

Niedersächsisches Ministerialblatt

64. (69.) Jahrgang

Hannover, den 7. 3. 2014

Nummer 10 a

ANLAGENBAND

zur

**Liste der Technischen Baubestimmungen
— Fassung Dezember 2013 —**

DIN 1045-4

DIN 1054/A1

DIN EN 206-9

DIN EN 1992-1-1/NA Berichtigung 1

DIN EN 1999-1-3

DIN EN 1999-1-3/NA

DIN EN 14992

Richtlinie für Windenergieanlagen

**Bauaufsichtliche Richtlinie über die Lüftung
fensterloser Küchen, Bäder und Toilettenräume in Wohnungen**

DAfStb-Richtlinie „Selbstverdichtender Beton“

DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“

**DAfStb-Richtlinie „Herstellung und Verwendung
von zementgebundenem Vergussbeton und Vergussmörtel“**

Die hier abgedruckten Technischen Baubestimmungen sind nur in Verbindung mit dem RdErl. des MS vom 30. 12. 2013 (Nds. MBl. S. 211) zu verwenden.

Inhalt:

— DIN 1045-4: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 4: Ergänzende Regeln für die Herstellung und die Konformität von Fertigteilen	1
— DIN 1054/A1: Baugrund — Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau — Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1:2010; Änderung A1: 2012	21
— DIN EN 206-9: Beton — Teil 9: Ergänzende Regeln für selbstverdichtenden Beton (SVB)	25
— DIN EN 1992-1-1/NA Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Berichtigung 1: Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau, Berichtigung zu DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01	55
— DIN EN 1999-1-3: Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-3: Ermüdungsbeanspruchte Tragwerke	67
— DIN EN 1999-1-3/NA: Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-3: Ermüdungsbeanspruchte Tragwerke	189
— DIN EN 14992: Betonfertigteile — Wandelemente	197
— Richtlinie für Windenergieanlagen; Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung; Fassung Oktober 2012	237
— Bauaufsichtliche Richtlinie über die Lüftung fensterloser Küchen, Bäder und Toilettenräume in Wohnungen	283
— DAfStb-Richtlinie „Selbstverdichtender Beton (SVB-Richtlinie)“; Ausgabe September 2012; Teile 1 bis 3	287
— DAfStb-Richtlinie „Stahlfaserbeton“; Ausgabe November 2012; Teile 1 bis 3	305
— DAfStb-Richtlinie „Herstellung und Verwendung von zementgebundenem Vergussbeton und Vergussmörtel“; Ausgabe November 2011	353

DIN 1045-4

ICS 91.080.40; 91.100.30

Ersatz für
DIN 1045-4:2001-07**Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton –
Teil 4: Ergänzende Regeln für die Herstellung und die Konformität von
Fertigteilen**

Concrete, reinforced and prestressed concrete structures –
Part 4: Additional rules for the production and the conformity of prefabricated elements

Structures en béton, béton armé et béton précontraint –
Partie 4: Règles supplémentaires pour la production et le conformité des éléments
préfabriqués

Gesamtumfang 19 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN 1045-4:2012-02**Inhalt**

Seite

Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	6
4 Anforderungen	6
4.1 Anforderungen an die Baustoffe	6
4.1.1 Allgemeines	6
4.1.2 Ausgangsstoffe für Beton	6
4.1.3 Betonstahl	7
4.1.4 Spannstahl	7
4.1.5 Einbauteile und Verbindungsmittel	7
4.2 Anforderungen an die Herstellung	7
4.2.1 Herstellung des Betons	7
4.2.2 Festbeton	7
4.2.3 Bewehrung	7
4.3 Anforderungen an das Endprodukt	8
4.3.1 Geometrische Eigenschaften	8
4.3.2 Oberflächenbeschaffenheit	8
4.3.3 Mechanische Festigkeit	8
4.3.4 Feuerwiderstand und Brandverhalten	8
4.3.5 Schallschutztechnische Eigenschaften	8
4.3.6 Wärmeschutztechnische Eigenschaften	8
4.3.7 Dauerhaftigkeit	8
4.3.8 Sonstige Anforderungen	8
5 Prüfverfahren	10
5.1 Betonprüfungen	10
5.2 Bestimmung der Maße und der Oberflächenbeschaffenheit	10
5.3 Gewicht der Fertigteile	10
6 Konformitätsbewertung	10
6.1 Allgemeines	10
6.1.1 Allgemeine Anmerkung	10
6.1.2 Nachweis der Übereinstimmung	10
6.1.3 Beurteilung der Übereinstimmung	10
6.2 Typprüfung	12
6.3 Werkseigene Produktionskontrolle	12
7 Kennzeichnung	12
8 Technische Dokumentation	12
Anhang A (normativ)	13
A.1 Prüfung der Ausrüstung	13
A.2 Baustoffprüfung	16
A.3 Prüfung der Herstellung	16
A.4 Prüfung des Endprodukts	18
A.5 Regeln für Verfahrenswechsel	19

Vorwort

Diese Norm wurde vom Arbeitsausschuss NA 005-07-08 AA „Betonfertigteile“ im Normenausschuss Bauwesen (NABau) erstellt.

ANMERKUNG Um die Anwendung dieses Dokuments zu erleichtern, entspricht die Abschnittsnummerierung der von DIN EN 13369. Um dies zu gewährleisten, beinhaltet dieses Dokument Abschnitte ohne inhaltliche Festlegungen. Diese Abschnitte sind für den Anwendungszweck des vorliegenden Dokuments nicht relevant und enthalten einen Hinweis auf diese Anmerkung.

Soweit DIN EN 206-1 in Bezug genommen wird, sind zusätzlich DIN EN 206-1/A1:2004-10 und DIN EN 206-1/A2:2005-09 sowie die Anwendungsregeln nach DIN 1045-2:2008-08 zu beachten.

Soweit DIN EN 13670 in Bezug genommen wird, sind zusätzlich die Anwendungsregeln nach DIN 1045-3 zu beachten.

Soweit DIN EN 13369 in Bezug genommen wird, sind zusätzlich DIN EN 13369/A1:2006-09 und DIN EN 13369 Berichtigung 1:2007-05 sowie die Anwendungsregeln nach DIN V 20000-120 zu beachten.

Soweit DIN EN 1992-1-1 bzw. DIN EN 1992-1-2 in Bezug genommen werden, sind zusätzlich die Regelungen in den Nationalen Anhängen DIN EN 1992-1-1/NA bzw. DIN EN 1992-1-2/NA zu beachten.

Änderungen

Gegenüber DIN 1045-4:2001-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anpassung an die europäischen Normen DIN EN 1992-1-1, DIN EN 13369 und DIN EN 13670.
- b) Gliederung von DIN EN 13369 übernommen.
- c) Neuer normativer Anhang A „Prüfpläne“.

Frühere Ausgaben

DIN 1045: 1925-09, 1932-04, 1937-05, 1943xxx-04, 1959-11, 1972-01, 1978-12, 1988-07
DIN 1084-2: 1972-02, 1978-12
DIN 1045-4: 2001-07

DIN 1045-4:2012-02

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für die Herstellung und Konformität von Betonfertigteilen, die nach DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA entworfen und bemessen sind und für die Beton nach DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 verwendet wird. Sie enthält ergänzende Regeln für diejenigen Fertigteile, die in den europäischen Produktnormen für Betonfertigteile nicht enthalten sind. Wenn eine spezielle Produktnorm vorliegt, hat diese Produktnorm Vorrang gegenüber der vorliegenden Norm.

Baustellengefertigte Fertigteile sind keine Fertigteile im Sinn dieser Norm.

2 Normative Verweisungen

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).

DIN 1045-2:2008-08, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 2: Beton — Festlegungen, Eigenschaften, Herstellung und Konformität - Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1.*

E DIN 1045-3, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 3: Bauausführung — Nationaler Anhang zu DIN EN 13670*

DIN 4102-4, *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile*

DIN 4102-4/A1:2004-11, *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile; Änderung A1*

DIN 4102-22:2004-11, *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen — Teil 22: Anwendungsnorm zu DIN 4102-4 auf der Bemessungsbasis von Teilsicherheitsbeiwerten*

DIN 13055-1, *Leichte Gesteinskörnungen — Teil 1: Leichte Gesteinskörnungen für Beton, Mörtel und Einpressmörtel; Deutsche Fassung EN 13055-1:2002*

DIN 18200, *Übereinstimmungsnachweis für Bauprodukte — Werkseigene Produktionskontrolle, Fremdüberwachung und Zertifizierung von Produkten*

DIN 18203-1, *Toleranzen im Hochbau — Teil 1: Vorgefertigte Teile aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton*

DIN V 20000-120, *Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken — Teil 120: Anwendungsregeln zu DIN EN 13369*

DIN 488 (alle Teile), *Betonstahl*

DIN EN 206-1:2001-07, *Beton — Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206-1:2000*

DIN EN 933-1, *Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen — Teil 1: Bestimmung der Korngrößenverteilung - Siebverfahren; Deutsche Fassung EN 933-1:1997 + A1:2005*

DIN EN 934-2, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel — Teil 2: Betonzusatzmittel — Definitionen, Anforderungen, Konformität, Kennzeichnung und Beschriftung; Deutsche Fassung EN 934-2:2009*

DIN EN 1008, *Zugabewasser für Beton — Festlegung für die Probenahme, Prüfung und Beurteilung der Eignung von Wasser, einschließlich bei der Betonherstellung anfallendem Wasser, als Zugabewasser für Beton; Deutsche Fassung EN 1008:2002*

DIN EN 1097-3, *Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen — Teil 3: Bestimmung von Schüttdichte und Hohlraumgehalt; Deutsche Fassung EN 1097-3:1998*

DIN EN 1097-6, *Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen — Teil 6: Bestimmung der Rohdichte und der Wasseraufnahme; Deutsche Fassung EN 1097-6:2000 + AC:2002 + A1:2005*

DIN EN 1992-1-1:2011-01, *Eurocode 2 Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

DIN EN 1992-1-2:2010-12, *Eurocode 2 Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-2: Allgemeine Regeln — Tragwerksbemessung für den Brandfall*

DIN EN 1992-1-2/NA:2010-12, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-2: Allgemeine Regeln — Tragwerksbemessung für den Brandfall*

DIN EN 12350-4, *Prüfung von Frischbeton — Teil 4: Verdichtungsmaß; Deutsche Fassung EN 12350-4:2009*

DIN EN 12350-5, *Prüfung von Frischbeton — Teil 5: Ausbreitmaß; Deutsche Fassung EN 12350-5:2009*

DIN EN 12350-7, *Prüfung von Frischbeton — Teil 7: Luftgehalt — Druckverfahren; Deutsche Fassung EN 12350-7:2009*

DIN EN 12390-2, *Prüfung von Festbeton — Teil 2: Herstellung und Lagerung von Probekörpern für Festigkeitsprüfungen; Deutsche Fassung EN 12390-2:2009*

DIN EN 12390-3, *Prüfung von Festbeton — Teil 3: Druckfestigkeit von Probekörpern; Deutsche Fassung EN 12390-3:2009*

DIN EN 12390-7, *Prüfung von Festbeton — Teil 7: Dichte von Festbeton; Deutsche Fassung EN 12390-7:2009*

DIN EN 12504-1, *Prüfung von Beton in Bauwerken — Teil 1: Bohrkernproben — Herstellung, Untersuchung und Prüfung der Druckfestigkeit; Deutsche Fassung EN 12504-1:2009*

DIN EN 12504-2, *Prüfung von Beton in Bauwerken — Teil 2: Zerstörungsfreie Prüfung; Bestimmung der Rückprallzahl; Deutsche Fassung EN 12504-2:2001*

DIN EN 12620, *Gesteinskörnungen für Beton; Deutsche Fassung EN 12620:2002+A1:2008.*

DIN EN 13369:2004-09, *Allgemeine Regeln für Betonfertigteile*

DIN EN 13670:2011-03, *Ausführung von Tragwerken aus Beton*

DIN EN 13791, *Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen; Deutsche Fassung EN 13791:2007*

DIN EN ISO 17660-1, *Schweißen — Schweißen von Betonstahl — Teil 1: Tragende Schweißverbindungen (ISO 17660-1:2006); Deutsche Fassung EN ISO 17660-1:2006*

DIN EN ISO 17660-2, *Schweißen — Schweißen von Betonstahl — Teil 2: Nichttragende Schweißverbindungen (ISO 17660-2:2006); Deutsche Fassung EN ISO 17660-2:2006*

DIN 1045-4:2012-02

DAfStb-Richtlinie zur Wärmebehandlung von Beton¹⁾.

DAfStb-Richtlinie für Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620¹⁾

DAfStb-Richtlinie „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton“ (Alkali-Richtlinie)¹⁾

VDI/BV-BS-Richtlinie 6205, Blätter 1 bis 3 Transportanker und Transportankersysteme für Betonfertigteile (Entwurf)¹⁾

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe:

3.1 Herstellung von Fertigteilen

die Herstellung von Fertigteilen im Sinne dieser Norm umfasst z.B. Formenbau, Bewehren, Betonieren, Nachbehandeln, Lagern.

3.2

Normalbeton

Beton mit einer Trockenrohdichte von mehr als 2 000 kg/m³, höchstens aber 2 600 kg/m³

3.3

Leichtbeton

gefügedichter Beton mit einer Trockenrohdichte von nicht weniger als 800 kg/m³ und nicht mehr als 2 000 kg/m³, hergestellt unter Verwendung von grober leichter Gesteinskörnung

3.4

Schwerbeton

Beton mit einer Trockenrohdichte von mehr als 2 600 kg/m³

3.5 Transportanker

Stahlteil, das vor dem Betonieren in die Schalung eingebracht und einbetoniert wird, im Betonfertigteile verbleibt und ausschließlich als Anschlagpunkt zum Befestigen des Betonfertigteils direkt am Tragmittel des Hebezeugs oder unter Zwischenschaltung eines Lastaufnahme- oder Anschlagmittels am Hebezeug bestimmt ist und keine Funktion im eingebauten Zustand des Bauteils übernimmt

4 Anforderungen

4.1 Anforderungen an die Baustoffe

4.1.1 Allgemeines

Die Anmerkung im Vorwort dieses Dokuments gibt Hinweise zu diesem Abschnitt.

4.1.2 Ausgangsstoffe für Beton

4.1.2.1 Allgemeines

Es gilt DIN EN 206-1:2001-07, 5.1.

Das Größtkorn der Gesteinskörnung sollte 32 mm nicht überschreiten.

¹⁾ Zu beziehen durch Beuth-Verlag GmbH, Berlin

4.1.2.2 Rezyklierte Gesteinskörnungen

Es gilt DIN EN 12620 in Verbindung mit der DAfStb-Richtlinie „Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620“.

4.1.3 Betonstahl

Es gilt DIN EN 1992-1-1:2011-01, 3.2.

4.1.4 Spannstahl

Es gilt DIN EN 1992-1-1:2011-01, 3.2.

4.1.5 Einbauteile und Verbindungsmittel

(1) Es gilt DIN EN 13670:2011-03, 9.6.3.

(2) Falls für den Transport, die Montage und die Verbindung von Fertigteilen (z. B. die Verbindung der Schichten von Sandwichtafeln) Einbauteile verwendet werden, die über allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen verfügen, müssen die Zulassungen vor der Produktion der Fertigteile an der Verwendungsstelle vorliegen.

ANMERKUNG Einbau und Verwendung von Transportankern und Transportankersystemen sind in der VDI/BV-BS-Richtlinie 6205 „Transportanker und Transportankersysteme für Betonfertigteile“ geregelt.

4.2 Anforderungen an die Herstellung

4.2.1 Herstellung des Betons

4.2.1.1 Allgemeines

Für die Herstellung des Betons gilt DIN EN 206-1.

4.2.1.2 Einbringen und Verdichten des Betons

Es gilt DIN EN 13670:2011-03, 8.4.

4.2.1.3 Nachbehandlung

Es gilt DIN EN 13670:2011-03, 8.5.

4.2.1.4 Beschleunigte Hydratation durch Wärmebehandlung

Es gilt die DAfStb-Richtlinie zur Wärmebehandlung von Beton.

4.2.1.5 Entformen

Beim Entformen der Fertigteile muss die mittlere Druckfestigkeit des Betons f_{cm} mindestens 15 N/mm² betragen, sofern die Zulässigkeit einer geringeren Druckfestigkeit nicht nachgewiesen wird.

4.2.2 Festbeton

Es gilt DIN EN 206-1:2001-07, 5.5.

4.2.3 Bewehrung

Für das Bewehren und das Vorspannen gilt DIN EN 13670.

DIN 1045-4:2012-02

4.3 Anforderungen an das Endprodukt

4.3.1 Geometrische Eigenschaften

Es gilt DIN EN 13369:2004-09, 4.3.1

ANMERKUNG Anforderungen an Herstellungstoleranzen können ggf. nach DIN 18203-1 festgelegt werden. Bei Einhaltung der in DIN 18203-1 genannten Toleranzen kann von einer ausreichenden Maßgenauigkeit im Sinne von DIN EN 13369, 4.3.1 ausgegangen werden.

4.3.2 Oberflächenbeschaffenheit

Die Anmerkung im Vorwort dieses Dokuments gibt Hinweise zu diesem Abschnitt.

4.3.3 Mechanische Festigkeit

Es gilt DIN EN 1992-1-1.

4.3.4 Feuerwiderstand und Brandverhalten

(1) Für die Bemessung im Brandfall gilt DIN EN 1992-1-2.

(2) Ergänzende Regelungen nach DIN 4102 Teil 4 in Verbindung mit DIN 4102-4/A1 und DIN 4102-22 sind zu beachten, sofern DIN EN 1992-1-2 dazu keine Angaben enthält.

4.3.5 Schallschutztechnische Eigenschaften

Die Anmerkung im Vorwort dieses Dokuments gibt Hinweise zu diesem Abschnitt.

4.3.6 Wärmeschutztechnische Eigenschaften

Die Anmerkung im Vorwort dieses Dokuments gibt Hinweise zu diesem Abschnitt.

4.3.7 Dauerhaftigkeit

Es gilt DIN EN 1992-1-1.

4.3.8 Sonstige Anforderungen

4.3.8.1 Auslieferung, Transport und Lagerung

(1) Fertigteile mit Beschädigungen, die die Standsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit gefährden, sind entsprechend zu kennzeichnen und dürfen nicht ausgeliefert werden.

(2) Für den Transport und die Lagerung der Fertigteile hat der Hersteller detaillierte Maßnahmen festzulegen, um transportbedingte Schädigungen zu vermeiden.

4.3.8.2 Anforderungen an die technische und personelle Ausstattung

4.3.8.2.1 Technische Ausstattung

(1) Für die Herstellung müssen überdachte Flächen vorhanden sein, soweit nicht Formen verwendet werden, die den Beton vor ungünstiger Witterung schützen.

(2) Bei Außentemperaturen unter + 5 °C müssen für die Herstellung und die erforderliche Nachbehandlung von Fertigteilen allseitig geschlossene Räume vorhanden sein, die so temperiert sind, dass die Umgebungstemperatur dauernd mindestens + 5 °C beträgt.

(3) Für die Anforderungen an die Ausstattung mit Fertigungseinrichtungen und Prüfeinrichtungen für die Betonherstellung gilt DIN EN 206-1.

4.3.8.2.2 Technischer Werkleiter

(1) Das Werk muss von einem Technischen Werkleiter geführt werden, der für die aufgeführten Aufgaben die erforderliche Fachkompetenz besitzt. Der Werkleiter oder ein von ihm beauftragter fachkundiger Vertreter muss während der Arbeiten im Werk anwesend sein. Er hat für die ordnungsgemäße Herstellung der Fertigteile nach den bautechnischen Unterlagen zu sorgen.

(2) Aufgaben des Technischen Werkleiters sind u. a.:

- Auswahl geeigneter Formen (Schalungen),
- Prüfung der Übereinstimmung der verwendeten Baustoffe und Einbauteile mit den Angaben der bautechnischen Unterlagen,
- Wahl des richtigen Zeitpunktes für das Ausschalen,
- Vermeiden von Überlastung fertiger Bauteile,
- Einbau vorübergehender Sicherheitsmaßnahmen,
- Sicherstellung der ordnungsgemäßen Zwischenlagerung.

(3) Der Technische Werkleiter hat weiterhin dafür zu sorgen, dass

- die Anforderungen nach Abschnitt 4 erfüllt werden,
- nur Fertigteile das Werk verlassen, die ausreichend erhärtet und nach Abschnitt 7 gekennzeichnet sind,
- die Lieferscheine alle Angaben nach Abschnitt 7 enthalten.

4.3.8.2.3 Sonstiges Personal

(1) Das mit der Herstellung und der Produktionskontrolle von Betonfertigteilen befasste Personal muss hierzu ausreichende Fachkenntnisse besitzen. Dies gilt insbesondere für Betonfertigteile, die hinsichtlich der Herstellung besonders hohe Anforderungen darstellen.

(2) Sachdienliche Aufzeichnungen über Schulung und Erfahrung des in die Produktion und in die Produktionskontrolle eingebundenen Personals sind vorzuhalten.

(3) Für die Herstellung von Fertigteilen aus hochfestem Beton nach DIN EN 206-1 darf der Technische Werkleiter nur solche Fachkräfte einsetzen, die bereits an der Verarbeitung und Nachbehandlung von Beton mindestens der Festigkeitsklassen C30/37 bzw. Leichtbeton LC30/33 verantwortlich beteiligt gewesen sind. Dieses Personal ist regelmäßig besonders zu schulen. Die besondere Schulung ist zu dokumentieren.

4.3.8.2.4 Ständige WPK-Prüfstelle

(1) Jedes Herstellwerk muss über eine Stelle verfügen, die sich mit der Werkseigenen Produktionskontrolle (WPK) nach 6.3 befasst.

(2) Für die Anforderungen an die ständige Betonprüfstelle siehe E DIN 1045-3:2011-01, NA.C.

DIN 1045-4:2012-02

5 Prüfverfahren

5.1 Betonprüfungen

(1) Es gilt DIN EN 206-1.

(2) Die Betonfestigkeit ist an repräsentativen Probekörpern nach DIN EN 12390-2, DIN EN 12390-3 und DIN EN 12504-1 in Verbindung mit DIN EN 13791 zu prüfen. Die Druckfestigkeit darf auch zerstörungsfrei mit dem Rückprallhammer nach DIN EN 12504-2 bestimmt werden.

5.2 Bestimmung der Maße und der Oberflächenbeschaffenheit

Es gilt DIN EN 13369:2004-09, 5.2.

5.3 Gewicht der Fertigteile

Es gilt DIN EN 13369:2004-09, 5.3.

6 Konformitätsbewertung²⁾

6.1 Allgemeines

6.1.1 Allgemeine Anmerkung

Die Anmerkung im Vorwort dieses Dokuments gibt Hinweise zu diesem Abschnitt.

6.1.2 Nachweis der Übereinstimmung

Es gilt DIN EN 13369:2004-09, 6.1.2.

6.1.3 Beurteilung der Übereinstimmung

6.1.3.1 Aufgaben des Herstellers

(1) Der Hersteller ist für die Beurteilung der Konformität der Fertigteile mit den bautechnischen Unterlagen und den Anforderungen dieser Norm verantwortlich.

(2) Hierfür muss der Hersteller die folgenden Aufgaben durchführen:

— Die Erstprüfung des Betons, falls erforderlich (siehe DIN EN 206-1).

— Die werkseigene Produktionskontrolle (siehe Abschnitt 6.3).

6.1.3.2 Überwachung und Zertifizierung der Fertigteile durch eine anerkannte Stelle

(1) In jedem Herstellwerk, in dem Fertigteile nach dieser Norm hergestellt werden, ist die Herstellung der Fertigteile und die Werkseigene Produktionskontrolle durch eine anerkannte Überwachungsstelle zu überwachen und die Übereinstimmung der Fertigteile mit den technischen Regeln zu zertifizieren.

²⁾ Die in dieser Norm enthaltenen Bestimmungen für den Konformitätsnachweis gelten als Bestimmungen für den Übereinstimmungsnachweis nach den Landesbauordnungen.

(2) Die Aufgaben der anerkannten Stelle bei der Überwachung der Herstellung und der Werkseigenen Produktionskontrolle ergeben sich im Allgemeinen aus DIN 18200, insbesondere zur Art und Häufigkeit der Fremdüberwachung sowie zur Probennahme und zum Überwachungsbericht. Für die Herstellung des Betons ergeben sich die Aufgaben der anerkannten Stelle aus DIN EN 206-1.

(3) Das Unternehmen hat der fremdüberwachenden Stelle schriftlich mitzuteilen:

- die ständige Betonprüfstelle mit Angabe des Prüfstellenleiters;
- einen Wechsel des Leiters der Betonprüfstelle;
- die Inbetriebnahme des Fertigteilwerkes mit Angabe des technischen Werkleiters;
- einen Wechsel des technischen Werkleiters;
- die vorgesehenen Betonsorten – gegebenenfalls Beton mit besonderen Eigenschaften – sowie die Aufnahme neuer Betonsorten in die Fertigung;
- wesentliche Änderungen oder Ergänzungen der Betriebseinrichtungen;
- die Aufnahme neuer Fertigungen, die über den Rahmen der bisherigen Fertigung hinausgehen.

(4) Der Prüfbeauftragte hat Einblick zu nehmen insbesondere in

- die Aufzeichnungen der Ergebnisse der werkseigenen Produktionskontrolle;
- weitere zugehörige Unterlagen, wie genehmigte bautechnische Unterlagen, Zulassungsbescheide, Prüfbescheide;
- die Mischanweisungen beim Mischerführer;
- die Lieferscheine.

(5) Der Prüfbeauftragte kann Überprüfungen durchführen bzw. durchführen lassen; insbesondere kommen folgende Überprüfungen in Betracht:

- Beschaffenheit und Lagerung der Baustoffe;
- maschinelle und gerätemäßige Ausstattung des Werkes sowie die Funktionsfähigkeit der Maschinen und Geräte;
- Frischbetoneigenschaften;
- die Maße der Fertigteile;
- die Dicke und Art der einzelnen Schichten bei mehrschichtigen Fertigteilen;
- die Bewehrung nach Anzahl der Stäbe, Art, Durchmesser, Lage und Anordnung, Biegeradius, Werkkennzeichen;
- Probekörperherstellung zur Ermittlung von Festbetoneigenschaften, z. B. Druckfestigkeit, gegebenenfalls Trockenrohdichte bei Leichtbeton und in Ergänzung dazu vergleichsweise die Betonfestigkeit der fertigen Teile durch zerstörungsfreie Prüfung;
- die Kennzeichnung der fertigen Teile;
- gegebenenfalls die Prüfung fertiger Teile (Probebelastung);
- gegebenenfalls Kontrolle, ob das Fachpersonal über seine Verpflichtungen regelmäßig unterrichtet wurde;
- Maßnahmen zur Verarbeitung und Nachbehandlung des Betons und zur Herstellung, Lagerung und zum Transport der Fertigteile.

(6) In Zweifelsfällen hat der Prüfbeauftragte weitere Überprüfungen durchzuführen.

DIN 1045-4:2012-02

6.2 Typprüfung

Die Anmerkung im Vorwort dieses Dokuments gibt Hinweise zu diesem Abschnitt.

6.3 Werkseigene Produktionskontrolle

(1) Für die Prüfung der Ausrüstung gelten die Angaben in Anhang A.1. Für Baustoffprüfungen gelten die Angaben in Anhang A.2. Für die Prüfung der Herstellung gelten die Angaben in Anhang A.3. Für die Prüfung der Endprodukte gelten die Angaben in Anhang A.4. Für Verfahrenswechsel gelten die Angaben in Anhang A.5.

(2) Wird Transportbeton zur Herstellung von Fertigteilen verwendet, sind für den Transportbeton die Bestimmungen nach DIN EN 206-1 zu beachten. Bezüglich der Annahmeprüfungen bei der Übergabe des Transportbetons im Fertigteilwerk gelten die Festlegungen nach DIN EN 13670

7 Kennzeichnung

(1) Auf jedem Fertigteil sind deutlich lesbar das Herstellwerk, der Herstellungstag und das Übereinstimmungszeichen anzugeben. Abkürzungen sind zulässig. Die Einbaulage ist zu kennzeichnen, wenn Verwechslungsgefahr besteht. Fertigteile von gleichen äußeren Maßen, aber mit unterschiedlicher Bewehrung, Betonfestigkeitsklasse oder Betondeckung, sind entsprechend zu kennzeichnen

(2) Dürfen Fertigteile nur in bestimmter Lage, z. B. nicht auf der Seite liegend, befördert werden, so ist hierauf in geeigneter Weise, z. B. durch Aufschriften, hinzuweisen.

(3) Jeder Lieferung von Fertigteilen ist ein nummerierter Lieferschein beizugeben.

(4) Der Lieferschein muss mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- Herstellwerk,
- Übereinstimmungszeichen,
- Tag der Lieferung,
- Empfänger der Lieferung,
- Druckfestigkeitsklasse des verwendeten Betons,
- Eigengewicht des Fertigteils,
- Betonstahlsorte,
- Expositionsklasse
- Positionsnummer, sofern erforderlich.

8 Technische Dokumentation

Es gilt DIN EN 13369:2004-09, Abschnitt 8.

Anhang A (normativ)

Prüfpläne

A.1 Prüfung der Ausrüstung

Tabelle A.1 — Prüfung von Transport, Lagerung und Ausrüstung

	Prüfgegenstand	Verfahren	Ziel	Häufigkeit
A.1.1 – Prüf- und Messeinrichtung				
1	Einrichtung zur Prüfung von Festbeton	Prüfungen nach DIN EN 12390-4	Einwandfreie Funktion und Genauigkeit	- Beim (Wieder-) Aufstellen oder nach größeren Reparaturen
2	Einrichtung zur Prüfung von Betonstahl und Spannstahl	Prüfungen nach DIN EN ISO 7500-1		- Einmal jährlich oder wie in einem zertifizierten Qualitätssicherungssystem beschrieben
3	Einrichtung zur zerstörungsfreien Prüfung von Beton	Prüfungen nach DIN EN 12504-2		- Beim (Wieder-) Aufstellen oder nach größeren Reparaturen
4	Wägeeinrichtung	Sofern für das Prüfverfahren nicht anders angegeben, Kalibrierung gegen eine Einrichtung, die nach nationalen Bestimmungen kalibriert wurde und ausschließlich zu diesem Zweck genutzt wird.		-In regelmäßigen Abständen, z.B. vierteljährlich
5	Einrichtung für die Bestimmung der Maße			
6	Temperatur- und Feuchtemesseinrichtung			
A.1.2 – Transport-, Lagerungs- und Produktionsausrüstung				
1	Baustofflagerung und Behälter	Sichtprüfung oder anderes geeignetes Verfahren	Vermeidung von Verunreinigungen und Sicherstellung der Konformität mit den Anforderungen	- Bei Einrichtung
2	Betonstahl	Überprüfung der Lagerung	Sicherstellen von übersichtlicher getrennter Lagerung, saubere Lagerung, Vermeidung schädlicher Verunreinigungen, Vermeidung stark angerosteter Betonstäbe	- Wöchentlich
				In angemessenen Zeitabständen

DIN 1045-4:2012-02**Tabelle A 1 (fortgesetzt)**

	Prüfgegenstand	Verfahren	Ziel	Häufigkeit
3	Spannstahl	Überprüfung der Lagerung	Trockene, luftige Lagerung, Ausschluss von Verunreinigungen durch korrosionsfördernde Stoffe	Bei Bedarf
4		Überprüfung der Transportfahrzeuge	Ausschluss von Verunreinigungen, z.B. durch Abdecken der Transportfahrzeuge	Jede Lieferung
5	Wäge- oder Dosiereinrichtungen	Sichtprüfung	Sicherstellen, dass die Einrichtungen in einem sauberen Zustand sind und einwandfrei funktionieren	Täglich
6		- Wägeeinrichtung: Prüfung der Wägegenauigkeit - Dosiereinrichtung: Vergleich (je nach Dosiersystem durch ein geeignetes Verfahren) der tatsächlichen Masse der Ausgangsstoffe der Mischung mit der Zielmasse und – bei selbsttätiger Aufzeichnung – mit der ausgedruckten Menge	- Wägeeinrichtung: Genauigkeit nach DIN EN 206-1:2001-07, Abschnitt 9.6.2.2 - Dosiereinrichtung: Genauigkeit nach DIN EN 206-1:2001-07, Tabelle 21	- Beim (Wieder-) Aufstellen oder nach größeren Reparaturen - Wägeeinrichtung: einmal jährlich - Dosiereinrichtung: zweimal jährlich - Im Zweifelsfall
7	Zugabegerät für Zusatzmittel (einschließlich solcher auf Fahrmischern)	Sichtprüfung der Funktion	- Sicherstellen, dass die Messeinrichtung in sauberem Zustand ist und einwandfrei funktioniert	Für jedes Zusatzmittel bei der ersten Mischerfüllung des Tages
8		Prüfung der Genauigkeit	Vermeiden ungenauer Zugabe	- Beim (Wieder-) Aufstellen - In regelmäßigen Abständen ^a nach Aufstellung (mind. zweimal jährlich) - Im Zweifelsfall

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

	Prüfgegenstand	Verfahren	Ziel	Häufigkeit
9	Wasserzähler	Prüfung der Messgenauigkeit	Sicherstellen der Genauigkeit nach DIN EN 206-1:2001-07, Abschnitt 9.6.2.2	- Beim (Wieder-) Aufstellen - In regelmäßigen Abständen^a nach Aufstellung (mind. zweimal jährlich) - Im Zweifelsfall
10	Einrichtungen zur kontinuierlichen Messung des Wassergehaltes feinkörniger Gesteinskörnungen ^b	Vergleich der tatsächlichen Menge mit der vom Messgerät angezeigten Menge	Vom Hersteller angegebene Genauigkeit	- Beim (Wieder-) Aufstellen - Zweimal jährlich - Im Zweifelsfall
11	Mischer (einschließlich eigener Fahrmischer)	Sichtprüfung	Überprüfung auf Verschleiß und einwandfreie Funktion	Wöchentlich
12	Formen	Sichtprüfung	Zustand (z. B. Verschleiß und Verformung) und Überprüfung der Maßhaltigkeit nach 4.3.1	Regelmäßig in Abhängigkeit von der Baustoffart und der Anwendungshäufigkeit
13	Vorspanneinrichtung	Kalibrierung gegen eine Einrichtung, die nach nationalen Normen kalibriert wurde und ausschließlich zu diesem Zweck genutzt wird.	Einwandfreie Funktion und Genauigkeit	- Beim (Wieder-) Aufstellen - letzte Kalibrierung darf nicht länger als 6 Monate zurückliegen - Im Zweifelsfall
14		Sichtprüfung	Verschleiß der Verankerungsvorrichtung	Wöchentlich für jede verwendete Einrichtung
15	Betoniergerät, Betonierausrüstung, Verdichtungsgeräte	Prüfanweisungen des Herstellers	Ordnungsgemäße Verdichtung des Betons	- Prüfanweisungen des Herstellers - Bei Beginn der Betonierarbeiten, dann mindestens monatlich, - bei hochfesten Betonen je Betoniertag

^a Die Häufigkeit hängt von der Art der Ausrüstung, ihrer Empfindlichkeit beim Gebrauch und den Produktionsbedingungen der Anlage ab

^b Nur wenn die Einrichtung verfügbar ist und das Ziel nicht durch entsprechende Prüfung(en) nach DIN EN 206-1, Abschnitt 9.9 erfüllt wird.

DIN 1045-4:2012-02**A.2 Baustoffprüfung****Tabelle A.2 — Baustoffprüfung**

	Prüfgegenstand	Verfahren	Ziel	Häufigkeit
1	Sämtliche Baustoffe	Prüfung des Lieferscheins oder Lieferetiketts auf der Verpackung vor dem Entladen auf Übereinstimmung mit der Bestellung ^a	- Feststellung, dass die Lieferung der Bestellung entspricht und richtigen Ursprungs ist - Nachweis der Konformität	Jede Lieferung
a Die Spezifikationen sind in der Bestellung anzugeben.				

A.3 Prüfung der Herstellung

Für die Prüfung der Herstellung des Betons gilt DIN EN 206-1:2001-07, Abschnitt 9.9.

Für sonstige Prüfgegenstände gilt Tabelle A.3.

Tabelle A.3 — Prüfung der Herstellung^a

	Prüfgegenstand	Verfahren	Ziel	Häufigkeit
1	Mischungs- zusammensetzung (außer Wassergehalt)	- Sichtprüfung der Wägeeinrichtung - Prüfung anhand von Unterlagen zum Herstellungsprozess	Übereinstimmung mit der vorgesehenen Zusammensetzung (bei gewichtsmäßiger oder volumetrischer Dosierung)	- Täglich für jede angewendete Zusammensetzung - Nach jeder Veränderung
2		Geeignete Analyse	Übereinstimmung mit der vorgesehenen Zusammensetzung (nur bei volumetrischer Dosierung)	Monatlich für jede angewendete Zusammensetzung
3	Bauteilfestigkeit ^b	Zerstörungsfreie Prüfung der Betondruckfestigkeit nach DIN EN 12504-2	Beurteilung der Konformität mit der vorgesehenen Festigkeitsklasse und/oder dem vorgesehenen Wert für die festgelegte Phase im Produktionsprozess	Siehe DIN EN 206-1:2001-07, 8.1 und 8.2.1
4	Bewehrung, Einbauteile und Transportanker	Sichtprüfung, Überprüfung der Maßhaltigkeit ^c	Übereinstimmung der Einbauteile und der Bewehrung mit den Werksunterlagen ^d	Jedes Bauteil
5	Schweiß- verbindungen	Sichtprüfung	Qualität der Schweißnähte	Je Verbindung
6		Prüfungen nach DIN EN ISO 17660	Erfüllung der Anforderungen an geschweißten Stahl nach DIN EN 13670:2011-03, 6.4	In Abhängigkeit vom Fertigteil und/oder vom Verfahren nach DIN EN ISO 17660

Tabelle A.3 (fortgesetzt)

	Prüfgegenstand	Verfahren	Ziel	Häufigkeit
7	Richten des Stahls	Sichtprüfung	Richtqualität	Jede Ausführung
8		Geeignete(s) Prüfverfahren	Erfüllung der Anforderungen an gerichteten Stahl nach DIN EN 13670:2011-03, 6.3	In Abhängigkeit vom Fertigteil und/oder vom Verfahren
9	Formen, Schalung	Sichtprüfung	Sauberkeit und Ölung	Täglich
10			Prüfung auf Verschleiß und Verformung	In Abhängigkeit von Formenwerkstoff und Anwendungshäufigkeit
11		Messung	Übereinstimmung der Maße der Schalung, der Lage der Dämmschichten sowie der Aussparungen mit den Werksunterlagen; Stabilität der Schalungen	Jede neue Form
12	Vorspannen	Überprüfung der beim Spannen aufgezeichneten Spannprotokolle über durchgeführte Messungen	Einhalten der im Spannprogramm festgelegten Reihenfolge, der Vorspannkraft und der Spannwege	Jeder Spannvorgang
13	Spannverfahren	Überprüfung der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung	Vorliegen einer Zulassung des Spannverfahrens und/oder des Spannstahls	Jede Anwendung
14	Freigabe zum Betonieren	Sichtprüfung	Übereinstimmung mit Werkszeichnungen	Täglich mit einer Häufigkeit, die von der Formbelegung abhängig ist
15	Einbringen des Betons	Sichtprüfung	Ordnungsgemäße Verdichtung	Täglich
16	Nachbehandlung	Sichtprüfung	Übereinstimmung mit den Festlegungen (siehe 4.2.1.3) und dokumentierten Verfahren im Werk	Täglich
17		Nachweis der maßgebenden Bedingungen		Wöchentlich
18	Wärmebehandlung (Beschleunigtes Erhärten)	Überprüfung der Funktionen	Übereinstimmung mit den Festlegungen und dokumentierten Verfahren im Werk	Täglich
19		Messung der Temperaturen	Einhalten des Temperaturverlaufes	Verfahrensabhängig

DIN 1045-4:2012-02**Tabelle A.3 (fortgesetzt)**

	Prüfgegenstand	Verfahren	Ziel	Häufigkeit
20	Weiterbearbeitung nach dem Betonieren	Geeignetes Verfahren	Übereinstimmung mit den Festlegungen und dokumentierten Verfahren im Werk	Abhängig von Verfahren und Festlegungen
21	Temperatur	Überprüfung der Außentemperatur und der Temperatur im Fertigungs- und Erhärtungsraum	Einhalten der Temperaturen nach DIN EN 13670:2011-03, 8.2	Täglich
22	Schlupf von Spanngliedern und/oder Drähten bei Fertigteilen mit gesägten Stirnflächen	Sichtprüfung	Übereinstimmung mit den Festlegungen bzw. DIN EN 13369:2004-09, 4.2.3.2.4	Alle Fertigteile
23		Geeignetes Messverfahren, z. B. mit einer Messlehre		Jedes Spannglied und/oder jeder Draht, das bzw. der bei der Sichtprüfung verdächtig erschien (siehe Zeile 22)
a Dieser Prüfplan darf für spezielle Produktionszwecke angepasst oder ergänzt werden.				
b Nur wenn die Eigenschaft festgelegt ist.				
c Vergleich mit bestätigten Werkszeichnungen.				
d Prüfung der Betondeckung, der Durchmesser, der Verankerungs- und Übergreifungslängen; ausreichende Anzahl von Abstandhaltern; Möglichkeiten des Einbringens und Verdichtens des Betons (Rüttelgassen bei Bewehrungsanhäufungen), Typ und Laststufe des Transportankers				

A.4 Prüfung des Endprodukts**Tabelle A.4 — Prüfung des Endprodukts^a**

	Prüfgegenstand	Verfahren	Ziel	Häufigkeit
1	Fertigteile	Sichtprüfung auf Beschädigungen	Feststellen der Unversehrtheit	Jedes Fertigteil
2		Zerstörungsfreie Prüfung der Betondruckfestigkeit nach DIN EN 12504-2	Feststellen der Gleichmäßigkeit der Betonfestigkeit und Vergleich mit den Ergebnissen an Probekörpern nach DIN EN 206-1	Eine ausreichende Anzahl von Messreihen unter gleichzeitigem Vergleich mit den Ergebnissen der Probekörper nach DIN EN 206-1 ^b
3	Produktions-toleranzen (einschließlich Betondeckung)	Prüfung nach DIN EN 13369:2004-09, Anhang J.1 bis J.3 und/oder einem anderen geeigneten Verfahren	Übereinstimmung mit den Anforderungen dieser Norm und den Anforderungen an die vom Hersteller deklarierten Eigenschaften	Abhängig vom Fertigteil und den geometrischen Eigenschaften oder alle 5 Produktionstage
4	Oberflächen-eigenschaften	Sichtprüfung	Übereinstimmung mit den Anforderungen an die vom Hersteller deklarierten Eigenschaften	Jedes Fertigteil
5		Prüfung nach DIN EN 13369:2004-09, Anhang J.4 und/oder einem anderen geeigneten Verfahren		Abhängig vom Fertigteil und den Oberflächeneigenschaften

Tabelle A.4 (fortgesetzt)

	Prüfgegenstand	Verfahren	Ziel	Häufigkeit
6	Mechanische Festigkeit ^c	Geeignetes Prüfverfahren	Übereinstimmung mit den Anforderungen an die vom Hersteller deklarierten Eigenschaften in Bezug auf die mechanische Festigkeit	Abhängig vom Fertigteil und den Eigenschaften in Bezug auf die mechanische Festigkeit
7	Kennzeichnung/ Beschriftung	Überprüfung der Kennzeichen bzw. Lieferscheine	Erfüllung der Kennzeichnungspflicht	Jedes Fertigteil
8	Lagerung	Sichtprüfung	- Übereinstimmung mit den Anforderungen dieser Norm - Aussonderung fehlerhafter Produkte	Täglich
9	Auslieferung	Sichtprüfung	Richtiges Lieferalter, Verladen und korrekte Verladeunterlagen	Täglich

a Diese Kontrolle darf für spezielle Produktzwecke angepasst und/oder ergänzt werden. Kontrollen der Eigenschaften des Endprodukts (siehe 4.3), die nicht ausgeführt sind, werden üblicherweise durch die entsprechenden Maßnahmen in der Entwurfsphase von Fertigteil und Beton und/oder durch entsprechende Baustoffe- und Prozesskontrollen abgedeckt (siehe A.2 und A.3)

b Bei gleichen Betonzusammensetzungen und gleicher Beziehung zwischen den Ergebnissen der Probekörperprüfung und der zerstörungsfreien Prüfung kann die Häufigkeit der Prüfung nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 im Einvernehmen mit der Überwachungsstelle vermindert werden.

c Nur wenn die Eigenschaft festgelegt ist und wenn regelmäßige Kontrollen durch umfassende Prüfung zusätzlich zur Typprüfung maßgeblich sind (z.B. wenn die umfassende Prüfung der mechanischen Festigkeit die Kontrolle der Betonfestigkeit ersetzt).

A.5 Regeln für Verfahrenswechsel

Regeln für Verfahrenswechsel sind nach DIN EN 13369:2004-09, D.5 festzulegen. Sie gelten nur für die Prüfgegenstände der Tabellen A.1 bis A.4, die quantifizierbare Ergebnisse liefern, die sich in Bezug auf festgelegte, deklarierte oder dokumentierte Werte überprüfen lassen. Die Prüfhäufigkeit muss den Tabellen A.1 bis A.4 entsprechen.

DIN 1054/A1

ICS 93.020

Änderung von
DIN 1054:2010-12

**Baugrund –
Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau –
Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1:2010; Änderung A1:2012**

Subsoil –

Verification of the safety of earthworks and foundations –
Supplementary rules to DIN EN 1997-1:2010; Amendment A1:2012

Sol –

Vérification de la sécurité des travaux de terrassement et des fondations –
Règles supplémentaires à DIN EN 1997-1:2010; Amendement A1:2012

Gesamtumfang 4 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN 1054/A1:2012-08

Vorwort

Dieses Dokument enthält Änderungen zu DIN 1054:2010-12. Es wurde vom Normenausschuss Bauwesen (NABau) des DIN e. V., Fachbereich 05 „Grundbau, Geotechnik“, Arbeitsausschuss NA 005-05-01 AA „Sicherheit im Erd- und Grundbau“, erarbeitet.

— **Zu 1.2 und im gesamten Dokument an den entsprechenden Stellen**

E DIN 18537, Anwendungsdokument zu DIN EN 1537:2001-01, Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Verpressanker

E DIN 18538:2010-09, Anwendungsdokument zu DIN EN 12699:2001-05, Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Verdrängungspfähle

E DIN 18539, Anwendungsdokument zu DIN EN 14199:2005-05, Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Pfähle mit kleinen Durchmessern (Mikropfähle)

DIN Fachbericht 129, Anwendungsdokument zu DIN EN 1536:1999-06, Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Bohrpfähle

DIN EN 1990-1:2010-12, Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002, Berichtigung zu DIN EN 1990:2002

sind zu ersetzen durch:

DIN SPEC 18537:2012-02, Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 1537:2001-01, Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Verpressanker

DIN SPEC 18538:2012-02, Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 12699:2001-05, Ausführung spezieller geotechnischer Arbeiten (Spezialtiefbau) — Verdrängungspfähle

DIN SPEC 18539, Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 14199:2012-01, Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Pfähle mit kleinen Durchmessern (Mikropfähle)

DIN SPEC 18140, Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 1536:2010-12, Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau — Bohrpfähle

DIN EN 1990:2010-12, Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010

— **Zu 2.4.6.2**

Absatz A (4):

Beim Nachweis der Gesamtstandsicherheit (GEO-3) sind die charakteristischen Werte der Scherfestigkeit wie folgt mit den Teilsicherheitsbeiwerten $\gamma_{\phi'}$ und γ_c bzw. γ_{cu} mit Werten $\gamma > 1$ in Bemessungswerte der Scherfestigkeit umzurechnen:

ist zu ersetzen durch:

„Beim Nachweis der Gesamtstandsicherheit (GEO-3) sind die charakteristischen Werte der Scherfestigkeit wie folgt mit den Teilsicherheitsbeiwerten $\gamma_{\phi'}$ und γ_c bzw. γ_{cu} und $\gamma_{\phi u}$ mit Werten $\gamma > 1$ in Bemessungswerte der Scherfestigkeit umzurechnen.“

In Absatz A (4) ist zu ergänzen:

$$\tan \varphi_{u,d} = \tan \varphi_{u,k} / \gamma_{\phi u} \quad \text{A (2.2d)}$$

— **Zu 3.1**

Die Überschrift A 3.1.2 ist zu ersetzen durch A 3.1.1

Die Überschrift A 3.1.3 ist zu ersetzen durch A 3.1.2

Die Überschrift A 3.1.4 ist zu ersetzen durch A 3.1.3

DIN 1054/A1:2012-08

Im neuen Abschnitt A 3.1.3 Absatz A (2) sind die Verweisungen auf A 3.1.2 und A 3.1.3 zu ändern in:

A 3.1.1 und A 3.1.2

In der Anmerkung unter Absatz A (3) sind die Verweisungen auf A 3.1.2 und A 3.1.4 zweimal zu ändern in:

A 3.1.1 und A 3.1.3

— **Zu 7.6**

Tabelle A 7.2, 1. Zeile:

$\xi_{0,i}$ für $n =$	≥ 2	≥ 5	≥ 10	≥ 15	≥ 20

ist zu ersetzen durch:

$\xi_{0,i}$ für $n =$	2	5	10	15	≥ 20

Tabelle A 7.2, 4. Zeile:

n ist die Anzahl der probebelasteten Pfähle.

ist zu ergänzen durch:

„Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.“

— **Zu 7.6.3.2**

Absatz A (3c) unterhalb von Gleichung A (7.13):

Der Modellfaktor ist bei einer Zugpfahlneigung gegen die Vertikale von 0° bis 45° $\eta_M = 1,00$ und bei einer Pfahlneigung von 80° $\eta_M = 1,25$. Bei Zugpfahlneigungen zwischen 45° und 80° darf der Modellfaktor η_M linear interpoliert werden.

ist zu ersetzen durch:

„Der Modellfaktor beträgt unabhängig von der Pfahlneigung $\eta_M = 1,25$.“

— **Zu 7.7.1**

Absatz A (3a) vorletzter Spiegelstrich:

Nachweis, dass der Bemessungswert der seitlichen Bodenwiderstandskraft nicht größer angesetzt worden ist, als es der Bemessungswert der räumlichen Erdwiderstandskraft für den entsprechenden Teil der Einbindetiefe bis zum Querkraftnullpunkt zulässt

ist zu ersetzen durch:

„Nachweis, dass der Bemessungswert der seitlichen Bodenwiderstandskraft nicht größer angesetzt worden ist, als es der Bemessungswert der räumlichen Erdwiderstandskraft für den entsprechenden Teil der Einbindetiefe bis zum **Drehpunkt** zulässt.“

DIN EN 206-9

ICS 91.100.30

**Beton –
Teil 9: Ergänzende Regeln für selbstverdichtenden Beton (SVB);
Deutsche Fassung EN 206-9:2010**

Concrete –
Part 9: Additional Rules for Self-compacting Concrete (SCC);
German version EN 206-9:2010

Béton –
Partie 9: Règles complémentaires pour le béton auto-plaçant;
Version allemande EN 206-9:2010

Gesamtumfang 29 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 206-9:2010-09

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 206-9:2010) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 104 „Beton und zugehörige Produkte“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der NA 005-07-02 AA „Betontechnik“ im Normenausschuss Bauwesen (NABau).

In EN 206-9:2010 wurde im Abschnitt 6.2.2, Aufzählung h) irrtümlich auf Tabelle 6a verwiesen. Diese Tabellennummer gibt es jedoch nicht. Hier muss es richtig lauten: „nach Tabelle 1...“

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN 206-9

April 2010

ICS 91.100.30

Deutsche Fassung

**Beton —
Teil 9: Ergänzende Regeln für selbstverdichtenden Beton (SVB)**

Concrete —
Part 9: Additional Rules for Self-compacting Concrete
(SCC)

Béton —
Partie 9: Règles complémentaires pour le béton auto-
plaçant

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 27. Februar 2010 angenommen.

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, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

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

DIN EN 206-9:2010-09
EN 206-9:2010 (D)

Inhalt

Seite

Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen.....	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Symbole und Abkürzungen	7
4 Klasseneinteilung	7
4.1 Expositionsklassen, bezogen auf die Umweltbedingungen	7
4.2 Frischbeton	8
4.3 Festbeton.....	9
5 Anforderungen an Beton und Nachweisverfahren.....	9
5.1 Grundanforderungen an die Ausgangsstoffe.....	9
5.2 Grundanforderungen an die Betonzusammensetzung.....	10
5.3 Anforderungen in Abhängigkeit von Expositionsklassen	11
5.4 Anforderungen an Frischbeton	11
5.5 Anforderungen an Festbeton	12
6 Festlegung des Betons	12
6.1 Allgemeines	12
6.2 Festlegung für Beton nach Eigenschaften	12
6.3 Festlegung für Beton nach Zusammensetzung	13
6.4 Festlegung für Standardbeton	13
7 Lieferung von Frischbeton	13
7.1 Informationen vom Verwender an den Betonhersteller.....	13
7.2 Informationen vom Betonhersteller für den Verwender	13
7.3 Lieferschein für Transportbeton	13
7.4 Lieferangaben für Baustellenbeton	13
7.5 Konsistenz bei Lieferung	13
8 Konformitätskontrolle und Konformitätskriterien.....	14
8.1 Allgemeines.....	14
8.2 Konformitätskontrolle für Beton nach Eigenschaften	14
8.3 Konformitätskontrolle für Beton nach Zusammensetzung einschließlich Standardbeton	14
8.4 Maßnahmen bei Nichtkonformität des Produktes	14
9 Produktionskontrolle.....	14
9.1 Allgemeines.....	14
9.2 Systeme der Produktionskontrolle	15
9.3 Aufgezeichnete Daten und andere Unterlagen.....	15
9.4 Prüfung	15
9.5 Betonzusammensetzung und Erstprüfung	15
9.6 Personal und Ausstattung	15
9.7 Dosieren der Ausgangsstoffe.....	15
9.8 Mischen des Betons	15
9.9 Verfahren der Produktionskontrolle	15
10 Beurteilung der Konformität.....	16

11	Bezeichnung für Beton nach Eigenschaften	16
	Anhang A (normativ) Erstprüfung	17
A.1	Allgemeines	17
A.2	Zuständigkeit für Erstprüfungen	17
A.3	Häufigkeit der Erstprüfungen	17
A.4	Prüfbedingungen	17
A.5	Kriterien für die Annahme von Erstprüfungen	17
	Anhang B (normativ) Identitätsprüfung für die Druckfestigkeit	18
	Anhang C (normativ) Regelungen für die Bewertung, die Überwachung und Zertifizierung der Produktionskontrolle	19
	Anhang D (informativ) Literaturhinweise	20
	Anhang E (informativ) Leitlinie für die Anwendung des Prinzips der gleichwertigen Betonleistungsfähigkeit	21
	Anhang F (informativ) Empfehlungen für Grenzwerte der Betonzusammensetzung	22
	Anhang H (informativ) Zusätzliche Vorschriften für hochfesten Beton	23
	Anhang J (informativ) Leistungsbezogene Entwurfsverfahren hinsichtlich der Dauerhaftigkeit	24
	Anhang K (informativ) Betonfamilien	25
	Anhang L (informativ) Hinweise für Anforderungen an selbstverdichtenden Beton im frischen Zustand	26
L.1	Allgemeines	26
L.2	Empfehlungen zur Klasseneinteilung von selbstverdichtendem Beton	27

DIN EN 206-9:2010-09
EN 206-9:2010 (D)

Vorwort

Dieses Dokument (EN 206-9:2010) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 104 „Beton und zugehörige Produkte“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

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

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

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

Diese Europäische Norm ergänzt EN 206-1:2000. Sie enthält Regeln für selbstverdichtenden Beton (SVB). Regeln, die für alle Betonarten gelten, werden in dieser Europäischen Norm nicht wiederholt; daher muss sie in Verbindung mit EN 206-1:2000 angewendet werden. Bei einer künftigen Überarbeitung von EN 206-1:2000 soll diese Europäische Norm in das Hauptdokument eingearbeitet werden.

Die Nummerierung der Abschnitte in dieser Europäischen Norm folgt EN 206-1:2000.

Einleitung

Die Technologie des selbstverdichtenden Betons (SVB) wird ständig weiterentwickelt, und es gibt Unterschiede in der Ausführung dieser Betonart in der Praxis. Diese Europäische Norm legt gemeinsame Regeln für SVB fest. Wo dies jedoch nicht möglich ist, lassen die betreffenden Abschnitte die Anwendung nationaler Normen oder der am Verwendungsort des Betons geltenden Bestimmungen zu.

Diese Europäische Norm ist für die Anwendung in Europa unter den verschiedenen klimatischen und geographischen Bedingungen, für unterschiedliche Schutzniveaus und unter Berücksichtigung der verschiedenen bewährten regionalen Traditionen und Erfahrungen vorgesehen. Für die Eigenschaften von selbstverdichtendem Beton sind Klassen, die dieser Situation Rechnung tragen, eingeführt worden. Sofern es nicht möglich war, allgemeine Regelungen zu treffen, lassen die betreffenden Abschnitte die Anwendung nationaler Normen oder der am Verwendungsort des Betons geltenden Bestimmungen zu.

Sofern nicht anders angegeben, sind in dieser Europäischen Norm die in den Tabellen angegebenen Anmerkungen und Fußnoten normativ. Alle anderen Anmerkungen und Fußnoten sind informativ.

Weitere Erläuterungen und Hinweise zur Anwendung dieser Europäischen Norm sind anderen Dokumenten, die am Ort der Verwendung des Betons gelten, zu entnehmen.

Weitere Hinweise zur Herstellung von selbstverdichtendem Beton sowie zu anderen Aspekten dieser Betonart können den *European Guidelines for Self-Compacting Concrete – Specification, Production and Use* („Europäische Richtlinien für SCC^{N1}) – Feststellung, Produktion und Anwendung“) entnommen werden. Siehe auch Anhang D.

N1) In dieser Norm wird die Abkürzung „SVB“ als Kurzbezeichnung für selbstverdichtenden Beton verwendet. Der hier angegebene Titel stammt aus der deutschen Übersetzung der Richtlinie.

DIN EN 206-9:2010-09 **EN 206-9:2010 (D)**

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm gilt für selbstverdichtenden Beton für Ortbetontragwerke, für vorgefertigten Bauteilen sowie für Fertigteile für Gebäude und Ingenieurbauwerke.

Diese Europäische Norm gilt für selbstverdichtenden Beton, der sich auf Grund der Schwerkraft soweit verdichtet, dass er keine nennenswerten Lufteinschlüsse enthält. Sie gilt für Normalbeton. Es liegen nur begrenzte Erfahrungen mit SVB, der leichte oder schwere Gesteinskörnungen und Fasern enthält, vor. Für die letztgenannten Arten von selbstverdichtendem Beton gelten einige, jedoch nicht alle Festlegungen dieser Norm. Daher sind die jeweiligen Anforderungen im Einzelfall festzulegen.

Selbstverdichtender Beton kann als Baustellenbeton, als Transportbeton oder in einem Werk für Betonfertigteile hergestellt werden.

Neben den Anforderungen nach EN 206-1:2000 legt diese Europäische Norm Anforderungen an folgende Aspekte fest:

- Bestandteile von SVB;
- Eigenschaften von frischem und erhärtetem SVB sowie deren Nachweis;
- Einschränkungen bezüglich der Zusammensetzung von SVB;
- Festlegung von SVB;
- Verfahren zur werkseigenen Produktionskontrolle;
- Konformitätskriterien.

Weitere Europäische Normen für bestimmte Produkte, z. B. Betonfertigteile, oder für Verfahren im Anwendungsbereich dieser Europäischen Norm können von dieser Norm abweichende Regelungen erfordern oder zulassen.

Die in EN 206-1:2000 angegebenen Einschränkungen des Anwendungsbereiches gelten für Selbstverdichtenden Beton nach dieser Europäischen Norm.

Gesundheits- und sicherheitstechnische Anforderungen an den Schutz von Personal während der Herstellung und Lieferung von Beton sind nicht Gegenstand dieser Europäischen Norm.

2 Normative Verweisungen

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).

EN 206-1, *Beton — Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität*

FprEN 12350-8, *Prüfung von Frischbeton — Teil 8: Selbstverdichtender Beton — Setzfließversuch*

FprEN 12350-9, *Prüfung von Frischbeton — Teil 9: Selbstverdichtender Beton — Trichterauslaufversuch*

FprEN 12350-10, *Prüfung von Frischbeton — Teil 10: Selbstverdichtender Beton — L-Kasten-Versuch*

FprEN 12350-11, *Prüfung von Frischbeton — Teil 11: Selbstverdichtender Beton — Bestimmung der Sedimentationsstabilität im Siebversuch*

FprEN 12350-12, *Prüfung von Frischbeton — Teil 12: Selbstverdichtender Beton — Blockierring-Versuch*

3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 206-1:2000 und die folgenden Begriffe.

3.1.47

selbstverdichtender Beton

Beton, der unter seinem eigenen Gewicht fließt und sich selbst verdichtet sowie die Schalung mit Bewehrung, Kanälen, Aussparungskasten usw. ausfüllt und dabei seine Homogenität beibehält

3.1.48

Fließfähigkeit

durch Schalungen bzw. Bewehrung nicht behinderte Fließeigenschaft eines frischen SVB

3.1.49

Sedimentationsstabilität

Eigenschaft des SVB im frischen Zustand, hinsichtlich der Zusammensetzung homogen zu bleiben

3.1.50

Setzfließmaß

mittlerer Ausbreitdurchmesser eines frischen SVB, der im Setzfließversuch bestimmt wird

3.1.51

Viskosität

Fließwiderstand eines frischen SVB nach Beginn des Fließens

3.1.52

Blockierneigung

Neigung eines frischen SVB, bei engen Öffnungen wie z. B. zwischen Bewehrungsstäben, durch Entmischen das weitere Fließen zu blockieren oder enge Öffnungen zu verstopfen

3.2 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Symbole und Abkürzungen nach EN 206-1:2000 und die folgenden Abkürzungen.

SVB selbstverdichtender Beton

SF Setzfließmaßklasse

VS Viskositätsklasse für die Prüfung der t_{500} -Zeit

VF Viskositätsklasse für den Trichterauslaufversuch

t_{500} Fließzeit, in Sekunden, bis zum Erreichen eines Setzfließmaßes von 500 mm in der Setzfließversuch

PL Blockierneigungsklasse für den L-Kasten-Versuch PJ Blockierneigungsklasse für den Blockierring-Versuch

SR Sedimentationsstabilitätsklassen (en: *Segregation Resistance*)

4 Klasseneinteilung

4.1 Expositionsklassen, bezogen auf die Umweltbedingungen

Es gilt EN 206-1:2000, 4.1.

DIN EN 206-9:2010-09
EN 206-9:2010 (D)

4.2 Frischbeton

4.2.1 Konsistenzklassen

Für SVB gelten die folgenden Konsistenzklassen:

Tabelle 1 — Setzfließmaßklassen

Klasse	Setzfließmaß in mm ^{a, b} (Grenzwerte für individuelle Chargen)
SF1	550 bis 650
SF2	660 bis 750
SF3	760 bis 850
^a Die Festlegung einer Klasse des Setzfließmaßes kann durch einen Zielwert ersetzt werden. ^b Die Klasseneinteilung gilt nicht für Beton mit einem Größtkorn der Gesteinskörnung über 40 mm.	

Tabelle 2 — Viskositätsklassen — t_{500} -Zeit

Klasse	t_{500} in s ^{a, b} (Grenzwerte für individuelle Chargen)
VS1	< 2,0
VS2	≥ 2,0
^a Die Festlegung einer Viskositätsklasse kann durch einen Zielwert ersetzt werden. ^b Die Klasseneinteilung gilt nicht für Beton mit einem Größtkorn der Gesteinskörnung über 40 mm.	

Tabelle 3 — Viskositätsklassen — Trichterauslaufzeit

Klasse	Trichterauslaufzeit in s ^{a, b} (Grenzwerte für individuelle Chargen)
VF1	< 9,0
VF2	9,0 bis 25,0
^a Die Festlegung einer Viskositätsklasse kann durch einen Zielwert ersetzt werden. ^b Die Klasseneinteilung gilt nicht für Beton mit einem Größtkorn der Gesteinskörnung über 22,4 mm.	

Tabelle 4 — Blockierneigungsklassen — L-Kasten-Versuch

Klasse	L-Kasten-Wert (–) ^a (Grenzwerte für individuelle Chargen)
PL1	≥ 0,80 mit 2 Bewehrungsstäben
PL2	≥ 0,80 mit 3 Bewehrungsstäben
^a Die Festlegung einer Blockierneigungsklasse kann durch die Angabe eines anderen unteren Grenzwerts ersetzt werden.	

Tabelle 5 — Blockierneigungsklassen — Blockierring-Versuch

Klasse	Blockierringneigungsmaß in mm ^{a, b} (Grenzwerte für individuelle Chargen)
PJ1	≤ 10 mit 12 Bewehrungsstäben
PJ2	≤ 10 mit 16 Bewehrungsstäben
^a Die Festlegung einer Blockierneigungsklasse kann durch die Angabe eines anderen oberen Grenzwerts ersetzt werden. ^b Die Klasseneinteilung gilt nicht für Beton mit einem Größtkorn der Gesteinskörnung über 40 mm.	

Tabelle 6 — Sedimentationsstabilitätsklasse

Klasse	Sedimentierter Anteil in % ^{a, b} (Grenzwerte für individuelle Chargen)
SR1	≤ 20
SR2	≤ 15
^a Die Festlegung einer Klasse der Sedimentationsstabilität kann durch die Angabe eines anderen oberen Grenzwerts ersetzt werden. ^b Die Klasseneinteilung gilt nicht für Beton mit Fasern oder leichten Gesteinskörnungen.	

ANMERKUNG 1 Die in den Tabellen 2 und 3 angegebenen Klassen sind nicht vergleichbar; dazwischen besteht keine genaue Korrelation.

ANMERKUNG 2 Die in den Tabellen 4 und 5 angegebenen Klassen sind nicht direkt vergleichbar; dazwischen besteht keine genaue Korrelation.

4.2.2 Klassen, bezogen auf das Größtkorn der Gesteinskörnung

Es gilt EN 206-1:2000, 4.2.2

4.3 Festbeton

4.3.1 Druckfestigkeitsklassen

Es gilt EN 206-1:2000, 4.3.1.

4.3.2 Rohdichteklassen für Leichtbeton

Es gilt EN 206-1:2000, 4.3.2.

5 Anforderungen an Beton und Nachweisverfahren

5.1 Grundanforderungen an die Ausgangsstoffe

5.1.1 Allgemeines

Es gilt EN 206-1:2000, 5.1.1.

DIN EN 206-9:2010-09 EN 206-9:2010 (D)

5.1.2 Zement

Es gilt EN 206-1:2000, 5.1.2.

5.1.3 Gesteinskörnungen

Es gilt EN 206-1:2000, 5.1.3.

5.1.4 Zugabewasser

Es gilt EN 206-1:2000, 5.1.4.

5.1.5 Zusatzmittel

Es gilt EN 206-1:2000, 5.1.5, zusammen mit dem folgenden Absatz .

Besondere Zusatzmittel, z. B. zur Beeinflussung der Viskosität, mit bekannter Eignung dürfen in selbstverdichtendem Beton verwendet werden.

5.1.6 Zusatzstoffe (einschließlich Gesteinsmehl und Pigmente)

Es gilt EN 206-1:2000, 5.1.6.

5.2 Grundanforderungen an die Betonzusammensetzung

5.2.1 Allgemeines

Es gilt EN 206-1:2000, 5.2.1.

5.2.2 Wahl des Zementes

Es gilt EN 206-1:2000, 5.2.2.

5.2.3 Verwendung von Gesteinskörnungen

Es gilt EN 206-1:2000, 5.2.3.

5.2.4 Verwendung von Restwasser

Es gilt EN 206-1:2000, 5.2.4, zusammen mit der folgenden Anmerkung:

ANMERKUNG Erfahrungsgemäß kann die unterschiedliche Zusammensetzung von Restwasser (z. B. Feststoffgehalt) die Eigenschaften von SVB beeinflussen, siehe A.4.

5.2.5 Verwendung von Zusatzstoffen

Es gilt EN 206-1:2000, 5.2.5.

5.2.6 Verwendung von Zusatzmitteln

Es gilt EN 206-1:2000, 5.2.6.

5.2.7 Chloridgehalt

Es gilt EN 206-1:2000, 5.2.7.

5.2.8 Betontemperatur

Es gilt EN 206-1:2000, 5.2.8.

5.3 Anforderungen in Abhängigkeit von Expositionsklassen

Es gilt EN 206-1:2000, 5.3.

5.4 Anforderungen an Frischbeton

5.4.1 Konsistenz von selbstverdichtendem Beton

EN 206-1:2000, 5.4.1 gilt nicht:

Ist die Fließfähigkeit von SVB zu bestimmen, erfolgt dies durch eine Setzfließversuch nach EN 12350-8¹⁾

Ist die Viskosität von SVB zu bestimmen, erfolgt dies entweder durch

- die Prüfung der t_{500} -Zeit nach EN 12350-8¹⁾ oder
- den Trichterauslaufversuch nach EN 12350-9¹⁾.

Ist die Blockierneigung von SVB zu bestimmen, erfolgt dies entweder durch

- den L-Kasten-Versuch nach EN 12350-10¹⁾ oder
- den Blockierring-Versuch nach EN 12350-12¹⁾.

Ist die Sedimentationsstabilität von SVB zu bestimmen, erfolgt dies durch

- den Siebversuch zur Bestimmung der Sedimentationsstabilität nach EN 12350-11¹⁾.

Ist die Konsistenz des selbstverdichtenden Betons zu bestimmen, muss dies zum Zeitpunkt der Verwendung des Betons oder – bei Transportbeton – zum Zeitpunkt der Lieferung des Betons geschehen.

Wird Beton in einem Fahrmischer oder in einem Fahrzeug mit Rührwerk geliefert, darf die Konsistenz an einer Stichprobe gemessen werden, die zu Beginn des Entladens entnommen wird.

Die Konsistenz ist entweder durch Verweis auf eine Konsistenzklasse nach 4.2.1 oder in besonderen Fällen durch einen Zielwert oder Grenzwert festzulegen. Für die Zielwerte sind die zulässigen Abweichungen in Tabelle 7 angegeben.

1) Die Fließfähigkeit, die Viskosität, die Blockierneigung und die Sedimentationsstabilität können auch durch Alternativprüfverfahren, die am Verwendungsort gelten, bestimmt werden, vorausgesetzt, dass dokumentierte Zusammenhänge zwischen den Ergebnissen dieser Prüfverfahren und den hier genannten Prüfverfahren existieren (siehe EN 206-1:2000, 9.4).

DIN EN 206-9:2010-09
EN 206-9:2010 (D)

Tabelle 7 — Zulässige Abweichungen für Zielwerte der Konsistenz

Leistungskriterien		Zulässige Abweichungen für einzelne Prüfergebnisse ^a	
Setzfließmaß			
Zulässige Abweichung, in mm	± 50		
t ₅₀₀ -Zeit			
Zulässige Abweichung, in s	± 1		
Trichterauslaufzeit			
Zielwert, in s	< 9	≥ 9	
Zulässige Abweichung, in s	± 3	± 5	
^a Die in dieser Tabelle angegebenen Werte gelten, sofern der Nationale Anhang keine abweichenden Werte enthält.			

5.4.2 Zementgehalt und Wassorzementwert

Es gilt EN 206-1:2000, 5.4.2.

5.4.3 Luftgehalt

Es gilt EN 206-1:2000, 5.4.3.

5.4.4 Größtkorn der Gesteinskörnung

Es gilt EN 206-1:2000, 5.4.4.

5.5 Anforderungen an Festbeton

Es gilt EN 206-1:2000, 5.5.

6 Festlegung des Betons

6.1 Allgemeines

Es gilt EN 206-1:2000, 6.1, zusammen mit der folgenden Anmerkung.

ANMERKUNG Anhang L enthält weitere Hinweise zu den verschiedenen Konsistenzklassen.

6.2 Festlegung für Beton nach Eigenschaften

6.2.1 Allgemeines

Es gilt EN 206-1:2000, 6.2.1.

6.2.2 Grundlegende Anforderungen

Es gilt EN 206-1:2000, 6.2.2, wobei h) durch den folgenden Text ersetzt wird:

h) Setzfließmaßklasse nach Tabelle 6a oder, in besonderen Fällen, Zielwert des Setzfließmaßes.

6.2.3 Zusätzliche Anforderungen

Es gilt EN 206-1:2000, 6.2.3:

Sofern erforderlich, können zum Erreichen der vorgesehenen Leistung des Betons folgenden Möglichkeiten gewählt und festgelegt werden:

- Viskositätsklasse nach Tabelle 2 oder 3 oder, in besonderen Fällen, ein Zielwert für die t_{500} -Zeit oder die Trichterauslaufzeit;
- Blockierneigungsklasse nach Tabelle 4 oder 5 oder, in besonderen Fällen, ein Mindestwert für das L-Kasten-Verhältnis oder ein Höchstwert für die Blockierring -Stufe;
- Sedimentationsstabilitätsklasse nach Tabelle 6 oder, in besonderen Fällen, ein Höchstwert für den entmischten Anteil;
- weitere technische Anforderungen, z. B. auch Anforderungen an die Dauer der Aufrechterhaltung der festgelegten Konsistenz.

6.3 Festlegung für Beton nach Zusammensetzung

Es gilt EN 206-1:2000, 6.3.

6.4 Festlegung für Standardbeton

Es gilt EN 206-1:2000, 6.4.

7 Lieferung von Frischbeton

7.1 Informationen vom Verwender an den Betonhersteller

Es gilt EN 206-1:2000, 7.1.

7.2 Informationen vom Betonhersteller für den Verwender

Es gilt EN 206-1:2000, 7.2, wobei die Liste im ersten Absatz durch den folgenden Punkt ergänzt wird:

- g) Eigenschaften von SVB hinsichtlich des Setzfließmaßes SF und der Sedimentationsstabilität SR.

7.3 Lieferschein für Transportbeton

Es gilt EN 206-1:2000, 7.3.

7.4 Lieferangaben für Baustellenbeton

Es gilt EN 206-1:2000, 7.4.

7.5 Konsistenz bei Lieferung

Es gilt EN 206-1:2000, 7.5.

DIN EN 206-9:2010-09
EN 206-9:2010 (D)

8 Konformitätskontrolle und Konformitätskriterien

8.1 Allgemeines

Es gilt EN 206-1:2000, 8.1.

8.2 Konformitätskontrolle für Beton nach Eigenschaften

Es gilt EN 206-1:2000, 8.2.

8.2.1 Konformitätskontrolle für die Druckfestigkeit

Es gilt EN 206-1:2000, 8.2.1.

8.2.2 Konformitätskontrolle für die Spaltzugfestigkeit

Es gilt EN 206-1:2000, 8.2.2.

8.2.3 Konformitätskontrolle für andere Eigenschaften als die Festigkeit

8.2.3.1 Probenahme- und Prüfplan

Es gilt EN 206-1:2000, 8.2.3.1.

8.2.3.2 Konformitätskriterien für andere Eigenschaften als die Festigkeit

Es gilt EN 206-1:2000, 8.2.3.2, zusammen mit den folgenden Anforderungen:

Die Mindesthäufigkeit der Prüfung des Setzfließmaßes muss den Vorgaben aus EN 206-1:2000 zur Bestimmung der Konsistenz oder anderen maßgebenden Normen entsprechen. Die Prüfung der t_{500} -Zeit, der Trichterauslaufzeit, des L-Kasten-Werts, des Blockierneigungsmaßes und der Sedimentationsstabilität im Siebversuch erfolgt, wenn Klassen oder Zielwerte angegeben sind. Wenn nicht anders angegeben, ist die Überprüfung der Anforderungen Teil der Erstprüfung.

Wird die Konsistenz in Form von Klassen festgelegt, muss der selbstverdichtende Beton die Kriterien nach den Tabellen 1 bis 6 erfüllen.

Wird die Konsistenz in Form von Zielwerten festgelegt, muss der selbstverdichtende Beton die Kriterien nach Tabelle 7 erfüllen.

8.3 Konformitätskontrolle für Beton nach Zusammensetzung einschließlich Standardbeton

Es gilt EN 206-1:2000, 8.3.

8.4 Maßnahmen bei Nichtkonformität des Produktes

Es gilt EN 206-1:2000, 8.4.

9 Produktionskontrolle

9.1 Allgemeines

Es gilt EN 206-1:2000, 9.1.

9.2 Systeme der Produktionskontrolle

Es gilt EN 206-1:2000, 9.2.

9.3 Aufgezeichnete Daten und andere Unterlagen

Es gilt EN 206-1:2000, 9.3.

9.4 Prüfung

Es gilt EN 206-1:2000, 9.4.

9.5 Betonzusammensetzung und Erstprüfung

Es gilt EN 206-1:2000, 9.5, wobei der erste Absatz des Unterabschnittes durch den folgenden Text ersetzt wird:

Bei der Herstellung von selbstverdichtendem Beton ist eine Erstprüfung durchzuführen, um einen Beton zu erhalten, der die angegebenen Eigenschaften oder die festgelegte Leistung mit einem ausreichenden Vorhaltemaß erreicht (siehe Anhang A).

9.6 Personal und Ausstattung

9.6.1 Personal

Es gilt EN 206-1:2000, 9.6.1, wobei der erste Absatz des Unterabschnittes durch den folgenden Text ersetzt wird:

Kenntnisstand, Schulung und Erfahrung des mit der Herstellung und der Produktionskontrolle befassten Personals müssen der Art des Betons, z. B. Selbstverdichtender Beton, hochfester Beton, Leichtbeton, angemessen sein.

9.6.2 Ausstattung

Es gilt EN 206-1:2000, 9.6.2.

9.7 Dosieren der Ausgangsstoffe

Es gilt EN 206-1:2000, 9.7.

9.8 Mischen des Betons

Es gilt EN 206-1:2000, 9.8.

9.9 Verfahren der Produktionskontrolle

Es gilt EN 206-1:2000, 9.9, zusammen wird der folgenden Anmerkung:

ANMERKUNG Zur Herstellung eines gleich bleibenden selbstverdichtenden Betons sind unbedingt Ausgangsstoffe mit gleich bleibenden Eigenschaften zu verwenden. Diese Eigenschaften sollten häufiger als beim üblichen Beton kontrolliert werden.

Es gilt EN 206-1:2000, 9.9, Tabelle 24, mit Ausnahme der Zeilen 6 und 7 zur Konsistenz.

Für die Konsistenz von SVB gilt die folgende Tabelle 8.

DIN EN 206-9:2010-09
EN 206-9:2010 (D)

Tabelle 8 — Kontrolle der Herstellverfahren und der Konsistenz für SVB

	Gegenstand der Prüfung	Überprüfung/ Prüfung	Zweck	Mindesthäufigkeit
1	Konsistenz	Augenscheinprüfung	Vergleich mit dem üblichen Erscheinungsbild	Jede Mischung oder Ladung
2		Konsistenzprüfung nach EN 12350-8 (Setzfließversuch)	Nachweisen des Erzielens der festgelegten Werte für die Konsistenz und Überprüfen z. B. möglicher Änderungen des Wassergehaltes	Mindestens einmal täglich. Bei Prüfung der Druckfestigkeit (gleiche Häufigkeit). Bei Prüfung des Luftgehalts. Im Zweifelsfall nach der Augenscheinprüfung.
3		Konsistenzprüfung nach EN 12350-9 (Trichterauslaufversuch), -10 (L-Kasten-Versuch), -11 (Bestimmung der Sedimentationsstabilität im Siebversuch), -12 (Blockierring-Versuch)	Nachweisen des Erzielens der angegebenen Werte für die Konsistenz	Bei Durchführung der Erstprüfung. Vor Verwendung einer neuen Betonzusammensetzung. Bei einer Änderung der Ausgangsstoffe. Im Zweifelsfall nach der Augenscheinprüfung oder der Prüfung des Setzfließmaßes.

10 Beurteilung der Konformität

Es gilt EN 206-1:2000, Abschnitt 10.

11 Bezeichnung für Beton nach Eigenschaften

Es gilt EN 206-1:2000, Abschnitt 11.

Anhang A **(normativ)**

Erstprüfung

A.1 Allgemeines

Es gilt EN 206-1:2000, A.1.

A.2 Zuständigkeit für Erstprüfungen

Es gilt EN 206-1:2000, A.2.

A.3 Häufigkeit der Erstprüfungen

Es gilt EN 206-1:2000, A.3.

A.4 Prüfbedingungen

Es gilt EN 206-1:2000, A.4, zusammen mit den beiden Festlegungen:

Im Falle von selbstverdichtendem Beton müssen die Erstprüfungen eine Untersuchung der Robustheit der Betonrezeptur gegenüber Schwankungen des Wassergehalts mit einschließen. Der zulässige Bereich des Wassergehaltes, innerhalb dessen die Festlegungen für den Frischbeton (hinsichtlich Fließfähigkeit, Viskosität, Blockierneigung und Sedimentationsstabilität) erfüllt werden, ist festzulegen.

Wird Restwasser verwendet ist in den Erstprüfungen nachzuweisen, dass die Eigenschaften des Frischbetons ausreichend sind. Dabei sind die Schwankungen im Feststoffgehalt und die chemische Analyse des Restwassers in der betreffenden Dosieranlage zu berücksichtigen.

A.5 Kriterien für die Annahme von Erstprüfungen

Es gilt EN 206-1:2000, A.5, zusammen mit den beiden Festlegungen.

Für selbstverdichtenden Beton ist in den Erstprüfungen nachzuweisen, dass im geforderten Bereich des Setzfließmaßes die Betonmischung die angegebenen Eigenschaften in Bezug auf Viskosität, Blockierneigung und Sedimentationsstabilität dauerhaft aufweist.

DIN EN 206-9:2010-09
EN 206-9:2010 (D)

Anhang B (normativ)

Identitätsprüfung für die Druckfestigkeit

Es gilt EN 206-1:2000, Anhang B.

Anhang C (normativ)

Regelungen für die Bewertung, die Überwachung und Zertifizierung der Produktionskontrolle

Es gilt EN 206-1:2000, Anhang C.

DIN EN 206-9:2010-09
EN 206-9:2010 (D)

Anhang D (informativ)

Literaturhinweise

Es gilt EN 206-1:2000, Anhang D zusammen mit folgender Veröffentlichung:

BIBM/CEMBUREAU/ERMCO/EFCA/EFNARC: *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete – Specification, Production and Use*. May 2005 (Europäische Richtlinien für SCC. Feststellung, Produktion und Anwendung)

Anhang E
(informativ)

**Leitlinie für die Anwendung des Prinzips der gleichwertigen
Betonleistungsfähigkeit**

Es gilt EN 206-1:2000, Anhang E.

DIN EN 206-9:2010-09
EN 206-9:2010 (D)

Anhang F (informativ)

Empfehlungen für Grenzwerte der Betonzusammensetzung

Es gilt EN 206-1:2000, Anhang F.

Anhang H (informativ)

Zusätzliche Vorschriften für hochfesten Beton

Es gilt EN 206-1:2000, Anhang H.

DIN EN 206-9:2010-09
EN 206-9:2010 (D)

Anhang J (informativ)

Leistungsbezogene Entwurfsverfahren hinsichtlich der Dauerhaftigkeit

Es gilt EN 206-1:2000, Anhang J.

Anhang K (informativ)

Betonfamilien

Es gilt EN 206-1:2000, Anhang K.

Anhang L (informativ)

Hinweise für Anforderungen an selbstverdichtenden Beton im frischen Zustand

L.1 Allgemeines

Die besonderen Anforderungen an SVB im frischen Zustand hängen von der Art der Anwendung ab, sowie insbesondere von:

- Einschränkungen in Zusammenhang mit der Geometrie der Betonbauteile sowie Art, Anordnung und Anzahl der Einbauteile (Bewehrungsdichte und -abstand, Betondeckung und Aussparungen usw.);
- der Betoniereinrichtung (Pumpe, direkt vom Fahrmischer, Betonkübel);
- der Betoneinbringung (Anzahl der Einbringstellen);
- Oberflächenbearbeitung/Nachbehandlung

Das System der Klasseneinteilung nach Abschnitt 4 ermöglicht eine geeignete Festlegung von SVB, um diese Anforderungen, die durch vier wesentliche Prüfparameter charakterisiert sind, abzudecken:

— Fließfähigkeit und Füllfähigkeit	Setzfließmaß SF
— Viskosität	Viskosität VS oder VF
— Blockierneigung	Blockierneigung PL oder PJ;
— Entmischungswiderstand	Sedimentationsstabilität SR.

Die Eigenschaften von selbstverdichtendem Beton, die für eine gegebene Anwendung geeignet sind, sollten aus diesen vier Parametern gewählt werden und anschließend durch Angabe einer Klasse oder eines Zielwertes nach 5.4.1 festgelegt werden.

Im Falle von Betonfertigteilen und Baustellenbeton ist es üblich, die Eigenschaften des fertigen Betons unmittelbar am Produkt nachzuweisen. Für Transportbeton sollten die Parameter und Klassen auf der Grundlage der Erfahrungen des Bauunternehmens, des Betonherstellers oder basierend auf besonderen Versuchen sorgfältig gewählt, kontrolliert und begründet werden. Es ist daher wichtig, dass der Ausschreibende des Betons und der Betonhersteller vor dem Beginn des Betonierens diese Parameter besprechen und eindeutig definieren.

In der Regel wird das Setzfließmaß festgelegt.

Wird wenig oder keine Bewehrung verwendet, kann es sein, dass Anforderungen an die Blockierneigung (bzw. Durchgangsfähigkeit) unnötig sind, siehe L.2.3. Wird eine gute Oberflächenbeschaffenheit gefordert oder wenn die Bewehrungsdichte hoch ist, kann die Viskosität wichtig sein, siehe L.2.2. Die Stabilität gewinnt bei höherer Fließfähigkeit und niedrigerer Viskosität an Bedeutung.

Anforderungen an die Dauer der Aufrechterhaltung der festgelegten Konsistenz hängen vom Transport und von der Einbauzeit sowie von der Betontemperatur ab. Sie sollten bestimmt und festgelegt werden, damit die Eigenschaften des selbstverdichtenden Betons im frischen Zustand während dieses Zeitraums aufrechterhalten werden.

Sofern möglich, sollte selbstverdichtender Beton in einem ununterbrochenen Arbeitsgang eingebracht werden. Daher sollte die Liefergeschwindigkeit der Einbaugeschwindigkeit angepasst werden und mit dem Hersteller vereinbart werden, um Unterbrechungen bei der Einbringung auf Grund von Verzögerungen bei der Lieferung oder nach Eintreffen des Betons auf der Baustelle zu vermeiden.

L.2 Empfehlungen zur Klasseneinteilung von selbstverdichtendem Beton

L.2.1 Setzfließmaß

Das Setzfließmaß bezieht sich auf die Fließfähigkeit und die Füllfähigkeit für beliebige Einbausituationen; in der Regel wird das Setzfließmaß festgelegt.

Die Prüfung eignet sich nicht für selbstverdichtende Betone, bei denen das Größtkorn der Gesteinskörnung mehr als 40 mm beträgt.

L.2.2 Viskosität

SVB mit niedriger Viskosität fließt anfangs sehr schnell, hört dann aber zu fließen auf. SVB mit hoher Viskosität kann über einen längeren Zeitraum weiter fließen. Die Viskosität kann entweder durch Bestimmung der t_{500} -Zeit (im Setzfließversuch) oder durch Bestimmung der Trichterauslaufzeit beurteilt werden.

Der Trichterauslauf-Versuch eignet sich nicht für SVB mit einem Größtkorn der Gesteinskörnung größer als 22,4 mm.

Es kann sinnvoll sein, während der Setzfließversuch die t_{500} -Zeit zu bestimmen, um die Einheitlichkeit des SVB in den verschiedenen Chargen zu bestätigen.

L.2.3 Blockierneigung (Durchgangsfähigkeit)

Die Blockierneigung bezieht sich auf die Fähigkeit des Frischbetons, ohne Verlust der Gleichmäßigkeit und blockierfrei durch enge Bereiche und schmale Öffnungen wie z. B. durch Bereiche mit dichter Bewehrung zu fließen. Bei der Festlegung der Blockierneigung ist es notwendig, die Geometrie der Bewehrung zu beachten.

Die maßgebenden Abmessung ist die kleinste Öffnung, durch die der SVB kontinuierlich fließen muss („Durchflussöffnung“), um die Schalung auszufüllen.

Für komplexe Bauteile mit Durchflussöffnungen kleiner als 60 mm kann es notwendig sein, spezielle Modellversuche durchzuführen.

L.2.4 Sedimentationsstabilität

Die Sedimentationsstabilität beschreibt den Entmischungswiderstand und ist eine grundlegende Voraussetzung für die Homogenität und Qualität von selbstverdichtendem Beton auf der Baustelle.

Im selbstverdichtenden Beton kann während des Einbaus eine dynamische Entmischung und nach dem Einbau – jedoch vor dem Erhärten – eine statische Entmischung stattfinden. Die statische Entmischung ist vor allem für hohe Bauteile nachteilig. Aber auch in dünnen Platten kann sie zu Oberflächenfehler wie z. B. Rissbildung oder einer schlechten Oberflächenqualität führen.

Die Prüfung der Sedimentationsstabilität gilt nicht für Faser- und Leichtbeton.

Die Stabilität ist ein wichtiger Parameter bei höheren Setzfließmaßklassen bzw. bei niedrigeren Viskositätsklassen. Weitere Hinweise zur Herstellung und zu anderen Aspekten von SVB sind den *European Guidelines for Self-Compacting Concrete – Specification, Production and Use* (Europäische Richtlinien für SCC – Feststellung, Produktion und Anwendung) zu entnehmen.

DIN EN 1992-1-1/NA Berichtigung 1

ICS 91.010.30; 91.080.40

Es wird empfohlen, auf der betroffenen Norm
einen Hinweis auf diese Berichtigung zu
machen.

**Nationaler Anhang –
National festgelegte Parameter –
Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und
Spannbetontragwerken -
Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau,
Berichtigung zu DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01**

National Annex –
Nationally determined parameters –
Eurocode 2: Design of concrete structures -
Part 1-1: General rules and rules for buildings,
Corrigendum to DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01

Annexe Nationale –
Paramètres déterminés au plan national –
Eurocode 2: Calcul des structures en béton -
Partie 1-1: Règles générales et règles pour les bâtiments,
Corrigendum à DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01

Gesamtumfang 12 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 1992-1-1/NA Ber 1:2012-06

In DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01 sind folgende Korrekturen vorzunehmen:

1 Berichtigung zum Vorwort

Zum Vorwort wird folgender Absatz ergänzt:

Bei Bildern, Tabellen und Gleichungen, die national verändert werden, wird statt des „N“ ein „DE“ nachgestellt (z. B. Gleichung 7.6DE statt 7.6N).

2 Berichtigung zu NA 2.1

"J.1(3)" wird berichtigt in "J.1 (2)".

3 Berichtigung zu NCI zu 1.2.2

DIN 1045-3 wird um das Ausgabedatum „2008-08“ ergänzt.

Der Titel von DIN EN 1536 wird korrigiert in „*Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau — Bohrpfähle*“

Die Verweise auf E DIN EN 13670, DIN EN ISO 17660-1 und DIN EN ISO 15630-3 werden gestrichen, da schon in den Verweisungen von DIN EN 1992-1-1 erfasst.

Ergänzt wird:

NA DIN EN ISO 4063, *Schweißen und verwandte Prozesse – Liste der Prozesse und Ordnungsnummern*

4 Berichtigung zu NDP zu 2.4.2.4 (1)

Die Bezeichnung der Tabelle NA.2.1 wird durchgehend ersetzt durch Tabelle 2.1DE.

Die Tabelle 2.1DE wird ergänzt durch eine Zeile für die Bemessungssituation der Ermüdung.

Ermüdung	$\gamma_{C,fat} = 1,5$	$\gamma_{S,fat} = 1,15$

5 Berichtigung zu NCI zu 2.6 (2)

Das Wort „verbindlich“ wird ersetzt durch „anzuwenden“.

6 Berichtigung zu NCI zu 2.8

Im Abschnitt NA.2.8.2 wird Absatz (4)P ergänzt:

(4)P Für Schalungs- und Traggerüste, für die eine statische Berechnung erforderlich ist, sind Zeichnungen für die Baustelle anzufertigen; ebenso für Schalungen, die hohen seitlichen Druck des Frischbetons aufnehmen müssen.

7 Berichtigung zu NCI zu 3.1.1

Der Satzanfang im Absatz (NA.3) wird ergänzt um „Die Abschnitte...“.

8 Berichtigung zu NCI zu 3.1.3

Der NCI bezieht sich auf NCI zu 3.1.2 (3).

Fußnote 3) Die analytischen Beziehungen der letzten 6 Zeilen der Tabelle 3.1 gelten für $f_{ck} \geq 50 \text{ N/mm}^2$.

9 Berichtigung zu NCI zu 3.1.4 (6)

In der ANMERKUNG wird der Begriff „Nennwerte“ durch „Grundwerte“ ersetzt.

10 Berichtigung zu NCI zu 3.2.1 (3)P

Einleitend wird ergänzt „Der Absatz wird ersetzt durch:“

11 Berichtigung zu NCI zu 3.2.1 (4)

Die Anmerkung wird berichtigt in:

„ANMERKUNG Die Streckgrenze f_{yk} (R_e nach den Normen der Reihe DIN 488) und die Zugfestigkeit f_{tk} (R_m nach den Normen der Reihe DIN 488) werden jeweils als charakteristische Werte definiert; sie ergeben sich aus der Last bei Erreichen der Streckgrenze bzw. der Höchstlast, geteilt durch den Nennquerschnitt.“

12 Berichtigung zu NCI zu 3.2.2 (1)

Vor den letzten beiden Sätzen (Anmerkung 1 und Anmerkung 2) wird eingefügt

„NCI Zu 3.2.2 (2)“

13 Berichtigung zu NDP zu 3.2.7 (2)

Der Absatz a) in DIN EN 1992-1-1 wird ersetzt durch

a) ein ansteigender oberer Ast mit einer Dehnungsgrenze $\varepsilon_{ud} = 0,025$.

Für Betonstahl B500A und B500B darf für $f_{tk,cal} = 525 \text{ N/mm}^2$ (rechnerische Zugfestigkeit bei $\varepsilon_{ud} = 0,025$) angenommen werden.

14 Berichtigung zu NCI zu 3.2.7 (NA.5)

Im Text wird „NCI zu 5.7“ ersetzt durch „NCI zu 5.7 (NA.10)“.

15 Berichtigung zu NCI zu 3.2.7 (NA.5)

In der Bildunterschrift von Bild NA.3.8.1 wird „Spannungs-Dehnungslinie“ durch „Spannungs-Dehnungs-Linie“ ersetzt.

16 Berichtigung zu NCI zu 3.3.2 (4)

Die NCI zu 3.3.2 (4) wird berichtigt in:

„Für die Relaxationsklassen gelten die Festlegungen der Zulassungen.

Diese NCI ersetzt die Abschnitte 3.3.2 (4) bis 3.3.2 (7).“

17 Berichtigung zu NDP zu 3.3.6 (7)

Die ersten beiden NDP-Absätze werden wie folgt geändert und ersetzen den ersten Listenelement in DIN EN 1992-1-1:

— ein ansteigender Ast mit einer Dehnungsgrenze von $\varepsilon_{ud} = \varepsilon_p^{(0)} + 0,025 \leq 0,9\varepsilon_{uk}$. (mit: $\varepsilon_p^{(0)}$ als Vordehnung des Spannstahls); oder

18 Berichtigung zu NCI zu 3.3.6 (NA.9)

Im Text zu (NA.9) wird „NCI zu 5.7“ ersetzt durch „NCI zu 5.7 (NA.10)“.

DIN EN 1992-1-1/NA Ber 1:2012-06

In der Bildunterschrift von Bild NA.3.10.1 wird „Spannungs-Dehnungslinie“ durch „Spannungs-Dehnungs-Linie“ ersetzt.

19 Berichtigung zu NCI zu 3.4.1

Die Absatznummer „(1)P“ wird ersetzt durch „(NA.1)P“.

20 Berichtigung zu NDP zu 4.4.1.2 (3)

Der erste Satz wird ergänzt: Die Werte $c_{\min,b}$ für Hüllrohre von Spanngliedern sind:

21 Berichtigung zu NDP zu 4.4.1.2 (5)

Die Bezeichnungen der Tabellen NA.4.3, NA.4.4 und NA.4.5 werden durchgehend ersetzt durch Tabellen 4.3DE, 4.4DE und 4.5DE.

22 Berichtigung zu NDP zu 4.4.1.2 (13)

Die ANMERKUNG wird in ANMERKUNG 2 umbenannt.

23 Berichtigung zu NCI zu 5.1.1 (3)

Das Wort „verbindlich“ wird ersetzt durch „anzuwenden“.

24 Berichtigung zu NCI zu 5.1.2 (1)P

Das Wort „verbindlich“ wird ersetzt durch „anzuwenden“.

25 Berichtigung zu NCI zu 5.3.2.1 (2)

Diese NCI ersetzt die Anmerkung zu Bild 5.2; folgender Satz wird dabei ergänzt:

"Die Länge des Kragarms l_3 sollte kleiner als die halbe Länge des benachbarten Feldes sein."

26 Berichtigung zu NDP zu 5.6.3 (4)

Bild NA.5.6 wird umbenannt in Bild 5.6DE.

27 Berichtigung zu NCI zu 5.7 (NA.10)

In Gleichung (NA.5.12.7) wird „ α “ ersetzt durch „ α_{cc} “.

28 Berichtigung zu NDP zu 5.8.3.1 (1)

Die Gleichungen (NA.5.13.a) und (NA.5.13.b) werden umbenannt in Gleichungen (5.13.aDE) und (5.13.bDE).

29 Berichtigung zu NCI zu 5.8.3.3 (1)

Gleichung (NA.5.18) wird umbenannt in Gleichung (5.18DE).

30 Berichtigung zu NDP zu 5.8.5 (1)

ANMERKUNG 1 Die vereinfachte Methode a) Verfahren auf Grundlage einer Nennsteifigkeit kann in Deutschland entfallen.

31 Berichtigung zu NDP zu 5.8.6 (3)

Vor „ $\gamma_{CE} = 1,5$ “ wird ergänzt: „Dabei ist“.

Die Indizes der Teilsicherheitsbeiwerte werden berichtigt in γ_C und γ_{CE} .

32 Berichtigung zu NCI zu 5.8.8.2 (4)

Neuer NCI zu 5.8.8.2 (4)

Der dritte Satz in der Anmerkung entfällt.

33 Berichtigung zu NCI zu 5.8.9 (3)

Die Zusatzausmitte e_{az} wird umbenannt in e_{iz} .

34 Berichtigung zu NDP zu 5.10.1 (6)

Der letzte Satz wird ersetzt durch:

ANMERKUNG Zum Verfahren E siehe auch DAfStb-Heft 600.

35 Berichtigung zu NDP zu 5.10.9 (1)P

Bei beiden Anstrichen wird das Wort „- für“ vorangestellt.

36 Berichtigung zu NCI zu 5.11 (2)P

Das Wort „verbindlich“ wird ersetzt durch „anzuwenden“.

37 Berichtigung zu NCI zu 6.2.2 (1)

Die Gleichungen (NA.6.3a)) und (NA.6.3b)) werden umbenannt in (6.3aDE) und (6.3bDE).

38 Berichtigung zu NCI zu 6.2.2 (6)

NDP zu 6.2.2 (6) wird ergänzt:

ANMERKUNG Durch die o. a. Festlegung der einzelnen Abminderungsbeiwerte ν kann Gleichung (6.6N) entfallen.

39 Berichtigung zu NCI zu 6.2.2 (7)

NCI zu 6.2.2 (7) wird berichtigt:

Der Absatz 6.2.2 (7) wird ersetzt:

"(7) Träger mit auflagnahen Lasten dürfen alternativ auch mit Stabwerkmodellen bemessen werden. Konsolen sind in der Regel mit Stabwerkmodellen zu bemessen. Siehe 6.5."

40 Berichtigung zu NDP zu 6.2.3 (2)

Die Gleichungen (NA.6.7a) und (NA.6.7b) werden umbenannt in Gleichungen (6.7aDE) und (6.7bDE); " σ_{cd} " ist durch " σ_{cp} " zu ersetzen.

41 Berichtigung zu NCI zu 6.2.3 (4)

NCI zu 6.2.3 (4) wird gestrichen.

DIN EN 1992-1-1/NA Ber 1:2012-06

42 Berichtigung zu NCI zu 6.2.5 (2)

Vor „mit Hochdruckwasserstrahlen“ wird „z. B.“ ergänzt.

43 Berichtigung zu NCI zu 6.2.5 (5)

Einleitend wird ergänzt „Der Absatz wird ersetzt durch:“

44 Berichtigung zu NCI zu 6.3.2 (1)

Einleitend wird ergänzt: „Die Definition der effektiven Wanddicke $t_{ef,i}$ wird ersetzt durch:“

45 Berichtigung zu NCI zu 6.3.2 (3)

Die Bezeichnung ΣA_{sw} wird ersetzt durch A_{sw}/s_w .

In Gleichung (NA.6.28.1) wird „ t_{Ed} “ ersetzt durch „ T_{Ed} “.

46 Berichtigung zu NCI zu 6.4.1 (2)P

In Bild NA.6.12.1 wird in der Gleichung für a_1 der Term „ $2d$ “ ersetzt durch „ $2b$ “.

47 Berichtigung zu NCI zu 6.4.3 (3)

In Gleichung (NA.6.39.1) wird der Index „x“ durch den Index „z“ ersetzt.

48 Berichtigung zu NDP zu 6.4.3 (6)

Bild NA.6.21 wird umbenannt in Bild 6.21DE.

49 Berichtigung zu NCI zu 6.4.4 (2)

Unter Gleichung (NA.6.51.1) wird ergänzt:

ANMERKUNG Ein weiterer Ansatz zur Bestimmung des Lasterhöhungsfaktors β in Gleichung (NA.6.51.1) ist in DAfStb-Heft 600 enthalten.

50 Berichtigung zu NCI zu 6.4.4 (2)

In Bild NA.6.21.1 wird in der Legende der Begriff „Fundamentlast“ ersetzt durch den Begriff „Fundamenteigenlast“.

51 Berichtigung zu NCI zu 6.4.5 (1)

Im Absatz „Für aufgebogene Durchstanzbewehrung...“ wird die Klammer „(statt 0,67)“ gestrichen.

Das Formelzeichen „ a_1 “ wird durch „ s_0 “ und das Formelzeichen „ a_2 “ durch „ $(s_0 + s_1)$ “ ersetzt.

52 Berichtigung zu NDP zu 6.4.5 (3)

Einleitend wird ergänzt „Der Absatz wird ersetzt durch:“

Nach dem Begriff „Maximaltragfähigkeit“ wird „ $v_{Rd,max}$ “ ergänzt.

Zum NDP wird ergänzt: „Bei Fundamenten ist der iterativ ermittelte kritische Rundschnitt u für u_1 einzusetzen.“

53 Berichtigung zu NCI zu 6.4.5 (NA.6)

In Gleichung (NA.6.54.1), in Bild NA.6.22.1 und in Tabelle NA.6.1.1 wird der Index „x“ durch den Index „z“ ersetzt.

Die Legende in Bild NA.6.22.1 muss heißen: 1 – Rand „y“ und 2 – Rand „z“

In Tabelle NA.6.1.1, Zeile 3, Spalte 2 wird der Wert von 0,124 auf 0,125 geändert.

54 Berichtigung zu NDP zu 6.5.2 (2)

Die Gleichungen (NA.6.57a), (NA.6.57b) und (NA.6.57c) werden umbenannt in Gleichungen (6.57aDE), (6.57bDE) und (6.57cDE).

55 Berichtigung zu NCI zu 6.5.3 (1)

Nach dem Term „ f_{yd} “ wird „nach 3.2 bzw.“ ergänzt:

56 Berichtigung zu NCI zu 6.7 (4)

Der Begriff „der Spaltzugkräfte“ wird ersetzt durch den Begriff „dieser Quersugkräfte“.

57 Berichtigung zu NCI zu 6.8.2 (2)P

Einleitend wird ergänzt: „In der Definition des Verhältnswerts der Verbundfestigkeit ξ werden der zweite und der dritte Satz ersetzt durch:“

58 Berichtigung zu NDP und NCI zu 6.8.4 (1)

Die Tabellen NA.6.3 und NA.6.4 werden umbenannt in Tabellen 6.3DE und 6.4DE.

59 Berichtigung zu NCI zu 6.8.7 (3)

Der zweite Satz in DIN EN 1992-1-1, 6.8.7 (3), wird ersetzt durch

„In diesem Fall ist in der Regel die Betondruckfestigkeit $f_{cd,fat}$ mit dem Festigkeitsabminderungsbeiwert ν_1 nach NDP zu 6.2.3 (2) zu reduzieren“.

60 Berichtigung zu NCI zu 7.3.1 (5)

Die Tabelle NA.7.1 wird umbenannt in Tabelle 7.1DE.

61 Berichtigung zu NDP zu 7.3.2 (4)

Einleitend wird ergänzt: „Der Absatz wird ersetzt durch:“

62 Berichtigung zu NCI zu 7.3.3 (2)

„NCI Zu 7.3.3 (2)“ wird berichtigt in „NDP Zu 7.3.3 (2)“

Die Tabelle NA.7.2 wird umbenannt in Tabelle 7.2DE.

In der Gleichung zu Fußnote a) in Tabelle 7.2DE wird die Variable σ durch ϕ ersetzt.

In der Erläuterung zu $A_{c,eff}$ wird der Term h_{eff} ersetzt durch $h_{c,ef}$.

Die Gleichungen (NA.7.6), (NA.7.7) und (NA.7.7.1) werden umbenannt in Gleichungen (7.6DE), (7.7DE) und (7.7.1DE).

DIN EN 1992-1-1/NA Ber 1:2012-06

63 Berichtigung zu NDP zu 8.3 (2)

Tabelle NA.8.1 wird umbenannt in Tabelle 8.1DE.

64 Berichtigung zu NCI zu 8.5 und Bild NA.8.5

Bild NA.8.5 wird umbenannt in Bild 8.5DE.

65 Berichtigung zu NDP zu 8.6 (2)

NDP zu 8.6 (2) wird ergänzt:

Die Verankerungskraft F_{btid} darf nicht angesetzt werden.

Gleichung (NA.8.8) wird umbenannt in Gleichung (8.8DE).

66 Berichtigung zu NCI zu 8.7.3 (1)

Tabelle NA.8.3 wird umbenannt in Tabelle 8.3DE.

67 Berichtigung zu NCI zu 8.7.4.1 (3)

Präfix „NCI“ wird ergänzt.

68 Berichtigung zu NCI zu 8.8 (NA.13)

In Bild NA.8.11.1 werden ersetzt:

- der Begriff „Querbewegung“ durch „Querbewehrung“,
- das Formelzeichen A_{sh} durch A_{st} und
- das Formelzeichen a_i durch a_l .

69 Berichtigung zu NCI zu 8.8 (NA.20)P

In Bild NA.8.11.3 wird zu $A_{\text{sw}} \geq 0,18 A_s/m$ ergänzt: „Steckbügel bei mehrlagiger Bewehrung“.

70 Berichtigung zu NCI zu 8.10.2.2 (1)

Nach dem Begriff „Querschnittsfläche“ wird das Formelzeichen „ A_p “ ergänzt.

71 Berichtigung zu NCI zu 8.10.2.3 (4) und NCI zu Bild 8.17

Bild NA.8.17 wird umbenannt in Bild 8.17DE.

In der Legende zu Bild 8.17DE wird unter 2 der Begriff „Übertragung“ ersetzt durch „Übertragungslänge“.

72 Berichtigung zu NDP zu 9.2.1.1 (3)

Nach dem Begriff „Summe“ wird „der Querschnittsfläche“ ergänzt.

73 Berichtigung zu NDP zu 9.2.1.2 (1)

Es wird ergänzt: „ANMERKUNG 2 entfällt.“

74 Berichtigung zu NCI zu 9.2.1.4 (2)

Gleichung (NA.9.3) wird umbenannt in Gleichung (9.3DE).

75 Berichtigung zu NDP zu 9.2.2 (4)

Bild NA.8.5 wird umbenannt in Bild 8.5DE.

76 Berichtigung zu NDP zu 9.2.2 (5)

Einleitend wird ergänzt „Der Mindestquerkraftbewehrungsgrad $\rho_{w,min}$ beträgt:“

Die Gleichungen (NA.9.5a) und (NA.9.5.b) werden umbenannt in Gleichungen (9.5aDE) und (9.5bDE).

77 Berichtigung zu NDP zu 9.2.2 (7)

Die Gleichung (NA.9.7) wird umbenannt in Gleichung (9.7DE).

78 Berichtigung zu NCI zu 9.2.3 (1)

Bild NA.8.5 wird umbenannt in Bild 8.5DE.

79 Berichtigung zu NCI zu 9.3.1.1 (1)

Die Anmerkung in DIN EN 1992-1-1 wird ersetzt durch:

ANMERKUNG Bei Platten mit geringem Risiko von Spröddbruch darf $A_{s,min}$ alternativ mit dem 1,2-fachen derjenigen Querschnittsfläche berechnet werden, die für den Nachweis im GZT benötigt wird.

80 Berichtigung zu NCI zu 9.3.1.1 (2)

Der Term „ $\phi_{quer,min}$ “ wird ersetzt durch „min ϕ_{quer} “.

81 Berichtigung zu NDP zu 9.3.1.1 (3)

Einleitend wird ergänzt „Es gilt:“

82 Berichtigung zu NCI zu 9.3.1.2 (2)

Einleitend wird ergänzt „Der letzte Satz wird ersetzt durch:“

83 Berichtigung zu NCI zu 9.3.2 (4)

Einleitend wird ergänzt „Die Gleichungen (9.9) und (9.10) werden ersetzt durch:“

84 Berichtigung zu NCI zu 9.3.2 (5)

Einleitend wird ergänzt „Der Absatz wird ersetzt durch:“

Der Begriff „größte“ wird durch „maximale“ ersetzt.

85 Berichtigung zu NCI zu 9.4.3 (2)

Gleichung (NA.9.11) wird umbenannt in Gleichung (9.11DE).

DIN EN 1992-1-1/NA Ber 1:2012-06

86 Berichtigung zu NCI zu 9.4.3 (4)

Bild NA.9.10 wird umbenannt in Bild 9.10DE.

87 Berichtigung zu NDP zu 9.5.2 (2)

Gleichung (NA.9.12) wird umbenannt in Gleichung (9.12DE).

88 Berichtigung zu NCI zu 9.5.2 (4)

Einleitend wird ergänzt „Der zweite Satz wird ersetzt durch:“

89 Berichtigung zu NCI zu 9.5.3 (2)

Bild NA.8.5 wird umbenannt in Bild 8.5DE.

90 Berichtigung zu NCI zu 9.6.1

In Tabelle NA.9.3 ist die Zeilennummerierung in 2 und 3 zu berichtigen.

91 Berichtigung zu NDP zu 9.6.3 (1)

Der Begriff „lotrechten“ ist durch den Begriff „vertikalen“ zu ersetzen.

92 Berichtigung zu NDP zu 9.6.3 (2)

„NDP Zu 9.6.3 (2)“ wird geändert in „NCI Zu 9.6.3 (2)“

Einleitend wird ergänzt „Der Absatz wird ersetzt durch:“

Der Begriff „waagerechten“ ist durch den Begriff „horizontalen“ zu ersetzen.

93 Berichtigung zu NCI zu 9.6.4 (2)

Einleitend wird ergänzt „Die Anmerkung wird ersetzt durch:“

94 Berichtigung zu NDP zu 9.7 (1)

Es wird ergänzt:

„Der größere Wert ist maßgebend.“

95 Berichtigung zu NCI zu 9.10.2.2 (2)

Das Formelzeichen „ I_s “ wird ersetzt durch das Formelzeichen „ I_0 “.

96 Berichtigung zu NCI zu 10.3.2.1 (1)

Die Anmerkung 1 wird berichtigt:

„ANMERKUNG 1 Der Abschnitt gilt nicht im Zusammenhang mit den Gleichungen in Abschnitt 3.3.2 (7). Er kann im Zusammenhang mit den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen angewendet werden, sofern in diesen nichts anderes festgelegt wird.“

97 Berichtigung zu NCI zu 10.9.2 (2)

Bild NA.10.1 wird umbenannt in Bild 10.1DE und durch folgendes Bild ersetzt:

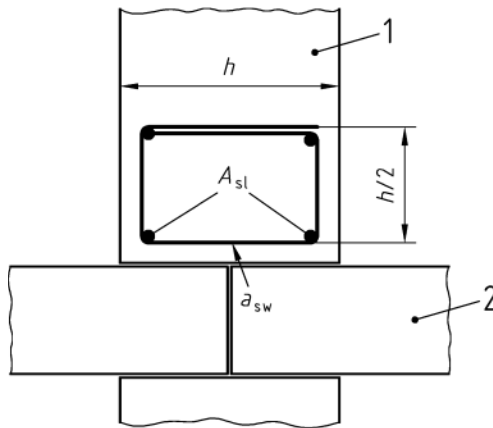
**98 Berichtigung zu NCI zu 10.9.3 (4)**

Bild NA.10.2 a) wird umbenannt in Bild 10.2aDE.

99 Berichtigung zu NCI zu 10.9.4.1 (3)P

Die NCI ersetzt den letzten Satz.

100 Berichtigung zu Bild 10.4

Die folgende NCI zu Bild 10.4 wird ergänzt:

NCI Zu Bild 10.4

ANMERKUNG Das Bild zeigt nur die wesentlichen Merkmale des Stabmodells.

101 Berichtigung zu NCI NA.10.9.8

Absatz (4) wird berichtigt in:

„Die Mindestquerschnittsabmessungen nach NCI zu 9.5.1 (1) ...“

102 Berichtigung zu NCI zu 11.3.2 (1)

Der zweite Satz ist eine Anmerkung.

103 Berichtigung zu NDP zu 11.3.5 (1)P

Der Begriff „Spannungs-Dehnungslinie“ wird durch „Spannungs-Dehnungs-Linie“ ersetzt.

104 Berichtigung zu NCI zu 11.6

Diese NCI wird gestrichen.

105 Berichtigung zu NDP zu 11.6.2 (1)

v_1 wird berichtigt in v_l .

Es wird ergänzt: "ANMERKUNG 2 gilt nicht."

DIN EN 1992-1-1/NA Ber 1:2012-06**106 Berichtigung zu NCI zu 11.6.2 (NA.2)**

Gleichungen (NA 6.7a) und (NA 6.7b) werden umbenannt in Gleichungen (6.7aDE) und (6.7bDE).

Der Begriff „max.“ wird gestrichen.

107 Berichtigung zu NCI zu 11.6.2 (NA.3)

Das Formelzeichen „ v_{Rdi} “ wird ersetzt durch das Formelzeichen v_{IRdi} .

Die Gleichung (11.6.25) wird ersetzt durch:

$$v_{\text{IRdi}} = c \cdot f_{\text{ctd}} + \mu \cdot \sigma_n + \rho \cdot f_{\text{yd}} (1,2\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,5 \cdot v_1 \cdot f_{\text{cd}} \quad (\text{NA.11.6.25})$$

mit v_1 analog zu 11.6.2 (1).

108 Berichtigung zu NDP zu 11.6.4.1 (2)

"NDP Zu 11.6.4.1 (2)" wird berichtigt durch "NCI Zu 11.6.4.1 (2)".

„NDP zu 6.4.4 (1)“ wird ersetzt durch „NCI zu 6.4.4 (2)“.

109 Berichtigung zu NCI zu 11.6.4.2 (2)

"NCI Zu 11.6.4.2 (2)" wird ersetzt durch "NDP Zu 11.6.4.2 (2)".

Einleitend wird ergänzt: „Der Absatz wird ersetzt durch:“

110 Berichtigung zu NCI zu 11.7

„in 7.3.3 (2), Gleichung (7.1)“ wird berichtigt in „in 7.3.2 (2), Gleichung (7.1)“.

111 Berichtigung zu NCI zu 11.9 (NA.2)

Gleichung (NA.9.5a) wird umbenannt in Gleichung (9.5aDE).

112 Berichtigung zu NCI zu 12.5 (2)

Die Absatznummer 5.7 (6) wird ersetzt durch 5.7 (NA.6).

113 Berichtigung zu NCI zu C.1 (1)

„NCI Zu C.1 (1)“ wird geändert in „NDP Zu C.1 (1)“

Tabelle NA.C.2 wird umbenannt in Tabelle C.2DE.

114 Berichtigung zu NDP zu E.1 (2)

Tabelle NA.E.1 wird umbenannt in Tabelle E.1DE.

In Fußnote ^{a)} in der Tabelle E.1DE wird Fußnote ²⁾ ersetzt durch Fußnote ^{b)}.

DIN EN 1999-1-3

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatz für
DIN V ENV 1999-2:2001-03**Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken –
Teil 1-3: Ermüdungsbeanspruchte Tragwerke;
Deutsche Fassung EN 1999-1-3:2007 + A1:2011**

Eurocode 9: Design of aluminium structures –
Part 1-3: Structures susceptible to fatigue;
German version EN 1999-1-3:2007 + A1:2011

Eurocode 9: Calcul des structures en aluminium –
Partie 1-3: Structures sensibles à la fatigue;
Version allemande EN 1999-1-3:2007 + A1:2011

Gesamtumfang 122 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 1999-1-3:2011-11

Nationales Vorwort

Die Dokumente EN 1999-1-3:2007 und EN 1999-1-3:2007/A1:2011 wurden im Komitee CEN/TC 250/SC 9 „Eurocode 9 — Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken“ (Sekretariat: BSI, Vereinigtes Königreich) unter deutscher Mitwirkung erarbeitet.

Im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. war hierfür der Arbeitsausschuss NA 005-08-07 AA „Aluminiumkonstruktionen (SpA zu CEN/TC 250/SC 9 + CEN/TC 135/ WG 11)“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau) zuständig.

Anfang und Ende der durch die Änderung eingefügten oder geänderten Texte sind jeweils durch Änderungsmarken **A1** **A1** angegeben.

Die Deutsche Fassung der EN 1999-1-3:2007 wird jetzt erstmalig als DIN EN 1999-1-3 veröffentlicht, da die Publikation nur zusammen mit der nun vorliegenden Änderungen EN 1999-1-3:2007/A1:2011 erfolgen sollte.

Änderungen

Gegenüber DIN V ENV 1999-2:2001-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Vornorm-Charakter wurde aufgehoben;
- b) die Nummer des Normenteils wurde an die für Eurocodes geläufige Nummerierung angepasst;
- c) die Stellungnahmen der nationalen Normungsinstitute von CEN zu ENV 1999-2:1998 wurden berücksichtigt und der Inhalt wurde vollständig überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN V ENV 1999-2: 2001-03

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN 1999-1-3:2007/A1

August 2011

ICS 91.010.30; 91.080.10

Deutsche Fassung

**Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von
Aluminiumtragwerken —
Teil 1-3: Ermüdungsbeanspruchte Tragwerke**

Eurocode 9: Design of aluminium structures —
Part 1-3: Structures susceptible to fatigue

Eurocode 9: Calcul des structures en aluminium —
Partie 1-3: Structures sensibles à la fatigue

Diese Änderung A1 modifiziert die Europäische Norm EN 1999-1-3:2007. Sie wurde vom CEN am 26. Mai 2011 angenommen.

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

Diese Änderung 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 des CEN-CENELEC mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen

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



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

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

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

Inhalt

Seite

Vorwort	6
Hintergrund des Eurocode-Programmes	6
Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes	7
Nationale Fassungen der Eurocodes	8
Verhältnis zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (ENs und ETAs)	9
Besondere Hinweise zu EN 1999-1-3	9
Nationaler Anhang für EN 1999-1-3.....	9
Vorwort der Änderung A1	10
1 Allgemeines	11
1.1 Anwendungsbereich	11
1.1.1 Anwendungsbereich von EN 1999	11
1.1.2 Anwendungsbereich von EN 1999-1-3.....	11
1.2 Normative Verweisungen	12
1.3 Annahmen	12
1.4 Unterscheidung zwischen Prinzipien und Anwendungsregeln	13
1.5 Definitionen	13
1.5.1 Allgemeines	13
1.5.2 Zusätzliche Begriffe, die in EN 1999-1-3 verwendet werden	13
1.6 Symbole	17
1.7 Spezifikationen für die Ausführung	19
1.7.1 Ausführungsspezifikation	19
1.7.2 Betriebsbuch	19
1.7.3 Prüf- und Wartungsbuch	19
2 Grundlagen der Bemessung.....	20
2.1 Allgemeines	20
2.1.1 Grundlegende Anforderungen	20
2.2 Bemessungsmethoden gegen Ermüdung	21
2.2.1 Schwingbruchsichere Bemessung (SLD)	21
2.2.2 Schadenstolerante Bemessung (DTD)	22
2.2.3 Versuchsunterstützte Bemessung.....	22
2.3 Ermüdungsbelastung	22
2.3.1 Herkunft der Ermüdungsbelastung	22
2.3.2 Herleitung der Ermüdungsbelastung	23
2.3.3 Äquivalente Ermüdungsbelastung	23
2.4 Teilsicherheitsbeiwerte für Ermüdungslasten.....	24
2.5 Anforderungen an die Ausführung	24
3 Werkstoffe, Produktbestandteile und Verbindungsmittel	24
4 Dauerhaftigkeit	25
5 Strukturanalyse.....	25
5.1 Globale Analyse	25
5.1.1 Allgemeines	25
5.1.2 Anwendung von Balkenelementen	26
5.1.3 Anwendung von Membran-, Schalen- und Kontinuumelementen	27
5.2 Spannungsarten.....	27
5.2.1 Allgemeines	27
5.2.2 Nennspannungen.....	27
5.2.3 Modifizierte Nennspannungen	28

5.2.4	Hot-Spot-Spannungen	28
5.3	Herleitung von Spannungen	30
5.3.1	Herleitung von Nennspannungen	30
5.3.2	Herleitung von modifizierten Nennspannungen	31
5.3.3	Herleitung von Hot-Spot-Spannungen	31
5.3.4	Spannungsrichtung	31
5.4	Spannungsschwingbreiten für bestimmte Rissentstellungsstellen	32
5.4.1	Grundmaterial, Schweißnähte und Verbindungen mit mechanischen Befestigungselementen	32
5.4.2	Kehlnähte und partiell durchgeschweißte Stumpfnähte	32
5.5	Klebeverbindungen	33
5.6	Gussstücke	33
5.7	Spannungskollektive	33
5.8	Berechnung von äquivalenten Spannungsschwingbreiten für standardisierte Ermüdungsbelastungs-Modelle	33
5.8.1	Allgemeines	33
5.8.2	Bemessungswert der Spannungsschwingbreite	34
6	Ermüdungswiderstand und Detailkategorien	34
6.1	Detailkategorien	34
6.1.1	Allgemeines	34
6.1.2	Einflussfaktoren für die Detailkategorien	34
6.1.3	Konstruktionsdetails	35
6.2	Werte der Ermüdungsfestigkeit	35
6.2.1	Klassifizierte Konstruktionsdetails	35
6.2.2	Nicht klassifizierte Details	37
6.2.3	Klebeverbindungen	37
6.2.4	Bestimmung der Referenzwerte für die Hot-Spot-Ermüdungsfestigkeit	38
6.3	Einfluss der Mittelspannung	38
6.3.1	Allgemeines	38
6.3.2	Grundwerkstoff und Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln	38
6.3.3	Schweißverbindungen	38
6.3.4	Klebeverbindungen	38
6.3.5	Bereich der Kurzzeitfestigkeit	38
6.3.6	Schwingspielzählung für die Berechnung des R -Verhältnisses	39
6.4	Einfluss der Umgebung	39
6.5	Techniken für die Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit	39
Anhang A (normativ)	Grundlagen der Berechnung der Ermüdungsfestigkeit	40
A.1	Allgemeines	40
A.1.1	Einfluss der Ermüdung auf die Bemessung	40
A.1.2	Versagensmechanismus	40
A.1.3	Mögliche Stellen für Ermüdungsrisse	41
A.1.4	Bedingungen für die Ermüdungsanfälligkeit	41
A.2	Bemessung für sichere Lebensdauer	42
A.2.1	Voraussetzungen für die Bemessung nach sicherer Lebensdauer	42
A.2.2	Schwingspielzählung	43
A.2.3	Herleitung des Spannungs-Kollektivs	43
A.3	Schadenstolerante Bemessung	46
A.3.1	Voraussetzungen für schadenstolerante Bemessung	46
A.3.2	Festlegung der Inspektionsstrategie bei schadenstoleranter Bemessung	47
Anhang B (informativ)	Hinweise für die Bewertung des Rissfortschritts durch Bruchmechanik	50
B.1	Geltungsbereich	50
B.2	Grundlagen	50
B.2.1	Fehlerabmessungen	50
B.2.2	Rissfortschrittsabhängigkeit	51
B.3	Rissfortschrittsdaten A und m	51
B.4	Geometriefunktion y	53

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

Seite

B.5	Integration des Rissfortschritts	53
B.6	Ermittlung der maximalen Risslänge a_2	53
Anhang C (informativ) Versuche für die Ermüdungsbemessung		63
C.1	Allgemeines	63
C.2	Ermittlung von Belastungsdaten	63
C.2.1	Feste Tragwerke unter mechanischen Belastungen	63
C.2.2	Feste Tragwerke unter Umweltbelastungen	64
C.2.3	Bewegliche Konstruktionen	64
C.3	Ermittlung der Spannungsdaten	65
C.3.1	Versuchsergebnisse aus Bauteilen	65
C.3.2	Versuchsergebnisse aus Tragwerken	65
C.3.3	Bestätigung des Spannungs-Zeit-Verlaufs	65
C.4	Ermittlung von Lebensdauerdaten	66
C.4.1	Bauteilprüfung	66
C.4.2	Großbauteilprüfung	66
C.4.3	Akzeptanzkriterien	67
C.5	Rissfortschrittsdaten	70
C.6	Berichterstattung	70
Anhang D (informativ) Spannungsanalyse		72
D.1	Anwendung von Finiten-Elementen für die Ermüdungsanalyse	72
D.1.1	Elementtypen	72
D.1.2	Weitere Hinweise für die Anwendung finiter Elemente	73
D.2	Spannungskonzentrationsbeiwerte	73
D.3	Ermüdungsbegrenzung bei wiederholtem lokalem Beulen	75
Anhang E (informativ) Klebeverbindungen		76
Anhang F (informativ) Bereich der Kurzzeitfestigkeit		80
F.1	Einleitung	80
F.2	Modifikation der $\Delta\sigma$-N Kurven	80
F.3	Versuchsergebnisse	80
Anhang G (informativ) Einfluss des R-Verhältnisses		82
G.1	Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit	82
G.2	Fälle, die erhöht werden	82
G.2.1	Fall 1	82
G.2.2	Fall 2	83
G.2.3	Fall 3	83
Anhang H (informativ) Verbesserung der Ermüdungsfestigkeit von Schweißnähten		84
H.1	Allgemeines	84
H.2	Maschinelle Bearbeitung oder Schleifen	85
H.3	Nachbearbeitung durch WIG oder Plasma	85
H.4	Strahlen	85
Anhang I (informativ) Gussstücke		86
I.1	Allgemeines	86
I.2	Ermüdungsfestigkeitsdaten	86
I.2.1	Flachguss	86
I.2.2	Geschweißter Werkstoff	86
I.2.3	Mechanisch verbundene Gussstücke	86
I.2.4	Geklebte Gussstücke	87
I.3	Qualitätsanforderungen	87
Anhang J (informativ) Tabellen der Detailkategorien		88
J.1	Allgemeines	88
Anhang K (informativ) Hot-Spot-Referenz-Detail-Methode		110

Anhang L (informativ) Leitfaden für die Anwendung von Bemessungsmethoden, Wahl der Teilsicherheitsbeiwerte, Grenzen für Schadenswerte, Inspektionsintervalle und Kenngrößen für die Ausführung bei Übernahme von Anhang J.....	111
L.1 Schwingbruchsichere Bemessung.....	111
L.2 Schadenstolerante Bemessung.....	112
L.2.1 Allgemeines	112
L.2.2 DTD-I	112
L.2.3 DTD-II	113
L.3 Beginn der Inspektion und Inspektionsintervalle	114
L.4 Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Mf} und Werte für D_{lim}	115
L.5 Kenngrößen für die Ausführung.....	117
L.5.1 Beanspruchungskategorie	117
L.5.2 Berechnung des Ausnutzungsgrads.....	118
Literaturhinweise	120

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

Vorwort

Dieses Dokument (EN 1999-1-3:2007) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis November 2007, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2010 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument ersetzt ENV 1999-2:1998.

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

Hintergrund des Eurocode-Programmes

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

Im Rahmen dieses Aktionsprogramms leitete die Kommission die Erarbeitung von harmonisierten technischen Regelwerken für die Tragwerksplanung von Bauwerken ein, welche zunächst als Alternative zu den in den Mitgliedsländern geltenden nationalen Regeln dienen und diese schließlich ersetzen sollten.

15 Jahre leitete die Kommission mit Hilfe eines Lenkungsausschusses mit Vertretern der Mitgliedsländer die Entwicklung des Eurocode-Programmes, das in den 80er Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts zu der ersten Eurocode-Generation 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 Richtlinien des Rates und mit den Kommissionsentscheidungen, die die Europäischen Normen behandeln (z. B. die Richtlinie des Rates 89/106/EWG zu Bauprodukten (Bauproduktenrichtlinie), die Richtlinien des Rates 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 eingeführt wurden).

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

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

EN 1990, *Eurocode 0: 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 Holzbauwerken*

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*

Die EN-Eurocodes 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 Mitgliedstaaten der EU und der EFTA betrachten die Eurocodes als Bezugsdokumente für folgende Zwecke:

- als Mittel zum Nachweis der Übereinstimmung von Hoch- und Ingenieurbauten mit den wesentlichen Anforderungen der Richtlinie des Rates 89/106/EWG, besonders mit der wesentlichen Anforderung Nr 1. Mechanische Festigkeit und Standsicherheit und der wesentlichen Anforderung Nr 2. Brandschutz;
- als Grundlage für die Spezifizierung von Verträgen für die Ausführung von Bauwerken und die dazu erforderlichen Ingenieurleistungen;
- als Rahmenbedingung für die Erstellung Harmonisierter Technischer Spezifikationen für Bauprodukte (ENs und ETAs).

DIN EN 1999-1-3:2011-11 EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

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 die Bemessung von kompletten Tragwerken und Bauteilen, 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. Für diese Fälle sind zusätzliche Spezialkenntnisse für den Bauplaner erforderlich.

Nationale Fassungen der Eurocodes

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

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

Sie umfassen:

- Zahlenwerte für die Teilsicherheitsbeiwerte 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,
- die Vorgehensweise, wenn die Eurocodes mehrere Verfahren zur Wahl anbieten,
- Hinweise zur Erleichterung der Anwendung der Eurocodes, soweit diese die Eurocodes ergänzen und ihnen nicht widersprechen.

2) Entsprechend Artikel 3.3 der Bauproduktenrichtlinie sind die wesentlichen Anforderungen 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 Zulassung selbst zu schaffen.

3) Nach Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie haben die Grundlagendokumente

- a) die wesentlichen Anforderungen zu konkretisieren, indem die Begriffe und, soweit erforderlich, die technische Grundlage für Klassen und Anforderungsstufen vereinheitlicht werden,
- b) Methoden zur Verbindung dieser Klassen oder Anforderungsstufen mit technischen Spezifikationen anzugeben, z. B. Berechnungs- oder Nachweisverfahren, technische Entwurfsregeln usw.,
- c) als Bezugsdokumente 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.

Verhältnis zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (ENs und ETAs)

Es besteht die Notwendigkeit, dass die harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte und die technischen Regelungen für die Tragwerksplanung⁴⁾ konsistent sind. Insbesondere sollten alle Hinweise, die mit der CE-Kennzeichnung von Bauprodukten verbunden sind und die die Eurocodes in Bezug nehmen, klar erkennen lassen, welche national festzulegenden Parameter (NDP) zugrunde liegen.

Besondere Hinweise zu EN 1999-1-3

Es ist vorgesehen, EN 1999 gemeinsam mit den Eurocodes EN 1990 – Grundlagen der Tragwerksplanung, EN 1991 – Einwirkungen auf Tragwerke sowie EN 1992 bis EN 1999, soweit hierin auf Tragwerke aus Aluminium oder Bauteile aus Aluminium Bezug genommen wird, anzuwenden.

EN 1999-1-3 ist einer von fünf Teilen von EN 1999 (EN 1999-1-1 bis EN 1999-1-5), die jeweils spezifische Bauteile aus Aluminium, Grenzzustände oder Tragwerksarten behandeln. EN 1999-1-3 beschreibt die Grundlagen, die Anforderungen und die Regeln für die konstruktive Bemessung von Bauteilen und Tragwerken aus Aluminium, die Ermüdungsbeanspruchungen ausgesetzt sind.

Die Zahlenwerte für die Teilsicherheitsbeiwerte und andere Parameter, die die Zuverlässigkeit festlegen, gelten als Empfehlungen, mit denen ein akzeptables Zuverlässigkeitsniveau erreicht werden soll. Bei ihrer Festlegung wurde vorausgesetzt, dass ein angemessenes Niveau der Ausführungsqualität und Qualitätsprüfung vorhanden ist.

Nationaler Anhang für EN 1999-1-3

Diese Norm enthält alternative Verfahren, Zahlenwerte und Empfehlungen für Klassen zusammen mit Anmerkungen, an welchen Stellen nationale Festlegungen möglicherweise getroffen werden müssen. Deshalb sollte die jeweilige nationale Ausgabe von EN 1999-1-3 einen Nationalen Anhang mit allen national festzulegenden Parametern enthalten, die für die Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken, die in dem Ausgabeland gebaut werden sollen, erforderlich sind.

Nationale Festlegungen sind in den folgenden Abschnitten von EN 1999-1-3 erlaubt:

— [A1] 2.1.1 (1)	— 6.2.1 (2)	— L.3 (2)
— 2.2.1 (4)	— 6.2.1 (7)	— L.4 (3)
— 2.3.1 (2) [A1]	— 6.2.1 (11)	— L.4 (4)
— 2.3.2 (6)	— [A1] <i>gestrichener Text</i> [A1]	— L.4 (5)
— 2.4 (1)	— E (5)	— L.5.1 (1) [A1]
— 3 (1)	— E (7)	
— 4 (2)	— I.2.2 (1)	
— 5.8.1 (1)	— I.2.3.2 (1)	
— 5.8.2 (1)	— I.2.4 (1)	
— 6.1.3 (1)	— [A1] L.2.2 (5)	

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

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

Vorwort der Änderung A1

Dieses Dokument (EN 1999-1-3:2007/A1:2011) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Änderung zur Europäischen Norm EN 1999-1-3:2007 muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis August 2012, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis August 2012 zurückgezogen werden.

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

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

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

1.1.1 Anwendungsbereich von EN 1999

(1)P EN 1999 gilt für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Bauwerken und Tragwerken aus Aluminium. Sie entspricht den Grundsätzen und Anforderungen an die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit von Tragwerken, sowie den Grundlagen für ihre Bemessung und Nachweise, die in EN 1990 – Grundlagen der Tragwerksplanung – enthalten sind.

(2) EN 1999 behandelt ausschließlich Anforderungen an die Tragfähigkeit, die Gebrauchstauglichkeit, die Dauerhaftigkeit und den Feuerwiderstand von Tragwerken aus Aluminium. Andere Anforderungen, wie z. B. Wärmeschutz oder Schallschutz, werden nicht behandelt.

(3) EN 1999 gilt in Verbindung mit folgenden Regelwerken:

- EN 1990: „Grundlagen der Tragwerksplanung“
- EN 1991: „Einwirkungen auf Tragwerke“
- Europäische Normen für Bauprodukte, die für Aluminiumtragwerke Verwendung finden
- EN 1090-1: „Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken“ — Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile⁵⁾
- EN 1090-3: „Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 3: Technische Anforderungen für Aluminiumtragwerke“⁶⁾

(4) EN 1999 ist in fünf Teile gegliedert:

EN 1999-1-1, „Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Allgemeine Bemessungsregeln“

EN 1999-1-2, „Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Tragwerksbemessung für den Brandfall“

EN 1999-1-3, „Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Ermüdungsbeanspruchte Tragwerke“

EN 1999-1-4, „Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Kaltgeformte Profiltafeln“

EN 1999-1-5, „Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Schalentragwerke“

1.1.2 Anwendungsbereich von EN 1999-1-3

(1) EN 1999-1-3 gibt die Grundlagen für die Bemessung von Tragwerken aus Aluminiumlegierungen in Bezug auf den Grenzzustand der Ermüdungsfestigkeit.

(2) EN 1999-1-3 enthält Regeln für:

- schwingbruchsichere Bemessung;
- schadenstolerante Bemessung;
- versuchsunterstützte Bemessung.

5) Wird in Kürze veröffentlicht.

6) Wird in Kürze veröffentlicht.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

(3) Es ist vorgesehen, dass EN 1999-1-3 in Verbindung mit EN 1090-3 „Technische Anforderungen für Aluminiumtragwerke“, die die erforderlichen Anforderungen zur Erfüllung der Bemessungsannahmen während der Ausführung von Bauteilen und Tragwerken enthält, angewendet wird.

(4) Druckbehälter oder -rohrleitungen sind nicht Gegenstand von EN 1999-1-3.

(5) EN 1999-1-3 behandelt die folgenden Themen:

Kapitel 1: Allgemeines

Kapitel 2: Grundlagen der Bemessung

Kapitel 3: Werkstoffe, Produktbestandteile und Verbindungsmittel

Kapitel 4: Dauerhaftigkeit

Kapitel 5: Strukturanalyse

Kapitel 6: Ermüdungswiderstand und Detailkategorien

Anhang A: Grundlagen der Berechnung der Ermüdungsfestigkeit [normativ]

Anhang B: Hinweise für die Bewertung des Rissfortschritts durch Bruchmechanik [informativ]

Anhang C: Versuche für die Ermüdungsbemessung [informativ]

Anhang D: Spannungsanalyse [informativ]

Anhang E: Klebeverbindungen [informativ]

Anhang F: Bereich der Kurzzeitfestigkeit [informativ]

Anhang G: Einfluss des *R*-Verhältnisses [informativ]

Anhang H: Verbesserung der Ermüdungsfestigkeit von Schweißnähten [informativ]

Anhang I: Gussstücke [informativ]

Anhang J: Tabellen der Detailkategorien [informativ]

Anhang K: Hot-Spot-Referenz-Detail-Methode [informativ]

Literaturhinweise

1.2 Normative Verweisungen

(1) Es gelten die normativen Verweisungen aus EN 1999-1-1.

1.3 Annahmen

(1)P Es gelten die allgemeinen Annahmen nach EN 1990, 1.3.

(2)P Es gelten die Festlegungen nach EN 1999-1-1, 1.8.

(3)P Die Bemessungsverfahren gelten nur, wenn die in EN 1090-3 angegebenen Anforderungen an die Ausführung oder andere, entsprechende Bedingungen erfüllt werden.

1.4 Unterscheidung zwischen Prinzipien und Anwendungsregeln

(1)P Es gelten die Regeln nach EN 1990, 1.4.

1.5 Definitionen

1.5.1 Allgemeines

(1) Es gelten die Regeln der EN 1990, 1.5.

1.5.2 Zusätzliche Begriffe, die in EN 1999-1-3 verwendet werden

(1) Für diese Norm werden zusätzlich zu den Begriffen der EN 1990 und EN 1999-1-1 die Folgenden verwendet:

1.5.2.1

Ermüdung

Schwächung eines Bauteils infolge Rissentstehung und Rissfortschritt, hervorgerufen durch wiederholte Spannungsschwankungen

1.5.2.2

Ermüdungsbelastung

eine Reihe typischer Belastungsereignisse, beschrieben durch die Anordnung oder Bewegung von Lasten, deren Größe, Häufigkeit und Reihenfolge ihres Auftretens

1.5.2.3

Belastungsereignis

eine definierte Folge von auf das Tragwerk aufgebrachten Lasten, die für Bemessungszwecke mit einer bestimmten Auftretenshäufigkeit angenommen wird

1.5.2.4

Nennspannung

Spannung im Grundwerkstoff unmittelbar an einer potentiellen Rissstelle, berechnet nach der elastischen Spannungstheorie für Werkstoffe, d. h. dass ebene Querschnitte eben bleiben und sämtliche Spannungskonzentrations-Einflüsse nicht berücksichtigt werden

1.5.2.5

modifizierte Nennspannung

eine Nennspannung, vergrößert um den maßgebenden geometrischen Spannungskonzentrations-Beiwert K_{gt} , der die geometrischen Abweichungen des Querschnitts erfasst, die bei der Einstufung eines bestimmten Konstruktionsdetails nicht berücksichtigt wurden

1.5.2.6

Strukturspannung (auch als „geometrische Spannung“ bekannt)

elastische Spannung an einer Stelle, bei Berücksichtigung sämtlicher geometrischer Kerben, jedoch unter Vernachlässigung jeder lokalen Singularität, wo der Übergangsradius gegen Null tendiert, wie z. B. an Kerben infolge kleiner Diskontinuitäten, wie Schweißnahtübergänge, Risse, rissähnlicher Merkmale, normale maschinelle Bearbeitungsspuren usw. Bei der Strukturspannung handelt es sich im Prinzip um den gleichen Spannungsparameter wie bei der modifizierten Nennspannung, die aber im allgemeinen anders berechnet wird

1.5.2.7

geometrischer Spannungskonzentrations-Beiwert

Verhältnis zwischen der geometrischen Spannung, berechnet unter der Annahme linear-elastischen Werkstoff-Verhaltens, und der Nennspannung

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

1.5.2.8

Hot-Spot Spannung

geometrische Spannung an einer bestimmten Rissentstehungsstelle bei einer besonderen Geometrie des Details, wie bei einem Schweißnahtübergang an einem schrägen Hohlprofilquerschnitt-Anschluss, für die Ermüdungsfestigkeit, ausgedrückt als Hot-Spot-Spannungsschwingbreite, meistens bekannt ist

1.5.2.9

Spannungs-Zeit-Verlauf

kontinuierlicher Verlauf, aufgezeichnet oder berechnet, für die Spannungsschwankung an einem besonderen Punkt des Tragwerks innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls

1.5.2.10

Spannungs-Umkehr-Punkt

Spannungswert im Spannungs-Zeit-Verlauf, an dem die Spannungsänderungsrate ihr Vorzeichen ändert

1.5.2.12

Spannungsspitze

Umkehrpunkt, an dem die Spannungsänderungsrate von positiv auf negativ umschaltet

1.5.2.12

Spannungstiefpunkt

Umkehrpunkt, an dem die Spannungsänderungsrate von negativ auf positiv umschaltet

1.5.2.13

konstante Amplitude

Spannungsamplitude in einem Spannungs-Zeit-Verlauf, bei dem die Spannung sich zwischen konstanten Spannungsspitzen und konstanten Spannungstiefpunkten bewegt

1.5.2.14

variable Amplitude

Spannungsamplitude in jedem Spannungs-Zeit-Verlauf mit mehr als einem Wert der Spannungsspitzen oder Spannungstiefpunkten

1.5.2.15

Spannungsschwingspiel

Schwingspiel

Element einer Schwing-Einstufenbeanspruchung bei dem die Spannung bei einem Wert beginnt und beim gleichen Wert endet und dabei durch ein Maximum und ein Minimum (oder in umgekehrter Folge) verläuft; auch: Element eines mit einer Zählmethode ermittelten Schwingbeanspruchungskollektivs

1.5.2.16

Schwingspiel-Zählverfahren

Ablauf zur Transformation eines Spannungs-Zeit-Verlaufs mit variabler Amplitude in ein Kollektiv von Spannungsschwingspielen, jedes mit einer bestimmten Spannungsschwingbreite, so z. B. die Reservoir-Methode und die Rainflow-Methode

1.5.2.17

Rainflow-Methode

spezielles Schwingspiel-Zählverfahren zur Ermittlung eines Kollektivs von Spannungsschwingbreiten aus einem vorhandenen Spannungs-Zeit-Verlauf

1.5.2.18

Reservoir-Methode

spezielles Schwingspiel-Zählverfahren zur Ermittlung eines Kollektivs von Spannungsschwingbreiten aus einem vorhandenen Spannungs-Zeit-Verlauf

1.5.2.19

Spannungs-Amplitude

Hälfte des Wertes der Spannungsschwingbreite

1.5.2.20**Spannungsverhältnis**

Verhältnis zwischen Minimal- und Maximalspannung in einem Spannungs-Zeit-Verlauf konstanter Amplitude oder einem Schwingspiel, das aus einem Spannungs-Zeit-Verlauf variabler Amplitude hergeleitet wird

1.5.2.21**Spannungsintensitäts-Verhältnis**

minimale Spannungsintensität dividiert durch die maximale Spannungsintensität, die aus einem Spannungs-Zeit-Verlauf konstanter Amplitude oder einem Schwingspiel eines Spannungs-Zeit-Verlaufs variabler Amplitude hergeleitet werden

1.5.2.22**Mittelspannung**

arithmetisches Mittel der algebraischen Summe vom höchsten und niedrigsten Spannungswert

1.5.2.23**Spannungsschwingbreite**

algebraische Differenz zwischen der Spannungsspitze und dem Spannungstiefpunkt in einem Spannungsschwingspiel

1.5.2.24**Spannungsintensitäts-Schwingbreite**

algebraische Differenz zwischen der höchsten und niedrigsten Spannungsintensität, die aus der Spannungsspitze bzw. dem Spannungstiefpunkt in einem Spannungsschwingspiel ermittelt werden

1.5.2.25**Spannungsschwingbreiten-Kollektiv (auch als „Spannungs-Kollektiv“ bekannt)**

Histogramm zur Darstellung der Auftretenshäufigkeit für alle Spannungsschwingbreiten verschiedener Größe aus der Messung oder Berechnung für ein besonderes Belastungsereignis

1.5.2.26**Bemessungs-Kollektiv**

Gesamtheit aller Spannungsschwingbreiten-Kollektive, die für den Ermüdungsnachweis zugrunde gelegt werden

1.5.2.27**Detailkategorie**

Bezeichnung einer bestimmten Entstehungsstelle für die Ermüdung bei einer bestimmten Richtung der Spannungsschwankung, zwecks Zuordnung einer Ermüdungsfestigkeitskurve für den Ermüdungsnachweis

1.5.2.28**Lebensdauer**

Lebensdauer beim Versagen, ausgedrückt als Anzahl der Schwingspiele bis zum Bruch, bei Einwirkung eines Spannungs-Zeit-Verlaufs konstanter Spannungsamplitude

1.5.2.29**Ermüdungsfestigkeitskurve (Wöhlerkurve)**

quantitative Beziehung zwischen der Spannungsschwingbreite und der Lebensdauer – in logarithmischen Koordinaten in dieser Norm –, die für den Ermüdungsnachweis einer Konstruktionsdetail-Kategorie verwendet wird

1.5.2.30**charakteristische Ermüdungsfestigkeit**

Spannungsschwingbreite bei konstanter Amplitude $\Delta\sigma_C$ für eine bestimmte Detailkategorie bei der Lebensdauer von $N_C = 2 \times 10^6$ Schwingspiele

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

1.5.2.31

Dauerfestigkeit

Wert der Spannungsschwingbreite, unterhalb dem alle Spannungsschwingbreiten eines Bemessungskollektivs liegen sollten, damit ein Ermüdungsschaden ignoriert werden darf

1.5.2.32

Schwellenwert der Ermüdungsfestigkeit

Grenzwert, unterhalb dem Spannungsschwingbreiten des Bemessungskollektivs bei der Schadensakkumulations-Berechnung vernachlässigt werden dürfen

1.5.2.33

Bemessungslebensdauer

Bezugszeitraum, für den ein sicheres Tragwerksverhalten, d. h. dass mit ausreichender Wahrscheinlichkeit kein Versagen infolge Ermüdungsrisse eintritt, verlangt wird

1.5.2.34

sichere Lebensdauer

Zeitraum, für den sich mit ausreichender Wahrscheinlichkeit nach einer schwingbruchsicheren Bemessung kein Versagen infolge Ermüdung ergibt

1.5.2.35

Schadenstoleranz

Fähigkeit des Tragwerks, Ermüdungsrisse aufzunehmen, ohne dass es zum Versagen oder zur negativen Beeinträchtigung der Gebrauchstauglichkeit kommt

1.5.2.36

Ermüdungsschaden

Verhältnis der für eine bestimmte Betriebszeit zu ertragenden Spannungsschwingspiele eines Konstruktionsdetails bei einer gegebenen Spannungsschwingbreite zur Lebensdauer unter der gleichen Beanspruchungsschwingbreite

1.5.2.37

Miner-Regel

Schadensakkumulation infolge aller Spannungsschwingspiele eines Spannungsschwingbreiten-Kollektivs (oder eines Bemessungs-Kollektivs) nach der Palmgren-Miner-Regel

1.5.2.38

schadensäquivalente Ermüdungsbelastung

vereinfachte Ermüdungsbelastung, meist eine Einzellast bei vorgegebener Zahl der Wiederholungen, so dass diese anstelle einer realistischeren Belastungsreihe, im Rahmen bestimmter Voraussetzungen, mit hinreichender Annäherung einen äquivalenten Ermüdungsschaden hervorruft

1.5.2.39

schadensäquivalente Spannungsschwingbreite

durch die Einwirkung einer schadensäquivalenten Ermüdungsbelastung an einem Konstruktionsdetail hervorgerufene Spannungsschwingbreite

1.5.2.40

Schadensäquivalente Ermüdungsbelastung konstanter Amplitude

vereinfachte Ermüdungsbelastung mit konstanter Amplitude, die den gleichen Ermüdungsschaden hervorruft wie eine reelle Belastungsreihe variabler Amplitude

1.6 Symbole

A	Werkstoff-Konstante bei Berechnung der Rissfortschrittgeschwindigkeit
a	Kehlnahtdicke
a	Risslänge
a_c	Rissbreite an der Oberfläche
da/dN	Rissfortschrittgeschwindigkeit (m/Schwingspiel)
D	Ermüdungsschaden-Wert, berechnet für eine bestimmte Betriebsdauer
D_L	Ermüdungsschaden-Wert, berechnet für die gesamte Lebensdauer
$\langle A_1 \rangle D_{L,d}$	für die gesamte Bemessungslebensdauer berechneter Bemessungswert des Ermüdungsschadens $\langle A_1 \rangle$
D_{lim}	vorgeschriebener Bemessungs-Grenzwert für D_L
$f_{v,adh}$	Charakteristische Schubfestigkeit eines Klebers
K_{gt}	Geometrischer Spannungskonzentrations-Beiwert
K	Spannungsintensität
ΔK	Spannungsintensitäts-Schwingbreite
k_{adh}	Beiwert der Ermüdungsfestigkeit für Klebeverbindungen
k_F	Anzahl der Standardabweichungen über dem vorhergesagten Mittelwert der Belastung
k_N	Anzahl der Standardabweichungen über dem vorhergesagten Mittelwert der Anzahl der Belastungszyklen
L_{adh}	Wirksame Länge von überlappten Klebeverbindungen
l_d	Minimale wahrnehmbare Risslänge
l_f	Bruchkritische Risslänge
$\log$	Logarithmus zur Basis 10
m	Neigung einer $\log \Delta \sigma - \log N$ Ermüdungsfestigkeitskurve bzw. Exponent im mathematischen Ausdruck der Rissfortschrittgeschwindigkeit
m_1	Wert von m für $N \leq 5 \times 10^6$ Schwingspiele
m_2	Wert von m für $5 \times 10^6 < N \leq 10^8$ Schwingspiele
N	Anzahl (oder gesamte Anzahl) der Schwingspiele
N_i	$\langle A_1 \rangle$ vorausgesetzte Anzahl von Schwingspielen bis zum Versagen bei der Spannungsschwingbreite $\Delta \sigma_i \langle A_1 \rangle$
N_C	Anzahl der Schwingspiele (2×10^6), bei der die charakteristische Ermüdungsfestigkeit definiert ist
N_D	Anzahl der Schwingspiele (5×10^6), bei der die Dauerfestigkeit bei konstanter Amplitude definiert ist
N_L	Anzahl der Schwingspiele (10^8), bei der der Schwellenwert der Ermüdungsfestigkeit definiert ist
n_i	Anzahl der Schwingspiele bei der Spannungsschwingbreite $\Delta \sigma_i$
P	Wahrscheinlichkeit

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

R	Spannungsverhältnis
t	Dicke
$\boxed{A_1} T_i$	Inspektionsintervall
T_F	Zeitraum nach Fertigstellung, der für den Beginn der Inspektion auf Ermüdung empfohlen wird; dabei beinhaltet die Inspektion auf Ermüdung die Inspektion von Bereichen mit einer erhöhten Rissentstehungswahrscheinlichkeit
T_G	Zeitraum nach Fertigstellung, der für den Beginn der allgemeinen Inspektion empfohlen wird; dabei beinhaltet die allgemeine Inspektion die Prüfung, dass sich das Tragwerk (weiterhin) in dem Zustand nach der Fertigstellung und Abnahme befindet, d. h. dass keine Verschlechterung des Zustands eingetreten ist, wie z. B. Verschlechterungen durch Hinzukommen von schädlichen Löchern und oder Schweißnähten zur Befestigung von Zusatzelementen, Schäden auf Grund von Vandalismus oder Unfällen, unerwartete Korrosion, usw. $\boxed{A_1}$
T_f	Zeit für das Wachstum eines wahrnehmbaren Risses bis zu einer versagenskritischen Größe
T_L	Bemessungslebensdauer
T_S	Sichere Lebensdauer
y	von der Rissgeometrie abhängiger Faktor in der Berechnungsformel der Rissfortschrittsgeschwindigkeit
$\boxed{A_1} \lambda_i$	schadensäquivalenter Beiwert, abhängig von der Lastsituation und den konstruktiven Merkmalen sowie von anderen Faktoren
γ_{ff}	Teilsicherheitsbeiwert für die Ermüdungsbelastung
γ_{mf}	Teilsicherheitsbeiwert für die Ermüdungsfestigkeit
$\Delta\sigma$	Schwingbreite der Nennspannung (Normalspannung) ANMERKUNG Abhängig vom Kontext bezieht sich $\Delta\sigma$ entweder auf die Schnittgrößen oder auf die Ermüdungsfestigkeit.
$\Delta\tau$	effektive Schwingbreite der Schubspannung
$\Delta\sigma_i$	konstante Spannungsschwingbreite für die Hauptspannungen im Konstruktionsdetail für n_i Schwingspiele;
$\Delta\sigma_C$	Referenzwert der Ermüdungsfestigkeit bei 2×10^6 Schwingspielen (Normalspannung)
$\Delta\sigma_D$	Dauerfestigkeit
$\Delta\sigma_E$	Schwingbreite der Nennspannung aus Ermüdungsbeanspruchungen
$\Delta\sigma_{E,Ne}$	schadensäquivalente Spannungsschwingbreite konstanter Amplitude bei N_{max}
$\Delta\sigma_{E,2e}$	schadensäquivalente Spannungsschwingbreite konstanter Amplitude bei 2×10^6 Schwingspielen
$\Delta\sigma_L$	Schwellenwert der Ermüdungsfestigkeit
$\Delta\sigma_R$	Ermüdungsfestigkeit (Normalspannung)
ΔT_F	empfohlenes maximales Zeitintervall für die Inspektion auf Ermüdung
ΔT_G	empfohlenes maximales Zeitintervall für die allgemeine Inspektion
$\sigma_{max}, \sigma_{min}$	Maximal- bzw. Minimalwert der Spannungen in einem Schwingspiel
σ_m	Mittelspannung $\boxed{A_1}$

1.7 Spezifikationen für die Ausführung

1.7.1 Ausführungsspezifikation

(1) Die Ausführungsspezifikation sollte alle Anforderungen an die Materialvorbereitung, Montage, Verbindung, Nachbehandlung sowie Inspektion beinhalten, um die gewünschte Ermüdungsfestigkeiten zu erreichen.

1.7.2 Betriebsbuch

(1) Das Betriebsbuch sollte enthalten:

- Einzelheiten für die Ermüdungsbelastung und die in der Bemessung angenommene Bemessungslebensdauer;
- jede erforderliche Maßnahme zur Beobachtung der Belastungshöhe und -Häufigkeit im Betrieb;
- das Verbot künftiger Änderungen am Tragwerk, bspw. Bohren von Löchern oder Anbringen von Anschweißungen, ohne fachgerechte Analyse der Auswirkungen auf das Tragwerksverhalten;
- Instruktionen für den Aus- und Wiedereinbau von Bauteilen, beispielsweise das Festmachen von Befestigungsmitteln;
- akzeptable Reparaturmethoden im Falle von zufälligen Beschädigungen während des Betriebs (z. B. Kerben, Beulen, Risse, etc.).

1.7.3 Prüf- und Wartungsbuch

(1) Das Prüf- und Wartungsbuch sollte einen Zeitplan jeder im Betrieb erforderlichen Inspektion von ermüdungskritischen Teilen enthalten. Besonders in Fällen, bei denen eine schadenstolerante Bemessung durchgeführt wurde, sollte dieses Folgendes enthalten:

- Die Inspektionsmethoden;
- die zu untersuchenden Stellen;
- die Häufigkeit der Inspektionen;
- die maximal zulässige Rissgröße vor einer erforderlichen Ausbesserung;
- Details akzeptabler Reparaturmethoden oder des Auswechslens von Teilen mit Ermüdungsrissen.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

2 Grundlagen der Bemessung



2.1 Allgemeines

2.1.1 Grundlegende Anforderungen

(1)P Ziel der Bemessung eines Tragwerks gegen den Grenzzustand der Ermüdung ist, mit einem akzeptablen Wahrscheinlichkeitsniveau ein zufriedenstellendes Verhalten des Tragwerks während seiner gesamten Bemessungslebensdauer sicherzustellen, damit das Tragwerk während der Bemessungslebensdauer nicht infolge Ermüdung versagt bzw. es nicht wahrscheinlich ist, dass vorzeitige reparaturbedürftige Schäden durch Ermüdung entstehen. Die Bemessung von Aluminiumtragwerken gegen den Grenzzustand der Ermüdung darf auf einer der folgenden Methoden beruhen:

- a) Bemessung nach dem Konzept der sicheren Lebensdauer (schwingbruchsichere Bemessung - SLD, *safe life design*) (siehe 2.2.1);
- b) Bemessung nach dem Konzept der Schadenstoleranz (schadenstolerante Bemessung DTD, *damage tolerant design*) (siehe 2.2.2).

Jede der Methoden a) und b) darf durch versuchsunterstützte Bemessung ergänzt oder ersetzt werden (siehe 2.2.3).

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf die Bedingungen für die Anwendung der oben angegebenen Bemessungsmethoden angeben.

(2) Die Methode für die Bemessung gegen Ermüdung sollte unter Berücksichtigung der Nutzung des Tragwerks und der für die Bauteile festgelegten Schadensfolgeklasse gewählt werden. Insbesondere sollte die Zugänglichkeit der Bauteile für die Inspektion und die Einzelheiten der Stellen, an denen Ermüdungsrisse zu erwarten sind, berücksichtigt werden.

(3) Ein Ermüdungsnachweis der Bauteile und Tragwerke sollte in den Fällen in Erwägung gezogen werden, in denen sich die Lasten häufig ändern, insbesondere bei Lastumkehr. Situationen, in denen dies gewöhnlich geschehen kann, sind z. B. wenn

- Bauteile durch Lasten von Hebezeugen oder rollende Lasten beansprucht werden;
- Bauteile wiederholten Belastungen ausgesetzt sind, die durch Schwingungen von Maschinen verursacht werden;
- Bauteile vom Wind verursachten Schwingungen ausgesetzt sind;
- Bauteile von Menschenmengen verursachten Schwingungen ausgesetzt sind;
- bei fliegenden Bauten Beschleunigungskräfte auftreten;
- Bauteile Schwingungen ausgesetzt sind, die durch Flüssigkeitsströmungen oder Welleneinwirkungen verursacht werden.

ANMERKUNG Die in dieser Norm angegebenen Regeln bezüglich der Ermüdungsfestigkeit gelten in der Regel für die Ermüdung bei hohen Lastspielzahlen. Hinweise für die Ermüdung bei niedrigen Lastspielzahlen sind Anhang F zu entnehmen.

(4) Die Bemessungsregeln der anderen Teilen von EN 1999 gelten ebenfalls.

2.2 Bemessungsmethoden gegen Ermüdung

2.2.1 Schwingbruchsichere Bemessung (SLD)

(1) Die Methode der schwingbruchsicheren Bemessung basiert auf der Berechnung des während der Bemessungslebensdauer des Tragwerks akkumulierten Schadens oder dem Vergleich der maximalen Spannungsschwingbreite mit der Dauerfestigkeit unter Verwendung einer standardmäßigen unteren Grenze für die Ermüdungsfestigkeit und einer oberen Grenze für die geschätzte Ermüdungsbelastung; dabei beruhen alle Berechnungen auf Bemessungswerten. Dieser Ansatz bietet eine konservative Abschätzung der Ermüdungsfestigkeit und hängt in der Regel nicht von einer betrieblichen Inspektion auf Ermüdungsschäden ab.

ANMERKUNG Arten möglicher betrieblicher Inspektionen sind L.1 zu entnehmen; sie gelten nur bei Übernahme der in Anhang J enthaltenen Ermüdungswiderstandsdaten.

(2) Die Bemessung gegen Ermüdung beinhaltet die Vorhersage von Spannung-Zeit-Verläufen an potentiellen Rissentstehungsstellen, gefolgt durch die Zählung von Belastungszyklen mit den zugehörigen Spannungsschwingbreiten und die Aufstellung von Spannungs-Kollektiven. Anhand dieser Informationen wird für das betrachtete Konstruktionsdetail mit Hilfe einschlägiger Lebensdauerdaten bei der gegebenen Spannungsschwingbreite die Bemessungslebensdauer abgeschätzt. Dieses Verfahren ist in A.2 beschrieben.

(3) Um einen ausreichenden Widerstand des Bauteils oder Tragwerks sicherzustellen, darf der Bemessung nach dem Konzept der sicheren Lebensdauer eine von zwei verschiedenen Methoden zugrunde gelegt werden. Diese beruhen

- a) auf der Berechnung der linearen Schadensakkumulation, siehe (4); oder
- b) dem Ansatz mit äquivalenten Spannungsschwingbreiten, siehe (5).

ANMERKUNG Eine dritte Methode für den Fall, dass alle Bemessungs-Spannungsschwingbreiten die Bemessungs-Dauerfestigkeit unterschreiten, ist in L.1(4) angegeben.

(4) Bei der schwingbruchsicheren Bemessung auf der Grundlage der Annahme der linearen Schadensakkumulation (Miner-Regel) sollte der Ermüdungsschaden D_L aller Spannungsschwingspiele die folgende Bedingung erfüllen:

$$D_{L,d} \leq 1 \quad (2.1 a)$$

Dabei ist

$$D_{L,d} = \sum n_i / N_i, \text{ berechnet nach der in A.2 angegebenen Methode;}$$

oder

$$D_L \leq D_{lim} \quad (2.1 b)$$

Dabei ist

$$D_L = \sum n_i / N_i, \text{ berechnet nach der in A.2 angegebenen Methode mit } \gamma_{Mf} = \gamma_{Ff} = 1,0.$$

ANMERKUNG Der Wert für D_{lim} darf im Nationalen Anhang festgelegt werden, siehe L.4. Empfohlene Werte für D_{lim} sind in L.4 angegeben; sie gelten nur bei Übernahme der in Anhang J enthaltenen Ermüdungswiderstandsdaten.

(5) Falls die Bemessung auf dem Ansatz mit äquivalenten Spannungsschwingbreiten ($\Delta\sigma_{E,2e}$) beruht, sollte die folgende Bedingung erfüllt werden:

$$\frac{\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2e}}{\Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}} \leq 1 \quad (2.2)$$

ANMERKUNG Empfohlene Werte für γ_{Mf} sind in L.4 angegeben. Für γ_{Ff} siehe 2.4.

DIN EN 1999-1-3:2011-11 EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

2.2.2 Schadenstolerante Bemessung (DTD)

(1)P Eine schadenstolerante Bemessung erfordert, dass ein vorgeschriebenes Inspektions- und Wartungsprogramm zur Feststellung und zur Behebung von Ermüdungsschäden erstellt und während der Bemessungslebensdauer des Tragwerks befolgt wird. Die Bemessung sollte zu einer Ausführungsqualität führen, bei der davon ausgegangen werden kann, dass das Verhalten eines Tragwerks während der Bemessungslebensdauer einwandfrei ist. Die Voraussetzungen für die Anwendung dieser Methode und für die Festlegung einer Inspektionsstrategie sind A.3 zu entnehmen.

ANMERKUNG 1 Die Bemessung nach dem Konzept der Schadenstoleranz kann in solchen Anwendungen als geeignet angesehen werden, bei denen die Bewertung nach dem Konzept der sicheren Lebensdauer zeigt, dass die Ermüdung einen signifikanten Einfluss auf die Kosten der konstruktiven Ausführung hat und dass ein höheres Ermüdungsrisiko während der Bemessungslebensdauer hingenommen werden kann als bei Anwendung der Regeln der Bemessung nach dem Konzept der sicheren Lebensdauer. Dieser Ansatz wurde entwickelt mit dem Ziel, das gleiche Zuverlässigkeitsniveau zu erreichen wie die Bemessung nach dem Konzept der sicheren Lebensdauer.

ANMERKUNG 2 Die Bemessung nach dem Konzept der Schadenstoleranz darf mit zwei verschiedenen Ansatzvarianten, DTD-I und DTD-II, angewendet werden, siehe Anhang L.

(2) Bei der Wahl der Tragwerksart und deren baulichen Durchbildung sollten folgende Hinweise berücksichtigt werden:

- Die Details, die Werkstoffe und die Höhe der Spannungen sollten so gewählt sein, dass sich bei einer Rissbildung ein niedriger Rissfortschritt und eine hohe kritische Risslänge ergeben;
- soweit möglich, sollte eine Tragwerksart gewählt werden, bei der im Falle von Ermüdungsschäden eine Umverteilung der Schnittgrößen im Tragwerk oder im Bauteilquerschnitt stattfinden kann (Redundanzprinzip);
- rissstoppende Konstruktionsdetails sollten vorgesehen werden;
- es sollte sichergestellt werden, dass kritische Bauteile und Details für die regelmäßigen Inspektionen leicht zugänglich sind;
- es sollte sichergestellt werden, dass Risse durch Überwachung unter Kontrolle gehalten werden oder, sofern erforderlich, dass Bauteile leicht instand gesetzt oder ersetzt werden können.

2.2.3 Versuchsunterstützte Bemessung

(1) Dieser Ansatz sollte angewendet werden, wenn die erforderlichen Angaben zur Belastung, zum Tragwerkverhalten, zur Ermüdungsfestigkeit oder zum Rissfortschritt aus Normen oder anderen Quellen für eine bestimmte Anwendung nicht verfügbar sind sowie zur Optimierung von Konstruktionsdetails. Versuchsergebnisse sollten anstelle genormter Daten nur unter der Voraussetzung eingesetzt werden, dass sie unter kontrollierten Bedingungen ermittelt und angewendet wurden.

ANMERKUNG Der Nachweis für die Bemessung mit Unterstützung durch Versuche sollte entsprechend Anhang C durchgeführt werden.

2.3 Ermüdungsbelastung

2.3.1 Herkunft der Ermüdungsbelastung

(1)P Spannungsveränderungen jeglicher Herkunft sollten im Tragwerk identifiziert werden. Gewöhnliche Situationen, in denen eine Ermüdungsbelastung auftritt, sind in 2.1.1 angegeben.

ANMERKUNG Für die Begrenzung der Ermüdung bei wiederholtem lokalem Beulen siehe D.3.

(2) Die Ermüdungsbelastung sollte EN 1991 oder anderen maßgebenden Europäischen Normen entnommen werden.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf Regeln zur Bestimmung der Ermüdungslasten für solche Fälle festlegen, die durch keine Europäische Norm abgedeckt sind.

(3) Dynamische Einflüsse sollten berücksichtigt werden, sofern sie nicht bereits in den Einflüssen der Ermüdungslasten enthalten sind.

2.3.2 Herleitung der Ermüdungsbelastung

- (1) Zusätzlich zu den Normen, in denen die Ermüdungsbelastung behandelt wird, sind die folgenden Abschnitte zu beachten.
- (2) Die Ermüdungsbelastung sollte üblicherweise durch ein Bemessungslastkollektiv beschrieben werden, welches einen Bereich von Intensitäten eines spezifischen Nutzlastereignisses und die Anzahl der Wiederholungen jeder Lastintensität während der Bemessungslebensdauer des Tragwerks definiert. Wenn zwei oder mehrere voneinander unabhängige Nutzlastereignisse zu erwarten sind, wird es erforderlich sein, die jeweilige Phasenverschiebung anzugeben.
- (3) Eine realistische Bewertung der Ermüdungsbelastung ist ausschlaggebend für die Berechnung der Lebensdauer des Tragwerks. Wo keine veröffentlichten Nutzlastdaten existieren, sollten Werte für die Ermüdungsbelastung bestehender Tragwerke unter ähnlichen Beanspruchungsbedingungen angesetzt werden.
- (4) Durch die kontinuierliche Messung von Beanspruchungen oder Verformungen als Stichprobe in einem geeigneten Zeitraum sollten Daten für die Ermüdungsbelastung aus der nachfolgenden Analyse des Tragwerksverhaltens abgeleitet werden. Liegen die Lastfrequenzen in der Nähe der Eigenfrequenzen des Tragwerkes, so sind die dynamischen Vergrößerungseinflüsse besonders zu beachten.

ANMERKUNG Weitere Hinweise werden in Anhang C gegeben.

- (5) Das Bemessungslastkollektiv sollte auf der Grundlage gewählt werden, dass es einen geschätzten oberen Grenzwert der akkumulierten Betriebsbedingungen während der gesamten Bemessungslebensdauer des Tragwerks darstellt. Alle wahrscheinlichen betrieblichen und umweltbedingten Einflüsse aus der vorausgesehenen Nutzung des Tragwerks während der erwähnten Zeit sollten berücksichtigt werden.
- (6) Der Grenzwert des Konfidenzbereiches für die Ermittlung der Intensität des Bemessungslastkollektivs sollte auf der Grundlage des vorausgesagten Mittelwerts plus k_F mal Standardabweichungen festgelegt werden. Der Grenzwert des Konfidenzbereiches für die Ermittlung der Anzahl der Schwingspiele im Bemessungslastkollektiv sollte auf der Grundlage des vorausgesagten Mittelwerts plus k_N mal Standardabweichungen festgelegt werden.

ANMERKUNG Werte für k_F und k_N dürfen im Nationalen Anhang definiert werden. Empfohlene Zahlenwerte sind $k_F = 2$ und $k_N = 2$. Siehe auch ANMERKUNG 2 in 2.4 (1).

2.3.3 Äquivalente Ermüdungsbelastung

- (1) Eine vereinfachte äquivalente Ermüdungsbelastung darf eingesetzt werden, wenn die folgenden Voraussetzungen erfüllt sind:
 - a) Das Tragwerk entspricht in seiner grundlegenden Struktur und Form sowie in seinen Abmessungen denjenigen Konstruktionen, für die die äquivalente Ermüdungsbelastung ursprünglich ermittelt wurde;
 - b) die tatsächliche Ermüdungsbelastung entspricht bezüglich Intensität, Frequenz und Wirkungsweise denjenigen, die für die Herleitung der äquivalenten Ermüdungsbelastung eingesetzt wurde;
 - c) die für die Herleitung der äquivalenten Ermüdungsbelastung angenommenen Werte für m_1 , m_2 , N_D und N_L – siehe Bild 6.1 – entsprechen den für das nachzuweisende Detail geltenden Werten;

ANMERKUNG In manchen Fällen werden äquivalente Ermüdungslasten unter Annahme einer einfachen einheitlichen Neigung mit $m_2 = m_1$ und $\Delta\sigma_L = 0$ ermittelt. Bei vielen Anwendungen mit zahlreichen Schwingspielen niedriger Amplitude führt dies zu einer sehr konservativen Schätzung der Lebensdauer.

- d) das dynamische Verhalten des Tragwerks ist ausreichend niedrig, so dass Resonanzeffekte, die von Unterschieden in Masse, Steifigkeit und Dämpfungsbeiwert beeinflusst werden, nur eine geringe Auswirkung auf die gesamte Schadensakkumulation nach der Palmgren-Miner-Regel haben.
- (2) Im Fall, dass eine äquivalente Ermüdungsbelastung speziell für eine Konstruktion aus einer Aluminiumlegierung abgeleitet wird, sollten sämtliche unter (1) angesprochenen Punkte berücksichtigt werden.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

2.4 Teilsicherheitsbeiwerte für Ermüdungslasten

((1) In Fällen, in denen die Ermüdungslasten F_{Ek} entsprechend den Anforderungen in 2.3.1 (2) and 2.3.2 ermittelt wurden, sollte auf diese Lasten ein Teilsicherheitsbeiwert zur Ermittlung der Bemessungslast F_{Ed} angewandt werden.

$$F_{Ed} = \gamma_{Ff} F_{Ek} \quad (2.2)$$

Dabei ist

γ_{Ff} der Teilsicherheitsbeiwert für Ermüdungslasten.

ANMERKUNG 1 Die Teilsicherheitsbeiwerte dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden. Der empfohlene Wert ist $\gamma_{Ff} = 1,0$.

ANMERKUNG 2 In Fällen, in denen Ermüdungslasten auf der Grundlage anderer Konfidenzgrenzwerte als in 2.3.2(6) angegeben definiert wurden, sind Teilsicherheitsbeiwerte für Lasten in Tabelle 2.1 gegeben. Alternative Werte dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden.

Tabelle 2.1 — Empfohlene Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Ff} für die Intensität und Anzahl der Schwingspiele im Ermüdungslastkollektiv

k_F	γ_{Ff}	
	$k_N = 0$	$k_N = 2$
0	1,5	1,4
1	1,3	1,2
2	1,1	1,0

2.5 Anforderungen an die Ausführung

(1) In EN 1090-3 wird die Festlegung von Ausführungsklassen gefordert. Diese können von der Beanspruchungskategorie abhängig sein.

ANMERKUNG Hinweise zur Wahl der Ausführungsklasse und der Beanspruchungskategorie sind in EN 1999-1-1 angegeben. Hinweise zum Ausnutzungsgrad sind L.5 zu entnehmen; sie gelten nur bei Übernahme der in Anhang J enthaltenen Ermüdungswiderstandsdaten. 

3 Werkstoffe, Produktbestandteile und Verbindungsmittel

(1) Die Bemessungsregeln der EN 1999-1-3 gelten – wie in EN 1999-1-1:05-2005 aufgelistet – für Produkte, die Bestandteile von Bauteilen und Tragwerken bilden, mit der Ausnahme folgender Legierungen niedriger Festigkeit: EN AW-3005, EN AW-3103, EN AW-5005, EN AW-8011A in allen Zuständen sowie EN AW-6060 im Zustand T5.

ANMERKUNG 1 Für die oben erwähnten Legierungen und Zustände niedriger Festigkeit existieren keine zuverlässigen Ermüdungsdaten.

Der Nationale Anhang kann Ermüdungsdaten für solche Legierungen beziehungsweise Zustände geben. Versuche zur Ermittlung der Daten sollten entsprechend Anhang C durchgeführt werden.

ANMERKUNG 2 Für Gussstücke siehe Anhang I.

(2) EN 1999-1-3 deckt Bauteile mit offenen und geschlossenen Querschnitten, einschließlich solcher Teile, die aus Kombinationen solcher Bauteile aufgebaut sind, ab.

(3) EN 1999-1-3 deckt Bauteile und Tragwerke mit folgenden Verbindungsmitteln:

- Lichtbogen-Schweißen (Metall-Schutzgas-Schweißen und Wolfram-Inert-Gasschweißen);
- Stahlschrauben, die in EN 1999-1-1, Tabelle 3.4 aufgelistet sind.

ANMERKUNG Für Klebeverbindungen siehe Annex E.

(4) Für die Ermüdungsbemessung und den Nachweis für Stahlschrauben bei Zug und Schub siehe EN 1993-1-9, Tabelle 8.1.

4 Dauerhaftigkeit

(1) Daten zur Ermüdungsfestigkeit in EN 1999-1-3 sind bei normaler Witterung bis zu einer Temperatur von 100 °C anwendbar. Jedoch gelten im Fall der Legierung EN AW-5083 bei Temperaturen größer als 65 °C Ermüdungsfestigkeitsdaten in EN 1999-1-3 nur unter Anwendung einer effizienten Korrosions-Schutzbeschichtung.

(2) Ermüdungsfestigkeitsdaten könnten bei manchen Typen aggressiver Umweltbedingungen nicht angewandt werden. Eine Anleitung über Werkstoffe und Umweltbedingungen geben 6.2 und 6.4.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf weitere Informationen zu der lokalen Umweltbedingungen entsprechenden Lebensdauer geben.

(3) Bei Klebeverbindungen müssten gegebenenfalls besondere Umweltbedingungen und -wirkungen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Siehe Anhang E.

5 Strukturanalyse

5.1 Globale Analyse

5.1.1 Allgemeines

(1) Die Analysemethode sollte so gewählt werden, dass diese eine genaue Voraussage des elastischen Spannungsverhaltens der Konstruktion unter der vorgeschriebenen Ermüdungslast liefert, so dass die maximalen und minimalen Spannungsspitzen im Spannungs-Zeit-Verlauf bestimmt werden, siehe Bild 5.1.

ANMERKUNG Ein elastisches Modell für die statische Berechnung (für den Grenzzustand der Tragfähigkeit oder der Gebrauchstauglichkeit) in Übereinstimmung mit EN 1990-1-1 braucht nicht unbedingt für die Ermüdungsberechnung ausreichend sein.

(2) Dynamische Einflüsse sollten bei der Berechnung des Spannungs-Zeit-Verlaufs einbezogen werden, außer bei Anwendung einer äquivalenten Einwirkung, die diese Einflüsse bereits berücksichtigt.

(3) Wo das elastische Verhalten vom Dämpfungsgrad beeinflusst wird, sollte dies durch Versuche festgestellt werden.

ANMERKUNG Siehe Anhang C.

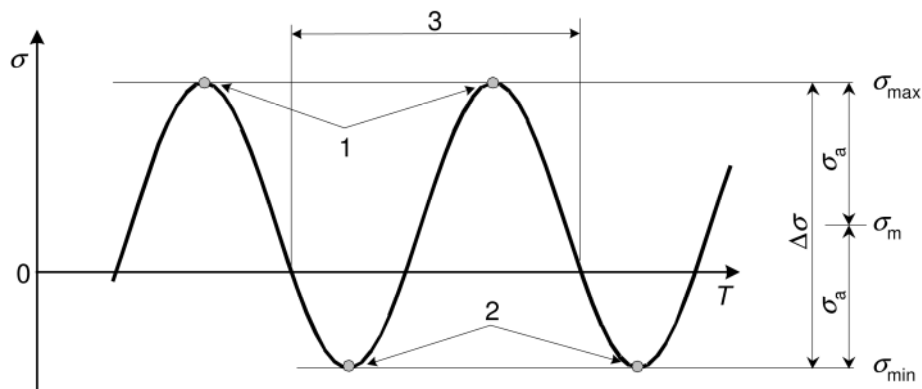
(4) Für statisch unbestimmte Tragwerke sollte keine plastische Umverteilung der Kräfte zwischen den Bauteilen angenommen werden.

(5) Der Aussteifungseffekt anderer Werkstoffe, die dauerhaft an der Aluminiumkonstruktion angebracht werden, sollte in der elastischen Analyse berücksichtigt werden.

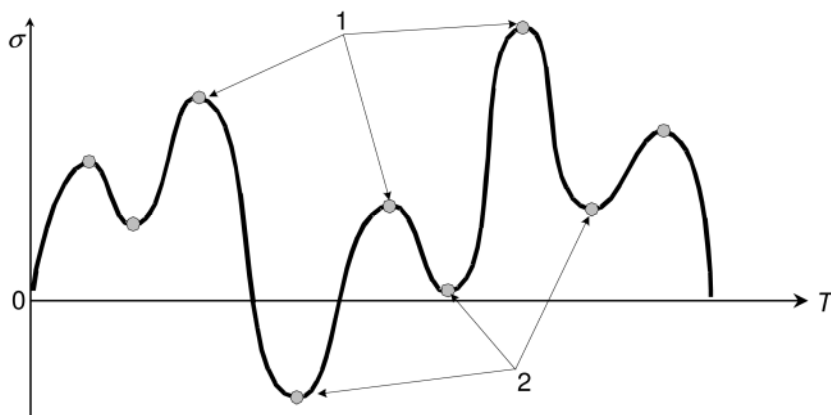
(6) Modelle für die Globalanalyse statisch unbestimmter Tragwerke und Fachwerkrahmen mit steifen oder halbsteifen Verbindungen (z. B. Finite-Elemente-Modelle) sollten auf ein elastisches Werkstoffverhalten basieren, außer wenn Beanspruchungsdaten an Prototypen oder maßstabgetreu nachgebildeten Modellen ermittelt worden sind.

ANMERKUNG Der Ausdruck „Finite-Element-Analyse“ wird verwendet für Analyseverfahren, wo Tragwerksteile und Verbindungen durch Anordnungen von Stab-, Balken-, Membran-, Kontinuumsselementen oder anderen Elementformen repräsentiert werden. Zweck der Analyse ist den Spannungszustand zu bestimmen, bei dem Verformungskompatibilität und statisches (oder dynamisches) Gleichgewicht herrscht.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)



a) Konstante Amplitude



b) Variable Amplitude

Legende

- 1 Spannungsspitze
- 2 Spannungstiefpunkt
- 3 Spannungsschwingspiel



Spannungs-Umkehrpunkt

- $\sigma_{\max}$ Maximalspannung
- $\sigma_{\min}$ Minimalspannung
- σ_m Mittelspannung
- $\Delta\sigma$ Spannungsschwingbreite
- σ_a Spannungsamplitude

Bild 5.1 — Terminologie von Spannungs-Zeit-Verläufen und Spannungsschwingspielen

5.1.2 Anwendung von Balkenelementen

- (1) Balkenelemente sollten bei der Globalanalyse von Balken, Rahmen oder Fachwerken eingesetzt werden, die den nachfolgenden Begrenzungen in (2) bis (7) entsprechen.
- (2) Balkenelemente sollten nicht bei der Ermüdungsanalyse von ausgesteiften Plattenkonstruktionen in ebenen oder Schalenkonstruktionen oder für Guss- oder Schmiedeteile verwendet werden, es sei denn sie haben eine einfache prismatische Form.
- (3) Die Axial-, Biege-, Scher- und Torsionssteifigkeitseigenschaften der Balkenelemente sollten entsprechend der linear-elastischen Theorie berechnet werden unter der Annahme, dass ebene Querschnitte eben bleiben. Eine Verwölbung des Querschnitts infolge Torsion sollte jedoch berücksichtigt werden.
- (4) Wenn Balkenelemente in Tragwerken unter Torsionsbeanspruchung mit Bauteilen aus offenen oder Hohlquerschnitten, die für Verwölbung anfällig sind, verwendet werden, sollten diese 7 Freiheitsgrade bei Berücksichtigung der Verwölbung besitzen. Alternativ sollten Schalenelemente zum Modellieren des Querschnitts verwendet werden.

(5) Die Querschnitseigenschaften der Balkenelemente in der Nähe von Bauteilstößen oder -anschlüssen sollten, die wegen der Verbindungsabmessungen und der Anwesenheit weiterer Komponenten (z. B. Knoten- oder Verbindungsbleche etc.) erhöhte Steifigkeit berücksichtigen.

(6) Die Steifigkeitseigenschaften von Balkenelementen bei der Modellierung von schrägen Kreuzungen zwischen offenen Profilen oder Hohlprofilen, deren Querschnitte nicht in die Kreuzverbindung hineinragen (z. B. bei nicht ausgesteiften Rohrknoten), oder bei halbsteifen Ausbildung (z. B. angeschraubte Kopfplatte oder Winkelquerverbindungen) sollten entweder durch Schalenelemente oder durch Federverbindungen der Elemente erfasst werden. Die Federn sollten ausreichende Steifigkeit für jeden Freiheitsgrad besitzen und ihre Steifigkeit sollte entweder durch Versuche oder durch Schalenelementmodelle der Verbindung bestimmt werden.

(7) Wo Balkenelemente verwendet werden für die Modellierung eines Tragwerks mit Exzentrizitäten zwischen den Bauteilachsen an Verbindungen oder wenn Lasten und Verschiebungen exzentrisch auf Bauteile wirken, sollten steife Verbindungselemente an diesen Stellen verwendet werden, um das richtige statische Gleichgewicht beizubehalten. Ähnliche Federn wie in 5.1.2(6) sollten nach Bedarf verwendet werden.

5.1.3 Anwendung von Membran-, Schalen- und Kontinuumelementen

(1) Membranelemente sollten nur an solchen Stellen eines Tragwerks verwendet werden, wo Biegespannungen außerhalb ihrer Ebene bekanntlich vernachlässigbar sind.

(2) Schalenelemente sollten bei allen Tragwerkstypen anwendbar sein, außer bei Guss-, Schmiede- oder maschinell geformten Teilen komplizierter Form, wo dreidimensionale Spannungsfelder vorkommen und hier Kontinuumelemente verwendet werden sollten.

(3) Wo Membran- oder Schalenelemente bei der Globalanalyse zur Berücksichtigung von größeren Spannungs-Konzentrationseinflüssen, wie unter 5.2.2 beschrieben, eingesetzt werden, sollte die Netzweite im Bauteilbereich der Rissentstehungsstelle zur vollständigen Erfassung des Einflusses ausreichend klein sein.

ANMERKUNG Siehe Anhang D.

5.2 Spannungsarten

5.2.1 Allgemeines

(1) Drei verschiedene Arten von Spannungen dürfen angewandt werden und zwar:

- a) Nennspannungen, siehe 5.2.2. Für die Herleitung von Nennspannungen siehe 5.3.1;
- b) modifizierte Nennspannungen, siehe 5.2.3. Für die Herleitung von modifizierten Nennspannungen siehe 5.3.2;
- c) Hot-Spot-Spannungen, siehe 5.2.4 und 5.3.3.

5.2.2 Nennspannungen

(1) Nennspannungen, siehe Bild 5.2, sollten direkt für die Bewertung von Rissentstehungsstellen in einfachen Bauteilen und Verbindungen verwendet werden, wo die folgenden Bedingungen gelten:

- a) Die Konstruktionsdetails in Verbindung mit der Rissentstehungsstelle entsprechen den Detailkategorien;
- b) die Detailkategorie wurde durch Versuche bestimmt, wobei die Versuchsergebnisse auf der Grundlage von Nennspannungen definiert wurden;

ANMERKUNG Versuche sollten entsprechend Anhang C durchgeführt werden.

- c) große geometrische Einflüsse, wie die in 5.2.3 aufgelisteten, liegen nicht in der Nähe der Rissentstehungs-Stelle.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

5.2.3 Modifizierte Nennspannungen

(1) Modifizierte Nennspannungen sollten anstelle von Nennspannungen verwendet werden, wenn die Rissentstehungsstelle sich in der Nähe einer oder mehrerer der nachfolgenden großen geometrischen Spannungskonzentrationseinflüsse (siehe Bild 5.2) befindet, unter der Voraussetzung, dass die Bedingungen 5.2.1(a) und (b) weiter gelten:

- a) Grosse Änderungen der Querschnittsform, z. B. Ausschnitte oder Übergangsecken;
- b) große Änderungen der Steifigkeit in der Umgebung des Bauteilquerschnitts an ungesteiften, schrägen Verbindungen von offenen oder Hohlquerschnitten;
- c) Richtungsänderung oder Versatz größer als in den Tabellen der Detailkategorien zugelassen;
- d) nicht gleichmäßig verteilte Schubbeanspruchungen in breiten Platten;

ANMERKUNG Siehe EN 1999-1-1, K.1.

- e) Verformung von Hohlbauteilen;
- f) nicht-lineare, außerhalb der Ebene wirkende Biegebeanspruchungen in schlanken Bauteilen, d. h. Querschnitte der Klasse 4, wo die statische Beanspruchung sich in der Nähe der kritischen elastischen Spannung befindet, z. B. Zugfeld im Steg.

ANMERKUNG Siehe Anhang D.

(2) Die oben genannten geometrischen Spannungskonzentrationseinflüsse sollten berücksichtigt werden durch den Beiwert K_{gt} , siehe Bild 5.2, der als theoretische Spannungskonzentration beim linear elastischen Werkstoff definiert wird, bei Vernachlässigung aller Einflüsse (lokal oder geometrisch), die bereits enthalten sind bei der $\Delta\sigma-N$ Ermüdungsfestigkeitskurve des klassifizierten konstruktiven Referenz-Details.

5.2.4 Hot-Spot-Spannungen

(1) Hot-Spot-Spannungen können nur verwendet werden, wenn die folgenden Bedingungen gelten:

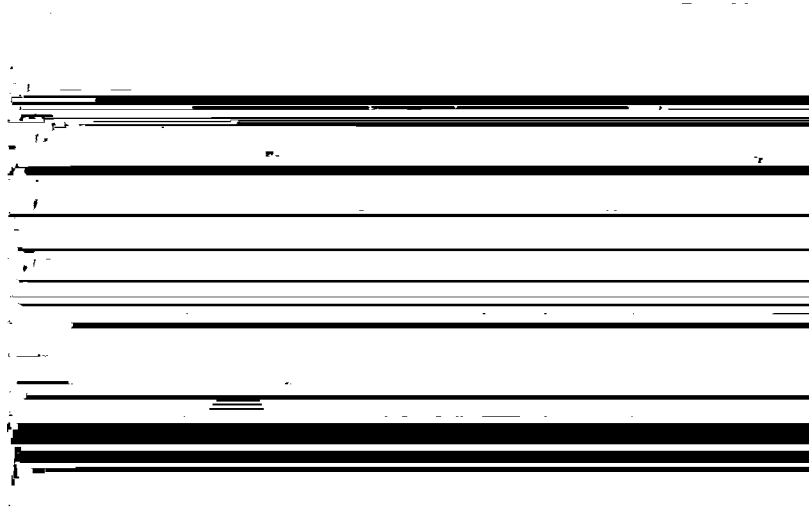
- a) Die Rissentstehungsstelle ist ein Schweißnahtübergang in einer Verbindung mit einer komplizierten Geometrie, wo die Nennspannungen nicht klar definiert sind;

ANMERKUNG Wegen der großen Auswirkung der Wärmeeinflusszone auf die Festigkeit von geschweißten Aluminiumbauteilen sind Erfahrungen mit Details von Stahlkonstruktionen auf Aluminium meistens nicht übertragbar.

- b) eine Hot-Spot-Detailkategorie ist durch Versuche definiert und die Versuchsergebnisse sind auf der Grundlage von Hot-Spot-Spannungen für den geeigneten Belastungsfall ausgedrückt worden;
- c) Schalen-Biegespannungen treten in verformungsfähigen Verbindungen entsprechend 5.1.2(6) auf;

ANMERKUNG Siehe Anhänge C, D und K.

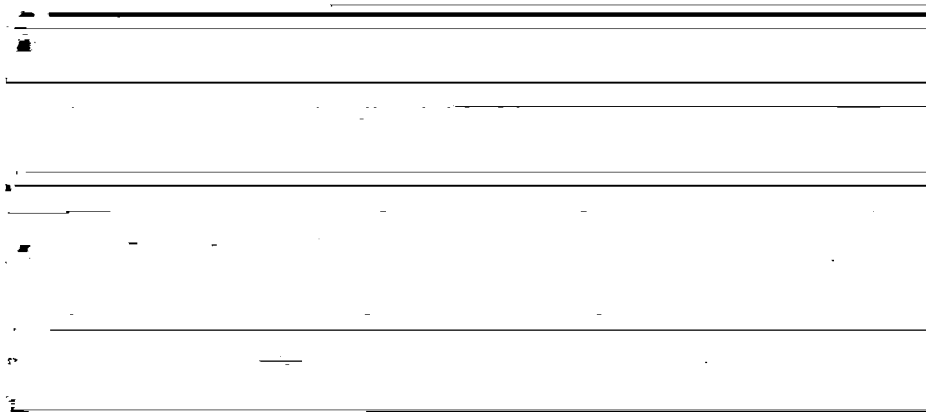
- d) für die Herleitung von Hot-Spot-Spannungen siehe 5.3.3 und 6.2.4.



Legende

- 1 Rissentstehungsstelle
- 2 Lineare Spannungsverteilung, der Spannungserhöhungsbeiwert am Nahtübergang bei z nicht berechnet

a) Lokale Spannungskonzentration beim Schweißnahtübergang



Legende

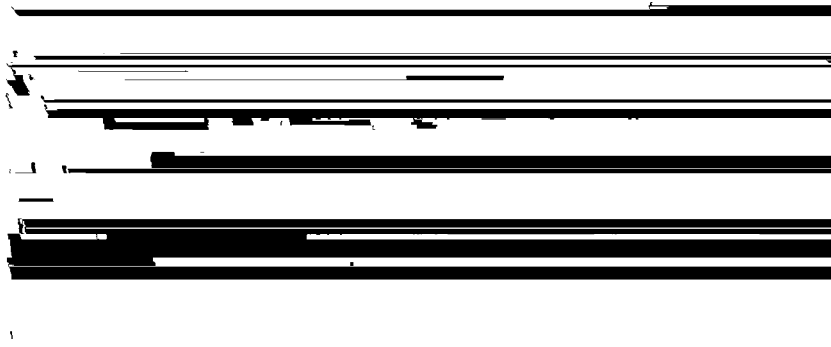
- 3 Nichtlineare Spannungsverteilung
- 4 Schweißnaht
- 5 große Öffnung

b) Brutto Spannungskonzentration bei großer Öffnung

$\Delta \sigma$ = Schwingbreite der Nennspannung;

$\Delta \sigma K_{gt}$ = Schwingbreite der modifizierten Nennspannung an
Rissentstehungsstelle x infolge der Öffnung

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)



Legende

- $\Delta \sigma$ Schwingbreite der Nennspannung
 $\Delta \sigma_{K_{gt}}$ modifizierte Nennspannung an Rissentstehungsstelle x infolge der geometrischen Spannungskonzentrationseffekte

c) Verbindungsbereich hoher Steifigkeit

Bild 5.2 — Beispiele für Nennspannungen und modifizierte Nennspannungen

5.3 Herleitung von Spannungen

5.3.1 Herleitung von Nennspannungen

5.3.1.1 Konstruktionsmodelle mit Balkenelementen

(1) Axial- und Schubspannungen an der Rissentstehungsstelle sollten aus den Axialkräften, Biegemomenten, Schub- und Torsionskräften an dem betrachteten Querschnitt mit Hilfe linear-elastischer Querschnittseigenschaften ermittelt werden.

(2) Querschnittsflächen und Widerstandsmomente sollten sämtliche spezifischen Anforderungen einer Detailkategorie berücksichtigen.

5.3.1.2 Konstruktionsmodelle mit Membran-, Schalen- oder Kontinuumselementen

(1) Wo die Verteilung der Axialspannung um beide Achsen eines Bauteilquerschnitts linear verläuft, dürfen die Spannungen an der Rissentstehungsstelle direkt benutzt werden.

(2) Wo die Verteilung der Axialspannung um irgend eine der Achsen eines Bauteilquerschnitts nicht linear verläuft, sollten die Spannungen entlang des Querschnitts integriert werden, um die Axialkraft und das Biegemoment zu ermitteln.

ANMERKUNG Letztere sollten zusammen mit den geeigneten Querschnittsfläche und Widerstandsmomente für die Ermittlung der Nennspannungen verwendet werden.

5.3.2 Herleitung von modifizierten Nennspannungen

5.3.2.1 Konstruktionsmodelle mit Balkenelementen

- (1) Nennspannungen sollten mit den geeigneten elastischen Spannungskonzentrationsbeiwerten K_{gt} entsprechend der Position der Rissentstehungsstelle und der Art des Spannungsfeldes multipliziert werden.
- (2) K_{gt} sollte sämtliche geometrische Fehlstellen berücksichtigen, außer denjenigen die bereits in der Detailkategorie enthalten sind.
- (3) K_{gt} sollte nach einer der folgenden Methoden bestimmt werden:
 - a) Standardlösungen für Spannungskonzentrationsbeiwerte;

ANMERKUNG Siehe D.2.

- b) Vernetzung der umgebenden Geometrie mit Schalenelementen unter Berücksichtigung von (2) und Anbringung der Nennspannungen an die Ränder;
- c) Messung elastischer Beanspruchungen auf einem physikalischen Modell, das die großen geometrischen Fehlstellen beinhaltet, diejenigen Merkmale jedoch ausschließt, die bereits in der Detailkategorie enthalten worden sind (siehe (2)).

5.3.2.2 Konstruktionsmodelle mit Membran-, Schalen- oder Kontinuumelementen

- (1) Wo die modifizierte Nennspannung aus der Globalanalyse im Bereich der Rissentstehungsstelle zu ermitteln sein wird, sollte diese auf der folgenden Grundlage gewählt werden:
 - a) Lokale Spannungskonzentrationen wie das bereits im Kerbfall enthaltene klassifizierte Konstruktionsdetail und das in der Detailkategorie bereits enthaltene Nahtprofil sollten ausgeschlossen werden;
 - b) die Netzweite im Bereich der Rissentstehungsstelle sollte ausreichend klein sein, um das allgemeine Spannungsfeld um diese Stelle herum genau vorauszusagen, jedoch ohne Berücksichtigung der Merkmale unter (a).

ANMERKUNG Siehe D.1.

5.3.3 Herleitung von Hot-Spot-Spannungen

- (1) Die Hot-Spot-Spannung ist die Hauptspannung meist quer zur Schweißnahtübergangslinie und sollte im allgemeinen durch numerische oder experimentelle Methoden berechnet werden, außer in Fällen, wo Standardlösungen vorhanden sind.

ANMERKUNG Siehe D.1

- (2) In einfachen Fällen, wie in Bild 5.2 (c), die Hot-Spot-Spannung darf der modifizierten Nennspannung gleich gesetzt und nach 5.2.3 berechnet werden.

- (3) Im Allgemeinen sollte die Ermüdungsspannung an dem Schweißnahtübergang die Spannungskonzentrationseinflüsse, d. h. die Schweißnahtgeometrie, am klassifizierten Referenzdetail ausschließen, für Konstruktionsfälle, bei denen die Standardbeiwerte der Spannungskonzentration nicht anwendbar sind und für die somit eine besondere Analyse erforderlich ist.

5.3.4 Spannungsrichtung

- (1) Die Hauptspannungsschwingbreite ist die größte algebraische Differenz zwischen den Hauptspannungen, sofern ihre Hauptebenen weniger als 45° voneinander differieren.
- (2) Um entscheiden zu können ob ein konstruktives Detail normal oder parallel zur Schweißnahtachse verläuft, ist dieses als parallel hierzu einzustufen, wenn die Zug-Hauptspannungsrichtung weniger als 45° zu der Nahtachse beträgt.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

5.4 Spannungsschwingbreiten für bestimmte Rissentstehungsstellen

5.4.1 Grundmaterial, Schweißnähte und Verbindungen mit mechanischen Befestigungselementen

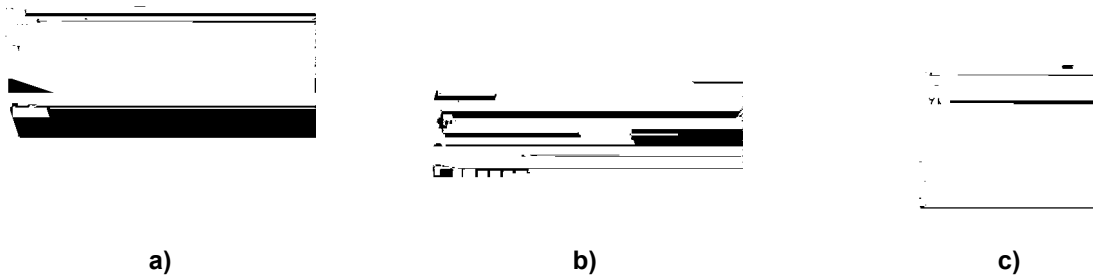
(1) Risse die an Nahtübergangsstellen, Nahtüberhöhungen, Löchern von Verbindungsmitteln, Reibkontaktflächen, usw. entstehen und durch den Grundwerkstoff oder voll durchgeschweißten Nahtwerkstoff fortschreiten, sollten auf der Grundlage der Nenn-Hauptspannungsschwingbreite im Bauteil an dieser Stelle berechnet werden (siehe Bild 5.3).

(2) Der lokale Spannungskonzentrationseinfluss von Nahtprofil, Schraub- und Nietlöchern, etc. sind in den $\Delta\sigma$ - N Festigkeitsdaten für die maßgebende konstruktive Detailkategorie berücksichtigt.

5.4.2 Kehlnähte und partiell durchgeschweißte Stumpfnähte

(1) Risse, die an Schweißnahtwurzeln entstehen und durch die Naht fortschreiten, sollten auf der Grundlage der vektoriellen Summe $\Delta\sigma$ der Spannungen im Schweißwerkstoff, bezogen auf der effektiven Nahtdicke, berechnet werden – siehe Bild 5.3.

ANMERKUNG Der Referenz-Festigkeitswert kann wie beim Konstruktionsdetail 9.2 in Tab. J.9 gewählt werden.



P_w und H_w sind Kräfte pro Längeneinheit

Bild 5.3 — Spannungen im Nahtthals

(2) In einseitigen Überlappverbindungen darf die auf der Nahtlänge bezogene Spannung auf der Grundlage der Durchschnittsfläche für Axialkräfte und eines elastischen polaren Trägheitsmomentes der Nahtgruppe, im Fall von Momentenbeanspruchung in der Ebene, berechnet werden (siehe Bild 5.4).

ANMERKUNG Der Referenz-Festigkeitswert kann wie beim Konstruktionsdetail 9.4 in Tabelle J.9 gewählt werden.

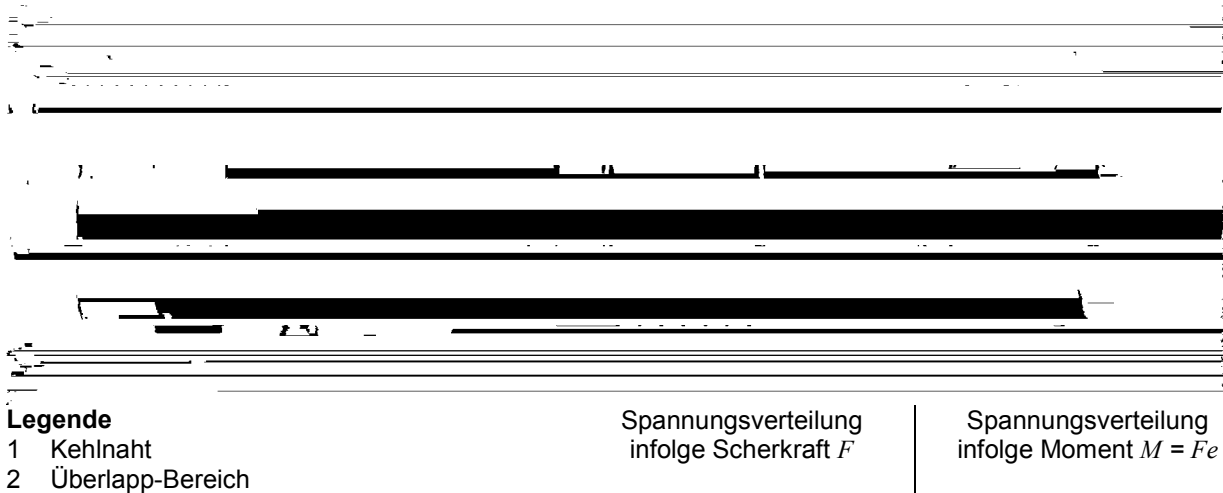


Bild 5.4 — Spannungen in Überlappverbindungen

5.5 Klebeverbindungen

- 1) Der Ermüdungsnachweis sollte eine Fehler enthaltende Oberfläche in der Kleberschicht beinhalten.

ANMERKUNG Siehe Anhang E.

5.6 Gussstücke

- (1) Die Haupt-Strukturspannung sollte verwendet werden. Finite-Element-Analyse oder Dehnungsmessung im Fall komplizierter Formen, für die keine Standardlösungen vorhanden sind, könnte erforderlich sein.

5.7 Spannungskollektive

- (1) Die Methoden für die Zählung von Spannungsschwingbreiten zur Herleitung von Spannungskollektiven werden im Anhang A angegeben.

5.8 Berechnung von äquivalenten Spannungsschwingbreiten für standardisierte Ermüdungsbelastungs-Modelle

5.8.1 Allgemeines

- (1) Der Ermüdungsnachweis für standardisierte Ermüdungslasten, wie in EN 1991 festgelegt, sollte nach einer der folgenden Methoden durchgeführt werden:

- Nenn-Spannungsschwingbreiten für Konstruktionsdetails aus der Beschreibung in den Detailkategorien;
- modifizierte Nenn-Spannungsschwingbreiten bei plötzlichen Querschnitts-Änderungen in der Nähe der Rissentstehungsstelle, die nicht in den Angaben der Konstruktionsdetails beschrieben sind;
- Strukturspannungsschwingbreiten, wo hohe Spannungsgradienten in der Nähe des Schweißnaht-übergangs auftreten.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf Information über die Anwendung von Nenn-Spannungsschwingbreiten oder modifizierten Nenn-Spannungsschwingbreiten geben.

- $\overline{A_1}$ (2) Der Bemessungswert der Spannungsschwingbreite für den Ermüdungsnachweis sollte die Spannungs-Schwingbreite $\gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2e}$ bei $N_C = 2 \times 10^6$ Schwingspielen sein. $\overline{A_1}$

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

5.8.2 Bemessungswert der Spannungsschwingbreite

A1 (1) Der Bemessungswert für die Schwingbreite der Nennspannung $\gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2e}$ sollte wie folgt ermittelt werden:

$$\gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2e} = \lambda_1 \times \lambda_2 \times \dots \lambda_i \times \dots \lambda_n \times \Delta \sigma(\gamma_{Ff} Q_k) \quad \text{für Nennspannungen} \quad (5.1)$$

$$\gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2e}^* = K_{gt} \gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2e} \quad \text{für modifizierte Nennspannungen} \quad (5.2)$$

Dabei ist

- $\Delta \sigma(\gamma_{Ff} Q_k)$ die Spannungsschwingbreite aus den in EN 1991 festgelegten Ermüdungslasten
- λ_i die schadensäquivalenten Beiwerte, abhängig von der Lastsituation und den konstruktiven Merkmalen sowie von anderen Faktoren;
- K_{gt} der Spannungskonzentrations-Beiwert, der die lokale Spannungserhöhung in Abhängigkeit von der Detailgeometrie berücksichtigt, die nicht in der Referenz- $\Delta \sigma_C$ - N -Kurve enthalten ist, siehe 5.3.2.1.

ANMERKUNG 1 Die Werte für λ_i dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden.

ANMERKUNG 2 Die λ_i -Werte für Stahlbauteile dürfen nicht ohne Weiteres auf Aluminiumbauteile übertragen werden. **A1**

6 Ermüdungswiderstand und Detailkategorien

6.1 Detailkategorien

6.1.1 Allgemeines

Der Nachweis ausreichender Ermüdungsfestigkeit basiert auf Festigkeitswerten einer Anzahl von standardisierten Detailkategorien. Eine Detailkategorie kann eine oder mehrere häufig benutzte und klassifizierte Konstruktionsdetails beinhalten. Die Detailkategorien sollten durch ihre Referenz-Ermüdungsfestigkeit und den entsprechenden Wert der Neigung im Hauptbereich der linearisierten $\Delta \sigma$ - N Beziehung definiert werden, und sollten den Bestimmungen in 6.2 gerecht werden.

6.1.2 Einflussfaktoren für die Detailkategorien

- (1) Die Ermüdungsfestigkeit für eine Detailkategorie sollte die folgenden Faktoren berücksichtigen:
 - a) die Richtung der veränderlichen Spannung relativ zum Konstruktionsdetail;
 - b) die Position des entstehenden Risses im Konstruktionsdetail;
 - c) die geometrische Anordnung und relative Proportionen des Konstruktionsdetails.
- (2) Die Ermüdungsfestigkeit hängt von den folgenden Punkten ab:
 - a) der Produktform;
 - b) dem Werkstoff (außer im geschweißten Zustand);
 - c) der Methode der Ausführung;
 - d) der Qualitätsstufe (bei Schweißungen und Gussstücken);
 - e) der Art der Verbindung.

6.1.3 Konstruktionsdetails

(1) Konstruktionsdetails können in die folgenden drei Hauptgruppen eingeteilt werden:

- a) nicht geschweißte Bauteile, geschweißte Bauteile, Schraubverbindungen;
- b) Klebeverbindungen;
- c) Gussstücke.

ANMERKUNG 1 Eine Reihe von Detailkategorien und Konstruktionsdetails mit $\Delta\sigma$ - N Beziehungen für die Ermüdungsfestigkeit von Bauteilen der Gruppe a) unter Umgebungstemperatur, die keinen Oberflächenschutz benötigen (siehe Tabelle 6.2), enthält Anhang J. Der Nationale Anhang darf weitere Reihen von Detailkategorien und Konstruktionsdetails in Verbindung mit Übereinstimmungskriterien unter Berücksichtigung der Regeln in 6.1.2 und 6.1.3 für solche Bauteile festlegen. Die im Anhang J angegebene Reihe von Kategorien wird empfohlen.

ANMERKUNG 2 Der Nationale Anhang darf Konstruktionsdetails festlegen, die nicht in Anhang J erfasst sind.

ANMERKUNG 3 Für Hinweise über Gussstücke siehe Anhang I.

ANMERKUNG 4 Für Hinweise über Klebeverbindungen siehe Anhang E.

6.2 Werte der Ermüdungsfestigkeit

6.2.1 Klassifizierte Konstruktionsdetails

(1) Die verallgemeinerte Form der $\Delta\sigma$ - N Beziehung wird in Bild 6.1 gezeigt, in logarithmischen Koordinaten. Die Ermüdungsfestigkeitskurve entspricht einem unteren Grenzwert im Abstand der zweifachen Standardabweichung vom Mittelwert aus.

(2) Die Grundbeziehung für die Ermüdungsbemessung für eine Lebensdauer im Bereich zwischen 10^5 und 5×10^6 Schwingspielen wird definiert durch die Gleichung:

$$N_i = 2 \times 10^6 \left(\frac{\Delta\sigma_c}{\Delta\sigma_i} \frac{1}{\gamma_{Ff} \gamma_{Mf}} \right)^{m_1} \quad (6.1)$$

Dabei ist

- N_i die berechnete Anzahl von Schwingspielen bis zum Versagen bei der Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma_i$;
- $\Delta\sigma_c$ der Referenzwert der Ermüdungsfestigkeit bei 2×10^6 Schwingspielen, abhängig von der Detailkategorie, wozu Tabelle 6.1 standardisierte Werte gibt;
- $\Delta\sigma_i$ die konstante Spannungsschwingbreite für die Hauptspannungen im Konstruktionsdetail für n_i Schwingspiele; $\Delta\sigma_i$
- m_1 die Neigung der $\log\Delta\sigma$ - $\log N$ -Ermüdungsfestigkeitskurve, abhängig von der Detailkategorie; m_1
- γ_{Ff} der Teilsicherheitsbeiwert, der Unsicherheiten in der Bestimmung des Belastungskollektivs und in der Verhaltensanalyse abdeckt;
- γ_{Mf} der Teilsicherheitsbeiwert für Unsicherheiten in Werkstoffen und Ausführung (siehe 6.2.1(4)).

ANMERKUNG 1 Für Werte von γ_{Ff} siehe 2.4.

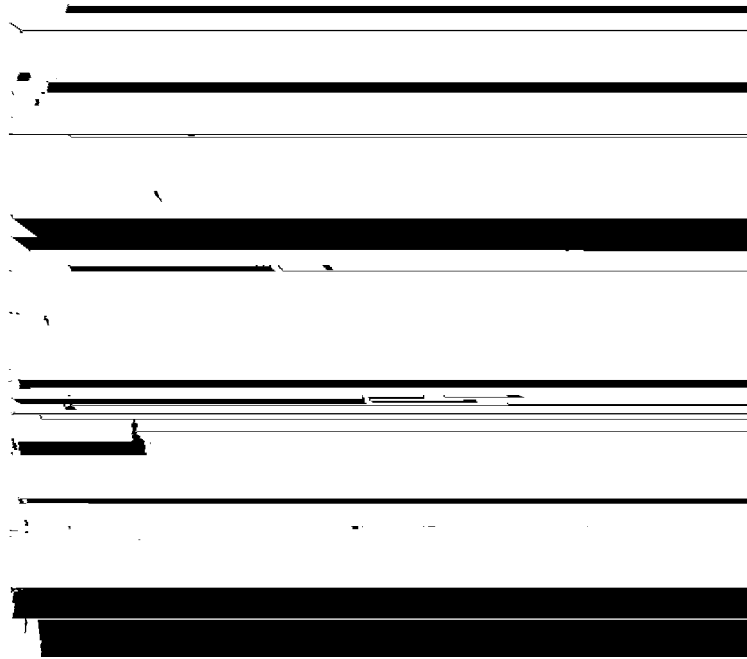
$\Delta\sigma_i$ ANMERKUNG 2 Der Zahlenwert des Teilsicherheitsbeiwerts γ_{Mf} für einen bestimmten Konstruktionsdetail-Typ darf im Nationalen Anhang festgelegt werden. Die empfohlenen Werte sind Abschnitt L.4 zu entnehmen; sie gelten nur bei Übernahme der in Anhang J enthaltenen Ermüdungswiderstandsdaten. $\Delta\sigma_i$

ANMERKUNG 3 Für den Zahlenwert des Teilsicherheitsbeiwerts γ_{Mf} für Klebeverbindungen siehe Anhang E.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

Tabelle 6.1 — Liste der standardisierten $\Delta\sigma_c$ -Werte (N/mm²) für die Verwendung innerhalb der Detailkategorien

140, 125, 112, 100, 90, 80, 71, 63, 56, 50, 45, 40, 36, 32, 28, 25, 23, 20, 18, 16, 14, 12



Legende

- a Ermüdungsfestigkeitskurve;
- b charakteristische Ermüdungsfestigkeit;
- c Dauerfestigkeit;
- d Schwellenwert der Ermüdungsfestigkeit

Bild 6.1 — Ermüdungsfestigkeitskurve $\log\Delta\sigma - \log N$

- (3) Für N_L unter bestimmten Umweltbedingungen, siehe 6.4.
- (4) Die Grundbeziehung für die Ermüdungsbemessung für eine Lebensdauer im Bereich zwischen 5×10^6 und 10^8 Schwingspielen wird definiert durch die Gleichung:

$$N_i = 5 \times 10^6 \left(\frac{\Delta\sigma_c}{\Delta\sigma_i} \frac{1}{\gamma_{Ff} \gamma_{Mf}} \right)^{m_2} \left(\frac{2}{5} \right)^{\frac{m_2}{m_1}} \quad (6.2)$$

- (5) Die Dauerfestigkeit bei konstanten Schwingbreiten, $\Delta\sigma_D$, tritt bei 5×10^6 Schwingspielen auf (für nicht geschweißten Werkstoff wird diese bei 2×10^6 angenommen), darunter werden Schwingspiele konstanter Spannungsamplitude als nicht schädigend angenommen. Jedoch, sofern auch einige Schwingspiele mit Spannungswerten oberhalb dieses Grenzwertes vorkommen, werden sie einen Rissfortschritt verursachen; bei wachsendem Riss werden dann auch Schwingspiele mit niedrigeren Amplituden anfangen, schadenswirksam zu werden. Aus diesem Grund sollte die Neigung der Grundkurve $\Delta\sigma-N$ im Bereich zwischen 5×10^6 und 10^8 Schwingspielen für allgemeine Belastungskollektiv-Bedingungen zu m_2 geändert werden, wobei $m_2 = m_1 + 2$.

ANMERKUNG Die Anwendung des Neigungswertes $m_2 = m_1 + 2$ kann für einige Kollektive konservativ sein.

(6) Jedes Spannungsschwingspiel unterhalb des Schwellenwertes der Ermüdungsfestigkeit $\Delta\sigma_L$, der bei 10^8 Schwingspielen angenommen wird, sollte als nicht schädigend angenommen werden.

(7) Für Spannungsschwingbreiten unterhalb von 10^5 Schwingspielen können Festigkeitswerte gemäß Bild 6.1 unnötig konservativ sein für bestimmte Konstruktionsdetails.

ANMERKUNG Anhang F enthält Empfehlungen für die Ermüdungsbemessung bei Lebensdauern im Bereich unterhalb 10^5 Schwingspielen. Der Nationale Anhang darf weitere Bestimmungen festlegen.

(8) Im Bereich zwischen 10^3 und 10^5 Schwingspielen sollte ein Nachweis erbracht werden, dass die Bemessungsschwingbreite nicht in eine maximale Zugspannung resultiert, die andere Tragsicherheitsbemessungswerte für das Konstruktionsdetail übertrifft, siehe EN 1999-1-1.

(9) Um einen endlichen Bereich von Detailkategorien aufstellen und eine Auf- bzw. Abstufung von Detailkategorien in konstanten geometrischen Intervallen vornehmen zu können, wird ein Bereich von standardisierten $\Delta\sigma_c$ Werten in Tabelle 6.1 angegeben. Eine Auf- oder Abstufung um eine Detailkategorie bedeutet, dass der nächstgelegene größere oder kleinere $\Delta\sigma_c$ Wert gewählt wird und dabei m_1 und m_2 unverändert bleiben. Diese Regelung wird nicht bei Klebeverbindungen angewandt.

(10) Die Detailkategorien gelten für alle Werte der Mittelspannung, wenn nicht anders angegeben.

ANMERKUNG Siehe Anhang G für Anleitung über erhöhte Ermüdungsfestigkeitswerte für Druck- oder niedrige Zugfestigkeitswerte.

(11) Für flache Bauteile unter Biegespannungen, wo $\Delta\sigma_1$ und $\Delta\sigma_2$ (siehe Bild 6.2) vom entgegengesetzten Vorzeichen sind, können die entsprechenden Ermüdungsspannungswerte für bestimmte Konstruktionsdetails um eine oder zwei Detailkategoriestufen nach Tabelle 6.1 für $t \leq 15$ mm erhöht werden.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf den Detail-Typ und den Dickenbereich, für welchen eine Erhöhung zulässig ist, sowie die Anzahl von Kategorien bestimmen. Es wird empfohlen, dass die Erhöhung nicht über 2 Kategorien hinausgeht.

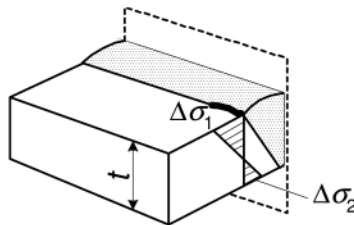


Bild 6.2 — Flaches Bauteil unter Biegespannungen

6.2.2 Nicht klassifizierte Details

(1) Details, die durch eine vorliegende Detailkategorie nicht vollständig abgedeckt werden, sollten durch Verweis auf veröffentlichte Daten, wenn vorhanden, berechnet werden. Alternativ dürfen zur Überprüfung Ermüdungsversuche durchgeführt werden.

ANMERKUNG Ermüdungsversuche sollten entsprechend Anhang C durchgeführt werden.

6.2.3 Klebeverbindungen

(1) Der Bemessung von Klebeverbindungen sollten anwendungsspezifische Versuchsergebnisse, unter Berücksichtigung relevanter Umweltwirkungen zugrunde gelegt werden.

ANMERKUNG Für die Bemessung von Klebeverbindungen siehe Anhang E.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

6.2.4 Bestimmung der Referenzwerte für die Hot-Spot-Ermüdungsfestigkeit

(1) Die kalkulierten Hot-Spot-Spannungen sind abhängig von der angewandten Hot-Spot-Bemessungsmethode, und die Bemessungswerte für die Referenz-Hot-Spot-Ermüdungsfestigkeit sollten dem verwendeten Bemessungsverfahren entsprechen.

ANMERKUNG Anhang K enthält eine Hot-Spot-Referenz-Detail-Methode. Dieser Anhang kann in Kombination mit Anhang J verwendet werden, um die Referenzwerte der Hot-Spot-Ermüdungsfestigkeit zu bestimmen.

6.3 Einfluss der Mittelspannung

6.3.1 Allgemeines

(1) Die in den Detailkategorie-Tabellen angegebenen Ermüdungsfestigkeitswerte entsprechen hohen Zug-Mittelspannungs-Verhältnissen. Ist die Mittelspannung im Druckbereich oder im niedrigen Zugbereich, so kann unter bestimmten Bedingungen die Lebensdauer verlängert werden.

ANMERKUNG Siehe Anhang G für weitere Anleitung.

6.3.2 Grundwerkstoff und Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln

(1) Sofern die Einflüsse aus Zug-Eigenstressungen und Zwängungsspannungen aus mangelhafter Ausführung zu den einwirkenden Spannungen addiert werden, darf ein Ermüdungs-Erhöhebungsbeiwert angewandt werden.

ANMERKUNG Siehe Anhang G.

6.3.3 Schweißverbindungen

(1) Bei Schweißverbindungen sollte keine Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit wegen des Mittelspannungs-Verhältnisses erlaubt werden, außer unter den folgenden Fällen:

- a) Wo Versuche durchgeführt wurden, die dem wahren und endgültigen Spannungszustand im betrachteten Verbindungstyp entsprechen (Eigenstressungen und Zwängungsspannungen aus mangelhafter Ausführung einbezogen) und eine ständige Zunahme der Ermüdungsfestigkeit bei Abnahme der Mittelspannungs-Verhältnisses demonstrieren;
- b) wo Techniken zur Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit angewandt werden, die nachweislich Druck-eigenstressungen erzeugen, und die einwirkende Spannung nicht von einer solchen Größe ist, dass im Betrieb die Druckeigenstressungen durch Fließen abgemindert werden

ANMERKUNG Siehe Anhang G.

6.3.4 Klebeverbindungen

(1) Eine Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit wegen des Mittelspannungs-Verhältnisses sollte ohne versuchstechnische Bestätigung nicht vorgenommen werden.

6.3.5 Bereich der Kurzzeitfestigkeit

(1) Für bestimmte Konstruktionsdetails können bei negativen R -Verhältnissen und bei $N < 10^5$ Schwingspielen höhere Ermüdungsfestigkeiten angewandt werden.

ANMERKUNG Siehe Anhang G.

6.3.6 Schwingspielzählung für die Berechnung des R -Verhältnisses

(1) Um maximale, minimale und Mittelspannungs-Werte für einzelne Schwingspiele eines Kollektivs zu ermitteln ist die Reservoir-Methode, wie unter Anhang A, Bild A.2, anzuwenden.

6.4 Einfluss der Umgebung

(1) Für Kombinationen bestimmter Legierungen und Umweltbedingungen sollte die Stufe der einem Konstruktionsdetail zugeordneten Detailkategorie reduziert werden. Die in dieser Norm angegebenen Ermüdungsfestigkeits-Daten sollten im Falle von Außentemperaturen größer 65 °C oder größer 30 °C im Meeresumgebung nicht gelten, ohne dass ein effektiver Korrosionsschutz vorliegt.

ANMERKUNG Tabelle 6.2 gibt für die im Anhang G angegebenen Detailkategorien die Anzahl von Detailkategorien an, um die sie herabgestuft werden müssen entsprechend der Umweltbedingungen und Legierung.

Tabelle 6.2 —Anzahl der Detailkategoriestufen, um die $\Delta\sigma_c$ entsprechend den Umweltbedingungen und der Legierung abgemindert werden sollte

Werkstoff			Umweltatmosphäre							
Legierungs- serie ^a	Grund- zusammen- setzung	Schutz- bewertungen (siehe EN 1999-1-1)	Länd- lich	Industriell/ Städtisch		Meer			Eingetaucht	
				Mode- rat	Stark	Nicht indus- triell	Mode- rat	Stark ^b	Süß- wasser	Meeres- wasser ^b
3xxx	AlMn	A	0	0	(P) ^a	0	0	0	0	0
5xxx	AlMg	A	0	0	(P) ^a	0	0	0	0	0
5xxx	AlMgMn	A	0	0	(P) ^a	0	0	0	0	1
6xxx	AlMgSi	B	0	0	(P) ^a	0	0	1	0	2
7xxx	AlZnMg	C	0	0	(P) ^a	0	0	2	1	3

^a (P) = sehr vom Ausmaß der Umweltbelastung abhängig. Regelmäßig erneuerter Schutz könnte erforderlich werden, um lokale Angriffe zu vermeiden, die besonders schädlich im Hinblick auf die Rissentstehung sein könnten.

^b Der Wert von N_D sollte von 5×10^6 auf 10^7 Schwingspiele erhöht werden.

ANMERKUNG Eine Herabstufung für Detailkategorien < 25 N/mm² ist nicht erforderlich.

6.5 Techniken für die Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit

(1) Methoden zur Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit bestimmter konstruktiver Details dürfen verwendet werden.

ANMERKUNG Methoden zur Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit sind im Allgemeinen teuer und bringen Schwierigkeiten der Qualitätskontrolle mit sich. Für allgemeine Konstruktionsfälle sollte man sich nicht auf sie verlassen, außer im Fall, dass Ermüdung besonders kritisch für die Gesamtwirtschaftlichkeit des Tragwerks ist; hier sollte man Expertenrat aufsuchen. Techniken für die Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit werden eher für das Beheben vorhandener Mängel in Bemessung und Ausführung angewandt. Siehe Anhang H.

Anhang A **(normativ)**

Grundlagen der Berechnung der Ermüdungsfestigkeit

A.1 Allgemeines

A.1.1 Einfluss der Ermüdung auf die Bemessung

(1)P Tragwerke, die häufig schwankenden Betriebslasten ausgesetzt werden, können gegen Ermüdungsversagen anfällig sein und müssen für diesen Grenzzustand nachgewiesen werden.

(2) Der Grad der Übereinstimmung mit den Kriterien zum Nachweis des Grenzzustands der Tragfähigkeit oder der Gebrauchstauglichkeit nach EN 1999-1-1 sollte nicht als Maßstab der Gefährdung durch Ermüdungsschäden herangezogen werden (siehe A.1.3).

(3) Das Ausmaß der möglichen Beeinflussung der Bemessung durch Ermüdung sollte in der Konzeptionsphase des Planungsprozesses festgestellt werden. Um eine hinreichende Genauigkeit für die Voraussage der Ermüdungssicherheit zu erreichen, ist es notwendig:

- a) eine genaue Voraussage der vollständigen Folge der Betriebslasten für die gesamte Bemessungslebensdauer zu treffen;
- b) das elastische Verhalten des Tragwerks unter den vorausgesagten Lasten hinreichend genau zu ermitteln;
- c) die Ausbildung konstruktiver Details durchzuführen und das Herstellungsverfahren sowie das Ausmaß der Qualitätskontrolle entsprechend festzulegen. Diese Punkte können einen größeren Einfluss auf die Ermüdungsfestigkeit ausüben und brauchen evtl. eine genauere Kontrolle als bei Tragwerken, die für andere Grenzzustände bemessen werden. Für Informationen über die Ausführungsanforderungen siehe EN 1090-3.

A.1.2 Versagensmechanismus

(1) Es sollte angenommen werden, dass Ermüdungsversagen meistens an hoch beanspruchten Stellen (als Folge abrupter Änderungen der geometrischen Form, Zugeigenspannungen oder scharfer, rissähnlicher Fehlstellen) entsteht. Ermüdungsrisse wachsen stufenweise unter der Last sich wiederholender Spannungsänderungen. Die Risse bleiben normalerweise stabil unter konstanter Last. Versagen tritt ein, wenn der Restquerschnitt für die Aufnahme der höchsten Last nicht ausreicht.

(2) Es sollte angenommen werden, dass Ermüdungsrisse ungefähr im rechten Winkel zur Richtung der maximalen Hauptspannungsschwingbreite fortschreiten. Die Rissfortschrittsgeschwindigkeit nimmt exponentiell zu. Aus diesem Grund ist das Risswachstum oft anfangs langsam und Ermüdungsrisse werden für den größten Teil ihrer Lebensdauer meistens schwer als signifikant zu erkennen sein. Dadurch könnten Probleme bei deren Entdeckung im Betrieb entstehen.

A.1.3 Mögliche Stellen für Ermüdungsrisse

(1) Die folgenden Stellen für die Entstehung von Ermüdungsrisse bei spezifizierten Konstruktionsdetails sollten berücksichtigt werden:

- a) Schweißnahtübergänge und -Wurzeln von Schmelz-Schweißnähten;
- b) maschinell bearbeitete Ecken;
- c) gestanzte oder gebohrte Löcher;
- d) mit Schere oder Säge getrennte Kanten;
- e) Flächen unter hohem Kontaktdruck (Reibkorrosion);
- f) Gewindewurzeln von Befestigungsmitteln.

(2) Ermüdungsrisse vermögen auch bei nicht spezifizierten Merkmalen, die jedoch in der Praxis vorkommen können, entstehen. Die folgenden sollten, sofern sie relevant sind, berücksichtigt werden:

- a) Materialfehlstellen oder Schweißfehler;
- b) Kerben oder Kratzer aus mechanisch zugefügten Schäden;
- c) Korrosionsfehlstellen.

A.1.4 Bedingungen für die Ermüdungsanfälligkeit

(1) Bei der Bewertung der Wahrscheinlichkeit auf Ermüdungsanfälligkeit sollte Folgendes beachtet werden:

- a) Hohes Verhältnis dynamischer zu statischen Lasten: Sich bewegende oder hebende Konstruktionen, wie Land- oder Seetransportmittel, Kräne, usw., sind anfälliger für Ermüdungsprobleme als feste Konstruktionen, es sei denn, dass letztere hauptsächlich fahrende Lasten, wie bei Brücken, aufzunehmen haben;
- b) Häufiges Auftreten der Last: Dies führt zu einer großen Zahl von Spannungsschwingspielen während der Bemessungslebensdauer. Schlanke Tragwerke oder Bauteile mit niedrigen natürlichen Frequenzen neigen besonders zu Resonanz und dadurch zu einer Vergrößerung der dynamischen Spannung, auch wenn die statischen Spannungen bei der Bemessung niedrig sind. Tragwerke, die hauptsächlich Strömungslasten – bspw. von Wind – ausgesetzt sind und Tragwerke, die Maschinen stützen, sollten sorgfältig auf Resonanzeffekte überprüft werden;
- c) Anwendung von Schweißen: Einige häufig verwendete Schweißdetails weisen niedrige Ermüdungsfestigkeit auf. Dies trifft nicht nur für Verbindungen zwischen Bauteilen zu, sondern auch für jede Anschweißung auf einem lasttragenden Bauteil, egal ob die resultierende Verbindung als lasttragend oder nicht betrachtet wird;
- d) Komplexität des Verbindungsdetails: Komplizierte Verbindungen weisen oft hohe Spannungskonzentrationen auf, als Folge der lokalen Steifigkeitsänderungen längs des Lastübertragungsweges. Während diese oft wenig Einfluss auf die statische Tragfähigkeit der Verbindung haben, so können sie einen starken Einfluss auf die Ermüdungsfestigkeit ausüben. Bei Dominanz der Ermüdung sollte die Querschnittsform des Bauteils so ausgewählt werden, dass dadurch die Gleichmäßigkeit und Einfachheit in der Bemessung der Verbindung sichergestellt werden, so dass Spannungen berechnet und entsprechende Anforderungen für die Herstellung und Inspektion gewährleistet werden können;
- e) In einigen thermisch und chemisch beanspruchten Umgebungen kann die Ermüdungsfestigkeit reduziert werden, wenn die Metalloberfläche nicht geschützt wird.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

A.2 Bemessung für sichere Lebensdauer

A.2.1 Voraussetzungen für die Bemessung nach sicherer Lebensdauer

(1) Der vorhergesagte Betriebsverlauf des Tragwerks sollte in Form einer Belastungsfolge und -häufigkeit vorliegen. Alternativ sollte das durch Spannungen hervorgerufene Tragwerksverhalten an allen potentiellen Rissentstehungsstellen in Form eines Spannungs-Zeit-Verlaufs vorliegen.

(2) Die Charakteristika der Ermüdungsfestigkeit aller potentiellen Rissentstehungsstellen sollten in Form von Ermüdungsfestigkeitskurven vorliegen.

(3) Alle potentielle Rissentstehungsstellen, die große Spannungsschwankungen und/oder größere Spannungskonzentrationen aufweisen, sollten nachgewiesen werden.

(4) Die bei der Herstellung der Bauteile mit potentiellen Rissentstehungsstellen benutzten Qualitätsnormen sollten den verwendeten Detailkategorien entsprechen.

A1 (5) Der grundsätzliche Ablauf ist wie folgt (siehe Bild A.1):

- Ermittlung eines oberen Grenzwertes des Schätzwertes der Betriebslastenfolge für die Bemessungslebensdauer des Tragwerks (siehe 2.3);
- Schätzung des resultierenden Spannung-Zeit-Verlaufes an der nachzuweisenden potentiellen Rissentstehungsstelle ab (siehe A.2.3);
- wo Nennspannungen vorkommen, Modifizierung des Spannung-Zeit-Verlaufes in jedem Bereich der geometrischen Spannungskonzentration, die noch nicht in der Detailkategorie enthalten ist, durch Anwendung eines geeigneten Spannungskonzentrationsbeiwerts (siehe 5.3.2);
- Reduzierung des Spannung-Zeit-Verlaufes auf eine äquivalente Anzahl von Schwingspielen (n_i) verschiedener Spannungsschwingbreiten $\Delta\sigma_i$ durch Anwendung eines Schwingspielzählverfahrens (siehe A.2.3);
- Anordnen der Schwingspiele in abnehmender Reihenfolge der Schwingbreite $\Delta\sigma_i$, so dass ein Spannungsschwingbreiten-Kollektiv entsteht, wobei $i = 1, 2, 3$ usw. für das erste, zweite, dritte Teilkollektiv steht (siehe A.2.3);
- Klassifizierung des Konstruktionsdetails in Übereinstimmung mit der festgelegten Reihe von Detailkategorien. Für die geeignete Detailkategorie und die entsprechende $\Delta\sigma$ - N Beziehung Bestimmung der zulässigen Lebensdauer (N_i) für die Bemessungs-Spannungsschwingbreite ($\Delta\sigma_i$);
- Berechnung des Gesamtschadens $D_{L,d}$ aller Schwingspiele auf Basis linearer Schadensakkumulation, wobei:

$$D_{L,d} = \sum \frac{n_i}{N_i} \quad (\text{A.1})$$

- Berechnung der sicheren Lebensdauer T_S :

$$T_S = \frac{T_L}{D_{L,d}} \quad (\text{A.2})$$

wobei die Bemessungslebensdauer T_L die gleichen Einheiten wie T_S hat;

- i) ist T_S kleiner als T_L , so sind eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen durchzuführen:
- Neubemessung des Tragwerks oder Bauteils mit dem Ziel, die Spannungshöhe zu reduzieren;
 - Ersetzen des Konstruktionsdetails durch ein anderes aus einer höheren Kategorie;
 - Durchführung der Bemessung nach dem Konzept der Schadenstoleranz, sofern geeignet, (siehe A.3). 

A.2.2 Schwingenspielzählung

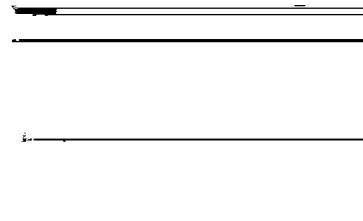
- (1) Die Schwingenspielzählung ist ein Verfahren zur Aufschlüsselung eines komplizierten Spannungs-Zeit-Verlaufs in ein einfacher handhabbares Schwingenspielkollektiv mit Angabe der Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma$, Anzahl der Schwingspiele n und, falls notwendig, des R -Verhältnisses.
- (2) Für kurze Spannungs-Zeit-Verläufe, wo sich einfache Einwirkungsereignisse mehrmals wiederholen, wird die Reservoir-Methode empfohlen. Sie ist leicht zu veranschaulichen und einfach zu benutzen (siehe Bild A.2). Wo lange Spannungs-Zeit-Verläufe benutzt werden müssen, wie solche, die aus in realen Bauwerken gemessenen Beanspruchungen ermittelt wurden (siehe Anhang C), wird die Rainflow-Methode empfohlen. Beide Methoden sind zur Computeranalyse geeignet.

A.2.3 Herleitung des Spannungs-Kollektivs

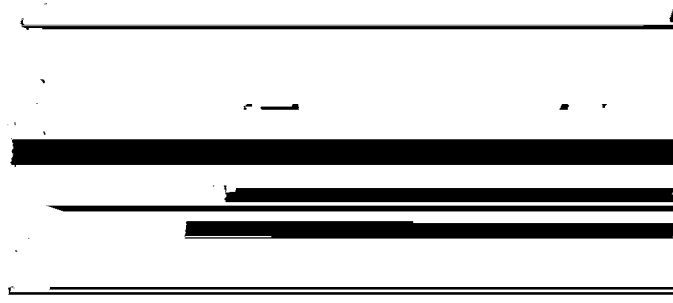
- (1) Die Auflistung der Schwingspiele in abnehmender Reihenfolge der Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma$ ergibt ein Spannungs-Kollektiv. Für eine leichtere Berechnung kann es erforderlich sein, ein kompliziertes Kollektiv in weniger Blöcke zu vereinfachen. Eine konservative Methode ist das Zusammentragen mehrerer Blöcke in größere Blöcke mit der gleichen Gesamtzahl der Schwingspiele, dabei jedoch mit der höchsten vorkommenden Spannungsschwingbreite. Genauer ist es, den gewichteten Durchschnitt aller Blöcke in einer Gruppe mit dem Exponenten m zu berechnen, wobei m die Neigung der am wahrscheinlichsten zu benutzenden $\Delta\sigma-N$ Kurve ist (siehe Bild A.3). Die Verwendung eines arithmetischen Mittelwerts wird immer nicht konservativ sein.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

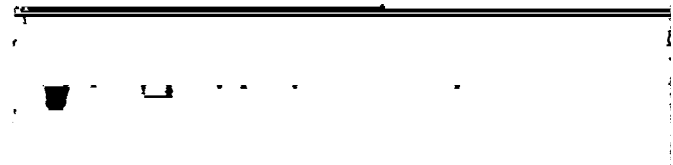
- a) System, Konstruktionsdetail X-X und Belastung



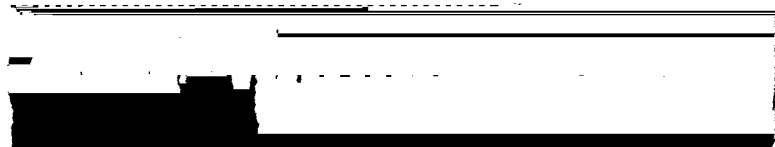
- b) Typischer Belastungszyklus (n -mal wiederholt für die Bemessung).
 T = Zeit



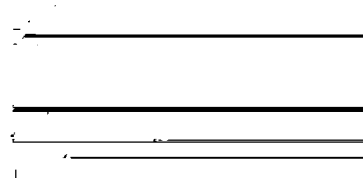
- c) Spannungs-Zeit-Verlauf bei Detail X-X



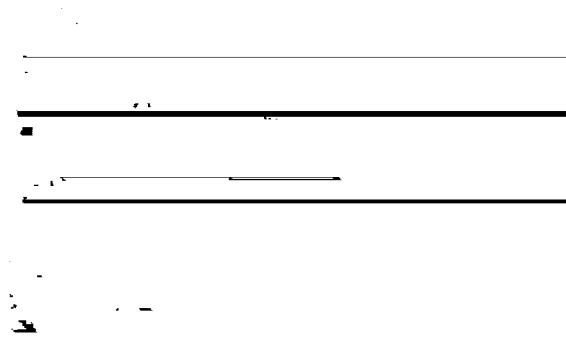
- d) Schwingspielzählung, Reservoir Methode



- e) Spannungsschwingbreiten-Kollektiv



- f) N_i = Schwingspiele bis zum Versagen bei einer Spannungsschwingbreitenhöhe von $\Delta\sigma_i$;
 $\log\Delta\sigma - \log N$ Bemessungslinie für Konstruktionsdetail X-X

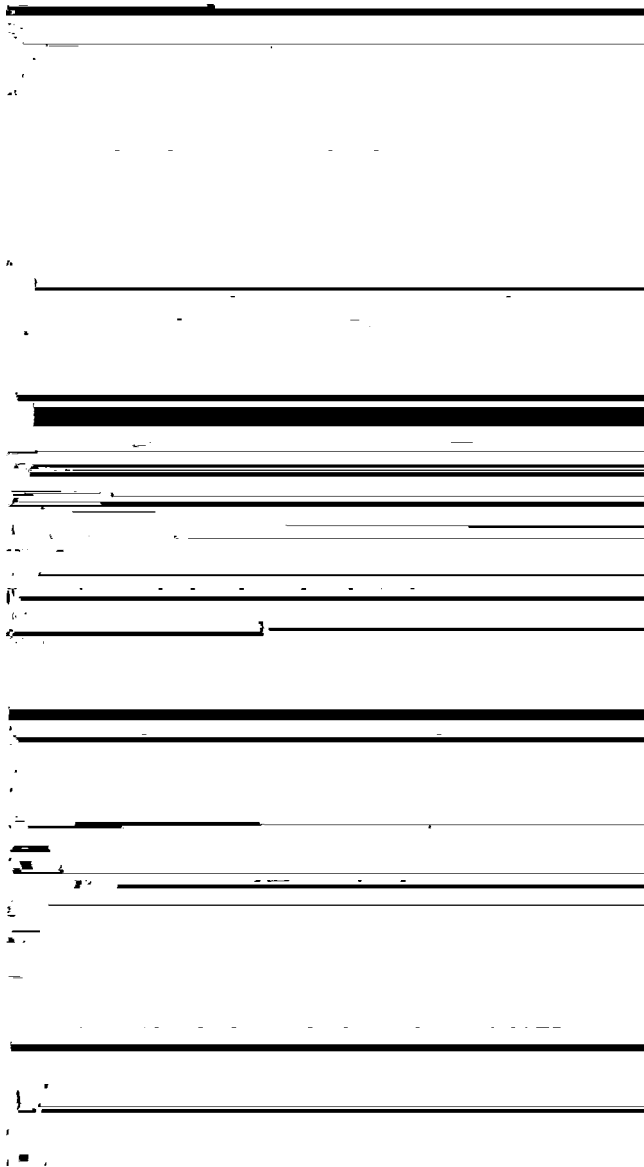


- g) Schadensakkumulation, Palmgren-Miner-Regel

$$\sum \frac{n_i}{N_i} = \frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + \dots + \frac{n_n}{N_n} = D$$

Bild A.1 — Ermüdungs-Bewertungs-Verfahren

**DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)**



1. Schritt: Bestimmung des Spannungs-Zeit-Verlaufs des Belastungsereignisses. Ermittlung der Spitze B.

2. Schritt: Verschiebung des Abschnitts links von B nach rechts im Spannungs-Zeit-Verlauf.

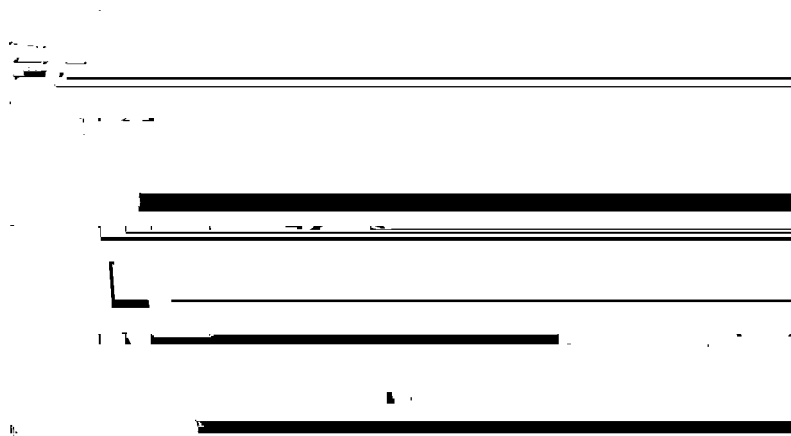
3. Schritt: Befüllung des „Reservoirs“ mit „Wasser“. Die größte Tiefe ergibt das größte Schwingspiel.

4. Schritt: Ablassen des Wasser an der tiefsten Stelle. Suchen des nächsten größten Tiefenwertes. Dies wird das zweitgrößte Schwingspiel sein.

5. Schritt: Und so weiter. Wiederholung des Prozesses bis das ganze „Wasser“ abgelassen ist. Die Gesamtheit aller Schwingspiele bildet das Spannungs-Kollektiv für den oben ermittelten Spannungs-Zeit-Verlauf.

Bild A.2 — Das Reservoir-Schwingspielzählverfahren

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)



Legende

- 1 Original-Blöcke;
- 2 Vereinfachter Block; $\Delta\sigma$ Spannungsschwingbreite;
 N kumulierte Häufigkeit (alle Schwingspiele);
- 3 Belastungsspitze (konservativ);
- 4 Gewichtetes Mittel (am genauesten);
- 5 Arithmetisches Mittel (nicht konservativ)
- 6 Registriertes Kollektiv;
- 7 Vereinfachtes Kollektiv für die Bemessung

Bild A.3 — Vereinfachtes Spannungsschwingbreiten-Kollektiv

A.3 Schadenstolerante Bemessung



A.3.1 Voraussetzungen für schadenstolerante Bemessung

- (1) Eine schadenstolerante Bemessung sollte nur unter den folgenden Bedingungen vorgenommen werden.
 - a) Die Entstehungsstellen für Ermüdungsrisse sollten sich auf oder in der Nähe einer Oberfläche befinden, die im Betrieb leicht zugänglich sein sollte;
 - b) praktische Inspektionsmethoden sollten vorhanden sein, die zum Auffinden der Risse und zu ihrer Größenbestimmung taugen, bevor sie ihre versagenskritische Größe erreicht haben. Siehe 1.7.3;
 - c) die Vorgehensweise in A.3.2 sollte angewendet werden, um die Mindest-Inspektionshäufigkeit und die maximal zulässige Rissgröße vor einer erforderlichen Korrektur zu bestimmen;

ANMERKUNG Ein weiteres Verfahren zur Bestimmung der Inspektionshäufigkeit ist L.2 und L.3 zu entnehmen; es gilt nur bei Übernahme der in Anhang J enthaltenen Ermüdungswiderstandsdaten.

- d) das Wartungsbuch sollte für jede potentielle Rissstelle die in 1.7.3 aufgelisteten Informationen spezifizieren. 

A.3.2 Festlegung der Inspektionsstrategie bei schadenstoleranter Bemessung

A1 (1) An jeder potentiellen Rissentstehungsstelle, wo die nach Gleichung (A.2) berechnete sichere Lebensdauer T_S kleiner ist als die Bemessungslebensdauer T_L , sollte das Inspektionsintervall T_i berechnet werden. **A1**

(2) Das Wartungsbuch sollte festlegen, dass die erste Inspektion an jeder potentiellen Rissentstehungsstelle vor Ablauf der sicheren Lebensdauer stattfinden sollte.

(3) Das Wartungsbuch sollte festlegen, dass nachfolgende Inspektionen in regelmäßigen Intervallen T_i stattfinden sollten:

$$T_i \leq 0,5 T_f \quad (\text{A.3})$$

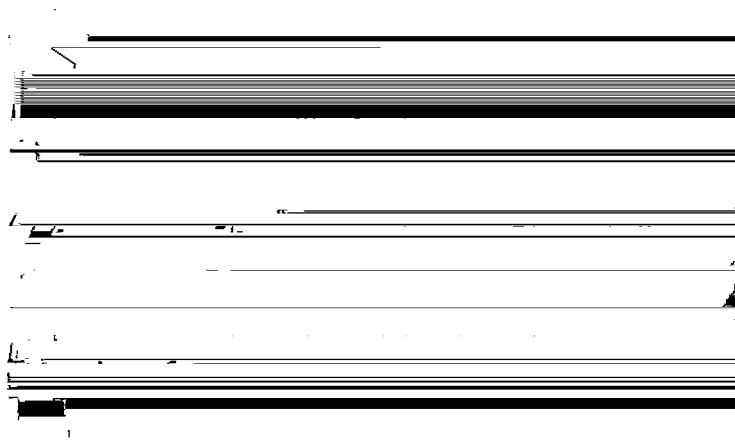
wobei T_f die errechnete Zeit für einen Riss ist, der an der nachzuweisenden Stelle entstanden ist, um von einer auf der Oberfläche wahrnehmbaren Länge l_d bis zu einer bruchkritischen Länge l_f (siehe Bild A.4) zu wachsen.

ANMERKUNG Die angenommene minimale exponierte Länge eines Oberflächenrisses sollte die Zugänglichkeit, Position, den wahrscheinlichen Oberflächenzustand und die Inspektionsmethode berücksichtigen. Wenn nicht durch spezifische Versuche nachgewiesen wird, dass kürzere Längen mit einer Wahrscheinlichkeit höher als 90 % entdeckt werden können, so sollte die angenommene Länge l_d nicht niedriger als der Wert in Tabelle A.1 angesetzt werden, wobei die volle Risslänge für eine Inspektion zugänglich ist.

(4) In Fällen, wo irgendein dauerhaft eingebautes Konstruktions- oder anderes Bauteil die vollständige Zugänglichkeit des Risses behindert, sollte die abgedeckte Risslänge zum geeigneten Wert aus Tabelle A.1 addiert werden, um den Rechenwert für l_d zu ermitteln.

(5) Wo schwere, dicke Konstruktionsteile zur Anwendung kommen und die Entstehungsstelle auf einer unzugänglichen Oberfläche sich befindet (z. B. die Wurzel einer einseitig auf einer Rohrwand geschweißten Stumpfnah), könnte die Planung einer Inspektionsstrategie geeignet sein, die auf eine Ultraschalluntersuchung basiert, für die Entdeckung und Messung von Rissen bevor diese zur zugänglichen Oberfläche gelangen. Ein solches Verfahren sollte nicht ohne vorherige experimentelle Untersuchung und Auswertung unternommen werden.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)



Legende

a	Bruchkritische Länge;	i	Inspektionsnummer;
b	Angenommene kleinste wahrnehmbare Länge;	T_i	Inspektionsintervall;
c	Tatsächliche Risswachstumskurve;	T_s	Zeitintervall bis zur Erreichung der wahrnehmbaren Risslänge;
d	Angenommene Kurve für schnellstes Wachstum, siehe Anhang B für obere Grenze;	T_f	Zeitintervall, in dem der Riss von der kleinsten wahrnehmbaren Länge bis zur bruchkritischen Länge wächst

Bild A.4 — Inspektionsstrategie für schadenstolerante Bemessung

Tabelle A.1 — Empfohlene sichere wahrnehmbare Längen von Oberflächenrissen l_d in mm

Inspektionsmethode	Rissstelle		
	Ebene glatte Oberfläche	Rauhe Oberfläche, Nahtüberhöhung	Scharfe Ecke, Nahtübergangsstelle
Visuell, mit Vergrößerungslinse	20	30	50
Farbeindringprüfung	5	10	15
ANMERKUNG Die oberen Werte setzen eine Beobachtungsmöglichkeit aus der Nähe, gute Lichtverhältnisse und das Entfernen von Anstrichen auf der Oberfläche voraus.			

(6) Der Wert von l_f sollte so festgelegt werden, dass der Nettoquerschnitt – bei Berücksichtigung des wahrscheinlichen Rissprofils durch die Wanddicke – die maximalen statischen Dehnungskräfte aus der mit dem Sicherheitsbeiwert multiplizierten Belastung aufnehmen sollte, entsprechend der Berechnung nach EN 1999-1-1, ohne ein instabiles Risswachstum zu entwickeln.

(7) T_f sollte durch Berechnung und/oder Versuche folgendermaßen abgeschätzt werden, bei Annahme einer um den Sicherheitsbeiwert vervielfachten Belastung (siehe 2.4):

- a) Die Berechnungsmethode sollte auf bruchmechanischen Grundlagen basieren (siehe Anhang B). Eine obere Grenze, definiert als Mittelwert zuzüglich zwei Standardabweichungen, sollte bei der Beziehung des Risswachstums angewandt werden. Alternativ können spezifische Risswachstumsdaten aus Standardprüfkörpern aus dem gleichen Werkstoff wie im Bereich des Risswachstums gewonnen werden. In diesem Fall sollte die Rissfortschrittsgeschwindigkeit um den entsprechenden Ermüdungsversuchsbeiwert F multipliziert werden (siehe Tabelle C.1);

- b) wo das Risswachstum aus Tragwerks- oder Komponenten-Versuchen bei Simulation des richtigen Werkstoffs, der Geometrie und Herstellungsmethode ermittelt wird, sollte der Versuchskörper durch die relevante Belastungsstruktur beansprucht werden (siehe Anhang C);
 - c) die zwischen den Risslängen l_d und l_f registrierten Risswachstumsgeschwindigkeiten sollten um den Ermüdungsversuchsbeiwert F multipliziert werden (siehe Tabelle C.1).
- (8) Das Wartungsbuch sollte die Maßnahmen für den Fall der Entdeckung eines Ermüdungsrissses während einer Routineinspektion folgendermaßen festlegen:
- a) Wenn die gemessene Risslänge weniger als l_d beträgt, ist keine Ausbesserung notwendig;
 - b) wenn die gemessene Risslänge gleich oder größer als l_d ist, sollte das Bauteil bezüglich seiner Tauglichkeit für den Verwendungszweck bewertet werden, um festzustellen, wie lange das Tragwerk mit Sicherheit und ohne Ausbesserung oder Auswechseln im Betrieb belassen werden darf. Wird der Betrieb fortgesetzt, so sollte eine Erhöhung der Inspektionshäufigkeit an der fraglichen Stelle in Erwägung gezogen werden;
 - c) wenn die gemessene Risslänge größer als l_f ist, so sollte das Tragwerk sofort aus dem Betrieb genommen werden.
- A1** (9) Weitere Hinweise finden sich in Anhang L für den Fall, dass die Ermüdungswiderstandsdaten aus Anhang J übernommen werden. **A1**

Anhang B (informativ)

Hinweise für die Bewertung des Rissfortschritts durch Bruchmechanik

B.1 Geltungsbereich

(1) Ziel dieses Anhangs ist es, Information bereitzustellen über die Anwendung der Bruchmechanik zur Bewertung des Fortschritts von Ermüdungsrissen von scharfen, ebenen Fehlstellen. Die Hauptanwendungen sind in der Bewertung von:

- bekannten Fehlern (inklusive im Betrieb entdeckte Fehler);
- angenommenen Fehler (beinhaltet die Berücksichtigung der Originalverbindung oder die Grenzen der Fehlererkennung bei der Anwendung zerstörungsfreier Prüfverfahren);
- der Toleranz gegenüber Fehlern (beinhaltet die Bewertung von Herstellungsfehlern bezüglich ihrer Eignung für den vorgesehenen Einsatz (fitness-for-purpose) in Verbindung mit bestimmten Betriebsanforderungen).

(2) Die Methode deckt den Rissfortschritt senkrecht zur Haupt-Zugspannungs-Richtung (Modus 1).

B.2 Grundlagen

B.2.1 Fehlerabmessungen

(1) Es wird angenommen, dass der Ermüdungsfortschritt an einem vorhandenen ebenen Fehler mit scharfer Rissfront, senkrecht zur Richtung der Haupt-Zug-Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma$ an dieser Stelle anfängt.

(2) Die Abmessungen für vorhandene Fehler werden in Bild B.1 gezeigt in Abhängigkeit davon, ob diese bereits zur Oberfläche gedrungen oder innere Fehler im Werkstoff sind.

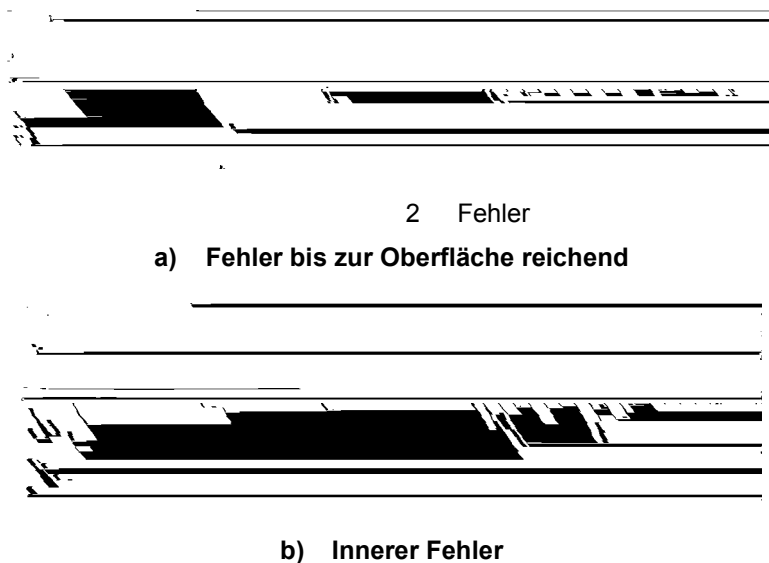


Bild B.1 — Vorhandener ebener Fehler

B.2.2 Rissfortschrittsabhängigkeit

(1) Unter der Einwirkung der zyklisch wiederholten Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma$ schreitet die Rissfront in den Werkstoff fort entsprechend der Rissfortschrittsregel. Die Rissfortschrittsgeschwindigkeit beträgt in Richtung der Abmessung „ a “:

$$\frac{da}{dN} = A \times (\Delta\sigma a^{0,5} y)^m \quad (\text{B.1})$$

Dabei ist

- A die Werkstoff-Konstante der Rissfortschrittsgeschwindigkeit;
- m der Exponent der Rissfortschrittsgeschwindigkeit;
- y der Geometriefaktor, abhängig von Rissform, -Orientierung und Oberflächengrenzverhältnissen.

ANMERKUNG Die Einheiten für Spannungsintensitäts-Beiwerte ΔK sind $\text{Nmm}^{-2} \text{m}^{0,5}$ [$\text{MPam}^{0,5}$] und für Rissfortschrittsgeschwindigkeiten da/dN ist es $[\text{m/Schwingspiel}]$. Werte in B.3 gelten nur für diese Einheiten.

(2) Obige Gleichung kann transformiert werden in:

$$\frac{da}{dN} = A \Delta K^m \quad (\text{B.2})$$

wobei ΔK ist die Spannungsintensitäts-Schwingbreite und sie ist gleich $\Delta\sigma a^{0,5} y$.

(3) Nach Anwendung einer Anzahl von N Schwingspielen der Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma$ wird der Riss von Abmessung a_1 zur Abmessung a_2 wachsen entsprechend folgender Integration:

$$N = \int_{a_1}^{a_2} \frac{da}{A \Delta K^m} \quad (\text{B.3})$$

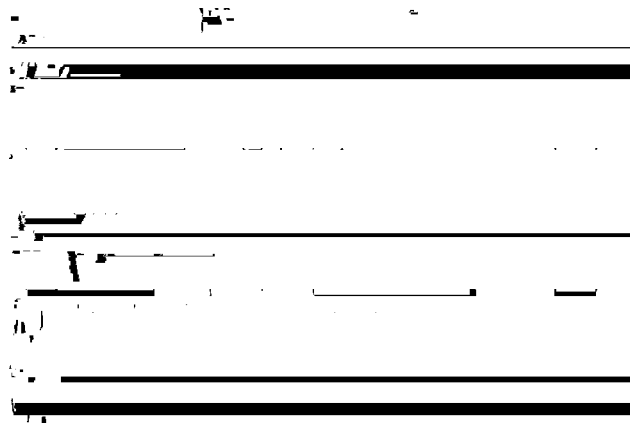
(4) Für den allgemeinen Fall sind A , ΔK und m von „ a “ abhängig.

B.3 Rissfortschrittsdaten A und m

(1) A und m werden aus Rissfortschrittsmessungen an standardisierten gekerbten Proben mit LT, TL oder ST Ausrichtung (Beispiel siehe in Bild B.2) unter Anwendung standardisierter Prüfverfahren ermittelt. Die Probenform sollte eine sein, für die eine genaue Spannungsintensitäts-Beiwert (K)-Lösung (d. h. das Verhältnis zwischen der vorkommenden Einwirkung und Rissgröße „ a “) vorhanden ist.

ANMERKUNG Für weitere Information über standardisierte Testverfahren siehe Literaturangabe B.1.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)



Legende

- 1 Lochdurchmesser
- 3 Risszuwachs
- 2 Spaltbreite
- 4 Ermüdungs-Vorriss

Empfohlene Dicke $w/20 \leq b \leq w/4$

Bild B.2 — Typische Versuchssprobe für Rissfortpflanzung (Beispiel aus Literaturangabe B.3)

(2) Die Versuche werden mit konstantem Spannungsintensitäts-Verhältnis $R = K_{\min}/K_{\max}$ entweder für konstantes R oder konstantes $K_{\max}$ und genauer Messung des Rissfortschritts von der Kerbe aus durchgeführt, wobei dies durch rechnergesteuerte zyklische Einwirkung auf die Probe erfolgt..

ANMERKUNG Für weitere Information über die Prüfbedingungen siehe Literaturangabe B.2.

(3) Werden bestimmte Werte für die Risslänge „a“ ermittelt, so wird eine Ausgleichskurve an die Daten angepasst mithilfe der Methode, die in der Prüfnorm beschrieben ist. Die Rissfortschrittsgeschwindigkeit da/dN für eine gegebene Risslänge wird dann hieraus als die Neigung der Kurve am Punkt „a“ berechnet.

(4) Der entsprechende Wert der Spannungsintensitäts-Schwingbreite ΔK wird durch Anwendung der maßgebenden K -Lösung für den Testkörper in Verbindung mit der vorkommenden Einwirkungs-Schwingbreite ermittelt. Die Ergebnisse da/dN werden in Abhängigkeit von ΔK auf logarithmischen Skalen aufgezeichnet.

(5) Für eine allgemeine Anwendung könnten Rissfortschrittskurven für verschiedene R -Werte notwendig sein. Bild B.3 zeigt eine typische Gruppe von da/dN - ΔK -Kurven für die bei Strangpressprofilen verwendeten Aluminium-Knetlegierung EN AW-6005A T6. In Bild B.3(a) war die Prüfbedingung ein konstantes Spannungsintensitätsverhältnis $K_{\min}/K_{\max}$, und in Bild B.3(b) wird das Ergebnis der Prüfung bei konstantem $K_{\max} = 10 \text{ Nmm}^{-2}\text{m}^{0,5}$ mit den konservativen Ästen der Kurven aus Bild B.3(a) kombiniert. Diese Kombination der Ergebnisse aus den konstant R - und konstant K -Werten ist eine ingenieurmäßige konservative Annäherung, und kann zur Abschätzung der Ermüdungslebensdauer bei hohen Eigenspannungen oder bei der Bewertung von kurzen Ermüdungsrissen verwendet werden. Die Werte für m und A in Bild B.3 werden in Tabellen B.1(a) und (b) angegeben.

(6) In Bild B.4(a) werden die konstant R -Rissfortschrittsgeschwindigkeiten von Aluminiumknetlegierungen für $R = 0,1$ aufgezeichnet und in Bild B.4(b) die entsprechenden Daten für $R = 0,8$ gegeben. Bild B.5 zeigt die Gruppe von konstant R -Rissfortschrittsgeschwindigkeits-Kurven von drei Formgusslegierungen bei $R = 0,1$ und $R = 0,8$. Bild B.6 stellt die kombinierten Daten von konstant R - und konstant $K_{\max}$ -Prüfungen von Aluminiumknetlegierungen bei $R = 0,1$ und $R = 0,8$ dar. Die Werte von m und A für die Obergrenzen der Einhüllenden der Rissfortschrittsgeschwindigkeits-Kurven in Bildern B.4 bis B.6 sind in den Tabellen B.2 bis B.4 entsprechend enthalten.

ANMERKUNG Für weitere da/dN zu ΔK -Werte siehe die Literaturangaben B.3 und B.4.

(7) Korrosive Umgebung kann A und m beeinflussen. Prüfergebnisse unter Bedingungen von Raumfeuchtigkeit werden geeignet für die Abdeckung der meisten normalen atmosphärischen Bedingungen sein.

B.4 Geometriefunktion y

- (1) Die Geometriefunktion y hängt von den Rissabmessungen (Form und Länge), den Abmessungen der Oberflächengrenzen des umgebenden Werkstoffs und der Spannungsstruktur im Bereich des Rissfortschritts ab.
- (2) Diese Information kann aus Finite-Element-Analysen des Konstruktionsdetails unter Anwendung von Rissspitzen-Elementen ermittelt werden. Die Spannungsintensität für verschiedene Risslängen wird durch Anwendung des J -Integral-Verfahrens berechnet. Alternativ kann diese aus dem Verschiebungs- oder Spannungsfeld um die Rissspitze oder der gesamten elastischen Deformationsenergie berechnet werden.
- (3) Veröffentlichte Lösungen für häufig verwendete Geometrien (Grundmaterial und Schweißverbindungen) sind eine alternative Quelle von y -Werten. Standarddaten werden oft in Form von Y angegeben, wobei $Y = y\pi^{0,5}$. Ein typisches Beispiel für einen bis zur Oberfläche reichenden Riss in einer Platte zeigt Bild B.7(a). Geht der Riss von einer Nahtübergangsstelle auf der Plattenoberfläche aus, so kann eine weitere Anpassung für die lokalen Spannungskonzentrationseinflüsse durch den Vergrößerungsfaktor M_K vorgenommen werden (siehe Bild B.7(b)).

ANMERKUNG Für weitere Information über veröffentlichte Lösungen für y siehe die Literaturangaben B.1 und B.5.

- (4) Das Produkt aus Y für die einfache Platte und M_K für die Nahtübergangsstelle gibt die Änderung von y an bei wachsendem Riss durch die Materialdicke. (siehe Bild B.7(c)).

B.5 Integration des Rissfortschritts

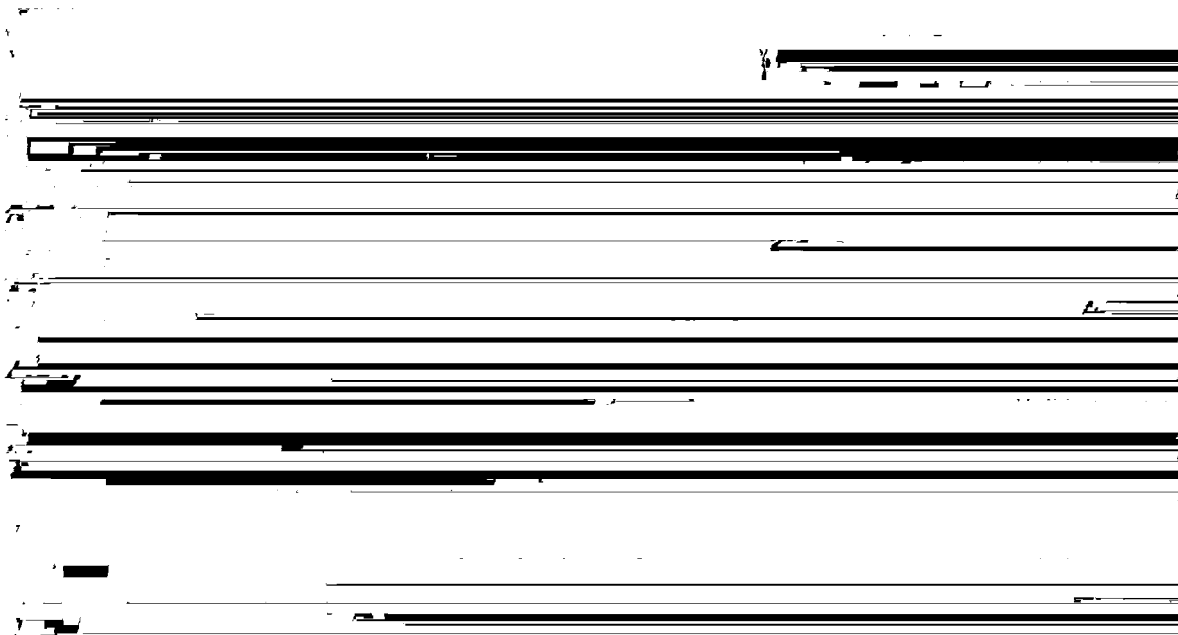
- (1) Für den allgemeinen Fall eines Spannungs-Zeit-Verlaufs variabler Amplitude muss ein Spannungs-Kollektiv ermittelt werden (siehe 2.2.1). In der Praxis sollte das Gesamtkollektiv mit mindestens einer zehnmaligen Wiederholung identischer Folgen angewandt werden, die alle die gleiche Spannungsschwingbreite und gleiches R -Verhältnis aber nur ein Zehntel der Anzahl der Spannungsschwingspiele aufweisen. Der Block mit der höchsten Spannungsschwingbreite sollte als erster in jeder der Folgen angesetzt werden (siehe Bild A.3). Der stufenweise ermittelte Rissfortschritt wird aus dem Rissfortschrittsgeschwindigkeits-Polygon für das maßgebende R -Verhältnis berechnet, für jeden einzelnen Block von Spannungsschwingspielen konstanter Amplitude.
- (2) Im Bereich von Schweißnähten, außer im Fall dass Verteilung und Größe der Eigenspannungen tatsächlich bekannt sind, sollte eine Rissfortschrittskurve mit entweder hohem R -Verhältnis ($R = 0,8$) oder mit $K_{\max} = \text{konstant}$ zur Anwendung kommen.
- (3) Die Risslänge „ a “ wird auf dieser Grundlage integriert bis die maximal benötigte Risslänge a_2 erreicht wird und die Nummern berechnet werden.

B.6 Ermittlung der maximalen Risslänge a_2

- (1) Diese wird meist auf der Grundlage des Zerreißens im Nettoquerschnitt unter der maximalen angewandten Zugeinwirkung, mithilfe des maßgebenden Teilsicherheitsbeiwerts, siehe EN 1999-1-1, bestimmt.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

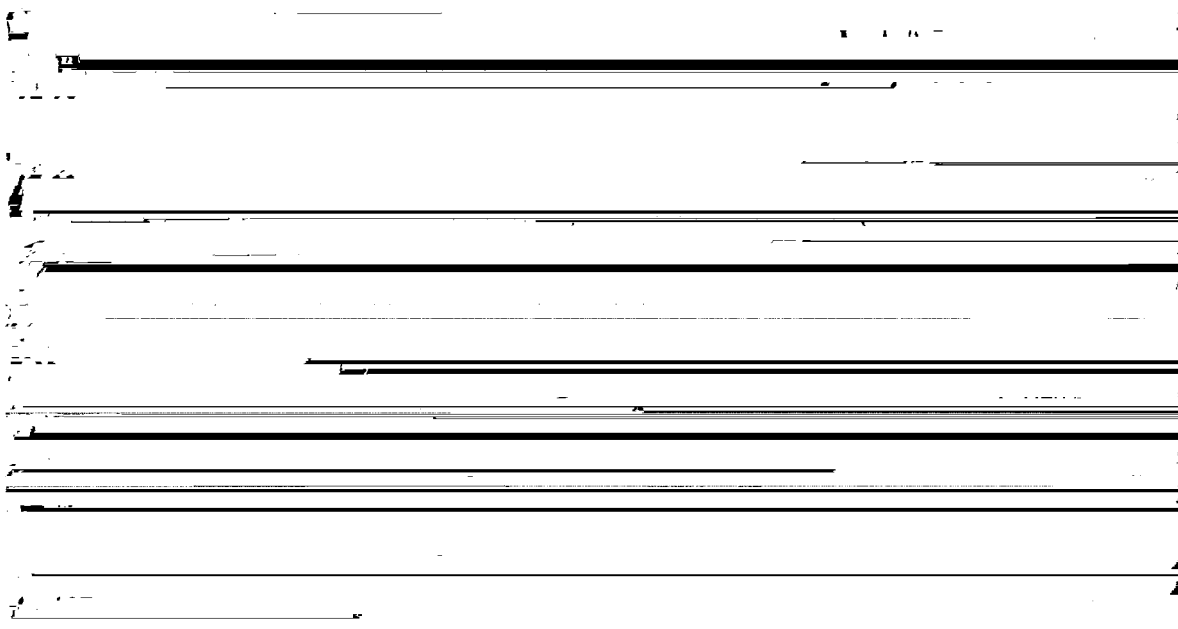
da/dN [m/Schwingspiel]



ΔK [Nmm⁻²m^{0,5}]

a) $R = K_{\min}/K_{\max} = \text{konstant}$

da/dN [m/Schwingspiel]



ΔK [Nmm⁻²m^{0,5}]

b) $K_{\max} = 10 \text{ Nmm}^{-2}\text{m}^{0,5}$

Bild B.3 — Typische Ermüdungs-Risswachstums-Kurven für die Aluminiumlegierung EN AW-6005A T6 LT

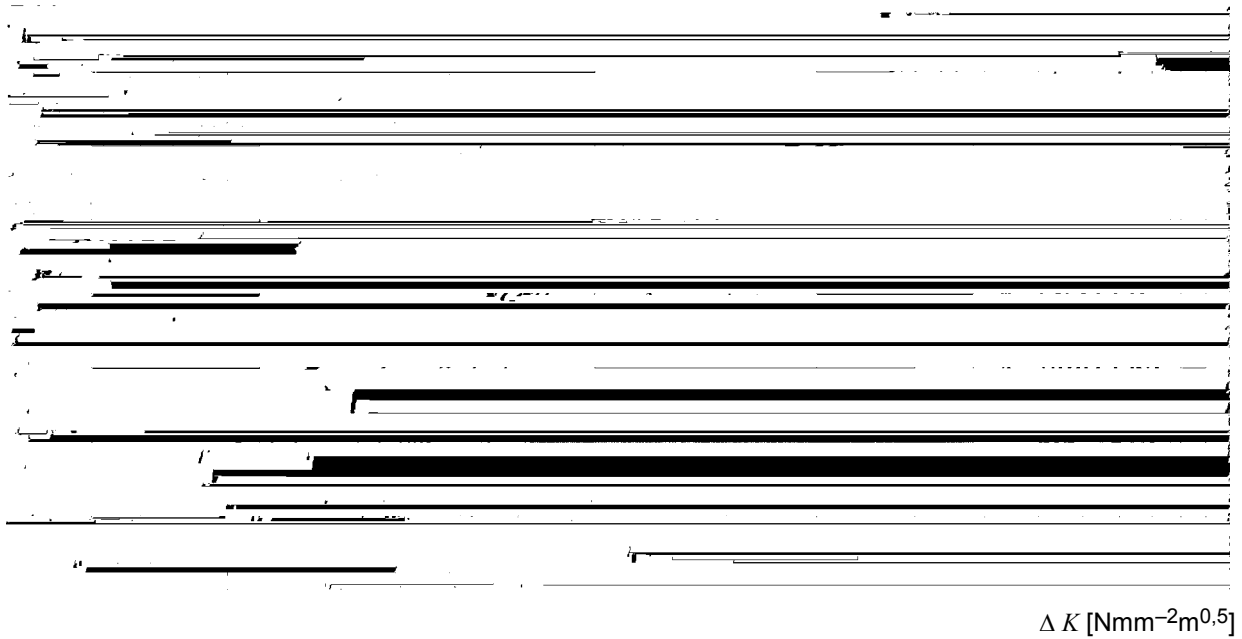
Tabelle B.1(a) — Ermüdungs-Risswachstumsdaten für EN AW-6005A T6 LT,
 $R = K_{\min}/K_{\max} = \text{konstant}$

R - Verhältnis	Spannungs- intensität ΔK [Nmm ⁻² m ^{0,5}]	m	A	R - Verhältnis	Spannungs- intensität ΔK [Nmm ⁻² m ^{0,5}]	m	A
0,100	3,30	15,00	1,65789E-19	0,500	2,00	16,29	1,24322E-16
	4,50	7,52	1,29310E-14		2,72	3,85	3,17444E-11
	8,00	2,96	1,67380E-10		4,20	4,87	7,41477E-12
	32,4	12,0	4,10031E-24		6,50	2,81	3,50674E-10
	41,61	12,0	4,10031E-24		21,00	12,23	1,21158E-22
	60,00	12,0	4,10031E-24		29,17	12,23	1,21158E-22
					42,50	12,23	1,21158E-22
0,200	2,90	18,53	2,67965E-20	0,650	1,50	16,93	1,04285E-14
	3,80	5,87	5,94979E-13		1,95	4,43	4,41861E-11
	7,50	2,93	2,22754E-10		2,20	2,39	2,20681E-10
	29,60	12,43	2,25338E-24		3,55	4,77	1,06838E-11
	37,98	12,43	2,25338E-24		6,00	3,05	2,32639E-10
	55,00	12,43	2,25338E-24		15,00	12,00	6,08450E-21
					22,18	12,00	6,08450E-21
0,300	2,60	18,67	1,77471E-19	0,800	1,00	13,03	9,99999E-12
	3,40	5,24	2,47080E-12		1,28	4,99	7,28970E-11
	7,35	2,82	3,06087E-10		1,55	2,50	2,16851E-11
	26,00	12,40	8,41151E-24		3,50	6,03	2,61124E-12
	34,49	12,40	8,41151E-24		4,60	3,12	2,22506E-10
	50,00	12,40	8,41151E-24		9,20	15,93	9,83032E-23
					13,48	15,93	9,83032E-23

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

Tabelle B.1(b) — Ermüdungs-Risswachstumsdaten für EN AW-6005A-T6 LT,
 $K_{\max} = 10 \text{ Nmm}^{-2}\text{m}^{0,5} = \text{konstant}$

<i>R</i> - Verhältnis	Spannungs- intensität ΔK [Nmm ⁻² m ^{0,5}]	<i>m</i>	<i>A</i>	<i>R</i> - Verhältnis	Spannungs- intensität ΔK [Nmm ⁻² m ^{0,5}]	<i>m</i>	<i>A</i>	
0,100	0,85	11,09	6,06810E-11	0,500	0,85	11,09	6,06910E-11	
	1,16	3,74	1,80712E-10		1,16	3,74	1,80712E-10	
	1,60	2,69	2,96984E-10		1,60	2,70	2,95817E-10	
	8,00	2,96	1,67380E-10		5,55	5,09	4,92250E-12	
	32,40	12, 0	4,10322E-24		6,50	2,81	3,50674E-10	
	41,61	12, 0	4,10322E-24		21,00	12,20	1,20951E-22	
					29,17	12,20	1,20951E-22	
0,300	0,85	11,09	6,06910E-11	0,650	0,85	11,09	6,06910E-11	
	1,16	3,74	1,80712E-10		1,16	3,74	1,80712E-10	
	1,60	2,71	2,93585E-10		1,60	2,69	2,96037E-10	
	6,70	5,52	1,41317E-12		4,95	4,76	1,08127E-11	
	7,35	2,82	3,06087E-10		6,00	3,05	2,32639E-10	
	26,00	12,40	8,42100E-24		15,00	12,04	6,08100E-21	
	34,49	12,40	8,42100E-24		22,18	12,04	6,08100E-21	
				0,800	0,85	11,09	6,06910E-11	
					1,16	3,74	1,80712E-10	
					1,60	2,72	2,92718E-10	
					4,15	6,01	2,68983E-10	
					4,60	3,12	2,22506E-10	
					9,20	15,93	9,81913E-23	
					13,48	15,93	9,81913E-23	

da/dN [m/Schwingspiel]a) $R = 0,1$ da/dN [m/Schwingspiel]b) $R = 0,8$ **Bild B.4 — Typische Ermüdungs-Risswachstums-Kurven für verschiedene Knetlegierungen**

ANMERKUNG Die Legierungen 2024 TL Ro und 7075 LT Ro werden für Anwendungen im Bereich des Hoch- und Ingenieurbaus nicht empfohlen. Sie dienen hier nur zum Vergleich.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

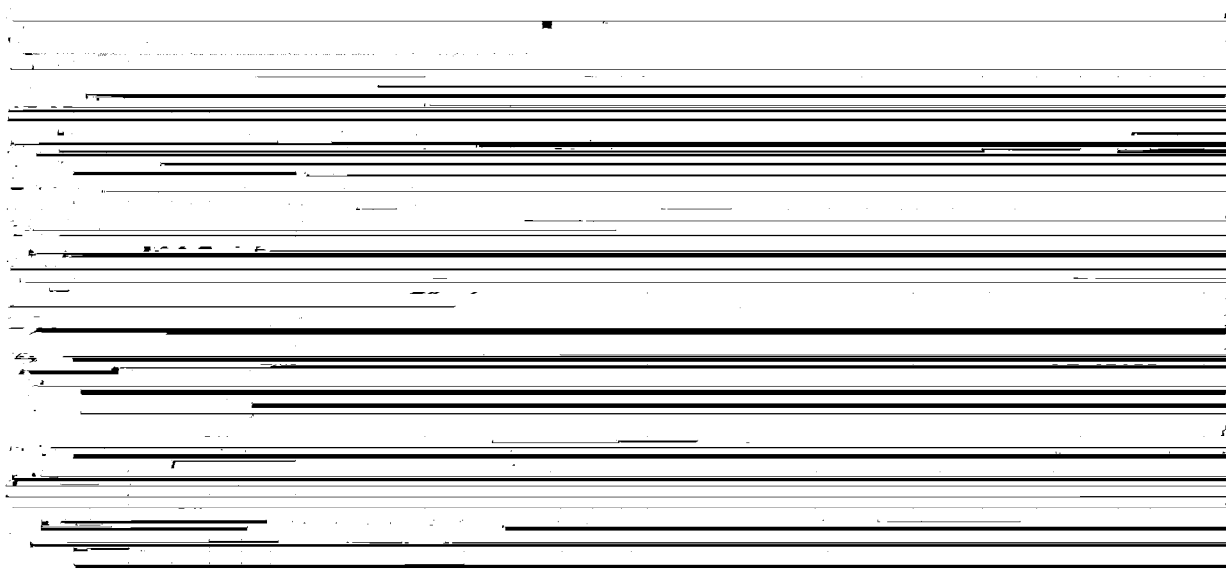
da/dN [m/Schwingspiel]



ΔK [$\text{Nmm}^{-2}\text{m}^{0,5}$]

a) $R = 0,1$

da/dN [m/Schwingspiel]



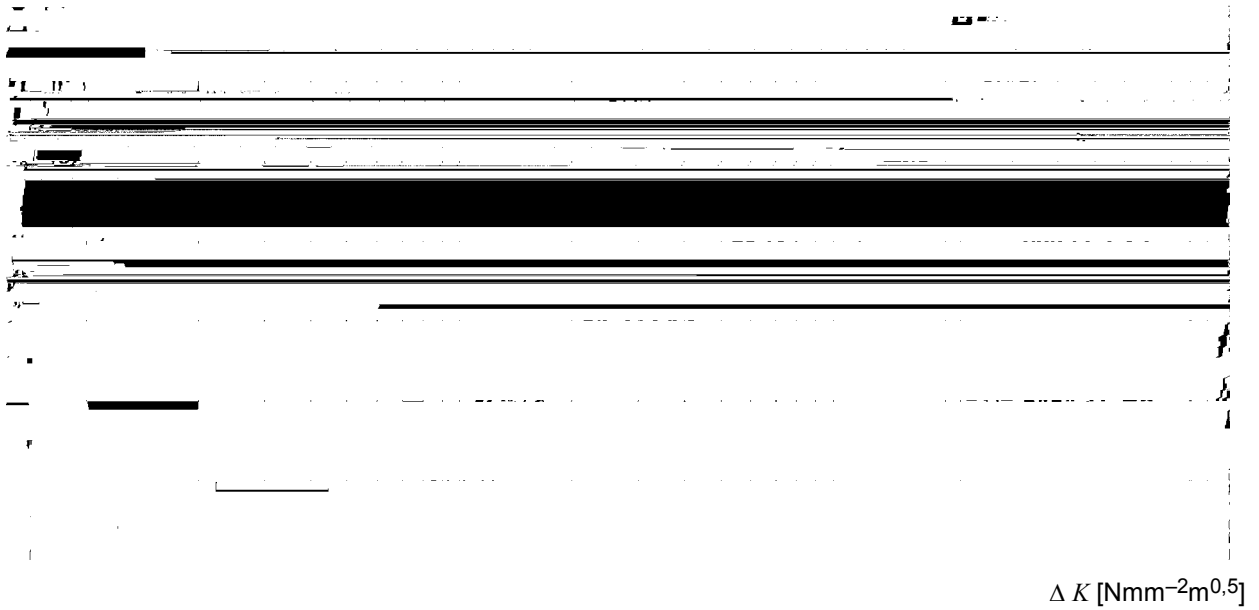
ΔK [$\text{Nmm}^{-2}\text{m}^{0,5}$]

b) $R = 0,8$

Bild B.5 — Typische Ermüdungs-Risswachstums-Kurven für verschiedene Gusslegierungen

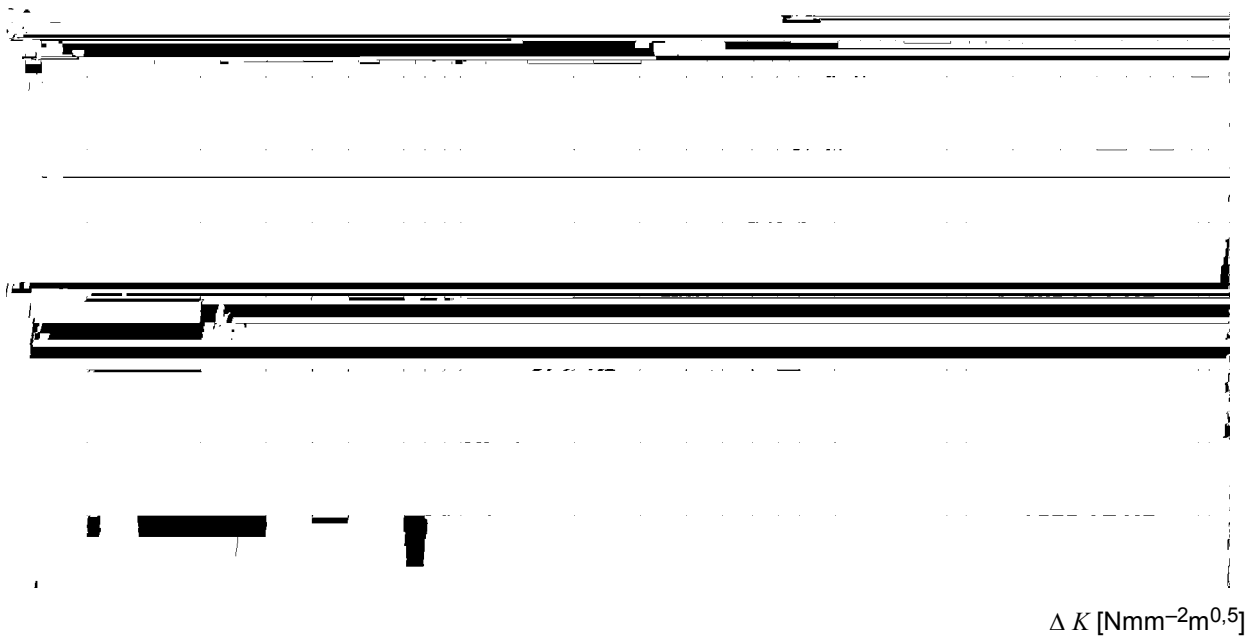
ANMERKUNG Die Legierungen AC-21100 und AC-211000 werden für Anwendungen im Bereich des Hoch- und Ingenieurbaus nicht empfohlen. Sie dienen hier nur zum Vergleich.

da/dN [m/Schwingspiel]



a) $R = 0,1$; $K_{\max} = 10 \text{ Nmm}^{-2}\text{m}^{0,5}$

da/dN [m/Schwingspiel]



b) $R = 0,8$; $K_{\max} = 10 \text{ Nmm}^{-2}\text{m}^{0,5}$

Bild B.6 — Ermüdungs-Risswachstums-Kurven für verschieden Knetlegierungen

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

Tabelle B.2 — Ermüdungs-Risswachstumsdaten für Knetlegierungen,
 $R = K_{\min}/K_{\max} = \text{konstant}$

<i>R</i>-Verhältnis	Spannungsintensität ΔK [Nmm ⁻² m ^{0,5}]	<i>m</i>	<i>A</i>
a) 0,100	1,68	34,8	1,47182E-19
	1,89	4,23	4,06474E-11
	2,96	1,94	4,88644E-10
	4,75	6,69	2,95135E-13
	6,70	2,80	4,82538E-10
	19,51	5,96	4,12350E-14
	28,70	8,74	3,57541E-18
	34,50	8,74	3,57541E-18
b) 0,800	0,87	10,43	4,27579E-11
	1,24	3,33	1,95935E-10
	2,27	2,98	2,60324E-10
	3,40	4,69	3,24644E-11
	6,44	10,8	3,73040E-16
	11,45	10,8	3,73040E-16

ANMERKUNG Diese Werte stammen aus einer oberen Umhüllenden der Kurven in Bild B.4(a) und (b).

Tabelle B.3 — Ermüdungs-Risswachstumsdaten für Gusslegierungen,
 $R = K_{\min}/K_{\max} = \text{konstant}$

<i>R</i>-Verhältnis	Spannungsintensität ΔK [Nmm ⁻² m ^{0,5}]	<i>m</i>	<i>A</i>
a) 0,100	3,28	35,46	5,10219E-30
	3,45	11,01	7,18429E-17
	4,60	4,37	1,82159E-12
	12,18	5,78	5,37156E-14
	23,07	19,12	3,47503E-32
	27,30	19,12	3,47503E-32
b) 0,800	1,42	21,24	6,08486E-15
	1,76	3,55	1,34235E-10
	5,82	18,1	1,05480E-21
	8,70	18,1	1,05480E-21

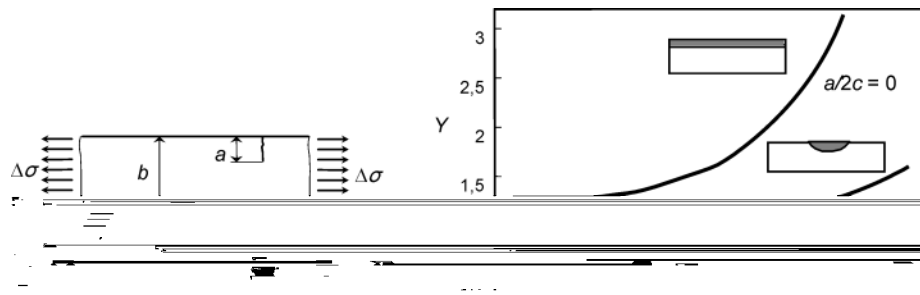
ANMERKUNG Diese Werte stammen aus einer oberen Umhüllenden der Kurven in Bild B.5(a) und (b).

Tabelle B.4 — Ermüdungs-Risswachstumsdaten für Knetlegierungen,
 $K_{\max} = 10 \text{ Nmm}^{-2}\text{m}^{0,5} = \text{konstant}$

<i>R</i> -Verhältnis	Spannungsintensität ΔK [Nmm ⁻² m ^{0,5}]	<i>m</i>	<i>A</i>
0,100	0,76	9,13	1,21148E-10
	1,26	2,77	5,26618E-10
	19,50	5,95	4,18975E-14
	28,71	8,79	3,07173E-18
	34,48	8,79	3,07173E-18
0,800	0,76	9,27	1,27475E-10
	1,22	2,84	4,56026E-10
	4,37	5,28	1,24266E-11
	6,76	11,02	2,12818E-16
	11,45	11,02	2,12818E-16

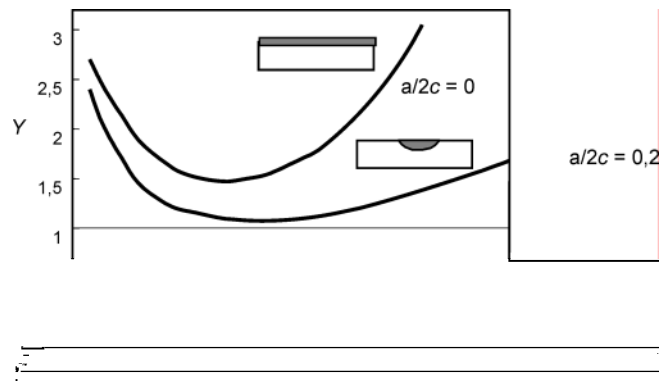
ANMERKUNG Diese Werte stammen aus einer oberen Umhüllenden der Kurven in Bild B.6(a) and (b).

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)



a) Y -Wert für einfache Platte; a/b = Risstiefenverhältnis

b) M_k -Wert für Spannungskonzentration an der Nahtübergangsstelle



c) Y -Wert für die Schweißverbindung

Bild B.7 — Anwendung typischer geometrischer Standardlösungen für Y und M_k

Anhang C

(informativ)

Versuche für die Ermüdungsbemessung

C.1 Allgemeines

(1) Wo es keine ausreichenden Daten für den vollständigen Nachweis eines Tragwerks durch Berechnungen nach 2.2.1 oder 2.2.2 gibt, sollten zusätzliche Nachweise durch ein spezielles Versuchsprogramm erbracht werden. In diesem Fall könnten Versuchsergebnisse aus einem oder mehreren nachfolgender Gründe erforderlich werden:

- a) Der vorkommende Last-Zeit-Verlauf oder -Kollektiv, für entweder Einzel- oder Mehrfach-Lasten, ist nicht vorhanden und kann mit praktischen Tragwerksberechnungsmethoden nicht ermittelt werden (siehe 2.3.1 und 2.3.2). Dies könnte insbesondere bei sich bewegenden, hydraulisch oder aerodynamisch belasteten Konstruktionen der Fall sein, wo dynamische Effekte und Resonanzeffekte vorkommen können;
- b) die Tragwerksgeometrie ist so komplex, dass Schätzungen für auf die Bauteile wirkenden Kräfte oder lokale Spannungsfelder mit praktischen Berechnungsmethoden nicht ermittelt werden können (siehe 5.2 und 5.4);
- c) die Werkstoffe, Abmessungsdetails, oder Herstellungsverfahren von Bauteilen oder Verbindungen sind anders als in den Tabellen der Detailkategorien angegeben;
- d) Rissfortschrittsdaten werden bei der schadenstoleranten Bemessung benötigt.

(2) Die Prüfung darf an vollständigen Prototypen, an Tragwerken, die mit dem zu erbauenden Tragwerk gleichwertig sind, oder an ihren Komponenten durchgeführt werden. Die Art aus dem Versuch ermittelter Informationen sollte den Grad berücksichtigen, zu dem die Belastung, Materialien, Konstruktionsdetails und Herstellungsverfahren des Versuchskörpers oder seiner Komponenten das zu erbauende Tragwerk wiedergeben.

(3) Versuchsergebnisse sollten anstatt Standarddaten nur dann verwendet werden, wenn diese unter Verwendung überwachter Prozessbedingungen ermittelt werden und zur Ausführung kommen.

C.2 Ermittlung von Belastungsdaten

C.2.1 Feste Tragwerke unter mechanischen Belastungen

(1) Diese umfassen Tragwerke wie Brücken, Kranbahnen und Maschinenfundamente. Vorhandene ähnliche Tragwerke, die den gleichen Belastungsquellen ausgesetzt sind, dürfen zur Ermittlung von Amplitude, Phase und Frequenz der einwirkenden Lasten benutzt werden.

(2) Beanspruchungs-, Verformungs- oder Beschleunigungsgeber an ausgewählten Bauteilen angebracht, die unter bekannten Lasten geeicht wurden, können den Kräfteablauf über einen typischen Betriebsabschnitt des Tragwerks registrieren, unter Benutzung analoger oder digitaler Datenermittlungsapparaturen. Die Bauteile sollten so gewählt werden, dass die Hauptbelastungsanteile unabhängig voneinander mit Hilfe von Einflussbeiwerten aus den Eichbelastungen abgeleitet werden können.

(3) Alternativ können Kräftemessdosen an den Schnittstellen zwischen der einwirkenden Lasten und dem Tragwerk angebracht, und so ein kontinuierlicher Schrieb mithilfe der gleichen Geräte ermittelt werden.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

(4) Das Massen-, Steifigkeits- und logarithmische Dekrement des Prüftragwerks sollte innerhalb von 30 % des entsprechenden in der endgültigen Bemessung sein und die natürliche Frequenz der Schwingungsformen, die die größten Beanspruchungsschwankungen verursachen, sollte innerhalb von 10 % sein. Ist dies nicht der Fall, so sollte das Belastungsverhalten an einer der endgültigen Bemessung entsprechenden Konstruktion nachträglich nachgewiesen werden.

(5) Die Frequenzkomponente des während der Betriebsperiode ermittelten Lastkollektivs sollte mit dem Verhältnis der Bemessungslebensdauer über der Betriebsabschnittslebensdauer multipliziert werden, um das endgültige Bemessungskollektiv zu ermitteln. Eine Erhöhung der Intensität oder Frequenzen oder eine statistische Extrapolation von der gemessenen Periode auf die Bemessungslebensdauer sollte ebenfalls nach Bedarf vorgenommen werden.

C.2.2 Feste Tragwerke unter Umweltbelastungen

(1) Diese umfassen Tragwerke wie Maste, Schornsteine und Aufbauten bei off-shore Konstruktionen. Die Methoden der Ermittlung des Belastungskollektivs sind im wesentlichen die gleichen wie in C.2.1, außer dass der Betriebsabschnitt im allgemeinen länger sein muss, um ein repräsentatives Kollektiv der Umweltbelastungen, z. B. aus Wind- oder Welleneinwirkung, zu bekommen. Der Ermüdungsschaden wird oft hauptsächlich durch einem bestimmten Abschnitt des gesamten Belastungskollektivs verursacht, infolge Flüssigkeitsströmung induzierter Resonanzeffekte. Meist hängt dies von der Richtung, Frequenz und Dämpfung sehr stark ab. Aus diesem Grund ist eine große Genauigkeit bei der Simulation von sowohl der Tragwerkeigenschaften (Masse, Steifigkeit, Dämpfung) wie der aerodynamischen Eigenschaften (Querschnittsgeometrie) notwendig.

(2) Es wird empfohlen, die Belastung nachträglich an einem der endgültigen Bemessung entsprechenden Tragwerk nachzuweisen, falls die ursprünglichen Belastungsdaten an Tragwerken ermittelt wurden mit Unterschieden größer als 10 % in natürlicher Frequenz oder Dämpfung oder falls die Querschnittsform nicht identisch ist.

(3) Ein endgültiges Bemessungskollektiv bezüglich Richtung, Intensität und Frequenz der Belastung kann ermittelt werden, wenn man durch Vergleich meteorologischer Beobachtungen während einer typischen Bemessungslebensdauer für das Tragwerk, die Belastungsdaten aus dem beobachteten Betriebsabschnitt passend modifiziert.

C.2.3 Bewegliche Konstruktionen

(1) Diese umfassen Konstruktionen wie fahrende Kräne und andere Konstruktionen auf Rädern, Fahrzeuge und schwimmende Konstruktionen. Bei diesen Konstruktionstypen sollte die Fahrbahngeometrie bezüglich Form und Amplitude von Wellen und Frequenz ausreichend definiert sein, da diese einen signifikanten Einfluss auf dynamische Belastung des Tragwerks ausübt.

(2) Andere Lasteinflüsse wie Be- und Entladungsvorgänge können unter Verwendung der in C.2.1 formulierten Grundlagen gemessen werden.

(3) Laufflächen für ad-hoc Prüfstrecken dürfen für die Ermittlung von Last-Zeit-Verläufen für die Bemessung von Prototypen eingesetzt werden. Lastdaten früherer Tragwerke sollten mit Vorsicht eingesetzt werden, da kleine Änderungen, insbesondere z. B. bei der Bemessung von Laufkatzen, das dynamische Reaktionsverhalten grundlegend verändern können. Es wird empfohlen, die Belastung für die endgültige Bemessung nachzuweisen, wenn kein Ermüdungsfestigkeitsversuch am Großbauteil vorgenommen wird (siehe C.3).

C.3 Ermittlung der Spannungsdaten

C.3.1 Versuchsergebnisse aus Bauteilen

- (1) Sofern bei einfachen Bauteilen die Hauptkomponenten der Kräfte im Bauteil leicht berechnet oder gemessen werden können, wird es treffend sein, Bauteile mit der zu analysierenden Verbindung oder Konstruktionsdetail zu prüfen.
- (2) Ein geeigneter Prüfkörper identischer Abmessungen wie in der endgültigen Bemessung sollte entsprechend der vereinfachten geometrischen Spannungsbewertung (siehe Annex D) gemessen werden, durch Anwendung einer passenden Methode wie z. B. Dehnungsmessstreifen mit elektrischem Widerstand, Moiré Netz oder thermoelastischer Verfahren. Die Bauteilenden sollten in ausreichender Entfernung von dem betrachteten Bereich sein, so dass lokale Effekte am Lasteinbringung die Spannungsverteilung an gleicher Stelle nicht beeinflussen. Die Kraftkomponenten und die Spannungsgradienten im betrachteten Bereich sollten identisch mit denen im Gesamttragwerk sein.
- (3) Einflussbeiwerte können aus statisch eingesetzten Lasten ermittelt werden, die die Ermittlung der Spannungsverteilung für jede erwünschte Kombination von Lastkomponenten ermöglicht. Falls erforderlich, können die Beiwerte aus verkleinerten Prüfkörpern ermittelt werden, sofern das gesamte Bauteil gleichmäßig verkleinert worden ist.

C.3.2 Versuchsergebnisse aus Tragwerken

- (1) Bei bestimmten Tragwerkstypen wie Schalentragwerken könnte es durch die Kontinuität des Konstruktionswerkstoffs nicht praktisch sein, Bauteile mit einfachen Einwirkungen zu isolieren. In einem solchen Fall sollten Spannungsdaten aus Prototypen oder Tragwerken aus der Produktionsserie ermittelt werden.
- (2) Ähnliche Messmethoden dürfen angewendet werden wie bei der Bauteilprüfung. Für die häufigste Verwendung wird empfohlen statische Lasten als unabhängige Komponenten anzubringen, so dass die Spannungen durch Anwendung der einzelnen Einflussbeiwerte für den betrachteten Ort miteinander kombiniert werden können. Die Last sollte einen shake-down Zyklus vor Ermittlung der Einflussbeiwerte durchlaufen.

C.3.3 Bestätigung des Spannungs-Zeit-Verlaufs

- (1) Die gleiche Methode wie in C.3.2 beschrieben darf für den Nachweis des Spannungs-Zeit-Verlaufs an einer Stelle während der Prototyp-Prüfung unter einer bestimmten Belastung verwendet werden. In diesem Fall sollten Datenermittlungsgeräte wie in C.2.1 verwendet werden, entweder für das Aufnehmen des gesamten Spannungs-Zeit-Verlaufs oder für die Durchführung einer Zyklenzählung. Letztere kann zur Lebensdauerabschätzung verwendet werden, wenn die geeignete $\Delta\sigma$ -N Kurve gewählt worden ist.
- (2) Eine weitere Option, die bei nicht sicheren Last-Zeit-Verläufen verwendet werden darf, besteht in der dauerhaften Anbringung eines Zyklenzählgerätes an dem Tragwerk im Betrieb.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

C.4 Ermittlung von Lebensdauerdaten

C.4.1 Bauteilprüfung

(1) Wenn Kraftkollektive oder Spannungs-Zeit-Verläufe bekannt sind, kann durch Bauteilversuche die Bemessung kritischer Tragwerksteile bestätigt werden. Das zu prüfende Bauteil sollte in genau den gleichen Abmessungen und nach denselben Verfahren wie das in der endgültigen Ausführung hergestellt werden. All diese Aspekte sollten vor der Herstellung des Prüfbauteils vollständig dokumentiert werden. Zusätzlich sollten die zerstörungsfreien Prüfmethoden und die Abnahmekriterien dokumentiert werden, zusammen mit dem Prüfbericht zur Qualität der zu prüfenden Verbindungen.

(2) Die Probekörper sollten in ähnlicher Weise wie in C.2.1 beschrieben belastet werden. Dehnungsmessstreifen, insbesondere im Fall von Bauteilen, sollten verwendet werden zur Bestätigung, dass die Spannungsschwankungen wie erforderlich vorkommen. Die Anordnung der Dehnungsmessstreifen sollte so sein, dass diese den richtigen Spannungsparameter registrieren. Wenn die Nennspannung registriert wird, sollte der Messstreifen mindestens 10 mm entfernt von allen Schweißnahtübergangsstellen sein. Bei steilen Spannungsgradienten sollte die Verwendung von drei Messstreifen eine Interpolation ermöglichen.

(3) Die Ermittlung von Bemessungslebensdauerwerten durch Versuche sollte den gleichen statistischen Bewertungsverfahren folgen, die in 6.2 zur Ermittlung der Ermüdungsfestigkeitswerte verwendet wurden. Meistens beinhaltet dies eine statistische Bewertung, basierend auf Schätzwerte für die mittlere und Standardabweichung, unter Annahme einer Normalverteilung der beobachteten logarithmischen Lebensdauer-Schwingspielzahl (abhängige Variable) für vorhandene logarithmische Spannungswerte (unabhängige Variable) bzw. einer linearen $\log \Delta \sigma - \log N$ Regressionsanalyse für unterschiedliche Lebensdauerbereiche, siehe Bild 6.1. Dabei wird eine Mittelwert-Regressionslinie oder eine charakteristische Regressionslinie für eine bestimmte Überlebenswahrscheinlichkeit (meistens etwa 97,7 % oder zwei Standardabweichungen vom Mittelwert entfernt) bestimmt. Für Bemessungszwecke wird die letztere parallel zur ersten angenommen. Die oben definierte charakteristische Regressionslinie sollte nicht höher als 80 % des Ermüdungsfestigkeits-Mittelwerts sein. Dies erlaubt für eine breitere Streuung in der Herstellung als normalerweise in einer einzigen Reihe von Ermüdungsproben erwartet wird.

(4) Es sollte im Auge behalten werden, dass dieses vereinfachte Ermittlungsverfahren oft verwendet wird obwohl es bei kleinen Probengrößen möglicherweise unzuverlässig ist. Für entsprechende Korrekturbeiwerte geben die Methoden unter C.4.3 Hinweise.

(5) Für eine schadenstolerante Bemessung sollte ein Protokoll des Ermüdungsrisswachstums mit Anzahl der Schwingspiele aufgenommen werden.

(6) Alternativ, wenn der Bemessungsspannungs-Zeit-Verlauf bekannt und eine Prüfmöglichkeit mit variabler Amplitude vorhanden ist, darf der Probekörper mit dem Spannungs-Zeit-Verlauf ohne den entsprechenden Sicherheitsbeiwert geprüft werden.

C.4.2 Großbauteilprüfung

(1) Die Großbauteilprüfung (Prüfung von Tragwerken im Originalmaßstab) darf unter tatsächlichen Betriebsbedingungen oder in einer Prüfeinrichtung vorgenommen werden, wobei die Prüflastkomponenten hydraulisch oder durch andere Methoden aufgebracht werden.

(2) Die angewandten Lasten sollten nicht höher als die Nennlasten sein.

(3) Wenn die Betriebslasten auf zufällige Weise zwischen Grenzwerten variieren, sollten diese in Vereinbarung zwischen Lieferanten und Erwerbenden durch eine äquivalente Lastenfolge repräsentiert werden.

(4) Alternativ sollten die Prüflasten gleich den mit keinem Beiwert erhöhten Lasten sein.

(5) Die Lastanbringung auf die Probe sollte für das Tragwerk oder Bauteil genau die während des Betriebs erwarteten Bedingungen hervorrufen.

(6) Die Prüfung sollte bis zum Bruch oder Unvermögen der Probe die Gesamtprüflast aufzunehmen, infolge eingetretenen Schadens, fortgesetzt werden.

(7) Die Anzahl der angebrachten Prüflast(en)wiederholungen bis zum Versagen sollte genau gezählt und zusammen mit Beobachtungen des Rissfortschritts aufgenommen werden.

C.4.3 Akzeptanzkriterien

(1) Das Akzeptanzkriterium hängt davon ab, ob das Tragwerk entsprechend dem Konzept der sicheren Lebensdauer, siehe unten auf (2) bis (7), oder entsprechend dem der Schadenstoleranz ausgelegt werden soll, siehe unten auf (11).

(2) Für die Akzeptanz einer schwingbruchsicheren Bemessung sollte die Lebensdauer bis zum Versagen aus Versuchsergebnissen, nach einer Anpassung entsprechend der vorhandenen Probenzahl, nicht kleiner sein als die nach A.2.1 definierte Bemessungslebensdauer und zwar folgendermaßen:

$$T_L = \frac{T_m}{F} \quad (\text{C.1})$$

Dabei ist

T_L die Bemessungslebensdauer (in Schwingspielen);

T_m der Mittelwert der Lebensdauer zum Versagen nach Versuchen bestimmt (in Schwingspielen);

F der Ermüdungsversuch-Beiwert, abhängig von der tatsächlich vorhandenen Anzahl der Versuchsergebnisse, wie in Tabelle C.1 definiert.

(3) Bei der Abschätzung von Werten für den Beiwert F werden die folgenden allgemeinen statistischen Prinzipien und Annahmen angewandt. Ein charakteristischer statistischer Wert wird durch den folgenden Ausdruck ermittelt:

$$x_c = \mu - K\sigma \quad (\text{C.2})$$

wobei K von der Wahrscheinlichkeitsverteilung und der erforderlichen Überlebenswahrscheinlichkeit abhängt bei einer statistischen Verteilung mit dem Mittelwert μ und der Standardabweichung σ . In der Praxis können nur Schätzungen für den Mittelwert und der Standardabweichung errechnet werden, d. h. x_m und s entsprechend, für einen Versuchsumfang n . Entsprechend sollten Korrekturbeiwerte angewandt werden, die die Konfidenzintervalle sowohl für den Mittelwert wie für die Varianz (oder Standardabweichung) ausdrücken. Die vorhergehende Beziehung kann dann folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$x_c = x_m - k s \quad (\text{C.3})$$

Dabei ist

$$k = k_1 k_2 + k_3$$

k_1 der theoretische Wert der Verteilung, der zu einer bestimmten Überlebenswahrscheinlichkeit gehört;

k_2 die Korrektur für das Konfidenzintervall der Standardabweichung;

k_3 die Korrektur für das Konfidenzintervall des Mittelwerts;

k_2 und k_3 sind abhängig von der Standardabweichung s , dem Versuchsumfang n , und dem vorgeschriebenen Konfidenzniveau.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

Im Allgemeinen ist

$$k = k_1 k_2 + k_3 = z_{(1-\alpha/2)} \sqrt{\frac{n}{\chi^2_{(\alpha/2, n-1)}}} + \frac{t_{(1-\alpha/2, n-1)}}{\sqrt{n}} \quad (\text{C.4})$$

Dabei ist

n	der Versuchsumfang;
α	das Konfidenzniveau oder der Wert der Wahrscheinlichkeit (im Fall der Normalverteilung);
$z_{(1-\alpha/2)}$	der Wert der Normal-Wahrscheinlichkeitsverteilung bei einer vorgegebenen Versagenswahrscheinlichkeit von $(1-\alpha/2)$, entsprechend einer beiderseitigen Wahrscheinlichkeit von $(1-\alpha)$;
$\chi^2_{(\alpha/2, n-1)}$	der Wert der Chi-Quadrat-Wahrscheinlichkeitsverteilung bei einem vorgegebenen Konfidenzintervall von $\alpha/2$ und $n-1$ Freiheitsgrade;
$t_{(1-\alpha/2, n-1)}$	der Wert der t -Wahrscheinlichkeitsverteilung für eine vorgegebene Wahrscheinlichkeit von $(1-\alpha/2)$, entsprechend einer beiderseitigen Wahrscheinlichkeit von $(1-\alpha)$ und $n-1$ Freiheitsgraden.

Im Rahmen dieser Regeln werden die folgenden Annahmen gemacht:

- Der Wert der Standardabweichung ist aus vorherigen Erfahrung bekannt, d. h. dieser basiert auf einen ausreichend großen Versuchsumfang;
 - dies erlaubt für k_2 den Wert gleich 1 zu setzen;
 - ausreichende Kenntnis über die herrschende Verteilung ist vorhanden oder es gibt keine signifikante Abweichung von der Normalverteilung; und
 - bei der Korrektur für das Konfidenzintervall des Mittelwerts darf die t -Verteilung durch die Normalverteilung ersetzt werden.
- (4) Beim allgemeinen Fall von mehreren Proben, die alle bis zum Versagen untersucht werden, wird dann der Ausdruck (C.3) zu

$$k = k_1 + k_3 = z_{(1-\alpha/2)} + \frac{z_{(1-\alpha/2)}}{\sqrt{n}} \quad (\text{C.5})$$

(5) Im Fall von mehreren gleichzeitig geprüften Proben bis zum Versagen der ersten Probe, um den Wert k abzuschätzen, wird angenommen, dass

- Die sich ergebende Lebensdauer der ersten Probe – entspricht T_L aus dem Ausdruck (C.1) – befindet sich auf der oberen Grenze der entsprechenden Verteilung;
- die erforderliche Lebensdauer oder Bemessungslebensdauer – entspricht T_m aus dem Ausdruck (C.1) – befindet sich auf der unteren Grenze der entsprechenden Verteilung.

Die untere Grenze wird bestimmt aus $x_m - k_1 s$, mit k_1 entsprechend dem Ausdruck in (C.4). Die obere Grenze bestimmt sich entsprechend aus $x_m + k_4 s$ bestimmt. Der zugehörige Wert von k_4 wird mit der Annahme bestimmt, dass wenn die Überlebenswahrscheinlichkeit von einer Probe, beim Versagen an der entsprechenden Lebensdauer, gleich P ist, so wird die Überlebenswahrscheinlichkeit von n Proben auf dem gleichen Niveau gleich P^n sein. Um auf der sicheren Seite zu sein wird ein ausreichend niedriger Wert von

$P^n = c$ definiert und k_4 wird aus der Normalverteilung bei $c^{1/n}$ Wahrscheinlichkeit bei entsprechenden Werten n errechnet.

Der Beiwert k wird dann errechnet aus

$$k = k_1 + k_2 = z_{(1-\alpha/2)} + z_P \quad (\text{C.6})$$

(6) Aus dem Ausdruck (C.1) wird der folgende Ausdruck ermittelt:

$$\log T_L = \log T_m - \log F \quad (\text{C.7})$$

der beim Vergleich zum Ausdruck (C.2) folgendes ergibt

$$\log F = k s \quad (\text{C.8})$$

oder

$$F = 10^{ks} \quad (\text{C.9})$$

und F aus Tabelle C.1.

(7) Der Wert der Standardabweichung muss abgeschätzt werden. Vorherige Erfahrung mit ähnlichen Konstruktionsfällen liefert zuverlässigere Werte. Vorhandene Daten (Literatur in C.1 und C.2) für verschiedene geschweißte Konstruktionsdetails in Aluminium ergeben einen Bereich verschiedener Werte $s_{\log \Delta \sigma}$ für die Standardabweichung. Für eine entsprechende durchschnittliche Neigung von $m = 4$ für die Regressionslinie können diese zu entsprechenden $s_{\log N}$ Werten transformiert werden, für den Lebensdauerbereich bis zum Grenzwert von 5×10^6 Schwingspielen für die Dauerfestigkeit bei konstanter Amplitude der Beanspruchung. Für Lebensdauerwerte bis zu 10^8 Schwingspielen kann es zweckmäßig sein, entsprechend der Neigung von $m + 2$, größere Werte der Streuung zu benutzen. Man braucht spezielle Überlegungen über dieser Grenze hinaus.

(8) Die Werte für F , errechnet auf der Grundlage der oben beschriebenen statistischen Verhältnisse, werden in Tabelle C.1 angegeben und gelten für identische Proben, die alle bis zum Versagen untersucht werden.

(9) Die Werte in Tabelle C.1 basieren auf einer Überlebenswahrscheinlichkeit von 95 % und einem Konfidenzniveau von 0,95 für die Normalverteilung und einem Wert von $s_{\log N} = 0,18$ für die Standardabweichung. Im Fall des Versagens der ersten Probe wird ein Wert der Überlebenswahrscheinlichkeit von $P^n = 5 \%$ angenommen.

(10) Kriterien für die Korrektur der gemessenen Lebensdauer und für die Abnahme werden von Anwendung zu Anwendung verschieden sein und sollten mit dem für die Abnahme verantwortlichen Ingenieur vereinbart werden.

(11) Die Akzeptanz einer schadenstoleranten Bemessung hängt von der Lebensdauer ab, bei der ein Riss eine Länge erreicht, welche bei einer während des Betriebs anwendbaren Inspektionsmethode erfasst werden könnte. Diese hängt auch ab, von der Rissgeschwindigkeit, von der Bedeutung kritischer Risslängen und von den Folgen für die Restsicherheit der Konstruktion und den Reparaturkosten.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

Tabelle C.1 — Ermüdungsversuchs-Beiwert F

Versuchsergebnisse	Anzahl der untersuchten Proben n											
	1	2	3	4	5	6	8	10	15	20	30	100
Identische Proben, alle bis zum Versagen geprüft.	3,91	3,20	2,93	2,78	2,68	2,61	2,52	2,45	2,36	2,30	2,24	2,12
Identische Proben, alle gleichzeitig geprüft. Erste Probe versagt.	3,91	2,71	2,27	2,03	1,88	1,77	1,61	1,51	1,36	1,26	1,15	0,91

C.5 Rissfortschrittsdaten

Hinweise für die Ermittlung von Risswachstumsdaten werden in Anhang B gegeben.

C.6 Berichterstattung

(1) Beim Abschluss eines jeden Versuchs, durchgeführt in Anlehnung an diesem Abschnitt, sollte ein Zertifikat ausgestellt werden, folgende Information enthaltend:

- a) Name und Adresse der Prüfanstalt;
- b) Akkreditierungsangaben für die Prüfanstalt (wo angebracht);
- c) Prüfdatum;
- d) Name(n) der Person(en), die für die Prüfung verantwortlich sind;
- e) Beschreibung der untersuchten Probe durch
 - 1) Verweis auf Seriennummer wo möglich; oder
 - 2) Verweis auf Zeichnungsnummer(n) wo möglich; oder
 - 3) Beschreibung durch Skizzen oder Diagramme; oder
 - 4) Bildaufnahmen;
- f) Beschreibung der aufgetragenen Lastanordnungen samt Verweise auf weitere Europäische Normen, wo zweckmäßig;
- g) Aufzeichnung der Lastereignisse und der gemessenen Reaktionen auf Belastung, d. h. Durchbiegungen, Dehnung, Lebensdauer;
- h) Summe der Lasten und Deformationen und Spannung an kritischen Punkten für die Abnahme der Konstruktion;
- i) Aufzeichnung der Lebensdauer und Versagensart;
- j) Aufzeichnung der beobachteten Punkte mit Verweis auf e) 2 bis 4) oben;

- k) Notierung jedes beobachteten in Bezug auf Sicherheit oder Gebrauchstauglichkeit relevanten Verhaltens des Prüfobjekts, d. h. Art und Ort der Risse im Ermüdungsprüfung;
- l) Aufzeichnung der Umweltbedingungen zur Versuchszeit, wo relevant;
- m) Bescheinigung einer akkreditierten Kalibrierstelle für alle eingesetzten Messgeräte;
- n) Erklärung über Zweck oder Ziele der Prüfung;
- o) Aussage über Entsprechung oder Nichtentsprechung mit relevanten Abnahmekriterien wo geeignet;
- p) Aufzeichnung der Namen und der Funktion der für die Prüfung und Aufstellung des Berichts zuständigen Personen;
- q) Seriennummer des Berichts und Ausstellungsdatum.

Anhang D (informativ)

Spannungsanalyse

D.1 Anwendung von Finiten-Elementen für die Ermüdungsanalyse

D.1.1 Elementtypen

D.1.1.1 Balkenelemente

(1) Balkenelemente werden hauptsächlich für die Analyse von Nennspannungen in Rahmen und ähnlichen Tragwerken verwendet. Ein konventionelles Balkenelement für die Analyse von dreidimensionalen Rahmen hat 6 Freiheitsgrade an jedem Endknoten: drei Verschiebungen und drei Rotationen. Dieses Element kann das Torsionsverhalten nur in solchen Fällen korrekt beschreiben, in denen der Querschnitt gegen Verwölbung nicht anfällig ist oder eine Verwölbung sich frei entwickeln kann. Eine Analyse der Wölbspannungen ist unmöglich, wenn offene dünnwandige Tragwerke analysiert werden.

(2) Meist sind die Balkenelemente an den Knotenpunkten steif miteinander verbunden. Alternativ können auch frei drehbare Verbindungen spezifiziert werden. In vielen Tragwerken sind die Verbindungen jedoch halbsteif. Zusätzlich ist in Rohrverbindungen die Steifigkeit ungleichmäßig verteilt, was weitere Biegemomente verursacht. Solche Konstruktionsmerkmale verlangen ausgefeilteres Modellieren als nur mit steifen oder frei drehbaren Verbindungen.

D.1.1.2 Membranelemente

(1) Membranelemente sind für das Modellieren in der Ebene beanspruchter Plattenkonstruktionen vorgesehen. Sie können keine Schalenbiegespannungen behandeln. Drei- oder viereckige Plattenelemente sind geeignet für die Berechnung von Membrannennspannungsfeldern in großen ausgesteiften Plattenkonstruktionen.

D.1.1.3 Dünne Schalenelemente

(1) Finite-Elemente Programme beinhalten verschiedene Typen von dünnen Schalenelementen. Diese umfassen flache Elemente, Elemente mit einfacher oder zweifacher Krümmung. Die Deformationsfelder werden meist linear (4-Knoten-Element) oder parabolisch (8-Knoten-Element) formuliert. Im Allgemeinen sind dünne Schalenelemente geeignet für die Berechnung der elastischen Strukturspannungen nach der Schalentheorie. Die Spannung in der Mittelebene ist der Membranspannung gleich, die Spannungen in der oberen und unteren Oberfläche sind superponierte Membran- und Schalenbiegespannungen.

(2) Dünne Schalenelemente können nur die Mittelebenen der Platten modellieren. Die tatsächliche Materialdicke wird nur als eine Eigenschaft für das Element angegeben. Es gibt auch dünne Schalenelemente mit abnehmender Dicke, die beispielsweise für das Modellieren von Tragwerken aus Gussbauteilen geeignet sind. Der wichtigste Nachteil von dünnen Schalenelementen ist, dass diese die wahre Steifigkeit und Spannungsverteilung innerhalb und in der Umgebung der Schweißzone sich kreuzender Schalen nicht modellieren können.

D.1.1.4 Dicke Schalenelemente

(1) Einige Finite-Elemente Pakete beinhalten auch so genannte dicke Schalenelemente. Diese erlauben die Erfassung von Schubquerdeformationen in Dickenrichtung der Schale. Dicke Schalenelemente funktionieren besser als dünne Schalenelemente in bspw. solchen Konstruktionsdetails, bei denen die Entfernung zwischen benachbarten Schalenkreuzungen kurz ist und dies zu signifikanten Schubspannungen führt.

D.1.1.5 Elemente mit ebenem Dehnungszustand

(1) Manchmal ist es nützlich, lokale Spannungsfelder um Kerben mit einem 2-D Modell zu studieren. Ein Querschnitt von der Einheitsdicke kann dann als zweidimensionale Struktur mit Hilfe von Elementen mit ebenem Dehnungszustand modelliert werden.

D.1.2 Weitere Hinweise für die Anwendung finiter Elemente

(1) Kontinuumselemente sind für das Modellieren von Strukturen mit dreidimensionalen Spannungs- und Dehnungsfeldern notwendig. Gekrümmte isoparametrische 20-Knoten-Elemente sind im Allgemeinen die geeignetsten. In geschweißten Bauteilen sind diese manchmal für das Modellieren der Kreuzungszone von Platten oder Schalen erforderlich.

(2) Kontinuumselemente mit linearer Verformung werden wegen unzureichender Konvergenz bei einer Netzverfeinerung nicht empfohlen.

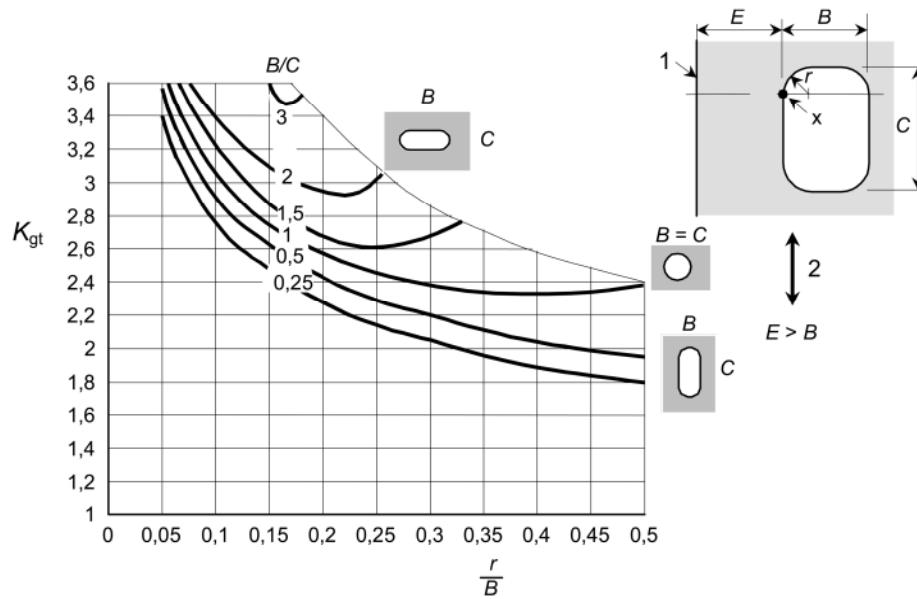
(3) Vollwandige Bauteile mit Form eines vierseitigen Tetraeders und zehn Knoten sind sehr effektiv in der automatischen Netzbildung und haben ein gutes Konvergenzverhalten.

D.2 Spannungskonzentrationsbeiwerte

(1) Werte für Spannungskonzentrationsbeiwerte und Kerbfaktoren für üblich vorkommende Geometrien können aus veröffentlichten Daten entnommen werden (siehe Literaturangaben D.1 und D.2).

(2) Typische Werte von K_{gt} für Eckradien in flachen Plattenelementen werden in Bild D.1 angegeben.

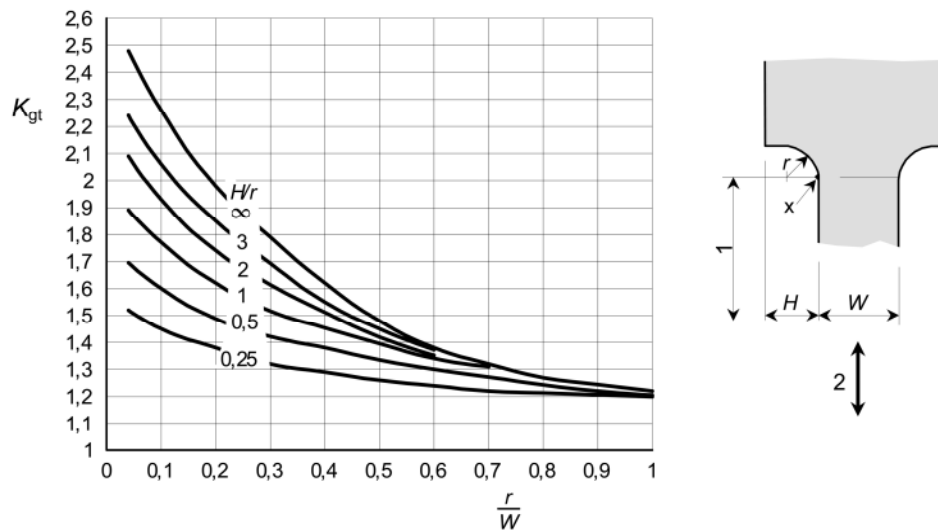
DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)



Legende

- 1 Freie Kante
 2 Wirkrichtung der Spannung

a) Ermüdungs-Spannungskonzentrations-Beiwert K bezogen auf Nennspannung am Punkt x für nicht verstärkte Öffnungen



Legende

- 1 Länge der geraden Strecke $> 2r$;
 2 Wirkrichtung der Spannung

b) Ermüdungs-Spannungskonzentrations-Beiwert K bezogen auf Nennspannung am Punkt x für Ausrundungen an Querschnittsübergängen

Bild D.1 — Typische Spannungskonzentrationsbeiwerte für Eckenausrundungen in flachen Platten

D.3 Ermüdungsbegrenzung bei wiederholtem lokalem Beulen

- (1) Die Schlankheit der Plattenelemente sollte begrenzt werden, um wiederholtes lokales Beulen, das an oder vor Kanten-Anschlüssen zur Ermüdung führen könnte, zu vermeiden.
- (2) Übermäßiges wiederholtes örtliches Beulen darf vernachlässigt werden, wenn die folgende Anforderung erfüllt ist:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed,ser}}{k_{\sigma}\sigma_E}\right)^2 + \left(\frac{1,1 \tau_{x,Ed,ser}}{k_x\sigma_E}\right)^2} \leq 1,1 \quad (D.1)$$

Dabei sind

$\sigma_{x,Ed,ser}, \tau_{x,Ed,ser}$ die Spannungen für die häufige Lastkombination;

k_{σ}, k_x die linearen elastischen Beulwerte unter Annahme von frei dehnbaren Kanten beim Plattenelement;

$$\sigma_E = 0,904 E (t_w/b_w)^2$$

t_w, b_w die Dicke und die Tiefe des Stegbleches.

ANMERKUNG In der Literatur kann der Begriff „Stegatmen“ vorkommen, der gleichbedeutend ist mit wiederholten lokalen Beulen.

Anhang E (informativ)

Klebeverbindungen

(1) Die Bemessung von Klebeverbindungen sollte Folgendes berücksichtigen:

- Abschäl-Einwirkung sollte zu einem Minimum reduziert werden;
- Spannungskonzentrationen sollten zu einem Minimum reduziert werden;
- Beanspruchungen im Grundmaterial sollten unterhalb der Dehngrenze bleiben;
- Chemische Umwandlung oder Anodisieren der Oberflächen verbessert die Haftung im Vergleich zu Entfetten oder mechanischer Aufrauung (Abrieb);
- aggressive Umgebungsbedingungen verkürzen meistens die Ermüdungslebensdauer.

(2) Für Überlappverbindungen, die an der Kleberschicht versagen, sollte die effektive Scherspannungsschwingbreite $\Delta \tau$ aus der auf der Breite der Verbindung bezogenen Kraft dividiert durch die effektive Überlapplänge L_{adh} , bestimmt werden, dabei ist:

L_{adh} = Überlapplänge L mit $L \leq 15$ mm

L_{adh} = 15 mm bei $L > 15$ mm

(3) Der Referenzwert der Ermüdungsfestigkeit einer geklebten Doppel-Überlappverbindung, die in der Überlapplinie versagt wird durch die Gleichung

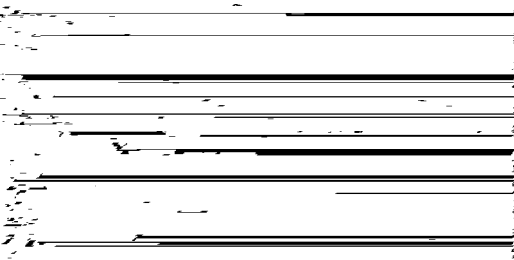
$$\Delta \tau_{c,adh} = k_{c,adh} \times f_{v,adh} \quad (E.1)$$

definiert, dabei ist:

$k_{c,adh}$ der Wert des Ermüdungsfestigkeitsbeiwertes der Klebeverbindung k_{adh} bei $N_C = 2 \times 10^6$ Schwingspiele;

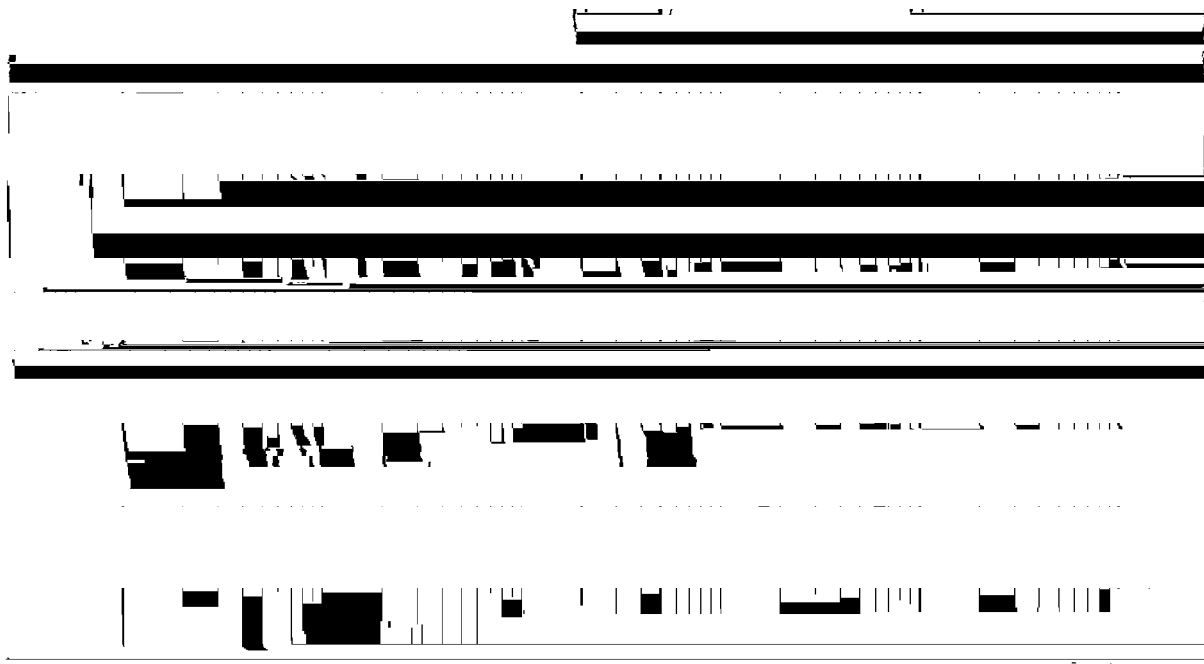
$f_{v,adh}$ die charakteristische Scherfestigkeit des Klebers, ermittelt durch einen statischen Standard-scherversuch an einer Überlappverbindung ist (siehe EN 1999-1-1).

Tabelle E.1 — Klebeverbindungen

Detail- kategorie	Produktformen Konstruktionsdetail Rissentstehungsstelle	Spannungs- analyse	Ausführungs- bedingungen
$0,11 f_{v,adh}$	Walz-, Stranggepresste- und Schmiedeprodukte	Spannung quer zur Vorderkante	Maschinelle Bearbeitung nur mit schnelllaufender Fräse
$m_1 = 6$	Ein- und Zweikomponenten-Epoxidharze, Überlappverbindung, Dicke des dünneren Teils ≤ 8 mm	Spannungs-Spitze an der Vorderkante	Oberflächenvorbereitung: Entfetten oder Chromatierung
$m_2 = 6$	 In der Klebefuge an der Vorderkante	Exzentrizität der Kräfteführung darf nur in Doppel-Überlapp-Verbindungen vernachlässigt werden	Zusammenbau: Klebschichtdicke innerhalb der durch die Scherfestigkeitsprüfung festgelegten Toleranzen

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

Spannungsschwingbreite [N/mm²]



Anzahl der Spannungsschwingspiele [N]

Ermüdungs-Scherfestigkeits-Kurve: 3,85-6 Einkomponenten-, warmhärtendes, modifiziertes Epoxidharz,
 $f_{v,adh} = 35 \text{ N/mm}^2$

Ermüdungs-Scherfestigkeits-Kurve: 2,75-6 Zweikomponenten-, kalthärtendes, modifiziertes Epoxidharz,
 $f_{v,adh} = 25 \text{ N/mm}^2$

Ermüdungs-Scherfestigkeits-Kurve: 2,20-6 Zweikomponenten-, kalthärtendes, modifiziertes Acryl,
 $f_{v,adh} = 20 \text{ N/mm}^2$

Bild E.1 — $\Delta \tau_{adh}$ -N Kurve für Klebeverbindungen

Tabelle E.2 — Numerische Werte für k_{adh} ($=\Delta \tau/f_{v,adh}$) bei Klebeverbindungen

Detailkategorie ($N = 2 \times 10^6$)		$N = 10^5$	$N_D = 5 \times 10^6$	$N_L = 10^8$
$\Delta \tau_{c,adh}/f_{v,adh}$	m_1	$\Delta \tau/f_{v,adh}$	$\Delta \tau_D/f_{v,adh}$	$\Delta \tau_L/f_{v,adh}$
0,11	6	0,181	0,094	0,065

(4) Die Grundbeziehung für die Ermüdungsbemessung für eine Lebensdauer im Bereich zwischen 10^5 und 5×10^6 Schwingspielen oder im Bereich zwischen 5×10^6 und 10^8 Schwingspielen ist entsprechend 6.2.1 (2) bzw. 6.2.1 (4) in diesem Dokument definiert.

(5) Die Bemessungswerte der Ermüdungsfestigkeit für Klebeverbindungen sollten einen Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mf} zu den oben angegebenen Festigkeitswerten anwenden.

ANMERKUNG Der Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mf} für bestimmte Konstruktionsdetail-Typen darf im Nationalen Anhang definiert werden. Der Wert von $\gamma_{Mf} = 3,0$ wird empfohlen.

(6) Versuche unter repräsentativen Verhältnissen von Geometrie, Güte der Ausführung und Umgebung werden bei entscheidenden Anwendungen empfohlen.

(7) Ermüdungsdaten für Klebeverbindungen gelten nur innerhalb eines Temperaturbereichs von – 20 °C bis + 60 °C.

ANMERKUNG Die angegebenen Temperaturgrenzen basieren auf vorliegenden Versuchsdaten. Andere Werte dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden, wenn sie durch Versuche entsprechend Anhang C bestätigt werden.

(8) Keine Toleranz sollte für den Einfluss der Mittelspannung hingenommen werden ohne Bestätigung durch Versuche (siehe Anhang C).

Anhang F (informativ)

Bereich der Kurzzeitfestigkeit

F.1 Einleitung

(1) Wo signifikanter Schaden durch hohe Spannungsschwingbreiten verursacht wird, die in weniger als 10^5 Schwingspielen auftreten, könnten die in 6.2 angegebenen $\Delta\sigma$ - N Kurven für bestimmte Konstruktionsdetails und R -Verhältnisse unnötig konservativ sein. Die unten angegebenen Daten dürfen zu einer genaueren Lebensdauer-Abschätzung eingesetzt werden.

F.2 Modifikation der $\Delta\sigma$ - N Kurven

(1) Für die Lebensdauer zwischen 10^3 und 10^5 Schwingspielen darf die Ermüdungsfestigkeitskurve wie folgt definiert werden:

$$N_i = \left(\frac{\Delta\sigma_c}{\Delta\sigma_i} \frac{1}{\gamma_{Ff}\gamma_{Mf}} \right)^{m_0} \times 20^{m_0/m_1} \times 10^5 \quad (\text{F.1})$$

Dabei ist

- N_i berechnete Schwingspielzahl zum Versagen auf einer Spannungsschwingbreite $\Delta\sigma_i$;
- $\Delta\sigma_c$ Bezugswert der Ermüdungsfestigkeit bei 2×10^6 Schwingspielen in Abhängigkeit von der Detailkategorie;
- $\Delta\sigma_i$ Spannungsschwingbreite für die Hauptspannungen beim Detail, und ist konstant für alle Schwingspiele;
- m_0 logarithmische Neigung der $\Delta\sigma$ - N Kurve im Bereich von 10^3 und 10^5 Schwingspielen, abhängig von der Detailkategorie, Legierung und R -Wert;
- m_1 logarithmische Neigung der $\Delta\sigma$ - N Kurve, abhängig von der Detailkategorie;
- γ_{Ff} Teilsicherheitsbeiwert für die Berücksichtigung von Unsicherheiten im Belastungskollektiv und Analyse des Tragwerksverhaltens (siehe 2.4);
- γ_{Mf} Teilsicherheitsbeiwert für Unsicherheiten bei Werkstoffen und der Ausführung (siehe 6.2.1(2)).

F.3 Versuchsergebnisse

(1) Tabelle F.1 gibt Werte von m_0 für einige ausgewählte Details in bestimmten Knetlegierungsprodukten an, die aus Versuchsergebnissen ermittelt worden sind.

ANMERKUNG 1 Für R -Verhältnisse zwischen $R = -1$ und $R = 0$ darf ein linear interpolierter Wert der Neigung m_0 verwendet werden.

ANMERKUNG 2 Der R -Wert darf nur auf den angewandten Spannungen basieren ohne Berücksichtigung der Eigenspannungen.

Tabelle F.1 — Werte für m_0

Typ-Nr.	Detail Kategorie- Tabelle	Legierungen	Produktformen	m_0	
				$R = -1$	$R \geq 0$
1.1	J.1	7020	Bleche, Platten und einfache Strangpressprofile	5,0	m_1
1.2		6000 Serie ^a	Bleche, Platten und einfache Strangpressprofile	4,0	m_1
1.3		7020	Geformte Strangpressprofile	4,0	m_1
1.4		6000 Serie ^a	Geformte Strangpressprofile	4,0	m_1
7.6	J.7 und J.9	EN 1999-1-1, Tabelle 3.1a ¹⁾		3,0	m_1
9.1				3,0	m_1
9.2				3,0	m_1
9.3				3,0	m_1
9.4				3,0	m_1
15.1	J.15	7020	EN 1999-1-1, Tabelle 3.1a	3,3	m_1
15.2		7020		3,3	m_1
^a Ausnahmen - siehe 3(1)					

Anhang G (informativ)

Einfluss des R -Verhältnisses

G.1 Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit

(1) Für angewandte Spannungsverhältniswerte niedriger als $R = +0,5$ darf ein erhöhter Bezugswert der Ermüdungsfestigkeit $\Delta\sigma_{C(R)}$ anstelle $\Delta\sigma_C$ wie folgt benutzt werden:

$$\Delta\sigma_{C(R)} = f(R) \Delta\sigma_C \quad (\text{G.1})$$

Dabei ist

$f(R)$ der Erhöhungsbeiwert in Abhängigkeit vom R -Verhältnis und vom Komponent- und Konstruktionsdetail-Typ, wie unten in G.2. angegeben.

ANMERKUNG Gezogene Rohre und geformte Profile (gefaltet; gewalzt) könnten Eigenspannungen haben, die nicht vernachlässigbar sind, so dass eine Erhöhung im Sinne dieses Anhangs nicht zulässig ist.

G.2 Fälle, die erhöht werden

G.2.1 Fall 1

(1) Dieser betrifft Entstehungsstellen im Grundwerkstoff und Knetprodukte in Konstruktionselementen weit entfernt von Verbindungen.

(2) Zusätzlich zu den vorkommenden Spannungen sollten Vorbelastungen oder Montagetoleranzen berücksichtigt werden.

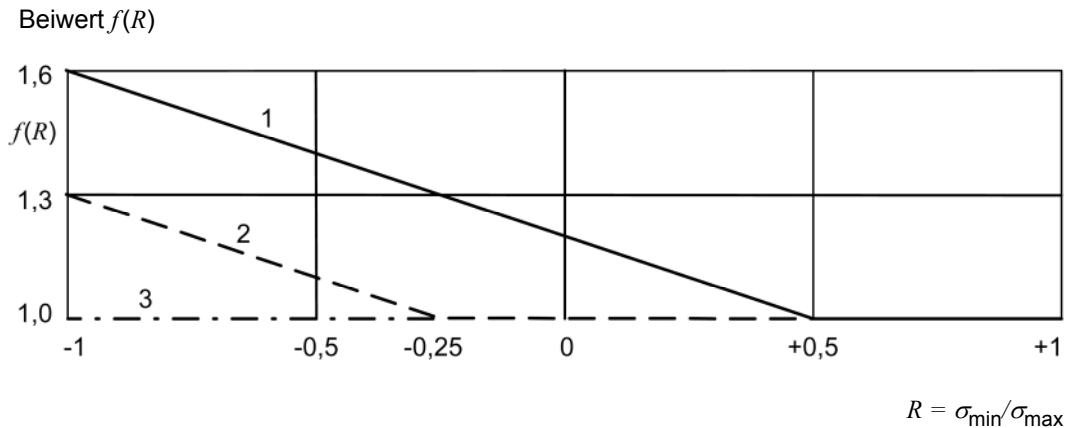
(3) Die Zahlenwerte für den Erhöhungsbeiwert $f(R)$ werden durch

$$f(R) = 1,2 - 0,4R \quad (\text{G.2})$$

angegeben, siehe auch Tabelle G.1 und Bild G.1.

Tabelle G.1 — Werte von $f(R)$ für Fall 1

R	$f(R)$
≤ -1	1,6
> -1 $< +0,5$	$1,2 - 0,4R$
$\geq +0,5$	1,0

**Legende**

- 1 vollkommen spannungsfreie Bereiche
- 2 teilweise spannungsfreie Bereiche
- 3 Bereiche mit Eigenspannungen

Bild G.1 — Festigkeits-Erhöungs-Beiwert $f(R)$ bei 2×10^6 Schwingspielen**G.2.2 Fall 2**

(1) Dieser betrifft Entstehungsstellen in Verbindung mit geschweißten oder mechanisch befestigten Anschlüssen in einfachen Tragwerkselementen, wo die Eigenspannungen σ_{re} ermittelt worden sind, durch Berücksichtigung von allen Vorbelastungen oder Montageteranzen.

(2) Das effektive R -Verhältnis R_{eff} sollte folgendermaßen abgeschätzt werden:

$$R_{eff} = \frac{2\sigma_{res} - \Delta\sigma}{2\sigma_{res} + \Delta\sigma} \quad (G.3)$$

wobei $\Delta\sigma$ die angewandte Spannungsschwingbreite ist.

(3) Die Werte von $f(R)$ werden durch

$$f(R) = 0,9 - 0,4R \quad (G.4)$$

angegeben, siehe auch Tabelle G.2 und Bild G.1.

Tabelle G.2 — Werte von $f(R)$ für Fall 2

R_{eff}	$f(R)$
≤ -1	1,3
> -1	0,9 - 0,4R
$< -0,25$	
$\geq -0,25$	1,0

G.2.3 Fall 3

(1) Dieser gilt in der Nähe von Anschweißungen und bei komplexen Konstruktionsbaugruppen, bei denen eine Kontrolle der Eigenspannungen nicht realisierbar ist.

(2) In diesem Fall sollte $f(R)$ mit Eins für alle R -Verhältnisse angenommen werden (siehe auch Bild G.1).

Anhang H (informativ)

Verbesserung der Ermüdungsfestigkeit von Schweißnähten

H.1 Allgemeines

(1) In Fällen, wo Ermüdungsrisse an der Schweißnahtübergangsstelle entstehen würden, kann die Tragfähigkeit von Schweißverbindungen erhöht werden. Solche Methoden werden normalerweise bei den höchstbeanspruchten Schweißnähten oder zur Verbesserung von Schweißnähten niedriger Festigkeit verwendet.

(2) Die folgenden Methoden werden hier betrachtet:

- maschinelles Bearbeiten oder Schleifen;
- Nachbearbeitung durch WIG (Aufschmelzen der Nahtübergangszone) oder Plasma;
- Strahlen (Sand- oder Nadel- oder Hammerstrahlen).

(3) In Fällen, bei denen spezifizierte Verbesserungstechniken verwendet wurden, kann eine Verbesserung von 30 % im Bereich der mittleren und langen Ermüdungslebensdauer, an der Spannungsschwingbreite gemessen, erreicht werden. Die höchste Verbesserung wird erreicht durch Kombination von zwei Methoden wie maschinelles Bearbeiten (oder Schleifen) und Hammerstrahlen, wobei die doppelte Verbesserung verglichen mit den einzelnen Methoden erreicht werden kann.

(4) Bei allen Methoden sollten die folgenden Aspekte betrachtet werden:

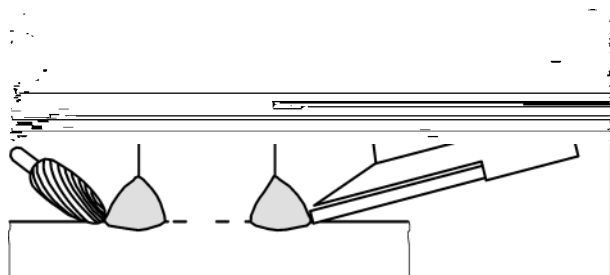
- a) Ein geeigneter Arbeitsvorgang sollte vorhanden sein.
- b) Vor Anwendung der Verbesserungsmaßnahmen sollte man sicherstellen, dass es keine Oberflächenrisse an den kritischen Stellen gibt.
- c) Dies sollte durch die Farbeindringmethode oder andere geeignete zerstörungsfreie Methoden vorgenommen werden.
- d) Im Bereich kurzer Lebensdauern, wo die lokalen Spannungen die Dehngrenze übertreffen, ist die Rissentstehungszeit kurz (unabhängig vom Kerbfall), und folglich ist die Verbesserung gering. Daraus folgt keine Verbesserung für die Bemessung bei 10^5 Schwingspielen (Die $\Delta\sigma-N$ Kurve wird damit um einen bei 10^5 fixierten Wert gedreht).
- e) Andere mögliche Ermüdungsbruchstellen als die gerade verbesserte sollten berücksichtigt werden: z. B. bei Verbesserung des Schweißnahtübergangsbereichs könnten Stellen wie an der Naht selbst oder Innenrisse (teils durchschweißt) kritisch werden.
- f) Es sollten die Ermüdungslebensdauer und der Nutzen von Verbesserungsmethoden in Erwägung gezogen werden.
- g) Unter Bedingungen im Wasser, die eine freie Korrosion ermöglichen, wird die Verbesserung oft verloren gehen. Methoden, die Druckeigenspannungen erzeugen (Strahlen), sind weniger empfindlich. Korrosionsschutz ist somit erforderlich, wenn eine Verbesserung erreicht werden muss.

(5) Bemessungswerte für verbesserte Schweißnähte sollten durch Versuche bestimmt werden, siehe Anhang C.

H.2 Maschinelle Bearbeitung oder Schleifen

(1) Maschinelle Bearbeitung kann durch einen schnell rotierenden Entgraterstab erfolgen und hat den Vorteil einen genauer definierten Radius zu erzeugen, hinterlässt Spuren parallel zur Spannungsrichtung und erreicht Ecken. Alternativ darf eine Schleifscheibe benutzt werden, wenn die Zugänglichkeit dies ermöglicht, siehe Bild H.1. In beiden Fällen sollte der Radius der Schnittkante richtig gewählt werden.

(2) Um Einrisse usw. sicher entfernen zu können muss das maschinelle Entgraten bis zu einer Mindestdtiefe von 0,5 mm unterhalb der Unterkante jedes optisch feststellbaren Einschnitts reichen, sollte allerdings nicht tiefer als 2 mm oder 5 % der Plattendicke betragen – dem entsprechend, was weniger beträgt –, siehe Bild H.2. Die geringfügige Abnahme der Plattendicke und die entsprechende Erhöhung der Nennspannungen ist nicht signifikant für Plattendicken ab 10 mm aufwärts. Im Fall von Nähten mit mehreren Lagen sollten mindestens zwei Nahtübergangsstellen bearbeitet werden. Außerdem sollte man aufpassen, dass die erforderliche Nahtdicke erhalten bleibt.



Legende

- a) Entgraten
- b) Scheibenschleifen

Bild H.1 — Maschinelle Bearbeitungs- und Schleifverfahren

Legende

- a) Volles Profil
- b) Nahtübergangsstelle

Bild H.2 — Profilgeometrien

H.3 Nachbearbeitung durch WIG oder Plasma

(1) Während das WIG Schweißen nur ein praktisches Verfahren für Tragwerke mit 4 mm oder weniger dicken Platten ist, kann es zur Verbesserung der Ermüdungsfestigkeit eingesetzt werden in Fällen, in denen die Nahtübergangsstelle die kritische Stelle ist. Beim Wiederschmelzen des ursprünglichen Nahtübergangsbereichs können innere Imperfektionen und Einbrände entfernt und der Radius des Übergangsbereichs vergrößert werden, was den lokalen Spannungskonzentrationsbeiwert vermindert.

(2) Standardmäßige WIG-Schweißausrüstung sollte benutzt werden, ohne Fülldraht. Die Nachbearbeitung durch WIG ist empfindlich für die Fertigkeiten des Schweißers und es ist wichtig auf saubere Oberflächen zu achten, um Poren zu vermeiden. Detaillierte Verfahrensanweisungen müssen ausgearbeitet werden.

(3) Die Verbesserung sollte durch Versuche bestätigt werden.

H.4 Strahlen

(1) Die größten Vorteile werden normalerweise durch Methoden erreicht, die Druckeigenspannungen erzeugen. Die üblichsten Methoden sind das Hammerstrahlen, Nadelstrahlen und Kugelstrahlen. Strahlen ist ein Kaltverformungsverfahren bei dem der Werkzeugstoß die Oberfläche plastisch verformt. Das umgebende (elastische) Material drückt auf das deformierte Volumen. Hohe Druck-Betriebsbelastung kann die Höhe der Eigenspannung reduzieren und dies sollte bei Anwendung zufälliger Einwirkungskollektiven berücksichtigt werden.

(2) Verfahrensanweisungen für sämtliche Strahlverfahren sollten ausgearbeitet werden: Durchgänge, Verformungen an der Nahtübergangsstelle und Einkerbung für das Hammer- und Drahtbündelstrahlen; Intensität, Abdeckung und Verformung nach der Almen strip Methode für das Kugelstrahlen.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

Anhang I
(informativ)

Gussstücke

I.1 Allgemeines

(1) Die folgenden Daten dürfen für Gussstücke verwendet werden, vorausgesetzt dass die Regeln der Spannungsberechnung in EN 1999-1-1, 3.2.3.1 und ihrem Anhang C.3.4 befolgt werden.

(2) Die Bemessungsregeln in EN 1999-1-3 für Gussstücke unter Ermüdungsbelastung dürfen für die in EN 1999-1-1, Tabelle 3.3 angegebenen Legierungen verwendet werden, wenn die zusätzlichen Anforderungen in I.3 beachtet werden.

I.2 Ermüdungsfestigkeitsdaten

I.2.1 Flachguss

(1) In Abhängigkeit von der geforderten Qualitätsstufe, siehe I.3, dürfen die Zahlenwerte für $\Delta\sigma$ aus Tabelle I.1 verwendet werden.

Tabelle I.1 — Numerische Werte von $\Delta\sigma$ (N/mm²) für den ungeschweißten Werkstoff

Detail Kategorie ($N_C = 2 \times 10^6$)		$N = 10^5$	$N_D = 2 \times 10^6$	$N_L = 10^8$
$\Delta\sigma_C$	$m_1 = m_2$	$\Delta\sigma$	$\Delta\sigma_D$	$\Delta\sigma_L$
71^a	7	108,9	71	40,6
50	7	76,7	50	28,6
40	7	61,4	40	22,9
32	7	49,1	32	18,3
25	7	38,4	25	14,3
^a siehe ANMERKUNG in I.3				

I.2.2 Geschweißter Werkstoff

(1) Ermüdungsfestigkeitswerte für geschweißte Gussstücke werden durch EN 1999-1-3 nicht behandelt.

ANMERKUNG Ermüdungsfestigkeitswerte für Schweißverbindungen zwischen Gussstücke dürfen im Nationalen Anhang definiert werden.

I.2.3 Mechanisch verbundene Gussstücke

I.2.3.1 Geschraubte Verbindungen

(1) Die Zahlenwerte für $\Delta\sigma$ aus Tabelle I.2 dürfen für Schrauben der Kategorie A: Scher-/Lochleibungsverbindung, verwendet werden, siehe EN 1999-1-1.

Tabelle I.2 — Numerische Werte von $\Delta\sigma$ (N/mm²) für geschraubte Verbindungen

Detailkategorie ($N_C = 2 \times 10^6$) für ungeschweißten Werkstoff	Entsprechende Detailkategorie ($N_C = 2 \times 10^6$) für geschraubte und genietete Verbindungen		$N = 10^5$	$N_D = 5 \times 10^6$	$N_L = 10^8$
	$\Delta\sigma_C$	$m_1 = m_2$	$\Delta\sigma$	$\Delta\sigma_D$	$\Delta\sigma_L$
71	45	4	95,2	35,8	16,9
50	40	4	84,6	31,8	15,0
40	25	4	52,9	19,9	9,4
32	20	4	42,3	15,9	7,5
25	16	4	33,8	12,7	6,0

I.2.3.2 Bolzenverbindungen

(1) Ermüdungsfestigkeitswerte für Bolzenverbindungen werden durch EN 1999-1-3 nicht abgedeckt.

ANMERKUNG 1 Ermüdungsfestigkeitswerte aus Tabelle J.15 für geschraubte Verbindungen dürfen unter der Voraussetzung verwendet werden, dass die Bemessungsanalyse die Spannungsverteilung entlang des Bolzens und des angeschlossenen Bauteils angemessen und zuverlässig berücksichtigt, bspw. durch Berechnung der geometrischen Spannungen.

ANMERKUNG 2 Ermüdungsfestigkeitswerte für Bolzenverbindungen von Gussstücken dürfen im Nationalen Anhang definiert werden.

I.2.4 Geklebte Gussstücke

(1) Geklebte Verbindungen in Gussstücken werden durch EN 1999-1-3 nicht abgedeckt.

ANMERKUNG Ermüdungsfestigkeitswerte für geklebte Verbindungen in Gussstücken dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden.

I.3 Qualitätsanforderungen

(1) Die zusätzlichen Beschränkungen in Tabelle I.3 bezüglich des maximalen Porendurchmessers sollten beachtet werden.

Tabelle I.3 — Werte für maximalen Porendurchmesser [mm] bei Gussteilen

Detailkategorie ($N_C = 2 \times 10^6$)	71	50	40	32	25
Maximaler Poren-Durchmesser	0,2	0,5	0,9	1,5	2,0 (normal)

ANMERKUNG Die Herstellung von Gussstücken mit einem Porendurchmesser kleiner als 0,6 mm bedarf spezieller Fertigkeiten, Erfahrung, Gusstechnik und Technologie. Darüber hinaus sind für die Erkennung von Poren kleiner als 0,6 mm spezielle Geräte notwendig, insbesondere für den Bereich bis zu 0,2 mm, wo die Möglichkeit der Erkennung von Fehlstellen dieser Größe auch von der Form (Dicke) des Gussstückes abhängt. Die bei der Planung getroffenen Annahmen über die Materialeigenschaften der für das Tragwerk vorgesehenen Gussstücke sollten durch den Hersteller der Gussstücke bestätigt werden.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

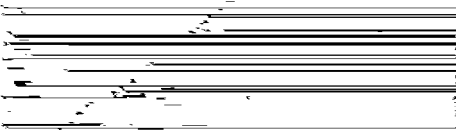
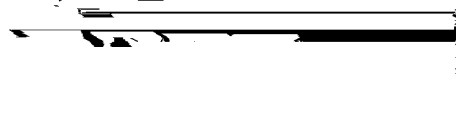
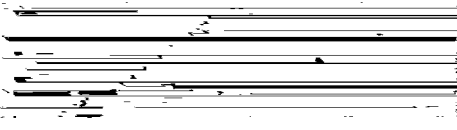
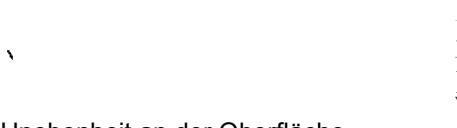
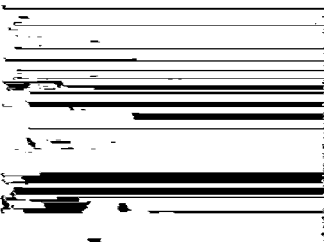
Anhang J (informativ)

Tabellen der Detailkategorien

J.1 Allgemeines

- (1) Die Detailkategorien und $\Delta\sigma$ - N Beziehungen in diesem Anhang dürfen nur zusammen mit den Bestimmungen von Kapitel 6 verwendet werden.
- (2) Die Detailkategorie-Werte sind für Außentemperaturen und Umweltbedingungen gültig, wo kein Oberflächenschutz erforderlich ist (siehe Tabelle 6.2), sowie in Verbindung mit den Ausführungsbedingungen von EN 1090-3. Diese Werte sind für Spannungsverhältnisse ermittelt, die nicht kleiner sind als 0,5.

Tabelle J.1 — Detailkategorien für nicht geschweißte Bauteile

Typ-Nr.	Detail-Kategorie $\Delta \sigma - m_1^a$ Legierungs- beschrän- kung	Produktformen Konstruktionsdetail Rissentstehungsstelle	Spannungsrichtung	Spannungsanalyse	Ausführungs- Anforderungen
1.1	125-7 nur 7020	Blech, Band und einfache strang- gepresste Stäbe und Stangen, maschinell bearbeitete Teile 	Parallel oder quer ^b zur Walz- oder Strangpressrichtung	Haupt-Nennspannung an der Rissentstehungsstelle	Keine Übergangs- Ecken im Profilquer- schnitt, kein Kontakt mit anderen Teilen Maschinelle Oberflächen- bearbeitung $R_{z5} < 40 \mu m^c$ Visuelle Inspektion
1.2	90-7	 Unebenheit an der Oberfläche			
1.3	80-7 nur 7020	Bleche, Platten, Strangpressprofile, Rohre, Schmiedestücke 			Handschleifen nicht erlaubt, wenn nicht parallel zur Spannungsrichtung Keine Riefen quer zur Spannungs- Richtung
1.4	71-7	 Unebenheit an der Oberfläche			Visuelle Inspektion
1.5	140-7 nur 7020	Kerben, Löcher 		Berücksichtigung der Spannungs- Konzentration: siehe Anhang D.2	Gebohrte und gefräste Löcher Keine Riefen quer zur Spannungs- Richtung
1.6	100-7	Unebenheit an der Oberfläche			Visuelle Inspektion

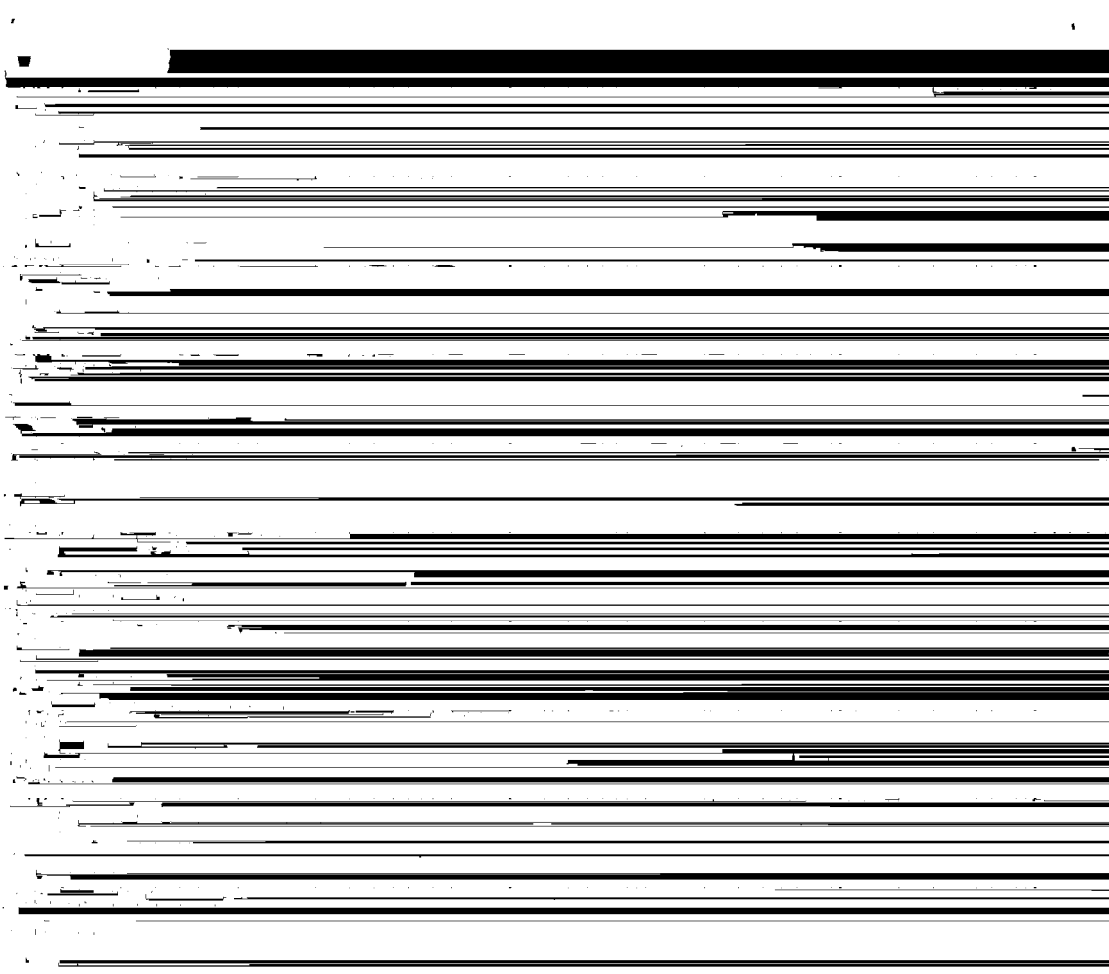
^a $m_1 = m_2$, Dauerfestigkeit bei 2×10^6 Schwingspielen.

^b Wenn die Spannungsrichtung quer zur Strangpressrichtung ist, sollte der Hersteller bezüglich der Qualitätssicherung im Falle von Strangpressprofilen, hergestellt durch Kammer- bzw. Brückenwerkzeug, konsultiert werden.

^c R_{z5} siehe EN ISO 4287 und EN ISO 4288.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

Spannungsschwingbreite [N/mm²]



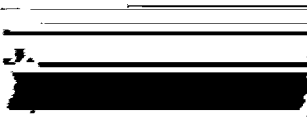
Anzahl der Spannungsschwingspiele [N]

**Bild J.1 — Ermüdungsfestigkeitskurven $\Delta\sigma$ - N für nicht geschweißte Bauteile —
Detailkategorien entsprechend Tabelle J.1**

**Tabelle J.2 — Numerische Werte von $\Delta\sigma$ - N (N/mm²) für nicht geschweißte Bauteile —
Detailkategorien entsprechend Tabelle J.1**

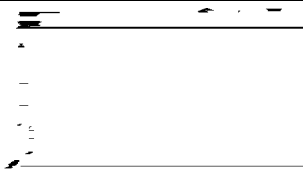
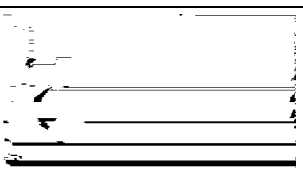
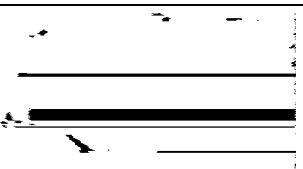
Neigung		Schwingspiele N						
m_1	m_2	1E+05	1E+06	2E+06	5E+06	1E+07	1E+08	1E+09
7,0	7,0	214,8	154,6	140,0	122,8	111,2	80,1	80,1
7,0	7,0	191,8	138,0	125,0	109,7	99,3	71,5	71,5
7,0	7,0	153,4	110,4	100,0	87,7	79,5	57,2	57,2
7,0	7,0	122,7	88,3	80,0	70,2	63,6	45,7	45,7
7,0	7,0	108,9	78,4	71,0	62,3	56,4	40,6	40,6

Tabelle J.3 — Detailkategorien für Bauteile mit Anschweißungen — Quernaht-Schweißübergang

Typ-Nr	Detailkategorie $\Delta \sigma - m_1^{a,b}$		Konstruktionsdetail Rissentstehungsstelle	Abmes- sungen (mm)	Spannungs- analyse		Aus- führungs- anforde- rungen					
					Spannungs- parameter	Spannung berücksichtigt für		Qualitätsstufe ^c				
3.1	32 – 3,4			$L \leq 20$	Nennspannung an der Rissentstehungsstelle	Aussteifende Wirkung der Anschweißung	Einbrand glatt schleifen	C				
3.2	25-3,4	$t \leq 4$	An der Quernaht-Übergangs- stelle am beanspruchten Bauteil, entfernt von der Kante (Naht wird in Längs-Richtung fortge- setzt an der Flanschseite)	$L > 20$								
	23-3,4	$4 < t \leq 10$										
	20-3,4	$10 < t \leq 15$										
3.3	28 – 3,4			$L \leq 20$								
3.4	23-3,4	$t \leq 4$	An der Quernaht-Übergangs- stelle am beanspruchten Bauteil, an der Kante (Naht wird in Längs-Richtung fortgesetzt an der Flanschseite)	$L > 20$								
	20-3,4	$4 < t \leq 10$										
	18-3,4	$10 < t \leq 15$										
3.5	18-3,4	 Bauteiloberfläche an der Kante		Kein Radius								

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

Tabelle J.3 (fortgesetzt)

Typ-Nr	Detail-kategorie $\Delta \sigma - m_1^{a,b}$	Konstruktionsdetail Rissentstehungsstelle	Abmes-sungen (mm)	Spannungs-analyse		Ausführungs-anforderungen	
				Spannungs-parameter	Spannung berücksichtigt für		Qualitätsstufe ^c
3.6	36-3,4	 An der abgeschliffenen Nahtübergangsstelle an der Kante	$r \geq 50$	Nennspannung an der Rissentstehungsstelle	Aussteifende Wirkung der Anschweißung	Radius parallel zur Spannungsrichtung schleifen	C
3.7	36-3,4	 An der abgeschliffenen Nahtübergangsstelle am Nahtende	$r \geq 50$			Nahtübergangsstelle sollte voll abgeschliffen sein	
3.8	23-3,4	 Bauteiloberfläche bei Quernaht	Kein Radius				

^a $m_2 = m_1 + 2$

^b Für flache Bauteile unter Biegungsspannungen siehe 6.2.1 (11) und erhöhe um zwei Detailkategorien

^c Nach EN ISO 10042:2005.

Spannungsschwingbreite [N/mm²]Anzahl der Spannungsschwingspiele [N]**Bild J.2 — Ermüdungsfestigkeitskurven $\Delta\sigma$ - N für Bauteile mit Anschweißungen, Quernaht-Schweißübergang — Detailkategorien entsprechend Tabelle J.3****Tabelle J.4 — Numerische Werte von $\Delta\sigma$ - N (N/mm²) für Bauteile mit Anschweißungen, Quernaht-Schweißübergang — Detailkategorien entsprechend Tabelle J.3**

Neigung		Schwingspiele N						
m_1	m_2	1E+05	1E+06	2E+06	5E+06	1E+07	1E+08	1E+09
3,4	5,4	86,9	44,1	36,0	27,5	24,2	15,8	15,8
3,4	5,4	77,2	39,2	32,0	24,4	21,5	14,0	14,0
3,4	5,4	67,6	34,3	28,0	21,4	18,8	12,3	12,3
3,4	5,4	60,3	30,7	25,0	19,1	16,8	11,0	11,0
3,4	5,4	55,5	28,2	23,0	17,6	15,5	10,1	10,1
3,4	5,4	48,3	24,5	20,0	15,3	13,4	8,8	8,8
3,4	5,4	43,4	22,1	18,0	13,7	12,1	7,9	7,9

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

Tabelle J.5 — Detailkategorien für Bauteile mit Längs-Schweißnähten

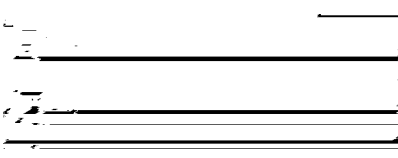
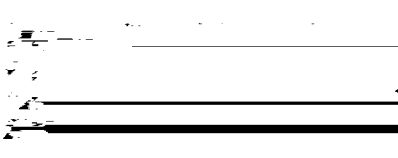
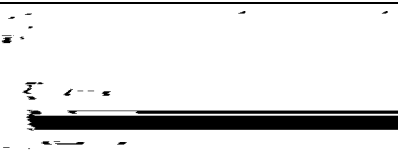
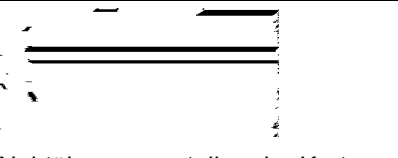
Typ-Nr	Detailkategorie $\Delta \sigma - m_1^a$	Konstruktionsdetail Rissentstehungsstelle	Nahttyp	Spannungs-Analyse		Ausführungs-Anforderungen			
				Spannungsparameter	Bereits berücksichtigte Spannungskonzentration	Schweiß-technische Anforderungen	Qualitäts-Stufe ^c		Zusätzlich
							Intern	Oberfläche u. geometrisch	
5.1	63-4,3	 Bei Nahtdiskontinuität	Voll durchgeschweißte Stumpfnäht; Nahtüberhöhung blecheben abgearbeitet	Nennspannung an der Rissentstehungsstelle		Kontinuierliches automatisches Schweißen	B	C	
5.2	56-4,3						C	C	
5.3	45-4,3	 Bei Nahtdiskontinuität	Voll durchgeschweißte Stumpfnäht			Wurzel-Unterlagen müssen durchgehend sein	C	D	

Tabelle J.5 (fortgesetzt)

Typ-Nr	Detailkategorie $\Delta \sigma - m_1^a$	Konstruktionsdetail Rissentstehungsstelle	Nahttyp	Spannungs- Analyse		Ausführungs- Anforderungen		
				Spannungsparameter	Bereits berücksichtigte Spannungskonzentration	Schweiß- techni- sche Anforde- rungen	Qualitäts- Stufe ^c	
							Intern	Oberfläche u. geometrisch
5.4	45-4,3		Durchgehende Kehlnaht	Nennspannung an der Rissentstehungsstelle			B	C
5.5	40-4,3	Bei Nahtdiskontinuität					C	D
5.6	36-4,3	 Nahtübergangsstelle oder Krater	Unterbrochene Kehlnaht $g \leq 25L$				C	D
5.7	28-4,3	 Nahtübergangsstelle oder Krater	Freischnitt-Loch auf Nahtachse zentriert $r \leq 25$	Nennspannung an der Rissentstehungsstelle	Anwesenheit von Freischnitt- Loch		C	D
^a $m_2 = m_1 + 2$ ^b Diskontinuität in Richtung einer Längs-Schweißnaht sollte nicht höher als 1/10 der Blechdicke sein oder eine Steigung größer als 1:4 haben. ^c Nach EN ISO 10042:2005.								

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

Spannungsschwingbreite [N/mm²]



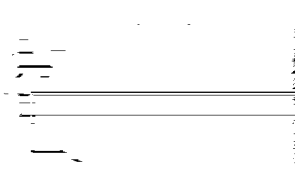
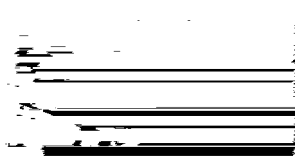
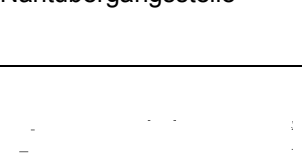
Anzahl der Spannungsschwingspiele [N]

**Bild J.3 — Ermüdungsfestigkeitskurven $\Delta\sigma-N$ für Bauteile mit Längs-Schweißnähten —
Detailkategorien entsprechend Tabelle J.5**

**Tabelle J.6 — Numerische Werte von $\Delta\sigma-N$ (N/mm²) für Bauteilen mit Längs-Schweißnähten —
Detailkategorien entsprechend Tabelle J.5**

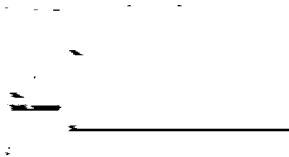
Neigung		Schwingspiele N						
m_1	m_2	1E+05	1E+06	2E+06	5E+06	1E+07	1E+08	1E+09
4,3	6,3	126,4	74,0	63,0	50,9	45,6	31,6	31,6
4,3	6,3	112,4	65,8	56,0	45,3	40,5	28,1	28,1
4,3	6,3	90,3	52,9	45,0	36,4	32,6	22,6	22,6
4,3	6,3	80,3	47,0	40,0	32,3	29,0	20,1	20,1
4,3	6,3	72,3	42,3	36,0	29,1	26,1	18,1	18,1
4,3	6,3	56,2	32,9	28,0	22,6	20,3	14,1	14,1

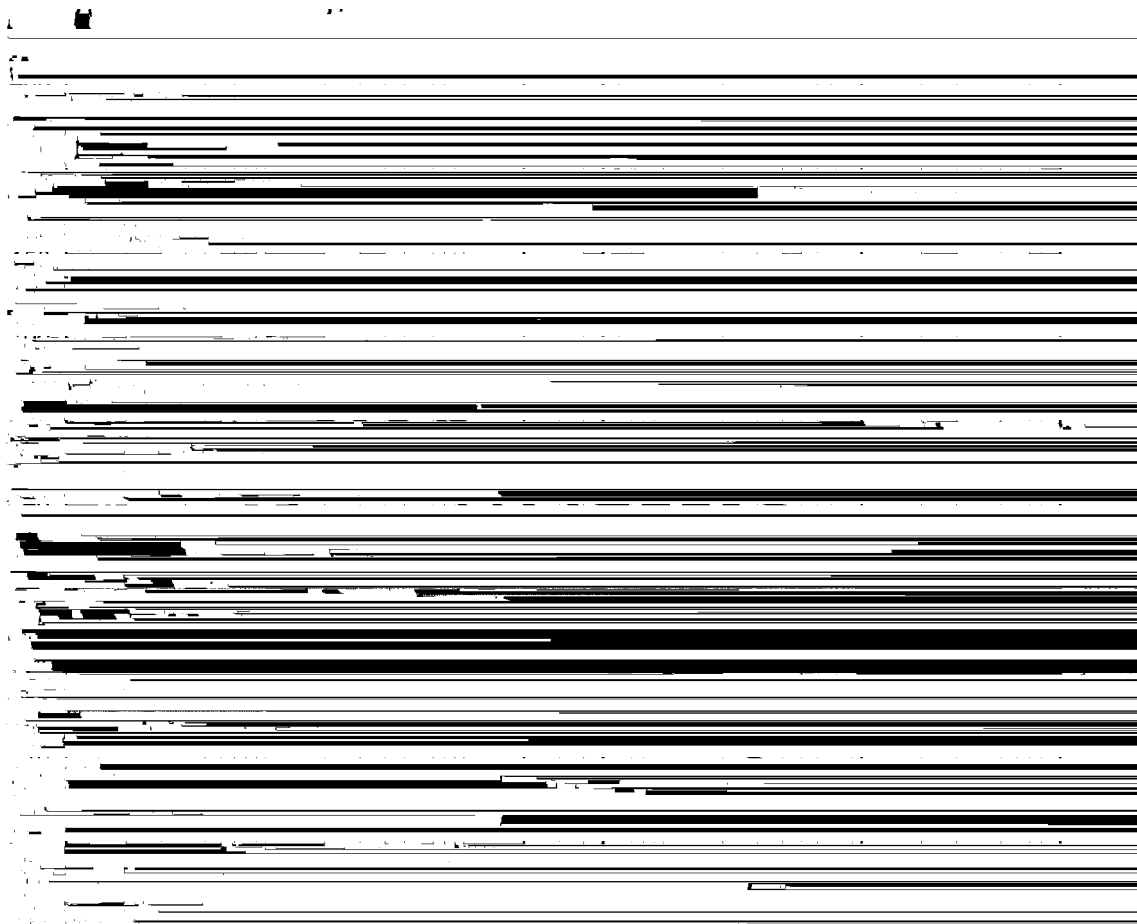
Tabelle J.7 — Detailkategorien für Quer-Stumpfnah-Stöße zwischen Bauteilen

Typ-Nr	Detailkategorie $\Delta \sigma - m_1^a$	Konstruktionsdetail Rissentstehungsstelle	Nahttyp	Verbundenes Bauteil	Spannungsparameter	Ausführungs-Anforderungen			
						Schweiß-anforderungen	Qualitätsstufe ^c		Zusätzlich
							Intern	Oberfläche, geometrisch	
7.1.1	56-7		Voll durchgeschweißt, Nahtüberhöhung an beiden Seiten blecheben abgearbeitet	Flachteile und Vollquer-schnitte	Netto-Querschnitt	Wurzel abgeschliffen			
7.1.2	45-7			Offene Quer-schnitte			B	B	
7.2.1	50-4,3		Beidseitig, voll durchgeschweißt	Flachteile und Vollquer-schnitte		Auslaufbleche an den Enden eingesetzt, abgetrennt und blecheben abgeschliffen in Spannungsrichtung	B	B	d
7.2.2	40-3,4			Offene Quer-schnitte			C	C	
7.2.3	36-3,4						C	C	
7.3.1	40-4,3		Nur einseitig, voll durchgeschweißt, mit permanenter Unterlage	Flachteile und Vollquer-schnitte			C	C	
7.3.2	32-3,4			Offene und Hohlprofile, Rohre			C	C	
7.4.1	45-4,3		Nur einseitig, voll durchgeschweißt, ohne Unterlage	Flachteile und Vollquer-schnitte			B	B	e
7.4.2	40-4,3						C	C	
7.4.3	32-3,4			Offene und Hohlprofile, Rohre			C	C	

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

Tabelle J.7 (fortgesetzt)

Tabelle J.7 (fortgesetzt) Typ-Nr	Detailkategorie $\Delta \sigma - m_1^a$	Konstruktionsdetail Rissentstehungsstelle	Nahttyp	Verbundenes Bauteil	Spannungsparameter	Ausführungs- Anforderungen			
						Schweiß- anforderungen	Qualitäts- stufe ^c		Zusätzlich
							Intern	Oberfläche, geometrisch	
7.5	18-3,4	 Naht	Partiell durch- geschweißt		Netto Hals- Querschnitt		D	C	
7.6	36-3,4	 Nahtübergangsstelle	Voll durch- geschweißt		Netto-Querschnitt ^b		B	B	
^a$m_2 = m_1 + 2$ ^bDie Spannungskonzentration durch aussteifendes Querelement ist bereits berücksichtigt. ^cNach EN ISO 10042:2005. ^dNahtüberhöhungswinkel $\geq 150^\circ$ für beide Nahtseiten. ^eNahtüberhöhungswinkel $\geq 150^\circ$. ^fNeigungswinkel $< 1:4$ bei Breiten- oder Dickenänderung.									

Spannungsschwingbreite [N/mm²]

Anzahl der Spannungsschwingspiele [N]

Bild J.4 — Ermüdungsfestigkeitskurven $\Delta\sigma-N$ für Quer-Stumpfnah-Stöße zwischen Bauteilen — Detailkategorien entsprechend Tabelle J.7**Tabelle J.8 — Numerische Werte von $\Delta\sigma-N$ (N/mm²) für Quer-Stumpfnah-Stöße zwischen Bauteilen — Detailkategorien entsprechend Tabelle J.7**

Neigung		Schwingspiele N						
m_1	m_2	1E+05	1E+06	2E+06	5E+06	1E+07	1E+08	1E+09
7	9	85,9	61,8	56,0	49,1	45,5	35,2	35,2
7	9	69,0	49,7	45,0	39,5	36,6	28,3	28,3
4,3	6,3	100,4	58,7	50,0	40,4	36,2	25,1	25,1
4,3	6,3	90,3	52,9	45,0	36,4	32,6	22,6	22,6
3,4	5,4	96,5	49,0	40,0	30,6	26,9	17,5	17,5
4,3	6,3	80,3	47,0	40,0	32,3	29,0	20,1	20,1
3,4	5,4	86,9	44,1	36,0	27,5	24,2	15,8	15,8
3,4	5,4	77,2	39,2	32,0	24,4	21,5	14,0	14,0
3,4	5,4	43,4	22,1	18,0	13,7	12,1	7,9	7,9

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

Tabelle J.9 — Detailkategorien für Kehlnaht-Stöße zwischen Bauteilen

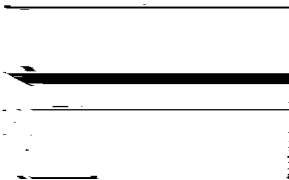
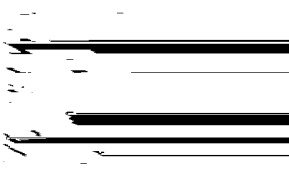
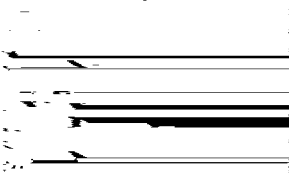
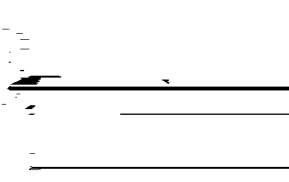
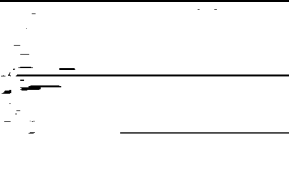
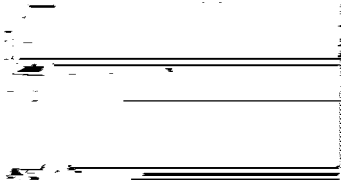
Typ-Nr	Detailkategorie $\Delta \sigma - m_1^a$	Konstruktionsdetail Rissentstehungsstelle	Nahttyp	Spannungsanalyse		Ausführungsanforderungen				
				Spannungsparameter	Bereits berücksichtigte Spannungskonzentration	Herstellung	Qualitätsstufe ^c		Zusätzlich	
							Intern	Oberfläche, geometrisch		
9.1	28-3,4	 Nahtübergangsstelle	Doppel- Kehlnaht, partiell durchgeschweißt; Nahtübergangsriß bei $a/t > 0,6$	Netto-Querschnitt	Aussteifende Wirkung des Querelements	Auslaufbleche an den Enden eingesetzt, abgetrennt und blecheben ab geschliffen in Richtung $\Delta \sigma$	C	C		
9.2	25-3,4	 Naht	Doppel- Kehlnaht, partiell durchgeschweißt; Wurzelriß bei $a/t \leq 0,6$	Netto-Nahtalsquerschnitt			C	C		
9.3	12-3,4	 Naht	Einseitige Kehlnaht ^b , Wurzelriß bei $a/t \leq 0,6$	Netto-Nahtalsquerschnitt			C	C		
9.4	23-3,4	 Nahtübergangsstelle	Kehlnaht	Netto-Querschnitt	Spannungsspitze an Nahtenden		C	C		
9.5	18-3,4	 Nahtübergangsstelle	Kehlnaht				C	C		

Tabelle J.9 (fortgesetzt)

Typ-Nr	Detailkategorie $\Delta \sigma - m_1^a$	Konstruktionsdetail Rissentstehungsstelle	Nahttyp	Spannungs- analyse		Ausführungs- anforderungen		
				Spannungsparameter	Bereits berücksichtigte Spannungskonzentration	Herstellung	Qualitäts- stufe ^c	
							Intern	Oberfläche, geometrisch
9.6	14-3,4	 Naht	Kehlnaht	Netto Halsquer- schnitt, s. 5.4.2	Spannungsspitze an Nahtenden		C	C
^a $m_2 = m_1 + 2$ ^b Im Fall von Rohrquerschnitten Bemessung entsprechend Typ-Nr 9.1 oder 9.2. ^c Nach EN ISO 10042:2005.								

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

Spannungsschwingbreite [N/mm²]



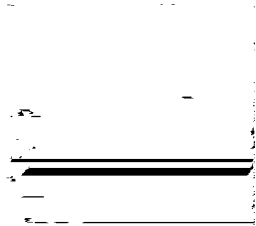
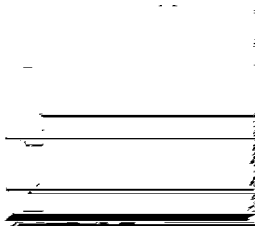
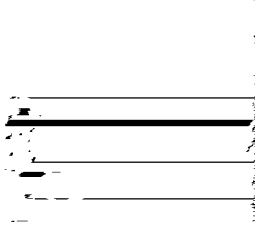
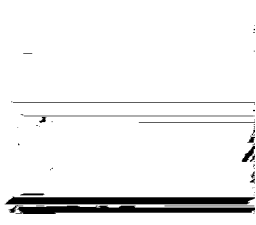
Anzahl der Spannungsschwingspiele [N]

**Bild J.5 — Ermüdungsfestigkeitskurven $\Delta\sigma-N$ für Kehlnaht-Stöße zwischen Bauteilen —
Detailkategorien entsprechend Tabelle J.9**

**Tabelle J.10 — Numerische Werte von $\Delta\sigma-N$ (N/mm²) für Kehlnaht-Stöße zwischen Bauteilen —
Detailkategorien entsprechend Tabelle J.9**

Neigung		Schwingspiele N						
m_1	m_2	1E+05	1E+06	2E+06	5E+06	1E+07	1E+08	1E+09
3,4	5,4	67,6	34,3	28,0	21,4	18,8	12,3	12,3
3,4	5,4	60,3	30,7	25,0	19,1	16,8	11,0	11,0
3,4	5,4	55,5	28,2	23,0	17,6	15,5	10,1	10,1
3,4	5,4	43,4	22,1	18,0	13,7	12,1	7,9	7,9
3,4	5,4	33,8	17,2	14,0	10,7	9,4	6,1	6,1
3,4	5,4	29,0	14,7	12,0	9,2	8,1	5,3	5,3

Tabelle J.11 — Detailkategorien für kreuzende Nähte in zusammengesetzten Trägern

Typ-Nr	Detail-kategorie $\Delta\sigma - m_1^a$	Konstruktionsdetail Rissentstellungsstelle	Nahttyp ^{b,c}	Spannungsparameter	Ausführungsanforderungen				
					Schweiß-technische Anforderungen	Qualitäts-stufe ^d		Zusätzlich	
						Intern	Oberfläche, geometrisch		
11.1	40-3,4	 Naht	Doppel-Stumpfnah, voll durch-geschweißt Beidseitig Naht-oberfläche blecheben geschliffen	Netto-Querschnitt	An- und Auslaubleche verwenden, abtannen und blecheben in Richtung von $\Delta\sigma$ schleifen	Wurzel ausge-schliffen	B	B	Für Steg-Flansch-Halskehlnähte siehe Tabelle 6.5, Typ.-Nr 5.4 oder 5.5.
11.2	40-3,4	 Naht	Einseitige Stumpfnah, voll durch-geschweißt, Wurzel und Naht-oberfläche blecheben geschliffen				B	B	
11.3	36-3,4	 Nahtübergangsstelle	Doppel-Stumpfnah, voll durch-geschweißt			Nahtüber-höhlungs-Winkel $\geq 150^\circ$	B	C	
11.4	32-3,4	 Nahtübergangsstelle	Einseitige Stumpfnah, voll durch-geschweißt				C	C	

^a $m_2 = m_1 + 2$

^b Ausführung von Quer-Stumpfnähte auf Stegen und Flanschen vor endgültigem Zusammenbau des Trägers mit Längsnähten.

^c Übergangsneigung < 1:4 bei Änderung der Breite oder der Blechdicke.

^d Nach EN ISO 10042:2005.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

Spannungsschwingbreite [N/mm²]



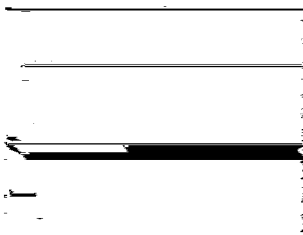
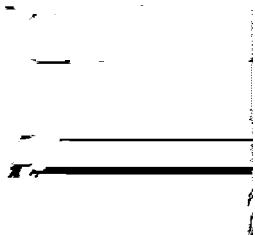
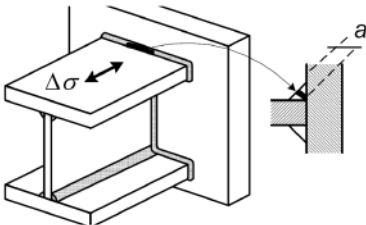
Anzahl der Spannungsschwingspiele [N]

Bild J.6 — Ermüdungsfestigkeitskurven $\Delta\sigma-N$ für kreuzende Nähte in zusammengesetzten Trägern — Detailkategorien entsprechend Tabelle J.11

Tabelle J.12 — Numerische Werte von $\Delta\sigma-N$ (N/mm²) für kreuzende Nähte in zusammengesetzten Trägern — Detailkategorien entsprechend Tabelle J.11

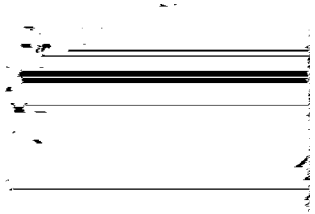
Neigung		Schwingspiele N						
m_1	m_2	1E+05	1E+06	2E+06	5E+06	1E+07	1E+08	1E+09
3,4	5,4	96,5	49,0	40,0	30,6	26,9	17,5	17,5
3,4	5,4	86,9	44,1	36,0	27,5	24,2	15,8	15,8
3,4	5,4	43,4	22,1	18,0	13,7	12,1	7,9	7,9

Tabelle J.13 — Detailkategorien für Anschweißungen auf zusammengesetzten Trägern

Typ-Nr	Detail- kategorie $\Delta\sigma - m_1^a$	Konstruktionsdetail Rissentstehungsstelle	Nahttyp	Spannungs- analyse		Ausführungs- anforderungen		
				Spannungsparameter	Bereits berücksichtigte Spannungskonzentration	Qualitäts- stufe ^b		Zusätzlich
						Intern	Oberfläche, geometrisch	
13.1	23-3,4	 Nahtübergangsstelle	Queran- schweißung, Dicke < 20 mm, ein- oder beidseitig geschweißt	Netto-Querschnitt	Aussteifende Wirkung der Anschweißung / Spannungskonzentration im steifen Verbindungsbereich (vgl. Bild 5.2)	C	C	Für Steg-Flansch-Halskehlnähte siehe Tabelle 6.5, Typ-Nr 5.4 oder 5.5
13.2	18-3,4	 Nahtübergangsstelle	Längsan- schweißung, Länge ≥ 100 mm, an allen Seiten geschweißt					
13.3	32-4,3	 Nahtübergangsstelle	Kreuz- oder T-Stoß, voll durchge- schweißt					
13.4	25-4,3	 Naht	Kreuz- oder T-Stoß, voll durchge- schweißte Doppel- Kehlnaht; Wurzelriss bei $a/l \leq 0,6$	Netto-Nahthals - Querschnitt				

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

Tabelle J.13 (fortgesetzt)

Typ-Nr	Detail- kategorie $\Delta\sigma - m_1^a$	Konstruktionsdetail Rissentstehungsstelle	Nahttyp	Spannungs- analyse		Ausführungs- anforderungen		
				Spannungsparameter	Bereits berücksichtigte Spannungskonzentration	Qualitäts- stufe ^b		Zusätzlich
						Intern	Oberfläche, geometrisch	
13.5	20-4,3	 Nahtübergangsstelle	Verstärkungs- Platte Länge ≥ 100 mm, an allen Seiten geschweißt	Netto-Querschnitt				
^a $m_2 = m_1 + 2$ ^b Nach EN ISO 10042:2005								

Spannungsschwingbreite [N/mm²]

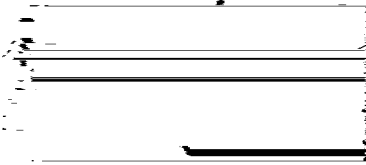
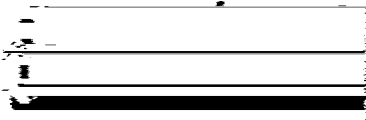
Anzahl der Spannungsschwingspiele [N]

Bild J.7 — Ermüdungsfestigkeitskurven $\Delta\sigma$ - N für Anschweißungen auf zusammengesetzten Trägern — Detailkategorien entsprechend Tabelle J.13**Tabelle J.14 — Numerische Werte von $\Delta\sigma$ - N (N/mm²) für Anschweißungen auf zusammengesetzten Trägern — Detailkategorien entsprechend Tabelle J.13**

Neigung		Schwingspiele N						
m_1	m_2	1E+05	1E+06	2E+06	5E+06	1E+07	1E+08	1E+09
4,3	6,3	64,2	37,6	32,0	25,9	23,2	16,1	16,1
4,3	6,3	50,2	29,4	25,0	20,2	18,1	12,6	12,6
3,4	5,4	55,5	28,2	23,0	17,6	15,5	10,1	10,1
4,3	6,3	40,1	23,5	20,0	16,2	14,5	10,0	10,0
3,4	5,4	43,4	22,1	18,0	13,7	12,1	7,9	7,9

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

Tabelle J.15 — Detailkategorien für Schraubverbindungen

Typ-Nr	Detail- ategorie $\Delta\sigma - m_1^a$	Konstruktionsdetail Rissentstehungsstelle	Spannungsanalyse		Ausführungs- anforderungen
			Spannungs- parameter	Bereits berücksichtigte Spannungs- konzentration	
15.1	56-4	Vorgespannte (gleitfeste) hochfeste Stahlschraube  Vor dem Loch (manchmal am Lochrand)	Nenn- spannung auf Brutto- Querschnitt bezogen	Oberflächen- beschaffenheit, Lochgeometrie; Ungleichmäßige Lastverteilung zwischen Schrauben- Reihen; Eine Exzentrizität der Lastführung darf nur bei symmetrischen Doppel-Überlapp- Verbindungen unberücksichtigt bleiben	Überlapp- Verbindung mit ebenen parallelen Oberflächen; Maschinelle Bearbeitung nur mit schnell- laufender Fräse; Löcher gebohrt (Reibahle wahl- weise) oder gestanzt (mit obligatorischer Bearbeitung mit Reibahle wenn Dicke > 6 mm); Für vorgespannte Schrauben sollte die Qualität 8.8 ($f_y \geq 640\text{N/mm}^2$) oder höher gewählt werden, s. EN 1999-1-1.
15.2	56-4	Nicht-vorgespannte Stahlschraube (Lochleibung)  Am Lochrand	Nenn- spannung auf Netto- Querschnitt bezogen		Überlapp-Verbin- dung mit ebenen parallelen Ober- flächen; Maschinelle Bearbeitung nur mit schnell- laufender Fräse; Löcher gebohrt (Reibahle wahl- weise) oder gestanzt (mit obligatorischer Bearbeitung mit Reibahle wenn Dicke > 6 mm); Für Schrauben s. EN 1999-1-1.
^a $m_1 = m_2$ ^b Nachweis der Stahlschrauben: siehe EN 1999-1-9.					

Spannungsschwingbreite [N/mm²]Anzahl der Spannungsschwingspiele [N]Bild J.8 — Ermüdungsfestigkeitskurven $\Delta\sigma$ - N für Schraubverbindungen —
Detailkategorien entsprechend Tabelle J.15Tabelle J.16 — Numerische Werte von $\Delta\sigma$ - N (N/mm²) für Schraubverbindungen —
Detailkategorien entsprechend Tabelle J.15

Neigung		Schwingspiele N						
m_1	m_2	1E+05	1E+06	2E+06	5E+06	1E+07	1E+08	1E+09
4	4	118,4	66,6	56,0	44,5	37,4	21,1	21,1

Anhang K (informativ)

Hot-Spot-Referenz-Detail-Methode

(1) Für die Hot-Spot-Referenz-Detail-Ermüdungsfestigkeit-Methode wie in diesem Anhang beschrieben, sollten entsprechend den Anforderungen dieser Norm ermittelte Daten verwendet werden.

(2) Der Berechnungsablauf ist wie folgt:

- a) Auswahl eines Referenz-Details mit bekanntem Ermüdungswiderstand aus den Detailkategorie-Tabellen, welches bezüglich Schweißqualität sowie geometrischer Parameter und Belastungsparameter soweit wie möglich dem in der Berechnung verwendeten Detail ähnlich ist;
- b) Identifizierung der Spannungsart, mit der der Ermüdungswiderstand ausgedrückt wird. Diese ist üblicherweise die Nennspannung (wie in den Detailkategorie-Tabellen);
- c) Aufstellung eines Finite-Elemente-Modells für das Referenz-Detail und das zu berechnende Detail, mit Vernetzung und Elementen von gleichem Typ, dabei die Empfehlungen unter 5.1 beachtend;
- d) Belastung des Referenz-Details und des zu berechnenden Details mit der unter b) identifizierten Spannung;
- e) Bestimmung der Hot-Spot-Spannungsschwingbreiten $\Delta\sigma_{HS,ref}$ des Referenz-Details und der Hot-Spot-Spannungsschwingbreiten $\Delta\sigma_{HS,assess}$ des zu berechnenden Details;
- f) Berechnung der Ermüdungsfestigkeit für 2 Millionen Schwingspiele des zu berechnenden Details $\Delta\sigma_{C,assess}$ aus der Ermüdungsklasse des Referenz-Details $\Delta\sigma_{C,ref}$:

$$\Delta\sigma_{C,assess} = \frac{\sigma_{HS,ref}}{\sigma_{HS,assess}} \Delta\sigma_{C,ref} \quad (K.1)$$

- g) Annahme der gleichen Neigungen m_1, m_2 für das zu berechnende Detail wie für das Referenz-Detail.

(3) Im Falle, dass zum Nachweis berechneter Spannungen Kontrolluntersuchungen durchgeführt werden, sollte eine korrekte Positionierung der Dehnungsmessstreifen außerhalb der Wärmeeinflusszone gewährleistet werden.

ANMERKUNG Zusätzliche Information zu der Referenz Detail Methode: siehe Literaturangabe D.3.



Anhang L (informativ)

Leitfaden für die Anwendung von Bemessungsmethoden, Wahl der Teilsicherheitsbeiwerte, Grenzen für Schadenswerte, Inspektionsintervalle und Kenngrößen für die Ausführung bei Übernahme von Anhang J

L.1 Schwingbruchsichere Bemessung

(1) Diese Ausführungen gelten nur bei Übernahme der in Anhang J für die Bemessung angegebenen Werte für die Ermüdungsfestigkeit.

(2) Es kann eine von zwei Ansätzen zur Bemessung nach dem Konzept der sicheren Lebensdauer angewendet werden. Sie werden als SLD-I und SLD-II bezeichnet.

Für SLD-I ist ein Programm für die regelmäßige Inspektion nicht erforderlich.

ANMERKUNG Der Begriff „regelmäßige Inspektion“ deckt sowohl die allgemeine Inspektion als auch die Inspektion auf Ermüdung ab. Für die Klärung der Begriffe siehe Tabelle L.2.

Für SLD-II ist ein Programm für eine allgemeine Inspektion erforderlich, die nach L.3 erstellt werden sollte.

ANMERKUNG Da bei der Bemessung von einer korrekten Durchführung des Inspektionsprogramms während der vorgesehenen Betriebsdauer ausgegangen wird, bedeutet dies für den Bauherrn, sicherzustellen, dass das Inspektionsprogramm während der Lebensdauer des Tragwerks eingehalten wird.

(3) Die Bemessung nach dem Konzept der sicheren Lebensdauer sollte angewendet werden, wenn für die Inspektion auf Ermüdung eine örtliche Zugänglichkeit nicht gewährleistet ist oder wenn aus anderen Gründen eine Inspektion auf Ermüdung nicht vorausgesetzt werden kann.

ANMERKUNG Die Anwendung der Bemessung nach dem Konzept der sicheren Lebensdauer kann die kostengünstigste Lösung in solchen Fällen sein, bei denen die Instandsetzungskosten als verhältnismäßig hoch eingeschätzt werden.

(4) Für den Fall, dass alle Bemessungs-Spannungsschwingbreiten die Bemessungs-Dauerfestigkeit unterschreiten, sollte die folgende Bedingung erfüllt werden:

$$\frac{\gamma_{Ff} \Delta \sigma}{\Delta \sigma_D / \gamma_{Mf}} \leq 1 \quad (\text{L.1})$$

ANMERKUNG Für γ_{Mf} siehe L.4. Für γ_{Ff} siehe 2.4.

(5) Spannungsschwingbreiten-Kollektive dürfen durch Vernachlässigung von Spannungsspitzen im Lastkollektiv, die einen Beitrag zum Wert des Ermüdungsschadens ($D_{L,d}$) von weniger als 0,01 erbringen, modifiziert werden.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

L.2 Schadenstolerante Bemessung

L.2.1 Allgemeines

(1) Diese Ausführungen gelten nur bei Übernahme der in Anhang J für die Bemessung angegebenen Werte für die Ermüdungsfestigkeit.

(2) Es kann eine von zwei Methoden der Bemessung nach dem Konzept der Schadenstoleranz angewendet werden. Die Methoden werden als DTD-I und DTD-II bezeichnet, siehe L.2.2 und L.2.3.

L.2.2 DTD-I

(1) Bei der Methode DTD-I wird davon ausgegangen, dass alle während der Inspektion festgestellten Risse repariert werden bzw. dass Bauteile, die Risse ausweisen, ersetzt werden.

(2) Ein Programm für die regelmäßige Inspektion sollte in Übereinstimmung mit L.3 erstellt werden.

ANMERKUNG Da bei der Bemessung von einer korrekten Durchführung des Inspektionsprogramms während der vorgesehenen Betriebsdauer ausgegangen wird, bedeutet dies für den Bauherrn, sicherzustellen, dass das Inspektionsprogramm während der Lebensdauer des Tragwerks eingehalten wird.

(3) Es kann eine der beiden Optionen für DTD-I angewendet werden. Diese werden als DTD-IA und DTD-IB bezeichnet:

- a) Für die Option DTD-IA sollte das Tragwerk eine ausreichende Redundanz aufweisen, also statisch unbestimmt sein, damit die Lastenflüsse so umverteilt werden, dass jedes Wachstum eines entstandenen Risses zum Stillstand kommt und das Tragwerk weiterhin in der Lage ist, die umverteilten Lastenflüsse aufzunehmen;
- b) für die Option DTD-IB sollte das Tragwerk ausreichend große Querschnitte aufweisen, um die Belastungen nach Auftreten der ersten mit bloßem Auge sichtbaren Risse aufnehmen zu können. Solche Risse sollten nicht zum Versagen des Tragwerks führen. Die Resttragfähigkeit für die quasi-statischen Bemessungslasten nach der Rissentstehung sollte nachgewiesen werden. Es sollte gefordert werden, dass das Tragwerk nach Feststellung von Rissen instandgesetzt wird oder dass das Risswachstum durch wirkungsvolle Maßnahmen aufgehalten wird.

(4) Um einen ausreichenden Widerstand des Bauteils oder Tragwerks sicherzustellen, darf dem DTD-I-Ansatz eine von zwei Methoden zugrunde gelegt werden. Diese beruhen

- a) auf der Berechnung der linearen Schadensakkumulation, siehe (5); oder
- b) auf der äquivalenten Spannungsschwingbreite, siehe (6).

(5) Für DTD-I sollte der Ermüdungsschaden-Wert D_L aller Schwingspiele auf Basis linearer Schadensakkumulation, eine der folgenden Bedingungen erfüllen:

$$D_{L,d} \leq 1 \quad (L.1)$$

oder

$$D_L \leq D_{lim} \quad (L.2)$$

Dabei wird

$D_{L,d} = \sum n_i / N_i$ nach der in A.2 angegebenen Methode berechnet;

$D_L = \sum n_i / N_i$ nach der in A.2 angegebenen Methode mit $\gamma_{Mf} = \gamma_{Ff} = 1,0$ berechnet.

ANMERKUNG Werte für D_{lim} dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden. Empfohlene Werte sind in L.4 angegeben.

(6) Beruht die Bemessung auf dem Ansatz mit der äquivalenten Spannungsschwingbreite ($\Delta\sigma_{E,2e}$) sollte die folgende Bedingung erfüllt werden:

$$\frac{\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2e}}{\Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}} \quad (L.3)$$

L.2.3 DTD-II

(1) PDTD-II erlaubt ermüdungsbedingte Risse im Tragwerk, vorausgesetzt, dass das Risswachstum überwacht wird und durch ein auf der Bruchmechanik basiertes Programm der Inspektion auf Ermüdung unter Kontrolle gehalten wird.

ANMERKUNG In Bezug auf Inspektionsprogramme siehe L.3.

(2) An potentiellen Rissentstehungsstellen sollte die kleinste wahrnehmbare Rissgröße bestimmt werden.

(3) P Das Tragwerk sollte ausreichend große Querschnitte besitzen, um die Bemessungsbelastungen nach Auftreten der ersten mit bloßem Auge sichtbaren Risse aufnehmen zu können.

(4) Es sollten die Spannung-Zeit-Verläufe an den potentiellen Rissentstehungsstellen ermittelt werden, gefolgt durch die Zählung der Spannungsschwingbreiten und die Zusammenstellung von Spannungsintensitäts-Kollektiven.

(5) Auf der Grundlage von (2) und (4) und unter Verwendung der Risswachstumskurven der jeweiligen Legierung sollten die Rissfortschrittsgeschwindigkeiten mittels eines bruchmechanischen Verfahrens berechnet werden. Bei Anwendung dieses Ansatzes sollte die Zeit bis zum Erreichen der bruchkritischen Rissgröße abgeschätzt werden.

Die so geschätzten Zeiten sollten für die Festlegungen des entsprechenden Programms der Inspektion auf Ermüdung berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Empfehlungen für Werte von Rissgrößen sind in Anhang B angegeben.

(6) Die Resttragfähigkeit für die quasi-statischen Bemessungslasten für den Fall einer Rissentstehung sollte nachgewiesen werden.

(7) Ein Programm für die regelmäßige Inspektion und Überwachung eines Risswachstums sollte in Übereinstimmung mit (6) erstellt werden. Der Zeitpunkt für den Beginn der Inspektion und die maximalen Inspektionsintervalle sollten festgelegt werden, siehe L.3.

ANMERKUNG Da bei der Bemessung von einer korrekten Durchführung des Inspektionsprogramms während der vorgesehenen Betriebsdauer ausgegangen wird, bedeutet dies für den Bauherrn, sicherzustellen, dass das Inspektionsprogramm während der Lebensdauer des Tragwerks eingehalten wird, siehe L.3.

(8) Für DTD-II sollte D_L die folgende Bedingung erfüllen:

$$D_{L,d} \leq D_{lim} \quad (L.4)$$

Dabei ist

D_{lim} größer als 1,0, sollte jedoch begrenzt werden, siehe L.4.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

L.3 Beginn der Inspektion und Inspektionsintervalle

(1) Diese Ausführungen gelten nur bei Übernahme der in Anhang J für die Bemessung angegebenen Werte für die Ermüdungsfestigkeit.

(2) In den Inspektionsprogrammen sollten der Zeitpunkt für die erste Inspektion nach der Inbetriebnahme (Inspektionsbeginn) sowie die Inspektionsintervalle festgelegt werden.

ANMERKUNG Der Inspektionsbeginn und die Inspektionsintervalle dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden. Empfehlungen sind in Tabelle L.1 angegeben.

(3) Für DTD-I sollte der zur Bestimmung von T_F und ΔT_F verwendete Wert von T_S nach A.2.1(5) berechnet werden. Sofern nicht anders angegeben, sollte das Zeitintervall zwischen den Inspektionen $T_S/4$ nicht überschreiten.

(4) Für DTD-II sollte der zur Bestimmung von T_F verwendete Wert von T_S nach A.2.1(5) berechnet werden. ΔT_F sollte unter Anwendung von bruchmechanischen Verfahren bestimmt werden.

Tabelle L.1 — Empfohlener Beginn der Inspektion und maximale Inspektionsintervalle

Bemessungsansatz	Bemessungsverfahren	Art des Bemessungsansatzes	Empfohlener Inspektionsbeginn ^a	Empfohlene maximale Inspektionsintervalle
Schwingbruchsichere Bemessung SLD	Schadensakkumulation	SLD-I	—	—
		SLD-II	$T_G = 0$	$\Delta T_G = 6 \text{ Jahre}$
	Dauerfestigkeit (d. h. max. $\Delta\sigma_{E,d} < \Delta\sigma_{D,d}$)	SLD-I	-	-
		SLD-II	$T_G = 0$	$\Delta T_G = 6 \text{ Jahre}$
Schadenstolerante Bemessung DTD	Schadensakkumulation	DTD-IA	$T_G = 0$ $T_F = 0,5 T_S$	$\Delta T_G = 6 \text{ Jahre}$ $\Delta T_F = 0,25 T_S$
		DTD-IB	$T_G = 0$ $T_F = 0,5 T_S$	$\Delta T_G = 6 \text{ Jahre}$ $\Delta T_F = 0,25 T_S$
	Schadensakkumulation und Bruchmechanik	DTD-II	$T_G = 0$ $T_F = 0,8 T_S$	$\Delta T_G = 6 \text{ Jahre}$ ΔT_F wird durch bruchmechanische Verfahren ermittelt

^a T_G ist der für den Beginn der allgemeinen Inspektion empfohlene Zeitraum nach Fertigstellung. Die allgemeine Inspektion beinhaltet die Prüfung, dass sich das Tragwerk (weiterhin) in dem Zustand nach der Fertigstellung und Abnahme befindet, d.h. dass keine Verschlechterung des Zustands eingetreten ist, wie z. B. Verschlechterungen durch Hinzukommen von schädlichen Löchern und Schweißnähten zur Befestigung von Zusatzelementen, Schäden auf Grund von Vandalismus oder Unfällen, unerwartete Korrosion, usw.

ΔT_G ist das empfohlene maximale Zeitintervall für die allgemeine Inspektion.

T_F ist der Zeitraum nach Fertigstellung, der für den Beginn der Inspektion auf Ermüdung empfohlen wird. Die Inspektion auf Ermüdung beinhaltet die Inspektion von Bereichen mit einer erhöhten Rissentstehungswahrscheinlichkeit.

ΔT_F ist das empfohlene maximale Zeitintervall für die Inspektion auf Ermüdung.

L.4 Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Mf} und Werte für D_{lim}

(1) Diese Ausführungen gelten nur bei Übernahme der in Anhang J für die Bemessung angegebenen Werte für die Ermüdungsfestigkeit.

(2) Der Ermüdungsnachweis sollte entweder auf dem Bemessungswert der Ermüdungsfestigkeit beruhen, der durch Anwendung eines Teilsicherheitsbeiwerts γ_{Mf} auf die charakteristische Ermüdungsfestigkeit $\Delta\sigma_{ff}$ abgeleitet wird, oder auf der Festlegung eines Grenzwerts D_{lim} für den Bemessungswert des Ermüdungsschadens D_L unter Berücksichtigung der Schadensfolgeklasse und der angewendeten Bemessungsmethode.

(3)P Das Sicherheitskonzept sollte auf der Anwendung von γ_{Ff} , γ_{Mf} und D_{lim} sowie der Anforderungen an die in L.3 aufgeführten Inspektionsprogramme basieren.

ANMERKUNG 1 Werte für γ_{Mf} dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden. Empfohlene Werte, die auf $\gamma_{Ff} = 1,0$ basieren, sind in Tabelle L.2 angegeben.

ANMERKUNG 2 Als Kriterium für die Wahl des in Tabelle L.2 angegebenen Wertes für γ_{Mf} darf im Nationalen Anhang die Ausführungsklasse anstelle der Schadensfolgeklasse festgelegt werden.

(4) Die Werte für das Sicherheitselement D_{lim} sollten festgelegt werden.

ANMERKUNG 1 Werte für D_{lim} dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden. Es wird empfohlen, Werte im nachstehenden Bereich festzulegen:

$$\left(\frac{1}{\gamma_{Ff} \cdot \gamma_{Mf}} \right)^{m2} \leq D_{lim} \leq \left(\frac{1}{\gamma_{Ff} \cdot \gamma_{Mf}} \right)^{m1} \quad (L.5)$$

(5) Für DTD-II ist der Wert für D_{lim} größer als 1, sollte jedoch begrenzt werden.

ANMERKUNG Werte für D_{lim} dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden, siehe L.2.3(8). Die empfohlenen Werte sind 2,0 für geschweißte, geschraubte oder genietete Details und 4,0 für nicht geschweißte Bauteile.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

Tabelle L.2 — Empfohlene Werte für γ_{Mf} bezogen auf die Schadensfolgekategorie

Bemessungsansatz	Bemessungsverfahren	Schadensfolgekategorie		
		CC1	CC2	CC3
		$\gamma_{Mf}^{a b c d}$	$\gamma_{Mf}^{a b c d}$	$\gamma_{Mf}^{a b c d}$
SLD-I	Schadensakkumulation	1,1	1,2	1,3
	Dauerfestigkeit (d.h. max. $\Delta\sigma_{E,d} < \Delta\sigma_{D,d}$)	1,1	1,2	1,3
SLD-II	Schadensakkumulation	1,0	1,1	1,2
	Dauerfestigkeit (d.h. max. $\Delta\sigma_{E,d} < \Delta\sigma_{D,d}$)	1,0	1,1	1,2
DTD-I	Schadensakkumulation	1,0	1,0	1,1
DTD-II	Schadensakkumulation	1,0	1,0	1,1

^a Die Tabellenwerte dürfen in Übereinstimmung mit den Fußnoten ^a bis ^d verringert werden; dabei darf der sich daraus ergebende Wert für γ_{Mf} den Wert 1,0 nicht unterschreiten.

^b Die oben angegebenen Tabellenwerte für γ_{Mf} dürfen um 0,1 verringert werden, wenn eine der folgenden Bedingungen vorliegt:

- nicht geschweißte Bereiche von geschweißten Bauteilen;
 - Detailkategorien, bei denen $\Delta\sigma_c < 25 \text{ N/mm}^2$;
 - geschweißte Bauteile, bei denen die größte Spannungsschwingbreite für alle Schwingspiele angesetzt wird;
 - der Umfang der zusätzlichen zerstörungsfreien Prüfung liegt bei mindestens 50 %.
- Für Klebeverbindungen, siehe Anhang E (5).

^c Die oben angegebenen Tabellenwerte für γ_{Mf} dürfen um 0,2 verringert werden, wenn eine der folgenden Bedingungen vorliegt:

- nicht geschweißte Bereiche von geschweißten Bauteilen, bei denen die größte Spannungsschwingbreite für alle Schwingspiele angesetzt wird;
- Detailkategorien, bei denen $\Delta\sigma_c < 25 \text{ N/mm}^2$ und die größte Spannungsschwingbreite wird für alle Schwingspiele angesetzt;
- nicht geschweißte Bauteile und Tragwerke;
- der Umfang der zusätzlichen zerstörungsfreien Prüfung liegt bei mindestens 50 % und die größte Spannungsschwingbreite wird für alle Schwingspiele angesetzt;
- der Umfang der zusätzlichen zerstörungsfreien Prüfung liegt bei 100 %.

^d Die oben angegebenen Tabellenwerte für γ_{Mf} dürfen um 0,3 verringert werden, wenn eine der folgenden Bedingungen vorliegt

- nicht geschweißte Bauteile und Tragwerke, bei denen die größte Spannungsschwingbreite für alle Schwingspiele angesetzt wird;
- der Umfang der zusätzlichen zerstörungsfreien Prüfung liegt bei 100 % und die größte Spannungsschwingbreite wird für alle Schwingspiele angesetzt.

L.5 Kenngrößen für die Ausführung

L.5.1 Beanspruchungskategorie

(1) Sofern die in Anhang J angegebenen Daten für den Ermüdungswiderstand angenommen werden, sollte eine der nachstehend aufgeführten Kriterien a), b) oder c) verwendet werden, um Bauteile der Beanspruchungskategorie SC1 zuzuordnen:

a) In Fällen, in denen die größte Schwingbreite der Nennspannung $\Delta\sigma_{E,k}$ die folgende Bedingung erfüllt:

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E,k} \leq \frac{13,7}{\gamma_{Mf}} \frac{N}{\text{mm}^2} \quad \text{für den Grundwerkstoff (einschließlich Wärme- einflusszonen und Stumpfnähten);} \quad (\text{L.6})$$

$$\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E,k} \leq \frac{9,2}{\gamma_{Mf}} \frac{N}{\text{mm}^2} \quad \text{für Kehlnähte} \quad (\text{L.7})$$

Dabei werden die Werte für γ_{Mf} in L.4(3)P angegeben. Die für SLD-I angegebenen Werte sollten verwendet werden.

$\Delta\sigma_{E,k}$ ist der charakteristische Wert für die Schnittgröße (Spannungsschwingbreite);

b) im Fall von Ermüdungslastkollektiven ($\Delta\sigma_{E,k,i}$), sofern L.5.2 zur Berechnung des Ermüdungs-Ausnutzungsgrades U angewendet wird und U den Wert 1,0 nicht übersteigt, wobei für den Ermüdungswiderstand folgende Detailkategorien angesetzt werden:

- für den Grundwerkstoff (einschließlich Wärmeeinflusszonen und Stumpfnähten): Detailkategorie 18-3,4;
- für Kehlnähte: Detailkategorie 12-3,4.

Werte für γ_{Mf} zur Berechnung von U sind in L.4(3)P angegeben. Die für SLD-I angegebenen Werte sollten angewendet werden. In Fällen, in denen die größte Spannungs-Amplitude für alle Schwingspiele angesetzt wird, dürfen die Werte um 0,1 verringert werden.

c) in Fällen, in denen die Grenzwerte nach den unter a) oder b) aufgeführten Kriterien überschritten werden, und sofern der Ermüdungs-Ausnutzungsgrad U nach L.5.2 den Wert 0,5 nicht übersteigt und sofern der Ermüdungswiderstand auf den niedrigsten Werten für die folgenden Fälle beruht, d. h.:

- für den Grundwerkstoff (vom Schweißen nicht beeinflusst): Detailkategorie 71-7;
- für durchlaufende Längsschweißnähte (Spannungsrichtung parallel zur Achse der Schweißnaht): Detailkategorie 40-4,3;
- für Stumpfnähte: Detailkategorie 36-3,4.

Werte für γ_{Mf} zur Berechnung von U sind in L.4(3)P angegeben. Die für SLD-I angegebenen Werte sollten angewendet werden. In Fällen, in denen die größte Spannungs-Amplitude für alle Schwingspiele angesetzt wird, dürfen die Werte um 0,1 verringert werden. In diesem Fall darf der sich daraus ergebende Wert für γ_{Mf} den Wert 1,0 nicht unterschreiten.

ANMERKUNG Andere oder zusätzliche Kriterien zur Festlegung der Beanspruchungskategorie dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden.

DIN EN 1999-1-3:2011-11
EN 1999-1-3:2007 + A1:2011 (D)

L.5.2 Berechnung des Ausnutzungsgrads

(1) Dieser Unterabschnitt enthält Festlegungen zur Berechnung des Ausnutzungsgrads U für ermüdungsbeanspruchte Bauteile, sofern die Ermüdungsfestigkeitsdaten nach Anhang J für die Bemessung verwendet werden und die Anhänge L und M aus EN 1090-3:2008 in Bezug auf Qualität und Inspektionsanforderungen festgelegt wurden. Die berechneten Werte werden verwendet, um zwischen den Beanspruchungskategorien SC1 und SC2 unterscheiden zu können.

ANMERKUNG 1 Die Definitionen der Beanspruchungskategorien werden in EN 1999-1-1 definiert.

ANMERKUNG 2 EN 1090-3 definiert Kriterien für die Festlegung des Umfangs der Kontrollen und die Anforderungen hinsichtlich der schweißtechnischen Bewertungsgruppen der beiden Beanspruchungskategorien sowie quantitative Kriterien für die Inspektion von Schweißnähten in Abhängigkeit von Ausführungsklasse und Ausnutzungsgrad.

(2) Der Ermüdungs-Ausnutzungsgrad für eine konstante Spannungsschwingbreite für eine begrenzte Anzahl von Schwingspielen n wird wie folgt definiert:

$$U = \frac{\Delta\sigma_{E,k} \cdot \gamma_{Ff}}{\frac{\Delta\sigma_{R,k}}{\gamma_M}} \quad (L.8)$$

Dabei ist

$\Delta\sigma_{E,k}$ die charakteristische Spannungsschwingbreite (für kombinierte Spannungen: die Hauptspannung) im betrachteten Querschnitt für eine angegebene Anzahl von Schwingspielen n ;

$\Delta\sigma_{R,k}$ der entsprechende Wert des Festigkeitsbereiches der maßgeblichen Ermüdungsfestigkeitskurve $\Delta\sigma-N$ für die angegebene Anzahl von Schwingspielen n .

(3) Im Falle von Ermüdung, bei der alle Spannungsschwingbreiten kleiner sind als $\Delta\sigma_D$, und bei einer unbegrenzten Anzahl von Schwingspielen wird der Ausnutzungsgrad wie folgt definiert:

$$U = \frac{\Delta\sigma_{E,k} \cdot \gamma_{Ff}}{\frac{\Delta\sigma_D}{\gamma_M}} \quad (L.9)$$

Dabei ist

$\Delta\sigma_{E,k}$ die größte Spannungsschwingbreite;

$\Delta\sigma_D$ die Dauerfestigkeit.

(4) Beruht die Berechnung auf der äquivalenten Spannungsschwingbreite konstanter Amplitude $\Delta\sigma_{E,2e}$ wird der Ausnutzungsgrad wie folgt definiert:

$$U = \frac{\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2e}}{\frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_M}} \quad (L.10)$$

Dabei ist

$\Delta\sigma_C$ die Ermüdungsfestigkeit für 2×10^6 Schwingspiele.

(5) Beruht der Ausnutzungsgrad U auf der Berechnung der Ermüdungsschadenswerte nach der linearen Schadensakkumulation, darf er für die Anwendungszwecke dieses Anhangs wie folgt berechnet werden:

$$U = \sqrt[m]{D_{L,d}} \quad (\text{L.11})$$

Dabei wird

$D_{L,d}$ nach 2.2.1 und 6.2.1 berechnet. 

Literaturhinweise

Literaturangaben zum Anhang B: Bruchmechanik

- B.1** Standard test method for measurement of fatigue crack growth rates, ASTM E647-93.
- B.2** Simulations of short crack and other low closure action conditions utilising constant $K_{\max} / \Delta K$ -decreasing fatigue crack growth procedures. ASTM STP 1149-1992, S.197-220.
- B.3** Graf, U.: Fracture mechanics parameters and procedures for the fatigue behaviour estimation of welded aluminium components. Reports from Structural Engineering, Technische Universität München, Bericht Nr. 3/92 (TUM-LME Forschungsber. D. Kosteas), München, 1992.
- B.4** Ondra, R.: Statistical Evaluation of Fracture Mechanic Data and Formulation of Design Lines for welded Components in Aluminium Alloys. Reports from Structural Engineering, Technische Universität München, Bericht Nr. 4/98 (TUM-LME Forschungsber. D. Kosteas), München, 1998.
- B.5** Stress intensity factor equations for cracks in three-dimensional finite bodies. ASTM STP 791, 1983, S. I-238 bis I-265.

Literaturangaben zum Anhang C: Versuche für die Ermüdungsbemessung

- C.1** Kosteas, D.: On the Fatigue Behaviour of Aluminium. In: Kosteas, D.(Ed.), Aluminium in Practice, Stahlbau Spezial, Ausgabe Nr. 67(1998) Ernst & Sohn, Berlin.
- C.2** Jaccard, R., D. Kosteas, R. Ondra: Background Document to Fatigue Design Curves for welded Aluminium Components. IIW Dok. Nr. XIII-1588-95.

Literaturangaben zum Anhang D: Spannungsanalyse

- D.1** Pilkey, W. D.: Peterson's stress concentration factors, John Wiley and Sons Inc., 1997.
- D.2** Young, W. C., Budynas R. G.: Roark's formulas for stress and strain, McGraw Hill, 2001.
- D.3** Hobbacher, A: Recommendations on fatigue of welded components, IIW Dok. XIII-1965-03/XV-1127-03; Juli 2004.

DIN EN 1999-1-3/NA

ICS 91.010.30; 91.080.10

**Nationaler Anhang –
National festgelegte Parameter –
Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken –
Teil 1-3: Ermüdungsbeanspruchte Tragwerke**

National Annex –
Nationally determined parameters –
Eurocode 9: Design of aluminium structures –
Part 1-3: Structures susceptible to fatigue

Annexe Nationale –
Paramètres déterminés au niveau national –
Eurocode 9: Calcul des structures en aluminium –
Partie 1-3: Structures sensibles à la fatigue

Gesamtumfang 7 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 1999-1-3/NA:2013-01

Inhalt

Seite

Vorwort	3
NA 1 Anwendungsbereich	4
NA 2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1999-1-3:2011-11	4
NA 2.1 Allgemeines	4
NA 2.2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1999-1-3:2011-11	4

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom NA 005-08-07 AA „Aluminiumkonstruktionen (SpA zu CEN/TC 250/SC 9 + CEN/TC 135)“ erstellt.

Dieses Dokument bildet den Nationalen Anhang zu DIN EN 1999-1-3:2011-11, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-3: Ermüdungsbeanspruchte Tragwerke*.

Die Europäische Norm EN 1999-1-3 räumt die Möglichkeit ein, eine Reihe von sicherheitsrelevanten Parametern national festzulegen. Diese national festzulegenden Parameter (en: *Nationally determined parameters*, NDP) umfassen alternative Nachweisverfahren und Angaben einzelner Werte, sowie die Wahl von Klassen aus gegebenen Klassifizierungssystemen. Die entsprechenden Textstellen sind in der Europäischen Norm durch Hinweise auf die Möglichkeit nationaler Festlegungen gekennzeichnet. Eine Liste dieser Textstellen befindet sich im Unterabschnitt NA 2.1.

Dieser Nationale Anhang ist Bestandteil von DIN EN 1999-1-3:2011-11.

DIN EN 1999-1-3/NA:2013-01**NA 1 Anwendungsbereich**

Dieser Nationale Anhang enthält nationale Festlegungen für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Bauwerken und Tragwerken aus Aluminium, die bei der Anwendung von DIN EN 1999-1-3:2011-11 in Deutschland zu berücksichtigen sind.

Dieser Nationale Anhang gilt nur in Verbindung mit DIN EN 1999-1-3:2011-11.

NA 2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1999-1-3:2011-11**NA 2.1 Allgemeines**

DIN EN 1999-1-3:2011-11 weist an den folgenden Textstellen die Möglichkeit nationaler Festlegungen aus (NDP, en: *Nationally determined parameters*).

— 2.1.1 (1)	— 6.2.1 (2)	— L.4 (3)
— 2.2.1 (4)	— 6.2.1 (7)	— L.4 (4)
— 2.3.1 (2)	— 6.2.1 (11)	— L.4 (5)
— 2.3.2 (6)	— E (5)	— L.5.1 (1)
— 2.4 (1)	— E (7)	
— 3 (1)	— I.2.2 (1)	
— 4 (2)	— I.2.3.2 (1)	
— 5.8.1 (1)	— I.2.4 (1)	
— 5.8.2 (1)	— L.2.2 (5)	
— 6.1.3 (1)	— L.3 (2)	

NA 2.2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1999-1-3:2011-11**NDP zu 2.1.1 (1) Anmerkung**

Das in Anhang L beschriebene Verfahren der Bemessung nach dem Konzept der Schadenstoleranz DTD-II darf nur in speziellen Fällen unter Zuziehung von Spezialisten auf dem Gebiet der Anwendung der Bruchmechanik und dann auch nur mit bauaufsichtlichem Verwendbarkeitsnachweis angewendet werden. Versuchsunterstützte Bemessung bedarf eines bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweises.

NDP zu 2.2.1 (4) Anmerkung

Festlegungen zu D_{lim} siehe Anhang L.4.

NDP zu 2.3.1 (2) Anmerkung

Es werden keine weiteren Regelungen getroffen.

NDP zu 2.3.2 (6) Anmerkung

Es gelten die Empfehlungen.

NDP zu 2.4 (1) Anmerkung 1

Es gilt die Empfehlung.

NDP zu 2.4 (1) Anmerkung 2

Es gilt die Empfehlung. Es werden keine weiteren Regelungen getroffen.

NDP zu 3 (1) Anmerkung 1

Es werden keine weiteren Informationen gegeben.

NDP zu 4 (2) Anmerkung

Es werden keine weiteren Regelungen getroffen.

NDP zu 5.8.1 (1) Anmerkung

Es werden keine weiteren Informationen gegeben.

NDP zu 5.8.2 (1) Anmerkung 1

Es werden keine Werte für λ_i festgelegt, da solche für Aluminium noch nicht ermittelt wurden. λ_i -Werte für Stahlbauteile dürfen nicht angewendet werden.

NDP zu 6.1.3 (1) Anmerkung 1

Es werden keine weiteren Regelungen festgelegt. Es gelten die Empfehlungen.

NDP zu 6.1.3 (1) Anmerkung 2

Es werden keine weiteren Konstruktionsdetails festgelegt.

NDP zu 6.2.1 (2) Anmerkung 2

Festlegungen zu γ_{Mf} siehe Anhang L.4.

NDP zu 6.2.1 (7) Anmerkung

Es werden keine weiteren Regelungen getroffen.

NDP zu 6.2.1 (11) Anmerkung

Bei Materialdicken bis zu 15 mm wird bei nachstehend aufgeführten Typnummern gemäß den Tabellen J.1, J.2, J.5, J.7 und J.9 eine Erhöhung der Ermüdungsspannungswerte um 1 Detailkategoriestufe zugelassen. In Fällen bei denen $\Delta\sigma_1$ und $\Delta\sigma_2$ betragsmäßig gleich sind (reine Biegebeanspruchung) dürfen die Ermüdungsspannungswerte um 2 Detailkategoriestufen erhöht werden. Diese Regelung gilt für die Typnummern: 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 5.1, 5.2, 7.1.1, 7.1.2, 7.2.1, 7.2.2, 7.2.3, 7.3.1, 7.3.2, 7.4.1, 7.4.2, 7.4.3, 7.6, 9.1 und 9.4.

DIN EN 1999-1-3/NA:2013-01

NDP zu Anhang C

Der Anhang bleibt informativ – siehe aber auch die Ausführungen bei NDP zu 2.1.1(1) betreffend versuchsunterstützter Bemessung.

NDP zu Anhang D

Abschnitt D.1 ist informativ.

Abschnitte D.2 und D.3 sind normativ.

NDP zu Anhang E

Anhang E darf nicht angewendet werden (s.a. NDP zu Anhang M (Klebertechnik)) in DIN EN 1999-1-1/NA. Daher werden keine weiteren Empfehlungen getroffen.

NDP zu Anhang F

Anhang F ist normativ.

NDP zu Anhang G

Anhang G ist normativ.

NDP zu Anhang I

Anhang I ist normativ mit den Einschränkungen zu:

I.2.2: An Gussteilen darf nicht geschweißt werden. Es werden daher keine Ermüdungsfestigkeitswerte für Schweißverbindungen bestimmt.

I.2.3.2 Anmerkung 2: Dieser Abschnitt bleibt informativ. Es werden daher keine Ermüdungsfestigkeitswerte für Bolzenverbindungen bestimmt. Ermüdungsfestigkeitswerte gemäß Tabelle J.15 dürfen nicht verwendet werden. Ermüdungsfestigkeitswerte sind somit im Rahmen eines bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweises festzulegen.

I.2.4: Gussteile dürfen nicht durch Kleben (tragende Verbindungen) mit anderen Bauteilen verbunden werden. Es werden daher keine Ermüdungsfestigkeitswerte für solche Klebeverbindungen bestimmt.

NDP zu Anhang J

Anhang J ist normativ, mit Ausnahme von Tabelle J.15 Typ Nr. 15.2.

Tabelle J.15 Typ Nr. 15.2 gilt nur für nicht vorgespannte Passschrauben. Die Ausführung hat den Anforderungen an Passschraubenverbindungen zu genügen.

NDP zu Anhang K

Anhang K ist informativ.

NDP zu Anhang L

Anhang L ist normativ. Die DTD-II betreffenden Regelungen sind informativ (s.a. NDP zu 2.1.1(1)).

NDP zu L.2.2 (5) Anmerkung

Der Ermüdungsnachweis sollte ausschließlich auf dem Bemessungswert der Ermüdungsfestigkeit beruhen, der durch Anwendung eines Teilsicherheitsbeiwerts γ_{Mf} auf die charakteristische Ermüdungsfestigkeit abgeleitet wird (siehe L.4 (2)), d.h. Nachweis nach Gl. (L.1). Die Festlegungen von Werten für D_{lim} in L.4 (4) entfällt daher.

NDP zu L.3 (2) Anmerkung

Es gelten die Empfehlungen der Tabelle L.1.

NDP zu L.4 (3) Anmerkung 1

Es gelten die Empfehlungen der Tabelle L.2. Bezüglich der Zuordnung zur Ausführungsklasse (EXC) siehe NDP zu L.4 (3) Anmerkung 2.

NDP zu L.4 (3) Anmerkung 2

Als Kriterium für die Wahl des in Tabelle L.2 angegebenen Wertes für γ_{Mf} soll die für das Bauwerk bzw. Bauteil festgelegte Ausführungsklasse dienen. Dabei gelten für die Anwendung der Tabelle L.2:

Für die Ausführungsklassen EXC1 und EXC2 gelten die in der Spalte für CC1 aufgeführten γ_{Mf} -Werte.

Für die Ausführungsklassen EXC3 gelten die in der Spalte für CC2 aufgeführten γ_{Mf} -Werte.

Für die Ausführungsklassen EXC4 gelten die in der Spalte für CC3 aufgeführten γ_{Mf} -Werte.

NDP zu L.4 (4) Anmerkung

Es werden keine Werte für D_{lim} festgelegt, weil das diesbezügliche Nachweisverfahren nicht angewendet werden soll, siehe NDP zu L.2.2(5) Anmerkung.

NDP zu L.4 (5) Anmerkung

Es werden keine Werte für D_{lim} festgelegt, weil das Bemessungsverfahren DTD-II nicht angewendet werden soll, siehe NDP zu 2.1.1(1) Anmerkung.

NDP zu L.5.1 (1) Anmerkung

Es werden keine weiteren Kriterien zur Festlegung der Beanspruchungskategorie festgelegt. Grundsätzlich gelten bezüglich der Einstufung in die Beanspruchungskategorie die Ausführungen in 2.1.1 (3).

DIN EN 14992

ICS 91.060.10; 91.140.30

Ersatz für
DIN EN 14992:2007-07
Siehe Anwendungsbeginn

**Betonfertigteile –
Wandelemente;
Deutsche Fassung EN 14992:2007+A1:2012**

Precast concrete products –
Wall elements;
German version EN 14992:2007+A1:2012
Produits préfabriqués en béton –
Eléments de mur;
Version allemande EN 14992:2007+A1:2012

Gesamtumfang 39 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 14992:2012-09

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist voraussichtlich 2012-09-01.

Die CE-Kennzeichnung von Bauprodukten nach dieser DIN-EN-Norm in Deutschland kann erst nach der Veröffentlichung der Fundstelle dieser DIN-EN-Norm im Bundesanzeiger von dem dort genannten Termin an erfolgen.

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 14992:2007+A1:2012) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 229 „Vorgefertigte Betonerzeugnisse“, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird, erarbeitet.

Die deutschen Experten aus dem Spiegelausschuss NA 005-07-08 AA „Betonfertigteile (SpA CEN/TC 229)“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau) haben die Arbeiten an diesem Dokument begleitet.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 14992:2007-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Anwendungsbereich wurde um faserbewehrten Beton erweitert;
- b) Materialanforderungen wurden entsprechend der Änderung des Anwendungsbereichs ergänzt;
- c) Anhang Y zur Wahl des Verfahrens zur CE-Kennzeichnung wurde entfernt;
- d) Anhang ZA wurde redaktionell überarbeitet und in Bezug auf Verweise auf relevante Abschnitte dieser Norm angepasst.

Frühere Ausgaben

DIN EN 14992: 2007-07

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN 14992:2007+A1

Juni 2012

ICS 91.060.10; 91.140.30

Ersatz für EN 14992:2007

Deutsche Fassung

Betonfertigteile - Wandelemente

Precast concrete products - Wall elements

Produits préfabriqués en béton - Eléments de mur

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 17. Februar 2007 angenommen und schließt Änderung 1 ein, die am 7. April 2012 vom CEN angenommen wurde.

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-CENELEC 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, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

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

DIN EN 14992:2012-09
EN 14992:2007+A1:2012 (D)

Inhalt

Seite

Die Abschnitte sind zumindest für die ersten drei Ziffern genau entsprechend EN 13369:2004, *Allgemeine Regeln für Betonfertigteile*, nummeriert. In denjenigen Fällen, in denen der betreffende Abschnitt von EN 13369:2004 nicht anwendbar oder in einer allgemeineren Verweisung dieser Norm enthalten ist, wurde die entsprechende Nummer ausgelassen, wodurch sich Lücken in der Nummerierung ergeben können.

Vorwort	4
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Anforderungen	11
4.1 Anforderungen an die Baustoffe	11
4.2 Anforderungen an die Herstellung	11
4.3 Anforderungen an das Endprodukt	11
4.3.1 Geometrische Eigenschaften	11
4.3.2 Oberflächenbeschaffenheit	12
4.3.3 Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Einwirkungen	12
4.3.4 Feuerwiderstand und Brandverhalten	13
4.3.5 Schallschutztechnische Eigenschaften	13
4.3.6 Wärmeschutztechnische Eigenschaften	13
4.3.7 Dauerhaftigkeit	13
4.3.8 Sonstige Anforderungen	13
5 Prüfverfahren	14
5.1 Allgemeines	14
5.2 Wasserdampfdurchlässigkeit	14
5.3 Wasserundurchlässigkeit	14
6 Bewertung der Konformität	14
6.1 Allgemeines	14
6.2 Typprüfung	14
6.3 Werkseigene Produktionskontrolle	14
7 Kennzeichnung	14
8 Technische Dokumentation	14
Anhang A (informativ) Zusätzliche Bemessungsregeln	15
A.1 Elementwände	15
A.1.1 Bemessung für tragende Zwecke	15
A.1.2 Schubkraftübertragung in Fugen	15
A.1.3 Konstruktive Druckfugen bei tragenden Wänden	15
A.2 Bauliche Durchbildung der Bewehrung	16
A.2.1 Rippen	16
A.2.2 Bewehrung für Sandwichwände	16
A.2.3 Bewehrung für gewichtsreduzierte Wände	17
Anhang B (informativ) Betonieren von Elementwänden auf der Baustelle	18
Anhang C (normativ) Prüfpläne	20
C.1 Zu D.3.2 Prüfung der Herstellung — Sonstige Prüfgegenstände	20
C.2 Zu EN 13369:2004, D.4 Prüfung des Endproduktes	20
Anhang ZA (informativ)  Abschnitte dieser Europäischen Norm, die Bestimmungen der EU-Bauproduktenrichtlinie betreffen	21
ZA.1 Anwendungsbereich und maßgebende Eigenschaften	21

ZA.2	Verfahren der Konformitätsbescheinigung von vorgefertigten Betonwandbauteilen mit oder ohne Fassadenfunktion	24
ZA.2.1	Systeme der Konformitätsbescheinigung	24
ZA.2.2	EG-Zertifikat und Konformitätserklärung	26
ZA.3	CE-Kennzeichnung und Etikettierung	27
ZA.3.1	Allgemeines	27
ZA.3.2	Angabe von geometrischen Daten und Baustoffeigenschaften (Verfahren 1)	29
ZA.3.3	Angabe der Produkteigenschaften (Verfahren 2)	31
ZA.3.4	Erklärung der Übereinstimmung mit einer gegebenen, durch den Kunden bereitgestellten Bemessungsspezifikation (Verfahren 3a)	33
ZA.3.5	Erklärung der Übereinstimmung mit einer Bemessungsspezifikation, die der Hersteller dem Kundenauftrag entsprechend vorgegeben hat (Verfahren 3b)	35
	Literaturhinweise	37

DIN EN 14992:2012-09
EN 14992:2007+A1:2012 (D)

Vorwort

Dieses Dokument (EN 14992:2007+A1:2012) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 229 „Vorgefertigte Betonerzeugnisse“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird, und wurde von einer durch die Liaison-Gruppe CEN/TC 229 – TC 250 ernannten gemeinsamen Arbeitsgruppe insbesondere auf seine Kompatibilität mit den Eurocodes für den Ingenieurbau geprüft und verabschiedet.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis November 2012, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis November 2012 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument ersetzt EN 14992:2007.

Dieses Dokument enthält die Änderung A1, die am 2012-04-07 von CEN angenommen wurde.

Anfang und Ende der durch die Änderung eingefügten oder geänderten Texte sind jeweils durch Änderungs-
 marken **A1** **A1** angegeben.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien (89/106/EWG).

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

Dieses Dokument ist Teil einer Reihe von Produktnormen für Betonfertigteile.

Für Aspekte, die alle Betonfertigteile betreffen, wird auf EN 13369, *Allgemeine Regeln für Betonfertigteile* verwiesen, aus der auch die relevanten Anforderungen von EN 206-1, *Beton — Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität*, entnommen werden.

Die Verweise auf EN 13369:2004 in den Produktnormen des CEN/TC 229 dienen der Homogenität und verhindern die Wiederholung von ähnlichen Anforderungen.

In Bezug auf die Bemessung wird auf die Eurocodes verwiesen. **A1** Der Einbau von einigen Betonfertigteilen für tragende Zwecke wird in der Europäischen Norm EN 13670, *Ausführung von Tragwerken aus Beton*, behandelt. **A1** **A1** gestrichener Text **A1**

Das Programm von Normen für Betonfertigteile für tragende Zwecke umfasst folgende Normen, die in einigen Fällen aus mehreren Teilen bestehen:

- EN 1168, *Betonfertigteile — Hohlplatten*
- EN 12794, *Betonfertigteile — Gründungspfähle*
- EN 12843, *Betonfertigteile — Maste*
- EN 13224, *Betonfertigteile — Deckenplatten mit Stegen*
- EN 13225, *Betonfertigteile — Stabförmige Bauteile*
- EN 13693, *Betonfertigteile — Besondere Fertigteile für Dächer*
- EN 13747, *Betonfertigteile — Deckenplatten mit Ortbetonergänzung*

- EN 13978, *Betonfertigteile — Betonfertiggaragen*
- EN 14843, *Betonfertigteile — Treppen*
- EN 14844, *Betonfertigteile — Hohlkastenelemente*
- EN 14991, *Betonfertigteile — Gründungselemente*
- EN 14992, *Betonfertigteile — Wandelemente*
-  EN 15037,  *Betonfertigteile — Balkendecken mit Zwischenbauteilen*
- EN 15050, *Betonfertigteile — Fertigteile für Brücken*
-  EN 15258,  *Betonfertigteile — Stützwandelemente*

Im Anhang ZA dieser Norm werden die Verfahren zur Anbringung der CE-Kennzeichnung auf Produkte festgelegt, die unter Anwendung der maßgebenden EN-Eurocodes (EN 1992-1-1 und EN 1992-1-2) bemessen wurden. Für den Fall, dass die in EN-Eurocodes festgelegten Anwendungsbedingungen auf der Baustelle am Bestimmungsort nicht eingehalten und für die mechanische Festigkeit und/oder den Feuerwiderstand andere Bemessungsregeln als die EN-Eurocodes verwendet werden, sind die Bedingungen für die Anbringung des CE-Kennzeichens am Produkt in ZA.3.4 beschrieben.

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

DIN EN 14992:2012-09
EN 14992:2007+A1:2012 (D)

Einleitung

Die in dieser Norm aufgeführte Konformitätsbewertung bezieht sich auf die in Verkehr gebrachten Betonfertigteile und deckt alle Herstellvorgänge im Werk ab.

Regeln für die Bemessung können EN 1992-1-1 entnommen werden. Soweit erforderlich, sind ergänzend weitere Regeln angegeben.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm gilt für vorgefertigte Wände aus Normal- oder Leichtbeton mit dichtem Gefüge. ^[A1] Des Weiteren darf faserverstärkter Beton (Stahl, Polymer oder weitere, durch Europäische Normen erfasste Fasern) verwendet werden. Diese Wandelemente ^[A1] können eine Fassadenfunktion (siehe 3.11), eine Verblendfunktion (siehe 3.12) oder eine Kombination dieser Funktionen haben.

Zur Fassadenfunktion kann gehören:

- Wärmedämmung (siehe 3.11.1);
- Schalldämmung (siehe 3.11.2);
- Feuchteregelung (siehe 3.11.3)

oder eine Kombination dieser Funktionen.

Vorgefertigte Wände können unbewehrt, mit einer Bewehrung versehen oder vorgespannt sein. Sie können tragend oder nicht tragend sein.

Zu ihnen gehören:

- Vollwände;
- Elementwände;
- Sandwichwände;
- gewichtsreduzierte Wände;
- Verkleidungen.

Das Wandbauteil kann auch die Funktion einer Stütze oder eines Balkens haben.

2 Normative Verweisungen

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).

EN 1992-1-1:2004, *Eurocode 2: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-1: Grundlagen und Anwendungsregeln für den Hochbau*

EN 13369:2004, *Allgemeine Regeln für Betonfertigteile*

EN ISO 12572, *Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten — Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit (ISO 12572:2001)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 13369:2004 und die folgenden Begriffe. In der Regel bezieht sich die Benennung „Produkt“ auf ein in großen Stückzahlen hergestelltes Bauteil. Zu allgemeinen Begriffen siehe EN 13369:2004, Abschnitt 3.

3.1

Wände

vertikal oder schräg einzubauende, ebene oder gebogene zweidimensionale Bauteile

3.2

tragende Wand

konstruktives Wandbauteil, das äußere Lasten trägt oder für die Sicherheit von Personen wichtig ist

BEISPIEL Platten für Fassaden und Brüstungen, ausgenommen kleine Bekleidungsplatten.

DIN EN 14992:2012-09
EN 14992:2007+A1:2012 (D)

3.3

nicht tragende Wand

Wand, die nur ihr Eigengewicht trägt und weder für die Standsicherheit des Gebäudes noch für die Sicherheit von Personen erforderlich ist

3.4

Vollwand

Wand mit einer beliebigen Form, die als Ganzes einschließlich Bewehrung und Haltevorrichtungen hergestellt wird

ANMERKUNG Siehe Bild 1.

3.5

Elementwand

Wand aus zwei vorgefertigten bewehrten Schichten, die unter Einhaltung eines Zwischenraums mithilfe eines Gitterträgersystems miteinander verbunden sind

ANMERKUNG 1 Siehe Bild 2.

ANMERKUNG 2 Der Zwischenraum zwischen den Schichten wird mit Ortbeton verfüllt. Elementwände können aus einer Schalenkonstruktion mit Gitterträgern bestehen, deren andere Seite durch eine bestehende Wand oder während des Einbaus durch eine andere Schalung begrenzt wird.

3.6

Sandwichwand

Wand, die aus einer Tragschicht, einer Wärmedämmschicht, ggf. einer Luftschicht, und einer Vorsatzschicht besteht

ANMERKUNG 1 Siehe Bild 3.

ANMERKUNG 2 Die Schichten können starr verbunden oder so miteinander verbunden sein, dass die Bewegung der Schichten relativ zueinander in einer Ebene möglich ist.

3.6.1

Vorsatzschicht

äußerste Schicht eines Sandwichwandbauteils

3.6.2

Tragschicht

tragende Schicht eines Sandwichbauteils, A_1 die massiv oder gewichtsreduziert sein kann A_1

ANMERKUNG Sie überträgt ihre Eigenlast und die Last der Vorsatzschicht auf die Konstruktion. Sie kann auch die Lasten anderer Bauteile übertragen.

3.7

gewichtsreduzierte Wand

Wand, die im Betonfertigteilwerk als Ganzes hergestellt wird

ANMERKUNG 1 Siehe Bild 4.

ANMERKUNG 2 Sie kann aus zwei äußeren Schichten aus Beton und dazwischen angeordneten Blöcken aus Leichtbaumaterialien (z. B. Polystyrol- oder Polyurethan-Schaumstoff) bestehen oder mit inneren Hohlräumen versehen sein.

3.8

Bekleidung

nicht tragende Platte, die mithilfe von Verbindungssystemen an der Konstruktion befestigt ist

ANMERKUNG 1 Siehe Bild 5.

ANMERKUNG 2 Zwischen dieser Platte und dem Tragwerk kann ein Dämmsystem eingebaut werden.

8

3.9

kleinteilige Bekleidung

unbewehrtes Bekleidungsbauteil mit einer Fläche von höchstens 2,25 m², einer Länge von höchstens 1,5 m und einer Dicke von weniger als 80 mm

3.10

Bauteil aus unbewehrtem Beton

Betonbauteil, das weniger Bewehrung als die nach der entsprechenden Bemessungsvorschrift geforderte Mindestbewehrung enthält

BEISPIEL EN 1992-1-1:2004, 9.6.

3.11

Fassadenfunktionen

3.11.1

Wärmedämmung

das Vermögen, die Wärmeleitung zu begrenzen

3.11.2

Schalldämmung

das Vermögen, den Schalldurchgang zu verringern

3.11.3

Feuchteregelung

das Vermögen, die Bildung von Kondensat in der Wandkonstruktion und besonders in den Dämmmaterialien, die häufig hygroskop sind, zu verhindern

3.12

Verblendfunktion

Fähigkeit, bestimmte maßspezifische Anforderungen, ästhetische Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit und/oder an die Form oder eine Kombination dieser Anforderungen zu erfüllen

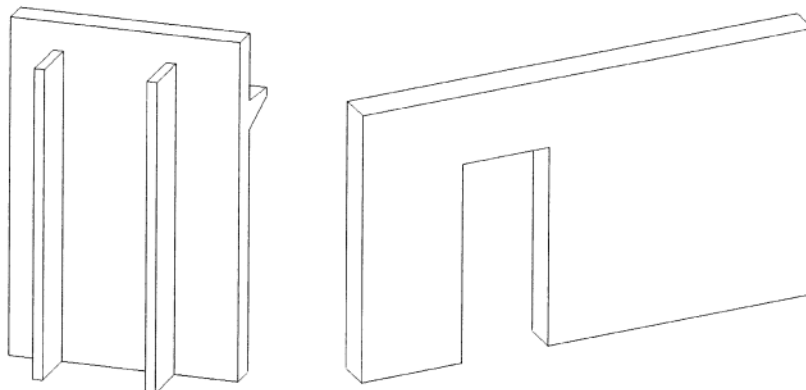
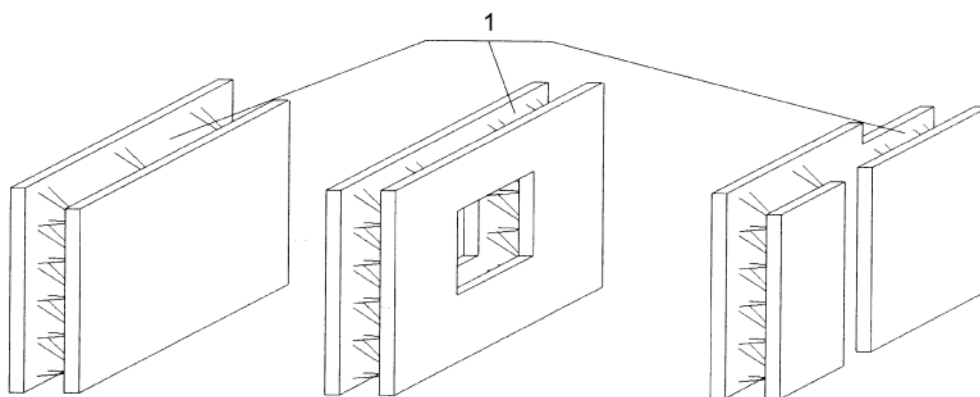


Bild 1 — Beispiele für Vollwände

DIN EN 14992:2012-09
EN 14992:2007+A1:2012 (D)



Legende
 1 Ortbeton

Bild 2 — Beispiele für Elementwände

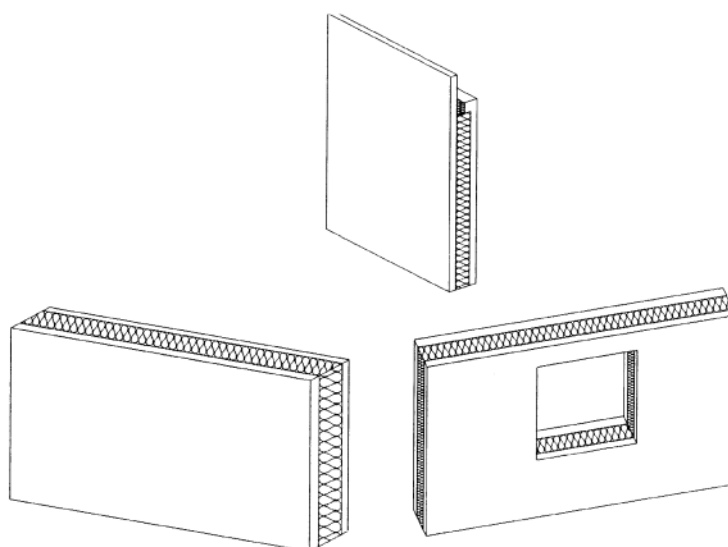


Bild 3 — Beispiele für Sandwichwände

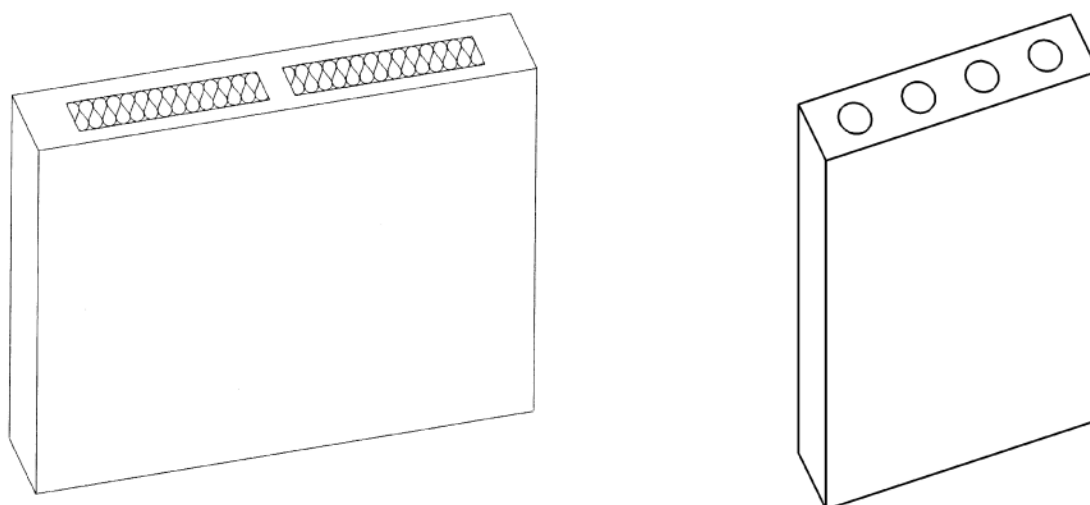


Bild 4 — Beispiele für gewichtsreduzierte Wände

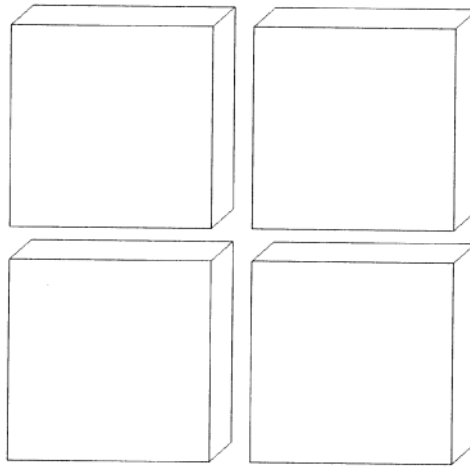


Bild 5 — Beispiel für Bekleidungselemente

4 Anforderungen

4.1 Anforderungen an die Baustoffe

Es gilt EN 13369:2004, 4.1.

Zusätzlich gilt EN 1992-1-1:2004, 10.9.4.1.

A1 Es darf auch faserverstärkter Beton (Stahl – siehe EN 14889-1, Polymer – siehe EN 14889-2 oder weitere, durch Europäische Normen erfasste Fasern – siehe EN 15422) unter der Voraussetzung verwendet werden, dass die Fasern in die statische Berechnung nicht einbezogen werden. **A1**

4.2 Anforderungen an die Herstellung

Es gilt EN 13369:2004, 4.2.

4.3 Anforderungen an das Endprodukt

4.3.1 Geometrische Eigenschaften

4.3.1.1 Herstellungstoleranzen

Zusätzlich zu EN 13369:2004, 4.3.1.1 gelten die in den Tabellen 1 und 2 angegebenen Grenzabweichungen (vergleiche EN 13369:2004, Bilder J.1 bis J.6).

Falls nicht anders festgelegt, gilt die Klasse B für alle Bauteile.

**Tabelle 1 — Grenzabweichungen für die Lage von Öffnungen
und Einbauteilen**

Klasse	Grenzabweichung
A	± 10 mm
B	± 15 mm

Für Einbauteile, die für Verbindungen vorgesehen sind, dürfen davon abweichende Werte für ihre Lage in der technischen Dokumentation angegeben werden.

DIN EN 14992:2012-09
EN 14992:2007+A1:2012 (D)

Die Grenzabweichungen für Längen, Höhen, Dicken und Diagonalmäße sind in Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2 — Grenzabweichungen für Maße

Klasse	Grenzabweichung				
	Grundmaße				
	0 m – 0,5 m	0,5 m – 3 m	> 3 m – 6 m	> 6 m – 10 m	> 10 m
A	± 3 mm ^a	± 5 mm ^a	± 6 mm	± 8 mm	± 10 mm
B	± 8 mm	± 14 mm	± 16 mm	± 18 mm	± 20 mm
^a Im Falle kleinteiliger Bekleidungen ± 2 mm.					

Engere Grenzabweichungen dürfen in der technischen Dokumentation festgelegt werden.

4.3.1.2 Mindestmaße für die Bemessung (Nennmaße)

Es gilt EN 13369:2004, 4.3.1.2.

4.3.2 Oberflächenbeschaffenheit

Zusätzlich zu EN 13369:2004, 4.3.2 gilt:

Sofern nicht anders festgelegt, gelten die in Tabelle 3 angegebenen Werte für die Ebenheit von Oberflächen (vergleiche EN 13369:2004, Bilder J.4 und J.5).

Tabelle 3 — Toleranzen für die Ebenheit von Oberflächen

Klasse	Messlehren mit Punktabständen bis	
	0,2 m	3 m
A	2 mm	5 mm
B	4 mm	10 mm

Klasse A gilt üblicherweise für gegen eine Schalungsform gegossene Oberflächen, während Klasse B, falls nicht anders angegeben, für alle sonstigen Oberflächen gilt.

4.3.3 Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Einwirkungen

4.3.3.1 Bemessung

Zusätzlich zu EN 13369:2004, 4.3.3 darf Anhang A angewendet werden.

4.3.3.2 Bauliche Durchbildung der Bewehrung

Dieser Abschnitt gilt für alle Wandelemente mit Ausnahme von kleinteiligen Bekleidungen.

Die Mindestbewehrung sollte wie folgt verteilt sein:

- für Wände mit einer Dicke kleiner oder gleich 120 mm: einlagige Bewehrung in der Mitte des Wandquerschnittes;
- für Wände mit einer Dicke größer als 120 mm: zweilagige Bewehrung verteilt in der Wand.

Die zweite Anforderung gilt nicht für Bauteile aus unbewehrtem Beton.

Weitere Empfehlungen sind Anhang A zu entnehmen.

4.3.4 Feuerwiderstand und Brandverhalten

4.3.4.1 Feuerwiderstand

Der in Form von Klassen angegebene Feuerwiderstand in Bezug auf die Tragfähigkeit R, den Raumabschluss E und die Wärmedämmung I von vorgefertigten Wandelementen aus Normal- oder Leichtbeton mit dichtem Gefüge ist in Übereinstimmung mit EN 13369:2004, 4.3.4.1, 4.3.4.2 und 4.3.4.3 zu definieren.

4.3.4.2 Brandverhalten

Für das Brandverhalten gilt EN 13369:2004, 4.3.4.4.

Bei Wandelementen, die entflammbare Werkstoffe enthalten, z. B. Dämmdämmung in Sandwichwänden, sind diese Werkstoffe in Übereinstimmung mit den nationalen Bestimmungen, die am Verwendungsort gelten, von feuergefährdeten Bereichen abzugrenzen.

Der Wärmedämmstoff ist anzugeben und muss den Anforderungen der zugehörigen Europäischen Produktnorm entsprechen.

4.3.5 Schallschutztechnische Eigenschaften

Es gilt EN 13369:2004, 4.3.5.

4.3.6 Wärmeschutztechnische Eigenschaften

Es gilt EN 13369:2004, 4.3.6.

4.3.7 Dauerhaftigkeit

Es gilt EN 13369:2004, 4.3.7.

4.3.8 Sonstige Anforderungen

4.3.8.1 Sicherheit bei Transport und Montage

Es gilt EN 13369:2004, 4.3.8.1.

4.3.8.2 Sicherheit beim Gebrauch

Es gilt EN 13369:2004, 4.3.8.2.

4.3.8.3 Wasserdampfdurchlässigkeit

Sofern die Wasserdampfdurchlässigkeit von Bedeutung ist, ist sie nach 5.2 als Wasserdampf-Diffusionsdurchlasskoeffizient anzugeben.

4.3.8.4 Wasserundurchlässigkeit

Sofern die Wasserundurchlässigkeit der Außenseite des Bauteils von Bedeutung ist, ist sie nach 5.3 als Wasseraufnahme anzugeben.

4.3.8.5 Befestigung von Bekleidungen

Die Festigkeit der Befestigungsmittel für Bekleidungen ist nach EN 13369:2004, 4.3.3 nachzuweisen.

ANMERKUNG Möglicherweise bestehen bereits Bestimmungen bezüglich des Einbaus des Produktes.

DIN EN 14992:2012-09
EN 14992:2007+A1:2012 (D)

5 Prüfverfahren

5.1 Allgemeines

Es gilt EN 13369:2004, Abschnitt 5.

5.2 Wasserdampfdurchlässigkeit

Die Wasserdampfdurchlässigkeit, als Wasserdampf-Diffusionsdurchlasskoeffizient angegeben, ist durch Prüfungen nach EN ISO 12572 zu bestimmen.

5.3 Wasserundurchlässigkeit

Die Wasserundurchlässigkeit der Außenseite des Bauteils ist als Wasseraufnahme nach EN 13369:2004, 4.3.7.5, zu bestimmen.

6 Bewertung der Konformität

6.1 Allgemeines

Es gilt EN 13369:2004, 6.1.

6.2 Typprüfung

Es gilt EN 13369:2004, 6.2.

6.3 Werkseigene Produktionskontrolle

Es gilt EN 13369:2004, 6.3.

Zusätzlich gilt Anhang C dieser Norm.

7 Kennzeichnung

Es gilt EN 13369:2004, Abschnitt 7.

8 Technische Dokumentation

Es gilt EN 13369:2004, Abschnitt 8.

Anhang A (informativ)

Zusätzliche Bemessungsregeln

A.1 Elementwände

A.1.1 Bemessung für tragende Zwecke

Elementwände sollten wie Vollwände bemessen werden. Die Mindestfestigkeit des Fertigteils und des Ortbetons sind zu berücksichtigen, ohne sie gesondert zu berechnen.

Die Bewehrung darf im Fertigteil und/oder im Ortbeton angeordnet werden. Das Gleiche gilt für Wände, die als breite Balken wirken.

Bei der Bemessung der Bewehrung sollten die Fugen der Elementwand berücksichtigt werden. Dies ist besonders für die Bestimmung des inneren Hebelarms d von Bedeutung (siehe Bilder A.1 und A.2).

Die Bemessung von Bewehrungsstößen ist in EN 1992-1-1:2004, 8.7 festgelegt.

Falls ein Bewehrungsstoß zwischen Stäben eine Querbewehrung nach EN 1992-1-1:2004, 8.7.4.1 (3) erfordert, können Bügel, Steckbügel und Gitterträger einzeln oder in Kombination miteinander verwendet werden (siehe Bild A.1). Sofern Gitterträger als Querbewehrung verwendet werden, sollte der Durchmesser der übergreifenden Stäbe höchstens 16 mm betragen. Es wird empfohlen, den Stoßquerschnitt auf $1\,200\text{ mm}^2/\text{m}$ zu begrenzen.

A.1.2 Schubkraftübertragung in Fugen

Die Verbindung zwischen dem Ortbeton und dem Elementwand-Fertigteil im Endzustand sollte EN 1992-1-1:2004, 6.2.5 entsprechen.

A.1.3 Konstruktive Druckfugen bei tragenden Wänden

Es darf EN 1992-1-1:2004, 10.9.2 angewendet werden.

Die nach EN 1992-1-1:2004, 10.9.2 (2) geforderte Bewehrung darf auch durch Gitterträger sichergestellt werden.

Bei Elementwänden darf der gesamte Querschnitt als tragend angesetzt werden, vorausgesetzt, dass die Fuge vollständig mit Ortbeton verfüllt wird und eine Breite von mindestens 30 mm hat. Ist dies nicht der Fall, darf nur der Querschnitt des Ortbetons zur Druckübertragung angesetzt werden (siehe Bild A.2).

Der innere Hebelarm ist der Abstand zwischen dem Angriffspunkt der Betonkraft und der Bewehrung.

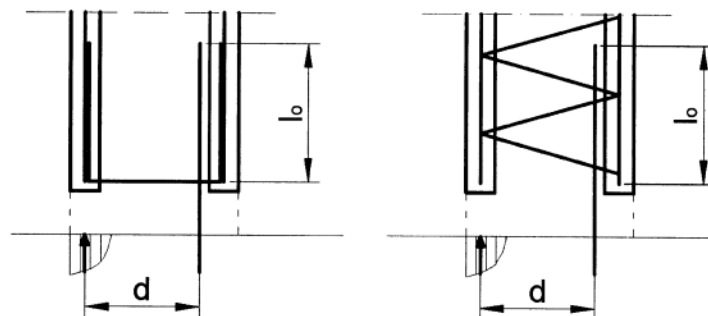
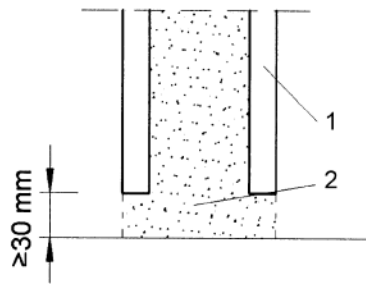


Bild A.1 — Innerer Hebelarm d und Bewehrungsstoß l_0

DIN EN 14992:2012-09
EN 14992:2007+A1:2012 (D)



Legende

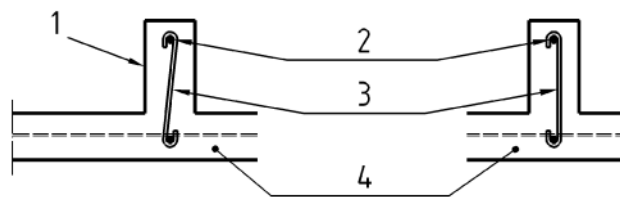
- 1 Fertigteil
- 2 Ortbeton

Bild A.2 — Fuge einer Elementwand

A.2 Bauliche Durchbildung der Bewehrung

A.2.1 Rippen

Die Rippen sollten mit mindestens zwei Längsstäben (einer in der Betonschicht, einer in der Rippe), die durch die Querbewehrung miteinander verbunden sind, bewehrt werden (siehe Bild A.3).



Legende

- 1 Rippe
- 2 Längsstab
- 3 Querbewehrung
- 4 Betonschicht

Bild A.3— Beispiele für die Bewehrung einer Rippe

A.2.2 Bewehrung für Sandwichwände

Es sollten folgende Festlegungen gelten:

a) Tragschicht

Sie sollte wie eine Vollwand bewehrt werden.

b) Vorsatzschicht

Vertikale und horizontale Bewehrungen sollten in die Schicht eingebaut werden. Die Bewehrung sollte so ausgelegt sein, dass sie in der Lage ist, den Einwirkungen standzuhalten, die durch $\boxed{A_1}$ das Verbindungssystem $\langle A_1 \rangle$, das Gewicht dieser Schicht, die Temperaturspannungen und die im Gebrauch entstehenden Langzeitwirkungen verursacht werden.

Der maximale Abstand zwischen zwei Stäben der Bewehrung sollte nicht größer als 200 mm sein.

c) $\boxed{A_1}$ Verbindungssystem $\langle A_1 \rangle$

$\boxed{A_1}$ Das Verbindungssystem $\langle A_1 \rangle$ sollte so ausgelegt sein, dass die Tragschicht mit der Vorsatzschicht verbunden wird und die auf die Vorsatzschicht einwirkenden Lasten auf die Tragschicht übertragen werden.

A.2.3 Bewehrung für gewichtsreduzierte Wände

Es können folgende Festlegungen gelten:

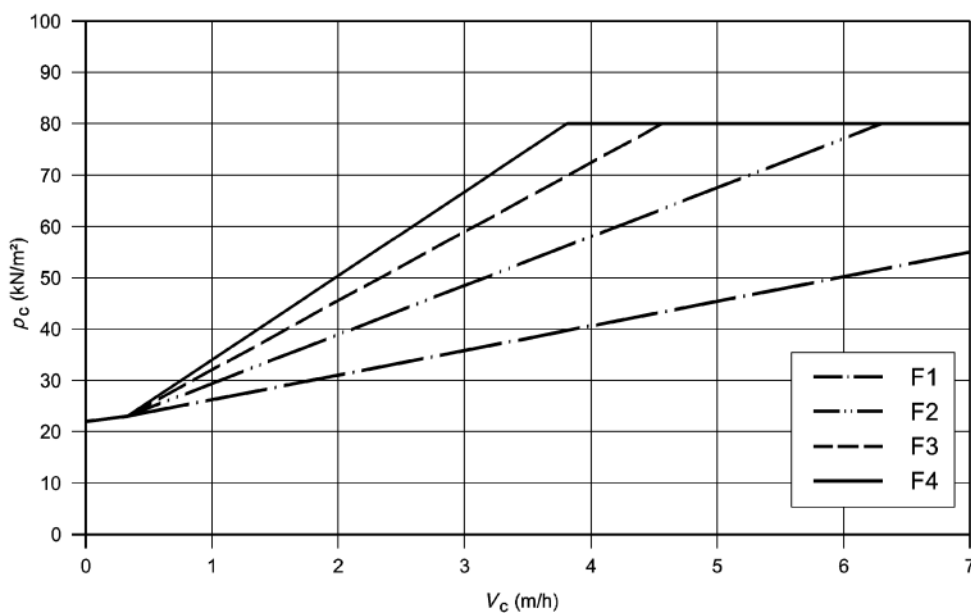
- a) Eigenschaften der Rippen  gestrichener Text .
- Festlegung der Rippen nach A.2.1;
 - maximaler Abstand zwischen zwei Betonrippen: bei Querrippen das 40-fache der Vorsatzschichtdicke und bei Längsrippen das 50-fache der Vorsatzschichtdicke;
 - Minstdicke einer Rippe oder Durchmesser einer Betonverbindung: 50 mm;
 - Betonrippen und -verbindungen dürfen durch geeignete Bauteile aus nichtrostendem Stahl oder durch andere Verbindungssysteme ersetzt werden.

Anhang B (informativ)

Betonieren von Elementwänden auf der Baustelle

Sofern keine besonderen Vorkehrungen getroffen werden, sollte die Temperatur des vorgefertigten Teils der Wand während des Betonierens 5 °C nicht unterschreiten. Nach dem Betonieren sollte die Temperatur des Frischbetons mindestens 3 Tage 10 °C nicht unterschreiten, bzw. der Frischbeton sollte eine Druckfestigkeit von mindestens 5 MPa aufweisen, ehe die Temperatur des Frischbetons 0 °C unterschreitet.

Der maximale Schalungsdruck darf Bild B.1 entnommen werden.



Legende

p_c Schalungsdruck

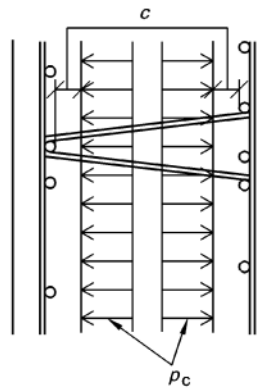
v_c Betoniergeschwindigkeit

F1 bis F4 Ausbreitmaßklasse des Betons (EN 206-1:2000, A_1 Tabelle 6) A_1

**Bild B.1 — Der als Grundlage anzusetzende Schalungsdruck
(vom Beton auf die Schalung ausgeübter Druck)**

Die folgenden Zahlen gelten als empfohlene Betonierlast L_c je Meter Gitterträger:

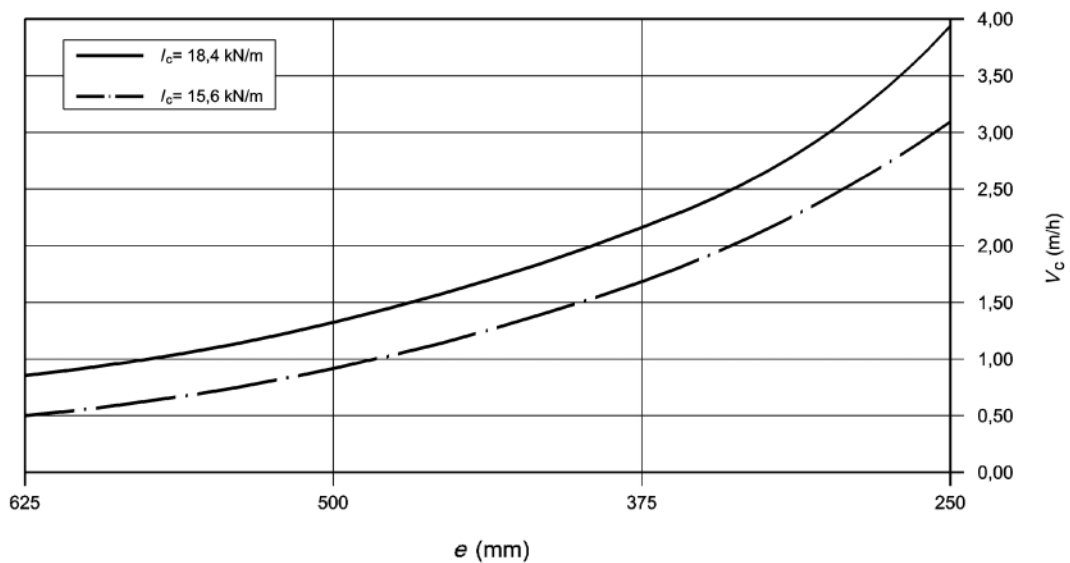
- Empfohlener Wert für $L_c = 15,6$ kN/m:
 - bei einer inneren Betondeckung von ≥ 15 mm.
- Empfohlener Wert für $L_c = 18,4$ kN/m:
 - bei einer inneren Betondeckung von ≥ 17 mm.

**Legende**

- c innere Betondeckung
 p_c Schalungsdruck

Bild B.2

Für ein gegebenes Ausbreitmaß F3 (EN 206-1:2000, A_1 Tabelle 6) A_1 können die sich daraus ergebenden empfohlenen maximalen Betoniergeschwindigkeiten Bild B.3 entnommen werden. In diesem Fall kann eine Mindestbewehrung von $131 \text{ mm}^2/\text{m}$ quer zum Gitterträger in jeder Schicht empfohlen werden.

**Legende**

- v_c Betoniergeschwindigkeit
 e Abstand zwischen den Gitterträgern
 l_c zulässige Betonierlast L_c je Meter Gitterträger

Bild B.3 — Empfohlene Höchstwerte für die Betoniergeschwindigkeiten für ein gegebenes Ausbreitmaß F3

Anhang C (normativ)

Prüfpläne

Dieser Anhang gilt für Wandelemente mit Fassadenfunktion.

Es gilt EN 13369:2004, Anhang D mit folgenden zusätzlichen Anmerkungen:

C.1 Zu D.3.2 Prüfung der Herstellung — Sonstige Prüfgegenstände

— Zeilen 7, 11 und 12

Die Häufigkeit der Sichtprüfung sollte lauten: „vor jedem Betonieren“.

— Zeile 11

Der Prüfgegenstand sollte lauten: „Ortbetonbauteile“

und

das Ziel sollte lauten: „Konformität mit den Werkszeichnungen und Sicherheitsüberprüfung“.

C.2 Zu EN 13369:2004, D.4 Prüfung des Endproduktes

Tabelle C.1 — Prüfung des Endproduktes

Prüfgegenstand	Verfahren	Ziel	Häufigkeit
Maße	Siehe EN 13369:2004, 5.2.	Übereinstimmung mit den Zeichnungen und festgelegten Toleranzen	Jedes 10. Element und mindestens 1 Element je Fertigungslinie
Ebenheit, Geradheit und Überhöhung	Siehe EN 13369:2004, 5.2.	Übereinstimmung mit den Zeichnungen und festgelegten Toleranzen	Jedes 10. Element und mindestens 1 Element je Fertigungslinie
Oberflächenbeschaffenheit	Sichtprüfung. In Zweifelsfall Prüfung nach EN 13369:2004, Anhang J.4.	Übereinstimmung mit den festgelegten Toleranzen	Jedes Element

A1 gestrichener Text **A1**

Anhang ZA (informativ)

A1 Abschnitte dieser Europäischen Norm, die Bestimmungen der EU-Bauproduktenrichtlinie betreffen

ZA.1 Anwendungsbereich und maßgebende Eigenschaften

Diese Europäische Norm wurde im Rahmen des Mandats M/100 „Betonfertigteile“¹⁾, das dem CEN von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone erteilt wurde, erarbeitet.

Die in diesem Anhang aufgeführten Abschnitte dieser Europäischen Norm erfüllen die Anforderungen des Mandats, das auf der Grundlage der EG-Bauproduktenrichtlinie (89/106/EWG) erteilt wurde.

Die Übereinstimmung mit diesen Abschnitten berechtigt zur Annahme, dass die vorgefertigten Betonwandbauteile mit oder ohne Fassadenfunktion, für die dieser Anhang gilt, für die hierin aufgeführten Verwendungszwecke geeignet sind. Die Angaben in den Begleitinformationen zur CE-Kennzeichnung sind zu beachten.

WARNVERMERK — Für die Wandbauteile, die unter den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, können andere Anforderungen und andere EG-Richtlinien, die die Eignung für den vorgesehenen Verwendungszweck nicht beeinflussen, gelten.

ANMERKUNG 1 Zusätzlich zu den konkreten Abschnitten dieser Norm, die sich auf gefährliche Substanzen beziehen, kann es weitere Anforderungen an die Produkte, die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, geben (z. B. umgesetzte europäische Rechtsvorschriften und nationale Rechts- und Verwaltungsvorschriften). Um die Bestimmungen der EG-Bauproduktenrichtlinie zu erfüllen, ist es notwendig, die besagten Anforderungen, sofern sie Anwendung finden, ebenfalls einzuhalten.

ANMERKUNG 2 Eine Informationsdatenbank über europäische und nationale Bestimmungen über gefährliche Substanzen ist auf der Website der Kommission EUROPA (Zugang über <http://ec.europa.eu/enterprise/construction/cpd-ds/>) verfügbar.

Dieser Anhang hat denselben Anwendungsbereich wie Abschnitt 1 dieser Europäischen Norm. Er legt die Bedingungen für die CE-Kennzeichnung von tragenden und nicht tragenden Wandbauteilen mit oder ohne Fassadenfunktion fest, und führt die anwendbaren maßgebenden Abschnitte auf (vgl. Tabellen ZA.1a und ZA.1b).

1) In der jeweils gültigen Fassung.

DIN EN 14992:2012-09
EN 14992:2007+A1:2012 (D)

**Tabelle ZA.1a — Maßgebende Abschnitte für tragende und nicht tragende Wandbauteile
ohne Fassadenfunktion**

Wesentliche Eigenschaften		Abschnitte mit Anforderungen in dieser Norm	Stufen und/oder Klassen	Anmerkungen und Einheiten
Druckfestigkeit (des Betons)	Alle Verfahren	4.2 Anforderungen an die Herstellung	Keine	N/mm ²
Zugfestigkeit und Streckgrenze (des Stahls)	Alle Verfahren	Betonbewehrungsstahl und Spannstahl in EN 13369:2004	Keine	N/mm ²
Mechanische Festigkeit	Verfahren 1	Die in ZA.3.2 aufgeführten Angaben	Keine	Geometrie und Baustoffe
	Verfahren 2	4.3.3 Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Einwirkungen 4.2.3.2.1 Anfangszugspannung in EN 13369:2004 4.2.3.2.4 Schlupf von Spanngliedern in EN 13369:2004	Keine	kNm, kN, kN/m
	Verfahren 3	4.3.3 Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Einwirkungen 4.2.3.2.1 Anfangszugspannung in EN 13369:2004 4.2.3.2.4 Schlupf von Spanngliedern in EN 13369:2004	Keine	Bemessungs-spezifikation
Feuerwiderstand (falls relevant)	Verfahren 1	Die in ZA.3.2 aufgeführten Angaben	R ^a /E/I	Geometrie und Baustoffe
	Verfahren 2	4.3.4.1 Feuerwiderstand	R ^a /E/I	min
	Verfahren 3	4.3.4.1 Feuerwiderstand	R ^a /E/I	Bemessungs-spezifikation
Brandverhalten (falls relevant)	Alle Verfahren	4.3.4.2 Brandverhalten	Euroklassen	
Schalldämmung (falls relevant)	Alle Verfahren	4.3.5 Schallschutztechnische Eigenschaften	Keine	dB
Wärme-dämmung	Alle Verfahren	4.3.6 Wärmeschutztechnische Eigenschaften	Keine	
Bauliche Durchbildung	Alle Verfahren	4.3.1 Geometrische Eigenschaften 4.3.3.1 Bemessung 4.3.3.2 Bauliche Durchbildung der Bewehrung 8 Technische Dokumentation	Keine Keine Keine Keine	Angegebene Klassen
Dauerhaftigkeit	Alle Verfahren	4.3.7 Dauerhaftigkeit	Keine	Umgebungsbedingungen
Festigkeit der Verbindung ^b	Alle Verfahren	4.3.8.5 Befestigung von Bekleidungen	Keine	
^a Gilt nur für tragende Bauteile.				
^b Gilt nur für Verkleidungen.				

Tabelle ZA.1b — Maßgebende Abschnitte für tragende und nicht tragende Wandbauteile mit Fassadenfunktion

Wesentliche Eigenschaften		Abschnitte mit Anforderungen in dieser Norm	Stufen und/oder Klassen	Anmerkungen und Einheiten
Druckfestigkeit (des Betons)	Alle Verfahren	4.2 Anforderungen an die Herstellung	Keine	N/mm ²
Zugfestigkeit und Streckgrenze (des Stahls)	Alle Verfahren	Betonbewehrungsstahl und Spannstahl in EN 13369:2004	Keine	N/mm ²
Mechanische Festigkeit	Verfahren 1	Die in ZA.3.2 aufgeführten Angaben	Keine	Geometrie und Baustoffe
	Verfahren 2	4.3.3 Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Einwirkungen 4.2.3.2.1 Anfangszugspannung in EN 13369:2004 4.2.3.2.4 Schlupf von Spanngliedern in EN 13369:2004	Keine	kNm, kN, kN/m
	Verfahren 3	4.3.3 Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Einwirkungen 4.2.3.2.1 Anfangszugspannung in EN 13369:2004 4.2.3.2.4 Schlupf von Spanngliedern in EN 13369:2004	keine	Bemessungs-spezifikation
Feuerwiderstand (falls relevant)	Verfahren 1	Die in ZA.3.2 aufgeführten Angaben	R ^a /E/I	Geometrie und Baustoffe
	Verfahren 2	4.3.4 Feuerwiderstand	R ^a /E/I	min
	Verfahren 3	4.3.4 Feuerwiderstand	R ^a /E/I	Bemessungs-spezifikation
Brandverhalten (falls relevant)	Alle Verfahren	4.3.4.2 Brandverhalten	Euroklassen	
Schalldämmung (falls relevant)	Alle Verfahren	4.3.5 Schallschutztechnische Eigenschaften	Keine	dB
Wärmedämmung	Alle Verfahren	4.3.6 Wärmeschutztechnische Eigenschaften	Keine	Bemessungs-spezifikation
Bauliche Durchbildung	Alle Verfahren	4.3.1 Geometrische Eigenschaften 4.3.3.1 Bemessung 4.3.3.2 Bauliche Durchbildung der Bewehrung 8 Technische Dokumentation	Keine Keine Keine Keine	Angegebene Klassen
Dauerhaftigkeit	Alle Verfahren	4.3.7 Dauerhaftigkeit	Keine	Umgebungsbedingungen
Wasserdampfdurchlässigkeit (falls relevant)	Alle Verfahren	4.3.8.3 Wasserdampfdurchlässigkeit	Keine	kg/(m ² · s · Pa)
Wasserdurchlässigkeit (falls relevant)	Alle Verfahren	4.3.8.4 Wasserundurchlässigkeit	Keine	%
Festigkeit der Verbindung ^b	Alle Verfahren	4.3.8.5 Befestigung von Bekleidungen	Keine	
^a Gilt nur für tragende Bauteile.				
^b Gilt nur für Verkleidungen.				

DIN EN 14992:2012-09
EN 14992:2007+A1:2012 (D)

Der Hersteller oder sein bevollmächtigter Vertreter beim EWR muss unter den folgenden das Verfahren zur Angabe der CE-Kennzeichnung wählen, das er anwenden möchte:

Verfahren 1 = Angabe von geometrischen Daten und Baustoffeigenschaften (siehe ZA.3.2);

Verfahren 2 = Angabe der Geometrie, der Baustoff- und Produkteigenschaften, die unter Anwendung dieser Norm und der Eurocodes (siehe ZA.3.3) ermittelt wurden;

Verfahren 3 = Erklärung der Übereinstimmung des Produktes mit den Bemessungsunterlagen, wobei unterschieden wird zwischen:

Verfahren 3a = Erklärung der Übereinstimmung des Produktes mit den vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Bemessungsunterlagen (ZA.3.4);

Verfahren 3b = Erklärung der Übereinstimmung des Produktes mit den Bemessungsunterlagen des Herstellers im Auftrag des Auftraggebers (ZA.3.5);

Die Anforderung an eine bestimmte Eigenschaft gilt nicht in denjenigen Mitgliedstaaten, in denen es keine gesetzlichen Bestimmungen für diese Eigenschaft für den vorgesehenen Verwendungszweck des Produkts gibt. In diesem Fall sind Hersteller, die ihre Produkte in diesen Mitgliedsstaaten in Verkehr bringen wollen, nicht verpflichtet, die Leistung ihrer Produkte in Bezug auf diese Eigenschaft zu bestimmen oder anzugeben, und es darf die Option „Leistungsmerkmal nicht bestimmt“ (LNB) in den Angaben zur CE-Kennzeichnung (siehe Abschnitt ZA.3) verwendet werden. Von der Option „Leistungsmerkmal nicht bestimmt“ darf jedoch kein Gebrauch gemacht werden, wenn für die Eigenschaft ein einzuhaltender Grenzwert angegeben ist.

ZA.2 Verfahren der Konformitätsbescheinigung von vorgefertigten Betonwandbauteilen mit oder ohne Fassadenfunktion

ZA.2.1 Systeme der Konformitätsbescheinigung

Die Systeme der Konformitätsbescheinigung für vorgefertigte Betonwandbauteile mit oder ohne Fassadenfunktion sind in ihren grundlegenden Merkmalen in den Tabellen ZA.1a und ZA.1b angegeben und für den (die) dort vorgesehenen Verwendungszweck(e) und einschlägige(n) Stufe(n) und Klasse(n) in der Tabelle ZA.2 aufgeführt. Dies entspricht der Kommissionsentscheidung 99/94/EG vom 1999-01-25 (veröffentlicht am 03.02.1999 im Amtsblatt der Europäischen Union), wie im Anhang III des Mandats M/100 „Betonfertigteile“ abgedruckt.

Tabelle ZA.2 — Systeme der Konformitätsbescheinigung

Produkt(e)	Verwendungszweck(e)	Stufen oder Klassen	System(e) der Konformitätsbescheinigung
Tragende Wandbauteile	Für tragende Zwecke	—	2+
Nicht tragende Wandbauteile	Für nicht oder nur leicht tragende Zwecke	—	4
System 2+: Siehe Richtlinie 89/106/EWG (BPR), Anhang III.2.(ii), Möglichkeit 1, einschließlich Zertifizierung der werkseigenen Produktionskontrolle durch eine zugelassene Stelle aufgrund einer Erstinspektion des Werks und der werkseigenen Produktionskontrolle sowie laufender Überwachung, Beurteilung und Anerkennung der werkseigenen Produktionskontrolle.			
System 4: Siehe Richtlinie 89/106/EWG (BPR), Anhang III.2.(ii), Möglichkeit 3.			

Außer bei kleinteiligen Bekleidungen, die, wie unter 3.9 festgelegt, unter System 4 fallen, gehören sämtliche Wandbauteile, wie unter 3.2 festgelegt, zu System 2+.

Die Konformitätsbescheinigung der tragenden oder nicht tragenden Wandbauteile mit oder ohne Fassadenfunktion, die in ihren grundlegenden Merkmalen in den Tabellen ZA.1a und ZA.1b angegeben sind, muss auf Grundlage der Bewertung der Konformitätsverfahren, wie sie in den Tabellen ZA.3a und ZA.3b angegeben sind, erfolgen und sich aus der Anwendung der Abschnitte dieser oder darin angeführter anderer Europäischer Normen ergeben.

Tabelle ZA.3a — Zuordnung der Aufgaben der Bewertung der Konformität von tragenden Wandbauteilen mit oder ohne Fassadenfunktion unter System 2+

Aufgaben		Inhalt der Aufgaben		Anzuwendende Abschnitte zur Bewertung der Konformität
Aufgaben in der Verantwortlichkeit des Herstellers		Erstprüfung ^a	Sämtliche Merkmale nach Tabelle ZA.1a oder Tabelle ZA.1b	6.2
		Werkseigene Produktionskontrolle	Alle maßgebenden Merkmale nach Tabelle ZA.1a oder Tabelle ZA.1b	6.3
		Weitere Prüfungen von am Herstellungs-ort genommenen Proben	Sämtliche Merkmale nach Tabelle ZA.1a oder Tabelle ZA.1b	EN 13369:2004, 6.2.3
Aufgaben in der Verantwortlichkeit der notifizierten Stelle	Zertifizierung der werkseigenen Produktionskontrolle auf folgenden Grundlagen:	Erstinspektion des Werkes und der werkseigenen Produktionskontrolle ^b	— Druckfestigkeit des Betons; — Zugfestigkeit und Streckgrenze des Bewehrungsstahls (Herstellerzertifikat oder Prüfungen); mechanische Festigkeit ^c ; — Feuerwiderstand; — Brandverhalten, sofern relevant; — Schalldämmung (falls durch Prüfung nachgewiesen); — Wärmedämmung; — bauliche Durchbildung; — Dauerhaftigkeit; — Wasserundurchlässigkeit; — Wasserdampfdurchlässigkeit.	6.3
		Laufende Überwachung, Beurteilung und Anerkennung der werkseigenen Produktionskontrolle	— Druckfestigkeit des Betons; — Zugfestigkeit und Streckgrenze des Bewehrungsstahls (Herstellerzertifikat oder Prüfungen); — mechanische Festigkeit; — Feuerwiderstand; — Brandverhalten, sofern relevant; — Schalldämmung; — Wärmedämmung; — bauliche Durchbildung; — Dauerhaftigkeit; — Wasserundurchlässigkeit; — Wasserdampfdurchlässigkeit;	6.3

a Die Erstprüfung umfasst eine Berechnung und/oder Prüfung. Eine Erstprüfung durch Berechnung ist nicht erforderlich, wenn ausschließlich Verfahren 1 oder 3a angewendet wird.

b Umfasst die Beurteilung, dass das System der werkseigenen Produktionskontrolle dokumentierte Vorgehensweisen hinsichtlich der Erstprüfung (Berechnung und/oder Prüfung) enthält und dass diese Vorgehensweisen eingehalten werden. Die Bezugnahme auf die Erstprüfung der mechanischen Festigkeit und des Feuerwiderstandes (wenn durch Berechnung beurteilt) kann unterbleiben, wenn ausschließlich Verfahren 1 oder 3a angewendet wird.

c Ausschließlich bei Verfahren 2 oder 3b.

DIN EN 14992:2012-09
EN 14992:2007+A1:2012 (D)

Tabelle ZA.3b — Zuordnung der Aufgaben der Bewertung der Konformität von nicht tragenden Wandbauteilen mit oder ohne Fassadenfunktion unter System 4

Aufgaben		Inhalt der Aufgaben	Anzuwendende Abschnitte zur Bewertung der Konformität
Aufgaben des Herstellers	Werkseigene Produktionskontrolle	Parameter mit Bezug zu sämtlichen Merkmalen nach Tabelle ZA.1a oder Tabelle ZA.1b	6.3
	Erstprüfung ^a	Sämtliche Merkmale nach Tabelle ZA.1a oder Tabelle ZA.1b	6.2
a Die Erstprüfung umfasst eine Berechnung und/oder Prüfung. Eine Erstprüfung durch Berechnung ist nicht erforderlich, wenn ausschließlich Verfahren 1 oder 3a angewendet wird.			

ZA.2.2 EG-Zertifikat und Konformitätserklärung

ZA.2.2.1 Wandbauteile mit oder ohne Fassadenfunktion, außer bei kleinteiligen Bekleidungen

Bei einer Übereinstimmung mit den Bedingungen dieses Anhangs und nach Ausstellung des nachstehend erwähnten Zertifikats durch die benannte Stelle muss der Hersteller oder sein im EWR ansässiger Bevollmächtigter eine Konformitätserklärung erstellen und aufbewahren, welche es dem Hersteller erlaubt, die CE-Kennzeichnung anzubringen. Diese Erklärung muss folgende Angaben enthalten:

— Name und Anschrift des Herstellers oder seines im EWR ansässigen Bevollmächtigten sowie Herstellungsort;

ANMERKUNG 1 Der Hersteller sollte, wenn er für die CE-Kennzeichnung verantwortlich ist, auch die Person sein, die für das Inverkehrbringen des Produktes in den EWR verantwortlich ist.

— Beschreibung des Produkts (Art, Kennzeichnung, Verwendung, etc.) und eine Kopie der zur CE-Kennzeichnung gehörenden Angaben;

ANMERKUNG 2 Wenn Teile der für die Erklärung erforderlichen Angaben schon bei der CE-Kennzeichnung angegeben wurden, ist es nicht erforderlich, sie erneut anzugeben.

— Bestimmungen, denen das Produkt entspricht (z. B. Anhang ZA dieser EN);

— besondere Verwendungshinweise (z. B. Hinweise für die Verwendung unter bestimmten Bedingungen usw.);

— Nummer des dazugehörigen Zertifikats über die werkseigene Produktionskontrolle;

— Name und Funktion der Person, die zur Unterzeichnung der Erklärung im Namen des Herstellers oder seines Bevollmächtigten ermächtigt ist.

Der Erklärung muss ein Zertifikat über die werkseigene Produktionskontrolle beigelegt sein, das von der notifizierten Stelle erstellt wurde und zusätzlich zu den oben angegebenen Informationen folgende Angaben enthält:

— Name und Anschrift der notifizierten Stelle;

— Name und Anschrift des Herstellers;

— Nummer des Zertifikats über die werkseigene Produktionskontrolle;

— Bedingungen und Gültigkeitsdauer des Zertifikats, sofern zutreffend;

— Name und Funktion der zur Unterzeichnung des Zertifikats ermächtigten Person.

- Bestimmung der Produkte, die durch das Zertifikat über die werkseigene Produktionskontrolle erfasst werden sowie für jedes Produkt folgende Angaben:
 - das/die vom Hersteller verwendete(n) Verfahren zur CE-Kennzeichnung;
 - ob das Produkt bewehrt oder vorgespannt ist;
 - zu unterscheidende Produktfamilien, die durch den Hersteller bestimmt werden und den Inhalt und/oder die Verfahren der werkseigenen Produktionskontrolle einschließlich der Verfahren der Typprüfung beeinflussen.

Sowohl die oben genannte Erklärung als auch das Zertifikat sind in der Amtssprache bzw. den Amtssprachen des Mitgliedstaates, in dem das Produkt zur Verwendung gelangen soll, vorzulegen.

ZA.2.2.2 Kleinteilige Bekleidungen mit oder ohne Fassadenfunktion

Bei einer Übereinstimmung mit den Bedingungen dieses Anhangs muss der Hersteller oder sein im EWR ansässiger Bevollmächtigter eine Konformitätserklärung erstellen und aufbewahren, welche es dem Hersteller erlaubt, die CE-Kennzeichnung anzubringen. Diese Erklärung muss folgende Angaben enthalten:

- Name und Anschrift des Herstellers oder seines im EWR ansässigen Bevollmächtigten und Herstellungs-ort;

ANMERKUNG 1 Der Hersteller sollte, wenn er für die CE-Kennzeichnung verantwortlich ist, auch die Person sein, die für das Inverkehrbringen des Produktes in den EWR verantwortlich ist.

- Beschreibung des Produkts (Art, Kennzeichnung, Verwendung, ...) und eine Kopie der zur CE-Kennzeichnung gehörenden Angaben;

ANMERKUNG 2 Wenn Teile der für die Erklärung erforderlichen Angaben schon bei der CE-Kennzeichnung angegeben wurden, ist es nicht erforderlich, sie erneut anzugeben.

- Bestimmungen, denen das Produkt entspricht (z. B. Anhang ZA dieser EN);
- besondere Verwendungshinweise (z. B. Hinweise für die Verwendung unter bestimmten Bedingungen usw.);
- Name und Funktion der Person, die zur Unterzeichnung der Erklärung im Namen des Herstellers oder seines Bevollmächtigten ermächtigt ist.

Sowohl die Erklärung als auch das Zertifikat sind in der Amtssprache bzw. den Amtssprachen des Mitgliedstaates, in dem das Produkt zur Verwendung gelangen soll, vorzulegen.

ZA.3 CE-Kennzeichnung und Etikettierung

ZA.3.1 Allgemeines

ZA.3.1.1 Anbringen der CE-Kennzeichnung

Der Hersteller oder dessen im EWR ansässiger bevollmächtigter Vertreter ist für das Anbringen der CE-Kennzeichnung verantwortlich. Das anzubringende CE-Konformitätssymbol muss der Richtlinie 93/68/EG entsprechen und ist am Produkt anzubringen (oder es darf, wenn das nicht möglich ist, am beigefügten Etikett, der Verpackung oder den beigefügten Dokumenten, z. B. dem Lieferschein, angebracht sein).

Folgende Angaben müssen dem CE-Symbol beigefügt sein:

- Kennnummer der Zertifizierungsstelle (nur bei Produkten unter System 2+);
- Name oder Bildzeichen und eingetragene Anschrift des Herstellers;
- die letzten beiden Ziffern des Jahres, in dem die Kennzeichnung angebracht wurde;

DIN EN 14992:2012-09
EN 14992:2007+A1:2012 (D)

- Nummer des Zertifikats über die werkseigene Produktionskontrolle (nur bei Produkten unter System 2+);
- Verweisung auf diese datierte Version der Europäischen Norm;
- Produktbeschreibung: Oberbegriff und vorgesehener Verwendungszweck;
- Angaben zu den maßgebenden in Tabelle ZA.1a oder ZA.1b aufgeführten wesentlichen Eigenschaften, die in den Abschnitten ZA.3.2, ZA.3.3, ZA.3.4 oder ZA.3.5 angegeben sind;
- die Angabe „Leistungsmerkmal nicht bestimmt“ (LNB) für die Eigenschaften, für die dies relevant ist.

Die Option „Leistungsmerkmal nicht bestimmt“ (LNB) darf nicht angewendet werden, wenn für die Eigenschaft ein Grenzwert festgelegt wurde. Die LNB-Option darf hingegen angewendet werden, sofern die Eigenschaft für einen bestimmten Verwendungszweck nicht Gegenstand gesetzlicher Anforderungen im Bestimmungsmitgliedstaat ist.

In den folgenden Abschnitten werden die Bedingungen für das Anbringen der CE-Kennzeichnung angegeben. Bild ZA.1 zeigt das vereinfachte, am Produkt anzubringende Etikett; es enthält die Mindestangaben und einen Verweis auf das beigefügte Dokument, das die weiteren geforderten Angaben enthält. Einige Angaben zu den wesentlichen Eigenschaften dürfen durch einen eindeutigen Verweis auf folgende Unterlagen erfolgen:

- technische Informationen (Produktkatalog) (siehe ZA.3.2);
- technische Dokumentation (ZA.3.3);
- Bemessungsspezifikation (ZA.3.4 und ZA.3.5).

Die Mindestangaben, die direkt auf dem Etikett oder in den beigefügten Dokumenten aufzuführen sind, sind den Bildern ZA.1, ZA.2, ZA.3, ZA.4 bzw. ZA.5 zu entnehmen.

ZA.3.1.2 Vereinfachtes Etikett

Bei vereinfachten Etiketten ist das CE-Symbol durch folgende Angaben zu ergänzen:

- Name oder Bildzeichen und eingetragene Anschrift des Herstellers;
- Identifikationsnummer des Produkts (zur Sicherstellung der Rückverfolgbarkeit);
- die letzten beiden Ziffern des Jahres, in dem die Kennzeichnung angebracht wurde;
- Nummer des Zertifikats über die werkseigene Produktionskontrolle (wenn zutreffend);
- Verweisung auf diese datierte Version der Europäischen Norm.

Sämtliche weiteren Angaben, die durch die maßgebenden Verfahren zur CE-Kennzeichnung in einem der einschlägigen Abschnitte ZA.3.2, ZA.3.3, ZA.3.4 und ZA.3.5 festgelegt wurden, müssen in den Begleitdokumenten aufgeführt werden.

Die Angaben zum Produkt in den Begleitdokumenten sind mit derselben Identifikationsnummer zu versehen.

Bild ZA.1 enthält ein Beispiel für das vereinfachte Etikett bei der CE-Kennzeichnung.

	CE-Konformitätskennzeichnung, bestehend aus dem CE-Symbol nach der Richtlinie 93/68/EWG
Any Co Ltd, PO-Box 21, B-1050 45PJ76 12 0123-BPR-0456	Name oder Bildzeichen und eingetragene Anschrift des Herstellers Identifikationsnummer zum Produkt Die letzten beiden Ziffern des Jahres, in dem die Kennzeichnung angebracht wurde Nummer des Zertifikats über die werkseigene Produktionskontrolle
EN 14992:2007+A1:2012	Nummer der datierten Europäischen Norm

Bild ZA.1 — Beispiel für ein vereinfachtes Etikett

Für kleine Bauteile und bei Verwendung von Produktstempeln kann das Etikett durch Weglassen der Verweisung auf die EN und/oder das Zertifikat über die werkseigene Produktionskontrolle verkleinert werden.

ZA.3.2 Angabe von geometrischen Daten und Baustoffeigenschaften (Verfahren 1)

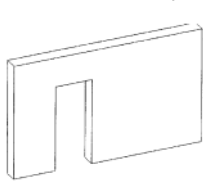
Unter Hinweis auf Tabelle ZA.1a oder Tabelle ZA.1b und die unter ZA.3.1 aufgeführten Angaben sind folgende Eigenschaften anzugeben:

- Druckfestigkeit des Betons;
- Zugfestigkeit des Betonstahls;
- Streckgrenze des Betonstahls;
- Zugfestigkeit des Spannstahls;
- 0,1%-Dehngrenze des Spannstahls;
- geometrische Daten (kritische Maße und Toleranzklassen);
- Bedingungen mit Einfluss auf die Dauerhaftigkeit;
- Bauliche Durchbildung.

Diese Angaben dürfen unter Verweisung auf technische Informationen (Produktkatalog) des Herstellers hinsichtlich baulicher Durchbildung, Dauerhaftigkeit und geometrischer Daten erfolgen.

Bild ZA.2 zeigt ein Beispiel für die CE-Kennzeichnung für einen Wandbauteiltyp, einschließlich der Angaben, die zur Feststellung der Eigenschaften in Bezug auf die mechanische Festigkeit, die Standsicherheit und den Feuerwiderstand sowie einiger Aspekte der Dauerhaftigkeit und der Gebrauchstauglichkeit in Übereinstimmung mit den am Verwendungsort geltenden Bemessungsbestimmungen erforderlich sind.

DIN EN 14992:2012-09
EN 14992:2007+A1:2012 (D)


0123
Any Co Ltd., PO-Box 21, B-1050
12
0123-BPR-0456
EN 14992:2007+A1:2012 Wandelemente TRAGENDES WANDBAUTEIL MIT/OHNE FASSADENFUNKTION Beton: Druckfestigkeit $f_{ck} = 45 \text{ N/mm}^2$ Betonstahl: Zugfestigkeit $f_{tk} = \text{yyy} \text{ N/mm}^2$ Streckgrenze $f_{yk} = \text{zzz} \text{ N/mm}^2$ Spannstahl: Zugfestigkeit $f_{pk} = 2\ 060 \text{ N/mm}^2$ 0,1%-Dehngrenze $f_{p0,1k} = 1\ 840 \text{ N/mm}^2$  Länge $L = \text{XXXX} \text{ m}$ Höhe $H = \text{YYYY} \text{ m}$ Dicke $t = \text{ZZZZ} \text{ m}$ Toleranzklasse A Zur baulichen Durchbildung und Dauerhaftigkeit siehe die technischen Informationen. Technische Informationen: Produktkatalog ABC: 2002 – Abschnitt ii

CE-Konformitätskennzeichnung, bestehend
 aus dem CE-Symbol nach der
 Richtlinie 93/68/EWG

Kennnummer der notifizierten Stelle

Name oder Bildzeichen und eingetragene
 Anschrift des Herstellers

Die letzten beiden Ziffern des Jahres, in dem
 die Kennzeichnung angebracht wurde

Nummer des Zertifikats über die werkseigene
 Produktionskontrolle (wenn zutreffend)

Nummer und Titel der betreffenden datierten
 Europäischen Norm

Oberbegriff und vorgesehener
 Verwendungszweck

Angaben zur Produktgeometrie und den
 Baustoffeigenschaften einschließlich der
 baulichen Durchbildung
 (vom Hersteller an das jeweilige Produkt
 anzupassen)

ANMERKUNG 1 Zahlenwerte dienen nur als
 Beispiel.

ANMERKUNG 2 Auf die Skizze darf verzichtet
 werden, wenn entsprechende Informationen in
 eindeutig bezeichneten technischen Informationen
 (Produktkatalog) zur Bezugnahme zur Verfügung
 stehen.

Bild ZA.2 — Beispiel für die CE-Kennzeichnung nach Verfahren 1

ZA.3.3 Angabe der Produkteigenschaften (Verfahren 2)

Für alle Bemessungsdaten einschließlich der in der Berechnung verwendeten Modelle und Parameter darf auf die technische (Bemessungs-) Dokumentation verwiesen werden.

Unter Hinweis auf Tabelle ZA.1a oder ZA.1b und die unter ZA.3.1 aufgeführten Angaben sind folgende Eigenschaften anzugeben:

- Druckfestigkeit des Betons;
- Zugfestigkeit des Betonstahls;
- Streckgrenze des Betonstahls;
- Zugfestigkeit des Spannstahls;
- 0,1 %-Dehngrenze des Spannstahls;
- Angabe der Bemessungswerte in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (für die nicht-seismische Bemessungssituation) für Normalkraft mit verschiedenen Lastausmitten oder für Biegung und Querkraft jeweils an den maßgebenden Stellen;
- in der Berechnung verwendete Sicherheitsbeiwerte für Beton und Stahl;
- Feuerwiderstandsklasse R;
- Brandverhalten (falls relevant);
- andere in der Berechnung verwendete national festgelegte Parameter (NDP);
- schallschutztechnische Parameter (bewertetes Schalldämmmaß und Trittschallübertragung);
- Wärmedämmung;
- Bedingungen mit Einfluss auf die Dauerhaftigkeit (oder Expositionsklassen);
- Wasserdurchlässigkeit (falls relevant);
- geometrische Daten;
- bauliche Durchbildung.

Diese Angaben dürfen unter Verweisung auf die technische Dokumentation für geometrische Daten, bauliche Durchbildung, Dauerhaftigkeit, Trockenschwindung und weiteren NDP erfolgen.

Bild ZA.3 enthält eine Vorlage für die CE-Kennzeichnung für einen Wandbauteiltyp für den Fall, dass die Eigenschaften in Bezug auf mechanische Festigkeit, Standsicherheit und Feuerwiderstand einschließlich Aspekten der Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit unter Verwendung der Eurocodes bestimmt werden.

Die Bemessungswerte in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit des Bauteils und die Feuerwiderstandsklasse sind zu berechnen, indem für die NDP entweder die in EN 1992-1-1 und EN 1992-1-2 empfohlenen oder die in den Nationalen Anhängen festgelegten Werte verwendet werden.

DIN EN 14992:2012-09
EN 14992:2007+A1:2012 (D)

 0123
Any Co Ltd., PO-Box 21, B-1050 12 0123-CPD-0456
EN 14992:2007+A1:2012 Wandelemente TRAGENDES WANDBAUTEIL MIT/OHNE FASSADENFUNKTION Beton: Druckfestigkeit $f_{ck} = xx \text{ N/mm}^2$ Betonstahl: Zugfestigkeit $f_{tk} = yyy \text{ N/mm}^2$ Streckgrenze $f_{yk} = zzz \text{ N/mm}^2$ Spannstahl: Zugfestigkeit $f_{pk} = uuu \text{ N/mm}^2$ 0,1 %-Dehngrenze $f_{p0,1k} = www \text{ N/mm}^2$ Mechanische Festigkeit (Bemessungswerte): axiale Drucktragfähigkeit nnn kN aufnehmbares Moment (im mittleren Querschnitt) mmm kNm Schubtragfähigkeit (der Randbereiche) vvv kN Für die Festigkeitsberechnung verwendete Teilsicherheitsbeiwerte für die Baustoffe: Für Beton $\gamma_c = z,zz$ Für Stahl $\gamma_s = x,xx$ Feuerwiderstand R RXX für $\eta_{fi} = 0,xx$ RYY für $\eta_{fi} = 0,yy$ Für geometrische Daten, Toleranzklasse, bauliche Durch- bildung, Dauerhaftigkeit, schallschutztechnische Parameter, wärmeschutztechnische Parameter, mögliche ergänzende Angaben zum Feuerwiderstand und weitere NDP, siehe technische Dokumentation. Technische Dokumentation: Positionsnummer xxxxxx

CE-Konformitätskennzeichnung, bestehend
 aus dem CE-Symbol nach der Richtlinie
 93/68/EWG

Kennnummer der notifizierten Stelle^a

Name oder Bildzeichen und eingetragene
 Anschrift des Herstellers

Die letzten beiden Ziffern des Jahres, in dem
 die Kennzeichnung angebracht wurde

Nummer des Zertifikats über die werkseigene
 Produktionskontrolle^a

Nummer und Titel der betreffenden, datierten
 Europäischen Norm

Oberbegriff und vorgesehener
 Verwendungszweck

Angaben zu mandatierten Produkteigen-
 schaften einschließlich baulicher Durchbildung
 (vom Hersteller an das jeweilige Produkt
 anzupassen)

^a Für Produkte unter System 4 nicht angegeben.

Bild ZA.3 — Beispiel für die CE-Kennzeichnung nach Verfahren 2

ZA.3.4 Erklärung der Übereinstimmung mit einer gegebenen, durch den Kunden bereitgestellten Bemessungsspezifikation (Verfahren 3a)

Unter Hinweis auf Tabelle ZA.1a oder ZA.1b und die unter ZA.3.1 aufgeführten Angaben sind folgende Eigenschaften anzugeben:

- Druckfestigkeit des Betons;
- Zugfestigkeit des Betonstahls;
- Streckgrenze des Betonstahls;
- Zugfestigkeit des Spannstahls;
- 0,1 %-Dehngrenze des Spannstahls;
- Verweisung auf die durch den Kunden bereitgestellten Bemessungsdokumente.

Dieses Verfahren ist auch dann anzuwenden, wenn die Bemessung unter Anwendung anderer Hilfsmittel als der EN-Eurocodes vorgenommen wird.

Bild ZA.4 enthält für einen Wandbauteiltyp ein Beispiel für die CE-Kennzeichnung für den Fall, dass das Produkt entsprechend einer Bemessungsspezifikation hergestellt wurde, in der die mit der mechanischen Festigkeit und Standsicherheit sowie dem Feuerwiderstand in Zusammenhang stehenden Eigenschaften nach den für das Bauwerk geltenden Bemessungsregeln zu bestimmen sind.

DIN EN 14992:2012-09
EN 14992:2007+A1:2012 (D)


0123
Any Co Ltd., PO-Box 21, B-1050
12
0123-CPD-0456
EN 14992:2007+A1:2012 Wandelemente TRAGENDES WANDBAUTEIL MIT/OHNE FASSADENFUNKTION Beton: Druckfestigkeit $f_{ck} = xx \text{ N/mm}^2$ Betonstahl: Zugfestigkeit $f_{tk} = yyy \text{ N/mm}^2$ Streckgrenze $f_{yk} = zzz \text{ N/mm}^2$ Spannstahl: Zugfestigkeit $f_{pk} = uuu \text{ N/mm}^2$ 0,1 %-Dehngrenze $f_{p0,1k} = www \text{ N/mm}^2$ Für geometrische Daten, Toleranzklasse, bauliche Durch- bildung, mechanische Festigkeit, Feuerwiderstand, schall- schutztechnische Parameter, wärmeschutztechnische Para- meter und Dauerhaftigkeit, siehe die Bemessungsspezifi- kation. Bemessungsspezifikation: Bestellnummer xxxxxx

CE-Konformitätskennzeichnung, bestehend aus dem CE-Symbol nach der Richtlinie 93/68/EWG

Bezeichnung der notifizierten Stelle^a

Name oder Bildzeichen und eingetragene Anschrift des Herstellers

Die letzten beiden Ziffern des Jahres, in dem die Kennzeichnung angebracht wurde

Nummer des Zertifikats über die werkseigene Produktionskontrolle^a

Nummer und Titel der betreffenden, datierten Europäischen Norm

Oberbegriff und vorgesehener Verwendungszweck

Angaben zu mandatierten Produkteigenschaften einschließlich baulicher Durchbildung (vom Hersteller an das jeweilige Produkt anzupassen)

^a Für Produkte unter System 4 nicht angegeben.

Bild ZA.4 — Beispiel für die CE-Kennzeichnung nach Verfahren 3a

ZA.3.5 Erklärung der Übereinstimmung mit einer Bemessungsspezifikation, die der Hersteller dem Kundenauftrag entsprechend vorgegeben hat (Verfahren 3b)

Unter Hinweis auf Tabelle ZA.1a oder ZA.1b und die unter ZA.3.1 aufgeführten Angaben sind folgende Eigenschaften anzugeben:

- Druckfestigkeit des Betons;
- Zugfestigkeit des Betonstahls;
- Streckgrenze des Betonstahls;
- Zugfestigkeit des Spannstahls;
- 0,1 %-Dehngrenze des Spannstahls;
- Verweis auf die dem Kundenauftrag entsprechenden Bemessungsspezifikationen, in denen die geometrischen Daten, die bauliche Durchbildung, die mechanische Festigkeit, der Feuerwiderstand, der Schall- und Wärmeschutz sowie die Dauerhaftigkeit behandelt werden.

Dieses Verfahren ist auch dann anzuwenden, wenn die Bemessung unter Anwendung anderer Hilfsmittel als der EN-Eurocodes vorgenommen wird.

Bild ZA.5 enthält für einen Wandbauteiltyp ein Beispiel für die CE-Kennzeichnung für den Fall, dass das Produkt durch den Hersteller entsprechend einer Bemessungsspezifikation hergestellt wurde, die durch den Auftraggeber vorgegeben wurde.

DIN EN 14992:2012-09
EN 14992:2007+A1:2012 (D)

 0123
Any Co Ltd., PO-Box 21, B-1050 12 0123-CPD-0456
EN 14992:2007+A1:2012 Wandelemente TRAGENDES WANDBAUTEIL MIT/OHNE FASSADENFUNKTION Beton: Druckfestigkeit $f_{ck} = xx \text{ N/mm}^2$ Betonstahl: Zugfestigkeit $f_{tk} = yyy \text{ N/mm}^2$ Streckgrenze $f_{yk} = zzz \text{ N/mm}^2$ Spannstahl: Zugfestigkeit $f_{pk} = uuu \text{ N/mm}^2$ 0,1 %-Dehngrenze $f_{p0,1k} = www \text{ N/mm}^2$ Für geometrische Daten, Toleranzklasse, bauliche Durch- bildung, mechanische Festigkeit, Feuerwiderstand, schall- schutztechnische Parameter, wärmeschutztechnische Para- meter und Dauerhaftigkeit, siehe die Bemessungsspezifi- kation. Bemessungsspezifikation: (Kundenauftrag)

CE-Konformitätskennzeichnung, bestehend aus dem CE-Symbol nach der Richtlinie 93/68/EWG

Bezeichnung der notifizierten Stelle^a

Name oder Bildzeichen und eingetragene Anschrift des Herstellers

Die letzten beiden Ziffern des Jahres, in dem die Kennzeichnung angebracht wurde

Nummer des Zertifikats über die werkseigene Produktionskontrolle^a

Nummer und Titel der betreffenden, datierten Europäischen Norm

Oberbegriff und vorgesehener Verwendungszweck

Angaben zu mandatierten Produkteigenschaften einschließlich baulicher Durchbildung (vom Hersteller an das jeweilige Produkt anzupassen)

^a Für Produkte unter System 4 nicht angegeben.

Bild ZA.5 — Beispiel für die CE-Kennzeichnung nach Verfahren 3b

Zusätzlich zu den oben angegebenen besonderen Angaben zu gefährlichen Substanzen sollten dem Produkt, sofern erforderlich und in geeigneter Form, Dokumente beigelegt werden, in denen alle übrigen gesetzlichen Bestimmungen über gefährliche Substanzen, die nach Angabe des Herstellers beachtet wurden, sowie alle Informationen, die auf Grund dieser gesetzlichen Bestimmungen erforderlich sind, aufgeführt werden.

ANMERKUNG 1 Europäische Rechtsvorschriften ohne nationale Abweichungen brauchen nicht erwähnt zu werden.

ANMERKUNG 2 Das Anbringen der CE-Kennzeichnung bedeutet, dass wenn ein Produkt unter mehr als eine Direktive fällt, es mit allen betreffenden Direktiven übereinstimmt .

Literaturhinweise

- [1] EN 206-1:2000, *Beton — Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität*
- [2] EN 1992-1-2, *Eurocode 2: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-2: Allgemeine Regeln — Tragwerksbemessung für den Brandfall*
-  [3] EN 14889-1:2006, *Fasern für Beton — Teil 1: Stahlfasern — Begriffe, Festlegungen und Konformität*
- [4] EN 14889-2:2006, *Fasern für Beton — Teil 2: Polymerfasern — Begriffe, Festlegungen und Konformität*
- [5] EN 15422:2008, *Betonfertigteile — Festlegung für Glasfasern als Bewehrung in Mörtel und Beton*
- [6] EN 206-1:2000, *Beton — Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität* 

Richtlinie für Windenergieanlagen

Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung

Fassung Oktober 2012

Schriften des Deutschen Instituts für Bautechnik
Reihe B Heft 8

Impressum:

Herausgeber

Deutsches Institut für Bautechnik
vertreten durch den Präsidenten Herrn Gerhard Breitschaft
Kolonnenstr. 30 B
10829 Berlin
DEUTSCHLAND

Telefon +49 (0)30/ 78730 0
Telefax +49 (0)30/ 78730 320
E-Mail: info@dibt.de
www.dibt.de

Diese Richtlinie wurde in der Projektgruppe "Windenergieanlagen" des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt), Berlin erarbeitet. Mitglieder dieser Projektgruppe waren:

Prof. Dr.-Ing. Achmus	Institut für Geotechnik, Leibniz Universität Hannover
Prof. Dr.-Ing. Faber	Institut für Windenergietechnik, Fachhochschule Flensburg
Dr. Freudenreich	Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Hamburg
Prof. Dr.-Ing. Harte	Statik und Dynamik der Tragwerke, Bergische Universität Wuppertal
Dipl.-Ing. Häusler	Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin
Prof. Dr.-Ing. Hegger	Institut für Massivbau, RWTH Aachen
Dr.-Ing. Hortmanns	Eusani-Hortmanns-Zahlten Ingenieurgesellschaft mbH, Solingen
Dipl.-Ing. Jepsen	ENERCON GmbH, Aurich
Dipl.-Ing. Klose	Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Hamburg
Dr.-Ing. Kupzok	TÜV SÜD Industrie Service GmbH, München
Dipl.-Ing. Nath (bis Oktober 2011)	Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH, Hamburg
Dipl.-Ing. Neumann	Innenministerium des Landes Schleswig-Holstein, Kiel
Dipl.-Ing. Petruschke	TÜV NORD CERT GmbH, Essen
Dr.-Ing. Rosenbusch	Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin
Prof. Dr.-Ing. Schaumann	Institut für Stahlbau, Leibniz Universität Hannover
Dr.-Ing. Seidel	REpower Systems SE, Hamburg
Dipl.-Ing. Wolf	AMSC Austria GmbH, Klagenfurt

1	Geltungsbereich	6
2	Begriffe und Bezeichnungen	7
2.1	Begriffe	7
2.2	Bezeichnungen	8
2.3	Gegenüberstellung von Begriffen und Bezeichnungen	9
3	Bautechnische Unterlagen	9
4	Technische Baubestimmungen	10
5	Werkstoffe und Ausführung	10
6	Ausführungsklassen	11
7	Einwirkungen	11
7.1	Allgemeines	11
7.2	Trägheits- und Gravitationslasten	11
7.2.1	Ständige Gravitationslasten (Eigenlasten)	11
7.2.2	Trägheitskräfte aus Massenexzentrizitäten	11
7.2.3	Erdbeben	11
7.3	Aerodynamische Lasten	11
7.3.1	Allgemeines	11
7.3.2	Windbedingungen	11
7.3.3	Einflüsse benachbarter baulicher Anlagen, Geländerauhigkeit und Topografie auf die Standorteignung	12
7.3.4	Windlasten für den Zustand während der Montage oder Wartung	13
7.3.5	Windlast bei Eisansatz	14
7.3.6	Einwirkungen aus Wirbelablösungen	14
7.4	Sonstige Einwirkungen	14
7.4.1	Imperfektionen, Einwirkungen aus Ungleichmäßigen Setzungen	14
7.4.2	Vorspannkraft	14
7.4.3	Erddruck	14
7.4.4	Sohlwasserdruck	14
7.4.5	Wärmeeinwirkung	14
7.4.6	Eislasten	15
8	Einwirkungskombinationen	16
9	Ermittlung der Bemessungsschnittgrößen	18
9.1	Allgemeines	18
9.2	Gesamtdynamische Berechnung	19
9.2.1	Allgemeines	19
9.2.2	Anforderungen	19
9.2.3	Berücksichtigung der Gründung	20
9.2.4	Schnittgrößen	20
9.3	Vereinfachte Berechnung	22
9.3.1	Allgemeines	22
9.3.2	Durch Wind erregte Schwingungen des Turmes in Windrichtung	23
9.4	Wirbelerregte Querschwingungen	23
9.5	Logarithmisches Dämpfungsdekrement	23
9.6	Schnittgrößen für den Ermüdungssicherheitsnachweis	24
9.6.1	Anforderungen	24
9.6.2	Beanspruchungskollektive	24
10	Sicherheitskonzept	24
10.1	Allgemeines	24
10.2	Grenzzustände der Tragfähigkeit	24
10.3	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	27

11	Nachweise für den Turm	27
11.1	Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit	27
11.1.1	Teilsicherheitsbeiwerte	27
11.1.2	Festigkeitsversagen	27
11.1.3	Stabilitätsversagen	28
11.1.4	Ermüdungsversagen von Stahlkonstruktionen	28
11.1.5	Ermüdungsversagen von Stahl- und Spannbetonkonstruktionen	29
11.2	Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit	32
11.2.1	Einwirkungskombinationen	32
11.2.2	Teilsicherheitsbeiwert	32
11.2.3	Verformungsbegrenzung	32
11.2.4	Spannungsbegrenzung	32
11.2.5	Rissbreitenbegrenzung	32
12	Nachweise für die Gründung	32
12.1	Gründungskörper	32
12.1.1	Sicherheitskonzept	32
12.1.2	Stahleinbauteile	32
12.1.3	Stahlbetonbauteile	32
12.1.4	Bemessung von Pfählen	33
12.2	Baugrund	33
12.2.1	Beschaffenheit des Baugrunds	33
12.2.2	Sicherheitskonzept	33
12.2.3	Flachgründungen	34
12.2.4	Pfahlgründungen (Äußere Tragfähigkeit)	34
13	Konstruktionsdetails	34
13.1	Ringflanschverbindungen bei stählernen Türmen	34
13.2	Öffnungen in der Wand von Stahlrohtürmen	37
13.3	Scherbeanspruchte Schraubenverbindungen	38
13.4	Stahlsortenauswahl	39
13.4.1	Einwirkungen für die Wahl der Stahlsorte	39
13.4.2	Maßgebende Erzeugnisdicke bei Ringflanschverbindungen	39
13.4.3	Auswahl der Stahlsorten im Hinblick auf Eigenschaften in Dickenrichtung	39
14	Bauabnahme und Inbetriebnahme	40
15	Wiederkehrende Prüfungen	40
15.1	Allgemeines	40
15.2	Umfang der Wiederkehrenden Prüfung	41
15.3	Unterlagen der zu prüfenden Windenergieanlage	41
15.4	Maßnahmen	41
15.4.1	Reparaturen	41
15.4.2	Außerbetriebnahme und Wiederinbetriebnahme	41
15.5	Dokumentation	42
16	Standorteignung von Windenergieanlagen	42
16.1	Bestehende Anlagen im Falle einer Parkerweiterung/Parkänderung	42
16.2	Neuanlagen	42
17	Weiterbetrieb von Windenergieanlagen	43
17.1	Anwendung der "Richtlinie für den Weiterbetrieb von Windenergieanlagen" - Beurteilung von Turm und Gründung	43
17.2	Sachverständige	44
18	In Bezug genommene Normen	44

1 Geltungsbereich

Diese Richtlinie gilt für die Nachweise der Standsicherheit des Turmes und der Gründung von Windenergieanlagen. Sie enthält zugleich, basierend auf den Festlegungen von DIN EN 61400-1, Regelungen über Einwirkungen auf die gesamte Windenergieanlage einschließlich der zugehörigen Sicherheitsbeiwerte, die der Ermittlung der aus der Maschine auf den Turm und die Gründung wirkenden Schnittgrößen (siehe Abschnitt 9.2.4) zu deren Beurteilung zugrunde zu legen sind. Die Beurteilung der Maschine selbst ist nicht Gegenstand dieser Richtlinie. Auf die neunte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Maschinenverordnung) (9. ProdSV) zur Umsetzung der Richtlinie RL 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (ABl. L 157 vom 09.06.2006, S. 24, L 76 vom 16.03.2007, S. 35) wird verwiesen.

Weiter sind gegebenenfalls Anforderungen des anlagenbezogenen Gewässerschutzes nach § 62 WHG (Wasserhaushaltsgesetz) zu berücksichtigen.

Für die Sicherheitsanforderungen an die Maschine gilt DIN EN 61400-1.

Darüber hinaus muss das Sicherheitssystem zwei oder mehrere Bremssysteme enthalten (mechanisch, elektrisch oder aerodynamisch), die geeignet sind, den Rotor aus jedem Betriebszustand in den Stillstand oder Leerlauf zu bringen. Mindestens ein Bremssystem muss in der Lage sein, das System auch bei Netzausfall in einem eigensicheren Zustand zu halten.

Zur Ermittlung der Einwirkungen wird die Anwendung der nachfolgend angegebenen Ausgaben der DIN EN 61400-1 zugelassen. Es gilt jeweils die Norm mit allen zugehörigen Berichtigungen und Anhängen, wobei im Text dieser Richtlinie nur auf das jeweilige Basisdokument mit Angabe des Ausgabejahres (nachfolgend fett gedruckt) verwiesen wird.

DIN EN 61400-1:2011-08	Alternativ: DIN EN 61400-1:2004-08
	DIN EN 61400-1 Berichtigung 1:2005-12

Die jeweils angewendete Ausgabe ist in ihrer Gesamtheit bzgl. der Ermittlung der Einwirkungen anzuwenden. Eine Mischung ist nicht zulässig. Dies betrifft z.B. Details bzgl. der Lastfalld Definitionen und der Auswertemethoden. Ggf. vorhandene Vorgaben zu Konstruktion, Bemessung und Ausführung des Turmes und der Gründung gelten im Zusammenhang mit dieser Richtlinie nicht.

Wenn in dieser Richtlinie auf DIN EN 61400-1 ohne Angabe des Ausgabedatums verwiesen wird, dann gelten entsprechend die Regelungen der jeweils zur gesamtheitlichen Anwendung ausgewählten Ausgabe.

Eine Ausnahme betrifft die Bestimmung der effektiven Turbulenz innerhalb eines Windparks, die nach der jeweils neuesten Ausgabe zu erfolgen hat.

Windenergieanlagen, deren überstrichene Rotorfläche kleiner als 200 m² ist und die eine Spannung erzeugen, die unter 1000 V Wechselspannung oder 1500 V Gleichspannung liegt, dürfen nach DIN EN 61400-2 nachgewiesen werden. Insbesondere muss auch für kleine Windenergieanlagen das Sicherheitssystem zwei oder mehrere Bremssysteme enthalten (mechanisch, elektrisch oder aerodynamisch), die geeignet sind, den Rotor aus jedem Betriebszustand in den Stillstand oder Leerlauf zu bringen. Mindestens ein Bremssystem muss in der Lage sein, das System auch bei Netzausfall in einem eigensicheren Zustand zu halten.

Konstruktion, Bemessung und Ausführung des Turmes und der Gründung von Windenergieanlagen richten sich nach den einschlägigen Technischen Baubestimmungen für vergleichbare Konstruktionen, wie Antennentragwerke, Schornsteine, Masten u.ä., sofern in dieser Richtlinie keine anderen Regelungen getroffen werden.

Außerdem werden Anforderungen bezüglich Inspektion und Wartung der Anlage gestellt, damit die Standsicherheit des Turmes und der Gründung über die vorgesehene Entwurfslebensdauer sichergestellt ist.

Die Richtlinie berücksichtigt nicht die Besonderheiten von Windenergieanlagen, die im offenen Wasser von Nord- und Ostsee errichtet werden (Offshore-Anlagen). Auch werden in dieser Richtlinie die Besonderheiten von Vertikalachsenanlagen und abgespannten Systemen nicht berücksichtigt. Allerdings können die hier angegebenen Regelungen sinngemäß auch auf solche Anlagen angewendet werden.

2 Begriffe und Bezeichnungen

2.1 Begriffe

Die Definitionen der folgenden Begriffe sind im Zusammenhang mit den Regeln dieser Richtlinie zu verstehen. Sie können u.U. von den in Energieertragsberechnungen und in anderen Regelwerken verwendeten Definitionen abweichen.

- **Windenergieanlage (WEA):**
Anlage, die die kinetische Energie des Windes in elektrische Energie umwandelt
- **Fundament und Boden-Bauwerksinteraktion (Bodendrehfeder):**
Erdberührtes Stahl-, Stahlbeton- oder Spannbetonbauteil inkl. Betonsockel über natürlicher bzw. aufgefüllter Geländeoberkante und Boden
- **Turm:**
Teil einer Windenergieanlage oberhalb des Fundamentes, der die Maschine trägt, einschließlich eventueller Abspannungen
 - **Stahlurm:** Turm bestehend aus ein oder mehreren Stahlrohrsegmenten
 - **Spannbetonurm:** vorgespannter Ortbeton- oder Fertigteilturm
 - **Hybridurm:** Stahlbeton- oder Spannbetonurm mit aufgesetztem Stahlrohrturm
- **Maschine:**
Der auf dem Turm angeordnete maschinentechnische Teil der Windenergieanlage, hierzu zählen u.a. die Rotorblätter sowie die Nabe, die Welle, das Getriebe, die regelungs- und elektrotechnischen Komponenten, der Generator, die Lager und die Bremsen
- **Entwurfslebensdauer:**
die der Auslegung der Windenergieanlage zugrunde gelegte rechnerische Zeitdauer
- **Nennleistung:**
maximale Dauerleistung, die sich aus der Leistungskurve ergibt
- **Nenndrehzahl n_R :**
Drehzahl des Rotors pro Minute, bei der bei Nennwindgeschwindigkeit die Nennleistung erreicht wird
- **Leerlauf:**
betriebsbereiter Zustand einer Windenergieanlage ohne Leistungsabgabe, bei dem sich der Rotor langsam dreht
- **mittlere Windgeschwindigkeit $v_m(z)$:**
mittlere Windgeschwindigkeit (10-Minuten-Mittel), abhängig von der Topographie des Standortes
- **50-Jahres-Wind v_{50} :**
mittlere Windgeschwindigkeit, die statistisch im Mittel einmal in 50 Jahren erreicht oder überschritten wird (entspricht einer jährlichen Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0,02)
- **Referenzwindgeschwindigkeit $v_{b,0}$:**
50-Jahres-Wind in 10 m Höhe in ebenem offenem Gelände, der über eine Zeitspanne von 10 Minuten gemittelt wird
- **1-Jahres-Wind v_1 :**
mittlere Windgeschwindigkeit, die statistisch im Mittel jährlich einmal erreicht oder überschritten wird
- **Jahresmittel der Windgeschwindigkeit v_{ave} :**
über mehrere Jahre gemittelte Windgeschwindigkeit auf Nebenhöhe

- Nennwindgeschwindigkeit v_r :
die kleinste mittlere Windgeschwindigkeit, bei der die Nennleistung erreicht wird
- Einschaltwindgeschwindigkeit v_{in} :
die kleinste mittlere Windgeschwindigkeit, bei der die Windenergieanlage betrieben wird
- Abschaltwindgeschwindigkeit v_{out} :
die größte mittlere Windgeschwindigkeit, bei der die Windenergieanlage betrieben wird

2.2 Bezeichnungen

A	Fläche
a	horizontaler Abstand zwischen den Turmachsen zweier benachbarter Windenergieanlagen
c_f	aerodynamischer Kraftbeiwert
D	Rotordurchmesser
F	Kraft, Last
f_0	Eigenfrequenz
f_R	Erregerfrequenz des laufenden Rotors
G	Böenreaktionsfaktor
h	Höhe des Rotormittelpunktes (Nabenhöhe) über Gelände, Turmhöhe
I_T	Turbulenzintensität
M	Moment
m	Anzahl der Rotorblätter, Exponent der Wöhlerkurve
m_E	Eismasse
N	Lastspielzahl
n_R	Nenndrehzahl des Rotors
q	Geschwindigkeitsdruck (Staudruck)
R	Rotorradius
s	auf den Rotordurchmesser bezogener dimensionsloser horizontaler Abstand zwischen den Turmachsen zweier benachbarter Anlagen
T_{ed}	Bezugstemperatur
T_0	Einwirkungsdauer
t_s	Tiefe des Rotorblattes an der Spitze bei linearer Extrapolation der Vorder- und Hinterkante
t_w	größte Tiefe des Rotorblattes in der Nähe der Wurzel
v_1	1-Jahres-Wind
v_{hub}	Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe
v_{ave}	Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe
v_{out}	Abschaltwindgeschwindigkeit
v_{in}	Einschaltwindgeschwindigkeit
v_r	Nennwindgeschwindigkeit
x y z	} Koordinaten (siehe Bild 4)
α	
β	
γ_F	
γ_M	Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand
δ	logarithmisches Dämpfungsdekrement

ϑ	Verhältniswert bezüglich der Tiefe des Rotorblattes, $\vartheta = t_s/t_w$.
ξ	dimensionslose Längenordinate auf dem Rotorblatt
ρ	Luftdichte
ρ_E	Dichte des Eises
σ	Spannung
$\Delta\sigma$	Spannungsschwingbreite

Fußzeiger

d	Bemessungswerte
k	charakteristische Werte

2.3 Gegenüberstellung von Begriffen und Bezeichnungen**Tabelle 1**

DIN EN 61400-1:2004	DIN EN 61400-1:2011	DIBt-Richtlinie
Formelzeichen Bezeichnung/Bedeutung	Formelzeichen Bezeichnung/Bedeutung	Formelzeichen Bezeichnung/Bedeutung
V_{ref} Bezugswindgeschwindigkeit Grundlagenparameter zur Definition der Typklassen. Weitere relevante Auslegungsparameter werden hier-von abgeleitet. 10-min-Mittelwert der extremen Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren.	V_{ref} Bezugswindgeschwindigkeit Grundlagenparameter zur Definition der Typklassen. Weitere relevante Auslegungsparameter werden hier-von abgeleitet. 10-min-Mittelwert der extremen Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren.	V_{ref} Referenzgeschwindigkeit 50-Jahreswind in 10 m Höhe in ebenem offenem Gelände.
V_r Bemessungswindgeschwindigkeit	V_r Bemessungswindgeschwindigkeit	V_r Nennwindgeschwindigkeit
Bemessungsleistung	Bemessungsleistung	Nennleistung
A (Anormal) Art des Auslegungszustandes	A (Anormal) Art des Auslegungszustandes	A (Außergewöhnlich) Gruppe der Einwirkungskombinationen

3 Bautechnische Unterlagen

Zu den bautechnischen Unterlagen gehören:

- A** Technische Daten der Windenergieanlage mit insbesondere folgenden Angaben:
- 1 Modellbezeichnung
 - 2 Hersteller
 - 3 Konfiguration (Typenblatt)
 - 4 Regelungs- und Bremssystem
 - 5 Rotorblatttyp
 - 6 Betriebsdaten, die für die Ermittlung der Einwirkungen und für die Bemessung des Turmes erforderlich sind
- B** Gesamtübersicht der Anlage und ggf. Lageplan
- C** Baubeschreibung von Turm und Gründung mit folgenden Angaben:
- 1 Windgeschwindigkeitszone (Auslegung und ggf. Standort)
 - 2 Entwurfslebensdauer
 - 3 Baugrundverhältnisse

- D** Schnittgrößen zum Nachweis von Turm und Gründung und weitere Grundlagen für die Bemessung (siehe Abschnitt 9)
- E** Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung (Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit) einschließlich der Schwingungsuntersuchungen
- F** Konstruktionszeichnungen für Turm und Gründung mit allen notwendigen Informationen und technischen Anforderungen für die Ausführung von Stahlkonstruktionen (siehe Normenreihe Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten) und von Stahl- und Spannbetonkonstruktionen (siehe Normenreihe Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken).
- G** Montageanleitung (z.B. Spannanweisung, Herstellenanweisung für die Gründung gemäß DIN EN 13670)
- H** Gutachtliche Stellungnahme eines Sachverständigen zur Gründung (Baugrundgutachten)

Außerdem müssen für Windenergieanlagen folgende Unterlagen vorliegen:

- I** Gutachtliche Stellungnahmen, in denen ggf. Auflagen zum Bau und Betrieb der Windenergieanlage zu formulieren sind
 - 1 Gutachtliche Stellungnahme eines Sachverständigen zur Bestätigung der Schnittgrößen für den Nachweis von Turm und Gründung, Rotorblätter und Maschinenbau (Lastgutachten)
 - 2 Gutachtliche Stellungnahme eines Sachverständigen zu den Nachweisen der Sicherheitseinrichtungen (Sicherheitsgutachten)
 - 3 Gutachtliche Stellungnahme eines Sachverständigen zu den Nachweisen der Rotorblätter
 - 4 Gutachtliche Stellungnahme eines Sachverständigen zu den Nachweisen der maschinenbaulichen Komponenten und der Verkleidung von Maschinenhaus, Nabe (Maschinengutachten)
 - 5 Gutachtliche Stellungnahme eines Sachverständigen zu den Nachweisen für die elektrotechnischen Komponenten und den Blitzschutz

Weitere Unterlagen, die von dem Sachverständigen des Maschinengutachtens begutachtet sein müssen:

- J** Bedienungsanleitung
- K** Inbetriebnahmeprotokoll (Vordruck)
- L** Wartungspflichtenbuch (siehe Abschnitt 15)

4 Technische Baubestimmungen

Sofern in dieser Richtlinie nicht anderes bestimmt ist, gelten die Technischen Baubestimmungen, insbesondere hinsichtlich der Einwirkungen DIN EN 1991-1-1, -1-3 und -1-4, für Stahlkonstruktionen die Grundnormen der Normenreihe DIN EN 1993, für Stahlbeton- und Spannbetonkonstruktionen die Normenreihe DIN EN 1992, sowie für den Baugrund DIN EN 1997. Alle Normen der Eurocode-Reihe sind stets in Verbindung mit ihren Nationalen Anhängen anzuwenden.

Weiterhin dürfen für Stahlvollwandtürme die Regelungen der DIN EN 1993-3-2, Kapitel 5.2 angewendet werden.

5 Werkstoffe und Ausführung

Es dürfen nur Werkstoffe verwendet werden, die den Technischen Baubestimmungen entsprechen. Die Verwendung anderer Werkstoffe bedarf nach den bauaufsichtlichen Vorschriften eines besonderen Nachweises der Verwendbarkeit, z.B. durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder durch eine Zustimmung im Einzelfall.

Die Ausführung von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen erfolgt nach DIN EN 13670.

Spannverfahren, die zum Vorspannen von Windenergieanlagen verwendet werden, müssen für die Vorspannung von Türmen, bzw. für diesen entsprechenden Anwendungsbereich, zugelassen sein.

6 Ausführungsklassen

Stahltürme von Windenergieanlagen oder Teile von Windenergieanlagen in Stahlbauweise sind gemäß DIN EN 1090-2 Anhang B der Beanspruchungskategorie SC2 und der Schadensfolgeklasse CC2 zuzuordnen. Demzufolge gilt als Mindestanforderung für Windenergieanlagen die Ausführungsklasse EXC3. Entsprechende Anforderungen für die Ausführung sind DIN EN 1090-2 Anhang A.3 zu entnehmen.

7 Einwirkungen

7.1 Allgemeines

Einwirkungen auf die Windenergieanlage sind entsprechend DIN EN 61400-1 anzunehmen, siehe auch Absatz 6. Ergänzend sind weitere Einwirkungen nach Absatz 6 zu berücksichtigen.

7.2 Trägheits- und Gravitationslasten

7.2.1 Ständige Gravitationslasten (Eigenlasten)

Die charakteristischen Werte der Eigenlasten sind mit den Rechenwerten nach DIN EN 1991-1-1 zu ermitteln. Werden Werkstoffe verwendet, die nicht in diesen Normen enthalten sind, so sind deren tatsächliche Wichten der Lastermittlung zugrunde zu legen.

7.2.2 Trägheitskräfte aus Massenexzentrizitäten

Die für die Rotorfertigung festgelegten maximalen Massenunwuchten sind zu berücksichtigen.

Außerdem sind die zusätzlichen Trägheitskräfte aus Massenexzentrizitäten infolge Eislasten für den Fall zu ermitteln, dass 1 Rotorblatt nicht vereist ist (siehe Abschnitt 7.4.6), sofern der Betrieb unter Eislasten nicht sicher ausgeschlossen werden kann.

7.2.3 Erdbeben

Einwirkungen aus Erdbeben sind gemäß DIN EN 1998-1 einschließlich DIN EN 1998-1/NA zu berücksichtigen, wobei Bedeutungsklasse 1 angenommen werden darf.

Die Überlagerung mit den Lasten der WEA anhand der Lastfälle D.5 und D.6 ist hierbei eine vereinfachte Betrachtung. Alternativ kann eine genauere Betrachtung nach DIN EN 61400-1:2006 erfolgen.

7.3 Aerodynamische Lasten

7.3.1 Allgemeines

Die aerodynamischen Lasten sind nach DIN EN 1991-1-4 unter Berücksichtigung der besonderen Festlegungen von DIN EN 61400-1 und dieser Richtlinie zu ermitteln.

Im Allgemeinen gelten die Windbedingungen nach DIN EN 61400-1. Abweichungen von DIN EN 61400-1 werden nachfolgend angegeben.

Als Rechenwert für die Luftdichte darf abweichend von DIN EN 1991-1-4 $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$ angenommen werden.

Die Windgeschwindigkeit ist unabhängig von der Himmelsrichtung wirkend anzunehmen.

Die für die Rotorfertigung festgelegten maximalen aerodynamischen Unwuchten sind zu berücksichtigen.

7.3.2 Windbedingungen

Die am Standort der Windenergieanlage anzunehmende Windgeschwindigkeit des 50-Jahres-Windes, $v_{b,0} = v_{ref}$ ist nach DIN EN 1991-1-4 einschließlich NA zu ermitteln.

Die Berechnung der mittleren Geschwindigkeit $v_m(z)$ und der Turbulenz $I_v(z)$ für Geländerauhigkeiten bis maximal Kategorie III erfolgt grundsätzlich mit den Formeln gemäß Tabelle NA-B.2 bzw. NA-B.4 in DIN EN 1991-1-4/NA.

Bei Standorten in Geländekategorien I oder II dürfen vereinfachend die Gleichung (GL 1) und Gleichung (GL 2) verwendet werden. Rauigkeiten größer als in Geländekategorie III dürfen nicht angesetzt werden.

7.3.2.1 Extremwindbedingungen

Für die über einen Zeitraum von 10 Minuten gemittelte Windgeschwindigkeit $v_{b,0}(z)$, die zugehörige Turbulenzintensität $I_V(z)$ sowie den Höhenexponenten für das turbulente Windfeld gelten die Regelungen gemäß DIN EN 1991-1-4. Für GK1 und GK2 dürfen vereinfacht die folgenden Formeln verwendet werden.

Die Turbulenzintensität darf vereinfacht wie folgt angenommen werden:

$$I_V(z) = 0,128 \cdot \left(\frac{z}{10} \right)^{-0,05} \quad (\text{GL 1})$$

Das zugehörige Höhenprofil für die mittlere Windgeschwindigkeit (einschließlich des mittleren Windprofils für das turbulente Windfeld) darf wie folgt angenommen werden:

$$v(z) = 1,15 \cdot v_{b,0} \cdot \left(\frac{z}{10} \right)^{0,121} \quad (\text{GL 2})$$

Die Werte für den 1-Jahres-Wind, $v_1(z)$ ermitteln sich aus dem 50-Jahres-Wind, $v_{b,0}$, durch Multiplikation mit dem Faktor 0,8.

Diese Festlegungen betreffen das Windmodell EWM, d.h. dass für die entsprechenden Lastfälle aus DIN EN 61400-1 die Windbedingungen entsprechend anzupassen sind.

7.3.2.2 Betriebswindbedingungen

Das Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe, v_{ave} , ist nach Gleichung (GL 3) bzw. Gleichung (GL 4) anzunehmen, sofern standortspezifisch keine geringeren Werte nachgewiesen werden.

$$v_{ave} = 0,18 \cdot v_{b,0}(h) \quad (\text{GL 3})$$

$$v_{ave} = 0,20 \cdot v_{b,0}(h) \quad (\text{GL 4})$$

Die Gleichung (GL 4) gilt für Inseln der Nordsee.

Das Jahresmittel der Windgeschwindigkeit v_{ave} in WZ 2 ist mit dem Wert von WZ 3 anzusetzen.

Es wird empfohlen, die Anlage für die Turbulenzintensität der Turbulenzkategorie A nach DIN EN 61400-1 nachzuweisen, um die Abdeckung aller deutschen Standorte bei Errichtung von Einzelanlagen zu gewährleisten. Wird hiervon abgewichen, ist eine standortbezogene Turbulenzbeurteilung erforderlich, siehe Kapitel 16.

Es ist zulässig, für Windenergieanlagen Betriebs- und Extremwindbedingungen einschließlich der Turbulenzkategorie unabhängig von Windzonen gemäß DIN EN 1991-1-4 zu spezifizieren und dafür im Rahmen einer Typenprüfung nachzuweisen.

Diese Angaben müssen in der Typenprüfung und im Lastgutachten enthalten sein. Abgedeckte Windzonen und Geländekategorien sind dabei explizit anzuführen.

7.3.3 Einflüsse benachbarter baulicher Anlagen, Geländerauhigkeit und Topografie auf die Standorteignung

Standortspezifisch ist zu untersuchen, ob durch lokale Turbulenzerhöhungen infolge der Einflüsse benachbarter Windenergieanlagen oder durch die Standortwindbedingungen die Standorteignung gefährdet wird.

Die Prüfung der Standorteignung ist entsprechend nach Kapitel 16 „Standorteignung von Windenergieanlagen“ durchzuführen.

Die auf die Windenergieanlage einwirkenden Lasten sind mindestens mit den standortspezifischen Werten der Windparameter zu ermitteln.

Der Einfluss der lokalen Turbulenzerhöhung auf die Standorteignung braucht nicht untersucht zu werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

$$a \geq 8D \quad \text{für} \quad v_{b,0}(h) \leq 40 \text{ m/s} \quad (\text{GL 5})$$

$$a \geq 5D \quad \text{für} \quad v_{b,0}(h) \geq 45 \text{ m/s} \quad (\text{GL 6})$$

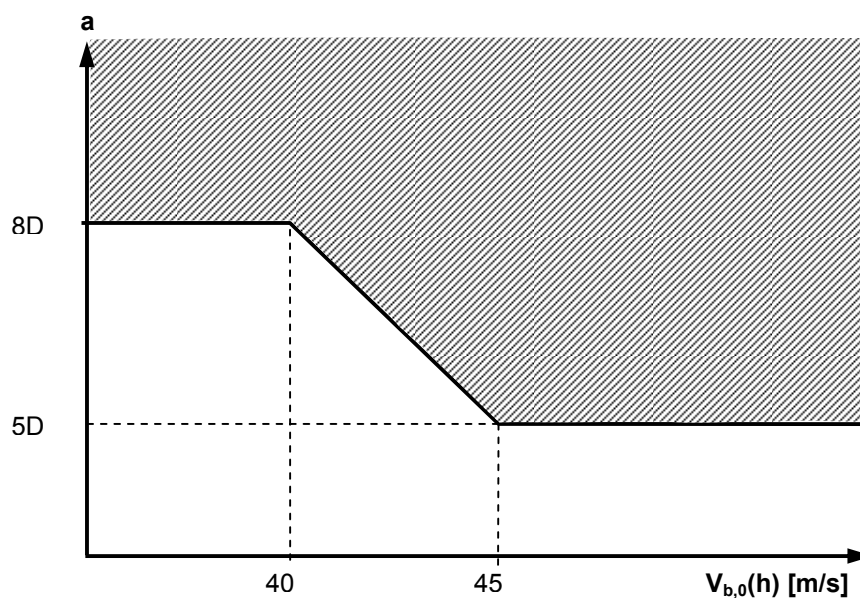


Bild 1: Schematische Darstellung der erforderlichen Abstände (schraffierter Bereich)

Dabei ist:

- a Abstand zwischen den Turmachsen benachbarter Windenergieanlagen
- D der jeweils größere Rotordurchmesser
- $v_{b,0}(h)$ 50-Jahres-Wind in Nabenhöhe

Für Zwischenwerte von $v_{b,0}(h)$ ist a linear zu interpolieren. Dabei sind die in Deutschland auftretenden Kombinationen von Windgeschwindigkeit und Geländekategorie bereits berücksichtigt.

7.3.4 Windlasten für den Zustand während der Montage oder Wartung

Für die Untersuchung der Zustände während der Montage dürfen die Windgeschwindigkeit $v_{b,0}$ bzw. der Geschwindigkeitsdruck, der sich aus der Windgeschwindigkeit ergibt, in Abhängigkeit von der Dauer dieses Zustandes sowie ggf. der gewählten Schutzmaßnahmen nach DIN EN 1991-1-4 reduziert werden.

Für die Untersuchung der Wartungszustände muss die maximal zulässige mittlere Windgeschwindigkeit vom Hersteller angegeben werden. Es ist sicherzustellen, dass die Wartungsarbeiten nur bis zu der vom Hersteller angegebenen maximalen mittleren Windgeschwindigkeit durchgeführt werden.

Zur Erreichung eines ausreichenden Sicherheitsabstandes zur zulässigen mittleren Windgeschwindigkeit ist die Windgeschwindigkeit für die Ermittlung der Lasten geeignet zu erhöhen. Hierfür sind folgende Werte anzunehmen:

- Bei Anwendung eines deterministischen Windfeldes ist eine EOG (= extreme operating gust) gemäß DIN EN 61400-1:2006, basierend auf einer mittleren Windgeschwindigkeit von 10 m/s über der zulässigen mittleren Windgeschwindigkeit, zu berücksichtigen.
- Bei Anwendung eines turbulenten Windfeldes ist die mittlere Windgeschwindigkeit um 5 m/s gegenüber der zulässigen mittleren Windgeschwindigkeit zu erhöhen.

7.3.5 Windlast bei Eisansatz

Bei Eisansatz ist die Windlast auf die durch den allseitigen Eisansatz (siehe Abschnitt 7.4.6) vergrößerte Bezugsfläche des Tragwerkes zu ermitteln. Bei Fachwerken sind die aerodynamischen Kraftbeiwerte dem durch die Vereisung veränderten Völligkeitsgrad entsprechend anzusetzen.

7.3.6 Einwirkungen aus Wirbelablösungen

Einwirkungen aus Wirbelablösungen können insbesondere bei Türmen mit kreisförmigen oder annähernd kreisförmigen Querschnitten zu Schwingungen rechtwinklig zur Windrichtung (Querschwingungen) führen, siehe Abschnitt 9.4.

7.4 Sonstige Einwirkungen

7.4.1 Imperfektionen, Einwirkungen aus ungleichmäßigen Setzungen

Neben den elastischen Verformungen der Tragkonstruktion und des Baugrunds unter Einwirkung der äußeren Lasten sind folgende ungewollte Abweichungen der Turmachse von der Lotrechten als ständige Einwirkungen zu berücksichtigen:

- Schiefstellung der Turmachse mit 5 mm/m zur Erfassung von Herstellungs- und Montageungenauigkeiten und Einflüssen aus einseitiger Sonneneinstrahlung
- Schiefstellung infolge ungleichmäßiger Setzungen des Baugrunds oder Änderung der Stützbedingungen¹

Einwirkungen aus Imperfektionen und ungleichmäßigen Setzungen müssen in ungünstiger Richtung wirkend zu den Einwirkungen addiert werden, die aus der gesamt dynamischen Berechnung resultieren.

7.4.2 Vorspannkraft

Die Berücksichtigung der Vorspannung von Betonkonstruktionen erfolgt gemäß DIN EN 1992-1-1.

7.4.3 Erddruck

Ungünstig wirkende resultierende Erddrücke (z.B. bei Hanglagen) sind zu berücksichtigen.

7.4.4 Sohlwasserdruck

Ungünstig wirkende Sohlwasserdrücke sind zu berücksichtigen. Falls keine anderen Werte belegt werden, ist ein Bemessungswasserstand in Höhe der Geländeoberkante anzusetzen. In Überschwemmungsgebieten sind entsprechend höhere Wasserstände zu berücksichtigen.

Bei Typenberechnungen ist der zugrunde gelegte Bemessungswasserstand in den Planunterlagen anzugeben.

Hinweis: Der Sohlwasserdruck ist als ständige Last anzusetzen. Wird der Wasserstand bis OK-Gelände angesetzt, darf mit $\gamma_F = 1,1$ gerechnet werden.

7.4.5 Wärmeeinwirkung

Um die Auswirkungen aus Temperatur gegenüber der Aufstelltemperatur von 15°C und aus Effekten der Sonneneinstrahlung zu erfassen, sind bei Türmen aus Spannbeton folgende Temperaturanteile zu berücksichtigen (Bild 2):

¹ Für Typenberechnungen kann als sinnvoller Wert für diese Einwirkung eine Setzungsdifferenz zwischen den Außenkanten des Fundamentes von 40 mm oder eine Schiefstellung des Turmes von 3 mm/m angenommen werden. Im Einzelfall ist die Richtigkeit dieser Annahme durch ein Bodengutachten zu bestätigen.

- ein über den Umfang und die Querschnittsdicke konstant wirkender Anteil $\Delta T_{N,1} = \pm 35 \text{ K}$
- ein über den Umfang entlang eines Umfangssektors von 180° cosinusförmig verlaufender, über die Querschnittsdicke konstanter Anteil $\Delta T_{N,2} = \pm 15 \text{ K}$
- ein über die Wanddicke in Längs- und Ringrichtung linear veränderlicher Temperaturunterschied $\Delta T_M = \pm 15 \text{ K}$

Aus dem Betrieb der Anlage kann sich ein größerer linear veränderlicher Temperaturunterschied einstellen, der anstelle von $\Delta T_M = \pm 15 \text{ K}$ zu berücksichtigen ist.

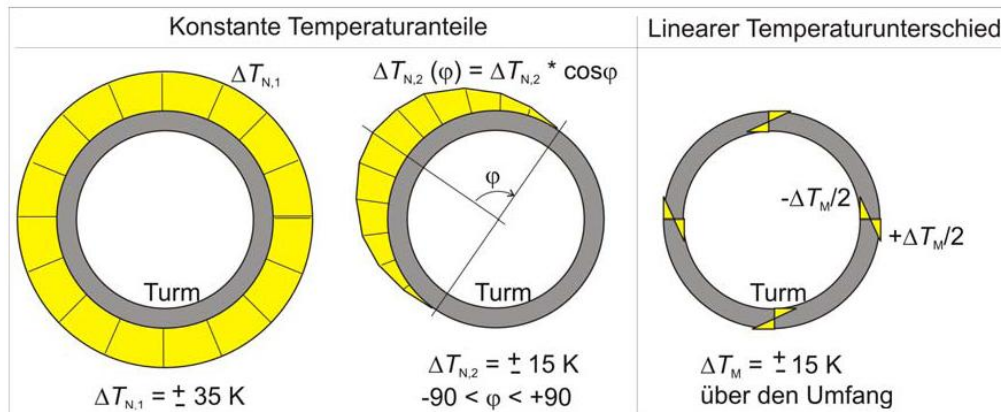


Bild 2: Darstellung der Temperaturanteile $\Delta T_{N,1}$, $\Delta T_{N,2}$ und ΔT_M

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit sind die Temperaturlastfälle (Gleichung (GL 7)) mit dem charakteristischen Wert der Gruppe N (Tabelle 2: LF D.1) zu überlagern. Dabei ist der Kombinationsbeiwert $\psi_{\text{temp}} = 0,6$ anzusetzen.

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist der Temperaturlastfall in Abhängigkeit von der Art der Vorspannung mit dem zugehörigen Lastfall nach Tabelle 2 zu überlagern:

Spannbeton ohne Verbund: quasi-ständige Kombination: D.2

Spannbeton mit Verbund: häufige Kombination: D.3

Dabei ist in beiden Fällen der Kombinationsbeiwert $\psi_{\text{temp}} = 0,6$ anzusetzen.

Bei der Überlagerung sind die Temperaturanteile jeweils einzeln oder in Kombination nach Gleichung (GL 7) anzusetzen.

$$\max \left\{ \begin{array}{l} \Delta T_{N,1} + \Delta T_{N,2} \\ \Delta T_M \\ (\Delta T_{N,1} + \Delta T_{N,2}) + 0,75 \Delta T_M \\ 0,35 (\Delta T_{N,1} + \Delta T_{N,2}) + \Delta T_M \end{array} \right. \quad (\text{GL 7})$$

7.4.6 Eislasten

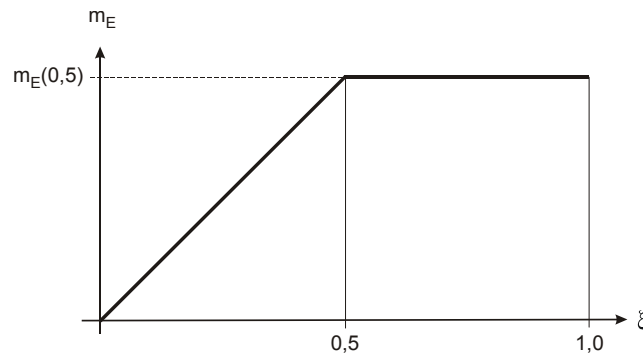
Bei stillstehenden Anlagen sind die Eislasten für alle der Witterung ausgesetzten Konstruktionsteile nach DIN 1055-5 zu ermitteln.

Sofern der Betrieb unter Eislasten nicht sicher ausgeschlossen werden kann, ist der Eisansatz an den Rotorblättern durch eine über die Länge des Rotorblattes verteilt anzunehmende Masse $m_E(\xi)$ nach Bild 3 und Gleichung (GL 8) zu berücksichtigen. Die Eismasse ist als an der Profilvorderkante des Rotorblattes wirkend anzunehmen.

$$m_E(0,5) = c_E(R) \cdot 9(1 + 9) \cdot \rho_E \cdot t_w^2 \quad (\text{GL 8})$$

Dabei ist:

$$c_E(R) = 0,3 \cdot e^{-0,32R} + 0,00675 \quad (\text{GL 9})$$



ξ : dimensionslose Längenordinate auf dem Rotorblatt

Bild 3: Eisansatz an Rotorblättern bei Anlagen in Betrieb

8 Einwirkungskombinationen

Zur Ermittlung der Beanspruchungen sind die in DIN EN 61400-1 aufgeführten äußeren Bedingungen und Einwirkungen unter Berücksichtigung der zusätzlichen Festlegungen aus Tabelle 2 und Tabelle 3 zu kombinieren, siehe Absatz 1 von DIN EN 61400-1.

Mit den entsprechend zugeordneten Gruppen der Einwirkungskombinationen sind die jeweils anzuwendenden Teilsicherheitsbeiwerte nach Tabelle 5 oder Tabelle 6 definiert.

Für die mit F (Fatigue) bezeichneten Gruppen der Einwirkungskombinationen ist nur der Ermüdungssicherheitsnachweis zu führen. Hierbei sind die Einwirkungen der einzelnen Betriebszustände zu akkumulieren.

Die Einwirkungskombinationen der Gruppen N (Normal und Extrem), A (Außergewöhnlich) und T (Transport und Errichtung) sind getrennt zu untersuchen.

Das Extreme Windgeschwindigkeitsmodell (EWM) ist ein turbulentes Extremwindmodell, basierend auf der mittleren Windgeschwindigkeit (50-Jahreswind/1-Jahreswind).

Für Anlagen nach DIN EN 61400-2 darf alternativ ein stationäres Extremwindmodell, basierend auf der Böenwindgeschwindigkeit, (50-Jahresbö/1-Jahresbö) angewendet werden.

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit sind die Temperaturlastfälle nach Kapitel 7.4.5 mit dem charakteristischen Wert der Gruppe N (Tabelle 2: LF D.1) zu überlagern.

Die Temperaturlasten sind beim Nachweis der Dekompression bzw. dem Nachweis der Rissbreitenbegrenzung entsprechend Abschnitt 11.2.5 zu berücksichtigen.

Tabelle 2: Zusätzliche Lastfälle

Betriebsbedingungen (Bezug auf DIN EN 61400-1)	DLC	Windbedingun- gen	Sonstige Bedingungen	Gruppe der Einwirkungs- kombinationen bzw. auszu- wertende Lastfallgruppen
Verschiedene Betriebs- bedingungen entspre- chend der auszuwerten- den Lastfälle	D.1	<u>Hinweis:</u> Die angegebenen Lastfälle finden Anwendung für Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstaug- lichkeit. $V_{in} \leq V_{hub} \leq V_{out}$	<u>Charakteristischer Wert:</u> Bemessungswert aller ausge- werteten Lastfälle (Auswertung gemäß DIN EN 61400-1)	N und T (ohne Erdbeben)
	D.2		<u>Häufige Einwirkungen:</u> Beanspruchungen mit einer Überschreitenswahrscheinlich- keit von $p = 10^{-4}$ (entspricht 17.5 Stunden in 20 Jahren)	Die Auswertung umfasst alle Lastfälle der Tabelle 3
	D.3		<u>Quasi-ständige Einwirkungen:</u> Beanspruchungen mit einer Überschreitenswahrscheinlich- keit von $p = 10^{-2}$ (entspricht 1.750 Stunden in 20 Jahren)	
1. Produktionsbetrieb	D.4	NWP $V_{hub} = V_r$	Eislasten (siehe 6.4.6)	F
	D.5	NWP $V_{hub} = V_r$	Erdbeben	A
5. Notabschaltung	D.6	NWP $V_{hub} = V_r$	Erdbeben	A
6. Parken (Stillstand oder Leerlauf)	D.7	EWM Wiederkehrperiode 50 Jahre	Gierfehler $\beta=0^\circ$	N ($\gamma_F=1.5$)
	D.8	EWM Wiederkehrperiode 50 Jahre	Analog DLC 6.1 gemäß DIN EN 61400-1, jedoch mit Windbedingungen gemäß Ab- schnitt 7.3.2	N
	D.9	EWM Wiederkehrperiode 50 Jahre	Analog DLC 6.2 gemäß DIN EN 61400-1, jedoch mit Windbedingungen gemäß Ab- schnitt 7.3.2	A
	D.10	EWM Wiederkehrperiode 1 Jahr	Analog DLC 6.3 gemäß DIN EN 61400-1, jedoch mit Windbedingungen gemäß Ab- schnitt 7.3.2	N
7. Parken (Stillstand mit Fehler)	D.11	EWM Wiederkehrperiode 1 Jahr	Analog DLC 7.1 gemäß DIN EN 61400-1, jedoch mit Windbedingungen gemäß Ab- schnitt 7.3.2	A
8. Transport, Wartung, Reparatur	D.12	EWM Wiederkehrperiode 1 Jahr	Analog DLC 8.2 gemäß DIN EN 61400-1, jedoch mit Windbedingungen gemäß Ab- schnitt 7.3.2	A

Tabelle 3: Lastfälle für den Nachweis der Ermüdungssicherheit

Betriebsbedingungen (Bezug auf DIN EN 61400-1)	DLC (DIN EN 61400-1: 2006)	DLC (DIN EN 61400-1: 2004)	Windbedingungen	Sonstige Bedingungen	Anzusetzende Häufigkeit
1. Produktionsbetrieb	D.4	D.4	NWP $v_{hub} = v_r$	Eislasten	7 Tage pro Jahr
	1.2	1.2	NTM $v_{in} \leq v_{hub} \leq v_{out}$		Entsprechend Windgeschwindigkeitsverteilung
2. Produktionsbetrieb mit Auftreten eines Fehlers	2.4	2.3	NTM $v_{in} \leq v_{hub} \leq v_{out}$	1. Überdrehzahl @ v_{rated} 1. Überdrehzahl @ v_{out}	7 x pro Jahr 3 x pro Jahr
			NTM $v_{in} \leq v_{hub} \leq v_{out}$	Betrieb mit extremen Gierfehler	24 h pro Jahr
			NTM	Netzausfall	20 x pro Jahr, Ansatz verschiedener Windgeschwindigkeiten entsprechend der Windgeschwindigkeitsverteilung
3. Start	3.1	3.1	NWP	Start @ v_{in} Start @ v_{rated} Start @ v_{out}	1000 x pro Jahr 50 x pro Jahr 50 x pro Jahr
4. Stopp	4.1	4.1	NWP	Stop @ v_{in} Stop @ v_{rated} Stop @ v_{out}	1000 x pro Jahr 50 x pro Jahr 50 x pro Jahr
6. Parken (Stillstand oder Leerlauf)	6.4	6.2	NTM $v_{hub} \leq 0,7 v_{b,0}$		Entsprechend Windgeschwindigkeitsverteilung

Hinweise:

- Entsprechend Anlagenkonzept (Regelung, Betriebsführung, Wartung, etc.) müssen ggf. weitere Lastfälle oder andere Häufigkeiten für die Ermüdung (Fatigue - Auswertung) berücksichtigt werden.
- Lastfall D.4 muss berücksichtigt werden, wenn der Betrieb unter Eislasten nicht sicher ausgeschlossen werden kann.

9 Ermittlung der Bemessungsschnittgrößen**9.1 Allgemeines**

Die Schnittgrößen zur Bemessung von Turm und Gründung sind durch eine gesamt-dynamische Berechnung unter Berücksichtigung der Regelungen nach Abschnitt 9.2 zu ermitteln.

Abweichend hiervon darf für Horizontalachsenanlagen auch eine vereinfachte Berechnung der Turmstruktur entsprechend Abschnitt 9.3 durchgeführt werden, wenn im dauernden Betrieb ein ausreichender Abstand der Eigenfrequenzen $f_{0,n}$ des Turmes von den Erregerfrequenzen f_R bzw. $f_{R,m}$ entsprechend der Gleichung (GL 10) und der Gleichung (GL 11) gewährleistet ist. Das vereinfachte Verfahren darf auch bei Anlagen im Zustand "außer Betrieb" angewendet werden.

Im dauernden Betrieb ist ein ausreichender Abstand der Eigenfrequenzen $f_{0,n}$ des Turmes von den Erregerfrequenzen f_R bzw. $f_{R,m}$ entsprechend der Gleichungen (GL 10) und (GL 11) nachzuweisen.

$$\frac{f_R}{f_{0,1}} \leq 0,95 \quad (\text{GL 10})$$

$$\frac{f_{R,m}}{f_{0,n}} \leq 0,90 \quad \text{oder} \quad \frac{f_{R,m}}{f_{0,n}} \leq 1,05 \quad (\text{GL 11})$$

Dabei ist:

- f_R max. Drehfrequenz des Rotors im normalen Betriebsbereich
 $f_{0,1}$ erste Eigenfrequenz des Turms
 $f_{R,m}$ Durchgangsfrequenz der m Rotorblätter
 $f_{0,n}$ n-te Eigenfrequenz des Turms

Die Anzahl n der zu ermittelnden Eigenfrequenzen muss mindestens so groß gewählt werden, dass die höchste berechnete Eigenfrequenz um mindestens 20% höher liegt als die Blattdurchgangsfrequenz.

Die Eigenfrequenzen des Turmes sind für das zu untersuchende Schwingungssystem unter der Annahme elastischen Werkstoffverhaltens zu ermitteln und anzugeben. Dabei ist auch der Einfluss der Gründung zu berücksichtigen.

Um Unsicherheiten bei der Berechnung der Eigenfrequenzen zu berücksichtigen, sind die rechnerisch ermittelten Werte um $\pm 5\%$ zu variieren.

Bei Anlagen, bei denen im dauernden Betrieb die Gleichung (GL 10) und Gleichung (GL 11) nicht erfüllt sind, d.h., die im resonanznahen Bereich betrieben werden, ist eine betriebliche Schwingungsüberwachung durchzuführen.

9.2 Gesamtdynamische Berechnung

9.2.1 Allgemeines

Beanspruchungen des Gesamtsystems mittels einer gesamtdynamischen Berechnung sind nach der Elastizitätstheorie zu ermitteln. Es ist zu beachten, dass Einwirkungskomponenten für einige Nachweise auch günstig wirken können. Die einzelnen Komponenten der Schnittgrößen haben im Allgemeinen keinen phasengleichen Verlauf, so dass hier die ungünstigsten Zeitpunkte herauszugreifen sind.

Bei einer gesamtdynamischen Berechnung im Zeitbereich kann das Verfahren der Teilsicherheitsbeiwerte nicht angewendet werden. In diesem Fall ist entsprechend Abschnitt 10.2 zu verfahren.

9.2.2 Anforderungen

Bei einer gesamtdynamischen Berechnung der Windenergieanlage sind die folgenden Einflussparameter bezüglich Windmodell, Aerodynamik, Strukturdynamik sowie Funktion zu berücksichtigen.

- **Windmodell**

Das Windmodell muss den Bedingungen nach DIN EN 61400-1 entsprechen. Zusätzlich ist Folgendes zu beachten:

Die Einflüsse aus Turmschatten dürfen nach der Potenzialtheorie abgeschätzt werden.

ANMERKUNG: Befriedigende Ergebnisse können im Allgemeinen bei einer Windgeschwindigkeitsabtastrate von 4 pro Sekunde und einer Lastabtastrate von 20 pro Sekunde erzielt werden.

Es wird eine Anzahl von mindestens $10 \cdot 10$ Punkten (durchmesserabhängig), bezogen auf den Rotor, empfohlen.

Bei Ermüdungssicherheitsnachweisen wird eine Simulationszeit von 600 Sekunden pro Windgeschwindigkeitsklasse bei einer Klassenbreite von ca. 2,0 m/s empfohlen.

- **Aerodynamik**

Bei der Berechnung der aerodynamischen Lasten sind zusätzlich folgende Einflüsse zu berücksichtigen:

- Naben- und Spitzenwirbel
- Blattverstellung, Pendeln usw.
- Strömungsabriss (dynamic stall)
- Dynamisches Nachströmverhalten (dynamic wake)

ANMERKUNG: Im Allgemeinen können befriedigende Ergebnisse bei Anwendung der Blattelementtheorie bei 15 Elementen pro Rotorblatt erzielt werden.

- **Strukturdynamik**

Bei der Untersuchung der Strukturdynamik sind zusätzlich die folgenden Einflüsse zu berücksichtigen:

- Einfluss der Fliehkraft auf die Rotorblattsteifigkeit
- Torsionssteifigkeit des Antriebstranges
- Elastische Lagerung der Maschine
- Steifigkeit und Dämpfung des Generators (Netz kann als unendlich steif angesehen werden)
- Gründung mit Bodeneigenschaften

ANMERKUNG: Im Allgemeinen ist es ausreichend, nur die Eigenfrequenzen < 5 Hz zu berücksichtigen.

- **Funktion**

Reglereigenschaften sind realitätsnah abzubilden. Dabei sind die zeitlichen Verläufe, wie z.B. beim Gieren und Bremsen zu berücksichtigen.

Für alle Einwirkungskombinationen mit Ausnahme der DLC 6.1, 6.2 und 6.3 nach DIN EN 61400-1 ist mit einem Gierfehler entsprechend der Betriebsführung, mindestens jedoch mit einem Gierfehlerwinkel im Bereich zwischen $\beta = 0^\circ$ und $\beta = \pm 8^\circ$ zu rechnen.

Für die Einwirkungskombinationen DLC 6.1, 6.2 und 6.3 ist der Gierfehlerwinkel nach DIN EN 61400-1 anzunehmen.

9.2.3 Berücksichtigung der Gründung

Für das Betriebsverhalten von Windenergieanlagen ist die Baugrundsteifigkeit von besonderer Bedeutung. Die Boden-Bauwerks-Interaktion ist stets zu berücksichtigen. Bei einer gesamtdynamischen Berechnung kann diese in guter Näherung durch Federn für Rotation und Horizontalverschiebung frequenzunabhängig mit dynamischen Bodenkennwerten (siehe Abschnitt 12.2.1) erfasst werden.

Die Festlegung der Federsteifigkeiten bzw. der Bodenkennwerte für die gesamtdynamische Berechnung kann unter Berücksichtigung der Steifigkeit des Gründungskörpers und der im Boden auftretenden Schubverzerrungen ermittelt werden. Dabei sind die Schubverzerrungen für das Lastniveau zu ermitteln, welches sich aus dem Lastfall D.3 (quasi-ständige Einwirkungen) ergibt.

Näherungsweise kann der Steifemodul für sehr kleine Dehnungen $E_{s,max}$ abhängig vom Steifemodul für statische Lasten abgeschätzt werden, wobei ohne genaueren Nachweis der untere Wert der angegebenen Bandbreite anzusetzen ist.

Hinweise zur Größe dynamischer Bodenkennwerte enthalten die Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruddynamik"².

9.2.4 Schnittgrößen

Als Ergebnis der gesamtdynamischen Berechnung ergeben sich die Zeitverläufe aller Schnittgrößen für die untersuchten Einwirkungskombinationen in den für die Auslegung von Turm und Fundament relevanten Querschnitten. Diese Schnittgrößen sind für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit zu ermitteln.

² Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruddynamik", Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT), Berlin 2002

Tabelle 4: Darstellung der Schnittgrößen für Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit bzw. Gebrauchstauglichkeit
(Bezeichnung der Koordinatenachsen siehe Bild 4)

Schnittstelle:											
Grenzzustand: Tragfähigkeit / Gebrauchstauglichkeit											
	DLC *)	$v(h)$ [m/s]	β °	F_x [kN]	F_y [kN]	F_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	F_{res} [kNm]	M_{res} [kNm]
max F_x											
min F_x											
max F_y											
min F_y											
max F_z											
min F_z											
max M_x											
min M_x											
max M_y											
min M_y											
max M_z											
min M_z											
max F_{res}											
max M_{res}											

*) Einwirkungskombination, siehe Abschnitt 8

Für den Nachweis gegen Festigkeits- und Stabilitätsversagen sowie für den Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit dürfen vereinfachend nur die Extremwerte der Schnittgrößen zusammen mit den übrigen zeitgleich auftretenden Schnittgrößen für die betrachteten Querschnitte angegeben werden (siehe Tabelle 4).

Die Schnittgrößen für den Ermüdungssicherheitsnachweis dürfen in der Regel³ vereinfacht in Form von Beanspruchungskollektiven, erforderlichenfalls mit den zugehörigen Mittelwerten angegeben werden (siehe Abschnitt 9.6.2).

³ Ausnahme siehe z.B. Abschnitt 8

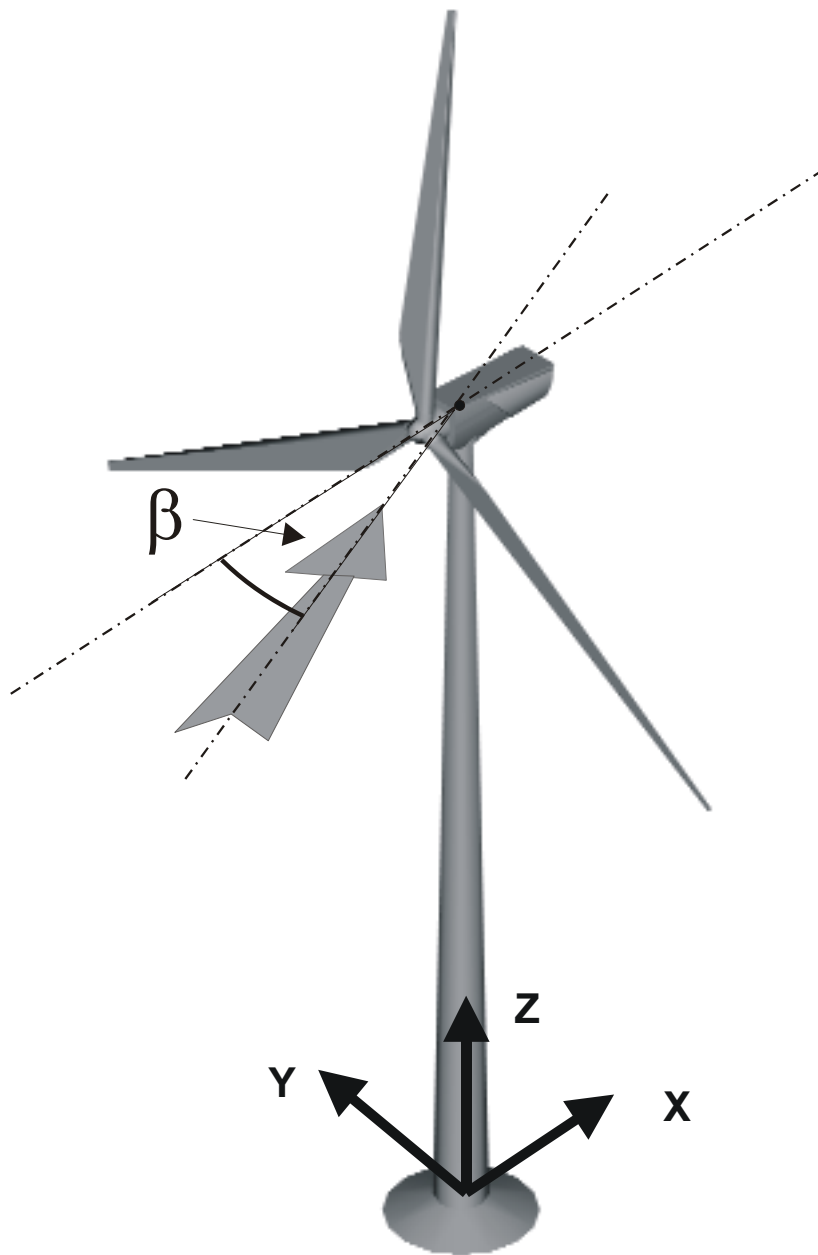


Bild 4: Koordinatensystem für den Turm

9.3 Vereinfachte Berechnung

9.3.1 Allgemeines

Die vereinfachte Berechnung darf nur für Nachweise der Turmstruktur im Rahmen der Regelungen von Abschnitt 9.1 angewendet werden. Dabei sind die aus einer gesamtdynamischen Berechnung ermittelten und entsprechend Tabelle 4 angegebenen Schnittgrößen an der Schnittstelle Maschine/Turm als Einwirkungen auf den Turm zu verwenden. Die Schnittgrößen an allen anderen Stellen des Turmes werden dann aus diesen Einwirkungen abgeleitet. Hierbei ist die Windlast auf den Turm der jeweiligen Einwirkungskombination nach Betrag und Richtung zu berücksichtigen (siehe Abschnitt 9.6.2).

Vereinfachend dürfen alle Einwirkungskomponenten als gleichzeitig mit ihrem Maximalwert oder, falls günstig wirkend, mit ihrem Minimalwert wirkend angenommen werden.

Die Einwirkungen an der Schnittstelle Maschine/Turm dürfen auch für andere Turmvarianten verwendet werden, sofern diese mindestens die gleiche Biege- und Torsionssteifigkeit besitzen und im dauernden Betrieb ebenfalls die Bedingung nach Gleichung (GL 10) erfüllen.

Bei der Anwendung der vereinfachten Berechnung sind außer den Schnittgrößen an der Schnittstelle Maschine/Turm nach Abschnitt 9.2.4 die Massen und Massenträgheitsmomente der Maschine sowie die der Berechnung zugrunde gelegten Eigenfrequenzen des Turmes anzugeben.

9.3.2 Durch Wind erregte Schwingungen des Turmes in Windrichtung

Bei Nachweisen nach Abschnitt 9.3.1 für Anlagen im Zustand "außer Betrieb" ist die durch die Böigkeit des Windes hervorgerufene Schwingungswirkung des Turmes in Windrichtung durch den Ansatz einer statischen Ersatzlast zu erfassen. Bei Verwendung des turbulenten extremen Windmodells EWM in einer quasi-statischen Berechnung sind die an der Schnittstelle Maschine/Turm einwirkenden Schnittgrößen sowie die auf den Turm direkt einwirkende Windlast in Windrichtung, beide infolge der mittleren Windgeschwindigkeit (10-Minuten-Mittel), mit dem Böenreaktionsfaktor G zu vervielfachen. Ein entsprechendes Verfahren zur Ermittlung von G ist in DIN EN 1991-1-4 angegeben.

Wird bei nach DIN EN 1991-1-4 nicht schwingungsanfälligen Turmkonstruktionen mit dem stationären extremen Windmodell EWM, basierend auf dem 3 s-Mittelwert (Böenwindgeschwindigkeit), gerechnet, so darf der Böenreaktionsfaktor zu $G = 1$ angenommen werden.

Bei Nachweisen nach Abschnitt 9.6.1 für Anlagen im Zustand "in Betrieb" darf die durch die Böigkeit des Windes hervorgerufene Schwingungswirkung des Turmes in Windrichtung unberücksichtigt bleiben, d.h. der Böenreaktionsfaktor darf zu $G = 1$ angenommen werden.

9.4 Wirbelerregte Querschwingungen

Die durch wirbelerregte Schwingungen rechtwinklig zur Windrichtung (Querschwingungen) hervorgerufenen Beanspruchungen bei Türmen mit kreisförmigen oder annähernd kreisförmigen Querschnitten sind nach dem in DIN EN 1991-1-4 angegebenen Verfahren zu ermitteln.

Die durch wirbelerregte Querschwingungen verursachte Schädigung darf bis zu einem Wert von $D = 0.10$ vernachlässigt werden. Andernfalls sind die Schädigung aus wirbelerregten Querschwingungen und die Schädigung in Querrichtung infolge der in Tabelle 3 definierten Lastfälle für den Ermüdungssicherheitsnachweis zu addieren.

Bei der Berechnung der Beanspruchungen aus wirbelerregten Querschwingungen darf die aerodynamische Dämpfung (siehe 9.5) nicht angesetzt werden.

9.5 Logarithmisches Dämpfungsdekrement

Die Gesamtdämpfung setzt sich aus den beiden Anteilen Strukturdämpfung und aerodynamischer Dämpfung zusammen (siehe jedoch 9.4). Das logarithmische Dekrement δ für die Gesamtdämpfung ergibt sich dabei zu

$$\delta = \delta_s + \delta_a \quad (\text{GL 12})$$

Dabei ist:

δ_s logarithmisches Dekrement der Strukturdämpfung

δ_a logarithmisches Dekrement der aerodynamischen Dämpfung

Soweit keine genaueren Werte belegt sind, darf als logarithmisches Dekrement für die Strukturdämpfung bei Stahltürmen $\delta_s = 0,015$
bei Spannbetontürmen $\delta_s = 0,04$
angenommen werden.

Bei Hybridtürmen sind genauere Überlegungen unter Berücksichtigung der Geometrie, Material und Eigenformen erforderlich.

Das logarithmische Dekrement der aerodynamischen Dämpfung δ_a darf zur Ermittlung von Einwirkungen aus Erdbeben nach der Modalmethode, soweit keine genauere Berechnung erfolgt, für alle Turmart mit $\delta_a = 0,05$ angenommen werden.

9.6 Schnittgrößen für den Ermüdungssicherheitsnachweis

9.6.1 Anforderungen

Zur Ermittlung der Schnittgrößen für den Ermüdungssicherheitsnachweis sind die Einwirkungen nach DIN EN 61400-1 und Abschnitt 7, die Einflussparameter nach Abschnitt 9.2.2 und die folgenden Festlegungen zu berücksichtigen:

- In der Regelung sind Start- und normale Abschaltvorgänge unter Berücksichtigung der dynamischen Erhöhungen beim Durchfahren der Turmresonanz mit den Häufigkeiten nach Tabelle 3 anzunehmen.
- Sofern der Betrieb unter Eislasten nicht sicher ausgeschlossen werden kann, sind an 7 Tagen pro Jahr bei Nennleistung Eislasten nach Abschnitt 7.4.6 anzunehmen, wobei 1 Rotorblatt nicht vereist ist, die übrigen mit 50% der Eismasse nach Bild 3 vereist sind.
- Sofern nicht anders bestimmt, darf die Einwirkungsdauer der Schnittgrößen aus Wirbelablösungen mit folgenden Werten angenommen werden:
 - 0,5 Jahre für den Zustand der Montage, ohne Maschine
 - 1 Jahr für den Zustand des Stillstandes und der Wartung, mit Maschine
- Die Entwurfslebensdauer der Anlage ist mit mindestens 20 Jahren anzunehmen.

9.6.2 Beanspruchungskollektive

Wird der Ermüdungssicherheitsnachweis auf der Grundlage von Beanspruchungskollektiven geführt, so sind diese auf rechnerischem Weg für die betrachteten Querschnitte durch Simulation der für die Ermüdung maßgebenden Anforderungen nach Abschnitt 9.6.1 zu ermitteln und ggf. durch Messungen nach IEC TS 61400-13 zu unterstützen. Die Schwingbreiten der Schnittgrößen sind hierbei ungünstig zu überlagern.

Die Kollektive können vereinfacht als Einhüllende (z.B. in Trapezform) der aus der Simulation erhaltenen Beanspruchungskollektive dargestellt werden. Für alle Einwirkungskomponenten sollten dabei einheitliche Lastwechselzahlen festgelegt werden. Die zugehörigen Mittelwerte sind anzugeben.

ANMERKUNG: Im Allgemeinen (wenn $\Delta M_y > \Delta M_x$) ist die Berücksichtigung der Einwirkungskomponenten Rotor Schub F_x , Nickmoment M_y und Turmtorsionsmoment M_z ausreichend. Dabei dürfen das Nick- und Turmtorsionsmoment 90° phasenverschoben zueinander wirkend angenommen werden.

10 Sicherheitskonzept

10.1 Allgemeines

Die Nachweise sind für verschiedene Grenzzustände durch Verfahren mit Hilfe von Teilsicherheitsbeiwerten zu führen. Diese Grenzzustände, bei deren Überschreitung das Tragwerk die Entwurfsanforderungen nicht mehr erfüllt, sind

- Grenzzustände der Tragfähigkeit
- Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit.

10.2 Grenzzustände der Tragfähigkeit

Bei einer gesamt dynamischen Berechnung (nach Abschnitt 9.2) müssen die Einwirkungen mit $\gamma_F = 1,0$ angenommen werden. Ist eine Differenzierung einzelner Einwirkungsanteile in den Schnittgrößen nicht möglich, müssen die Tragsicherheitsnachweise mit γ_F -fachen Schnittgrößen geführt werden, wobei der größte Teilsicherheitsbeiwert der jeweiligen Gruppe der Einwirkungskombinationen nach Tabelle 5 oder Tabelle 6 anzusetzen ist.

Tabelle 5: Teilsicherheitsbeiwerte γ_F der Einwirkungen für Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit bei Nachweis nach DIN EN 61400-1:2004

Einwirkung	Gruppe der Einwirkungskombinationen		
	N normal und extrem	A außergewöhnlich	T Transport/ Errichtung
Trägheits- und Gravitationslasten ungünstig	1,35 ^{*)}	1,1	1,25
günstig	1,0	1,0	1,0
Vorspannung ^{**))}	1,0	1,0	1,0
Windlasten	1,35 ^{***)}	1,1	1,5
Funktionskräfte	1,35	1,1	1,5
Wärmeeinwirkung	1,35	-	-
Erdbeben	-	1,0	-
^{*)} Sofern nachgewiesen wird, z. B. durch Wiegen des maschinentechnischen Teils der Anlage, dass die tatsächlichen Wichten um nicht mehr als 5% von den angenommenen abweichen, darf mit $\gamma_F = 1,1$ gerechnet werden. ^{**))} mögliche Streuungen der Vorspannung sind im Grenzzustand der Tragfähigkeit sowie im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit und Ermüdung nach EC2, 5.10.8 bzw. 5.10.9 zu berücksichtigen. Im Grenzzustand der Ermüdung ist $\gamma_F = 1,0$ und der jeweils maßgebende Wert r_{inf} , r_{sup} anzusetzen. ^{***)} Die Schnittkräfte für Turm und Gründung der Einwirkungskombination DLC 6.1 nach DIN EN 61400-1 sind sowohl mit $\gamma_F = 1,35$ als auch mit $\gamma_F = 1,5$ zu ermitteln, wobei im Falle $\gamma_F = 1,5$ keine Schräganströmung (Anströmwinkel $\beta = 0$, siehe DLC D.7 nach Tabelle 2) berücksichtigt zu werden braucht. Die ungünstigste Schnittgrößenkombination der beiden Varianten ist maßgebend.			

Tabelle 6: Teilsicherheitsbeiwerte γ_F der Einwirkungen für Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit bei Nachweis nach DIN EN 61400-1:2011

Einwirkung	Ungünstige Lasten Art des Auslegungszustandes (siehe Tabelle 3)			Günstige ¹⁾ Lasten
	Normal (N)	Anormal (A)	Transport und Errichtung (T)	Alle Auslegungszustände
Trägheits- und Gravitationslasten, Windlasten, Funktionskräfte	1,35 ^{*)} , ^{***)}	1,1	1,5	0,9
Vorspannung ^{**)}	1,0	1,0	1,0	0,9
Wärmeeinwirkung	1,35	--	--	0,9
	--	1,0	--	1,0
^{*)} Für den Auslegungslastfall DLC 1.1 ist bei Lastberechnung mittels statistischer Extrapolation für Windgeschwindigkeiten zwischen V_{in} und V_{out} ein Teilsicherheitsbeiwert für die Lasten von $\gamma_F = 1,25$ anzunehmen. Wenn für normale Auslegungszustände der charakteristische Wert der Gravitationsbelastung $F_{gravity}$ für den betreffenden Auslegungszustand berechnet werden kann und Gravitation eine ungünstige Last ist, darf der Teilsicherheitsbeiwert für die kombinierte Beanspruchung von Gravitation und anderen Einflüssen wie folgt angenommen werden: $\gamma_F = 1,1 + \varphi \cdot \zeta^2$ $\varphi = \begin{cases} 0,15 & \text{für DLC 1.1} \\ 0,25 & \text{sonst} \end{cases}$ $\zeta = \begin{cases} 1 - \left \frac{F_{gravity}}{F_k} \right ; & F_{gravity} \leq F_k \\ 1; & F_{gravity} > F_k \end{cases}$				
¹⁾ Vorspannung und Gravitationslasten, die die Gesamtbeanspruchung erheblich verringern, sind günstige Lasten.				
^{**)} mögliche Streuungen der Vorspannung sind im Grenzzustand der Tragfähigkeit sowie im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit und Ermüdung nach EC2, 5.10.8 bzw. 5.10.9 zu berücksichtigen. Im Grenzzustand der Ermüdung ist $\gamma_F = 1,0$ und der jeweils maßgebende Wert r_{inf} , r_{sup} anzusetzen.				
^{***)} Die Schnittkräfte für Turm und Gründung der Einwirkungskombination DLC 6.1 nach DIN EN 61400-1 sind sowohl mit $\gamma_F = 1,35$ als auch mit $\gamma_F = 1,5$ zu ermitteln, wobei im Falle $\gamma_F = 1,5$ keine Schräganströmung (Anströmwinkel $\beta = 0$, siehe DLC D.7 nach Tabelle 2) berücksichtigt zu werden braucht. Die ungünstigste Schnittgrößenkombination der beiden Varianten ist maßgebend.				

Bei Nachweisen gegen Festigkeits- und Stabilitätsversagen ist die Erhöhung der Schnittgrößen infolge nichtlinearer Einflüsse (z.B. Theorie 2. Ordnung, Zustand II) zu berücksichtigen. Im Falle einer gesamtdynamischen Berechnung mit dynamischen Bodenkennwerten ergeben sich bei diesen Nachweisen zusätzliche Effekte aus Theorie 2. Ordnung. Diese zusätzlichen Effekte sind unter Verwendung statischer Bodenkennwerte, die sich für ein Belastungsniveau bei charakteristischen Einwirkungen (Lastfall D.1) ergeben, zu ermitteln.

Für den Nachweis gegen Ermüdung ist mit $\gamma_F = 1,0$ zu rechnen.

Es sind folgende Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit zu führen:

Nachweis gegen

- **Festigkeitsversagen** nach Abschnitt 11.1.2
- **Stabilitätsversagen** nach Abschnitt 11.1.3
- **Ermüdung** nach Abschnitt 11.1.4

Hinweise zur Größe dynamischer Bodenkennwerte enthalten die Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruddynamik"⁴.

10.3 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Die Bemessungswerte der Einwirkungen sind für die Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit mit den charakteristischen Werten ($\gamma_F = 1,0$) zu ermitteln.

Es sind folgende Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit zu führen:

Nachweis der

- **Verformungsbegrenzung** nach Abschnitt 11.2.3
- **Spannungsbegrenzung** nach Abschnitt 11.2.4
- **Rissbreitenbegrenzung** nach Abschnitt 11.2.5

11 Nachweise für den Turm

11.1 Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit

11.1.1 Teilsicherheitsbeiwerte

Die Widerstände sind unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsbeiwerte γ_M nach den relevanten Regelwerken (siehe Abschnitt 4) zu ermitteln. Bezüglich der Teilsicherheitsbeiwerte γ_M beim Nachweis gegen Ermüdung siehe Abschnitt 11.1.4.

11.1.2 Festigkeitsversagen

Die Nachweise sind mit den ungünstigsten aller Einwirkungskombinationen der Gruppen N, A und T zu führen.

Beim Nachweis für Stahlbeton und Spannbeton ist DIN EN 1992-1-1 anzuwenden. Dabei dürfen die Schnittgrößen des Turmschaftes nach der Rohrbiegetheorie ermittelt werden, sofern die Wanddicke mindestens 1/20 des Radius beträgt. Dies gilt nicht für örtliche Nachweise im Bereich von Turmöffnungen und für die Ermittlung der Beanspruchungen aus Wärmeeinwirkungen nach Abschnitt 7.4.5.

Beim Nachweis für Stahltürme ist die Normenreihe DIN EN 1993-1 anzuwenden.

In zylindrischen und konischen Stahlrohrtürmen dürfen die für den Tragsicherheitsnachweis benötigten Spannungen nach der Schalenmembrantheorie berechnet werden. Das bedeutet z.B. für die Abtragung der Windlasten, dass die elementare Rohrbiegetheorie angewendet werden darf. Schalenbiegemomente aus ungleichmäßig über den Turmumfang verteiltem Winddruck oder Zwängungsspannungen aus Randstörungen an Flanschen oder Steifen brauchen nicht berücksichtigt zu werden. An Übergängen mit unterschiedlicher Konizität sind die aus Kraftumlenkung entstehenden lokalen Umfangsmembrankräfte und Schalenbiegemomente zu berücksichtigen. Für openinggeschwächte Turmbereiche ist Abschnitt 13.2 zu beachten.

ANMERKUNG: Die hier beschriebene Nachweisführung entspricht in der Terminologie von DIN EN 1993-1-1 einer elastischen Tragwerksberechnung mit plastischen Querschnittsbeanspruchbarkeiten für die lokalen Turmwandschnittgrößen, jedoch elastischen Querschnittsbeanspruchbarkeiten für die globalen Turmschnittgrößen.

⁴ Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruddynamik", Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT), Berlin 2002

11.1.3 Stabilitätsversagen

Die Nachweise sind mit den ungünstigsten aller Einwirkungskombinationen der Gruppen N, A und T zu führen.

Der Beulsicherheitsnachweis für die Wand eines Stahlrohrturmes oder anderer schalenförmiger Stahlbauteile darf auch als numerisch gestützter Beulsicherheitsnachweis entsprechend Absatz 8.6 und 8.7 von DIN EN 1993-1-6 geführt werden.

11.1.4 Ermüdungsversagen von Stahlkonstruktionen

Die Nachweise sind mit den Einwirkungskombinationen der Gruppe F nach Tabelle 3 zu führen.

Bei Turmkonstruktionen aus Stahl richtet sich der Nachweis nach DIN EN 1993-1-9. Dabei wird eine regelmäßige Wartung und die Wiederkehrende Prüfung nach Abschnitt 14 vorausgesetzt. Der anzusetzende Teilsicherheitsbeiwert ist Tabelle 7 zu entnehmen.

Abweichend von den Regelungen in DIN EN 1993-1-9 darf kein Schwellenwert der Ermüdungsfestigkeit für Lastspielzahlen $N > 10^8$ angesetzt werden (siehe Bild 5).

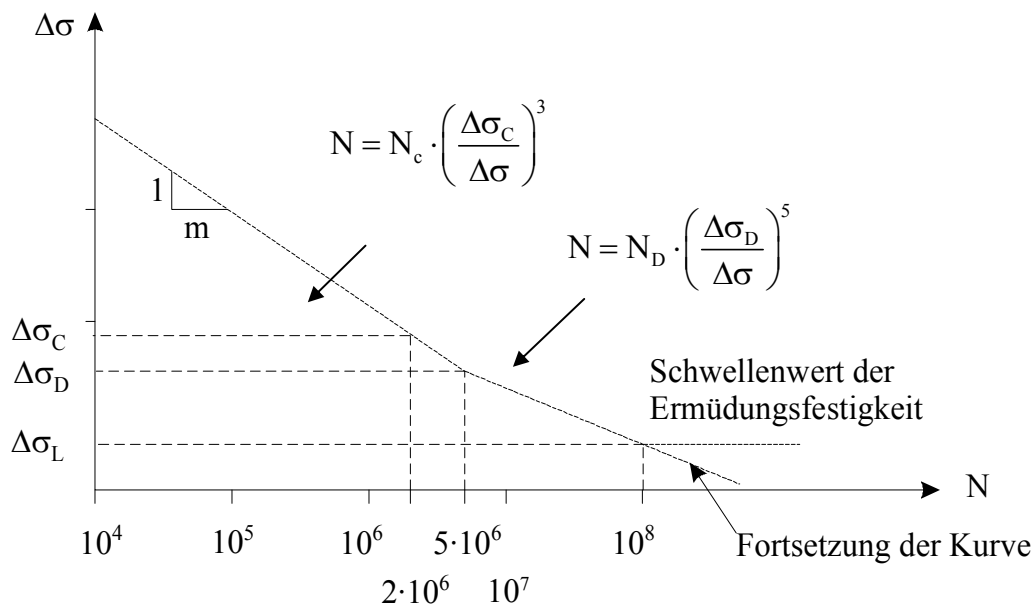


Bild 5: Ermüdungsfestigkeit für Stahl (Wöhlerlinie)

Tabelle 7: Teilsicherheitsbeiwert γ_M für Nachweise gegen Ermüdung bei Türmen aus Stahl

Inspizierbar	γ_M	
	Schadenstolerante Bauteile	Nicht-schadenstolerante Bauteile
Ja	1,0	1,15
Nein	1,15	1,25

ANMERKUNG: Bei Windenergieanlagen sind in der Regel nicht-schadenstolerante Bauteile vorhanden.

Im Allgemeinen ist ein Teilsicherheitsbeiwert von 1,15 für inspizierbare Bauteile anzuwenden.

Als "inspizierbar" werden alle Bauteile angesehen, die zugänglich sind. Dazu gehören z.B. alle Rund- und Längsnähte von Stahlrohrtürmen sowie die Schrauben von Ringflanschverbindungen. Diese Bauteile sind im Rahmen der wiederkehrenden Prüfungen zu untersuchen (siehe Kapitel 15).

Abweichend davon ist ein Beiwert von 1,25 zu berücksichtigen, wenn Überwachungsmaßnahmen im Rahmen der Inspektion nicht möglich sind, z.B. bei einbetonierten Bauteilen.

Der Bezugswert der Ermüdungsfestigkeit $\Delta\sigma_c$ ist entsprechend der vorliegenden Kerbfallklasse den Kerbfallkatalogen von DIN EN 1993-1-9, Tabellen 8.1 bis 8.10 und DIN EN 1993-3-2 Anhang C zu entnehmen.

ANMERKUNG zu DIN EN 1993-3-2 C2(1): Eine Erhöhung der Kerbfallklassen ist nicht allein durch Änderung der Qualitätsstufe der Schweißnaht zulässig. Eine Erhöhung der Kerbfallklasse ist experimentell z.B. nach den Regeln von DIN EN 1990 zu begründen.

Alternativ zum Nennspannungskonzept darf das Strukturspannungskonzept nach DIN EN 1993-1-9 Anhang B verwendet werden. Es ist hierbei eine Blechdickenabminderung $k_s = (25/t)^{0,2}$ zu verwenden, wobei t in [mm] einzusetzen ist.

Ergänzend zu den Kerbfallkatalogen wird das Kerbdetail T-Flansch/Mantelblech wie folgt geregelt:

- Für das Mantelblech (Kerbstelle 1 in Bild 6) ist die Kerbfallklasse gemäß DIN EN 1993-1-9 Tabelle 8.5 Detail 1 zu verwenden.
- Für den T-Flansch (Kerbstelle 2 in Bild 6) ist der konservative Ansatz einer Kerbfallklasse 90 mit Blechdickenabminderung $k_s = (25/t_F)^{0,2}$ zu verwenden. Die maßgebenden Biegespannungen sind durch Ansatz einer gleichmäßigen Spannungsverteilung aus den Betonpressungen zu ermitteln, sofern nicht durch genauere Untersuchungen günstigere Ansätze begründet werden.

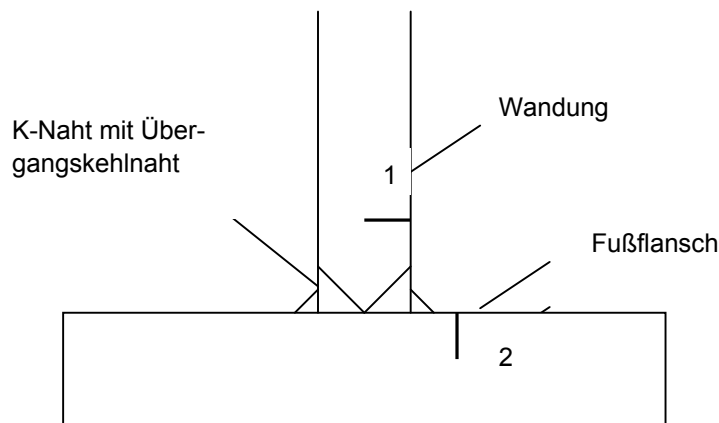


Bild 6: Nachweisstellen für das Detail "T-Flansch/Mantelblech"

ANMERKUNG: Durchgeführte Untersuchungen ergaben, dass andere Regelungen des Eurocode für den Parameterbereich von Windenergieanlagen zu stark konservativen Auslegungen führen können.

11.1.5 Ermüdungsversagen von Stahl- und Spannbetonkonstruktionen

Bei Türmen und Fundamenten aus Spannbeton bzw. Stahlbeton sind Ermüdungssicherheitsnachweise für den Beton, den Betonstahl und den Spannstahl zu führen. Die rechnerischen Schädigungen unterschiedlicher Schwingbreiten dürfen beim Nachweis gegen Ermüdung nach der Palmgren-Miner-Regel addiert werden. Dabei muss die Schädigungssumme D_{Ed} infolge der maßgebenden Ermüdungsbeanspruchung die folgende Bedingung erfüllen:

$$D_{Ed} = \sum [n(\Delta\sigma_i) / N(\Delta\sigma_i)] < 1,0 \quad (\text{GL 13})$$

Dabei ist

$n(\Delta\sigma_i)$ die Zahl der aufgetragenen Lastwechsel für eine Schwingbreite $\Delta\sigma_i$

$N(\Delta\sigma_i)$ die Zahl der aufnehmbaren Lastwechsel für eine Schwingbreite $\Delta\sigma_i$

Für den Nachweis des Beton- und Spannstahls sind die Wöhlerlinien nach DIN EN 1992-1-1, Absatz 6.8.4 anzusetzen.

Die Ermüdungsnachweise für Spannbetontragwerke sind sowohl für die Vorspannkraft direkt nach dem Absetzen der Presse als auch für die Vorspannkraft nach Kriechen, Schwinden und Relaxation zu führen, wenn keine genauere Berechnung über die Zeit durchgeführt wird. Dabei sind die zeitabhängigen Verluste infolge Kriechen, Schwinden und Relaxation nach DIN EN 1992-1-1, Absatz 3.1.4 zu berücksichtigen.

Für den Nachweis des Betons unter Druck oder Querkraftbeanspruchung sind die Wöhlerlinien für den Beton anzusetzen:

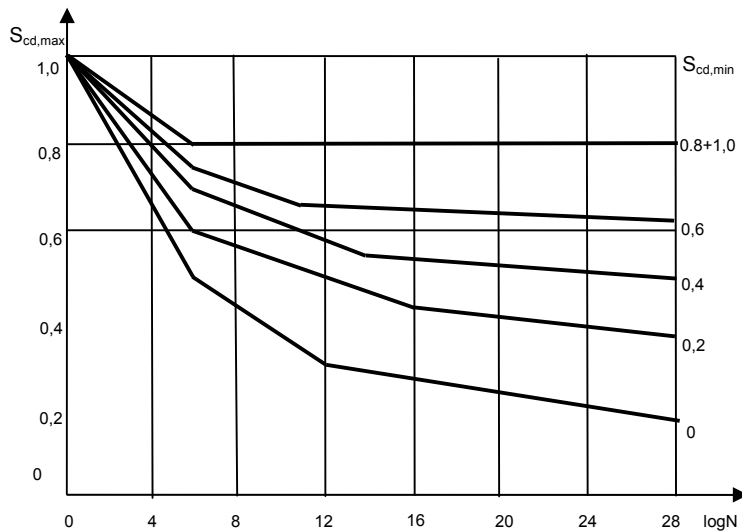


Bild 7: Wöhlerlinien des Betons unter Druckbeanspruchung

Der Wöhlerlinie nach Bild 7 liegen die folgenden Gleichungen⁵ zugrunde:

Für $0 < S_{cd,min} < 0,8$

$$\log N_1 = (12 + 16 \cdot S_{cd,min} + 8 \cdot S_{cd,min}^2) \cdot (1 - S_{cd,max})$$

$$\log N_2 = 0,2 \cdot \log N_1 \cdot (\log N_1 - 1)$$

$$\log N_3 = \log N_2 \cdot (0,3 - (3S_{cd,min} / 8)) / \Delta S_{cd}$$

wenn $\log N_1 \leq 6$ dann $\log N = \log N_1$

wenn $\log N_1 > 6$ und $\Delta S_{cd} \geq 0,3 - (3S_{cd,min} / 8)$

dann $\log N = \log N_2$

wenn $\log N_1 > 6$ und $\Delta S_{cd} < 0,3 - (3S_{cd,min} / 8)$

dann $\log N = \log N_3$

⁵ Aus: CEB-FIP Model Code 1990, Bulletin d'Information No. 213/214

mit

$$S_{cd,min} = \gamma_{Sd} \cdot \sigma_{c,min} \cdot \eta_c / f_{cd,fat}$$

$$S_{cd,max} = \gamma_{Sd} \cdot \sigma_{c,max} \cdot \eta_c / f_{cd,fat}$$

$$\Delta S_{cd} = S_{cd,max} - S_{cd,min}$$

Für Windenergieanlagen mit einer nominellen Lastspielzahl $N_{nom} = m \cdot n_R \cdot T_0 \leq 2 \cdot 10^9$ ist ein detaillierter Nachweis für den Beton nicht erforderlich, wenn die Bedingung nach (GL 14) eingehalten ist:

$$S_{cd,max} \leq 0,40 + 0,46 \cdot S_{cd,min} \quad (GL\ 14)$$

Dabei ist: $S_{cd,min} = \gamma_{Sd} \cdot \sigma_{c,min} \cdot \eta_c / f_{cd,fat}$
 $S_{cd,max} = \gamma_{Sd} \cdot \sigma_{c,max} \cdot \eta_c / f_{cd,fat}$

$\gamma_{Sd} = 1,1$	Teilsicherheitsbeiwert zur Erfassung der Ungenauigkeiten des Modells zur Spannungsrechnung
$\sigma_{c,max}$	Betrag der maximalen Betondruckspannung unter den Einwirkungskombinationen der Gruppe F nach Tabelle 2
$\sigma_{c,min}$	Betrag der minimalen Betondruckspannung in der Druckzone an der gleichen Stelle, an der $\sigma_{c,max}$ auftritt, ermittelt für den unteren Wert der Einwirkung (bei Zugspannungen ist $\sigma_{c,min} = 0$ zu setzen)
η_c	Faktor zur Berücksichtigung der ungleichmäßigen Verteilung der Betondruckspannungen gemäß Heft 439 ⁶ , Gl. (8); vereinfachend darf $\eta_c = 1,0$ gesetzt werden.
$f_{cd,fat}$	Bemessungswert der Ermüdungsfestigkeit des Betons unter Druckbeanspruchung: $f_{cd,fat} = 0,85 \cdot \beta_{cc}(t) \cdot f_{ck} \cdot (1 - f_{ck}/250) / \gamma_c$
f_{ck}	charakteristische Zylinderdruckfestigkeit in N/mm ²
γ_c	Teilsicherheitsbeiwert für Beton
$\beta_{cc}(t)$	Koeffizient zur Berücksichtigung des zeitabhängigen Festigkeitsanstiegs des Betons. $\beta_{cc}(t)$ darf bei Anwendung der vereinfachten Gleichung (GL 14) nicht größer als 1,0 angesetzt werden, entsprechend einer zyklischen Erstbelastung in einem Betonalter ≥ 28 Tagen. Im Falle zyklischer Erstbelastung in früherem Betonalter ist $\beta_{cc}(t) < 1,0$ zu ermitteln und beim Nachweis zu berücksichtigen; $\beta_{cc}(t)$ ist nach DIN EN 1992-1-1, Absatz 3.1.2 (6) zu bestimmen.

Grundsätzlich sind beim vereinfachten Nachweisverfahren zu untersuchen:

- Maximale Schwingbreite,
- Schwingbreite mit der größten Betondruckspannung $\sigma_{c,max}$,
- Schwingbreite mit der kleinsten Betondruckspannung $\sigma_{c,min}$,
- Schwingbreite mit dem größten Mittelwert der Betondruckspannung.

⁶ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (Hrsg), Heft 439 "Ermüdungsfestigkeit von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen mit Erläuterungen zu den Nachweisen gemäß CEB-FIP Model Code 1990", Ausgabe 1994, Beuth Verlag Berlin

11.2 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit

11.2.1 Einwirkungskombinationen

Für die Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit sind die Einwirkungen in Tabelle 2 definiert:

- DLC D.1: Charakteristische (seltene) Einwirkungen
- DLC D.2: Häufige Einwirkungen
- DLC D.3: Quasi-ständige Einwirkungen

Diese Einwirkungen sind für die in den entsprechenden Fachnormen definierten Nachweise in Kombination mit Einwirkungen aus Temperatur anzuwenden.

11.2.2 Teilsicherheitsbeiwert

Für Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit beträgt der Teilsicherheitsbeiwert für die Widerstandsgrößen $\gamma_M = 1,0$.

11.2.3 Verformungsbegrenzung

Sofern aus dem Betrieb der Anlage keine besonderen Anforderungen entstehen, ist eine Begrenzung von Verformungen nicht erforderlich.

11.2.4 Spannungsbegrenzung

Bei Türmen und Fundamenten aus Spannbeton bzw. Stahlbeton sind die Betondruckspannungen für die seltene Einwirkungskombination D.1 nach Tabelle 2 auf $0,6 f_{ck}$ zu begrenzen. Anderenfalls sind Ersatzmaßnahmen nach DIN EN 1992-1-1, Absatz 7.2 (2) zu treffen.

Zusätzlich sind bei Türmen und Fundamenten aus Spannbeton die Betondruckspannungen unter den ständigen Einwirkungen aus Eigenlasten und Vorspannung auf $0,45 f_{ck}$ entsprechend DIN EN 1992-1-1, Absatz 7.2 (3) zu begrenzen.

Bei Türmen aus Spannbeton mit Verbund ist der Nachweis der Dekompression für die quasi-ständige Einwirkungskombination D.3 nach Tabelle 2 zu führen.

11.2.5 Rissbreitenbegrenzung

Der Nachweis der Rissbreitenbegrenzung ist für eine rechnerische Rissbreite von 0,2 mm zu führen. Dabei sind für Bauteile aus Stahlbeton und Spannbeton ohne Verbund die quasi-ständige Einwirkungskombination D.3 nach Tabelle 2 zu verwenden, für Bauteile aus Spannbeton mit Verbund die häufigen Einwirkungskombinationen D.2 nach Tabelle 2. Die Wärmeeinwirkungen sind nach Abschnitt 7.4.5 anzusetzen.

12 Nachweise für die Gründung

12.1 Gründungskörper

12.1.1 Sicherheitskonzept

Für Nachweise von Bauteilen aus Stahlbeton und Spannbeton sowie für Bauteile aus Stahl ist das in den Abschnitten 10, 11 und 12 beschriebene Sicherheitskonzept anzuwenden.

12.1.2 Stahleinbauteile

Stahleinbauteile sind nach Abschnitt 11.1.4 nachzuweisen.

12.1.3 Stahlbetonbauteile

Stahlbetonbauteile sind nach den Abschnitten 11.1 und 11.2.5 nachzuweisen. Die Nachweise gegen Ermüdung für den Beton, den Betonstahl, den Spannstahl und die Verbindungsmittel sind nach Abschnitt 11.1.5 dieser Richtlinie zu führen.

Bauteile des Gründungskörpers, die höchstens einen halben Meter in das Erdreich hineinreichen, sind mit einer Rissbreite von 0,2 mm nachzuweisen, alle übrigen mit einer Rissbreite von 0,3 mm.

Werden auf Fundamenten Sockel ausgeführt, so sind die Nachweise für die Spannungs- und Rissbreitenbegrenzung wie beim Turm zu führen (s. auch 11.2.4 und 11.2.5).

12.1.4 Bemessung von Pfählen

Die innere Tragfähigkeit von Gründungspfählen ist nach den Abschnitten 12.1.2 und 12.1.3 zu ermitteln. Der Nachweis der äußeren Pfahltragfähigkeit ist nach Abschnitt 12.2.4 zu führen.

12.2 Baugrund

12.2.1 Beschaffenheit des Baugrunds

Es ist sicherzustellen, dass die Eigenschaften des Baugrunds am Standort den Anforderungen in der statischen und dynamischen Berechnung entsprechen.

Hinsichtlich der Mindestanforderungen an Umfang und Qualität geotechnischer Untersuchungen sind die Gründungen von Windenergieanlagen der Geotechnischen Kategorie 3 nach DIN EN 1997-1, Absatz 2.1 bzw. DIN 1054, Absatz A2.1.2 zuzuordnen.

Für dynamische Berechnungen sind der Steife- oder Schubmodul für Ent- und Wiederbelastungsvorgänge maßgebend, für statische dagegen in der Regel – sofern der Boden nicht vorbelastet ist – die Moduln für Erstbelastung. Die Bodensteifigkeit ist allgemein abhängig von der Größe der durch die Last induzierten Schubverzerrungen. Für sehr kleine Schubverzerrungen ist die Steifigkeit maximal und darüber hinaus sind die Moduln für Ent-/Wiederbelastung und Erstbelastung identisch, weil Boden in diesem Bereich annähernd linear elastisch reagiert. Sie werden auch als „dynamische“ Schubmoduln bzw. Steifemoduln bezeichnet, weil bei hochfrequenten Belastungen in aller Regel entsprechend kleine Schubverzerrungen auftreten. Der für viele Bodenarten tabellierte Schubmodul $G_{\max}$ für sehr kleine Dehnungen gilt allgemein nur bei hochfrequenten Belastungen. Für Gründungen von Windenergieanlagen kann – insbesondere bei Flachgründungen auf relativ kompressiblen Böden – eine Abminderung dieses Wertes erforderlich sein.

Im Baugrundgutachten sind sowohl die dynamischen Bodensteifigkeiten für sehr kleine Schubverzerrungen für die gesamtdynamische Berechnung als auch die statischen Bodensteifigkeiten für die Setzungsberechnung anzugeben.

Hinweise zur Größe dynamischer Bodenkennwerte enthalten die Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugrunddynamik"².

12.2.2 Sicherheitskonzept

Die Sicherheitsnachweise für den Baugrund sind nach DIN EN 1997-1 und DIN 1054:2010-12 unter Berücksichtigung der besonderen Festlegungen dieser Richtlinie für die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit zu führen. Die Beanspruchungen sind aus den charakteristischen Werten der Einwirkungen zu ermitteln, wobei nichtlineare Einflüsse nach Abschnitt 9.2.3 zu berücksichtigen sind.

Die Beanspruchungen sind im Sinne von DIN 1054, Absatz A 2.4.2.1 A(8a) als übliche dynamische Beanspruchungen einzustufen und dürfen somit als veränderliche statische Einwirkungen berücksichtigt werden.

Bei den Nachweisen sind den Bemessungssituationen BS-P, BS-T oder BS-A nach DIN 1054, 2.2 A(4) die Einwirkungskombinationen nach Abschnitt 8 dieser Richtlinie entsprechend Tabelle 8 zuzuordnen. Die Nachweise sind mit den ungünstigsten aller Einwirkungskombinationen zu führen.

Tabelle 8: Zuordnung der Einwirkungskombinationen nach DIN EN 61400-1 zu den Bemessungssituationen nach DIN 1054

Einwirkungskombination DLC nach DIN EN 61400-1	Bemessungssituation nach DIN EN 1997-1 bzw. DIN 1054
Lastfallgruppe N und T	BS-P
DLC 8.2	BS-T
Lastfallgruppe A (ohne 8.2)	BS-A

12.2.3 Flachgründungen

12.2.3.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit

Es ist der Nachweis der Grundbruchsicherheit (Grenzzustand GEO-2 gemäß DIN 1054) sowie der Nachweis der Lage- bzw. Kippsicherheit (Grenzzustand EQU) zu erbringen. In Ausnahmefällen, z.B. wenn die Gründung auf einer Böschung oder neben einem Stützbauwerk angeordnet ist, ist ergänzend auch die Gesamtstandsicherheit (Geländebruch, Grenzzustand GEO-3 gemäß DIN 1054) nachzuweisen.

Der Nachweis der Grundbruchsicherheit ist nach DIN EN 1997-1 für die Einwirkungen der Bemessungssituationen BS-P, BS-T und BS-A nach Tabelle 8 zu führen. Dabei ist gemäß DIN 1054 die Nachweismethode GEO-2 anzuwenden und der charakteristische Grundbruchwiderstand nach DIN 4017 zu ermitteln. Der Bemessungswert ergibt sich durch Division des charakteristischen Grundbruchwiderstands mit den Teilsicherheitsbeiwerten nach DIN 1054 A 2.4.7.6.3, Tabelle A 2.3. Der Bemessungswert der Beanspruchungen senkrecht zur Sohlfläche ergibt sich aus der Summe der mit den zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerten multiplizierten ständigen und veränderlichen Beanspruchungen, wobei abweichend von DIN 1054 die Teilsicherheitsbeiwerte nach Tabelle 5a oder 5b dieser Richtlinie anzusetzen sind, d.h. für die ungünstig wirkenden Windlasten darf unter Beachtung der Fußnote in Tabelle 5a oder 5b ein Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_F = 1,35$ für Einwirkungskombinationen der Bemessungssituationen BS-P angesetzt werden.

Der Nachweis der Lage- bzw. Kippsicherheit des Bauwerks (Grenzzustand EQU) ist nach DIN EN 1997-1, 2.4.7.2, sowie DIN 1054, 6.5.4 A (3) unter Ansatz der Teilsicherheitsbeiwerte gemäß DIN 1054, A 2.4.7.6.1, Tabelle A 2.1 zu führen. Abweichend von DIN 1054 darf auch hier für die ungünstig wirkenden Windlasten unter Beachtung der Fußnote in Tabelle 5 oder Tabelle 6 ein Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_F = 1,35$ für Einwirkungskombinationen der Bemessungssituationen BS-P angesetzt werden.

12.2.3.2 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Infolge der aus den Einwirkungen der Bemessungssituationen BS-P und BS-T nach Tabelle 8 resultierenden charakteristischen Beanspruchung in der Sohlfläche darf ein Klaffen der Sohlfuge höchstens bis zum Schwerpunkt der Sohlfläche auftreten.

Infolge der aus der Einwirkungskombination D.3 nach Tabelle 2 resultierenden charakteristischen Beanspruchung darf in der Sohlfläche keine klaffende Fuge auftreten.

12.2.4 Pfahlgründungen (äußere Tragfähigkeit)

Der Nachweis der äußeren Pfahltragfähigkeit ist nach DIN EN 1997-1 und DIN 1054 für die Einwirkungen der Bemessungssituationen BS-P, BS-T und BS-A nach Tabelle 8 dieser Richtlinie zu führen. Gemäß DIN 1054 ist das Nachweisverfahren GEO-2 anzuwenden.

Der Bemessungswert der Pfahltragfähigkeit ergibt sich durch Division der charakteristischen Pfahltragfähigkeit mit den Teilsicherheitsbeiwerten nach DIN 1054 A 2.4.7.6.3, Tabelle A 2.3. Der Bemessungswert der Beanspruchungen ergibt sich aus der Summe der mit den zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerten multiplizierten ständigen und veränderlichen Beanspruchungen, wobei abweichend von DIN 1054 die Teilsicherheitsbeiwerte nach Tabelle 5 dieser Richtlinie anzusetzen sind.

Anstelle eines Nachweises gegen Ermüdung hinsichtlich der äußeren Tragfähigkeit darf ersatzweise der Nachweis geführt werden, dass unter den charakteristischen Werten der Einwirkungskombination D.3 nach Tabelle 2 keine Zugbeanspruchungen in den Pfählen auftreten.

ANMERKUNG: Zur Aufnahme von horizontalen Kräften sollten die Pfähle geneigt angeordnet werden.

13 Konstruktionsdetails

13.1 Ringflanschverbindungen bei stählernen Türmen

Ringflanschverbindungen müssen nach DIN EN 1993-1-8 kontrolliert vorgespannt werden. Die Vorspannkraft ist auf die Regelvorspannkraft nach $F_{p,C}$ DIN EN 1993-1-8/NA zu begrenzen.

Beim Tragsicherheitsnachweis der Flanschverbindungen gilt die Anmerkung in Absatz 11.1.2 entsprechend. Die Vorspannkraft der Schrauben braucht nicht berücksichtigt zu werden, d.h. der Tragsicherheitsnachweis darf wie für eine nicht vorgespannte Schraubenverbindung geführt werden.

Lokale Plastizierungen (Fließgelenke im Flansch und/oder im Turmmantel) dürfen dabei berücksichtigt werden. Vereinfachend dürfen die Bauteilwiderstände für Ringflanschverbindungen mit Hilfe plastischer Versagenszustände (VZ) nach Petersen⁷ (VZ A und B) sowie nach Seidel⁸ (VZ D und E) ermittelt werden.

Beim Ermüdungssicherheitsnachweis der Flanschverbindung darf die Ermüdungsbeanspruchung der Schrauben unter Berücksichtigung der Druckvorspannung der Flansche mit Hilfe des trilinearen Modells (siehe Bild 8) nach Schmidt/Neuper⁹ ermittelt werden, wenn nachfolgend beschriebene Toleranzen eingehalten sind:

- Nach Abschluss der Fertigung der einzelnen Turmsegmente darf die Ebenheitsabweichung pro Flansch einen Wert von 2,0 mm über den gesamten Umfang und max. 1,0 mm über ein Segment von 30° nicht überschreiten; wobei der Bereich an der Turmwand maßgebend ist.
- Es ist durch sorgfältiges Fertigen der Flansche und ihrer Schweißverbindungen sowie durch sorgfältiges Vorspannen sicherzustellen, dass die Vorspannkraft jeder einzelnen Schraube in ausreichendem Maße in lokale Druckvorspannung der Flanschkontaktflächen in ihrem anteiligen Bereich umgesetzt wird.
- Die Neigungen α_s der Flanschaußenflächen (siehe Bild 10) darf nach dem Vorspannen den Grenzwert 2% nicht übersteigen.

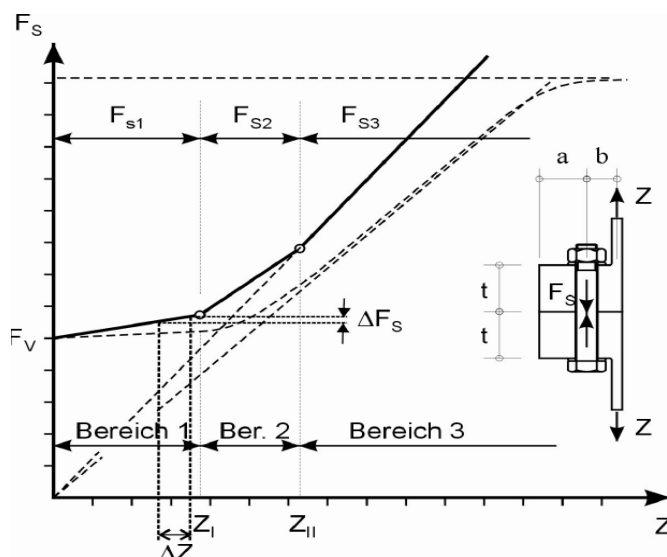


Bild 8: Schraubenkraftfunktionen vorgespannter Ringflanschverbindungen nach Schmidt/Neuper⁹

ANMERKUNG 1: Größere Neigungen α_s vor dem Vorspannen haben keinen Einfluss auf die Ermüdungsschädigung, sofern sie beim Vorspannen bis unter den Grenzwert reduziert werden. Beim Nachweis der Ermüdungssicherheit dürfen höchstens 90% der planmäßigen Vorspannkraft angesetzt werden. Grundsätzlich ist die Vorspannung der Schrauben innerhalb des 1. Halbjahres nach der Montage, frühestens aber nach der im Wartungspflichtenbuch festgelegten Anzahl Betriebsstunden, zu kontrollieren und ggf. Nachzuspannen. Dem Ermüdungssicherheitsnachweis ist die nichtlineare Schraubenkraftfunktion $F_s = f(Z)$ zugrunde zu legen, aus der für vorgegebene Schwingbreiten ΔZ der Turmhöhe die ermüdungsrelevante Schwingbreite ΔF_s der Schraubenkraft abgelesen wird (siehe Bild 8).

ANMERKUNG 2: Hierfür wird anstelle der Beanspruchungskollektive ggf. die vollständige Markow- oder Rainflow-Matrix benötigt.

⁷ Petersen, C.: Stahlbau, 3. Auflage. Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg, 1997

⁸ Seidel, M.: „Zur Bemessung geschraubter Ringflanschverbindungen von Windenergieanlagen“, Schriftenreihe des Instituts für Stahlbau der Leibniz Universität Hannover (Heft 20). Aachen: Shaker Verlag, 2001

⁹ Schmidt, Herbert; Neuper, Meike: „Zum elastostatischen Tragverhalten exzentrisch gezogener L-Stöße mit vorgespannten Schrauben“. Verlag Ernst & Sohn, Stahlbau 66 (1997), Heft 3, S. 163-168

Bei der Ermittlung der Schraubenkraftfunktion mit FEM sind die bei der Ausführung tolerierten Flanschklaffungen als Imperfektionen zu berücksichtigen.

Wird ein vereinfachtes Berechnungsmodell verwendet, das nur Schraubennormalkräfte liefert, so ist der Nachweis gegen Kerbfallklasse 36* zu führen, siehe Bild 9.

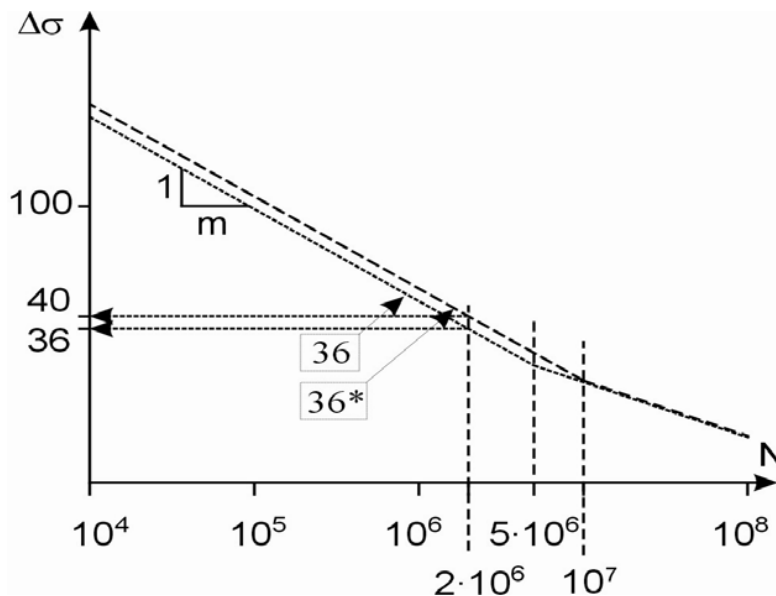
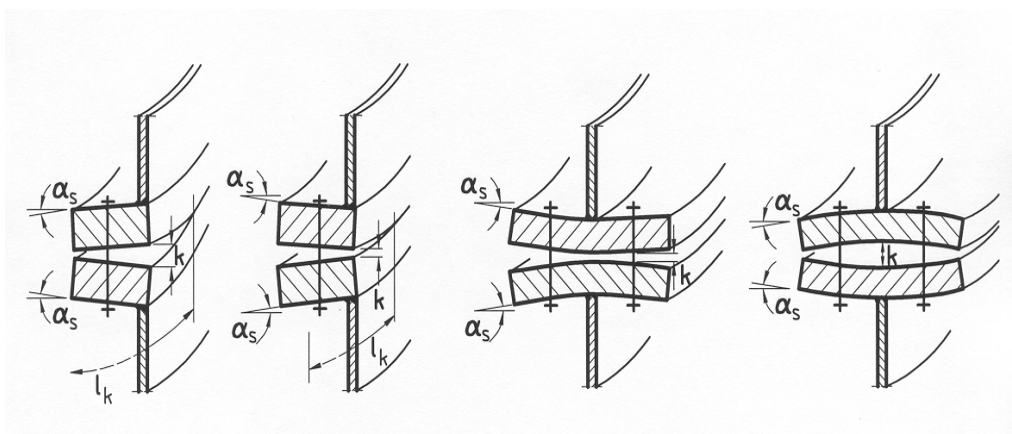


Bild 9: Kerbfallklassen für Schrauben

Bei Nichteinhalten der in den Ausführungsunterlagen angegebenen Grenzwerte für die Flanschklaffungen sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen, z.B. Ausfüttern der schadigungsrelevanten Klaffungshohlräume vor dem Vorspannen. Wird der Grenzwert für die Neigung α_s nach dem Vorspannen überschritten, so sind anstelle der flachen Unterlegscheiben geeignete Keilscheiben ausreichender Härte einzubauen.

ANMERKUNG 3: Schädigungsrelevant für die Ermüdungsbeanspruchung der Schrauben sind alle Flanschklaffungen k im Bereich der Turmwand (siehe Bild 10), insbesondere dann, wenn sie sich nur über einen Teil des Umfangs erstrecken. Dabei wächst der Schädigungseinfluss mit abnehmender Erstreckungslänge l_k über den Umfang, d.h. maßgebend ist das Verhältnis von k/l_k .



a) L-Flansch,

b) T-Flansch

Bild 10: Ringflanschverbindungen in stählernen Türmen

13.2 Öffnungen in der Wand von Stahlrohrtürmen

Im Allgemeinen muss die Beulsicherheit der Turmwand im Öffnungsbereich mit Hilfe von Finite-Elemente-Analysen nachgewiesen werden. Es ist ein „Numerisch gestützter Beulsicherheitsnachweis mittels globaler MNA- und LBA-Berechnung“ nach DIN EN 1993-1-6, 8.6, zu führen. Dabei ist der ideale Beulwiderstand R_{cr} aus einer geometrisch nichtlinearen elastischen Berechnung (GNA) zu ermitteln. Bei der Festlegung der maßgebenden Stelle für die Ermittlung des plastischen Referenzwiderstandes F_{Rpl} darf der engere Bereich um die Öffnung herum unberücksichtigt bleiben; dieser engere Bereich darf nicht breiter als $2 (r \cdot t)^{0,5}$ angesetzt werden.

Im Bereich umlaufend randversteifter Öffnungen ohne vorgebundene Längssteifen ("Kragensteifen", siehe Bild 11 a) darf der Beulsicherheitsnachweis vereinfacht wie für eine ungeschwächte Turmwand geführt werden, wenn anstelle der Bemessungsbeulspannungen nach DIN EN 1993-1-6 die reduzierte Bemessungsbeulspannung nach Gleichung (GL 14) verwendet wird:

$$\sigma_{xS,R,d} = C_1 \cdot \sigma_{x,Rd_{EC}} \quad (GL 15)$$

Dabei ist:

- $\sigma_{x,Rd_{EC}}$ Bemessungsbeulspannung nach DIN EN 1993-1-6
 C_1 Reduktionsfaktor gemäß Gleichung (GL 15) zur Erfassung des Öffnungseinflusses.

$$C_1 = A_1 - B_1 \cdot (r/t) \quad (GL 16)$$

mit A_1 und B_1 nach Tabelle 9

Tabelle 9: Beiwerte für Gleichung (GL 15)

Festigkeitsklasse	S 235		S 355	
Öffnungswinkel	A_1	B_1	A_1	B_1
$\delta = 20^\circ$	1,00	0,0019	0,95	0,0021
$\delta = 30^\circ$	0,90	0,0019	0,85	0,0021
$\delta = 60^\circ$	0,75	0,0022	0,70	0,0024

δ ist der Öffnungswinkel in Umfangsrichtung

Die vorstehenden Regeln sind gültig für

- Turmwände mit $(r/t) \leq 160$,
 - Öffnungswinkel $\delta \leq 60^\circ$,
 - Öffnungsmaße $h_1 / b_1 \leq 3$,
- sowie für Öffnungsrandsteifen,
- die mit konstantem Querschnitt um die ganze Öffnung laufen,
 - deren Querschnittsfläche mindestens einem Drittel der Öffnungsfehlfläche entspricht, deren Querschnitt an den Öffnungslängsrändern mittig zur Wandmittelfläche angeordnet ist (siehe Bild 11b) und
 - deren Querschnittsteile die maximalen c/t -Verhältnisse nach DIN EN 1993-1-1, Tabelle 5.2 für die Querschnittsklassen 2 unterschreiten.

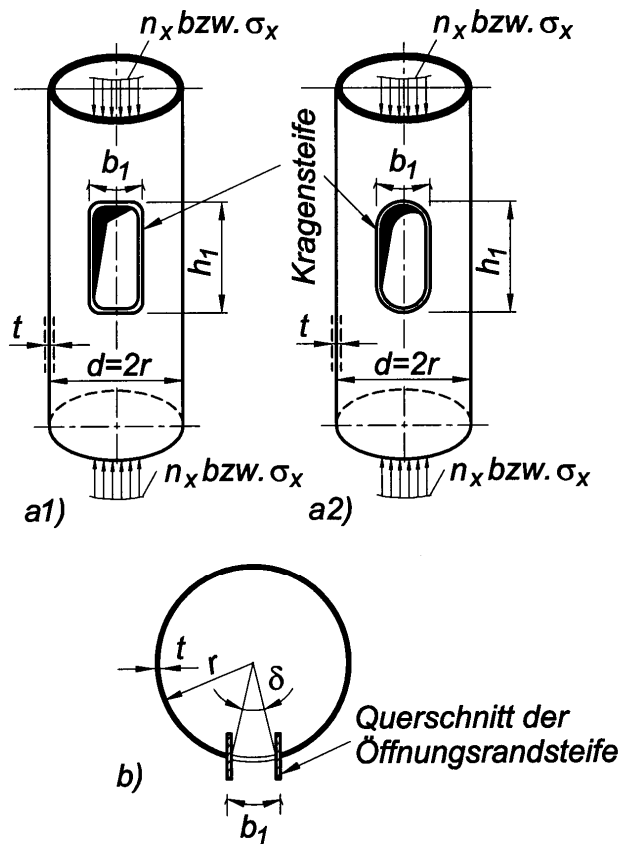


Bild 11: Öffnungen in der Wand von Stahlrohtürmen

13.3 Scherbeanspruchte Schraubenverbindungen

Schraubenverbindungen bei Anschlüssen und Stößen von Bauteilen des Haupttragwerkes müssen als Scher-Lochleibungs-Passverbindungen (SLP, SLVP) oder als gleitfest planmäßig vorgespannte Verbindungen (GV, GVP) ausgeführt werden.

Bei SLP- und SLVP-Verbindungen sind für die gelochten Bauteile und die Schrauben die Nachweise nach den Abschnitten 11.1.2 und 11.1.4 zu führen.

Bei GV- und GVP-Verbindungen ist nachzuweisen, dass im Grenzzustand der Tragsicherheit die maximale auf eine Schraube in einer Scherfuge entfallene Kraft die Grenzgleitkraft nach Gleichung (GL 16) nicht überschreitet:

$$F_{s,Rd} = 0,9 \cdot \frac{\mu}{\gamma_{M,3}} \cdot F_{p,C^*} \quad (\text{GL 17})$$

Dies gilt im Allgemeinen nicht für geschraubte Ringflanschverbindungen.

Dabei ist:

F_{p,C^*} Regel-Vorspannkraft nach DIN EN 1993-1-8/NA Tabelle A.1 und A.2
Diese Vorspannkraft ist durch Überprüfung und ggf. Nachspannen innerhalb des 1. Halbjahres nach der Montage, jedoch nicht unmittelbar nach Inbetriebnahme, sicherzustellen.

- $\mu \leq 0,5$ Reibungszahl für die Ausführung der Kontaktflächen nach DIN EN 1993-1-8, Tabelle 3.7 oder durch Versuche nach Bezugsnormengruppe 7 in DIN EN 1993-1-8, Absatz 1.2.7 (Verweis auf DIN EN 1090-2) für die jeweilige Reiboberfläche zu ermitteln
- $\gamma_{M,3} = 1,25$ Sicherheitsbeiwert bei Einwirkungskombinationen der Gruppe N und den Betriebsbedingungen 1 bis 4 nach DIN EN 61400-1
- $\gamma_{M,3} = 1,1$ Sicherheitsbeiwert bei allen anderen Einwirkungskombinationen

ANMERKUNG 1: Bei Passverbindungen mit feuerverzinkten Bauteilen sind spezielle Korrosionsschutzmaßnahmen zu treffen.

Außerdem sind die Nachweise der Tragsicherheit für die gelochten Bauteile und die Schrauben hinsichtlich Abscheren und Lochleibung zu führen.

ANMERKUNG 2: Durch diese Nachweise ist der Nachweis der Ermüdungssicherheit abgedeckt.

13.4 Stahlsortenauswahl

13.4.1 Einwirkungen für die Wahl der Stahlsorte

Das Auftreten der niedrigsten Bauteiltemperatur entspricht einer "außergewöhnlichen" Bemessungssituation, d.h. die Schnittgrößen zur Bestimmung der maßgebenden Spannungen sind mit dem Lastfall D.2 (häufige Lasten) zu bestimmen, siehe auch DIN EN 1993-1-10, Absatz 2.2 (4).

Windenergieanlagen sind für die Ermittlung der Bezugstemperatur T_{Ed} wie Brücken einzuordnen. Gemäß DIN EN 1993-1-10/NA kann damit angesetzt werden:

$$T_{Ed} = -30^{\circ}\text{C}$$

Temperaturverschiebungen infolge Kaltumformung und erhöhter Dehnungsgeschwindigkeit können i.A. vernachlässigt werden.

Der Teilsicherheitsbeiwert der Einwirkungen ist jeweils $\gamma_F = 1,0$.

Das maßgebende Spannungsniveau σ_{Ed} ist als Nennspannung im maßgebenden Querschnitt und Tragwerksteil an der Stelle der erwarteten Rissentstehung (z.B. in umlaufenden Kragenversteifungen) zu ermitteln. In der Anwendung kommt der anerkannte Stand der Technik zum Tragen, nach dem Spannungsüberhöhungen an Öffnungen und Turmkopf (und ggf. anderen relevanten Strukturdetails) nicht gesondert berücksichtigt werden.

13.4.2 Maßgebende Erzeugnisdicke bei Ringflanschverbindungen

Die maßgebende Erzeugnisdicke ist für Ringflansche wie folgt zu wählen:

- Bei Ringflanschen mit Ansatz (Vorschweißflansch) die Blechdicke der anschließenden Turmwand (b gemäß Bild 12); der Abstand vom Schweißnahtübergang einschließlich des Übergangsradius ($l + r$ gemäß Bild 12) muss dabei mindestens der halben anschließenden Blechdicke entsprechen, ansonsten ist der Flansch als "ohne Ansatz" zu bewerten.

Zusätzlich ist bei geschweißten Ringflanschen die Erzeugnisdicke des Flansches (t_{ges} gemäß Bild 12) mit dem Spannungsniveau $\sigma_{Ed} = 0,25 \cdot f_y(t)$ zu bewerten. Dieser zusätzliche Nachweis darf für nahtlos hergestellte oder mit Abbrennstumpf-Verfahren geschweißte Ringflansche entfallen.

- Bei Ringflanschen ohne Ansatz die Dicke ($t_f = t_{ges}$ gemäß Bild 12) des Ringflansches.

13.4.3 Auswahl der Stahlsorten im Hinblick auf Eigenschaften in Dickenrichtung

Bei Blechen, die quer zur Erzeugungsrichtung beansprucht werden, ist eine Z-Güte nach DIN EN 1993-1-10, Kapitel 3, nachzuweisen.

Bei aus Blechen hergestellten Flanschen (Blechdicke = Flanschhöhe t_f bzw. t_{ges} gemäß Bild 12) kann ein Vorschweißflansch hierbei nur dann günstig wirkend angesetzt werden, wenn der Abstand vom Schweißnahtübergang zum Auslauf des Übergangsradius (l gemäß Bild 12) dabei mindestens der halben anschließenden Blechdicke (b gemäß Bild 12) entspricht.

Bei aus Blechen hergestellten Flanschen, die längs zur Erzeugungsrichtung beansprucht werden (Blechedicke = Flanschbreite b_{ges} gemäß Bild 12), sowie bei Flanschen, die aus einem nahtlos gewalzten Ring oder aus einem allseitig gewalzten Stab hergestellt werden, braucht eine Z-Güte nach DIN EN 1993-1-10 nicht nachgewiesen zu werden.

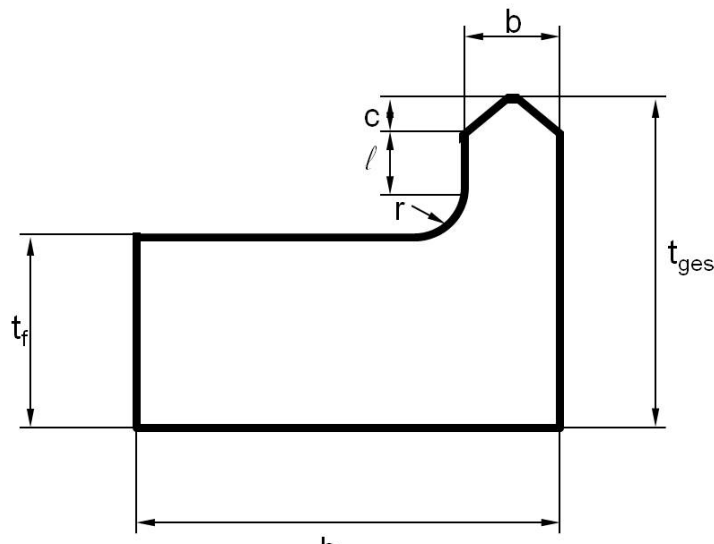


Bild 12: Flanschbezeichnungen am Beispiel eines L-Flansches

t_f	Flanschdicke
t_{ges}	Gesamte Flanschdicke einschließlich Vorschweißflansch
b_{ges}	Flanschbreite
r	Übergangsradius
c	Flankenhöhe der Schweißnahtvorbereitung
b	Ansatzdicke (in der Regel gleich der Blechedicke des anschließenden Bleches)
l	Abstand vom Übergangsradius zur Schweißnahtvorbereitung ($= t_{\text{ges}} - t_f - r - c$)

14 Bauabnahme und Inbetriebnahme

Vor Inbetriebnahme ist im Rahmen der Bauüberwachung und/oder Bauzustandsbesichtigung seitens der zuständigen Bauaufsicht oder des Prüfsingenieurs zu bescheinigen, dass die Windenergieanlage nach den geprüften bautechnischen Unterlagen errichtet worden ist. Der Umfang der Maßnahmen zur Überprüfung und Überwachung kann den „Empfehlungen für die Bauüberwachung von Windenergieanlagen“ des Bauüberwachungsvereins BÜV entnommen werden. Die Abnahme der Maschine ist nicht Gegenstand dieser Empfehlungen und erfolgt auf der Grundlage der gutachterlichen Stellungnahmen zur Maschine (siehe Abschnitt 3, Ziff. I).

Gegebenenfalls sind Bauüberwachung und Prüfungen durch Sachverständigen-Organisationen nach VAWs auf der Grundlage der gutachterlichen Stellungnahme zum anlagenbezogenen Gewässerschutz zu beachten (siehe Abschnitt 3 Ziff. I).

15 Wiederkehrende Prüfungen

15.1 Allgemeines

Wiederkehrende Prüfungen sind in regelmäßigen Intervallen durch Sachverständige an Maschine und Rotorblättern sowie an der Tragstruktur (Turm und zugängliche Bereiche der Fundamente) durchzuführen. Die Prüfintervalle hierfür ergeben sich aus den gutachterlichen Stellungnahmen zur Maschine (siehe Abschnitt 3, Ziff. I). Sie betragen höchstens 2 Jahre, dürfen jedoch auf vier Jahre verlängert werden, wenn durch von der Herstellerfirma autorisierte Sachkundige eine laufende (mindestens jährliche) Überwachung und Wartung der Windenergieanlage durchgeführt wird.

15.2 Umfang der Wiederkehrenden Prüfung

Die Maschine einschließlich der elektrotechnischen Einrichtungen des Betriebsführungs- und Sicherheitssystems sowie der Rotorblätter ist im Hinblick auf einen mängelfreien Zustand zu untersuchen. Dabei müssen die Prüfungen nach den Vorgaben in dem begutachteten Wartungspflichtenbuch und ggf. weiteren Auflagen in den übrigen Gutachten durchgeführt werden (siehe Abschnitt 3, Ziff. I).

Es ist sicherzustellen, dass die sicherheitsrelevanten Grenzwerte entsprechend den begutachteten Ausführungsunterlagen eingehalten werden.

Für den Turm und das Fundament (Fundamentkeller und Sockel) ist mindestens eine Sichtprüfung durchzuführen, wobei die einzelnen Bauteile aus unmittelbarer Nähe zu untersuchen sind.

Es ist zu prüfen, ob die Turmkonstruktion im Hinblick auf die Standsicherheit Schäden (z.B. Korrosion, Risse, Abplatzungen in den tragenden Stahl- bzw. Betonkonstruktionen) oder unzulässige Veränderungen gegenüber der genehmigten Ausführung (z.B. bezüglich der Vorspannung der Schrauben, der zulässigen Schiefstellung, der erforderlichen Erdauflast auf dem Fundament) aufweist.

Bei planmäßig vorgespannten Schrauben ist mindestens eine Sicht- und Lockerheitskontrolle durchzuführen.

15.3 Unterlagen der zu prüfenden Windenergieanlage

Für die Wiederkehrende Prüfung sind mindestens die folgenden Unterlagen einzusehen:

- Wartungspflichtenbuch
- Prüfberichte der bautechnischen Unterlagen für Turm und Gründung
- Maschinengutachten

- Auflagen im Lastgutachten
- Auflagen im Bodengutachten
- Baugenehmigungsunterlagen

- Bedienungsanleitung
- Inbetriebnahmeprotokoll
- Berichte der früheren Wiederkehrenden Prüfungen und der Überwachungen und Wartungen
- Dokumentation von Änderungen und ggf. Reparaturen an der Anlage und ggf. Genehmigungen

15.4 Maßnahmen

15.4.1 Reparaturen

Für die vom Sachverständigen festgestellten Mängel ist ein Zeitrahmen für eine fachgerechte Reparatur vorzugeben.

Die Reparatur muss vom Hersteller der Windenergieanlage, von einer vom Hersteller autorisierten oder von einer auf diesem Gebiet spezialisierten Fachfirma, die über alle notwendigen Kenntnisse, Unterlagen und Hilfsmittel verfügt, durchgeführt werden.

15.4.2 Außerbetriebnahme und Wiederinbetriebnahme

Bei Mängeln, die die Standsicherheit der Windenergieanlage ganz oder teilweise gefährden oder durch die unmittelbare Gefahren von der Maschine und den Rotorblättern ausgehen können, ist die Anlage unverzüglich außer Betrieb zu setzen.

Die Wiederinbetriebnahme nach Beseitigung der Mängel setzt die Freigabe durch den Sachverständigen voraus.

15.5 Dokumentation

Das Ergebnis der Wiederkehrenden Prüfung ist in einem Bericht festzuhalten, der mindestens die folgenden Informationen enthalten muss:

- Prüfender Sachverständiger
- Hersteller, Typ und Seriennummer der Windenergieanlage sowie der Hauptbestandteile (Rotorblätter, Getriebe, Generator, Turm)
- Standort und Betreiber der Windenergieanlage
- Gesamtbetriebsstunden
- Windgeschwindigkeit und Temperatur am Tag der Prüfung
- Anwesende bei der Prüfung
- Beschreibung des Prüfungsumfanges
- Prüfergebnis und ggf. Auflagen

Über durchgeführte Reparaturen aufgrund von standsicherheitsrelevanten Auflagen ist ein Bericht anzufertigen.

Diese Dokumentation ist vom Betreiber über die gesamte Nutzungsdauer der Windenergieanlage aufzubewahren.

16 Standorteignung von Windenergieanlagen

Vorraussetzung für eine Prüfung der Standorteignung ist, dass für die Anlage eine Typenprüfung bzw. eine Einzelprüfung vorliegt.

16.1 Bestehende Anlagen im Falle einer Parkerweiterung/Parkänderung

Für bestehende Anlagen, die nach DIBt 1995 oder DIBt 2004 errichtet wurden, darf im Falle einer Parkänderung der Nachweis der Standorteignung auch weiterhin nach dem Verfahren DIBt 2004 geführt werden.

16.2 Neuanlagen

Für den Nachweis der Standorteignung von Windenergieanlagen in Windparks wird das folgende Verfahren alternativ zur DIN EN 61400-1:2006 empfohlen. Der Ermittlung der Standortbedingungen ist eine Standortbesichtigung zu Grunde zu legen. Anwendung sollten hierbei einschlägige Richtlinien finden.

a. Folgende Angaben auf Nabenhöhe werden für einen Nachweis der Standorteignung benötigt:

- i. Mittlere Windgeschwindigkeit (v_{ave})
- ii. Formparameter der Weibull-Funktion (k)
- iii. Mittlerer Höhenexponent (α)
- iv. Mittlere Luftdichte (ρ)
- v. Mittlere Turbulenzintensität sowie die Standardabweichung der Turbulenzintensität bei 15 m/s (zur Ermittlung der charakteristischen oder repräsentativen Turbulenzintensität).
- vi. 50-Jahres-Windgeschwindigkeit ($v_{b,0}$) gemäß Windzonenkarten bzw. ermittelt z.B. nach Gumbel-Methode¹⁰, sofern erforderlich (dies ist z.B. der Fall, wenn die Anlage in einer höheren Windzone als in der Typenprüfung bzw. Einzelprüfung abgedeckt errichtet werden soll)
- vii. Windrichtungsverteilung der zu betrachtenden Anlagen

b. Anhand der in 16.2.a genannten Angaben wird ein vereinfachter Vergleich durchgeführt. Werden die folgenden Bedingungen erfüllt, kann die Standorteignung der WEA bestätigt werden.

- i. Vergleich mittlere Windgeschwindigkeit
 - (1) Mittlere Windgeschwindigkeit am Standort ist um mindestens 5% kleiner als gemäß Typen-/Einzelprüfung oder
 - (2) Mittlere Windgeschwindigkeit am Standort ist kleiner als gemäß Typen-/Einzelprüfung und Formparameter k der Weibull-Funktion ist größer gleich 2.

¹⁰ European Wind Turbines Standards II oder Harris I, "Gumbel revisited: A new look at extreme value statistics applied to wind speeds", Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 59, 1996

- ii. Vergleich der effektiven Turbulenzintensität nach DIN EN 61400-1:2006 zwischen $0-v_{in}$ und $0.4 v_{out}$ der Auslegungsturbulenz NTM
 - iii. Vergleich der 50-Jahres-Windgeschwindigkeit:
 - (1) Windzone gemäß Typen-/Einzelprüfung deckt die Windzone des betrachteten Standortes gemäß Windzonenkarte ab (die detaillierten Regelungen gemäß DIN EN 1991-1-4, Absatz 4.3.3 einschließlich NA für nicht ebene Geländelagen sind ggf. zu beachten) oder
 - (2) 50-Jahres-Windgeschwindigkeit gemäß Typen-/Einzelprüfung deckt die 50-Jahres-Windgeschwindigkeit am Standort ab (siehe 16.2.a.vi)
- c. Wird eine der Bedingungen nicht erfüllt, kann unter Berücksichtigung aller Angaben in 16.2.a. wie folgt verfahren werden:
- i. Wenn die Bedingungen 16.2.b.i oder 16.2.b.ii nicht erfüllt sind, kann die Standorteignung auf Basis eines Lastvergleiches der Betriebsfestigkeitslasten (Vergleich der standortspezifischen Lasten zu den Lastannahmen der Typen-/Einzelprüfung) nachgewiesen werden. Um diesen Nachweis zu führen, müssen die effektiven Turbulenzen mindestens von v_{in} bis $0.4 v_{50}$ vorliegen. Die Turbulenzintensität für Windgeschwindigkeiten, die im Gutachten nicht abgedeckt sind, müssen für die Bestimmung der Betriebsfestigkeitslasten als konstant mit dem Wert für die größte ermittelte Windgeschwindigkeit angenommen werden.
 - ii. Wenn die Bedingung 16.2.b.iii nicht erfüllt ist, kann die Standorteignung auf Basis eines Lastvergleiches der Extremlasten (Vergleich der standortspezifischen Lasten zu den Lastannahmen der Typen-/Einzelprüfung) nachgewiesen werden.

Einflüsse durch Geländerauhigkeit und Topographie sind in der Beurteilung entsprechend zu berücksichtigen. Das Verfahren kann für alle Standorte angewendet werden, die als nicht topografisch komplex zu bezeichnen sind. Die topografische Komplexität kann hierbei durch das Verfahren nach DIN EN 61400-1:2006 bestimmt werden.

17 Weiterbetrieb von Windenergieanlagen

17.1 Anwendung der "Richtlinie für den Weiterbetrieb von Windenergieanlagen"¹¹ - Beurteilung von Turm und Gründung

Mit der „Richtlinie für den Weiterbetrieb von Windenergieanlagen“ besteht die Möglichkeit einer Bewertung von Windenergieanlagen hinsichtlich ihres Weiterbetriebs nach Ablauf der Entwurfslebensdauer, die im Rahmen dieser Richtlinie i.d.R. mit 20 Jahren angenommen wird.

Die in der "Richtlinie für den Weiterbetrieb von Windenergieanlagen" festgelegten Prüfmethode ermöglichen die Beurteilung für den Weiterbetrieb der Windenergieanlage gemäß dem aktuellen Stand der Technik. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Sicherheit bezüglich der Aussage zur Standsicherheit von Umfang und Auswahl der Prüfmethode und der mit der Probenahme, Durchführung und Bewertung beauftragten Sachverständigen abhängt.

Grundsätzlich gibt es zwei unterschiedliche Vorgehensnachweise, die analytische und die praktische Methode.

Die analytische Methode ist eine Prüfung durch Neuberechnung der Windenergieanlage unter Berücksichtigung der standortspezifischen Anlage und deren lokalen Randbedingungen.

Die praktische Methode ist eine Prüfung durch Inspektion der Windenergieanlage, dies beinhaltet sowohl die visuelle Inspektion als auch zerstörungsfreie Prüfmethode und, falls erforderlich, auch eine Probenahme aus dem Tragwerk.

Abweichend von der "Richtlinie für den Weiterbetrieb von Windenergieanlagen" gilt:

- Die praktische Methode durch zusätzliche statische Berechnungen unter Einbeziehung des derzeit geltenden Regelwerks zu belegen.
- Die analytische Methode muss durch zusätzliche repräsentative Probenahmen am Turm und eine Begutachtung der Gründung unterstützt werden.

¹¹ Richtlinie für Windenergieanlagen, Teil: Weiterbetrieb von Windenergieanlagen, Germanischer Lloyd;
<http://www.gl-group.com/en/certification/renewables/CertificationGuidelines.php>

17.2 Sachverständige

Alle im Rahmen der Beurteilung auf Weiterbetrieb gemäß dieser Richtlinie anfallenden Inspektionen der WEA sowie Beurteilungen von Lasten und/oder Komponenten der WEA müssen von geeigneten unabhängigen Sachverständigen für Windenergieanlagen durchgeführt werden.

Die für die Beurteilung zum Weiterbetrieb von Windenergieanlagen eingeschalteten Sachverständigen müssen eine entsprechende Ausbildung haben und die fachlichen Anforderungen für die Beurteilung der Gesamtanlage erfüllen. Eine Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17020 oder DIN EN 45011 oder gleichwertig ist erforderlich.

Die Beurteilung der Anforderungen des anlagenbezogenen Gewässerschutzes und deren Umsetzung erfolgt durch eine Sachverständigen-Organisation nach VAWS (Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen).

18 In Bezug genommene Normen

DIN 1054:2010-12	Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
DIN 1055-5:2005-07	Einwirkungen auf Tragwerke Teil 5: Schnee- und Eislasten
DIN 4017:2006-03	Baugrund – Berechnung des Grundbruchwiderstands von Flachgründungen
DIN EN 1090-2:2011-10	Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken; Deutsche Fassung EN 1090-2:2008+A1:2011
DIN EN 1991-1-1:2010-12	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke - Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau; Deutsche Fassung EN 1991-1-1:2002 + AC:2009
DIN EN 1991-1-3:2010-12	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-3:2003 + AC:2009
DIN EN 1991-1-4:2010-12	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-4:2005 + A1:2010 + AC:2010
DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten
DIN EN 1992-1-1:2011-01	Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010
DIN EN 1993-1-1:2010-12	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009
DIN EN 1993-1-6:2010-12	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen; Deutsche Fassung EN 1993-1-6:2007 + AC:2009
DIN EN 1993-1-8:2010-12	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen; Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009

DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauteilen – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen
DIN EN 1993-1-9:2010-12	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-9: Ermüdung; Deutsche Fassung EN 1993-1-9:2005 + AC:2009
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 Fassung EN 1993-1-10:2005 + AC:200
DIN EN 1993-1-10/NA:2010-12	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauteilen – Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung
DIN EN 1993-3-2:2010-12	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 3-2: Türme, Maste und Schornsteine - Schornsteine; Deutsche Fassung EN 1993-3-2:2006
DIN EN 1997-1:2009-09	Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009
DIN EN 1998-1:2010-12	Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten; Deutsche Fassung EN 1998-1:2004 + AC:2009
DIN EN 1998-1/NA:2011-01	Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter – Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbau
DIN EN 13670:2011-03	Ausführung von Tragwerken aus Beton; Deutsche Fassung EN 13670:2009
DIN EN 45011-1998-03	Allgemeine Anforderungen an Stellen, die Produktzertifizierungssysteme betreiben (ISO/IEC Guide 65:1996); Dreisprachige Fassung EN 45011:1998
DIN EN 61400-1:2004-08	Windenergieanlagen – Teil 1: Sicherheitsanforderungen (IEC 61400-1:1999, modifiziert); Deutsche Fassung EN 61400-1:2004
DIN EN 61400-1 Berichtigung 1:2005-12	Windenergieanlagen – Teil 1: Sicherheitsanforderungen (IEC 61400-1:1999, modifiziert); Deutsche Fassung EN 61400-1:2004
DIN EN 61400-1:2006-07	Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005); Deutsche Fassung EN 61400-1:2005
DIN EN 61400-1:2011-08	Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005 + A1:2010); Deutsche Fassung EN 61400-1:2005 + A1:2010
DIN EN 61400-2:2007-02	Windenergieanlagen – Teil 2: Sicherheit kleiner Windenergieanlagen (IEC 61400-2:2006); Deutsche Fassung EN 61400-2:2006
IEC / TS 61400-13:2001-06	Windenergieanlagen – Teil 13: Messung von mechanischen Lasten
DIN EN ISO/IEC 17020:2012-07	Konformitätsbewertung – Anforderungen an den Betrieb verschiedener Typen von Stellen, die Inspektionen durchführen (ISO/IEC 17020:2012); Deutsche und Englische Fassung EN ISO/IEC 17020:2012

Bauaufsichtliche Richtlinie
über die Lüftung fensterloser Küchen, Bäder und Toilettenräume
in Wohnungen

1. Geltungsbereich

Nach § 45 Abs. 2 und § 44 Abs. 3 Satz 2 NBauO sind in Wohnungen fensterlose Küchen, Kochnischen, Bäder und Toiletten (im Folgenden fensterlose Räume genannt) nur zulässig, wenn eine wirksame Lüftung dieser Räume gewährleistet ist. Dies gilt als erfüllt, wenn die Lüftung den nachfolgenden Anforderungen entspricht.

2. Lüftungstechnische Mindestanforderungen

Jeder fensterlose Raum muss unmittelbar durch eine mechanische Lüftungsanlage entlüftet werden können und eine Zuluftversorgung haben. Die der Zuluftversorgung und Entlüftung dienenden Anlagen und Einrichtungen müssen eine Grundlüftung der fensterlosen Räume, in Küchen zusätzlich eine Stoßlüftung ermöglichen. Die Lüftungsanlage muss so ausgeführt werden, dass bei Grundlüftung in der Wohnung keine Zugbelastungen entstehen und keine Gerüche in andere Räume übertragen werden. Alle fensterlosen Räume der Wohnung müssen gleichzeitig gelüftet werden können.

2.1 Luftvolumenströme für Zu- und Abluft

Lüftungsanlagen und -einrichtungen für fensterlose Räume sind mindestens für die Luftvolumenströme nach der Tabelle zu bemessen.

Tabelle

Fensterloser Raum	Luftvolumenstrom [m ³ /h]	
	Betriebsfall A ¹	Betriebsfall B ²
1	2	3
Küche:		
- Grundlüftung	40	60
- Stoßlüftung	200	200
Kochnische	40	60
Bad (auch mit WC)	40	60
Toilettenraum	20	30

¹ Betriebsfall A

Nutzungsunabhängige Betriebsdauer von mindestens 12 Stunden täglich, Stoßlüftung muss möglich sein.

² Betriebsfall B

Nutzungsabhängige Betriebsdauer, Stoßlüftung muss möglich sein.

2.1.1 Zuluft über Lüftungsanlagen und -einrichtungen

Die Zuluft kann außerhalb der fensterlosen Räume an zentraler Stelle der Wohnung oder durch Öffnungen in den Außenwänden der Wohnung unmittelbar zugeführt werden, wenn zu den fensterlosen Räumen eine Verbindung durch Nachstromöffnungen oder -spalte besteht.

Für die Stoßlüftung von Küchen muss die Zuluft über eine Lüftungsanlage mit Ventilator oder über dichte Leitungen vom Freien oder über Außenluftöffnungen unmittelbar zugeführt werden.

Außenluftöffnungen, Leitungen vom Freien und Lüftungsanlagen mit Ventilator sind so zu bemessen, dass sich für den planmäßigen Zuluftvolumenstrom rechnerisch kein größerer Unterdruck in der Wohnung als 8 Pa gegenüber dem Freien ergibt. Befinden sich in der Wohnung raumluftabhängige Feuerstätten, sind die Öffnungen, Leitungen und Lüftungsanlagen so zu bemessen, dass sich für die Summe aus dem planmäßigen Zuluftvolumenstrom und dem Verbrennungsluft-Volumenstrom ($= 1,6 \text{ m}^3/\text{h je kW Nennleistung}$) kein größerer Unterdruck in der Wohnung als 4 Pa gegenüber dem Freien errechnet. Anlagentechnisch muss gewährleistet sein, dass die Feuerstätten nur bei ausreichender Verbrennungsluftversorgung betrieben werden können.

Außenluftöffnungen und Leitungen, die auch der Verbrennungsluftversorgung von Feuerstätten dienen, dürfen nicht verschlossen oder zugestellt werden, sofern nicht durch besondere Sicherheitseinrichtungen gewährleistet ist, dass die Feuerstätten nur bei ausreichender Verbrennungsluftversorgung betrieben werden können. Andere Außenluftöffnungen und Leitungen vom Freien sowie Belüftungsanlagen mit Ventilatoren, die nicht vorgewärmte Luft fördern, sollen in der Wohnung absperrbar sein.

2.1.2 Entlüftungsanlagen

Die Lüftungsanlage muss die Abluft über dichte Leitungen ins Freie fördern.

Die Entlüftungsanlagen müssen Ventilatoren mit steiler Kennlinie haben. Lüftungsanlagen, die für einen Luftvolumenstrom nach Spalte 2 der Tabelle bemessen sind, müssen mit selbsttätigen Einrichtungen ausgestattet sein, die eine tägliche Betriebsdauer von mindestens 12 Stunden sicherstellen. Bei Lüftungsanlagen mit einem Luft-

volumenstrom nach Spalte 3 der Tabelle dürfen die Ventilatoren — ausgenommen von Zentralentlüftungsanlagen nach Nr. 2.2 — vom Nutzer abzuschalten sein (Bedarfslüftung).

Befinden sich in der Wohnung raumluftabhängige Feuerstätten, bleibt § 4 Abs. 2 FeuVO unberührt.

2.1.3 Abluftöffnungen

Die Abluftöffnungen der Entlüftungsanlagen dürfen in jedem fensterlosen Raum von Hand absperrbar sein oder selbsttätige Rückschlagklappen haben.

2.2 Lüftungsanlagen für mehrere Wohnungen

Die fensterlosen Räume mehrerer Wohnungen dürfen über gemeinsame Anlagen oder Lüftungsleitungen be- und entlüftet werden.

Die Entlüftungsanlage muss dazu

- in allen Wohnungen mit Ventilatoren und selbsttätigen Rückschlagklappen für alle Abluftöffnungen ausgestattet sein (Einzellüftungsgeräte) oder
- einen zentralen Ventilator besitzen, der ganztägig betrieben wird und in den Wohnungen nicht abgeschaltet werden kann (Zentralentlüftungsanlagen); Zentralentlüftungsanlagen dürfen für eine nächtliche Absenkung des Abluftvolumenstroms um bis zu 50 % eingerichtet sein.

Bei Einzellüftungsgeräten sollen die Zuluftöffnungen in den Wohnungen von Hand absperrbar oder mit selbsttätigen Absperrklappen versehen sein.

2.3 Lüftungsanlagen nach DIN 18017

Lüftungsanlagen nach DIN 18017-3:2009-09 für fensterlose Bäder und Toilettenräume in Wohnungen erfüllen die Lüftungstechnischen Anforderungen nach den Abschnitten 2 bis 2.2, wenn die Wohnungen keine fensterlosen Küchen und Kochnischen aufweisen.

3. Schallschutzanforderungen (§ 15 Abs. 2 NBauO)

Lüftungsanlagen und -leitungen für fensterlose Räume in Wohnungen müssen gegen die Weiterleitung von Schall in andere Wohnungen oder fremde Räume entsprechend DIN 4109 gedämmt sein.

4. Brandschutzanforderungen (§ 23 Abs. 2 und 3 DVO-NBauO)

Lüftungsanlagen und -leitungen für fensterlose Räume in Wohnungen müssen der Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Lüftungsanlagen (Lüftungsanlagen-Richtlinie — LüAR) genügen.

DEUTSCHER AUSSCHUSS FÜR STAHLBETON

DAfStb-Richtlinie

Selbstverdichtender Beton (SVB-Richtlinie)

Ausgabe September 2012

Ersatz für Ausgabe November 2003; bisherige Vertriebsnummer 65034

Teil 1: Ergänzungen und Änderungen zu DIN EN 1992-1-1 und
DIN EN 1992-1-1/NA

Teil 2: Ergänzungen und Änderungen zu DIN EN 206-1, DIN EN 206-9 und
DIN 1045-2

Teil 3: Ergänzungen und Änderungen zu DIN EN 13670 und DIN 1045-3

Die Verpflichtungen aus der Richtlinie 98/34/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Juni 1998 über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der Normen und technischen Vorschriften und der Vorschriften für die Dienste der Informationsgesellschaft (ABl. L 204 vom 21.07.1998, S. 37), zuletzt geändert durch Artikel 26 Absatz 2 der Verordnung (EU) Nr. 1025/2012 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2012 (ABl. L 316 vom 14.11.2012, S. 12), sind beachtet worden.

Bezüglich der in dieser Richtlinie genannten Normen, anderen Unterlagen und technischen Anforderungen, die sich auf Produkte oder Prüfverfahren beziehen, gilt, dass auch Produkte bzw. Prüfverfahren angewandt werden dürfen, die Normen oder sonstigen Bestimmungen und/oder technischen Vorschriften anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder der Türkei oder einem EFTA-Staat, der Vertragspartei des EWR-Abkommens ist, entsprechen, sofern das geforderte Schutzniveau in Bezug auf Sicherheit, Gesundheit und Gebrauchstauglichkeit gleichermaßen dauerhaft erreicht wird.

Herausgeber:
Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V. – DAfStb
Budapester Straße 31
D-10787 Berlin
Telefon: 030 2693-1320
info@dafstb.de

Vorwort zu dieser Richtlinie

Die Richtlinie „Selbstverdichtender Beton (SVB)“ ändert und ergänzt die aufgeführten Abschnitte aus DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA, DIN EN 206-1 und DIN EN 206-9 in Verbindung mit DIN 1045-2 und DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3 für selbstverdichtenden Beton und fügt teilweise neue Absätze hinzu. Zu DIN 1045-4 sind keine ergänzenden Regeln erforderlich. Selbstverdichtender Beton (SVB) weist von DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 abweichende Frischbetoneigenschaften und im Regelfall einen erhöhten Mehlkorngesamt auf. Die in dieser Richtlinie festgeschriebenen Anforderungen stellen sicher, dass selbstverdichtender Beton gleiche Festbetoneigenschaften aufweist wie Normalbeton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2.

Normen und andere Regelwerke in den Teilen 1 bis 3 der Richtlinie

Diese Richtlinie enthält Verweisungen auf Normen und Richtlinien. Diese Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert. Von den nachstehend aufgeführten Normen und Richtlinien gilt jeweils die letzte Ausgabe.

DIN 1045-2, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton; Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1*

DIN 1045-3, *Ausführung von Tragwerken aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Anwendungsregeln zu DIN EN 13670*

DIN 1045-4, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 4: Ergänzende Regeln für die Herstellung und die Konformität von Fertigteilen*

DIN EN 206-1, *Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität*

DIN EN 206-9, *Beton – Teil 9: Ergänzende Regeln für selbstverdichtenden Beton (SVB)*

DIN EN 1992-1-1, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

DIN EN 1992-1-1/NA, *Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

DIN EN 12350-1, *Prüfung von Frischbeton – Teil 1: Probenahme*

DIN EN 12350-2, *Prüfung von Frischbeton – Teil 2: Setzmaß*

DIN EN 12350-6, *Prüfung von Frischbeton – Teil 6: Frischbetonrohddichte*

DIN EN 12350-7, *Prüfung von Frischbeton – Teil 7: Luftgehalt – Druckverfahren*

DIN EN 12350-8, *Prüfung von Frischbeton – Teil 8: Selbstverdichtender Beton – Setzfließversuch*

DIN EN 12350-9, *Prüfung von Frischbeton – Teil 9: Selbstverdichtender Beton – Auslaufrichterversuch*

DIN EN 12350-11, *Prüfung von Frischbeton – Teil 11: Selbstverdichtender Beton – Bestimmung der Sedimentationsstabilität im Siebversuch*

DIN EN 12350-12, *Prüfung von Frischbeton – Teil 11: Selbstverdichtender Beton – Blockierring-Versuch*

DIN EN 13670, *Ausführung von Tragwerken aus Beton*

DIN ISO 5725-2, *Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen – Teil 2: Grundlegende Methode für Ermittlung der Wiederhol- und Vergleichspräzision eines vereinheitlichten Messverfahrens (ISO 5725-2:1994 einschließlich Technisches Korrigendum 1:2002)*

Teil 1 – Ergänzungen und Änderungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

1.1.2 Anwendungsbereich des Eurocode 2 Teil 1-1

DIN EN 1992-1-1, Absatz (1) wird ersetzt

(1) Teil 1 der Richtlinie gilt für die Bemessung und Konstruktion von Tragwerken des Hoch- und Ingenieurbaus aus

- unbewehrtem selbstverdichtendem Beton,
- selbstverdichtendem Beton mit Betonstahl,
- selbstverdichtendem Beton mit Spannstahlbewehrung

mit normalen und leichten Gesteinskörnungen der Festigkeitsklassen

- C12/15 bis C70/85 bzw.
- LC12/13 bis LC60/66.

6 Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (GZT)

6.2 Querkraft

6.2.5 Schubkraftübertragung in Fugen

DIN EN 1992-1-1/NA, NCI zu 6.2.5 (2) wird ergänzt

Die Oberfläche von selbstverdichtendem Beton ist generell als sehr glatt anzusehen.

8 Allgemeine Bewehrungsregeln

8.10 Spannglieder

8.10.2 Verankerung von Spanngliedern im sofortigen Verbund

DIN EN 1992-1-1/NA, NCI zu 8.10.2.2 (1) wird ergänzt

Die Werte der Verbundspannungen nach Gleichung (8.15) sind für selbstverdichtenden Beton auf 85 % zu reduzieren, wenn nicht durch Versuchsergebnisse Verbundspannungen nach Gleichung (8.15) nachgewiesen werden.

Teil 2 – Ergänzungen und Änderungen zu DIN EN 206-1, DIN EN 206-9 und DIN 1045-2

1 Anwendungsbereich

DIN EN 206-9, Absatz 2 wird ergänzt

Diese Richtlinie gilt nicht für:

- Leichtbeton; ^{1) 2)}
- Standardbeton;
- Schwerbeton;
- Beton in der Expositionsklasse XM3;
- hochfesten Beton der Druckfestigkeitsklassen ab C90/105. ¹⁾

3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

3.1 Begriffe

DIN EN 206-1, 3.1.2 wird ersetzt

3.1.2

Frischbeton

Fertig gemischter Beton, der sich beim Einfüllen in die Schalung selbst verdichtet.

DIN EN 206-1, 3.1.15 wird ersetzt

3.1.15

Kubikmeter Beton:

Die Menge, Frischbeton, die nach dem Entlüften ein Volumen von 1 m³ einnimmt.

3.2 Symbole und Abkürzungen

DIN 1045-2, folgende Symbole und Abkürzungen werden hinzugefügt

m_{Mk}	Mehlkorngehalt
r	Wiederholpräzision
R	Vergleichspräzision
SF_{FC}	Kegelsatzfließmaß
sm	Setzfließmaß ohne Blockierring
t_{Tr}	Trichterauslaufzeit
t_{fc}	Kegelausfließzeit

5 Anforderungen an Beton und Nachweisverfahren

5.1 Grundanforderungen an Ausgangsstoffe

5.1.6 Zusatzstoffe (einschließlich Gesteinsmehl und Pigmente)

DIN 1045-2, 5.1.6, Absatz 2 wird hinzugefügt

Die Verwendbarkeit von Kalksteinmehl für selbstverdichtenden Beton ist nachzuweisen. ³⁾

5.2 Grundanforderungen an die Zusammensetzung von Beton

5.2.3 Verwendung von Gesteinskörnungen

DIN EN 206-9, Anmerkung wird ergänzt

Erfahrungsgemäß kann die schwankende Zusammensetzung von rezyklierten Gesteinskörnungen (z. B. hinsichtlich Wasseraufnahme) die Eigenschaften von selbstverdichtendem Beton beeinflussen.

¹⁾ Für diese Betone ist eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder eine Zustimmung im Einzelfall erforderlich.

²⁾ Die Bemessung von selbstverdichtendem Leichtbeton kann bis zur Druckfestigkeitsklasse LC60/66 nach Teil 1 dieser Richtlinie erfolgen.

³⁾ Hinweis: Der Nachweis ist durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder eine Zustimmung im Einzelfall zu erbringen.

5.3 Anforderungen in Abhängigkeit von Expositionsklassen

5.3.2 Grenzwerte für die Betonzusammensetzung

DIN 1045-2, Absatz 5 wird ersetzt

Der höchstzulässige Mehlkorngehalt beträgt $m_{\text{Mk}} = 650 \text{ kg/m}^3$ (entspricht etwa einem Leimvolumen von 450 l/m^3).

5.4 Anforderungen an Frischbeton

5.4.1 Konsistenz von selbstverdichtendem Beton

DIN EN 206-9, Tabelle 7, Zeile 4 wird ersetzt

Zulässige Abweichung: $\pm 15 \%$ vom Zielwert der t_{500} -Zeit, jedoch nicht weniger als $\pm 1 \text{ s}$ und nicht mehr als $\pm 3 \text{ s}$.

5.4.3 Luftgehalt

DIN 1045-2, Abschnitt wird ersetzt

Wird selbstverdichtender Beton mit künstlich eingeführten Luftporen in die Expositionsklassen XF2 bis XF4 eingeordnet, sind bei der Erstprüfung der Gesamtluftgehalt im Frischbeton sowie der Mikroluftporengehalt A_{300} und der Abstandsfaktor L im Festbeton nach Anhang O zu bestimmen. Der Gehalt an Mikroluftporen A_{300} , bestimmt nach DIN EN 480-11, darf in der Erstprüfung $1,8 \text{ Vol.-%}$ nicht unterschreiten. Der Abstandsfaktor $\bar{L}$ darf $0,20 \text{ mm}$ nicht überschreiten.

ANMERKUNG Auf Grund des erhöhten Mehlkorngehaltes von selbstverdichtendem Beton sollte ein gegenüber den Anforderungen höherer Mikroluftporengehalt A_{300} angestrebt werden, um die Anforderung an den Abstandsfaktor $\bar{L}$ einhalten zu können. Bei der Berechnung des Abstandsfaktors gemäß DIN EN 480-11 ist das Zementsteinvolumen aus den Volumenanteilen des Zements, der Betonzusatzstoffe, der Zusatzmittel und des Zugabewassers zu ermitteln.

6 Festlegung des Betons

6.2 Festlegung des Betons nach Eigenschaften

6.2.2 Grundlegende Anforderungen

DIN EN 206-9, Unterpunkt i) wird ergänzt

- i) Viskositätsklasse nach Tabelle 2 oder Tabelle 3 oder, in besonderen Fällen, ein Zielwert für die t_{500} -Zeit oder die Trichterauslaufzeit t_{Tr} ;

ANMERKUNG Mit den Angaben nach h) und i) wird der Verarbeitungsbereich nach Anhang N festgelegt.

7 Lieferung von Frischbeton

7.2 Informationen vom Betonhersteller für den Verwender

DIN EN 206-9, Unterpunkt g) wird ersetzt

- g) Eigenschaften von selbstverdichtendem Beton als Verarbeitungsbereich nach Anhang N;

7.3 Lieferschein für Transportbeton

DIN EN 206-1, Unterpunkt a), 4. Spiegelstrich wird ersetzt

- Konsistenz als Verarbeitungsbereich nach Anhang N.

9 Produktionskontrolle

9.5 Betonzusammensetzung und Erstprüfung

DIN EN 206-9, Absätze 2 und 3 werden hinzugefügt

Durch Prüfung des Setzfließmaßes nach DIN EN 12350-8 und der Trichterauslaufzeit nach DIN 12350-9 sowie der Sedimentationsstabilität nach DIN EN 12350-11 ist ein Verarbeitbarkeitsbereich für den selbstverdichtenden Beton festzulegen. Die Verfahrensweise zur Ermittlung des Verarbeitbarkeitsbereiches ist in Anhang N beschrieben.

Alternativ zu den Einzelprüfungen des Setzfließmaßes nach DIN EN 12350-8 und der Trichterauslaufzeit nach DIN EN 12350-9 darf auch die Kombinationsprüfung mit dem Auslaufkegel nach Anhang M angewendet werden.

Anhang A (normativ) – Erstprüfung

A.4 Prüfbedingungen

DIN EN 206-9, Absätze 3, 4 und 5 werden hinzugefügt

Durch Prüfung des Setzfließmaßes nach DIN EN 12350-8 und der Trichterauslaufzeit nach DIN EN 12350-9 sowie der Sedimentationsstabilität nach DIN EN 12350-11 ist ein Verarbeitbarkeitsbereich für den selbstverdichtenden Beton festzulegen. Die Verfahrensweise zur Ermittlung des Verarbeitbarkeitsbereiches ist in Anhang N beschrieben.

Alternativ zu den Einzelprüfungen des Setzfließmaßes nach DIN EN 12350-8 und der Trichterauslaufzeit nach DIN EN 12350-9 darf auch die Kombinationsprüfung mit dem Auslaufkegel nach Anhang M angewendet werden.

Anhang F (normativ) – Grenzwerte der Betonzusammensetzung

DIN EN 206-9, Absatz 1 wird ersetzt

DIN 1045-2, Anhang F ist anzuwenden. Dabei gelten die Tabellen F.4.1 und F.4.2 nicht (vgl. 5.3.2).

Anhang M (normativ) – Prüfung des Kegelsetzfließmaßes und der Kegelauslaufzeit mittels Auslaufkegel

M.1 Anwendungsbereich

Dieser Anhang legt das Verfahren fest, mit dem die Kegelauslaufzeit und das Kegelsetzfließmaß von selbstverdichtendem Beton mit dem Auslaufkegel geprüft werden. Das Prüfverfahren ist nicht geeignet, wenn das Größtkorn der Gesteinskörnung 20 mm übersteigt.

M.2 Kurzbeschreibung

Mit dem Auslaufkegelversuch können die Kegelauslaufzeit und das Kegelsetzfließmaß mit einer Betonprobe bestimmt werden.

ANMERKUNG 1 Der Auslaufkegel hat das gleiche Fassungsvermögen wie die Kegelform zur Bestimmung des Setzmaßes bzw. Setzfließmaßes nach DIN EN 12350-2 bzw. DIN EN 12350-8. Kegelsetzfließmaß und Setzfließmaß gemäß DIN EN 12350-8 liefern vergleichbare Ergebnisse. Die mit dem Auslaufkegelversuch ermittelte Kegelauslaufzeit korreliert linear mit der Fließdauer im Auslaufrichter nach DIN EN 12350-9.

ANMERKUNG 2 Der Auslaufkegelversuch ist mit dem J-Ringversuch nach DIN EN 12350-12 kombinierbar.

M.3 Versuchsaufbau/Geräte

M.3.1 Bodenplatte

Die Bodenplatte muss aus einer flachen Platte aus Stahl (Referenzmaterial) hergestellt werden, die eine ebene Fläche von mindestens 900 mm × 900 mm aufweist, auf der sich der Beton ungehindert ausbreiten kann. Falls die Platte aus einem anderen Material besteht, müssen Prüfungen zu dessen Eignung durchgeführt werden, aus denen hervorgeht, dass das Material auf Dauer der Stahlplatte gleichwertig ist. Die Oberfläche darf nicht leicht von Zementleim angegriffen werden oder korrodieren. Die Steifigkeit der Platte ist so auszubilden, dass eine Verformung verhindert wird. Die Abweichung von der Ebenheit darf bei Messungen über die beiden gegenüberliegenden Seitenmitten und über die beiden Diagonalen der Platte an keinem Punkt 3 mm übersteigen. Auf dem Mittelpunkt der Platte muss ein Kreuz angezeichnet sein. Die dazu erforderlichen Linien sollen parallel zu den Plattenkanten verlaufen und etwa 1 mm breit sein.

M.3.2 Auslaufkegel

(1) Der Hohlkegelstumpf besteht aus Metall mit einer Mindestwandstärke von 1,5 mm. Die Oberfläche darf nicht leicht von Zementleim angegriffen werden oder korrodieren. Die Innenfläche der Form muss glatt und frei von Unebenheiten, wie z. B. vorstehenden Nieten oder Dellen sein. Der Hohlkegelstumpf muss folgende Innenmaße aufweisen:

- unterer Durchmesser: (63 ± 2) mm,
- oberer Durchmesser: (194 ± 2) mm,
- Höhe: (390 ± 2) mm.

(2) Der Boden und das obere Ende müssen offen sein und parallel zueinander sowie rechtwinklig zur Rotationsachse verlaufen. Am unteren Ende ist eine zu öffnende Klappe angebracht, die im geschlossenen Zustand dicht schließt, siehe Bilder M.1 und M.2. Der Auslaufkegel ist auf einen Aufnahmeständer gestellt, so dass sich die untere Öffnung (250 ± 2) mm über der Bodenplatte befindet.

(3) Sofern der Auslaufkegel aus einem anderen Material besteht, müssen Daten aus Prüfungen der Eigenschaften des Materials in der praktischen Anwendung zur Verfügung stehen, aus denen hervorgeht, dass das Material auf Dauer dem Metall gleichwertig ist.

M.3.3 Messwerkzeuge

Es ist ein Lineal oder ein Maßband mit einer Mindestlänge von 1000 mm und Unterteilungen von maximal 5 mm entlang der gesamten Länge zu verwenden.

M.3.4 Stoppuhr

Die verwendete Stoppuhr muss eine Messgenauigkeit von $\pm 0,1$ s aufweisen.

M.3.5 Wasserwaage

Die waagerechte Ausrichtung der Bodenplatte vor Prüfbeginn muss durch eine Wasserwaage sichergestellt sein.

M.3.6 Behälter

Zur Aufnahme der Probe ist ein Behälter mit einem Fassungsvermögen von mindestens 6 l zu verwenden.

M.3.7 Abstreichlineal

Zum Abstreichen des Betons auf Höhe des oberen Rands des Auslaufkegels ist ein geeignetes Lineal zu verwenden.

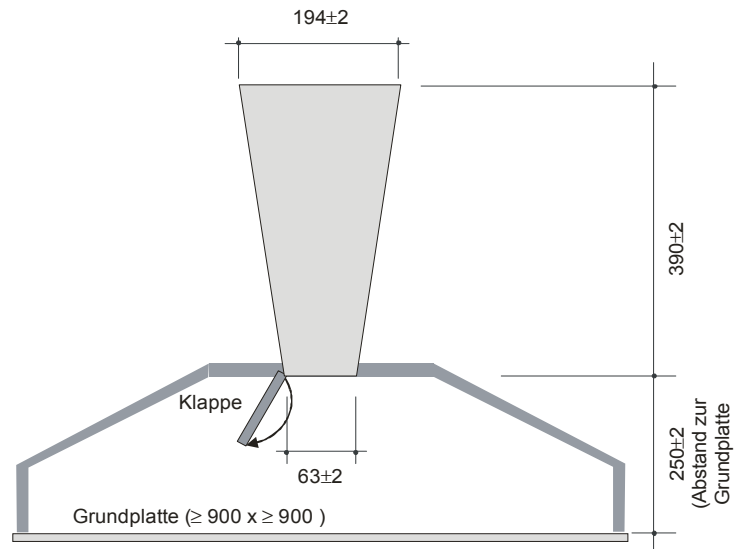


**Bild M.1 – Auslaufkegel auf einem Aufnahmeeständer und Bodenplatte
(Querschnitt – Abmessungen in mm)**



Bild M.2 – Auslaufkegel auf einem Aufnahmeeständer und Bodenplatte

M.4 Untersuchungsprobe

Es ist eine Probe von mindestens 6 l in Übereinstimmung mit DIN EN 12350-1 zu entnehmen.

M.5 Durchführung

(1) Die gereinigte Bodenplatte ist in stabiler, waagerechter Lage zu positionieren. Der Auslaufkegel ist in die Mitte der Setzfließplatte zu stellen. Anschließend sind alle Innenflächen, einschließlich der Klappe, anzufeuchten. Die Klappe wird geschlossen und die Betonprobe in einem Arbeitsgang ohne Rütteln oder mechanisches Verdichten in den Auslaufkegel gefüllt. Mit dem Abstreichlineal wird der Beton bündig zum oberen Rand des Auslaufkegels abgezogen. Etwa 10 s nach dem Abziehen des Betons ist die Klappe vollständig und zügig zu öffnen. Der Prüfer muss dabei von oben auf den Auslaufkegel schauen. Die Zeit t_{FC} , die von der Öffnung der Klappe bis zu dem Moment vergeht, zu dem durch den Auslaufkegel erstmalig der Beton auf der Grundplatte sichtbar wird, ist auf 0,5 s genau zu messen. Die Zeit t_{FC} entspricht der Kegelauslaufzeit. Die Prüfung ist abgeschlossen, wenn der Beton auf der Bodenplatte nicht mehr erkennbar fließt.

(2) Nach Stabilisierung des Betonflusses wird der größte Ausbreitdurchmesser ohne Störung der Bodenplatte oder des Betons gemessen und als d_1 auf 10 mm gerundet aufgezeichnet. Dann wird der Ausbreitdurchmesser im rechten Winkel zu d_1 gemessen und auf 10 mm gerundet als d_2 aufgezeichnet. Das Kegelsetzfließmaß SF_{FC} ist das Mittel von d_1 und d_2 . Es ist auf 10 mm gerundet anzugeben. Ist die Differenz zwischen d_1 und d_2 in zwei aufeinanderfolgenden Prüfungen größer als 50 mm, ist der Beton nicht ausreichend fließfähig für das Kegelauslaufverfahren.

(3) Der Betonfluss aus dem Auslaufkegel muss kontinuierlich sein. Falls sich der Trichter verstopft und sichergestellt ist, dass diese Verstopfung nicht auf Sedimentation zurückzuführen ist, darf die Prüfung wiederholt werden. Verstopfungen sind im Prüfbericht anzugeben.

(4) Der ausgebreitete Betonkuchen ist auf Anzeichen einer Entmischung zu überprüfen. Das Ergebnis dieser Beurteilung ist unter Abschnitt M.6 f) in qualitativer Hinsicht festzuhalten, z. B. „keine Anzeichen von Entmischung“, „starke Anzeichen von Entmischung“.

ANMERKUNG Anzeichen einer Entmischung können ein Ring aus Zementleim/Mörtel und entmischte grobkörnige Gesteinskörnungen im Mittelbereich sein.

M.6 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss folgende Angaben enthalten:

- Bezeichnung der Probe;
- Ort, an dem die Prüfung durchgeführt wurde;
- Datum und Zeit der Prüfung;
- Kegelsetzfließmaß, SF_{FC} , auf 10 mm genau;
- Kegelauslaufzeit, t_{FC} , auf 0,5 s genau;
- gegebenenfalls Angaben zur Entmischung des Betons bzw. Verstopfungen;
- Alter des Betons zum Zeitpunkt der Prüfung (sofern bekannt);
- Temperatur des Betons zum Zeitpunkt der Prüfung;
- jegliche Abweichung vom beschriebenen Prüfverfahren;
- eine Erklärung der für die Prüfung in technischer Hinsicht verantwortlichen Person, dass die Prüfung mit Ausnahme der Vermerke unter i) gemäß diesem Anhang durchgeführt wurde.

M.7 Präzisionsdaten

Die Wiederholpräzision r und die Vergleichspräzision R wurden in einem Programm ermittelt, an dem 5 Prüfer aus 5 Laboratorien beteiligt waren. Die Ergebnisse wurden in Übereinstimmung mit DIN ISO 5725-2 ausgewertet. Die Präzisionsdaten für r und R sind in Tabelle M.1 angegeben. Das Setzfließmaß des verwendeten selbstverdichtenden Betons nach DIN EN 12350-8 betrug 770 mm, die Trichterauslaufzeit nach DIN EN 12350-9 betrug 4,9 s.

Tabelle M.1 – Präzisionsdaten für das mit dem Auslaufkegel ermittelte Kegelsetzfließmaß und die Kegelauslaufzeit

S	1	2
Z	Prüfung	Präzisionsdaten
Kegelsetzfließmaß		
1	Wiederholpräzision r in mm	29
2	Vergleichspräzision R in mm	81
Kegelauslaufzeit		
4	Wiederholpräzision r in s	1,1
5	Vergleichspräzision R in s	1,4

Anhang N (normativ) – Verfahren zur Bestimmung des Verarbeitbarkeitsbereiches von selbstverdichtendem Beton

N.1 Allgemeines

(1) Bei der Rezepturentwicklung und in der Erstprüfung ermittelt der Betonhersteller in Frischbetonprüfungen den optimalen Verarbeitbarkeitsbereich für seinen selbstverdichtenden Beton. Der optimale Verarbeitbarkeitsbereich ist dadurch gekennzeichnet, dass der Beton bei der geplanten Verarbeitungs- oder Betontemperatur über den geplanten Verarbeitungszeitraum ausreichend fließt, entlüftet und sedimentationsstabil ist. Um für alle Formen des selbstverdichtenden Betons einheitliche Regeln und Bewertungsmaßstäbe zu setzen, wird im Folgenden ein Verfahren zur Bestimmung des Verarbeitbarkeitsbereiches von selbstverdichtendem Beton beschrieben.

(2) Als Messverfahren zur Bestimmung des Fließverhaltens von selbstverdichtendem Beton haben sich das Setzfließmaß und die Trichterauslaufzeit bewährt, die üblicherweise getrennt nach DIN EN 12350-8 und DIN EN 12350-9 bestimmt werden. Das Setzfließmaß und die Trichterauslaufzeit können aber auch in einem Arbeitsschritt mittels Auslaufkegel nach Anhang M bestimmt werden. Während das Setzfließmaß überwiegend von der Fließgrenze beeinflusst wird, hängt die Trichterauslaufzeit hauptsächlich von der Viskosität ab. Zur Ermittlung des optimalen Verarbeitbarkeitsbereiches wird zusätzlich zur Prüfung des Setzfließmaßes und der Trichterauslaufzeit die Sedimentationsstabilität des Frischbetons ermittelt.

N.2 Bestimmung des SVB-Verarbeitbarkeitsbereiches

(1) Für die Beurteilung der Verarbeitbarkeit des selbstverdichtenden Betons wird in einem Diagramm die Trichterauslaufzeit t_{Tr} über das zugehörige Setzfließmaß sm aufgetragen, siehe Bild N.1. In diesem Diagramm kann für den selbstverdichtenden Beton unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Prüfung der Sedimentationsstabilität nach DIN EN 12350-11 ein Bereich durch Festlegung von unteren und oberen Grenzwerten für Setzfließmaß und Trichterauslaufzeit eingegrenzt werden, in dem eine ausreichend fließfähige und entmischungsfreie Verarbeitbarkeit vorliegt, blockierungsfreies Fließen vorausgesetzt. Das blockierungsfreie Fließen wird separat bei der Prüfung des Setzfließmaßes mit Blockierring ermittelt. Außerhalb des SVB-Verarbeitbarkeitsbereiches liegen Betonzusammensetzungen, die zu Sedimentation neigen bzw. nicht ausreichend entlüften (Lufteinschluss) oder nicht ausreichend fließen (Stagnation).

(2) Durch die festgelegten unteren und oberen Grenzwerte für Setzfließmaß und Trichterauslaufzeit werden der Zielwert und die zulässigen Abweichungen vom Zielwert wie folgt bestimmt:

Zielwert des Setzfließmaßes sm : $sm = (sm_u + sm_o) / 2$
 zulässige Abweichung vom Zielwert: $\Delta sm = \pm (sm_o - sm_u) / 2$

Zielwert der Trichterauslaufzeit t_{Tr} : $t_{Tr} = (t_{Tr,u} + t_{Tr,o}) / 2$
 zulässige Abweichung vom Zielwert: $\Delta t_{Tr} = \pm (t_{Tr,o} - t_{Tr,u}) / 2$

(3) Da selbstverdichtende Betone unterschiedliches Verhalten in verschiedenen Frischbetontemperaturbereichen zeigen, muss in der Erstprüfung der zum Einsatz kommende Temperaturbereich nachgewiesen werden. Gegebenenfalls müssen in Abhängigkeit von der Temperatur unterschiedliche SVB-Verarbeitungsfenster festgelegt werden.

(4) Der Hersteller gibt die Zielwerte und zulässigen Abweichungen für das Setzfließmaß und die Trichterauslaufzeit als Maß für die Verarbeitungseigenschaften an.

(5) Die Grenzen des Fensters müssen in einer laufenden Produktion durch die werkseigene Produktionskontrolle kontinuierlich überprüft werden, da sie sich durch Schwankungen der Ausgangsstoffe verändern können.

(6) Befindet sich mindestens ein Wert nicht im Fenster, wird der Beton verworfen oder es müssen geeignete Korrekturmaßnahmen eingeleitet werden, um den selbstverdichtenden Beton wieder in den Verarbeitbarkeitsbereich zu bringen.

(7) Alternativ zur Festlegung von Zielwerten und zulässigen Abweichungen darf der Verarbeitbarkeitsbereich auch durch Setzfließmaßklassen und Viskositätsklassen bestimmt werden.

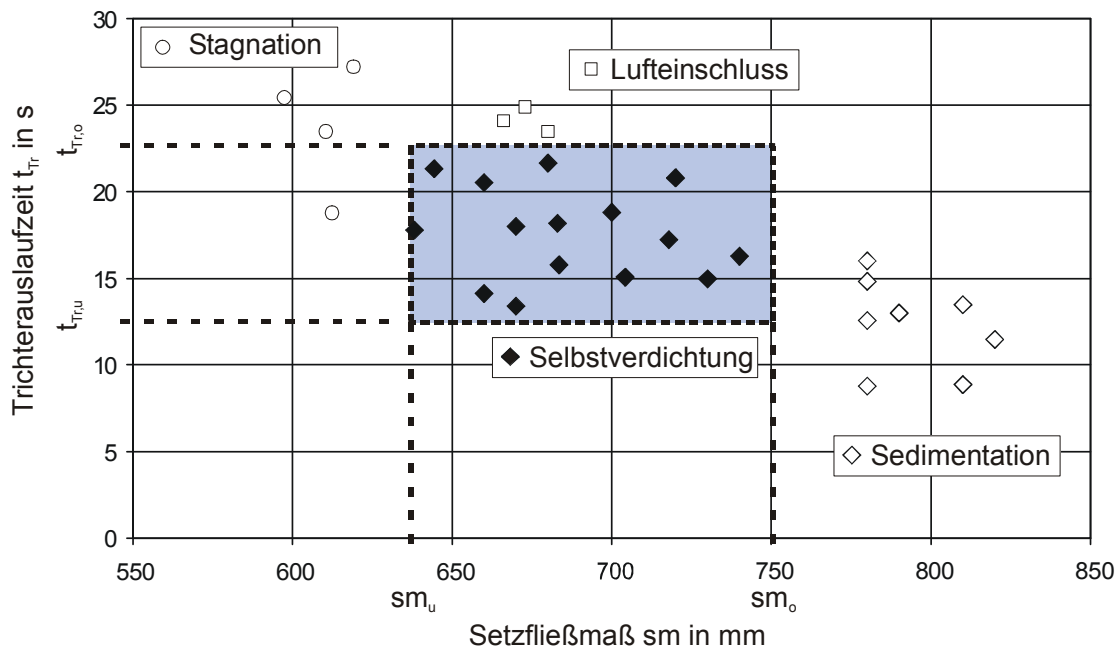


Bild N.1 – Beispiel für einen Verarbeitungsbereich eines selbstverdichtenden Betons

Anhang O (normativ) – Erstprüfung von selbstverdichtendem Beton zur Ermittlung des Widerstandes gegen Frost-Tauwechsel und gegen Frost-Taumittel-Beanspruchung

O.1 Allgemeines

Anhang O regelt die im Rahmen der Erstprüfung von selbstverdichtendem Beton über die DIN EN 206-1, DIN EN 206-9 und DIN 1045-2 hinausgehenden Prüfungen an Festbeton hinsichtlich des Widerstandes gegen Frost-Tau-Wechsel und gegen Frost-Taumittel-Beanspruchung.

O.2 Prüfungen am Festbeton in der Erstprüfung

O.2.1 Prüfplan

Die Festbetonprüfungen richten sich nach der Verwendung des selbstverdichtenden Betons (s. Tabelle O.1).

Tabelle O.1 – Prüfplan für SVB (Expositionsklassen XF2, XF3 und XF4)

Z	1	2	3	4	5
S	Verwendung des SVB für	Prüfung	Prüfzeitpunkt	Abmessungen der Probekörper	Anzahl Probekörper je Prüftermin
1	XF3 ^a	Gesamtluftgehalt im Frischbeton Mikroluftgehalt A_{300} und Abstandsfaktor $\bar{L}$ im Festbeton	vor der Probekörperherstellung nach DIN EN 480-11	nach Anhang O.2.4 nach DIN EN 480-11	– nach DIN EN 480-11
2	XF2 ^a und XF4	Gesamtluftgehalt im Frischbeton Mikroluftgehalt A_{300} und Abstandsfaktor $\bar{L}$ im Festbeton	vor der Probekörperherstellung nach DIN EN 480-11	nach Anhang O.2.4 nach DIN EN 480-11	– nach DIN EN 480-11
^a falls Luftporenbeton verwendet wird					

O.2.2 Widerstand gegen Frost-Tau-Wechsel

Die Bestimmung des Gesamtluftgehaltes im Frischbeton erfolgt nach Anhang O.2.4. Bei Herstellung von SVB mit künstlich eingeführten Luftporen (LP-Beton) sind die Luftporenkennwerte Mikroluftgehalt A_{300} und Abstandsfaktor $\bar{L}$ am Festbeton nach DIN EN 480-11 zu ermitteln.

O.2.3 Widerstand gegen Frost-Taumittel-Beanspruchung

Die Bestimmung des Gesamtluftgehaltes im Frischbeton erfolgt nach Anhang O.2.4. Bei Herstellung von SVB mit künstlich eingeführten Luftporen (LP-Beton) sind die Luftporenkennwerte Mikroluftgehalt A_{300} und Abstandsfaktor $\bar{L}$ am Festbeton nach DIN EN 480-11 zu ermitteln.

O.2.4 Luftgehalt des Frischbetons

Der Luftgehalt des Betons ist mit dem Druckausgleichsverfahren gemäß DIN EN 12350-7 zu bestimmen. Nach dem Füllen des LP-Topfes darf der Beton weder auf dem Rütteltisch noch durch Stochern verdichtet werden. Die Prüfung ist 5 Minuten nach dem Ende des Füllens durchzuführen.

Teil 3 – Ergänzungen und Änderungen zu DIN EN 13670 und DIN 1045-3

8 Betonieren

8.3 Lieferung, Annahme und Transport von Frischbeton auf der Baustelle

DIN 1045-3, neue Absätze werden eingefügt

(NA.8) Die Ergebnisse der Erstprüfung müssen vorgelegt werden.

(NA.9) Selbstverdichtender Beton muss nach Übergabe auf der Baustelle die erforderliche Konsistenz eine ausreichende Zeit lang aufweisen (Verarbeitbarkeitszeit). Die Zeit ist in Abhängigkeit von den Baustellenbedingungen festzulegen. Sie muss so groß sein, dass der in der Schalung vorhandene Beton stets mit dem neu hinzukommenden Beton als einheitliche Masse in der Schalung fließt und aufsteigt.

(NA.10) Die Verarbeitbarkeitszeit darf

- bei der Fertigteilherstellung 20 Minuten und
- bei Transportbeton ab Anlieferung auf der Baustelle 45 Minuten

nicht unterschreiten.

DIN 1045-3, Anmerkung wird ergänzt

ANMERKUNG Die Temperaturabhängigkeit der Frischbetoneigenschaften ist besonders zu berücksichtigen.

8.4 Einbringen und Verdichten

8.4.1 Allgemeines

DIN EN 13670, Absätze (1), (2), (3) und (5) gelten nicht, Absatz (6) gilt sinngemäß für SVB

DIN 1045-3, neuer Absatz wird eingefügt

(NA.8) Es dürfen keine Trennschichten durch Überfließen bereits angesteifter Frischbetonoberflächen entstehen.

8.4.3 Selbstverdichtender Beton

DIN EN 13670, neuer Absatz wird eingefügt

(2) Eine ausreichende Entlüftung des selbstverdichtenden Betons ist durch Wahl eines geeigneten Einbauverfahrens sicherzustellen.

8.5 Nachbehandlung und Schutz

DIN EN 13670, Absatz (4), Anmerkung wird ergänzt

ANMERKUNG Auf die Forderung nach dem unmittelbaren Beginn der Nachbehandlung nach dem Einbau von selbstverdichtendem Beton wird besonders hingewiesen.

8.6 Arbeiten nach dem Betonieren

DIN EN 13670, Absatz (1), Anmerkung wird ergänzt

ANMERKUNG Bei selbstverdichtendem Beton sollten die für den Anwendungsfall vorgesehenen Bearbeitungsverfahren vor Ausführung in einem Praxisversuch überprüft werden.

DIN 1045-3, Anhang NA
NA6 Überwachung des Betonierens

DIN 1045-3, neuer Absatz wird eingefügt (3) Selbstverdichtender Beton ist mindestens in die Überwachungsklasse 2 mit erweiterten Frischbetonprüfungen nach Anhang NB einzuordnen.

DIN 1045-3, Tabelle NA.1, Zeile 5,
6. Spiegelstrich wird ergänzt – selbstverdichtender Beton

DIN 1045-3, Anhang NB
NB.1 Allgemeines

DIN 1045-3, Anhang NB, Tabelle NB.1
wird ersetzt

DAfStb-Richtlinie Selbstverdichtender Beton (SVB-Richtlinie) – Teil 3

Tabelle NB.1 – Umfang und Häufigkeit der Prüfungen bei SVB

S	1	2	3	4	5
Z	Gegenstand	Prüfverfahren	Anforderung	Häufigkeit für Überwachungsklasse	
				2	3
Frisch- und Festbetoneigenschaften					
1	Lieferschein	Augenscheinprüfung		Jedes Lieferfahrzeug	
2	Konsistenz	Prüfung nach DIN EN 12350-8, alternativ nach Teil 2, Anhang M	Verarbeitbarkeitsbereich, wie in Erstprüfung festgelegt	Jedes Lieferfahrzeug	
2a	Trichterauslaufzeit	Prüfung nach DIN EN 12350-9, alternativ nach Teil 2, Anhang M	Verarbeitbarkeitsbereich, wie in Erstprüfung festgelegt	Jedes Lieferfahrzeug	
3	Frischbetonroh-dichte	DIN EN 12350-6	Wie festgelegt	Bei Herstellung von Probekörpern für die Festigkeitsprüfung; In Zweifelsfällen	
4	Gleichmäßigkeit des Betons	Augenscheinprüfung	Homogenes Erscheinungsbild	Jedes Lieferfahrzeug	
		Vergleich von Eigenschaften	Stichproben müssen die gleichen Eigenschaften aufweisen	In Zweifelsfällen	
4a	Sedimentationsneigung	Prüfung nach DIN EN 12350-11	Wie festgelegt	Mit Betonierbeginn und bei Herstellung von Probekörpern für die Festigkeitsprüfung; In Zweifelsfällen	
5	Druckfestigkeit	nach DIN 1045-3, Anhang NB.2	Wie festgelegt mit den Annahmekriterien nach DIN 1045-3, Anhang NB.2	nach DIN 1045-3, Anhang NB.2	
6	Luftgehalt von Luftporenbeton	DIN EN 12350-7	Wie festgelegt	Zu Beginn jedes Betonierabschnitts; In Zweifelsfällen	
7	Andere Eigenschaften	In Übereinstimmung mit Normen, Richtlinien oder wie vorab vereinbart	--	--	--
Technische Einrichtungen					
9	Mess- und Laborgeräte	Funktionskontrolle	Ausreichende Messgenauigkeit	Je Betoniertag	

DIN 1045-3, Anhang NC
NC.1 Ständige Betonprüfstelle

DIN 1045-3 NC.1 (2) wird ersetzt

Das mit der Verarbeitung von selbstverdichtendem Beton befasste Personal ist vor der ersten Betonage durch die ständige Betonprüfstelle besonders zu schulen. Die Schulungen sind zu dokumentieren.

DEUTSCHER AUSSCHUSS FÜR STAHLBETON

DAfStb-Richtlinie

Stahlfaserbeton

Ausgabe November 2012

Ersatz für Ausgabe März 2010; bisherige Vertriebsnummer 65050

Ergänzungen und Änderungen zu DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit
DIN EN 1992-1-1/NA, DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 und
DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3

Teil 1: Bemessung und Konstruktion

Teil 2: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität

Teil 3: Hinweise für die Ausführung

Die Verpflichtungen aus der Richtlinie 98/34/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Juni 1998 über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der Normen und technischen Vorschriften und der Vorschriften für die Dienste der Informationsgesellschaft (ABl. L 204 vom 21.07.1998, S. 37), zuletzt geändert durch Artikel 26 Absatz 2 der Verordnung (EU) Nr. 1025/2012 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2012 (ABl. L 316 vom 14.11.2012, S. 12), sind beachtet worden.

Bezüglich der in dieser Richtlinie genannten Normen, anderen Unterlagen und technischen Anforderungen, die sich auf Produkte oder Prüfverfahren beziehen, gilt, dass auch Produkte bzw. Prüfverfahren angewandt werden dürfen, die Normen oder sonstigen Bestimmungen und/oder technischen Vorschriften anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder der Türkei oder einem EFTA-Staat, der Vertragspartei des EWR-Abkommens ist, entsprechen, sofern das geforderte Schutzniveau in Bezug auf Sicherheit, Gesundheit und Gebrauchstauglichkeit gleichermaßen dauerhaft erreicht wird.

Herausgeber:
Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V. – DAfStb
Budapester Straße 31
D-10787 Berlin
Telefon: 030 2693-1320
info@dafstb.de

Vorwort zu dieser Richtlinie

Die Richtlinie regelt Eigenschaften und Anwendungen des Baustoffes „Stahlfaserbeton“, die nicht durch DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2), DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 und DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3 bzw. die DAfStb-Richtlinien „Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen“ bzw. „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton“ abgedeckt sind. In beiden o. g. Richtlinien ist der Einsatz von Stahlfaserbeton bereits vorgesehen.

Durch Stahlfasern können im gerissenen Beton, ähnlich wie beim Stahlbeton, Zugkräfte über den Riss hinweg übertragen werden. Diese Eigenschaft kann im Grenzzustand der Tragfähigkeit und im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit genutzt werden. Der Zugwiderstand nimmt jedoch i. d. R. mit größer werdender Verformung ab; d. h. die Last-Verformungs-Kurve weist nach der Rissbildung einen abfallenden Ast auf. Bild V.1 zeigt das prinzipielle Verhalten von Stahlfaserbeton auf Zug im Vergleich zu unbewehrtem Beton und Stahlbeton.

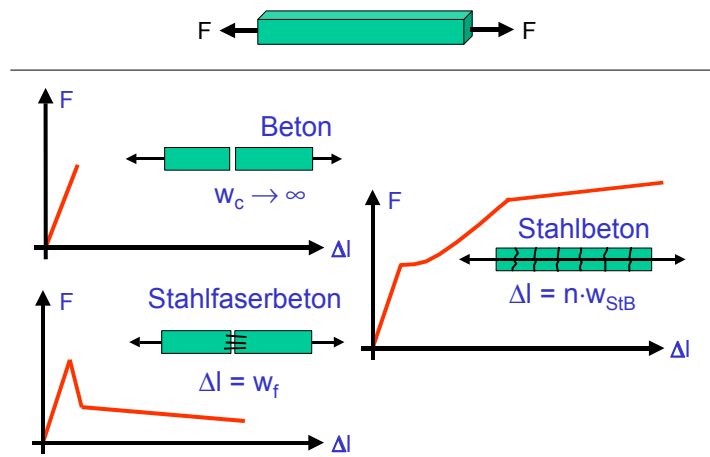


Bild V.1 – Last-Verformungsverhalten von Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton

Die Richtlinie nimmt eine Klassifizierung des Stahlfaserbetons anhand der Nachrissbiegezugfestigkeit in Leistungsklassen vor. Es gibt zwei Leistungsklassen:

- Leistungsklasse L1 für kleine Verformungen;
- Leistungsklasse L2 für größere Verformungen und in Kombination mit Betonstahlbewehrung.

Der Planer legt die Leistungsklassen fest. Die Betonzusammensetzung einschließlich Faserart und -menge wird durch den Hersteller des Stahlfaserbetons festgelegt.

Teil 1 – Ergänzungen und Änderungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

1.1.2 Anwendungsbereich des Eurocode 2 Teil 1-1

DIN EN 1992-1-1, Absatz (1)P wird ersetzt

(1)P Diese Richtlinie gilt zusammen mit Teil 1-1 des Eurocode 2 für die Bemessung und Konstruktion von Tragwerken des Hoch- und Ingenieurbaus aus Stahlfaserbeton sowie Stahlfaserbeton mit Betonstahlbewehrung bis einschließlich zur Druckfestigkeitsklasse C50/60. Die Richtlinie gilt nur bei Verwendung von Stahlfasern mit formschlüssiger, mechanischer Verankerung.

ANMERKUNG: Mechanisch verankerte Fasern sind in der Regel gewellte oder gekröpfte Fasern oder Fasern mit aufgestauchten Köpfen.

Für auf Biegung oder Zug beanspruchte Bauteile, die nach dieser Richtlinie bemessen werden, muss nach Ausbildung von Rissen bis zum Erreichen des Grenzzustandes der Tragfähigkeit am Gesamttragssystem (Systemgleichgewicht) ein Gleichgewichtssystem nachgewiesen werden. Ein Gleichgewichtssystem ist für diesen Zustand erreichbar, wenn mindestens eine der folgenden Voraussetzungen erfüllt ist:

- Schnittgrößenumlagerung innerhalb statisch unbestimmter Systeme;
- Kombination mit Betonstahlbewehrung;
- Normaldruckkräfte infolge äußerer Einwirkungen.

Statisch bestimmte Systeme, die ihre Biegetragfähigkeit nur über Stahlfasern eines Einzelquerschnittes erhalten, sind nicht zulässig. Das Querschnittsgleichgewicht muss in diesen Fällen durch zusätzliche Einlagen von Betonstahl sichergestellt werden.

DIN EN 1992-1-1, Absatz (4)P wird ergänzt

Diese Richtlinie gilt außerdem für folgende Baustoffe und Bauteile nicht:

- Bauteile aus vorgespanntem Stahlfaserbeton;
- gefügedichte und haufwerksporige Leichtbetone;
- hochfeste Betone der Druckfestigkeitsklassen ab C55/67;
- selbstverdichtende Betone;
- Stahlfaserspritzbetone;
- Stahlfaserbetone ohne Betonstahlbewehrung in den Expositionsklassen XS2, XD2, XS3 und XD3, bei denen die Stahlfasern rechnerisch in Ansatz gebracht werden.

ANMERKUNG zum letzten Spiegelstrich: Stahlfaserbeton mit Betonstahlbewehrung darf grundsätzlich in allen Expositionsklassen verwendet und in den rechnerischen Grenzzuständen berücksichtigt werden.

DIN EN 1992-1-1, neuer Absatz (R.5) wird eingefügt

(R.5) Sinngemäß ist die Anwendung dieser Richtlinie auch auf nichttragende Bauteile möglich. Die Anwendung der Richtlinie sollte hierfür im Einzelfall vereinbart werden.

1.2 Normative Verweisungen

1.2.2 Weitere normative Verweisungen

Die nachfolgenden normativen Verweisungen und Hinweise gelten für diesen Teil der Richtlinie zusätzlich zu den Angaben in DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA.

DIN EN 14889-1, *Fasern für Beton – Teil 1: Stahlfasern – Begriffe, Festlegungen und Konformität*

1.5 Begriffe

1.5.2 Besondere Begriffe und Definitionen in dieser Norm

Die nachfolgenden Begriffe und Formelzeichen gelten für diesen Teil der Richtlinie zusätzlich zu den Angaben in DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA.

Begriffe werden ergänzt

R.1.5.2.27 Stahlfaserbeton

Stahlfaserbeton ist ein Beton nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2, dem zum Erreichen bestimmter Eigenschaften Stahlfasern zugegeben werden. Diese Richtlinie berücksichtigt rechnerisch die Wirkung der Fasern.

R.1.5.2.28 Nachrisszugfestigkeit

Fiktive Festigkeit des Stahlfaserbetons in der Zugzone nach Überschreiten der Zugfestigkeit des reinen Betons. Die tatsächlich in den Stahlfasern auftretenden Zugkräfte werden auf die Fläche der Betonzugzone bezogen; die resultierende Kraftrichtung ist normal zur Rissfläche orientiert.

R.1.5.2.29 Nachrissbiegezugfestigkeit

Der Biegezugfestigkeit entsprechender Wert des Querschnittswiderstandes bei Biegung nach Ausbildung von Rissen.

R.1.5.2.30 Leistungsklasse

Kennzeichnung der charakteristischen Werte der Nachrissbiegezugfestigkeiten von Stahlfaserbeton für die Verformungen 1 und 2. Den Verformungen 1 und 2 sind Durchbiegungswerte im Versuch nach Teil 2, Anhang O, zugeordnet.

1.6 Formelzeichen

große lateinische Buchstaben werden ergänzt

A_{ct}^f	zum jeweiligen Gleichgewichtszustand gehörige unter Zugspannung stehende Querschnittsfläche der gerissenen Querschnitte bzw. Fließgelenke
$A_{s,min}^f$	Mindestbewehrungsquerschnitt von Stahlfaserbeton
F_{fd}	aus der Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons resultierende Biegezugkraft
L	Leistungsklasse
L1	Leistungsklasse 1
L2	Leistungsklasse 2
$V_{Rd,c}^f$	Bemessungswert der durch den Stahlfaserbeton ohne Querkraftbewehrung aufnehmbaren Querkraft
$V_{Rd,cf}$	Bemessungswert der durch die Stahlfaserwirkung aufnehmbaren Querkraft
$V_{Rd,s}^f$	Bemessungswert der durch die Tragfähigkeit der Querkraftbewehrung einschließlich Stahlfaserwirkung begrenzten aufnehmbaren Querkraft

kleine lateinische Buchstaben werden ergänzt

f_{ct0}^f	Grundwert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons
$f_{ct0,L1}^f$	Grundwert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons in Leistungsklasse 1 bei Verwendung der vollständigen Spannungs-Dehnungsline nach Bild R.1 oder R.2
$f_{ct0,L2}^f$	Grundwert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons in Leistungsklasse 2 bei Verwendung der vollständigen Spannungs-Dehnungsline nach Bild R.1 oder R.2
$f_{ct0,s}^f$	Grundwert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit bei Verwendung von Betonstahlbewehrung
$f_{ct0,u}^f$	Grundwert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons bei Verwendung des rechteckigen Spannungsblocks sowie bei Verwendung von Betonstahlbewehrung im Grenzzustand der Tragfähigkeit
f_{cfik}^f	Charakteristischer Wert der Nachrissbiegezugfestigkeit des Stahlfaserbetons
$f_{ctd,L1}^f$	Bemessungswert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons in Leistungsklasse 1 bei Verwendung der vollständigen Spannungs-Dehnungsline nach Bild R.1 oder R.2
$f_{ctd,L2}^f$	Bemessungswert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons in Leistungsklasse 2 bei Verwendung der vollständigen Spannungs-Dehnungsline nach Bild R.1 oder R.2
$f_{ctd,s}^f$	Bemessungswert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit bei Verwendung des rechteckigen Spannungsblocks sowie bei Verwendung von Betonstahlbewehrung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
$f_{ctd,u}^f$	Bemessungswert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons bei Verwendung des rechteckigen Spannungsblocks sowie bei Verwendung von Betonstahlbewehrung im Grenzzustand der Tragfähigkeit
$f_{ctR,j}^f$	Rechenwert der Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons
$f_{ctR,L1}^f$	Rechenwert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons in Leistungsklasse 1 bei Verwendung der vollständigen Spannungs-Dehnungsline nach Bild R.1 oder R.2
$f_{ctR,L2}^f$	Rechenwert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons in Leistungsklasse 2 bei Verwendung der vollständigen Spannungs-Dehnungsline nach Bild R.1 oder R.2
$f_{ctR,s}^f$	Rechenwert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit bei Verwendung von Betonstahlbewehrung
$f_{ctR,u}^f$	Rechenwert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons bei Verwendung des rechteckigen Spannungsblocks sowie bei Verwendung von Betonstahlbewehrung im Grenzzustand der Tragfähigkeit

DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton – Teil 1

kleine griechische Buchstaben werden ergänzt

s_w^f	Länge, über welche ein Riss im Stahlfaserbeton als verschmiert angesetzt wird, um die rechnerische Dehnung des Stahlfaserbetons unter Zugbeanspruchung zu erhalten
$v_{Rd,cf}$	Bemessungswert der durch die Stahlfaserwirkung aufnehmbaren Querkraft im kritischen Rundschnitt
$v_{Rd,c}^f$	Durchstanzwiderstand je Flächeneinheit einer Platte ohne Durchstanzbewehrung mit Berücksichtigung der Faserwirkung
z_f	innerer Hebelarm der aus der Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons resultierenden Biegezugkraft
α	Verhältniswert des Rechenwertes der Nachrisszugfestigkeit von Stahlfaserbeton zum Mittelwert der Betonzugfestigkeit; Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung von Langzeitwirkungen auf die Nachrisszugfestigkeit
β	Beiwert zur Ermittlung der Grundwerte der zentrischen Nachrisszugfestigkeit
δ	Verformung
κ	Faktor zur Berücksichtigung der Bauteilgröße; Beiwert zur Berücksichtigung der Faserorientierung
α_f	Verhältniswert des Rechenwertes der Nachrisszugfestigkeit zum Mittelwert der Betonzugfestigkeit
α_c^f	auf das Bemessungskonzept abgestimmter Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung von Langzeitwirkungen auf die Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons
β_{L1}	Beiwert zur Ermittlung des Grundwertes der zentrischen Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons in Leistungsklasse 1 bei Verwendung der vollständigen Spannungs-Dehnungslinie nach Bild R.1 oder R.2
β_{L2}	Beiwert zur Ermittlung des Grundwertes der zentrischen Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons in Leistungsklasse 2 bei Verwendung der vollständigen Spannungs-Dehnungslinie nach Bild R.1 oder R.2
β_s	Beiwert zur Ermittlung des Grundwertes der zentrischen Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit bei Verwendung von Betonstahlbewehrung
β_u	Beiwert zur Ermittlung des Grundwertes der zentrischen Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons bei Verwendung des rechteckigen Spannungsblocks sowie bei Verwendung von Betonstahlbewehrung im Grenzzustand der Tragfähigkeit
γ_{ct}^f	Teilsicherheitsbeiwert für die Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons
δ_{L1}	Verformung im Versuch nach Teil 2, Anhang O, zur Auswertung der Nachrisszugfestigkeit bei Leistungsklasse 1
δ_{L2}	Verformung im Versuch nach Teil 2, Anhang O, zur Auswertung der Nachrisszugfestigkeit bei Leistungsklasse 2
ε_c^f	rechnerische Stauchung des Stahlfaserbetons unter Druckbeanspruchung

ε_{ct}^f	rechnerische Zugdehnung des Stahlfaserbetons unter Zugbeanspruchung
$\varepsilon_{ct,u}^f$	rechnerische Bruchdehnung des Stahlfaserbetons unter Zugbeanspruchung
ε_{sm}^f	mittlere Dehnung des Betonstahls unter Berücksichtigung der Stahlfaserwirkung
K_G^f	Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses der Bauteilgröße auf den Variationskoeffizienten
K_F^f	Faktor zur Berücksichtigung der Faserorientierung zur Ermittlung der Rechenwerte der zentrischen Nachrisszugfestigkeiten aus den Grundwerten der zentrischen Nachrisszugfestigkeiten
$\rho_{w,min}^f$	Mindestquerkraftbewehrungsgrad unter Berücksichtigung der Faserwirkung
ϕ_s^f	modifizierter Stabdurchmesser der Betonstahlbewehrung beim Rissbreitennachweis mit Berücksichtigung der Stahlfaserwirkung
σ_{ct}^f	Zugspannung des Stahlfaserbetons

2 Grundlagen der Tragwerksplanung

2.2 Grundsätzliches zur Bemessung mit Grenzzuständen

DIN EN 1992-1-1, neuer Absatz (R.2) wird eingefügt

(R.2) Der Grenzzustand der Tragfähigkeit gilt als erreicht, wenn in den kritischen Querschnitten des Tragwerkes

- die kritische Dehnung des Stahlfaserbetons oder
- die kritische Stahldehnung oder
- die kritische Betondehnung oder

wenn am Gesamtsystem der kritische Zustand des indifferenten Gleichgewichtes erreicht ist. Eine Stabilisierung des Systems durch Ansatz der Zugfestigkeit des Betons oder der Zugfestigkeit des Stahlfaserbetons ist nicht zulässig, wohingegen die Nachrisszugfestigkeit zur Stabilisierung herangezogen werden darf.

2.4 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten

2.4.2 Bemessungswerte

2.4.2.4 Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe

DIN EN 1992-1-1/NA, Tabelle 2.1DE wird ergänzt

Die Tabelle 2.1DE wird durch eine Spalte 4 gemäß Tabelle R.1 ergänzt.

Tabelle R.1 – Teilsicherheitsbeiwert für Stahlfaserbeton in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (Ergänzung zu DIN EN 1992-1-1/NA, Tabelle 2.1DE)

Spalte	1	4
Zeile	Bemessungssituationen	γ_{ct}^f für Stahlfaserbeton ohne bzw. mit Betonstahlbewehrung
1	ständig und vorübergehend	1,25
2	außergewöhnlich	

NA.2.8 Bautechnische Unterlagen

NA.2.8.2 Zeichnungen

DIN EN 1992-1-1/NA, Absatz (3)P, Spiegelstrich wird ergänzt

DIN EN 1992-1-1/NA, neue Absätze (R.5)P und (R.6)P werden eingefügt

– die Leistungsklassen des Stahlfaserbetons

(R.5)P Auch für Stahlfaserbeton ohne und mit Betonstahlbewehrung sind Bewehrungszeichnungen anzufertigen. Darin sind die Bereiche zu kennzeichnen, in denen Stahlfaserbeton verwendet wird. In den Zeichnungen müssen insbesondere die Druckfestigkeitsklassen, die Expositions- und Feuchtigkeitsklassen sowie die erforderlichen Leistungsklassen angegeben werden. Abhängig von den lichten Abständen der Betonstahlbewehrung ist ggf. die maximale Länge der Stahlfasern festzulegen.

(R.6)P In den Ausführungszeichnungen sind die Betonierabschnitte sowie die Betonierreihenfolge verbindlich vorzugeben.

3 Baustoffe

DIN EN 1992-1-1, neue Abschnitte R.3.5 und R.3.6 werden eingefügt

R.3.5 Stahlfasern

(1)P Es gilt DIN 1045-2 in Verbindung mit DIN EN 14889-1. Die Konformität der Stahlfasern muss gemäß dem System "1" bescheinigt sein.

R.3.6 Stahlfaserbeton

R.3.6.1 Allgemeines

(1)P Die Leistungsklassen für Stahlfaserbeton werden durch das vorangestellte Symbol L gekennzeichnet. Die erste Zahl bezeichnet die Leistungsklasse L1 für die Verformung δ_{L1} und die zweite Zahl bezeichnet die Leistungsklasse L2 für die Verformung δ_{L2} . Beide Leistungsklassen sind zusätzlich zu der Druckfestigkeitsklasse und den Expositions- und Feuchtigkeitsklassen anzugeben (Bezeichnung siehe z. B. R.3.6.3 (1)P). In Tabelle R.2 ist die Beziehung zwischen Verformungswerten und Leistungsklassen angegeben.

Tabelle R.2 – Verformungswerte und Leistungsklassen für Stahlfaserbeton

Spalte	1	2	3
Zeile	Leistungs- klasse	Nachweise im Grenzzustand der	Verformungswerte im Versuch nach Teil 2, Anhang O
1	L1	Gebrauchstauglichkeit	$\delta_{L1} = 0,5 \text{ mm}$
2	L2	Tragfähigkeit/Gebrauchstauglichkeit bei Verwendung von Betonstahlbewehrung	$\delta_{L2} = 3,5 \text{ mm}$

R.3.6.2 Eigenschaften

Stahlfaserbeton besitzt eine Nachrisszugfestigkeit (siehe Bilder R.1 und R.2). Diese Nachrisszugfestigkeit ist fiktiv und wird auf den Betonquerschnitt bezogen. Sie darf nicht zur Ermittlung von Stahlspannungen in den Fasern herangezogen werden.

R.3.6.3 Festigkeiten

(1)P Die Bezeichnungen der Leistungsklassen entsprechen den charakteristischen Werten der Nachrissbiegezugfestigkeiten für die jeweiligen Verformungen. Diese charakteristischen Werte sind für den Stahlfaserbeton nach Teil 2, Anhang O, nachzuweisen.

Die Angabe der Leistungsklasse ist nach folgendem Beispiel vorzunehmen:

C30/37 – L1,2/0,9 – XC1 – WO

Dabei ist

C30/37	Druckfestigkeitsklasse des Betons nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2;
L1,2/0,9	Stahlfaserbeton der Leistungsklasse L1-1,2 für die Verformung 1, Stahlfaserbeton der Leistungsklasse L2-0,9 für die Verformung 2 (s. a. Teil 2, Anhang O);
XC1	Expositionsklasse;
WO	Feuchtigkeitsklasse.

ANMERKUNG: Die Leistungsklasse L1 ist in der Regel größer oder gleich Leistungsklasse L2.

(2)P Die Grundwerte der zentrischen Nachrisszugfestigkeiten in Tabelle R.3 ergeben sich aus dem charakteristischen Wert der Nachrissbiegezugfestigkeit f_{cfik}^f nach Teil 2, Anhang O, zu:

$$f_{\text{ct0,L1}}^f = f_{\text{cfik,L1}}^f \cdot \beta_{L1} \quad (\text{R.3.31})$$

$$f_{\text{ct0,L2}}^f = f_{\text{cfik,L2}}^f \cdot \beta_{L2} \quad (\text{R.3.32})$$

$$f_{\text{ct0,u}}^f = f_{\text{cfik,L2}}^f \cdot \beta_u \quad (\text{R.3.33})$$

$$f_{\text{ct0,s}}^f = f_{\text{cfik,L2}}^f \cdot \beta_s \quad (\text{R.3.34})$$

Gl. (R.3.34) gilt für $L2/L1 \leq 1,0$, sonst gilt Absatz (4)P.

Dabei ist

$f_{\text{ct0,L1}}^f$ Grundwert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit nach Tabelle R.3, Spalte 2;

$f_{\text{ct0,L2}}^f$ Grundwert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit nach Tabelle R.3, Spalte 4;

$f_{\text{ct0,u}}^f$ Grundwert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit nach Tabelle R.3, Spalte 5;

$f_{\text{ct0,s}}^f$ Grundwert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit nach Tabelle R.3, Spalte 6;

β_{L1} Wert nach Absatz (3);

β_{L2} Wert nach Absatz (3);

$\beta_u = 0,37$; für den Spannungsblock;

$\beta_s = 0,37$; bei Verwendung von Betonstahlbewehrung.

(3) Wenn das Verhältnis der Leistungsklassenwerte $L2/L1$ größer als 0,7 ist, darf $\beta_{L1} = 0,40$ bzw. $\beta_{L2} = 0,25$ angesetzt werden. Ansonsten ist für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit der Spannungsblock anzunehmen. Für genauere Nachweise zur Bestimmung von β_{L2} ist Teil 2, Anhang P, zu beachten.

(4)P Wenn das Verhältnis der Leistungsklassenwerte $L2/L1$ größer als 1,0 ist, dann darf der Spannungsblock nicht angewendet werden und es gilt:

$$f_{\text{ct0,s}}^f = f_{\text{cfik,L1}}^f \cdot \beta_s \quad (\text{R.3.35})$$

DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton – Teil 1

(5)P Die Rechenwerte der zentrischen Nachrisszugfestigkeiten ergeben sich aus den Grundwerten der zentrischen Nachrisszugfestigkeiten zu:

$$f_{ctR,L1}^f = K_F^f \cdot K_G^f \cdot f_{ct0,L1}^f \quad (R.3.36)$$

$$f_{ctR,L2}^f = K_F^f \cdot K_G^f \cdot f_{ct0,L2}^f \quad (R.3.37)$$

$$f_{ctR,u}^f = K_F^f \cdot K_G^f \cdot f_{ct0,u}^f \quad (R.3.38)$$

$$f_{ctR,s}^f = K_F^f \cdot K_G^f \cdot f_{ct0,s}^f \quad (R.3.39)$$

Dabei ist

K_G^f Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses der Bauteilgröße auf den Variationskoeffizienten
 $= 1,0 + A_{ct}^f \cdot 0,5 \leq 1,70$;

K_F^f Faktor zur Berücksichtigung der Faserorientierung,
 $K_F^f = 0,5$; bei ebenen, liegend hergestellten flächenhaften Bauteilen ($b > 5h$) oder bei Balken in ihrer Längsrichtung darf $K_F^f = 1,0$ bei Biege- und Zugbeanspruchung angenommen werden;

A_{ct}^f zum jeweiligen Gleichgewichtszustand gehörige, unter Zugspannung stehende Querschnittsfläche der gerissenen Bereiche bzw. Fließgelenke in m^2 .

ANMERKUNG: Bei Bauteilen unter reiner Biegung ohne Normalkraft darf A_{ct}^f mit $0,9 A_c$ abgeschätzt werden.

Tabelle R.3 – Leistungsklassen L1 und L2 für Stahlfaserbeton mit zugehörigen Grundwerten der zentrischen Nachrisszugfestigkeiten

Spalte	1	2	3	4	5	6
Zeile	Grundwerte der zentrischen Nachrisszugfestigkeit f_{ct0}^f in N/mm^2					
	Verformung 1		Verformung 2			
	L1	$f_{ct0,L1}^f$	L2	$f_{ct0,L2}^f$	$f_{ct0,u}^f$	$f_{ct0,s}^f$ ^c
1	0	< 0,16	0	–	–	–
2	0,4 ^a	0,16	0,4 ^a	0,10	0,15	0,15
3	0,6	0,24	0,6	0,15	0,22	0,22
4	0,9	0,36	0,9	0,23	0,33	0,33
5	1,2	0,48	1,2	0,30	0,44	0,44
6	1,5	0,60	1,5	0,38	0,56	0,56
7	1,8	0,72	1,8	0,45	0,67	0,67
8	2,1	0,84	2,1	0,53	0,78	0,78
9	2,4	0,96	2,4	0,60	0,89	0,89
10	2,7 ^b	1,08	2,7 ^b	0,68	1,00	1,00
11	3,0 ^b	1,20	3,0 ^b	0,75	1,11	1,11

^a nur für flächenhafte Bauteile ($b > 5h$).
^b Für Stahlfaserbeton dieser Leistungsklassen ist eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder eine Zustimmung im Einzelfall erforderlich.
^c gilt für $L2/L1 \leq 1,0$; für $L2/L1 > 1,0$ siehe Absatz (4)P.

R.3.6.4 Spannungs-Dehnungs-Linie für nichtlineare Verfahren der Schnittgrößenermittlung und für Verformungsberechnungen

(1) Die Spannungen und Dehnungen modellieren fiktiv die Tragwirkung des Verbundbaustoffes Stahlfaserbeton. Im gezogenen Bereich dürfen für Stahlfaserbeton daher ersatzweise die nachfolgend angegebenen trilinearen Spannungs-Dehnungslinien angesetzt werden. In den Bildern R.1 und R.2 bedeuten:

σ_{ct}^f	Zugspannung des Stahlfaserbetons;
$f_{ctd,L1}^f$	Bemessungswert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons in Leistungsklasse 1 bei Verwendung der vollständigen Spannungs-Dehnungslinie nach Bild R.1 oder R.2;
$f_{ctd,L2}^f$	Bemessungswert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons in Leistungsklasse 2 bei Verwendung der vollständigen Spannungs-Dehnungslinie nach Bild R.1 oder R.2;
$f_{ctd,u}^f$	Bemessungswert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit bei Verwendung des rechteckigen Spannungsblocks sowie bei Verwendung von Betonstahlbewehrung im Grenzzustand der Tragfähigkeit;
$f_{ctd,s}^f$	Bemessungswert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit bei Verwendung des rechteckigen Spannungsblocks sowie bei Verwendung von Betonstahlbewehrung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit;
$f_{ctR,L1}^f$	Rechenwert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons in Leistungsklasse 1 bei Verwendung der vollständigen Spannungs-Dehnungslinie nach Bild R.1 oder R.2;
$f_{ctR,L2}^f$	Rechenwert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons in Leistungsklasse 2 bei Verwendung der vollständigen Spannungs-Dehnungslinie nach Bild R.1 oder R.2;
$f_{ctR,s}^f$	Rechenwert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit bei Verwendung von Betonstahlbewehrung;
$f_{ctR,u}^f$	Rechenwert der zentrischen Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons bei Verwendung des rechteckigen Spannungsblocks sowie bei Verwendung von Betonstahlbewehrung im Grenzzustand der Tragfähigkeit;
ε_{ct}^f	rechnerische Zugdehnung des Stahlfaserbetons;
γ_{ct}^f	Sicherheitsbeiwert nach Tabelle R.1;
$\alpha_c^f =$	0,85; auf das Bemessungskonzept abgestimmter Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung von Langzeitwirkungen auf die Nachrisszugfestigkeit des Stahlfaserbetons.

(2)P Bei nichtlinearen Verfahren ist der lineare Verlauf der Spannungs-Dehnungslinie bis f_{ctm} in der Berechnung mit zu berücksichtigen. Dies gilt auch für genauere Verformungsberechnungen. Bei der Schnittgrößenermittlung und bei überschlüsslichen Verformungsberechnungen darf der lineare Verlauf bis f_{ctm} unberücksichtigt bleiben.

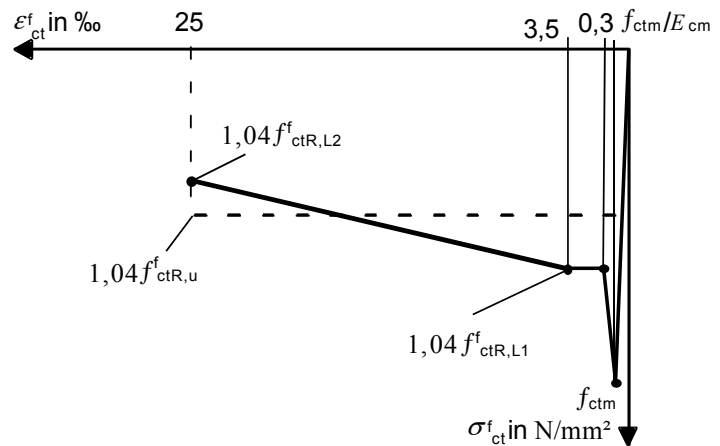


Bild R.1 – Spannungs-Dehnungs-Linie des Stahlfaserbetons im gezogenen Bereich für die Schnittgrößen- und die Verformungsermittlung bei nichtlinearen Verfahren

R.3.6.5 Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung

(1)P Im gezogenen Bereich ist entweder die vollständige Spannungs-Dehnungs-Linie (durchgezogene Linie) oder vereinfachend der Spannungsblock (gestrichelte Linien) nach Bild R.2 für die Querschnittsbemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit anzusetzen.

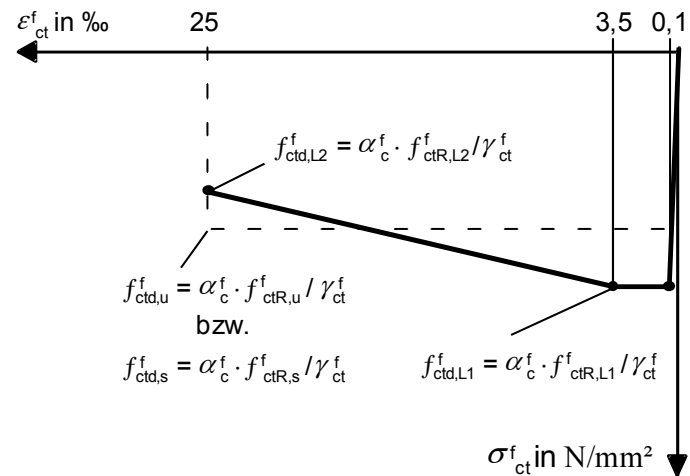


Bild R.2 – Spannungs-Dehnungs-Linie des Stahlfaserbetons im gezogenen Bereich für die Querschnittsbemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit außer für nichtlineare Verfahren

4 Dauerhaftigkeit und Betondeckung

4.4 Nachweisverfahren

4.4.1.2 Mindestbetondeckung $c_{\min}$

DIN EN 1992-1-1, Absatz (1)P wird ergänzt

Für den Nachweis des Feuerwiderstandes von Bauteilen aus Stahlfaserbeton mit Betonstahlbewehrung gelten die Regelungen von DIN EN 1992-1-2 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-2/NA.

DIN EN 1992-1-1, Absatz (5) wird ergänzt Für Stahlfaserbeton gelten die Mindestbetondeckungen $c_{\min, \text{dur}}$ nur für gegebenenfalls eingelegten Betonstahl, nicht jedoch für die Stahlfasern. Fasern können oberflächennah korrodieren und gegebenenfalls Rostverfärbungen verursachen. Eine Beeinträchtigung der Dauerhaftigkeit ist damit nicht gegeben.

5 Ermittlung der Schnittgrößen

5.6 Verfahren nach der Plastizitätstheorie

5.6.1 Allgemeines

DIN EN 1992-1-1, neuer Absatz (R.6) wird eingefügt

(R.6) Verfahren nach der Plastizitätstheorie dürfen bei Stahlfaserbetonbauteilen grundsätzlich angewendet werden, wenn die überwiegende Zugtragwirkung durch Betonstahl erzielt wird. In allen anderen Fällen beschränkt sich die Anwendung der Plastizitätstheorie auf elastisch gebettete Bauteile, rückverankerte Unterwasserbetonsohlen, pfahlgestützte Bodenplatten, schalenförmige Bauteile und monolithisch hergestellte Fertigteilbehälter.

5.7 Nichtlineare Verfahren

DIN EN 1992-1-1, Absatz (1) wird ergänzt

Nichtlineare Verfahren dürfen bei Stahlfaserbetonbauteilen grundsätzlich angewendet werden, wenn die überwiegende Tragwirkung durch Betonstahl erzielt wird. In allen anderen Fällen beschränkt sich die Anwendung der nichtlinearen Verfahren auf elastisch gebettete Bauteile, rückverankerte Unterwasserbetonsohlen, pfahlgestützte Bodenplatten, schalenförmige Bauteile und monolithisch hergestellte Fertigteilbehälter.

DIN EN 1992-1-1, Absatz (NA.7)P wird ersetzt

Bei nichtlinearen Verfahren der Schnittgrößenermittlung gilt:

$$R_d = R (f_{cR}; 1,04 \cdot f_{ctR, Li}; f_{yR}; f_{tR}) / \gamma_R \quad (\text{R.5.12.1})$$

Dabei ist

$1,04 \cdot f_{ctR, Li}$ rechnerischer Mittelwert der vom Stahlfaserbeton nach einer Rissbildung aufnehmbaren Zugbeanspruchung nach Abschnitt 3 für die zugrundegelegten Leistungsklassen L1 oder L2;

f_{cR}, f_{yR}, f_{tR} der jeweilige rechnerische Mittelwert der Festigkeiten des Betons und des Betonstahls;

γ_R der Teilsicherheitsbeiwert für den Systemwiderstand.

DIN EN 1992-1-1/NA, Absatz (NA.9)P wird ergänzt

Bei der Ermittlung der Formänderungen sowie der Verteilung der inneren Kräfte ist in der Zugzone eine Spannungsverteilung nach Bild R.2 zugrunde zu legen; für die Druckzone gilt 3.1.5 in DIN EN 1992-1-1 unverändert.

DIN EN 1992-1-1, Absatz (NA.10) wird ergänzt

Bei Verwendung von Stahlfaserbeton gilt entsprechend $\gamma_R = 1,4$. Für Stahlfaserbeton mit Betonstahlbewehrung darf ohne Nachweis $\gamma_R = 1,35$ für ständige, vorübergehende und außergewöhnliche Bemessungssituationen angesetzt werden. Bei genauem Nachweis gilt für γ_R :

$$1,3 \leq 1,3 + \frac{0,1 \cdot F_{fd}}{F_{fd} + F_{sd}} \leq 1,4; \quad (\text{R.5.12.8})$$

Erläuterung von F_{fd} und F_{sd} , siehe Bild R.3.

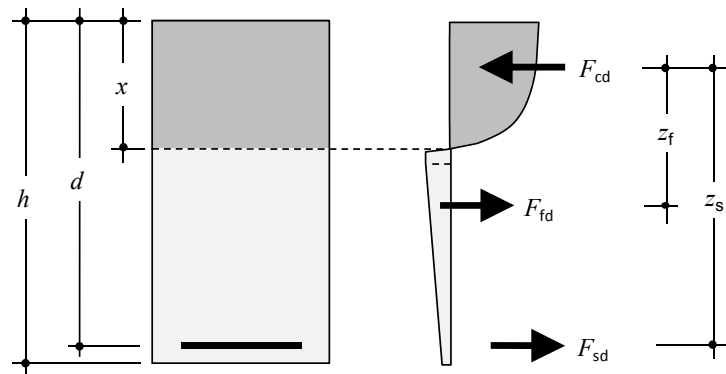


Bild R.3 – Traganteil der Stahlfasern F_{fd} und Traganteil der Stabbewehrung F_{sd} im maßgebenden Querschnitt

DIN EN 1992-1-1/NA, Absatz (NA.12)P wird ergänzt

Der Grenzzustand der Tragfähigkeit gilt ebenso als erreicht, wenn zusätzlich zu den in DIN EN 1992-1-1 definierten Grenzdehnungen in einem beliebigen Querschnitt des Tragwerks die rechnerische Bruchdehnung $\varepsilon_{ct,u}^f$ des Stahlfaserbetons gemäß R.3.6.4 erreicht wird.

DIN EN 1992-1-1/NA, Absatz (NA.14)P wird ergänzt

Für die Mitwirkung des Betons auf Zug zwischen den Rissen sind die üblichen Verfahren des Stahlbetonbaus anzuwenden. Dabei ist die Spannung in der Zugbewehrung bei Erstrissbildung und im gerissenen Querschnitt unter Berücksichtigung der durch die Fasern im Riss übertragbaren Beanspruchungen zu ermitteln.

5.8 Berechnung von Bauteilen unter Normalkraft nach Theorie II. Ordnung

5.8.2 Allgemeines

DIN EN 1992-1-1, neuer Absatz (R.7)P wird eingefügt

(R.7)P Für knickgefährdete Bauteile aus Stahlfaserbeton nach dieser Richtlinie darf die Wirkung der Fasern für den rechnerischen Nachweis nicht berücksichtigt werden.

5.9 Seitliches Ausweichen schlanker Träger

DIN EN 1992-1-1, neuer Absatz (R.5)P wird eingefügt

(R.5)P Eine Anrechnung der Faserwirkung zum rechnerischen Nachweis stabilitätsgefährdeter schlanker Träger ist gemäß dieser Richtlinie nicht zulässig.

5.10 Spannbetontragwerke

Bei Anwendung dieser Richtlinie gilt dieser Abschnitt nicht.

6 Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (GZT)

6.1 Biegung mit oder ohne Normalkraft und Normalkraft allein

DIN EN 1992-1-1, Absatz (2)P wird ergänzt

Bei der Bestimmung der Querschnittstragfähigkeit bei Verwendung von Stahlfaserbeton werden zusätzlich die folgenden Annahmen getroffen:

- die Spannungen im Stahlfaserbeton werden sowohl in der Zug- als auch in der Druckzone aus dem Spannungs-Dehnungsdiagramm entsprechend Bild R.4 bestimmt;
- für einen Querschnitt ohne Stabbewehrung wird als statische Höhe die Querschnittshöhe h angesetzt. Für einen mit Stahlfasern bewehrten Querschnitt mit Stabbewehrung gelten die Festlegungen in DIN EN 1992-1-1;
- die Dehnungen in der Zugzone werden auf $\varepsilon_{su} = \varepsilon_{ct,u}^f = 25 \text{ ‰}$ begrenzt.

DIN EN 1992-1-1, neuer Absatz (R.9)P wird eingefügt

(R.9)P In Arbeitsfugen darf die Faserwirkung nicht angesetzt werden.

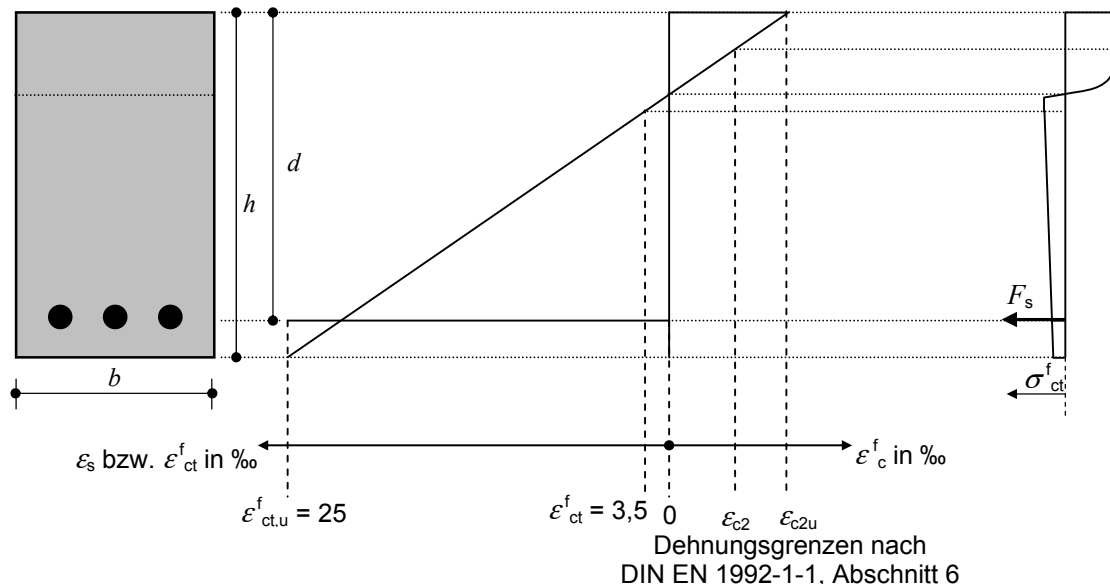


Bild R.4 – Ermittlung der Spannungen bzw. Dehnungen für Stahlfaserbeton

6.2 Querkraft

6.2.1 Nachweisverfahren

DIN EN 1992-1-1, Absatz (1)P wird ergänzt

- $V_{Rd,c}^f$ Bemessungswert der durch den Stahlfaserbeton ohne Querkraftbewehrung aufnehmbaren Querkraft;
- $V_{Rd,s}^f$ Bemessungswert der durch die Tragfähigkeit der Querkraftbewehrung einschließlich Stahlfaserwirkung begrenzten aufnehmbaren Querkraft.

DIN EN 1992-1-1, Absatz (4) wird ergänzt

Bei Verwendung von Stahlfaserbeton darf auch bei balkenartigen Bauteilen ($b \leq 5h$) die Mindestquerkraftbewehrung aus Betonstahl nach DIN EN 1992-1-1, 9.2.2 (5), durch Anrechnung der Faserwirkung auf Null reduziert werden. Dabei gelten für die Werte ρ die unter DIN EN 1992-1-1/NA, Gleichungen 9.5aDE und 9.5bDE angegebenen Mindestwerte.

6.2.2 Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung

DIN EN 1992-1-1, Absatz (1) wird ergänzt Der Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,c}^f$ stahlfaserbewehrter Bauteile ist im Allgemeinen nach Gl. (R.6.2c) zu ermitteln.

$$V_{Rd,c}^f = V_{Rd,c} + V_{Rd,cf} \quad (\text{R.6.2c})$$

Dabei ist

$V_{Rd,c}$ nach Gl. (6.2a) in DIN EN 1992-1-1.

$$V_{Rd,cf} = \frac{\alpha_c^f \cdot f_{ctR,u}^f \cdot b_w \cdot h}{\gamma_{ct}^f} \quad (\text{R.6.2d})$$

Bei der Ermittlung von $f_{ctR,u}^f$ ist $A_{ct}^f = b_w \cdot d \leq b_w \cdot 1,50$ anzusetzen.

Bei Längszugspannungen im Querschnitt darf die Faserwirkung nicht berücksichtigt werden: $V_{Rd,cf} = 0$.

ANMERKUNG: Bei Balken ist stets eine Mindestbewehrung erforderlich, sofern nicht die Faserwirkung gemäß 9.2.2 ausreichend ist.

6.2.3 Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung

DIN EN 1992-1-1, Absatz (3) wird ergänzt Der Bemessungswert $V_{Rd,s}^f$ ist bei Bauteilen mit Querkraftbewehrung rechtwinklig zur Bauteilachse einschließlich Stahlfaserverwirkung nach Gl. (R.6.8.1) zu ermitteln.

$$V_{Rd,s}^f = V_{Rd,s} + V_{Rd,cf} \leq V_{Rd,max} \quad (\text{R.6.8.1})$$

Dabei ist

$V_{Rd,s}$ nach Gl. (6.8) in DIN EN 1992-1-1;

$V_{Rd,cf}$ nach Gl. (R.6.2d).

Die maximale Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,max}$ bei Erreichen der Betondruckstrebenfestigkeit ist nach DIN EN 1992-1-1, Gl. (6.9) zu ermitteln.

DIN EN 1992-1-1, Absatz (4) wird ergänzt Der Bemessungswert $V_{Rd,s}^f$ ist bei Bauteilen mit geeigneter Querkraftbewehrung zur Bauteilachse einschließlich Stahlfaserverwirkung nach Gl. (R.6.8.1) zu ermitteln.

Dabei ist

$V_{Rd,s}$ nach Gl. (6.13) in DIN EN 1992-1-1;

$V_{Rd,cf}$ nach Gl. (R.6.2d).

Die maximale Querkrafttragfähigkeit $V_{Rd,max}$ bei Erreichen der Betondruckstrebenfestigkeit ist nach DIN EN 1992-1-1, Gl. (6.14) zu ermitteln.

6.2.4 Schubkräfte zwischen Balkensteg und Gurten

DIN EN 1992-1-1, Absatz (4) wird ersetzt (4) Der Nachweis der Querkrafttragfähigkeit darf nach Gl. (R.6.2c) oder Gl. (R.6.2d) geführt werden. Dabei ist $b_w = h_f$ und $z = \Delta x$ zu setzen. Für σ_{cp} darf die mittlere Betonlängsspannung gemäß DIN EN 1992-1-1/NA, 6.2.3 (2), im anzuschließenden Gurtabschnitt mit der Länge Δx angesetzt werden. Vereinfachend darf in Zuggurten $\cot\theta = 1,0$ und in Druckgurten $\cot\theta = 1,2$ gesetzt werden.

6.3 Torsion

6.3.1 Allgemeines

DIN EN 1992-1-1, neuer Absatz (R.6)P wird eingefügt

(R.6)P Beim Nachweis der Torsionstragfähigkeit darf die Wirkung der Stahlfasern nicht berücksichtigt werden.

6.4 Durchstanzen

6.4.3 Nachweisverfahren

DIN EN 1992-1-1, Absatz (1) wird ergänzt

$v_{Rd,c}^f$ Durchstanzwiderstand je Flächeneinheit einer Platte ohne Durchstanzbewehrung mit Berücksichtigung der Faserwirkung;

DIN EN 1992-1-1, Absatz (2) wird ergänzt

Die Querkkräfte sind für den Durchstanznachweis nach der Elastizitätstheorie zu ermitteln.

DIN EN 1992-1-1, Absatz (2), Punkt b) wird ersetzt

Bei Platten ohne Durchstanzbewehrung aus Betonstahl ist nachzuweisen, dass längs des kritischen Rundschnitts nach DIN EN 1992-1-1, 6.4.2, gilt:

$$v_{Ed} \leq v_{Rd,c}^f \quad (R.6.37.1)$$

6.4.4 Durchstanzwiderstand für Platten oder Fundamente ohne Durchstanzbewehrung

DIN EN 1992-1-1, Absatz (1) wird ergänzt

Für Platten oder Fundamente aus Stahlfaserbeton ohne Durchstanzbewehrung aus Betonstahl gilt:

$$v_{Rd,c}^f = 2 \cdot d/a \cdot v_{Rd,c} + v_{Rd,cf} \leq v_{Rd,max} \quad (R.6.47.1)$$

Dabei ist

$v_{Rd,c}$ nach DIN EN 1992-1-1, Gl. (6.47).

$$v_{Rd,cf} = 0,85 \cdot \frac{\alpha_c^f \cdot f_{ctR,u}^f}{\gamma_{ct}^f} \quad (R.6.47.2)$$

Bei Längszugspannungen im Querschnitt darf die Faserwirkung nicht berücksichtigt werden: $v_{Rd,cf} = 0$.

Für Platten gilt $a = 2 \cdot d$.

Der maximale Durchstanzwiderstand $v_{Rd,max}$ längs des kritischen Rundschnittes ist nach DIN EN 1992-1-1/NA, (NDP) 6.4.5 (3), Gl. (NA.6.53.1) zu ermitteln.

ANMERKUNG: Bei elastisch gebetteten Bodenplatten ohne zusätzliche Betonstahlbewehrung für Biegung kann sich aufgrund des entfestigenden Materialverhaltens des Stahlfaserbetons kein Zuggurt ausbilden, sodass stets Biegeversagen maßgebend ist.

6.4.5 Durchstanzwiderstand für Platten oder Fundamente mit Durchstanzbewehrung

DIN EN 1992-1-1, Absatz (1) wird ergänzt

Das Zusammenwirken von Fasern und Durchstanzbewehrung darf bei Platten und Fundamenten nicht angesetzt werden, sofern kein genauerer Nachweis geführt wird.

DIN EN 1992-1-1, Absatz (4) wird ergänzt

Bei der Ermittlung des äußeren Rundschnittumfangs u_{out} nach Gl. (6.54) darf $v_{Rd,c}$ durch $v_{Rd,c}^f$ nach Gl. (R.6.47.1) ersetzt werden, wenn $v_{Rd,c}$ mit $C_{Rd,c} = 0,15/\gamma_c$ ermittelt wird.

6.5 Stabwerkmodelle

6.5.1 Allgemeines

DIN EN 1992-1-1, neuer Absatz (R.2)P wird eingefügt

(R.2)P Die Zugkräfte des Stabwerkmodells dürfen nur ausschließlich durch Stahlfaserbeton aufgenommen werden, wenn eine der nachfolgenden Bedingungen eingehalten wird:

- die auftretenden Zugspannungen im ungerissenen Zustand sind geringer als $f_{ctd,u}^f$ oder
- es wird nachgewiesen, dass eine Begrenzung der Rissbreite auf $w_k = 0,5 \text{ mm}$ im Grenzzustand der Tragfähigkeit gegeben ist.

Andernfalls ist Betonstahlbewehrung einzulegen, wobei der Anteil der Stahlfasern an der Tragwirkung für die Zugkraft höchstens 30 % (mit $f_{ctd,u}^f$) betragen darf.

6.7 Teilflächenbelastung

DIN EN 1992-1-1, Absatz (4) wird ergänzt

Der Zugstab des Stabwerks in Bild R.5 darf aus Stahlfaserbeton alleine oder in Verbindung mit Betonstahlbewehrung nach 6.5 ausgeführt werden. Der Nachweis ist unter Ansatz von $f_{ctd,u}^f$ bzw. $f_{ctR,s}^f$ zu führen.

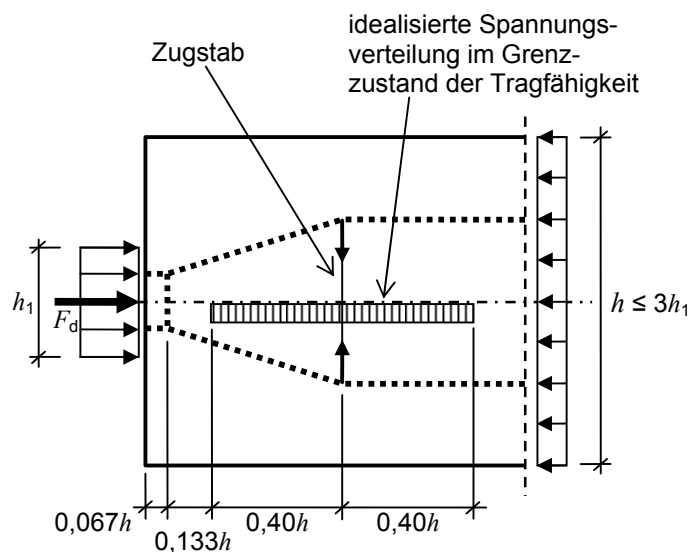


Bild R.5 – Stabwerk zur Bemessung bei Teilflächenlasten

6.8 Nachweis gegen Ermüdung

6.8.1 Allgemeines

DIN EN 1992-1-1, Absatz (R.3)P wird ergänzt

(R.3)P Stahlfasern dürfen in der Regel bei Ermüdungsnachweisen in dynamisch beanspruchten Bauteilen rechnerisch nicht angesetzt werden.

ANMERKUNG: Ein rechnerischer Ansatz der Stahlfasern in besonderen Fällen muss durch gesonderte Untersuchungen überzeugend gerechtfertigt werden.

7 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (GZG)

7.3 Begrenzung der Rissbreiten

7.3.1 Allgemeines

DIN EN 1992-1-1, Absatz (5) wird ergänzt Wenn die Stahlfasern rechnerisch auch zum Nachweis der Tragfähigkeit herangezogen werden, wird DIN EN 1992-1-1/NA, Tabelle 7.1DE um Tabelle R.4 ergänzt. Für Stahlfaserbeton in Kombination mit Betonstahlbewehrung gelten die Anforderungen gemäß DIN EN 1992-1-1/NA, Tabelle 7.1DE.

DIN EN 1992-1-1, Absatz (9) wird ergänzt Die Begrenzung der Rissbreiten bei Stahlfaserbeton ohne zusätzliche Betonstahlbewehrung darf abweichend dazu nach DIN EN 1992-1-1, 7.3.4, in Verbindung mit dieser Richtlinie nachgewiesen werden:

- in äußerlich statisch unbestimmten Systemen wird durch Umlagerung der Schnittkräfte ein Gleichgewichtssystem nachgewiesen, bei dem in den als gerissen angesehenen Querschnitten die erforderliche Rissbreitenbeschränkung zum Zeitpunkt $t = \infty$ eingehalten ist. Bei der Berechnung der Verformungen ist die Mitwirkung des Betons auf Zug zwischen den Rissen zu berücksichtigen;
- in anderen Systemen mit dauerhaft vorhandener Druckzone;
- für $\alpha_f \geq k \cdot k_c$.

Dabei ist α_f nach Gl. (R.7.2a oder R.7.2b) anzusetzen.

Die nach 7.3.4 ermittelte Rissbreite ist stets auf Verträglichkeit mit der Systemverformung zu überprüfen.

In allen anderen Fällen muss zur Begrenzung der Rissbreite Betonstahlbewehrung angeordnet werden.

DIN EN 1992-1-1/NA, Tabelle 7.1DE, wird für Stahlfaserbeton ohne zusätzliche Betonstahlbewehrung für die angegebenen Expositionsklassen durch Tabelle R.4 ersetzt.

Tabelle R.4 – Rechenwerte $w_{\max}$ für Stahlfaserbeton (in Millimeter)

Expositionsklasse	Stahlfaserbeton ohne zusätzliche Betonstahlbewehrung
	mit Einwirkungskombination quasi-ständig
X0, XC1 ^a	0,4
XC2, XC3	0,3
XC4	0,2
XD1, XS1	0,2
^a Bei den Expositionsklassen X0 und XC1 hat die Rissbreite keinen Einfluss auf die Dauerhaftigkeit und dieser Grenzwert wird i. Allg. zur Wahrung eines akzeptablen Erscheinungsbildes gesetzt. Fehlen entsprechende Anforderungen an das Erscheinungsbild, darf dieser Grenzwert erhöht werden.	

7.3.2 Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite

DIN EN 1992-1-1, Absatz (2) wird ergänzt Für die Berechnung der Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite nach DIN EN 1992-1-1, 7.3.2 und 7.3.3 sowie für die Berechnung der Rissbreite nach DIN EN 1992-1-1, 7.3.4, darf Stahlfaserbeton berücksichtigt werden.

Für den erforderlichen Mindestbewehrungsquerschnitt von Stahlfaserbeton gilt anstelle von DIN EN 1992-1-1, Gl. (7.1):

$$A_{s,min}^f = f_{ct,eff} \cdot k_c \cdot k \cdot (1 - \alpha_f) \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s} \quad (R.7.1)$$

Dabei ist

für Stahlfaserbeton mit Betonstahlbewehrung:

$$\alpha_f = \frac{f_{ctR,s}^f}{f_{ctm}} \quad (R.7.2a)$$

für Stahlfaserbeton ohne Betonstahlbewehrung:

$$\alpha_f = \frac{f_{ctR,L1}^f}{f_{ctm}} \quad (R.7.2b)$$

σ_s Betonstahlspannung im Riss ohne Berücksichtigung der Faserwirkung

Wenn der Parameterbereich der Tabelle 7.2DE in DIN EN 1992-1-1/NA überschritten wird, kann die Stahlspannung mit Gl. (R.7.3) ermittelt werden.

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{1,5 \cdot k_c \cdot k \cdot h_{cr} \cdot f_{ct,eff}}{\phi_s \cdot (h - d)}} \cdot w_k \cdot E_s \quad (R.7.3)$$

$$\geq \sqrt{\frac{6 \cdot f_{ct,eff}}{\phi_s}} \cdot w_k \cdot E_s$$

ANMERKUNG: Alternativ ist ein genauerer Nachweis nach 7.3.4 zulässig.

DIN EN 1992-1-1/NA, Absatz (NA.5) wird ersetzt

(NA.5) Bei dickeren Bauteilen darf die Mindestbewehrung unter zentrischem Zwang für die Begrenzung der Rissbreiten je Bauteilseite unter Berücksichtigung einer effektiven Randzone $A_{c,eff}$ berechnet werden.

Dabei ist

$$A_{s,min}^f = f_{ct,eff} \cdot \frac{A_{c,eff}}{\sigma_s} \cdot (1 - \alpha_f) \quad (R.7.4)$$

wobei jedoch der folgende Wert für $A_{s,min}^f$ nicht unterschritten werden darf:

$$A_{s,min}^f = f_{ct,eff} \cdot \frac{A_{ct}}{f_{yk}} \cdot (k - \alpha_f) \quad (R.7.5)$$

Dabei ist

$A_{c,eff}$ Wirkungsbereich der Bewehrung nach Bild 7.1d)DE mit $A_{c,eff} = h_{c,ef} \cdot b$;

σ_s Betonstahlspannung im Riss ohne Berücksichtigung der Faserwirkung.

Für die Stahlspannung σ_s in Gl. (R.7.4) darf

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{6 \cdot f_{ct,eff}}{\phi_s} \cdot w_k \cdot E_s} \quad (R.7.6)$$

eingesetzt werden.

Es muss nicht mehr Mindestbewehrung eingelegt werden als sich nach Gl. (R.7.1) mit Gl. (R.7.2a oder R.7.2b) bzw. nach Abschnitt 7.3.4 ergibt.

7.3.3 Begrenzung der Rissbreite ohne direkte Berechnung

DIN EN 1992-1-1, Absatz (1) wird gestrichen

DIN EN 1992-1-1/NA, NDP zu 7.3.3 (2)
ANMERKUNG wird ersetzt

Der Grenzdurchmesser der Bewehrungsstäbe nach DIN EN 1992-1-1/NA, Tabelle 7.2DE, darf in Abhängigkeit von der Bauteilhöhe und muss in Abhängigkeit von der wirksamen Betonzugfestigkeit $f_{ct,eff}$ bei Verwendung von Stahlfasern gemäß Gln. (R.7.7a bis R.7.7c) modifiziert werden:

Mindestbewehrung Rissmoment Biegung nach 7.3.2:

$$\begin{aligned} \phi_s^f &= \phi_s^* \cdot \frac{k_c \cdot k \cdot k_{cr}}{4(h-d)} \cdot \frac{f_{ct,eff}}{2,9} \cdot \frac{1}{(1-\alpha_f)^2} \\ &\geq \phi_s^* \cdot \frac{f_{ct,eff}}{2,9} \cdot \frac{1}{(1-\alpha_f)^2} \end{aligned} \quad (R.7.7a)$$

Mindestbewehrung zentrischer Zug nach 7.3.2:

$$\begin{aligned} \phi_s^f &= \phi_s^* \cdot \frac{k_c \cdot k \cdot k_{cr}}{8(h-d)} \cdot \frac{f_{ct,eff}}{2,9} \cdot \frac{1}{(1-\alpha_f)^2} \\ &\geq \phi_s^* \cdot \frac{f_{ct,eff}}{2,9} \cdot \frac{1}{(1-\alpha_f)^2} \end{aligned} \quad (R.7.7b)$$

Lastbeanspruchung:

$$\begin{aligned} \phi_s^f &= \phi_s^* \cdot \frac{\sigma_s \cdot A_s}{4(h-d) \cdot b \cdot 2,9} \cdot \frac{1}{(1-\alpha_f)^2} \\ &\geq \phi_s^* \cdot \frac{f_{ct,eff}}{2,9} \cdot \frac{1}{(1-\alpha_f)^2} \end{aligned} \quad (R.7.7c)$$

Dabei ist

- ϕ_s^f der modifizierte Grenzdurchmesser bei Verwendung von Stahlfaserbeton;
- ϕ_s^* der Grenzdurchmesser nach DIN EN 1992-1-1/NA, Tabelle 7.2DE;
- σ_s die Betonstahlspannung im Riss im Zustand II ohne Berücksichtigung der Faserwirkung;
- A_s die Querschnittsfläche der Betonstahlbewehrung innerhalb der Zugzone;
- h die Bauteilhöhe;
- d die statische Nutzhöhe;
- b die Breite der Zugzone.

Wenn der Parameterbereich der DIN EN 1992-1-1/NA, Tabelle 7.2DE, überschritten wird, kann ϕ_s^f mit Gl. (R.7.7d) berechnet oder die Rissbreite direkt nach 7.3.4 ermittelt werden.

$$\begin{aligned}\phi_s^f &= \frac{1,5 \cdot A_s / b}{\sigma_s \cdot (h - d)} \cdot w_k \cdot E_s \cdot \frac{1}{(1 - \alpha_f)^2} \\ &\geq \frac{6 \cdot f_{ct,eff}}{\sigma_s^2} \cdot w_k \cdot E_s \cdot \frac{1}{(1 - \alpha_f)^2}\end{aligned}\quad (R.7.7d)$$

7.3.4 Berechnung der Rissbreite

DIN EN 1992-1-1, Gln. (7.8), (7.9) und (7.11) in den Absätzen (1) bis (3) werden für Bauteile aus Stahlfaserbeton mit Betonstahlbewehrung ersetzt durch Gln. (R.7.8), (R.7.9) und (R.7.10)

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm}^f - \varepsilon_{cm}) \quad (R.7.8)$$

Die Differenz der mittleren Dehnungen von Beton und Betonstahl im Stahlfaserbeton darf wie folgt berechnet werden:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{sm}^f - \varepsilon_{cm} &= \frac{(1 - \alpha_f) \cdot \left(\sigma_s - 0,4 \cdot f_{ct,eff} \cdot \frac{1}{\rho_{p,eff}} \right)}{E_s} \\ &\geq 0,6 \cdot (1 - \alpha_f) \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}\end{aligned}\quad (R.7.9)$$

Dabei ist

$s_{r,max}$ maximaler Rissabstand bei abgeschlossenem Rissbild;

$$\begin{aligned}s_{r,max} &= (1 - \alpha_f) \cdot \frac{\phi_s}{3,6 \cdot \rho_{p,eff}} \\ &\leq (1 - \alpha_f) \cdot \frac{\sigma_s \cdot \phi_s}{3,6 \cdot f_{ct,eff}}\end{aligned}\quad (R.7.10)$$

α_f nach Gl. (R.7.2a oder R.7.2b);

$\rho_{p,eff}$ der effektive Bewehrungsgrad nach DIN EN 1992-1-1, Gl. (7.10);

ε_{sm}^f die mittlere Dehnung des Betonstahls im Stahlfaserbeton unter der maßgebenden Einwirkungskombination unter Berücksichtigung der Mitwirkung des Stahlfaserbetons auf Zug zwischen den Rissen;

ε_{cm} die mittlere Dehnung des Betons zwischen den Rissen;

$f_{ct,eff}$ die wirksame Betonzugfestigkeit zum betrachteten Zeitpunkt nach DIN EN 1992-1-1/NA, 7.3.3 (2) (hier ohne Ansatz einer Mindestbetonzugfestigkeit);

σ_s Betonstahlspannung im Riss ohne Berücksichtigung der Faserwirkung.

Bei Bauteilen, die nur im Bauteil selbst hervorgerufenem Zwang unterworfen sind (z. B. infolge Abfließen der Hydratationswärme), darf $(\varepsilon_{sm}^f - \varepsilon_{cm})$ unter Ansatz von $\sigma_s = \sigma_{sr}$ ermittelt werden. Dabei ist σ_{sr} diejenige Spannung in der Zugbewehrung, die auf Grundlage eines gerissenen Querschnittes für eine Einwirkungskombination berechnet wird, die zur Erst-rissbildung führt.

Bei der direkten Berechnung ist σ_s ein fiktiver Rechenwert, der den Wert der Streckgrenze zunächst überschreiten darf. Es ist dann jedoch nachzuweisen, dass f_{yk} unter Berücksichtigung der Faserwirkung $f_{ctR,s}^f$ im Riss nicht überschritten wird.

DIN EN 1992-1-1, neue Absätze (R.6)P und (R.7)P werden eingefügt

(R.6)P Unter den Bedingungen nach 7.3.1 (9) ergibt sich für Bauteile ohne Betonstahlbewehrung bei Biegebeanspruchung der Rechenwert der Rissbreite w_k zu:

$$w_k = s_w^f \cdot \varepsilon_{ct}^f \quad (R.7.11)$$

Dabei ist

w_k der Rechenwert der Rissbreite;
 $s_w^f = 140 \text{ mm}$;
 ε_{ct}^f Zugdehnung des Stahlfaserbetons.

(R.7)P Sind die Bedingungen nach 7.3.1 (9) dieser Richtlinie nicht eingehalten oder ist der Nachweis mit der nach Gl. (R.7.11) ermittelten Rissbreite nicht möglich, ist zusätzliche Betonstahlbewehrung erforderlich.

ANMERKUNG: Die Annahme für s_w^f gilt nur für Biegebeanspruchung.

7.4 Begrenzung der Verformungen

7.4.1 Allgemeines

DIN EN 1992-1-1, Anmerkung zu Absatz (6) wird ergänzt

ANMERKUNG 2: Bei Bauteilen, die im Gebrauchszustand planmäßig in den Zustand II übergehen, kann sich die Durchbiegung durch Verbundkriechen der Fasern vergrößern.

8 Allgemeine Bewehrungsregeln

8.2 Stababstände von Betonstählen

DIN EN 1992-1-1, Absatz (2) wird ergänzt Die Länge der Stahlfasern darf höchstens doppelt so groß sein wie der lichte Stababstand.

8.10 Spannglieder

Bei Anwendung dieser Richtlinie gilt dieser Abschnitt nicht.

9 Konstruktionsregeln

9.1 Allgemeines

DIN EN 1992-1-1, neue Absätze (R.4) und (R.5) werden eingefügt

(R.4) Für Bauteile unter Verwendung von Stahlfaserbeton kann ein Versagen des Bauteils bei Erstrissbildung ohne Vorankündigung vermieden werden, wenn nachgewiesen werden kann, dass die Tragfähigkeit des Gesamtsystems nach Ausbildung aller Fließgelenke größer ist als die Einwirkung, die zur Bildung des ersten Fließgelenkes führt (Duktilitätskriterium).

(R.5) Das Duktilitätskriterium darf auch durch eine Mindestbewehrung nach 9.2.1.1 erfüllt werden.

9.2.1.1 Mindestbewehrung und Höchstbewehrung

DIN EN 1992-1-1/NA, Absatz (1), (NDP)
Anmerkung 2 wird ergänzt

Bei Verwendung von Stahlfaserbeton darf auf der Widerstandsseite $f_{ctR,u}^f$ berücksichtigt werden. Die Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens ermittelt sich nach Gl. (R.9.1.a) zu:

$$A_{s,min} = \rho \cdot A_{ct} \quad (R.9.1a)$$

Dabei ist

$$\rho = \frac{(k_c \cdot f_{ctm} - f_{ctR,u}^f)}{f_{yk}}$$

Eine Mindestbewehrung aus Betonstahl ist dann nicht erforderlich, wenn

$$f_{ctR,u}^f \geq k_c \cdot f_{ctm} \quad (R.9.1b)$$

DIN EN 1992-1-1, Absatz (2) wird ersetzt

Querschnitte mit weniger Bewehrung als $A_{s,min}$ gelten als unbewehrt (siehe Abschnitt 12), sofern bei Verwendung von Stahlfaserbeton nicht nachgewiesen wird, dass nach Erstrissbildung die Systemtragfähigkeit weiter gesteigert werden kann.

9.2.1.3 Zugkraftdeckung

DIN EN 1992-1-1, Absatz (1) wird ergänzt

Die Zugkraftdeckungslinie setzt sich aus der Zugkraft der Stahlfasern und der Zugkraft der Bewehrung zusammen.

9.2.2 Querkraftbewehrung

DIN EN 1992-1-1, Absatz (2) wird ergänzt

Bei Stahlfaserbeton darf darüber hinaus ein Traganteil der Stahlfasern berücksichtigt werden.

DIN EN 1992-1-1, Absatz (4) wird ersetzt

Wenn Querkraftbewehrung erforderlich ist, müssen mindestens 50 % der um den Stahlfaseranteil verminderten Querkraft durch Bügel abgedeckt sein.

DIN EN 1992-1-1/NA, (NDP) zu Absatz (5) wird ergänzt

Bei Verwendung von Stahlfaserbeton darf $\rho_{w,min}$ nach Gl. (9.5aDE) bzw. (9.5bDE) durch die Wirkung der Fasern reduziert werden auf:

$$\rho_{w,min}^f = \rho_{w,min} - f_{ctR,u}^f / f_{yk} \geq 0 \quad (R.9.5cDE)$$

9.3.2 Querkraftbewehrung

DIN EN 1992-1-1/NA, (NCI) zu 9.3.2, Absatz (2) wird ergänzt

$V_{Rd,c}$ darf durch $V_{Rd,c}^f$ ersetzt werden.

9.5.3 Querbewehrung

DIN EN 1992-1-1, neue Anmerkung 2 zu Absatz (1) wird eingefügt

ANMERKUNG 2: Eine Anrechnung der Stahlfasern auf die Querbewehrung der Stützen ist nicht zulässig.

11 Zusätzliche Regeln für Bauteile und Tragwerke aus Leichtbeton

Bei Anwendung dieser Richtlinie gilt dieser Abschnitt nicht.

Anhang E (normativ) – Indikative Mindestbetonfestigkeitsklassen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit

DIN EN 1992-1-1/NA, Tabelle E.1DE,
Fußnote f) an X0, XC1 und XC2 wird er-
gänzt

^f Die Mindestbetonfestigkeitsklasse für Stahlfaserbeton be-
trägt C20/25.

ANMERKUNG: Stahlfaserbeton ist Beton mit eingebettetem Metall.

Anhang J (normativ) – Konstruktionsregeln für ausgewählte Beispiele

NA.J.4 Oberflächenbewehrung bei vorgespannten Bauteilen

Bei Anwendung dieser Richtlinie gilt dieser Abschnitt nicht.

Teil 2 – Ergänzungen und Änderungen zu DIN EN 206-1 und DIN 1045-2

1 Anwendungsbereich

- DIN EN 206-1, Absatz 4 wird ersetzt (4) Teil 2 gilt für die Herstellung von Stahlfaserbeton für Bauteile nach Teil 1 dieser Richtlinie.
- DIN 1045-2, Absatz 1 wird ergänzt durch Dieser Teil der Richtlinie gilt nicht für
- Beton nach Zusammensetzung;
 - Standardbeton;
 - selbstverdichtenden Beton.
- DIN 1045-2, neuer Absatz wird eingefügt Stahlfasern müssen im Herstellwerk zugegeben werden.

2 Normative Verweisungen

Die nachfolgenden normativen Verweisungen und Hinweise gelten für diesen Teil der Richtlinie zusätzlich zu den Angaben in DIN EN 206-1, DIN 1045-2 und Teil 1 dieser Richtlinie.

DIN 51220, *Werkstoffprüfmaschinen – Allgemeines zu Anforderungen an Werkstoffprüfmaschinen und zu deren Prüfung und Kalibrierung*

DIN EN 12390-5, *Prüfung von Festbeton – Teil 5: Biegezugfestigkeit von Probekörpern*

3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

3.2 Symbole und Abkürzungen

Die nachfolgenden Symbole und Abkürzungen gelten für diesen Teil der Richtlinie zusätzlich zu den Angaben in DIN 1045-2, DIN EN 206-1 und Teil 1 dieser Richtlinie.

$F_{0,5,i}$	Last im Versuch nach Anhang O bei einer Durchbiegung von 0,5 mm
$F_{3,5,i}$	Last im Versuch nach Anhang O bei einer Durchbiegung von 3,5 mm
$F'_{3,5,i}$	niedrigster Wert der Last im Versuch nach Anhang O, im Intervall zwischen $\delta_{L1} = 0,5$ mm und $\delta_{L2} = 3,5$ mm
$Lf_{cflm,Li}$	Mittelwert der logarithmierten Einzelprüfergebnisse der Nachrissbiegezugfestigkeit im Versuch nach Anhang O für Leistungsklasse Li
L_s	Standardabweichung der logarithmierten Einzelprüfergebnisse der Nachrissbiegezugfestigkeit einer Serie im Versuch nach Anhang O
$f_{cfl,Li,i}^f$	Einzelprüfergebnis der Nachrissbiegezugfestigkeit im Versuch nach Anhang O
$f_{cflk,L1}^f$	charakteristischer Wert der Nachrissbiegezugfestigkeit im Versuch nach Anhang O für Leistungsklasse 1 bei einer Durchbiegung von 0,5 mm
$f_{cflk,L2}^f$	charakteristischer Wert der Nachrissbiegezugfestigkeit im Versuch nach Anhang O für Leistungsklasse 2 bei einer Durchbiegung von 3,5 mm
$f_{cflm,Li}^f$	mittlere Nachrissbiegezugfestigkeit im Versuch nach Anhang O für Leistungsklasse Li
$f_{cflm,L1}^f$	mittlere Nachrissbiegezugfestigkeit im Versuch nach Anhang O für Leistungsklasse 1 bei einer Durchbiegung von 0,5 mm
$f_{cflm,L2}^f$	mittlere Nachrissbiegezugfestigkeit im Versuch nach Anhang O für Leistungsklasse 2 bei einer Durchbiegung von 3,5 mm

k_s	Fraktilenfaktor für unbekannte Standardabweichung für das 5 %-Quantil mit 75 % Aussagewahrscheinlichkeit
$m_{f,i}$	Stahlfasergehalt der Teilproben
$m_{f,min}$	in der Erstprüfung zur Ermittlung der Leistungsklasse festgelegter Mindestwert des Stahlfasergehaltes
$\bar{m}_f$	mittlerer Stahlfasergehalt für den beprobten Fahr-mischer
$M_{f,i}$	Masse der Fasern einer Teilprobe
$M_{fb,i}$	Masse einer Frischbetonteilprobe
n	Probenanzahl
$\rho_{fb,i}$	Frischbetonrohddichte einer Teilprobe
U_{Diff}	Differenzspannung zur Bestimmung des Fasergehaltes
U_i	Induktionsspannung in Raumrichtung $i = x, y, z$
U_{Leer}	Induktionsspannung des leeren Sensors
$V_{fb,i}$	Volumen einer Frischbetonteilprobe

4 Klasseneinteilung

4.3 Festbeton

DIN 1045-2, neuer Abschnitt R.4.3.3 wird eingefügt

R.4.3.3 Leistungsklassen für Stahlfaserbeton

Für Stahlfaserbeton sind Leistungsklassen in Teil 1, Abschnitt R.3.6.3, Tabelle R.3, dieser Richtlinie festgelegt.

5 Anforderungen an Beton und Nachweisverfahren

5.4 Anforderungen an Frischbeton

DIN 1045-2, neuer Abschnitt R.5.4.5 wird eingefügt

R.5.4.5 Stahlfasergehalt

Ist der Stahlfasergehalt zu ermitteln, so muss er dem Protokollausdruck an der Mischanlage oder, bei Fehlen eines Aufzeichnungsgerätes, den Produktionsaufzeichnungen im Zusammenhang mit den Mischanweisungen für die Ladung entnommen werden.

Der Stahlfasergehalt wird durch einen Mindestwert $m_{f,min}$ festgelegt.

6 Festlegung des Betons

6.2 Festlegung für Beton nach Eigenschaften

6.2.2 Grundlegende Anforderungen

DIN EN 206-1, Punkt i) wird ergänzt

Für Stahlfaserbeton gilt zusätzlich:

i) Leistungsklasse

7 Lieferung von Frischbeton

7.3 Lieferschein für Transportbeton

DIN 1045-2, Absatz 3, a), Spiegelstrich wird ergänzt

– Leistungsklasse

8 Konformitätskontrolle und Konformitätskriterien

8.2 Konformitätskontrolle für Beton nach Eigenschaften

8.2.3 Konformitätskontrolle für andere Eigenschaften als die Festigkeit

DIN EN 206-1, Tabelle 17, neue Zeile
wird ergänzt

Tabelle 17 – Konformitätskriterien für andere Eigenschaften als die Festigkeit

Eigenschaft	Prüfverfahren oder Bestimmungs- verfahren	Mindestanzahl von Proben oder Be- stimmungen	Annahmezahl	Grenzabweichung einzelner Prüfergebnisse vom Mindestwert	
				Unterer Wert	Oberer Wert
Stahlfasergehalt	S. R.5.4.5	1 Bestimmung pro Produktionstag	Siehe Tabelle 19a	0,95 $m_{f,min}$	Keine Be- schränkung ^a
^a Falls keine Grenzen festgelegt sind.					

9 Produktionskontrolle

9.2 Systeme der Produktionskontrolle

DIN EN 206-1, Absatz 3 wird ersetzt

(3) Das System der Produktionskontrolle muss angemessen dokumentierte Verfahren und Anweisungen enthalten. Diese Verfahren und Anweisungen müssen gegebenenfalls im Hinblick auf die in DIN EN 206-1, Tabellen 22, 23 und 24 sowie in Anhang Q angegebenen Kontrollanforderungen eingeführt sein. Die beabsichtigten Häufigkeiten der Prüfungen und Überwachungen durch den Hersteller müssen dokumentiert werden. Die Ergebnisse der Prüfungen und der Überwachungen müssen aufgezeichnet werden.

9.5 Betonzusammensetzung und Erstprüfung

DIN EN 206-1, Abschnitt wird ersetzt

Bei Verwendung einer neuen Betonzusammensetzung muss eine Erstprüfung durchgeführt werden, um einen Mischungs-entwurf zu erhalten, der die festgelegten Eigenschaften oder die vorgeschriebene Leistung erreicht (siehe Anhang N).

Für neue Betonzusammensetzungen, die durch Interpolation bekannter Betonzusammensetzungen (siehe Anhang N) oder Extrapolationen der Druckfestigkeit um nicht mehr als 5 N/mm² gewonnen werden, gelten die Anforderungen an die Erstprüfung hinsichtlich der Druckfestigkeit als erfüllt. Zur Festlegung der Leistungsklasse ist stets eine Erstprüfung durchzuführen.

ANMERKUNG: Zur Ermittlung der Leistungsklasse sind Interpolationsverfahren nach Anhang N, N.5.2, zulässig.

Betonzusammensetzungen müssen unter Berücksichtigung der Änderung der Eigenschaften der Betonausgangsstoffe und der Ergebnisse der Bewertung der Übereinstimmung für die Betonzusammensetzungen regelmäßig erneut überprüft werden, um sicherzugehen, dass alle Betonentwürfe noch den geltenden Anforderungen entsprechen. Hierzu zählen die jährlich zu wiederholenden Biegebalkenprüfungen (siehe Anhang N).

DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton – Teil 2

Für die Aussteuerung der Frisch- und Festbetoneigenschaften eines Betons dürfen folgende Variationen in der Betonzusammensetzung vorgesehen werden:

Zement:	$\pm 15 \text{ kg/m}^3$
Zusatzstoff (außer Stahlfasern):	$\pm 15 \text{ kg/m}^3$
Zusatzmittel:	zwischen 0 und Höchstdosierung nach 5.2.6

Die Dosiermengen und die Dosierreihenfolge der Zugabe der Betonausgangsstoffe sowie die Mischzeit sind für die jeweilige Herstanlage in einer Mischanweisung vorzuschreiben.

DIN EN 206-1, Anhang A (normativ) – Erstprüfung

Anhang A von DIN EN 206-1 gilt nicht. Stattdessen gilt Anhang N.

DIN 1045-2, Anhang H (normativ) – Zusätzliche Vorschriften für hochfesten Beton

Anhang H von DIN 1045-2 gilt nicht.

Anhang M (normativ) – Bestimmung des Stahlfasergehaltes

M.1 Auswaschversuch

M.1.1 Allgemeines

Diese Arbeitsanweisung beschreibt die Ermittlung des Stahlfasergehaltes durch Auswaschversuche. Aus einer Ladung werden drei Frischbetonteilproben entnommen. Die Teilproben bestimmten Volumens werden ausgewaschen. Anschließend werden die Teilproben getrocknet, die Stahlfasern aussortiert und deren Masse ermittelt.

M.1.2 Geräte und Hilfsmittel

Folgende Geräte und Hilfsmittel sind erforderlich:

- 3 Eimer mit 10 l bis 15 l Fassungsvermögen;
- Auswaschvorrichtung (z. B. Kontrollsieb 2 mm und als Schutzsieb 8 mm) für Frischbetonproben;
- Trockenbleche;
- geeignete Trockeneinrichtung (Trockenschrank, Gasdarre, etc.);
- großes Auffangblech;
- Magnet zum Auslesen der Stahlfasern;
- Waage mit einer Ablesegenauigkeit von ± 1 g.

M.1.3 Durchführung

Die Probenahme erfolgt aus dem Fahrmischer. Es sind drei Teilproben wie folgt zu entnehmen und zu kennzeichnen:

- Teilprobe 1 aus dem ersten Drittel der Ladung eines Fahrmischers;
- Teilprobe 2 aus dem zweiten Drittel der Ladung eines Fahrmischers;
- Teilprobe 3 aus dem dritten Drittel der Ladung eines Fahrmischers.

Zunächst wird die Leermasse der drei Eimer ermittelt. Anschließend werden die Eimer direkt aus dem Fahrmischer mit Frischbeton befüllt, verdichtet und abgezogen. Durch erneute Wägung wird die Masse der befüllten Eimer bestimmt und durch Abzug der Leermasse des jeweiligen Eimers die Masse des Frischbetons $M_{fb,i}$ berechnet. Das Volumen der Frischbetonteilprobe ergibt sich unter Verwendung der zuvor nach DIN EN 12350-6 bestimmten Frischbetonrohddichte zu:

$$V_{fb,i} = \frac{M_{fb,i}}{\rho_{fb,i}} \text{ in m}^3 \quad (\text{M.1})$$

Dabei ist

$M_{fb,i}$: Masse der Frischbetonteilprobe in kg;

$\rho_{fb,i}$: Frischbetonrohddichte der Teilprobe nach DIN EN 12350-6 in kg/m^3 .

Die Frischbetonteilproben sind über der Auswaschvorrichtung auszuwaschen, wobei insbesondere darauf zu achten ist, dass keine Stahlfasern verloren gehen. Verluste an Gesteinskörnung können vernachlässigt werden, da für die Berechnung nur die Masse der Stahlfasern ausschlaggebend ist. Die ausgewaschenen Proben sind anschließend entweder im Trockenschrank oder auf einer Darre zu trocknen, um eine Erleichterung bei der Trennung der Stahlfasern aus dem Gemisch zu erreichen.

ANMERKUNG: Eine Aussonderung von Fasern aus dem Frischbeton über einen starken Magneten in einer speziellen Vorrichtung ist ebenfalls möglich. Referenzverfahren ist das Auswaschen der Fasern.

Die getrockneten und abgekühlten Teilproben werden anschließend auf ein Auffangblech gegeben und grob abgesiebt. Die Teilproben werden dann mit einem Magneten so lange bearbeitet, bis sämtliche Stahlfasern aus der Gesteinskörnung entfernt worden sind. Die gewonnenen Stahlfasern sind zu sammeln und zu wiegen. Das Ergebnis sind die Massen der Teilproben $M_{f,i}$ in kg.

Der Stahlfasergehalt der Teilproben wird wie folgt ermittelt:

$$m_{f,i} = \frac{M_{f,i}}{V_{fb,i}} \text{ in kg/m}^3 \quad (\text{M.2})$$

Der mittlere Stahlfasergehalt $\overline{m}_f$ für den beprobten Fahrmischer errechnet sich wie folgt:

$$\overline{m}_f = \frac{m_{f,1} + m_{f,2} + m_{f,3}}{3} \text{ in kg/m}^3 \quad (\text{M.3})$$

M.1.4 Prüfbericht

Über das Ergebnis des Auswaschversuchs ist ein Prüfbericht zu erstellen, der folgende Angaben enthält:

- eindeutige Bezeichnung der Betonprobe;
- Ort der Versuchsdurchführung;
- Datum und Uhrzeit des Versuches;
- Frischbetonrohddichte;
- Stahlfasergehalt der Teilproben $m_{f,1}$, $m_{f,2}$, $m_{f,3}$;
- mittlerer Stahlfasergehalt $\overline{m}_f$;
- exakte Bezeichnung der Faser, Hersteller, Nummer des EG-Konformitätszertifikates, geometrie- und werkstoffbezogene Angaben aus der CE-Kennzeichnung bzw. Faserart und Zulassungsnummer;
- Datum, Uhrzeit und Unterschrift des Prüfers.

M.2 Induktives Verfahren

M.2.1 Allgemeines

Diese Arbeitsanweisung beschreibt die Ermittlung des Stahlfasergehaltes durch ein induktives Verfahren. Aus einem Fahrmischer werden drei Frischbetonteilproben entnommen. An den Teilproben wird der Stahlfasergehalt durch Messung des Induktionsstromes bestimmt (Transformatorprinzip mit Stahlfasern als Transformator kern).

M.2.2 Gerätschaften und Hilfsmittel

Folgende Geräte und Hilfsmittel sind erforderlich:

- 3 Eimer mit 10 l bis 15 l Fassungsvermögen;
- würfelförmiger Probenbehälter aus Kunststoff mit einer Innenkantenlänge von 150 mm;
- Kelle;
- Verdichtungsmöglichkeit (z. B. Rütteltisch oder Stocherstab);
- Induktionsmessgerät mit würfelförmigem Doppelspulen-Sensor.

M.2.3 Durchführung

Die Probenahme erfolgt aus dem Fahrmischer. Es sind drei Teilproben wie folgt zu entnehmen und zu kennzeichnen:

- Teilprobe 1 aus dem ersten Drittel der Ladung eines Fahrmischers;
- Teilprobe 2 aus dem zweiten Drittel der Ladung eines Fahrmischers;
- Teilprobe 3 aus dem dritten Drittel der Ladung eines Fahrmischers.

Es ist jeweils ein Eimer bis zur 10 l-Markierung zu füllen. Es sollte dabei darauf geachtet werden, dass die Proben homogen sind.

Zuerst ist die Induktionsspannung U_{Leer} mit dem leeren Sensor zu ermitteln. Anschließend wird der Frischbeton in den würfelförmigen Probenbehälter aus Kunststoff mit der Kantenlänge von 150 mm eingefüllt. Über diesen Behälter wird dann der Doppelspulensensor gestülpt und die Induktionsspannung gemessen. Diese Messung wird für alle drei Raumrichtungen der Probe durchgeführt, und die drei Messergebnisse werden gemittelt. Vom Mittelwert ist das Ergebnis der Leermessung U_{Leer} abzuziehen. Die sich ergebende Differenzspannung U_{Diff} ist direkt vom Fasergehalt und vom Fasertyp der Betonprobe abhängig:

$$U_{\text{Diff}} = \frac{U_x + U_y + U_z}{3} - U_{\text{Leer}} \quad (\text{M.4})$$

Anhand einer Eichkurve wird die gemessene elektrische Spannung einem Stahlfasergehalt der jeweiligen Teilprobe zugeordnet.

Der mittlere Stahlfasergehalt $\overline{m}_f$ für den beprobten Fahrmischer errechnet sich wie folgt:

$$\overline{m}_f = \frac{m_{f,1} + m_{f,2} + m_{f,3}}{3} \quad (\text{M.5})$$

M.2.4 Prüfbericht

Über das Ergebnis der Fasergehaltsbestimmung ist ein Prüfbericht zu erstellen, der folgende Angaben enthält:

- eindeutige Bezeichnung der Betonprobe;
- Ort der Versuchsdurchführung;
- Datum und Uhrzeit des Versuches;
- Frischbetonrohddichte, falls geprüft;
- Stahlfasergehalt der Teilproben $m_{f,1}$, $m_{f,2}$, $m_{f,3}$;
- mittlerer Stahlfasergehalt $\overline{m}_f$;
- exakte Bezeichnung der Faser, Hersteller, Nummer des EG-Konformitätszertifikates, geometrie- und werkstoffbezogene Angaben aus der CE-Kennzeichnung bzw. Faserart und Zulassungsnummer;
- Datum, Uhrzeit und Unterschrift des Prüfers.

Anhang N (normativ) – Erstprüfung von Stahlfaserbeton

N.1 Allgemeines

Dieser Anhang enthält Einzelheiten für Erstprüfungen nach DIN EN 206-1, 5.2.1, 5.2.5.1, 6.1 und 9.5.

Mit der Erstprüfung muss eine Betonzusammensetzung festgestellt werden, die alle festgelegten Anforderungen an den Frischbeton und den Festbeton erfüllt.

N.2 Zuständigkeit für Erstprüfungen

Für Erstprüfungen ist bei Beton nach Eigenschaften der Hersteller verantwortlich.

N.3 Häufigkeit der Erstprüfungen

Erstprüfungen müssen vor der Verwendung eines neuen Betons durchgeführt werden.

Erstprüfungen müssen einmal jährlich als Bestätigungsprüfung wiederholt werden.

Erstprüfungen müssen wiederholt werden, wenn eine wesentliche Änderung entweder der Ausgangsstoffe oder der festgelegten Anforderungen eingetreten ist, die Grundlage der vorgesehenen Prüfungen war.

N.4 Prüfbedingungen

Im Allgemeinen müssen Erstprüfungen bei einer Frischbetontemperatur zwischen 15 °C und 22 °C durchgeführt werden.

ANMERKUNG: Falls die Betonierarbeiten auf der Baustelle bei stark abweichenden Temperaturbedingungen ausgeführt werden oder falls eine Wärmebehandlung angewandt wird, sollte der Betonhersteller darüber informiert werden, damit er entsprechende Auswirkungen auf die Betoneigenschaften berücksichtigen und die Notwendigkeit zusätzlicher Prüfungen in Betracht ziehen kann.

Die Zeit zwischen Mischen und Konsistenzprüfung sowie die Prüfergebnisse müssen aufgezeichnet werden.

Durch die Erstprüfung ist nachzuweisen, dass durch die dokumentierten Verfahren eine gleichmäßige Faserverteilung in der Ladung erreicht wird.

N.5 Prüfungen in der Erstprüfung

N.5.1 Prüfplan

Der Prüfplan für die in der Erstprüfung durchzuführenden Frisch- und Festbetonprüfungen ist in der Tabelle N.1 angegeben.

Die Prüfung der Nachrissbiegezugfestigkeit nach Anhang O zur Einstufung des Betons in eine Leistungsklasse und zur Kontrolle der Leistungsklasse sollte mit einem Vorhaltemaß, darf jedoch höchstens mit dem Mindestwert des Stahlfasergehaltes $m_{f,min}$ durchgeführt werden.

Tabelle N.1 – Bei der Erstprüfung zu bestimmende Betoneigenschaften von Stahlfaserbeton

	Prüfgegenstand	Prüfung	Zweck	Häufigkeit/Anzahl der Probekörper je Prüftermin
1	Konsistenz	Nach DIN EN 12350-2, -3, -4 oder -5	Einstufung des Betons in eine Konsistenzklasse	Eine Bestimmung
2	Nachrissbiegezugprüfung an in Formen hergestellten Betonprobekörpern	Nach Anhang O	Einstufung des Betons in eine Leistungsklasse und Kontrolle der Leistungsklasse	≥ 6 Balken
3	Druckfestigkeit	Nach DIN EN 12390-3	Einstufung des Betons in eine Druckfestigkeitsklasse	3 Würfel

N.5.2 Zwischenwertermittlung bei der Nachrissbiegezugfestigkeit

Unter bestimmten Bedingungen ist eine lineare Interpolation zur Ermittlung von Erstprüfungsergebnissen möglich. Die Bedingungen und die Verfahrensweise sind im Folgenden angegeben.

Interpolationen hinsichtlich des Stahlfasergehaltes (gleiche Festigkeitsklasse)

Sind Betone nach Anhang O geprüft worden, die sich lediglich durch eine Differenz des Fasergehaltes von maximal 20 kg/m^3 unterscheiden, so darf für weitere Betone mit zwischen diesen Grenzen liegendem Fasergehalt zunächst die mittlere Nachrissbiegezugfestigkeit durch lineare Interpolation berechnet werden. Abweichungen in den Betonzusammensetzungen sind beim Verflüssiger- bzw. Fließmittelgehalt zulässig. Für die Ermittlung der charakteristischen Werte auf Grundlage von Gleichung O.3 dürfen vereinfachend interpolierte Standardabweichungen eingesetzt werden.

Eine Interpolation unter Einbeziehung der Leistungsklasse L0 oder einer Leistungsklasse größer L2,4 ist nicht möglich.

Interpolationen hinsichtlich der Betonfestigkeiten (gleicher Fasergehalt)

Sind zwei Betone mit gleichen Betonausgangsstoffen nach Anhang O geprüft worden, die sich durch eine niedrige Druckfestigkeit (z. B. C20/25) und eine höhere Druckfestigkeit (z. B. C35/45) unterscheiden, so darf für weitere Betone mit zwischen diesen Grenzen liegenden Druckfestigkeiten die mittlere Nachrissbiegezugfestigkeit proportional dem Verhältnis der mittleren Zugfestigkeiten f_{ctm} der jeweiligen Betone nach DIN EN 1992-1-1 linear interpoliert werden. Betone gelten in ihren Ausgangsstoffen als gleich, wenn folgende Verwendungen vorliegen:

- Gesteinskörnungen gleicher geologischer Herkunft;
- gleiche Zementart und Zementfestigkeitsklasse;
- Zusatzstoff gleicher Art;
- Zusatzmittel gleichen Typs.

N.6 Kriterien für die Annahme von Erstprüfungen

Im Übrigen gilt DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2. Für die Leistungsklassen ist Anhang O zu beachten.

Anhang O (normativ) – Prüfungen zur Ermittlung der Leistungsklasse

O.1 Herstellen der Probekörper

Als Probekörper werden mindestens 6 Balken der Abmessungen 150 mm x 150 mm x 700 mm entsprechend DIN EN 12390-1 verwendet. Die Abmessungen der Probekörper gelten bis zu einem Nennwert des Größtkorns der Gesteinskörnung von 16 mm für Rundkorn und 22 mm für gebrochenes Korn. Bei einem höheren Nennwert des Größtkorns sind hinsichtlich der Abmessungen der Probekörper gesonderte Betrachtungen erforderlich. Die Länge der Stahlfasern sollte das 1,5fache des Größtkorns nicht unterschreiten. Für die Herstellung von Probekörpern aus Normalbeton ist DIN EN 12390-2 zu beachten.

Mischen des Betons

Es sollte folgende Mischreihenfolge beachtet werden, um eine gleichmäßige Faserverteilung zu erreichen:

- a) Aufgabe der Gesteinskörnung in den Zwangsmischer. Werden geklebte Fasern verwendet, so können diese auf einmal auf die Gesteinskörnung zugegeben werden; die Mischdauer beträgt mindestens 30 s.
- b) Zugabe von Zement und Zusatzstoffen; Mindestmischdauer 30 s;
- c) Wasserzugabe und Zugabe von verflüssigenden Zusatzmitteln während einer weiteren Mischdauer von mindestens 30 s;
- d) gleichmäßige Zugabe der losen Stahlfasern über eine Rinne zur Vermeidung von Zusammenballungen während einer weiteren Mindestmischzeit von 60 s. Die anschließende Mischzeit beträgt mindestens 90 s. Es ist zu überprüfen, ob alle Fasern vereinzelt (nur bei geklebten Fasern) und gleichmäßig verteilt sind. Andernfalls ist die Mischzeit zu verlängern.

Wenn der Mischer feststehende Mischerblätter besitzt, sollten diese von Zeit zu Zeit angehoben werden, um Faseransammlungen daran zu vermeiden. Eine visuelle Kontrolle des Mischvorgangs ist immer notwendig.

Füllen der Formen

Das Befüllen der Balkenform sollte zügig und so erfolgen, dass keine ungewöhnlichen Faserorientierungen auftreten.

Verdichten

Das Verdichten des Stahlfaserbetons in der Schalung darf nur über Außenrüttler erfolgen. Bei Betonen der Konsistenzklasse F6 kann auch eine Handverdichtung durch Stochern vorgenommen werden. Bei den Konsistenzklassen F3 und F4 ist i. d. R. eine Rütteldauer von 30 s ausreichend, um den Beton vollständig zu verdichten. Der Rütteltisch muss eine ausreichende Größe haben.

Unmittelbar nach dem Verdichten ist die Form mit Folie abzudecken und im Klimaraum zu lagern.

O.2 Lagerung

Die mit Folie abgedeckten Probekörper sind in der Regel 2 Tage in der Form im Klimaraum zu belassen. Bei Verwendung frühfester Zemente sind 24 Stunden ausreichend. Nach dem Ausschalen werden die Probekörper bei etwa 100 % Feuchte (Folie, Wasserlagerung oder Klimaraum mit ≥ 95 % r. F.) bis zum Prüfdatum bei (20 ± 5) °C gelagert. Werden Folien verwendet, so sind diese z. B. mit Klebeband abzudichten.

Sofern nicht anders festgelegt, werden die Probekörper bis zum Alter von 28 Tagen gelagert. Für besondere Anwendungen kann es notwendig sein, die Prüfung zu einem späteren Zeitpunkt als 28 Tage durchzuführen.

O.3 Vorbereitung zur Prüfung

Für die Prüfung der Biegezugfestigkeit und des Nachrissverhaltens werden die Probekörper höchstens 24 Stunden vor der Prüfung aus der Folie entnommen. Die Abschnitte 5 und 6.1 der DIN EN 12390-5:2009-07 sind zu beachten; die Betonieroberseite stellt eine Seitenfläche des Probekörpers dar.

Die Rohdichte des Balkens ist nach DIN EN 12390-7 zu bestimmen.

Anschließend werden die Halterungen für die Messwerterfassung am Probekörper angebracht. Bild O.1 zeigt die Messvorrichtung.

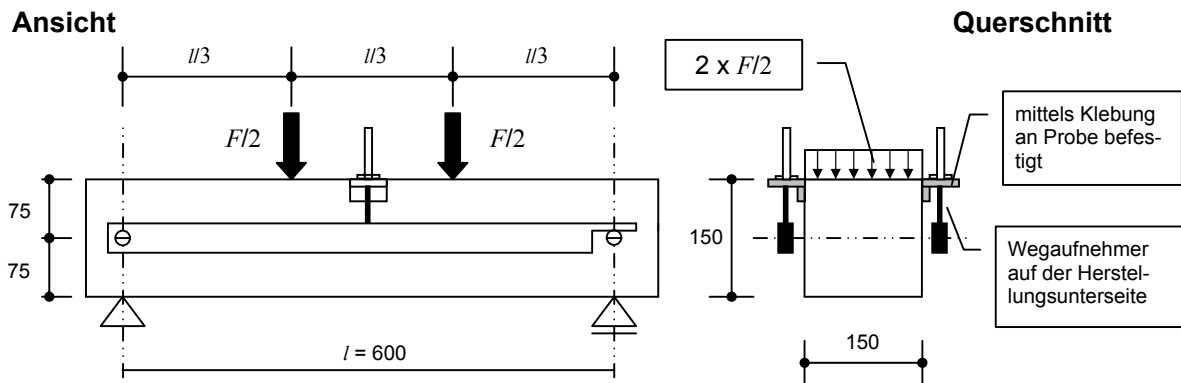


**Bild O.1 – Messvorrichtung zur Ermittlung der Nachrissbiegezugfestigkeiten
(Abmessungen in mm)**

O.4 Prüfvorrichtung

Die Prüfung muss auf einer weggeregelten Prüfmaschine mit hoher Maschinensteifigkeit durchgeführt werden. Die Maschinensteifigkeit muss so hoch sein, dass ein unkontrollierter Abfall der Last-Durchbiegungskurve nach Überschreiten der Risslast vermieden wird. Die Prüfmaschine muss mindestens der Güteklasse 1 nach DIN 51220 entsprechen.

Der Auflagerabstand beträgt $l = 600$ mm. Es ist für eine zwangungsfreie Auflagerung und Lasteinleitung zu sorgen.

O.5 Durchführung der Prüfung

Bei der Durchführung der Prüfung darf die Durchbiegungsgeschwindigkeit bis zu einer Mittendurchbiegung von 0,75 mm nicht mehr als 0,10 mm/min betragen. Eine Steuerung der Prüfmaschine nach dem Kolbenweg ist nicht zulässig. Bei Durchbiegungen größer als 0,75 mm darf die Durchbiegungsgeschwindigkeit schrittweise auf höchstens 0,30 mm/min erhöht werden. Die Lasten und die zugehörigen Durchbiegungen sind bis zu einer Durchbiegung der Probe von 3,5 mm in Schritten von 0,01 mm zu messen und grafisch aufzuzeichnen.

O.6 Ermittlung der Nachrissbiegezugfestigkeit

Die Nachrissbiegezugfestigkeiten werden aus der Last-Durchbiegungs-Kurve des Biegezugversuchs an den Durchbiegungsstellen $\delta_{L1} = 0,5$ mm und $\delta_{L2} = 3,5$ mm gewonnen (Bild O.2).

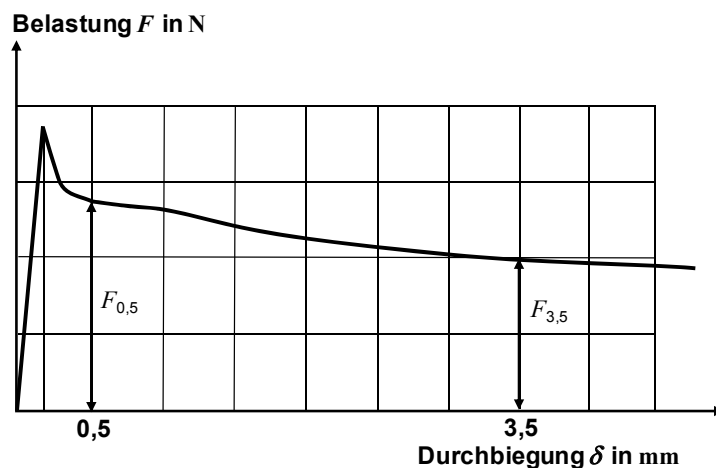


Bild O.2 – Last-Durchbiegungs-Beziehung zur Ermittlung der Nachrissbiegezugfestigkeiten

DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton – Teil 2

Die mittleren Nachrissbiegezugfestigkeiten der Versuchsserie aus $n \geq 6$ Balken ergeben sich zu:

$$f_{\text{cfm,L1}}^f = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{F_{0,5,i} \cdot l}{b_i \cdot h_i^2} \quad \text{in N/mm}^2 \quad (\text{O.1})$$

$$f_{\text{cfm,L2}}^f = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{F_{3,5,i} \cdot l}{b_i \cdot h_i^2} \quad \text{in N/mm}^2 \quad (\text{O.2})$$

Dabei ist

l, b, h = Auflagerabstand, Breite und Höhe des Probekörpers in mm;

Index i : Balkennummer.

Für die Einstufung des Stahlfaserbetons in die Leistungsklassen wird der charakteristische Wert der Nachrissbiegezugfestigkeit $f_{\text{cfk,Li}}^f$ bei einer Serie von mindestens sechs Prüfkörpern für die Verformungen 1 und 2 wie folgt ermittelt:

$$f_{\text{cfk,Li}}^f = e^{(L f_{\text{cfm,Li}}^f - k_s \cdot L_s)} \leq 0,51 \cdot f_{\text{cfm,Li}}^f \quad (\text{O.3})$$

Dabei ist

$L f_{\text{cfm,Li}}^f$ Mittelwert der logarithmierten Einzelprüfergebnisse $f_{\text{cfi,Li,i}}^f$;

$$L f_{\text{cfm,Li}}^f = 1/n \cdot \sum \ln(f_{\text{cfi,Li,i}}^f);$$

L_s Standardabweichung der logarithmierten Einzelprüfergebnisse der Serie;

$$L_s = \sqrt{\frac{\sum (L f_{\text{cfm,Li}}^f - \ln(f_{\text{cfi,Li,i}}^f))^2}{n-1}};$$

k_s Fraktilefaktor für unbekannte Standardabweichung für das 5 %-Quantil mit 75 % Aussagewahrscheinlichkeit nach Tabelle O.1.

Tabelle O.1 – Fraktilefaktor k_s

Spalte	1	2
Zeile	Probenanzahl n	Fraktilefaktor k_s
1	6	2,336
2	9	2,141
3	12	2,048
4	15	1,991
5	20	1,932
6	25	1,895
7	100	1,760
8	∞	1,645

ANMERKUNG: Eine Abänderung der Gleichung O.3 bei niedrigeren Variationskoeffizienten ist nicht zulässig, da die k_s^f -Werte in Teil 1, Abschnitt R.3.6.3, für den Vorfaktor 0,51 kalibriert wurden.

Die Last-Durchbiegungskurve muss zwischen $\delta_{L1} = 0,5$ mm und $\delta_{L2} = 3,5$ mm monoton verlaufen. Andernfalls ist für $\delta_{L2} = 3,5$ mm der niedrigste Wert der Nachrissbiegezugfestigkeit im Intervall zwischen $\delta_{L1} = 0,5$ mm und $\delta_{L2} = 3,5$ mm anzunehmen und in Gleichung O.2 einzusetzen (vgl. $F'_{3,5}$ in Bild O.3).

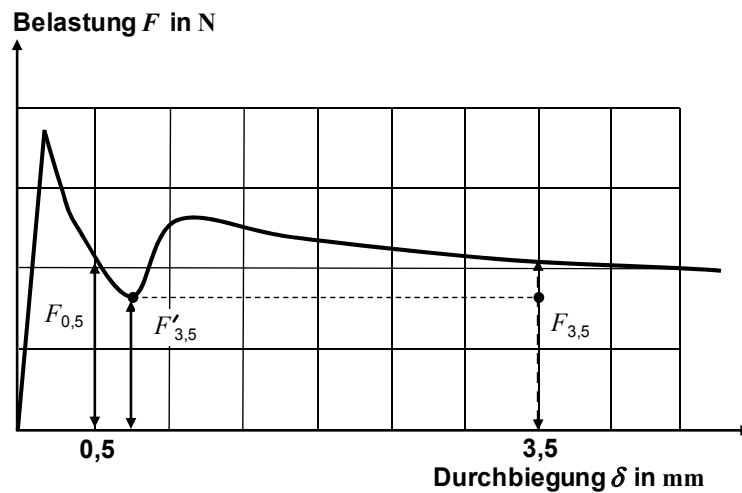


Bild O.3 – Auswertung der Last-Durchbiegungs-Beziehungen für abweichende Verläufe

O.7 Prüfbericht

Alle Ergebnisse der Prüfung sind in einem Prüfbericht festzuhalten. Dieser sollte insbesondere enthalten:

- prüfende Stelle;
- Prüfdatum;
- Prüfnummer;
- Art des Betonmischers;
- Betonzusammensetzung;
- exakte Bezeichnung der Faser, Hersteller, Nummer des EG-Konformitätszertifikates, geometrie- und werkstoffbezogene Angaben aus der CE-Kennzeichnung bzw. Faserart und Zulassungsnummer;
- Beschreibung und zeitliche Erfassung des Mischvorgangs;
- Verdichtungsart und -dauer;
- Lagerungsbedingungen;
- Last-Durchbiegungs-Diagramme;
- Auswertung mit Angabe der Balkeneinzelergebnisse (siehe Gleichungen O.1 und O.2).

Anhang P (normativ) – Genauere Bestimmung des Beiwertes β_{L2} zur Ermittlung der zentrischen Zugfestigkeit

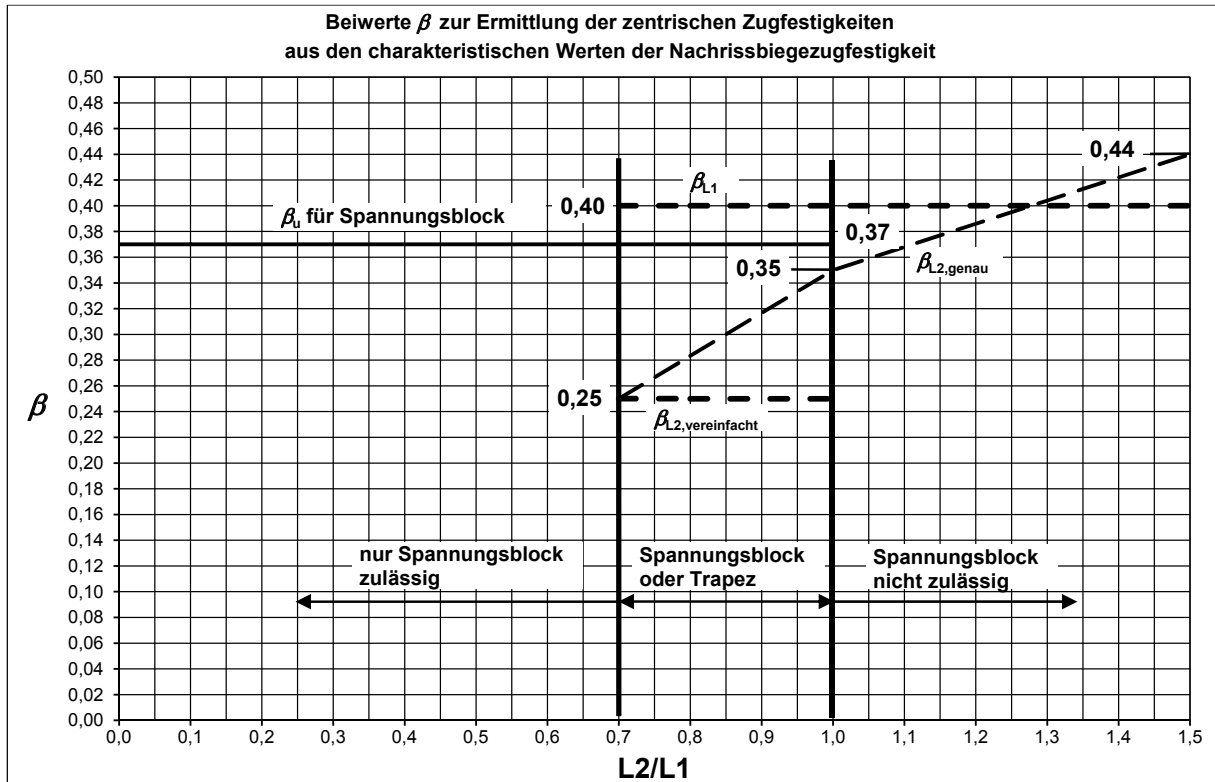


**Bild P.1 – Faktoren β_{L1} und β_{L2} zur Ermittlung der zentrischen Zugfestigkeit in
Abhängigkeit des Verhältnisses $L2/L1$**

Nach Teil 1, Abschnitt R.3.6.3 (3), darf der Faktor β_{L2} gemäß Bild P.1 ermittelt werden. Wenn das Verhältnis der Leistungsklassen $L2/L1$ größer oder gleich 0,7 und kleiner oder gleich 1,0 ist, dann ist β_{L2} gemäß Gleichung P.1 zu ermitteln. Wenn das Verhältnis der Leistungsklassen $L2/L1$ größer als 1,0 und kleiner oder gleich 1,5 ist, dann ist β_{L2} gemäß Gleichung P.2 zu ermitteln. In beiden Fällen gilt $\beta_{L1} = 0,4$. Wenn das Verhältnis der Leistungsklassen $L2/L1$ größer als 1,5 ist, so ist $\beta_{L2} = 0,44$ zu setzen.

$$\beta_{L2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{L2}{L1} + 0,02 \quad (P.1)$$

mit

$$0,7 \leq \frac{L2}{L1} \leq 1,0$$

$$\beta_{L2} = 0,18 \cdot \frac{L2}{L1} + 0,17 \quad (P.2)$$

mit

$$1,0 < \frac{L2}{L1} \leq 1,5$$

Wenn das Verhältnis der Leistungsklassen $L2/L1$ größer als 1,0 ist, darf der Spannungsblock nicht angewendet werden.

DAfStb-Richtlinie Stahlfaserbeton – Teil 2

Anhang Q (normativ) – Zusätzliche Vorschriften für Stahlfaserbeton

Dieser Anhang enthält zusätzlich zu den Tabellen 22, 23 und 24 von DIN EN 206-1 Festlegungen für die Produktionskontrolle bei der Herstellung von Stahlfaserbeton.

Die Zeilennummern in den folgenden Tabellen Q.1, Q.2 und Q.3 beziehen sich auf jene in den Tabellen 22, 23 und 24 von DIN EN 206-1 und ersetzen oder ergänzen die entsprechenden Anforderungen.

Tabelle Q.1 – Zusätzliche Kontrolle der Betonausgangsstoffe bei Stahlfaserbeton

	Betonausgangsstoff	Überprüfung/ Prüfung	Zweck	Mindesthäufigkeit
10a	Stahlfasern	Überprüfung des Lieferscheins	Sicherstellen, dass die Fracht der Bestellung entspricht und die richtige Herkunft hat	Jede Lieferung
11a		Sichtprüfung	Sicherstellen, dass die Fracht der Bestellung entspricht und die richtige Herkunft hat Augenscheinprüfung der Fasergeometrie; im Zweifelsfall sind die Abmessungen zu bestimmen	Jede Lieferung
13a		Gewichtskontrolle der Gebinde (entfällt bei separater Verwiegung der Zugabemenge)	Sicherstellen, dass der Gebindeinhalt dem bestellten Nenngewicht entspricht	Stichprobenartig

Tabelle Q.2 – Zusätzliche Kontrolle der Ausstattung bei der Herstellung von Stahlfaserbeton

	Ausstattung	Überprüfung/ Prüfung	Zweck	Mindesthäufigkeit
3a	Abmessvorrichtung für die Dosierung von Stahlfasern sowie Vereinzelungsgeräte	Augenscheinprüfung der Funktion	Sicherstellen, dass die Messeinrichtung einwandfrei funktioniert	Alle 7 Produktionstage
		Prüfung der Genauigkeit	Vermeiden ungenauer Zugaben	Nach Aufstellung In regelmäßigen Abständen ^a nach Aufstellung Im Zweifelsfall

^a Die Häufigkeit hängt von der Art der Ausrüstung, ihrer Empfindlichkeit beim Gebrauch und den Produktionsbedingungen der Anlage ab.

Tabelle Q.3 – Zusätzliche Kontrolle der Herstellverfahren und der Betoneigenschaften bei Stahlfaserbeton

	Prüfgegenstand	Überprüfung/ Prüfung	Zweck	Mindesthäufigkeit
17	Gleichmäßigkeit der Faserverteilung im Frischbeton bei Zugabe in den Fahrmischer	Prüfung nach Anhang M	Überprüfen der Anforderungen nach Tabelle Q.4	So häufig wie die Druckfestigkeitsprüfung, siehe DIN EN 206-1, Tabelle 24, Zeile 16
18	Nachrissbiegezugprüfung an in Formen hergestellten Betonprobekörpern	Prüfung nach Anhang O	Einstufung des Betons in eine Leistungsklasse	Einmal jährlich Im Zweifelsfall

Tabelle Q.4 – Kriterien für die Gleichmäßigkeit der Faserverteilung im Frischbeton

Prüfergebnis für	Fasergehalt in kg/m^3
$m_{f,i}$	$\geq 0,80 \cdot m_{f,\min}$
$\bar{m}_f$	$\geq 0,85 \cdot m_{f,\min}$
$m_{f,\min}$: Mindestwert des Fasergehaltes	

Teil 3 – Ergänzungen und Änderungen zu DIN EN 13670 und DIN 1045-3

1 Anwendungsbereich

DIN 1045-3, erster Absatz wird ersetzt

Teil 3 gilt zusammen mit DIN EN 13670 und DIN 1045-3 für die Ausführung von Bauteilen oder Bauwerken, die nach Teil 1 bemessen wurden und bei denen der Beton nach Teil 2 hergestellt wurde. Teil 3 enthält Anforderungen an die Ausführung von Bauwerken des Hoch- und Ingenieurbaus aus Beton und Stahlbeton mit Zusatz von Stahlfasern entsprechend dem in Teil 1, Abschnitt 1, definierten Anwendungsbereich.

ANMERKUNG: Teil 3 regelt im Sinne von DIN EN 13670, Abschnitt 1, Absatz 4, Punkt b), die zusätzlichen oder abweichenden Regelungen für Bauteile oder Bauwerke aus Beton und Stahlbeton mit Zusatz von Stahlfasern.

8 Betonieren

8.1 Festlegungen des Betons

DIN 1045-3, neuer Absatz (R.5) wird eingefügt

(R.5) Der erforderliche Aufwand für die Verarbeitung und Verdichtung des Stahlfaserbetons nimmt in der Regel mit zunehmendem Stahlfasergehalt und zunehmender Stahlfaserschlankheit zu.

8.4 Einbringen und Verdichten

DIN 1045-3, neuer Abschnitt R.8.4.7 wird eingefügt

R.8.4.7 Stahlfaserbeton

Beim Verdichten von Stahlfaserbeton ist zu beachten, dass das Fließen des Betons in der Schalung Einfluss auf die Orientierung der Fasern im Bauteil haben kann. Zu intensives Verdichten des Stahlfaserbetons ist zu vermeiden, da es zur Fasersedimentation führt.

DIN 1045-3, Anhang NA (normativ) – Überwachung durch das Bauunternehmen

DIN 1045-3, Anhang NA.6 Überwachen des Betonierens

DIN 1045-3, Tabelle NA.1 wird ergänzt:

Tabelle NA.1 – Überwachungsklassen für den Beton

Spalte	1	2	3	4
Zeile	Gegenstand	Überwachungs- klasse 1	Überwachungs- klasse 2	Überwachungs- klasse 3
5	Besondere Beton- eigenschaften	Stahlfaserbeton der Leistungsklasse $\leq L1-1,2$	Stahlfaserbeton der Leistungsklasse $> L1-1,2$	–

DIN 1045-3, Anhang NB (normativ) – Prüfungen für die maßgebenden Frisch- und Festbetoneigenschaften

NB.1 Allgemeines

Die Absätze (3) und (4) entfallen.

DIN 1045-3, Tabelle NB.1 wird ergänzt:

Tabelle NB.1 – Umfang und Häufigkeit der Prüfungen bei Beton nach Eigenschaften

Spalte	1	2	3	4	5	6
Zeile	Gegenstand	Prüfverfahren	Anforderung	Häufigkeit für Überwachungsklasse		
				1	2	3
Frisch- und Festbetoneigenschaften						
8a ^a	Stahlfasergehalt des Frischbetons ^a	Augenscheinprüfung	Normales Aussehen	Stichprobe	Jedes Lieferfahrzeug	Entfällt
		Nach Teil 2, Anhang M	Nach Anhang NB.3	–	Nach Anhang NB.3	Entfällt
8b ^a	Nachrissbiegezugprüfung an in Formen hergestellten Betonprobekörpern	Nach Teil 2, Anhang O	Nach Anhang NB.3	–	Nach Anhang NB.3	Entfällt
^a Prüfungen 8a und 8b dürfen alternativ durchgeführt werden.						

DIN 1045-3, Anhang NB.3 wird ergänzt:

NB.3 Prüfung des Stahlfasergehaltes für Beton nach Eigenschaften bei Verwendung von Transportbeton

(1) In Zweifelsfällen ist für Stahlfaserbeton der Überwachungsklasse 2 eine Fasergehaltsbestimmung nach Teil 2, Anhang M.1 oder M.2 oder alternativ eine Bestimmung der Nachrissbiegezugprüfung an in Formen hergestellten Betonprobekörpern nach Teil 2, Anhang O, vorzunehmen.

(2) Die Beurteilung der Ergebnisse der Bestimmung des Fasergehaltes erfolgt nach den Kriterien der Tabelle NB.3.

(3) Die Beurteilung der Ergebnisse der Nachrissbiegezugprüfung erfolgt nach den Kriterien der Tabelle NB.4.

Tabelle NB.3 – Annahmekriterien für das Ergebnis der Bestimmung des Fasergehaltes

Anzahl n der Ergebnisse in der Reihe	Fasergehalt in kg/m^3
$n = 1$	$m_{f,i} \geq 0,80 \cdot m_{f,\min}$
$n = 3$	$\overline{m}_f \geq 0,85 \cdot m_{f,\min}$
$m_{f,\min}$: Mindestwert des Fasergehaltes ANMERKUNG: „ n “ bezieht sich auf die Ladung.	

Tabelle NB.4 – Annahmekriterien für das Ergebnis der Nachrissbiegezugprüfung

Anzahl n der Ergebnisse in der Reihe	Jedes einzelne Prüfergebnis N/mm^2
$n = 1$	$\geq L1$ und $\geq L2$
ANMERKUNG 1: „ n “ und „Prüfergebnis“ beziehen sich auf die Ladung. ANMERKUNG 2: Der Zahlenwert des Prüfergebnisses ist nicht mit dem Faktor 0,51 gemäß Teil 2, Gleichung O.3, zu multiplizieren.	

(4) Der Beton ist anzunehmen, wenn die in Tabelle NB.3 oder Tabelle NB.4 angegebenen Kriterien erfüllt sind.

(5) Werden unzureichende Prüfergebnisse festgestellt, kann die Annahmeprüfung an Bauteilproben erfolgen, z. B. durch die Bestimmung des Fasergehaltes an Bohrkernen. Dabei muss jedes einzelne Prüfergebnis mindestens 80 % des Mindestwertes des Fasergehaltes oder der Mittelwert aus 3 Bohrkernen mindestens 85 % des Mindestwertes des Fasergehaltes aufweisen.

DEUTSCHER AUSSCHUSS FÜR STAHLBETON

DAfStb-Richtlinie

Herstellung und Verwendung von zementgebundenem Vergussbeton und Vergussmörtel

Ausgabe November 2011

Ersatz für Ausgabe Juni 2006; bisherige Vertriebsnummer 65041

Die Verpflichtungen aus der Richtlinie 98/34/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Juni 1998 über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der Normen und technischen Vorschriften und der Vorschriften für die Dienste der Informationsgesellschaft (ABl. L 204 vom 21.7.1998, S. 37), die zuletzt durch die Richtlinie 2006/96/EG (ABl. L 363 vom 20.12.2006, S. 81) geändert worden ist, sind beachtet worden.

Bezüglich der in dieser Richtlinie genannten Normen, anderen Unterlagen und technischen Anforderungen, die sich auf Produkte oder Prüfverfahren beziehen, gilt, dass auch Produkte bzw. Prüfverfahren angewandt werden dürfen, die Normen oder sonstigen Bestimmungen und/oder technischen Vorschriften anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder der Türkei oder einem EFTA-Staat, der Vertragspartei des EWR-Abkommens ist, entsprechen, sofern das geforderte Schutzniveau in Bezug auf Sicherheit, Gesundheit und Gebrauchstauglichkeit gleichermaßen dauerhaft erreicht wird.

Herausgeber:
Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V. – DAfStb
Budapester Straße 31
D-10787 Berlin
Telefon: 030 2693-1320
info@dafstb.de

Vorbemerkung

Herstellung und Verwendung von Vergussbeton und Vergussmörtel für tragende Bauteile erfordern gründliche Kenntnisse und Erfahrungen mit diesen Baustoffen.

Die Richtlinie behandelt Vergussbetone und Vergussmörtel, die in der Regel in fließfähiger Konsistenz verarbeitet werden sollen. Mörtel für andere Konsistenzbereiche können sinngemäß nach dieser Richtlinie beurteilt werden.

Die von der DIN EN 206-1/DIN 1045-2 abweichenden Regelungen der Trockenbeton-Richtlinie wurden in dieser Richtlinie berücksichtigt und entsprechend eingefügt.

Hinsichtlich der Bemessungswerte für die Verformungseigenschaften und die Festigkeiten gelten die Anforderungen der DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA. In bestimmten Fällen, zum Beispiel beim Vergießen von hoch beanspruchten Maschinenfundamenten, kann es notwendig werden, Verformungs- und Festigkeitskennwerte gesondert zu ermitteln (z. B. E-Modul, Kriechbeiwert, Wärmedehnzahl, Biegezugfestigkeit, Ermüdungsfestigkeit).

Änderungen gegenüber der Ausgabe „Juni 2006“

Gegenüber der Ausgabe Juni 2006 der Richtlinie wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Präzisierung des Anwendungsbereiches;
- Einarbeitung der Berichtigung aus dem Jahr 2007;
- Berücksichtigung der seit der Erstausgabe im Jahr 2006 gesammelten Erfahrungen mit der Anwendung der Richtlinie;
- Aufnahme von weiteren Schwindklassen für Vergussbeton (SKVB 0) und Vergussmörtel (SKVM 0);
- Überarbeitung der Angaben auf dem Lieferschein;
- Präzisierung der Prüfung des Temperatureinflusses (zwischen 5 °C und 30 °C) im Rahmen der Erstprüfung und der werkseigenen Produktionskontrolle;
- Änderung einiger Prüfhäufigkeiten in den Tabellen A-2 und A-4.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Anwendungsbereich	6
2 Begriffe, Symbole und Abkürzungen	6
2.1 Begriffe	6
2.2 Symbole und Abkürzungen	6
3 Anforderungen	6
3.1 Anforderungen an das Herstellwerk	6
3.2 Anforderungen an die Ausgangsstoffe	7
3.3 Anforderungen an Vergussbeton und Vergussmörtel	7
3.3.1 Allgemeines	7
3.3.2 Vergussbeton	7
3.3.3 Vergussmörtel	8
4 Konformitätskontrolle und Konformitätskriterien	9
4.1 Konformitätskontrolle für die Druckfestigkeit	9
4.2 Konformitätskriterien für andere Eigenschaften als die Festigkeit	10
5 Herstellung und Produktionskontrolle im Herstellwerk	10
5.1 Aufzeichnungen	10
5.1.1 Mischanweisung im Herstellwerk	10
5.1.2 Sortenverzeichnis/Produktspezifikation	10
5.1.3 Aufgezeichnete Daten und andere Unterlagen aus der Produktionskontrolle	11
5.2 Zusammensetzung und Erstprüfung	12
5.3 Herstellen des Vergussmörtels/Vergussbetons (Trockengemisch)	12
5.4 Überwachung im Herstellwerk	12
5.4.1 Allgemeines	12
5.4.2 Werkseigene Produktionskontrolle	12
5.4.3 Zertifizierung und Regelüberwachung	13
6 Liefern und Lagern	13
7 Informationen vom Hersteller für den Verwender	13
8 Lieferschein	14
9 Verarbeiten und Überwachung auf der Baustelle	15
Normen und Richtlinien	16
Anhang A (normativ) – Umfang der Prüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle von Vergussbeton und Vergussmörtel	17
Anhang B (normativ) – Prüfungen an Vergussbeton	22
Anhang C (normativ) – Prüfungen an Vergussmörtel	23

1 Anwendungsbereich

(1) Vergussbeton und Vergussmörtel unterscheiden sich von herkömmlichem Beton und Mörtel nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 insbesondere in einer deutlich weicheren, d. h. besonders fließfähigen, Konsistenz und in einem erhöhten Mehlkorngesamt. Sie dürfen dennoch entsprechend dieser Richtlinie als Betonerfüllung wie Beton nach DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 und DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3 und Zementmörtel nach DIN 1045-2:2008-08, Abschnitt 5.3.8, in dünnen Schichten verwendet werden, z. B. für das Ausfüllen von Fugen oder das Einbetonieren von Stützen in Köcherfundamente.

(2) Diese Richtlinie gilt für Vergussbeton und Vergussmörtel mit hoher Frühfestigkeit und einer Druckfestigkeitsklasse von mindestens C50/60.

(3) Vergussmörtel und Vergussbetone nach dieser Richtlinie können als Betonerfüllung im Sinne der DAfStb-Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen lediglich für das Unter- bzw. Vergießen von Bauteilen bzw. das Vergießen kleinformiger Fehlstellen, Spalten und Hohlräume verwendet werden.

(4) Die maximale Schichtdicke des Vergussbetons bzw. Vergussmörtels sollte das 25-fache des verwendeten Größtkorns nicht überschreiten.

(5) Diese Richtlinie gilt nicht für:

- die Herstellung von Tragwerken oder großformatigen Bauteilen des Hoch- und Ingenieurbaus aus Vergussbeton und Vergussmörtel;
- die Verwendung von Vergussbeton und Vergussmörtel für die Verankerung von Zugkräften;
- die Verwendung von Vergussmörtel für das nachträgliche Einmörteln von Bewehrungsstäben;
- die Verwendung als Instandsetzungsmörtel oder -beton nach der DAfStb-Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen zum großformatigen Betonerfüllung;
- Vergussbeton und Vergussmörtel für die Expositionsklassen XM und XF4;
- Vergussbeton und Vergussmörtel mit leichter, schwerer oder rezyklierter Gesteinskörnung;
- Vergussbeton und Vergussmörtel mit künstlich eingeführten Luftporen;
- Vergussbeton und Vergussmörtel mit Festlegung als Standardbeton.

(6) Das Prinzip der Betonfamilien darf bei dem Konformitätsnachweis nicht angewendet werden.

(7) Wenn in dieser Richtlinie nicht anders ausgeführt, gelten sinngemäß die Regelungen von DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 und DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3.

2 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

2.1 Begriffe

Vergussbeton und Vergussmörtel

Vergussbeton und Vergussmörtel bestehen aus einem trockenen Gemisch aus Zement, mineralischer Gesteinskörnung und gegebenenfalls Betonzusatzmitteln und/oder Betonzusatzstoffen. Sie werden werkmäßig hergestellt, trocken und witterungsgeschützt gelagert und nach einer bestimmten Wasserzugabe an der Einbaustelle nach einer gesonderten Arbeitsanweisung hergestellt und in fließfähiger Konsistenz verarbeitet. Vergussbeton wird definiert durch eine Gesteinskörnung mit einem Größtkorn > 4 mm, Vergussmörtel durch eine Gesteinskörnung mit einem Größtkorn ≤ 4 mm.

2.2 Symbole und Abkürzungen

f1 bis f3: Konsistenzklassen, ausgedrückt als Mörtelfließmaß.

a1 bis a3: Konsistenzklassen, ausgedrückt als Betonausfließmaß.

3 Anforderungen

3.1 Anforderungen an das Herstellwerk

Die Anforderungen an die Geräteausstattung und das Personal richten sich sinngemäß nach den Bestimmungen für Transportbetonwerke (DIN EN 206-1:2001-07 und DIN 1045-2:2008-08, Abschnitt 9.6). Zur Geräteausstattung zählen zusätzlich Verpackungseinrichtungen und gegebenenfalls Trocknungseinrichtungen für die Gesteinskörnung.

3.2 Anforderungen an die Ausgangsstoffe

- (1) Für die Ausgangsstoffe gelten die Anforderungen der DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2.
- (2) Es dürfen nur genormte oder bauaufsichtlich zugelassene Ausgangsstoffe verwendet werden.
- (3) Zusatzmittel für Einpressmörtel nach DIN EN 934-4 (Wirkungsgruppe „EH“) unter Berücksichtigung von DIN V 20000-101 dürfen für Vergussbeton und Vergussmörtel verwendet werden. Das Korrosionsverhalten darf alternativ zu DIN V 20000-101:2002-11, Abschnitt 7, auch nach DIN EN 934-1 nachgewiesen sein.
- (4) Restwasser nach DIN EN 1008 darf abweichend von DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 nicht verwendet werden.
- (5) Der Feuchtegehalt der Gesteinskörnungen darf unmittelbar vor der Herstellung des Vergussbetons oder des Vergussmörtels einen Masseanteil von im Mittel 0,1 % (Einzelwerte 0,2 %) bei Prüfung nach DIN EN 1097-5 nicht überschreiten.
- (6) Bei den groben Gesteinskörnungen darf der Anteil an leichtgewichtigen organischen Verunreinigungen 0,05 M.-% nicht überschreiten.

3.3 Anforderungen an Vergussbeton und Vergussmörtel

3.3.1 Allgemeines

- (1) Für die allgemeinen Anforderungen an Vergussbeton und Vergussmörtel (Druckfestigkeitsklasse, Expositionsclassen, Art der Verwendung bzw. Klasse des Chloridgehalts usw.) gelten sinngemäß die Festlegungen von DIN EN 206-1 und DIN 1045-2, sofern in dieser Richtlinie nichts anderes festgelegt wird.
- (2) Die Begrenzung des Mehlkorngehaltes von Vergussbeton und Vergussmörtel ist abweichend von DIN 1045-2:2008-08, Tabelle F 4.1, nicht anzuwenden.

3.3.2 Vergussbeton

3.3.2.1 Anforderungen an Frischbetoneigenschaften

- (1) Bei Einteilung in Konsistenzklassen gilt Tabelle 1. Die Prüfung erfolgt mit der vom Hersteller für den jeweiligen Temperaturbereich angegebenen geringsten Wassermenge nach Anhang B, Abschnitte B.1 und B.2.1.

Tabelle 1 – Ausfließmaßklassen für Vergussbeton

S	1	2
	Klasse	Ausfließmaß (Durchmesser) in mm
Z		
1	a1	500 bis 590
2	a2	600 bis 690
3	a3	≥ 700

- (2) Alternativ zu der Klasseneinteilung darf die Konsistenz (in besonderen Fällen) auch mit einem Zielwert des Ausfließmaßes mit einer zulässigen Abweichung von ± 50 mm festgelegt werden.
- (3) Das Ausfließmaß darf innerhalb von 30 Minuten nach der Herstellung höchstens um 80 mm abnehmen.
- (4) Vergussbeton, der gemäß Anhang B, Abschnitt B.1, mit der vom Hersteller für den jeweiligen Temperaturbereich angegebenen höchstzulässigen Wassermenge hergestellt und nach Anhang B, Abschnitt B.2.3, geprüft wird, darf sich nicht entmischen.
- (5) Vergussbeton, der gemäß Anhang B, Abschnitt B.1, mit der vom Hersteller für den jeweiligen Temperaturbereich angegebenen höchstzulässigen Wassermenge hergestellt und nach Anhang B, Abschnitt B.4, geprüft wird, darf nicht sedimentieren.

3.3.2.2 Anforderungen an Festbetoneigenschaften

(1) Die Festbetoneigenschaften von Vergussbeton sind an Proben mit der vom Hersteller für den jeweiligen Temperaturbereich angegebenen höchstzulässigen Wassermenge zu ermitteln.

(2) Vergussbeton muss bei Prüfung nach Anhang B, Abschnitt B.3, unter allen Anwendungsbedingungen mindestens ein Quellmaß von + 0,1 Vol.-% aufweisen.

(3) Jeder Einzelwert der Druckfestigkeit $f_{c,cube}$ muss bei Prüfung nach Anhang B, Abschnitt B.5, nach 24 Stunden mindestens folgende Werte aufweisen:

- Frühfestigkeitsklasse A: 40 N/mm²,
- Frühfestigkeitsklasse B: 25 N/mm² und
- Frühfestigkeitsklasse C: 10 N/mm².

(4) In der Erstprüfung ist nachzuweisen, dass nach 56 und 91 Tagen kein Festigkeitsabfall gegenüber der 28 Tage-Druckfestigkeit eintritt.

(5) Die im Alter von 91 Tagen nach Anhang B, Abschnitt B.6, bei rd. 20 °C und rd. 65 % relativer Luftfeuchte ermittelten Schwindmaße müssen hinsichtlich Mittelwert aus 3 Proben ($\epsilon_{s,m,91}$) und Einzelwerten ($\epsilon_{s,i,91}$) folgende Anforderungen erfüllen:

Vergussbetone Schwindklasse SKVB 0:

$$\epsilon_{s,m,91} \leq 0,6 \text{ ‰ und}$$

$$\epsilon_{s,i,91} \leq 0,8 \text{ ‰}$$

Vergussbetone Schwindklasse SKVB I:

$$\epsilon_{s,m,91} \leq 0,8 \text{ ‰ und}$$

$$\epsilon_{s,i,91} \leq 1,0 \text{ ‰}$$

Vergussbetone Schwindklasse SKVB II:

$$\epsilon_{s,m,91} \leq 1,5 \text{ ‰ und}$$

$$\epsilon_{s,i,91} \leq 2,0 \text{ ‰}$$

3.3.3 Vergussmörtel**3.3.3.1 Anforderungen an Frischmörteleigenschaften**

(1) Bei Einteilung in Konsistenzklassen gilt Tabelle 2. Die Prüfung erfolgt mit der vom Hersteller für den jeweiligen Temperaturbereich angegebenen geringsten Wassermenge nach Anhang C, Abschnitte C.1 und C.2.1.

Tabelle 2 – Fließmaßklassen für Vergussmörtel

S	1	2
Z	Klasse	Fließmaß in mm
1	f1	550 bis 640
2	f2	650 bis 740
3	f3	≥ 750

(2) Alternativ zu der Klasseneinteilung darf die Konsistenz (in besonderen Fällen) auch mit einem Zielwert des Fließmaßes mit einer zulässigen Abweichung von ± 50 mm festgelegt werden.

(3) Das Fließmaß darf innerhalb von 30 Minuten nach der Herstellung höchstens um 100 mm abnehmen.

(4) Vergussmörtel, der gemäß Anhang C, Abschnitt C.1, mit der vom Hersteller für den jeweiligen Temperaturbereich angegebenen höchstzulässigen Wassermenge hergestellt und nach Anhang C, Abschnitt C.2.4, geprüft wird, darf sich nicht entmischen.

(5) Vergussmörtel, der gemäß Anhang C, Abschnitt C.1, mit der vom Hersteller für den jeweiligen Temperaturbereich angegebenen höchstzulässigen Wassermenge hergestellt und nach Anhang C, Abschnitt C.4, geprüft wird, darf nicht sedimentieren.

3.3.3.2 Anforderungen an Festmörteleigenschaften

(1) Die Festmörteleigenschaften von Vergussmörtel sind an Proben mit der vom Hersteller für den jeweiligen Temperaturbereich angegebenen höchstzulässigen Wassermenge zu ermitteln.

(2) Vergussmörtel muss bei Prüfung nach Anhang C, Abschnitt C.3, unter allen Anwendungsbedingungen mindestens ein Quellmaß von + 0,1 Vol.-% aufweisen.

(3) Jeder Einzelwert der Druckfestigkeit $f_{c,cube}$ muss bei Prüfung nach Anhang C, Abschnitt C.5, nach 24 Stunden mindestens folgende Werte aufweisen:

- Frühfestigkeitsklasse A: 40 N/mm²,
- Frühfestigkeitsklasse B: 25 N/mm² und
- Frühfestigkeitsklasse C: 10 N/mm².

(4) In der Erstprüfung ist nachzuweisen, dass nach 56 und 91 Tagen kein Festigkeitsabfall gegenüber der 28 Tage-Druckfestigkeit eintritt.

(5) Die im Alter von 91 Tagen nach Anhang C, Abschnitt C.6, bei rd. 20 °C und rd. 65 % relativer Luftfeuchte ermittelten Schwindmaße müssen hinsichtlich Mittelwert aus 3 Proben ($\epsilon_{s,m,91}$) und Einzelwerten ($\epsilon_{s,i,91}$) folgende Anforderungen erfüllen:

Vergussmörtel Schwindklasse SKVM 0:

$$\epsilon_{s,m,91} \leq 0,6 \text{ ‰ und}$$

$$\epsilon_{s,i,91} \leq 0,8 \text{ ‰}$$

Vergussmörtel Schwindklasse SKVM I:

$$\epsilon_{s,m,91} \leq 0,8 \text{ ‰ und}$$

$$\epsilon_{s,i,91} \leq 1,0 \text{ ‰}$$

Vergussmörtel Schwindklasse SKVM II:

$$\epsilon_{s,m,91} \leq 1,2 \text{ ‰ und}$$

$$\epsilon_{s,i,91} \leq 1,4 \text{ ‰}$$

Vergussmörtel Schwindklasse SKVM III:

$$\epsilon_{s,m,91} \leq 1,5 \text{ ‰ und}$$

$$\epsilon_{s,i,91} \leq 2,0 \text{ ‰}$$

4 Konformitätskontrolle und Konformitätskriterien¹⁾

Der Nachweis der Konformität muss auf Grundlage von Prüfergebnissen erfolgen, die während eines Nachweiszeitraums erhalten wurden, der die letzten zwölf Monate nicht überschreiten darf.

ANMERKUNG Konformitätskontrolle und Konformitätskriterien beziehen sich hier ausschließlich auf die Herstellung von Vergussbeton und Vergussmörtel durch den Hersteller im Herstellwerk.

4.1 Konformitätskontrolle für die Druckfestigkeit

(1) Beton- und Mörtelproben müssen zufällig ausgewählt und nach DIN EN 12350-1 entnommen werden. Die Mindesthäufigkeit der Probenahme und der Prüfung beträgt für die Bestimmung der Frühfestigkeitsklasse und der Druckfestigkeitsklasse im Alter von 28 Tagen:

¹⁾ Die in dieser Richtlinie enthaltenen Bestimmungen für den Konformitätsnachweis gelten als Bestimmungen für den Übereinstimmungsnachweis nach den Landesbauordnungen.

DAfStb-Richtlinie Vergussbeton/Vergussmörtel

- bei Vergussbeton: jeweils 3 Würfel pro Herstelltag,
- bei Vergussmörtel: jeweils 1 Prismensatz pro Herstelltag.

(2) Beträgt die Spannweite der Prüfwerte zur Bestimmung der Druckfestigkeitsklasse aus einer Probe mehr als 15 % des Mittelwertes, müssen die Ergebnisse außer Betracht bleiben, falls nicht eine Untersuchung einen annehmbaren Grund für das Verwerfen eines einzelnen Prüfwertes ergibt.

(3) Für die Einstufung von Vergussbeton und Vergussmörtel in Druckfestigkeitsklassen gelten die Regelungen von DIN EN 206-1 und DIN 1045-2:2008-08, Abschnitt 8.2.1.3, sinngemäß.

(4) Es gelten ausschließlich die Kriterien der stetigen Herstellung für hochfesten Beton.

4.2 Konformitätskriterien für andere Eigenschaften als die Festigkeit

(1) Die Mindestanzahl der Proben und die Prüfverfahren sind in Tabelle 3 angegeben.

(2) Die Konformität des Vergussbetons und Vergussmörtels beruht auf dem Zählen der Anzahl der Ergebnisse, die während des Nachweises erzielt wurden und außerhalb der festgelegten Grenzwerte, Klassengrenzen oder zulässigen Abweichungen eines Zielwertes liegen, und dem Vergleich dieser Gesamtzahl mit der höchstzulässigen Anzahl (Attributverfahren).

(3) Die Konformität mit der in Abschnitt 3.3 geforderten Verarbeitbarkeit (Konsistenz) und Verarbeitbarkeitszeit (Ansteifen) für Vergussbeton und Vergussmörtel wird bestätigt, wenn

- keine Prüfergebnisse außerhalb der festgelegten Grenzwerte der Klassengrenzen oder Toleranzen der Zielwerte liegen;
- alle Einzelprüfergebnisse die in Tabelle 3 angegebene Grenzabweichung einhalten.

Tabelle 3 – Konformitätskriterien für andere Eigenschaften als die Festigkeit

S	1	2	3	
			Grenzabweichung jedes einzelnen Prüfergebnisses von den Grenzen der festgelegten Klasse oder von den Toleranzen des Zielwertes	
Z	Eigen-schaft	Prüfverfahren oder Bestim-mungsverfahren	Untergrenze	Obergrenze
1	Konsistenz und Ansteifen	Ausfließmaß nach Anhang B, Abschnitt B.2.1 bzw. Anhang C, Abschnitt C.2.2 oder Fließmaß nach Anhang C, Abschnitt C.2.1	- 15 mm	+ 30 mm
2	Quellen	Quellmaß nach Anhang B, Abschnitt B.3 bzw. Anhang C, Abschnitt C.3	- 0,01 Vol.-%	Keine Beschränkung
3	Schwinden	Schwindmaß nach Anhang B, Abschnitt B.6 bzw. Anhang C, Abschnitt C.6	Keine Beschränkung	Einhalten der Einzelwert-kriterien nach Abschnitten 3.3.2.2 (5) bzw. 3.3.3.2 (5)

5 Herstellung und Produktionskontrolle im Herstellwerk

5.1 Aufzeichnungen

5.1.1 Misanweisung im Herstellwerk

Bei der Herstellung von Vergussbeton und Vergussmörtel muss dem Mischerführer eine Misanweisung mit mindestens folgenden Angaben vorliegen:

- Sortennummer;
- Art, Festigkeitsklasse und Menge des Zements;
- Art, Korngruppen und Menge der Gesteinskörnungen;
- Art, Menge und Bezeichnung von Betonzusätzen.

5.1.2 Sortenverzeichnis/Produktspezifikation

Die im Herstellwerk zur Einsichtnahme vorliegenden Sortenverzeichnisse bzw. Produktspezifikationen müssen für jede zur Lieferung vorgesehene Sorte die folgenden Angaben enthalten:

DAfStb-Richtlinie Vergussbeton/Vergussmörtel

- a1) Vergussbeton: Eignung für unbewehrten Beton und Stahlbeton, zum Schließen von Öffnungen und Aussparungen in Beton sowie zum Vergießen und Untergießen;
- a2) Vergussmörtel: Eignung für Zementmörtel nach DIN 1045-2:2008-08, Abschnitt 5.3.8, gegebenenfalls für Verwendung wie Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2;
- b) Klasse für die Frühfestigkeit;
- c) Druckfestigkeitsklasse;
- d) Konsistenzklasse;
- e) Schwindklasse;
- f) zulässige Expositions- und Feuchtigkeitsklassen;
- g) Art und Festigkeitsklasse des Zements;
- h) Mindestmenge und höchstzulässige Menge an Zugabewasser;
- i) Art und Größtkorn der Gesteinskörnung nach DIN EN 12620 unter Berücksichtigung von DIN 1045-2;
- j) Art und Bezeichnung der Betonzusätze;
- k) Festigkeitsentwicklung (Angabe entsprechend DIN EN 206-1 und DIN 1045-2);
- l) gegebenenfalls besondere Einbaubedingungen.

5.1.3 Aufgezeichnete Daten und andere Unterlagen aus der Produktionskontrolle

(1) Über alle wesentlichen Vorgänge der werkseigenen Produktionskontrolle (Herstell- und Prüfvorgänge) einschließlich der Anlieferungen der Ausgangsstoffe sind in übersichtlicher Form fortlaufend Aufzeichnungen zu machen (s. a. DIN EN 206-1 und DIN 1045-2:2008-08, Abschnitt 9). Sie müssen die in Tabelle 4 aufgeführten Angaben enthalten, soweit sie nicht schon auf den Lieferscheinen der Zulieferer ausgewiesen sind.

Tabelle 4 – Aufgezeichnete Daten und gegebenenfalls andere Unterlagen

S	1	2
Z	Gegenstand	Aufgezeichnete Daten und andere Unterlagen
1	Festgelegte Anforderungen	Verweis auf Sortenverzeichnis/Produktspezifikation
2	Zement, Gesteinskörnung, Zusatzmittel und Zusatzstoffe	Name der Lieferanten und Herkunft
3	Prüfungen der Ausgangsstoffe ^a	Datum und Prüfergebnisse
4	Zusammensetzung	Beton-/Mörtelbeschreibung; Aufzeichnung der Massen der Ausgangsstoffe in einer Charge; Chloridgehalt
5	Prüfungen an Frischbeton und Frischmörtel	Datum und Ort der Probenahme (Abfüllanlage, Sack, Großbinde etc.); Menge der geprüften Beton-/Mörtelcharge; zugegebene Wassermenge; Mischzeit und Mischart/Mischertyp; Konsistenz einschließlich zeitlicher Veränderung (verwendete Verfahren und Ergebnisse); Entmischungsneigung; Rohdichte; Beton-/Mörteltemperatur; Quellmaß; Nummer und Bezeichnung der zu prüfenden Probekörper
6	Prüfungen an Festbeton und Festmörtel	Datum der Prüfung; Bezeichnung und Alter der Probekörper; Prüfergebnisse für Rohdichte und Festigkeit; besondere Bemerkungen (z. B. ungewöhnliche Versagensart der Prüfkörper); Sedimentationsstabilität; Schwinden
7	Beurteilung der Konformität	Konformität/Nichtkonformität mit Festlegungen
8	Zuordnung zur Produktion	Angabe der Chargennummer
^a Soweit nicht schon auf den Lieferscheinen der Zulieferer ausgewiesen.		

(2) Die Aufzeichnungen der werkseigenen Produktionskontrolle sind der Überwachungsstelle oder der Zertifizierungsstelle auf Verlangen vorzulegen und mindestens fünf Jahre aufzubewahren.

5.2 Zusammensetzung und Erstprüfung

(1) Die Zusammensetzung ist unter Beachtung der Mindestzementgehalte und höchstzulässigen Wassermenge gemäß DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 anhand einer Erstprüfung festzulegen.

(2) An Vergussbeton und Vergussmörtel müssen im Rahmen der Erstprüfung die Mindestmenge und die höchstzulässige Menge an Zugabewasser bestimmt werden, um die angestrebten Frisch- und Festbetoneigenschaften bzw. Frisch- und Festmörteleigenschaften unter Berücksichtigung des höchstzulässigen Wassermenge mit einem entsprechenden Vorhaltemaß einzuhalten.

(3) Die Prüfungen im Rahmen der Erstprüfung müssen bei einer Temperatur von 20 °C durchgeführt werden. Darüber hinaus sind die Produkteigenschaften auch im Bereich der Grenztemperaturen (vom Hersteller anzugeben, ansonsten von 5 °C bis 30 °C) zu ermitteln und zu dokumentieren (s. Anhang B, Abschnitt B.1 und Anhang C, Abschnitt C.1). Zur Bestimmung der Druckfestigkeitsklasse ist der Wert bei 20 °C maßgebend.

(4) Vor der ersten Auslieferung ist nachzuweisen, dass sich Vergussbeton und Vergussmörtel im Werk gleichmäßig in Gebinde abfüllen lassen.

5.3 Herstellen des Vergussmörtels/Vergussbetons (Trockengemisch)

(1) Alle Ausgangsstoffe sind nach Masse zuzugeben. Die Mischanweisung (s. Abschnitt 5.1.1) muss eingehalten werden.

(2) Die Mischwerkzeuge müssen ein vollständiges Durchmischen der Einzelbestandteile sicherstellen. Die Mischzeit ist so zu wählen, dass eine gleichmäßige Verteilung aller Ausgangsstoffe erreicht wird.

(3) Alle Vorratsbehälter, wie Bunker oder Silos für die Packmaschine, müssen so beschaffen sein, dass beim Verpacken oder Befüllen Entmischungen vermieden werden.

5.4 Überwachung im Herstellwerk

5.4.1 Allgemeines

Die Überwachung im Herstellwerk besteht aus werkseigener Produktionskontrolle, Überwachung der Produktionskontrolle sowie Zertifizierung des Vergussbetons bzw. Vergussmörtels. Für die Kennzeichnung gilt Abschnitt 7.

5.4.2 Werkseigene Produktionskontrolle

(1) Der Hersteller hat die Eigenschaften der Ausgangsstoffe und des Vergussbetons oder Vergussmörtels bis zur Übergabe zu überwachen (s. Anhang A, Tabellen A-1 bis A-3 und sinngemäß DIN EN 206-1 und DIN 1045-2). Für Vergussbeton oder Vergussmörtel nach Zusammensetzung ist anstelle der Prüfung nach Tabelle A-2 die Konformitätskontrolle sinngemäß nach DIN EN 206-1:2001-07 und DIN 1045-2:2008-08, Abschnitt 8.3, durchzuführen.

ANMERKUNG Die Prüfung der Eigenschaften von Vergussbeton und Vergussmörtel nach Zusammensetzung ist in DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3 und ergänzend in Tabelle A-4 geregelt.

(2) Die Frischbeton- und Frischmörtelprüfungen im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle müssen im Temperaturbereich von 5 °C bis 30 °C durchgeführt werden. Die obere und untere Grenztemperatur müssen dabei jeweils mindestens einmal im Jahr mit eingeschlossen sein. Wenn vom Hersteller ein anderer Temperaturbereich angegeben wird, dann ist dieser Temperaturbereich unter Einschluss der Grenztemperaturen maßgebend.

(3) Wird die Produktprüfung der werkseigenen Produktionskontrolle bei der oberen Grenztemperatur des Temperaturbereichs durchgeführt, sind die Proben mit der höchstzulässigen Wassermenge zu Frischbeton zu verarbeiten. Von jeder Probe sind Konsistenz, Rohdichte und Druckfestigkeit zu ermitteln. Hierbei dürfen weichere Konsistenzen als die Zielkonsistenz auftreten.

(4) Die Ergebnisse der Prüfungen sind aufzuzeichnen und – soweit möglich – statistisch auszuwerten. Die Aufzeichnungen sind mindestens 5 Jahre aufzubewahren und der Überwachungsstelle auf Verlangen vorzulegen.

(5) Für Vergussbeton und Vergussmörtel ist das Sortenverzeichnis hinsichtlich der Übereinstimmung mit dem Lieferprogramm und der Einhaltung der Anforderungen dieser Richtlinie in angemessenen Zeitspannen zu überprüfen. Weiterhin sind die Mischanweisung, die Begleitzettel und die Lieferunterlagen hinsichtlich der Vollständigkeit der Angaben nach dieser Richtlinie in angemessenen Zeitspannen zu kontrollieren.

5.4.3 Zertifizierung und Regelüberwachung

Die Zertifizierung und die Regelüberwachung dürfen nur von dafür anerkannten Stellen durchgeführt werden. Umfang und Häufigkeit der Regelüberwachung sind im Anhang A, Tabelle A-3, festgelegt.

6 Liefern und Lagern

(1) Vergussbeton und Vergussmörtel sollen in Gebinden (Säcke oder Großgebinde) abgefüllt und geliefert werden.

(2) Vergussbeton und Vergussmörtel sind in Säcke oder Großgebinde (z. B. big-bags) abzufüllen, die unter der Voraussetzung ordnungsgemäßer Handhabung und trockener sowie witterungsgeschützter Lagerung – nach Möglichkeit auf Paletten – die Verwendungsfähigkeit des Vergussbetons und des Vergussmörtels für eine Zeitspanne von mindestens sechs Monaten sicherstellen.

(3) Soll Ware mit einer kürzeren Verwendungsfähigkeit eingesetzt werden, dann ist dies zwischen Verwender und Hersteller gesondert zu vereinbaren und in den Lieferunterlagen zu kennzeichnen.

(4) Wird – in Sonderfällen – Vergussbeton und Vergussmörtel in Silos abgefüllt, so ist sicherzustellen, dass sich dieser weder während des Transports noch während der Entladung entmischt. Dazu sind besondere Maßnahmen zur Vermeidung von Entmischungen zu treffen (z. B. Brechkegel im Silo). Die Befüllung der Silos ist nur im Herstellwerk zulässig. Die Homogenität der Trockenmischung ist durch Prüfung der Frisch- und Festbetoneigenschaften bzw. Frisch- und Festmörteleigenschaften aus unterschiedlichen Entnahmefüllständen (unterer – mittlerer – oberer Silobereich) nachzuweisen.

7 Informationen vom Hersteller für den Verwender

(1) Dem Anwender sind alle für die Verarbeitung erforderlichen Angaben zur Verfügung zu stellen. Dies erfolgt im Allgemeinen über Produktdatenblätter und Kennzeichnung auf den Gebinden. Bei Lieferung in Großgebinden ist ein Begleitzettel mit den erforderlichen Angaben beizufügen.

(2) Es sind mindestens die in Tabelle 5 aufgeführten Angaben auf dem Produktdatenblatt und dem Begleitzettel sowie auf dem Gebinde bereitzustellen.

Tabelle 5 – Mindestangaben auf dem Produktdatenblatt, dem Begleitzettel und dem Gebinde

Z S	1	2
	Angaben auf dem Produktdatenblatt	Angaben auf dem Gebinde bzw. Begleitzettel
1	Name und Anschrift des Herstellwerkes	
2	Typenbezeichnung des Vergussbetons oder Vergussmörtels und Größtkorn der Gesteinskörnung	
3	Hinweise zur Herstellung und Verarbeitung von Vergussbeton und Vergussmörtel auf der Baustelle: – Mindestmenge und höchstzulässige Menge des Zugabewassers für 5 °C, 20 °C und 30 °C, falls kein anderer Temperaturbereich festgelegt wird; – Angaben zur Mindestmischzeit; – Hinweis auf Mischertyp; – Verarbeitbarkeitszeit; – Ergiebigkeit in dm³/kg Trockenmasse; – Hinweise zur Untergrundvorbehandlung; – Hinweise zum Vergießen; – Angabe des Konsistenzbereiches anhand der Ausfließmaßklassen oder der Fließmaßklassen nach Abschnitt 3.3.2.1 oder Abschnitt 3.3.3.1; – für Vergussmörtel: Korrelation zwischen Fließmaß und Ausbreitmaß nach Anhang C, Abschnitt C.2.2; – Hinweise zur Nachbehandlung; – gegebenenfalls Angaben zur Unverträglichkeit mit anderen Baustoffen, z. B. Anhydrit.	
4	Zulässige Lagerungsdauer einschließlich Herstelldatum und Lagerungsbedingungen, alternativ Verwendbarkeitsdatum und Lagerungsbedingungen	
5	Füllmasse in kg	
6	Hinweis auf diese Richtlinie	Hinweis auf diese Richtlinie und Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen)
7	gegebenenfalls Hinweis auf von 5 °C bis 30 °C abweichenden Temperaturbereich	
8	Druckfestigkeitsklasse	
9	Frühfestigkeitsklasse	
10	zulässige Expositions- und Feuchtigkeitsklassen	Chargennummer
11	Art der Verwendung des Betons (unbewehrter Beton, Stahlbeton, Spannbeton)	–
12	Schwindklasse	
13	Minimale und maximale Einbaudicke	
14	gegebenenfalls zusätzliche Eigenschaften	–

8 Lieferschein

Vergussbeton und Vergussmörtel sind mindestens durch folgende Angaben auf dem Lieferschein zu kennzeichnen:

- Name und Anschrift des Herstellwerkes;
- Empfänger der Lieferung;
- Tag der Lieferung;
- Lieferscheinnummer;
- Chargennummer/Herstelldatum;
- Menge und Sorte des Vergussbetons bzw. Vergussmörtels;
- genaue Produktbezeichnung (Typenbezeichnung);
- Sollfüllmasse in kg;
- bei loser Lieferung: Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen);
- anerkannte Überwachungsstelle und anerkannte Zertifizierungsstelle;
- Unterschriften.

9 Verarbeiten und Überwachung auf der Baustelle

(1) Für die Herstellung von Vergussbeton und Vergussmörtel aus Trockenbeton und Trockenmörtel sind die Abschnitte 9.6 bis 9.8 der DIN EN 206-1:2001-07 bzw. DIN 1045-2 zu beachten.

(2) Für das Bereiten und Verarbeiten von Vergussbeton oder Vergussmörtel sind die auf der Verpackung oder dem Begleitzettel bzw. den technischen Merkblättern angegebenen Anweisungen zu beachten (s. Abschnitt 7). Insbesondere darf die vom Hersteller angegebene Mindest- und Höchstmenge an Zugabewasser nicht unter- bzw. überschritten werden.

(3) Gebinde (Sack oder Großgebinde) dürfen nur im Ganzen verwendet werden. In Silos abgefüllter Vergussbeton und Vergussmörtel darf chargenweise entnommen werden, wenn nachgewiesen ist, dass die Trockenmischung im Silo nicht entmischt ist und geeignete Abmessvorrichtungen auf der Baustelle vorhanden sind.

(4) Trockenmischungen von Vergussbeton und Vergussmörtel, bei denen im Sack, Großgebinde oder Silo bereits teilweise eine Erhärtung stattgefunden hat oder deren Verwendbarkeitsdauer überschritten ist, dürfen nicht verwendet werden.

(5) Wasser darf auch volumetrisch abgemessen werden. Restwasser nach DIN EN 1008 darf nicht verwendet werden.

(6) Die Oberflächen von bestehenden Betonbauteilen, die mit Vergussbeton bzw. Vergussmörtel in Kontakt stehen, sind wie Arbeitsfugen gemäß DIN 1045-3:2012-03, Abschnitt 8.2, Absatz (NA.4), zu behandeln.

(7) Mit der Nachbehandlung des Vergussbetons oder Vergussmörtels ist unmittelbar nach dem Einbau zu beginnen. Freie Oberflächen von Vergussbeton oder Vergussmörtel sind mindestens 24 Stunden mit wasserzuführenden Maßnahmen nachzubehandeln.

(8) Die Überwachung der Bauausführung bei Verwendung von Vergussbeton oder Vergussmörtel richtet sich nach den Regeln des Anwendungszwecks und gegebenenfalls nach den verlangten besonderen Eigenschaften. Diese Regeln entscheiden über den Umfang der Überwachung (siehe Anhang A, Tabelle A-4). Die Überwachung ist in geeigneter Form zu dokumentieren.

(9) Bei der Überprüfung der Konsistenz von Vergussmörtel darf alternativ zum Fließmaß auch das Ausbreitmaß nach Anhang C, Abschnitt C.2.2, verwendet werden.

Normen und Richtlinien

DIN 1045-2:2008-08, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1*

DIN 1045-3:2012-03, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung – Anwendungsregeln zu DIN EN 13670*

DIN V 20000-101:2002-11, *Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken – Teil 101: Zusatzmittel für Einpressmörtel für Spannglieder nach DIN EN 934-4:2002-02*

DIN EN 196-1, *Prüfverfahren für Zement – Teil 1: Bestimmung der Festigkeit*

DIN EN 196-3, *Prüfverfahren für Zement – Teil 3: Bestimmung der Erstarrungszeiten und der Raumbeständigkeit*

DIN EN 197-1, *Zement – Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement*

DIN EN 197-2, *Zement – Teil 2: Konformitätsbewertung*

DIN EN 206-1:2001-07, *Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; einschließlich Änderungen DIN EN 206-1/A1:2004-10 und DIN EN 206-1/A2:2005-09*

DIN EN 445:1996-07, *Einpressmörtel für Spannglieder – Prüfverfahren*

DIN EN 1097-5, *Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen – Teil 5: Bestimmung des Wassergehaltes durch Ofentrocknung*

DIN EN 12350-1, *Prüfung von Frischbeton – Teil 1: Probenahme*

DIN EN 12350-5, *Prüfung von Frischbeton – Teil 5: Ausbreitmaß*

DIN EN 12390-2, *Prüfung von Festbeton – Teil 2: Herstellung und Lagerung von Probekörpern für Festigkeitsprüfungen*

DIN EN 12390-3, *Prüfung von Festbeton – Teil 3: Druckfestigkeit von Probekörpern*

DIN EN 12620, *Gesteinskörnungen für Beton*

DIN EN 13670, *Ausführung von Tragwerken aus Beton*

DAfStb-Richtlinie „Selbstverdichtender Beton“, Ausgabe November 2003

DAfStb-Richtlinie „Herstellung und Verwendung von Trockenbeton und Trockenmörtel“, Ausgabe Juni 2005

DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“, Ausgabe Oktober 2001

DAfStb-Heft 422, „Prüfung von Beton – Empfehlungen und Hinweise als Ergänzung zu DIN 1048“ (Herausgeber: Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Berlin; Vertrieb: Beuth Verlag GmbH, Berlin)

DAfStb-Richtlinie Vergussbeton/Vergussmörtel

Anhang A (normativ) – Umfang der Prüfungen im Rahmen der Produktionskontrolle von Vergussbeton und Vergussmörtel**Tabelle A-1 – Ausgangsstoffe**

S Z	1	2	3	4
	Gegenstand der Prüfung	Prüfungen	Anforderungen	Häufigkeit
1	Zement	Lieferschein und Verpackungsaufdruck bzw. Silozettel	Kennzeichnung (Art, Festigkeitsklasse) und Konformitätszertifikat nach DIN EN 197 und gegebenenfalls Übereinstimmungszertifikat nach DIN 1164	Jede Lieferung
2	Gesteinskörnung bei Lieferung	Lieferschein	Bezeichnung, Konformitätserklärung einschließlich der CE-Konformitätskennzeichnung nach DIN EN 12620, gegebenenfalls Alkaliempfindlichkeitsklasse mit Übereinstimmungszertifikat	Jede Lieferung
3		Sichtprüfung auf Art der Gesteinskörnung, Kornzusammensetzung, Gesteinsbeschaffenheit und schädliche Bestandteile	Einhalten der Bestimmungen von DIN EN 12620 unter Berücksichtigung von DIN 1045-2 (Übereinstimmung mit der bestellten Korngruppe, Kornform; ausreichende Kornfestigkeit; keine Verunreinigungen)	Jede Lieferung
4		Kornzusammensetzung der einzelnen Korngruppen durch Siebanalyse nach DIN EN 933-1	Einhalten der Kornzusammensetzung nach DIN EN 12620 unter Berücksichtigung von DIN 1045-2	Bei der ersten Lieferung; in angemessenen Zeitspannen; bei Wechsel des Herstellwerks
5	Betonzusatzstoffe	Lieferschein und Verpackungsaufdruck oder Begleitzettel	Bezeichnung, Norm bzw. Zulassungsnummer und Konformitäts- bzw. Übereinstimmungszertifikat	Jede Lieferung
6	Betonzusatzmittel	Lieferschein und Verpackungsaufdruck oder Begleitzettel	Bezeichnung, Wirkungsgruppe, Norm bzw. Zulassungsnummer, Konformitätserklärung einschließlich der CE-Konformitätskennzeichnung	Jede Lieferung
7		Sichtprüfung	Keine auffälligen Veränderungen	Laufend
8	Gesteinskörnung nach Trocknung	Feuchtegehalt nach DIN EN 1097-5	Feuchtegehalt i. M. $\leq 0,1$ M.-% (Einzelwert $\leq 0,2$ M.-%)	Bei Anlieferung feuergetrockneter Gesteinskörnungen unmittelbar vor der ersten Herstellung sowie zweimal jährlich
				Bei Anlieferung eigenfeuchter Gesteinskörnungen mindestens einmal produktionstäglich
9		Kornzusammensetzung	Einhalten der werkseitig vorgegebenen Zusammensetzung der Korngruppen	Mindestens je 1000 t bzw. 5 Produktionstage

DAfStb-Richtlinie Vergussbeton/Vergussmörtel

Tabelle A-2 – Prüfung des Vergussbetons oder Vergussmörtels nach Eigenschaften im Herstellwerk

S Z	1 Gegenstand der Prüfung	2 Prüfungen	3 Anforderungen/ Eigenschaften	4 Häufigkeit der Produktions- kontrolle		
				Je Produk- tionstag	Je 5 Produk- tionstage	Je Produk- tionsjahr
1	Frischbeton	Konsistenz (mit min. w) nach Anhang B, B.2.1	Einhalten des auf Grund der Erstprüfung festgelegten Konsistenzbereiches	1	–	–
2		Verarbeitbarkeitszeit (mit min. w) nach Anhang B, B.2.2	Verringerung des Ausfließmaßes nach 30 Minuten gegenüber dem Ausfließmaß nach 5 Minuten um höchstens 80 mm			
3		Entmischen (mit max. w) nach Anhang B, B.2.3	Keine Wasserabsonderung (Bluten)			
4	Frischmörtel	Konsistenz (mit min. w) nach Anhang C, C.2.1	Einhalten des auf Grund der Erstprüfung festgelegten Konsistenzbereiches	1	–	–
5		Verarbeitbarkeitszeit (mit min. w) nach Anhang C, C.2.3	Verringerung des Fließmaßes nach 30 Minuten gegenüber dem Fließmaß nach 5 Minuten um höchstens 100 mm			
6		Entmischen (mit max. w) nach Anhang C, C.2.4	Keine Wasserabsonderung (Bluten)			
7	Festbeton und Fest- mörtel	Quellen nach Anhang B, Abschnitt B.3, bzw. Anhang C, C.3	Quellen nach 24 h $\geq + 0,1$ Vol.-%	1	–	–
8		Sedimentationsstabilität nach Anhang B, Abschnitt B.4; bzw. Anhang C, C.4	Keine signifikant unterschiedliche Verteilung der groben Gesteinskörner	–	1	–
9		Druckfestigkeit nach Anhang B, B.5; bzw. Anhang C, C.5	Nach 24 h: ≥ 40 N/mm ² (Klasse A), nach 24 h: ≥ 25 N/mm ² (Klasse B), nach 24 h: ≥ 10 N/mm ² (Klasse C)	1	–	–
10			nach 28 Tagen: Abschnitt 4.1 (3)	1	–	–
11			nach 56 und 91 Tagen kein Festigkeitsabfall	–	–	2
12		Schwinden von Vergussbeton nach Anhang B, B.6	Klasse SKVB 0: $\epsilon_{s,m,91} \leq 0,6$ ‰, $\epsilon_{s,i,91} \leq 0,8$ ‰; Klasse SKVB I: $\epsilon_{s,m,91} \leq 0,8$ ‰, $\epsilon_{s,i,91} \leq 1,0$ ‰; Klasse SKVB II: $\epsilon_{s,m,91} \leq 1,5$ ‰, $\epsilon_{s,i,91} \leq 2,0$ ‰.	–	–	2
13		Schwinden von Vergussmörtel nach Anhang C, C.6	Klasse SKVM 0: $\epsilon_{s,m,91} \leq 0,6$ ‰, $\epsilon_{s,i,91} \leq 0,8$ ‰; Klasse SKVM I: $\epsilon_{s,m,91} \leq 0,8$ ‰, $\epsilon_{s,i,91} \leq 1,0$ ‰; Klasse SKVM II: $\epsilon_{s,m,91} \leq 1,2$ ‰, $\epsilon_{s,i,91} \leq 1,4$ ‰; Klasse SKVM III: $\epsilon_{s,m,91} \leq 1,5$ ‰, $\epsilon_{s,i,91} \leq 2,0$ ‰.	–	–	2

DAfStb-Richtlinie Vergussbeton/Vergussmörtel

Tabelle A-3 – Prüfung der technischen Einrichtungen und anderer Angaben im Herstellwerk

S	1	2	3	4	5	6	7
Z	Gegenstand der Prüfung	Prüfungen	Anforderungen/Eigenschaften	Häufigkeit der Eigenüberprüfung		Häufigkeit der Regelüberwachung	
				Laufend	Je 6 Produktionstage	Bei jeder Prüfung	Nach Festlegung der Überwachungsstelle
1	Abmessvorrichtungen für Ausgangsstoffe	Funktionskontrolle nach Augenschein	keine Abweichung vom üblichen Verhalten	1	–	1	–
2		Wägekontrolle	Einhalten der Sollmassen mit einer Genauigkeit von 3 %	–	1	–	1
3	Mischwerkzeuge	Funktionskontrolle	Keine Überschreitung der zulässigen Abnutzung	1	–	1	–
4	Abfüllvorrichtungen	Funktionskontrolle	Innerhalb der Verkehrsfehlergrenzen gemäß Eichgesetz	1	–	1	–
5	Prüf- und Messgeräte	Funktionskontrolle	Ausreichende Messgenauigkeit	1	–	1	–
6	Sortenverzeichnis	Übereinstimmung mit dem Lieferprogramm, Einhalten der in dieser Richtlinie festgelegten Anforderungen und Übereinstimmung mit den Werten der Erstprüfung gemäß Abschnitt 5.2 dieser Richtlinie		–	1	–	1
7	Mischanweisung	Vollständigkeit und sinngemäße Übereinstimmung mit den Angaben im Sortenverzeichnis		1	–	1	–
8	Lieferschein, Gebindeaufdruck, Verpackung	Vollständigkeit gemäß dieser Richtlinie		1	–	1	–
9	Homogenität der Trockenmischung bei Silobefüllung	Prüfungen am Frisch- und Festbeton/-mörtel nach Tabelle A-2 bei Probenahme aus der unteren, mittleren und oberen Silobefüllung	Einhalten der Anforderungen/Eigenschaften nach Tabelle A-2	2/Jahr		–	

DAfStb-Richtlinie Vergussbeton/Vergussmörtel

Tabelle A-4 – Prüfungen auf der Baustelle

S	1	2	3	4
Z	Gegenstand der Prüfung	Prüfungen	Anforderungen	Häufigkeit
A	Kleingebinde und Großgebäude			
1	Lieferschein/ Gebindeaufdruck bzw. Begleitzettel	Augenscheinprüfung	Übereinstimmung mit den Festlegungen; Verwendung innerhalb der zulässigen Lage- rungsdauer	Jede Lieferung
2	Abmessvorrichtung für Wasserzugabe; bei Silo- entnahme auch für die Trockenmischung	Funktionskontrolle	Einwandfreies Arbeiten	Je Herstelltag
3			Einhalten der Sollmasse mit einer Genauigkeit von 3 %	Monatlich
4	Mischwerkzeug	Funktionskontrolle	Einwandfreies Arbeiten	Je Herstelltag
B	Fertiges Gemisch bei Vergussbeton und Vergussmörtel nach Eigenschaften			
5	Mischung/Herstellung	Sichtprüfung	Homogenität der Mischung; zusammenhängender Mörtel oder Beton (keine Ent- mischung)	Jede Mischung bzw. laufend
6		Sichtprüfung	Konsistenz; Einhalten des fest- gelegten Konsistenzbereiches	Jede Mischung bzw. laufend
7		Bei Vergussbeton: Anhang B, B.2.1	Konsistenzmaß; Einhalten des festgelegten Konsistenzbereiches	Täglich bei der ersten Herstellung und in angemessenen Zeitabständen bei der Herstellung der Probekörper für die Druckfestigkeits- prüfung
8		Bei Vergussbeton: Anhang B, B.3	Quellen; Quellmaß nach 24 Stunden ≥ + 0,1 Vol.-%	Bei der ersten Herstellung und in angemessenen Zeitabständen
9		Bei Vergussmörtel: Anhang C, C.2.1 oder C.2.2	Konsistenzmaß; Einhalten des festgelegten Konsistenzbereiches	Täglich bei der ersten Herstellung und in angemessenen Zeitabständen bei der Herstellung der Probekörper für die Druckfestigkeits- prüfung
10		Bei Vergussmörtel: Anhang C, C.3	Quellen; Quellmaß nach 24 Stunden ≥ + 0,1 Vol.-%	Bei der ersten Herstellung und in angemessenen Zeitabständen
11	Druckfestigkeit	Anhang B, B.5 bzw. Anhang C, C.5	Einhalten der erforderlichen Druckfestigkeit entsprechend DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3	Bei der ersten Her- stellung und in angemessenen Zeitabständen jeweils 3 Würfel mit einer Kantenlänge von 150 mm bei Vergussbeton oder 1 Prismensatz bei Vergussmörtel

DAfStb-Richtlinie Vergussbeton/Vergussmörtel

Tabelle A-4 – (fortgesetzt)

S	1	2	3	4
Z	Gegenstand der Prüfung	Prüfungen	Anforderungen	Häufigkeit
C	Zusätzlich bei Vergussbeton und Vergussmörtel nach Zusammensetzung			
12	Frischbeton und Frischmörtel	Entmischen (mit max. w) nach Anhang B, B.2.3 bzw. Anhang C, C.2.4	Keine Wasserabsonderung (Bluten)	Bei der ersten Herstellung und in angemessenen Zeitabständen bei der Herstellung der Probekörper
13	Festbeton und Festmörtel	Sedimentationsstabilität nach Anhang B, B.4; bzw. Anhang C, C.4	Keine signifikant unterschiedliche Verteilung der groben Gesteinskörner	1/5 Herstelltage
14		Schwinden von Vergussbeton nach Anhang B, B.6	Klasse SKVB 0: $\varepsilon_{s,m,91} \leq 0,6 \text{ ‰}$, $\varepsilon_{s,i,91} \leq 0,8 \text{ ‰}$; Klasse SKVB I: $\varepsilon_{s,m,91} \leq 0,8 \text{ ‰}$, $\varepsilon_{s,i,91} \leq 1,0 \text{ ‰}$; Klasse SKVB II: $\varepsilon_{s,m,91} \leq 1,5 \text{ ‰}$, $\varepsilon_{s,i,91} \leq 2,0 \text{ ‰}$.	2/Jahr
15		Schwinden von Vergussmörtel nach Anhang C, C.6	Klasse SKVM 0: $\varepsilon_{s,m,91} \leq 0,6 \text{ ‰}$, $\varepsilon_{s,i,91} \leq 0,8 \text{ ‰}$; Klasse SKVM I: $\varepsilon_{s,m,91} \leq 0,8 \text{ ‰}$, $\varepsilon_{s,i,91} \leq 1,0 \text{ ‰}$; Klasse SKVM II: $\varepsilon_{s,m,91} \leq 1,2 \text{ ‰}$, $\varepsilon_{s,i,91} \leq 1,4 \text{ ‰}$; Klasse SKVM III: $\varepsilon_{s,m,91} \leq 1,5 \text{ ‰}$, $\varepsilon_{s,i,91} \leq 2,0 \text{ ‰}$.	2/Jahr

Anhang B (normativ) – Prüfungen an Vergussbeton

B.1 Herstellung von Vergussbeton

(1) Die Eigenschaften des Vergussbetons werden unter Beachtung der Arbeitsanweisung des Herstellers an Vergussbeton mit der für den jeweiligen Temperaturbereich angegebenen höchstzulässigen Wasserzugabe festgestellt. Lediglich die Verarbeitbarkeit (Konsistenz und Ansteifen) wird an Vergussbeton mit der vom Hersteller angegebenen geringsten Wassermenge bestimmt (vgl. Abschnitte B.2.1 und B.2.2).

(2) Die Mindestmenge und die höchstzulässige Menge des Zugabewassers müssen für 5 °C, 20 °C und 30 °C ermittelt werden, falls kein anderer Temperaturbereich festgelegt wird.

(3) Für die Prüfung wird der Vergussbeton (gebündeweise) in einen Zwangsmischer gegeben und gemischt.

(4) Der Vergussbeton ist, wenn vom Hersteller nicht anders angegeben, wie folgt zu mischen:

- Das Wasser wird in der erforderlichen Menge in den mit einem feuchten Tuch ausgewaschenen Mischtrog gegeben.
- Der trockene Vergussbeton wird bei laufendem Mischer eingestreut.

(5) Als Mischzeit sind die Angaben des Produktherstellers einzuhalten, jedoch ist der Vergussbeton nach Zugabe des trockenen Vergussbetons mindestens 2 Minuten zu mischen.

B.2 Verarbeitbarkeit von Vergussbeton

B.2.1 Konsistenz des Frischbetons

(1) Die Konsistenz des Vergussbetons wird 5 Minuten nach der Betonherstellung mit dem Ausfließmaß in Anlehnung an DIN EN 12350-5 geprüft.

(2) Der Setztrichter wird mittig auf den vorher angefeuchteten Ausbreittisch (siehe DIN EN 12350-5) gestellt und zügig mit 3 Litern Vergussbeton gefüllt. Nach 10 Sekunden wird der Setztrichter langsam senkrecht nach oben gezogen. Das Ausbreitmaß wird als Durchmesser des entstandenen Kuchens in 2 zueinander rechtwinkligen Richtungen gemessen, ohne dass der Ausbreittisch vorher angehoben wird. Als Ausfließmaß gilt der Mittelwert aus beiden Durchmessern in mm (gerundet auf 10 mm).

B.2.2 Verarbeitbarkeitszeit (Ansteifen)

Zur Bestimmung der Verarbeitbarkeitszeit wird die Prüfung nach Abschnitt B.2.1 mit der vom Hersteller angegebenen geringsten Wassermenge (min. w) 5, 30, 60 und 90 Minuten nach der Beton-

herstellung durchgeführt. Vor jeder Prüfung wird der Vergussbeton 15 Sekunden durchgemischt. Besondere Angaben des Herstellers sind zu beachten.

B.2.3 Entmischen

Die Neigung zum Entmischen ist an Frischbeton mit der höchstzulässigen Wassermenge (max. w) zu beurteilen. Der Frischbeton ist augenscheinlich auf Entmischungen (Bluten, Absondern von Gesteinskörnung) zu überprüfen.

B.3 Quellen

Das Quellen ist gemäß DIN EN 445:1996-07 „Einpreßmörtel für Spannglieder – Prüfverfahren“, Abschnitt 3.4.3 (Gefäßverfahren), nach 24 Stunden zu prüfen.

B.4 Sedimentationsstabilität (Prüfung am Festbeton)

Die Sedimentationsstabilität wird am erhärteten Vergussbeton durch Spalten oder durch Sägen der Probekörper für das Quellen (vgl. Abschnitt B.3) entlang der Mittelachse festgestellt. Die Spalt- bzw. Schnittflächen werden hinsichtlich der Verteilung der groben Gesteinskörner visuell beurteilt.

B.5 Druckfestigkeit

(1) Die Druckfestigkeit von Vergussbeton wird nach DIN EN 12390-3 an Würfeln mit einer Kantenlänge von 150 mm festgestellt. Die Verdichtung des Vergussbetons erfolgt abweichend von DIN EN 12390-2 nur durch Stochern oder Klopfen.

(2) Zur Einstufung der Frühfestigkeitsklasse erfolgt die Druckfestigkeitsprüfung im Alter von $24 \pm 0,5$ Stunden. Darüber hinaus ist die Druckfestigkeit nach 28, 56 und 91 Tagen zu ermitteln. Für besondere Anwendungen können Festigkeiten zu früheren oder späteren Prüfzeiten vereinbart werden, z. B. Mindestdruckfestigkeit nach 6 oder 12 Stunden.

B.6 Schwinden

Für Vergussbeton erfolgt die Prüfung des Schwindens in Anlehnung an DAfStb-Heft 422 „Prüfung von Beton; Empfehlungen und Hinweise als Ergänzung zu DIN 1048“, Abschnitt 2.6: Schwinden an Zylindern mit einem Durchmesser von 150 mm und einer Höhe von 300 mm. Die Probekörper werden durch Stochern oder Klopfen verdichtet. 24 Stunden nach der Herstellung werden die Probekörper entschalt, mit den Messmarken versehen und die Nullmessung durchgeführt. Danach werden die Probekörper bei rd. 20 °C und rd. 65 % relativer Luftfeuchte gelagert. Das Schwindmaß ist nach 1, 7, 28, 56 und 91 Tagen zu bestimmen.

Anhang C (normativ) – Prüfungen an Vergussmörtel

C.1 Herstellung von Vergussmörtel

(1) Die Eigenschaften werden unter Beachtung der Arbeitsanweisung des Herstellers an Vergussmörtel mit der für den jeweiligen Temperaturbereich angegebenen höchstzulässigen Wasserzugabe festgestellt. Lediglich die Verarbeitbarkeit (Konsistenz und Ansteifen) wird an Vergussbeton mit der vom Hersteller angegebenen geringsten Wassermenge bestimmt (vgl. Abschnitte C.2.1 und C.2.2).

(2) Die Mindestmenge und die höchstzulässige Menge des Zugabewassers müssen für 5 °C, 20 °C und 30 °C ermittelt werden, falls kein anderer Temperaturbereich festgelegt wird.

(3) Für die Prüfungen wird der Vergussmörtel mit einem geeigneten Zwangsmischer (vgl. Herstellerangaben) gemischt.

(4) Der Vergussmörtel ist, wenn vom Hersteller nicht anders angegeben, wie folgt zu mischen:

- Das Wasser wird in der erforderlichen Menge in den mit einem feuchten Tuch ausgewischten Mischtrog gegeben.
- Der trockene Vergussmörtel wird bei laufendem Mischer eingestreut.

(5) Als Mischzeit sind die Angaben des Produktherstellers einzuhalten, jedoch ist der Vergussmörtel nach Zugabe des trockenen Vergussmörtels mindestens 2 Minuten zu mischen.

C.2 Verarbeitbarkeit von Vergussmörtel

C.2.1 Konsistenz des Frischmörtels (Fließmaß)

(1) Das Fließmaß ist am Vergussmörtel 5 Minuten nach der Mörtelherstellung mit der Fließrinne zu bestimmen.

(2) Die Fließrinne (s. Bild C.1) ist in beiden Achsen waagrecht und fest aufzustellen. Vor jedem Versuch sind Fließrinne und Einfülltrichter mit einem feuchten Tuch auszuwischen.

(3) Etwa 1 Minute vor Ermittlung des Fließmaßes wird der Trichter zügig bis zur Füllmarke „1 l“ mit Vergussmörtel gefüllt. Die Oberfläche des Mörtels im Trichter muss eben sein. Dies kann durch leichtes Stochern erreicht werden.

(4) 30 Sekunden nach dem Füllen des Trichters wird der Verschlussstopfen langsam nach oben gezogen, ohne an die Führung anzuschlagen.

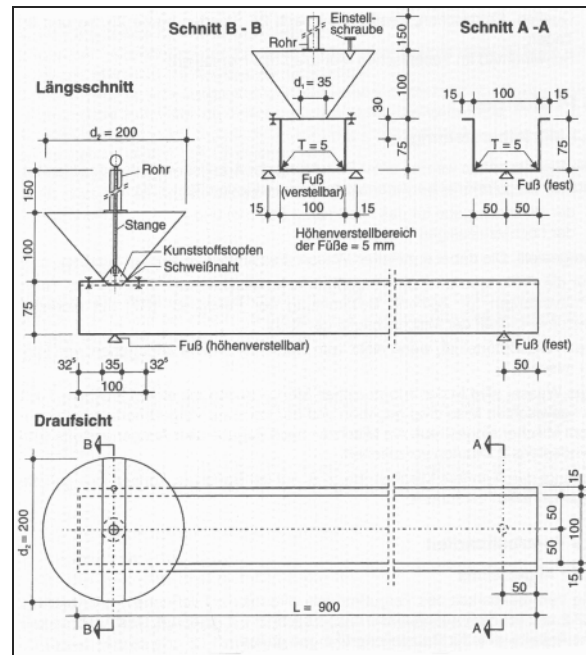


**Bild C.1 – Abmessungen der Fließrinne
(Fertigungstoleranz: 0,5 mm; Blechdicke:
2,0 mm) nach DBV-Merkblatt Vergussmörtel**

(5) Nach Beendigung des Fließvorgangs, in der Regel nach weiteren 30 Sekunden, wird von Mitte Auslauföffnung bis Ende des Mörtels das Fließmaß auf 10 mm gerundet gemessen. Fließt der Mörtel länger als 30 Sekunden, ist dies gesondert anzugeben.

C.2.2 Konsistenz des Frischmörtels (Ausbreitmaß)

(1) Für vergleichende Konsistenzprüfungen, insbesondere auf der Baustelle, darf das Ausbreitmaß verwendet werden.

(2) Der Setztrichter nach DIN EN 1015-3 wird auf eine vorher angefeuchtete Glasplatte oder einen vorher angefeuchteten Ausbreittisch (DIN EN 12350-5) gelegt und zügig mit Vergussmörtel gefüllt. Unmittelbar nach dem Füllen des Setztrichters ist der überstehende Mörtel mit einem Stahllineal abzustreichen. Nach 10 Sekunden wird der Setztrichter langsam senkrecht nach oben gezogen. Das Ausbreitmaß wird als Durchmesser des entstandenen Kuchens in zwei zueinander rechtwinkligen Richtungen gemessen. Als Ausbreitmaß gilt das Mittel aus beiden Durchmessern in mm.

(3) Zur Beurteilung der Konsistenz ist bei Anwendung dieses Alternativverfahrens für den jeweiligen Mörtel vorab eine Korrelation zwischen dem Ausbreitmaß und dem Fließmaß (Referenzkenngröße) zu ermitteln.

C.2.3 Verarbeitbarkeitszeit

Zur Bestimmung der Verarbeitbarkeitszeit wird die Prüfung nach Abschnitt C.2.1 mit der vom Hersteller angegebenen geringsten Wassermenge (min. w) 5, 30, 60 und 90 Minuten nach der Mörtelherstellung durchgeführt. Vor jeder Prüfung wird der Vergussmörtel 15 Sekunden durchgemischt. Besondere Angaben des Herstellers sind zu beachten.

C.2.4 Entmischen

(1) Die Neigung zum Entmischen ist an Frischmörtel mit der höchstzulässigen Wassermenge (max. w) zu beurteilen.

(2) Der Frischmörtel ist augenscheinlich auf Entmischungen (Bluten, Absondern von Gesteinskörnung) zu überprüfen.

C.3 Quellen

Das Quellen ist nach DIN EN 445:1996-07 „Einpressmörtel für Spannglieder – Prüfverfahren“, Abschnitt 3.4.3 (Gefäßverfahren), nach 24 Stunden zu prüfen.

**C.4 Sedimentationsstabilität
(Prüfung am Festmörtel)**

Die Sedimentationsstabilität wird am erhärteten Vergussmörtel durch Spalten oder durch Sägen der Probekörper für das Quellen (vgl. Abschnitt C.3) entlang der Mittelachse festgestellt. Die Spalt- bzw. Schnittflächen werden hinsichtlich Verteilung der Gesteinskörner visuell beurteilt.

C.5 Druckfestigkeit

(1) Die Druckfestigkeit von Vergussmörtel wird an Prismen mit Abmessungen $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}^3$ bestimmt, die in Anlehnung an DIN EN 196-1 hergestellt, gelagert und geprüft werden. Die Verdichtung des Vergussmörtels erfolgt durch Stochern oder Klopfen.

(2) Für die Umrechnung der charakteristischen Prismendruckfestigkeit in die charakteristische Druckfestigkeit von Würfeln mit 150 mm Kantenlänge gilt für Vergussmörtel folgende Beziehung:

$$f_{c,\text{cube}} = 0,85 \times f_{c,\text{Prisma}}$$

(3) Zur Einstufung in eine Frühfestigkeitsklasse erfolgt die Druckfestigkeitsprüfung im Alter von $24 \pm 0,5$ Stunden. Darüber hinaus ist die Druckfestigkeit nach 28, 56 und 91 Tagen zu ermitteln. Für besondere Anwendungen können Festigkeiten zu früheren oder späteren Prüfzeiten vereinbart werden, z. B. Mindestdruckfestigkeit nach 6 oder 12 Stunden.

C.6 Schwinden

Das Schwinden des Vergussmörtels ist in Anlehnung an die DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“, Teil 4, Abschnitt 2.5.6, an Prismen mit Abmessungen $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}^3$ zu bestimmen. Die Verdichtung des Vergussmörtels erfolgt durch Stochern oder Klopfen. Die Ausgangsmessung erfolgt nach dem Ausschalen im Alter von 1 Tag. Danach werden die Probekörper bei rd. 20°C und rd. 65 % relativer Luftfeuchte gelagert. Das Schwinden ist nach 1, 7, und 28, 56 und 91 Tagen zu bestimmen.

Literatur

Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E.V.:
Merksblatt „Vergußmörtel“; Fassung 1996