, so bedeutet dies nicht notwendigerweise das Ende der Nutzungsdauer. Werden Risse repariert, ist hierbei besondere Sorgfalt erforderlich, um ungünstigere Kerbbedingungen als bereits vorhanden zu vermeiden.

### **3 Bemessungskonzepte**

(1) Der Ermüdungsnachweis ist in der Regel nach einem der folgenden Konzepte durchzuführen:

- Konzept der Schadenstoleranz;
- Konzept der ausreichenden Sicherheit gegen Ermüdungsversagen ohne Vorankündigung.

(2) Durch planmäßige Inspektionen und Wartung während der Nutzungsdauer des Tragwerks können eventuelle Ermüdungsschäden erkannt und beseitigt werden. Das Konzept der Schadenstoleranz sollte hier zu der geforderten Zuverlässigkeit für zufrieden stellendes Verhalten während der Nutzungsdauer führen.

ANMERKUNG 1 Das Konzept der Schadenstoleranz darf angewendet werden, wenn bei Auftreten von Ermüdungsrissen Lastumlagerungen im tragenden Querschnitt oder zwischen Bauteilen möglich sind.

ANMERKUNG 2 Die Bestimmungen für ein Inspektionsprogramm sind im Nationalen Anhang geregelt.

ANMERKUNG 3 Tragwerke, die nach diesem Normenteil konstruiert und bemessen und für die Werkstoffe nach EN 1993-1-10 gewählt werden sowie regelmäßige Überwachung vorgesehen ist, können als schadenstolerant angesehen werden.

(3) Das Konzept der ausreichenden Sicherheit gegen Ermüdungsversagen ohne Vorankündigung gewährt in der Regel die geforderte Zuverlässigkeit für zufrieden stellendes Verhalten während der Nutzungsdauer, ohne dass planmäßige Inspektionen zum rechtzeitigen Erkennen von Ermüdungsschäden notwendig sind. Dieses Konzept ist in der Regel dann anzuwenden, wenn die lokale Ausbildung von Rissen in einer Bauteilkomponente zu unangekündigtem Versagen des Bauteils oder des gesamten Tragwerks führen kann.

(4) Bei Ermüdungsnachweisen nach diesem Normenteil kann die geforderte Zuverlässigkeit durch Festlegung des  $\gamma_{Mf}$ -Faktors für die Ermüdungsfestigkeit in Abhängigkeit von dem gewählten Bemessungskonzept und den Schadensfolgen erreicht werden.

(5) Die Ermüdungsfestigkeiten werden durch das konstruktive Detail mit seinen metallurgischen und geometrischen Kerbeffekten bestimmt. In den konstruktiven Details dieses Normenteils ist die wahrscheinliche Stelle der Rissbildung angegeben.

(6) Das angegebene Nachweisverfahren benutzt Ermüdungsfestigkeiten in Form von Wöhlerlinien für:

- Standardkerbfälle (Nennspannungen);
- Kerbfälle bei bestimmten Schweißdetails (Strukturspannungen).

**DIN EN 1993-1-9:2010-12**  
**EN 1993-1-9:2005 + AC:2009 (D)**

(7) Die geforderte Zuverlässigkeit kann wie folgt erreicht werden:

a) Konzept der Schadenstoleranz:

- Wahl des konstruktiven Details, des Werkstoffs und des Beanspruchungsniveaus, so dass im unwahrscheinlichen Fall von Rissen ein langsames Risswachstum und große kritische Risslängen erreicht werden könnten;
- Konstruktionen mit Umlagerungsvermögen;
- Konstruktionen, die in der Lage sind, Rissentwicklungen zu hemmen;
- leichte Zugänglichkeit für regelmäßige Inspektionen.

b) Konzept der ausreichenden Sicherheit gegen Ermüdungsversagen ohne Vorankündigung:

- Wahl der Konstruktion und des Beanspruchungsniveaus, so dass am Ende der rechnerischen Nutzungsdauer  $\langle AC \rangle$  Zuverlässigkeitswerte ( $\beta$ -Werte) mindestens so hoch wie bei Tragsicherheitsnachweisen gefordert  $\langle AC \rangle$  erreicht werden können.

ANMERKUNG Die Wahl des Bemessungskonzeptes, die Definitionen der Schadensfolgeklassen sowie die Zahlenwerte für  $\gamma_{Mf}$  dürfen im Nationalen Anhang geregelt werden. Empfohlene  $\gamma_{Mf}$ -Werte sind in Tabelle 3.1 angegeben.

**Tabelle 3.1 — Empfehlungen für  $\gamma_{Mf}$ -Faktoren für die Ermüdungsfestigkeit**

Bemessungskonzept	Schadensfolgen	
	niedrig	hoch
Schadenstoleranz	1,00	1,15
Sicherheit gegen Ermüdungsversagen ohne Vorankündigung	1,15	1,35

## 4 Ermüdungsbeanspruchungen

(1) Die Berechnungsmethoden zur Bestimmung der Nennspannungen beruhen auf elastischem Verhalten von Bauteilen und Verbindungen; sie müssen in der Regel alle Lastwirkungen (auch Wirkungen aus Verformungen unter der Last) realistisch wiedergeben.

(2) Bei Fachwerkträgern mit geschweißten Hohlprofilknoten darf von der Annahme gelenkiger Verbindungen an den Anschlüssen ausgegangen werden. Wenn die Spannungen infolge äußerer Lasten auf Bauteile zwischen den Knoten berücksichtigt werden, dürfen die Wirkungen von sekundären Anschlussmomenten aus der Steifigkeit der Verbindungen mit  $k_1$ -Faktoren nach 6.4 berücksichtigt werden,  $\langle AC \rangle$  siehe Tabelle 4.1 für Kreisquerschnitte, Tabelle 4.2 für Rechteckquerschnitte; bei diesen Querschnitten sind die geometrischen Einschränkungen in Tabelle 8.7 zu beachten.  $\langle AC \rangle$

**Tabelle 4.1 —  $k_1$ -Faktoren für Hohlprofile mit Kreisquerschnitten bei Belastung in der Fachwerksebene**

Knotenausbildung		Gurte	Pfosten	Diagonalen
Anschlüsse mit Spalt	K-Knoten	1,5	$\langle AC \rangle - \langle AC \rangle$	1,3
	N-Knoten/KT-Knoten	1,5	1,8	1,4
Anschlüsse mit Überlappung	K-Knoten	1,5	$\langle AC \rangle - \langle AC \rangle$	1,2
	N-Knoten/KT-Knoten	1,5	1,65	1,25



**Tabelle 4.2 —  $k_1$ -Faktoren für Hohlprofile mit Rechteckquerschnitt  
bei Belastung in der Fachwerksebene**

Knotenausbildung		Gurte	Pfosten	Diagonalen
Anschlüsse mit Spalt	K-Knoten	1,5	$\boxed{\text{AC}} - \langle \text{AC} \rangle$	1,5
	N-Knoten/KT-Knoten	1,5	2,2	1,6
Anschlüsse mit Überlappung	K-Knoten	1,5	$\boxed{\text{AC}} - \langle \text{AC} \rangle$	1,3
	N-Knoten/KT-Knoten	1,5	2,0	1,4

$\boxed{\text{AC}}$  ANMERKUNG 1  $\langle \text{AC} \rangle$  Zur Begriffserklärung der Knotenausbildungen siehe EN 1993-1-8.

$\boxed{\text{AC}}$  ANMERKUNG 2 Gültigkeitsgrenzen für die Geometrie:

Bei ebenen Knoten mit Kreisquerschnitten (K-, N-, KT-Knoten):

$$0,30 \leq \beta \leq 0,60$$

$$12,0 \leq \gamma \leq 30,0$$

$$0,25 \leq \tau \leq 1,00$$

$$30^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$$

Bei Knoten mit Rechteckquerschnitten (K-, N-, KT-Knoten):

$$0,40 \leq \beta \leq 0,60$$

$$6,25 \leq \gamma \leq 12,5$$

$$0,25 \leq \tau \leq 1,00$$

$$30^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$$

$\langle \text{AC} \rangle$

## 5 Berechnung der Spannungen

- (1) Spannungen sind in der Regel auf Gebrauchsniveau zu bestimmen.
- (2) Querschnitte der Querschnittsklasse 4 sind für Ermüdungslasten nach EN 1993-1-5 nachzuweisen.

ANMERKUNG 1 Hinweise sind EN 1993-2 bis EN 1993-6 zu entnehmen.

ANMERKUNG 2 Der Nationale Anhang darf Gültigkeitsgrenzen für Klasse-4-Querschnitte angeben.

(3) Nennspannungen sind in der Regel an der Stelle der potenziellen Rissentstehung zu bestimmen. Abweichungen von den Konstruktionsdetails in den Tabellen 8.1 bis 8.10, die zusätzliche Spannungskonzentrationen erzeugen, werden durch (mit Spannungskonzentrationsfaktoren  $k_f$ ) korrigierten Nennspannungen nach 6.3 berücksichtigt.

(4) Bei Verwendung von Strukturspannungen (Kerbspannungen) für die Details in Tabelle B.1 sind die Spannungen nach 6.5 zu ermitteln.

(5) Die maßgebenden Spannungen im Grundwerkstoff sind:

- die Längsspannungen  $\sigma$ ;
- die Schubspannungen  $\tau$ .

ANMERKUNG Bei gleichzeitiger Wirkung von Längs- und Schubspannungen  $\boxed{\text{AC}}$  siehe 8(3).  $\langle \text{AC} \rangle$

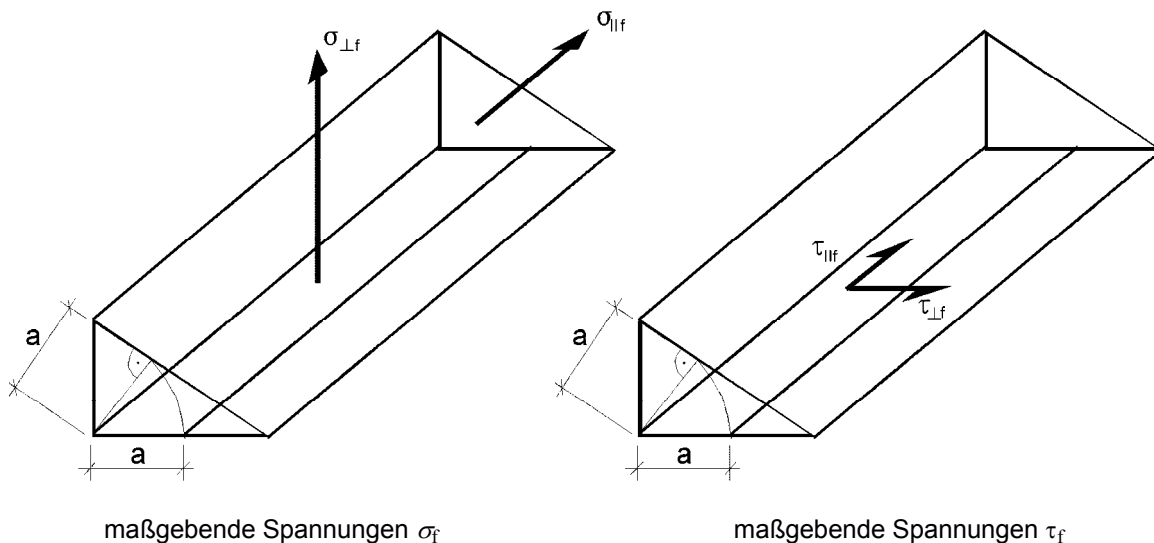
**DIN EN 1993-1-9:2010-12**  
**EN 1993-1-9:2005 + AC:2009 (D)**

(6) Die maßgebenden Spannungen in den Schweißnähten sind, siehe Bild 5.1:

- die Längsspannungen  $\sigma_{wf}$  quer zur Nahtachse:  $\sigma_{wf} = \sqrt{\sigma_{\perp f}^2 + \tau_{\perp f}^2}$ ;
- die Schubspannungen  $\tau_{wf}$  längs der Nahtachse:  $\tau_{wf} = \tau_{\parallel f}$ ;

für die in der Regel zwei getrennte Nachweise zu führen sind.

**ANMERKUNG** Diese Vorgehensweise unterscheidet sich von den Tragsicherheitsnachweisen von Kehlnähten nach EN 1993-1-8.



**Bild 5.1 — Maßgebende Spannungen in Kehlnähten**

## 6 Berechnung der Spannungsschwingbreiten

### 6.1 Allgemeines

(1) Der Ermüdungsnachweis ist in der Regel auf der Basis der Spannungsschwingbreiten zu führen mit:

- Nennspannungen für die Kerbfälle nach Tabelle 8.1 bis Tabelle 8.10;
- korrigierten Nennspannungen, z. B. bei abrupten Querschnittsänderungen in der Nähe der Rissentstehung, die nicht in den Tabellen 8.1 bis Tabelle 8.10 enthalten sind;
- Strukturspannungen (Kerbspannungen), wo große Spannungsgradienten am Schweißnahtübergang entsprechend Tabelle B.1 auftreten.

**ANMERKUNG** Der Nationale Anhang darf weitere Informationen zu Nennspannungen, korrigierten Nennspannungen und Strukturspannungen (Kerbspannungen) geben. Kerbfälle für Strukturspannungen (Kerbspannungen) sind im Anhang B angegeben.

(2) Der für den Ermüdungsnachweis maßgebende Bemessungswert der Spannungsschwingbreite wird in der Regel durch die Spannungsschwingbreite  $\gamma_{ff} \cdot \Delta\sigma_{E,2}$  bezogen auf  $N_C = 2 \times 10^6$  Schwingspiele ausgedrückt.

## 6.2 Bemessungswert der Spannungsschwingbreite der Nennspannungen

(1) Der Bemessungswert der Spannungsschwingbreite für Nennspannungen  $\gamma_{\text{Ff}} \Delta \sigma_{\text{E},2}$  und  $\gamma_{\text{Ff}} \Delta \tau_{\text{E},2}$  ist in der Regel wie folgt zu bestimmen:

$$\gamma_{\text{Ff}} \Delta \sigma_{\text{E},2} = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_i \cdot \dots \cdot \lambda_n \cdot \Delta \sigma(\gamma_{\text{Ff}} Q_k) \quad (6.1)$$

$$\gamma_{\text{Ff}} \Delta \tau_{\text{E},2} = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_i \cdot \dots \cdot \lambda_n \cdot \Delta \tau(\gamma_{\text{Ff}} Q_k)$$

Dabei ist

$\Delta \sigma(\gamma_{\text{Ff}} Q_k), \Delta \tau(\gamma_{\text{Ff}} Q_k)$  die Spannungsschwingbreite aus den Ermüdungsbelastungen nach EN 1991;

$\lambda_i$  die Schadensäquivalenzfaktoren abhängig von den Bemessungsspektren der Anwendungsteile von EN 1993 sind.

(2) Wenn keine  $\lambda_i$ -Werte zur Verfügung stehen, dürfen die Bemessungswerte der Nennspannungen nach Anhang A bestimmt werden.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf Informationen in Ergänzung zum Anhang A geben.

## 6.3 Bemessungswert der Spannungsschwingbreite korrigierter Nennspannungen

(1) Der Bemessungswert der Spannungsschwingbreite der korrigierten Nennspannungen  $\gamma_{\text{Ff}} \Delta \sigma_{\text{E},2}$  und  $\gamma_{\text{Ff}} \Delta \tau_{\text{E},2}$  ist in der Regel wie folgt zu bestimmen:

$$\gamma_{\text{Ff}} \Delta \sigma_{\text{E},2} = k_f \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_i \cdot \dots \cdot \lambda_n \cdot \Delta \sigma(\gamma_{\text{Ff}} Q_k) \quad (6.2)$$

$$\gamma_{\text{Ff}} \Delta \tau_{\text{E},2} = k_f \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_i \cdot \dots \cdot \lambda_n \cdot \Delta \tau(\gamma_{\text{Ff}} Q_k)$$

Dabei ist

$k_f$  der Spannungskonzentrationsfaktor zur Berücksichtigung der lokalen Spannungserhöhung in Bezug auf die Kerbfallsituation der Bezugs-Wöhlerlinie ist.

ANMERKUNG  $k_f$ -Werte können der Literatur entnommen oder durch geeignete Finite Element Berechnungen ermittelt werden.

## 6.4 Bemessungswert der Spannungsschwingbreite für geschweißte Hohlprofilknoten

(1) Wenn kein genauerer Nachweis geführt wird, sollte der Bemessungswert der Spannungsschwingbreite für die korrigierten Nennspannungen  $\gamma_{\text{Ff}} \cdot \Delta \sigma_{\text{E},2}$  mit dem vereinfachten Verfahren in 4(2) bestimmt werden

$$\gamma_{\text{Ff}} \Delta \sigma_{\text{E},2} = k_1 (\gamma_{\text{Ff}} \Delta \sigma_{\text{E},2}^*) \quad (6.3)$$

Dabei ist

$\gamma_{\text{Ff}} \Delta \sigma_{\text{E},2}^*$  der Bemessungswert der Spannungsschwingbreite, gerechnet mit dem vereinfachten Fachwerksmodell mit gelenkigen Anschlüssen;

$k_1$  der Vergrößerungsfaktor nach Tabelle 4.1 und Tabelle 4.2.

**DIN EN 1993-1-9:2010-12**  
**EN 1993-1-9:2005 + AC:2009 (D)**

**6.5 Bemessungswert der Spannungsschwingbreite der Strukturspannungen  
 (Kerbspannungen)**

(1) Der Bemessungswert der Spannungsschwingbreite von Strukturspannungen  $\gamma_{\text{ff}} \Delta \sigma_{\text{E},2}$  wird in der Regel ermittelt mit

$$\gamma_{\text{ff}} \Delta \sigma_{\text{E},2} = k_{\text{f}} (\gamma_{\text{ff}} \Delta \sigma_{\text{E},2}^*) \quad (6.4)$$

Dabei ist

$k_{\text{f}}$  der Spannungskonzentrationsfaktor.

## 7 Ermüdungsfestigkeit

### 7.1 Allgemeines

(1) Für Nennspannungen werden die Ermüdungsfestigkeiten durch eine Reihe von  $(\log \Delta \sigma_R) - (\log N)$ -Kurven und  $(\log \Delta \tau_R) - (\log N)$ -Kurven bestimmt, wobei jede Kurve einer bestimmten Kerbfallkategorie zugeordnet wird. Jeder Kerbfall ist durch die Kerbfallkategorie gekennzeichnet, die den Bezugswert  $\Delta \sigma_C$  oder  $\Delta \tau_C$  in  $N/mm^2$  der Ermüdungsfestigkeitskurve bei 2 Millionen Spannungsspielen darstellt.

(2) Die Ermüdungsfestigkeitskurven für konstante Spannungsschwingbreiten sind definiert durch:

$$\Delta \sigma_R^m N_R = \Delta \sigma_C^m 2 \times 10^6 \quad \text{mit } m = 3 \text{ für } N \leq 5 \times 10^6, \text{ siehe Bild 7.1}$$

$$\Delta \tau_R^m N_R = \Delta \tau_C^m 2 \times 10^6 \quad \text{mit } m = 5 \text{ für } N \leq 10^8, \text{ siehe Bild 7.2}$$

Dabei ist

$$\Delta \sigma_D = \left( \frac{2}{5} \right)^{1/3} \cdot \Delta \sigma_C = 0,737 \Delta \sigma_C \quad \text{die Dauerfestigkeit, siehe Bild 7.1;}$$

$$\Delta \tau_L = \left( \frac{2}{100} \right)^{1/5} \cdot \Delta \tau_C = 0,457 \Delta \tau_C \quad \text{der Schwellenwert der Ermüdungsfestigkeit, siehe Bild 7.2.}$$

(3) Bei Spannungsspektren mit Längsspannungsschwingbreiten oberhalb und unterhalb der Dauerfestigkeit  $\Delta \sigma_D$  ist in der Regel der Ermüdungsschaden mit den erweiterten Ermüdungsfestigkeitskurven zu ermitteln.

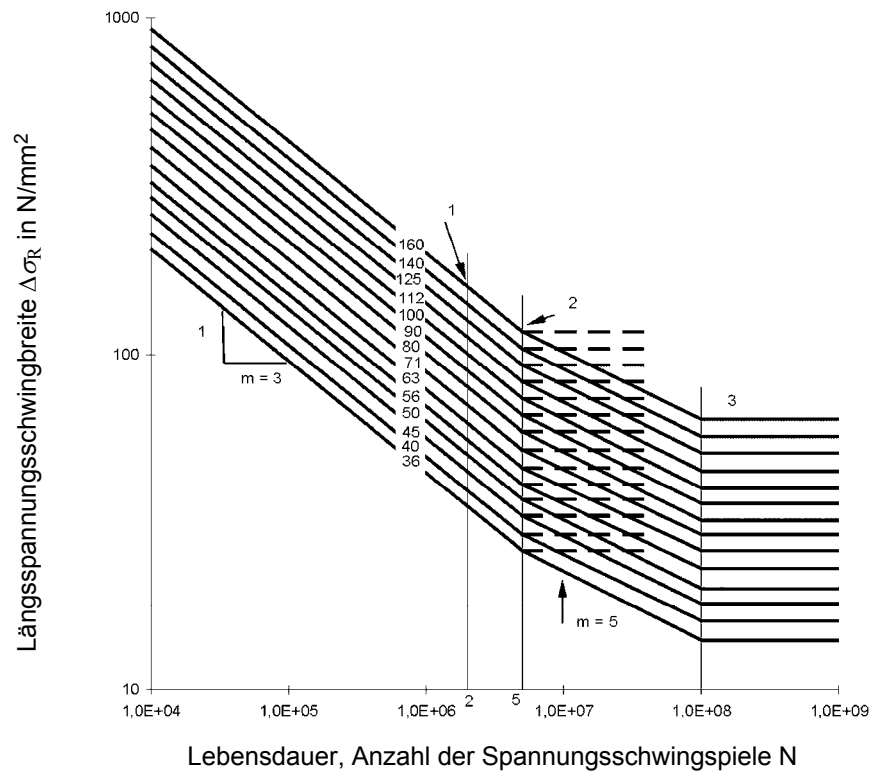
$$\Delta \sigma_R^m N_R = \Delta \sigma_C^m 2 \times 10^6 \quad \text{mit } m = 3 \text{ für } N \leq 5 \times 10^6$$

$$\Delta \sigma_R^m N_R = \Delta \sigma_D^m 5 \times 10^6 \quad \text{mit } m = 5 \text{ für } 5 \times 10^6 \leq N \leq 10^8$$

Dabei ist

$$\Delta \sigma_L = \left( \frac{5}{100} \right)^{1/5} \times \Delta \sigma_D = 0,549 \Delta \sigma_D \quad \text{der Schwellenwert der Ermüdungsfestigkeit, siehe Bild 7.1.}$$

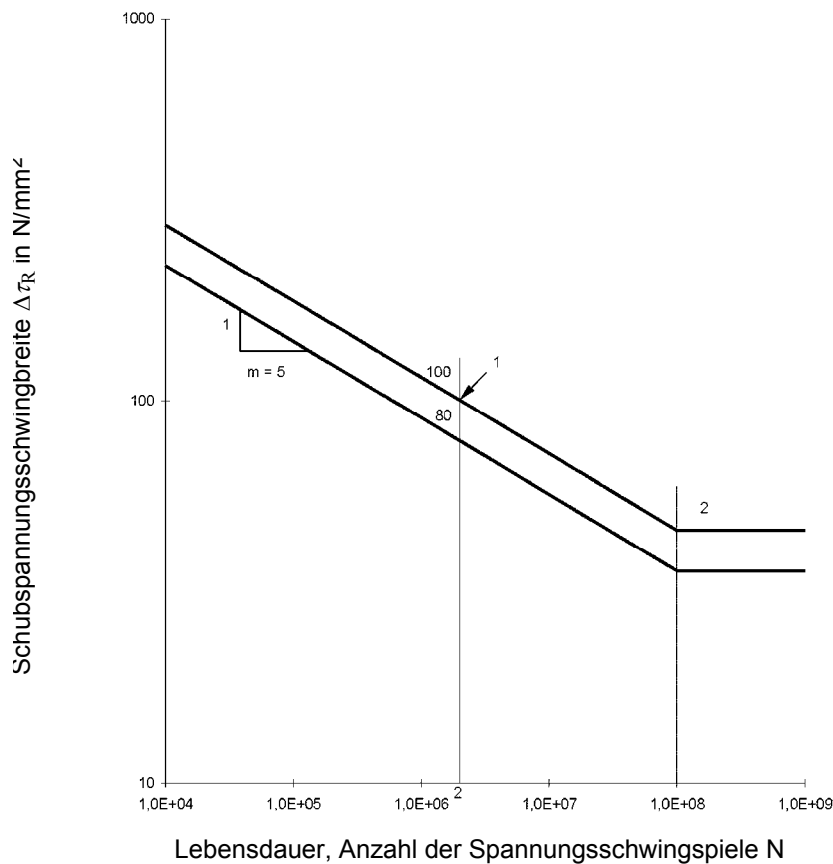
**DIN EN 1993-1-9:2010-12**  
**EN 1993-1-9:2005 + AC:2009 (D)**



**Legende**

- 1 Kerbfall  $\Delta\sigma_C$
- 2 Dauerfestigkeit  $\Delta\sigma_D$
- 3 Schwellenwert der Ermüdungsfestigkeit  $\Delta\sigma_L$

**Bild 7.1 — Ermüdungsfestigkeitskurve für Längsspannungsschwingbreiten**

**Legende**

- 1 Kerbfall  $\Delta\tau_C$   
 2 Schwellenwert der Ermüdungsfestigkeit  $\Delta\tau_L$

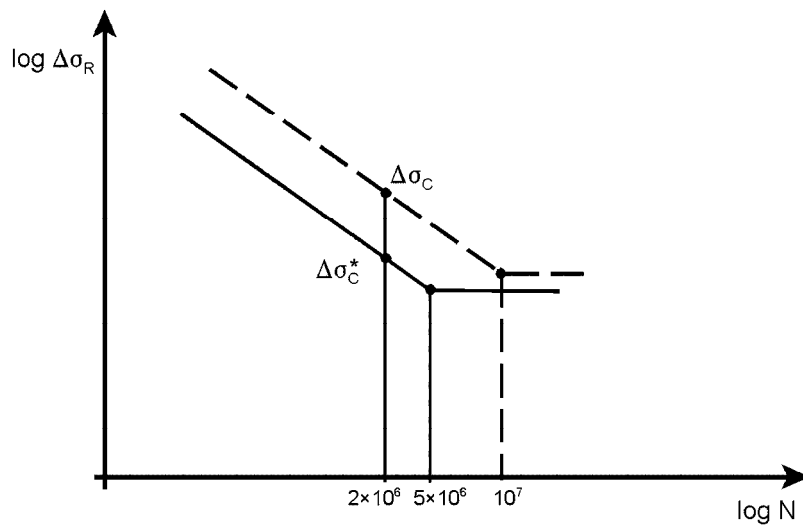
**Bild 7.2 — Ermüdungsfestigkeitskurve für Schubspannungsschwingbreiten**

**ANMERKUNG 1** Soweit Ergebnisse von Ermüdungsversuchen benutzt wurden, um den Bezugswert  $\Delta\sigma_C$  für einen bestimmten Kerbfall zu bestimmen, ist  $\Delta\sigma_C$  für 2 Millionen Spannungsspiele statistisch als 95 %-Quantil für Überleben mit etwa 75 % Vertrauenswahrscheinlichkeit ermittelt worden. Dabei wurden Standardabweichungen, Probekörpergröße und Eigenspannungen berücksichtigt. Die Anzahl der Proben (mindestens 10) wurde nach EN 1990, Anhang D berücksichtigt.

**ANMERKUNG 2** Der Nationale Anhang darf die Ermittlung der Ermüdungsfestigkeit für den Einzelfall regeln, wenn die Auswertung nach den Vorgaben in Anmerkung 1 erfolgt.

**ANMERKUNG 3** Die Testdaten einiger Kerbdetails lassen sich nicht eindeutig den Ermüdungsfestigkeitskurven in Bild 7.1 zuordnen. Die Kerbfalkategorien, die mit einem Stern gekennzeichnet sind, wurden eine Kategorie tiefer eingestuft, um die Dauerfestigkeit  $\Delta\sigma_D$  den Ergebnissen von Versuchen anzupassen. Die Kerbfalkategorien  $\Delta\sigma_C$  dürfen in diesen Fällen um eine Kategorie angehoben werden, wenn die S-N-Kurve mit  $m = 3$  bis zur Dauerfestigkeit  $\Delta\sigma_C^*$  bei  $N_D^* = 10^7$  verlängert wird, siehe Bild 7.3.

**DIN EN 1993-1-9:2010-12**  
**EN 1993-1-9:2005 + AC:2009 (D)**



**Bild 7.3 — Alternative Ermüdungsfestigkeit  $\Delta\sigma_C$  für Kerbfälle, die mit  $\Delta\sigma_C^*$  bezeichnet sind**

(4) Die Kerbfallkategorien  $\Delta\sigma_C$  und  $\Delta\tau_C$  für Nennspannungen sind wie folgt angegeben:

- Tabelle 8.1 für ungeschweißte Bauteile und Anschlüsse mit mechanischen Verbindungsmitteln;
- Tabelle 8.2 für geschweißte zusammengesetzte Querschnitte;
- Tabelle 8.3 für quer laufende Stumpfnähte;
- Tabelle 8.4 für angeschweißte Anschlüsse und Steifen;
- Tabelle 8.5 für geschweißte Stöße;
- Tabelle 8.6 für Hohlprofile;
- Tabelle 8.7 für geschweißte Knoten von Fachwerkträgern;
- Tabelle 8.8 für orthotrope Platten mit Hohlrippen;
- Tabelle 8.9 für orthotrope Platten mit offenen Rippen;
- Tabelle 8.10 für die Obergurt-Stegblech Anschlüsse von Kranbahnträgern.

(5) Die Kerbfallkategorien  $\Delta\sigma_C$  für Strukturspannungen (Kerbspannungen) werden in Anhang B angegeben.

ANMERKUNG Kerbfallkategorien  $\Delta\sigma_C$  und  $\Delta\tau_C$  für Kerbdetails, die nicht in Tabelle 8.1 bis Tabelle 8.10 und im Anhang B enthalten sind, dürfen im Nationalen Anhang angegeben werden.

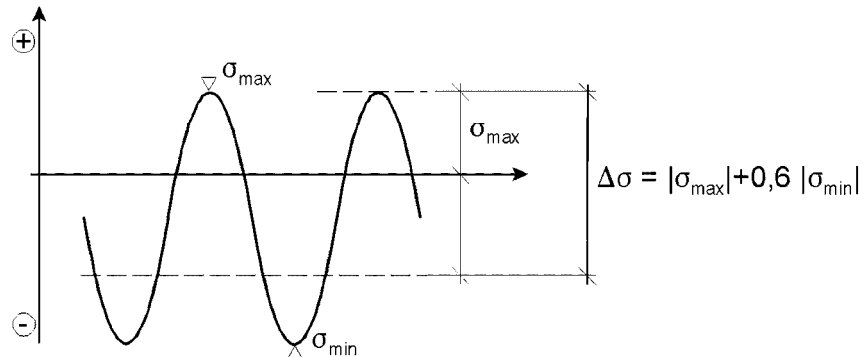
## 7.2 Modifizierung der Ermüdungsfestigkeit

### 7.2.1 Nicht geschweißte oder spannungsarm geglühte geschweißte Konstruktionen unter Druckbeanspruchung

(1) Bei nicht geschweißten Konstruktionen oder bei geschweißten Konstruktionen, die spannungsarm geglüht werden, darf der Mittelspannungseinfluss auf die Ermüdungsfestigkeit dadurch berücksichtigt werden, dass die Spannungsschwingbreite  $\Delta\sigma_{E,2}$  im Ermüdungsnachweis reduziert wird, wenn sie ganz oder teilweise im Druckbereich liegt.



(2) Die reduzierte Spannungsschwingbreite darf als Summe des Zuganteils der Spannungsschwingbreite und 60 % des Druckanteils der Spannungsschwingbreite ermittelt werden, siehe Bild 7.4.



#### Legende

- + Zugspannungen
- Druckspannungen

**Bild 7.4 — Modifizierte Spannungsschwingbreiten für nicht geschweißte und spannungsarm geglühte geschweißte Konstruktionen**

#### 7.2.2 Größenabhängigkeit

(1) Die Größenabhängigkeit aus Effekten der Blechdicke oder anderer Abmessungen ist in der Regel entsprechend Tabelle 8.1 bis Tabelle 8.10 zu berücksichtigen. Die Ermüdungsfestigkeit lautet dann:

$$\Delta\sigma_{C,\text{red}} = k_s \Delta\sigma_C \quad (7.1)$$

### 8 Ermüdungsnachweis

(1) Die Spannungsschwingbreiten für Nennspannungen, korrigierte Nennspannungen oder Strukturspannungen (Kerbspannungen) infolge der häufig auftretenden Lasten  $\psi_1 Q_k$ , siehe EN 1990, sind in der Regel zu begrenzen durch:

$$\Delta\sigma \leq 1,5 f_y \quad \text{für Längsspannungen;} \quad (8.1)$$

$$\Delta\tau \leq 1,5 f_y / \sqrt{3} \quad \text{für Schubspannungen.}$$

(2) Folgende Ermüdungsnachweise sind zu führen:

$$\frac{\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}} \leq 1,0$$

und (8.2)

$$\frac{\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_C / \gamma_{Mf}} \leq 1,0.$$

**ANMERKUNG** Die Tabellen 8.1 bis 8.9 erfordern für einige Kerbfälle die Verwendung von Spannungsschwingbreiten für Hauptspannungen.

**DIN EN 1993-1-9:2010-12**  
**EN 1993-1-9:2005 + AC:2009 (D)**

(3) Bei gleichzeitiger Wirkung von Längs- und Schubspannungsschwingbreiten  $\Delta\sigma_{E,2}$  und  $\Delta\tau_{E,2}$  ist in der Regel nachzuweisen, dass

$$\left( \frac{\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}} \right)^3 + \left( \frac{\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_C / \gamma_{Mf}} \right)^5 \leq 1,0 \quad (8.3)$$




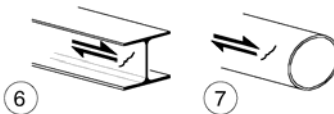
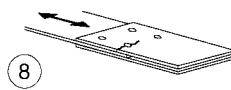
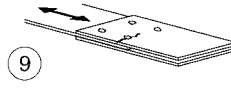
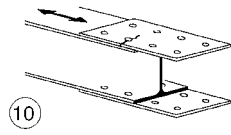
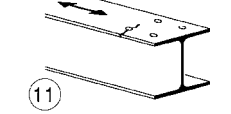
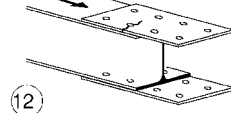
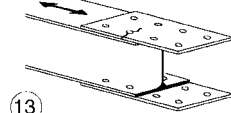
falls nicht bei den Kerbfallkategorien in Tabelle 8.8 und Tabelle 8.9 ein anderes Nachweisformat angegeben ist.

(4) Wenn keine Angaben zu  $\Delta\sigma_{E,2}$  oder  $\Delta\tau_{E,2}$  vorliegen, darf der Nachweis nach Anhang A erfolgen.

ANMERKUNG 1 Die in Anhang A dargestellten Regelungen für Längsspannungsschwingspiele  $\boxed{AC}$  können auch analog für Schubspannungsschwingspiele  $\boxed{AC}$  verwendet werden.

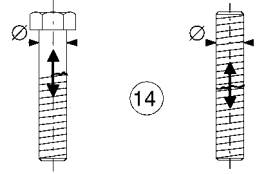
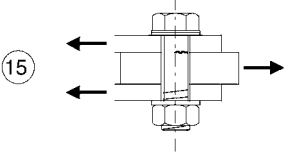
ANMERKUNG 2 Hinweise zur Anwendung von Anhang A dürfen im Nationalen Anhang gegeben werden.

Tabelle 8.1 — Ungeschweißte Bauteile und Anschlüsse mit mechanischen Verbindungsmitteln

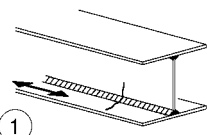
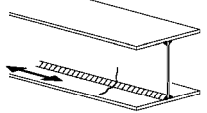
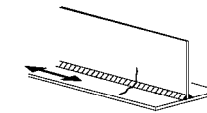
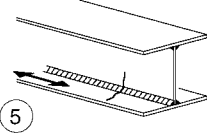
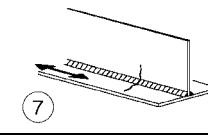
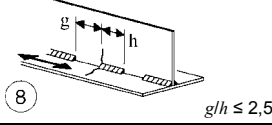
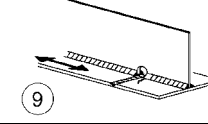
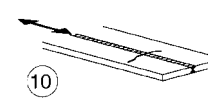
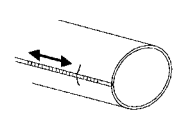
Kerbfall	Konstruktionsdetail	Beschreibung	Anforderungen	
160	ANMERKUNG Der Kerbfall 160 ist der höchst mögliche; kein Kerbfall kann bei irgendeiner Anzahl an Spannungsschwingspielen eine höhere Ermüdungsfestigkeit erreichen. 	<u>AC</u> Gewalzte oder gepresste Erzeugnisse: <u>AC</u> 1) <u>AC</u> Bleche und Flachstäbe mit gewalzten Kanten; <u>AC</u> 2) <u>AC</u> Walzprofile mit gewalzten Kanten; <u>AC</u> 3) Nahtlose rechteckige oder runde Hohlprofile.	Kerbfälle 1) bis 3): Scharfe Kanten, Oberflächen- und Walzfehler sind durch Schleifen zu beseitigen und ein nahtloser Übergang herzustellen.	
140		<u>Gescherte oder brenngeschnittene Bleche:</u> 4) Maschinell brenngeschnittener Werkstoff mit nachträglicher mechanischer Bearbeitung 5) Maschinell brenngeschnittener Werkstoff mit seichten und regelmäßigen Brennriefen oder von Hand brenngeschnittener Werkstoff mit nachträglicher mechanischer Bearbeitung. Maschinell brenngeschnittener Werkstoff der Schnittqualität entsprechend EN 1090.	4) Alle sichtbaren Randkerben sind zu beseitigen, Schnittflächen zu überschleifen und Kanten zu brechen. Riefen infolge mechanischer Bearbeitung (z. B. Schleifen) müssen parallel zu den Spannungen verlaufen.	
125			Kerbfälle 4) und 5): Einspringende Ecken sind durch Schleifen (Neigung $\leq 1/4$ ) zu bearbeiten oder durch einen entsprechenden Spannungskonzentrationsfaktor zu berücksichtigen keine Ausbesserungen durch Verfüllen mit Schweißgut	
100 $m = 5$		6) und 7) <u>AC</u> Gewalzte oder gepresste Erzeugnisse entsprechend der Kerbfälle 1), 2), 3) <u>AC</u>	Kerbfälle 6) und 7): $\Delta \tau$ berechnet nach: $\tau = \frac{V S(t)}{I t}$	
Für Kerbfall 1–5 ist bei Einsatz von wetterfestem Stahl der nächsttiefere Kerbfall zu verwenden.				
112		8) Symmetrische zweischnittige Verbindung mit hochfesten vorgespannten Schrauben. 8) Symmetrische zweischnittige Verbindung mit vorgespannten Injektionsschrauben	8) $\Delta \sigma$ ist am Bruttoquerschnitt zu ermitteln. 8) ... Bruttoquerschnitt ...	Allgemein gilt für geschraubte Verbindungen (Kerbfälle 8) bis 13)):  Lochabstand vom Rand in Krafrichtung: $e_1 \geq 1,5 d$  Lochabstand vom Rand senkrecht zur Krafrichtung: $e_2 \geq 1,5 d$  Lochabstand in Krafrichtung: $p_1 \geq 2,5 d$  Lochabstand senkrecht zur Krafrichtung: $p_2 \geq 2,5 d$  Ausbildung nach EN 1993-1-8, Bild 3.1
90		9) Zweischnittige Verbindung mit Passschrauben. 9) Zweischnittige Verbindung mit nicht vorgespannten Injektionsschrauben	9) ... Nettoquerschnitt ... 9) ... Nettoquerschnitt ...	
		10) Einschnittige Verbindung mit hochfesten vorgespannten Schrauben. 10) Einschnittige Verbindung mit vorgespannten Injektionsschrauben	10) ... Bruttoquerschnitt ... 10) ... Bruttoquerschnitt ...	
		11) Bauteile mit Löchern unter Biegung und Normalkraft.	11) ... Nettoquerschnitt ...	
80		12) Einschnittige Verbindung mit Passschrauben. 12) Einschnittige Verbindung mit nicht vorgespannten Injektionsschrauben	12) ... Nettoquerschnitt ... 12) ... Nettoquerschnitt ...	
50		13) Einschnittige oder symmetrische zweischnittige Verbindung mit Lochspiel und nicht vorgespannten Schrauben. Keine Lastumkehr.	13) ... Nettoquerschnitt ...	

**DIN EN 1993-1-9:2010-12**  
**EN 1993-1-9:2005 + AC:2009 (D)**

**Tabelle 8.1 (fortgesetzt)**

Kerbfall	Konstruktionsdetail		Beschreibung	Anforderungen
50	Größenabhängigkeit für $\varnothing > 30$ mm: $k_s = (30/\varnothing)^{0,25}$		14) Schrauben und Gewindestangen mit gerolltem oder geschnittenem Gewinde unter Zug. Bei großen Durchmessern (Ankerschrauben) muss der Größeneffekt mit $k_s$ berücksichtigt werden.	14) $\Delta\sigma$ ist am Spannungsquerschnitt der Schraube zu ermitteln. Biegung und Zug infolge Abstützkräften sowie weitere Biegespannungen (z. B. sekundäre Biegespannungen) sind zu berücksichtigen. Bei vorgespannten Schrauben darf die reduzierte Spannungsschwingbreite berücksichtigt werden.
100 $m=5$			<u>Schrauben in ein- oder zweischnittigen Scher-Lochleibungsverbindungen</u> (Gewinde nicht in der Scherfläche) 15) – Passschrauben – Schrauben ohne Lastumkehr (Schraubengüten 5.6, 8.8 oder 10.9)	15) $\Delta\tau$ ist am Schaftquerschnitt zu ermitteln.

**Tabelle 8.2 — Geschweißte zusammengesetzte Querschnitte**

Kerbfall	Konstruktionsdetail	Beschreibung	Anforderungen
125		<u>Durchgehende Längsnähte:</u> 1) <b>AC</b> Mit Automaten oder voll mechanisiert <b>AC</b> beidseitig durchgeschweißte Nähte. 2) <b>AC</b> Mit Automaten oder voll mechanisiert geschweißte <b>AC</b> Kehlnähte. Die Enden von aufgeschweißten Gurtplatten sind gem. Kerbfall 6) oder 7) in Tabelle 8.5 nachzuweisen.	<u>Kerbfälle 1) und 2):</u> Es dürfen keine Schweißansatzstellen vorhanden sein, ausgenommen bei Durchführung einer Reparatur mit anschließender Überprüfung der Reparaturerschweißung.
112	 	3) <b>AC</b> Mit Automaten oder voll mechanisiert geschweißte <b>AC</b> Doppelkehlnähte oder beidseitig durchgeschweißte Nähte, beide mit Ansatzstellen. 4) <b>AC</b> Mit Automaten oder voll mechanisiert <b>AC</b> einseitig durchgeschweißte Naht mit nicht unterbrochener Schweißbadsicherung, aber ohne Ansatzstellen.	4) Weist dieser Kerbfall Ansatzstellen auf, ist er der Kerbgruppe 100 zuzuordnen.
100		5) Handgeschweißte Kehlnähte oder HV-Nähte oder DHV-Nähte. 6) <b>AC</b> Von Hand oder mit Automaten oder voll mechanisiert <b>AC</b> einseitig durchgeschweißte Nähte, speziell bei Hohlkästen.	5) und 6) Zwischen Flansch und Stegblech ist eine sehr gute Passgenauigkeit erforderlich. Dabei ist bei HV-Nähten das Stegblech so anzuschragen, dass die Wurzel ausreichend und ohne Herausfließen von Schweißgut erfasst werden kann.
100		7) <b>AC</b> Ausgebesserte automaten- oder voll mechanisiert geschweißte <b>AC</b> oder handgeschweißte Kehlnähte oder Stumpfnähte nach Kerbfall 1) bis 6).	7) Durch Nachschleifen aller sichtbaren Fehlstellen durch einen Spezialisten sowie einer entsprechenden Überprüfung kann der ursprüngliche Kerbfall wiederhergestellt werden.
80	 $g/h \leq 2,5$	8) Unterbrochene Längsnähte.	8) $\Delta\sigma$ wird mit der Längsspannung im Flansch berechnet.
71		9) Längsnähte, Kehlnähte oder unterbrochene Nähte mit Freischnitten (kleiner 60 mm). Bei Freischnitten > 60 mm gilt Kerbfall 1) in Tabelle 8.4.	9) $\Delta\sigma$ wird mit der Längsspannung im Flansch berechnet.
125		10) Längsbeanspruchte Stumpfnäht, beidseitig in Lastrichtung blecheben geschliffen, 100 % ZFP.	
112		10) Ohne Schleifen und ohne Ansatzstellen.	
90		10) Mit Ansatzstellen.	
140		11) <b>AC</b> Mit Automaten oder voll mechanisiert geschweißte <b>AC</b> Längsnaht in Hohlprofilen ohne Ansatzstellen.	11) <b>AC</b> gestrichener Text <b>AC</b> Wanddicke $t \leq 12,5$ mm
125		11) <b>AC</b> Mit Automaten oder voll mechanisiert geschweißte <b>AC</b> Längsnaht in Hohlprofilen ohne Ansatzstellen.	11) Wanddicke $t > 12,5$ mm
90		11) Mit Ansatzstellen.	

Werden die Kerbfälle 1 bis 11 mit voll mechanisierter Schweißung ausgeführt, gelten die Kerbfallkategorien für Automatischschweißung.

**DIN EN 1993-1-9:2010-12**  
**EN 1993-1-9:2005 + AC:2009 (D)**

**Tabelle 8.3 — Quer laufende Stumpfnähte**

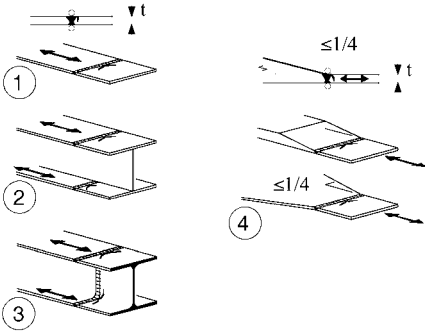
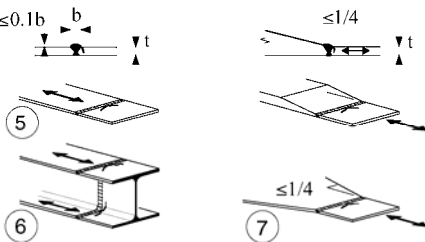
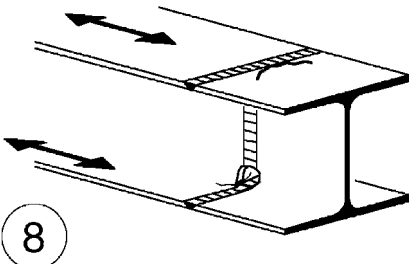
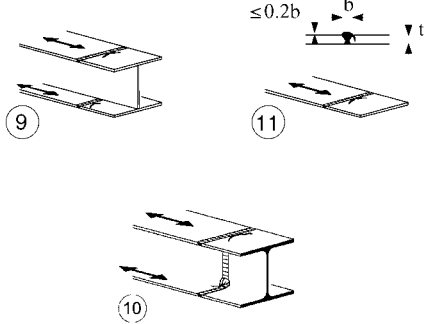
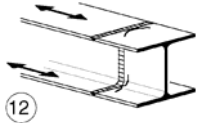
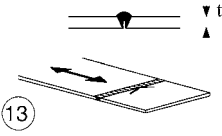

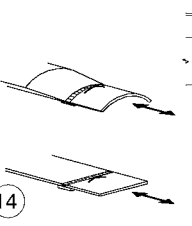
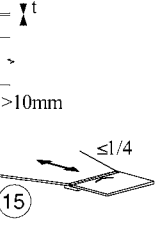

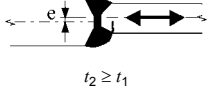
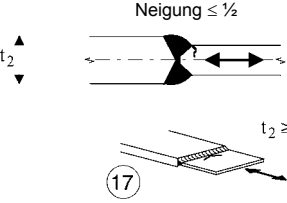

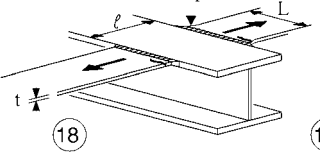
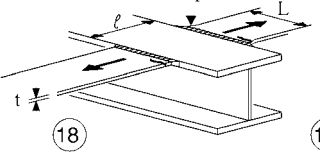
Kerbfall	Konstruktionsdetail	Beschreibung	Anforderungen
112		<p><u>Ohne Schweißbadsicherung:</u></p> <p>1) Querstöße in Blechen und Flachstählen.</p> <p>2) Vor dem Zusammenbau geschweißte Flansch- und Stegstöße in geschweißten Blechträgern.</p> <p>3) Vollstöße von Walzprofilen mit Stumpfnähten ohne Freischnitte.</p> <p>4) Querstöße in Blechen oder Flachstählen, abgeschrägt in Breite oder Dicke mit einer Neigung <math>\leq 1/4</math>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Alle Nähte blecheben in Lastrichtung geschliffen.</li> <li>– Schweißnahtan- und -auslaufstücke sind zu verwenden und anschließend zu entfernen, Blechränder sind blecheben in Lastrichtung zu schleifen.</li> <li>– Beidseitige Schweißung mit ZFP.</li> </ul> <p><u>Kerbfall 3):</u> Walzprofile mit denselben Abmessungen ohne Toleranzunterschiede</p>
90		<p>5) Querstöße von Blechen oder Flachstählen.</p> <p>6) Vollstöße von Walzprofilen mit Stumpfnähten ohne Freischnitte.</p> <p>7) Querstöße von Blechen oder Flachstählen, abgeschrägt in Breite oder Dicke mit einer Neigung <math>\leq 1/4</math>. Der Übergang muss kerbfrei ausgeführt werden.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Die Nahtüberhöhung muss <math>\leq 10\%</math> der Nahtbreite und mit verlaufendem Übergang in die Blechoberfläche ausgeführt werden.</li> <li>– Schweißnahtan- und -auslaufstücke sind zu verwenden und anschließend zu entfernen, Blechränder sind blecheben in Lastrichtung zu schleifen.</li> <li>– Beidseitige Schweißung mit ZFP.</li> </ul> <p><u>Kerbfälle 5 und 7:</u> Die Nähte sind in Wannenlage zu schweißen.</p>
90		<p>8) Vollstöße von Walzprofilen mit Stumpfnähten mit Freischnitten.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Alle Nähte blecheben in Lastrichtung geschliffen.</li> <li>– Schweißnahtan- und -auslaufstücke sind zu verwenden und anschließen zu entfernen, Blechränder sind blecheben in Lastrichtung zu schleifen.</li> <li>– Beidseitige Schweißung mit ZFP.</li> <li>– Walzprofile mit denselben Abmessungen ohne Toleranzunterschiede</li> </ul>
80		<p>9) Querstöße in geschweißten Blechträgern ohne Freischnitte.</p> <p>10) Vollstöße von Walzprofilen mit Stumpfnähten mit Freischnitten.</p> <p>11) Querstöße in Blechen, Flachstählen, Walzprofilen oder geschweißten Blechträgern.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Die Nahtüberhöhung muss <math>\leq 20\%</math> der Nahtbreite und mit verlaufendem Übergang in die Blechoberfläche ausgeführt werden.</li> <li>– keine Schweißnahtnachbehandlung</li> <li>– Schweißnahtan- und -auslaufstücke sind zu verwenden und anschließen zu entfernen, Blechränder sind blecheben in Lastrichtung zu schleifen.</li> <li>– Beidseitige Schweißung mit ZFP.</li> </ul> <p><u>Kerbfall 10:</u> Die Nahtüberhöhung muss <math>\leq 10\%</math> der Nahtbreite und mit verlaufendem Übergang in die Blechoberfläche ausgeführt werden.</p>
63		<p>12) Querstöße in Walzquerschnitten (ohne Freischnitt).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Schweißnahtan- und -auslaufstücke sind zu verwenden und anschließen zu entfernen, Blechränder sind blecheben in Lastrichtung zu schleifen.</li> <li>– Beidseitige Schweißung</li> </ul>

Tabelle 8.3 (fortgesetzt)

Kerbfall	Konstruktionsdetail	Beschreibung	Anforderungen
36		13) Einseitig geschweißte Stumpfnähte.	13) Ohne Schweißbadsicherung.
71	Blechdickenabh. f. $t > 25$ mm: $k_s = (25/t)^{0,2}$ 	13) Einseitig geschweißte Stumpfnähte mit Inspektion der Wurzel-lage durch ZFP.	
71	Blechdickenabhängigkeit für $t > 25$ mm: $k_s = (25/t)^{0,2}$  	<u>Mit Schweißbadsicherung:</u> 14) Querstöße 15) Querstöße von Blechen, abgeschrägt in Breite oder Dicke mit einer Neigung $\leq 1/4$ . Auch gültig für gekrümmte Bleche.	<u>Kerbfälle 14) und 15):</u> Die Kehlnaht, mit der die Schweißbadsicherung angeschweißt wird, muss mindestens 10 mm von den Rändern des beanspruchten Bleches entfernt enden. Die Heft-naht muss innerhalb der späteren Stumpfnahnt liegen.
50	Blechdickenabhängigkeit für $t > 25$ mm: $k_s = (25/t)^{0,2}$ 	16) Quernähte mit verbleibender Schweißbadsicherung, abgeschrägt in Breite oder Dicke mit einer Neigung $\leq 1/4$ . Auch gültig für gekrümmte Bleche.	16) Wenn eine gute Passgenauigkeit nicht sichergestellt ist oder wenn die Anschlussnähte der Wurzelunterlage $\leq 10$ mm von den Blechrändern entfernt enden.
71	Blechdickenabhängigkeit für $t > 25$ mm und/oder Berücksichtigung der Exzentrizität: $k_s = \left( \frac{25}{t_1} \right)^{0,2} \left/ \left( 1 + \frac{6e}{t_1} \frac{t_1^{1,5}}{t_1^{1,5} + t_2^{1,5}} \right) \right.$ 	 Neigung $\leq 1/2$ $t_2 \geq t_1$ 	17) Quernaht zwischen Blechen unterschiedlicher Dicke ohne Übergang und ohne Exzentrizität.
<b>AC</b> 40 <b>AC</b>		18) Quernaht an sich kreuzenden Gurten	<u>Kerbfälle 18) und 19)</u> Die Ermüdungsfestigkeit senkrecht zur Lasttrichtung ist nach Tabelle 8.4, Kerbfall 4 oder 5 nachzuweisen.
wie 4 in Tabelle 8.5		19) Mit Übergang entsprechend Tabelle 8.4, Kerbfall 4.	

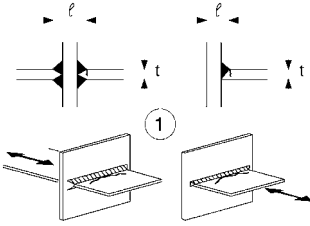
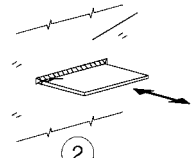
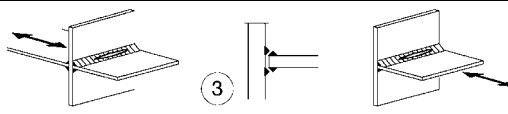
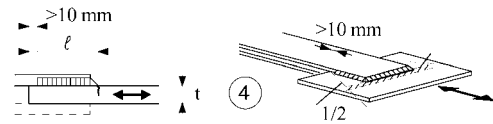
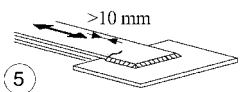
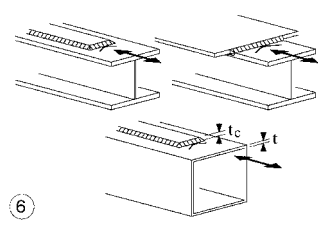
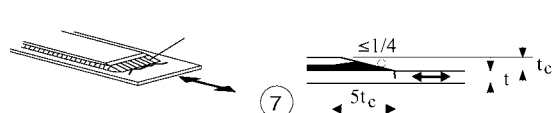
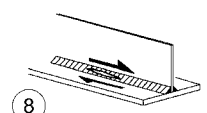
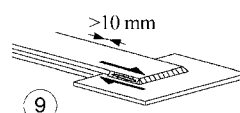
**DIN EN 1993-1-9:2010-12**  
**EN 1993-1-9:2005 + AC:2009 (D)**

**Tabelle 8.4 — Angeschweißte Anschlüsse und Steifen**

Kerbfall	Konstruktionsdetail	Beschreibung	Anforderungen
80	$L \leq 50 \text{ mm}$	<u>Längsrippen:</u> 1) Die Kerbgruppe hängt von der Länge $L$ der Längsrippe ab.	Die Dicke der Steifen muss kleiner sein als ihre Höhe, sonst siehe Tabelle 8.5, Kerbfall 5 oder 6.
71	$50 < L \leq 80 \text{ mm}$		
63	$80 < L \leq 100 \text{ mm}$		
56	$L > 100 \text{ mm}$		
71	$L > 100 \text{ mm}$ $\alpha < 45^\circ$	2) Längsrippen an ebenen oder gekrümmten Blechen	
80	$r > 150 \text{ mm}$	3) Längsgeschweißte Anschlussbleche mit Ausrundung an ebenen oder gekrümmten Blechen, Endverstärkung der Kehlnaht (voll durchgeschweißt); Länge der Verstärkungsnaht $> r$ .	<u>Kerbfall 3) und 4):</u> Am Knotenblech muss ein gleichmäßiger Übergang hergestellt werden, und zwar vor dem Schweißen mit dem Radius $r$ durch maschinelle Bearbeitung oder Brennschneiden und nach dem Schweißen durch Schleifen der Schweißzone parallel zur Lastrichtung, so dass der Schweißnahtübergang der Quernaht vollständig entfernt ist.
90	$\frac{AC}{AC} \frac{r}{\ell} \geq \frac{1}{3}$ oder $r > 150 \text{ mm}$	4) An den Blech- oder Trägerflanschrändern angeschweißtes Knotenblech.	
71	$\frac{AC}{AC} \frac{1}{6} \leq \frac{r}{\ell} \leq \frac{1}{3}$		
50	$\frac{AC}{AC} \frac{r}{\ell} < \frac{1}{6}$		
40		5) Ohne Nachbehandlung, ohne Ausrundungsradius.	
80	$\ell \leq 50 \text{ mm}$	<u>Quersteifen:</u> 6) Quersteifen auf Blechen 7) Vertikalsteifen in Walz- oder geschweißten Blechträgern.	<u>Kerbfälle 6) und 7):</u> Die Schweißnahtenden sind sorgfältig zu schleifen, um Einbrandkerben zu entfernen.
71	$50 < \ell \leq 80 \text{ mm}$	8) Am Steg oder Flansch angeschweißte Querschotte in Kasten-trägern. Nicht für Hohlprofile. Die Kerbfälle gelten auch für Ringsteifen.	
80		9) Einfluss geschweißter Kopfbolzendübel auf den Grundwerkstoff.	

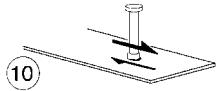
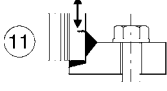
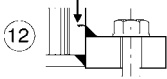


Tabelle 8.5 — Geschweißte Stöße

Kerbfall	Konstruktionsdetail		Beschreibung	Anforderungen
80	$\ell < 50$	alle $t$		<p><u>Kreuz- und T-Stöße:</u></p> <p>1) Riss am Schweißnahtübergang in voll durchgeschweißten Stumpfnähten und allen nicht durchgeschweißten Nähten.</p> <p>2) <math>\Delta\sigma</math> ist mit korrigierten Nennspannungsschwingbreiten zu ermitteln.</p> <p>3) Es sind 2 Ermüdungsnachweise erforderlich: zum einen der Nachweis gegen Riss der Schweißnahtwurzel mit Spannungen nach Abschnitt 5 mit Kerbgruppe 36* für <math>\sigma_w</math> und Kerbgruppe 80 für <math>\tau_w</math>, zum anderen der Nachweis des Nahtüberganges mit Bestimmung von <math>\Delta\sigma</math> in den belasteten Blechen.</p> <p><u>Kerbfälle 1) bis 3):</u></p> <p>Die Ausmittigkeit der belasteten Bleche muss <math>\leq 15\%</math> der Dicke des Zwischenblechs sein.</p>
71	$50 < \ell \leq 80$	alle $t$		
63	$80 < \ell \leq 100$	alle $t$		
56	$100 < \ell \leq 120$	alle $t$		
56	$\ell > 120$	$t \leq 20$		
50	$120 < \ell \leq 200$ $\ell > 200$	$t > 20$ $20 < t \leq 30$		
45	$200 < \ell \leq 300$ $\ell > 300$	$t > 30$ $30 < t \leq 50$		
40	$\ell > 300$	$t > 50$		
wie Kerbfall 1 in Tabelle 8.5	verformbares Anschlussblech 		<p>2) Riss am Schweißnahtübergang, ausgehend von der Kante des Anschlussbleches, mit Spannungskonzentrationen an den Schweißnahtenden infolge Blechverformungen.</p>	
36*			<p>3) Wurzelriss bei nicht voll durchgeschweißten T-Stößen oder Kehlnähten oder in T-Stößen nach Bild 4.6 in EN 1993-1-8:2005. <b>[AC]</b></p>	
wie Kerbfall 1 in Tabelle 8.5	 <p>Spannungsfläche im Hauptblech: Neigung = 1/2</p>		<p><u>Anschlüsse mit überlappenden Bauteilen:</u></p> <p>4) Mit Kehlnähten geschweißte Laschenverbindung.</p>	<p>4) Berechnung von <math>\Delta\sigma</math> im Hauptblech mit der in der Skizze gezeigten Fläche.</p> <p>5) Berechnung von <math>\Delta\sigma</math> in den überlappenden Laschen.</p> <p><u>Kerbfälle 4) und 5):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schweißnahtenden müssen <math>\geq 10</math> mm vom Blechende entfernt sein.</li> <li>Ein Schubabriss in der Schweißnaht ist mit Kerbfall 8) zu überprüfen.</li> </ul>
45*			<p>5) Mit Kehlnähten geschweißte Laschenverbindung.</p>	
56*	$t_c < t$	$t_c \geq t$		<p><u>Gurtlamellen auf Walzprofilen und geschweißten Blechträgern:</u></p> <p>6) Endbereiche von einlagig oder mehrlagig aufgeschweißten Gurtplatten mit und ohne Stirnnaht.</p> <p>7) Die Stirnnaht ist blechen zu schleifen. Zusätzlich ist für <math>t_c &gt; 20</math> mm die Lamelle mit einer Neigung <math>&lt; 1/4</math> auszubilden.</p>
50	$t \leq 20$	—		
45	$20 < t \leq 30$	$t \leq 20$		
40	$30 < t \leq 50$	$20 < t \leq 30$		
36	—	$t > 50$		
56	verstärkte Stirnnaht 		<p>7) Gurtlamellen auf Walzprofilen und geschweißten Blechträgern.</p> <p>5) <math>t_c</math> ist die Minillänge der Verstärkungsnaht.</p>	<p>7) Die Stirnnaht ist blechen zu schleifen. Zusätzlich ist für <math>t_c &gt; 20</math> mm die Lamelle mit einer Neigung <math>&lt; 1/4</math> auszubilden.</p>
80 $m=5$	 		<p>8) Durchgehende Kehlnähte, die einen Schubfluss übertragen, wie z. B. Halskehlnähte zwischen Stegblech und Flansch bei geschweißten Blechträgern.</p> <p>9) Mit Kehlnähten geschweißte Laschenverbindung.</p>	<p>8) <math>\Delta\tau</math> ist auf die Schweißnahtdicke bezogen zu berechnen.</p> <p>9) <math>\Delta\tau</math> ist auf die Schweißnahtdicke bezogen unter Berücksichtigung der Gesamtlänge der Schweißnaht zu berechnen. Schweißnahtenden müssen <math>\geq 10</math> mm vom Blechende entfernt sein.</p>

**DIN EN 1993-1-9:2010-12**  
**EN 1993-1-9:2005 + AC:2009 (D)**

**Tabelle 8.5 (fortgesetzt)**

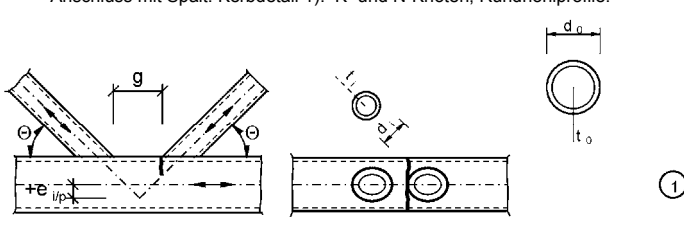
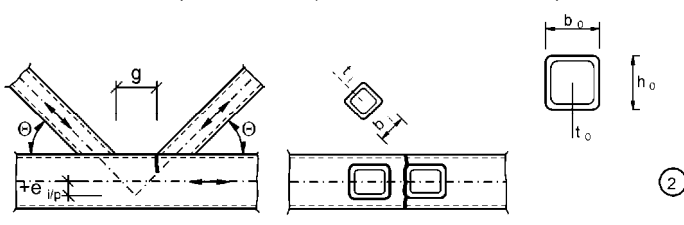
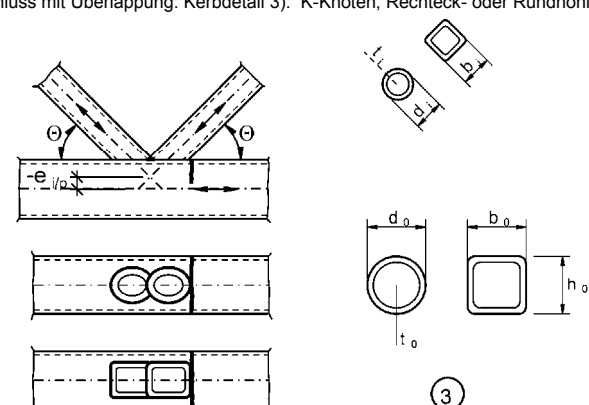
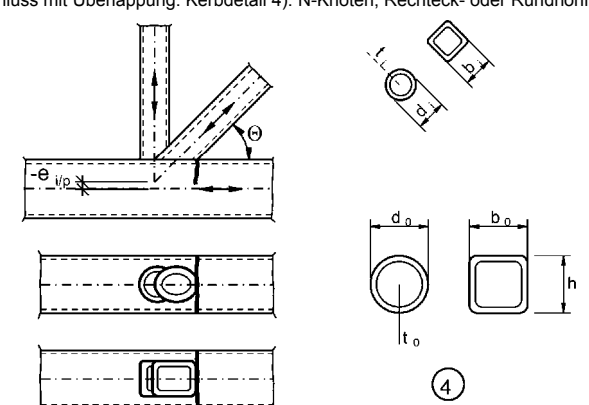
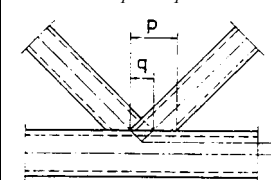
Kerbfall	Konstruktionsdetail	Beschreibung	Anforderungen
siehe EN 1994-2 (90 $m=8$ )		<u>Schweißnähte unter Querkraftbeanspruchung:</u> 10) Kopfbolzendübel in Verbundwirkung	10) $\Delta r$ wird am Nennquerschnitt des Dübels ermittelt.
71	 	11) Ringflansanschluss mit zu 80 % durchgeschweißten Stumpfnähten.	11) Der Schweißnahtübergang ist zu überschleifen. $\Delta \sigma$ wird am Rohrquerschnitt berechnet.
40		12) Ringflansanschluss mit Kehlnähten	12) $\Delta \sigma$ wird am Rohrquerschnitt berechnet.

**Tabelle 8.6 — Hohlprofile ( $t \leq 12,5$  mm)**

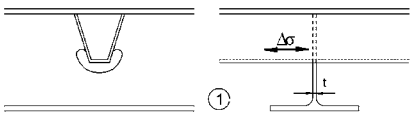
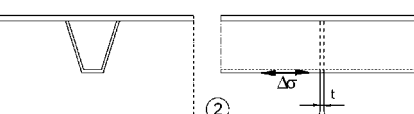

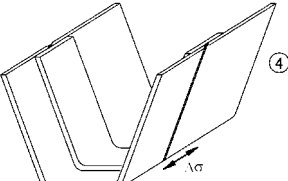
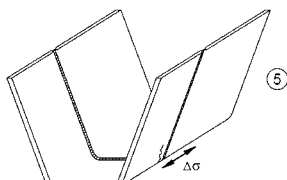
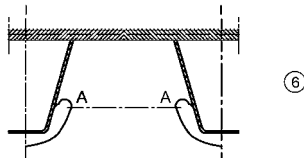
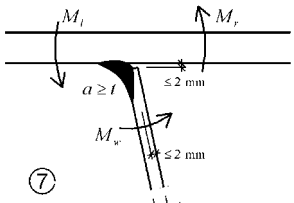
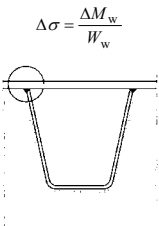
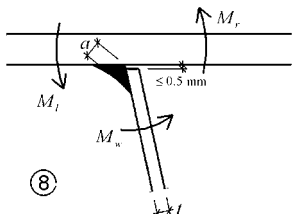
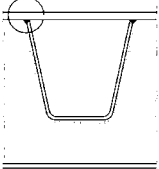
Kerbfall	Konstruktionsdetail		Beschreibung	Anforderungen
71			1) Ringflanschanschluss mit zusammengedrücktem Endquerschnitt, Stumpfnahht (X-Naht).	1) $\Delta\sigma$ ist am Rohrquerschnitt zu berechnen. Rohrdurchmesser $< 200$ mm
71	$\alpha \leq 45^\circ$		2) Rohr-Blech-Anschluss, Rohr geschlitzt und an das Blech geschweißt, Loch am Schlitzende.	2) $\Delta\sigma$ ist am Rohrquerschnitt zu berechnen. Schubrisse in der Schweißnaht sind nach Tabelle 8.5, Kerbfall 8) nachzuweisen.
63	$\alpha > 45^\circ$			
71	③		<u>Quernähte:</u> 3) Stöße von Rundhohlprofilen mit durchgeschweißten Stumpfnähten.	<u>Kerbfälle 3) und 4):</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Nahtüberhöhung <math>\leq 10\%</math> der Schweißnahtdicke mit verlaufendem Übergang in das Grundmaterial.</li> <li>– In Wannennlage geschweißte Nähte und nachweisbar frei von erkennbaren Fehlern außerhalb der Toleranzen nach EN 1090.</li> <li>– Konstruktionsdetails mit <math>t &gt; 8</math> mm dürfen 2 Kerbfallkategorien höher eingestuft werden.</li> </ul>
56	④		4) Stöße von Rechteckhohlprofilen mit durchgeschweißten Stumpfnähten.	
71			<u>Nicht tragende Schweißnähte:</u> 5) Mit Kehlnähten an ein anderes Bauteil angeschweißte runde oder rechteckige Hohlprofile.	5) <ul style="list-style-type: none"> <li>– Nicht tragende Schweißnähte.</li> <li>– Querschnittsbreite parallel zur Spannungsrichtung <math>l \leq 100</math> mm.</li> <li>– für andere Fälle siehe Tabelle 8.4.</li> </ul>
50			<u>Tragende Schweißnähte:</u> 6) Kopfplattenstoß von Rundhohlprofilen mit durchgeschweißten Nähten.	<u>Kerbfälle 6) und 7):</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Tragende Schweißnähte.</li> <li>– Schweißnahtinspektion und nachweisbar frei von erkennbaren Fehlern außerhalb der Toleranzen nach EN 1090.</li> <li>– Konstruktionsdetails mit Wanddicken <math>t &gt; 8</math> mm dürfen eine Kerbfallkategorien höher eingestuft werden.</li> </ul>
45			7) Kopfplattenstoß von Rechteckhohlprofilen mit durchgeschweißten Nähten.	
40			8) Kopfplattenstoß von Rundhohlprofilen mit Kehlnähten.	
36			9) Kopfplattenstoß von Rechteckhohlprofilen mit Kehlnähten.	<u>Kerbfälle 8) und 9):</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Tragende Schweißnähte.</li> <li>– Wanddicken <math>t \leq 8</math> mm.</li> </ul>

**DIN EN 1993-1-9:2010-12**  
**EN 1993-1-9:2005 + AC:2009 (D)**

**Tabelle 8.7 — Geschweißte Knoten von Fachwerkträgern**

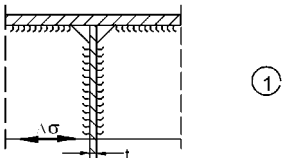
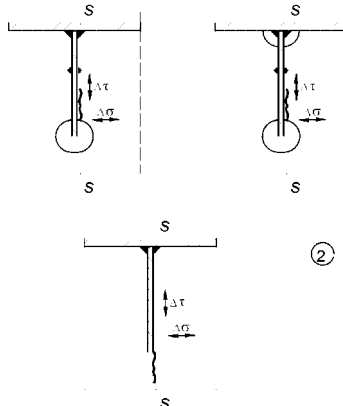
Kerbfall	Konstruktionsdetail	Anforderungen
90 $m = 5$	<p>Anschluss mit Spalt: Kerbdetail 1): K- und N-Knoten, Rundhohlprofile:</p> 	<p><u>Kerbfälle 1) und 2):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Es sind getrennte Nachweise für Gurte und Diagonalen zu führen.</li> <li>Bei Zwischenwerten von <math>t_0/t_i</math> ist zwischen den Kerbgruppen linear zu interpolieren.</li> <li>Bei Diagonalen mit <math>t \leq 8</math> mm sind Kehlnähte erlaubt.</li> <li><math>t_0</math> und <math>t_i \leq 8</math> mm</li> <li><math>35^\circ \leq \theta \leq 50^\circ</math></li> <li><math>b_0/t_0 \cdot t_0/t_i \leq 25</math></li> <li><math>d_0/t_0 \cdot t_0/t_i \leq 25</math></li> <li><math>0,4 \leq b_0/b_i \leq 1,0</math></li> <li><math>0,25 \leq d_0/d_i \leq 1,0</math></li> <li><math>b_0 \leq 200</math> mm</li> <li><math>d_0 \leq 300</math> mm</li> <li><math>-0,5h_0 \leq e_{v/p} \leq 0,25h_0</math></li> <li><math>-0,5d_0 \leq e_{v/p} \leq 0,25d_0</math></li> <li><math>e_{v/p} \leq 0,02b_0</math> oder <math>\leq 0,02d_0</math></li> </ul> <p>[<math>e_{v/p}</math>: Ausmittigkeit rechtwinklig zur Verbandsebene]</p> <p><u>Kerbfall 2):</u>  <math>0,5(b_0 - b_i) \leq g \leq 1,1(b_0 - b_i)</math>  und <math>g \geq 2t_0</math></p>
45 $m = 5$		
71 $m = 5$	<p>Anschluss mit Spalt: Kerbdetail 2): K- und N-Knoten, Rechteckprofile:</p> 	<p>[<math>e_{v/p}</math>: Ausmittigkeit rechtwinklig zur Verbandsebene]</p> <p><u>Kerbfall 2):</u>  <math>0,5(b_0 - b_i) \leq g \leq 1,1(b_0 - b_i)</math>  und <math>g \geq 2t_0</math></p>
36 $m = 5$		
71 $m = 5$	<p>Anschluss mit Überlappung: Kerbdetail 3): K-Knoten, Rechteck- oder Rundhohlprofile:</p> 	<p><u>Kerbfälle 3) und 4):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>30\% \leq \text{Überlappung} \leq 100\%</math></li> <li>Überlappung = <math>(g/p) \times 100\%</math></li> <li>Es sind getrennte Nachweise für Gurte und Diagonalen zu führen.</li> <li>Bei Zwischenwerten von <math>t_0/t_i</math> ist zwischen den Kerbgruppen linear zu interpolieren..</li> <li>Bei Diagonalen mit <math>t \leq 8</math> mm sind Kehlnähte erlaubt.</li> <li><math>t_0</math> und <math>t_i \leq 8</math> mm</li> <li><math>35^\circ \leq \theta \leq 50^\circ</math></li> <li><math>b_0/t_0 \cdot t_0/t_i \leq 25</math></li> <li><math>d_0/t_0 \cdot t_0/t_i \leq 25</math></li> <li><math>0,4 \leq b_0/b_i \leq 1,0</math></li> <li><math>0,25 \leq d_0/d_i \leq 1,0</math></li> <li><math>b_0 \leq 200</math> mm</li> <li><math>d_0 \leq 300</math> mm</li> <li><math>-0,5h_0 \leq e_{v/p} \leq 0,25h_0</math></li> <li><math>-0,5d_0 \leq e_{v/p} \leq 0,25d_0</math></li> <li><math>e_{v/p} \leq 0,02b_0</math> oder <math>\leq 0,02d_0</math></li> </ul> <p>[<math>e_{v/p}</math>: Ausmittigkeit rechtwinklig zur Verbandsebene]</p>
56 $m = 5$		
71 $m = 5$	<p>Anschluss mit Überlappung: Kerbdetail 4): N-Knoten, Rechteck- oder Rundhohlprofile:</p> 	<p>[<math>e_{v/p}</math>: Ausmittigkeit rechtwinklig zur Verbandsebene]</p> <p>Definition von <math>p</math> und <math>q</math>:</p> 
50 $m = 5$		

**Tabelle 8.8 — Orthotrope Platten mit Hohlrippen**

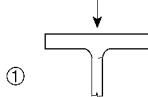
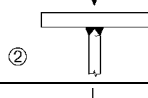
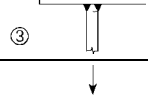
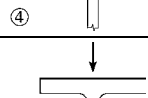
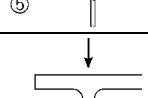
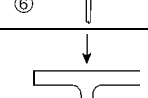

Kerbfall	Konstruktionsdetail		Beschreibung	Anforderungen
80	$t \leq 12 \text{ mm}$		1) Durchgehende Längsrippe mit Ausschnitt im Querträger.	1) Der Nachweis ist mit der Längsspannungsschwingbreite $\Delta\sigma$ in der Rippe zu führen.
71	$t > 12 \text{ mm}$			
80	$t \leq 12 \text{ mm}$		2) Durchgehende Längsrippe ohne Ausschnitt im Querträger.	2) Der Nachweis ist mit der Längsspannungsschwingbreite $\Delta\sigma$ in der Rippe zu führen.
71	$t > 12 \text{ mm}$			
36			3) Längsrippen am Querträger stoßen.	3) Der Nachweis ist mit der Längsspannungsschwingbreite $\Delta\sigma$ in der Rippe zu führen.
71			4) Rippenstoß, voll durchgeschweißte Stumpfnah mit Badsicherung.	4) Der Nachweis ist mit der Längsspannungsschwingbreite $\Delta\sigma$ in der Rippe zu führen. <del>AC</del> Die Haftnaht der Badsicherung ist nur innerhalb der späteren Stumpfnah zulässig. <del>AC</del>
112	wie 1, 2, 4 in Tabelle 8.3		5) Von beiden Seiten voll durchgeschweißte Stumpfnah ohne Badsicherung.	5) Der Nachweis ist mit der Längsspannungsschwingbreite $\Delta\sigma$ in der Rippe zu führen. <del>AC</del> gestrichener Text <del>AC</del>
90	wie 5, 7 in Tabelle 8.3			
80	wie 9, 11 in Tabelle 8.3			
71			6) Kritischer Schnitt im Querträgersteg mit Ausschnitten.	6) Der Nachweis ist mit der Spannungsschwingbreite im kritischen Schnitt unter Berücksichtigung von Vierendeel Effekten zu führen. ANMERKUNG Wird die Spannungsschwingbreite nach EN 1993-2, 9.4.2.2(3) ermittelt, darf Kerbfall 112 verwendet werden.
71			<u>Naht zwischen Deckblech und trapez- oder V-förmiger Rippe:</u> 7) Versenkte Naht mit $a \geq t$	7) Der Nachweis ist mit der Spannungsschwingbreite infolge Blechbiegung zu führen. $W_w$ ist mit $t$ zu berechnen.
50			8) Kehlnaht oder nicht voll durchgeschweißte Naht, wenn nicht durch Kerbfall 7) abgedeckt.	8) Der Nachweis ist mit der Spannungsschwingbreite infolge Biegung in der Schweißnaht oder im Blech zu führen. $W_w$ ist mit $a$ zu berechnen.

**DIN EN 1993-1-9:2010-12**  
**EN 1993-1-9:2005 + AC:2009 (D)**

**Tabelle 8.9 — Orthotrope Platten mit offenen Rippen**

Kerbfall	Konstruktionsdetail		Beschreibung	Anforderungen
80	$t \leq 12 \text{ mm}$		1) Anschluss einer Längsrippe an den Querträger.	1) Der Nachweis ist mit der Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma$ in der Rippe infolge Biegung zu führen.
71	$t > 12 \text{ mm}$			
56			2) Anschluss einer durchgehenden Längsrippe an den Querträger. $\Delta\sigma = \frac{\Delta M_s}{W_{\text{net},s}}$ $\Delta\tau = \frac{\Delta V_s}{A_{w,\text{net},s}}$ Spannungsschwingspiele zwischen den Längsrippen sind ebenfalls entsprechend EN 1993-2 nachzuweisen.	2) Der Nachweis ist mit der Kombination der Spannungsschwingbreite $\Delta\tau$ infolge Querkraft und der Spannungsschwingbreite infolge Biegung $\Delta\sigma$ im Querträgersteg mit einer äquivalenten Spannungsschwingbreite zu führen: $\Delta\sigma_{\text{eq}} = \frac{1}{2} \left( \Delta\sigma + \sqrt{\Delta\sigma^2 + 4\Delta\tau^2} \right)$

**Tabelle 8.10 — Obergurt-Stegblech Anschlüsse von Kranbahnträgern**

Kerbfall	Konstruktionsdetail	Beschreibung	Anforderungen
160		1) Gewalzte I- oder H-Querschnitte.	1) Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma_{\text{vert.}}$ im Steg infolge vertikaler Druckkräfte aus Radlasteinleitung.
71		2) Voll durchgeschweißter T-Stumpfstoß.	2) Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma_{\text{vert.}}$ im Steg infolge vertikaler Druckkräfte aus Radlasteinleitung.
36*		3) Nicht voll durchgeschweißter T-Stumpfstoß oder wirksam voll durchgeschweißter T-Stumpfstoß in Übereinstimmung mit EN 1993-1-8	3) Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma_{\text{vert.}}$ in der Schweißnaht infolge vertikaler Druckkräfte aus Radlasteinleitung.
36*		4) Kehlnähte	4) Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma_{\text{vert.}}$ in der Schweißnaht infolge vertikaler Druckkräfte aus Radlasteinleitung.
71		5) Gurt aus einem T-Profil mit voll durchgeschweißtem T-Stumpfstoß.	5) Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma_{\text{vert.}}$ im Steg infolge vertikaler Druckkräfte aus Radlasteinleitung.
36*		6) Gurt aus einem T-Profil mit nicht voll durchgeschweißtem T-Stumpfstoß oder wirksam voll durchgeschweißtem T-Stumpfstoß in Übereinstimmung mit EN 1993-1-8	6) Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma_{\text{vert.}}$ in der Schweißnaht infolge vertikaler Druckkräfte aus Radlasteinleitung.
36*		7) Gurt aus einem T-Profil mit Kehlnähten.	7) Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma_{\text{vert.}}$ in der Schweißnaht infolge vertikaler Druckkräfte aus Radlasteinleitung.

## **Anhang A** (normativ)

### **Bestimmung von ermüdungsrelevanten Lastkenngrößen und Nachweisformate**

#### **A.1 Bestimmung von Belastungszyklen**

(1) Typische Last-Zeit-Verläufe können aus Erfahrungswerten ähnlicher Lastsituationen angesetzt werden, solange diese eine konservative Abschätzung aller erwarteten Belastungszyklen innerhalb der Nutzungsdauer darstellen, siehe Bild A.1 a).

#### **A.2 Spannungszeitverlauf am Kerbdetail**

(1) Aus den Belastungszyklen sollte ein Spannungszeitverlauf am Kerbdetail unter Berücksichtigung der Art und des Verlaufs der Einflusslinien sowie dynamischer Vergrößerungsfaktoren ermittelt werden, siehe Bild A.1 b).

(2) Spannungszeitverläufe dürfen auch auf der Basis von Messungen an ähnlichen Tragwerken oder durch eine dynamische Berechnung des Tragwerkes bestimmt werden.

#### **A.3 Zählverfahren**

(1) Spannungszeitverläufe können durch folgende Zählverfahren bestimmt werden:

- Rainflow-Methode;
- Reservoir-Methode, siehe Bild A.1 c).

Hierbei werden folgende Parameter bestimmt:

- die Spannungsschwingbreiten sowie deren Anzahl;
- die Mittelspannung, falls der Mittelspannungseinfluss zu berücksichtigen ist.

#### **A.4 Spektrum der Spannungsschwingbreiten**

(1) Ein Spektrum der Spannungsschwingbreiten wird bestimmt, indem die Spannungsschwingbreiten mit der zugehörigen Anzahl der Schwingspiele in absteigender Reihenfolge geordnet werden, siehe Bild A.1 d).

(2) Bei der Bestimmung der Spektren der Spannungsschwingbreiten dürfen Spitzenwerte der Spannungsschwingbreiten vernachlässigt werden, wenn diese weniger als 1 % der Gesamtschädigung ausmachen; dies gilt auch für kleine Spannungsschwingbreiten, wenn diese unterhalb des Schwellenwertes der Ermüdungsfestigkeit liegen.

(3) Spektren der Spannungsschwingbreiten können entsprechend ihrer Völligkeit standardisiert werden, z. B. mit den normierten Achsen  $\Delta\sigma = 1,0$  und  $\Sigma n = 1,0$ .



## A.5 Anzahl der Spannungsschwingspiele bis zum Versagen

(1) Werden die Bemessungsspektren der Spannungsschwingbreiten  $\Delta\sigma_i$ , multipliziert mit  $\gamma_{Ff}$  und die Ermüdungsfestigkeitswerte  $\Delta\sigma_C$ , dividiert durch  $\gamma_{Mf}$  zur Bestimmung der Lebensdauerwerte  $N_{Ri}$  verwendet, so darf die Schadenakkumulation wie folgt durchgeführt werden:

$$D_d = \sum_i^n \frac{n_{Ei}}{N_{Ri}} \quad (A.1)$$

Dabei ist

$n_{Ei}$  die Anzahl der Spannungsschwingspiele, bezogen auf den Streifen  $i$  mit der Spannungsschwingbreite  $\gamma_{Ff} \Delta\sigma_i$ ;

$N_{Ri}$  die Lebensdauer als Anzahl der Schwingspiele, bezogen auf die Bemessungs-Wöhlerlinie  $\Delta\sigma_C / \gamma_{Mf} - N_R$  für die Spannungsschwingbreite  $\gamma_{Ff} \Delta\sigma_i$ .

(2) Mit der Annahme gleicher Schädigung  $D_d$  darf das Bemessungsspektrum der Spannungsschwingbreiten in ein beliebiges äquivalentes Bemessungsspektrum der Spannungsschwingbreiten umgerechnet werden. So kann z. B. nach der Umwandlung in eine äquivalente konstante Spannungsschwingbreite eine weitere Transformation in eine äquivalente Ermüdungslast  $Q_e$ , abhängig von der Anzahl der Spannungsschwingspiele  $n_{\max} = \sum n_i$ , oder in  $Q_{E,2}$  mit  $N_C = 2 \times 10^6$  Spannungsschwingspielen erfolgen.

## A.6 Nachweisformate

(1) In der Regel ist der Ermüdungsnachweis auf der Grundlage der Schadensakkumulation erbracht, wenn

— bei Anwendung der Schadensakkumulation:

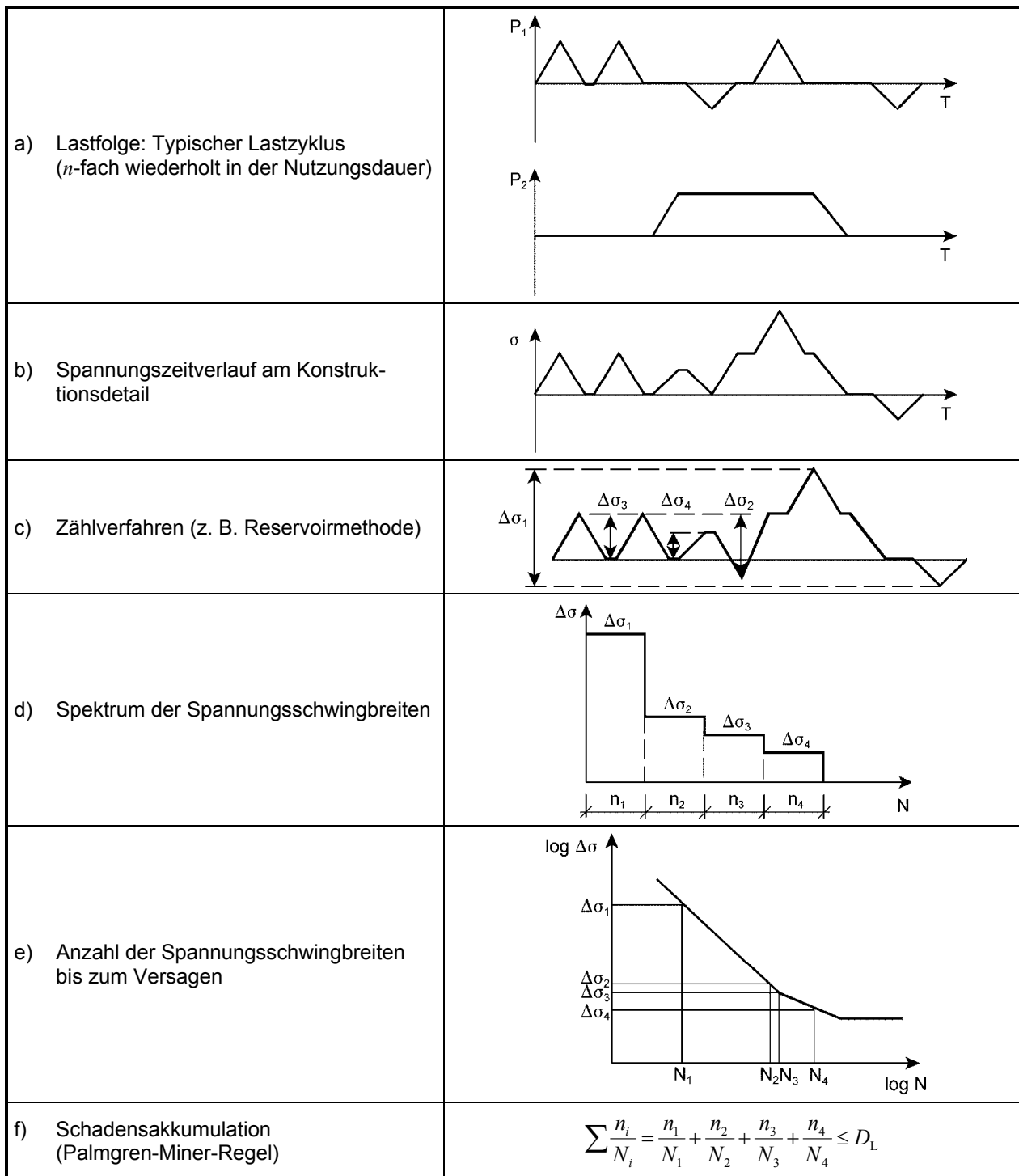
$$D_d \leq 1,0 \quad (A.2)$$

— bei der Anwendung der Spannungsschwingbreite:

$$\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2} \leq \sqrt[m]{D_d} \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_{Mf}} \quad (A.3)$$

Dabei ist  $m = 3$ .

**DIN EN 1993-1-9:2010-12**  
**EN 1993-1-9:2005 + AC:2009 (D)**



**Bild A.1 — Schadensakkumulation**

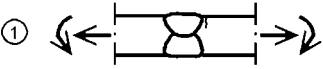

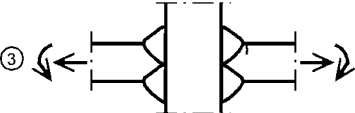
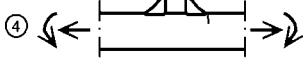
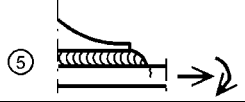


## Anhang B (normativ)

### Ermüdungsfestigkeit bei Verwendung von Strukturspannungen (Kerbspannungen)

(1) Die Kerbfälle für die Anwendung des Verfahrens mit Strukturspannungen (Kerbspannungen) sind in Tabelle B.1 für folgende Orte der Rissbildung zusammengestellt:

- Nahtübergang von Stumpfnähten;
- Nahtübergang von Kehlnähten an Anschlüssen;
- Nahtübergang von Kehlnähten in Kreuzstößen.

**Tabelle B.1 — Kerbfälle bei Verwendung von Strukturspannungen (Kerbspannungen)**

Kerbfall	Konstruktionsdetail	Beschreibung	Anforderungen
112		1) Voll durchgeschweißte Stumpfnahse.	1) – Alle Nähte blecheben in Lastrichtung geschliffen. – Schweißnahtan- und -auslaufstücke sind zu verwenden und anschließen zu entfernen, Blechränder sind blecheben in Lastrichtung zu schleifen. – Beidseitige Schweißung mit ZFP. – Für Exzentrizitäten siehe Anmerkung 1 unten.
100		2) Voll durchgeschweißte Stumpfnahse.	2) – Nähte nicht blecheben geschliffen – Schweißnahtan- und -auslaufstücke sind zu verwenden und anschließen zu entfernen, Blechränder sind blecheben in Lastrichtung zu schleifen. – Beidseitige Schweißung. – Für Exzentrizitäten siehe Anmerkung 1 unten.
100		3) Kreuzstoß mit voll durchgeschweißten K-Nähten.	3) – Anstellwinkel $\leq 60^\circ$ . – Für Exzentrizitäten siehe Anmerkung 1 unten.
100		4) Unbelastete Kehlnähte.	4) Anstellwinkel $\leq 60^\circ$ , siehe auch Anmerkung 2.
100		5) Enden von Anschlussblechen und Längssteifen.	5) Anstellwinkel $\leq 60^\circ$ , siehe auch Anmerkung 2
100		6) Enden von Gurtlamellen und ähnliche Anschlüsse.	6) Anstellwinkel $\leq 60^\circ$ , siehe auch Anmerkung 2
90		7) Kreuzstöße mit belasteten Kehlnähten.	7) – Anstellwinkel $\leq 60^\circ$ . – Für Exzentrizitäten siehe Anmerkung 1 unten. – siehe auch Anmerkung 2

ANMERKUNG 1 In Tabelle B.1 sind keine Exzentrizitäten enthalten; diese müssen bei der Spannungsermittlung explizit berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 2 Tabelle B.1 gilt nicht für Rissbildung an der Nahtwurzel, gefolgt von Risswachstum durch die Naht.

ANMERKUNG 3 Anstellwinkel der Schweißnaht ist in EN 1090 definiert.



**DIN EN 1993-1-9/NA**

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatzvermerk  
siehe unten

**Nationaler Anhang –  
National festgelegte Parameter –  
Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –  
Teil 1-9: Ermüdung**

National Annex –  
Nationally determined parameters –  
Eurocode 3: Design of steel structures –  
Part 1-9: Fatigue

Annexe Nationale –  
Paramètres déterminés au plan national –  
Eurocode 3: Calcul des structures en acier –  
Partie 1-9: Fatigue

**Ersatzvermerk**

Mit DIN EN 1993-1-1:2010-12, DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-3:2010-12, DIN EN 1993-1-3/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-5:2010-12, DIN EN 1993-1-5/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-8:2010-12, DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-9:2010-12, DIN EN 1993-1-10:2010-12, DIN EN 1993-1-10/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-11:2010-12 und DIN EN 1993-1-11/NA:2010-12 Ersatz für DIN 18800-1:2008-11;  
mit DIN EN 1993-1-1:2010-12, DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-8:2010-12, DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12, DIN EN 1993-1-9:2010-12, DIN EN 1993-1-10:2010-12 und DIN EN 1993-1-10/NA:2010-12 Ersatz für DIN V ENV 1993-1-1:1993-04, DIN V ENV 1993-1-1/A1:2002-05 und DIN V ENV 1993-1-1/A2:2002-05

Gesamtumfang 6 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

**DIN EN 1993-1-9/NA:2010-12****Vorwort**

Dieses Dokument wurde vom NA 005-08-16 AA „Tragwerksbemessung“ erstellt.

Dieses Dokument bildet den Nationalen Anhang zu DIN EN 1993-1-9:2010-12, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-9: Ermüdung*.

Die Europäische Norm EN 1993-1-9 räumt die Möglichkeit ein, eine Reihe von sicherheitsrelevanten Parametern national festzulegen. Diese national festzulegenden Parameter (en: *Nationally determined parameters*, NDP) umfassen alternative Nachweisverfahren und Angaben einzelner Werte, sowie die Wahl von Klassen aus gegebenen Klassifizierungssystemen. Die entsprechenden Textstellen sind in der Europäischen Norm durch Hinweise auf die Möglichkeit nationaler Festlegungen gekennzeichnet. Eine Liste dieser Textstellen befindet sich im Unterabschnitt NA 2.1. Darüber hinaus enthält dieser nationale Anhang ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1993-1-9:2010-12 (en: *non-contradictory complementary information*, NCI).

Dieser Nationale Anhang ist Bestandteil von DIN EN 1993-1-9:2010-12.

DIN EN 1993-1-9:2010-12 und dieser Nationale Anhang DIN EN 1993-1-9/NA:2010-12 ersetzen:

— zusammen mit DIN EN 1993-1-1, DIN EN 1993-1-1/NA, DIN EN 1993-1-3, DIN EN 1993-1-3/NA, DIN EN 1993-1-5, DIN EN 1993-1-5/NA, DIN EN 1993-1-8, DIN EN 1993-1-8/NA, DIN EN 1993-1-10, DIN EN 1993-1-10/NA, DIN EN 1993-1-11 und DIN EN 1993-1-11/NA  
die nationale Norm DIN 18800-1:2008-11.

**Änderungen**

Gegenüber DIN 18800-1:2008-11, DIN V ENV 1993-1-1:1993-04, DIN V ENV 1993-1-1/A1:2002-05 und DIN V ENV 1993-1-1/A2:2002-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) nationale Festlegungen zu DIN EN 1993-1-9:2010-12 aufgenommen.

**Frühere Ausgaben**

DIN 1050: 1934-08, 1937xxxx-07, 1946-10, 1957x-12, 1968-06

DIN 1073: 1928-04, 1931-09, 1941-01, 1974-07

DIN 1073 Beiblatt: 1974-07

DIN 1079: 1938-01, 1938-11, 1970-09

DIN 4100: 1931-05, 1933-07, 1934xxxx-08, 1956-12, 1968-12

DIN 4101: 1937xxx-07, 1974-07

DIN 18800-1: 1981-03, 1990-11, 2008-11

DIN 18800-1/A1: 1996-02

DIN V ENV 1993-1-1: 1993-04

DIN V ENV 1993-1-1/A1: 2002-05

DIN V ENV 1993-1-1/A2: 2002-05

**NA 1 Anwendungsbereich**

Dieser Nationale Anhang enthält nationale Festlegungen für Nachweisverfahren zur Prüfung der Ermüdungsfestigkeit von Bauteilen, Verbindungen und Anschlüssen, die unter Ermüdungsbeanspruchung stehen, die bei der Anwendung von DIN EN 1993-1-9:2010-12 in Deutschland zu berücksichtigen sind.

Dieser Nationale Anhang gilt nur in Verbindung mit DIN EN 1993-1-9:2010-12.

**NA 2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1993-1-9:2010-12****NA 2.1 Allgemeines**

DIN EN 1993-1-9:2010-12 weist an den folgenden Textstellen die Möglichkeit nationaler Festlegungen aus (NDP, en: *Nationally determined parameters*).

- 1.1(2);
- 2(2);
- 2(4);
- 3(2);
- 3(7);
- 5(2);
- 6.1(1);
- 6.2(2);
- 7.1(3);
- 7.1(5);
- 8(4).
- 6.1(1);
- 6.2(2);
- 7.1(3);
- 7.1(5);
- 8(4).

Darüber hinaus enthält NA 2.2 ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1993-1-9:2010-12. Diese sind durch ein vorangestelltes „NCI“ (en: *non-contradictory complementary information*) gekennzeichnet.

- 1.2
- Literaturhinweise

**DIN EN 1993-1-9/NA:2010-12****NA 2.2 Nationale Festlegungen**

Die nachfolgende Nummerierung entspricht der Nummerierung von DIN EN 1993-1-9:2010-12 bzw. ergänzt diese.

**NDP zu 1.1(2) Anmerkung 1**

Es gilt DIN EN 1090-2. Weitere Toleranzen für spezielle Kerbfälle sind in den Tabellen 8.1 bis 8.10 von DIN EN 1993-1-9:2010-12 allgemein und für Stahlbrücken in DIN EN 1993-2:2010-12, Anhang C geregelt.

**NDP zu 1.1(2) Anmerkung 2**

Es gilt DIN EN 1090-1.

**NCI zu 1.2 Normative Verweisungen**

NA DIN EN 1993-2:2010-12, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 2: Stahlbrücken; Deutsche Fassung EN 1993-2:2006*

**NDP zu 2(2) Anmerkung**

Die Ermüdungslasten sind nach DIN EN 1993-1-9:2010-12, Anhang A entsprechend den Betriebsbedingungen zu ermitteln; weitere Hinweise sind in [1] angegeben.

**NDP zu 2(4) Anmerkung**

Die Anwendung von Ermüdungsfestigkeitswerten aus Versuchen bedarf eines bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweises (Zustimmung im Einzelfall oder allgemeine bauaufsichtliche Zulassung). Hinweise zur Bestimmung von Ermüdungsfestigkeiten sind in [1] angegeben.

**NDP zu 3(2) Anmerkung 2**

Die Festlegungen zu Inspektionsprogrammen erfolgen in den jeweiligen Nationalen Anhängen zu den für die Anwendung geltenden Normen (z. B. DIN EN 1993-2 bis DIN EN 1993-6).

**NDP zu 3(7) Anmerkung**

Im Allgemeinen ist das *Konzept der Schadenstoleranz* anzuwenden und das Inspektionsprogramm danach auszurichten. In Sonderfällen, in denen regelmäßige Inspektionen unzumutbar oder unmöglich sind, ist das *Konzept der ausreichenden Sicherheit gegen Ermüdungsversagen ohne Vorankündigung* anzuwenden, siehe [1]. Weiteres ist den Normenteilen DIN EN 1993-2 bis DIN EN 1993-6 zu entnehmen. Für andere Fälle werden die in DIN EN 1993-1-9:2010-12, Tabelle 3.1 angegebenen Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_{Mf}$  für die Ermüdungsfestigkeit festgelegt.

**NDP zu 5(2) Anmerkung 2**

Die Regeln dürfen für Querschnitte der Klasse 4 angewendet werden, wenn nach den entsprechenden Anwendungsnormen unter häufigen Lasten kein Blech- bzw. Stegblechatmen auftritt.

**NDP zu 6.1(1) Anmerkung**

Informationen zu Nennspannungen, korrigierten Nennspannungen und Strukturspannungen sind in [1] angegeben.



**NDP zu 6.2(2) Anmerkung**

Es werden keine weiteren Hinweise gegeben.

**NDP zu 7.1(3) Anmerkung 2**

Hinweise zur Versuchsauswertung sind in [1] angegeben.

**NDP zu 7.1(5) Anmerkung**

Es werden keine weiteren Hinweise gegeben.

**NDP zu 8(4) Anmerkung 2**

Es werden keine weiteren Hinweise gegeben.

**DIN EN 1993-1-9/NA:2010-12**

**NCI**

**Literaturhinweise**

- [1] Stahlbau-Kalender 2006, Schwerpunkt: Dauerhaftigkeit, Kuhlmann, Ulrike (Hrsg.), Ernst und Sohn, Berlin