

DIN EN 1993-1-10

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatzvermerk
siehe unten

**Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –
Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und
Eigenschaften in Dickenrichtung;
Deutsche Fassung EN 1993-1-10:2005 + AC:2009**

Eurocode 3: Design of steel structures –
Part 1-10: Material toughness and through-thickness properties;
German version EN 1993-1-10:2005 + AC:2009

Eurocode 3: Calcul des structures en acier –
Partie 1-10: Choix des qualités d'acier vis à vis de la ténacité et des propriétés dans le
sens de l'épaisseur;
Version allemande EN 1993-1-10:2005 + AC:2009

Ersatzvermerk

Ersatz für DIN EN 1993-1-10:2005-07;
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 1993-1-9:2010-12,
DIN EN 1993-1-9/NA: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 1993-1-10 Berichtigung 1:2010-05

Gesamtumfang 22 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN



Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1993-1-10:2005 + 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 Mitgliedsstaaten 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   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 angenommen;
- 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 1993-1-10:2005-07, DIN EN 1993-1-10 Berichtigung 1:2010-05 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 1993-1-10: 2005-07

DIN EN 1993-1-10 Berichtigung 1: 2010-05

— Leerseite —

Deutsche Fassung

**Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten —
Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit
und Eigenschaften in Dickenrichtung**

Eurocode 3: Design of steel structures —
Part 1-10: Material toughness and through-thickness
properties

Eurocode 3: Calcul des structures en acier —
Partie 1-10: Choix des qualités d'acier vis à vis de la
ténacité et des propriétés dans le sens de l'épaisseur

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

Die Berichtigung tritt am 25. März 2009 in Kraft und wurde in EN 1993-1-10:2005 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

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Hintergrund des Eurocode-Programms	3
Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes	4
Nationale Fassungen der Eurocodes	5
Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (EN und ETAG)	5
Nationaler Anhang zu EN 1993-1-10	5
1 Allgemeines	6
1.1 Anwendungsbereich	6
1.2 Normative Verweisungen	6
1.3 Begriffe	7
1.4 Formelzeichen	8
2 Auswahl der Stahlsorten im Hinblick auf die Bruchzähigkeit	8
2.1 Allgemeines	8
2.2 Vorgehensweise	9
2.3 Zulässige Erzeugnisdicken	11
2.3.1 Allgemeines	11
2.3.2 Ermittlung der zulässigen Erzeugnisdicken	12
2.4 Anwendung der Bruchmechanik	13
3 Auswahl der Stahlsorten im Hinblick auf Eigenschaften in Dickenrichtung	14
3.1 Allgemeines	14
3.2 Vorgehensweise	15

Vorwort

Dieses Dokument (EN 1993-1-10:2005 + 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 auch für alle anderen Eurocode-Teile verantwortlich.

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 Vereinbarung¹⁾ 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*;

EN 1995, *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten*;

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).

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 Mitgliedsländern 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 Grundlagendokumenten²⁾, auf die in Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hingewiesen wird, wenn sie auch anderer Art sind als die harmonisierten Produktnormen³⁾. 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 γ -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;
- Verweise zur Anwendung des Eurocodes, soweit diese ergänzen und nicht widersprechen.

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

Die harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte und die technischen Regelungen für die Tragwerksplanung⁴⁾ 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 1993-1-10

Diese Norm enthält alternative Methoden, Zahlenangaben und Empfehlungen in Verbindung mit Anmerkungen, die darauf hinweisen, wo Nationale Festlegungen getroffen werden können. EN 1993-1-10 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.

Nationale Festlegungen werden in EN 1993-1-10 in folgenden Abschnitten ermöglicht:

- 2.2(5);
- 3.1(1).

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

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

(1) EN 1993-1-10 enthält eine Anleitung für die Auswahl der Stahlsorten im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung, wenn bei der Fertigung von Schweißkonstruktionen auf die Gefahr von Terrassenbruch zu achten ist.

(2) Abschnitt 2 gilt für Stähle S235 bis S690. Abschnitt 3 gilt nur für Stähle S235 bis S460.

ANMERKUNG Der Anwendungsbereich von EN 1993-1-1 ist auf Stähle S235 bis S460 begrenzt.

(3) Die Regelungen und Hinweise in den Abschnitten 2 und 3 gelten nur, wenn die Ausführung der Stahlkonstruktion nach EN 1090 erfolgt.

1.2 Normative Verweisungen

(1) Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ANMERKUNG In normativen Abschnitten wird auf die folgenden Europäischen Normen, die bereits veröffentlicht oder in Vorbereitung sind, verwiesen:

EN 1011-2, *Empfehlungen für das Schweißen von Metallen — Teil 2: Empfehlungen für das Lichtbogenschweißen von ferritischen Stählen*

EN 1090, *Anforderungen für die Ausführung von Stahlbauten*

EN 1990, *Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991, *Einwirkungen auf Tragwerke*

EN 1998, *Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*

EN 10002, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch*

EN 10025, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Baustählen. Technische Lieferbedingungen*

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

 gestrichener Text 

EN 10160, *Ultraschallprüfung von Flacherzeugnissen aus Stahl mit einer Dicke größer oder gleich 6 mm (Reflexionsverfahren)*

EN 10164, *Stahlerzeugnisse mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche — Technische Lieferbedingungen*

EN 10210-1, *Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen — Teil 1: Technische Lieferanforderungen*

EN 10219-1, *Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen — Teil 1: Technische Lieferbedingungen*

1.3 Begriffe

1.3.1

KV-Wert

der **KV-Wert** ist die Kerbschlagarbeit in J, die für den Bruch einer Charpy V-Kerbschlagprobe bei einer bestimmten Prüftemperatur T benötigt wird; die Prüfanforderung in den Normen für Stahlerzeugnisse spezifiziert im Allgemeinen, dass die Kerbschlagarbeit für eine festgelegte Prüftemperatur nicht geringer als 27 J ist

1.3.2

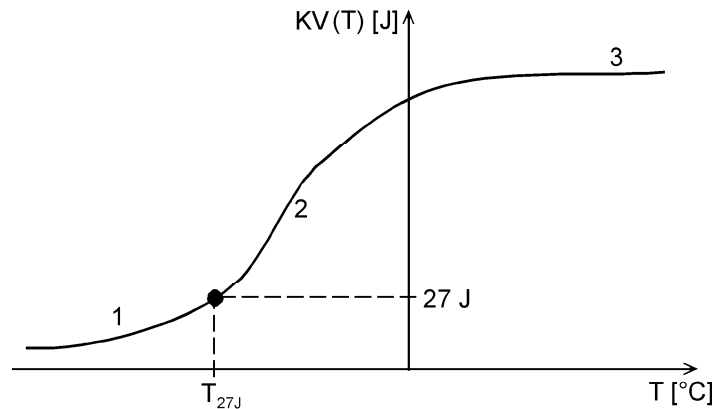
Übergangstemperaturbereich

der Temperaturbereich im Zähigkeits-Temperaturdiagramm $KV(T)$, in dem die Zähigkeit des Werkstoffes mit der Temperatur abfällt und die Versagensart von zäh nach spröde wechselt; der in den Produktnormen geforderte Zähigkeitswert T_{27J} liegt in der Nähe der Tieflage des Übergangsbereichs

1.3.3

Hochlagenbereich

der Temperaturbereich im Zähigkeits-Temperaturdiagramm $KV(T)$, in dem Stahlbauteile elastisch-plastisches Verhalten mit duktilem Bruchverhalten zeigen; dabei können fertigungsbedingt kleine Werkstofffehler oder Schweißnahtfehler vorhanden sein



Legende

- 1 Tieflagenbereich
- 2 Übergangsbereich
- 3 Hochlagenbereich

Bild 1.1 — Kerbschlagarbeit in Abhängigkeit von der Temperatur

1.3.4

T_{27J}

Temperatur, bei der in der Kerbschlagprüfung mit Charpy-V-Kerbschlagproben mindestens eine Kerbschlagarbeit $KV = 27J$ erreicht wird

1.3.5

Z-Wert

Prozentwert der Brucheinschnürung einer Zugprobe nach EN 10002, für die Duktilitätsprüfung in Dickenrichtung

1.3.6

K_{Ic}

Der kritische Wert des Spannungsintensitätsfaktors in $N/mm^{3/2}$ als Maß für die Bruchzähigkeit für den ebenen Dehnungsfall und für elastisches Werkstoffverhalten.

ANMERKUNG International werden für den Spannungsintensitätsfaktor K die Dimensionen $\text{N/mm}^{3/2}$ und $\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ (d. h. $\text{MN/m}^{3/2}$), wobei $1 \text{ N/mm}^{3/2} = 0,032 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$, verwendet.

1.3.7

Kaltumformungsgrad

bleibende Dehnung aus Kaltumformung in Prozent

1.4 Formelzeichen

$\boxed{\text{AC}} K_I(T) \boxed{\text{AC}}$ Kerbschlagarbeit in J bei der Prüfung einer V-Kerbschlagprobe bei der Temperatur T ;

Z Z -Güte, in %;

T Temperatur in $^{\circ}\text{C}$;

T_{Ed} Bezugstemperatur;

δ Rissspitzenöffnung (CTOD) in mm, an einer Kleinprobe zur Bestimmung der elastisch-plastischen Bruchzähigkeit gemessen;

J Maß für die elastisch-plastische Bruchzähigkeit (J -Integral) in N/mm , als Integral über den Rand eines Gebietes ermittelt, das die Rissfront von einem Rissufer zum anderen umfasst;

$\boxed{\text{AC}} K \boxed{\text{AC}}$ Spannungsintensitätsfaktor; $\boxed{\text{AC}}$

K_{Ic} $\boxed{\text{AC}}$ der kritische Wert des Spannungsintensitätsfaktors in $\text{N/mm}^{3/2}$ als Maß für die Bruchzähigkeit für den ebenen Dehnungsfall und für elastisches Werkstoffverhalten; $\boxed{\text{AC}}$

ε_{cf} Kaltumformungsgrad in Prozent;

σ_{Ed} Bemessungswert der angelegten Spannungen, die zusammen mit der Bezugstemperatur T_{Ed} auftreten.

2 Auswahl der Stahlsorten im Hinblick auf die Bruchzähigkeit

2.1 Allgemeines

(1) Die Regelungen in Abschnitt 2 sind für die Auswahl der Stahlsorten bei Neukonstruktionen und nicht für die Einschätzung der Eignung von eingebautem Stahl bestimmt. Die Regelungen eignen sich zur Auswahl der Stahlsorte mit Bezug auf die Europäischen Normen für Stahlerzeugnisse, die in EN 1993-1-1 aufgeführt sind.

(2) Die Regelungen gelten für geschweißte und ungeschweißte Bauteile mit reiner oder teilweiser Zugbeanspruchung und mit Ermüdungsbeanspruchung.

ANMERKUNG Die Regelungen können für Bauteile, die nicht den Bedingungen wie Zugbeanspruchung, Schweißung und Ermüdung unterliegen, auf der sicheren Seite liegen. In diesen Fällen kann die Anwendung der Bruchmechanik zweckmäßig sein, siehe 2.4. Für Bauteile, die nur auf Druck beansprucht werden, braucht keine Bruchzähigkeit spezifiziert zu werden.

(3) $\boxed{\text{AC}} P \boxed{\text{AC}}$ Die Regelungen gelten für Stahlsorten in ihren jeweiligen Gütegruppen nach den Normen für Stahlerzeugnisse. Stahlsorten, die nach dieser Regelung nicht ausreichen, sollten nicht verwendet werden, auch wenn Einzelprüfungen bestimmter Lieferungen ausreichende Zähigkeitskennwerte nachweisen.

2.2 Vorgehensweise

- (1) Die Stahlsorte ist in der Regel unter Berücksichtigung folgender Gesichtspunkte auszuwählen.
 - (i) Eigenschaften des Stahlwerkstoffs:
 - Streckgrenze $f_y(t)$ abhängig von der Erzeugnisdicke;
 - Stahlgüte ausgedrückt durch die Zähigkeitswerte T_{27J} oder T_{40J} .
 - (ii) Bauteileigenschaften:
 - Bauteilform und Detailgestaltung;
 - Kerbeffekt entsprechend den Kerbfällen in EN 1993-1-9;
 - Erzeugnisdicke (t);
 - Geeignete Annahmen zu rissähnlichen Fehlern (z. B. durchgehende Risse oder halbelliptische Oberflächenrisse).
 - (iii) Bemessungssituation:
 - Bemessungswert der niedrigsten Bauteiltemperatur;
 - Maximale Spannungen aus ständigen und veränderlichen Einwirkungen, die zu der Bemessungssituation nach (4) gehören;
 - Geeignete Annahmen für Eigenspannungen;
 - soweit zutreffend: Annahmen zum ermüdungsbedingten Risswachstum in dem Betriebszeitintervall zwischen Bauwerksprüfungen;
 - soweit zutreffend: Dehnungsgeschwindigkeit $\dot{\varepsilon}$ aus Stoßwirkungen in Sonderlastfällen;
 - soweit zutreffend: Kaltumformungsgrad ε_{cf} .
- (2) Für den Sicherheitsnachweis bei der Auswahl der Stahlsorten gelten die Regelungen in 2.3 und Tabelle 2.1.
- (3) Als Alternative zum Zähigkeitsnachweis mit Tabellenwerten können folgende Methoden angewendet werden:
 - die bruchmechanische Methode:
der Bemessungswert der Zähigkeitsanforderung liegt unterhalb des Bemessungswertes der Zähigkeitseigenschaft;
 - Versuchsnachweis:
dieser kann mit einem oder mehreren bauteilähnlichen Prüfkörpern durchgeführt werden. Aus Gründen der Realitätsnähe werden die Prüfkörper in der Regel ähnlich wie die zu beurteilende Konstruktion hergestellt und belastet.
- (4) Folgende Bemessungssituation ist in der Regel zugrunde zu legen:
 - (i) Die Einwirkungen sind mit folgender Kombination anzusetzen:

$$E_d = E \{A[T_{Ed}] "+" \sum G_k "+" \psi_1 Q_{k1} "+" \sum \psi_{2,i} Q_{ki}\} \quad (2.1)$$

wobei die Leiteinwirkung A die Wirkung der Bezugstemperatur T_{Ed} ist, die in der Abminderung der Werkstoffzähigkeit des betrachteten Bauteils besteht und sich auch in Spannungen aus Behinderung der Temperaturbewegungen äußern kann. $\sum G_k$ sind die ständigen Einwirkungen, $\psi_1 Q_k$ ist der häufig auftretende Wert der veränderlichen Last und $\psi_{2,i} Q_{ki}$ sind die quasiständigen Anteile der veränderlichen Begleiteinwirkungen, die zusammen die Höhe der Spannungen im Werkstoff bestimmen.

(ii) Die Kombinationsbeiwerte ψ_1 und $\psi_{2,i}$ sind entsprechend EN 1990 anzunehmen.

(iii) Die maximale angelegte Spannung σ_{Ed} ist als Nennspannung an der Stelle der erwarteten Rissentstehung für die Einwirkungskombinationen zu bestimmen. Die ständigen und veränderlichen Einwirkungen sind in EN 1991 geregelt.

ANMERKUNG 1 Die zugrunde gelegte Einwirkungskombination entspricht einer außergewöhnlichen Bemessungssituation, da gleichzeitig das Auftreten der niedrigsten Bauwerkstemperatur, ungünstiger Rissgrößen, Rissstelle und Werkstoffeigenschaften angenommen wird.

ANMERKUNG 2 σ_{Ed} kann Spannungen aus Behinderung von Bauteilbewegungen infolge Temperaturdifferenzen enthalten.

ANMERKUNG 3 Da die Bezugstemperatur T_{Ed} die Leiteinwirkung darstellt, wird die maximal angelegte Spannung σ_{Ed} 75% der Streckgrenze im Allgemeinen nicht überschreiten.

(5) Die Bezugstemperatur T_{Ed} an der potenziellen Rissstelle wird in der Regel mit folgender Beziehung ermittelt:

$$T_{Ed} = T_{md} + \Delta T_r + \Delta T_\sigma + \Delta T_R + \Delta T_{\dot{\epsilon}} + \Delta T_{\epsilon_{cf}} \quad (2.2)$$

Dabei ist

T_{md} die niedrigste Lufttemperatur mit spezifizierter Wiederkehrperiode, siehe EN 1991-1-5;

ΔT_r die Temperaturverschiebung infolge von Strahlungsverlusten, siehe EN 1991-1-5;

ΔT_σ die Temperaturverschiebung infolge der Spannungen und der Streckgrenze des Werkstoffs, der angenommenen rissähnlichen Imperfektionen, der Bauteilform und der Abmessungen, siehe 2.4(3);

ΔT_R der zusätzliche Sicherheitsterm zur Anpassung an andere Zuverlässigkeitsanforderungen als zugrunde gelegt;

$\Delta T_{\dot{\epsilon}}$ die Temperaturverschiebung für andere Dehnungsgeschwindigkeiten als der zugrunde gelegten Geschwindigkeit $\dot{\epsilon}_0$, siehe Gleichung (2.3);

$\Delta T_{\epsilon_{cf}}$ die Temperaturverschiebung infolge des Kaltumformungsgrades ϵ_{cf} , siehe Gleichung (2.4).

ANMERKUNG 1 Der Sicherheitsterm ΔT_R , mit dem die Bezugstemperatur T_{Ed} an andere Zuverlässigkeitsanforderungen angepasst werden kann, darf im Nationalen Anhang festgelegt werden. Bei Anwendung der Tabellenwerte in 2.3 wird $\Delta T_R = 0^\circ\text{C}$ empfohlen.

ANMERKUNG 2 Zur Bestimmung der Tabellenwerte in 2.3 wurde für die Temperaturverschiebung ΔT_σ eine standardisierte Kurve benutzt, die die Bemessungswerte der $\langle AC \rangle$ Spannungsintensitätsfaktorfunktion $\langle AC \rangle K$ infolge angelegter Spannungen σ_{Ed} und Eigenspannungen einhüllt und die Wallin-Sanz-Korrelation zwischen der $\langle AC \rangle$ Spannungsintensitätsfaktorfunktion $\langle AC \rangle K$ und der Temperatur T einschließt. Bei Anwendung der Tabellenwerte in 2.3 darf $\Delta T_\sigma = 0^\circ\text{C}$ angenommen werden.

ANMERKUNG 3 Der Nationale Anhang kann die Spanne zwischen der Bezugstemperatur T_{Ed} und der Prüftemperatur begrenzen und die Spanne von σ_{Ed} festlegen, mit welcher der Gültigkeitsbereich der zulässigen Blechdicken in Tabelle 2.1 eingeschränkt werden kann.

ANMERKUNG 4 Im Nationalen Anhang kann die Anwendung von Tabelle 2.1 auf Stähle bis S460 begrenzt werden.

(6) Die Bezugsspannung σ_{Ed} ist in der Regel als Nennspannung mit Hilfe eines elastischen Tragwerkmodells zu berechnen. Nebenspannungen aus Zwängungen sind dabei zu berücksichtigen.

2.3 Zulässige Erzeugnisdicken

2.3.1 Allgemeines

(1) Tabelle 2.1 liefert die größten zulässigen Erzeugnisdicken als Funktion der Stahlfestigkeit, der Zähigkeit $\langle AC \rangle$ (KV -Wert), $\langle AC \rangle$ der Bezugsspannung σ_{Ed} und der Bezugstemperatur T_{Ed} .

(2) Den Tabellenwerten liegen folgende Annahmen zugrunde:

- Es gelten die Zuverlässigkeitsanforderungen nach EN 1990 unter Zugrundelegung üblicher Lieferqualität;
- Als Dehnungsgeschwindigkeit wurde $\dot{\varepsilon}_0 = 4 \times 10^{-4}/s$ angesetzt. Dieser Wert deckt die dynamischen Effekte ab, die in üblichen kurzzeitigen und langzeitigen Bemessungssituationen auftreten können. Bei anderen Dehnungsgeschwindigkeiten $\dot{\varepsilon}$ (z. B. bei Stoßwirkungen) können die Tabellenwerte mit Eingangswerten T_{Ed} benutzt werden, die um den Wert $\Delta T_{\dot{\varepsilon}}$ zu tieferen Temperaturen hin verschoben werden:

$$\Delta T_{\dot{\varepsilon}} = -\frac{1440 - f_y(t)}{550} \times \left(\ln \frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_0} \right)^{1,5} \quad \text{in } ^\circ\text{C} \quad (2.3)$$

- Es wurden Werkstoffe mit $\varepsilon_{cf} = 0\%$ ohne Kaltumformung zugrunde gelegt. Kaltumformungen können berücksichtigt werden, indem die Werte T_{Ed} um den Wert $\Delta T_{\varepsilon_{cf}}$ zu tieferen Temperaturen hin verschoben werden:

$$\Delta T_{\varepsilon_{cf}} = -3 \times \varepsilon_{cf} \quad \text{in } ^\circ\text{C} \quad (2.4)$$

- Als Zähigkeitskennwerte werden die Nennwerte T_{27J} aus folgenden Produktnormen verwendet: EN 10025, $\langle AC \rangle$ gestrichener Text $\langle AC \rangle$ EN 10210-1 und EN 10219-1.

Für andere Werte wurde folgende Umrechnung benutzt:

$$T_{40J} = T_{27J} + 10 \quad \text{in } ^\circ\text{C} \quad (2.5)$$

$$T_{30J} = T_{27J} + 0 \quad \text{in } ^\circ\text{C}$$

- Für ermüdungsbeanspruchte Bauteile sind alle Kerbfälle von EN 1993-1-9 abgedeckt.

ANMERKUNG Die Ermüdung wurde berücksichtigt, indem zusätzlich zu einem Anfangsriss an der Kerbstelle des Bauteils ein Risswachstum aus einer Ermüdungsbelastung entsprechend einem Viertel des ertragbaren Ermüdungsschadens entsprechend EN 1993-1-9 angesetzt wurde. Dieser Ansatz erlaubt, die Anzahl der „sicheren Betriebszeitintervalle“ zwischen den Hauptprüfungen zu bestimmen, wenn diese für ausreichende Schadenstoleranz nach EN 1993-1-9 festzulegen sind. Die erforderliche Anzahl n von Hauptprüfungen hängt von den γ -Faktoren γ_{ff} und γ_{mf} für den Ermüdungsnachweis nach EN 1993-1-9 nach folgender Beziehung ab $n = \frac{4}{(\gamma_{ff} \gamma_{mf})^m} - 1$, wobei $m = 5$ für

langlebige Bauwerke wie Brücken gilt. Das "sichere Betriebszeitintervall" zwischen Hauptprüfungen kann auch in der vollen Nutzungszeit des Bauwerks bestehen.

2.3.2 Ermittlung der zulässigen Erzeugnisdicken

(1) Tabelle 2.1 gibt die größten zulässigen Erzeugnisdicken in Abhängigkeit von drei Spannungsstufen an, die als Teile der Nennwerte der Streckgrenze $f_y(t)$ festgelegt sind:

- a) $\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t)$ in N/mm²;
- b) $\sigma_{Ed} = 0,50 f_y(t)$ in N/mm²; (2.6)
- c) $\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$ in N/mm².

Hierbei darf der Blechdickenabhängige charakteristische Wert der Streckgrenze $f_y(t)$ entweder aus

$$f_y(t) = f_{y,nom} - 0,25 \frac{t}{t_0} \quad \text{in N/mm}^2$$

Dabei ist

t die Erzeugnisdicke, in mm;

$t_0 = 1$ mm.

oder direkt als $f_y(t) = R_{eH}$ -Werte aus den maßgebenden Werkstoffnormen bestimmt werden.

Die Tabellenwerte gelten für die Bezugstemperaturen:

- + 10 °C;
- 0 °C;
- - 10 °C;
- - 20 °C;
- - 30 °C;
- - 40 °C;
- - 50 °C.

Tabelle 2.1 — GröÖte zulässige Erzeugnisdicken t in mm

Stahlsorte		$\overline{AC} \ K V \ \overline{AC}$		Bezugstemperatur T_{Ed} °C																							
Stahl- sorte	Stahl- güte- gruppe	bei T °C	J_{min}	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50			
				$\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t)$								$\sigma_{Ed} = 0,50 f_y(t)$								$\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$							
S235	JR	20	27	60	50	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60			
	J0	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75			
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100			
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55			
	J0	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70			
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95			
	M,N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110			
	ML,NL	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	190	165	145			
S355	JR	20	27	40	35	25	20	15	15	10	65	55	45	40	30	25	25	110	95	80	70	60	55	45			
	J0	0	27	60	50	40	35	25	20	15	95	80	65	55	45	40	30	150	130	110	95	80	70	60			
	J2	-20	27	90	75	60	50	40	35	25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80			
	K2,M,N	-20	40	110	90	75	60	50	40	35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95			
	ML,NL	-50	27	155	130	110	90	75	60	50	200	180	155	135	110	95	80	210	200	200	200	175	150	130			
S420	M,N	-20	40	95	80	65	55	45	35	30	140	120	100	85	70	60	50	200	185	160	140	120	100	85			
	ML,NL	-50	27	135	115	95	80	65	55	45	190	165	140	120	100	85	70	200	200	200	185	160	140	120			
S460	Q	-20	30	70	60	50	40	30	25	20	110	95	75	65	55	45	35	175	155	130	115	95	80	70			
	M,N	-20	40	90	70	60	50	40	30	25	130	110	95	75	65	55	45	200	175	155	130	115	95	80			
	QL	-40	30	105	90	70	60	50	40	30	155	130	110	95	75	65	55	200	200	175	155	130	115	95			
	ML,NL	-50	27	125	105	90	70	60	50	40	180	155	130	110	95	75	65	200	200	200	175	155	130	115			
	QL1	-60	30	150	125	105	90	70	60	50	200	180	155	130	110	95	75	215	200	200	200	175	155	130			
S690	Q	0	40	40	30	25	20	15	10	10	65	55	45	35	30	20	20	120	100	85	75	60	50	45			
	Q	-20	30	50	40	30	25	20	15	10	80	65	55	45	35	30	20	140	120	100	85	75	60	50			
	QL	-20	40	60	50	40	30	25	20	15	95	80	65	55	45	35	30	165	140	120	100	85	75	60			
	QL	-40	30	75	60	50	40	30	25	20	115	95	80	65	55	45	35	190	165	140	120	100	85	75			
	QL1	-40	40	90	75	60	50	40	30	25	135	115	95	80	65	55	45	200	190	165	140	120	100	85			
	QL1	-60	30	110	90	75	60	50	40	30	160	135	115	95	80	65	55	200	200	190	165	140	120	100			

ANMERKUNG 1 Bei Anwendung der Tabelle 2.1 darf linear interpoliert werden. Für die meisten Anwendungen liegen die σ_{Ed} -Werte zwischen $\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t)$ und $\sigma_{Ed} = 0,50 f_y(t)$. Die Werte für $\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$ sind aus Interpolationsgründen mit angegeben. Extrapolationen in Bereiche außerhalb der angegebenen Grenzen sind nicht zulässig.

ANMERKUNG 2 Bei Bestellung von Erzeugnissen aus S690 sind die $\overline{AC} \ T_{KV}$ -Werte $\overline{AC}$ in der Regel anzugeben.

ANMERKUNG 3 Tabelle 2.1 liegen die nominellen $\overline{AC} \ KV$ -Werte $\overline{AC}$ in Walzrichtung zugrunde.

2.4 Anwendung der Bruchmechanik

(1) Bei Anwendung der Bruchmechanik können die Zähigkeitsanforderungen und die Bemessungswerte der Zähigkeitseigenschaften des Werkstoffs mit CTOD-Werten, J -Integralwerten, K_{Ic} -Werten oder $\overline{AC} \ KV$ -Werten $\overline{AC}$ ausgedrückt werden. Die Nachweise müssen in der Regel auf bruchmechanischen Kennwerten basieren.

(2) Folgende Bedingung ist einzuhalten:

$$\boxed{\text{AC}} T_{\text{Ed}} \geq T_{\text{Rd}} \boxed{\text{AC}} \quad (2.7)$$

Dabei ist

T_{Rd} die Temperatur, bei der ausreichend zuverlässig ein bestimmter Wert der Zähigkeitseigenschaft unter den Nachweisbedingungen angenommen werden kann.

(3) Für die Bruchauslösung ist ein geeigneter rissähnlicher Fehler anzunehmen, der die bruchmechanische Beanspruchung im Nettoquerschnitt erzeugt. Der rissähnliche Fehler muss in der Regel folgenden Bedingungen genügen:

- er ist an einer Stelle und mit einer Form anzunehmen, die zu dem betrachteten Kerbfall passen. Die Kerbfallskizzen in EN 1993-1-9 geben Hinweise zu geeigneten Rissstellen;
- bei Bauteilen, die nicht ermüdungsbelastet sind, ist der größte anzunehmende Fehler in der Regel so anzunehmen, dass er mit den Prüfmethoden, die nach EN 1090 anzuwenden sind, ohne Reparatur im Bauteil belassen worden wäre. Die Lage des Fehlers ist an der Stelle mit höchstem Kerbeffekt anzusetzen;
- bei Bauteilen mit Ermüdungsbelastung ist die Fehlergröße aus einem Anfangsfehler und einem Zuwachs aus ermüdungsbedingtem Risswachstum zusammenzusetzen. Die Größe des Anfangsfehlers ist dabei in der Regel so zu wählen, dass er dem kleinsten mit den Prüfmethoden nach EN 1090 erkennbaren Fehler entspricht. Die Berechnung des ermüdungsbedingten Risswachstums ist mit geeigneten bruchmechanischen Verfahren durchzuführen. Für die Ermüdungslasten sind in der Regel die Betriebslasten während eines Betriebszeitintervalls zwischen den Hauptprüfungen oder der gesamten Nutzungsdauer je nach Voraussetzung anzunehmen.

(4) Wenn eine Bauteilausbildung den Kerbfällen in EN 1993-1-9 nicht zugeordnet werden kann, oder weitergehende Methoden für genauere Ergebnisse als die in Tabelle 2.1 nötig sind, ist in der Regel ein besonderer Einzelfallnachweis zu führen. Dieser Einzelfallnachweis kann mit Bruchversuchen an bauteilähnlichen Großproben durchgeführt werden.

ANMERKUNG Die rechnerische Auswertung der Versuchsergebnisse kann mit den in EN 1990, Anhang D angegebenen Methoden erfolgen.

3 Auswahl der Stahlsorten im Hinblick auf Eigenschaften in Dickenrichtung

3.1 Allgemeines

(1) Die Auswahl der Stahlsorten ist hinsichtlich der Folgen von Terrassenbrüchen in der Regel nach einer der beiden Klassen nach Tabelle 3.1 zu treffen.

Tabelle 3.1 — Auswahl der Stahlsorten

Klasse	Auswahl der Anwendungsbereiche
1	Für alle Stahlerzeugnisse und alle Erzeugnisdicken nach Europäischen Normen und für alle Anwendungen.
2	Für ausgewählte Stahlerzeugnisse und Erzeugnisdicken nach Europäischen Normen und/oder für ausgewählte Anwendungen.

ANMERKUNG Die Wahl der Klasse kann im Nationalen Anhang erfolgen. Die Anwendung der Klasse 1 in Tabelle 3.1 wird empfohlen.

- (2) Abhängig von der Wahl der Klasse nach Tabelle 3.1 können entweder
- Eigenschaften des Stahls in Dickenrichtung nach EN 10164 festgelegt werden (Klasse 1) oder
 - Prüfungen im Fertigungsbetrieb zur Feststellung von Terrassenbrüchen durchgeführt werden (Klasse 2).
- (3) Die folgenden Aspekte sind in der Regel bei der Prüfung der Terrassenbruch-Empfindlichkeit der Ausbildung der Nähte oder Anschlüsse zu beachten:
- die Bedeutung des Anschlusses im Hinblick auf Zugkraftübertragung und Redundanz;
 - die Dehnungsbeanspruchung des Blechs in Dickenrichtung nach dem Schweißen. Diese Dehnungsbeanspruchung entsteht durch Schrumpfverformungen beim Abkühlen. Sie nimmt zu, wenn zusätzlich die Verformungsmöglichkeiten durch andere Bauteile behindert sind;
 - die Lage und Anordnung der Anschlussteile insbesondere in Kreuzstößen, T- und Eck-Verbindungen. In Bild 3.1 kann z. B. das horizontale Blech eine geringe Duktilität in Dickenrichtung haben. Die Wahrscheinlichkeit von Terrassenbrüchen steigt, wenn sich die Dehnungsbeanspruchung in der Schweißverbindung in Dickenrichtung des Werkstoffs auswirkt. Dies liegt dann vor, wenn die Schmelzbadoberfläche in etwa parallel zur Blechoberfläche und die entstehende Schrumpfdehnung rechtwinklig zur Walzrichtung im Grundwerkstoff verlaufen. Je dicker die Naht, um so größer ist die Empfindlichkeit;
 - die chemische Analyse des in Dickenrichtung beanspruchten Blechs. Insbesondere können hohe Schwefelgehalte, auch wenn sie erheblich unter den Grenzwerten der Liefornormen liegen, die Terrassenbruch-Empfindlichkeit erhöhen.



Bild 3.1 — Terrassenbruch

- (4) Die Empfindlichkeit von Stahlwerkstoffen wird nach EN 10164 geprüft. Dort werden Güteklassen in Form von Z-Werten angegeben.

ANMERKUNG 1 Terrassenbruch ist eine schweißinduzierte Gefügetrennung, die im Allgemeinen mit Ultraschalluntersuchungen erkennbar wird. Das wesentliche Risiko für Terrassenbruch besteht bei Kreuz-, T- und Eckverbindungen und bei voll durchgeschweißten Nähten.

ANMERKUNG 2 Anleitungen zur Vermeidung von Terrassenbruch beim Schweißen sind EN 1011-2 zu entnehmen.

3.2 Vorgehensweise

- (1) Die Terrassenbruchgefahr darf vernachlässigt werden, wenn folgende Bedingung erfüllt ist:

$$Z_{Ed} \leq Z_{Rd} \quad (3.1)$$

Dabei ist

Z_{Ed} der erforderliche Z -Wert, der sich aus der Größe der Dehnungsbeanspruchung des Grundwerkstoffs infolge behinderter Schweißnahtschrumpfung ergibt;

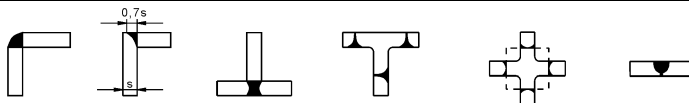
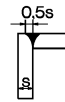
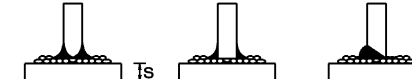
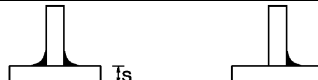
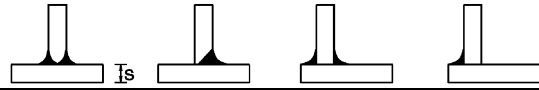
Z_{Rd} der verfügbare Z -Wert des Werkstoffs nach EN 10164, d. h. Z15, Z25 oder Z35.

Der erforderliche Z -Wert Z_{Ed} kann ermittelt werden:

$$Z_{Ed} = Z_a + Z_b + Z_c + Z_d + Z_e \quad (3.2)$$

Dabei sind die Anteile Z_a , Z_b , Z_c , Z_d und Z_e in Tabelle 3.2 angegeben.

Tabelle 3.2 — Einflüsse auf die Anforderung Z_{Ed}

a)	Schweißnahtdicke, die für die Dehnungsbeanspruchung durch Schweißschumpfung verantwortlich ist	AC Effektive Schweißnahtdicke a_{eff} , siehe Bild 3.2 AC	AC Nahtdicke bei Kehlnähten AC	Z_i
		$a_{\text{eff}} \leq 17 \text{ mm}$	$a = 5 \text{ mm}$	$Z_a = 0$
		$17 < a_{\text{eff}} \leq 10 \text{ mm}$	$a = 7 \text{ mm}$	$Z_a = 3$
		$10 < a_{\text{eff}} \leq 20 \text{ mm}$	$a = 14 \text{ mm}$	$Z_a = 6$
		$20 < a_{\text{eff}} \leq 30 \text{ mm}$	$a = 21 \text{ mm}$	$Z_a = 9$
		$30 < a_{\text{eff}} \leq 40 \text{ mm}$	$a = 28 \text{ mm}$	$Z_a = 12$
		$40 < a_{\text{eff}} \leq 50 \text{ mm}$	$a = 35 \text{ mm}$	$Z_a = 15$
		$50 < a_{\text{eff}}$	$a > 35 \text{ mm}$	$Z_a = 15$
b)	Nahtform und Anordnung der Naht in T-, Kreuz- und Eckverbindungen		$Z_b = -25$	
		Eckverbindungen 	$Z_b = -10$	
		Einlagige Kehlnahtdicke mit $Z_a = 0$ oder Kehlnähte mit $Z_a > 1$ mit Buttern mit niedrigfestem Schweißgut 	$Z_b = -5$	
		Mehrlagige Kehlnähte 	$Z_b = 0$	
		Voll durchgeschweißte und nicht voll durchgeschweißte Nähte mit geeigneter Schweißfolge, um Schrumpfeffekte zu reduzieren 	$Z_b = 3$	
		Voll durchgeschweißte und nicht voll durchgeschweißte Nähte 	$Z_b = 5$	
		Eckverbindungen 	$Z_b = 8$	
c)	Auswirkung der Werkstoffdicke s auf die lokale Behinderung der Schumpfung	$s \leq 10 \text{ mm}$	$Z_c = 2^a$	
		$10 < s \leq 20 \text{ mm}$	$Z_c = 4^a$	
		$20 < s \leq 30 \text{ mm}$	$Z_c = 6^a$	
		$30 < s \leq 40 \text{ mm}$	$Z_c = 8^a$	
		$40 < s \leq 50 \text{ mm}$	$Z_c = 10^a$	
		$50 < s \leq 60 \text{ mm}$	$Z_c = 12^a$	
		$60 < s \leq 70 \text{ mm}$	$Z_c = 15^a$	
		$70 < s$	$Z_c = 15^a$	
d)	Auswirkung der großräumigen Behinderung der Schweißschumpfung durch andere Bauteile	Schwache Behinderung: Freie Schumpfung möglich (z. B. T-Anschlüsse)	$Z_d = 0$	
		Mittlere Behinderung: Freie Schumpfung behindert (z. B. Querschott in Kastenträgern)	$Z_d = 3$	
		Starke Behinderung: Freie Schumpfung verhindert (z. B. Längsrippe in orthotroper Fahrbahnplatte)	$Z_d = 5$	
e)	Einfluss der Vorwärmung	Ohne Vorwärmung	$Z_e = 0$	
		Vorwärmung $\geq 100^\circ\text{C}$	$Z_e = -8$	
a Darf um 50 % reduziert werden, wenn der Werkstoff in Dickenrichtung vorherrschend statisch und nur durch Druckkräfte belastet wird.				

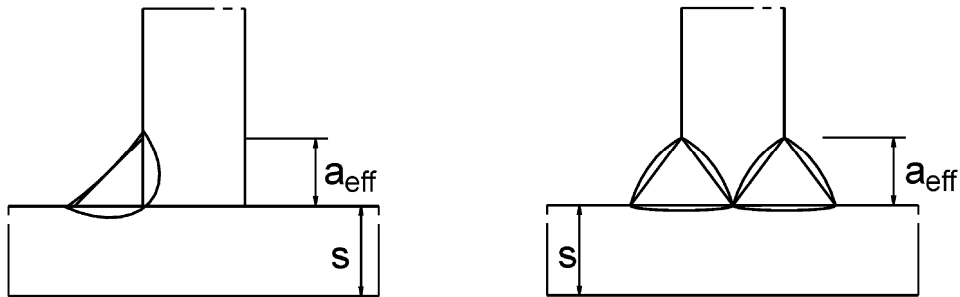


Bild 3.2 — Effektive Schweißnahtdicke a_{eff} für den Schrumpfprozess

(3) Die erforderliche Güteklasse Z_{Rd} nach EN 10164 kann ermittelt werden, indem die Anforderungen Z_{Ed} klassifiziert und den Güteklassen Z_{Rd} gegenübergestellt werden.

ANMERKUNG Klassifikationen sind in EN 1993-1-1 sowie EN 1993-2 bis EN 1993-6 angegeben.