

DIN EN 1993-1-10



ICS 91.010.30; 91.080.13

EntwurfEinsprüche bis 2023-03-27
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 1993-1-10:2010-12**Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –
Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und
Eigenschaften in Dickenrichtung;
Deutsche und Englische Fassung prEN 1993-1-10:2023**Eurocode 3: Design of steel structures –
Part 1-10: Material toughness and through-thickness properties;
German and English version prEN 1993-1-10:2023Eurocode 3: Calcul des structures en acier –
Partie 1-10: Choix des qualités d'acier;
Version allemande et anglaise prEN 1993-1-10:2023**Anwendungswarnvermerk**Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-01-27 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs
besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 108 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1993-1-10:2023) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-08-16 AA „Tragwerksbemessung (SpA zu CEN/TC 250/SC 3, ISO/TC 167/SC 1)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

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

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1993-1-10:2010-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Dokument vollständig überarbeitet;
- b) redaktionelle Anpassungen vorgenommen.

<i>Titel de:</i>	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung
<i>Titel en:</i>	Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-10: Material toughness and through-thickness properties
<i>Titel fr:</i>	Eurocode 3: Calcul des structures en acier – Partie 1-10: Choix des qualités d'acier

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Einleitung	4
0.1 Einleitung zu den Eurocodes	4
0.2 Einleitung zu EN 1993	4
0.3 Einleitung zu EN 1993-1-10	6
0.4 In den Eurocodes verwendete Verbformen	6
0.5 Nationaler Anhang zu EN 1993-1-10	6
1 Anwendungsbereich	7
1.1 Anwendungsbereich von EN 1993-1-10	7
1.2 Voraussetzungen	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe und Symbole	8
3.1 Begriffe	8
3.2 Symbole und Abkürzungen	10
3.2.1 Lateinische Großbuchstaben	10
3.2.2 Lateinische Kleinbuchstaben	10
3.2.3 Griechische Großbuchstaben	11
3.2.4 Griechische Kleinbuchstaben	11
4 Werkstoffauswahl zur Vermeidung von Sprödbbruch	11
4.1 Allgemeine Regeln	11
4.2 Zähigkeitsanforderungen für den Tieflagen- und den Übergangstemperaturbereich	13
4.2.1 Durchführung	13
4.2.2 Maximal zulässige Dickenwerte	15
4.2.3 Beurteilung mittels Bruchmechanik	29
4.3 Werkstoffe mit zusätzlichen Bruchzähigkeitsanforderungen bezüglich des Hochlagenbereichs	30
4.4 Werkstoffe mit zusätzlichen Bruchzähigkeitsanforderungen bezüglich der Erdbebenbemessung	31
4.5 Zusätzliche Werkstoffanforderungen beim Schweißen in kaltgeformten Zonen	31
5 Vermeidung von Terrassenbruch durch Festlegung von Eigenschaften in Dickenrichtung	32
5.1 Allgemeines	32
5.2 Durchführung	34
Anhang A (informativ) Spezifische Regeln für Einschubverbindungen	37
A.1 Anwendung dieses Anhangs	37
A.2 Umfang und Anwendungsbereich	37
A.3 Auswahlprozess	37
A.4 Bestimmung der wichtigsten geometrischen Parameter und der höchsten aufgetragenen Spannung σ_{Ed}	38
A.5 Bestimmung der maximal zulässigen geometrischen Parameter	39
Literaturhinweise	53

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1993-1-10:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird. CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus zuständig. Die Verantwortung für alle Angelegenheiten der Tragwerks- und geotechnischen Planung wurde dem CEN/TC 250 von CEN übertragen.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 1993-1-10:2005 einschließlich EN 1993-1-10:2005/AC:2009 ersetzen.

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

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

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

Einleitung

0.1 Einleitung zu den Eurocodes

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

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

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

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

0.2 Einleitung zu EN 1993

EN 1993 (alle Teile) gilt für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Bauwerken aus Stahl. Eurocode 3 entspricht den Grundsätzen und Anforderungen an die Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit von Tragwerken sowie den Grundlagen für ihre Bemessung und Nachweise, die in EN 1990, Grundlagen der Tragwerksplanung, enthalten sind.

EN 1993 (alle Teile) behandelt ausschließlich Anforderungen an die Tragfähigkeit, die Gebrauchstauglichkeit, die Dauerhaftigkeit und den Feuerwiderstand von Tragwerken aus Stahl. Andere Anforderungen, wie z. B. bezüglich Wärmedämmung oder Schallschutz, werden nicht berücksichtigt.

EN 1993 ist in folgende Teile unterteilt:

EN 1993-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*;

EN 1993-2, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 2: Stahlbrücken*;

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

EN 1993-4, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 4: Silos und Tankbauwerke*;

EN 1993-5, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 5: Pfähle und Spundwände*;

EN 1993-6, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 6: Kranbahnen*;

EN 1993-7, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 7: Bemessung von Sandwich-Paneelen*.

EN 1993-1 existiert nicht als physisches Dokument, sondern besteht aus den folgenden 14 Einzelteilen, deren grundlegender Teil EN 1993-1-1 ist:

EN 1993-1-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*;

EN 1993-1-2, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-2: Allgemeine Regeln — Tragwerksbemessung für den Brandfall*;

EN 1993-1-3, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-3: Allgemeine Regeln — Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche*;

ANMERKUNG Kaltgeformte Hohlprofile nach EN 10219 (alle Teile) werden in EN 1993-1-1 behandelt.

EN 1993-1-4, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-4: Allgemeine Bemessungsregeln — Ergänzende Regeln zur Anwendung von nichtrostenden Stählen*;

EN 1993-1-5, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile*;

EN 1993-1-6, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen*;

EN 1993-1-7, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-7: Plattenförmige Bauteile mit Querbelaastung*;

EN 1993-1-8, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen*;

EN 1993-1-9, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-9: Ermüdung*;

EN 1993-1-10, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung*;

EN 1993-1-11, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-11: Bemessung und Konstruktion von Tragwerken mit Zuggliedern aus Stahl*;

EN 1993-1-12, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-12: Zusätzliche Regeln zur Erweiterung von EN 1993 auf Stahlsorten bis S960*;

EN 1993-1-13, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-13: Regeln für Träger mit großen Stegöffnungen*;

EN 1993-1-14, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Part 1-14: Durch Finite-Elemente-Berechnung unterstützte Bemessung*.

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

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

0.3 Einleitung zu EN 1993-1-10

EN 1993-1-10 enthält allgemeine Bemessungsregeln für die Stahlsortenauswahl zur Vermeidung von Sprödbbruch durch Festlegung der Zähigkeitseigenschaften sowie zur Vermeidung von Terrassenbruch durch Festlegung von Eigenschaften in Dickenrichtung.

0.4 In den Eurocodes verwendete Verbformen

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

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

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

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

0.5 Nationaler Anhang zu EN 1993-1-10

Nationale Festlegungen sind in dieser Norm gestattet, sofern sie im Rahmen von Anmerkungen ausdrücklich angegeben sind. Nationale Festlegungen schließen die Wahl von Werten für national festzulegende Parameter (NDP, en: Nationally Determined Parameters) ein.

Hierzu kann die jeweilige nationale Ausgabe von EN 1993-1-10 einen Nationalen Anhang mit allen national festzulegenden Parametern enthalten, die für den Entwurf und die Bemessung von Hoch- und Ingenieurbauten im jeweiligen Land Verwendung finden.

Wird keine nationale Festlegung angeführt, ist der in dieser Norm angegebene Standardwert anzuwenden.

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

Nationale Festlegungen sind in EN 1993-1-10 zu den folgenden Abschnitten gestattet:

4.2.1(4)	4.2.2.3(1)	4.2.3(5)	4.3(3)
4.4(3)	5.1(2)	A1(1)	

Nationale Festlegungen sind in EN 1993-1-10 zur Anwendung der folgenden informativen Anhänge gestattet:

Anhang A

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

1 Anwendungsbereich

1.1 Anwendungsbereich von EN 1993-1-10

(1) EN 1993-1-10 enthält Regeln für die Wahl von Stahlsorten und -güten im Hinblick auf Bruchzähigkeit zur Vermeidung von Sprödbruch.

ANMERKUNG Die Gütegruppe von Stahl (en: steel toughness quality) ist auch bekannt als Stahlgütegruppe (en: subgrade).

(2) EN 1993-1-10 enthält Regeln für die Festlegung von Eigenschaften in Dickenrichtung für geschweißte Bauteile zur Verringerung des Risikos von Terrassenbruch.

(3) EN 1993-1-10 enthält zusätzliche Anforderungen an die Zähigkeit für bestimmte Fälle, um die Zähigkeit im Hochlagenbereich in Bezug auf den Bemessungsgrenzwert der Tragfähigkeit unter Zugbeanspruchung und die Erdbebenbemessung sicherzustellen.

(4) Dieses Dokument enthält Regeln für Baustähle, die in FprEN 1993-1-1:2022 aufgeführt sind. Dieses Dokument gilt für die Stahlsorten S235 bis S700.

(5) Dieses Dokument enthält Regeln, die ausschließlich für die Wahl des Grundwerkstoffs gelten.

(6) Dieses Dokument enthält Regeln, die für durch FprEN 1993-1-1:2022, 5.1(3), abgedeckte Stahlwerkstoffe gelten, sofern jedes einzelne Stahlbauteil entsprechend den Anforderungen nach FprEN 1993-1-1:2022, 5.1(3), und EN 1090-2:2018, 5.1, geprüft wird.

(7) Dieses Dokument gilt nicht für einen Werkstoff, der aus bestehenden Stahlkonstruktionen entnommen wurde, der Ermüdungsbeanspruchungen oder einem Brandfall ausgesetzt war.

1.2 Voraussetzungen

(1) Sofern nicht ausdrücklich angegeben, gelten EN 1990, EN 1991 (alle Teile) und die anderen maßgebenden Teile von EN 1993-1 (alle Teile).

(2) Die in EN 1993-1-10 angegebenen Bemessungsverfahren sind anwendbar, wenn:

- die Ausführungsqualität den Festlegungen nach EN 1090-2 oder EN 1090-4 entspricht; und
- die verwendeten Werkstoffe und -produkte den Festlegungen der maßgebenden Teile von EN 1993 (alle Teile) oder den maßgebenden Werkstoff- und Produktspezifikationen entsprechen.

2 Normative Verweisungen

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

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

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

EN 1090-4, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 4: Technische Anforderungen an tragende, kaltgeformte Bauelemente aus Stahl und tragende, kaltgeformte Bauteile für Dach-, Decken-, Boden- und Wandanwendungen*

EN 1990, *Eurocode — Grundlagen der Tragwerksplanung*

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

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

FprEN 1993-1-1:2022, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1

KV-Wert

Charpy-V-Kerbschlagwert

Kerbschlagarbeit in Joule [J], die für den Bruch einer Charpy-V-Kerbschlagprobe bei einer bestimmten Prüftemperatur T benötigt wird (d. h. T_{KV})

3.1.2

Übergangstemperaturbereich

Temperaturbereich im Zähigkeits-Temperaturdiagramm $KV(T)$, in dem die Beziehung dargestellt wird, wie der Zähigkeitsabfall des Werkstoffes mit der Temperatur korreliert und die Versagensart von zäh nach spröde wechselt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bereich 2 in Bild 3.1.

3.1.3

Tieflagenbereich

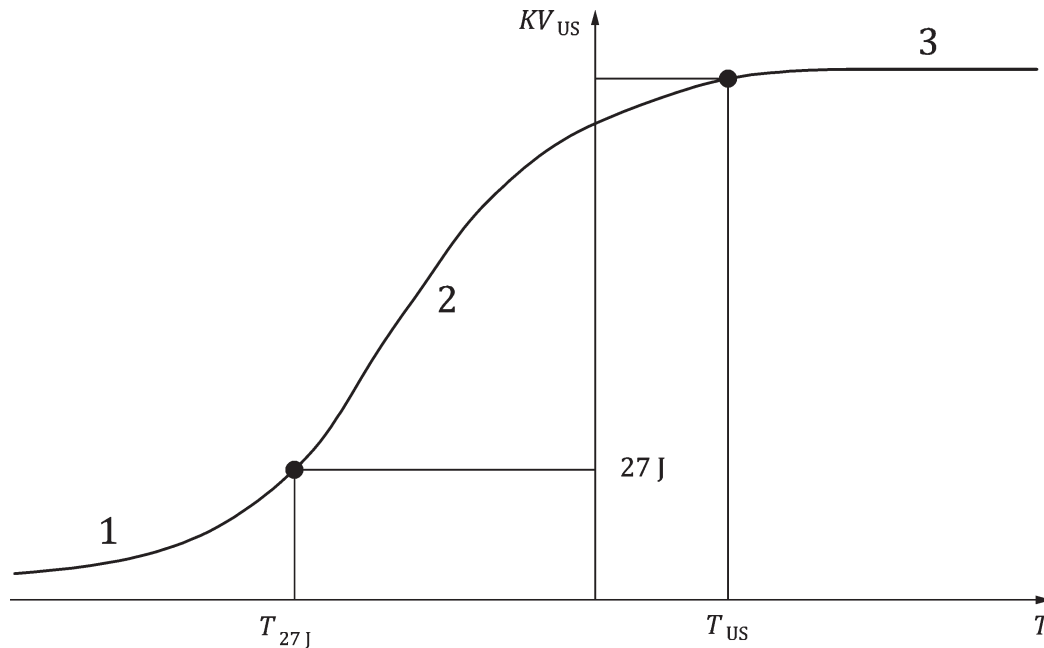
Temperaturbereich im Kerbschlagarbeit-Temperaturdiagramm, in dem die Charpy-V-Kerbschlagprobe Bruchverhalten infolge Spaltbarkeit (Sprödbbruch) aufweist, siehe Bereich 1 in Bild 3.1

3.1.4

Hochlagenbereich

Temperaturbereich im Zähigkeits-Temperaturdiagramm, in dem die Charpy-V-Kerbschlagprobe duktiles Bruchverhalten aufweist

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bereich 3 in Bild 3.1.



Legende

- 1 Tieflagenbereich
- 2 Übergangstemperaturbereich
- 3 Hochlagenbereich

ANMERKUNG Die Charpy-Übergangstemperatur kann auch T_{30J} oder T_{40J} sein – entsprechend KV -Werten von 30 J oder 40 J. Eine Erläuterung zu T_{27J} und T_{US} ist der Liste der Symbole zu entnehmen.

Bild 3.1 — Beispiel für den Zusammenhang zwischen Temperatur und Charpy-Kerbschlagarbeit

3.1.5

Charpy-Übergangstemperatur

niedrigste Temperatur im Übergangstemperaturbereich, bei der das Werkstoffverhalten von zäh nach spröde wechselt

3.1.6

Z-Wert

Prozentwert der Brucheinschnürung einer Zugprobe im einaxialen Zugversuch in Dickenrichtung (siehe EN ISO 6892-1 und EN 10164) um die Duktilität in Dickenrichtung einer Zugprobe anzugeben.

3.1.7

Kaltumformungsgrad

bleibende Dehnung infolge Kaltumformung in Prozent

3.1.8

Bezugstemperatur

Wert der niedrigsten Einsatztemperatur des Stahls, erforderlichenfalls modifiziert mittels Temperaturverschiebungen zur Berücksichtigung der Rissgeometrie, des konstruktiven Details, der Zuverlässigkeit, der Dehnungsraten und der Kaltumformung

3.2 Symbole und Abkürzungen

3.2.1 Lateinische Großbuchstaben

$CTOD$	Rissspitzenöffnung
J	Wert der elastisch-plastischen Bruchzähigkeit (J-Integralwert), in N/mm, der als Linien- oder Oberflächenintegral bestimmt wird, das die Rissfront von einem Rissufer zum anderen umfasst
K	Spannungsintensitätsfaktor, in $N/mm^{3/2}$
K_{Ic}	Bruchzähigkeit für den ebenen Dehnungsfall und für linear-elastisches Werkstoffverhalten, in $N/mm^{3/2}$
$KV(T)$	Kerbschlagarbeit in Joule [J], bei Prüfung einer Charpy-V-Kerbschlagprobe bei Temperatur T_{KV}
KV_{US}	Kerbschlagarbeit in Joule [J], bei Prüfung einer Charpy-V-Kerbschlagprobe bei Temperatur T_{US}
T	Temperatur [°C]
T_{Ed}	Bezugstemperatur (siehe 4.2.1)
T_{27J}	Übergangstemperatur, bei der die Kerbschlagarbeit KV entsprechend der maßgebenden Produktnorm in einem Kerbschlagversuch nach Charpy 27 J nicht unterschreiten sollte
T_{30J}	Übergangstemperatur, bei der die Kerbschlagarbeit KV entsprechend der maßgebenden Produktnorm in einem Kerbschlagversuch nach Charpy 30 J nicht unterschreiten sollte
T_{40J}	Übergangstemperatur, bei der die Kerbschlagarbeit KV entsprechend der maßgebenden Produktnorm in einem Kerbschlagversuch nach Charpy 40 J nicht unterschreiten sollte
T_{KV}	Prüftemperatur [°C] für einen Kerbschlagversuch nach Charpy für einen festgelegten Mindestwert der Kerbschlagarbeit KV , in Joule [J]
$T_{N,min}$	Mindest-Stahltemperatur [°C] eines Bauteils in Gebrauch mit einer Wiederkehrperiode von 50 Jahren für die entsprechend der Tragwerksart empfohlene Lufttemperatur und unter Einbeziehung eines Strahlungsverlustes
T_{US}	niedrigste Temperatur [°C], bei der das Auftreten von Scherbruch bei einem Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy 100 % beträgt und die als Ausgangspunkt des Hochlagenbereichs angesetzt wird (siehe 4.3)
Z	Z-Güteklasse [%], differenziert nach aufsteigenden Z-Werten (siehe 5.2)
Z_{Ed}	erforderlicher Bemessungswert von Z, der sich aus der Größenordnung der Dehnungsbeanspruchung des Metalls infolge behinderter Schweißnahtschrumpfung ergibt
Z_{Rd}	verfügbarer Bemessungswert von Z in Abhängigkeit von den Eigenschaften in Dickenrichtung des Materials

3.2.2 Lateinische Kleinbuchstaben

f_y	Streckgrenze
$f_{y,nom}$	Nennwert der Streckgrenze
t	Dicke
t_{max}	maximal zulässige Bauteildicke

3.2.3 Griechische Großbuchstaben

ΔT_R	Sicherheitszuschlag [K], falls erforderlich, um abweichende Zuverlässigkeitsniveaus für andere Anwendungen berücksichtigen zu können
$\Delta T_{\dot{\epsilon}}$	Temperaturverschiebung [K] zur Berücksichtigung einer vom Bezugswert $\dot{\epsilon}_0$ abweichenden Dehnungsrate
$\Delta T_{\epsilon_{cf}}$	Temperaturverschiebung [K] zur Berücksichtigung des Kaltumformungsgrades ϵ_{cf} oder ϵ_{eff}
ΔT_{σ}	Temperaturverschiebung [K] zur Berücksichtigung der Spannung und Streckgrenze des Materials, rissähnlicher Imperfektionen sowie der Bauteilform und -abmessungen, siehe 4.2.3(3)

3.2.4 Griechische Kleinbuchstaben

ϵ_{cf}	Kaltumformungsgrad (DCF), in Prozent
$\dot{\epsilon}$	Dehnungsrate [1/s]
$\dot{\epsilon}_0$	Bezugswert der Dehnungsrate [1/s]
ϵ_{eff}	effektive Dehnung als Mittelwert der plastischen Dehnung im Netto-Querschnitt
ϵ_{pnom}	plastische Dehnung zur Berücksichtigung von Kaltbiegungen in Hohlprofilen
σ_{Ed}	Spannungen, die mit der Bezugstemperatur T_{Ed} auftreten

4 Werkstoffauswahl zur Vermeidung von Sprödbruch

4.1 Allgemeine Regeln

(1) Zur Vermeidung von Sprödbruch muss die Materialauswahl den allgemeinen Regeln nach EN 1990 und EN 1991 (alle Teile) sowie den jeweiligen Bemessungsvorschriften für Stahltragwerke nach den anderen maßgebenden Teilen von EN 1993-1 (alle Teile) entsprechen.

(2) Die Ausführung muss den Anforderungen nach EN 1090-2 oder EN 1090-4 entsprechen.

(3) Die Regeln nach Abschnitt 4 sind anwendbar für Bauteile und Kerbfälle unter Zugspannungen, welche sich aus der Kombination in Gleichung (4.1) ergeben.

(4) Die Regeln nach Abschnitt 4 dürfen für nicht zugbeanspruchte Bauelemente angewendet werden, da die Regeln in dieser Situation konservativ sind. Für Bauteil- oder Bauteilkomponenten unter Druckspannung darf eine Mindest-Zähigkeitseigenschaft für eine Nennspannung von $\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$ ermittelt werden.

(5) Normen für Stahlerzeugnisse legen fest, dass Probekörper bei einer bestimmten Prüftemperatur T_{KV} bei einer Kerbschlagarbeit unter einem festgelegten Wert KV nicht versagen dürfen.

(6) Die Regeln sollten für die Mindest-Kerbschlagarbeit KV_2 für die in der maßgebenden Norm für Stahlerzeugnisse aufgeführte festgelegte Güteklasse angewendet werden. Neuer Werkstoff geringerer Güte (Stahlgütegruppen) sollte nicht verwendet werden, auch wenn die Prüfergebnisse gleichwertige oder bessere Werte für die Kerbschlagarbeit ergeben.

(7) Die Regeln nach 4.1 beziehen sich auf die Zähigkeit im Tieflagen- und im Übergangstemperaturbereich, siehe 4.2. Zusätzliche Regeln für die Zähigkeit im Hochlagenbereich in Bezug auf den Bemessungsgrenzwert der Tragfähigkeit unter Zugbeanspruchung und für die Erdbebenbemessung sind in 4.3 bzw. 4.4 angegeben.

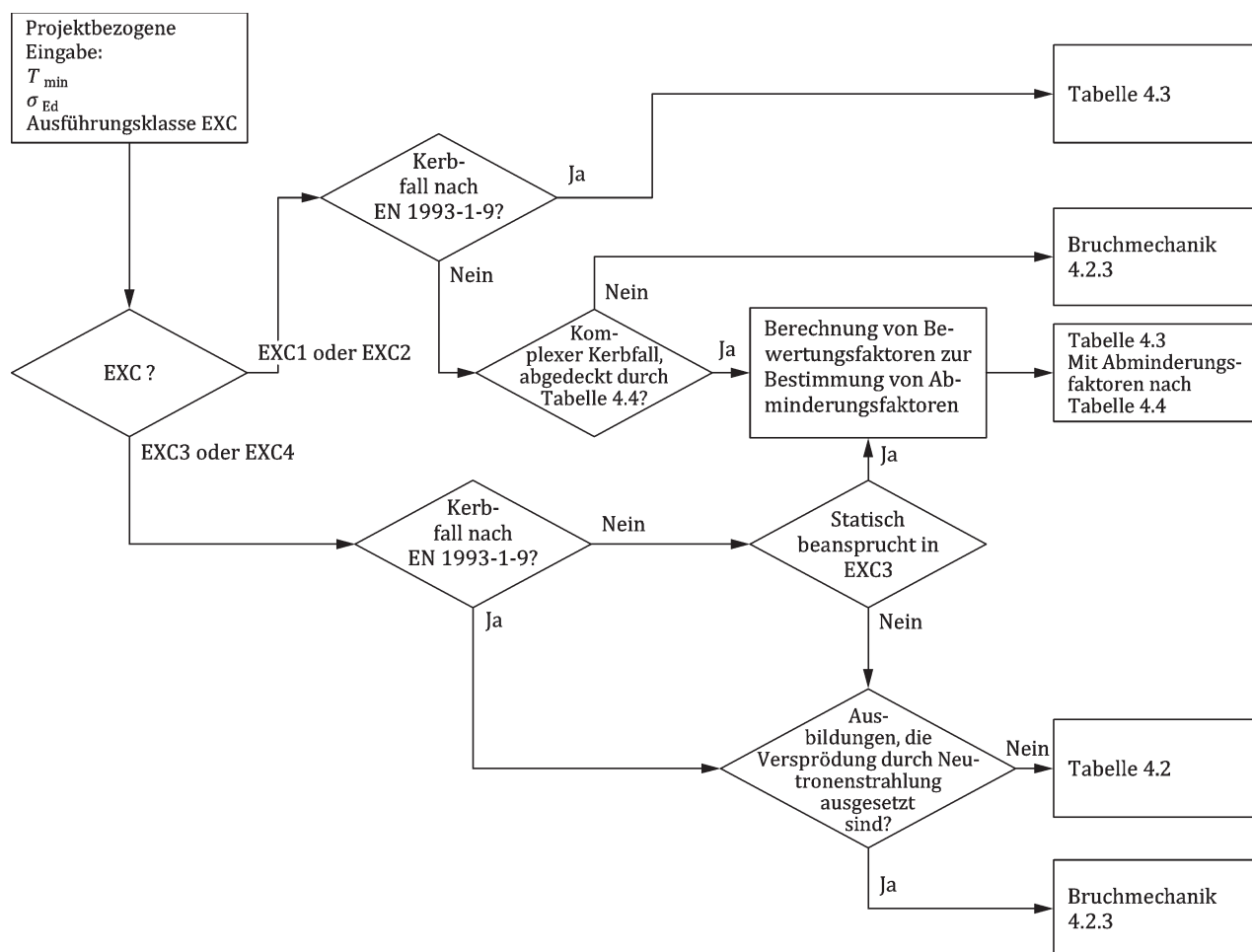
(8) Die Wahl eines Bemessungsverfahrens für Sprödbbruchbeurteilung muss nach Bild 4.1 erfolgen.

ANMERKUNG Die Wahl beruht auf der Temperatur (siehe Gleichung (4.2)), Spannung (siehe Gleichung (4.1)) und Ausführungsklasse, wie in FprEN 1993-1-1:2022, Anhang A, definiert.

(9) Für ermüdungsbeanspruchte Bauteile der Ausführungsklasse EXC 2 sollte ein Abminderungsfaktor von 0,5 entsprechend Tabelle 4.5 auf die Dickenwerte nach Tabelle 4.3 angewendet werden.

(10) Für geschweißte Bauteile der Ausführungsklasse EXC 3, die nicht durch detaillierte Tabellen zum Nennspannungsverfahren nach EN 1993-1-9 abgedeckt sind, sollte 4.2.2.3 angewendet werden.

(11) Die Zähigkeit von Bauteilen, die Versprödung durch Neutronenstrahlung ausgesetzt sind, z. B. Tragwerke von Kernkraftwerken, sollte mittels Bruchmechanik nach 4.2.3 bestimmt werden.



ANMERKUNG Tabelle 4.2 für EXC3 und EXC4 wurde hauptsächlich für ermüdungsbeanspruchte Bauteile und Tabelle 4.3 für EXC1 und EXC2 für hauptsächlich statisch belastete Bauteile entwickelt.

Bild 4.1 — Flussdiagramm der Werkstoffauswahlverfahren für Sprödbbruchbeurteilung

4.2 Zähigkeitsanforderungen für den Tieflagen- und den Übergangstemperaturbereich

4.2.1 Durchführung

(1) Bei der Wahl der Stahlgüte sollte Folgendes berücksichtigt werden:

i) Eigenschaften des Stahlwerkstoffs:

- Streckgrenze in Abhängigkeit von der Werkstoffdicke $f_y(t)$;
- Zähigkeitseigenschaft, ausgedrückt als T_{27J} , T_{30J} oder T_{40J} ;

ii) Bauteileigenschaften:

- Bauteilgeometrie und -ausbildung;
- Spannungskonzentrationen in Abhängigkeit von der Bauteilgeometrie und der Dicke des beanspruchten Bauteils (t);
- geeignete Annahmen bezüglich Herstellungsfehlern (z. B. durchgehende Risse oder halbelliptische Oberflächenrisse);

iii) Bemessungssituationen:

- Bemessungswert der niedrigsten Stahltemperatur;
- größte aufgebrachte Spannungen aus ständigen und veränderlichen Einwirkungen, abgeleitet vom nachstehend in (4) beschriebenen Bemessungszustand;
- Eigenspannungen;
- Annahmen zu Risswachstum infolge Ermüdungsbeanspruchung während eines Überwachungszeitraums (sofern maßgebend);
- Dehnungsgeschwindigkeit $\dot{\epsilon}$ aus außergewöhnlichen Einwirkungen (sofern maßgebend);
- Kaltumformungsgrad (ϵ_{cf} und ϵ_{eff}) (sofern maßgebend);

iv) Ausführungsklasse nach FprEN 1993-1-1:2022, Anhang A.

(2) Die maximal zulässige Dicke von Stahlbauelementen in Bezug auf Bruch sollte anhand von Tabelle 4.2 und Tabelle 4.3 ermittelt werden.

(3) Der folgende Bemessungszustand sollte verwendet werden:

i) Die größte aufgebrachte Nennspannung σ_{Ed} sollte entsprechend der Kombination von Einwirkungen nach Gleichung (4.1) ermittelt werden:

$$E_d = E\{A[T_{Ed}] "+" \sum G_K "+" \psi_1 Q_{K1} "+" \sum \psi_{(2,i)} Q_{Ki}\} \quad (4.1)$$

Dabei ist/sind

- A die Leiteinwirkung, die durch die Bezugstemperatur T_{Ed} wiedergegeben wird, welche die Werkstoffzähigkeit des betrachteten Bauteils beeinflusst und auch zu Spannung infolge der Behinderung von Bewegungen führen könnte;
- ΣG_K die ständigen Einwirkungen;
- $\psi_1 Q_{K1}$ der ständige Wert der veränderlichen Last; und
- $\psi_{2i} Q_{Ki}$ die quasi-ständigen Werte der veränderlichen Begleitlasten, welche die auf den Werkstoff einwirkenden Spannungswerte dominieren.
- ii) Die Kombinationsbeiwerte ψ_1 und ψ_2 sollten EN 1990 entsprechen.
- iii) Die größte aufgebrachte Spannung σ_{Ed} sollte der Bemessungswert der größten Nennzugspannung am potenziellen Bruchinitiierungspunkt sein. Die aufgebrachte Spannung σ_{Ed} muss durch elastische Berechnungen bestimmt werden. Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung sollten, sofern maßgebend, berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 1 Die Kombination nach Gleichung (4.1) wird als gleichwertig zu einer außergewöhnlichen Kombination betrachtet, da gleichzeitiges Auftreten von niedrigster Temperatur, Rissgröße, Rissstelle und Werkstoffeigenschaft angenommen wird.

ANMERKUNG 2 σ_{Ed} kann Spannungen aufgrund der Behinderung von Bewegungen infolge Temperaturänderung einschließen.

ANMERKUNG 3 Da die Leiteinwirkung die Bezugstemperatur T_{Ed} ist, wird im Allgemeinen die größte aufgebrachte Spannung σ_{Ed} einen Wert von 75 % der Streckgrenze nicht überschreiten.

(4) Die Bezugstemperatur T_{Ed} an der potenziellen Rissstelle sollte unter Verwendung von Gleichung (4.2) bestimmt werden:

$$T_{Ed} = T_{N,min} + \Delta T_{\sigma} + \Delta T_R + \Delta T_{\varepsilon} + \Delta T_{\varepsilon_{cf}} \quad (4.2)$$

Dabei ist

$T_{N,min}$ der Mindestwert der gleichmäßigen Stahltemperatur mit einer festgelegten Wiederkehrperiode für außenliegende Bauteile; siehe EN 1991-1-5. Für den Extremwert der geringstmöglichen Lufttemperatur sollte in Abhängigkeit vom Tragwerkstyp eine Wiederkehrperiode von 50 Jahren angewendet werden.

Das zur Berechnung der Temperaturverschiebung $\Delta T_{\varepsilon_{cf}}$ infolge Kaltumformung angewendete Verfahren beruht auf Erkenntnissen für nicht feinkörnigen Stählen und ist für feinkörnige Stähle konservativ. Sofern verfügbar, dürfen andere geeignete Regeln zur Berücksichtigung von Kaltumformungseffekten angewendet werden.

ANMERKUNG 1 Ein Höchstwert für die Differenz von 40 K ist ($T_{KV} \leq T_{N,min} + 40 \text{ K}$). Der Nationale Anhang kann den Höchstwert angeben, um den die Mindest-Stahltemperatur $T_{N,min}$ die Prüftemperatur des Kerbschlagbiegeversuchs T_{KV} unterschreiten kann.

ΔT_{σ} die Anpassung für Spannung und Streckgrenze des Werkstoffs, Rissimperfection sowie Bauteilform und -abmessung,

ANMERKUNG 2 ΔT_{σ} ist gleich 0 K für die Berechnung von T_{Ed} nach Gleichung (4.2) bei der Bestimmung der maximal zulässigen Erzeugnisdicken nach 4.2.2.2. Grund hierfür ist die Verwendung einer Standardkurve für die Temperaturverschiebung ΔT_{σ} bei der Erstellung der tabellierten Werte nach 4.2.2, welche die Bemessungswerte der Spannungsintensitätsfaktorfunktion K aus aufgetragenen Spannungen σ_{Ed} und Eigenspannungen umhüllt und die Wallin-Sanz-Korrelation zwischen der Spannungsintensitätsfaktorfunktion [K] und der Temperatur T einschließt.

ANMERKUNG 3 Der Nationale Anhang kann den Bereich von σ_{Ed} begrenzen, auf den die Gültigkeit der zulässigen Dickenwerte nach Tabelle 4.2 und Tabelle 4.3 eingeschränkt werden kann.

ΔT_R ein Sicherheitszuschlag, sofern erforderlich, zur Berücksichtigung anderer Zuverlässigkeitsniveaus für andere Anwendungen

ANMERKUNG 4 Bei Verwendung der tabellierten Werte nach 4.2.2 ist das Sicherheitselement ΔT_R gleich 0 K, sofern der Nationale Anhang keinen abweichenden Wert angibt, um T_{Ed} an andere Zuverlässigkeitsanforderungen anzupassen. Bei Verwendung von durch Prüfung ermittelten Werkstoffkennwerten entspricht das Sicherheitselement ΔT_R gleich -38 K, sofern der Nationale Anhang keinen abweichenden Wert angibt.

ΔT_{ε} die Anpassung für eine vom Bezugswert ε_0 abweichende Dehnrate, siehe Gleichung (4.5)

$\Delta T_{\varepsilon_{cf}}$ die Anpassung für den Kaltumformungsgrad ε_{cf} , siehe Gleichung (4.6)

ANMERKUNG 5 Alternative Verfahren können zur Bestimmung der Zähigkeitsanforderungen angewendet werden. Weitere Informationen sind in 4.2.3 angegeben.

4.2.2 Maximal zulässige Dickenwerte

4.2.2.1 Allgemeines

(1) Für die Ausführungsklassen 3 und 4 darf die maximal zulässige Dicke aus Tabelle 4.2 abgelesen werden. Für die Ausführungsklassen 1 und 2 darf die maximal zulässige Dicke je nach Anwendbarkeit aus Tabelle 4.3 oder Tabelle 4.2 ausgewählt werden. Die Ausführungsklasse darf nach FprEN 1993-1-1:2022, Tabelle A1, festgelegt werden.

ANMERKUNG 1 Es gilt das im Flussdiagramm in Bild 4.1 dargestellte Verfahren.

ANMERKUNG 2 Tabelle 4.2 und Tabelle 4.3 enthalten die für eine Stahlsorte geeignete maximal zulässige Bauteildicke t_{max} , ihre Zähigkeitseigenschaft in Form des KV-Wertes, das angewendete Spannungsniveau $[\sigma_{Ed}]$ und die Referenztemperatur $[T_{Ed}]$.

ANMERKUNG 3 Die in Tabelle 4.2 und Tabelle 4.3 angegebenen Werte beruhen auf den folgenden Voraussetzungen:

- die Werte entsprechen den Zuverlässigkeitsanforderungen nach EN 1990;
- eine Dehnungsrate $\dot{\varepsilon} = 4 \times 10^{-4}/s$ wurde angenommen, welche die dynamischen Schnittgrößeneinflüsse für die meisten vorübergehenden und ständigen Bemessungssituationen abdeckt;
- nicht kaltgeformter Werkstoff mit $\varepsilon_{cf} = 0 \%$;
- die Nennwerte der Kerbschlagzähigkeit in Form von T_{27J} beruhen auf den folgenden Produktnormen: EN 10025 (alle Teile), EN 10210-1, EN 10210-2, EN 10219-1, EN 10219-2 und EN 10149-2. Für andere Werte wurden die folgenden Korrelationen verwendet

$$T_{40J} = T_{27J} + 10 [^{\circ}C] \quad (4.3)$$

$$T_{30J} = T_{27J} + 0 \text{ [}^{\circ}\text{C]} \quad (4.4)$$

ANMERKUNG 4 Für ermüdungsbeanspruchte Bauteile sind alle Kerbfallkategorien für Nennspannungen nach EN 1993-1-9 abgedeckt.

ANMERKUNG 5 Für Tragwerke unter vorwiegend statischer Beanspruchung ist ein vereinfachtes Verfahren zur Berücksichtigung komplexer Geometrien in 4.2.2.3 angegeben.

Bei der Bestimmung von Tabelle 4.2 wurde die Ermüdung berücksichtigt, indem eine Ermüdungslast auf ein Kerbdetail mit einem angenommenen Anfangsfehler aufgebracht wurde. Die in diesen Details angenommene Schädigung beträgt ein Viertel des vollständigen Ermüdungsschadens, die sich aus dem Nennspannungskonzept nach EN 1993-1-9 ergibt. Diese Annahme lässt eine Mindestanzahl von betriebsbegleitenden Inspektionsintervallen zu, welche für das Verfahren ausreichender Schadenstoleranz nach EN 1993-1-9 festgelegt werden sollten. Eine Inspektion am Ende der Bauteillebensdauer ist nur bei Verlängerung der Lebensdauer erforderlich. Für ermüdungsbeanspruchte Bauteile, die nach EN 1993-1-9 mit dem Konzept der ausreichenden Sicherheit gegen Ermüdungsversagen ohne Vorankündigung bemessen werden, sowie statisch beanspruchte Bauteile nach Tabelle 4.3, ist keine betriebsbegleitende Inspektion bezüglich Spröbruch erforderlich, sofern die Bauteile entsprechend den Anforderungen nach EN 1090-2 ausgeführt werden.

(2) Für hohe Dehnraten $\dot{\varepsilon} > 4 \times 10^{-4}/s$ (z. B. für Stoßlasten) dürfen die tabellierten Werte nach Tabelle 4.2 und Tabelle 4.3 durch Reduzierung von T_{Ed} um $\Delta T_{\dot{\varepsilon}}$ nach Gleichung (4.5) verwendet werden:

$$\Delta T_{\dot{\varepsilon}} = -\frac{1\,440 - f_y(t)}{550} \times \left(\ln \frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_0} \right)^{1,5} \text{ [K]} \quad (4.5)$$

mit $\dot{\varepsilon}_0 = 10^{-4}/s$ als Bezugswert der Dehnrates.

(3) Zur Berücksichtigung des Einflusses von Kaltumformung von alterungsbeständigen Stählen dürfen die tabellierten Werte nach Tabelle 4.2 und Tabelle 4.3 unter Anpassung von T_{Ed} durch Addition von $\Delta T_{\varepsilon_{cf}}$ nach Gleichung (4.6) verwendet werden:

$$\Delta T_{\varepsilon_{cf}} = -3 \times \varepsilon_{cf} \text{ [K]} \quad (4.6)$$

mit $0 \text{ K} \geq \Delta T_{\varepsilon_{cf}} \geq -45 \text{ K}$

Dabei ist ε_{cf} der Wert der plastischen Dehnung infolge Kaltumformung.

(4) Für kreisförmige kaltgeformte Hohlprofile nach EN 10219-1 und EN 10219-2 sowie andere kaltgeformte Profile nach EN 1993-1-3 darf aufgrund von Effekten infolge Kaltumformung die Anpassung nach Gleichung (4.7) verwendet werden:

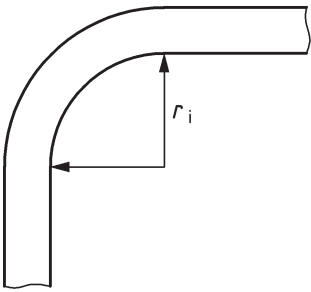
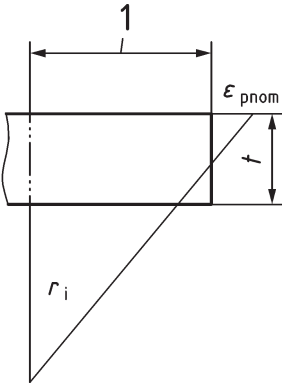
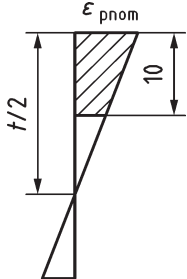
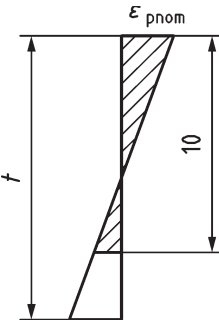
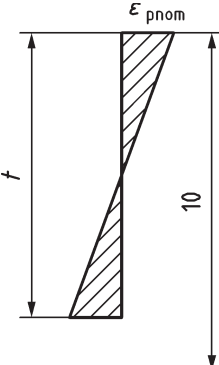
$$\Delta T_{\varepsilon_{cf}} = -3\varepsilon_{eff} \text{ [K]} \text{ bei } \varepsilon_{eff} > 2 \% \quad (4.7)$$

Dabei ist ε_{eff} der Mittelwert der plastischen Dehnung in der Netto-Querschnittsfläche.

ANMERKUNG 1 Der Wert von ε_{eff} ist von der Wanddicke und dem Innenradius r_i abhängig.

ANMERKUNG 2 Tabelle 4.1 enthält die Beziehung zwischen dem Radius des Kaltbiegens und dem Höchstwert der plastischen Dehnung ε_{pnom} sowie den Wert ε_{eff} für verschiedene Wanddicken t .

Tabelle 4.1 — Definition von $\varepsilon_{\text{pnom}}$ und ε_{eff} für den Radius der Kaltbiegung r_i

		$\varepsilon_{\text{pnom}} = \frac{t}{2r_i + t}$
Bestimmung der wirksamen Dehnung ε_{eff}		
t	Verteilung von $\varepsilon_{\text{pnom}}$	ε_{eff}
≥ 20		$\varepsilon_{\text{pnom}} \left(1 - \frac{10}{t}\right)$
< 20 ≥ 10		$\frac{\varepsilon_{\text{pnom}}}{2} \left(\frac{t}{20} + \frac{(20-t)^2}{20t} \right)$
< 10		$\frac{\varepsilon_{\text{pnom}}}{2} \frac{t}{10}$

(5) Für $r_i/t > 15$ dürfen herstellungsbedingte Kaltumformungsauswirkungen vernachlässigt werden. Für $r_i/t \leq 15$ darf der Höchstwert von $\Delta T_{\varepsilon_{\text{cf}}}$ mit $\Delta T_{\varepsilon_{\text{cf}}} = -20$ K angesetzt werden.

ANMERKUNG Für rechteckige Hohlprofile, die den Lieferbedingungen nach EN 10219 entsprechen, lautet die Anpassung ΔT_{ef} :

$$\Delta T_{\text{ef}} = -35 \text{ [K] bei } t \leq 16 \text{ mm}$$

$$\Delta T_{\text{ef}} = -45 \text{ [K] bei } t > 16 \text{ mm}$$

sofern nicht mittels Prüfung anders bestimmt.

4.2.2.2 Bestimmung der maximal zulässigen Erzeugnisdicke

(1) Für die Ausführungsklassen 3 und 4 darf die maximal zulässige Dicke aus Tabelle 4.2 ausgewählt werden. Für die Ausführungsklassen 1 und 2 darf die maximal zulässige Dicke je nach Anwendbarkeit aus Tabelle 4.3 oder Tabelle 4.2 ausgewählt werden. Die Ausführungsklasse darf nach FprEN 1993-1-1:2022, Tabelle A1, bestimmt werden.

(2) Die Dickenwerte werden in Form von drei Spannungsniveaus angegeben, die als Anteile der Nennstreckgrenze ausgedrückt werden:

a) $\sigma_{\text{Ed}} = 0,75 f_y(t) \text{ [N/mm}^2\text{]}$

b) $\sigma_{\text{Ed}} = 0,50 f_y(t) \text{ [N/mm}^2\text{]}$

c) $\sigma_{\text{Ed}} = 0,25 f_y(t) \text{ [N/mm}^2\text{]}$

(3) Der Wert der Nennstreckgrenze $f_y(t)$ darf entweder nach Gleichung (4.8) bestimmt oder als R_{eH} -Werte den maßgebenden Produktnormen entnommen werden.

$$f_y(t) = f_{y,\text{nom}} - 0,25 \frac{t}{t_0} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (4.8)$$

Dabei ist

t die Blechdicke, in mm;

$t_0 = 1 \text{ mm}$.

ANMERKUNG Die tabellierten Werte sind als Auswahl für sieben verschiedene Bezugstemperaturen angegeben: +10 °C, 0 °C, -10 °C, -20 °C, -30 °C, -40 °C, -50 °C, -80 °C und -120 °C.

(4) Extrapolationen über die in Tabelle 4.2 und Tabelle 4.3 angegebenen Extremwerte der Spannungen hinaus sollten nicht durchgeführt werden.

Tabelle 4.2 — Maximal zulässige Erzeugnisdicke t , in mm, für die Ausführungsklassen EXC3 und EXC4

Stahl- sorte	Güte	KV		Bezugstemperatur T_{ed}																											
		T °C	f_{min}	°C																											
				10	0	−10	−20	−30	−40	−50	−80	−120	10	0	−10	−20	−30	−40	−50	−80	−120	10	0	−10	−20	−30	−40	−50	−80	−120	
				$\sigma_{\text{Ed}} = 0,75 \cdot f_y(t)$										$\sigma_{\text{Ed}} = 0,5 \cdot f_y(t)$										$\sigma_{\text{Ed}} = 0,25 \cdot f_y(t)$							
S235	JR	20	27	60	50	40	35	30	25	20	10	5	90	75	65	55	45	40	35	20	15	135	115	100	85	75	65	60	40	30	
	J0	0	27	90	75	60	50	40	35	30	15	10	125	105	90	75	65	55	45	30	15	175	155	135	115	100	85	75	50	35	
	J2	−20	27	125	105	90	75	60	50	40	25	10	170	145	125	105	90	75	65	40	20	200	200	175	155	135	115	100	65	40	
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	10	5	80	70	55	50	40	35	30	20	10	125	110	95	80	70	60	55	40	25	
	J0	0	27	75	65	55	45	35	30	25	15	5	115	95	80	70	55	50	40	25	15	165	145	125	110	95	80	70	45	30	
	J2	−20	27	110	95	75	65	55	45	35	20	10	155	130	115	95	80	70	55	35	20	200	190	165	145	125	110	95	60	40	
	K2,M,N	−20	40	135	110	95	75	65	55	45	25	10	180	155	130	115	95	80	70	40	20	200	200	190	165	145	125	110	70	40	
	ML,NL	−50	27	185	160	135	110	95	75	65	35	15	200	200	180	155	130	115	95	55	30	200	200	200	200	190	165	145	95	55	
S355	JR	20	27	40	35	25	20	15	15	10	5	5	65	55	45	40	30	25	25	15	10	110	95	80	70	60	55	45	30	20	
	J0	0	27	60	50	40	35	25	20	15	10	5	95	80	65	55	45	40	30	20	10	150	130	110	95	80	70	60	40	25	
	J2	−20	27	90	75	60	50	40	35	25	15	5	135	110	95	80	65	55	45	25	15	200	175	150	130	110	95	80	55	30	
	J4	−40	27	130	110	90	75	60	50	40	20	10	180	155	135	110	95	80	65	40	20	200	200	195	170	150	130	110	70	40	
	K2,M,N	−20	40	110	90	75	60	50	40	35	20	5	155	135	110	95	80	65	55	30	15	200	200	175	150	130	110	95	60	35	
	J5,ML,NL	−50	27	155	130	110	90	75	60	50	25	10	200	180	155	135	110	95	80	45	25	210	200	200	200	175	150	130	80	45	
S420	JR	20	27	35	30	20	20	15	10	10	5	—	60	50	40	35	25	20	20	10	5	100	85	75	65	55	45	40	30	20	
	J0	0	27	55	45	35	30	20	20	15	5	—	85	70	60	50	40	35	25	15	10	140	120	100	85	75	65	55	35	20	
	J2	−20	27	80	65	55	45	35	30	20	10	5	120	100	85	70	60	50	40	20	10	185	160	140	120	100	85	75	45	30	
	J4	−40	27	115	95	80	65	55	45	35	20	5	165	140	120	100	85	70	60	35	15	200	200	185	160	140	120	100	65	35	
	K2,M,N	−20	40	95	80	65	55	45	35	30	15	5	140	120	100	85	70	60	50	25	15	200	185	160	140	120	100	85	55	30	
	J5,ML,NL	−50	27	135	115	95	80	65	55	45	20	10	190	165	140	120	100	85	70	40	20	200	200	200	185	160	140	120	75	40	

Stahl- sorte	Güte	KV		Bezugstemperatur T_{ed}																											
				°C																											
		T °C	J_{min}	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	-80	-120	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	-80	-120	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	-80	-120	
				$\sigma_{Ed} = 0,75 \cdot f_y(t)$										$\sigma_{Ed} = 0,5 \cdot f_y(t)$										$\sigma_{Ed} = 0,25 \cdot f_y(t)$							
S460	JR	20	27	30	25	20	15	10	10	5	5	—	55	45	35	30	25	20	15	10	5	95	80	70	60	50	45	40	25	15	
	J0	0	27	50	40	30	25	20	15	10	5	—	80	65	55	45	35	30	25	15	5	130	115	95	80	70	60	50	35	20	
	J2	-20	27	75	60	50	40	30	25	20	10	5	110	95	80	65	55	45	35	20	10	175	150	130	115	95	80	70	45	25	
	J4	-40	27	105	90	75	60	50	40	30	15	5	155	130	110	95	80	65	55	30	15	200	200	175	150	130	115	95	60	35	
	K2,M,N	-20	40	90	75	60	50	40	30	25	10	5	130	110	95	80	65	55	45	25	10	200	175	150	130	115	95	80	50	30	
	J5,ML,NL	-50	27	125	105	90	75	60	50	40	20	5	180	155	130	110	95	80	65	35	15	200	200	200	175	150	130	115	70	40	
	Q	-20	30	75	60	50	40	30	25	20	10	5	110	95	80	65	55	45	35	20	10	175	150	130	115	95	80	70	45	25	
	QL	-40	30	105	90	75	60	50	40	30	15	5	155	130	110	95	80	65	55	30	15	200	200	175	150	130	115	95	60	35	
	QL1	-60	30	150	125	105	90	75	60	50	25	10	200	180	155	130	110	95	80	45	20	200	200	200	200	175	150	130	80	45	
S500	J0	0	27	45	35	30	20	20	15	10	5	—	70	60	50	40	35	25	20	10	5	125	105	90	80	65	55	50	30	20	
	K2,M,N	-20	40	80	65	55	45	35	30	20	10	5	125	105	85	70	60	50	40	20	10	195	170	145	125	105	90	80	50	25	
	ML,NL	-50	27	120	100	80	65	55	45	35	20	5	170	145	125	105	85	70	60	35	15	250	220	195	170	145	125	105	65	35	
	Q	0	40	55	45	35	30	20	20	15	5	—	85	70	60	50	40	35	25	15	5	145	125	105	90	80	65	55	35	20	
	Q	-20	30	65	55	45	35	30	20	20	10	5	105	85	70	60	50	40	35	20	10	170	145	125	105	90	80	65	40	25	
	QL	-20	40	80	65	55	45	35	30	20	10	5	125	105	85	70	60	50	40	20	10	195	170	145	125	105	90	80	50	25	
	QL	-40	30	100	80	65	55	45	35	30	15	5	145	125	105	85	70	60	50	25	10	220	195	170	145	125	105	90	55	30	
	QL1	-40	40	120	100	80	65	55	45	35	20	5	170	145	125	105	85	70	60	35	15	250	220	195	170	145	125	105	65	35	
	QL1	-60	30	140	120	100	80	65	55	45	20	10	195	170	145	125	105	85	70	40	20	250	250	220	195	170	145	125	80	40	

Stahl- sorte	Güte	KV		Bezugstemperatur T_{ed}																															
		T °C	J_{min}	°C																															
				10	0	-10	-20	-30	-40	-50	-80	-120	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	-80	-120	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	-80	-120					
				$\sigma_{\text{Ed}} = 0,75 \cdot f_y(t)$												$\sigma_{\text{Ed}} = 0,5 \cdot f_y(t)$												$\sigma_{\text{Ed}} = 0,25 \cdot f_y(t)$							
S550	MC	-20	40	75	60	50	40	30	25	20	10	5	115	95	80	65	55	45	35	20	10	185	160	140	120	100	85	75	45	25					
	Q	0	40	50	40	30	25	20	15	10	5	—	80	65	55	45	35	30	25	15	5	140	120	100	85	75	60	55	35	20					
	Q	-20	30	60	50	40	30	25	20	15	5	—	95	80	65	55	45	35	30	15	5	160	140	120	100	85	75	60	40	20					
	QL	-20	40	75	60	50	40	30	25	20	10	5	115	95	80	65	55	45	35	20	10	185	160	140	120	100	85	75	45	25					
	QL	-40	30	90	75	60	50	40	30	25	10	5	135	115	95	80	65	55	45	25	10	210	185	160	140	120	100	85	55	30					
	QL1	-40	40	110	90	75	60	50	40	30	15	5	160	135	115	95	80	65	55	30	15	240	210	185	160	140	120	100	60	35					
	QL1	-60	30	130	110	90	75	60	50	40	20	5	185	160	135	115	95	80	65	35	15	250	240	210	185	160	140	120	75	40					
S600	MC	-20	40	70	55	45	35	30	20	15	5	—	105	90	75	60	50	40	35	20	5	175	155	130	110	95	80	70	40	20					
S620	Q	0	40	45	35	25	20	15	15	10	5	—	70	60	50	40	30	25	20	10	5	130	110	95	80	65	55	50	30	15					
	Q	-20	30	55	45	35	25	20	15	15	5	—	85	70	60	50	40	30	25	15	5	150	130	110	95	80	65	55	35	20					
	QL	-20	40	65	55	45	35	25	20	15	5	—	105	85	70	60	50	40	30	15	5	175	150	130	110	95	80	65	40	20					
	QL	-40	30	80	65	55	45	35	25	20	10	5	125	105	85	70	60	50	40	20	10	200	175	150	130	110	95	80	50	25					
	QL1	-40	40	100	80	65	55	45	35	25	15	5	145	125	105	85	70	60	50	25	10	230	200	175	150	130	110	95	55	30					
	QL1	-60	30	120	100	80	65	55	45	35	15	5	170	145	125	105	85	70	60	30	15	250	230	200	175	150	130	110	65	35					
S650	MC	-20	40	65	50	40	35	25	20	15	5	—	100	85	70	55	45	40	30	15	5	170	145	125	105	90	75	65	40	20					
S690 ^a	Q	0	40	40	30	25	20	15	10	10	5	—	65	55	45	35	30	20	20	10	5	120	100	85	75	60	50	45	25	15					
	Q	-20	30	50	40	30	25	20	15	10	5	—	80	65	55	45	35	30	20	10	5	140	120	100	85	75	60	50	30	15					
	QL	-20	40	60	50	40	30	25	20	15	5	—	95	80	65	55	45	35	30	15	5	165	140	120	100	85	75	60	35	20					
	QL	-40	30	75	60	50	40	30	25	20	10	—	115	95	80	65	55	45	35	20	5	190	165	140	120	100	85	75	45	20					
	QL1	-40	40	90	75	60	50	40	30	25	10	5	135	115	95	80	65	55	45	25	10	200	190	165	140	120	100	85	50	25					
	QL1	-60	30	110	90	75	60	50	40	30	15	5	160	135	115	95	80	65	55	30	10	200	200	190	165	140	120	100	60	30					
S700	MC	-20	40	60	45	40	30	25	20	15	5	—	95	80	65	55	45	35	30	15	5	165	140	120	100	85	70	60	35	20					

Stahl- sorte	Güte	KV		Bezugstemperatur T_{ed}																											
				°C																											
		T	J_{min}	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	-80	-120	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	-80	-120	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	-80	-120	
		°C		$\sigma_{\text{Ed}} = 0,75 \cdot f_y(t)$									$\sigma_{\text{Ed}} = 0,5 \cdot f_y(t)$									$\sigma_{\text{Ed}} = 0,25 \cdot f_y(t)$									
Lineare Interpolation darf bei Anwendung von Tabelle 4.2 durchgeführt werden. Die meisten Anwendungen erfordern σ_{Ed} -Werte zwischen $\sigma_{\text{Ed}} = 0,75 f_y(t)$ und $\sigma_{\text{Ed}} = 0,50 f_y(t)$.																															
Ein Strich in Tabelle 4.2 bedeutet, dass das Ergebnis weniger als 5 mm beträgt und das zugrunde gelegte Bemessungsverfahren dann nicht gültig ist. Die betroffenen Stahlsorten und -güten sollten unter diesen Bedingungen nicht ohne fachlichen Rat verwendet werden.																															
Tabelle 4.2 wurde für die KV-Werte für Kerbschlagproben in Walzrichtung des Erzeugnisses abgeleitet. Die KV-Werte für Kerbschlagproben senkrecht zur Walzrichtung des Erzeugnisses können geringer sein als die Werte für Proben in Walzrichtung. Erforderlichenfalls dürfen KV-Mindestwerte senkrecht zur Walzrichtung entsprechend den Optionen der Produktnorm festgelegt werden.																															
ANMERKUNG 1		Zu Bauelementen unter Druckspannung siehe 4.1(4).																													
ANMERKUNG 2		Nicht alle der in Tabelle 4.2 angegebenen Größen sind notwendigerweise in den maßgebenden Produktnormen enthalten.																													
^a Bei der Bestellung von Erzeugnissen aus S690-Stählen muss die Prüftemperatur TKV für die gewählte Stahlgütegruppe festgelegt werden.																															

Tabelle 4.3 — Maximal zulässige Erzeugnisdicke t , in mm, für die Ausführungsklassen EXC1 und EXC2

Stahl- sorte	Güte	KV		Bezugstemperatur T_{Ed}																											
		T °C	f_{min}	°C																											
				10	0	−10	−20	−30	−40	−50	−80	−120	10	0	−10	−20	−30	−40	−50	−80	−120	10	0	−10	−20	−30	−40	−50	−80	−120	
				$\sigma_{Ed} = 0,75 \cdot f_y(t)$									$\sigma_{Ed} = 0,5 \cdot f_y(t)$									$\sigma_{Ed} = 0,25 \cdot f_y(t)$									
S235	JR	20	27	250	250	170	120	90	65	50	25	15	250	250	250	250	190	145	110	55	30	250	250	250	250	250	250	250	135	75	
	J0	0	27	250	250	250	250	170	120	90	40	15	250	250	250	250	250	250	190	85	40	250	250	250	250	250	250	250	200	100	
	J2	−20	27	250	250	250	250	250	250	170	65	25	250	250	250	250	250	250	250	145	55	250	250	250	250	250	250	250	250	135	
S275	JR	20	27	250	185	130	95	70	50	40	20	10	250	250	250	205	150	115	90	45	25	250	250	250	250	250	250	215	120	65	
	J0	0	27	250	250	250	185	130	95	70	30	15	250	250	250	250	250	205	150	70	30	250	250	250	250	250	250	250	175	85	
	J2	−20	27	250	250	250	250	250	185	130	50	20	250	250	250	250	250	250	250	115	45	250	250	250	250	250	250	250	250	120	
	K2,M,N	−20	40	250	250	250	250	250	250	185	70	25	250	250	250	250	250	250	250	150	55	250	250	250	250	250	250	250	250	140	
	ML,NL	−50	27	250	250	250	250	250	250	250	130	40	250	250	250	250	250	250	250	90	250	250	250	250	250	250	250	250	250	215	
S355	JR	20	27	165	115	85	60	45	35	25	10	5	250	250	190	140	105	80	60	30	15	250	250	250	250	250	210	165	90	50	
	J0	0	27	250	240	165	115	85	60	45	20	5	250	250	250	250	190	140	105	45	20	250	250	250	250	250	250	250	135	65	
	J2	−20	27	250	250	250	240	165	115	85	35	10	250	250	250	250	250	250	190	80	30	250	250	250	250	250	250	250	210	90	
	J4	−40	27	250	250	250	250	250	240	165	60	20	250	250	250	250	250	250	250	140	45	250	250	250	250	250	250	250	250	135	
	K2,M,N	−20	40	250	250	250	250	240	165	115	45	15	250	250	250	250	250	250	250	105	35	250	250	250	250	250	250	250	250	110	
	J5,ML,NL	−50	27	250	250	250	250	250	250	240	85	25	250	250	250	250	250	250	250	190	60	250	250	250	250	250	250	250	250	165	
S420	JR	20	27	120	85	60	45	30	25	20	10	5	250	200	145	105	80	60	45	25	10	250	250	250	250	225	175	140	75	40	
	J0	0	27	250	175	120	85	60	45	30	15	5	250	250	250	200	145	105	80	35	15	250	250	250	250	250	250	225	110	55	
	J2	−20	27	250	250	250	175	120	85	60	25	10	250	250	250	250	250	200	145	60	25	250	250	250	250	250	250	250	175	75	
	J4	−40	27	250	250	250	250	250	175	120	45	15	250	250	250	250	250	250	250	105	35	250	250	250	250	250	250	250	250	110	
	M,N	−20	40	250	250	250	250	175	120	85	30	10	250	250	250	250	250	250	200	80	30	250	250	250	250	250	250	250	225	90	
	J5,ML,NL	−50	27	250	250	250	250	250	250	175	60	20	250	250	250	250	250	250	250	145	45	250	250	250	250	250	250	250	250	140	

Stahl- sorte	Güte	KV		Bezugstemperatur T_{Ed}																											
				°C																											
		T °C	J_{min}	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	-80	-120	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	-80	-120	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	-80	-120	
				$\sigma_{Ed} = 0,75 \cdot f_y(t)$									$\sigma_{Ed} = 0,5 \cdot f_y(t)$									$\sigma_{Ed} = 0,25 \cdot f_y(t)$									
S460	JR	20	27	105	70	50	35	25	20	15	5	—	235	170	125	90	70	50	40	20	10	250	250	250	250	200	155	125	65	35	
	J0	0	27	210	145	105	70	50	35	25	10	5	250	250	235	170	125	90	70	30	15	250	250	250	250	250	250	200	100	45	
	J2	-20	27	250	250	210	145	105	70	50	20	5	250	250	250	250	235	170	125	50	20	250	250	250	250	250	250	250	155	65	
	J4	-40	27	250	250	250	250	210	145	105	35	10	250	250	250	250	250	250	235	90	30	250	250	250	250	250	250	250	250	100	
	K2,M,N	-20	40	250	250	250	210	145	105	70	25	10	250	250	250	250	250	240	170	70	25	250	250	250	250	250	250	250	205	80	
	J5,ML,NL	-50	27	250	250	250	250	250	210	145	50	15	250	250	250	250	250	250	250	125	40	250	250	250	250	250	250	250	250	125	
	Q	-20	30	250	250	210	145	105	70	50	20	5	250	250	250	250	240	170	125	50	20	250	250	250	250	250	250	250	155	65	
	QL	-40	30	250	250	250	250	210	145	105	35	10	250	250	250	250	250	250	240	90	30	250	250	250	250	250	250	250	250	100	
	QL1	-60	30	250	250	250	250	250	250	210	70	20	250	250	250	250	250	250	250	170	50	250	250	250	250	250	250	250	250	155	
S500	J0	0	27	180	125	90	60	45	30	25	10	5	250	250	205	150	110	80	60	25	10	250	250	250	250	250	240	185	90	40	
	K2,M,N	-20	40	250	250	250	180	125	90	60	25	5	250	250	250	250	250	205	150	60	20	250	250	250	250	250	250	250	185	70	
	ML,NL	-50	27	250	250	250	250	250	180	125	45	10	250	250	250	250	250	250	250	110	35	250	250	250	250	250	250	250	250	110	
	Q	0	40	250	180	125	90	60	45	30	10	5	250	250	250	205	150	110	80	35	15	250	250	250	250	250	250	240	110	50	
	Q	-20	30	250	250	180	125	90	60	45	15	5	250	250	250	250	205	150	110	45	15	250	250	250	250	250	250	250	140	60	
	QL	-20	40	250	250	250	180	125	90	60	25	5	250	250	250	250	250	205	150	60	20	250	250	250	250	250	250	250	185	70	
	QL	-40	30	250	250	250	250	180	125	90	30	10	250	250	250	250	250	250	205	80	25	250	250	250	250	250	250	250	240	90	
	QL1	-40	40	250	250	250	250	250	180	125	45	10	250	250	250	250	250	250	250	110	35	250	250	250	250	250	250	250	250	110	
	QL1	-60	30	250	250	250	250	250	250	180	60	15	250	250	250	250	250	250	250	150	45	250	250	250	250	250	250	250	250	140	

Stahl- sorte	Güte	KV		Bezugstemperatur T_{Ed}																										
				°C																										
		T °C	J_{min}	10	0	−10	−20	−30	−40	−50	−80	−120	10	0	−10	−20	−30	−40	−50	−80	−120	10	0	−10	−20	−30	−40	−50	−80	−120
				$\sigma_{Ed} = 0,75 \cdot f_y(t)$										$\sigma_{Ed} = 0,5 \cdot f_y(t)$										$\sigma_{Ed} = 0,25 \cdot f_y(t)$						
S550	MC	−20	40	250	250	215	150	105	75	50	20	5	250	250	250	250	245	175	125	50	15	250	250	250	250	250	250	250	160	65
	Q	0	40	215	150	105	75	50	35	25	10	5	250	250	245	175	125	90	65	30	10	250	250	250	250	250	250	210	100	45
	Q	−20	30	250	215	150	105	75	50	35	15	5	250	250	250	245	175	125	90	35	15	250	250	250	250	250	250	250	125	50
	QL	−20	40	250	250	215	150	105	75	50	20	5	250	250	250	250	245	175	125	50	15	250	250	250	250	250	250	250	160	65
	QL	−40	30	250	250	250	215	150	105	75	25	5	250	250	250	250	250	245	175	65	20	250	250	250	250	250	250	250	210	80
	QL1	−40	40	250	250	250	250	215	150	105	35	10	250	250	250	250	250	250	245	90	30	250	250	250	250	250	250	250	250	100
	QL1	−60	30	250	250	250	250	250	215	150	50	15	250	250	250	250	250	250	250	125	35	250	250	250	250	250	250	250	250	125
S600	MC	−20	40	250	250	185	130	90	60	45	15	5	250	250	250	250	210	150	110	40	15	250	250	250	250	250	250	250	145	55
S620	Q	0	40	175	120	85	60	40	30	20	5	—	250	250	200	145	105	75	55	25	10	250	250	250	250	250	240	180	85	35
	Q	−20	30	250	175	120	85	60	40	30	10	5	250	250	250	200	145	105	75	30	10	250	250	250	250	250	250	240	105	45
	QL	−20	40	250	250	175	120	85	60	40	15	5	250	250	250	250	200	145	105	40	15	250	250	250	250	250	250	250	135	55
	QL	−40	30	250	250	250	175	120	85	60	20	5	250	250	250	250	250	200	145	55	15	250	250	250	250	250	250	250	180	65
	QL1	−40	40	250	250	250	250	175	120	85	30	5	250	250	250	250	250	250	200	75	25	250	250	250	250	250	250	250	240	85
	QL1	−60	30	250	250	250	250	250	175	120	40	10	250	250	250	250	250	250	250	105	30	250	250	250	250	250	250	250	250	105
S650	MC	−20	40	250	230	160	110	75	55	35	15	5	250	250	250	250	185	130	95	35	10	250	250	250	250	250	250	250	130	50
S690 ^a	Q	0	40	140	100	70	45	35	25	15	5	—	250	235	165	120	85	60	45	20	5	250	250	250	250	250	205	155	70	30
	Q	−20	30	205	140	100	70	45	35	25	10	—	250	250	235	165	120	85	60	25	10	250	250	250	250	250	250	205	90	35
	QL	−20	40	250	205	140	100	70	45	35	10	5	250	250	250	235	165	120	85	35	10	250	250	250	250	250	250	250	120	45
	QL	−40	30	250	250	205	140	100	70	45	15	5	250	250	250	250	235	165	120	45	15	250	250	250	250	250	250	250	155	55
	QL1	−40	40	250	250	250	205	140	100	70	25	5	250	250	250	250	250	235	165	60	20	250	250	250	250	250	250	250	205	70
	QL1	−60	30	250	250	250	250	205	140	100	35	10	250	250	250	250	250	250	235	85	25	250	250	250	250	250	250	250	250	90
S700	MC	−20	40	250	200	135	95	65	45	30	10	—	250	250	250	225	160	115	85	30	10	250	250	250	250	250	250	250	115	45

Stahl- sorte	Güte	KV		Bezugstemperatur T_{Ed}																											
				°C																											
		T	J_{min}	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	-80	-120	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	-80	-120	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	-80	-120	
		°C		$\sigma_{Ed} = 0,75 \cdot f_y(t)$									$\sigma_{Ed} = 0,5 \cdot f_y(t)$									$\sigma_{Ed} = 0,25 \cdot f_y(t)$									
Lineare Interpolation darf bei der Verwendung von Tabelle 4.3 angewendet werden. Die meisten Anwendungen erfordern σ_{Ed} -Werte zwischen $\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t)$ und $\sigma_{Ed} = 0,50 f_y(t)$.																															
Ein Strich in Tabelle 4.2 bedeutet, dass das Ergebnis weniger als 5 mm beträgt und das zugrunde gelegte Bemessungsverfahren dann nicht gültig ist. Die betroffenen Stahlsorten und -güten sollten unter diesen Bedingungen nicht ohne fachlichen Rat verwendet werden.																															
Tabelle 4.3 wurde für die KV-Werte für Kerbschlagproben in Walzrichtung des Erzeugnisses abgeleitet. Die KV-Werte für Kerbschlagproben senkrecht zur Walzrichtung des Erzeugnisses können geringer sein als die Werte für Proben in Walzrichtung. Erforderlichenfalls können KV-Mindestwerte senkrecht zur Walzrichtung entsprechend den Optionen der Produktnorm festgelegt werden.																															
ANMERKUNG 1		Für druckbeanspruchte Bauteile siehe 4.1(4).																													
ANMERKUNG 2		Nicht alle der in Tabelle 4.3 angegebenen Größen sind notwendigerweise in den maßgebenden Produktnormen enthalten.																													
ANMERKUNG 3		Die tabellierten Werte gelten für Konstruktionsdetails, die den Kerbfallkategorien nach EN 1993-1-9 entsprechen. Für komplexere Geometrien und herstellungsbedingte Abminderungsfaktoren siehe 4.2.2.3.																													
a		Bei der Bestellung von Erzeugnissen aus S690-Stählen muss die Prüftemperatur T_{KV} für die gewählte Stahlgütegruppe festgelegt werden.																													

4.2.2.3 Nicht EN 1993-1-9 konforme Kerbfälle und komplexe Verbindungen

(1) Für Kerbfälle, die nicht durch die detaillierten Tabellen zum Nennspannungsverfahren nach EN 1993-1-9 abgedeckt sind, und für Anschlüsse der Ausführungsklassen 1 und 2 in nicht ermüdungsbezogenen Fällen, die komplex sind im Hinblick auf Sprödbruch bezüglich Spannungszuständen, Herstellung oder Inspektion, darf ein einfacher Ansatz zur Vermeidung einer Beurteilung durch Anwendung von Bruchmechanik nach 4.2.3 angewendet werden.

ANMERKUNG Komplexe Anschlüsse sind jene, bei denen Zugspannungen in mehr als einer Ebene infolge der aufgetragenen Beanspruchung (oder der starren Lagerung aufgrund der Anschlussgeometrie) vorliegen.

(2) Als einfacher Ansatz dürfen die Abminderungsfaktoren nach Tabelle 4.5 auf die zulässigen Werte der Bauelementdicke nach Tabelle 4.3 angewendet werden.

(3) Die in Tabelle 4.4 angegebene bewertete Summe der Faktoren $W_c = W_{ca} + W_{cb} + W_{cc} + W_{cd} + W_{ce}$ sollte für die Bestimmung der Abminderungsfaktoren nach Tabelle 4.5 verwendet werden.

(4) Zusätzlich zu den Anforderungen an die KV-Werte in Walzrichtung nach Tabelle 4.3 oder nach 4.5 dürfen für komplexe Anschlüsse KV-Werte quer zur Walzrichtung geprüft werden, wobei die Vermeidung von Terrassenbruch berücksichtigt werden muss.

ANMERKUNG 1 Die Werte für die Abminderungsfaktoren sind in Tabelle 4.5 angegeben, sofern der Nationale Anhang keine abweichenden Werte angibt.

ANMERKUNG 2 Besondere Regeln für Einschubverbindungen unter quasi-statischen Lasten sind in Anhang A angegeben.

(5) Tabelle 4.4 sollte nicht auf die in den Tabellen für das Nennspannungskonzept nach EN 1993-1-9 angegebenen Kerbfälle angewendet werden.

(6) Für nicht ermüdungsbeanspruchte Bauteile der EXC3, sollte dieser Ansatz angewendet werden. Die Mindestdicken nach Tabelle 4.2 und entsprechend dem Ansatz nach diesem Unterabschnitt dürfen für komplexe Anschlüsse angewendet werden.

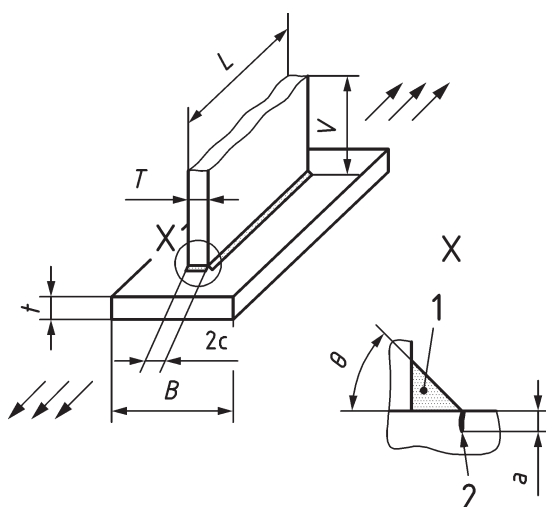
Tabelle 4.4 — Auswahl der Bewertungsfaktoren für die Kerbfallkomplexität

	Einflussfaktor	Wert der Einflussparameter	W-Wert
a)	Grad der Triaxialität infolge Nennspannungen	Einaxial (Verweis siehe z. B. Bild 4.2)	$W_{ca} = 0$
		Zwei axial	$W_{ca} = 2$
		Mehr axial, siehe z. B. Bild 4.3	$W_{ca} = 5$
b)	Grad der Spannungs- konzentration	Mittel (Verweis siehe z. B. Bild 4.2)	$W_{cb} = 0$
		Hoch	$W_{cb} = 2$
c)	Zugänglichkeit für NDT während der Herstellung	Gewöhnlich (Verweis siehe z. B. Bild 4.2)	$W_{cc} = 0$
		Schwierig, siehe z. B. Bild 4.3	$W_{cc} = 1$
d)	Herstellung von Löchern	Keine Löcher (Verweis siehe z. B. Bild 4.2)	$W_{cd} = 0$
		Geböhrt	$W_{cd} = 0$
		Gestantzt	$W_{cd} = 1$

	Einflussfaktor	Wert der Einflussparameter	W-Wert
e)	Eigenspannungsniveau σ_{res}	$\sigma_{\text{res}} < 0,5 f_y$ (nach Spannungsabbau durch Wärmebehandlung)	$W_{\text{ce}} = -1$
		$0,75 f_y < \sigma_{\text{res}} < 1,0 f_y$ (Verweis siehe z. B. Bild 4.2)	$W_{\text{ce}} = 0$

Tabelle 4.5 — Abminderungsfaktoren

Wichtungsfaktor	$-1 \leq W_c \leq 2$	$3 \leq W_c \leq 4$	$5 \leq W_c \leq 6$	$7 \leq W_c \leq 9$
Abminderungsfaktoren	1,0	0,75	0,50	0,35



Legende

- 1 Kehlnaht
- 2 halb elliptischer Oberflächenriss

Bild 4.2 — Beispiel für ein Bezugskerbfall

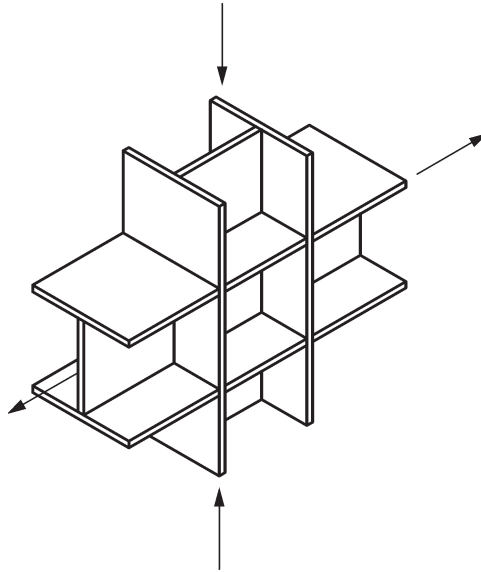


Bild 4.3 — Beispielkerbfall für mehraxiale Beanspruchung mit schwieriger Zugänglichkeit für NDT in Abhängigkeit von den Bauteilgrößen

4.2.3 Beurteilung mittels Bruchmechanik

(1) Sind exaktere Verfahren erforderlich, um präzisere Ergebnisse als die in 4.2.2 angegebenen zu erhalten, sollte ein spezifischer Nachweis mittels Bruchmechanik bzw. mittels versuchsgestützter Bruchmechanik unterstützt durch Bruchversuche an großmaßstäblichen Probekörpern geführt werden.

(2) Mittels Bruchmechanik oder versuchsgestützter Bruchmechanik sollte der potenzielle Versagensmechanismus modelliert werden, wobei gegebenenfalls von Eigenspannungen auszugehen ist und ein geeigneter Fehler zu verwenden ist, der den Nettoquerschnitt des Werkstoffs verringert und somit dessen Anfälligkeit für Versagen durch Bruch des verringerten Querschnitts erhöht.

(3) Der Fehler sollte folgenden Anforderungen entsprechen:

- Lage und Form sollten der betrachteten Bauteilausbildung angemessen sein. Die Tabellen der Ermüdungsklassifizierung nach EN 1993-1-9 dürfen als Leitlinie zu geeigneten Rissstellen dienen.
- Bei Bauteilen, die nicht ermüdungsanfällig sind, sollte die Größe des Fehlers dem Höchstwert entsprechen, der bei den nach EN 1090 durchgeführten Inspektionen wahrscheinlich nicht korrigiert worden ist. Die Lage des angenommenen Fehlers sollte an der Stelle mit der ungünstigsten Spannungskonzentration angesetzt werden.
- Bei ermüdungsanfälligen Bauteilen sollte sich die Größe des Fehlers aus einem Anfangsfehler mit ermüdungsbedingtem Risswachstum zusammensetzen. Die Größe des Anfangsrisses sollte so gewählt werden, dass sie repräsentativ für den Mindestwert ist, welcher mit den nach EN 1090 angewendeten Inspektionsverfahren nachweisbar ist. Das ermüdungsbedingte Risswachstum sollte anhand eines geeigneten bruchmechanischen Modells berechnet werden, welches auf der Verwendung von während der sicher geplanten Lebensdauer oder eines Inspektionsintervalls beobachteten Lasten beruht (soweit maßgebend).

(4) Bei numerischer Bewertung mittels Bruchmechanik dürfen die Zähigkeitsanforderung und die Bemessungswerte der Zähigkeitseigenschaften der Werkstoffe als $CTOD$ -Werte, J -Integralwerte, K_{IC} -Werte oder KV -Werte angegeben werden. Ein Vergleich sollte anhand geeigneter bruchmechanischer Methoden durchgeführt werden.

(5) Alternativ zu (4) darf die folgende Bedingung für die Bezugstemperatur erfüllt werden:

$$T_{Ed} \geq T_{Rd} \quad (4.9)$$

Dabei ist

T_{Rd} die Temperatur, bei der unter den beurteilten Bedingungen ein sicherer Wert der Bruchzähigkeit zuverlässig angenommen werden kann.

(6) Wenn eine Bauteilausbildung mit oder ohne Ermüdungsbeanspruchung weder einer bestimmten Kerbfallkategorie nach EN 1993-1-9 noch einem der komplexen Anschlüsse nach 4.2.2.3 zugeordnet werden kann oder wenn exaktere Verfahren erforderlich sind, um präzisere Ergebnisse zu erzielen als in Tabelle 4.2 oder Tabelle 4.3 angegeben, dann sollte ein spezieller Nachweis anhand von Bruchversuchen an großmaßstäblichen Probekörpern geführt werden.

ANMERKUNG Die Bedingungen für die Durchführung der Prüfungen, das Verfahren für die großmaßstäblichen Prüfungen und die Beurteilung der Prüfergebnisse können in den nationalen Anhängen festgelegt sein.

(7) Die Beurteilung der großmaßstäblichen Prüfungen darf unter Verwendung von einem oder mehreren großmaßstäblichen Probekörpern durchgeführt werden. Um realistische Ergebnisse zu erzielen, sollten die Probekörper in ähnlicher Weise wie das tatsächliche Tragwerk ausgeführt und beansprucht werden.

ANMERKUNG Die numerische Beurteilung der Prüfergebnisse kann mittels der Methode nach EN 1990:2002, Anhang D, erfolgen.

4.3 Werkstoffe mit zusätzlichen Bruchzähigkeitsanforderungen bezüglich des Hochlagenbereichs

(1) Zusätzlich zu den Bestimmungen nach prEN 1993-1-1:2022, 5.2, sowie nach 4.2 dieses Dokuments sollte, soweit nachstehend festgelegt, für Werkstoffdicken $t > 30$ mm für die Stahlsorten S275, S355 und S235 die folgende Anforderung gelten:

- Für EXC1 sollten die Mindestanforderungen an die Zähigkeit der Stahlgüte JR betragen.
- Für EXC2 sowie für statisch beanspruchte Stahlbauteile der EXC3 sollten die Mindestanforderungen an die Zähigkeit der Stahlgüte J0 betragen.
- Für ermüdungsbeanspruchte Stahlbauteile der EXC3 sollten die Mindestanforderungen an die Zähigkeit der Stahlgüte J2 für die Stahlsorten S235, S275 und S355 betragen.
- Für EXC4 sollten Feinkornstähle verwendet werden.

(2) Die Bemessung gegen Sprödbbruch nach 4.2 könnte zu höheren Mindestanforderungen an die Zähigkeit führen als in (1) angegeben. In diesen Fällen sollte die höhere der beiden Zähigkeitsanforderungen angewendet werden.

(3) Ist eine weitere Prüfung erforderlich, sollte die Mindest-Kerbschlagarbeit KV_{us} in einem Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy bei Raumtemperatur nicht weniger als 100 J betragen. Für Feinkornstähle ist keine Prüfung von KV_{us} erforderlich.

ANMERKUNG 1 Der Nationale Anhang kann den Anwendungsbereich festlegen, alternative Anforderungen angeben oder alternative Verfahren für 4.3 enthalten. Dies schließt die Bedingungen ein, unter denen die weitere Prüfung nach Absatz (3) erforderlich ist.

ANMERKUNG 2 Feinkornstähle sind Stähle mit einer ferritischen Korngrößen-Kennzahl ≥ 6 , siehe EN ISO 643.

(4) Für nicht durch Zugspannungen beanspruchte Bauelemente gelten die Bestimmungen nach 4.3 nicht.

4.4 Werkstoffe mit zusätzlichen Bruchzähigkeitsanforderungen bezüglich der Erdbebenbemessung

(1) Bei Tragwerken, bei denen eine Erdbebenbemessung erforderlich ist, sollten die folgenden Anforderungen für ableitfähige Bauelemente gelten:

- Bei hinsichtlich der seismischen Duktilitätsklasse nach EN 1998 mit DC1 eingestuften Tragwerken sollten die Mindestanforderungen an die Zähigkeit der Stahlgüte J2 betragen.
- Für Tragwerke der Klasse DC2 oder DC3 sollten Feinkornstähle verwendet werden.

(2) Die Bemessung gegen Sprödbruch nach 4.2 könnte zu höheren Mindestanforderungen an die Zähigkeit führen als in (1) angegeben. In diesen Fällen sollte die höhere der beiden Zähigkeitsanforderungen angewendet werden.

(3) Ist eine weitere Prüfung erforderlich, sollte die Mindest-Kerbschlagarbeit KV_{us} in einem Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy bei Raumtemperatur nicht weniger als 125 J betragen. Für Feinkornstähle ist keine Prüfung von KV_{us} erforderlich.

ANMERKUNG 1 Der Nationale Anhang kann alternative Anforderungen oder alternative Verfahren für 4.4 bestimmen. Dies schließt die Bedingungen ein, unter denen die weitere Prüfung nach Absatz (3) erforderlich ist.

ANMERKUNG 2 Feinkornstähle sind Stähle mit einer ferritischen Korngrößen-Kennzahl ≥ 6 , siehe EN ISO 643.

4.5 Zusätzliche Werkstoffanforderungen beim Schweißen in kaltgeformten Zonen

(1) Beim Schweißen in kaltgeformten Zonen müssen zusätzliche Werkstoffanforderungen berücksichtigt werden.

(2) Die kaltgeformte Zone schließt die Ecke sowie einen Abstand von $5t$ auf jeder Seite ein, wie im Bild in Tabelle 4.6 dargestellt. Das Schweißen ist in dieser Zone zulässig, sofern die Stahlsorte geringer als oder gleich S460 und eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- die kaltgeformten Zonen werden nach dem Kaltumformen und vor dem Schweißen normalgeglüht;
- das Verhältnis r/t und die Dicke entsprechen den Tabelle 4.6 entnommenen maßgebenden Werten.

(3) Kaltgeformte spannungsarmgeglühte rechteckige Hohlprofile sollten als kaltgeformte Profile behandelt werden.