Niedersächsisches
Ministerialblatt

70. (75.) Jahrgang | Hannover, den 10. 8. 2020 | Nummer 36 a

ANLAGENBAND
zur
Verwaltungsvorschrift
Technische Baubestimmungen (VV TB)
— Fassung Juni 2020 —

DIN 1045-100

DIN 4109-1

DIN 11622-2

DIN EN 1537

DIN SPEC 18537

DIN EN 1993-1-3/NA

DIN EN 1993-1-5/NA

DIN EN 1993-1-10/NA

DIN EN 1993-3-2/NA

DIN EN 1999-1-1/NA

DIN EN 1999-1-5

Die hier abgedruckten Technischen Baubestimmungen sind nur in Verbindung mit dem RdErl. des MU vom 30. 7. 2020 (Nds. MBl. S. 783) zu verwenden.

Inhalt:

— DIN 1045-100: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 100: Ziegeldecken . . . 1

— DIN 4109-1: Schallschutz im Hochbau — Teil 1: Mindestanforderungen 15

— DIN 11622-2: Gärfuttersilos, Güllebehälter, Behälter in Biogasanlagen, Fahrsilos — Teil 2: Gärfuttersilos, Güllebehälter und Behälter in Biogasanlagen aus Beton 45

— DIN EN 1537: Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau — Verpressanker; Deutsche Fassung EN 1537:2013 71

— DIN SPEC 18537: Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 1537:2014-07, Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau — Verpressanker 135

— DIN EN 1993-1-3/NA: Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-3: Allgemeine Regeln — Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche 169

— DIN EN 1993-1-5/NA: Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile 181

— DIN EN 1993-1-10/NA: Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung 191

— DIN EN 1993-3-2/NA: Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 3-2: Türme, Maste und Schornsteine — Schornsteine 199

— DIN EN 1999-1-1/NA: Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln 215

— DIN EN 1999-1-5: Eurocode 9 — Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-5: Schalentragwerke; Deutsche Fassung EN 1999-1-5:2007 + AC:2009 237

DEUTSCHE NORM **September 2017**

DIN 1045-100

DIN

ICS 91.080.40

Ersatz für
DIN 1045-100:2011-12

Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 100: Ziegeldecken

Design of concrete structures –
Part 100: Brick floors

Calcul des structures en béton –
Partie 100: Plancher en briques

Gesamtumfang 13 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

DIN 1045-100:2017-09

Inhalt

Seite

Vorwort ... 3

1 Allgemeines ... 4
1.1 Anwendungsbereich ... 4
1.2 Normative Verweisungen ... 4
1.3 Begriffe ... 5
1.4 Formelzeichen ... 5

2 Grundlagen der Tragwerksplanung ... 5

3 Baustoffe ... 5

4 Dauerhaftigkeit und Betondeckung ... 6

5 Ermittlung der Schnittgrößen ... 6

6 Grenzzustände der Tragfähigkeit ... 6
6.1 Bemessung auf Biegung ... 6
6.2 Bemessung für Querkraft ... 7
6.3 Durchstanzen ... 8
6.4 Ermüdung ... 8

7 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit ... 8

8 Bewehrungsregeln ... 8

9 Konstruktionsregeln ... 8
9.1 Mindestbewehrung ... 8
9.2 Deckendicke ... 9
9.3 Querverbindung ... 9
9.4 Deckenauflager ... 9
9.5 Scheibenausbildung ... 9

Anhang A (normativ) Ergänzende Regelungen für Ortbetonziegeldecken ... 11
A.1 Bauausführung ... 11

Anhang B (normativ) Ergänzende Regelungen für vorgefertigte Ziegeldecken ... 12
B.1 Herstellung ... 12
B.2 Kennzeichnung ... 12
B.3 Lieferscheine ... 12
B.4 Auslieferung, Transport und Lagerung ... 12

Anhang C (informativ) Eigenlasten ... 13

Vorwort

Dieses Dokument wurde von den Arbeitsausschüssen NA 005-07-01 AA „Bemessung und Konstruktion“ und NA 005-06-01 AA „Mauerwerksbau“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau) erarbeitet.

In die Norm sind die wesentlichen Ergebnisse von Tragversuchen, die von der Ziegelindustrie durchgeführt worden sind, eingeflossen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Die Normenreihe DIN 1045, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton* besteht aus:

— DIN 1045-2, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 2: Beton — Festlegung, Eigen¬schaften, Herstellung und Konformität, Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1*

  DIN 1045-3, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 3: Bauausführung — 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 1045-100, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 100: Ziegeldecken*

— DIN 1045-101, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 101: Konformitätsnachweis für Ziegeldecken nach DIN 1045-100*

Änderungen

Gegenüber DIN 1045-100:2011-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) die Ausgabedaten und Titel zitierter Normen und entsprechend in Bezug genommene Absätze wurden aktualisiert;

b) Überführung der Inhalte zur Konformitätsbewertung aus den normativen Anhängen A und B in DIN 1045-101.

Frühere Ausgaben

DIN 1046:1943, 1957-03
DIN 1045: 1972-01, 1978-12, 1988-07
DIN 1053-4: 1978-09
DIN 1045-100: 2005-02, 2011-12

DIN 1045-100:2017-09

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

(1) Diese Norm gilt für die Berechnung und Ausführung von Ziegeldecken.

(2) Für Ziegeldecken gelten die Bestimmungen von DIN EN 1992-1-1 mit dem Nationalen Anhang DIN EN 1992-1-1/NA, soweit in den folgenden Abschnitten nichts anderes bestimmt wird.

(3) Für die Bemessung im Brandfall gilt DIN 4102-4:2016-05, 5.8 „Ziegeldecken nach DIN 1045-100“.

1.2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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 488 (alle Teile), *Betonstahl*

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

DIN 1045-3:2012-03, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 3: Bauausführung — 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 4102-4:2016-05, *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen — Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile*

DIN 4159:2014-05, *Ziegel für Ziegeldecken und Vergusstafeln, statisch mitwirkend*

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

DIN EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

DIN EN 1990/NA, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

DIN EN 1991-1-1, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke — Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau*

DIN EN 1991-1-1/NA, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke — Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau*

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:2013-04, *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 1992-1-1/NA/A1:2015-12, *Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter — Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Änderung A1*

DIN EN 13670, *Ausführung von Tragwerken aus Beton*

1.3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN EN 1992-1-1 mit dem Nationalen Anhang DIN EN 1992-1-1/NA und der folgende Begriff.

1.3.1
Ziegeldecke
Decke aus Deckenziegeln, Beton und Betonstahl, bei der das Zusammenwirken der genannten Baustoffe zur Aufnahme der Schnittgrößen erforderlich ist

1.4 Formelzeichen

α_{cb} Dauerstandsbeiwert für Ziegeldecken mit Betonstoßfugen

f_{bd} Bemessungswert der Druckfestigkeit von Ziegeln nach DIN 4159

f_{bk} charakteristische Druckfestigkeit von Ziegeln nach DIN 4159 (entspricht der Nennfestigkeit der Ziegelfestigkeitsklasse f_k in DIN 4159)

γ_b Teilsicherheitsbeiwert für die Ziegel

2 Grundlagen der Tragwerksplanung

(1) Für die Anwendung dieser Norm gilt das in DIN EN 1990 mit dem Nationalen Anhang DIN EN 1990/NA festgelegte Sicherheitskonzept. Angaben zu den Einwirkungen enthalten die Normen der Reihe DIN EN 1991. Annahmen für Eigenlasten von Ziegeldecken sind im Anhang C enthalten.

(2) In der ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation ist der Teilsicherheitsbeiwert für die Ziegel mit γ_b = 1,7 und in der außergewöhnlichen Bemessungssituation mit γ_b = 1,5 anzusetzen.

(3) Als bautechnische Unterlagen gelten insbesondere die Bewehrungszeichnungen, der Nachweis der Standsicherheit und eine Baubeschreibung und bei vorgefertigten Ziegeldecken die Verlegezeichnungen.

(4) Für vorgefertigte Ziegeldecken sind außerdem DIN EN 1992-1-1:2011-01, 10.2 und 10.9.3 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 insbesondere NA.J.4, und DIN 1045-4 zu beachten.

3 Baustoffe

(1) Es sind Ziegel für Ziegeldecken nach DIN 4159 mit einer charakteristischen Druckfestigkeit von $f_{bk} \geq 18\ N/mm^2$ zu verwenden.

(2) Zum Vergießen der Fugen darf Normalbeton der Festigkeitsklassen C20/25 bis C35/45 nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 verwendet werden.

(3) Es ist Betonstabstahl B500B nach DIN 488-2 zu verwenden.

4 Dauerhaftigkeit und Betondeckung

(1) Zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit sind für den Beton der Stege die Expositionsklassen und Feuchtigkeitsklassen nach DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04, NCI zu 4.2, Tabelle 4.1, festzulegen.

(2) Die Ziegelfußleisten dürfen bei der Festlegung der Expositionsklassen und Feuchtigkeitsklassen und bei der Betondeckung nicht berücksichtigt werden.

(3) Das Vorhaltemaß der Betondeckung in den Betonstegen darf mit Δc_{dev} = 10 mm festgelegt werden.

5 Ermittlung der Schnittgrößen

(1) Ziegeldecken dürfen nur als einachsig gespannt angesetzt werden.

(2) Für Ziegeldecken gelten die Bestimmungen von DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04, insbesondere 9.3 „Vollplatten“, soweit in den folgenden Abschnitten nichts anderes festgelegt ist. Ziegeldecken, die den Vorschriften dieser Abschnitte entsprechen, gelten als Decken mit ausreichender Querverteilung im Sinne von DIN EN 1991-1-1.

(3) Ziegeldecken dürfen verwendet werden bei den unter a) und b) angegebenen gleichmäßig verteilten und vorwiegend ruhenden Nutzlasten nach DIN EN 1991-1-1 und bei Decken, die nur mit Personenkraftwagen befahren werden. Decken mit Querbewehrung nach b) dürfen auch bei Fabriken und Werkstätten mit leichtem Betrieb verwendet werden.

a) $q_{\mathrm{k}} \leq 5{,}0\ \mathrm{kN/m^2}$

einschließlich dazugehöriger Flure bei voll- und teilvermörtelten Decken ohne Querbewehrung;

b) q_{k} unbeschränkt

bei vollvermörtelten Decken mit unten liegender Mindestquerbewehrung nach DIN EN 1992-1-1:2011-01, 9.3.1.1 (2), in den Stoßfugenaussparungen der Deckenziegel.

(4) Sind Einzellasten größer als die auf 1 $\mathrm{m^2}$ entfallende gleichmäßig verteilte Nutzlast q_{k} oder größer als 7,5 kN, so sind sie durch geeignete Maßnahmen auf größere Aufstandsflächen zu verteilen. Ihre Aufnahme ist nachzuweisen.

(5) Der Nachweis bei Ziegeldecken mit voll vermörtelbaren und nach DIN EN 1992-1-1:2011-01, 9.3.1.1 (2), bewehrten Querfugen darf nach DIN EN 1992-1-1:2011-01, 5.3.2, geführt werden.

(6) Für alle übrigen Ziegeldecken darf als mitwirkende Lastverteilungsbreite nur die Lasteintragungsbreite *t*, die sich bei einer vertikal unter 45° geneigten Lastausstrahlung in halber Plattenhöhe ergibt, angenommen werden.

(7) Ziegeldecken zwischen Stahlträgern dürfen nur dann als durchlaufende Decken bemessen und ausgeführt werden, wenn ihre Oberkante mindestens 40 mm über der Trägeroberkante liegt, so dass die obere Bewehrung in den Längsfugen der Ziegeldecke mit ausreichender Betondeckung verlegt werden kann.

6 Grenzzustände der Tragfähigkeit

6.1 Bemessung auf Biegung

(1) Die Nachweise sind nach DIN EN 1992-1-1:2011-01, 6.1, in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1:2011-01, 3.1 und 3.2, durchzuführen. Für beide Baustoffe (Beton und Deckenziegel) ist die gleiche Dehnungsverteilung über die Bauteilhöhe parallel anzusetzen.

(2) Für Deckenziegel gilt dabei eine lineare Spannungs-Dehnungs-Linie mit einem maximalen Bemessungswert der Randspannung f_{bd} bei einer zugehörigen maximalen Randstauchung von ε_{u2} = 3,5 ‰ von

$$f_{bd} = 0{,}88 \cdot \alpha_{cb} \cdot f_{bk}/\gamma_b \quad (1)$$

Dabei ist

α_{cb} der Dauerstandsbeiwert (hier 0,85);

γ_b der Teilsicherheitsbeiwert für die Ziegel nach Abschnitt 2, Absatz (2);

f_{bk} die charakteristische Druckfestigkeit der Ziegel nach DIN 4159:2014-05, Tabelle 4.

(3) Der Bemessungswert der Betondruckfestigkeit sollte $f_{cd} \geq f_{bd}$ betragen.

(4) Eine oberhalb der Deckenziegel aufgebrachte Betonschicht darf bei der Ermittlung der Druckzone nicht in Rechnung gestellt werden.

(5) Bei Ziegeldecken aus Ziegeln mit vollvermörtelbaren Stoßfugen (siehe DIN 4159:2014-05, Bild 1) gilt als mitwirkender Druckquerschnitt der im Druckbereich liegende Querschnitt der Betonstege und der Deckenziegel ohne Abzug der Hohlräume. Liegt die Druckzone an der Deckenunterseite, so ist die statische Nutzhöhe d rechnerisch um 10 mm zu vermindern.

(6) Bei Ziegeldecken aus Ziegeln mit teilvermörtelbaren Stoßfugen (siehe DIN 4159:2014-05, Bild 2) gilt als Druckquerschnitt der im Druckbereich liegende Querschnitt der Betonstege sowie der Querschnittsteil der Deckenziegel von der Höhe s_t ohne Abzug der Hohlräume. Vorhandene Schalungsziegel, z. B. zur Verbreiterung der Betondruckzone, dürfen auf die statische Nutzhöhe nicht angerechnet werden, wenn die Druckzone an der Deckenunterseite liegt.

6.2 Bemessung für Querkraft

(1) Der Bemessungswert der einwirkenden Querkraft ist dem Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit gegenüberzustellen. Bei der Ermittlung der kleinsten Querschnittbreite b_w innerhalb der Zugzone des Querschnitts ist die Breite der Betonrippen und der Rechenwert der Stegdicke und Wandungen der Deckenziegel in halber Deckenhöhe nach DIN 4159 anzusetzen. Die Gesamtbreite aller senkrechten Stege eines Ziegels muss mindestens 50 mm betragen.

(2) Der Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit bestimmt sich zu

$$V_{Rd} = \tau_{Rd} \cdot b_w \cdot d \quad (2)$$

Dabei ist

b_w die kleinste Querschnittsbreite innerhalb der Zugzone des Querschnitts;

d die statische Nutzhöhe im betrachteten Querschnitt;

τ_{Rd} der Bemessungswert der aufnehmbaren Schubspannung nach Tabelle 1.

(3) Zugbewehrungen dürfen nicht aufgebogen werden. Querkraftbewehrung und Querkraftzulagen sind nicht zulässig.

Tabelle 1 — Bemessungswert der aufnehmbaren Schubspannung

	1	2	3
	Druckfestigkeitsklasse der Deckenziegel nach DIN 4159 N/mm²	**Festigkeitsklasse des Betons**	**Bemessungswert der aufnehmbaren Schubspannung** τ_{Rd} N/mm²
1	18 und 20	C20/25 bis C35/45	0,53
2	≥ 24	C20/25 bis C35/45	0,63

6.3 Durchstanzen

Ziegeldecken dürfen nicht als punktgestützte, auf Durchstanzen beanspruchte Flachdecken, eingesetzt werden.

6.4 Ermüdung

Ziegeldecken dürfen nicht mit nicht vorwiegend ruhenden Einwirkungen belastet und nicht auf Ermüdung beansprucht werden.

7 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

(1) Die Rissbreiten in den Betonstegen sind entsprechend DIN EN 1992-1-1:2011-01, 7.3.3 bzw. 7.3.4, mit den nationalen Festlegungen zu diesen Unterabschnitten in DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04, auf die zulässigen Werte nach 7.3.1 zu begrenzen.

(2) Die Verformungsnachweise dürfen durch Einhaltung der zulässigen Biegeschlankheiten nach DIN EN 1992-1-1:2011-01, 7.4.2, geführt werden. In DIN EN 1992-1-1:2011-01, Gleichung (7.16), ist für f_{ck} die charakteristische Ziegeldruckfestigkeit f_{bk} einzusetzen. Die Biegeschlankheit l / d von Ziegeldecken darf nicht größer als $K \cdot 35$ sein; dies gilt abweichend von DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04, NCI zu 7.4.2 (2), auch für Ziegeldecken mit aufstehenden Trennwänden, sofern die Länge der Deckenziegel ≥ 333 mm ist.

8 Bewehrungsregeln

(1) Die gesamte erforderliche Feldbewehrung ist über das Auflager zu führen und dort nach DIN EN 1992-1-1:2011-01, 8.4.4, zu verankern.

(2) Die Längsbewehrung sollte gleichmäßig auf alle Längsrippen verteilt werden. Der Abstand zwischen den Stäben der Längsbewehrung darf in der Regel $s_{max,\,slabs}$ = 250 mm betragen. Jede Längsfuge ist zu bewehren.

9 Konstruktionsregeln

9.1 Mindestbewehrung

Auf die Anordnung der Mindestbewehrung nach DIN EN 1992-1-1:2011-01, 9.2.1.1 (Robustheitsbewehrung), darf bei Ziegeldecken verzichtet werden.

9.2 Deckendicke

Die Dicke der Ziegeldecken muss mindestens 90 mm betragen.

9.3 Querverbindung

(1) Bilden mehrere vorgefertigte Elemente die Decke eines Raumes, so sind die Längsfugen zwischen den Deckenstreifen wie die angrenzenden Längsrippen zu bewehren und mit Beton der gleichen Festigkeitsklasse wie in den Deckenstreifen zu verfüllen.

(2) Bei Nutzlasten $q_k > 5{,}0\ \mathrm{kN/m^2}$ ist die Übertragung der Querkräfte in den Fugen nachzuweisen.

9.4 Deckenauflager

(1) Die Auflagertiefe ist so zu wählen, dass die zulässigen Pressungen in der Auflagerfläche nicht überschritten werden und die erforderlichen Verankerungslängen der Bewehrung eingehalten werden können. Die Auflagertiefe muss mindestens betragen:

a) auf Mauerwerk: 70 mm;

b) auf Beton: 50 mm.

(2) Das Auflager ist aus Beton mindestens der Festigkeitsklasse C20/25 auszuführen. Beispiele für Auflagerkonstruktionen sind in Bild 1 dargestellt.

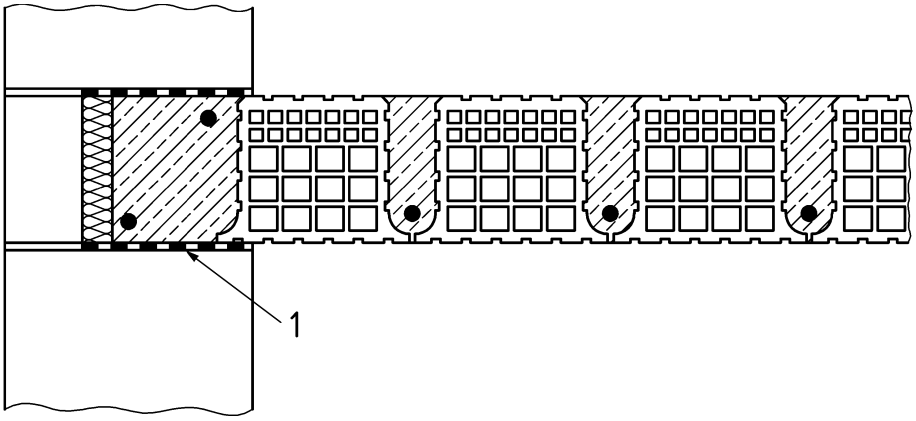
(3) Bei der Auflagerung von Ziegeldecken auf Stahlträgern muss der Auflagerstreifen über den Unterflanschen der Stahlträger zwischen Deckenkopf und Trägersteg voll aus Beton hergestellt werden.

(4) Reicht bei der Montage der vorgefertigten Decken die Tiefe des Montageauflagers zur Aufnahme der Eigenlasten und Montagebeanspruchung nicht aus, oder ist der verbleibende Wandstreifen zur Aufnahme des Ortbetons schmaler als 100 mm, so sind die Deckenplatten während der Montage längs der tragenden Wände zu unterstützen.

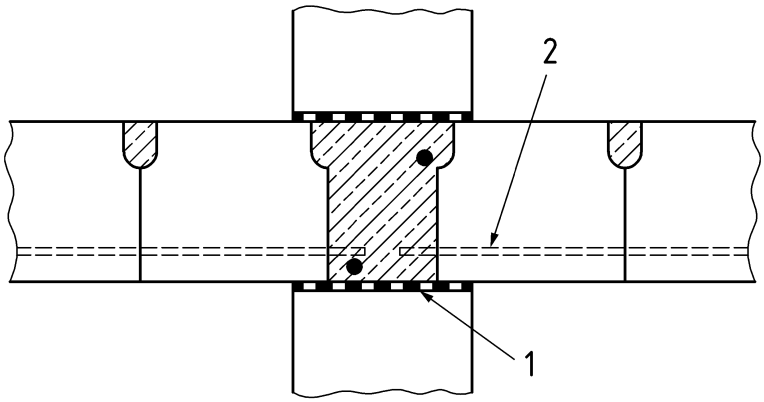
9.5 Scheibenausbildung

(1) Ziegeldecken dürfen als tragende Scheiben, z. B. für die Aufnahme von Windlasten, verwendet werden, wenn sie den Bedingungen nach DIN EN 1992-1-1:2011-01, 10.9.3, insbesondere im Hinblick auf die Ausbildung von Ringankern, entsprechen.

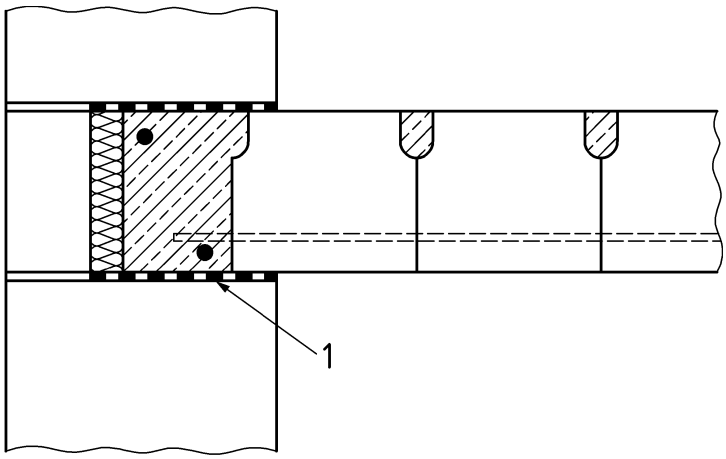
(2) Das Zusammenwirken als Scheibe kann auch durch eine mindestens 40 mm dicke Ortbetonschicht sichergestellt werden, die in einem Arbeitsgang mit dem Einbringen des Ortbetons der Rippen herzustellen ist. Als Scheibenbewehrung ist eine Querbewehrung vorzusehen, die mindestens 20 % der Hauptbewehrung beträgt. Diese Schicht darf bei der Biegebemessung der Platte nicht angesetzt werden.



a) im Randbereich



b) über tragenden Innenwänden



c) im Randbereich

Legende
1 Bitumenpappe
2 Bewehrung laut statischer Berechnung

Bild 1 — Auflagerausbildung

Anhang A
(normativ)

Ergänzende Regelungen für Ortbetonziegeldecken

A.1 Bauausführung

(1) Bei der Herstellung von Ortbetonziegeldecken gelten die Regelungen nach DIN EN 13670 bzw. DIN 1045-3 zum Schalen, Bewehren und Betonieren sinngemäß.

(2) Die Deckenziegel sind mit durchgehenden Stoßfugen knirsch zu verlegen. Sie müssen vor dem Einbringen des Betons so vorgenässt sein, dass sie keine bedeutenden Wassermengen aus dem Beton entziehen. Auf die volle Ausfüllung der Stoßfugen und Längsrippen ist sorgfältig zu achten, besonders, wenn die Druckzone an der Deckenunterseite liegt.

(3) In Bereichen, in denen die Druckzone an der Deckenunterseite liegt, müssen Deckenziegel mit voll vermörtelbarer Stoßfuge nach DIN 4159 verwendet werden, soweit hier nicht anstelle der Deckenziegel Beton verwendet wird. Das Eindringen des Betons in die Hohlräume der Deckenziegel ist durch geeignete Maßnahmen zu vermeiden, damit eine ausreichende Verdichtung des Betons möglich ist und das Berechnungsgewicht der Decke nicht überschritten wird.

Anhang B
(normativ)

Ergänzende Regelungen für vorgefertigte Ziegeldecken

B.1 Herstellung

Bei der Herstellung von vorgefertigten Ziegeldecken gilt Anhang A, Abschnitt A1, Absätze (2) und (3) entsprechend.

B.2 Kennzeichnung

(1) Jede Ziegeldecke ist deutlich lesbar mit der Angabe des Herstellers, des Herstellungstages, der Typ- oder Positionsnummer und der Eigenlast zu kennzeichnen. Abkürzungen sind zulässig. Die Einbaulage ist zu kennzeichnen, wenn Verwechslungsgefahr besteht.

B.3 Lieferscheine

(1) Die Ziegeldecken sind mit Lieferscheinen auszuliefern, die folgende Angaben enthalten:

a) Hersteller und Werk, Tag der Herstellung;

b) Anzahl der gelieferten Ziegeldecken;

c) Eigenlast und – falls erforderlich – Einbaulage;

d) Tag der Lieferung;

e) Empfänger.

B.4 Auslieferung, Transport und Lagerung

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

(2) Für Transport und Montage hat der Hersteller detaillierte Angaben zu machen, um transportbedingte Schäden zu vermeiden. Die Regelungen nach DIN EN 1992-1-1:2011-01, 10.2 und 10.9, sowie DIN 1045-4 sind zu beachten.

Anhang C
(informativ)

Eigenlasten

Wegen der Vielfalt der Ziegelformen und den unterschiedlichen Betonstegquerschnitten sollten die Eigenlasten bestimmter Ziegeldecken herstellerbezogen angegeben werden.

Wenn keine genaueren Angaben vorliegen, dürfen die Werte nach Tabelle C.1 angesetzt werden.

Tabelle C.1 — Eigenlasten für Ziegeldecken aus Deckenziegeln nach DIN 4159 (Steinlänge 250 mm)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Deckendicke h mm	**Eigenlast** g_k kN/m²							
		Teilvermörtelung				**Vollvermörtelung**			
		Ziegelrohdichte kg/dm³				**Ziegelrohdichte** kg/dm³			
		0,6	0,8	1,0	1,2	0,6	0,8	1,0	1,2
1	115	1,25	1,45	1,65	1,85	1,45	1,60	1,85	2,00
2	140	1,50	1,75	2,00	2,25	1,80	1,95	2,20	2,45
3	165	1,90	2,15	2,40	2,75	2,20	2,40	2,65	2,95
4	190	2,15	2,45	2,80	3,15	2,55	2,80	3,05	3,40
5	215	2,45	2,80	3,15	3,55	2,90	3,15	3,45	3,85
6	240	2,75	3,10	3,50	3,95	3,20	3,55	3,90	4,30
7	265	3,05	3,45	3,90	4,30	3,70	4,10	4,45	4,80
8	290	3,35	3,80	4,25	4,70	4,05	4,45	4,85	5,25

DEUTSCHE NORM **Januar 2018**

DIN 4109-1

DIN

ICS 91.120.20

Ersatz für
DIN 4109-1:2016-07

Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen

Sound insulation in buildings –
Part 1: Minimum requirements

Protection acoustique dans le bâtiment –
Partie 1: Exigences minimales

Gesamtumfang 30 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Inhalt

Seite

Vorwort ... 3

Einleitung ... 4

1 Anwendungsbereich ... 5

2 Normative Verweisungen ... 5

3 Begriffe ... 6

4 Kennzeichnende Größen für die Anforderungen ... 11

5 Luft- und Trittschalldämmung in Gebäuden mit Wohn- oder Arbeitsbereichen ... 11
5.1 Anforderungen in Mehrfamilienhäusern, Bürogebäuden sowie in gemischt genutzten Gebäuden ... 11
5.2 Anforderungen zwischen Einfamilien-, Reihenhäusern und zwischen Doppelhäusern ... 14

6 Luft- und Trittschalldämmung in Nichtwohngebäuden ... 14
6.1 Hotels und Beherbergungsstätten ... 14
6.2 Krankenhäuser und Sanatorien ... 15
6.3 Schulen und vergleichbare Einrichtungen (z. B. Ausbildungsstätten) ... 17

7 Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen ... 18
7.1 Anforderungen an Außenbauteile unter Berücksichtigung unterschiedlicher Raumarten oder Nutzungen ... 18
7.2 Anforderungen an Decken und Dächer ... 19
7.3 Einfluss von Lüftungseinrichtungen und/oder Rollladenkästen ... 19

8 Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung zwischen „besonders lauten“ und schutzbedürftigen Räumen ... 20

9 Maximal zulässige A-bewertete Schalldruckpegel in fremden schutzbedürftigen Räumen, erzeugt von gebäudetechnischen Anlagen und baulich mit dem Gebäude verbundenen Gewerbebetrieben ... 22

10 Maximal zulässige A-bewertete Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen in der eigenen Wohnung, erzeugt von raumlufttechnischen Anlagen im eigenen Wohnbereich ... 23

11 Anforderungen an Armaturen und Geräte der Trinkwasser-Installation ... 24

Anhang A (informativ) Erläuternde Angaben zum Schallschutz ... 27

Anhang B (informativ) Empfehlungen für maximale A-bewertete Schalldruckpegel in der eigenen Wohnung, erzeugt von heiztechnischen Anlagen im eigenen Wohnbereich ... 29

Literaturhinweise ... 30

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), Arbeitsausschuss NA 005-55-74 AA „DIN 4109“, ausgearbeitet.

Die dargestellten Anforderungen an die Schalldämmung können mit allen derzeit gängigen Bauarten und Bauteildimensionen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik beschrieben und ausgeführt werden. Die Anforderungen stellen eine nicht zu unterschreitende schalltechnische Qualitätsgrenze dar.

Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz zur Erzielung höherer Qualitäten sind in dieser Norm nicht enthalten.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

DIN 4109 *Schallschutz im Hochbau* besteht aus den folgenden Teilen:

— *Teil 1: Mindestanforderungen*

— *Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen*

— *Teil 31: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) — Rahmendokument*

— *Teil 32: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) — Massivbau*

— *Teil 33: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) — Holz-, Leicht- und Trockenbau*

— *Teil 34: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) — Vorsatzkonstruktionen vor massiven Bauteilen*

— *Teil 35: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) — Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden*

— *Teil 36: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) — Gebäudetechnische Anlagen*

— *Teil 4: Bauakustische Prüfungen*

Änderungen

Gegenüber DIN 4109-1:2016-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) redaktionelle Überarbeitung;

b) Überarbeitung des Abschnittes 4;

c) Überarbeitung des Abschnittes 5.1;

d) Überarbeitung des Abschnittes 6.1;

e) Überarbeitung des Abschnittes 7.1;

f) Überarbeitung des Abschnittes 7.2;

Frühere Ausgaben

DIN 4109: 1944-04, 1989-11
DIN 52211: 1953-09
DIN 4109 Teil 1: 1962-09
DIN 4109 Teil 2: 1962-09
DIN 4109 Teil 5: 1963-04
DIN 4109 Berichtigung 1: 1992-08
DIN 4109/A1: 2001-01
DIN 4109 Beiblatt 2: 1989-11
DIN 4109-1: 2016-07

Einleitung

Nach Anhang I „Grundanforderungen an Bauwerke“ der Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates wird gefordert:

> „5. Schallschutz
>
> Das Bauwerk muss derart entworfen und ausgeführt sein, dass der von den Bewohnern oder von in der Nähe befindlichen Personen wahrgenommene Schall auf einem Pegel gehalten wird, der nicht gesundheitsgefährdend ist und bei dem zufriedenstellende Nachtruhe-, Freizeit- und Arbeitsbedingungen sichergestellt sind.“

Unter Zugrundelegung eines Grundgeräuschpegels von $L_{\mathrm{AF,eq}}$ = 25 dB werden für schutzbedürftige Räume in z. B. Wohnungen, Wohnheimen, Hotels und Krankenhäusern folgende Schutzziele erreicht:

— Gesundheitsschutz,

— Vertraulichkeit bei normaler Sprechweise,

— Schutz vor unzumutbaren Belästigungen.

Es kann nicht erwartet werden, dass Geräusche von außen oder aus benachbarten Räumen nicht mehr bzw. als nicht belästigend wahrgenommen werden, auch wenn die in dieser Norm festgelegten Anforderungen erfüllt werden.

Die empfundene Störung durch ein Schallereignis ist von mehreren Einflüssen abhängig, z. B. vom Grundgeräuschpegel und der Geräuschstruktur der Umgebung, von unterschiedlichen Empfindlichkeiten und Einstellungen der Betroffenen zu den Geräuschquellen in der Nachbarschaft und zu den Nachbarn. Daraus ergibt sich insbesondere die Notwendigkeit, gegenseitig Rücksicht zu nehmen.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt Anforderungen an die Schalldämmung von Bauteilen schutzbedürftiger Räume und an die zulässigen Schallpegel in schutzbedürftigen Räumen in Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden zum Erreichen der beschriebenen Schallschutzziele fest.

Die Anforderungen dieser Norm gelten zum Schutz

— gegen Geräusche aus fremden Räumen (z. B. Nachbarwohnungen), die bei deren bestimmungsgemäßer Nutzung entstehen,

— gegen Geräusche von Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung sowie aus Gewerbe- und Industriebetrieben, die im selben oder in baulich damit verbundenen Gebäuden vorhanden sind,

— gegen Außenlärm, z. B. Verkehrslärm und Lärm aus Gewerbe- und Industriebetrieben, die nicht mit den schutzbedürftigen Aufenthaltsräumen baulich verbunden sind

und bilden die Grundlage für erforderliche Baukonstruktionen bei Neubauten sowie für bauliche Änderungen bestehender Bauten.

Die Anforderungen dieser Norm gelten nicht

— zum Schutz von Aufenthaltsräumen, in denen infolge ihrer Nutzung nahezu ständig Geräusche mit $L_{\mathrm{AF,95}} \geq 40$ dB vorhanden sind,

— gegen Fluglärm, soweit die Schallschutzmaßnahmen durch das FluLärmG (Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm) geregelt sind,

— gegen tieffrequenten Schall nach DIN 45680 (in der Regel, wenn die Differenz $L_{\mathrm{CF}} - L_{\mathrm{AF}} > 20$ dB beträgt),

— für den Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich, ausgenommen der Schutz gegen Geräusche von Anlagen der Raumlufttechnik, die vom Nutzer nicht beeinflusst werden können,

— zum Schutz vor Trittschallübertragung und Geräuschen aus gebäudetechnischen Anlagen in Küchen, sofern diese nicht als Aufenthaltsräume (Wohnküchen) vorgesehen sind, sowie in Flure, Bäder, Toilettenräume und Nebenräume,

— zum Schutz vor Luftschallübertragung in Küchen, Flure, Bäder, Toilettenräume und Nebenräume, sofern diese nicht als Aufenthaltsräume vorgesehen sind. Eine Absenkung der schalltechnischen Qualität der schallübertragenden Trennbauteile (z. B. durch Schächte oder Kanäle oder reduzierte Bauteildicken) im Bereich dieser Räume im Vergleich zum bemessungsrelevanten Raum ist jedoch nicht zulässig.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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 4109-2:2018-01, *Schallschutz im Hochbau — Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen*

DIN 4109-33:2016-07, *Schallschutz im Hochbau — Teil 33: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) — Holz-, Leicht- und Trockenbau*

DIN 4109-34:2016-07, *Schallschutz im Hochbau — Teil 34: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) — Vorsatzkonstruktionen vor massiven Bauteilen*

DIN 4109-4, *Schallschutz im Hochbau — Teil 4: Bauakustische Prüfungen*

DIN 45645-1:1996-07, *Ermittlung von Beurteilungspegeln aus Messungen — Teil 1: Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft*

DIN 45680, *Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft*

DIN EN ISO 3822-1, *Akustik — Prüfung des Geräuschverhaltens von Armaturen und Geräten der Wasserinstallation im Laboratorium — Teil 1: Messverfahren*

DIN EN ISO 3822-2, *Akustik — Prüfung des Geräuschverhaltens von Armaturen und Geräten der Wasserinstallation im Laboratorium — Teil 2: Anschluss- und Betriebsbedingungen für Auslaufventile und für Mischbatterien*

DIN EN ISO 3822-3, *Akustik — Prüfung des Geräuschverhaltens von Armaturen und Geräten der Wasserinstallation im Laboratorium — Teil 3: Anschluss- und Betriebsbedingungen für Durchgangsarmaturen*

DIN EN ISO 3822-4, *Akustik — Prüfung des Geräuschverhaltens von Armaturen und Geräten der Wasserinstallation im Laboratorium — Teil 4: Anschluss- und Betriebsbedingungen für Sonderarmaturen*

DIN EN ISO 10052:2010-10, *Akustik — Messung der Luftschalldämmung und Trittschalldämmung und des Schalls von haustechnischen Anlagen in Gebäuden — Kurzverfahren (ISO 10052:2004 + Amd 1:2010); Deutsche Fassung EN ISO 10052:2010*

FluLärmG, *Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm*[1)]

FluLärmGDV 2, Zweite Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm (Flugplatz-Schallschutzmaßnahmenverordnung — 2. FlugLSV)[2)]

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1
A-bewerteter Schalldruckpegel
L_{AF}
mit der Frequenzbewertung *A* und der Zeitbewertung *F* (FAST) bewerteter Schalldruckpegel, als Maß für die Stärke eines Geräusches

Anmerkung 1 zum Begriff: Beim Vergleich mit Anforderungen ist je nach Herkunft des Geräusches zu unterscheiden in zeitabhängige, räumlich und/oder zeitlich gemittelte und maximale Schalldruckpegel.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der A-bewertete Schalldruckpegel wird in dB ausgedrückt.

3.2
Armaturengeräuschpegel
L_{ap}
A-bewerteter Schalldruckpegel als charakteristischer Wert für das Geräuschverhalten einer Armatur

1) Zu beziehen bei: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.

2) Zu beziehen bei: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch DIN EN ISO 3822-1.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Armaturengeräuschpegel wird in dB ausgedrückt.

3.3
Grundgeräuschpegel
$L_{\mathrm{AF,95}}$
in 95 % der Messzeit überschrittener A-bewerteter Schalldruckpegel, der mit Anzeigedynamik FAST gemessen wurde

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Grundgeräuschpegel wird in dB ausgedrückt.

3.4
Beurteilungspegel
L_{r}
Maß für die Stärke der Schallbelastung innerhalb der Beurteilungszeit T_{r}

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Beurteilungspegel wird in dB ausgedrückt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Beurteilungspegel setzt sich zusammen aus dem äquivalenten Dauerschallpegel L_{eq} während der Beurteilungszeit T_{r} und Zuschlägen, z. B. für Impuls- und Tonhaltigkeit (siehe DIN 45645-1, TA Lärm oder DIN 18005-1). Der maßgebende Wert des Beurteilungspegels ist der Wert des Beurteilungspegels, der zum Vergleich mit vorgegebenen Immissionswerten (z. B. Immissionsrichtwerte) bestimmt wird.

[QUELLE: DIN 45645-1:1996-07, Begriff 3.3, modifiziert]

3.5
Schalldämm-Maß
R
zehnfacher dekadischer Logarithmus des Verhältnisses der auf das Prüfbauteil auftreffenden Schallleistung, W_1, zu der durch das Prüfbauteil auf die andere Seite abgestrahlten Schallleistung, W_2

$$R = 10 \lg \frac{W_1}{W_2} \tag{1}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Schalldämm-Maß wird in dB ausgedrückt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei Prüfstandmessungen, bei denen der Schalldruck gemessen wird, ist das Schalldämm-Maß wie folgt zu berechnen:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S}{\mathrm{A}} \tag{2}$$

Dabei ist

L_1 der energetisch gemittelte Schalldruckpegel im Senderaum, in dB;

L_2 der energetisch gemittelte Schalldruckpegel im Empfangsraum, in dB;

S die Fläche der freien Prüföffnung, in die das Prüfbauteil eingebaut ist, in m^2;

A die äquivalente Schallabsorptionsfläche im Empfangsraum, in m^2.

DIN 4109-1:2018-01

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Ableitung von Gleichung (2) aus Gleichung (1) setzt voraus, dass die Schallfelder diffus sind und dass der in den Empfangsraum eingestrahlte Schall ausschließlich von dem Prüfbauteil stammt.

Anmerkung 4 zum Begriff: In englischsprachigen Ländern wird die Benennung „sound transmission loss“ (TL) verwendet. Diese Benennung ist mit „sound reduction index“ gleichbedeutend.

Anmerkung 5 zum Begriff: Mit dem Schalldämm-Maß zusammenhängende Größen können in anderen Dokumenten oder Prüfvorschriften eingeführt werden, oftmals durch Hinzufügen eines Indexes, d. h. R_I für das anhand von Intensitätsmessungen bestimmte Schalldämm-Maß, R_S für das Schalldämm-Maß je Schlitzlänge oder ΔR für die Verbesserung des Schalldämm-Maßes durch Vorsatzschalen oder abgehängte Decken.

[QUELLE: DIN EN ISO 10140-2:2010-12, Begriff 3.1]

3.6
Bau-Schalldämm-Maß
R'
zehnfacher dekadischer Logarithmus des Verhältnisses der auf das zu prüfende Bauteil auftreffenden Schallleistung, W_1, zu der in den Empfangsraum eingestrahlten Gesamtschallleistung, wenn außer der durch das Prüfbauteil abgestrahlten Schallleistung, W_2, die durch flankierende oder durch andere Bauteile abgestrahlte Schallleistung, W_3, signifikant ist

$$R' = 10 \lg \left(\frac{W_1}{W_2 + W_3} \right) \tag{3}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Bau-Schalldämm-Maß wird in dB ausgedrückt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Im Allgemeinen besteht die in den Empfangsraum übertragene Schallleistung aus der Summe mehrerer Komponenten. Auch in diesem Fall wird unter der Voraussetzung diffuser Schallfelder in den beiden Räumen das Bau-Schalldämm-Maß nach folgender Gleichung berechnet:

$$R' = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S}{A} \tag{4}$$

[QUELLE: DIN EN ISO 10140-2:2010-12, Begriff 3.2, modifiziert]

3.7
Bereich tiefer Frequenzen
Terzbänder mit den Mittenfrequenzen von 50 Hz bis 80 Hz

3.8
bewertetes Bau-Schalldämm-Maß
R'_w
mit Hilfe einer Bezugskurve ermittelte Einzahlangabe zur Kennzeichnung der Luftschalldämmung von Bauteilen, ausgehend von Spektren in Terzbändern, bei denen die Schallübertragung über das trennende und die flankierenden Bauteile sowie gegebenenfalls über Nebenwege ermittelt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Das bewertete Bau-Schalldämm-Maß wird in dB ausgedrückt und nach DIN EN ISO 717-1 ermittelt.

3.9
bewertete Norm-Schallpegeldifferenz
$D_\mathrm{n,w}$
ermittelte Einzahlangabe der im Bau nach DIN EN ISO 16283-1 in Terzbändern ermittelten Schallpegeldifferenz zwischen zwei Räumen, bezogen auf eine Bezugsabsorptionsfläche von A_0 = 10 m^2

8

Anmerkung 1 zum Begriff: Die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz wird in dB ausgedrückt und nach DIN EN ISO 717-1 ermittelt.

3.10
bewertete Standard-Schallpegeldifferenz
$D_{\mathrm{nT,w}}$
Einzahlangabe der unter Baubedingungen in Terzbändern ermittelten Schallpegeldifferenz zwischen zwei Räumen, bezogen auf eine Bezugsnachhallzeit T_0 = 0,5 s

Anmerkung 1 zum Begriff: Die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz wird in dB ausgedrückt und nach DIN EN ISO 717-1 ermittelt.

3.11
bewerteter Norm-Trittschallpegel
$L'_{\mathrm{n,w}}$
mit Hilfe einer Bezugskurve ermittelte Einzahlangabe zur Kennzeichnung der Trittschalldämmung in Gebäuden

Anmerkung 1 zum Begriff: Der bewertete Norm Trittschallpegel wird in dB ausgedrückt und nach DIN EN ISO 717-2 ermittelt.

3.12
maßgeblicher Außengeräuschpegel
L_{a}
Pegel für die Bemessung der Schalldämmung zum Schutz gegen Außengeräusch

Anmerkung 1 zum Begriff: Der maßgebliche Außengeräuschpegel wird in dB ausgedrückt.

3.13
maximaler A-bewerteter Schalldruckpegel
$L_{\mathrm{AF,max,n}}$
kennzeichnende Größe für die Einwirkung von Störgeräuschen aus Wasserinstallationen und sonstigen gebäudetechnischen Anlagen auf zu schützende Aufenthaltsräume, die mit der Frequenzbewertung A und der Zeitbewertung F (FAST) gemessen und auf eine Bezugsabsorptionsfläche A_0 = 10 m^2 bezogen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch DIN EN ISO 10052.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der maximale A-bewertete Schalldruckpegel wird in dB ausgedrückt.

3.14
Norm-Trittschallpegel
L'_{n}
Trittschallpegel, bezogen auf einen Referenzwert der äquivalenten Schallabsorptionsfläche im Empfangsraum

Anmerkung 1 zum Begriff:

$$L'_{\mathrm{n}} = L_{\mathrm{i}} + 10 \lg \frac{A}{A_0} \tag{5}$$

Dabei ist

L_{i} der im Empfangsraum unter Anregung des Norm-Hammerwerks nach DIN EN ISO 16283-2 gemessene Trittschallpegel, in dB;

A die gemessene äquivalente Absorptionsfläche des Empfangsraumes, in m^2;

A_0 die äquivalente Bezugs-Absorptionsfläche mit A_0 = 10 m^2.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Norm-Trittschallpegel wird in dB ausgedrückt.

[QUELLE: DIN EN ISO 12354-2:2017-11, 3.2.1, modifiziert]

3.15
Schalldruckpegel
L
zehnfacher Logarithmus vom Verhältnis des Quadrats des jeweiligen Schalldrucks p zum Quadrat des festgelegten Bezugs-Schalldrucks p_0

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Schallpegel wird in dB ausgedrückt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Effektivwert des Bezugs-Schalldruckpegels p_0 ist international festgelegt mit: p_0 = 20 µPa.

3.16
schutzbedürftiger Raum
im Sinne dieser Norm ein gegen Geräusche zu schützender Aufenthaltsraum

Anmerkung 1 zum Begriff: Schutzbedürftige Räume sind z. B.:

— Wohnräume, einschließlich Wohndielen, Wohnküchen;

— Schlafräume, einschließlich Übernachtungsräumen in Beherbergungsstätten;

— Bettenräume in Krankenhäusern und Sanatorien;

— Unterrichtsräume in Schulen, Hochschulen und ähnlichen Einrichtungen;

— Büroräume;

— Praxisräume, Sitzungsräume und ähnliche Arbeitsräume.

3.17
Korrekturwert Außenlärm
K_{AL}
Wert zur Festlegung der Anforderung an den Schallschutz von Außenbauteilen unter Berücksichtigung des Verhältnisses der schallübertragenden Fassadenfläche zur Grundfläche des Empfangsraumes

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Korrekturwert K_{AL} wird in dB angegeben.

4 Kennzeichnende Größen für die Anforderungen

Die kennzeichnenden Größen sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 — Kennzeichnende Größen für die Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung und an die zulässigen Schalldruckpegel

Spalte	1	2	3	
Zeile	**Bauteile**[a]	**Berücksichtigte Schallübertragung**	**Kennzeichnende Größe für**	
			Luftschalldämmung dB	**Trittschalldämmung** dB
1	Wände	über das trennende und die flankierenden Bauteile sowie gegebenenfalls über Nebenwege[b]	R'_{w}	—
2	Decken		R'_{w}	$L'_{\mathrm{n,w}}$
3	Treppen		—	$L'_{\mathrm{n,w}}$
4	Türen[c]	nur über die Tür	R_{w}	—
5	Gebäudetechnische Anlagen, einschließlich Wasserinstallationen		Maximaler Norm-Schalldruckpegel $L_{\mathrm{AF,max,n}}$ nach DIN 4109-4	
6	Baulich verbundene Gewerbebetriebe (für die Nachtzeit gilt der Pegel der lautesten Stunde)		Beurteilungspegel L_{r} nach DIN 45645-1 bzw. TA Lärm, zusätzlich ist der maximale Norm-Schalldruckpegel $L_{\mathrm{AF,max,n}}$ zu ermitteln.	

a Im betriebsfertigen Zustand.

b Schallnebenwege, z. B. durch Kabelschotts, Installations- und Kabelkanäle in Massiv- und Installationswänden.

c Nach DIN 4109-2 muss ein Sicherheitsbeiwert von 5 dB berücksichtigt werden.

Sind Aufenthaltsräume oder Wasch- und Toilettenräume durch Schächte oder Kanäle miteinander verbunden (z. B. bei Raumluftanlagen, Abgasanlagen, Luftheizanlagen), so dürfen die für die Luftschalldämmung R'_{w} des trennenden Bauteils in den folgenden Tabellen genannten Werte durch Schallübertragung über die Schacht- und Kanalanlagen nicht unterschritten werden.

Trittschallmindernde, leicht austauschbare Bodenbeläge (z. B. weichfedernde Bodenbeläge nach DIN 4109-34:2016-07, Tabelle 2, sowie schwimmend verlegte Parkett- und Laminatbeläge) dürfen beim Nachweis im Wohnungsbau nicht angerechnet werden.

In den Fällen, bei denen die gemeinsame Trennfläche $< 10\ \mathrm{m}^2$ ist oder es keine gemeinsame Trennfläche (z. B. diagonale Übertragungssituationen) gibt, wird die Anforderung an $D_{\mathrm{n,w}}$ gestellt. Es gelten dafür die Anforderungswerte für R'_{w} (entsprechende Regelungen siehe DIN 4109-2 und DIN 4109-4).

5 Luft- und Trittschalldämmung in Gebäuden mit Wohn- oder Arbeitsbereichen

5.1 Anforderungen in Mehrfamilienhäusern, Bürogebäuden sowie in gemischt genutzten Gebäuden

Die Anforderungen an die Luftschalldämmung R'_{w} und Trittschalldämmung $L'_{\mathrm{n,w}}$ zwischen unterschiedlichen fremden Nutzungseinheiten, z. B. zwischen fremden Wohnungen und/oder zwischen Wohnungen und fremden Arbeitsbereichen (Büros, Arztpraxen und Gewerbebetrieben), sind in Tabelle 2 aufgeführt.

DIN 4109-1:2018-01

Für die rechnerischen Nachweise nach DIN 4109-2 und die messtechnischen Nachweise nach DIN 4109-4 sind die dort getroffenen Festlegungen zu den Mindesttrennbauteilflächen zu berücksichtigen.

Tabelle 2 — Anforderungen an die Schalldämmung in Mehrfamilienhäusern, Bürogebäuden und in gemischt genutzten Gebäuden

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile		**Bauteile**	**Anforderungen** R'_{w} dB	$L'_{n,w}$ dB	**Bemerkungen**
1	**Decken**	Decken unter allgemein nutzbaren Dachräumen, z. B. Trockenböden, Abstellräumen und ihren Zugängen	≥ 53	≤ 52	
2		Wohnungstrenndecken (auch Treppen)	≥ 54	≤ 50[a, b]	Wohnungstrenndecken sind Bauteile, die Wohnungen voneinander oder von fremden Arbeitsräumen trennen.
3		Trenndecken (auch Treppen) zwischen fremden Arbeitsräumen bzw. vergleichbaren Nutzungs-einheiten	≥ 54	≤ 53	
4		Decken über Kellern, Hausfluren, Treppenräumen unter Aufent-haltsräumen	≥ 52	≤ 50	Die Anforderung an die Trittschall-dämmung gilt für die Trittschall-übertragung in fremde Aufenthalts-räume in alle Schallausbreitungs-richtungen.
5		Decken über Durchfahrten, Einfahrten von Sammelgaragen und ähnliches unter Aufenthalts-räumen	≥ 55	≤ 50	
6		Decken unter/über Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen	≥ 55	≤ 46	Wegen der verstärkten Übertragung tiefer Frequenzen können zusätzliche Maßnahmen zur Schalldämmung erforderlich sein.
7		Decken unter Terrassen und Loggien über Aufenthaltsräumen	—	≤ 50	Bezüglich der Luftschalldämmung gegen Außenlärm siehe Abschnitt 7.
8		Decken unter Laubengängen	—	≤ 53	Die Anforderung an die Trittschall-dämmung gilt für die Trittschall-übertragung in fremde Aufenthalts-räume in alle Schallausbreitungs-richtungen.
8.1		Balkone	—	≤ 58	Die Anforderung an die Trittschall-dämmung gilt für die Trittschall-übertragung in fremde Aufenthalts-räume in alle Schallausbreitungs-richtungen.
9		Decken und Treppen innerhalb von Wohnungen, die sich über zwei Geschosse erstrecken	—	≤ 50	Die Anforderung an die Trittschall-dämmung gilt für die Tritt-schall-übertragung in fremde Aufenthalts-räume, in alle Schallausbreitungs-richtungen.
10		Decken unter Bad und WC ohne/mit Bodenentwässerung	≥ 54	≤ 53	

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile		**Bauteile**	**Anforderungen** R'_{w} dB	$L'_{n,w}$ dB	**Bemerkungen**
11		Decken unter Hausfluren	—	≤ 50	Die Anforderung an die Trittschall-dämmung gilt für die Trittschall-übertragung in fremde Aufenthaltsräume in alle Schallausbreitungsrichtungen
12	**Treppen**	Treppenläufe und -podeste	—	≤ 53	
13	**Wände**	Wohnungstrennwände und Wände zwischen fremden Arbeitsräumen	≥ 53	—	Wohnungstrennwände sind Bauteile, die Wohnungen voneinander oder von fremden Arbeitsräumen trennen.
14		Treppenraumwände und Wände neben Hausfluren	≥ 53	—	Für Wände mit Türen gilt die Anforderung R'_{w} (Wand) = R_{w} (Tür) + 15 dB. Darin bedeutet R_{w} (Tür) die erforderliche Schalldämmung der Tür nach Zeile 18 oder Zeile 19. Wandbreiten ≤ 30 cm bleiben dabei unberücksichtigt.
15		Wände neben Durchfahrten, Sammelgaragen, einschließlich Einfahrten	≥ 55	—	
16		Wände von Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen	≥ 55	—	
17		Schachtwände von Aufzugsanlagen an Aufenthaltsräumen	≥ 57	—	
18	**Türen**	Türen, die von Hausfluren oder Treppenräumen in geschlossene Flure und Dielen von Wohnungen und Wohn-heimen oder von Arbeits-räumen führen	≥ 27	—	Bei Türen gilt R_{w} nach Tabelle 1 – siehe auch Tabelle 1, Fußnote c.
19		Türen, die von Hausfluren oder Treppenräumen unmittelbar in Aufenthaltsräume – außer Flure und Dielen – von Wohnungen führen	≥ 37	—	

a Im Falle von baulichen Änderungen von vor 1. Juli 2016 fertiggestellten Gebäuden liegt die Anforderung bei $L'_{n,w}$ ≤ 53 dB.

b Beim Neubau von Gebäuden mit Deckenkonstruktionen, die DIN 4109-33:2016-07, Schallschutz im Hochbau — Teil 33: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) — Holz-, Leicht- und Trockenbau, zuzuordnen sind, liegt die Anforderung bei $L'_{n,w}$ ≤ 53 dB.

ANMERKUNG Nicht für alle gebräuchlichen Deckenkonstruktionen kann derzeit ein Anforderungswert $L'_{n,w}$ ≤ 50 dB nachgewiesen werden. Bis zum Vorliegen geeigneter Lösungen im Rahmen einer vorgesehenen Überarbeitung von DIN 4109-33 gilt deshalb die in Fußnote b genannte Anforderung.

DIN 4109-1:2018-01

5.2 Anforderungen zwischen Einfamilien-, Reihenhäusern und zwischen Doppelhäusern

Tabelle 3 enthält Anforderungen an die Luftschalldämmung R'_{w} und Trittschalldämmung $L'_{\mathrm{n,w}}$ zwischen Einfamilien-Reihenhäusern und zwischen Doppelhäusern.

Tabelle 3 — Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung zwischen Einfamilien-Reihenhäusern und zwischen Doppelhäusern

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile		**Bauteile**	**Anforderungen** R'_{w} dB	$L'_{\mathrm{n,w}}$ dB	**Bemerkungen**
1	**Decken**	Decken	—	≤ 41	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt nur für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume in waagerechter oder schräger Richtung.
2		Bodenplatte auf Erdreich bzw. Decke über Kellergeschoss	—	≤ 46	
3	**Treppen**	Treppenläufe und -podeste	—	≤ 46	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt nur für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume in waagerechter oder schräger Richtung.
4	**Wände**	Haustrennwände zu Aufenthaltsräumen, die im untersten Geschoss (erdberührt oder nicht) eines Gebäudes gelegen sind	≥ 59	—	
5		Haustrennwände zu Aufenthaltsräumen, unter denen mindestens 1 Geschoss (erdberührt oder nicht) des Gebäudes vorhanden ist	≥ 62	—	

6 Luft- und Trittschalldämmung in Nichtwohngebäuden

6.1 Hotels und Beherbergungsstätten

Die Anforderungen an die Luftschalldämmung R'_{w} und Trittschalldämmung $L'_{\mathrm{n,w}}$ in Hotels und Beherbergungsstätten sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4 — Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung in Hotels und Beherbergungsstätten

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile		**Bauteile**	**Anforderungen** R'_{w} dB	$L'_{n,w}$ dB	**Bemerkungen**
1	**Decken**	Decken, einschl. Decken unter Fluren	≥ 54	≤ 50	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt für die Trittschallübertragung in Aufenthaltsräume in alle Schallausbreitungsrichtungen.
2		Decken unter/über Schwimmbädern, Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen zum Schutz gegenüber Schlafräumen	≥ 55	≤ 46	Wegen verstärkten tieffrequenten Schalls können zusätzliche Maßnahmen zur Körperschalldämmung erforderlich sein.
3		Decken unter Bad und WC ohne/mit Bodenentwässerung	≥ 54	≤ 53	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt für die Trittschallübertragung in Aufenthaltsräume in alle Schallausbreitungsrichtungen.
4	**Treppen**	Treppenläufe und -podeste	—	≤ 58	Keine Anforderungen an Treppenläufe und Zwischenpodeste in Gebäuden mit Aufzug.
5	**Wände**	Wände zwischen Übernachtungsräumen sowie Fluren und Übernachtungsräumen	≥ 47	—	Gilt auch für Trennwände mit Türen zwischen fremden Übernachtungsräumen ($R'_{w,res}$).
6	**Türen**	Türen zwischen Fluren und Übernachtungsräumen	≥ 32	—	Bei Türen gilt R_w nach Tabelle 1 – siehe auch Tabelle 1, Fußnote c.

6.2 Krankenhäuser und Sanatorien

Die Anforderungen an die Luftschalldämmung R'_{w} und Trittschalldämmung $L'_{n,w}$ zwischen Räumen in Krankenhäusern und Sanatorien sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 5 — Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung zwischen Räumen in Krankenhäusern und Sanatorien

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile		**Bauteile**	**Anforderungen** R'_{w} dB	$L'_{n,w}$ dB	**Bemerkungen**
1	**Decken**	Decken, einschl. Decken unter Fluren	≥ 54	≤ 53	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume in alle Schallausbreitungsrichtungen.
2		Decken unter/über Schwimmbädern, Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen	≥ 55	≤ 46	Wegen verstärkten Entstehens tieffrequenten Schalls können zusätzliche Maßnahmen zur Körperschalldämmung erforderlich sein.

DIN 4109-1:2018-01

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile		**Bauteile**	**Anforderungen** R'_{w} dB	$L'_{n,w}$ dB	**Bemerkungen**
3		Decken unter Bädern und WCs ohne/mit Bodenentwässerung	≥ 54	≤ 53	Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume in alle Schallausbreitungsrichtungen.
4	**Treppen**	Treppenläufe und -podeste	—	≤ 58	Keine Anforderungen an Treppenläufe und Zwischenpodeste in Gebäuden mit Aufzug.
5	**Wände**	Wände zwischen — Krankenräumen, — Fluren und Krankenräumen, — Untersuchungs- bzw. Sprechzimmern, — Fluren und Untersuchungs- bzw. Sprechzimmern, — Krankenräumen und Arbeits- und Pflegeräumen.	≥ 47	—	
6		Wände zwischen Räumen mit Anforderungen an erhöhtes Ruhebedürfnis und besondere Vertraulichkeit (Diskretion)	≥ 52	—	
7		Wände zwischen — Operations- bzw. Behandlungsräumen, — Fluren und Operations- bzw. Behandlungsräumen	≥ 42	—	
8		Wände zwischen — Räumen der Intensivpflege, — Fluren und Räumen der Intensivpflege	≥ 37	—	
9	**Türen**	Türen zwischen — Untersuchungs- bzw. Sprechzimmern, — Fluren und Untersuchungs- bzw. Sprechzimmern	≥ 37	—	Bei Türen gilt R_{w} nach Tabelle 1 – siehe auch Tabelle 1, Fußnote c
10		Türen zwischen Räumen mit Anforderungen an erhöhtes Ruhebedürfnis und besondere Vertraulichkeit (Diskretion)	≥ 37	—	
11		Türen zwischen — Fluren und	≥ 32	—	

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile		**Bauteile**	**Anforderungen** R'_{w} dB	$L'_{n,w}$ dB	**Bemerkungen**
		Krankenräumen, — Operations- bzw. Behandlungsräumen, — Fluren und Operations- bzw. Behandlungs-räumen			

6.3 Schulen und vergleichbare Einrichtungen (z. B. Ausbildungsstätten)

Die Anforderungen an die Luftschalldämmung R'_{w} und Trittschalldämmung $L'_{n,w}$ zwischen den Räumen in Schulen und vergleichbaren Einrichtungen sind in Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 6 — Anforderung an die Luft- und Trittschalldämmung, Schalldämmung in Schulen und vergleichbaren Einrichtungen

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile		**Bauteile**	**Anforderungen** R'_{w} dB	$L'_{n,w}$ dB	**Bemerkungen**
1	**Decken**	Decken zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen/Decken unter Fluren	≥ 55	≤ 53	Die Anforderung an die Trittschall-dämmung gilt für die Trittschall-übertragung in Aufenthaltsräumen in alle Schallausbreitungsrichtungen. Zu ähnlichen Räumen gehören auch solche Räume mit erhöhtem Ruhebedürfnis, z. B. Schlafräume.
2		Decken zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und „lauten“ Räumen (z. B., Speiseräume, Cafeterien, Musikräume, Spielräume, Technikzentralen)	≥ 55	≤ 46	Wegen der verstärkten Übertragung tiefer Frequenzen können zusätzlich Maßnahmen zur Körperschalldämmung erforderlich sein.
3		Decken zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und z. B. Sporthallen, Werkräumen	≥ 60	≤ 46	
4	**Wände**	Wände zwischen Unterrichts-räumen oder ähnlichen Räumen untereinander und zu Fluren	≥ 47	—	Zu ähnlichen Räumen gehören auch solche Räume mit erhöhtem Ruhebedürfnis, z. B. Schlafräume.
5		Wände zwischen Unterrichts-räumen oder ähnlichen Räumen und Treppenhäusern	≥ 52	—	
6		Wände zwischen Unterrichts-räumen oder ähnlichen	≥ 55	—	

DIN 4109-1:2018-01

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile		**Bauteile**	**Anforderungen** R'_{w} dB	$L'_{\mathrm{n,w}}$ dB	**Bemerkungen**
		Räumen und „lauten“ Räumen (z. B. Speiseräume, Cafeterien, Musikräume, Spielräume, Technikzentralen)			
7		Wände zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und z. B. Sporthallen, Werkräumen	≥ 60	—	
8	**Türen**	Türen zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen und Fluren	≥ 32		Bei Türen gilt R_{w} nach Tabelle 1 – siehe auch Tabelle 1, Fußnote c.
9		Türen zwischen Unterrichtsräumen oder ähnlichen Räumen untereinander	≥ 37		
ANMERKUNG Zu den vergleichbaren Einrichtungen gehören beispielsweise öffentliche Kindertagesstätten.					

7 Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen

7.1 Anforderungen an Außenbauteile unter Berücksichtigung unterschiedlicher Raumarten oder Nutzungen

Die Anforderungen an die gesamten bewerteten Bau-Schalldämm-Maße $R'_{\mathrm{w,ges}}$ der Außenbauteile von schutzbedürftigen Räumen ergibt sich unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Raumarten nach Gleichung (6):

$$R'_{\mathrm{w,ges}} = L_{\mathrm{a}} - K_{\mathrm{Raumart}} \tag{6}$$

Dabei ist

$K_{\mathrm{Raumart}} = 25\ \mathrm{dB}$ für Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien;

$K_{\mathrm{Raumart}} = 30\ \mathrm{dB}$ für Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsräume und Ähnliches;

$K_{\mathrm{Raumart}} = 35\ \mathrm{dB}$ für Büroräume und Ähnliches;

L_{a} der Maßgebliche Außenlärmpegel nach DIN 4109-2:2018-01, 4.5.5.

Mindestens einzuhalten sind:

$R'_{\mathrm{w,ges}} = 35\ \mathrm{dB}$ für Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien;

$R'_{\mathrm{w,ges}} = 30\ \mathrm{dB}$ für Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsräume, Büroräume und Ähnliches.

Für gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maße von $R'_{w,ges} > 50$ dB sind die Anforderungen aufgrund der örtlichen Gegebenheiten festzulegen.

Die erforderlichen gesamten bewerteten Bau-Schalldämm-Maße $R'_{w,ges}$ sind in Abhängigkeit vom Verhältnis der vom Raum aus gesehenen gesamten Außenfläche eines Raumes S_s zur Grundfläche des Raumes S_G nach DIN 4109-2:2018-01, Gleichung (32) mit dem Korrekturwert K_{AL} nach Gleichung (33) zu korrigieren. Für Außenbauteile, die unterschiedlich zur maßgeblichen Lärmquelle orientiert sind, siehe DIN 4109-2:2018-01, 4.4.1.

Gleichung (6) gilt nicht für Fluglärm, soweit er in FluLärmG geregelt ist. In diesem Fall sind die Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen gegen Fluglärm im FluLärmG bzw. in FluLärmGDV 2 festgelegt.

Sofern ausschließlich Lärmpegelbereiche vorliegen, ist der maßgebliche Außenlärmpegel L_a für die Berechnung nach Gleichung (6) in Tabelle 7 festgelegt.

Tabelle 7 — Zuordnung zwischen Lärmpegelbereichen und maßgeblichem Außenlärmpegel

Spalte	1	2
Zeile	**Lärmpegelbereich**	**Maßgeblicher Außenlärmpegel** L_a dB
1	I	55
2	II	60
3	III	65
4	IV	70
5	V	75
6	VI	80
7	VII	> 80[a]

[a] Für maßgebliche Außenlärmpegel $L_a > 80$ dB sind die Anforderungen aufgrund der örtlichen Gegebenheiten festzulegen.

7.2 Anforderungen an Decken und Dächer

Dächer sind zusammen mit den anderen schallübertragenden Außenbauteilen nach 7.2 zu berücksichtigen.

Bei Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen und bei Kriechböden sind die Anforderungen durch Dach und Decke gemeinsam zu erfüllen. Die Anforderungen gelten als erfüllt, wenn das Schalldämm-Maß der Decke allein um nicht mehr als 10 dB unter dem erforderlichen gesamten Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ liegt.

7.3 Einfluss von Lüftungseinrichtungen und/oder Rollladenkästen

Bauliche Maßnahmen an Außenbauteilen zum Schutz gegen Außenlärm sind nur wirksam, wenn die Fenster und Türen bei der Lärmeinwirkung geschlossen bleiben und die geforderte Luftschalldämmung durch zusätzliche Lüftungseinrichtungen/Rollladenkästen nicht verringert wird. Bei der Berechnung des Schalldämm-Maßes $R'_{w,ges}$ sind zur vorübergehenden Lüftung vorgesehene Einrichtungen (z. B. Lüftungsflügel und -klappen) im geschlossenen Zustand, zur dauernden Lüftung vorgesehene Einrichtungen

(z. B. schallgedämpfte Lüftungsöffnungen, auch mit maschinellem Antrieb) im Betriebszustand zu berücksichtigen.

8 Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung zwischen „besonders lauten“ und schutzbedürftigen Räumen

„Besonders laute“ Räume sind

— Räume, in denen der Schalldruckpegel des Luftschalls $L_{\mathrm{AF,max}}$ häufig mehr als 75 dB beträgt,

— Räume, in denen häufigere und größere Körperschallanregungen stattfinden als in Wohnungen.

ANMERKUNG 1 Beispiele sind Räume von Handwerks- und Gewerbebetrieben einschließlich Verkaufsstätten, Gasträume von Gaststätten, Cafés und Imbissstuben, Räume von Kegelbahnen, Technikräume, Küchenräume von Beherbergungsstätten, Krankenhäusern, Sanatorien, Gaststätten (ausgenommen Kleinküchen), klinische Sonderräume (Kernspintomographie), Schwimmbäder, Spiel- und ähnliche Gemeinschaftsräume, Theater, Musik- und Werkräume, Sporthallen, sofern sie nicht durch Regelungen in den Tabellen 2 bis 6 abgedeckt sind.

Über die in Tabelle 9 festgelegten Anforderungen an die maximal zulässigen A-bewerteten Norm-Schalldruckpegel hinaus sind für die Luft- und Trittschalldämmung von Bauteilen zwischen „besonders lauten“ Räumen einerseits und schutzbedürftigen Räumen andererseits die Anforderungen an das bewertete Schalldämm-Maß R'_{w} und den bewerteten Norm-Trittschallpegel $L'_{\mathrm{n,w}}$ in Tabelle 8 angegeben.

Bei der Schallübertragung sind auch die Flankenübertragung über andere Bauteile und sonstige Nebenwegübertragungen, z. B. RLT-Anlagen, zu berücksichtigen.

ANMERKUNG 2 Anforderungen an die Trittschalldämmung zwischen „besonders lauten“ und schutzbedürftigen Räumen dienen zum einen dem unmittelbaren Schutz gegen häufiger als in Wohnungen auftretende Gehgeräusche, zum anderen auch als Schutz gegen Körperschallübertragung anderer Art, die von Maschinen oder Tätigkeiten mit starker Körperschallanregung, z. B. in Großküchen, ausgehen.

Es sind mindestens Schallschutzmaßnahmen nach den in Tabelle 8 genannten Anforderungen zwischen den „besonders lauten“ Räumen und den schutzbedürftigen Räumen erforderlich, um die in Tabelle 9 genannten zulässigen Schalldruckpegel einzuhalten.

In vielen Fällen ist eine zusätzliche Körperschalldämmung von Maschinen, Geräten und Rohrleitungen erforderlich. Sie kann zahlenmäßig nicht genau angegeben werden, weil sie von der Größe der Körperschallerzeugung der Maschinen und Geräte abhängt, die sehr unterschiedlich sein kann (siehe auch DIN 4109-36).

Tabelle 8 — Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung von Bauteilen zwischen „besonders lauten“ und schutzbedürftigen Räumen

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile	**Art der Räume**	**Bauteile**	**Bewertetes Schalldämm-Maß** R'_w dB / **Schalldruckpegel** $L_{AF,max}$ dB		**Bewerteter Norm-Trittschallpegel** $L'_{n,w}$[a,b] dB
			75 – 80	**81 – 85**	
1.1	Räume mit „besonders lauten“ gebäudetechnischen Anlagen oder Anlageteilen	Decken, Wände	≥ 57	≥ 62	—
1.2		Fußböden	—		≤ 43[c]
2.1	Betriebsräume von Handwerks- und Gewerbebetrieben, Verkaufsstätten	Decken, Wände	≥ 57	≥ 62	—
2.2		Fußböden	—		≤ 43
3.1	Küchenräume der Küchenanlagen von Beherbergungsstätten, Krankenhäusern, Sanatorien, Gaststätten, Imbissstuben und dergleichen (bis 22:00 Uhr in Betrieb)	Decken, Wände	≥ 55		—
3.2		Fußböden	—		≤ 43
3.3	Küchenräume wie Zeile 3.1/3.2, jedoch auch nach 22:00 Uhr in Betrieb	Decken, Wände	≥ 57[d]		—
3.4		Fußböden	—		≤ 33
4.1	Gasträume (bis 22:00 Uhr in Betrieb)	Decken, Wände	≥ 55	≥ 57	—
4.2		Fußböden	—		≤ 43
5.1	Gasträume $L_{AF,max}$ ≤ 85 dB (auch nach 22:00 Uhr in Betrieb)	Decken, Wände	≥ 62		—
5.2		Fußböden	—		≤ 33
6.1	Räume von Kegelbahnen	Decken, Wände	≥ 67		—
6.2		Fußböden — Keglerstube — Bahn	 — —		 ≤ 33 ≤ 13
7.1	Gasträume 85 dB ≤ $L_{AF,max}$ ≤ 95 dB, z. B. mit elektroakustischen Anlagen	Decken, Wände	≥ 72		—
7.2		Fußböden	—		≤ 28

a Jeweils in Richtung der Schallausbreitung.

b Die für Maschinen erforderliche Körperschalldämmung ist mit diesem Wert nicht erfasst; hierfür sind gegebenenfalls weitere Maßnahmen erforderlich. Ebenso kann je nach Art des Betriebes ein niedrigeres $L'_{n,w}$ notwendig sein; dies ist im Einzelfall zu überprüfen. Wegen der verstärkten Übertragung tiefer Frequenzen können zusätzliche Maßnahmen zur Schalldämmung erforderlich sein.

c Nicht erforderlich, wenn geräuscherzeugende Anlagen ausreichend körperschallgedämmt aufgestellt werden; eventuelle Anforderungen nach Tabellen 2 bis 6 bleiben hiervon unberührt.

d Handelt es sich um Großküchenanlagen und darüber liegende Wohnungen als schutzbedürftige Räume gilt R'_w ≥ 62 dB.

9 Maximal zulässige A-bewertete Schalldruckpegel in fremden schutzbedürftigen Räumen, erzeugt von gebäudetechnischen Anlagen und baulich mit dem Gebäude verbundenen Gewerbebetrieben

Gebäudetechnische Anlagen sind nach dieser Norm dem Gebäude dienende

— Versorgungs- und Entsorgungsanlagen,

— Transportanlagen,

— fest eingebaute, betriebstechnische Anlagen.

Als gebäudetechnische Anlagen gelten außerdem

— Gemeinschaftswaschanlagen,

— Schwimmanlagen, Saunen und dergleichen,

— Sportanlagen,

— zentrale Staubsauganlagen,

— Garagenanlagen,

— fest eingebaute, motorbetriebene außenliegende Sonnenschutzanlagen und Rollläden.

Außer Betracht bleiben Geräusche von ortsveränderlichen Maschinen und Geräten (z. B. Staubsauger, Waschmaschinen, Küchengeräte und Sportgeräte) im eigenen Wohnbereich.

Die maximal zulässigen A-bewerteten Schalldruckpegel der von gebäudetechnischen Anlagen und Betrieben emittierten und auf schutzbedürftige Räume einwirkenden Geräusche sind aus Tabelle 9 zu ersehen.

Die erforderlichen Maßnahmen zur Minderung der Geräuschausbreitung sind vom Produkthersteller anzugeben.

Nutzergeräusche (z. B. Aufstellen eines Zahnputzbechers auf einer Abstellplatte, Öffnen und Schließen des WC-Deckels) unterliegen nicht den Anforderungen nach Tabelle 9.

Tabelle 9 — Maximal zulässige A-bewertete Schalldruckpegel in fremden schutzbedürftigen Räumen, erzeugt von gebäudetechnischen Anlagen und baulich mit dem Gebäude verbundenen Betrieben

Spalte	1	2	3	4
Zeile	**Geräuschquellen**		**Maximal zulässige A-bewertete Schalldruckpegel** dB	
			Wohn- und Schlafräume	**Unterrichts- und Arbeitsräume**
1	Sanitärtechnik/Wasserinstallationen (Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen gemeinsam)		$L_{AF,max,n} \leq 30^{a,b,c}$	$L_{AF,max,n} \leq 35^{a,b,c}$
2	Sonstige hausinterne, fest installierte technische Schallquellen der technischen Ausrüstung, Ver- und Entsorgung sowie Garagenanlagen		$L_{AF,max,n} \leq 30^{c}$	$L_{AF,max,n} \leq 35^{c}$
3	Gaststätten einschließlich Küchen, Verkaufsstätten, Betriebe u. Ä.	tags 6 Uhr bis 22 Uhr	$L_r \leq 35$ $L_{AF,max} \leq 45$	$L_r \leq 35$ $L_{AF,max} \leq 45$
4		nachts nach TALärm	$L_r \leq 25$ $L_{AF,max} \leq 35$	$L_r \leq 35$ $L_{AF,max} \leq 45$

a Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen, die beim Betätigen der Armaturen und Geräte nach Tabelle 11 (Öffnen, Schließen, Umstellen, Unterbrechen) entstehen, sind derzeit nicht zu berücksichtigen.

b Voraussetzungen zur Erfüllung des zulässigen Schalldruckpegels:

— Die Ausführungsunterlagen müssen die Anforderungen des Schallschutzes berücksichtigen, d. h. zu den Bauteilen müssen die erforderlichen Schallschutznachweise vorliegen;

— außerdem muss die verantwortliche Bauleitung benannt und zu einer Teilabnahme vor Verschließen bzw. Bekleiden der Installation hinzugezogen werden.

c Abweichend von DIN EN ISO 10052:2010-10, 6.3.3, wird auf Messung in der lautesten Raumecke verzichtet (siehe auch DIN 4109-4).

10 Maximal zulässige A-bewertete Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen in der eigenen Wohnung, erzeugt von raumlufttechnischen Anlagen im eigenen Wohnbereich

Bei den im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich fest installierten technischen Schallquellen, die (bei bestimmungsgemäßem Betrieb) nicht vom Bewohner selbst betätigt bzw. in Betrieb gesetzt werden, sind die in Tabelle 10 genannten Anforderungen einzuhalten.

Die erforderlichen Maßnahmen zur Minderung der Geräuschausbreitung sind vom Produkthersteller anzugeben.

Tabelle 10 — Anforderungen an maximal zulässige A-bewertete Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen in der eigenen Wohnung, erzeugt von raumlufttechnischen Anlagen im eigenen Wohnbereich

Spalte	1	2	3
Zeile	**Geräuschquellen**	**Maximal zulässige A-bewertete Schalldruckpegel** dB	
		Wohn- und Schlafräume	**Küchen**
1	Fest installierte technische Schallquellen der Raumlufttechnik im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich	$L_{\mathrm{AF,max,n}} \leq 30^{\mathrm{a,b,c,d}}$	$L_{\mathrm{AF,max,n}} \leq 33^{\mathrm{a,b,c,d}}$

[a] Einzelne, kurzzeitige Geräuschspitzen, die beim Ein- und Ausschalten der Anlagen auftreten, dürfen maximal 5 dB überschreiten.

[b] Voraussetzungen zur Erfüllung des zulässigen Schalldruckpegels:

— Die Ausführungsunterlagen müssen die Anforderungen an den Schallschutz berücksichtigen, d. h. zu den Bauteilen müssen die erforderlichen Schallschutznachweise vorliegen;

— außerdem muss die verantwortliche Bauleitung benannt und zu einer Teilabnahme vor Verschließen bzw. Bekleiden der Installation hinzugezogen werden.

[c] Abweichend von DIN EN ISO 10052:2010-10, 6.3.3, wird auf Messung in der lautesten Raumecke verzichtet (siehe auch DIN 4109-4).

[d] Es sind um 5 dB höhere Werte zulässig, sofern es sich um Dauergeräusche ohne auffällige Einzeltöne handelt.

11 Anforderungen an Armaturen und Geräte der Trinkwasser-Installation

Für Armaturen und Geräte der Trinkwasser-Installation – nachfolgend Armaturen genannt – sind Armaturengruppen festgelegt, in die sie auf Grund des nach DIN EN ISO 3822-1 bis DIN EN ISO 3822-4 gemessenen Armaturengeräuschpegels L_{ap} nach Tabelle 11 eingestuft werden.

ANMERKUNG Nach den bauaufsichtlichen Vorschriften bedürfen Armaturen der Trinkwasser-Installation hinsichtlich des Geräuschverhaltens eines allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfberichtes, in dem das auf der Armatur anzubringende Prüfzeichen – gegebenenfalls mit Verwendungsauflagen und Durchflussklassen – erteilt wird.

Tabelle 11 — Anforderungen an Armaturen und Geräte der Trinkwasser-Installation

Spalte	1	2	3
Zeile	**Armaturen**	**Armaturengeräuschpegel L_{ap}[a] für kennzeichnenden Fließdruck oder Durchfluss nach DIN EN ISO 3822-1 bis DIN EN ISO 3822-4[b]** dB	**Armaturen-gruppe**
1	Auslaufarmaturen	≤ 20[c]	I
2	Anschlussarmaturen — Geräte Anschlussarmaturen — Elektronisch gesteuerte Armaturen mit Magnetventil		
3	Druckspüler		
4	Spülkästen		
5	Durchflusswassererwärmer		
6	Durchgangsarmaturen, wie — Absperrventile — Eckventile — Rückflussverhinderer — Sicherheitsgruppen — Systemtrenner — Filter	≤ 30[c]	II
7	Drosselarmaturen, wie — Vordrosseln — Eckventile		
8	Druckminderer		
9	Duschköpfe		
10	Auslaufvorrichtungen, die direkt an die Auslaufarmatur angeschlossen werden, wie — Strahlregler — Durchflussbegrenzer	≤ 15	I
	— Kugelgelenke — Rohrbelüfter — Rückflussverhinderer	≤ 25	II

a Die Messungen von L_{ap} müssen bei 0,3 MPa und 0,5 MPa erfolgen.

b Dieser Wert darf bei dem in DIN EN ISO 3822-1 bis DIN EN ISO 3822-4 für die einzelnen Armaturen genannten oberen Fließdruck von 0,5 MPa oder Durchfluss Q 1 um bis zu 5 dB überschritten werden.

c Geräuschspitzen, die beim Betätigen der Armaturen entstehen (Öffnen, Schließen, Umstellen, Unterbrechen u. a.), werden bei der Prüfung nach DIN EN ISO 3822-1 bis DIN EN ISO 3822-4 im Allgemeinen nicht erfasst. Der A-bewertete Schallpegel dieser Geräusche, gemessen mit der Zeitbewertung FAST wird erst dann zur Bewertung herangezogen, wenn es die Messverfahren nach einer nationalen oder Europäischen Norm zulassen.

Für Auslaufarmaturen und daran anzuschließende Auslaufvorrichtungen (Strahlregler, Rohrbelüfter in Durchflussform, Rückflussverhinderer, Kugelgelenke und Duschköpfe) sowie für Eckventile gelten die in Tabelle 12 festgelegten Durchflussklassen mit maximalen Durchflüssen.

DIN 4109-1:2018-01

Die Einstufung in die jeweilige Durchflussklasse nach Tabelle 12 erfolgt aufgrund des bei der Prüfung nach DIN EN ISO 3822-1 bis DIN EN ISO 3822-4 verwendeten Strömungswiderstandes oder festgestellten Durchflusses.

Werden Auslaufvorrichtungen verwendet, die einen geringeren Durchfluss als 0,15 l/s haben, ist die Durchflussklasse O (original) anzugeben.

Tabelle 12 — Durchflussklassen

Spalte	1	2
Zeile	**Durchflussklasse**	**Maximaler Durchfluss *Q*** l/s (bei 0,3 MPa Fließdruck)
1	Z	0,15
2	A	0,25
3	S	0,33
4	B	0,42
5	C	0,5
6	D	0,63

Anhang A
(informativ)

Erläuternde Angaben zum Schallschutz

Der Schallschutz beschreibt Eigenschaften, welche die Schallübertragung von der Schallquelle zum Empfänger d. h. den Hörer vermindern. Nach Art der Schallquellen ist die zu erwartende Pegeldifferenz (Luftschall) oder ein einzuhaltender Schalldruckpegel (Körperschall) zu berücksichtigen. Die Pegeldifferenz zwischen zwei Räumen wird bestimmt durch die Eigenschaft der trennenden und flankierenden Bauteile sowie durch die Größe und Ausstattung des Empfangsraumes. Der von Körperschall erzeugte Pegel in angrenzenden schutzbedürftigen Räumen hängt neben der Quellstärke auch von der Ankopplung an das Gebäude ab und kann derzeit nur durch Pegelbegrenzung sinnvoll festgelegt werden.

Die den baulichen Schallschutz kennzeichnenden Größen,

— für den Luftschallschutz die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{\mathrm{nT,w}}$,

— für den Trittschallschutz der bewertete Standard-Trittschallpegel $L'_{\mathrm{nT,w}}$ und

— für Geräusche aus gebäudetechnischen Anlagen der maximale Standard-Schalldruckpegel $L_{\mathrm{AF,max,nT}}$

repräsentieren die für die Hörwahrnehmung wesentlichen Eigenschaften, den zu erwartenden Schalldruckpegel bzw. die zu erwartende Pegeldifferenz in unterschiedlich großen und üblich ausgestatteten Räumen. Die Größen sind messtechnisch und rechnerisch bestimmbar.

In dieser Norm wird der Schallschutz indirekt über die Eigenschaften der Baukonstruktion, der Schalldämmung, beschrieben. Die Schallübertragung von unterschiedlichen Schallquellen wird durch Anforderungen an das Bau-Schalldämm-Maß, den Norm-Trittschallpegel und einen maximalen Norm-Schalldruckpegel begrenzt. Diese Anforderungen können durch alle üblichen Bauarten und Bauprodukte erzielt werden. Die Höhe des zu erwartenden Schallschutzes ist auf die beschriebenen Schutzziele abgestimmt.

Trotz gleicher Schalldämmung kann der Schallschutz unterschiedlich sein. Der Schallschutz hängt neben der Schalldämmung auch von der Größe des Empfangsraumes ab. Mit üblichen Raumgrößen im Mehrfamilienhaus-Bau wird häufig ein gleicher und bis zu 2 dB höherer Luftschallschutz und Trittschallschutz erzielt, als durch den für die Schalldämmung geforderten Wert zu erwarten ist. Jedoch weisen etwa 25 % der Aufenthaltsräume Volumen auf, welche einen um bis zu 2 dB geringeren Trittschallschutz erwarten lassen.

Soll der Schallschutz detaillierter festgelegt werden, wird für die Planung folgende Vorgehensweise empfohlen:

— Festlegung des gewünschten/erforderlichen Schallschutzes zwischen Räumen als $D_{\mathrm{nT,w}}$, $L'_{\mathrm{nT,w}}$ und $L_{\mathrm{AF,max,nT}}$ unter Berücksichtigung von Spektrumanpassungswerten abhängig von Nutzung und Lage entsprechend dem angestrebten Qualitätsstandard auf der Basis zu erwartender Pegel im Empfangsraum,

— Erarbeiten des bauakustischen Entwurfs durch Berechnung der kennzeichnenden Größen für die Luft- und Trittschalldämmung (R'_{w} und $L'_{\mathrm{n,w}}$) unter Berücksichtigung der vorliegenden Raumgeometrie,

— Überprüfung, ob die in Abschnitt 6 genannten Anforderungen eingehalten werden,

DIN 4109-1:2018-01

— Auswahl der möglichen Decken- und Wandkonstruktionen (R_w, $L_{n,w,eq}$ und ΔL_w) entsprechend den Normen zu den Daten für die rechnerischen Nachweise.

Hinweise zu höheren Schutzzielen entsprechend sonstiger beabsichtigter Gebäudequalitäten werden in z. B. DIN 4109 Beiblatt 2, VDI 4100 bzw. sonstigen Empfehlungen von Verbänden gegeben.

Abweichende Nutzungen und/oder höhere Schutzziele sind besonders zu bewerten und können die Auswahl von Bauarten und Baukonstruktionen einschränken.

Anhang B
(informativ)

Empfehlungen für maximale A-bewertete Schalldruckpegel in der eigenen Wohnung, erzeugt von heiztechnischen Anlagen im eigenen Wohnbereich

Im eigenen Wohnbereich fest installierte technische Schallquellen, die (bei bestimmungsgemäßem Betrieb) nicht vom Bewohner selbst betätigt bzw. in Betrieb gesetzt werden, sollten in Gebäuden mit mehreren Wohneinheiten im eigenen Wohnbereich die in Tabelle B.1 genannten Empfehlungen einhalten. Diese Empfehlungen gelten für heiztechnische Anlagen, nicht aber für die im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich betriebenen Kaminöfen und dergleichen.

Tabelle B.1 — Empfehlungen für maximale A-bewertete Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen in der eigenen Wohnung, erzeugt von heiztechnischen Anlagen im eigenen Wohnbereich

Spalte	1	2	3
Zeile	**Geräuschquellen**	**Empfehlungen für den maximalen A-bewerteten Norm-Schalldruckpegel** dB	
		Wohn- und Schlafräume	**Küchen**
1	Fest installierte technische Schallquellen von heiztechnischen Anlagen im eigenen Wohnbereich	$L_{\mathrm{AF,max,n}} \leq 30^{\mathrm{a,b,c}}$	$L_{\mathrm{AF,max,n}} \leq 33^{\mathrm{a,b,c}}$

[a] Einzelne, kurzzeitige Geräuschspitzen, die beim Ein- und Ausschalten der Anlagen auftreten (z. B. Zündgeräusche bei Heizanlagen) dürfen die genannten Empfehlungen um maximal 5 dB überschreiten.

[b] Voraussetzungen zur Erfüllung des zulässigen Schalldruckpegels:

— Die Ausführungsunterlagen müssen die Empfehlungen des Schallschutzes berücksichtigen, d. h. zu den Bauteilen müssen die erforderlichen Schallschutznachweise vorliegen.

— Außerdem muss die verantwortliche Bauleitung benannt und zu einer Teilabnahme vor Verschließen bzw. Bekleiden der Installation hinzugezogen werden.

[c] Abweichend von DIN EN ISO 10052:2010-10, 6.3.3, wird auf Messung in der lautesten Raumecke verzichtet (siehe auch DIN 4109-4).

Literaturhinweise

DIN 4109-36, *Schallschutz im Hochbau — Teil 36: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) — Gebäudetechnische Anlagen*

DIN 4109 Beiblatt 2, *Schallschutz im Hochbau — Hinweise für Planung und Ausführung, Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz, Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- oder Arbeitsbereich*

DIN 18005-1, *Schallschutz im Städtebau — Teil 1: Grundlagen und Hinweise für die Planung*

DIN EN ISO 717-1, *Akustik — Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen — Teil 1: Luftschalldämmung*

DIN EN ISO 717-2, *Akustik — Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen — Teil 2: Trittschalldämmung*

DIN EN ISO 10140-2:2010-12, *Akustik — Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand — Teil 2: Messung der Luftschalldämmung*

DIN EN ISO 12354-2:2017-11, *Bauakustik — Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften — Teil 2: Trittschalldämmung zwischen Räumen (ISO 12354-2:2017); Deutsche Fassung EN ISO 12354-2:2017*

DIN EN ISO 16283-1, *Akustik — Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen am Bau — Teil 1: Luftschalldämmung*

DIN EN ISO 16283-2, *Akustik — Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen am Bau — Teil 2: Trittschalldämmung*

VDI 4100, *Schallschutz im Hochbau — Wohnungen — Beurteilung und Vorschläge für erhöhten Schallschutz*[3)]

3) Zu beziehen bei: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.

DEUTSCHE NORM **September 2015**

DIN 11622-2

DIN

ICS 65.040.20; 65.060.25

Ersatz für
DIN 11622-2:2004-06;
mit DIN 11622-5:2015-09
Ersatz für
DIN 11622-1:2006-01

Gärfuttersilos, Güllebehälter, Behälter in Biogasanlagen, Fahrsilos – Teil 2: Gärfuttersilos, Güllebehälter und Behälter in Biogasanlagen aus Beton

Silage and liquid manure containers, containers in biogas plants, bunker silos and trench silos –
Part 2: Silage and liquid manure containers and containers in biogas plants made of concrete

Conteneurs d’ensilage et à lisier, conteneurs à centrale de biogaz, silos couloir et silos tranchés –
Partie 2: Conteneurs d’ensilage et à lisier, conteneurs à centrale de biogaz en béton

Gesamtumfang 26 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

DIN 11622-2:2015-09

Inhalt

Seite

Vorwort 4

1 Anwendungsbereich 5

2 Normative Verweisungen 5

3 Begriffe 7
3.1 Stoffe 7
3.2 Bauwerke 8

4 Allgemeines 10

5 Einwirkungen 10
5.1 Allgemeines 10
5.2 Gärfuttersilos 10
5.2.1 Füllung 10
5.2.2 Innerer Unter- oder Überdruck 10
5.2.3 Nutzlasten auf Abdeckungen und Dächern von Gärfuttersilos sowie auf Arbeitsbühnen 10
5.2.4 Entspannungslasten bei Gärfuttersilos 11
5.3 Gülle- und Biogasbehälter 11
5.3.1 Füllung 11
5.3.2 Innerer Unter- oder Überdruck 11
5.3.3 Nutzlasten auf Abdeckungen und Dächern von Güllebehältern und Biogasbehältern sowie auf Arbeitsbühnen 11
5.3.4 Verkehrslasten auf Decken über Biogasbehältern und Güllebehältern 11
5.4 Erddruck und Auftrieb 12
5.5 Temperatureinfluss 12
5.6 Eisdruck bei Güllebehältern 12
5.7 Erdbeben 12

6 Baustoffe, Bauteile und Bauausführung 12
6.1 Allgemeines 12
6.2 Anforderungen 13
6.2.1 Güllebehälter 13
6.2.2 Güllekeller, Güllekanal, Güllewanne 13
6.2.3 Silagesickersaftbehälter 13
6.2.4 Festmistplatte 14
6.2.5 Behälter in Biogasanlagen 14
6.3 Beschichtungen und Auskleidungen 15
6.4 Abdichtung von Fugen 15
6.4.1 Allgemeines 15
6.4.2 Arbeitsfugen 16
6.5 Befestigungsmittel, Abstandhalter und Schalungsanker 16
6.6 Nachbehandlung 16
6.7 Instandsetzung von Rissen, Ausbrüchen, Abplatzungen 17

7 Baugrund 17

8 Betriebliche Einrichtungen 18
8.1 Betriebliche Einrichtungen für Gärfuttersilos 18
8.1.1 Öffnungen und Verschlüsse 18
8.1.2 Druckausgleichseinrichtungen 18
8.2 Betriebliche Einrichtungen für Güllebehälter 18
8.2.1 Öffnungen 18
8.2.2 Homogenisier-Einrichtungen 18

9 Dichtheitskontrolle 18

10 Arbeitssicherheit **18**

11 Herstellung, Kennzeichnung, Betriebsanleitung und Kontrolle **19**
11.1 Herstellung und Montage **19**
11.2 Kennzeichnung **19**
11.3 Betriebsanleitung und Kontrolle **19**

Anhang A (normativ) Gärfutterlasten **20**

Anhang B (normativ) Expositionsklassen **21**
B.1 Allgemeines **21**
B.2 Güllebehälter, Gärrestlager und Güllekeller **21**
B.2.1 Offene Güllebehälter/Gärrestlager **21**
B.2.2 Gedeckte Güllebehälter / Güllekeller **22**
B.3 Behälter für Biogasanlagen, gedeckt, außen gedämmt **23**
B.4 Behälter in Biogasanlagen, gedeckt, ungedämmt **24**
B.5 Sickersaftbehälter **25**
B.6 Festmistplatten **25**
B.7 Gärfuttersilo **26**

Vorwort

Dieses Dokument wurde im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) vom Arbeitsausschuss NA 005-11-95 AA „Gärfuttersilos und Güllebehälter“ erarbeitet.

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

Die Normen des Gesamtwerkes DIN 11622*, „Gärfuttersilos, Güllebehälter, Behälter in Biogasanlagen, Fahrsilos“* sind:

— *Teil 2: Gärfuttersilos, Güllebehälter und Behälter in Biogasanlagen aus Beton*

— *Teil 4: Gärfutterhochsilos und Güllehochbehälter aus Stahl (in Vorbereitung)*

— *Teil 5: Fahrsilos*

— *Teil 22: Betonschalungssteine für Gärfuttersilos, Güllebehälter, Fahrsilos und Güllekanäle*

Änderungen

Gegenüber DIN 11622-1:2006-01 und DIN 11622-2:2004-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) der technische Inhalt der Norm wurde vollständig überarbeitet und an die neuen Regelwerke, z. B. Eurocodes, angepasst;

b) Inhalte aus Teil 1 wurden überarbeitet und in Teil 2 integriert;

c) Fahrsilos werden im neuen Teil 5 geregelt;

d) die Norm wurde redaktionell überarbeitet und an die aktuellen Gestaltungsregeln angepasst;

e) Behälter in Biogasanlagen mit Gärsubstraten und Gärresten landwirtschaftlicher Herkunft neu aufgenommen.

Frühere Ausgaben

DIN 11621: 1949-12, 1963-08

DIN 11622-1: 1973-08, 1994-07, 2006-01

DIN 11622-2: 1973-08, 1994-07, 2004-06

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für Gärfuttersilos, Silagesickersaftbehälter, Güllebehälter, Güllekeller, Güllewannen, Güllekanäle, Festmistlager und Behälter in Biogasanlagen mit Gärsubstraten und Gärresten landwirtschaftlicher Herkunft aus Beton, Stahl- oder Spannbeton.

Die Bauwerke können ganz über dem Erdreich oder ganz oder teilweise im Erdreich erstellt werden.

Anforderungen für Betonschalungssteine sind in DIN 11622-22 festgelegt.

Fahrsilos sind in DIN 11622-5 geregelt.

ANMERKUNG Auf weitergehende bauordnungsrechtliche und wasserrechtliche Anforderungen wie die Technischen Regeln wassergefährdende Stoffe wird hingewiesen. Insbesondere können Leckageerkennungssysteme erforderlich werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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 — 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 1045-4:2010-12, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 4: Ergänzende Regeln für die Herstellung und die Konformität von Fertigteilen*

DIN 1054, *Baugrund — Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau — Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1*

DIN 1072:1985-12, *Straßen- und Wegbrücken; Lastannahmen*

DIN 4020, *Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke — Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2*

DIN 11622-5:2015-09, *Gärfuttersilos, Güllebehälter, Behälter in Biogasanlagen, Fahrsilos — Teil 5: Fahrsilos*

DIN 11622-22, *Gärfuttersilos, Güllebehälter, Behälter in Biogasanlagen, Fahrsilos — Teil 22: Betonschalungssteine für Gärfuttersilos, Fahrsilos, Güllebehälter und Güllekanäle*

DIN 18202:2013-04, *Toleranzen im Hochbau — Bauwerke*

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

DIN EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

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

DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke — Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau*

DIN 11622-2:2015-09

DIN EN 1991-4/NA, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 4: Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter*

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 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 1992-3, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 3: Silos und Behälterbauwerke aus Beton*

DIN EN 1992-3/NA, *Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 3: Silos und Behälterbauwerke aus Beton*

DIN EN 1997-1, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln*

DIN EN 1997-1/NA, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln*

DIN EN 10051, *Kontinuierlich warmgewalztes Band und Blech abgelängt aus Warmbreitband aus unlegierten und legierten Stählen — Grenzabmaße und Formtoleranzen*

DIN EN 10088-2, *Nichtrostende Stähle — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für Blech und Band aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung*

DIN EN 12390-3, *Prüfung von Festbeton — Teil 3: Druckfestigkeit von Probekörpern*

DIN EN 13670:2011-03, *Ausführung von Tragwerken aus Beton; Deutsche Fassung EN 13670:2009*

DIN EN 14879-5, *Beschichtungen und Auskleidungen aus organischen Werkstoffen zum Schutz von industriellen Anlagen gegen Korrosion durch aggressive Medien — Teil 5: Auskleidungen für Bauteile aus Beton*

TRwS 792, JGS-Anlagen (in Vorbereitung)[1)]

TRwS 793, Biogasanlagen (in Vorbereitung)[1)]

DAfStb-Richtlinie - Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen[2)]

RStO 12, Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen[2)]

1) Zu beziehen bei: DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef

2) Nachgewiesen in der DITR-Datenbank der DIN Software GmbH, zu beziehen bei: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.

6

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Stoffe

3.1.1
Biogas
gasförmiges Produkt der Vergärung, das hauptsächlich aus Methan und Kohlenstoffdioxid besteht und je nach Einsatzstoffen außerdem Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Wasserdampf oder andere verdampfbare Bestandteile in unterschiedlichen Konzentrationen enthalten kann

3.1.2
Festmist
tierische Ausscheidungen, auch mit Einstreu, insbesondere Stroh, Sägemehl, Torf oder anderem pflanzlichen Material, das im Rahmen der Tierhaltung zugefügt worden ist und/oder mit Futterresten

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Trockensubstanzgehalt übersteigt 15 % (Massenanteil).

3.1.3
Gärfutter
Silage
unter Luftabschluss durch Milchsäuregärung (Silieren) haltbar gemachtes Pflanzenmaterial zur Verwendung als Tierfutter

3.1.4
Gärrest
flüssiger oder fester Stoff landwirtschaftlicher Herkunft, der bei der Biogasherstellung (Vergärung) aus den Gärsubstraten entsteht

3.1.5
Gärsaft
beim Silieren und Lagern von Gärfutter oder Gärsubstraten durch Zellaufschluss, Pressdruck und Reaktion entstehende säurehaltige Flüssigkeit

3.1.6
Gärsubstrate
Eintragsstoffe zur Gewinnung von Biogas im Sinne dieser Norm bestehen aus:

— pflanzlichen Biomassen (frisch oder siliert) aus der landwirtschaftlichen Grundproduktion;

— Pflanzen und Pflanzenbestandteilen, die in landwirtschaftlichen, forstwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Betrieben oder im Rahmen der Landschaftspflege anfallen, sofern sie nicht anders genutzt worden sind;

— pflanzliche Rückstände aus der Herstellung von Getränken, soweit bei der Be- und Verarbeitung keine wassergefährdenden Stoffe zugesetzt werden und sich die Gefährlichkeit mit der Be- und Verarbeitung nicht erhöht sowie Rückstände aus der Be- und Verarbeitung landwirtschaftlicher Produkte, wie Obst-, Getreide- und Kartoffelschlempen, soweit bei der Be- und Verarbeitung keine wassergefährdenden Stoffe zugesetzt werden und sich die Gefährlichkeit bei der Be- und Verarbeitung nicht erhöht;

— Silagesickersaft; oder

— tierischen Ausscheidungen wie Jauche, Gülle, Festmist, Geflügelkot.

DIN 11622-2:2015-09

3.1.7
Gülle
Flüssigmist
Jauche
tierische Ausscheidungen, auch mit geringen Mengen Einstreu, Futterresten, Reinigungswasser und/oder Niederschlagswasser

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Trockensubstanzgehalt beträgt höchstens 15 % (Massenanteil).

3.1.8
Silagesickersaft
Siliersaft
Gärsaft (3.1.5) gegebenenfalls mit Niederschlagswasser

3.2 Bauwerke

3.2.1
Auskleidung
Folien, Dichtungsbahnen oder Platten aus Thermoplast, Duroplast oder Gummi, die mit dem Untergrund haftend oder nicht haftend verbunden sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch Tabelle B.3, Fußnote b.

3.2.2
Beschichtung
organischer oder anorganischer, flüssiger bis pastenartiger Stoff zum Korrosionsschutz von Betonbauteilen, der hauptsächlich durch Spachteln, Streichen, Rollen oder Spritzen aufgebracht wird

3.2.3
Biogasbehälter
Behälter im Gärprozess einer Biogasanlage

BEISPIEL Fermenter, Nachgärer, Gärrestlager, Eintragsbunker.

3.2.4
Fermenter
ortsfester, beheizter Behälter mit Gaserfassung, in dem eine Vergärung (Fermentation) der Gärsubstrate zur Erzeugung von Biogas stattfindet

3.2.5
Nachgärer
Nachgärlager
Behälter, der dem Fermenter nachgeschaltet ist und der über eine Gaserfassung verfügt und der je nach Betriebsweise beheizt oder unbeheizt sein kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Nachgärer und Gärrestlager können verfahrenstechnisch kombiniert genutzt werden.

3.2.6
Gärrestlager
unbeheizter Behälter mit oder ohne Gaserfassung zur Lagerung der Gärreste, der dem Fermenter oder Nachgärer nachgeschaltet ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Dem Behälter können Niederschlagswasser und Silagesickersäfte zugeführt werden. Bei festen Gärresten kann das Gärrestlager aus einer befestigten und flüssigkeitsundurchlässigen Fläche bestehen.

3.2.7
Eintragsbunker
Vorlagebehälter
Behälter , aus denen eine kontinuierliche Beschickung oder eine Beschickung in Intervallen des Fermenters mit Gärsubstrat sichergestellt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: In den Vorlagebehältern können auch Misch- und Hygienesierungsprozesse stattfinden.

3.2.8
Fahrsilo
Flachsilo
ortsfestes, auf mindestens einer Seite offenes, befahrbares Bauwerk zur Herstellung und Lagerung von Gärfutter (Silage) oder festen Gärsubstraten

ANMERKUNG Nicht befahrbare Bauwerke siehe 3.2.10.

3.2.9
Festmistplatte
Festmistlager
Ortsfeste, befestigte Fläche zur Lagerung von Festmist, die durch Aufkantungen oder Wände abgegrenzt sein kann

3.2.10
Gärfuttersilo
ortsfestes, nicht befahrbares Bauwerk zur Herstellung und Lagerung von Gärfutter (Silage)

ANMERKUNG Befahrbare Anlagen siehe 3.2.8.

3.2.11
Güllebehälter
Vorgrube
Jauchebehälter
ortsfester Behälter zur Lagerung von Gülle oder Jauche, dem Niederschlagswasser und Silagesickersäfte zugeführt werden können

3.2.12
Güllekanal
Güllekeller
Güllewanne
Raum unter und neben Stallanlagen zum Ableiten oder zur Lagerung von Gülle

3.2.13
JGS-Anlage
Jauche-, Gülle- und Silagesickersaftanlage
Anlage zum Lagern oder Abfüllen ausschließlich von

1) Wirtschaftsdünger, insbesondere Gülle oder Festmist,
2) Jauche,
3) Tierischen Ausscheidungen nicht landwirtschaftlicher Herkunft, auch in Mischung mit Einstreu oder in verarbeiteter Form,
4) Flüssigkeiten, die während der Herstellung oder Lagerung von Gärfutter durch Zellaufschluss oder Pressdruck anfallen und die überwiegend aus einem Gemisch aus Wasser, Zellsaft, organischen Säuren und Mikroorganismen sowie etwaigem Niederschlagswasser bestehen (Silagesickersaft), oder
5) Silage oder Siliergut, soweit hierbei Silagesickersaft anfallen kann

3.2.14
Leckageerkennungssystem
Einrichtungen, die eventuell ausgelaufene wassergefährdende Flüssigkeiten oder eingedrungenes Wasser in einem Kontrollraum oder einer Rückhalteeinrichtung erkennen lassen oder selbsttätig anzeigen

3.2.15
Silagesickersaftbehälter
ortsfester Behälter zur Lagerung von Silagesickersäften

4 Allgemeines

JGS-Anlagen und Biogasanlagen müssen so beschaffen sein und betrieben werden, dass in ihnen vorhandene wassergefährdende Stoffe nicht austreten können. Sie müssen flüssigkeitsundurchlässig, standsicher und gegen die zu erwartenden mechanischen, thermischen und chemischen Einflüsse widerstandsfähig sein.

Es gelten die Regeln der Eurocode-Normenreihen DIN EN 1990 und DIN EN 1991, DIN EN 1992-1-1, DIN EN 206-1, DIN 1045-2, DIN EN 13670, DIN 1045-3 und DIN 1045-4, sofern nachfolgend keine anderen Festlegungen getroffen sind.

Die bauteilbezogene Zuordnung der Expositionsklassen ist Anhang B zu entnehmen.

5 Einwirkungen

5.1 Allgemeines

Geräte und Maschinen, die direkt mit dem Bauwerk verbunden sind (z. B. Fräsen, Pumpen, Rührwerke), sind sowohl mit dem Einfluss ihrer Eigenlast als auch mit Lasten, die von Betriebszuständen herrühren, als ständige Einwirkung zu berücksichtigen (Homogenisier-Einrichtungen siehe 8.2.2).

Die statische Berechnung muss Angaben über die Belastung aus der gewählten Gerätetechnik enthalten.

5.2 Gärfuttersilos

5.2.1 Füllung

Die Lasten für Gärfutter sind nach Anhang A als ständige Einwirkung anzusetzen. Für die Füllhöhe h ist der obere Rand des Silos anzunehmen; mögliche Überfüllhöhen sind zu berücksichtigen. Bei Obenentnahme mit Fräse darf die Füllhöhe um 1,0 m vermindert werden.

Bei Gärfuttersilos mit Untenentnahme muss wegen einer eventuell im Futterstock auftretenden Gewölbewirkung das gesamte Füllgut oberhalb der Höhe von 2,0 m über dem Gärfuttersiloboden als Vertikallast auf die Gärfuttersilowand angesetzt werden. Dies gilt nicht für die Füllgutklasse 3 nach Tabelle A.1.

5.2.2 Innerer Unter- oder Überdruck

Bei allseitig geschlossenen und im Wesentlichen gasdichten Gärfuttersilos mit Druckausgleichseinrichtungen nach 8.1.2 ist die Unter- oder Überdruckbildung zu berücksichtigen.

Als Belastung darf in die statischen Nachweise der Einstelldruck der Ventile als veränderliche Einwirkung eingeführt werden, wobei Anzahl und Maße der Ventile der Gärfuttersilogröße anzupassen sind.

Zur Berechnung der Wand darf der innere Überdruck vernachlässigt werden, wenn er 5,0 kN/m^2 nicht übersteigt. Bei der Berechnung der Gärfuttersilodecke ist stets der mögliche Unter- oder Überdruck zu berücksichtigen.

5.2.3 Nutzlasten auf Abdeckungen und Dächern von Gärfuttersilos sowie auf Arbeitsbühnen

Siloabdeckungen sind für Schneelast und eine Einzellast von mindestens 1 kN an ungünstigster Stelle zu bemessen.

Massive Dachdecken und Arbeitsbühnen sind für eine gleichmäßig verteilte Last von mindestens 2 kN/m^2 als veränderliche Einwirkung zu bemessen. Eine ggf. höhere Schneelast ist zu berücksichtigen.

Bei der Verwendung von zeltartigen Dächern ist der Planenzug auf den Behälterrand anzusetzen.

5.2.4 Entspannungslasten bei Gärfuttersilos

Für die bei der Entleerung wirkenden negativen Wandreibungslasten (Entspannung des Futterstockes bei Obenentnahme) sind 4 kN je m Umfang als veränderliche Einwirkung anzusetzen.

5.3 Gülle- und Biogasbehälter

5.3.1 Füllung

Für Gülle und Gärsubstrat ist eine Wichte von mindestens 10 kN/m^3 anzunehmen. Bei Behältern mit weitgehend gleichmäßiger Füllhöhe, z. B. Fermenter, darf die Füllung als ständige Einwirkung behandelt werden, wobei dann alle ψ-Beiwerte gleich 1,0 zu setzen sind.

Bei Behältern mit häufig wechselnden Füllhöhen, z. B. Güllebehälter, darf bei Ansatz des maximal möglichen Füllstandes die Füllung als veränderliche Einwirkung behandelt werden, wobei dann der ψ_2 – Beiwert für die Füllung zu 0,5 anzunehmen ist.

5.3.2 Innerer Unter- oder Überdruck

Sofern bei Gülle- und Biogasbehältern eine Druckentwicklung nicht ausgeschlossen werden kann, ist die Unter- oder Überdruckbildung als veränderliche Einwirkung zu berücksichtigen.

Als Belastung darf in die statischen Nachweise der Einstelldruck der Ventile eingeführt werden, wobei Anzahl und Maße der Ventile der Behältergröße anzupassen sind.

Zur Berechnung der Wand darf der innere Überdruck vernachlässigt werden, wenn er 5,0 kN/m^2 nicht übersteigt. Bei der Berechnung der Behälterdecke ist stets der vorhandene Unter- oder Überdruck zu berücksichtigen.

5.3.3 Nutzlasten auf Abdeckungen und Dächern von Güllebehältern und Biogasbehältern sowie auf Arbeitsbühnen

Behälterabdeckungen sind für Schneelast und eine Einzellast von mindestens 1 kN an ungünstigster Stelle zu bemessen.

Massive Dachdecken und Arbeitsbühnen sind für eine gleichmäßig verteilte Nutzlast von mindestens 2 kN/m^2 als veränderliche Einwirkung zu bemessen. Eine ggf. höhere Schneelast ist zu berücksichtigen.

Bei der Verwendung von zeltartigen Dächern ist der Planenzug auf den Behälterrand anzusetzen.

5.3.4 Verkehrslasten auf Decken über Biogasbehältern und Güllebehältern

Verkehrslasten auf befahrbaren Decken über Güllebehältern und Biogasbehältern sind nach DIN EN1991-1-1/NA:2010-12, NCI NA.3.3.3 wie folgt anzusetzen:

> Bei Decken, die planmäßig von Fahrzeugen befahren werden, gelten die Lasten der Brückenklassen (16/16 bis 30/30) nach DIN 1072:1985-12. Zusätzlich können die Lasten der Nachrechnungsklasse 12/12 angesetzt werden.
>
> Decken, die nur im Brandfall von Feuerwehrfahrzeugen befahren werden, sind für die Brückenklasse (12/12) nach DIN 1072:1985-12, Tabelle 2, zu berechnen. Dabei ist jedoch nur ein Einzelfahrzeug in ungünstigster Stellung anzusetzen; auf den umliegenden Flächen ist die gleichmäßig verteilte Last der Hauptspur in Rechnung zu stellen. Der nach DIN 1072:1985-12 geforderte Nachweis für die einzelne Achslast von 110 kN darf entfallen. Diese Verkehrslast darf als vorwiegend ruhend eingestuft werden.

Bei landwirtschaftlichen Betrieben, bei denen mit geringem Fahrzeugaufkommen zu rechnen ist, kann auf den Nachweis der Ermüdung für befahrbare Decken verzichtet werden. In allen anderen Fällen sind die Nachweise gegen Ermüdung zu führen.

Nicht planmäßig befahrbare, ebenerdige Behälterdecken sind für mindestens 5,0 kN/m^2 zu bemessen.

5.4 Erddruck und Auftrieb

Erddruck ist nach DIN EN 1997-1, DIN EN 1997-1/NA und DIN 1054 anzusetzen. Dabei ist mit Erdruhedruck zu rechnen, gegebenenfalls unter Berücksichtigung von Verkehrslasten und Stauwasser.

Unabhängig von den örtlichen Gegebenheiten ist auch stets ein Lastfall gefüllter Gärfuttersilo, Behälter in Biogasanlagen bzw. Güllebehälter ohne Erddruck und ohne Stauwasser zu untersuchen.

Der Erddruck aus Hinterfüllung auf Gülle- und Biogasbehälter darf von allen Seiten gleich angenommen werden, wenn die Hinterfüllung bei horizontalem Gelände gleichmäßig eingebracht wird und sichergestellt ist, dass durch Nutzlasten keine größeren einseitigen Erddrücke ausgelöst werden.

Die Auftriebssicherheit ist nachzuweisen.

Falls der höchste äußere Wasserstand höher liegt als die Behältersohle und die Auftriebssicherheit nur bei teilgefülltem Behälter sichergestellt ist, muss eine Kontrolleinrichtung vorgesehen werden, um den äußeren Wasserstand verfolgen zu können.

Mögliche Auftriebskräfte und verminderte Gleitreibungsbeiwerte durch wasserrechtlich erforderliche Leckageerkennungssysteme sind zu berücksichtigen.

Die Wirkung von außen drückender Wässer (zeitweise aufstauende Wässer und Grundwasser) ist bei der Planung der Anlage zu berücksichtigen, z.B. durch:

— Nachweis einer Mindestdruckzonenhöhe von 5 cm,

— geeignete Leckageerkennung.

5.5 Temperatureinfluss

Temperatureinflüsse und Temperaturgradienten innerhalb der Bauteilquerschnitte sind zu berücksichtigen.

Die bei der Aufheizung des Substrates entstehenden Temperaturdifferenzen im Bauteilquerschnitt von Biogasbehältern sind bei der statischen Berechnung zu berücksichtigen.

5.6 Eisdruck bei Güllebehältern

Lasten und Kräfte aus einer geschlossenen Eisdecke sind durch betriebliche Maßnahmen zu verhindern (siehe 11.3).

5.7 Erdbeben

Beanspruchungen aus Erdbeben sind gegebenenfalls zu berücksichtigen. Der Bedeutungsbeiwert ψ_1 ist mit 1,2 anzusetzen.

6 Baustoffe, Bauteile und Bauausführung

6.1 Allgemeines

Silos und Behälter müssen so ausgeführt werden, dass Silagesickersaft und Gülle nicht in das Erdreich und umgebende Wasser gelangen. Dies gilt gleichermaßen für Kanäle, Vorgruben und Pumpensümpfe. Im Erdreich verlegte Leitungen sind mit dem Bauwerk flexibel zu verbinden, um Schäden aus unterschiedlichen Setzungen zu vermeiden.

Die Mindestbauteildicke für Behälter mit einem Fassungsvermögen über 20 m^3 beträgt 18 cm. Bei Betonfertigteilen mit einem äquivalenten Wasserzementwert $(w/z)_{eq} \leq 0{,}45$ darf die Mindestbauteildicke auf 16 cm vermindert werden.

Davon abweichende Bauteildicken sind möglich, wenn

— Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit für den Verwendungszweck nachgewiesen werden und

— die Abdichtung der Bauteile durch eine Beschichtung oder Auskleidung mit bauordnungsrechtlichem Verwendbarkeitsnachweis unter Berücksichtigung der wasserrechtlichen Anforderungen für den jeweiligen Verwendungszweck erfolgt.

Vorgespannte Fertigteile können unter folgenden Voraussetzungen zum Nachweis der Flüssigkeitsundurchlässigkeit mit geringeren Bauteildicken ausgeführt werden: Die Vorspannung ist so hoch zu wählen, dass unter Berücksichtigung der Spannkraftverluste und nach Abzug aller Zugspannungen rechnerisch eine mittlere zentrische Druckspannung von 0,5 N/mm² vorhanden ist. Alternativ kann nachgewiesen werden, dass in allen Belastungszuständen eine Druckzonenhöhe von mindestens 5,0 cm vorhanden ist.

Dicke und Konstruktion der Bauteile sind so zu wählen, dass die Bauteile unter Beachtung der erforderlichen Betondeckung, der erforderlichen Bewehrungslagen, Fugenabdichtungen und Einbauteile fachgerecht betoniert und montiert werden können.

Die Bauteildicke von 12 cm darf für Behälter mit einem Fassungsvermögen über 10 m³ nicht unterschritten werden.

Silagesickersäfte und verunreinigtes Niederschlagswasser sind aufzufangen. Ausführungsmöglichkeiten der Entwässerung werden in der TRwS 792 und der TRwS 793 beschrieben.

6.2 Anforderungen

6.2.1 Güllebehälter

Die Anforderungen an Güllebehälter werden unter Berücksichtigung der spezifischen Stoffeigenschaften von Gülle festgelegt. Die Eindringtiefe von Gülle in Beton ist bei vergleichbarem Flüssigkeitsdruck geringer als von Wasser. Gülle gefriert erst bei niedrigeren Temperaturen als Wasser und führt damit zu einem geringeren Frostangriff als Wasser.

Es ist Beton mit hohem Wassereindringwiderstand nach DIN 1045-2 zu verwenden.

Die rechnerische Rissbreite bei Güllebehältern aus Stahlbeton ist auf w_k = 0,2 mm unter quasi-ständiger Einwirkungskombination zu begrenzen. Stahlbetonbodenplatten sind arbeits- und dehnfugenfrei herzustellen.

Die Bauausführung von Güllebehältern aus Stahlbeton unterliegt der Überwachungsklasse 2 nach DIN EN 13670:2011-03 und DIN 1045-3:2012-03 für Ortbeton und für Fertigteile gilt zusätzlich DIN 1045-4:2012-02.

Werden Silagesickersäfte in Güllebehälter eingeleitet, ist eine ausreichende Verdünnung und Durchmischung sicherzustellen. Das Sickersaftvolumen darf 10 % der jeweiligen Behälterfüllung betragen.

6.2.2 Güllekeller, Güllekanal, Güllewanne

Für Güllekeller, Güllekanäle und Güllewannen gelten die Bestimmungen von 6.2.1 sinngemäß. Können Beton-Bodenplatten aus verfahrenstechnischen Gründen nicht arbeits- und dehnfugenfrei hergestellt werden, sind die Fugen nach 6.4 abzudichten.

6.2.3 Silagesickersaftbehälter

Die rechnerische Rissbreite ist auf w_k = 0,2 mm unter quasi-ständiger Einwirkungskombination zu begrenzen. Stahlbetonbodenplatten sind arbeits- und dehnfugenfrei herzustellen.

Es ist Beton mit hohem Wassereindringwiderstand nach DIN 1045-2 zu verwenden.

Die Bauausführung von Silagesickersaftbehältern unterliegt der Überwachungsklasse 2 nach DIN EN 13670:2011-03 und DIN 1045-3:2012-03.

6.2.4 Festmistplatte

Es dürfen kein Festmist, keine Jauche und kein verunreinigtes Regenwasser von der Festmistplatte in das Erdreich gelangen. Dies ist durch Wände oder Aufkantungen sicherzustellen. Niederschlagswasser, das auf angrenzenden Flächen anfällt, ist fernzuhalten.

Die Festmistplatte muss eine zuverlässige Ableitung von Jauche und verunreinigtem Regenwasser (z. B. in einen Jauchebehälter) sicherstellen. Dazu sollte das Gefälle der Bodenplatte in Richtung Ablauf mit einem Gefälle von mindestens 2 % und einer Ebenheitstoleranz nach DIN 18202:2013-04, Tabelle 3, Zeile 2b ausgeführt werden. Wenn von diesem Gefälle abgewichen wird, sind die Ebenheitstoleranzen proportional zum gewählten Gefälle umzurechnen.

ANMERKUNG Umrechnungsbeispiel siehe DIN 11622-5:2015-09, 6.2.1.

Die Festmistplatte kann aus bewehrtem und/oder unbewehrtem Beton hergestellt werden.

Unbewehrte Festmistplatten können konstruktiv je nach Fahrzeugbeanspruchung nach Belastungsklasse Bk0,3 oder Bk1,0 der RStO 12, ausgeführt werden.

Bei unbewehrten Festmistplatten aus Beton darf zur Vermeidung von Trenn- und Biegerissen die Kantenlänge einzelner Felder das 25-fache der Plattendicke, maximal jedoch 6 m nicht überschreiten. Das Verhältnis von Länge zu Breite der Platten sollte 1,2 nicht überschreiten.

Bewehrte Festmistplatten aus Beton sind für eine rechnerische Rissbreite von w_k = 0,2 mm unter quasi-ständiger Einwirkungskombination nachzuweisen.

Festmist mit hohem Trockenmassegehalt (z. B. Pferde-, Schaf-, und Ziegenmist) darf auch in wannenförmig ausgebildeten Festmistlagern ohne Flüssigkeitsableitung gelagert werden. Für diese ist die rechnerische Rissbreite auf w_k = 0,2 mm unter quasi-ständiger Einwirkungskombination zu begrenzen. Für eventuell anfallendes Regenwasser ist ein ausreichendes Rückhaltevermögen vorzusehen.

Unbewehrte Betonwannen sind nicht zulässig.

Die Bauausführung von Festmistplatten unterliegt der Überwachungsklasse 2 nach DIN EN 13670:2011-03 und DIN 1045-3:2012-03.

6.2.5 Behälter in Biogasanlagen

Die rechnerische Rissbreite bei Biogasbehältern aus Stahlbeton ist auf w_k = 0,2 mm unter quasi-ständiger Einwirkungskombination zu begrenzen. Stahlbetonbodenplatten sind arbeits- und dehnfugenfrei herzustellen.

Voraussetzung für eine ausreichende Gasdichtheit des Behälters ist im Regelfall ein Beton mit einem Wasserzementwert $w/z \leq 0{,}45$ sowie eine fachgerechte Verarbeitung und Nachbehandlung, ergänzt durch eine Beschichtung oder Auskleidung des Betons im Gasraum des Behälters. Gasdurchlässige Trennrisse müssen geschlossen werden, wenn die Gasdichtheit nicht durch rissüberbrückende Beschichtungen oder Auskleidungen sichergestellt wird. Alternativ zu Auskleidung oder Beschichtung kann die Gasdichtheit durch gleichwertige Maßnahmen sichergestellt werden, z. B. Vorspannung oder schärfere Rissbreitenbeschränkung.

Die vereinbarte Gasdichtheit ist objektbezogen nachzuweisen.

Verfahrensbedingt auftretende Über- und Unterdrücke können im Einzelfall zusätzliche Maßnahmen erfordern.

Mit einer Selbstheilung von Rissen kann im Gasbereich nicht gerechnet werden.

Die Bauausführung von Stahlbetonbehältern in Biogasanlagen unterliegt der Überwachungsklasse 2 nach DIN EN 13670:2011-03 und DIN 1045-3:2012-03.

Im gesamten Gasraum ist für einen Schutz des Betons gegen Angriff durch biogene Schwefelsäure zu sorgen. Auskleidung bzw. Beschichtung müssen ausreichend tief in das Substrat eintauchen.

Auf einen Schutz darf verzichtet werden, wenn prozessbedingt ein starker chemischer Angriff dauerhaft verhindert wird und gasdurchlässige Trennrisse geschlossen werden.

6.3 Beschichtungen und Auskleidungen

Innenflächen und Verschlüsse von Öffnungen müssen gegen Inhaltsstoffe des Lagergutes ausreichend beständig sein. Wenn in Güllebehälter Silagesickersäfte eingeleitet werden, muss eine ausreichende Verdünnung vorhanden sein oder die Innenflächen müssen auch gegen Silagesickersaft beständig sein.

Die verwendeten Materialien zum Schutz der Innenflächen müssen bei Gärfuttersilos für Mensch und Tier physiologisch unbedenklich sein.

Die verwendeten Materialien müssen untereinander verträglich sein.

Es sind Beschichtungen und Auskleidungen zu verwenden, für die durch einen bauordnungsrechtlichen Verwendbarkeitsnachweis nachgewiesen ist, dass die für den Verwendungszweck maßgebenden Anforderungen erfüllt sind, insbesondere die Beständigkeit gegenüber Jauche, Gülle und Silagesickesäfte bzw. Gärreste.

6.4 Abdichtung von Fugen

6.4.1 Allgemeines

Alle Fugen sind in geeigneter und dauerhafter Weise flüssigkeitsundurchlässig abzudichten.

Als Fugenabdichtung dürfen nur Bauprodukte verwendet werden, für die durch einen bauordnungsrechtlichen Verwendbarkeitsnachweis nachgewiesen ist, dass die für den Verwendungszweck maßgebenden Anforderungen erfüllt sind, insbesondere die Beständigkeit gegenüber Jauche, Gülle und Silagesickersaft bzw. Gärreste.

Fugen sind planmäßig festzulegen und entwurfsmäßig auszuführen.

Für Fugenbleche, die im Geltungsbereich dieser Norm eingesetzt werden, ergibt sich die Verwendbarkeit aus der Übereinstimmung mit der Technischen Regel nach Bauregelliste A Teil 1 Nr. 15.37. Die nachfolgenden Anforderungen sind einzuhalten.

In Arbeitsfugen und für Sollrissquerschnitte können Fugenbleche aus fettfreien, unbeschichteten Blechen nach DIN EN 10051 oder nach DIN EN 10088-2, Werkstoff-Nr. 1.4571, mit einer Blechdicke von mindestens 1,5 mm verwendet werden. Dabei darf die Breite des Blechbandes bis zu einem Flüssigkeitsdruck bis 3 m Flüssigkeitssäule 250 mm nicht unterschreiten. Bei Flüssigkeitsdrücken zwischen 3 m und 10 m Flüssigkeitssäule muss die Blechbreite mindestens 300 mm betragen. Bei Flüssigkeitsdrücken über 10 m Flüssigkeitssäule muss die Blechbreite mindestens 350 mm betragen.

Die Verbindung der Fugenbleche erfolgt durch:

— Verschweißen; oder

— durch vollflächiges Verkleben mit 2-komponentigem Klebstoff. Der Klebstoff ist auf die Materialqualität der Fugenbleche abzustimmen. Die Verklebung erfolgt über eine Länge von 150 mm; oder

— durch Klemmen mit einer elastomeren Zwischenlage. Die beidseitig angeordneten Klemmleisten müssen einen Klemmbereich von mindestens 150 mm sicherstellen. Die Dicke der elastomeren Zwischenlage beträgt 2 mm.

Fugenbleche sind in der Mitte des Betonquerschnitts einzubauen und müssen planmäßig beiderseits der Fuge jeweils mit ihrer halben Breite in den Beton einbinden.

Die ordnungsgemäße Lage der Fugenbleche ist vor und während des Betonierens zu kontrollieren.

6.4.2 Arbeitsfugen

Fugen zwischen Fertigteilelementen können mittels Vorspannung nach DIN EN 1992-1-1/NA und DIN EN 1992-3/NA und Injektion der Stoßfugen mit Zementmörtel nach DIN 1045-2:2008-08, 5.3.8 oder anderen geeigneten Materialien mit bauordnungsrechtlichem Verwendungsnachweis abgedichtet werden.

Werden Behälter aus Stahlbetonfertigteilen vorgespannt, so gilt für deren Bemessung und Konstruktion DIN EN 1992-1-1/NA. Die Vorspannung ist so groß zu wählen, dass unter Berücksichtigung der Reibungsverluste, des Kriechens und Schwindens und etwaiger Verformungen in den Fugen unter der ungünstigsten Lastkombination eine Druckspannung von mindestens 0,5 N/mm^2 verbleibt.

In bewehrten Arbeitsfugen kann ein flüssigkeitsundurchlässiger Anschluss auch ohne zusätzliche Einbauteile erreicht werden, wenn die folgenden Maßnahmen durchgeführt werden:

— Nach dem Betonieren der Anschlussfläche ist die Zementschlämme auf der Oberfläche der Arbeitsfuge zu entfernen, das Korngerüst muss freiliegen.

— Der Beton ist im Bereich der Arbeitsfuge durch ständiges Feuchthalten so lange nachzubehandeln, bis die Festigkeit des oberflächennahen Betons mindestens 70 % der charakteristischen Betonfestigkeit beträgt.

— Die Arbeitsfuge muss rau nach DIN EN 1992-1-1, mattfeucht sowie frei von Verunreinigungen, Rückständen und Trennmitteln sein.

— Beim Betonieren des Anschlusses ist eine spezielle Anschlussmischung des Betons vorzusehen.

6.5 Befestigungsmittel, Abstandhalter und Schalungsanker

Für die Befestigungen von Anbauteilen bzw. Verankerungen dürfen Verbunddübel, Ankerschienen bzw. Kopfbolzen mit allgemeiner bauordnungsrechtlicher Zulassung bzw. europäisch technischer Bewertung verwendet werden. Die Befestigungen sind zu planen. Bei der Verwendung von Verbunddübeln ist die Eignung gegenüber dem beaufschlagenden Medium sicherzustellen (z. B. durch eine Herstellererklärung). Der Einbau der Befestigungsmittel hat so zu erfolgen, dass die Bohrlochtiefe kleiner der um 50 mm reduzierten Bauteildicke ist.

Einbauteile sind so auszubilden, dass die Flüssigkeitsundurchlässigkeit gewährleistet ist.

Durchdringungen für Schalungsanker sind flüssigkeitsundurchlässig und medienbeständig zu schließen. Die Anforderung wird insbesondere erfüllt durch Schalungsanker mit mittiger Dichtscheibe (Durchmesser der Dichtscheibe ≥ 120 mm) oder flüssigkeitsundurchlässig geschlossenen Distanzrohren mit mittiger Dichtscheibe (Breite der Dichtscheibe ≥ 150 mm).

Es sind Abstandhalter zu verwenden, die die Flüssigkeitsundurchlässigkeit örtlich nicht beeinträchtigen und medienbeständig sind.

6.6 Nachbehandlung

Für Nachbehandlung und Schutz des jungen Betons gelten DIN EN 13670 und DIN 1045-3. Die Nachbehandlung muss mindestens so lange durchgeführt werden, bis die Festigkeit des oberflächennahen Betons 70 % der charakteristischen Festigkeit des verwendeten Betons erreicht hat. Diese Anforderungen sind in Tab. 1 in eine Mindestdauer der Nachbehandlung umgesetzt. Ein genauerer Nachweis ist möglich, dies gilt nicht für Gärfuttersilos.

Die Nachbehandlung muss nachweislich eine Wasserrückhaltung bewirken, die mindestens einer dicht anliegenden 0,3 mm dicken Folie entspricht.

ANMERKUNG Eine Verlängerung der Nachbehandlung über die Mindestzeit hinaus, führt in der Regel zu einer Verbesserung der Dauerhaftigkeit der Betonoberfläche.

Tabelle 1 — Mindestdauer der Nachbehandlung von Beton

Nr.	1	2	3	4	5
Oberflächentemperatur ϑ °C[e]		**Mindestdauer der Nachbehandlung in Tagen**[a]			
		Festigkeitsentwicklung des Betons[c] $r = f_{cm2}/f_{cm28}$[d]			
		Schnell	mittel	langsam	sehr langsam
		$r \geq 0{,}50$	$r \geq 0{,}30$	$r \geq 0{,}15$	$r < 0{,}15$
1	$\vartheta \geq 25$	2	4	4	6
2	$25 > \vartheta \geq 15$	2	4	8	10
3	$15 > \vartheta \geq 10$	4	8	14	20
4	$10 > \vartheta \geq 5$ [b]	6	12	20	30

a Bei mehr als 5 h Verarbeitbarkeitszeit ist die Nachbehandlungsdauer angemessen zu verlängern.

b Bei Temperaturen unter 5 °C ist die Nachbehandlungsdauer um die Zeit zu verlängern, während der die Temperatur unter 5 °C lag.

c Die Festigkeitsentwicklung des Betons wird durch das Verhältnis der Mittelwerte der Druckfestigkeiten nach 2 Tagen und nach 28 Tagen (ermittelt nach DIN EN 12390-3) beschrieben, das bei der Eignungsprüfung oder auf der Grundlage eines bekannten Verhältnisses von Beton vergleichbarer Zusammensetzung (d. h. gleicher Zement, gleicher w/z-Wert) ermittelt wurde.

Wird bei besonderen Anwendungen die Druckfestigkeit zu einem späteren Zeitpunkt als 28 Tage bestimmt, ist für die Ermittlung der Nachbehandlungsdauer

— der Schätzwert des Festigkeitsverhältnisses aus dem Verhältnis der mittleren Druckfestigkeit nach 2 Tagen (f_{cm2}) zur mittleren Druckfestigkeit zum Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit zu ermitteln oder

— eine Festigkeitsentwicklungskurve bei 20 °C zwischen 2 Tagen und dem Zeitpunkt der Bestimmung der Druckfestigkeit anzugeben.

d Zwischenwerte dürfen eingeschaltet werden.

e Anstelle der Oberflächentemperatur des Betons darf die Lufttemperatur angesetzt werden.

6.7 Instandsetzung von Rissen, Ausbrüchen, Abplatzungen

Risse in Stahlbetonbauteilen mit $w_{vorh} > 0{,}2$ mm sind zu schließen. Im Gasraum von Behältern in Biogasanlagen kann projektbezogen auch das Schließen von gasführenden Rissen mit kleinerer Rissbreite notwendig sein. Oberflächige Aufweitungen der Rissflanken, z. B. durch mechanische Beanspruchung, können hierbei unberücksichtigt bleiben.

In unbewehrten Bauteilen sind Trenn- und Biegerisse unzulässig und zu schließen.

Für Instandsetzungen von z. B. Rissen, Ausbrüchen, Abplatzungen sind Instandsetzungssysteme zu verwenden, für die durch einen bauordnungsrechtichen Verwendbarkeitsnachweis nachgewiesen ist, dass die für den Verwendungszweck maßgebenden Anforderungen erfüllt sind, insbesondere die Beständigkeit gegenüber Jauche, Gülle und Silagesickesäften. Oberflächige Netzrisse können auch durch druckloses Tränken mit niedrigviskosen Kunstharzen geschlossen werden.

7 Baugrund

Die Beanspruchbarkeit des Baugrundes richtet sich nach DIN EN 1997-1/NA und DIN 1054. Grundlage der Standsicherheits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise ist ein Geotechnischer Bericht nach DIN 4020.

Die Behälter sind frostfrei zu gründen. Alternativ darf bei frostempfindlichem oder undurchlässigem Baugrund unter Bodenplatten für Güllebehälter, Biogasbehälter oder Gärfuttersilos eine mindestens 0,20 m dicke durchlässige Frostschutzschicht angeordnet werden, die gleichzeitig als Dränschicht wirkt. Diese Schicht ist bei gefülltem Becken und in Verbindung mit einer umlaufenden Frostschürze ausreichend. Tiefbehälter oder

Tiefsilos sind hinter der Behälterwand auf etwa 0,60 m Breite mit durchlässigem und frostsicherem Material zu verfüllen. Diese Frostschutzschicht ist bei undurchlässigem Baugrund durch eine Dränage zu entwässern.

8 Betriebliche Einrichtungen

8.1 Betriebliche Einrichtungen für Gärfuttersilos

8.1.1 Öffnungen und Verschlüsse

Bei Gärfuttersilos, sind Öffnungen zum Beschicken und Entleeren sowie zu Kontroll- und Reinigungszwecken erforderlich. Anordnung, Anzahl, Form und Maße der Öffnungen ergeben sich aus dem Verfahren, nach welchem der Gärfuttersilo gefüllt, entleert und gewartet wird. Die Verschlüsse der Öffnungen sind wasserdicht und bruchsicher auszubilden. Verschlüsse von Wandöffnungen sind an der Wandinnenseite bündig anzuordnen.

Soweit Öffnungen für den Einstieg von Personen dienen, müssen diese eine lichte Weite von mindestens 0,80 m haben.

Erfolgt die Entnahme über Wandöffnungen, so darf die Unterkante der untersten Entnahmeöffnung höchstens 1,50 m über dem Gärfuttersiloboden liegen. Der Abstand zwischen den Unterkanten übereinanderliegender Einzelöffnungen darf nicht größer als 2 m sein, damit für die im Gärfuttersilo arbeitende Person in Kopfhöhe stets eine Entlüftungsöffnung vorhanden ist. Der Lukenverschluss muss ohne Werkzeug einfach und rasch von außen geöffnet werden können.

8.1.2 Druckausgleichseinrichtungen

In allseitig geschlossenen und im Wesentlichen gasdichten Gärfuttersilos können infolge Gärgasbildung, thermischer Einflüsse, pneumatischer Förderung und beim Entleeren, Über- und Unterdrücke auftreten, die durch Anordnung von Druckausgleichseinrichtungen zu begrenzen sind. Der Einstelldruck der Ventile ist vom Hersteller verbindlich anzugeben.

8.2 Betriebliche Einrichtungen für Güllebehälter

8.2.1 Öffnungen

Geschlossene Güllebehälter müssen für den Betrieb mindestens eine Öffnung von mindestens 0,8 m lichter Weite haben. An gegenüberliegenden Seiten sind unverschließbare Entlüftungsöffnungen mit jeweils mindestens 0,04 m^2 freiem Querschnitt vorzusehen.

8.2.2 Homogenisier-Einrichtungen

Homogenisier-Einrichtungen sind so anzuordnen, dass keine dynamischen Einwirkungen auf den Güllebehälter übertragen werden. Ist dies nicht möglich, sind dynamische Beanspruchungen zu berücksichtigen.

9 Dichtheitskontrolle

Die Dichtheitskontrolle ist nach TRwS 792 bzw. TRwS 793 durchzuführen.

10 Arbeitssicherheit

Die geltenden Unfallverhütungsvorschriften, z. B. der Landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften, sind einzuhalten.

11 Herstellung, Kennzeichnung, Betriebsanleitung und Kontrolle

11.1 Herstellung und Montage

Bei Herstellung und Montage muss der Hersteller oder der von ihm beauftragte Bauleiter oder ein fachkundiger Vertreter des Bauleiters während der Arbeiten auf der Baustelle anwesend sein. Er hat für die ordnungsgemäße Ausführung der Arbeiten nach den bautechnischen Unterlagen zu sorgen.

ANMERKUNG Auf mögliche weitergehende wasserrechtliche Anforderungen an den Hersteller wird hingewiesen.

11.2 Kennzeichnung

An Bauwerken nach dieser Norm ist eine deutlich sichtbare und dauerhafte Beschriftung anzubringen, aus der Folgendes hervorgeht:

— zulässige Füllgutklasse nach Tabelle A.1 für Gärfuttersilos;

— zulässige Füllhöhe;

— Jahr der Aufstellung und Hersteller;

— zulässige Fahrzeuge (z. B. Rad- oder Achslast).

11.3 Betriebsanleitung und Kontrolle

Der Hersteller oder Vertreiber hat den Betreiber mit einer schriftlichen Betriebsanleitung zu unterrichten, zum Beispiel über:

— zulässige Füllgutklasse nach Tabelle A.1 für Gärfuttersilos;

— zulässige Füllhöhe;

— Hersteller;

— zulässige Fahrzeuge (z. B. Rad- oder Achslast);

— zulässige Verkehrslasten;

— zulässige Lasten, z. B. aus maschinentechnischer/bautechnischer Installation, aus Temperaturbeanspruchung, ggf. aus Auftrieb durch Grundwasser;

— erforderliche Maßnahmen im Zuge der Inspektion, Wartung und Dokumentation;

— erforderliche Kontrollen nach TRwS 792 und TRwS 793;

— das Erfordernis, eine eventuelle Nutzungsänderung der Bauwerke durch einen Sachkundigen prüfen zu lassen;

— das Verhalten bei Unregelmäßigkeiten, Leckagen oder Beschädigungen;

— zugelassene Füll- und Lagerstoffe;

— den höchsten zulässigen äußeren Wasserstand;

— zu beachtende Besonderheiten beim Befüllen und Entleeren bzw. bei In- und Außerbetriebnahme;

— Vorgaben beim Betrieb einer Heizung beispielsweise bei Fermentern und Nachgärern;

— Maßnahmen, damit sich beim Gefrieren des Füllgutes keine geschlossene Eisdecke bilden kann;

— die Notwendigkeit, die Dichtheit der Fußpunkte, der Schraubenverbindungen usw. regelmäßig durch Augenschein zu kontrollieren;

— die Begrenzung der Einleitung von Silagesickersaft in Güllebehälter nach 6.2.1;

Anhang A
(normativ)

Gärfutterlasten

Es wird nicht zwischen Füllen und Entleeren unterschieden.

Bei Feuchtgetreide sind die Lasten sowohl für Gärfutter nach Tabelle A.1 als auch für Schüttgüter nach DIN EN 1991-4 und DIN EN 1991-4/NA zu ermitteln. Die ungünstigeren Werte sind maßgebend.

Bei pumpfähigem Gärfutter sind die Lasten nach Tabelle A.1, Füllgutklasse 3 zu ermitteln.

Voraussetzung für die Anwendung der Tabelle A.1 ist bei den Füllgutklassen 1 und 2 ein Sickersaftablauf, der verhindert, dass die Flüssigkeit im Silo mehr als 1 m hoch steht.

Tabelle A.1 — Charakteristische Werte für Gärfutter

Art des Füllgutes		**Wichte** γ kN/m³	**Vertikal-last** p_V kN/m²	**Horizontallast** p_h kN/m²		**Wand-reibungs-last** p_w kN/m²	**Bis zur Siloguttiefe** z **summierte Wandrei-bungslast** p_{wf} (Höchstwert $\gamma \times A \times z/u$) kN/m
Füll-gut-klasse	**Beispiele**			$z \leq 16$ m	$z > 16$ m		
1	stark vorgewelktes Grünfutter [b] mit TM [a] > 40 %	6	$\gamma \times z$	$0{,}4 \times \gamma \times z$	$(0{,}8 \times z - 6{,}4) \times \gamma$	$0{,}1 \times \gamma \times z$	$0{,}05 \times \gamma \times z^2$
2a	vorgewelktes Grünfutter[b] mit TM[a] von 25 bis 40 % : · Silomais · Kolbenmais (ungeschrotet)[c] · Feuchtgetreide	8		$0{,}5 \times \gamma \times z$	$(0{,}9 \times z - 6{,}4) \times \gamma$		
2b	Kolbenmais (geschrotet) [d]	10					
3	nicht vorgewelktes Grünfutter[e] mit TM < 25 % : · Rübenblätter · Zuckerrüben-pressschnitzel	10		$\gamma \times z$			

z ist die Siloguttiefe (max. mögliche Füllhöhe) in m,
u ist der innere Umfang in m,
A ist die innere Querschnittsfläche in m²
[a] TM ist die Trockenmasse je Frischmasse.
[b] z. B. Gras, Klee, Luzerne.
[c] z. B. Lieschkolben, Ganzpflanzen.
[d] Kornspindelgemische, z. B. Corncobmix.
[e] z. B. frisches Gras.

Anhang B
(normativ)

Expositionsklassen

B.1 Allgemeines

Für alle Expositionsklassen nach diesem Anhang gilt:

a) Bei der Expositionsklasse gilt für Karbonatisierung XC_i für die Innenseite und XC_a für die Außenseite des Behälters, sofern nicht übereinstimmende Klassen vorgegeben werden.

b) Ein Strich im Feld der jeweiligen Expositionsklasse bedeutet, dass die Expositionsart nicht anwendbar ist. Leere Felder bedeuten, dass keine Klasse zugeordnet ist.

c) Bei Tausalzeinwirkung und in Küstennähe sind verschärfte bzw. zusätzliche Expositionsklassen nach DIN EN 206-1 bzw. DIN 1045-2 zu berücksichtigen (XF, XD, XS, WA).

B.2 Güllebehälter, Gärrestlager und Güllekeller

B.2.1 Offene Güllebehälter/Gärrestlager

Für offene Güllebehälter und Gärrestlager (siehe Bild B.1) gelten die Expositionsklassen nach Tabelle B.1.

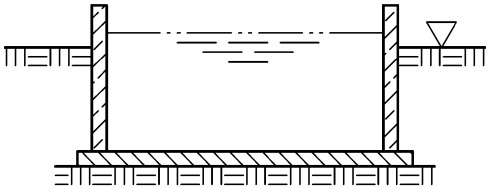


Bild B.1 —Güllebehälter/Gärrestlager, offen

Tabelle B.1 — Expositionsklassen für offene Güllebehälter/Gärrestlager

Bauteil	Mindest-festigkeits-klasse	Expositionsklassen				Feuchtig-keitsklasse
		Karbonati-sierung		Frost/ Taumittel	Chemisch	
	C	XC_i	XC_a	XF	XA	W
Wand allgemein	C 35/45 C 25/30 (LP)	XC4		XF3	XA1	WA
Wand, im Einzelfall[a]	C 25/30	XC4		XF1	XA1	WA
Bodenplatte	C 25/30	XC4	XC2	XF1	XA1	WA

[a] Gülle führt bei Beton zu einem geringeren Frostangriff als Wasser, da Gülle aufgrund der Inhaltsstoffe erst bei niedrigeren Temperaturen gefriert und die Eindringtiefe von Gülle in Beton im Vergleich zu Wasser geringer ist. Langjährige positive Erfahrungen liegen mit Güllebehältern vor, deren Konstruktion und Betonzusammensetzung der Expositionsklasse XF1 entspricht.

B.2.2 Gedeckte Güllebehälter / Güllekeller

Für gedeckte Güllebehälter (siehe Bild B.2) und Güllekeller gelten die Expositionsklassen nach Tabelle B.2.

a) Ausführung mit Betondecke **b) Ausführung mit Planendach**

Bild B.2 — Gedeckter Güllebehälter

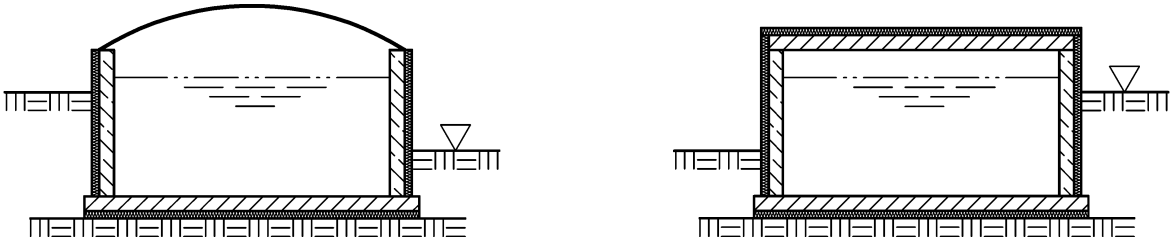
Tabelle B.2 — Expositionsklassen für gedeckte Güllebehälter und Güllekeller

Bauteil	Mindest-festigkeits-klasse	Expositionsklassen				Feuchtig-keitsklasse
		Karbonati-sierung		Frost/ Taumittel	Chemisch	
	C	XC_i	XC_a	XF	XA	W
Decke	C 35/45 C 25/30 (LP)	XC4		XF3	XA1	WF
Innenwand /-stütze	C 25/30	XC4	—		XA1	WA
Wand im Erdreich	C 25/30	XC4	XC2		XA1	WA
Wand oberirdisch allgemein	C 35/45 C 25/30 (LP)	XC4		XF3	XA1	WA
Wand oberirdisch, im Einzelfall[a]	C 25/30	XC4		XF1	XA1	WA
Bodenplatte	C 25/30	XC4	XC2		XA1	WA

[a] Gülle führt bei Beton zu einem geringeren Frostangriff als Wasser, da Gülle aufgrund der Inhaltsstoffe erst bei niedrigeren Temperaturen gefriert und die Eindringtiefe von Gülle in Beton im Vergleich zu Wasser geringer ist. Langjährige positive Erfahrungen liegen mit Güllebehältern vor, deren Konstruktion und Betonzusammensetzung der Expositionsklasse XF1 entspricht.

B.3 Behälter für Biogasanlagen, gedeckt, außen gedämmt

Für gedeckte, außen gedämmte Behälter für Biogasanlagen (siehe Bild B.3) gelten die Expositionsklassen nach Tabelle B.3.



a) Ausführung mit Planendach **b) Ausführung mit Betondecke**

Bild B.3 — Gedeckte außen gedämmte Biogasbehälter

Tabelle B.3 — Expositionsklassen für gedeckte außengedämmte Biogasbehälter

Bauteil	Ausführung	Mindest-festigkeits-klasse	Expositionsklassen				Feuchtig-keits-klasse
			Karbonati-sierung		Frost/ Tau-mittel	Chemisch	
		C	XC_i	XC_a	XF	XA[a]	W
Außenwand, Decke im Gasbereich, Innenwand /-stütze	mit Auskleidung	C 25/30	XC2			XA1[b]	WF
Außenwand, Decke im Gasbereich	mit Beschichtung	C 35/45	XC4	XC3		XA3	WA
Innenwand /-stütze im Gasbereich	mit Beschichtung	C 35/45	XC4	—		XA3	WA
Außenwand im flüssig-keitsberührten Bereich	—	C 25/30	XC4	XC3		XA1[c]	WA
Innenwand /-stütze im flüssigkeitsberührten Bereich	—	C 25/30	XC4	—		XA1[c]	WA
Bodenplatte	—	C 25/30	XC4	XC2		XA1[c]	WA

[a] Auf Schutzmaßnahmen im Gasbereich darf verzichtet werden (und die Expositionsklassen für den chemischen Angriff auf Beton abgemindert werden), wenn unter Berücksichtigung der konkreten Verfahrenstechnik ein starker chemischer Angriff auf Beton ausgeschlossen werden kann.

[b] Durch Auskleidungen nach DIN EN 14879-5 kann eine Trennung von Trag- und Schutzfunktion im Gasbereich von Biogasbehältern erreicht werden, die Schutzfunktion übernimmt dauerhaft die Auskleidung.

[c] Bei zweistufig betriebenen Biogasfermentern mit räumlicher Trennung von Hydrolyse/Versäuerung und Essigsäure-/ Methanbildung gilt für die Hydrolyse/Versäuerung XA2 (damit ergibt sich eine höhere Mindestdruckfestigkeitsklasse).

B.4 Behälter in Biogasanlagen, gedeckt, ungedämmt

Für ungedämmte, gedeckte Behälter in Biogasanlagen (siehe Bild B.4) gelten die Expositionsklassen nach Tabelle B.4.

a) Ausführung mit Planendach **b) Ausführung mit Betondecke**

Bild B.4 —Behälter in Biogasanlagen, gedeckt, ungedämmt

Tabelle B.4 — Expositionsklassen für gedeckte, ungedämmte Behälter in Biogasanlagen

Bauteil	Ausführung	Mindest-festigkeits-klasse	Expositionsklassen				Feuchtig-keits-klasse
			Karbonati-sierung		Frost/ Tau-mittel	Chemisch	
		C	XC_i	XC_a	XF	XA[a]	W
Wand, Decke im Gasbereich,	mit Auskleidung	C 35/45 C 25/30 (LP)	XC2	XC4	XF3	XA1[b]	WF
Wand, Decke im Gasbereich	mit Beschichtung	C 35/45	XC4		XF3	XA3	WA
Innenwand /-stütze	Siehe Tabelle B.3						
Wand im flüssig-keitsberührten Bereich	allgemein	C 35/45 C 25/30 (LP)	XC4		XF3	XA1	WA
Wand im flüssigkeits-berührten Bereich	im Einzelfall[c]	C 25/30	XC4		XF1	XA1	WA
Bodenplatte	—	C 25/30	XC4	XC2		XA1	WA

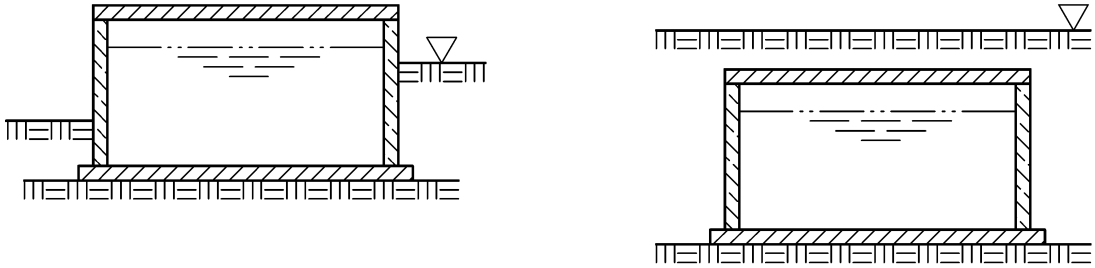
a Auf Schutzmaßnahmen im Gasbereich darf verzichtet werden (und die Expositionsklassen für den chemischen Angriff auf Beton abgemindert werden), wenn unter Berücksichtigung der konkreten Verfahrenstechnik ein starker chemischer Angriff auf Beton ausgeschlossen werden kann.

b Durch Auskleidungen nach DIN EN 14879-5 kann eine Trennung von Trag- und Schutzfunktion im Gasbereich von Biogasbehältern erreicht werden, die Schutzfunktion übernimmt dauerhaft die Auskleidung.

c Gärsubstrat führt bei Beton zu einem geringeren Frostangriff als Wasser, da Gärsubstrat aufgrund der Inhaltsstoffe erst bei niedrigeren Temperaturen gefriert und die Eindringtiefe von Gärsubstrat in Beton im Vergleich zu Wasser geringer ist.

B.5 Sickersaftbehälter

Für Sickersaftbehälter (siehe Bilder B.5a und B.5b) gelten die Expositionsklassen nach Tabelle B.5.



a) nicht erdüberdeckt **b) erdüberdeckt**

Bild B.5 — Sickersaftbehälter

Tabelle B.5 — Expositionsklassen für erdüberdeckte und nicht erdüberdeckte Sickersaftbehälter

Bauteil [b]	Mindest-festigkeits-klasse	Expositionsklassen				Feuchtig-keitsklasse
		Karbonati-sierung		((Spalte löschen))	Chemisch	
	C	XC_i	XC_a		XA	W
Decke, Wand, Boden mit Beschichtung	C 35/45	XC4	XC2 [a]		XA3	WF
Decke, Wand, Boden mit Auskleidung	C 25/30	XC2	XC2 [a]		XA1	WF

[a] Bei nicht erdüberdeckten Bauteilen von Sickersaftbehältern ist XC4 zu berücksichtigen.

[b] Bei nicht erdüberdeckten Bauteilen von Sickersaftbehältern ist zusätzlich die Expositionsklasse XF3 zu berücksichtigen.

B.6 Festmistplatten

Für Festmistplatten (siehe Bild B.6) gelten die Expositionsklassen nach Tabelle B.6.

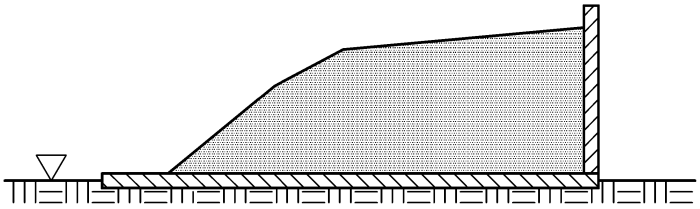


Bild B.6 — Festmistplatte

Tabelle B.6 — Expositionsklassen für Festmistplatten

Bauteil	Mindest-festigkeits-klasse	Expositionsklassen				Feuchtig-keitsklasse
		Karbonati-sierung		Frost/ Taumittel	Chemisch	
	C	XC_i	XC_a	XF	XA	W
Wand, Boden	C 35/45 C 25/30 (LP)	XC4		XF3	XA1[a]	WF

[a] Bei Lagerung von Geflügelkot ist die Einstufung in eine höhere Expositionsklasse zu prüfen.

B.7 Gärfuttersilo

Für Gärfuttersilos (siehe Bild B.7) gelten die Expositionsklassen nach Tabelle B.7.

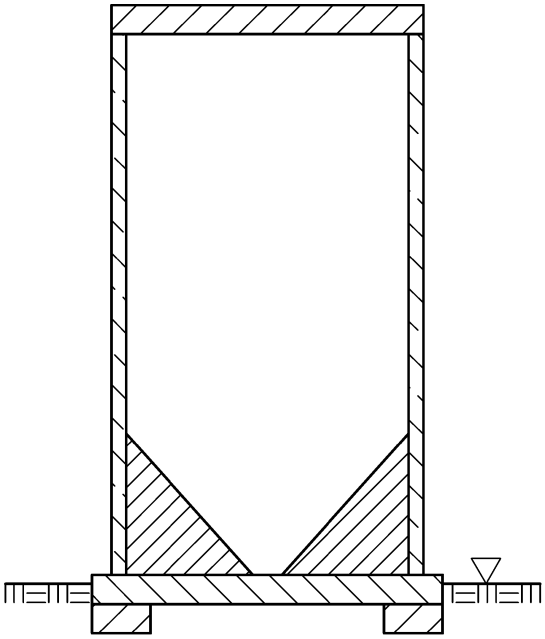


Bild B.7 — Gärfuttersilo

Tabelle B.7 — Expositionsklassen für Gärfuttersilos

Bauteil	Mindest-festigkeits-klasse	Expositionsklassen				Feuchtig-keitsklasse
		Karbonati-sierung		Frost/ Taumittel	Chemisch	
	C	XC_i	XC_a	XF	XA	W
Decke, Wand, Boden/Trichter, mit Beschichtung	C 35/45	XC4		XF3	XA3	WF
Decke, Wand, Boden/Trichter, mit Auskleidung	C 35/45	XC4		XF3	XA1	WF
Ringfundament (unbewehrt)	C 12/15	X0				WF

DEUTSCHE NORM **Juli 2014**

DIN EN 1537

DIN

ICS 93.020

Ersatz für
DIN EN 1537:2013-09

Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Verpressanker; Deutsche Fassung EN 1537:2013

Execution of special geotechnical works – Ground anchors; German version EN 1537:2013

Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Tirants d'ancrage; Version allemande EN 1537:2013

Gesamtumfang 63 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1537:2013) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 288 „Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-05-17 AA „Verpressanker“ im Normenauschuss Bauwesen (NABau) im DIN.

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1537:2001-01 und DIN EN 1537 Berichtigung 1:2011-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) Anpassung an DIN EN 1997-1, DIN EN 1197-2 und DIN EN ISO 22477-5;

b) Anhänge D und E gestrichen;

c) Überarbeitung des „Korrosionsschutzes“;

d) Überarbeitung der „Druckrohranker“.

Gegenüber DIN EN 1537:2013-09 wurden folgende Korrekturen vorgenommen:

e) Übersetzungsanpassung im gesamten Dokument

Frühere Ausgaben

DIN EN 1537: 2000-06, 2001-01, 2013-09
DIN EN 1537 Berichtigung 1: 2011-12

EUROPÄISCHE NORM

EUROPEAN STANDARD

NORME EUROPÉENNE

EN 1537

Juli 2013

ICS 93.020

Ersatz für EN 1537:1999

Deutsche Fassung

Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau - Verpressanker

Execution of special geotechnical works - Ground anchors

Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Tirants d'ancrage

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 8. Mai 2013 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-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, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, 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

© 2013 CEN Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den nationalen Mitgliedern von CEN vorbehalten.

Ref. Nr. EN 1537:2013 D

DIN EN 1537:2014-07
EN 1537:2013 (D)

Inhalt

Seite

Vorwort 4

1 Anwendungsbereich 5

2 Normative Verweisungen 7

3 Begriffe und Symbole 8
3.1 Begriffe 8
3.2 Symbole 11

4 Notwendige Informationen für die Ausführung 12
4.1 Allgemeines 12
4.2 Besondere Punkte 12

5 Baugrunduntersuchungen 13
5.1 Allgemeines 13
5.2 Besondere Anforderungen 13

6 Baustoffe und Bauprodukte 14
6.1 Allgemeines 14
6.2 Korrosionsgeschützte Ankerteile 14
6.2.1 Zugglied 14
6.2.2 Ankerkopf 15
6.2.3 Koppelelemente 15
6.2.4 Verankerungslänge des Zuggliedes 15
6.2.5 Bauteile im Bohrloch 15
6.2.6 Druckkörper eines Druckrohrankers 16
6.3 Korrosionsschutz des Stahlzuggliedes und gespannter Stahlteile 16
6.3.1 Allgemeines 16
6.3.2 Kurzzeitanker 16
6.3.3 Daueranker 17
6.4 Verpressmörtel für Korrosionsschutz und Kraftübertragung 17
6.4.1 Zementmörtel für Kurzzeitanker 17
6.4.2 Zementmörtel für Daueranker innerhalb von Korrosionsschutzumhüllungen 18
6.4.3 Zementmörtel für Daueranker außerhalb von Korrosionsschutzumhüllungen 18
6.4.4 Kunstharzmörtel 18
6.5 Weitere Komponenten und Materialien für den Korrosionsschutz 19
6.5.1 Kunststoffhüllrohre 19
6.5.2 Schrumpfschläuche 20
6.5.3 Dichtungen 20
6.5.4 Korrosionsschutzmassen auf der Basis von Erdöl, Wachsen oder Schmierfetten 20
6.5.5 Beschichtungen mit Opfermetallen 20
6.5.6 Andere Beschichtungen auf Stahlteilen 21
6.5.7 Rohre und Kappen aus Stahl 21
6.6 Aufbringen des Korrosionsschutzes 21
6.6.1 Allgemeines 21
6.6.2 Freie Stahllänge und Verankerungslänge des Zuggliedes 22
6.6.3 Ankerkopf 22
6.7 Korrosionsschutzsystem 23

7 Hinweise zu Entwurf und Bemessung 24

8 Ausführung 24
8.1 Herstellen der Bohrlöcher 24
8.1.1 Bohrverfahren 24
8.1.2 Toleranzen 25
8.2 Herstellung, Transport, Handhabung und Einbau von Zuggliedern 26

8.2.1 Herstellung ... **26**
8.2.2 Transport, Handhabung und Einbau ... **27**
8.3 Verpressen ... **27**
8.3.1 Allgemeines ... **27**
8.3.2 Bohrlochprüfung ... **28**
8.3.3 Vorverpressen ... **28**
8.3.4 Verpressen des Ankers ... **29**
8.3.5 Nachverpressen ... **30**
8.4 Spannen ... **30**
8.4.1 Allgemeines ... **30**
8.4.2 Ausrüstung zum Spannen ... **30**
8.4.3 Spannvorgang ... **30**
8.4.4 Festlegen des Verpressankers ... **31**
8.4.5 Spannen von Verpressankern mit gestaffelten freien Längen ... **31**

9 Aufsicht, Prüfung und Langzeitüberwachung ... **31**
9.1 Allgemeines ... **31**
9.2 Anforderungen an Messungen ... **32**
9.3 Vorbelastung ... **32**
9.4 Prüfverfahren ... **33**
9.5 Untersuchungsprüfung ... **33**
9.6 Eignungsprüfung ... **33**
9.7 Abnahmeprüfung ... **34**
9.8 Ermittlung der rechnerischen freien Stahllänge ... **34**
9.9 Aufsicht der Herstellung und Prüfung ... **34**
9.10 Langzeitüberwachung ... **34**

10 Aufzeichnungen ... **35**

11 Besondere Anforderungen ... **36**

Anhang A (informativ) **Beispiele für die Prüfung des Korrosionsschutzes** ... **37**

Anhang B (informativ) **Hinweise zu den Abnahmekriterien für viskose Korrosionsschutzmassen und Beispiele für Normen für die Prüfung der Materialeigenschaften** ... **39**

Anhang C (informativ) **Korrosionsschutzsysteme für Kurzzeit- und Daueranker sowie typische Einzelheiten zu Dauerankerköpfen** ... **40**

Anhang D (informativ) **Beispiel für ein Herstellungsprotokoll** ... **47**

Anhang E (informativ) **Verbindlichkeit der Festlegungen** ... **48**

Literaturhinweise ... **61**

DIN EN 1537:2014-07
EN 1537:2013 (D)

Vorwort

Dieses Dokument (EN 1537:2013) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 288 „Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Januar 2014, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 2014 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument ersetzt EN 1537:1999.

Das Aufgabengebiet von CEN/TC 288 umfasst die Normung der Ausführungsverfahren des Spezialtiefbaus (einschließlich der Prüf- und Überwachungsmethoden) und der erforderlichen Materialeigenschaften. CEN/TC 288/WG 14 wurde mit der Überarbeitung von EN 1537:1999 beauftragt, deren Gegenstand der Verpressanker ist, welcher alle Anker umfasst, die mit dem Baugrund durch Verpressmörtel verbunden sind sowie gespannt und geprüft werden.

Diese Norm wurde erarbeitet, um zusammen mit EN 1997-1, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln* sowie prEN ISO 22477-5, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Prüfung von geotechnischen Bauwerken und Bauwerksteilen — Teil 5 Ankerprüfungen* angewendet zu werden. Bemessung, Sicherheitsaspekte sowie die Ankerprüfungen, die in der vorherigen Ausgabe dieser Norm, EN 1537:1999, als informative Anhänge D und E enthalten waren, sind folglich in der vorliegenden Ausgabe nicht mehr enthalten. Abschnitt 7 „Hinweise zu Entwurf und Bemessung“ der vorliegenden Norm behandelt ausschließlich jene Bemessungsaspekte, die während der Herstellung des Verpressankers berücksichtigt werden sollten, um zu gewährleisten, dass der hergestellte Verpressanker der Bemessung entspricht. Zusätzlich werden in dieser Norm die Anforderungen an Ausführung und Überwachung vollständig behandelt.

Diese Norm wurde von einer Arbeitsgruppe mit Delegierten aus zehn Ländern überarbeitet, hierbei wurden die Stellungnahmen dieser Länder berücksichtigt. Wesentliche Änderungen sind:

— Begriffe und Sprachgebrauch wurden an EN 1997-1:2004, Eurocode 7, insbesondere Abschnitt 8 angepasst;

— diese Europäische Norm wurde an prEN ISO 22477-5 angepasst;

— strukturelle Überarbeitung, um den Aufbau dieser Norm an den Aufbau anderer Normen zur Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau, z. B. EN 1536, *Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau — Bohrpfähle* und EN 1538, *Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau — Schlitzwände anzupassen*;

— allgemeine Überarbeitung zur Berücksichtigung der während der CEN-Umfrage im Jahre 2010 eingegangenen Kommentare;

— Aktualisierung der Verweisungen.

Solange EN ISO 22477-5 nicht verfügbar ist, sollten nationale Lösungen für die Prüfung von Verpressankern angewendet werden.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, 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.

1 Anwendungsbereich

1.1 Diese Europäische Norm gilt für Verpressanker, die mit dem Baugrund durch Verpressgut verbunden, vorgespannt und geprüft werden. Diese können sowohl für Dauer- als auch für Kurzzeitanwendungen eingesetzt werden.

ANMERKUNG Für die Anwendung dieser Norm bezieht sich der Begriff „Anker“ auf „Verpressanker“.

1.2 Die Verpressanker werden nach EN 1997-1 bemessen und nach prEN ISO 22477-5 geprüft.

1.3 Typische Verbund- und Druckrohranker sind in Bild 1 und Bild 2 dargestellt.

1.4 Die Bezeichnung „Baugrund“ umfasst Boden, Fels und Auffüllungen, die entweder bereits vorhanden waren oder vor der Ausführung der Bauarbeiten eingebracht wurden.

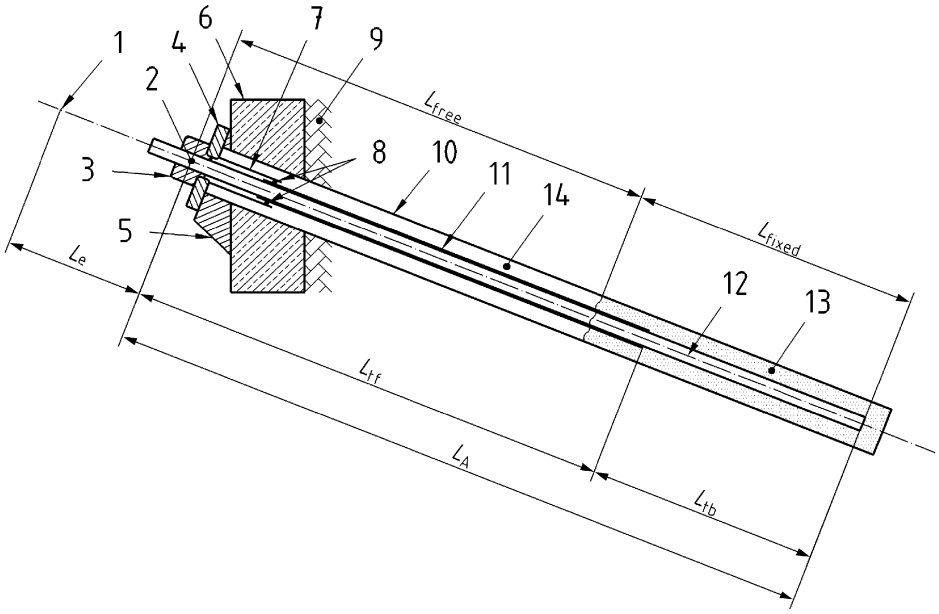
1.5 Planung und Bemessung von Verpressankern erfordern Erfahrung und Kenntnisse auf diesem Spezialgebiet.

1.6 Einbau und Prüfung erfordern erfahrene und qualifizierte Facharbeiter und eine qualifizierte Aufsicht.

1.7 Diese Norm kann die Kenntnisse von Fachleuten und den Sachverstand von erfahrenen Bauunternehmen, die für die Anwendung dieser Norm erforderlich sind, nicht ersetzen.

1.8 Diese Norm befasst sich nicht mit Verfahren wie Zugpfählen, Schraubankern, mechanischen Verankerungen, Bodennägeln, Toter-Mann-Ankern oder Spreizhülsenankern, da diese die Anforderungen dieser Norm nicht erfüllen.

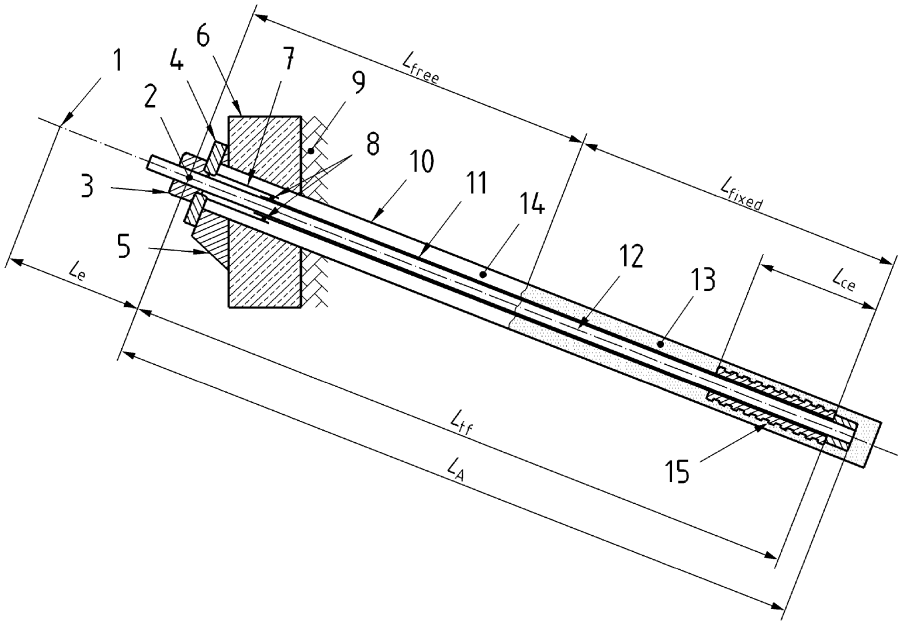
DIN EN 1537:2014-07
EN 1537:2013 (D)



Legende

1 Verankerungspunkt an der Spannpresse während des Spannens
2 Verankerungspunkt am Ankerkopf im Gebrauchszustand
3 Spannelement am Ankerkopf
4 Ankerplatte
5 Auflagerkonstruktion
6 Teil des Bauwerks
7 Übergangsrohr
8 Abdichtung
9 Boden/Fels
10 Bohrloch
11 Hüllrohr
12 Zugglied
13 Verpresskörper
14 ggf. Bohrlochverfüllung im Bereich der freien Ankerlänge

Bild 1 — Schema eines Verbundankers — ohne Details des Ankerkopfes und dessen Korrosionsschutz



Legende

1 Verankerungspunkt an der Spannpresse während des Spannens
2 Verankerungspunkt am Ankerkopf im Gebrauchszustand
3 Spannelement am Ankerkopf
4 Ankerplatte
5 Auflagerkonstruktion
6 Teil des Bauwerks
7 Übergangsrohr
8 Abdichtung
9 Boden/Fels
10 Bohrloch
11 Hüllrohr
12 Zugglied
13 Verpresskörper
14 ggf. Bohrlochverfüllung im Bereich der freien Ankerlänge
15 Druckrohr

Bild 2 — Schema eines Druckrohrankers — ohne Details des Ankerkopfes und dessen Korrosionsschutz

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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*

EN 447, *Einpressmörtel für Spannglieder — Allgemeine Anforderungen*

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

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

EN 1997-1:2004, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln*

EN 1997-2, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds*

EN 10025 (alle Teile), *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen*

EN 10080, *Stahl für die Bewehrung von Beton — Schweißgeeigneter Betonstahl — Allgemeines*

prEN 10138-1, *Spannstähle — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

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

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

EN 10219-2, *Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen — Teil 2: Grenzabmaße, Maße und statische Werte*

EN ISO 12944-5, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 5: Beschichtungssysteme (ISO 12944-5:2007)*

EN ISO 22477-5, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Prüfung von geotechnischen Bauwerken und Bauwerksteilen — Teil 5: Ankerprüfungen*

ETAG 013, *Richtlinie für die Europäische Technische Zulassung für Bausätze zur Vorspannung von Tragwerken*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1
Ankerkopf
en: anchor head
fr: tête d'ancrage
Element eines Verpressankers, das die Zugkraft vom Zugglied auf die Auflagerplatte oder das Bauwerk überträgt

3.1.2
Ankersystem
en: anchor system
fr: système d'ancrage
System, das bestimmte Bauteile und Baustoffe umfasst, die zusammen den Verpressanker bilden

3.1.3
Abnahmeprüfung
en: acceptance test
fr: essai de réception
Belastungsprüfung an jedem Verpressanker zur Überprüfung der Einhaltung der Abnahmekriterien

3.1.4
rechnerische freie Stahllänge
en: apparent tendon free length
fr: longueur libre équivalente de l'armature
Zuggliedlänge, die als vollständig entkoppelt vom umgebenden Verpressmörtel abgeschätzt und anhand der Daten für das Verhältnis Kraft/elastische Verformung nach der Prüfung berechnet wird

3.1.5
Bohrlochdurchmesser
en: borehole diameter
fr: diamètre de forage
Durchmesser eines Bohrlochs, entsprechend des Bohrkronen- oder Verrohrungsdurchmessers, ohne Berücksichtigung von Aufweitungen

3.1.6
Druckrohranker
en: compression type anchor
fr: tirant à élément de compression
Verpressanker, dessen Last mittels eines freien Stahlzuggliedes bis zu dessen Ende und von dort über ein Druckrohr und das Verpressgut auf den Baugrund übertragen wird

3.1.7
Druckrohrlänge
en: compression element length
fr: longueur d'élément de compression
Länge des Druckrohres zur Kraftübertragung eines Druckrohrankers

3.1.8
Koppelelement
en: coupler
fr: coupleur
Vorrichtung, um die Teillängen von Stabstählen oder Litzen, die das Ankerzugglied bilden, zu verbinden

3.1.9
kritische Kriechkraft
en: critical creep load
fr: traction critique de fluage
Ankerkraft, die dem Ende des ersten geradlinigen Astes des Diagramms Kriechmaß über Ankerkraft entspricht

3.1.10
Vorbelastung
en: datum load
fr: traction de référence
Ankerkraft, ab der die Verschiebung des Ankerkopfes während einer Belastungsprüfung gemessen wird

3.1.11
Korrosionsschutzumhüllung
en: encapsulation
fr: protection
Korrosionsschutz, gewöhnlich ein Kunststoff- oder Metallhüllrohr, das auf das Zugglied aufgebracht wird

3.1.12
Krafteintragungslänge
en: fixed anchor length
fr: longueur de scellement du tirant
planmäßige Länge eines Verpressankers, in der die Kraft über einen Verpresskörper auf den umgebenden Baugrund übertragen wird

3.1.13
freie Ankerlänge
en: free anchor length
fr: longueur libre du tirant
Abstand zwischen dem Verankerungspunkt des Zuggliedes am Ankerkopf und dem Anfang der Krafteintragungslänge

3.1.14
Verpressanker
en: ground anchor
fr: tirant d'ancrage
Einbauelement, das eine aufgebrachte Zugkraft auf eine tragfähige Schicht im Baugrund übertragen kann und aus einem Ankerkopf, einer freien Ankerlänge und einer Krafteintragungslänge besteht

3.1.15
Verpressgut
en: grout
fr: coulis
Fließfähiges Gemisch aus einem Bindemittel (gewöhnlich Zement) und Wasser, das nach dem Einbringen aushärtet

3.1.16
Untersuchungsprüfung
en: investigation test
fr: essai préalable
Belastungsprüfung zur Ermittlung des maximalen Herausziehwiderstandes eines Verpressankers an der Baugrund-Verpresskörper-Fuge und der Eigenschaften des Verpressankers im Gebrauchslastbereich

3.1.17
Festlegekraft
en: lock-off load
fr: traction de blocage
Kraft, die unmittelbar nach dem Spannen auf den Ankerkopf übertragen wird

3.1.18
Daueranker
en: permanent anchor
fr: tirant d'ancrage permanent
Verpressanker mit einer geplanten Nutzungsdauer von mehr als zwei Jahren

3.1.19
Prüfkraft
en: proof load
fr: traction d'épreuve
maximale Kraft, die während der Prüfung auf einen Verpressanker aufgebracht wird

3.1.20
Eignungsprüfung
en: suitability test
fr: essai de contrôle
Belastungsprüfung zur Bestätigung der Eignung der vorgesehenen Ankerkonstruktion für die vorhandenen Baugrundbedingungen

3.1.21
Kurzzeitanker
en: temporary anchor
fr: tirant d'ancrage provisoire
Verpressanker mit einer geplanten Nutzungsdauer von bis zu zwei Jahren

3.1.22
Zugglied
en: tendon
fr: armature
Teil eines Verpressankers, der die Zugkraft von der Krafteintragungslänge auf den Ankerkopf überträgt

3.1.23
Verankerungslänge des Zuggliedes
en: tendon bond length
fr: longueur de scellement de l'armature
Länge des Zuggliedes, die direkt mit dem Verpresskörper verbunden und in der Lage ist, die aufgebrachte Zugkraft zu übertragen

3.1.24
freie Stahllänge
en: tendon free length
fr: longueur libre de l'armature
Länge des Zuggliedes zwischen dem Verankerungspunkt am Ankerkopf und dem Anfang der Verankerungslänge des Zuggliedes

3.2 Symbole

A_t	Querschnittsfläche des Zuggliedes
E_t	Elastizitätsmodul des Zuggliedes
f_{tk}	charakteristische Zugfestigkeit des Zuggliedes
L_A	Ankerlänge
L_{app}	rechnerische freie Stahllänge
L_e	Überstehende Länge des Zuggliedes, gemessen von dem Verankerungspunkt des Zuggliedes am Ankerkopf bis zum Verankerungspunkt in der Spannpresse
L_{ce}	Länge des Druckrohres
L_{fixed}	Krafteintragungslänge
L_{free}	freie Ankerlänge
L_{tb}	Verankerungslänge des Zuggliedes
L_{tf}	freie Stahllänge
P_a	Vorbelastung
P_o	Festlegekraft
P_p	Prüfkraft

4 Notwendige Informationen für die Ausführung

4.1 Allgemeines

4.1.1 Vor der Ausführung der Arbeiten müssen sämtliche erforderlichen Angaben zur Verfügung stehen und Folgendes enthalten:

— alle rechtlichen oder gesetzlichen Einschränkungen;

— Ausführungsspezifikationen (siehe Anmerkung);

— Angabe der Bauhauptachsen zur Absteckung;

— der Zustand von benachbarten Bauten, Straßen, Ver- und Entsorgungsleitungen usw., einschließlich jeglicher erforderlicher Untersuchungen;

— ein geeignetes Qualitätsmanagementsystem, einschließlich Aufsicht, Überwachung und Prüfung.

ANMERKUNG Die Ausführungsspezifikation besteht aus Dokumenten, die alle für die Ausführung eines bestimmten Projekts erforderlichen Zeichnungen, technischen Daten und Anforderungen enthalten. Die Ausführungsspezifikation ist nicht ein einziges Dokument, sondern die Gesamtheit der Dokumente, die für die Ausführung der Arbeiten erforderlich sind. Sie umfasst die ergänzenden Projektspezifikationen und Arbeitsanweisungen, die erstellt werden, um die Anforderungen der vorliegenden Europäischen Norm zu erreichen und zu ergänzen sowie die Nennung der am jeweiligen Anwendungsort geltenden nationalen Vorschriften.

4.1.2 Sofern maßgebend, müssen die Angaben in Bezug auf die Baustellenbedingungen Folgendes umfassen:

— die Geometrie der Baustelle einschließlich Randbedingungen, Topographie, Zugang, Geländeneigungen, Höhenbeschränkungen;

— bestehende unterirdische Bauten und Fundamente, Ver- und Entsorgungsleitungen, Luftaufnahmen, bekannte Kontaminationen des Baugrundes und archäologische Beschränkungen;

— Einschränkungen aus Umweltschutzgründen, zum Beispiel hinsichtlich Lärm, Erschütterungen, Verschmutzungen;

— künftige oder gleichzeitig laufende Arbeiten, wie beispielsweise Grundwasserhaltungen, Tunnelbau, tiefe Baugruben.

4.2 Besondere Punkte

4.2.1 Während des Bauablaufes müssen die Bemessungsparameter durch die Ankerprüfung bestätigt werden.

4.2.2 Vor Beginn der Arbeiten sind die für die Planung, Ausführung, Prüfung, Kontrolle und Instandhaltung der Verpressanker erforderlichen Tätigkeiten und deren Schnittstellen festzulegen.

4.2.3 Vor der ersten Lieferung und vor dem Einbau des Verpressankers sind folgende Unterlagen vorzulegen:

— Angaben zum Projekt sowie zum Bauablauf;

— ein geotechnischer Untersuchungsbericht mit Klassifizierung und Beschreibung der Eigenschaften des Baugrunds, in den die Verpressanker eingebaut werden;

— Angaben zu sämtlichen anderen Randbedingungen einschließlich unterirdischer Versorgungsleitungen, vorhandener Gründungen und anderer Bedingungen, die bezüglich Lage und Tragverhalten der Verpressanker wichtig sind;

— Angaben zu den Eigentumsverhältnissen des Grundstücks, auf dem die Verpressanker eingebaut werden sollen;

— Angaben über erforderliche Vereinbarungen zur Genehmigung des Zugangs zu den Grundstücken, auf denen die Verpressanker eingebaut werden sollen;

— sofern zutreffend, Anforderungen an das Entspannen und/oder den Ausbau von nicht mehr erforderlichen Verpressankern.

4.2.4 Umweltbelange, einschließlich Verwendung von Verpressmörtel, Aushub von Boden sowie Wasserwiederaufbereitung, Lärm und Erschütterungen, müssen bei der Bemessung und Planung der Arbeiten berücksichtigt werden.

5 Baugrunduntersuchungen

5.1 Allgemeines

5.1.1 Die Baugrunduntersuchungen müssen den Anforderungen von EN 1997-1 entsprechen.

5.1.2 Um eine zuverlässige Bemessung und Ausführung von Spezialtiefbauarbeiten zu ermöglichen, muss der geotechnische Untersuchungsbericht rechtzeitig zur Verfügung stehen.

5.1.3 Die Baugrunduntersuchungen sind dahingehend zu überprüfen, ob sie für die Bemessung und Ausführung von Spezialtiefbauarbeiten ausreichend sind.

5.1.4 Falls die Baugrunduntersuchungen nicht ausreichend sind, müssen ergänzende Untersuchungen durchgeführt werden.

5.2 Besondere Anforderungen

5.2.1 Sämtliche Baugrunduntersuchungen sind entsprechend den Anforderungen und Empfehlungen von EN 1997-1 und EN 1997-2 durchzuführen.

5.2.2 Dies kann durch die Durchführung einer angemessenen Baugrunduntersuchung oder durch Bezugnahme auf bereits vorhandene Angaben zu den umgebenden Baugrundbedingungen erreicht werden.

5.2.3 Da sowohl geneigte als auch senkrechte Verpressanker hergestellt werden, sollten waagerecht auftretende Veränderungen des Baugrunds genauso sorgfältig untersucht werden wie die senkrechten Veränderungen.

5.2.4 Baugrunduntersuchungen sollten bis zu den äußersten Grenzen des Baufeldes und, sofern möglich, auf den Baugrund außerhalb des eigentlichen Baufeldes ausgedehnt werden, wenn von Verpressankern ausgehende Spannungen über das Baufeld hinaus wirken. Damit können die Schichtgrenzen zwischen den einzelnen Baugrundaufschlüssen interpoliert werden, statt sie außerhalb des zu untersuchenden Bereiches extrapolieren zu müssen.

5.2.5 Sofern notwendig, sollten die Auswirkungen von schädlichen Streuströmen nach EN 50162 untersucht werden.

5.2.6 Die Baugrunduntersuchungen sollten tief genug reichen, um sicherzustellen, dass:

a) die geologische Formation, die voraussichtlich von Spannungsänderungen durch das Spannen des Verpressankers beeinflusst wird, bekannt ist;

b) keine darunterliegende Schicht die Bemessung beeinflusst;

c) die Grundwasserverhältnisse genau definiert sind.

5.2.7 Die geotechnischen Untersuchungen sollten Aufschluss geben über die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Schwierigkeiten hinsichtlich:

— möglicher Bohrhindernisse;

— des Bohrverfahrens (Bohrbarkeit);

— der Bohrlochstabilität;

— der Grundwasserströmung in das oder aus dem Bohrloch;

— des Verpressgutverlustes aus dem Bohrloch.

6 Baustoffe und Bauprodukte

6.1 Allgemeines

6.1.1 Es sind Ankersysteme zu verwenden, für die Berichte von bestandenen Prüfungen und/oder Erfahrungen hinsichtlich des Tragverhaltens und der Dauerhaftigkeit vorliegen.

6.1.2 Alle Ankersysteme müssen geeigneten Untersuchungen zum Nachweis der Brauchbarkeit unterzogen worden sein. Die Untersuchungen sind zu dokumentieren.

ANMERKUNG Eine geeignete Untersuchung des Ankersystems beinhaltet den Nachweis der Eignung des Ankersystems oder von dessen einzeln oder in Kombination wirkenden Elementen.

6.1.3 Die Untersuchung und die dazugehörenden Berichte des Ankersystems sind nach den in dieser Europäischen Norm festgelegten Grundsätzen durchzuführen.

ANMERKUNG Der Untersuchungsbericht über das Ankersystem ist durch einen Fachmann oder eine Behörde mit geeigneter Qualifizierung und Erfahrung aufzustellen. Das Vorgehen darf in einem nationalen Dokument festgelegt werden.

6.1.4 Alle verwendeten Baustoffe müssen untereinander verträglich sein.

ANMERKUNG Dies gilt insbesondere für Baustoffe mit einer Kontaktfläche.

6.1.5 Die Materialeigenschaften dürfen sich während der geplanten Nutzungsdauer des Verpressankers nicht so verändern, dass der Anker seine Gebrauchstauglichkeit verliert.

ANMERKUNG Ausgenommen hiervon ist eine Korrosionsschutzmasse bei nachspannbaren Verpressankern, die während des Gebrauchs möglicherweise ergänzt werden muss.

6.2 Korrosionsgeschützte Ankerteile

6.2.1 Zugglied

6.2.1.1 Sämtliche Stahlzugglieder müssen, sofern zutreffend, den folgenden Europäischen Normen entsprechen:

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

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

— EN 10219-2, *Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen — Teil 2: Grenzabmaße, Maße und statische Werte*;

— EN 10025, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen*;

— EN 10080, *Stahl für die Bewehrung von Beton — Schweißgeeigneter Betonstahl — Allgemeines*;

— prEN 10138-1, *Spannstähle — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*;

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

6.2.1.2 Die Zugglieder dürfen nur dann aus anderen Baustoffen hergestellt werden, wenn deren Eignung als Ankerbauteil nachgewiesen wurde.

6.2.2 Ankerkopf

6.2.2.1 Der Ankerkopf muss die Kraft aus dem Zugglied entsprechend der Gesamtkonstruktion des Bauwerkes über bemessene oder geprüfte Bauteile auf das Hauptbauwerk oder auf den Baugrund übertragen.

6.2.2.2 Der Ankerkopf muss es zulassen, dass das Zugglied vorgespannt, geprüft und festgelegt sowie erforderlichenfalls nachgelassen, entspannt und nachgespannt werden kann.

6.2.2.3 Der Ankerkopf muss den Anforderungen von ETAG 013 genügen.

6.2.3 Koppelelemente

6.2.3.1 Koppelelemente müssen EN 1992-1-1 entsprechen.

6.2.3.2 Das Zugglied sollte nicht innerhalb der Verankerungslänge des Zuggliedes gekoppelt werden.

6.2.3.3 Das Koppelelement darf die freie Dehnung eines Stahlzuggliedes nicht behindern.

6.2.3.4 Der Korrosionsschutz des Koppelelementes muss auf den Korrosionsschutz des Zuggliedes abgestimmt sein.

6.2.4 Verankerungslänge des Zuggliedes

6.2.4.1 Zur Verankerung des Zuggliedes in der Verankerungslänge sind profilierte oder gerippte Zugglieder, Litzen oder Druckrohre zu verwenden.

6.2.4.2 Grundsätzlich dürfen folgende Stahlzuggliedtypen über Verbundwirkung verankert werden:

— kaltgezogene Drähte, die nach dem Ziehen profiliert wurden;

— vergütete Drähte, die während des Warmwalzens mit Rippen versehen wurden;

— Rippenstähle;

— 7-drähtige Litzen.

6.2.4.3 Die bezogene Rippenfläche von gerippten oder profilierten Drähten bzw. Stäben muss EN 1992-1-1 entsprechen.

6.2.5 Bauteile im Bohrloch

6.2.5.1 Jedes Teil, das im Bohrloch eingebaut wird und dort verbleibt, muss so angeordnet und mit Abstand versehen sein, dass es die Verbundwirkung des Verpressankers nicht verringert.

6.2.5.2 Abstandhalter und Zentrierteile sollten so angeordnet sein, dass die Mindestanforderungen an die Verpressmörtelüberdeckung eingehalten werden, das offene Volumen vollständig mit Verpressgut verfüllt wird und die richtige Lage des Zuggliedes und seiner Bestandteile sowie des Korrosionsschutzes und aller anderen Teile im Bohrloch sichergestellt ist.

6.2.5.3 Abstandhalter und Zentrierteile müssen fest mit dem Zugglied verbunden sein, damit sie sich nicht innerhalb des Bohrlochs bewegen können.

6.2.5.4 Werden bei Dauerankern Zentrierteile außerhalb der Korrosionsschutzumhüllung angebracht, sollten diese aus korrosionsbeständigem Material hergestellt sein.

6.2.5.5 Beim Entwurf von Zentrierteilen ist die Form des Bohrlochs, z. B. lokale Bohrlochaufweitungen, das Gewicht des Zuggliedes und die Empfindlichkeit des Baugrunds gegenüber Störungen während des Einbaus des Zuggliedes zu berücksichtigen.

6.2.6 Druckkörper eines Druckrohrankers

6.2.6.1 Ein Druckkörper überträgt die Ankerkraft vom unteren Ende des Druckrohrankers in den Verpresskörper. Er ist nur auf Druck belastet.

6.2.6.2 Der Druckkörper eines Druckrohrankers muss die Prüfkraft in den Verpresskörper übertragen können; dies ist durch eine dokumentierte Untersuchung nach 6.1.2 nachzuweisen.

6.2.6.3 Der Druckkörper eines Druckrohrankers muss eine Verpressmörtelüberdeckung von mindestens 10 mm aufweisen.

6.2.6.4 Die Verbundwirkung eines Druckkörpers ist durch eine dokumentierte Untersuchung nach 6.1.2 nachzuweisen.

6.3 Korrosionsschutz des Stahlzuggliedes und gespannter Stahlteile

6.3.1 Allgemeines

6.3.1.1 Alle Stahlteile sind für ihre planmäßige Nutzungsdauer gegen Korrosion zu schützen.

ANMERKUNG 1 Es gibt kein zuverlässiges Verfahren, die Korrosionsgefährdung mit ausreichender Genauigkeit festzustellen, um die Korrosionsrate des Stahls im Baugrund vorherzusagen.

ANMERKUNG 2 Das Korrosionsschutzsystem wird im Hinblick auf die planmäßige Nutzungsdauer des Ankers (siehe 3.1.18 und 3.1.21) und die Aggressivität der Umgebung gewählt.

6.3.1.2 Falls erforderlich, müssen die Korrosionsschutzkomponenten die Kraft aus dem Zugglied übertragen können.

6.3.1.3 Alle eingebauten Zugglieder und Korrosionsschutzumhüllungen müssen innerhalb der Krafteintragungslänge eine Verpressmörtelüberdeckung von mindestens 10 mm aufweisen.

6.3.2 Kurzzeitanker

6.3.2.1 Die Stahlteile von Kurzzeitankern sind mit einem Korrosionsschutz zu versehen, der die Korrosion während der planmäßigen Nutzungsdauer von mindestens zwei Jahren hemmt oder verhindert.

Beispiele für einen Korrosionsschutz, der die oben aufgeführten Grundsätze des Korrosionsschutzes von Kurzzeitankern erfüllt, sind in Anhang C beschrieben.

6.3.2.2 Wird der Verpressanker in aggressiven Baugrund eingebaut, sind für alle Teile des Verpressankers geeignete Maßnahmen für den Korrosionsschutz zu ergreifen.

6.3.2.3 Wenn Kurzzeitanker unplanmäßig länger eingesetzt werden oder Veränderungen der Umgebungsbedingungen auftreten, die möglicherweise die Aggressivität des Bodens beeinflussen, sollten zum Nachweis der Funktionsfähigkeit geeignete regelmäßige Überwachungen erfolgen.

6.3.2.4 Die Verwendung eines Korrosionschutzes mit erhöhten Anforderungen für Kurzzeitanker und dessen Eignung für die Anforderungen des Projekts müssen nach 6.1.2 bewertet werden.

6.3.3 Daueranker

6.3.3.1 Der Korrosionsschutz um das Zugglied des Verpressannkers muss aus mindestens einer einzelnen durchgehenden Schicht eines Korrosionsschutzmaterials bestehen, das während der geplanten Nutzungsdauer des Ankers nicht zersetzt wird.

6.3.3.2 Der Korrosionsschutz des Zuggliedes eines Daueranker ist geeigneten Untersuchungen zum Nachweis der Wirksamkeit zu unterziehen.

Die Bewertung der Untersuchung des Korrosionsschutzes eines Verpressankers erfolgt durch einen Fachmann oder eine Behörde mit geeigneter Qualifizierung und Erfahrung und darf in einem nationalen Dokument festgelegt werden.

Das Korrosionsschutzsystem muss bestehen aus:

a) einer einzelnen Korrosionsschutzhülle, deren Unversehrtheit, sofern nicht anders festgelegt, an jedem eingebauten Verpressanker einer In-situ-Prüfung zu unterziehen ist, oder

b) zwei Korrosionsschutzhüllen, bei denen die zweite unversehrt bleibt, wenn die erste beim Ankereinbau oder beim Spannen beschädigt wird.

Beispiele für Korrosionsschutz, der die vorstehend aufgeführten Grundsätze des Korrosionsschutzes von Daueranker erfüllt, sind in Anhang C beschrieben.

6.4 Verpressmörtel für Korrosionsschutz und Kraftübertragung

6.4.1 Zementmörtel für Kurzzeitanker

6.4.1.1 Bei der Auswahl des Zementtyps für den Verpressmörtel in unmittelbarem Kontakt mit dem umgebenden Baugrund sind das Vorhandensein von aggressiven Substanzen in der Umgebung, z. B. von Kohlensäure und Sulfaten, die Durchlässigkeit des Baugrunds und die geplante Nutzungsdauer des Verpressankers zu berücksichtigen.

6.4.1.2 Die Aggressivität der Umgebung ist nach EN 206-1 zu bestimmen.

6.4.1.3 Wird Zementmörtel zur Kraftübertragung verwendet, sind Wasser/Zement-Werte und Verpressmörtelfestigkeiten zu wählen, die den Baugrundbedingungen angepasst und für die Kraftübertragung ausreichend sind.

6.4.1.4 Zementmörtel in Kontakt mit Spannstählen in Korrosionsschutzumhüllungen müssen EN 447 entsprechen.

6.4.1.5 Bei Widersprüchen zwischen den Festlegungen dieser Europäischen Norm und EN 447 gelten die Festlegungen dieser Europäischen Norm.

6.4.1.6 Zusatzmittel nach EN 934-2 dürfen zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit oder der Dauerhaftigkeit, zur Verringerung des Absetz- oder des Schwindmaßes oder zur Beschleunigung der Festigkeitsentwicklung verwendet werden.

6.4.1.7 Zusatzmittel müssen frei von allen Bestandteilen sein, die den Spannstahl oder den Mörtel selbst schädigen können.

6.4.1.8 Zusatzmittel, die mehr als 0,1 % an Chloriden, Sulfiden oder Nitraten enthalten, dürfen nicht verwendet werden.

6.4.1.9 Zur Verringerung des Verpressgutverlustes aus dem Bohrloch dürfen gegebenenfalls inerte Füllstoffe (z. B. Sand) in der Mörtelrezeptur verwendet werden.

6.4.1.10 Um die Zusammensetzung und Homogenität, die Erstarrungszeiten und die Eigenschaften der Mischung zu überprüfen, müssen Labor- und Feldversuche durchgeführt werden.

6.4.1.11 Diese Prüfungen sollten, sofern zutreffend, nach EN 445 durchgeführt werden.

6.4.1.12 Zementmörtel, der im Bohrloch verpresst wird, ist als vorübergehender Korrosionsschutz in nicht aggressiver Umgebung zulässig, sofern die Verpressmörtelüberdeckung des Zuggliedes über dessen gesamte Länge mindestens 10 mm beträgt.

6.4.2 Zementmörtel für Daueranker innerhalb von Korrosionsschutzumhüllungen

6.4.2.1 In Korrosionsschutzumhüllungen verwendete Zementmörtel müssen EN 447 entsprechen.

6.4.2.2 Zusatzmittel müssen frei von allen Bestandteilen sein, die den Spannstahl oder den Mörtel selbst schädigen können.

6.4.2.3 Zusatzmittel mit mehr als 0,1 % an Chloriden, Sulfiden oder Nitraten dürfen nicht verwendet werden.

6.4.2.4 Zementmörtel nach EN 447, der unter Werksbedingungen oder vergleichbaren Bedingungen kontrolliert eingebracht wird, ist als eine von zwei dauerhaften Schutzhüllen zulässig, vorausgesetzt, die Überdeckung zwischen dem Zugglied und der äußeren Schutzhülle beträgt mindestens 5 mm.

6.4.2.5 Bei Manschettenrohrankern sollte das Stahl- oder gerippte Kunststoffrohr eine Wanddicke von mindestens 3 mm und eine Verpressmörtelüberdeckung von mindestens 20 mm haben. Der Mindest-Verpressdruck bei der Herstellung muss 500 kPa betragen.

6.4.2.6 Die Rissverteilung und die Rissbreiten unter bestimmten Bedingungen können durch die Verteilung der Rippen auf einem Stabzugglied beeinflusst werden.

6.4.2.7 Die Qualitätskontrolle und die Überprüfung der Mörtelmenge sind während und nach der Verfüllung der Hüllrohre durchzuführen.

6.4.3 Zementmörtel für Daueranker außerhalb von Korrosionsschutzumhüllungen

6.4.3.1 Wasser/Zement-Werte und Verpressmörtelfestigkeiten sind so zu wählen, dass sie den Baugrundbedingungen angepasst und für die Kraftübertragung ausreichend sind.

6.4.3.2 Bei der Auswahl des Zementtyps für den Verpressmörtel in Kontakt mit dem umgebenden Baugrund ist das Vorhandensein von aggressiven Stoffen in der Umgebung, z. B. von Kohlensäure und Sulfaten, die Durchlässigkeit des Bodens sowie die geplante Nutzungsdauer des Verpressankers zu berücksichtigen.

6.4.3.3 Die Aggressivität der Umgebung ist nach EN 206-1 zu bestimmen.

6.4.3.4 Zusatzmittel nach EN 934-2 dürfen zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit oder der Dauerhaftigkeit, zur Verringerung des Absetz- oder des Schwindmaßes oder zur Beschleunigung der Festigkeitsentwicklung verwendet werden.

6.4.3.5 Zur Verringerung des Verpressgutverlustes aus dem Bohrloch dürfen bei Bedarf inerte Füller (z. B. Sand) in der Mörtelrezeptur verwendet werden.

6.4.4 Kunstharzmörtel

6.4.4.1 Als Alternative zum Zementmörtel dürfen Kunstharze und Kunstharzmörtel für Verpressanker verwendet werden, wenn ihre Anwendbarkeit nach 6.1.2 nachgewiesen wurde.

6.4.4.2 Labor- und Feldversuche sind durchzuführen, um die Mischung, die Mischgüte, die Abbindzeiten und die Eigenschaften zu überprüfen.

6.4.4.3 Kunstharzmörtel, die unter kontrollierten Bedingungen verpresst oder eingebracht werden und eine Mindestüberdeckung von 5 mm über dem Zugglied bilden, sind als eine dauerhafte Schutzhülle zulässig, wenn sie selbst umhüllt sind und nicht reißen, wenn sie unter Spannung stehen.

ANMERKUNG Die Beurteilung der Eigenschaften von Kunstharzmörtel erfordert Fachkenntnisse und Erfahrung mit der Kunstharzmörtel-Technologie.

6.5 Weitere Komponenten und Materialien für den Korrosionsschutz

6.5.1 Kunststoffhüllrohre

6.5.1.1 Kunststoffhüllrohre müssen den maßgebenden Europäischen Produktnormen entsprechen; insbesondere müssen sie durchgehend, wasserundurchlässig, beständig gegen Alterungssprödigkeit und gegen Schäden durch UV-Strahlung während der Lagerung, dem Transport und dem Einbau sein.

6.5.1.2 Die Verbindungen zwischen Kunststoffteilen sind durch Verwendung geeigneter Dichtmittel vollständig gegen das Eindringen von Wasser abzudichten.

6.5.1.3 Wird PVC verwendet, muss er alterungsbeständig sein und darf keine freien Chloride erzeugen.

6.5.1.4 Die Mindestwanddicke eines außenliegenden gerippten Hüllrohres, das ein oder mehrere Zugglieder umhüllt, muss sein:

— 1,0 mm für Innendurchmesser ≤ 80 mm;

— 1,2 mm für Innendurchmesser > 80 mm bis ≤ 120 mm;

— 1,5 mm für Innendurchmesser > 120 mm.

6.5.1.5 Die Mindestwanddicke von außenliegenden glatten Sammelhüllrohren muss 1 mm größer als die von gerippten Hüllrohren sein; andernfalls muss das Sammelhüllrohr verstärkt sein.

6.5.1.6 Die Mindestwanddicke sowohl von glatten als auch von gerippten innenliegenden Hüllrohren muss 1,0 mm betragen.

ANMERKUNG Sind zwei Kunststoffschutzhüllen vorhanden, wird beim Einbau des Verpressankers die innenliegende Schutzhülle durch die außenliegende geschützt.

6.5.1.7 Hüllrohre aus Kunststoff, die zur Kraftübertragung herangezogen werden, müssen profiliert oder gerippt sein.

6.5.1.8 Der Abstand und die Höhe von Profilierung oder Rippung müssen auf die Wanddicke abgestimmt sein.

6.5.1.9 Der Abstand und die Höhe von Profilierung oder Rippung müssen die Kraft so übertragen können, dass keine Kriechschäden auftreten.

6.5.1.10 Wird ein geripptes Hüllrohr, das zum Verpressen von Zementmörtel unter Druck verwendet wird, als Schutzhülle betrachtet, sollte nachgewiesen werden, dass ein Eindringen von Wasser durch die Einpressöffnungen nach dem Verpressen nicht möglich ist.

6.5.1.11 Ein derartiges Hüllrohr muss mindestens 3 mm dick sein. Es muss durch Abstand und Höhe der Rippung für die Kraftübertragung geeignet sein, dies ist durch geeignete Untersuchungen der betreffenden Bauteile nachzuweisen (siehe 6.1.2).

6.5.1.12 Die Unversehrtheit der Schutzhülle sollte auch im gespannten Zustand nachgewiesen werden (siehe 6.1.2).

6.5.1.13 Bildet ein einzelnes Kunststoffhüllrohr die einzige Schutzhülle eines Dauerankers, ist eine In-situ-Prüfung durchzuführen, um die Unversehrtheit des Kunststoffrohres über die gesamte Länge des Verpressankers nachzuweisen.

6.5.2 Schrumpfschläuche

6.5.2.1 Hüllrohre zur Umhüllung von Korrosionsschutzmassen, die die Oberfläche eines Stahlteils bedecken, dürfen durch Schrumpfschläuche verbunden werden.

6.5.2.2 Die zur Schrumpfung erforderliche Wärme ist so aufzubringen, dass andere Komponenten des Korrosionsschutzsystems weiterhin die Anforderungen dieser Norm erfüllen, d. h., dass sie weder durch Aufbringung der Wärme verformt noch angebrannt oder anderweitig so beschädigt werden, dass ihre Gebrauchstauglichkeit eingeschränkt wird.

6.5.2.3 Das Schrumpfmaß muss sicherstellen, dass sich während der geplanten Nutzungsdauer keine offenen Spalten bilden.

6.5.2.4 Nach dem Schrumpfvorgang darf die Wanddicke eines Schrumpfschlauches nicht geringer als 1 mm sein. Die Überlappung muss mindestens 50 mm betragen.

6.5.3 Dichtungen

Die Dichtungen müssen jeglichen Verlust von Korrosionsschutzmassen bzw. das Eindringen von Wasser von außen verhindern, ungeachtet der späteren gegenseitigen Verschiebung zwischen den abzudichtenden Teilen.

ANMERKUNG Mechanische Verbindungen werden mit O-Ringen, Dichtelementen oder Schrumpfschläuchen abgedichtet.

6.5.4 Korrosionsschutzmassen auf der Basis von Erdöl, Wachsen oder Schmierfetten

ANMERKUNG 1 Im Allgemeinen werden Korrosionsschutzmassen auf der Basis von Erdöl, Wachsen oder Schmierfetten verwendet.

ANMERKUNG 2 Anhang B enthält Hinweise zu den Abnahmekriterien für viskose Korrosionsschutzmassen sowie Beispiele für Prüfverfahren zur Ermittlung der Eigenschaften von viskosen Korrosionsschutzmassen.

6.5.4.1 Die Eigenschaften der Korrosionsschutzmassen müssen die Beständigkeit gegen Sauerstoff und gegen bakterielle und mikrobiologische Angriffe einschließen.

6.5.4.2 Korrosionsschutzmassen für dauerhafte Korrosionsschutzhüllen sind in stabilen, feuchtigkeitsdichten Hüllrohren oder Schutzkappen einzuschließen, die korrosionsbeständig sind.

ANMERKUNG In diesen Fällen wirken derartige Massen auch als Gleitmittel und Hohlraumverfüllung, die in der Lage sind, Luftfeuchtigkeit und Wasser fernzuhalten.

6.5.4.3 Nicht eingeschlossene Korrosionsschutzmassen dürfen als temporärer Korrosionsschutz verwendet werden, wenn sie sachgemäß als Beschichtung aufgetragen sind.

6.5.4.4 Mit Korrosionsschutzmasse imprägnierte Binden dürfen nur in nicht aggressiver Umgebung als temporärer Schutz verwendet werden, da sich ihre Eigenschaften in der Regel verschlechtern, wenn sie Luft und Wasser ausgesetzt sind.

6.5.5 Beschichtungen mit Opfermetallen

6.5.5.1 Beschichtungen mit Opfermetallen dürfen nicht auf die Zugglieder aufgebracht werden.

6.5.5.2 Beschichtungen mit Opfermetallen dürfen jedoch auf andere Stahlteile, wie z. B. Auflagerplatten, Kappen und Schläuche, aufgetragen werden.

6.5.5.3 Die Verwendung von metallischen Beschichtungen, die zur Bildung eines möglicherweise für die Zugglieder schädlichen galvanischen Elements führt, ist unzulässig.

6.5.6 Andere Beschichtungen auf Stahlteilen

6.5.6.1 Beschichtungen aus Teerepoxidharz, Teerpolyurethan und Pulverbeschichtungen aus Epoxidharz dürfen auf Stahloberflächen aufgetragen werden, die sandgestrahlt und frei von jeglicher Verschmutzung sind.

6.5.6.2 Werkseitig aufgebrachte Beschichtungen dürfen als Korrosionsschutz der Zugglieder von Kurzzeitankern verwendet werden.

6.5.6.3 Daueranker sind durch eine werkseitig aufgebrachte Schicht nach EN ISO 12944-5 zu schützen.

6.5.6.4 Beschichtungen sind in der Verankerungslänge nur zulässig, wenn die Verbundwirkung und die Unversehrtheit des Korrosionsschutzes durch Prüfungen nachgewiesen werden (siehe 6.6).

6.5.6.5 An unbelasteten Elementen von Kurzzeitankern ist die Verwendung von bitumenhaltiger Farbe zulässig. Die Elemente müssen sandgestrahlt und frei von jeglicher Verschmutzung sein.

6.5.7 Rohre und Kappen aus Stahl

6.5.7.1 Stahlteile können dauerhafte Korrosionsschutzhüllen darstellen, sofern sie selbst von außen geschützt sind.

6.5.7.2 Ein derartiger Schutz darf durch dichten Zementmörtel oder Beton, Feuerverzinkung oder eine mehrlagige Beschichtung sichergestellt werden.

6.5.7.3 Stahlteile mit Beschichtungen, die durch das Vorspannen des Verpressankers belastet werden, sind nur zulässig, wenn Verbund und Unversehrtheit des Korrosionsschutzes durch Prüfungen nachgewiesen werden (siehe 6.6).

6.5.7.4 Werden Rohre, die zur Einbringung von Verpressmörtel verwendet werden, als Schutzhülle betrachtet, sollte nachgewiesen werden, dass ein Eindringen von Wasser durch die Einpressöffnungen nach dem Verpressen nicht möglich ist.

6.5.7.5 Diese Verrohrung muss mindestens 3 mm dick und von einer Verpressmörtelüberdeckung von mindestens 20 mm umgeben sein.

6.5.7.6 Die Verbundwirkung und die Unversehrtheit des Korrosionsschutzes sind nach 6.1.2 nachzuweisen.

6.5.7.7 Jeder möglichen Verschlechterung der Eigenschaften des Stahls oder der Beschichtung ist bei der Bemessung des Verpressankers durch die Wahl geeigneter Abmessungen der Komponenten Rechnung zu tragen.

6.6 Aufbringen des Korrosionsschutzes

6.6.1 Allgemeines

6.6.1.1 Das aufgebrachte Korrosionsschutzsystem darf weder Spannen noch Entspannen behindern, noch darf es dadurch beschädigt werden.

6.6.1.2 Um die freie Beweglichkeit des Zuggliedes beim Spannen sicherzustellen, muss in der freien Stahllänge Gleitmittel oder ein verbundfreier Kontakt entweder innerhalb der einzelnen Hüllrohre oder innerhalb des Sammelhüllrohres vorhanden sein.

6.6.1.3 Die Abdichtung der Übergangsstellen von einer Korrosionsschutzkomponente zur anderen sowie an den Enden ist besonders sorgfältig auszuführen.

6.6.2 Freie Stahllänge und Verankerungslänge des Zuggliedes

6.6.2.1 Zugglieder müssen vor der Umhüllung durch ein Korrosionsschutzsystem frei von Lochfraßkorrosion sein.

6.6.2.2 Das Vorhandensein von leichtem Oberflächenrost vor dem Aufbringen von Zementmörtel oder einer Korrosionsschutzmasse ist zulässig.

6.6.2.3 Der Korrosionsschutz muss entweder unter Werksbedingungen oder auf der Baustelle in eigens dafür eingerichteten Arbeitsbereichen, in denen geeignete Bedingungen sichergestellt sind, aufgebracht werden.

6.6.2.4 Die Umgebungs- und Arbeitsbedingungen sind so zu gestalten, dass das Aufbringen des Korrosionsschutzes entsprechend dieser Norm erfolgen kann.

6.6.2.5 Wird der Korrosionsschutz von Dauerankern vor Ort aufgebracht, muss sichergestellt sein, dass alle Komponenten während dieses Arbeitsganges sauber und frei von korrosiven Stoffen sind.

6.6.2.6 Die Hüllrohre von Dauerankern sind vom unteren Ende des Rohres aus zu verfüllen. Der Vorgang darf nicht unterbrochen werden.

6.6.2.7 Das Zugglied darf keinen schädlichen Streuströmen ausgesetzt sein.

6.6.3 Ankerkopf

6.6.3.1 In aggressiver Umgebung muss der Ankerkopf sowohl von Kurzzeit- als auch von Dauerankern frühzeitig geschützt werden.

6.6.3.2 Der Korrosionsschutz im inneren Ankerkopfbereich ist erforderlich, um eine wirksame Überlappung mit dem Korrosionsschutz der freien Stahllänge herzustellen, und so den kurzen freiliegenden Übergangsbereich unter- und innerhalb der Auflagerplatte zu schützen.

6.6.3.3 Bei der Anwendung von Injektionsverfahren sollten ein tiefliegender Verfüllschlauch und ein hochliegender Entlüftungsschlauch verwendet werden, um eine vollständige Verfüllung eines Hohlraumes sicherzustellen.

6.6.3.4 Ist für das Verfüllen des inneren Ankerkopfbereiches kein Zugang vorgesehen, darf eine vorab eingebrachte Korrosionsschutzmasse verwendet werden.

6.6.3.5 Ist ein Nachspannen oder eine Belastungsprüfung nicht erforderlich, dürfen Kunstharze, Verpressmörtel und andere erhärtende Dichtmassen in der Schutzkappe des Ankerkopfes verwendet werden.

ANMERKUNG Bei Litzenankern besteht das Risiko des Durchrutschens von Litzen.

6.6.3.6 Ist ein Nachspannen oder eine Belastungsprüfung erforderlich, muss der äußere Schutz des Ankerkopfes, einschließlich Schutzkappe und Inhalt, abnehmbar sein.

6.6.3.7 Es muss möglich sein, die Schutzkappe erneut mit Korrosionsschutzmasse zu füllen.

6.6.3.8 Die Schutzkappe ist mit der Auflagerplatte durch eine geeignete mechanische Verbindung mit einer Dichtung zu verbinden.

6.6.3.9 Bei Dauerankern sind die Auflagerplatte und die anderen freiliegenden Stahlteile des Ankerkopfes vor der Anlieferung auf die Baustelle entsprechend EN ISO 12944-5 für die Beschichtung von Stahlbauten zu schützen.

6.6.3.10 Schutzkappen aus Stahl für Daueranker müssen eine Wanddicke von mindestens 3 mm aufweisen.

6.6.3.11 Verstärkte Kunststoff-Schutzkappen müssen eine Flanschdicke von mindestens 10 mm und eine Wanddicke von mindestens 5 mm aufweisen.

6.6.3.12 Die maßgebenden Komponenten des Korrosionsschutzsystems, die innerhalb und außerhalb des Ankerkopfes verwendet werden, sind geeigneten Untersuchungen zu unterziehen (siehe 6.1.2).

6.7 Korrosionsschutzsystem

6.7.1 Alle maßgebenden Komponenten der Korrosionsschutzsysteme sind einer Untersuchung nach 6.1.2 zu unterziehen.

6.7.2 Das Korrosionsschutzsystem muss nach der Prüfung der Verpressanker nach prEN ISO 22477-5 weiterhin funktionsfähig bleiben.

6.7.3 Bei Prüfung des Korrosionsschutzes in der Verankerungslänge sollte die Einbettung derjenigen im Baugrund entsprechen.

Es dürfen entweder In-situ-Prüfungen oder Laborprüfungen durchgeführt werden. Auch die Einbaubedingungen und die Krafteinleitung in den Baugrund dürfen durch Laborprüfungen simuliert werden.

6.7.4 Bei In-situ-Prüfungen muss das Einbauverfahren der Bauwerksanker verwendet werden.

6.7.5 Nach der Belastung sind die Prüfanker sorgfältig freizulegen, um die Wirkung der Belastung auf das Korrosionsschutzsystem zu bewerten.

6.7.6 Soweit zutreffend, sind folgende Eigenschaften des Korrosionsschutzsystems durch Überprüfung oder Messung zu beurteilen:

— die Wanddicke und die Unversehrtheit von Kunststoffverrohrungen;

— die Unversehrtheit von Verbindungen und Dichtungen;

— die Verpressmörtelüberdeckung und das Verhalten von Abstandhaltern und Zentrierteilen;

— die Lage, die Breite und der Abstand von Rissen im Zementmörtel, sofern dieser als Korrosionsschutzhülle dient;

— der Grad der Verfüllung der Verrohrungen und anderer Hohlräume mit Mörtel, Kunstharz und Korrosionsschutzmasse;

— die Beschädigung der Beschichtungen;

— der Verbund an den Kontaktflächen;

— die Verschiebung von Komponenten während des Einbaus und der Belastung.

6.7.7 Es wird darauf hingewiesen, dass in bestimmten Systemen die Unversehrtheit der inneren Schutzhülle von der Unversehrtheit der äußeren Schutzhülle abhängig ist.

6.7.8 Werden Kunststoffhüllrohre als Schutzhülle in der Verankerungslänge von Dauerankern verwendet, sind Untersuchungen nach 6.1.2 durchzuführen, um die Unversehrtheit der vorverpressten Umhüllung nachzuweisen.

6.7.9 Die Prüfung sollte die Belastungsbedingung in einem eingebetteten oder nicht eingebetteten Zustand entsprechend Anhang A simulieren.

6.7.10 Wird ein einzelnes Kunststoffrohr durch Zementmörtel als Korrosionsschutzumhüllung ergänzt, sollte eine Untersuchung nach 6.1.2 durchgeführt werden, um die Zulässigkeit von Rissabstand und Rissbreite im Zementmörtel innerhalb der Umhüllung nachzuweisen.

6.7.11 Wird ein einzelnes Manschettenrohr aus Stahl oder geripptem Kunststoff mit einer Dicke von 3 mm durch eine äußere Verpressmörtelüberdeckung mit einer Dicke von mindestens 20 mm als Korrosionsschutzumhüllung ergänzt, sollte eine Untersuchung nach 6.1.2 durchgeführt werden, um Rissabstand und Rissbreite im Zementmörtel festzustellen.

6.7.12 Anhand der elastischen Eigenschaften des Zuggliedes und des beobachteten Rissabstandes sollte nachgewiesen werden, dass die Rissbreite unter üblichen Belastungsbedingungen in der durchgeführten Prüfung 0,1 mm für Spannstähle und 0,2 mm für Baustähle nicht überschreitet.

6.7.13 Für jede Hüllrohrgröße sollte für die Belastungsbedingungen jeweils eine dokumentierte Prüfung durchgeführt werden. Ein Beispiel für eine solche Prüfung ist in Anhang A beschrieben.

7 Hinweise zu Entwurf und Bemessung

7.1 Detaillierte Hinweise zur Bemessung von Verpressankern können EN 1997-1 entnommen werden.

7.2 Folgendes sollte, sofern zutreffend, deutlich auf den Bauzeichnungen angegeben sein:

— Querschnittsmaße und Materialeigenschaften aller Elemente des Ankersystems;

— Maße der Krafteintragungslänge und der freien Ankerlänge;

— Neigungswinkel der Bohrlöcher für die Aufnahme der Verpressanker;

— Toleranzen für Abmessungen, Neigung und Anordnung der Verpressanker;

— Art des Korrosionsschutzes.

7.3 Werden Änderungen der Abstände oder der Neigungen der Verpressanker vorgeschlagen, sollten geeignete Untersuchungen oder Prüfungen durchgeführt werden, um die Eignung der veränderten Anordnung nachzuweisen.

7.4 Ankerneigungen zwischen +10° und −10° zur Horizontalen sollten vermieden werden.

7.5 Ist dies nicht möglich, muss nachgewiesen sein, dass die Krafteintragungslänge vollständig verpresst werden kann.

7.6 Bei Entwurf und Bemessung von Verpressankern sind die Herstellungstoleranzen nach 8.1.2 und die Herstellung nach Abschnitt 8 zu berücksichtigen.

8 Ausführung

8.1 Herstellen der Bohrlöcher

8.1.1 Bohrverfahren

8.1.1.1 Das Bohrverfahren ist unter Berücksichtigung der Baugrundverhältnisse so zu wählen, dass keine relevanten nachteiligen Änderungen im Baugrund verursacht werden, um für die Tragfähigkeit möglichst günstige Baugrundverhältnisse zu bewahren, um

— Nachbrüche aus der Bohrlochwand während des Bohrvorgangs und des Einbaus der Zugglieder (erforderlichenfalls sollte eine Verrohrung verwendet werden) zu vermeiden,

— Auflockerungen des umgebenden nichtbindigen Bodens auf ein Minimum zu beschränken,

— Änderungen des Grundwasserspiegels auf ein Minimum zu beschränken und

— Aufweichungen der Bohrlochwandung in bindigem Boden und verwittertem Fels auf ein Minimum zu beschränken.

8.1.1.2 Die Bohrspülung und eventuell verwendete Zusätze dürfen keine nachteiligen Einflüsse auf das Zugglied, dessen Korrosionsschutz, den Verpressmörtel oder die Bohrlochwandung, hier insbesondere in der Verankerungslänge des Zuggliedes, haben.

ANMERKUNG Das Verhältnis zwischen Zuflussquerschnitt für die Bohrspülung und ringförmigem Rückflussquerschnitt, der Korngröße und Dichte des Bohrgutes sowie der Dichte der Bohrspülung sind die kritischen Größen für die Leistungsfähigkeit des Bohrsystems.

8.1.1.3 Die Verwendung von Luftspülung kann gefährlich sein und sollte mit Vorsicht eingesetzt werden.

8.1.1.4 Bohrungen in Böden mit artesisch gespanntem Wasser sollten besonders sorgfältig ausgeführt werden.

8.1.1.5 Methoden, die dem Wasserdruck entgegenwirken, und Methoden, die während des Bohrens, des Einbaus der Zugglieder und des Verpressens eine Ausspülung, Nachbrüche aus der Bohrlochwand oder Erosion verhindern, sind im Voraus festzulegen und bei Bedarf anzuwenden.

ANMERKUNG 1 Ton, Mergel und Mergelfels können unter Wassereinwirkung zu Quellen und Erweichen neigen.

ANMERKUNG 2 Sande können durch anhaltende Luftspülung oder nachteilige hydraulische Gradienten in der Umgebung des Bohrlochs aufgelockert werden.

8.1.1.6 Bei hohem Grundwasserspiegel kann es erforderlich sein, Schwerspülungen zu verwenden.

ANMERKUNG Mögliche vorbeugende Maßnahmen sind u. a.:

— Gebrauch von speziellen Bohrzusatzausrüstungen wie Dichtungen oder Packer;

— Absenkung des Grundwasserspiegels, nach Bewertung der Risiken von Baugrundsetzungen;

— Vorvergüten des Baugrunds.

8.1.1.7 Das Bohren sollte so durchgeführt werden, dass wesentliche Abweichungen von den Baugrundeigenschaften, die der Bemessung der Verpressanker zugrunde liegen, sofort entdeckt werden können.

8.1.1.8 Es sollte ein zu erwartendes Bodenprofil mit einfachen und zweifelsfreien Erkennungszeichen erstellt werden, die der Geräteführer problemlos wiedererkennen kann (z. B. Art des Bodens, Farbe des Rückflusses oder Bohrspülungsverluste im Bohrlochtiefsten).

8.1.1.9 Jede wesentliche Abweichung vom planmäßigen Baugrundaufbau ist unverzüglich anzuzeigen.

8.1.1.10 Während der Bauausführung kann wegen einer erforderlichen Verrohrung des Bohrlochs ein größerer Bohrlochdurchmesser notwendig werden.

ANMERKUNG Eine Änderung des Durchmessers in der Krafteintragungslänge beeinflusst den Herausziehwiderstand des Verpressankers.

8.1.1.11 Der Bohrlochdurchmesser muss die festgelegte Verpressmörtelüberdeckung des Zuggliedes in der Krafteintragungslänge sicherstellen.

ANMERKUNG Wenn es vor dem Einbau des Zuggliedes zu einer signifikanten Verzögerung kommt, kann es erforderlich sein, das Bohrloch wieder aufzubohren oder zu räumen und einen Wasserdruckversuch durchzuführen, um sicherzustellen, dass das Loch für den Einbau des Zuggliedes und das Verpressen geeignet ist.

8.1.2 Toleranzen

8.1.2.1 Bei der Herstellung der Bohrungen für Verpressanker müssen die festgelegten Toleranzen eingehalten werden.

8.1.2.2 Das Bohrloch sollte verlängert werden, falls Bohrrückstände im festgelegten Bohrlochende nicht entfernt werden können.

8.1.2.3 Sofern nicht anders festgelegt, sollten Auswahl und Aufbau der Bohrausrüstung die folgenden Bedingungen erfüllen:

— der Bohransatzpunkt sollte mit einer Genauigkeit von 75 mm angesetzt werden;

— bei Bohrbeginn sollte die Bohrlochachse um nicht mehr als 2° von der festgelegten Achse abweichen.

8.1.2.4 Die Ausrichtung sollte nach 2 m Bohrung überprüft werden.

8.1.2.5 Die maximale Bohrlochabweichung sollte nicht mehr als 1/30 der Ankerlänge betragen.

ANMERKUNG Gelegentlich können die Baugrundbedingungen größere als die vorstehend angegebenen Toleranzen erforderlich machen.

8.1.2.6 Die Bohrausrüstung in Verbindung mit der Arbeitsplattform muss ausreichend starr sein, um die festgelegte Bohrgenauigkeit zu erreichen.

8.1.2.7 Im Zweifelsfall sollte die Bohrgenauigkeit während des Bohrens erneut überprüft werden.

ANMERKUNG 1 Das Einhalten der Winkeltoleranzen ist wichtig im Hinblick auf die gegenseitige Beeinflussung der Krafteintragung der einzelnen Verpressanker.

ANMERKUNG 2 Um eine gegenseitige Beeinflussung der Krafteintragung der einzelnen Verpressanker zu vermeiden, können bei langen Verpressankern entweder kleinere Winkeltoleranzen oder ein Mindestabstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Krafteintragungslängen vereinbart werden.

ANMERKUNG 3 Um eine gegenseitige Beeinflussung der Krafteintragung der einzelnen Verpressanker zu vermeiden, ist die Einhaltung der Ausrichtungs- und Abweichungstoleranzen wichtig.

ANMERKUNG 4 Durch die Verwendung eines starren Bohrgestänges mit großem Durchmesser und den zugehörigen Verrohrungen können die Bohrlochabweichungen verringert werden.

ANMERKUNG 5 Abweichungen, die trotz eines starren Bohrgestänges auftreten, werden in der Regel durch Bohrhindernisse oder geneigte Bodenschichten verursacht.

8.2 Herstellung, Transport, Handhabung und Einbau von Zuggliedern

8.2.1 Herstellung

8.2.1.1 Während der Herstellung und Lagerung sind die Zugglieder und ihre Bestandteile sauber, frei von Korrosion, von mechanischen Beschädigungen und Schweißrückständen zu halten.

8.2.1.2 Die Zugglieder dürfen nicht enger als nach den Angaben des Herstellers gekrümmt werden.

8.2.1.3 Werden für Zugglieder vorgefettete Litzen verwendet, sind die Abschnitte des Zuggliedes in der Verankerungslänge mit Dampf oder Lösemitteln gründlich zu reinigen und zu entfetten.

8.2.1.4 Bei der Verwendung von Lösemitteln zum Entfetten der Zugglieder ist sicherzustellen, dass diese die Bestandteile des Verpressankers nicht angreifen, und dass der Verbund zwischen Zugglied und Verpressmörtel weiterhin die vorgesehenen Werte der Zugkräfte ohne unzulässige Kriechverformungen übertragen kann.

8.2.1.5 Zentrierteile zur Sicherstellung der erforderlichen Verpressmörtelüberdeckung des Zuggliedes sollten unverschieblich am Zugglied befestigt sein.

ANMERKUNG Der Abstand zwischen Zentrierteilen ist hauptsächlich von der Biegesteifigkeit und dem Gewicht des Zuggliedes abhängig.

8.2.2 Transport, Handhabung und Einbau

8.2.2.1 Während Auf- und Abladen, Transport, Handhabung und Einbau des Zuggliedes ist sorgfältig darauf zu achten, weder das Korrosionsschutzsystem zu beschädigen noch das Zugglied zu knicken, wodurch dessen Bestandteile und Korrosionsschutzkomponenten beschädigt werden könnten.

8.2.2.2 Vor dem Einbau des Zuggliedes sollte das Bohrloch auf Hindernisse, Sauberkeit und auf die richtige Länge überprüft werden.

8.2.2.3 Der Einbau des Zuggliedes sollte sorgfältig und kontrolliert ausgeführt werden, ohne dass dessen Bestandteile gegeneinander verschoben werden.

8.2.2.4 In aufwärts geneigten Bohrlöchern sollte das eingebaute Zugglied vor dem Verpressen gegen Verschieben gesichert werden.

8.2.2.5 Die Zeiträume zwischen den einzelnen zur Herstellung eines Verpressankers benötigten Arbeitsgängen sollten so kurz wie möglich gehalten werden.

8.2.2.6 In Böden, die zum Quellen oder Aufweichen neigen, sollten die Zugglieder unmittelbar nach Fertigstellung der Bohrung eingebaut und verpresst werden.

8.2.2.7 Der Einbau des Zuggliedes und das Verpressen sollten am gleichen Tag wie das Bohren der Krafteintragungslänge ausgeführt werden.

8.2.2.8 Ist eine Verzögerung unvermeidbar, sollte jede betroffene Bohrung verschlossen werden, um das Eindringen von schädlichem Material zu verhindern.

8.3 Verpressen

8.3.1 Allgemeines

8.3.1.1 Das Verpressen muss eine oder mehrere der folgenden Funktionen erfüllen:

a) Ausbildung des Verpresskörpers auf der Krafteintragungslänge so, dass die aufgebrachte Kraft vom Zugglied auf den umgebenden Baugrund übertragen werden kann;

b) Schutz des Zuggliedes vor Korrosion;

c) Verfestigung des Bodens, der die Krafteintragungslänge unmittelbar umgibt, um die Tragfähigkeit des Verpressankers zu erhöhen;

d) Abdichtung des Bodens, der die Krafteintragungslänge unmittelbar umgibt, um Verpressmörtelverluste zu begrenzen.

8.3.1.2 Überschreitet die Verpressmörtelmenge das dreifache Bohrlochvolumen, ohne dass der Verpressdruck dabei höher als der Überlagerungsdruck ist, ist abweichend von der üblichen Ankerherstellung eine Hohlraumverfüllung angezeigt.

ANMERKUNG 1 In derartigen Fällen kann eine Hohlraumverfüllung vor dem Verpressen des Ankers erforderlich sein.

ANMERKUNG 2 Für die Fälle c) und d) kann von einem üblichen Verpressmörtelverbrauch ausgegangen werden.

ANMERKUNG 3 Um den Verpresskörper auf der Krafteintragungslänge ohne unkontrollierte Verpressmörtelverluste herstellen zu können, kann eine Kombination der folgenden Maßnahmen vorgesehen werden:

— Bohrlochprüfung;

— Vorverpressen;

— Verpressen des Ankers.

8.3.2 Bohrlochprüfung

Nach der Fertigstellung des Bohrlochs oder während des Verpressens des Ankers sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um sicherzustellen, dass die Bohrung in der Krafteintragungslänge nach dem Erstarren des Verpressmörtels vollständig verpresst ist.

ANMERKUNG Dies kann beispielsweise durch einen Versuch zur Abschätzung der Durchlässigkeit, einen Absinkversuch oder eine Verpressung mit Zementmörtel erfolgen.

— **Wasserdruckversuch** – Die Wahrscheinlichkeit eines Zementmörtelverlustes kann im Fels anhand eines Wasserdruckversuchs bewertet werden. In der Regel wird der Versuch über die gesamte Länge des Bohrlochs oder über die Krafteintragungslänge mittels eines Packers durchgeführt. Eine Vorverpressung ist in der Regel nicht erforderlich, wenn der Wasserverlust im Bohrloch oder über die Krafteintragungslänge über einen Zeitraum von 10 min geringer als 5 l/min bei einem Überdruck von 0,1 MPa ist.

— **Absinkversuch mit Zementmörtel** – Wenn für die Herstellung der Krafteintragungslänge planmäßig kein Verpressen vorgesehen ist, kann das Bohrloch mit Zementmörtel aufgefüllt und der Zementmörtelspiegel beobachtet werden, bis er nicht weiter absinkt. Bei weiterem Absinken des Verpressmörtelspiegels wird das Bohrloch nachgefüllt und nach ausreichendem Ansteifen des Verpressmörtels wird das Bohrloch wieder aufgebohrt und die Prüfung wiederholt. Der Versuch kann über die ganze Bohrlochlänge durchgeführt oder, mittels Packer oder Verrohrung in der freien Stahllänge, auf die Krafteintragungslänge beschränkt werden.

— **Verpressen mit Zementmörtel** – Bei Ankertypen, bei denen die Krafteintragungslänge verpresst wird, erfolgt dies im Allgemeinen gesondert während des kontrollierten Zurückziehens der Verrohrung oder mit Hilfe eines Packers oder Manschettenrohrsystems. Während des Verpressens zeigt der Druckanstieg bei einem vorgegebenen Durchfluss den Erfolg des Verpressens an. Zum Abschluss kann der Erfolg des Verpressvorganges durch eine weitere Verpressphase überprüft werden, wobei der Gegendruck schnell wiederhergestellt sein sollte.

8.3.3 Vorverpressen

8.3.3.1 Allgemeines

8.3.3.1.1 Beim Vorverpressen sollte das Bohrloch mit oder ohne Druck mit Zementmörtel gefüllt werden.

ANMERKUNG In Fels oder in sehr steifen bis festen bindigen Böden mit teilweise gefüllten oder offenen Klüften oder in durchlässigen nichtbindigen Böden werden üblicherweise Sand-Zementmörtel-Mischungen verwendet, um den Verpressmörtelverbrauch gering zu halten.

8.3.3.1.2 Nach Beenden des Vorverpressens und dem Wiederaufbohren sollte das Bohrloch erneut geprüft werden. Bei Bedarf sollte das Vorverpressen mit oder ohne Druck wiederholt werden.

8.3.3.1.3 Werden Kunstharzmörtel verpresst, sollte nachgewiesen werden, dass diese keine Beeinträchtigung des Verpressankers oder der Umwelt (d. h. Verunreinigung von Baugrund oder Grundwasser) verursachen.

8.3.3.2 Vorverpressen im Fels

In Fels mit geringer Festigkeit ist der Zeitpunkt des Wiederaufbohrens in Abhängigkeit von der Verpressmörtelfestigkeit so zu wählen, dass keine Probleme mit Bohrlochabweichungen auftreten.

ANMERKUNG Gewöhnlich erfolgt ein Wiederaufbohren 6 bis 24 Stunden nach dem Vorverpressen.

8.3.3.3 Vorverpressen im Boden

8.3.3.3.1 Zeigt die Bohrlochprüfung, dass der Boden sehr durchlässig ist oder mit hoher Verpressrate ohne Gegendruck verpresst werden kann, ist mitunter ein Vorverpressen erforderlich.

ANMERKUNG Diese Ausführungsart ist keine Regelausführung, jedoch eine sinnvolle Vorsichtsmaßnahme, falls davon auszugehen ist, dass die oben beschriebenen Bodeneigenschaften vorherrschen.

8.3.3.3.2 In Ausnahmefällen kann es erforderlich sein, eine Hohlraumverfüllung als Teil einer allgemeinen Baugrundverfestigung auszuführen.

8.3.3.3.3 Derartige Arbeiten sollten nicht als Teil des Leistungsumfangs der üblichen Verpressankerherstellung betrachtet werden.

8.3.4 Verpressen des Ankers

8.3.4.1 Das Verpressen sollte schnellstmöglich nach dem Bohrvorgang ausgeführt werden.

8.3.4.2 Wird Verpressmörtel über einen zum Bohrlochtiefsten reichenden Verpressschlauch eingebracht, muss das Ende des Verpressschlauches im Verpressmörtel eingetaucht bleiben und das Verpressen muss fortgesetzt werden, bis reiner Mörtel am Bohrlochmund austritt.

8.3.4.3 Das Verpressen sollte vom unteren Ende der zu verpressenden Strecke erfolgen.

8.3.4.4 Bei waagerechten und aufwärts geneigten Bohrlöchern ist die Verwendung einer Dichtung oder eines Packers erforderlich, um Verpressmörtelverluste im Bereich der Krafteintragungslänge oder über die gesamte Bohrlochlänge zu verhindern.

8.3.4.5 Luft und Wasser müssen entweichen können, um eine vollständige Verfüllung mit Verpressmörtel zu ermöglichen.

8.3.4.6 Die Entlüftung von aufwärts geneigten Bohrlöchern kann mittels eines Schlauches erfolgen, der am höchsten Punkt beginnt und am Bohrlochmund austritt.

8.3.4.7 Beim Einbau nahezu waagerechter Verpressanker sollten besondere Maßnahmen wie ein mehrstufiges Verpressen angewendet werden, um zu verhindern, dass Fehlstellen in der zu verpressenden Strecke verbleiben.

8.3.4.8 Falls ein abschnittsweises Verpressen oder Nachverpressen über die Krafteintragungslänge vorgesehen ist, sollte(n) ein Rohr oder mehrere Rohre mit Manschettenanschluss (Manschettenrohre) im Ankersystem vorgesehen sein.

8.3.4.9 Bei bestimmten Baugrundbedingungen, bei denen Verpressmörtel das Zugglied in der freien Ankerlänge umhüllt, kann die Last aus der Krafteintragungslänge über die freie Ankerlänge auf die Rückseite des Bauwerks übertragen werden. Dies ist zu vermeiden.

8.3.4.10 Gegebenenfalls darf/dürfen eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen durchgeführt werden, um dies zu verhindern:

— Ausspülen des Verpressmörtels hinter dem Bauwerk;

— Ersetzen des Verpressmörtels in der freien Ankerlänge durch ein Material, das keine Lasten überträgt;

— Anordnung eines Packers vor der Krafteintragungslänge.

8.3.4.11 Zur Vergrößerung des Herausziehwiderstandes darf vor oder nach dem Einbau der Zugglieder in mehreren Stufen verpresst werden; dabei wird weiterer Verpressmörtel in den Boden eingepresst, und die Normalspannungen an der Grenzfläche von Baugrund und Verpresskörper werden vergrößert.

8.3.4.12 Nach dem Verpressen muss das Aussickern von Wasser aus dem Bohrlochmund verhindert werden.

8.3.5 Nachverpressen

8.3.5.1 In bestimmten Böden und wenn die angewendeten Bohr- und Spülverfahren dazu neigen, den Baugrund um das Bohrloch zu schwächen, darf im Bereich der Krafteintragungslänge nachverpresst werden, um die In-situ-Festigkeit des Baugrunds im Bereich der Krafteintragungslänge zu verbessern.

ANMERKUNG 1 Wird der Verpressanker in einem Baugrund mit geringer Tragfähigkeit eingebaut, hauptsächlich bei bindigen Böden oder klüftigem Fels mit geringen Festigkeiten, kann ein einzelnes Nachverpressen nicht ausreichend sein.

ANMERKUNG 2 Das Nachverpressen erfolgt durch einen oder mehrere Schläuche, die im Verpresskörper angebracht und mit Nachverpressventilen ausgestattet sind.

8.3.5.2 In Abhängigkeit von den vorhandenen Baugrundbedingungen kann das Nachverpressen frühestens 8 h bis 10 h nach dem Verpressen durchgeführt werden.

8.3.5.3 Das Nachverpressen sollte innerhalb von 24 h nach dem Verpressen erfolgen.

8.3.5.4 Weitere Nachverpressvorgänge dürfen danach in Abständen von 10 h erfolgen.

ANMERKUNG Die Steigerung des Herausziehwiderstandes des Verpressankers kann von den Nachverpressparametern abhängen (d. h. vom angewendeten Druck, dem Zeitpunkt der Ausführung, der Druckdauer, dem Gesamtverbrauch und der Pumprate von Verpressmörtel).

8.4 Spannen

8.4.1 Allgemeines

8.4.1.1 Das Spannen ist erforderlich, um die beiden folgenden Funktionen zu erfüllen:

— Ermittlung und Aufzeichnung der Kraft des Verpressankers und der Verschiebung des Ankerkopfes über die Zeit bis zum Erreichen der Prüfkraft;

— das Aufbringen einer Zugkraft und Verankern des Zuggliedes bei der Festlegekraft.

8.4.1.2 Das Spannen und die dazugehörenden Aufzeichnungen sind von erfahrenem Personal unter der Aufsicht eines qualifizierten Bauleiters auszuführen, der vorzugsweise von einem auf die Ankerherstellung spezialisierten Bauunternehmen oder einem Spannausrüstungslieferanten gestellt wird.

8.4.2 Ausrüstung zum Spannen

8.4.2.1 Die Kalibrierung von Spanngeräten und Kraftmessdosen, die regelmäßig eingesetzt werden, darf nicht mehr als 12 Monate vor deren Verwendung erfolgt sein, und das Kalibrierzeugnis muss für Kontrollzwecke jederzeit auf der Baustelle vorliegen.

8.4.2.2 Die Ausrüstung zum Spannen von Stab-, Draht- und Litzenspanngliedern sollte das ganze Zugglied gleichzeitig spannen.

8.4.2.3 Die Ausrüstung sollte in der Lage sein, die Zugglieder mit der vorhandenen Nenndruckleistung der Pumpeneinheit bis zur angegebenen Prüfkraft zu spannen.

8.4.3 Spannvorgang

8.4.3.1 Wenn das Bauwerk eine bestimmte Reihenfolge des Spannens einzelner Verpressanker oder ein stufenweises Spannen der Anker erfordert, ist dies in der Planungsphase festzulegen.

8.4.3.2 Das verankerte Bauwerk muss so bemessen sein, dass es die Beanspruchung aus der Prüfung von Verpressankern nach Abschnitt 9 aufnehmen kann.

8.4.3.3 Vor Aufbringen einer Zugkraft sollten das Spannverfahren und die Protokollierung im Detail festgelegt werden.

8.4.3.4 Die Ausrüstung zum Spannen sollte entsprechend der Gebrauchsanweisung des Herstellers verwendet werden.

8.4.3.5 Das Spannen oder Prüfen sollte erst ausgeführt werden, wenn der Verpressmörtel in der Krafteintragungslänge ausreichend erhärtet ist, wofür normalerweise sieben Tage erforderlich sind.

8.4.3.6 In empfindlichen bindigen Böden kann es angebracht sein, eine Mindestwartezeit zwischen dem Abschluss des Ankereinbaus und dem Beginn der Spannarbeiten festzulegen, in der der Boden wieder konsolidieren kann.

8.4.3.7 Wird in empfindlichen bindigen Böden ein Abfall der Vorspannkraft innerhalb eines kurzen Zeitraums nach dem Festlegen des Verpressankers festgestellt, kann eine Reihe regelmäßiger, z. B. wöchentlicher, erneuter Spannvorgänge vorgenommen werden, um zu untersuchen, ob die erforderliche Tragfähigkeit des Ankers nachweisbar ist.

8.4.3.8 Während des Prüfens und Spannens von Bauwerksankern dürfen unterhalb des Verankerungspunktes keine Eindruckstellen durch Keile auf dem Zugglied entstehen.

8.4.3.9 Der Korrosionsschutz von Bauwerksankern darf nicht beschädigt werden.

8.4.4 Festlegen des Verpressankers

8.4.4.1 Verpressanker werden gewöhnlich nach der Abnahmeprüfung vorgespannt und bei einer Kraft nach EN 1997-1 festgelegt.

8.4.4.2 Das Festlegen des Verpressankers darf die Fähigkeit des Ankerkopfes zur Übertragung der Kraft nach 6.2.2 nicht beeinträchtigen.

8.4.4.3 Verändert sich die Ankerkraft anschließend, ist die Eignung der Verankerungselemente (z. B. der Keile, Muttern) zu prüfen.

8.4.5 Spannen von Verpressankern mit gestaffelten freien Längen

8.4.5.1 Bei Verpressankern mit gestaffelten freien Längen muss der Spannvorgang besonders sorgfältig ausgeführt werden, um eine Überlastung jedes einzelnen Zuggliedes zu vermeiden.

ANMERKUNG Dies gilt im Besonderen für die Zugglieder mit kürzeren freien Längen.

8.4.5.2 Der Spannvorgang muss so erfolgen, dass bei Erreichen der Prüfkraft die Kräfte in allen Zuggliedern gleich groß sind.

ANMERKUNG Nach dem Festlegen des Verpressankers und im Gebrauchszustand können die Spannungen in den einzelnen Zuggliedelementen leicht variieren.

9 Aufsicht, Prüfung und Langzeitüberwachung

9.1 Allgemeines

9.1.1 Es werden drei Arten von Ankerprüfungen unterschieden:

— Untersuchungsprüfung;

— Eignungsprüfung;

— Abnahmeprüfung.

9.1.2 Untersuchungsprüfungen, die vor der Herstellung der Bauwerksanker erfolgen, ergeben:

a) den Herausziehwiderstand R_a des Verpressankers an der Grenzfläche von Baugrund und Verpressmörtel;

b) die kritische Kriechlast des Ankersystems; oder

c) das Kriechverhalten des Ankersystems bei Belastung bis zum Versagen; oder

d) den Spannkraftabfall des Ankersystems im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit P_0;

e) eine rechnerische freie Stahllänge L_{app}.

9.1.3 Für eine bestimmte Bemessungssituation bestätigen die Eignungsprüfungen:

a) die Tragfähigkeit bei der Prüflast P_p;

b) das Kriechverhalten oder den Spannkraftabfall bis zur Prüflast des Ankersystems;

c) die rechnerische freie Stahllänge L_{app}.

9.1.4 Für jeden einzelnen Verpressanker bestätigen die Abnahmeprüfungen:

a) die Tragfähigkeit des Verpressankers bei der Prüflast;

b) sofern erforderlich, das Kriechverhalten oder den Spannkraftabfall im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit;

c) die rechnerische freie Stahllänge L_{app};

d) dass die Festlegekraft nach Abzug der Reibung dem in der Bemessung ermittelten Wert der Ankerkraft entspricht.

9.1.5 Die Überwachung und Bewertung aller Ankerprüfungen müssen durch einen Fachmann erfolgen, der Erfahrung mit der Technologie der Verpressanker besitzt.

ANMERKUNG Die in prEN ISO 22477-5 festgelegten Prüfverfahren für Untersuchungs- sowie für Eignungs- und Annahmeprüfungen gelten sowohl für Kurzzeit- als auch für Daueranker.

9.1.6 Für jedes Bauprojekt, bei dem Korrosionsschutzumhüllungen innerhalb des Bohrlochs aufgefüllt werden, ist zuvor eine Prüfung durchzuführen, bei der die Korrosionsschutzumhüllung mit gleichartiger Vorgehensweise und unter ähnlichen geometrischen Bedingungen wie bei den Bauwerksankern vollständig mit einem Verpressmörtel nach 6.4.2 verfüllt wird.

9.2 Anforderungen an Messungen

Anforderungen an die Messung der Kraft, die Verschiebung, die Zeit und die Temperatur sind prEN ISO 22477-5 zu entnehmen.

9.3 Vorbelastung

Um die Bewegungen des Versuchsaufbaus bei der Erstbelastung zu minimieren, ist eine Vorbelastung P_a aufzubringen. Die Anforderungen für die Vorbelastung sind in prEN ISO 22477-5 festgelegt.

9.4 Prüfverfahren

In prEN ISO 22477-5 sind die für jede Art der Ankerprüfung zulässigen drei Prüfverfahren beschrieben. Diese sind:

a) **Prüfverfahren 1:** Der Verpressanker wird in Zyklen stufenweise von der Vorbelastung bis zur Prüflast belastet. Die Prüfung umfasst die Messung der Verschiebung des Verankerungspunkts als Funktion der aufgebrachten Last sowie, bei der höchsten Last jedes Zyklus, die Messung der Verschiebung des Verankerungspunkts als Funktion der Zeit.

b) **Prüfverfahren 2:** Der Verpressanker wird in Zyklen stufenweise von der Vorbelastung bis zur Prüflast belastet. Für jeden Zyklus wird der Kraftabfall am Ankerkopf bei der maximalen Spannkraft über einen festgelegten Zeitraum gemessen.

c) **Prüfverfahren 3:** Der Verpressanker wird stufenweise von der Vorbelastung bis zur maximalen Prüfkraft belastet. Die Verschiebung des Verankerungspunkts wird in jeder Laststufe bei jeweils konstant gehaltener Ankerkraft gemessen.

9.5 Untersuchungsprüfung

9.5.1 Vor Herstellung der Bauwerksanker können Untersuchungsprüfungen gefordert werden, um den Herausziehwiderstand in Abhängigkeit von den Baugrundbedingungen und von den verwendeten Baustoffen zu ermitteln, die Fachkompetenz des Ausführenden festzustellen und/oder um einen neuen Ankertyp bis zum Versagen an der Grenzfläche von Baugrund und Verpressmörtel zu prüfen.

9.5.2 Untersuchungsprüfungen sollten für Verpressanker durchgeführt werden, die in Baugrundbedingungen eingesetzt werden, für die bisher keine Untersuchungsprüfungen durchgeführt wurden, oder wenn höhere Gebrauchslasten als bisher unter vergleichbaren Baugrundbedingungen aufgebracht werden sollen.

9.5.3 Die Anzahl der Untersuchungsprüfungen sollte bei Entwurf und Bemessung vereinbart werden.

9.5.4 Wurden Verpressanker bei den Untersuchungsprüfungen bis zum Bruch belastet, dürfen sie nicht als Bauwerksanker verwendet werden.

9.5.5 Der Bohrlochdurchmesser und die Abmessungen der weiteren Ankerteile mit Ausnahme des Zuggliedes sollten die gleichen wie bei den Bauwerksankern sein.

9.5.6 Wenn in den Bauwerksankern keine Zugglieder mit höherer Zugtragfähigkeit möglich sind, dürfen Verpressanker mit einer verkürzten Krafteintragungslänge geprüft werden, um ein Versagen zwischen Baugrund und Verpressmörtel zu erreichen.

9.5.7 Wenn bei Verpressankern mit verkürzter Krafteintragungslänge der Bruch eingetreten ist, sollte bei Verlängerung der Krafteintragungslänge nicht auf eine direkt proportionale Zunahme des Herausziehwiderstandes bei Ankern mit größerer Krafteintragungslänge geschlossen werden.

9.5.8 Bei Vergrößerung des Bohrlochdurchmessers darf aus dem Verhalten des Verpressankers bei der Untersuchungsprüfung nicht direkt auf die Bauwerksanker geschlossen werden.

9.6 Eignungsprüfung

9.6.1 Vor Durchführung von Eignungsprüfungen sollten vorliegende Untersuchungsprüfungen berücksichtigt und deren Ergebnisse bewertet werden.

9.6.2 Dauer- und Kurzzeitanker sollten Eignungsprüfungen unterzogen werden, um die in 9.1.3 beschriebenen Informationen zu erhalten.

9.6.3 Die Eignungsprüfungen sind auf der Baustelle durchzuführen, auf der die Verpressanker hergestellt werden.

9.6.4 Die Anzahl der Eignungsprüfungen ist in EN 1997-1 festgelegt.

9.7 Abnahmeprüfung

Jeder Bauwerksanker ist einer Abnahmeprüfung zu unterziehen.

9.8 Ermittlung der rechnerischen freien Stahllänge

9.8.1 Hinweise für die Ermittlung der rechnerischen freien Stahllänge sind prEN ISO 22477-5 zu entnehmen.

9.8.2 Für die Grenzwerte von L_{app} gilt:

— Oberer Grenzwert für Verbundanker:

$$L_{app} = L_{tf} + L_e + 0{,}5\ L_{tb}$$

— Oberer Grenzwert für Druckrohranker:

$$L_{app} = 1{,}1\ L_{tf} + L_e$$

— Unterer Grenzwert sowohl für Verbund- als auch für Druckrohranker:

$$L_{app} = 0{,}8\ L_{tf} + L_e$$

9.8.3 Liegt die rechnerische freie Stahllänge außerhalb der Grenzwerte, darf der Verpressanker wiederholten Belastungszyklen bis zur Prüfkraft P_p unterzogen werden.

9.8.4 Zeigt der Verpressanker im Kraft-Verschiebungs-Diagramm ein reproduzierbares Verhalten, kann der Anker abgenommen werden, sofern er die sonstigen Bemessungskriterien erfüllt.

9.8.5 Zeigt der Anker im Kraft-Verschiebungs-Diagramm kein reproduzierbares Verhalten, sollte die Auswirkung auf die Bemessung des gesamten Bauwerkes bewertet werden und es sollten, sofern erforderlich, geeignete Maßnahmen zur Erfüllung der Bemessungsanforderungen ergriffen werden.

9.9 Aufsicht der Herstellung und Prüfung

9.9.1 Der Einbau und die Prüfung aller Verpressanker sind zu überwachen und auf der Baustelle zu protokollieren (siehe Abschnitt 10).

9.9.2 Sollte die Überprüfung Zweifel an der Qualität der eingebauten Verpressanker erkennen lassen, sind zusätzliche Untersuchungen vorzunehmen, um die tatsächliche Ausführung der Anker festzustellen.

9.10 Langzeitüberwachung

9.10.1 Verpressanker können mit einer Überwachungseinrichtung ausgestattet werden.

9.10.2 Wenn ein Bauwerk auf Laständerungen oder Baugrundverformungen empfindlich reagiert, kann mit dieser Überwachungseinrichtung das Verhalten des Verpressankers während der geplanten Nutzungsdauer überwacht werden.

9.10.3 Die Notwendigkeit einer Überwachung sowie die Anzahl der zu überwachenden Verpressanker und die Messintervalle sind bei Entwurf und Bemessung festzulegen.

9.10.4 Die Überwachung sollte auch die Überprüfung des Korrosionsschutzes der zugänglichen Teile des Ankerkopfes und des Ankerkopfes selbst umfassen.

9.10.5 Wenn eine Überwachung erfolgt, sollten mindestens 5 % der Verpressanker während ihrer geplanten Nutzungsdauer regelmäßig überwacht werden.

9.10.6 Wird ein Verpressanker mit einem Langzeitüberwachungssystem zur Kraftmessung ausgerüstet, sollten zwei weitere Anker desselben Typs und mit derselben Gebrauchslast in unmittelbarer Nähe so ausgestattet werden, dass eine Kontrolle der vorhandenen Ankerkraft durch Abhebeversuche als Referenz der Überwachungseinrichtung möglich ist, sofern diese erforderlich ist.

10 Aufzeichnungen

10.1 Ein Ankereinbauplan, der die technische Spezifikation für das zu verwendende Ankersystem enthält, ist zu erstellen und auf der Baustelle vorzuhalten.

ANMERKUNG Ein Ankereinbauplan kann, sofern zutreffend, folgende Angaben enthalten:

— Ankertyp mit Bezeichnung;

— Anzahl der Verpressanker;

— Lage und Neigung jedes Verpressankers und Toleranzen für den Einbau;

— freie Ankerlänge und Krafteintragungslänge;

— erforderliche Prüfkraft und Festlegekraft;

— Einbauverfahren (Bohren, Einbau, Verpressen und Spannen);

— bekannte Bohrhindernisse;

— weitere Beschränkungen für den Ankereinbau.

10.2 Protokolle der Ankerherstellung sind nach EN 1997-1 zu führen und müssen, sofern zutreffend, Folgendes beinhalten:

a) Anzahl und Lage der Verpressanker;

b) Lieferscheine aller Zemente, Kunstharze und Härter, Zement- und Kunstharzmörtel;

c) angetroffene Baugrundverhältnisse;

d) Bohrgeräte und Bohrverfahren;

e) Einbauverfahren und Abmessung der Ankerelemente;

f) Datum und Zeit des Einbaus jedes Verpressankers;

g) Witterungsbedingungen;

h) Zusammensetzung des Verpressmörtels, Verpressdruck, Verpressmenge, Verpresslänge, Einpresszeit, Vor- und Nachverpressung;

i) Einbau des gewählten Korrosionsschutzes;

j) Anforderungen an die Prüfung der Verpressanker einschließlich der Kalibrierzertifikate;

k) Spannen, einschließlich der Festlegekraft;

l) Überwachungseinrichtungen;

m) ausführende Firma;

n) Name des Bohrgeräteführers/der Fachkraft, die den Spannvorgang ausführt,/des Poliers/des Ingenieurs.

10.3 Für den Einbau jedes Verpressankers ist ein mit einer Unterschrift versehenes Protokoll zu erstellen, das jede Besonderheit der Ankerherstellung enthalten muss.

10.4 Alle Herstell- und Prüfprotokolle sind nach Abschluss der Arbeiten aufzubewahren.

10.5 Aufmaßpläne sind nach Abschluss der Arbeiten anzufertigen und zusammen mit den Bauplänen aufzubewahren.

10.6 Sofern vorhanden, sind Abnahmezeugnisse von Überwachungsstellen für die beim Ankereinbau verwendeten Materialien zusammen mit den Bauplänen aufzubewahren.

10.7 Kopien sämtlicher in diesem Abschnitt beschriebenen Protokolle sollten so hinterlegt werden, dass interessierte Parteien sie in Zukunft einsehen können.

ANMERKUNG Anhang D enthält ein Beispiel für ein Herstellprotokoll.

11 Besondere Anforderungen

11.1 Bei der Ausführung von Ankerarbeiten ist Folgendes einzuhalten:

— Baustellensicherheit;

— Umweltschutz;

— Sicherheit der Arbeitsverfahren;

— Betriebssicherheit von Bohrgeräten, Hilfsgeräten und Werkzeugen.

11.2 Sind keine Europäischen Normen vorhanden, sind die nationalen Normen, Spezifikationen oder gesetzlichen Bestimmungen bei der Ausführung von Ankerarbeiten einzuhalten.

11.3 Bei allen Verfahren, bei denen Personal in der Nähe von schweren Geräten und Werkzeugen arbeitet, ist besondere Aufmerksamkeit erforderlich.

11.4 Störungen und/oder Umweltschädigungen, die bei Ankerarbeiten auftreten können, sind auf ein Minimum zu begrenzen.

ANMERKUNG Derartige Störungen und/oder Umweltschädigungen können verursacht werden durch:

— Lärm;

— Baugrundvibration;

— Baugrundverschmutzung;

— Oberflächenwasserverschmutzung;

— Grundwasserverschmutzung;

— Luftverschmutzung.

11.5 Während des Spannens sind folgende Sicherungsmaßnahmen erforderlich:

— Bedienpersonal und Beobachter müssen seitlich zur Ausrüstung zum Spannen stehen und dürfen während des Spannens nicht hinter der Ausrüstung vorbeigehen.

— Es müssen Warnschilder mit der Aufschrift „GEFAHR — Spannvorgang“ oder ähnlichem Wortlaut aufgestellt werden.

Anhang A
(informativ)

Beispiele für die Prüfung des Korrosionsschutzes

Dieser Anhang beschreibt Prüfverfahren, mit denen die Unversehrtheit des Korrosionsschutzes einer vorgefertigten Ankerumhüllung während oder nach der Belastung ermittelt werden kann. Diese Prüfungen werden in einem Prüfrahmen durchgeführt. Bild A.1 zeigt den allgemeinen Versuchsaufbau.

PRÜFUNG A

In diesem Verfahren wird ein umhülltes Zugglied ohne seitliche Dehnungsbehinderung der Korrosionsschutzumhüllung belastet.

Das Zugglied, der Verpressmörtel und das/die umgebende(n) Kunststoffhüllrohr(e) werden der gleichen Belastung wie die Bauwerksanker unterzogen.

Der Verpressanker wird bis zur höchsten Kraft belastet, der er während der In-situ-Prüfung ausgesetzt wird.

Die Biegsamkeit und der Widerstand des Hüllrohres gegen Rissbildung werden während der Belastung des Verpressankers von außen beobachtet.

Das Zugglied wird anschließend vollständig entlastet.

Ein Teil der äußeren Kunststoffumhüllung wird entfernt und das Zugglied erneut bis zur Festlegekraft belastet, um den Zustand des inneren Hüllrohrs zu untersuchen sowie die Rissverteilung und Rissbreite im Verpressmörtel zu prüfen.

PRÜFUNG B

In diesem Verfahren wird ein umhülltes Zugglied in einem verpressten, längs teilbaren Stahlrohr belastet.

Die Belastung entspricht der eines Bauwerksankers.

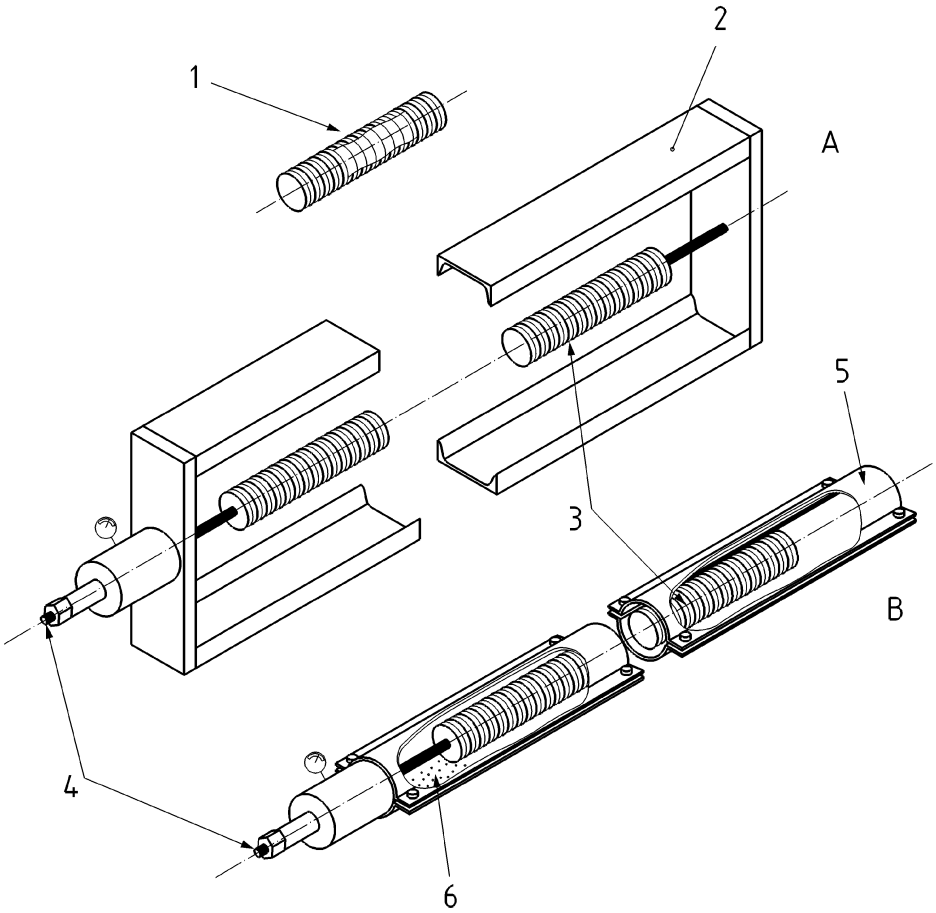
Der Verpressanker wird bis zur höchsten Kraft belastet, der er während der In-situ-Prüfung ausgesetzt wird.

Das Zugglied wird anschließend vollständig entlastet.

Das Stahlrohr wird geöffnet und der Verpressmörtel um die äußere Kunststoffumhüllung entfernt. Die Unversehrtheit der äußeren Kunststoffumhüllung wird anschließend überprüft.

Nach dem Entfernen des äußeren Kunststoffhüllrohres wird entweder das innere Hüllrohr untersucht oder es werden – falls kein inneres Hüllrohr verwendet wurde – die Rissverteilung und Rissbreite des inneren Verpressmörtels gemessen.

Es muss der Höchstabstand zwischen Rissen innerhalb der Korrosionsschutzumhüllung festgestellt werden, um damit die größte Rissbreite anhand der bekannten Dehnung des Zugglieds bei der Prüflast ermitteln zu können.



Legende

1 Untersuchung der inneren Hülle oder der Rissverteilung im Verpressmörtel/beobachtete Rissbreite/gemessen an verschiedenen Stellen in belastetem (Prüfung A) oder unbelastetem (Prüfung B) Zustand
2 Prüfrahmen
3 Korrosionsschutzumhüllung des Zuggliedes
4 Stab-, Mehrfach-Litzen- oder Mehrfach-Drahtzuggliedersystem
5 teilbares Stahlrohr
6 Verpressmörtel
A Prüfung A, Verpressanker ohne seitliche Dehnungsbehinderung
B Prüfung B, Anker im verpressten Stahlrohr

Bild A.1 — Prüfung von Korrosionsschutz

Anhang B
(informativ)

Hinweise zu den Abnahmekriterien für viskose Korrosionsschutzmassen und Beispiele für Normen für die Prüfung der Materialeigenschaften

Tabelle B.1 — Abnahmebedingungen für viskose Korrosionsschutzmassen

Eigenschaft	Einheit	Abnahmewerte
Gehalt an freiem Schwefel, Sulfaten und Sulfiden	1×10^{-3} mgm/gm	≤ 50
Gehalt an Chloriden, Nitriten, Nitraten und an Rhodaniten	1×10^{-3} mgm/gm	≤ 50
Spezifischer Widerstand	Ω * cm	≥ 10^9
Wasseraufnahme c(KOH) = 0,1 mol/l nach 30 Tagen	%	≤ 2
Verseifung (Säuregehalt)	mg KOH/gm	≤ 5
Ausölen auf Filterpapier bei 50 °C nach 24 h: Durchmesservergrößerung des Ölflecks	mm	≤ 5
Eindringtiefe bei der Ausölprüfung auf erhärtetem 5 mm dickem Zementmörtel bei 50 °C nach 7 Tagen	mm	≤ 2
Thermische Beständigkeit nach 24 h. Kein Öltropfen am Sieb bei Temperatursteigerung von 10 °C alle 2 h	°C Auftreten von Öltropfen	≥ 40
Tropfpunkt	°C	≥ 60
Rostschutz – bei Seenebel: 5 % NaCl – 168 h bei 35 °C	–	Sichtprüfung Keine Korrosion
Absetzmaß bei 40 °C	%	≤ 5

Beispiele für Normen für die Prüfung von Materialeigenschaften sind:

— EN ISO 9227, *Korrosionsprüfungen in künstlichen Atmosphären — Salzsprühnebelprüfungen*

— DIN 51576, *Prüfung von Mineralöl-Kohlenwasserstoffen — Bestimmung des Salzgehaltes*

— DIN 53483 (alle Teile), *Prüfung von Isolierstoffen — Bestimmung der dielektrischen Eigenschaften*

— ASTM D130-12, *Standard test method for corrosiveness to copper from petroleum products by copper strip test*

— ASTM D94-07, *Standard test methods for saponification number of petroleum products*

— ASTM D512-12, *Standard test methods for chloride ion in water*

Anhang C
(informativ)

Korrosionsschutzsysteme für Kurzzeit- und Daueranker sowie typische Einzelheiten zu Dauerankerköpfen

Tabelle C.1 — Beispiele für Korrosionsschutzsysteme für Kurzzeitanker

1. Verankerungslänge des Zuggliedes Alle eingebauten Zugglieder sollten mindestens 10 mm Zementmörtelüberdeckung zur Bohrlochwand aufweisen. In aggressivem Baugrund kann es erforderlich sein, den Schutz, beispielsweise durch Anbringen eines einzelnen gerippten Kunststoffrohres um das Zugglied, zu verbessern.
2. Freie Stahllänge Das Schutzsystem sollte geringe Reibungseigenschaften aufweisen und die Bewegung des Zuggliedes innerhalb des Bohrlochs zulassen. Dies kann durch eine der folgenden Maßnahmen erreicht werden: a) Kunststoffhüllrohr um jedes einzelne Zugglied, am erdseitigen Ende gegen Wasserzutritt verschlossen; b) Kunststoffhüllrohr um jedes einzelne Zugglied, vollständig mit Korrosionsschutzmasse gefüllt; c) Kunststoff- oder Stahlhüllrohr um alle Zugglieder, am erdseitigen Ende gegen Wasserzutritt verschlossen; d) Kunststoff- oder Stahlhüllrohr um alle Zugglieder, vollständig mit Korrosionsschutzmasse gefüllt. b) oder d) ist für die Verwendung in aggressiver Umgebung geeignet.
3. Übergang zwischen Ankerkopf und freier Länge (innerer Ankerkopf) Das Hüllrohr um die freie Ankerlänge kann gegenüber der Auflagerplatte/dem Ankerkopf abgedichtet sein oder ein Metall- oder Kunststoffhüllrohr kann an die Auflagerplatte dicht verbunden oder angeschweißt sein. Dieses Metall- oder Kunststoffhüllrohr sollte das Hüllrohr in der freien Ankerlänge überlappen und unter aggressiven Bedingungen am unteren Ende mit Korrosionsschutzmasse, Zement oder Harz gefüllt sein.
4. Ankerkopf Ist der Ankerkopf für Überprüfungen und erneutes Beschichten zugänglich, sollte eine der folgenden Schutzmaßnahmen angewendet werden: a) Beschichtung mit einer nicht flüssigen Korrosionsschutzmasse; oder b) eine Umwicklung aus einer mit Korrosionsschutzmasse getränkten Binde; Ist der Ankerkopf nicht zugänglich, sollte eine Metall- oder Kunststoffkappe angebracht und für den verlängerten Gebrauch mit Korrosionsschutzmasse gefüllt werden. In aggressiver Umgebung sollte eine mit Korrosionsschutzmasse gefüllte Metall- oder Kunststoffkappe verwendet werden.

Tabelle C.2 — Beispiele für Korrosionsschutzsysteme für Daueranker

Verifizierung des vorhandenen Schutzes

Alle Korrosionsschutzsysteme müssen Prüfungen zum Nachweis der Wirksamkeit des Systems unterzogen werden. Die Ergebnisse dieser Prüfungen sind zu dokumentieren und zur Überprüfung bereitzuhalten.

Bei einem einzelnen Korrosionsschutzsystem ist eine physikalische Korrosionsschutzhülle für das Zugglied vorhanden. Bei einem doppelten Korrosionsschutzsystem sind zwei Hüllen vorhanden, wobei die äußere zweite Hülle dem Schutz der inneren Hülle gegen mögliche Beschädigungen während Handhabung und Einbau des Zuggliedes dient.

Ist nur ein einzelnes Korrosionsschutzsystem innerhalb der Verankerungslänge des Zuggliedes vorhanden, kann die Unversehrtheit dieser Hülle mittels einer In-situ-Prüfung, wie z. B. einer Dichtigkeitsprüfung mit Wasser, überprüft werden.

1. Verankerungslänge des Zuggliedes	**Vor Ort vorhandene Schutzhüllen**
Die Korrosionsschutzumhüllung kann aus einer der folgenden Maßnahmen bestehen:	
a) einem einzelnen gerippten mit Zementmörtel gefülltem Kunststoffrohr um das Zugglied;	a) ein Kunststoffhüllrohr;
b) zwei konzentrisch angeordneten gerippten Kunststoffrohren um das Zugglied, die vor dem Einbau im Ringraum zwischen den Rohren und innerhalb des Kerns verfüllt werden (mit Zement oder Harz);	b) zwei Kunststoff-hüllrohre;
c) einem einzelnen gerippten mit Zementmörtel verfülltem Kunststoffhüllrohr um ein Stabzugglied oder ein Zugglied aus mehreren Elementen. Die Zementmörtelüber-deckung zwischen Hüllrohr und Stab muss eine Dicke von mindestens 5 mm haben. Die Außenfläche des Stabzuggliedes ist durchgehend gerippt. Die Rissbreite des Zementmörtels zwischen Hüllrohr und Stab beträgt im Gebrauchszustand höchstens 0,1 mm;	c) Zementmörtel innen und umgebendes Kunststoffhüllrohr;
d) einem einzelnen Stahl- oder gerippten Kunststoffmanschettenrohr mit einer Wanddicke von mindestens 3 mm und einer Verpressmörtelüberdeckung von mindestens 20 mm, hergestellt mit einem Mindest-Verpressdruck von 500 kPa in Abständen von höchstens 1 Meter entlang des Manschettenrohres. Die Zementmörtelüberdeckung zwischen Hüllrohr und Zuggliedelementen muss eine Dicke von mindestens 5 mm haben. Die Rissbreite des Zementmörtels zwischen Hüllrohr und Zugglied beträgt im Gebrauchszustand höchstens 0,2 mm;	d) Zementmörtel innen und umgebendes Kunststoff- oder Stahlhüllrohr;
e) einem einzelnen gerippten Stahlhüllrohr (Druckrohr), welches eng ein gefettetes Stahlzugglied umschließt. Das Rohr und die Kunststoffkappe an der Befestigungsmutter sind durch die Zementmörtelumhüllung mit einer Dicke von mindestens 10 mm geschützt, wobei die Rissbreite im Gebrauchszustand höchstens 0,1 mm beträgt.	e) Stahlhüllrohr und Zementmörtel-umhüllung.

2. Freie Stahllänge

Das Korrosionsschutzsystem lässt die freie Bewegung des Zuggliedes innerhalb des Bohrlochs zu. Dies kann durch eine der folgenden Maßnahmen erreicht werden:

— ein Kunststoffhüllrohr um einzelne Zugglieder, das vollständig mit flexibler Korrosionsschutzmasse gefüllt ist, zuzüglich A, B, C oder D, siehe unten;

— ein Kunststoffhüllrohr um einzelne Zugglieder, das vollständig mit Zementmörtel gefüllt ist, zuzüglich A oder B, siehe unten;

— ein gemeinsames Kunststoffhüllrohr um mehrere Zugglieder, das vollständig mit Zementmörtel gefüllt ist, zuzüglich B, siehe unten.

A Sammel-Kunststoffhüllrohr, das mit flexibler Korrosionsschutzmasse gefüllt ist;

B Sammel-Kunststoffhüllrohr, das an beiden Enden gegen Wasserzutritt verschlossen ist;

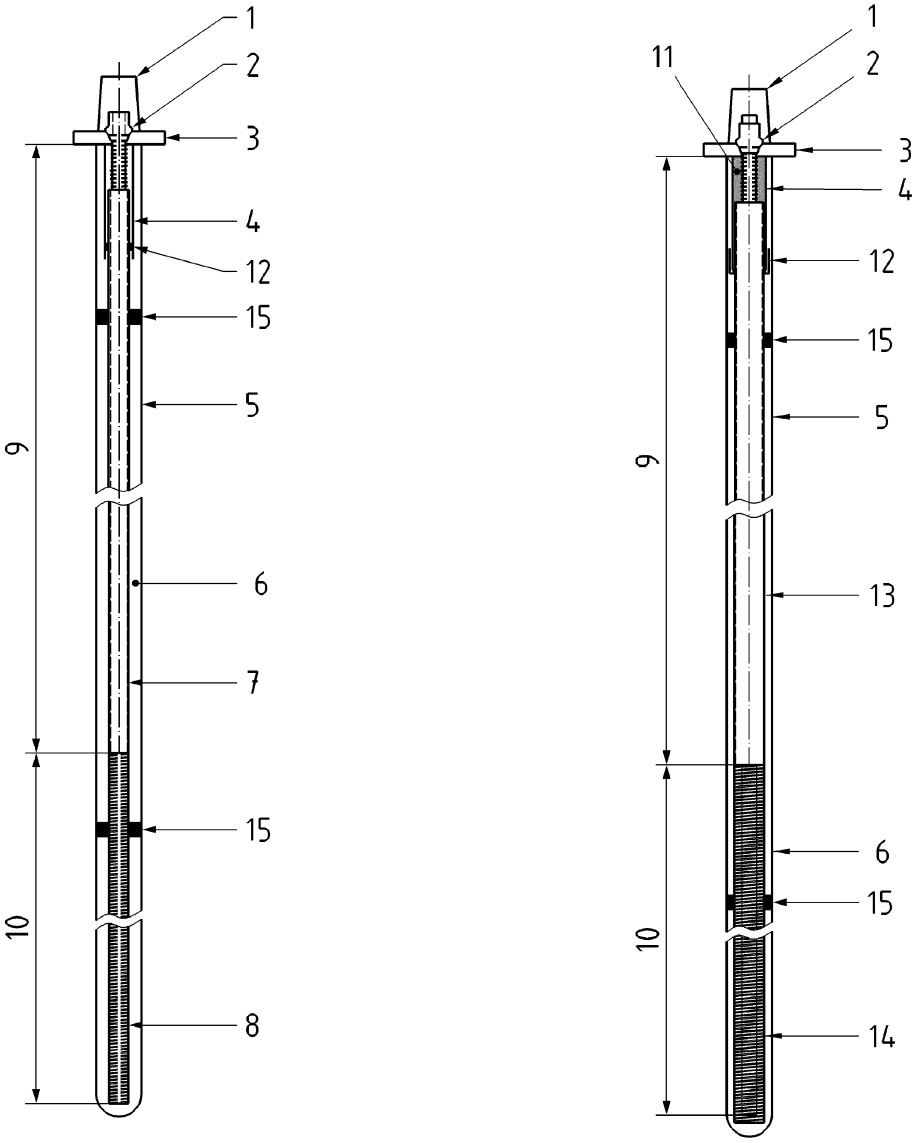
C Sammel-Kunststoffhüllrohr, das mit Zementmörtel gefüllt ist;

D Sammel-Stahlhüllrohr, das mit dichtem Zementmörtel gefüllt ist.

Um die freie Beweglichkeit des Zuggliedes oder der Zugglieder beim Spannen sicherzustellen, muss innerhalb der Einzel- oder Sammelhüllrohre ein Gleitmittel oder ein verbundfreier Kontakt vorhanden sein.

Tabelle C.2 (*fortgesetzt*)

3. Übergang zwischen Ankerkopf und freier Länge Ein beschichtetes, verpresstes oder einbetoniertes Metallhüllrohr oder feststehendes Kunststoffrohr wird mit dem Ankerkopf dicht verbunden oder verschweißt. Anschließend wird es gegen das Hüllrohr der freien Ankerlänge abgedichtet und mit Korrosionsschutzmasse, Zement oder Harz gefüllt.
4. Ankerkopf Eine beschichtete und/oder feuerverzinkte Metallkappe mit einer Wanddicke von mindestens 3 mm oder eine steife Kunststoffkappe mit einer Wanddicke von mindestens 5 mm und einer Flanschdicke von mindestens 10 mm wird mit der Auflagerplatte verbunden und, sofern abnehmbar ausgeführt, mit einer flexiblen Korrosionsschutzmasse gefüllt und mit einem Dichtelement verschlossen. Wenn sie nicht abnehmbar ausgeführt ist, kann sie mit Zement oder Harz gefüllt werden.

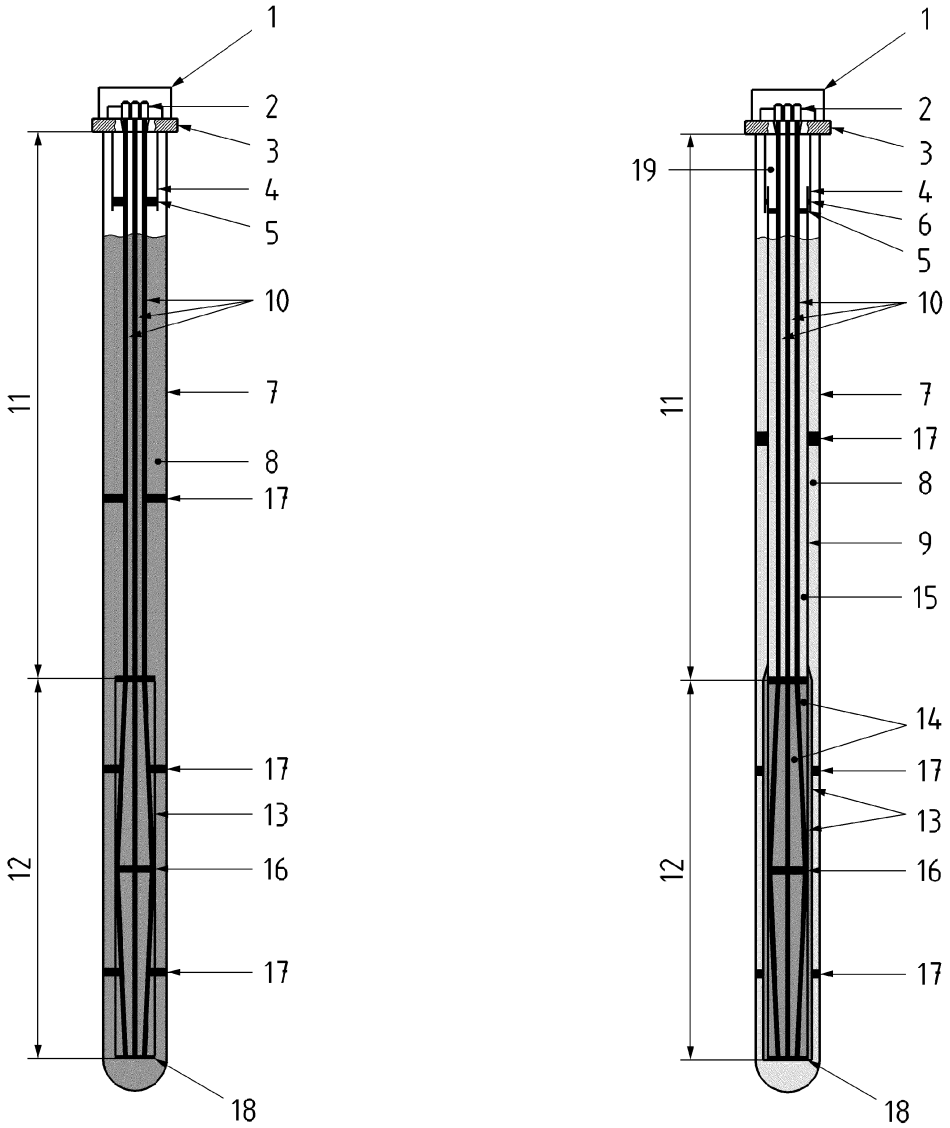


a) Stabanker, einfacher Korrosionsschutz **b) Stabanker, doppelter Korrosionsschutz**

Legende

1 Schutzkappe, gefüllt mit Korrosionsschutzmasse
2 Ankermutter
3 Ankerplatte
4 Übergangsrohr aus Stahl
5 Bohrloch
6 Verpressmörtel
7 glattes Kunststoffhüllrohr
8 geripptes Zugglied
9 freie Ankerlänge
10 Krafteintragungslänge
11 Korrosionsschutzmasse
12 Abdichtung, O-Ring
13 glattes Kunststoffhüllrohr um geripptes Kunststoffhüllrohr
14 geripptes Kunststoffhüllrohr, vorverpresst
15 Abstandhalter

Bild C.1 — Beispiele für einfachen und doppelten Korrosionsschutz für einen gerippten Stabanker

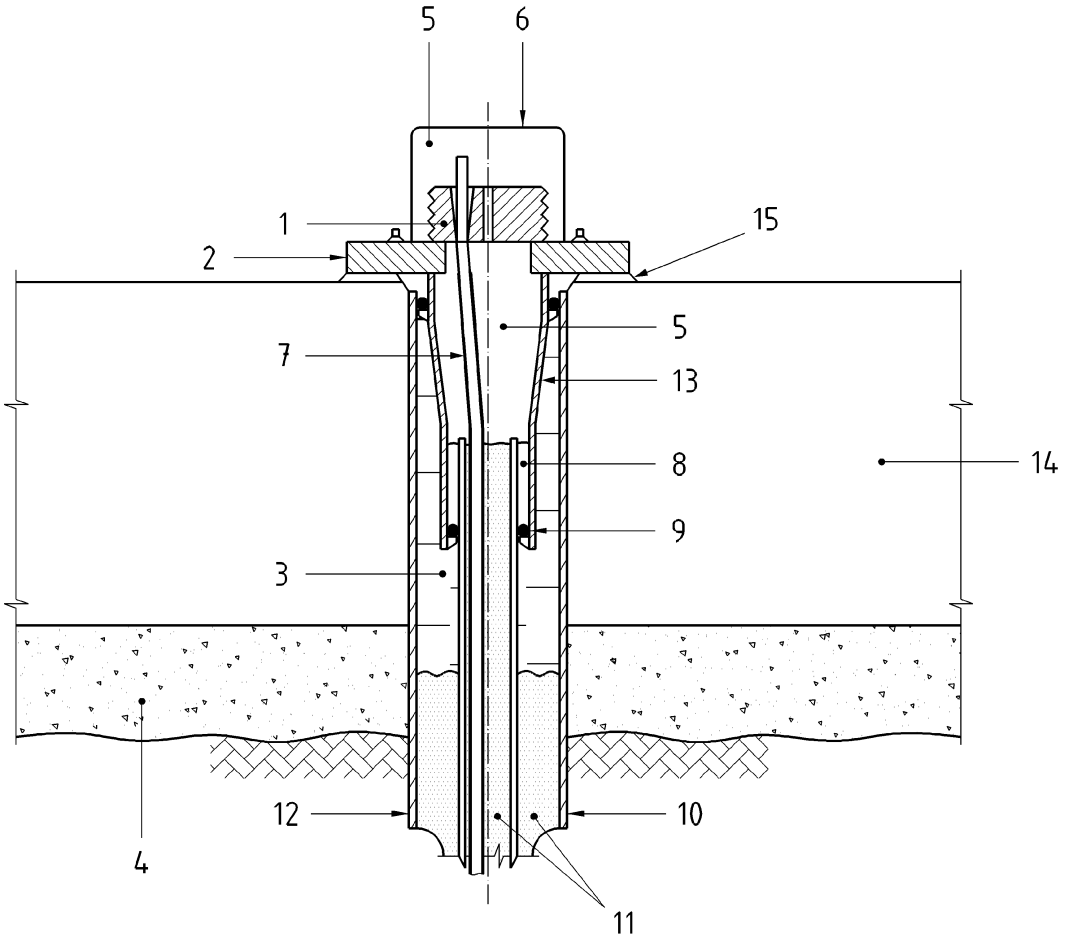


a) Litzenanker, einfacher Korrosionsschutz **b) Litzenanker, doppelter Korrosionsschutz**

Legende

1 Schutzkappe, gefüllt mit Korrosionsschutzmasse
2 Segmentkeile oder -klemmen
3 Ankerplatte
4 Übergangsrohr aus Stahl
5 Abdichtung
6 O-Ring
7 Bohrloch
8 Bohrlochverfüllung
9 glattes Kunststoffhüllrohr in der freien Ankerlänge
10 nur in der freien Ankerlänge: gefettete und umhüllte Litzen oder Drähte
11 freie Ankerlänge
12 Krafteintragungslänge
13 gerippptes Kunststoffhüllrohr
14 werkseitig eingebrachter Mörtel
15 im Bohrloch eingebrachte Zementverfüllung oder Korrosionsschutzmasse
16 Distanzhalter
17 Abstandhalter
18 Dichtung und Verschlusskappe

Bild C.2 — Beispiele für einfachen und doppelten Korrosionsschutz für einen Litzenanker

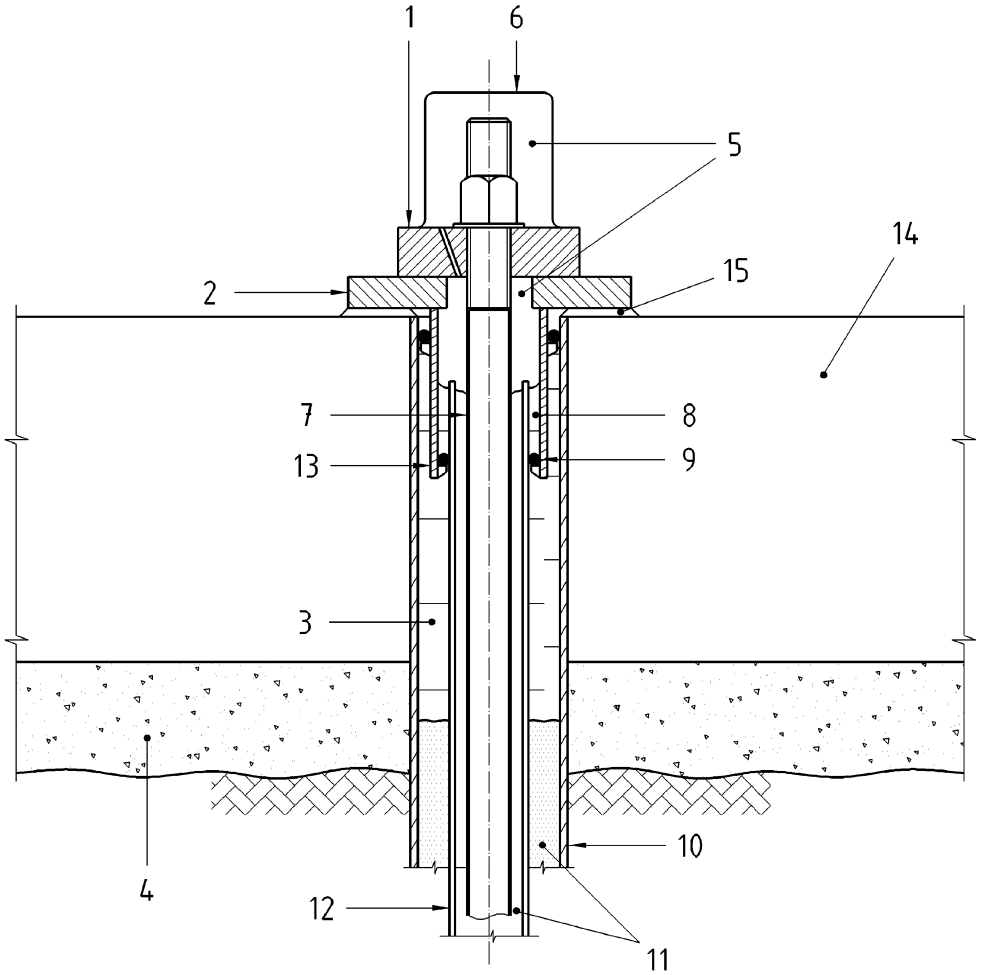


Legende

1 nachspannbarer Ankerkopf
2 Ankerplatte und Ankertrompete aus Stahl mit Epoxidbeschichtung
3 Korrosionsschutzmasse, eingebracht vor dem Einbau von Ankerplatte und Ankertrompete
4 Ausgleichsbeton
5 Korrosionsschutzmasse, eingepresst nach dem Spannen
6 abnehmbare kunststoffbeschichtete Stahlkappe mit Dichtelement und Klemmen
7 geschütztes Litzenzugglied
8 Epoxidharzstopfen
9 Gummidichtung
10 Flanschrohr aus Baustahl, eingesetzt in Sauberkeitsschicht und Stahlbetonplatte
11 Zement-/Bentonitmörtel
12 Hartkunststoff-Hüllrohr in der freien Ankerlänge
13 Baustahl-Ankertrompete
14 Stahlbetonplatte
15 Epoxidharzausgleichsschicht

Bild C.3 — Beispiel für doppelten Korrosionsschutz, Einzelheiten eines Litzenankers am Ankerkopf

DIN EN 1537:2014-07
EN 1537:2013 (D)



Legende

1 Lastverteilungsplatte
2 Ankerplatte und Ankertrompete aus Stahl mit Epoxidbeschichtung
3 Korrosionsschutzmasse, eingebracht vor Einbau der Ankerplatte und Ankertrompete
4 Ausgleichsbeton
5 Korrosionsschutzmasse, eingepresst nach dem Spannen
6 abnehmbare kunststoffbeschichtete Stahlkappe mit Dichtelement und Klemmen
7 geschütztes Einzelstabzugglied aus Stahl
8 Epoxidharzstopfen
9 Gummidichtung
10 Flanschrohr aus Baustahl, eingesetzt in Sauberkeitsschicht und Stahlbetonplatte
11 Zement-/Bentonitmörtel
12 Hartkunststoff-Hüllrohr in der freien Ankerlänge
13 Baustahl-Ankertrompete
14 Stahlbetonplatte
15 Epoxidharzausgleichsschicht

Bild C.4 — Beispiel für doppelten Korrosionsschutz, Einzelheiten eines Stabankers am Ankerkopf

Anhang D
(informativ)

Beispiel für ein Herstellungsprotokoll

	Herstellungsprotokoll für Verpressanker ____				Dok.	
01) Auftrag 02) Ort						
03) Anker-Typ/Ankerzeichnung						
04) Anker-Nr.						
Bohren	101) Einbaulage X/Y	m				
	102) Einbautiefe Z	m				
	103) Ausrichtung N/O	°				
	104) Neigung (zur Horizontalen)	°				
	105) Bohrverfahren					
	106) Bohrdurchmesser	mm				
	107) Gesamtlänge	m				
	108) Verrohrung von/bis	m				
	109) Spülung					
	110) Grundwasserspiegel	m				
	111) Bodenart					
	112) Vorverpressen (sofern zutreffend)					
	113) Prüfung					
	114) Datum der Bohrung					
Zugglied	201) Zuggliedart					
	202) Anzahl/Durchmesser	/mm				
	203) Querschnittsfläche des Zuggliedes A_t	mm²				
	204) Streckgrenze f_y	N/mm²				
	205) Charakteristische Zugfestigkeit des Zuggliedes f_{tk}	N/mm²				
	206) Elastizitätsmodul E_t	N/mm²				
	207) Verankerungslänge des Zuggliedes L_{tb}	m				
	208) Freie Stahllänge L_{tf}	m				
	209) Überstand des Zuggliedes nach dem Einbau L_e	m				
	210) Ankerlänge L_A	m				
	211) Korrosionsschutz in der Verankerungslänge					
	212) Korrosionsschutz in der freien Stahllänge					
	213) Abstandhalter in der Verankerungslänge					
	214) Abstandhalter in der freien Stahllänge					
	215) Zentrierteile in der Verankerungslänge					
	215) Zentrierteile in der freien Stahllänge					
	217) Verpressrohre					
Ver-pressen	301) Zementtyp					
	302) Zusatzmittel					
	303) Wasserzementwert					
	304) Zementverbrauch	kg				
	305) Verpressdruck	MPa				
	306) Nachverpressen (sofern zutreffend)					
	Bemerkungen:					
	Bohrgeräteführer:					

Anhang E
(informativ)

Verbindlichkeit der Festlegungen

Die Festlegungen sind ihrer Verbindlichkeit entsprechend gekennzeichnet:

— *(RQ)*: Anforderung;

— *(RC)*: Empfehlung;

— *(PE)*: Erlaubnis;

— *(PO)*: Möglichkeit;

— *(ST)*: Angabe.

1 Anwendungsbereich

1.1 – 1.8	*(ST)*

2 Normative Verweisungen

	(ST)

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

3.1	*(ST)*
3.1.1-3.1.24	*(ST)*

3.2 Symbole

	(ST)

4 Notwendige Informationen für die Ausführung

4.1 Allgemeines

4.1.1	*(RQ)*
4.1.2	*(RQ)*

4.2 Besondere Punkte

4.2.1	*(ST)*
4.2.2	*(RQ)*
4.2.3	*(RQ)*
4.2.4	*(RQ)*

5 Baugrunduntersuchungen

5.1 Allgemeines

5.1.1	*(RQ)*
5.1.2	*(RQ)*
5.1.3	*(RQ)*
5.1.4	*(RQ)*

5.2 Besondere Anforderungen

5.2.1	*(RQ)*
5.2.2	*(PO)*
5.2.3	*(RC)*
5.2.4	*(RC)*
5.2.5	*(RC)*
5.2.6	*(RC)*
5.2.7	*(RC)*

6 Baustoffe und Bauprodukte

6.1 Allgemeines

6.1.1	*(RQ)*
6.1.2	*(RQ)*
6.1.3	*(RQ)*
6.1.4	*(RQ)*
6.1.5	*(RQ)*

6.2 Korrosionsgeschützte Ankerteile

6.2.1 Zugglied

6.2.1.1	*(RQ)*
6.2.1.2	*(PE)*

DIN EN 1537:2014-07
EN 1537:2013 (D)

6.2.2 Ankerkopf

6.2.2.1	*(RQ)*
6.2.2.2	*(RQ)*
6.2.2.3	*(RQ)*

6.2.3 Koppelelemente

6.2.3.1	*(RQ)*
6.2.3.2	*(RC)*
6.2.3.3	*(RQ)*
6.2.3.4	*(RQ)*

6.2.4 Verankerungslänge des Zuggliedes

6.2.4.1	*(RQ)*
6.2.4.2	*(PE)*
6.2.4.3	*(RQ)*

6.2.5 Bauteile im Bohrloch

6.2.5.1	*(RQ)*
6.2.5.2	*(RC)*
6.2.5.3	*(RQ)*
6.2.5.4	*(RC)*
6.2.5.5	*(RQ)*

6.2.6 Druckkörper eines Druckrohrankers

6.2.6.1	*(ST)*
6.2.6.2	*(RQ)*
6.2.6.3	*(RQ)*
6.2.6.4	*(RQ)*

6.3 Korrosionsschutz des Stahlzuggliedes und gespannter Stahlteile

6.3.1 Allgemeines

6.3.1.1	*(RQ)*
6.3.1.2	*(RQ)*
6.3.1.3	*(RQ)*

6.3.2 Kurzzeitanker

6.3.2.1	*(RQ)*
6.3.2.2	*(RQ)*
6.3.2.3	*(RC)*
6.3.2.4	*(RQ)*

6.3.3 Daueranker

6.3.3.1	*(RQ)*
6.3.3.2	*(RQ)*

6.4 Verpressmörtel für Korrosionsschutz und Kraftübertragung

6.4.1 Zementmörtel für Kurzzeitanker

6.4.1.1	*(RQ)*
6.4.1.2	*(RQ)*
6.4.1.3	*(RQ)*
6.4.1.4	*(RQ)*
6.4.1.5	*(RQ)*
6.4.1.6	*(PE)*
6.4.1.7	*(RQ)*
6.4.1.8	*(RQ)*
6.4.1.9	*(PE)*
6.4.1.10	*(RQ)*
6.4.1.11	*(RC)*
6.4.1.12	*(PE)*

6.4.2 Zementmörtel für Daueranker innerhalb von Korrosionsschutzumhüllungen

6.4.2.1	*(RQ)*
6.4.2.2	*(RQ)*
6.4.2.3	*(RQ)*
6.4.2.4	*(PE)*
6.4.2.5	*(RC)*
6.4.2.6	(*PO)*
6.4.2.7	(*RQ)*

6.4.3 Zementmörtel für Daueranker außerhalb von Korrosionsschutzumhüllungen

6.4.3.1	*(RQ)*
6.4.3.2	*(RQ)*
6.4.3.3	*(RQ)*
6.4.3.4	*(PE)*
6.4.3.5	*(PE)*

6.4.4 Kunstharzmörtel

6.4.4.1	*(PE)*
6.4.4.2	*(RQ)*
6.4.4.3	*(PE)*

DIN EN 1537:2014-07
EN 1537:2013 (D)

6.5 Weitere Komponenten und Materialien für den Korrosionsschutz

6.5.1 Kunststoffhüllrohre

6.5.1.1	*(RQ)*
6.5.1.2	*(RQ)*
6.5.1.3	*(RQ)*
6.5.1.4	*(RQ)*
6.5.1.5	*(RQ)*
6.5.1.6	*(RQ)*
6.5.1.7	*(RQ)*
6.5.1.8	*(RQ)*
6.5.1.9	*(RQ)*
6.5.10.	*(RC)*
6.5.1.11	*(RQ)*
6.5.1.12	*(RC)*
6.5.1.13	*(RQ)*

6.5.2 Schrumpfschläuche

6.5.2.1	*(PE)*
6.5.2.2	*(RQ)*
6.5.2.3	*(RQ)*
6.5.2.4	*(RQ)*

6.5.3 Dichtungen

	(RQ)

6.5.4 Korrosionsschutzmassen auf der Basis von Erdöl, Wachsen oder Schmierfetten

6.5.4.1	*(RQ)*
6.5.4.2	*(RQ)*
6.5.4.3	*(PE)*
6.5.4.4	*(PE)*

6.5.5 Beschichtungen mit Opfermetallen

6.5.5.1	*(RQ)*
6.5.5.2	*(PE)*
6.5.5.3	*(RQ)*

6.5.6 Andere Beschichtungen auf Stahlteilen

6.5.6.1	*(PE)*
6.5.6.2	*(PE)*
6.5.6.3	*(RQ)*
6.5.6.4	*(PE)*
6.5.6.5	*(PE)*

6.5.7 Rohre und Kappen aus Stahl

6.5.7.1	*(PO)*
6.5.7.2	*(PE)*
6.5.7.3	*(PE)*
6.5.7.4	*(RC)*
6.5.7.5	*(RQ)*
6.5.7.6	*(RQ)*
6.5.7.7	*(RQ)*

6.6 Aufbringen des Korrosionsschutzes

6.6.1 Allgemeines

6.6.1.1	*(RQ)*
6.6.1.2	*(RQ)*
6.6.1.3	*(RQ)*

6.6.2 Freie Stahllänge und Verankerungslänge des Zuggliedes

6.6.2.1	*(RQ)*
6.6.2.2	*(PE)*
6.6.2.3	*(RQ)*
6.6.2.4	*(RQ)*
6.6.2.5	*(RQ)*
6.6.2.6	*(RQ)*
6.6.2.7	*(RQ)*

6.6.3 Ankerkopf

6.6.3.1	*(RQ)*
6.6.3.2	*(ST)*
6.6.3.3	*(RC)*
6.6.3.4	*(PE)*
6.6.3.5	*(PE)*
6.6.3.6	*(RQ)*
6.6.3.7	*(RQ)*
6.6.3.8	*(RQ)*
6.6.3.9	*(RQ)*
6.6.3.10	*(RQ)*
6.6.3.11	*(RQ)*
6.6.3.12	*(RQ)*

6.7 Korrosionsschutzsystem

6.7.1	*(RQ)*
6.7.2	*(RQ)*
6.7.3	*(RC)*
6.7.4	*(RQ)*
6.7.5	*(RQ)*
6.7.6	*(RQ)*
6.7.7	*(RC)*
6.7.8	*(RQ)*
6.7.9	*(RC)*
6.7.10	*(RC)*
6.7.11	*(RC)*
6.7.12	*(RC)*
6.7.13	*(RC)*

7 Hinweise zu Entwurf und Bemessung

7.1	*(RC)*
7.2	*(RC)*
7.3	*(RC)*
7.4	*(RC)*
7.5	*(RQ)*
7.6	*(RQ)*

8 Ausführung

8.1 Herstellen der Bohrlöcher

8.1.1 Bohrverfahren

8.1.1.1	*(RQ)*
8.1.1.2	*(RQ)*
8.1.1.3	*(RC)*
8.1.1.4	*(RC)*
8.1.1.5	*(RQ)*
8.1.1.6	*(PO)*
8.1.1.7	*(RC)*
8.1.1.8	*(RC)*
8.1.1.9	*(RQ)*
8.1.1.10	*(PO)*
8.1.1.11	*(RQ)*

8.1.2 Toleranzen

8.1.2.1	*(RQ)*
8.1.2.2	*(RC)*
8.1.2.3	*(RC)*
8.1.2.4	*(RC)*
8.1.2.5	*(RC)*
8.1.2.6	*(RQ)*
8.1.2.7	*(RC)*

8.2 Herstellung, Transport, Handhabung und Einbau von Zuggliedern

8.2.1 Herstellung

8.2.1.1	*(RQ)*
8.2.1.2	*(RQ)*
8.2.1.3	*(RQ)*
8.2.1.4	*(RQ)*
8.2.1.5	*(RC)*

DIN EN 1537:2014-07
EN 1537:2013 (D)

8.2.2 Transport, Handhabung und Einbau

8.2.2.1	*(RQ)*
8.2.2.2	*(RC)*
8.2.2.3	*(RC)*
8.2.2.4	*(RC)*
8.2.2.5	*(RC)*
8.2.2.6	*(RC)*
8.2.2.7	*(RC)*
8.2.2.8	*(RC)*

8.3 Verpressen

8.3.1 Allgemeines

8.3.1.1	*(RQ)*
8.3.1.2	*(ST)*

8.3.2 Bohrlochprüfung

8.3.2	*(RQ)*

8.3.3 Vorverpressen

8.3.3.1 Allgemeines

8.3.3.1.1	*(RC)*
8.3.3.1.2	*(RC)*
8.3.3.1.3	*(RC)*

8.3.3.2 Vorverpressen im Fels

8.3.3.2	*(ST)*

8.3.3.3 Vorverpressen im Boden

8.3.3.3.1	*(ST)*
8.3.3.3.2	*(PO)*
8.3.3.3.3	*(RC)*

8.3.4 Verpressen des Ankers

8.3.4.1	*(RC)*
8.3.4.2	*(RQ)*
8.3.4.3	*(RC)*
8.3.4.4	*(RQ)*
8.3.4.5	*(RQ)*
8.3.4.6	*(PO)*
8.3.4.7	*(RC)*
8.3.4.8	*(RC)*
8.3.4.9	*(RQ)*
8.3.4.10	*(PE)*
8.3.4.11	*(PE)*
8.3.4.12	*(RQ)*

8.3.5 Nachverpressen

8.3.5.1	*(PE)*
8.3.5.2	*(PO)*
8.3.5.3	*(RC)*
8.3.5.4	*(PE)*

8.4 Spannen

8.4.1 Allgemeines

8.4.1.1	*(RQ)*
8.4.1.2	*(RQ)*

8.4.2 Ausrüstung zum Spannen

8.4.2.1	*(RQ)*
8.4.2.2	*(RC)*
8.4.2.3	*(RC)*

8.4.3 Spannvorgang

8.4.3.1	*(RQ)*
8.4.3.2	*(RQ)*
8.4.3.3	*(RC)*
8.4.3.4	*(RC)*
8.4.3.5	*(RC)*
8.4.3.6	*(PO)*
8.4.3.7	*(PO)*
8.4.3.8	*(RQ)*
8.4.3.9	*(RQ)*

DIN EN 1537:2014-07
EN 1537:2013 (D)

8.4.4 Festlegen des Verpressankers

8.4.4.1	*(ST)*
8.4.4.2	*(RQ)*
8.4.4.3	*(RQ)*

8.4.5 Spannen von Verpressankern mit gestaffelten freien Längen

8.4.5.1	*(RQ)*
8.4.5.2	*(RQ)*

9 Aufsicht, Prüfung und Langzeitüberwachung

9.1 Allgemeines

9.1.1	*(ST)*
9.1.2	*(ST)*
9.1.3	*(ST)*
9.1.4	*(ST)*
9.1.5	*(RQ)*
9.1.6	*(RQ)*

9.2 Anforderungen an Messungen

9.2	*(ST)*

9.3 Vorbelastung

9.3	*(RQ)*

9.4 Prüfverfahren

9.4	*(ST)*

9.5 Untersuchungsprüfung

9.5.1	*(PO)*
9.5.2	*(RC)*
9.5.3	*(RC)*
9.5.4	*(RQ)*
9.5.5	*(RC)*
9.5.6	*(PE)*
9.5.7	*(RC)*
9.5.8	*(RQ)*

9.6 Eignungsprüfung

9.6.1	*(RC)*
9.6.2	*(RC)*
9.6.3	*(RQ)*
9.6.4	*(ST)*

9.7 Abnahmeprüfung

9.7	*(RQ)*

9.8 Ermittlung der rechnerischen freien Stahllänge

9.8.1	*(ST)*
9.8.2	*(ST)*
9.8.3	*(PE)*
9.8.4	*(PO)*
9.8.5	*(RC)*

9.9 Aufsicht der Herstellung und Prüfung

9.9.1	*(RQ)*
9.9.2	*(RQ)*

9.10 Langzeitüberwachung

9.10.1	*(PO)*
9.10.2	*(PO)*
9.10.3	*(RQ)*
9.10.4	*(RC)*
9.10.5	*(RC)*
9.10.6	*(RC)*

10 Aufzeichnungen

10.1	*(RQ)*
10.2	*(RQ)*
10.3	*(RQ)*
10.4	*(RQ)*
10.5	*(RQ)*
10.6	*(RQ)*
10.7	*(RC)*

DIN EN 1537:2014-07
EN 1537:2013 (D)

11 Besondere Anforderungen

11.1	*(RQ)*
11.2	*(RQ)*
11.3	*(RQ)*
11.4	*(RQ)*
11.5	*(RQ)*

Literaturhinweise

[1] EN 445:2007, *Einpressmörtel für Spannglieder — Prüfverfahren*

[2] EN 1990:2002, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

[3] EN 1991-1-1:2002, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke — Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau*

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

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

[6] EN 50162:2004*, Schutz gegen Korrosion durch Streuströme aus Gleichstromanlagen*

November 2017

DIN SPEC 18537

ICS 93.020

Ersatz für
DIN SPEC 18537:2012-02

Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 1537:2014-07, Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Verpressanker

Supplementary provisions to DIN EN 1537:2014-07, Execution of special geotechnical works – Ground anchors

Règles supplémentaires de la norme DIN EN 1537:2014-07, Exécution des travaux géotechniques spéciaux –
Tirants d'ancrage

Zur Erstellung einer DIN SPEC können verschiedene Verfahrensweisen herangezogen werden:
Das vorliegende Dokument wurde nach den Verfahrensregeln einer Vornorm erstellt.

Gesamtumfang 33 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

DIN SPEC 18537:2017-11

Inhalt

Seite

Vorwort 4
1 Anwendungsbereich 6
2 Normative Verweisungen 6
3 Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1537:2014-07 7
3.1 Zu Abschnitt 3 „Begriffe und Symbole“ 7
3.1.1 Zu 3.1.15 7
3.1.2 Zu 3.1.16 7
3.2 Zu Abschnitt 6 „Baustoffe und Bauprodukte“ 7
3.2.1 Zu 6.1.3 7
3.2.2 Zu 6.2.1.1 7
3.2.3 Zu 6.3.1.3 8
3.2.4 Zu 6.3.2.1 8
3.2.5 Zu 6.3.2.3 8
3.2.6 Zu 6.3.2.4 8
3.2.7 Zu 6.3.3.2 8
3.2.8 Zu 6.4.1 8
3.2.9 Zu 6.4.1.2 9
3.2.10 Zu 6.4.1.3 9
3.2.11 Zu 6.4.1.4 9
3.2.12 Zu 6.4.1.11 9
3.2.13 Zu 6.4.1.12 9
3.2.14 Zu 6.4.2 10
3.2.15 Zu 6.4.2.1 10
3.2.16 Zu 6.4.3 10
3.2.17 Zu 6.4.3.1 10
3.2.18 Zu 6.4.3.3 10
3.2.19 Zu 6.4.4.1 10
3.2.20 Zu 6.5.1.1 10
3.2.21 Zu 6.5.1.13 11
3.2.22 Zu 6.5.2 11
3.2.23 Zu 6.5.4 11
3.2.24 Zu 6.5.6 11
3.2.25 Zu 6.6 11
3.2.26 Zu 6.6.3.5 11
3.3 Zu Abschnitt 7 „Hinweise zu Entwurf und Bemessung“ 11
3.4 Zu Abschnitt 8 „Ausführung“ 11
3.4.1 Zu 8.1.1.3 11
3.4.2 Zu 8.1.2 12
3.4.3 Zu 8.2.1.1 12
3.4.4 Zu 8.3.4.9 und 8.3.4.10 12
3.4.5 Zu 8.4.4.1 12
3.5 Zu Abschnitt 9 „Aufsicht, Prüfung und Langzeitüberwachung“ 13
3.5.1 Zu 9.1.2 13
3.5.2 Zu 9.1.3 13
3.5.3 Zu 9.1.4 13
3.5.4 Zu 9.1.6 13
3.5.5 Zu 9.2 13

3.5.6 Zu 9.3 ... 14
3.5.7 Zu 9.4 ... 14
3.5.8 Zu 9.5.7 ... 14
3.5.9 Zu 9.10.3 ... 14
3.6 Zu Abschnitt 10 „Aufzeichnungen“ ... 15
3.6.1 Zu 10.2 ... 15
3.6.2 Zu 10.7 ... 15
3.7 Zu Anhang C (informativ) „Korrosionsschutzsysteme für Kurzzeit- und Daueranker sowie typische Einzelheiten zu Dauerankerköpfen“ ... 15
3.8 Zu Anhang D (informativ) „Beispiel für ein Herstellungsprotokoll“ ... 15

Anhang F (normativ) Ankerprüfverfahren ... 16

F.1 Allgemeines ... 16

F.2 Untersuchungsprüfung ... 18
F.2.1 Umfang ... 18
F.2.2 Versuchsdurchführung ... 18

F.3 Eignungsprüfung ... 19
F.3.1 Umfang ... 19
F.3.2 Versuchsdurchführung ... 20
F.3.3 Anforderungen ... 21
F.3.3.1 Kriechmaß ... 21
F.3.3.2 Freie Stahllänge ... 22
F.3.4 Gruppenprüfung ... 25
F.3.5 Schwellbelastung ... 25
F.3.6 Zur Untersuchungsprüfung erweiterte Eignungsprüfung ... 25

F.4 Abnahmeprüfung ... 25
F.4.1 Umfang ... 25
F.4.2 Versuchsdurchführung ... 26
F.4.3 Anforderungen ... 27
F.4.3.1 Kriechmaß ... 27
F.4.3.2 Freie Stahllänge ... 27

F.5 Prüfbericht für Eignungs- und Untersuchungsprüfungen ... 27

Anhang G (informativ) Beispiele für Protokollblätter ... 29

G.1 Herstellungsprotokoll ... 30

G.2 Protokoll der Abnahmeprüfung ... 31

Anhang H (informativ) Dehngrenzen bzw. Zugfestigkeit für typische Ankerstähle ... 32

Literaturhinweise ... 33

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitsausschuss NA 005-05-17 AA „Verpressanker“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) als Ergänzung zu DIN EN 1537:2014-07, *Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau — Verpressanker* erstellt.

Dieses Dokument enthält Festlegungen, die ergänzend zu DIN EN 1537:2014-07 gelten. Dieses Dokument ist nur in Verbindung mit DIN EN 1537:2014-07 anwendbar.

Solange DIN EN ISO 22477-5, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Prüfung von geotechnischen Bauwerken und Bauwerksteilen — Teil 5: Prüfung von Verpressankern* noch nicht als Norm vorliegt, wird die Prüfung von Verpressankern in diesem Dokument geregelt.

Es ist beabsichtigt, die Festlegungen bei der nächsten Überarbeitung von EN 1537 im CEN/TC 288 einzubringen.

Die nach DIN EN 1537:2014-07, 9.1.5, 9.8.4, 9.9.1 und DIN SPEC 18537:2017-07, F.2.1, F.3.1, F.3.5 geforderten Überwachungstätigkeiten und die hierfür einzuschaltenden Stellen liegen im Geltungsbereich des Bauordnungsrechts der Länder. Sie ergeben sich aus den jeweiligen Landesbauordnungen (LBO) und den sich aufgrund dieser LBO erlassenen Vorschriften (in Anlehnung an die „Musterverordnung über die Überwachung von Tätigkeiten mit Bauprodukten und bei Bauarten – MÜTVO“ [1]) sowie den bauaufsichtlichen Zulassungen.

Demnach sind die Durchführung und Auswertung von Eignungs- und Untersuchungsprüfungen an Dauerankern immer von einer anerkannten Stelle zu überwachen. Zusätzlich sind der Einbau von Dauerankern und insbesondere die Korrosionsschutzmaßnahmen stichprobenartig von dieser Stelle zu überwachen. Anerkannte Überwachungsstellen sind im „Verzeichnis der Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstellen nach den Landesbauordnungen“, Teil 5 [2], aufgeführt.[1)].

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Eine DIN SPEC nach dem Vornorm-Verfahren ist das Ergebnis einer Normungsarbeit, das wegen bestimmter Vorbehalte zum Inhalt oder wegen des gegenüber einer Norm abweichenden Aufstellungsverfahrens vom DIN noch nicht als Norm herausgegeben wird.

Erfahrungen mit dieser DIN SPEC sind erbeten

— vorzugsweise als Datei per E-Mail an nabau@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter http://www.din.de/stellungnahme abgerufen werden;

— oder in Papierform an den Normenausschuss Bauwesen (NABau).

1) Auskünfte erteilt z. B. das Deutsche Institut für Bautechnik, Kolonnenstr. 30 B, 10829 Berlin.

Änderungen

Gegenüber DIN SPEC 18537:2012-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) Anforderungen an DIN EN 1537:2014-07 angepasst;

b) redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN SPEC 18537: 2012-02

DIN SPEC 18537:2017-11

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument hat den gleichen Anwendungsbereich wie in DIN EN 1537:2014-07 angegeben.

Dieses Dokument gilt nur in Verbindung mit DIN EN 1537:2014-07.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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 1045-1:2008-08, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 1: Bemessung und Konstruktion*

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 1054, *Baugrund — Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau — Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1*

DIN 30672, *Organische Umhüllungen für den Korrosionsschutz von in Böden und Wässern verlegten Rohrleitungen für Dauerbetriebstemperaturen bis 50 °C ohne kathodischen Korrosionsschutz — Bänder und schrumpfende Materialien*

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

DIN EN 445:1996-07, *Einpreßmörtel für Spannglieder — Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 445:1996*

DIN EN 447:1996-07, *Einpreßmörtel für Spannglieder — Anforderungen für üblichen Einpressmörtel; Deutsche Fassung EN 447:1996*

DIN 488-1, *Betonstahl — Teil 1: Stahlsorten, Eigenschaften, Kennzeichnung*

DIN 488-2, *Betonstahl — Betonstabstahl*

DIN 488-6, *Betonstahl — Teil 6: Übereinstimmungsnachweis*

DIN EN 1537:2014-07, *Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau —Verpressanker; Deutsche Fassung EN 1537:2013*

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 1997-1, *Eurocode 7 — Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln*

DIN EN 1997-1/NA, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln*

DIN EN ISO 1163-1, *Kunststoffe — Weichmacherfreie Polyvinylchlorid (PVC-U)-Formmassen — Teil 1: Bezeichnungssystem und Basis für Spezifikationen*

DIN EN ISO 1872-1, *Kunststoffe — Polyethylen (PE)-Formmassen — Teil 1: Bezeichnungssystem und Basis für Spezifikationen*

DIN EN ISO 1873-1, *Kunststoffe — Polypropylen (PP) Formmassen — Teil 1: Bezeichnungssystem und Basis für Spezifikationen*

DIN EN ISO 22477-5, *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Prüfung von geotechnischen Bauwerken und Bauwerksteilen — Teil 5: Ankerprüfungen*

3 Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1537:2014-07

3.1 Zu Abschnitt 3 „Begriffe und Symbole“

3.1.1 Zu 3.1.15

Begriff 3.1.15 wird ergänzt:

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Verpressgut auf Zementbasis wird als Zementmörtel bezeichnet und ist ein homogenes Gemisch aus Zement und Wasser, dem Zusatzmittel, Zusatzstoffe oder Sand hinzugefügt werden können. Wird der Zementmörtel zur Herstellung des Verpresskörpers verwendet, wird er auch als Verpressmörtel bezeichnet.

3.1.2 Zu 3.1.16

Begriff 3.1.16 wird ergänzt:

Anmerkung 1 zum Begriff: Es handelt sich hierbei um eine erweiterte Eignungsprüfung, die in Sonderfällen durchgeführt wird, wenn keine Erfahrungen über das Tragverhalten der Anker bei vergleichbaren Baugrundbedingungen vorliegen und die Anker aus diesem Grund bis zum Erreichen des maximalen Herausziehwiderstandes belastet werden.

3.2 Zu Abschnitt 6 „Baustoffe und Bauprodukte“

3.2.1 Zu 6.1.3

Abschnitt 6.1.3 wird ergänzt:

Für Daueranker ist für die gesamte Ankerkonstruktion eine Zulassung durch eine zuständige Stelle erforderlich. Für Kurzzeitanker ist nur für die Ankerkopfkonstruktion, die Koppelelemente und das Zugglied, sofern von 6.2 abweichend, eine Zulassung erforderlich. Auskünfte erteilt die Zulassungsstelle.[2)]

3.2.2 Zu 6.2.1.1

Solange für Betonstabstähle und Spannstähle keine harmonisierten europäischen Normen vorliegen, gilt:

— Betonstabstähle müssen DIN 488-1, DIN 488-2 und DIN 488-6 entsprechen oder über eine Zulassung verfügen;

— Spannstähle müssen über eine Zulassung für das Vorspannen von Spannbeton nach DIN 1045-1:2008-08 oder DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA verfügen.

---

2) z. B. Deutsches Institut für Bautechnik, Kolonnenstr. 30 B, 10829 Berlin.

3.2.3 Zu 6.3.1.3

Abschnitt 6.3.1.3 wird präzisiert:

Stahlzugglieder ohne Korrosionsschutzumhüllung im Boden müssen mindestens 20 mm Zementmörtelüberdeckung aufweisen.

3.2.4 Zu 6.3.2.1

Abschnitt 6.3.2.1 wird präzisiert:

Wird der Korrosionsschutz nicht entsprechend der Beispiele in Anhang C gewählt, ist ein gesonderter Nachweis der Brauchbarkeit nach 6.1.2 erforderlich.

3.2.5 Zu 6.3.2.3

Abschnitt 6.3.2.3 wird ergänzt und präzisiert:

Wenn die Kurzzeitanker infolge unvorhergesehener Umstände länger als 2 Jahre im Einsatz bleiben, so ist die für die Bauaufsicht zuständige Stelle zu verständigen. Die erforderlichen Maßnahmen zur Vermeidung von Gefahren sind im Einzelfall festzulegen. Dabei ist gegebenenfalls ein Sachverständiger hinzuzuziehen. Mindestens sind in geeigneten Zeitabständen folgende Maßnahmen zu ergreifen:

— Inaugenscheinnahme der Anker, soweit zugänglich;

— Feststellen, ob die Anker noch unter Kraft stehen.

3.2.6 Zu 6.3.2.4

Abschnitt 6.3.2.4 wird ergänzt und präzisiert:

Besteht die Wahrscheinlichkeit, dass die Einsatzdauer eines Kurzzeitankers 2 Jahre überschreiten könnte, sind Daueranker zu verwenden.

3.2.7 Zu 6.3.3.2

Abschnitt 6.3.3.2 wird ergänzt:

Für Daueranker ist für die gesamte Ankerkonstruktion eine Zulassung durch eine zuständige Stelle erforderlich. Auskünfte erteilt die Zulassungsstelle[3)]

Abschnitt 6.3.3.2 a) wird ergänzt:

Bei Dauerankern, deren Korrosionsschutz aus einem einzigen gerippten und mit Zementmörtel verpressten Kunststoffhüllrohr besteht, kann auf eine Überprüfung der Unversehrtheit an jedem eingebauten Anker verzichtet werden, da die Funktionsfähigkeit im Rahmen der Zulassung nachgewiesen wird.

3.2.8 Zu 6.4.1

Alle Ausgangsstoffe müssen DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 entsprechen.

---

3) z. B. Deutsches Institut für Bautechnik, Kolonnenstr. 30 B, 10829 Berlin.

3.2.9 Zu 6.4.1.2

Abschnitt 6.4.1.2 wird ergänzt und präzisiert:

Die Aggressivität des Umfeldes ist nach DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 zu bestimmen.

Entsprechen die Umgebungsbedingungen der Expositionsklasse XA 1, muss der Zementmörtel den Vorgaben nach DIN EN 1537:2014-07, 6.4.1 und DIN 1045-2:2008-08, Tabelle F.2.2 entsprechen. Bei Vorhandensein von Sulfat muss zusätzlich Zement mit hohem Sulfatwiderstand verwendet werden. In einer Umgebung ab der Expositionsklasse XA 2 dürfen Kurzzeitanker nur dann eingesetzt werden, wenn durch ein Gutachten eines Betonsachverständigen bestätigt wird, dass das Tragverhalten nicht durch zeitabhängige Verminderung der Mantelreibung beeinträchtigt wird. Ist die Einstufung in die Expositionsklasse XA 2 ausschließlich auf das Vorhandensein von Sulfat zurückzuführen, dürfen Kurzzeitanker eingesetzt werden, wenn Zement mit hohem Sulfatwiderstand verwendet wird und die Werte nach DIN 1045-2:2008-08, Tabelle F.2.2 eingehalten sind.

Im Fels können Kurzzeitanker auch in einer Umgebung der Expositionsklasse XA 2 eingesetzt werden, wenn der Kluftwasserandrang im Bereich der Krafteintragungslänge ≤ 3 Lugeon ist oder durch geeignete Sondermaßnahmen auf diesen Wert reduziert werden kann. Hierdurch wird verhindert, dass der Verpresskörper Kontakt mit dem aggressiven Wasser bekommt. Als geeignete Sondermaßnahmen zur Reduzierung des Kluftwasserandrangs können zum Beispiel Bohrlochvergütungen eingesetzt werden. Der Erfolg der Maßnahmen ist durch einen Lugeon-Versuch nachzuweisen.

3.2.10 Zu 6.4.1.3

Abschnitt 6.4.1.3 wird ergänzt:

Der Wasser-Zement-Wert muss zwischen 0,35 und 0,7 liegen und sollte besonders in bindigen Böden und in Fels möglichst niedrig gewählt werden.

3.2.11 Zu 6.4.1.4

Abschnitt 6.4.1.4 wird ergänzt:

Zementmörtel, die innerhalb der Korrosionsschutzumhüllung verwendet werden, dürfen auch DIN EN 447:1996-07 entsprechen.

In direktem Kontakt mit Spannstahl sind Portlandzemente CEM I nach DIN EN 197-1 oder Zemente mit einer Zulassung für den direkten Kontakt zum Spannstahl zu verwenden.

3.2.12 Zu 6.4.1.11

Abschnitt 6.4.1.11 wird ergänzt:

Die Prüfungen dürfen auch nach DIN EN 445:1996-07 durchgeführt werden.

3.2.13 Zu 6.4.1.12

6.4.1.12 wird präzisiert:

Bei Felsankern darf die Überdeckung des Stahlzuggliedes im Bereich der Verankerungslänge 10 mm betragen, wenn in der Verankerungslänge während der Einsatzdauer kein Wasser zu erwarten ist und starre Abstandshalter verwendet werden. Stahlzugglieder ohne Korrosionsschutzumhüllung im Boden müssen mindestens 20 mm Zementmörtelüberdeckung aufweisen.

3.2.14 Zu 6.4.2

Alle Ausgangsstoffe müssen DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 entsprechen.

3.2.15 Zu 6.4.2.1

Abschnitt 6.4.2.1 wird ergänzt:

Zementmörtel, die innerhalb der Korrosionsschutzumhüllung verwendet werden, dürfen auch DIN EN 447:1996-07 entsprechen.

3.2.16 Zu 6.4.3

Alle Ausgangsstoffe müssen DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 entsprechen.

3.2.17 Zu 6.4.3.1

Abschnitt 6.4.3.1 wird ergänzt:

Der Wasser-Zement-Wert muss zwischen 0,35 und 0,7 liegen und sollte besonders in bindigen Böden und in Fels möglichst niedrig gewählt werden.

3.2.18 Zu 6.4.3.3

Abschnitt 6.4.3.3 wird ergänzt und präzisiert:

Die Aggressivität des Umfeldes ist nach DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 zu bestimmen. Daueranker dürfen bei dem Vorhandensein der Expositionsklasse XA 1 oder höher nur dann eingesetzt werden, wenn durch ein Gutachten eines Betonsachverständigen bestätigt wird, dass das Dauertragverhalten durch zeitabhängige Verminderung der Mantelreibung nicht beeinträchtigt wird. Liegt die Expositionsklasse XA 1 vor und ist die Einstufung in die Expositionsklasse XA 1 ausschließlich auf das Vorhandensein von Sulfat zurückzuführen, dürfen Daueranker eingesetzt werden, wenn Zement mit hohem Sulfatwiderstand verwendet wird und die Werte nach DIN 1045-2:2008-08, Tabelle F 2.2 eingehalten sind.

Im Fels können Daueranker auch in einer Umgebung der Expositionsklasse XA 2 eingesetzt werden, wenn der Kluftwasserandrang im Bereich der Krafteintragungslänge ≤ 3 Lugeon ist oder durch geeignete Sondermaßnahmen auf diesen Wert reduziert werden kann. Hierdurch wird verhindert, dass der Verpresskörper Kontakt mit dem aggressiven Wasser bekommt. Als geeignete Sondermaßnahmen zur Reduzierung des Kluftwasserandrangs können zum Beispiel Bohrlochvergütungen eingesetzt werden. Der Erfolg der Maßnahmen ist in jedem Bohrloch durch einen Lugeon-Versuch nachzuweisen.

3.2.19 Zu 6.4.4.1

Abschnitt 6.4.4.1 wird präzisiert:

Für Kunstharzmörtel ist die Anwendbarkeit nach 6.1.2 durch eine Zulassung nachzuweisen. Bei der Auswahl von Kunstharzmörtel sind die besonderen Belange des Umweltschutzes zu beachten.

3.2.20 Zu 6.5.1.1

Abschnitt 6.5.1.1 wird präzisiert:

Maßgebende Europäische Normen für Formmassen von Kunststoffhüllrohren sind DIN EN ISO 1163-1, DIN EN ISO 1872-1 und DIN EN ISO 1873-1.

3.2.21 Zu 6.5.1.13

Abschnitt 6.5.1.13 wird präzisiert:

Bei Dauerankern, deren Korrosionsschutz aus einem einzigen gerippten und mit Zementmörtel verpressten Kunststoffhüllrohr besteht, kann auf eine Überprüfung der Unversehrtheit im eingebauten Zustand verzichtet werden, da die Funktionsfähigkeit im Rahmen der Zulassung nachgewiesen wird.

3.2.22 Zu 6.5.2

Abschnitt 6.5.2 wird präzisiert:

Schrumpfschläuche müssen den Anforderungen von DIN 30672 entsprechen.

3.2.23 Zu 6.5.4

Abschnitt 6.5.4 wird ergänzt:

Falls Korrosionsschutzmassen bei Kurzzeitankern eingesetzt werden, dürfen nur Massen eingesetzt werden, deren Eignung für Daueranker nachgewiesen ist.

3.2.24 Zu 6.5.6

Abschnitt 6.5.6 wird ergänzt:

Beschichtungen auf Zuggliedern bedürfen einer Zulassung.

3.2.25 Zu 6.6

Abschnitt 6.6 wird ergänzt:

Ist z. B. wegen aggressiver Baugrundbedingungen bei einzelnen Elementen von Kurzzeitankern ein erhöhter Korrosionsschutz aufzubringen, ist bei diesen wie bei Dauerankern zu verfahren.

3.2.26 Zu 6.6.3.5

Abschnitt 6.6.3.5 wird präzisiert:

Bei allen Zuggliedern, die mit Keilen fixiert werden, sind erhärtende Dichtmassen nicht zulässig.

ANMERKUNG Bei Verwendung von erhärtenden Dichtmassen besteht bei Lasterhöhung das Risiko des Durchrutschens, weil die Keile blockiert sein könnten.

3.3 Zu Abschnitt 7 „Hinweise zu Entwurf und Bemessung“

Abschnitt 7 wird durch folgenden Abschnitt ergänzt:

7.7 Die Krafteintragungslänge eines Verpressankers sollte nicht in Baugrundarten mit unterschiedlichem Verformungsverhalten liegen.

3.4 Zu Abschnitt 8 „Ausführung“

3.4.1 Zu 8.1.1.3

Abschnitt 8.1.1.3 wird ergänzt:

ANMERKUNG So können z. B. bei geschichtetem oder geklüftetem Baugrund Druckerhöhungen auf großen Flächen auftreten, die zu Hebungen oder Verschiebungen führen können.

3.4.2 Zu 8.1.2

Abschnitt 8.1.2 wird ergänzt:

Wenn andere Herstellungstoleranzen als die angegebenen

— aus konstruktiven Anforderungen oder

— aufgrund der Baugrundverhältnisse

gelten sollen, sind sie vor Beginn der Bauarbeiten zu vereinbaren oder bei Bekanntwerden mit dem Planer abzustimmen.

3.4.3 Zu 8.2.1.1

Abschnitt 8.2.1.1 wird ergänzt:

Flugrost ist unbedenklich.

ANMERKUNG Als Flugrost ist ein gleichmäßiger Rostansatz zu betrachten, der noch nicht zur Bildung von mit bloßem Auge erkennbaren Korrosionsnarben geführt hat und der durch Abwischen mit einem trockenen Lappen entfernt werden kann.

3.4.4 Zu 8.3.4.9 und 8.3.4.10

Abschnitte 8.3.4.9 und 8.3.4.10 werden ergänzt und präzisiert:

Der Verpresskörper darf sich nicht auf die zu verankernde Konstruktion abstützen.

Es ist sicherzustellen, dass die Ankerkraft im Bereich der vorgesehenen Krafteintragungslänge L_{fixed} in den Baugrund übertragen werden kann.

Die freie Ankerlänge sollte durch Ausspülen überschüssigen Verpressguts sichergestellt werden, wenn nicht rechnerisch nachgewiesen werden kann, dass die o. g. Bedingungen durch das Absinken des Verpressgutspiegels beim Ziehen der Verrohrung erfüllt wird, oder wenn ein Packer gesetzt wurde. Wenn gespült wird, ist ein Spülschlauch, der mit dem Anker fest verbunden ist, oder eine nach unten geschlossene Spüllanze zu verwenden. Als Spülmittel sind nicht erhärtende Stoffe, z. B. Wasser, Bentonitsuspension zu verwenden. Bei Bohrungen mit Außenspülung muss beim Freispülen auch außerhalb der Verrohrung Spülflüssigkeit austreten, anderenfalls ist nach dem Ziehen der Verrohrung eine zweite Spülung vorzunehmen. Es ist ein Verpresskörperüberstand zwischen 0,5 m und 1,0 m einzuhalten.

Auf eine Begrenzung der Krafteintragungslänge darf verzichtet werden, wenn aufgrund der Baugrundverhältnisse eine Kraftübertragung im Bereich der geplanten freien Ankerlänge ausgeschlossen ist und ein unmittelbarer Kraftschluss zwischen geplanter Krafteintragungslänge und verankerter Konstruktion vermieden wird. Festigkeit und Verformungsverhalten des Baugrunds im Bereich der geplanten Krafteintragungslänge und der freien Ankerlänge sowie die über den Zementsteinring übertragbaren Druckkräfte sind hierbei zu berücksichtigen.

3.4.5 Zu 8.4.4.1

Abschnitt 8.4.4.1 wird ergänzt:

Die Festlegekraft P_0 darf den charakteristischen Wert der Ankerbeanspruchung nicht überschreiten.

Die Festlegekraft P_0 liegt in der Regel zwischen dem 0,8- und 1,0-fachen der charakteristischen Ankerbeanspruchung.

Bei Ankern, die mit einer kleineren Kraft P_0 festgelegt werden sollen, ist zu prüfen, ob die Kraftübertragung im Ankerkopf nach 6.2.2 auch bei einer späteren Veränderung der Ankerkraft sichergestellt ist. Hierbei ist im Besonderen auf die ordnungsgemäße Funktion der Verankerungselemente, zum Beispiel der Keile und Verankerungsmuttern, zu achten.

3.5 Zu Abschnitt 9 „Aufsicht, Prüfung und Langzeitüberwachung“

3.5.1 Zu 9.1.2

Abschnitt 9.1.2 wird präzisiert:

Aus dem Prüfverfahren 1 ergeben sich a), c) und e).

3.5.2 Zu 9.1.3

Abschnitt 9.1.3 wird präzisiert:

Aus dem Prüfverfahren 1 ergeben sich a), b) (Kriechverhalten) und c).

3.5.3 Zu 9.1.4

Abschnitt 9.1.4 wird präzisiert:

Aus dem Prüfverfahren 1 ergeben sich a), b) (Kriechverhalten) und c).

3.5.4 Zu 9.1.6

Abschnitt 9.1.6 wird ergänzt:

Werden bei Dauerankern Korrosionsschutzumhüllungen innerhalb des Bohrlochs aufgefüllt, ist entsprechend den Bestimmungen der Zulassung vorzugehen.

3.5.5 Zu 9.2

Abschnitt 9.2 wird ergänzt:

Bis zur Veröffentlichung von DIN EN ISO 22477-5 als Norm sind die Anforderungen nach Tabelle 1 zu erfüllen.

Tabelle 1 — Messgenauigkeit, Mindestanforderungen

Messung	Untersuchungsprüfung/ Eignungsprüfung	Abnahmeprüfung
Kraftmessung — Gerät (Kalibrierung nach DIN EN 1537:2014-07, 8.4.2)	Kraftaufnehmer	Spannpresse mit Druckmessgerät
— Fehlergrenze bezogen auf Endwert	1 %	5 %
Verschiebungsmessungen	Wegmessgeräte mit mindestens 0,01 mm Anzeigegenauigkeit	

3.5.6 Zu 9.3

Abschnitt 9.3 wird ergänzt:

Die Vorbelastung ist in Anhang F geregelt.

3.5.7 Zu 9.4

Abschnitt 9.4 wird ergänzt und präzisiert:

Bis zur Veröffentlichung der DIN EN ISO 22477-5 ist das Prüfverfahren 1 nach Anhang F mit den dort genannten zugehörigen Anforderungen und Auswerteverfahren anzuwenden.

3.5.8 Zu 9.5.7

Abschnitt 9.5.7 wird ergänzt und präzisiert:

Die Ergebnisse von Untersuchungsprüfungen mit verkürzten Krafteinleitungslängen dürfen nicht zur Feststellung des Herausziehwiderstandes der Bauwerksanker verwendet werden.

3.5.9 Zu 9.10.3

Abschnitt 9.10.3 wird ergänzt:

Die Entscheidung über die Notwendigkeit und über den Umfang, die Anzahl der zu prüfenden Anker und die zeitlichen Abstände der Überwachung ist unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Eignungs- und Abnahmeprüfungen zu treffen. Dies gilt auch für Kurzzeitanker.

Die erforderliche Überwachung kann z. B. durch Beobachtung des Bauwerks und/oder Ankerkraftmessungen vorgenommen werden.

Die Ergebnisse sind in Protokollen festzuhalten.

3.6 Zu Abschnitt 10 „Aufzeichnungen“

3.6.1 Zu 10.2

Abschnitt 10.2 c) wird präzisiert:

Dies beinhaltet insbesondere festgestellte Schichtgrenzen, Hindernisse, Spülverluste und Besonderheiten des Baugrunds.

Abschnitt 10.2 k) wird ergänzt:

Prüfberichte von Eignungs- und Untersuchungsprüfungen müssen F.5 entsprechen. Abnahmeprotokolle sind entsprechend dem Beispiel in G.2 zu erstellen.

3.6.2 Zu 10.7

Anmerkung wird ergänzt:

Beispiele für geeignete Vordrucke für Protokolle dieser Art sind in Anhang G angegeben.

3.7 Zu Anhang C (informativ) „Korrosionsschutzsysteme für Kurzzeit- und Daueranker sowie typische Einzelheiten zu Dauerankerköpfen“

Zu Tabelle C.1, Zeile 1:

Stahlzugglieder ohne Korrosionsschutzumhüllung müssen im Boden mindestens 20 mm Zementmörtel-überdeckung aufweisen.

Zu Tabelle C.1, Zeile 2:

Siehe Zu 6.3.2.3.

Zu Tabelle C.1, Zeile 3:

Eine der Varianten ist zu wählen. Siehe Zu 6.3.2.3.

Zu Tabelle C.1, Zeile 4:

Siehe Zu 6.3.2.3.

3.8 Zu Anhang D (informativ) „Beispiel für ein Herstellungsprotokoll“

Anhang D wird ergänzt:

Statt des Protokollblattes in DIN EN 1537:2014-07, Anhang D, werden die Protokollblätter in Anhang G empfohlen.

Anhang F
(normativ)

Ankerprüfverfahren

F.1 Allgemeines

Nach DIN EN 1537:2014-07, 9.1, werden drei Arten von Belastungsprüfungen auf der Baustelle durchgeführt. Dies sind:

a) Untersuchungsprüfung;

b) Eignungsprüfung;

c) Abnahmeprüfung.

Für die Prüfungen ist das Prüfverfahren 1 nach DIN EN 1537:2014-07, 9.4 anzuwenden. Der Anker wird stufenweise in einem oder mehreren Zyklen von der Vorbelastung aus bis zur Prüfkraft belastet (siehe Bild F.1). Bei der höchsten Last jedes Zyklus ist die Last über eine bestimmte Zeit konstant zu halten und es sind die Verschiebungen des luftseitigen Endes des Ankers über einen festgelegten Zeitraum zu messen. Zusätzlich sind die Verschiebungen bei jeder Zwischenlaststufe der Be- und Entlastung zu messen.

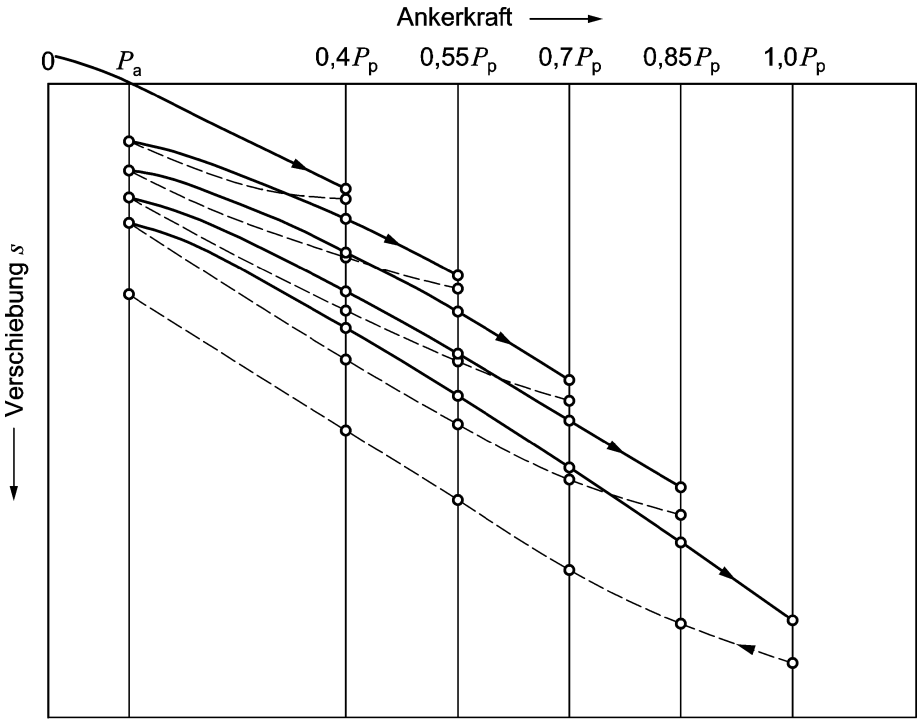


Bild F.1— Kraft-Verschiebungslinie am Beispiel der Eignungsprüfung eines Dauerankers in nichtbindigem Boden

Zur Beurteilung des Tragverhaltens eines Ankers dient das Kriechverhalten des Ankers unter Belastung und die Dehnung des Stahlzuggliedes.

Das Kriechverhalten wird charakterisiert durch das Kriechmaß k_s bei konstanter Ankerkraft (siehe Bild F.2):

$$k_s = \frac{s_b - s_a}{\log t_b - \log t_a} = \frac{s_b - s_a}{\log(t_b / t_a)}$$

Dabei ist

s_a die Verschiebung am Ankerkopf zum Zeitpunkt t_a;

s_b die Verschiebung am Ankerkopf zum Zeitpunkt t_b;

t_a der Anfang des betrachteten Zeitraumes;

t_b das Ende des betrachteten Zeitraumes.

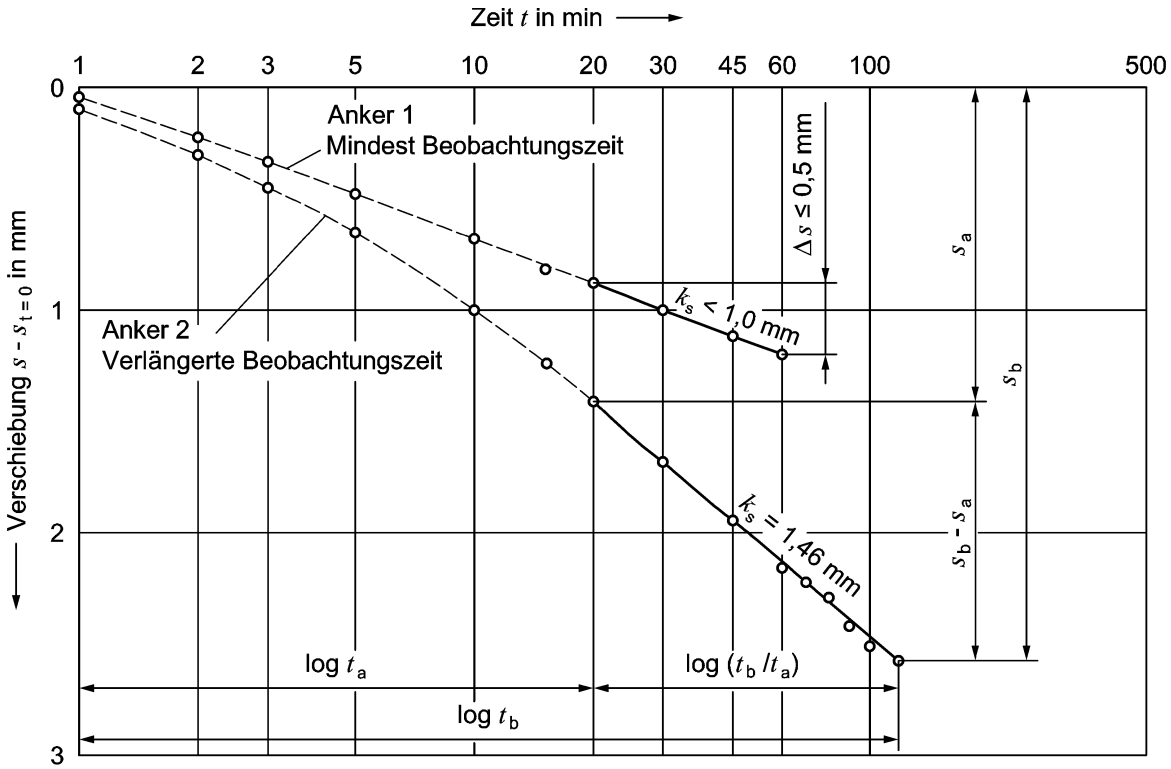


Bild F.2 — Zeit-Verschiebungslinien zur Ermittlung des Kriechmaßes k_s bei der Prüfkraft P_p am Beispiel der Eignungsprüfung eines Daueranker in nichtbindigem Boden

Das Dehnverhalten des Stahlzuggliedes wird ausgedrückt durch die rechnerische freie Stahllänge L_{app}:

$$L_{app} = \frac{(A_t \cdot E_t \cdot \Delta s)}{\Delta P}$$

Dabei ist

A_t der Querschnitt des Stahlzuggliedes;

E_t der Elastizitätsmodul des Stahlzuggliedes;

ΔP die Prüfkraft abzüglich der Vorbelastung;

Δs die am Verankerungspunkt (1) gemessene Verschiebung des Stahlzuggliedes bei der Prüfkraft P_P abzüglich der Verschiebung nach Entlastung auf die Vorbelastung P_a.

F.2 Untersuchungsprüfung

F.2.1 Umfang

Untersuchungsprüfungen können vor Beginn der Ausführung von Bauwerksankern erforderlich werden, um Grundlagen für die Planung und Ausführung einer Verankerung zu erarbeiten (Herausziehwiderstand, Kriechverhalten, Herstellungsverfahren). Bei der Untersuchungsprüfung handelt es sich um eine erweiterte Eignungsprüfung an mindestens drei Ankern. Die Konstruktion der Anker und die Prüfkraft P_p sollten so ausgelegt sein, dass der charakteristische Herausziehwiderstand R_{ak} (Versagen an der Grenzfläche von Baugrund und Verpressmörtel) bei der Belastung erreicht werden kann.

Für die Prüfkraft müssen folgende Grenzwerte eingehalten werden:

$$P_p \leq 0{,}80 \cdot P_{tk} = 0{,}80 \cdot f_{tk} \cdot A_t$$

$$P_p \leq 0{,}95 \cdot P_{t0,1k} = 0{,}95 \cdot f_{t0,1k} \cdot A_t \text{ bzw. } 0{,}95 \cdot P_{t0,2k} = 0{,}95 \cdot f_{t0,2k} \cdot A_t$$

Der kleinere Wert ist maßgebend.

Je nach verwendeter Stahlsorte ist der Nachweis entweder mit $P_{t0,1k}$ bzw. $P_{t0,2k}$ zu führen. Die Werte $f_{t0,1k}$ bzw. $f_{t0,2k}$ und f_{tk} häufig verwendeter Stähle können der Tabelle H.1 entnommen werden.

F.2.2 Versuchsdurchführung

Der Anker sollte mit mindestens sechs Spannzyklen auf die Prüfkraft P_p gespannt werden (in Anlehnung an Bild F.1). Die maximalen Laststufen der Spannzyklen sowie die dazugehörigen Mindestbeobachtungszeiten sind in Tabelle F.1 angegeben. Bei jeder Laststufe sind die Verschiebungen des luftseitigen Endes des Ankers zu messen. Bei der maximalen Last jedes Spannzyklus ist die Last mindestens während der in Tabelle F.1 angegebenen Beobachtungszeiten konstant zu halten und danach mit Zwischenlaststufen auf die Vorbelastung P_a zu reduzieren. Danach wird mit Zwischenlaststufen die maximale Laststufe des nächsten Spannzyklus aufgebracht. Die Beobachtungszeit auf den Zwischenlaststufen beträgt 1 min. Bei der konstant gehaltenen maximalen Last jedes Spannzyklus sind die Verschiebungen während der Beobachtungszeit zu messen (z. B. 1 min, 2 min, 3 min, 5 min, 10 min, 15 min, 20 min, 30 min, 45 min und 60 min) und in Anlehnung an Bild F.2 im halblogarithmischen Maßstab darzustellen. Die Beobachtungszeit ist zu verlängern, falls das Kriechmaß k_s nicht eindeutig bestimmt werden kann.

Tabelle F.1 — Laststufen und Beobachtungszeiten bei Untersuchungsprüfungen

Laststufen	Mindestbeobachtungszeiten min	
	nichtbindiger Boden und Fels	bindiger Boden
0,10 P_p	1	1
0,40 P_p	15	15
0,55 P_p	15	15
0,70 P_p	30	60
0,80 P_p	30	60
0,90 P_p	30	60
1,00 P_p	60	180

Der charakteristische Herausziehwiderstand R_{ak} wird erreicht, wenn das Kriechmaß k_s einen Wert von 2,0 mm überschreitet. Maßgebend ist der niedrigste Wert R_{ak}, der bei einem der geprüften Anker erreicht wird.

Wird bei einer Untersuchungsprüfung der charakteristische Herausziehwiderstand R_{ak} nicht erreicht, so gilt die maximal erreichte Prüfkraft P_p als R_{ak}.

F.3 Eignungsprüfung

F.3.1 Umfang

Auf jeder Ankerbaustelle ist eine Eignungsprüfung an drei Ankern durchzuführen. Es ist entweder für jede Baugrundschicht, in der Verpresskörper geplant sind, je eine Eignungsprüfung an drei Ankern oder eine Eignungsprüfung an drei Verpressankern an der Stelle, an der aufgrund der Baugrundverhältnisse die ungünstigsten Ergebnisse zu erwarten sind, durchzuführen. Die Eignungsprüfung sollte vor Beginn der Ankerarbeiten ausgeführt werden.

Bei Kurzzeitankern darf auf eine Eignungsprüfung verzichtet werden, wenn Ergebnisse von Eignungsprüfungen mit dem gleichen Ankersystem in vergleichbarem Baugrund und mit demselben Herstellungsverfahren vorliegen. Eine Eignungsprüfung ist jedoch dann durchzuführen, wenn ein höherer charakteristischer Herausziehwiderstand R_{ak} als an der anderen Stelle nachgewiesen werden soll.

Die Prüfkraft P_p ergibt sich nach DIN 1054 aus dem Bemessungswert P_d der Ankerbeanspruchung zu:

$$P_p = \gamma_a \cdot P_d$$

γ_a nach DIN 1054.

$$P_d = \gamma_F \cdot P_k$$

γ_F nach DIN 1054.

Für die Prüfkraft müssen folgende Grenzwerte eingehalten werden.

$$P_{\mathrm{p}} \leq 0{,}80 \cdot P_{\mathrm{tk}} = 0{,}80 \cdot f_{\mathrm{tk}} \cdot A_{\mathrm{t}}$$

$$P_{\mathrm{p}} \leq 0{,}95 \cdot P_{\mathrm{t0,1k}} = 0{,}95 \cdot f_{\mathrm{t0,1k}} \cdot A_t \text{ bzw. } 0{,}95 \cdot P_{\mathrm{t0,2k}} = 0{,}95 \cdot f_{\mathrm{t0,2k}} \cdot A_{\mathrm{t}}$$

Der kleinere Wert ist maßgebend.

Je nach verwendeter Stahlsorte ist der Nachweis entweder mit $P_{\mathrm{t0,1k}}$ bzw. $P_{\mathrm{t0,2k}}$ zu führen. Die Werte $f_{\mathrm{t0,1k}}$ bzw. $f_{\mathrm{t0,2k}}$ und f_{tk} häufig verwendeter Stähle können der Tabelle H.1 entnommen werden.

F.3.2 Versuchsdurchführung

Jeder Anker sollte mit mindestens fünf Spannzyklen auf die Prüfkraft P_{p} gespannt werden (siehe Bild F.1). Die maximalen Laststufen der Spannzyklen sowie die dazugehörigen Mindestbeobachtungszeiten sind in Tabelle F.2 angegeben.

Tabelle F.2 — Laststufen und Beobachtungszeiten für Eignungsprüfungen

Laststufe	**Mindestbeobachtungszeiten** min			
	Kurzzeitanker		**Daueranker**	
	nichtbindiger Boden und Fels	bindiger Boden	nichtbindiger Boden und Fels	bindiger Boden
P_{a}[a]	1	1	1	1
0,40 P_{p}	1	1	15	15
0,55 P_{p}	1	1	15	15
0,70 P_{p}	5	5	30	60
0,85 P_{p}	5	5	30	60
1,00 P_{p}	30	60	60	180

[a] Die Vorlast P_{a} sollte zwischen 0,1 P_{p} und 50 kN liegen.

Bei jeder Laststufe sind die Verschiebungen des luftseitigen Endes des Ankers zu messen. Bei der maximalen Last jedes Spannzyklus ist die Last mindestens während der in Tabelle F.2 angegebenen Beobachtungszeit konstant zu halten und danach mit Zwischenlaststufen auf die Vorbelastung P_{a} zu reduzieren. Danach wird mit Zwischenlaststufen die maximale Laststufe des nächsten Spannzyklus aufgebracht. Die Beobachtungszeit auf den Zwischenlaststufen beträgt 1 min. Bei der konstant gehaltenen maximalen Last jedes Spannzyklus sind die Verschiebungen während der Beobachtungszeit zu messen (z. B. 1 min, 2 min, 3 min, 5 min, 10 min, 15 min, 20 min, 30 min, 45 min und 60 min) und nach Bild F.2 im halblogarithmischen Maßstab darzustellen.

Die in Tabelle F.2 angegebenen Beobachtungszeiten sind zu verlängern, wenn

a) die Zunahme der Verschiebungen $\Delta s \geq 0{,}5$ mm ist und zwar bei

Kurzzeitankern in nichtbindigen Böden u. Fels:	zwischen der 10. Minute und 30. Minute
Kurzzeitankern in bindigen Böden:	zwischen der 20. Minute und 60. Minute
Daueranker in nichtbindigen Böden u. Fels:	zwischen der 20. Minute und 60. Minute

Dauerankern in bindigen Böden: zwischen der 60. Minute und 180. Minute

oder

b) die Neigung der Zeit–Verschiebungslinie in der Darstellung nach Bild F.2 mit dem Logarithmus der Zeit zunimmt.

Für die Fälle a) oder b) müssen die Beobachtungszeiten solange verlängert werden, bis das Kriechmaß aus einem geradlinig verlaufenden Ast am Ende der Zeit-Verschiebungs-Kurve entsprechend Bild F.2 eindeutig bestimmt werden kann. Bei Dauerankern muss die Beobachtungszeit einschließlich der Verlängerung in nichtbindigem Boden /Fels mindestens 120 min und in bindigem Boden mindestens 720 min betragen.

F.3.3 Anforderungen

F.3.3.1 Kriechmaß

Es ist nachzuweisen, dass die in Tabelle F.3 angegebenen Verschiebungen bzw. Kriechmaße nicht überschritten werden.

Zur Ermittlung der Kriechmaße sind die Zeit-Verschiebungslinien der jeweiligen maximalen Laststufe der Spannzyklen grafisch wie in Bild F.3 darzustellen.

Tabelle F.3 — Beobachtungszeiten und zulässige Verschiebungen bzw. Kriechmaße bei der Prüfkraft P_p von Eignungsprüfungen

	Kurzzeitanker		**Daueranker**	
	nichtbindiger Boden und Fels	bindiger Boden	nichtbindiger Boden und Fels	bindiger Boden
Prüfkraft nach DIN EN 1997-1	$\gamma_a \cdot P_d$	$\gamma_a \cdot P_d$	$\gamma_a \cdot P_d$	$\gamma_a \cdot P_d$
Versuch mit Mindestbeobachtungszeit in min Bei Erfüllung der Bedingung: t_a in min t_b in min Verschiebung $\Delta s = s_b - s_a$ in mm	 10 30 ≤ 0,5	 20 60 ≤ 0,5	 20 60 ≤ 0,5	 60 180 ≤ 0,5
Versuch mit verlängerter Beobachtungszeit: Beobachtungszeit: t_b in min Kriechmaß[a] k_s in mm	 ≥ 60 ≤ 2,0	 ≥ 120 ≤ 2,0	 ≥ 120 ≤ 2,0	 ≥ 720 ≤ 2,0

[a] k_s aus dem linearen Endbereich der Zeit-Verschiebungslinien nach Bild F.2.

Wird bei einem Anker einer Eignungsprüfung bereits bei einer Laststufe unterhalb der Prüfkraft P_p das Kriterium $k_s = 2{,}0$ mm überschritten, ist die zulässige Ankerkraft für alle Anker, für die die Eignungsprüfung gilt, auf der Grundlage der Laststufe, bei der das Kriterium noch erfüllt ist, festzulegen.

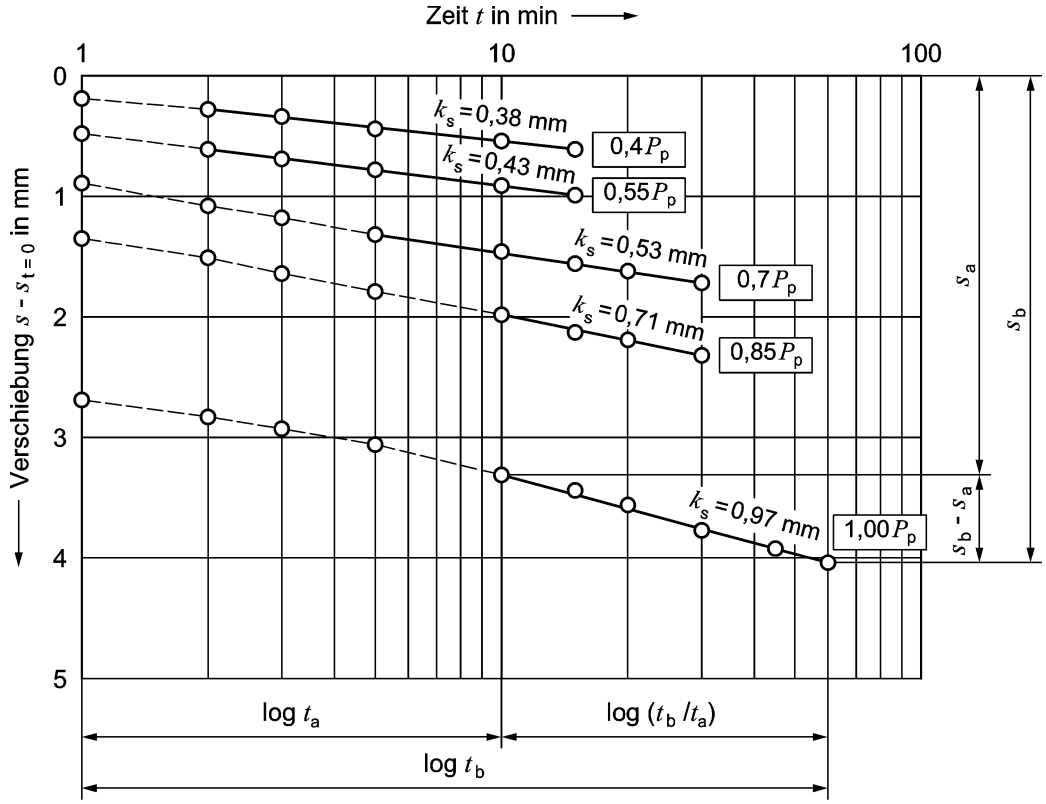


Bild F.3 — Zeit-Verschiebungslinien zur Ermittlung der Kriechmaße $k_s = (s_b - s_a)/\log(t_b/t_a)$ am Beispiel der Eignungsprüfung eines Daueranker in nichtbindigem Boden

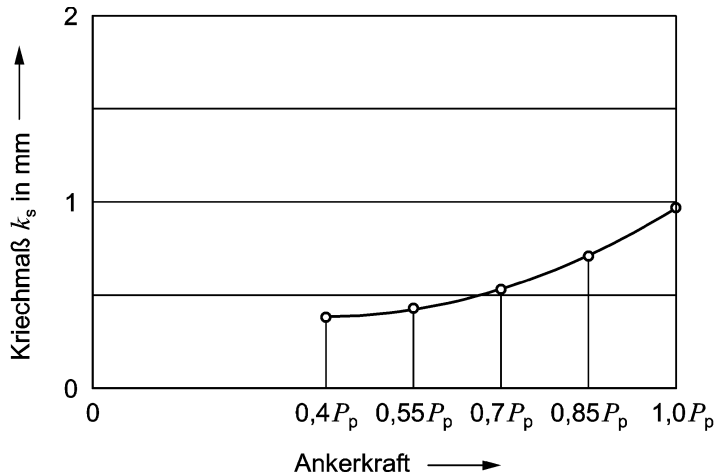


Bild F.4 — Darstellung des Kriechmaßes als Funktion der Ankerkraft für das Beispiel nach Bild F.3

F.3.3.2 Freie Stahllänge

Es ist nachzuweisen, dass die aus den Versuchsergebnissen ermittelte rechnerische freie Stahllänge L_{app} sich nicht wesentlich von der planmäßigen freien Stahllänge unterscheidet. Dies gilt als erfüllt, wenn oberhalb einer Kraft von $P = 0{,}70 \cdot P_p$ die unten genannten Bedingungen für die rechnerische freie Stahllänge L_{app} eingehalten werden:

obere Grenze der rechnerischen freien Stahllänge bei Verbundankern: $L_{\mathrm{app}} \leq L_{\mathrm{tf}} + L_{\mathrm{e}} + 0{,}5 \cdot L_{\mathrm{tb}}$

obere Grenze der rechnerischen freien Stahllänge bei Druckrohrankern: $L_{\mathrm{app}} \leq 1{,}1 \cdot L_{\mathrm{tf}} + L_{\mathrm{e}}$

untere Grenze der rechnerischen freien Stahllänge: $L_{\mathrm{app}} \geq 0{,}8 \cdot L_{\mathrm{tf}} + L_{\mathrm{e}}$

Die angegebenen Grenzen der rechnerischen freien Stahllänge können direkt über die gemessene Verschiebung kontrolliert werden. Hierzu wird die Verschiebung s am Ende jedes Lastzyklus in einen bleibenden Verschiebungsanteil s_{bl} und einen elastischen Verschiebungsanteil s_{el} ($s_{\mathrm{el}} = s - s_{\mathrm{bl}}$) aufgeteilt. Diese werden wie in Bild F.5 dargestellt aufgetragen. Die oben aufgeführten Grenzen der rechnerischen freien Stahllänge werden hierzu wie folgt in Grenzlinien der elastischen Verschiebung umgerechnet:

obere Grenzlinie *a* für Verbundanker:

$$s_{\mathrm{el}} = \frac{P_{\mathrm{p}} - P_{\mathrm{a}}}{E_{\mathrm{t}} \cdot A_{\mathrm{t}}} \cdot (L_{\mathrm{tf}} + L_{\mathrm{e}} + 0{,}5 \cdot L_{\mathrm{tb}})$$

obere Grenzlinie *a* für Druckrohranker:

$$s_{\mathrm{el}} = \frac{P_{\mathrm{p}} - P_{\mathrm{a}}}{E_{\mathrm{t}} \cdot A_{\mathrm{t}}} \cdot (1{,}1 \cdot L_{\mathrm{tf}} + L_{\mathrm{e}})$$

Linie der elastischen Verschiebungen der planmäßigen freien Stahllänge

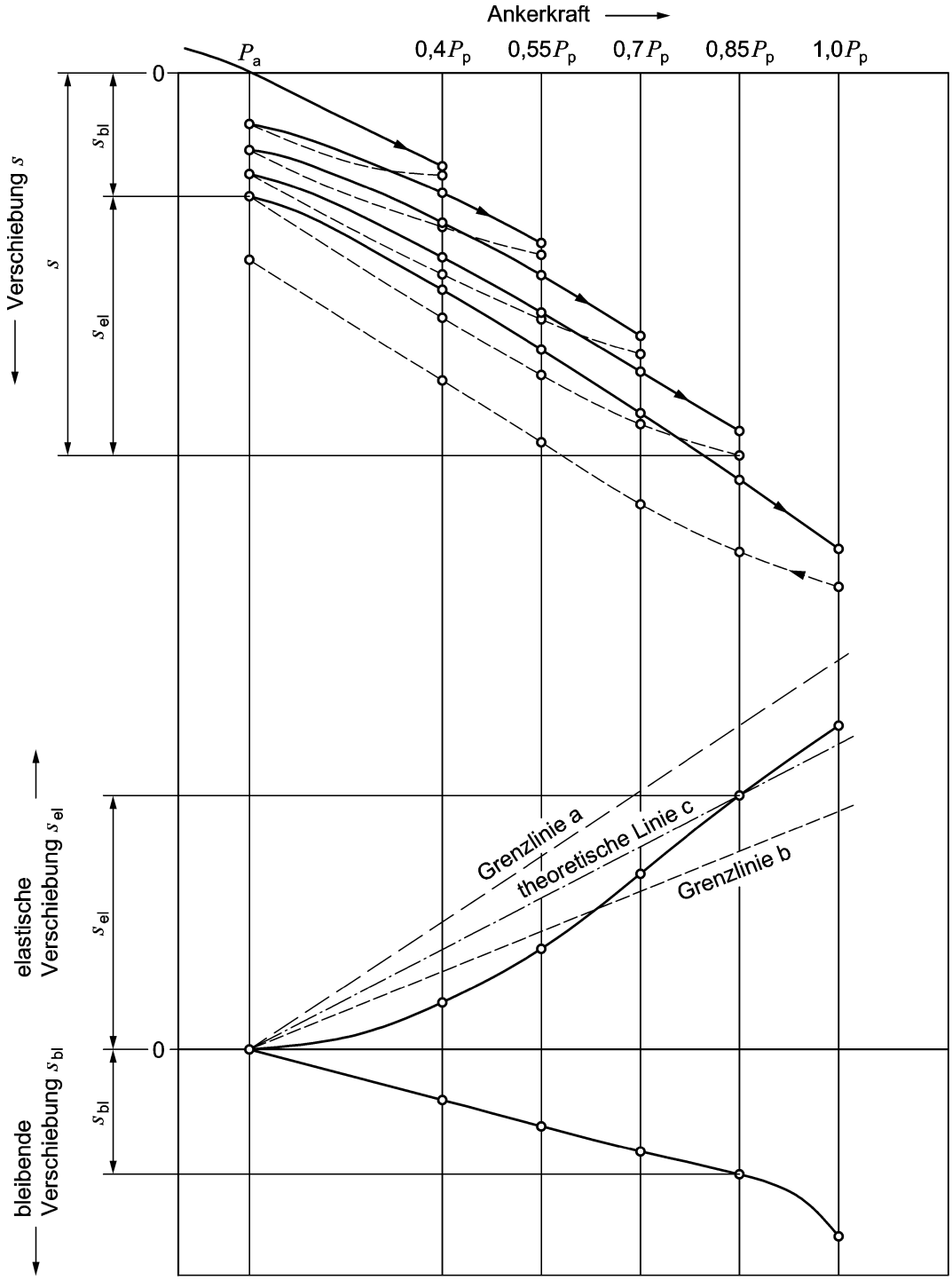
theoretische Linie c:

$$s_{\mathrm{el}} = \frac{P_{\mathrm{p}} - P_{\mathrm{a}}}{E_{\mathrm{t}} \cdot A_{\mathrm{t}}} \cdot (L_{\mathrm{tf}} + L_{\mathrm{e}})$$

untere Grenzlinie b:

$$s_{\mathrm{el}} = \frac{P_{\mathrm{p}} - P_{\mathrm{a}}}{E_{\mathrm{t}} \cdot A_{\mathrm{t}}} \cdot (0{,}8 \cdot L_{\mathrm{tf}} + L_{\mathrm{e}})$$

DIN SPEC 18537:2017-11



Legende
oben: Gesamtverschiebungen
unten: elastische und bleibende Verschiebungen und Grenzlinien

Bild F.5 — Kraft-Verschiebungslinien einer Eignungsprüfung am Beispiel eines Daueranker

F.3.4 Gruppenprüfung

Betragen die Achsabstände zwischen den Verpresskörpern bei charakteristischen Ankerbeanspruchungen P_k größer 700 kN weniger als 1,5 m, ist eine Ankergruppenprüfung durchzuführen. Hierbei ist die Eignungsprüfung an drei benachbarten Ankern auszuführen, wobei die drei Anker gleichzeitig zu belasten sind.

F.3.5 Schwellbelastung

Bei Dauerankern sollte anschließend an die Eignungsprüfung eine Schwellbelastung an einem Anker durchgeführt werden. Dabei ist der Anker 20-mal einer Schwellbelastung zu unterziehen. Die Oberlast beträgt P_k, die Unterlast 0,5 P_k. Die Verschiebungen sind auf der Ober- und Unterlast mindestens nach jedem 5. Lastwechsel zu messen. Anschließend ist der Anker auf die Vorbelastung P_a zu entlasten und die bleibende Verschiebung festzustellen. Die Zunahme der Verschiebung je Lastwechsel sollte mit zunehmender Lastwechselanzahl bei der Ober- und Unterlast abnehmen.

ANMERKUNG Aus den Versuchsergebnissen kann nicht auf das Tragverhalten der Anker unter höherer Zyklenanzahl geschlossen werden.

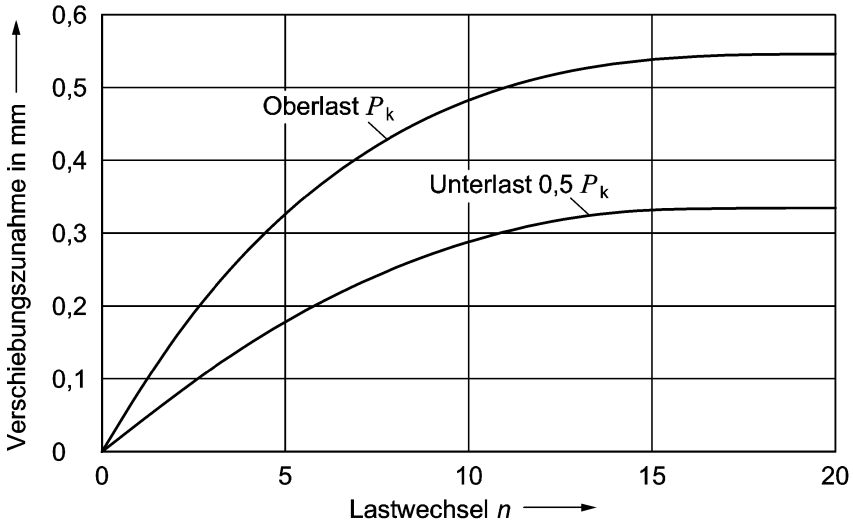


Bild F.6 — Verschiebungszunahme bei Schwellbelastung

F.3.6 Zur Untersuchungsprüfung erweiterte Eignungsprüfung

Wird bei einer Eignungsprüfung die Ankerkraft stufenweise bis zum Erreichen des Herausziehwiderstandes gesteigert, so gilt dies als Untersuchungsprüfung.

F.4 Abnahmeprüfung

F.4.1 Umfang

Jeder Bauwerksanker ist einer Abnahmeprüfung zu unterziehen. Die Prüfkraft P_p ergibt sich nach DIN 1054:

— für Daueranker und Kurzzeitanker zu: $P_p = \gamma_a \cdot P_d$

mit

γ_a nach DIN 1054.

$P_d = \gamma_F \cdot P_k$

mit
γ_F nach DIN 1054.

Für die Prüfkraft müssen folgende Grenzwerte eingehalten werden.

$$P_p \leq 0{,}80 \cdot P_{tk} = 0{,}80 \cdot f_{tk} \cdot A_t$$

$$P_p \leq 0{,}95 \cdot P_{t0,1k} = 0{,}95 \cdot f_{t0,1k} \cdot A_t \text{ bzw. } 0{,}95 \cdot P_{t0,2k} = 0{,}95 \cdot f_{t0,2k} \cdot A_t$$

Der kleinere Wert ist maßgebend.

Je nach verwendeter Stahlsorte ist der Nachweis entweder mit $P_{t0,1k}$ bzw. $P_{t0,2k}$ zu führen. Die Werte $f_{t0,1k}$bzw. $f_{t0,2k}$ und f_{tk} häufig verwendeter Stähle können der Tabelle H.1 entnommen werden.

F.4.2 Versuchsdurchführung

Ausgehend von einer Vorbelastung P_a sind die Anker mit Zwischenstufen nach Tabelle F.4 bis zur Prüfkraft P_p zu belasten und anschließend wieder auf die Vorbelastung P_a zu entlasten. Die Wartezeiten auf den einzelnen Laststufen sind in Tabelle F.4 angegeben. Bei jeder Laststufe sind die Verschiebungen des luftseitigen Endes des Ankers zu messen. Die Prüfkraft ist bei nichtbindigen Böden und Fels mindestens 5 min, bei bindigen Böden mindestens 15 min konstant zu halten. Dabei sind die auftretenden Verschiebungen in Abhängigkeit von der Zeit zu messen (z. B. nach 1 min, 2 min, 3 min, 5 min, 10 min und 15 min).

Tabelle F.4 — Laststufen und Beobachtungszeiten bei Abnahmeprüfungen

Laststufen	**Mindestbeobachtungszeiten** min	
	Kurzzeitanker und Daueranker	
	nichtbindiger Boden und Fels	**bindiger Boden**
P_a[a]	1	1
0,40 P_p	1	1
0,55 P_p	1	1
0,70 P_p	1	1
0,85 P_p	1	1
1,00 P_p	5	15

[a] Die Vorlast P_a sollte zwischen 0,1 P_p und 50 kN liegen.

Die in Tabelle F.4 angegebenen Mindestbeobachtungszeiten sind zu verlängern,

a) wenn in nichtbindigen Böden und Fels die Zunahme der Verschiebungen zwischen der 2. Minute und der 5. Minute $\Delta s > 0{,}20$ mm ist oder

b) wenn in bindigen Böden die Zunahme der Verschiebungen zwischen der 5. Minute und der 15. Minute $\Delta s > 0{,}25$ mm ist.

In diesen Fällen ist die Beobachtung solange fortzusetzen, bis die Kriechmaße eindeutig ermittelt werden können.

F.4.3 Anforderungen

F.4.3.1 Kriechmaß

Es ist nachzuweisen, dass die in Tabelle F.5 angegebenen Verschiebungen bzw. Kriechmaße nicht überschritten werden.

Tabelle F.5 — Beobachtungszeiten und zulässige Verschiebungen bzw. Kriechmaße bei der Prüfkraft P_p von Abnahmeprüfungen

	Daueranker und Kurzzeitanker	
	nichtbindiger Boden und Fels	**bindiger Boden**
Prüfkraft nach DIN EN 1997-1	$\gamma_a \cdot P_d$	$\gamma_a \cdot P_d$
Beobachtungszeit: t_a in min t_b in min Verschiebung: $\Delta s = s_b - s_a$ in mm	2 5 $\leq 0{,}2$	5 15 $\leq 0{,}25$
verlängerte Beobachtungszeit: t_b in min Kriechmaß[a] k_s in mm	 > 5 $\leq 2{,}0$	 > 15 $\leq 2{,}0$

[a] k_s aus dem linearen Endbereich der Zeit–Verschiebungslinien nach Bild F.2.

F.4.3.2 Freie Stahllänge

Es ist nachzuweisen, dass bei der Prüfkraft P_p für die rechnerische freie Stahllänge L_{app} folgende Bedingungen eingehalten werden:

obere Grenze der rechnerischen freien Stahllänge bei Verbundankern: $L_{app} \leq L_{tf} + L_e + 0{,}5 \cdot L_{tb}$

obere Grenze der rechnerischen freien Stahllänge bei Druckrohrankern: $L_{app} \leq 1{,}1 \cdot L_{tf} + L_e$

untere Grenze der rechnerischen freien Stahllänge: $L_{app} \geq 0{,}8 \cdot L_{tf} + L_e$

F.5 Prüfbericht für Eignungs- und Untersuchungsprüfungen

Die Ergebnisse von Eignungs- und Untersuchungsprüfungen müssen in einem Bericht dokumentiert werden. Der Bericht muss mindestens folgende Informationen enthalten:

— Name des Prüfinstitutes oder Prüfers;

— Name des Projektes;

— Auftraggeber;

— Datum der Prüfung;

— die Herstellungsprotokolle der geprüften Anker;

— Angabe zur Lage der Anker;

— Bauart der Anker;

— Einsatzzeit der Anker (Daueranker oder Kurzzeitanker);

— Angaben zum Baugrund im Bereich der Verpressstrecke und im Bereich der freien Ankerlänge;

— Angaben zur Überwachung der Herstellung der Anker (wurde eine Überwachung durchgeführt, welche Auffälligkeiten gab es);

— die aus dem Bemessungswert der Ankerbeanspruchung ermittelte Prüfkraft P_p;

— Angaben zur Versuchseinrichtung;

— Angaben zur Kraftmesseinrichtung, Kalibrierprotokolle;

— Angaben zur Verschiebungsmessung, Angaben zur Ablesegenauigkeit;

— Foto bzw. Fotos der aufgebauten Messeinrichtung. Die Fotos müssen die Versuchseinrichtung ausreichend dokumentieren;

— Beschreibung begleitender Messungen, falls durchgeführt;

— Kraft–Verschiebungslinien nach Bild F.1;

— Zeit–Verschiebungslinien für alle Laststufen nach Bild F.3;

— Kriechmaß–Ankerkraft–Diagramm nach Bild F.4;

— Nachweis der rechnerischen freien Stahllänge nach F 3.3.2;

— grafische Darstellung der bleibenden und elastischen Verschiebungen zur Kontrolle der freien Stahllänge nach Bild F.5;

— Darstellung der Verschiebungszunahme auf der Ober- und Unterlast in Abhängigkeit von der Lastwechselanzahl nach Bild F.6.

Anhang G
(informativ)

Beispiele für Protokollblätter

G.1 Herstellungsprotokoll

Unternehmen							**Herstellungsprotokoll Daueranker / Kurzzeitanker nach DIN EN 1537**	
Name der Baumaßnahme								
Auftraggeber								
Bauteil / Plan-Nr. / Schnitt								
Ankerlage/Ankernummer								
Zugglied	Kurzzeitanker Korrosionsschutzmaßnahmen L_{tf}/L_{tb}							
	Daueranker Zulassungsnummer							
	Stahlsorte		Querschnitt		mm2	Anzahl		
	Ankerlänge L_A	m	Lieferlänge (L_A + Überstand)				m	
	Verankerungslänge des Zuggliedes L_{tb}			m	Krafteintragungslänge L_{fixed}		m	
	Ankerneigung gegen die Horizontale			°	Freie Stahllänge L_{tf}		m	
	Anker verschwenkt um			° rechts/links				
Bohrtechnik	Bohrverfahren							
	Bohrwerkzeug							
	Spülung							
	Bohrgerät, Typ							
	verrohrt	Anfänger ∅a / ∅i		mm				
		Nippel ∅i		mm				
		Verrohrung ∅a / ∅i		mm				
		Spitze / Krone ∅a		mm				
	unverrohrt	Meißelkrone ∅a		mm				
Bohren	Datum des Bohrens				Besondere Feststellung im Bereich der Krafteintragungslänge L_{fixed}			
	verrohrt bis	m						
	unverrohrt bis	m						
	Grundwasser	m						
	Spülflüssigkeitsverlust							
	Beim Bohren festgestellte Schichtgrenzen							
	Bodenart	von m	bis m		Versuche im Bohrloch z. B. Wasserabpressversuch, Fernsehsonde			
	Bodenart	von m	bis m					
	Bodenart	von m	bis m					
	Bodenart	von m	bis m					
	Bodenart	von m	bis m					
	Bodenart	von m	bis m					
	Anmerkungen							
Verpressen			Primär-Verpressen		1 Nachverpressen		2 Nachverpressen	
	Datum des Verpressens							
	Zementsorte							
	W/Z Wert							
	Zusatzmittel:							
	Art							
	Masseanteil		%		%		%	
	Verbrauchte Menge Zement		kg		kg		kg	
	Nachverpressventil (Typ / Anzahl Ventile)							
	Aufsprengdruck				bar		bar	
	Verpress(End)druck		bar		bar		bar	
Verpress-körper	Begrenzung des Verpresskörpers		ja	nein				
	Verfahren zur Begrenzung des Verpresskörpers							
	Tiefe der Begrenzung		m		m		m	
	Spüldruck		bar		bar		bar	
	Unterkante Verrohrung beim Spülen							
Bemerkungen								
Bohrmeister					Unterschrift			

G.2 Protokoll der Abnahmeprüfung

Unternehmen		**Protokoll der Abnahmeprüfung von Dauerankern / Kurzzeitankern nach DIN EN 1537**			
Blatt					
Baustelle		Ankerlänge L_A	m	Presse, Typ	
Ankertyp		Spannüberstand L_e	m	Pressenfläche	mm^2
Anzahl	mm^2	Freie Stahllänge L_{tf}	m	Manometer, Nr.	
Stahlsorte St.	N/mm^2	Verankerungslänge L_{tb}	m	Kraftaufnehmer, Typ Nr.	
Fläche A_t	mm^2	Druckrohrlänge L_D	m	P_d	kN
E-Modul	N/mm^2	Dehnsteifigkeit $E_t * A_t$	kN	Prüfkraft P_P a)	kN

Bauteil			Anker Nr.						
Datum									
Last/Druck/Verschiebung		[kN]	[bar]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
Belastung	Vorbelastung P_a								
	0,40 P_P								
	0,55 P_P								
	0,70 P_P								
	0,85 P_P								
	Prüfkraft 1,00 P_P								
Konstante Prüfkraft P_P	Verschiebung s bei P_P: nach 1 min s 1								
	nach 2 min s 2								
	nach 3 min s 3								
	nach 5 min s 5								
	s 5 – s 2								
	in nicht bindigen Böden s 5 – s 2 ≤ 0,20 mm			ja/nein	ja/nein	ja/nein	ja/nein	ja/nein	ja/nein
	nach 10 min s 10								
	nach 15 min s 15								
	s 15 – s 5								
	in bindigen Böden s 15 – s 5 ≤ 0,25 mm			ja/nein	ja/nein	ja/nein	ja/nein	ja/nein	ja/nein
	nach min								
	nach min								
	nach min								
Belastung	Vorbelastung P_a								
	Festlegekraft P_0 (kN)								
	Vorspannkraft (inkl. Schlupf b))								
Für Prüfkraft $P_P = \gamma_a \cdot P_d k_S$ < 2,0 mm				ja/nein	ja/nein	ja/nein	ja/nein	ja/nein	ja/nein
Grenzen der Verschiebung	s_{bl} < c) mm bei P_a	$s_{el} = s_{max} - s_{bl}$		ja/nein	ja/nein	ja/nein	ja/nein	ja/nein	ja/nein
	L_{app}								
	Grenzlängen: max. L_{app}/min. L_{app}	$L_{app} = \frac{E_t \cdot A_t \cdot s_{el}}{(P_P - P_a)}$							
	L_{app} zwischen max. L_{app}/min. L_{app}			ja/nein	ja/nein	ja/nein	ja/nein	ja/nein	ja/nein

a) $P_P = \gamma_a \cdot P_d$

b) Zu berücksichtigender Schlupf bei Litzen- und Mehrstabankern gemäß Zulassung.

c) Die maximale bleibende Verschiebung kann aufgrund der Ergebnisse der Eignungsprüfung festgelegt werden.

Unterschrift _____

Anhang H
(informativ)

Dehngrenzen bzw. Zugfestigkeit für typische Ankerstähle

Tabelle H.1 — Dehngrenzen bzw. Zugfestigkeit für typische Ankerstähle

Stahlsorte	**Bezeichnung nach**	$f_{t0,1k}$ N/mm²	$f_{t0,2k}$ N/mm²	f_{tk} N/mm²	
BSt 500 S	B500B nach DIN 488-1	–	500	550	**Betonstabstahl mit Gewinderippen**
S 555 / 700	–	–	555	700	**Stabstahl mit Gewinderippen**
St 835 / 1030	Y1030 nach Normen der Reihe E DIN EN 10138	835	–	1 030	**Stabspannstahl mit Gewinderippen**
St 950 / 1050	Y1050 nach Normen der Reihe E DIN EN 10138	950	–	1 050	
St 1080 / 1230	Y1230 nach Normen der Reihe E DIN EN 10138	1 080	–	1 230	
St 1570 / 1770	Y1770 nach Normen der Reihe E DIN EN 10138	1 500 [a)]	–	1 770	**Spannstahl-Litzen**
St 1660 / 1860	Y1860 nach Normen der Reihe E DIN EN 10138	1 600 [a)]	–	1 860	

[a)] Für $f_{t\,0,1k}$ werden mindestens die angegebenen Werte erreicht, höhere Werte sind ggf. den jeweiligen für das Einzelprodukt erteilten Zulassungen zu entnehmen.

Die Werte der Tabelle können bis zur Einführung von DIN EN 10080 (Betonstahl) beziehungsweise DIN EN 10138 (Spannstahl) verwendet werden, nationale Anwendungsregeln sind ebenfalls zu berücksichtigen.

Literaturhinweise

DIN EN 10080, *Stahl für die Bewehrung von Beton — Schweißgeeigneter Betonstahl — Allgemeines*

E DIN EN 10138-1, *Spannstähle — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

[1] Musterverordnung über die Überwachung von Tätigkeiten mit Bauprodukten und bei Bauarten – MÜTVO, 2004-06

[2] Verzeichnis der Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstellen nach den Landesbauordnungen, Teil V, in der jeweils geltenden Fassung

DEUTSCHE NORM **Mai 2017**

DIN EN 1993-1-3/NA

DIN

ICS 91.010.30; 91.080.13

Ersatz für
DIN EN 1993-1-3/NA:2010-12

Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-3: Allgemeine Regeln – Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche

National Annex –
Nationally determined parameters –
Eurocode 3: Design of steel structures –
Part 1-3: General rules – Supplementary rules for cold-formed members and sheeting

Annexe Nationale –
Paramètres déterminés au plan national –
Eurocode 3: Calcul des structures en acier –
Partie 1-3: Règles générales – Règles supplémentaires pour les profilés et plaques formés à froid

Gesamtumfang 12 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

DIN EN 1993-1-3/NA:2017-05

Inhalt

Seite

Vorwort ... 3

1 Anwendungsbereich ... 4

2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1993-1-3:2010-12 ... 4
2.1 Allgemeines ... 4
2.2 Nationale Festlegungen ... 5
NCI zu 1.2 Normative Verweisungen ... 5
NDP zu 2(3)P Grundlagen der Bemessung ... 5
NDP zu 2(5) Grundlagen der Bemessung ... 5
NDP zu 3.1(3) Anmerkung 1 ... 5
NDP zu 3.1(3) Anmerkung 2 ... 5
NDP zu 3.2.4(1) Materialdicken und Materialdickentoleranzen ... 6
NDP zu 5.3(4) Tragwerksmodellierung für die Berechnung ... 6
NDP zu 8.3(5) Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln ... 6
NDP zu 8.3(13), Tabelle 8.1 ... 6
NDP zu 8.3(13), Tabelle 8.2 ... 6
NDP zu 8.3(13), Tabelle 8.3 ... 6
NDP zu 8.3(13), Tabelle 8.4 ... 6
NDP zu 8.4(5) Punktschweißungen ... 6
NDP zu 8.5.1(4) Überlappungsgröße ... 6
NDP zu 9(2), Anmerkung ... 6
NDP zu 10.1.1(1) Träger mit Drehbettung durch Bleche ... 7
NCI zu 10.1.1(6) ... 7
NCI zu 10.1.4.1(4), Bild 10.3 ... 7
NDP zu 10.1.4.2(1) Knickbeanspruchbarkeit des freien Gurtes ... 7
NCI zu 10.1.5.2(2) ... 7
NCI zu 10.1.5.2(6) Steifigkeit der Drehbettung ... 8
NCI zu Tabelle 10.3 ... 9
NCI zu 10.3.1, Anmerkung ... 10
NDP zu A.1(1), Anmerkung 2 ... 11
NDP zu A.1(1), Anmerkung 3 ... 11
NDP zu A.6.4(4) ... 11
NDP zu E(1) Vereinfachte Pfettenbemessung ... 11

NCI - Literaturhinweise ... 12

Vorwort

Dieses Dokument wurde im NABau-Spiegelausschuss NA 005-08-16 AA „Tragwerksbemessung (SpA zu CEN/TC 250/SC 3)“ erstellt.

Dieses Dokument bildet den Nationalen Anhang zu DIN EN 1993-1-3:2010-12, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-3: Allgemeine Regeln — Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche.*

Die Europäische Norm EN 1993-1-3 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. Darüber hinaus enthält dieser nationale Anhang ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1993-1-3:2010-12 (en: non-contradictory complementary information, NCI).

Dieser Nationale Anhang ist Bestandteil von DIN EN 1993-1-3:2010-12.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1993-1-3/NA:2010-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) der Titel wurde an DIN EN 1993-1-3:2010-12 angepasst;

b) die Stahlsortenauswahl in Abschnitt NDP zu 3.1(3) wurde erweitert;

c) die Abschnitte zu 10.1.1(6), 10.1.5.2(2) und 10.3.1 wurden überarbeitet;

d) das Literaturverzeichnis wurde ergänzt.

Frühere Ausgaben

DIN 1050: 1934-08, 1937xxxxx-07, 1946-10, 1957x-12, 1968-06
DIN 1073: 1928-04, 1931-09, 1941-01, 1974-07
DIN 1079: 1938-01, 1938-11, 1970-09
DIN 4100: 1931-05, 1933-07, 1934xxxx-08, 1956-12, 1968-12
DIN 4101: 1937xxx-07, 1974-07
Beiblatt zu DIN 1073: 1974-07
DIN 18800-1: 1981-03, 1990-11
DIN 18800-1/A1: 1996-02
DIN 4114-1: 1952xx-07
DIN 4114-2: 1952-07, 1953x-02
DIN 18800-2: 1990-11
DIN 18800-2/A1: 1996-02
DIN 18800-3: 1990-11
DIN 18800-3/A1: 1996-02
DIN 18807-1: 1987-06
DIN 18807-1/A1: 2001-05
DIN 18807-2: 1987-06
DIN 18807-2/A1: 2001-05
DIN EN 1993-1-3/NA: 2010-12

DIN EN 1993-1-3/NA:2017-05

1 Anwendungsbereich

Dieser Nationale Anhang enthält nationale Festlegungen für Nachweisverfahren mit Berechnungen und mit durch Versuche gestützten Berechnungen, die bei der Anwendung von DIN EN 1993-1-3:2010-12 in Deutschland zu berücksichtigen sind.

Dieser Nationale Anhang gilt nur in Verbindung mit DIN EN 1993-1-3:2010-12.

2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1993-1-3:2010-12

2.1 Allgemeines

DIN EN 1993-1-3:2010-12 weist an den folgenden Textstellen die Möglichkeit nationaler Festlegungen aus. Diese sind durch ein vorangestelltes „NDP“ (en: Nationally determined parameters) gekennzeichnet.

- 2(3)P;
- 2(5);
- 3.1(3) Anmerkung 1 und Anmerkung 2;
- 3.2.4(1);
- 5.3(4);
- 8.3(5);
- 8.3(13), Tabelle 8.1;
- 8.3(13), Tabelle 8.2;
- 8.3(13), Tabelle 8.3;
- 8.3(13), Tabelle 8.4;
- 8.4(5);
- 8.5.1(4);
- 9(2), Anmerkung 1;
- 10.1.1(1);
- 10.1.4.2(1);
- A.1(1), Anmerkung 2;
- A.1(1), Anmerkung 3;
- A.6.4(4);
- E(1).

Darüber hinaus enthält NA 2.2 ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1993-1-3:2010-12. Diese sind durch ein vorangestelltes „NCI“ (en: non-contradictory complementary information) gekennzeichnet.

- 1.2
- 10.1.1(6)
- 10.1.5.2 (2)
- 10.1.5.2(6)
- 10.3.1
- Tabelle 10.3
- Literaturhinweise

2.2 Nationale Festlegungen

Die nachfolgende Nummerierung entspricht der Nummerierung von DIN EN 1993-1-3:2010-12.

NCI zu 1.2 Normative Verweisungen

NA DIN 18807-2, *Trapezprofile im Hochbau — Stahltrapezprofile; Durchführung und Auswertung von Tragfähigkeitsversuchen*

NA DIN 18807-2/A1, *Trapezprofile im Hochbau — Stahltrapezprofile — Durchführung und Auswertung von Tragfähigkeitsversuchen; Änderung A1*

NA DIN 18807-3:1987-06, *Trapezprofile im Hochbau — Stahltrapezprofile — Festigkeitsnachweis und konstruktive Ausbildung*

NA DIN EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

NA DIN EN 10346:2015-10, *Kontinuierlich schmelztauchveredelte Flacherzeugnisse aus Stahl zum Kaltumformen — Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10346:2015*

NA DIN EN 13162, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) — Spezifikation*

NA DIN EN 13164, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus extrudiertem Polystyrolschaum (XPS) — Spezifikation*

NDP zu 2(3)P Grundlagen der Bemessung

Es gelten die folgenden Zahlenwerte für γ_{Mi}:

$\gamma_{\mathrm{M0}} = 1{,}1$;

$\gamma_{\mathrm{M1}} = 1{,}1$;

$\gamma_{\mathrm{M2}} = 1{,}25$.

Abweichend von den Regeln in DIN EN 1993-1-1 wurden hier γ_{M0} und γ_{M1} zu 1,1 festgelegt, um die Besonderheiten von dünnwandigen Blechkonstruktionen zu berücksichtigen.

NDP zu 2(5) Grundlagen der Bemessung

Es gelten die Empfehlungen.

NDP zu 3.1(3) Anmerkung 1

Für die charakteristischen Werte dürfen die in DIN EN 1993-1-3:2010-12, Tabelle 3.1a angegebenen 1,0-fachen Werte verwendet werden.

NDP zu 3.1(3) Anmerkung 2

Neben den Stahlsorten nach Tabelle 3.1a sind nur die Stahlsorten nach DIN EN 1993-1-3:2010-12, Tabelle 3.1b sowie die Stahlsorten S390GD, S420GD und S450GD nach DIN EN 10346:2015-10 zulässig.

DIN EN 1993-1-3/NA:2017-05

NDP zu 3.2.4(1) Materialdicken und Materialdickentoleranzen

Es gelten die Empfehlungen.

NDP zu 5.3(4) Tragwerksmodellierung für die Berechnung

Die Imperfektionen sind nach DIN EN 1993-1-1:2010-12, Tabelle 5.1 für die Biegedrillknickkurve b nach DIN EN 1993-1-1:2010-12, 6.3.2.2 unter gleichzeitiger Berücksichtigung des Faktors *k* nach DIN EN 1993-1-1:2010-12, 5.3.4(3) anzusetzen.

NDP zu 8.3(5) Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln

Es gelten die Empfehlungen.

NDP zu 8.3(13), Tabelle 8.1

Für die Verwendung von durch Versuche ermittelten Werten können die Bekanntmachung über die technischen Baubestimmungen und andere bauaufsichtlichen Regelungen weitere Anforderungen, z. B. die Forderung eines bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweises, enthalten.

NDP zu 8.3(13), Tabelle 8.2

Für die Verwendung von durch Versuche ermittelten Werten können die Bekanntmachung über die technischen Baubestimmungen und andere bauaufsichtlichen Regelungen weitere Anforderungen, z. B. die Forderung eines bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweises, enthalten.

NDP zu 8.3(13), Tabelle 8.3

Für die Verwendung von durch Versuche ermittelten Werten können die Bekanntmachung über die technischen Baubestimmungen und andere bauaufsichtlichen Regelungen weitere Anforderungen, z. B. die Forderung eines bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweises, enthalten.

NDP zu 8.3(13), Tabelle 8.4

Für die Verwendung von durch Versuche ermittelten Werten können die Bekanntmachung über die technischen Baubestimmungen und andere bauaufsichtlichen Regelungen weitere Anforderungen, z. B. die Forderung eines bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweises, enthalten.

NDP zu 8.4(5) Punktschweißungen

Es gelten die Empfehlungen.

NDP zu 8.5.1(4) Überlappungsgröße

Es gelten die Empfehlungen.

NDP zu 9(2), Anmerkung

Für die Verwendung von Versuchsergebnissen nach Anhang A können die Bekanntmachung über die technischen Baubestimmungen und andere bauaufsichtlichen Regelungen weitere Anforderungen, z. B. die Forderung eines bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweises, enthalten.

Die in DIN EN 1993-1-3:2010-12, A.2 beschriebene Versuchsdurchführung gilt nur für Trapezprofile, Wellprofile und Kassettenprofile. Für die Versuchsdurchführung und Versuchsauswertung sind zusätzlich DIN 18807-2 und DIN 18807-2/A1 zu berücksichtigen.

NDP zu 10.1.1(1) Träger mit Drehbettung durch Bleche

Für die Verwendung von Versuchsergebnissen können die Bekanntmachung über die technischen Baubestimmungen und andere bauaufsichtlichen Regelungen weitere Anforderungen, z. B. die Forderung eines bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweises, enthalten.

NCI zu 10.1.1(6)

ANMERKUNG Die Schubsteifigkeit S bei einer Stabilisierung der Unterkonstruktion durch Sandwichelemente kann mit dem in [9] oder [10] beschriebenen Verfahren berechnet werden.

NCI zu 10.1.4.1(4), Bild 10.3

In der Erläuterung zu (*) in der letzten Bildzeile ist folgendes gemeint: Liegt der Schubmittelpunkt auf der rechten Seite der Last q_{Ed}, wirkt die äquivalente seitliche Belastung entgegengesetzt.

NDP zu 10.1.4.2(1) Knickbeanspruchbarkeit des freien Gurtes

Es gelten die Empfehlungen.

NCI zu 10.1.5.2(2)

Für Sandwichelemente mit Stahldeckschichten, die die Auflast auf den gestützten Träger übertragen, ergibt sich $C_{\mathrm{D,A}}$ aus der in Bild NA.1 angegebenen Momenten-Verdrehungsbeziehung mit Gleichung (NA.1) sowie den Hilfswerten nach Tabelle NA.1 und NA.2. Alternativ darf $C_{\mathrm{D,A}}$ nach [9] ermittelt werden.

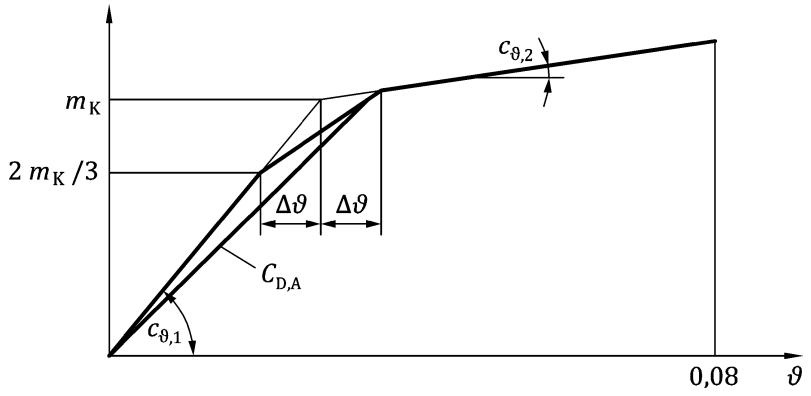


Bild NA.1 — Momenten-Verdrehungsbeziehung für Sandwichelemente

$$C_{\mathrm{D,A}} = \frac{m_{\mathrm{K}}}{\vartheta\,(m_{\mathrm{K}})} = \frac{3}{2} \cdot \frac{C_{\vartheta,1}}{\left(\frac{C_{\vartheta,1}}{C_{\vartheta,1} + C_{\vartheta,2}} + 1\right)} \qquad \text{(NA.1)}$$

DIN EN 1993-1-3/NA:2017-05

Tabelle NA.1 — Kennwerte der Momenten-Verdrehungsbeziehung für Sandwichelemente

	doppelsymmetrische Träger 60 mm ≤ vorh b ≤ 100 mm		**Z- oder U-Profile** 60 mm ≤ vorh b ≤ 80 mm	
$c_{\vartheta 1} =$	$c_1 \cdot E_s \cdot \frac{vorh\, b}{82}$	(NA.2)	$c_1 \cdot E_s$	(NA.5)
$c_{\vartheta 2} =$	$\zeta \cdot c_2 \cdot E_s \cdot t_K \cdot \frac{vorh\, b}{82}$	(NA.3)	0	(NA.6)
$m_K =$	$q_d \cdot \frac{vorh\, b}{2}$	(NA.4)	$q_d \cdot vorh\, b$	(NA.7)

2,0 N/mm^2 ≤ E_S ≤ 6,0 N/mm^2	Elastizitätsmodul der Sandwich-Kernschicht
0,42 mm ≤ t_K ≤ 0,67 mm	Kernblechdicke der oberen Deckschicht
vorh b in mm	vorhandene Breite des Gurtes des gestützten Trägers
q_d	Bemessungswert der vom Sandwichelement auf den Träger längs des Obergurtes übertragenen Auflast
c_1, c_2	Faktoren nach Tabelle NA.2
ζ	Faktor zur Berücksichtigung der Befestigungsart, siehe Bild NA.2:
	ζ=1 alternierende Anordnung
	ζ= 1,5 einseitige Anordnung (ungünstige Drehrichtung ausgeschlossen)
	ζ= 0 verdeckte Anordnung

Für die Berechnung von $c_{\vartheta 1}$ und $c_{\vartheta 2}$ sind die Zahlenwerte in den Einheiten N/mm^2 bzw. mm einzusetzen. Da die Faktoren c_1 und c_2 bereits einen Umrechnungsfaktor beinhalten, hat das Ergebnis dieser Berechnung die Einheit kN.

Tabelle NA.2 — Faktoren c_1 und c_2 für Gleichungen (NA.2), (NA.3) und (NA.5)

Zeile	**Kernschicht**	**Einsatz-bereich**	**schraubkopfseitige Deckschicht**	c_1	c_2
1	PUR	Dach	trapezprofiliert	1,44	0,22
2		Wand	quasi-eben	1,20	0,38
3	Mineralwolle	Dach	trapezprofiliert	0,69	0,18
4		Wand	quasi-eben	0,48	0,16

NCI zu 10.1.5.2(6) Steifigkeit der Drehbettung

a) Für Stahltrapezprofile in Negativlage mit Wärmedämmung zwischen Pfettenobergurt und Profilblech darf die Steifigkeit der Drehbettung C_{100} bei Auflast nach Tabelle NA.3 angenommen werden.

8

Tabelle NA.3 — Steifigkeit der Drehbettung C_{100} bei Auflast für Stahltrapezprofile mit Wärmedämmung, $t_{\text{nom}} \geq 0{,}75$ mm

Zeile	Dämmung	Art der Befestigung			
		Obergurt $e = b_{\text{R}}$	Obergurt $e = 2b_{\text{R}}$	Untergurt $e = b_{\text{R}}$	Untergurt $e = 2b_{\text{R}}$
1	Extrudiertes Polystyrol nach DIN EN 13164 $d = 60$ mm	5,0	3,2	4,7	2,9
2	Extrudiertes Polystyrol nach DIN EN 13164 $d = 100$ mm	5,6	3,5	4,8	3,4
3	Mineralwolle nach DIN EN 13162 $d = 80$ mm mit Distanzleiste	5,9	3,3	4,9	2,9
4	Mineralwolle nach DIN EN 13162 $d = 80$ mm ohne Distanzleiste	2,1	0,85	2,4	0,97

b) Für Faserzementplatten darf die Steifigkeit der Drehbettung C_{100} bei Auflast mit $C_{100} = 5{,}3$ kNm/m, bei Sog mit $C_{100} = 2{,}6$ kNm/m angesetzt werden.

c) Bei a) und b) darf $C_{D,A}$ aus C_{100} nach Gleichung (10.17) bestimmt werden, jedoch sind die Faktoren k_t, k_{bR}, k_A und k_{bT} jeweils mit 1,0 zu setzen.

d) Für Stahltrapezprofile mit $t = 0{,}75$ mm oder $t = 1{,}00$ mm und Befestigung durch Setzbolzen X-ENP-19L15 entsprechend europäischer technischer Zulassung ETA-04/0101 dürfen bei Auflast die Werte C_{100} der Tabelle 10.3 verwendet werden, jedoch ist für den Fall „Lage positiv, Befestigung am Untergurt, $e = b_R$“ der Zahlenwert 5,2 durch den Zahlenwert 4,0 zu ersetzen

Die Steifigkeit der Drehbettung $C_{D,A}$ darf nach Gleichung (10.17) bestimmt werden, jedoch mit den folgenden Änderungen für

$k_{\text{ba}} = (b_{\text{a}}/100)^2$ wenn $(b_{\text{a}}/100) \leq 1{,}15$

$k_{\text{ba}} = 1{,}15\ (b_{\text{a}}/100)$ wenn $1{,}15 \leq 1{,}15\ (b_{\text{a}}/100) \leq 1{,}6$

$k_{\text{t}} = (t_{\text{nom}} / 0{,}75)$ wenn $t_{\text{nom}} > 0{,}75$ mm, positive Lage

$k_{\text{bR}} = 1{,}0$

$k_{\text{A}} = 1{,}0 + (\text{A} - 1{,}0)\ 0{,}16$ wenn $t = 0{,}75$ mm

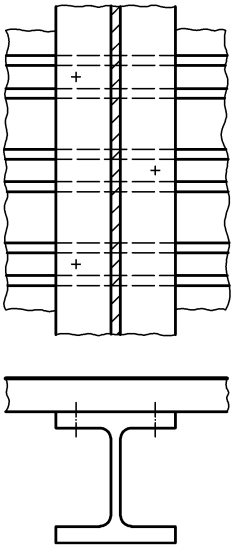
$k_{\text{A}} = 1{,}0 + (\text{A} - 1{,}0)\ 0{,}095$ wenn $t = 1{,}00$ mm

$k_{\text{bT}} = 1{,}0$

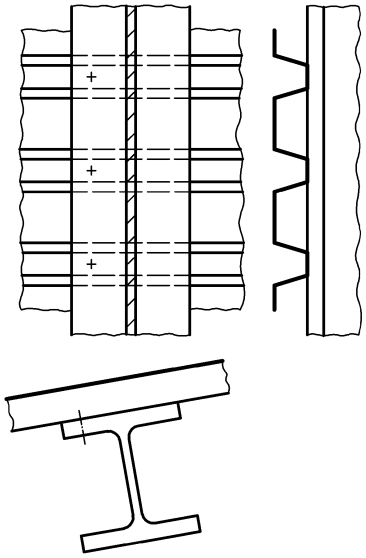
NCI zu Tabelle 10.3

Die Angaben in Tabelle 10.3 haben zur Voraussetzung, dass die Schraubenanordnung analog zu Bild NA.2 vorhanden ist.

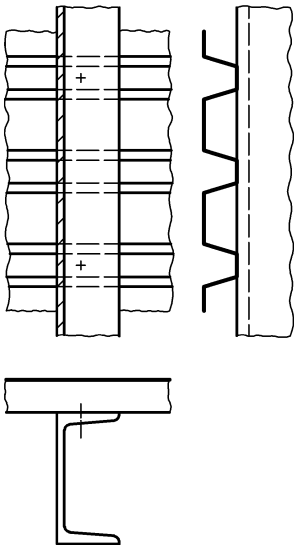
DIN EN 1993-1-3/NA:2017-05



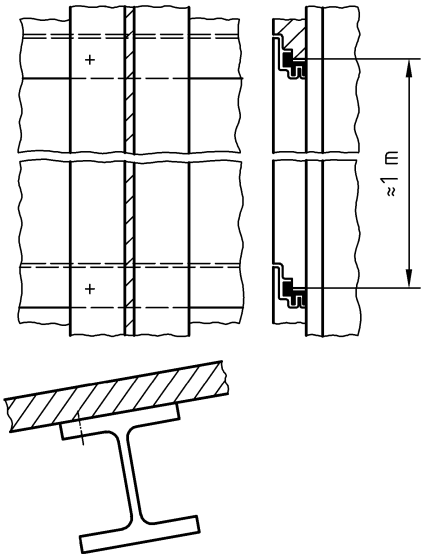
a) I-Profil bei alternierender Anordnung



b) I-Profil bei einseitiger Anordnung, nur bei geneigtem Dach zulässig



c) U-Profil



d) Verdeckte Anordnung, nur bei Sandwichelementen möglich und nur bei geneigtem Dach zulässig

Bild NA.2 — Beispiele für die Schraubenanordnung bei Trapezprofilen und Sandwichelementen, gelten auch für entsprechende Kaltprofile

NCI zu 10.3.1, Anmerkung

Weitere Hinweise für die Bemessung von Schubfeldern können [4], [5], [6], [7], [8] und DIN 18807-3 entnommen werden.

10

NDP zu A.1(1), Anmerkung 2

Die in DIN EN 1993-1-3:2010-12, A.2, beschriebene Versuchsdurchführung gilt nur für Trapezprofile, Wellprofile und Kassettenprofile. Für die Versuchsdurchführung und Versuchsauswertung sind zusätzlich DIN 18807-2 mit DIN 18807-2/A1 zu berücksichtigen.

Für die Verwendung von Versuchsergebnissen nach Anhang A können die Bekanntmachung über die technischen Baubestimmungen und andere bauaufsichtlichen Regelungen weitere Anforderungen, z. B. die Forderung eines bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweises, enthalten.

Versuche nach DIN EN 1993-1-3:2010-12, A.5.3 sind in der Regel mit dem in [1], [2] und [3] beschriebenen Versuchsaufbau durchzuführen.

NDP zu A.1(1), Anmerkung 3

Übertragungsfunktionen zur Anpassung existierender Versuchsergebnisse sind im Einzelfall festzulegen. Für die Verwendung von durch Versuche ermittelten Werten können die Bekanntmachung über die technischen Baubestimmungen und andere bauaufsichtlichen Regelungen weitere Anforderungen, z. B. die Forderung eines bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweises, enthalten.

NDP zu A.6.4(4)

Für die Verwendung von γ_M-Werten nach DIN EN 1990 können die Bekanntmachung über die technischen Baubestimmungen und andere bauaufsichtlichen Regelungen weitere Anforderungen, z. B. die Forderung eines bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweises, enthalten.

NDP zu E(1) Vereinfachte Pfettenbemessung

Es gelten die Empfehlungen.

DIN EN 1993-1-3/NA:2017-05

NCI - Literaturhinweise

[1] Lindner, J., Gregull, T.: Drehbettungswerte für Dachdeckungen mit untergelegter Wärmedämmung. Stahlbau 58 (1989), S. 173–179, 383

[2] Lindner, J., Groeschel, F.: Drehbettungswerte für die Profilblechbefestigung mit Setzbolzen bei unterschiedlich großen Auflasten. Stahlbau 65 (1996), S. 218–224

[3] Dürr, M., Podleschny, F., Saal, H.: Untersuchungen zur Drehbettung von biegedrillknickgefährdeten Trägern durch Sandwichelemente. Stahlbau 76(2007), S. 401–407

[4] Schardt, R., Strehl, C.: Theoretische Grundlagen für die Bestimmung der Schubsteifigkeit von Trapezblechscheiben – Vergleich mit anderen Berechnungsansätzen und Versuchsergebnissen. Der Stahlbau 45 (1976), S. 97–108

[5] Schardt, R., Strehl, C.: Stand der Theorie zur Bemessung von Trapezblechscheiben. Der Stahlbau 49 (1980), S. 325–334.

[6] Baehre, R., Wolfram, R.: Zur Schubfeldberechnung von Trapezblechen. Der Stahlbau 55 (1986), S. 175–179

[7] Kathage K., Lindner J., Misiek Th., Schilling S.: Proposal to adjust the design approach for the diaphragm action of shear panels according to Schardt and Strehl in line with European regulations. Steel Construction – design and research 6 (2013), S. 107-116 & 7 (2014), S. 281.

[8] Huck, G., Misiek, Th.: Überarbeitete Anlagen der Typenprüfungen für Trapezprofile – Erläuterungen und Hintergründe. Stahlbau 83 (2014), S. 873-879.

[9] ECCS PUBLICATION No.135/CIB Publication 379: European Recommendations on the Stabilization of Steel Structures by Sandwich Panels (2014).

[10] Käpplein, S., Ummenhofer, T., Berner, K.: Stabilisierung von Bauteilen durch Sandwichelemente. Stahlbau 81 (2012), S. 951–958.

DEUTSCHE NORM **April 2016**

DIN EN 1993-1-5/NA

DIN

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatz für
DIN EN 1993-1-5/NA:2010-12

Nationaler Anhang –
National festgelegte Parameter –
Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –
Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile

National Annex –
Nationally determined parameters –
Eurocode 3: Design of steel structures –
Part 1-5: Plated structural elements

Annexe Nationale –
Paramètres déterminés au plan national –
Eurocode 3: Calcul des structures en acier –
Partie 1-5: Plaques planes

zurückgezogen - withdrawn

Gesamtumfang 10 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Inhalt

Seite

Vorwort ... 3
1 Anwendungsbereich ... 4
2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1993-1-5:2010-12 ... 4
2.1 Allgemeines ... 4
2.2 Nationale Festlegungen ... 5
NDP zu 2.2(5) Anmerkung 1 ... 5
NDP zu 3.3(1) Anmerkung 1 ... 5
NDP zu 4.3(6) Anmerkung ... 5
NCI zu 4.4(6) ... 5
NCI zu 4.5.1(3) ... 5
NDP zu 5.1(2) Anmerkung 2 ... 5
NCI zu 5.3(2) ... 5
NCI zu 5.3(3) ... 5
NCI zu 5.3(4) ... 5
NDP zu 6.4(2) Anmerkung ... 6
NCI zu 6.5(3) ... 6
NDP zu 8(2) Anmerkung ... 7
NDP zu 9.1(1) Anmerkung ... 7
NDP zu 9.2.1(9) Anmerkung ... 7
NDP zu 10(1) Anmerkung 2 ... 7
NDP zu 10(5) Anmerkung 2 ... 7
NCI zu Anhang A ... 8
NCI zu Anhang B ... 8
NCI zu Anhang C ... 8
NDP zu C.2(1) Anmerkung ... 8
NDP zu C.5(2) ... 8
NDP zu C.8(1) Anmerkung 1 ... 8
NCI zu C.9(2) ... 9
NDP zu C.9(3) Anmerkung ... 9
NCI zu Anhang D ... 9
NDP zu D.2.2(2) Anmerkung ... 9
NCI Literaturhinweise ... 10

Zurückgezogen - withdrawn

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom NA 005-08-16 AA „Tragwerksbemessung“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) erstellt.

Dieses Dokument bildet den Nationalen Anhang zu DIN EN 1993-1-5:2010-12, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile.*

Die Europäische Norm EN 1993-1-5 räumt die Möglichkeit ein, eine Reihe von sicherheitsrelevanten Parametern national festzulegen. Diese national festzulegenden Parameter (en: *Nationally determined parameters*, NDP) umfassen alternative Nachweisverfahren und Angaben einzelner Werte, sowie die Wahl von Klassen aus gegebenen Klassifizierungssystemen. Die entsprechenden Textstellen sind in der Europäischen Norm durch Hinweise auf die Möglichkeit nationaler Festlegungen gekennzeichnet. Eine Liste dieser Textstellen befindet sich im Unterabschnitt NA 2.1. Darüber hinaus enthält dieser nationale Anhang ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1993-1-5:2010-12 (en: *non-contradictory complementary information*, NCI).

Dieser Nationale Anhang ist Bestandteil von DIN EN 1993-1-5:2010-12.

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1993-1-5/NA:2010-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) die A1-Änderung wurde eingearbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 1050: 1934-08, 1937xxxxx-07, 1946-10, 1957x-12, 1968-06
DIN 1073: 1928-04, 1931-09, 1941-01, 1974-07
DIN 1073 Beiblatt: 1974-07
DIN 1079: 1938-01, 1938-11, 1970-09
DIN 4100: 1931-05, 1933-07, 1934xxxx-08, 1956-12, 1968-12
DIN 4101: 1937xxx-07, 1974-07
DIN 4114-1: 1952xx-07
DIN 4114-2: 1952-07, 1953x-02
DIN 18800-1: 1981-03, 1990-11, 2008-11
DIN 18800-1/A1: 1996-02
DIN 18800-2: 1990-11, 2008-11
DIN 18800-2/A1: 1996-02
DIN 18800-3: 1990-11, 2008-11
DIN 18800-3/A1: 1996-02
DIN EN 1993-1-5/NA:2010-12

Zurückgezogen - Withdrawn

DIN EN 1993-1-5/NA:2016-04

1 Anwendungsbereich

Dieser Nationale Anhang enthält nationale Festlegungen für den Entwurf und die Berechnung von aus ebenen Blechen zusammengesetzten und in ihrer Ebene belasteten Bauteilen mit oder ohne Steifen, die bei der Anwendung von DIN EN 1993-1-5:2010-12 in Deutschland zu berücksichtigen sind.

Dieser Nationale Anhang gilt nur in Verbindung mit DIN EN 1993-1-5:2010-12.

2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1993-1-5:2010-12

2.1 Allgemeines

DIN EN 1993-1-5:2010-12 weist an den folgenden Textstellen die Möglichkeit nationaler Festlegungen aus (NDP, en: *Nationally determined parameters*):

- 2.2(5) Anmerkung 1
- 3.3(1) Anmerkung 1
- 4.3(6) Anmerkung
- 5.1(2) Anmerkung 2
- 6.4(2) Anmerkung
- 8(2) Anmerkung
- 9.1(1) Anmerkung
- 9.2.1(9) Anmerkung
- 10(1) Anmerkung 2
- 10(5) Anmerkung 5
- C.2(1) Anmerkung
- C.5(2)
- C.8(1) Anmerkung 1
- C.9(3) Anmerkung
- D.2.2(2) Anmerkung

Darüber hinaus enthält NA 2.2 ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1993-5-1:2010-12. Diese sind durch ein vorangestelltes „NCI“ (en: *non-contradictory complementary information*) gekennzeichnet.

- 4.4(6)
- 4.5.1(3)
- 5.3(2)
- 5.3(3)
- 5.3(4)
- 6.5(3)
- 7
- Anhang A
- Anhang B
- Anhang C
- C.9(2)
- Anhang D
- Literaturhinweise

zurückgezogen / withdrawn

2.2 Nationale Festlegungen

Die nachfolgende Nummerierung entspricht der Nummerierung von DIN EN 1993-1-5:2010-12. bzw. ergänzt diese.

ANMERKUNG Bemessungshilfen für die Anwendung von DIN EN 1993-1-5 sind [1] bis [4] zu entnehmen.

NDP zu 2.2(5) Anmerkung 1

Es gilt die Empfehlung.

NDP zu 3.3(1) Anmerkung 1

Es gilt die Empfehlung.

NDP zu 4.3(6) Anmerkung

Es gilt die Empfehlung.

NCI zu 4.4(6)

Die Randbedingungen zur Bestimmung der elastischen kritischen Beul- und Knickspannung bei plattenartigem bzw. knickstabähnlichem Verhalten müssen identisch sein.

NCI zu 4.5.1(3)

Längssteifen mit Steifenquerschnitten, deren Steifigkeit $\gamma < 25$ ist (γ nach DIN EN 1993-1-5:2010-12, Anhang A), sind zu vernachlässigen.

NDP zu 5.1(2) Anmerkung 2

Für den Hochbau gilt die Empfehlung.

Für den Brückenbau und ähnliche Anwendungsbereiche ist $\eta = 1{,}0$ anzusetzen.

NCI zu 5.3(2)

Für schubbeanspruchte Beulfelder mit geschlossenen Längssteifen, die an die Auflager- bzw. Vertikalsteife angeschlossen sind, darf stets eine starre Auflagersteife angenommen werden.

NCI zu 5.3(3)

Bei der Ermittlung der kritischen Beulspannung τ_{cr} von Beulfeldern ohne Längssteifen muss als Randbedingung „gelenkige Lagerung“ angenommen werden.

NCI zu 5.3(4)

Durch die hohe Torsionssteifigkeit geschlossener Längssteifen ist eine Abminderung des Flächenträgheitsmoments der Steifen auf 1/3 seines wirklichen Wertes nicht erforderlich.

withdrawn
zurückgezogen

DIN EN 1993-1-5/NA:2016-04

NDP zu 6.4(2) Anmerkung

Für Stege mit Längssteifen darf folgendes Vorgehen angewendet werden:

(1) Die Ersatzverzweigungslast F_{cr} ermittelt sich wie folgt:

$$F_{cr} = \frac{F_{cr,1} \cdot F_{cr,2}}{F_{cr,1} + F_{cr,2}} \quad \text{(NA.1)}$$

mit

$$F_{cr,1} = k_{F,1} \cdot \frac{\pi^2 E}{12(1-\upsilon^2)} \cdot \frac{t_w^3}{h_w} \quad \text{(NA.2)}$$

$$F_{cr,2} = k_{F,2} \cdot \frac{\pi^2 E}{12(1-\upsilon^2)} \cdot \frac{t_w^3}{b_1} \quad \text{(NA.3)}$$

und

$k_{F,1} = k_F$ nach DIN EN 1993-1-5:2010-12, Gleichung (6.6) (NA.4)

$$k_{F,2} = \left[0{,}8 \cdot \left(\frac{s_s + 2 \cdot t_f}{a}\right) + 0{,}6\right] \cdot \left(\frac{a}{b_1}\right)^{0{,}6 \cdot \left(\frac{s_s + 2 \cdot t_f}{a}\right) + 0{,}5} \quad \text{(NA.5)}$$

(2) Der Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}_F$ bestimmt sich mit $m_2 = 0$ nach DIN EN 1993-1-5:2010-12, Gleichung (6.4).

(3) Der Abminderungsfaktors χ_F für Stege mit Längssteifen und Lasteinleitungstyp (a) ermittelt sich zu:

$$\chi_F = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}_F}} \leq 1{,}0 \quad \text{mit} \quad \phi = 0{,}5\left(1 + 0{,}21(\bar{\lambda}_F - 0{,}80) + \bar{\lambda}_F\right) \quad \text{(NA.6)}$$

NCI zu 6.5(3)

Der Text

„…als kleinster Wert der Gleichungen (6.11) und (6.12) zu ermitteln:“

ist durch

„…als kleinster Wert der Gleichungen (6.10), (6.11) und (6.12) zu ermitteln:“

zu ersetzen.[1)]

zurückgezogen - withdrawn

1) Diese Änderung von EN 1993-1-5:2006 wird auch auf europäischer Ebene in Kürze umgesetzt.

NCI zu 7

Bei gemeinsamer Wirkung von Querbelastung an den Längsrändern sowie Querkraft und/oder Biegemoment ist die Beanspruchbarkeit, zusätzlich zu den Einzelnachweisen, mit der folgenden Interaktionsbeziehung zu prüfen:

$$\overline{\eta_1}^{3,6} + \left[\overline{\eta_3} \cdot \left(1 - \frac{F_{Ed}}{2 \cdot V_{Ed}}\right)\right]^{1,6} + \eta_2 \leq 1{,}0 \qquad \text{(NA.7)}$$

mit:

$$\overline{\eta_1} = \frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} \quad ;$$

$$\overline{\eta_3} = \frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} \quad .$$

NDP zu 8(2) Anmerkung

Keine weiteren Informationen.

NDP zu 9.1(1) Anmerkung

Keine weiteren Anforderungen.

NDP zu 9.2.1(9) Anmerkung

Es gilt die Empfehlung.

NDP zu 10(1) Anmerkung 2

Die Methode der reduzierten Spannungen muss für Gebrauchstauglichkeitsnachweise verwendet werden, wenn diese gefordert sind. Sie darf auch für Tragfähigkeitsnachweise angewendet werden.

Es gilt die Annahme gelenkig gelagerter Ränder.

NDP zu 10(5) Anmerkung 2

Weitere Informationen zur Anwendung von DIN EN 1993-1-5:2010-12, Abschnitt 10 sind in Abschnitt 4 aus [2] enthalten.

Es gilt die Empfehlung, dass beim Auftreten von Zug- und Druckspannungen in einem Blechfeld, Gleichungen (10.4) und (10.5) lediglich auf die unter Druckbeanspruchung stehenden Querschnittsteile anzuwenden sind.

Für die Querbelastung ist folgende Beulkurve mit α_p = 0,34 und $\bar{\lambda}_0$ =0,80 anzuwenden:

$$\rho_z = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}_p}} \leq 1{,}0 \qquad \text{mit} \quad \phi = 0{,}5\left(1 + \alpha_p(\bar{\lambda}_p - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}_p\right) \qquad \text{(NA.8)}$$

Zurückgezogen - withdrawn

DIN EN 1993-1-5/NA:2016-04

Für den Fall biaxialen Drucks ist der Nachweis mit der folgenden modifizierten Interaktionsgleichung zu führen, siehe auch [5]:

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\rho_x \cdot f_y/\gamma_{M1}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{\rho_z \cdot f_y/\gamma_{M1}}\right)^2 - V \cdot \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\rho_x \cdot f_y/\gamma_{M1}}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{\rho_z \cdot f_y/\gamma_{M1}}\right) + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed}}{\chi_w \cdot f_y/\gamma_{M1}}\right)^2 \leq 1{,}0 \qquad \text{(NA.8a)}$$

mit:

$V = \rho_x \cdot \rho_z$ falls $\sigma_{x,Ed}$ und $\sigma_{z,Ed}$ Druckspannungen sind; sonst $V = 1{,}0$.

NCI zu Anhang A

Der Anhang A in DIN EN 1993-1-5:2010-12 gilt informativ.

NCI zu Anhang B

Der Anhang B in DIN EN 1993-1-5:2010-12 gilt normativ.

NCI zu Anhang C

Der Anhang C in DIN EN 1993-1-5:2010-12 gilt normativ.

NDP zu C.2(1) Anmerkung

Es ist durch Vergleichsrechnungen nachzuweisen, dass das gewählte Finite-Element-Modell geeignet ist und mit den gewählten Ansätzen, z. B. für Randbedingungen, Imperfektionen und Beanspruchungen, eine ausreichende Genauigkeit erreicht wird.

NDP zu C.5(2)

Es gilt der umformulierte Text zu C.5(2):

(2) Anstelle der genaueren getrennten Ansätze von geometrischen und strukturellen Imperfektionen dürfen geometrische Ersatzimperfektionen verwendet werden.

Sind zur Festlegung von geometrischen oder strukturellen Imperfektionen Versuche oder gutachterliche Stellungnahmen erforderlich, sind die Festlegungen über einen bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis zu treffen.

Zu Anmerkung 1:

Es gilt die Empfehlung, falls kein anderer Wert begründet wird.

NDP zu C.8(1) Anmerkung 1

Es gilt die Empfehlung, falls kein anderer Wert begründet wird.

Zurückgezogen - withdrawn

NCI zu C.9(2)

Zum Text C.9(2):

α_1 ist mit 1,05 anzusetzen bei gleichzeitiger Verwendung von α_2 mit γ_{M1} = 1,1 oder γ_{M2} = 1,25, sofern keine genaueren Untersuchungen im Rahmen eines bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweises erfolgen.

NDP zu C.9(3) Anmerkung

Es gilt die Festlegung zu C.9(2).

NCI zu Anhang D

Der Anhang D in DIN EN 1993-1-5:2010-12 gilt normativ.

NDP zu D.2.2(2) Anmerkung

Für trapezförmig profilierte Stegbleche sind D_x und D_z wie folgt zu berechnen:

$$D_x = \frac{a_1 + a_3}{a_1 + a_2} \cdot \frac{E \cdot t_w^3}{12} \tag{NA.9}$$

$$D_z = \frac{3 \cdot a_1 \cdot a_3^2 + \sqrt{2} \cdot a_3^3}{a_1 + a_3} \cdot \frac{E \cdot t_w}{12} \tag{NA.10}$$

Für sinusförmig profilierte Stegbleche sind D_x und D_z wie folgt zu berechnen:

$$D_x = \frac{E \cdot t_w^3}{12 \cdot (1 - \upsilon^2)} \cdot \frac{w}{s} \tag{NA.11}$$

$$D_z = \frac{E \cdot l_z}{w} \tag{NA.12}$$

Der Nachweis des lokalen Beulens für Träger mit sinusförmig profilierten Stegblechen darf vernachlässigt werden, wenn folgende Bedingungen eingehalten sind:

$$\frac{w}{a_3} \leq 2; \ \frac{w}{t_w} \leq 52; \ \frac{a_3}{t_w} \leq 27 \tag{NA.13}$$

Für sinusförmig profilierte Stegbleche mit abweichenden Abmessungen ist Gleichung (D.7) als äquivalentes Trapezblechprofil anzuwenden.

zurückgezogen – withdrawn

NCI Literaturhinweise

[1] Johansson, B.; Maquoi, R.; Sedlacek, G.; Müller, C.; Beg, D.: *Commentary and worked examples to EN 1993-1-5 „Plated Structural Elements"*, 1st Edition, ECCS-JRC Report No. EUR 22898 EN, October 2007

[2] Sedlacek, G.; Feldmann, M.; Kuhlmann, U.; Mensinger, M.; Naumes, J.; Müller, Ch.; Braun, B.; Ndogmo, J.: *Entwicklung und Aufbereitung wirtschaftlicher Bemessungsregeln für Stahl- und Verbundträger mit schlanken Stegblechen im Hoch- und Brückenbau.* DASt-Forschungsbericht, AiF-Projekt-Nr. 14771, 2008

[3] Braun, B.; Kuhlmann, U.: *Bemessung und Konstruktion von aus Blechen zusammengesetzten Bauteilen nach DIN EN 1993-1-5*. In: Stahlbau-Kalender 2009 (Hrsg. Ulrike Kuhlmann), Ernst & Sohn Verlag, 2009

[4] Sedlacek, G.; Eisel, H.; Hensen, W.; Kühn, B.; Paschen, M.: *Leitfaden zum DIN-Fachbericht 103 – Stahlbrücken.* Ausgabe März 2003, Ernst & Sohn Verlag, 2004

[5] Braun, B.: *Stability of steel plates under combined loading.* Dissertation, No. 2010-3, Institut für Konstruktion und Entwurf, Universität Stuttgart, 2010

zurückgezogen - withdrawn

DEUTSCHE NORM **April 2016**

DIN EN 1993-1-10/NA

DIN

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatz für
DIN EN 1993-1-10/NA:2010-12

Nationaler Anhang –
National festgelegte Parameter –
Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –
Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung

National Annex –
Nationally determined parameters –
Eurocode 3: Design of steel structures –
Part 1-10: Material toughness and through-thickness properties

Annexe Nationale –
Paramètres déterminés au plan national –
Eurocode 3: Calcul des structures en acier –
Partie 1-10: Choix des qualités d'acier vis à vis de la ténacité et des propriétés dans le sens de l'épaisseur

Gesamtumfang 7 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Inhalt

Seite

Vorwort **3**

1 Anwendungsbereich **4**

2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1993-1-10:2010-12 ..... **4**

2.1 Allgemeines **4**

2.2 Nationale Festlegungen **4**

NCI zu 1.2 ..... **4**

NDP zu 2.2(5) Anmerkung 1 ..... **4**

NDP zu 2.2(5) Anmerkung 3 ..... **4**

NDP zu 2.2(5) Anmerkung 4 ..... **4**

NDP zu 3.1(1) Anmerkung **4**

NCI zu 3.2, Tabelle 3.2 ..... **5**

Anhang NA.A (informativ) Zusätzliche Hinweise **6**

NCI Literaturhinweise **7**

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom NA 005-08-16 AA „Tragwerksbemessung“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) erstellt.

Dieses Dokument bildet den Nationalen Anhang zu 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*.

Die Europäische Norm EN 1993-1-10 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 1993-1-10:2010-12.

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

Änderungen

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

a) die A1-Änderung wurde eingearbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 1050: 1934-08, 1937xxxxx-07, 1946-10, 1957x-12, 1968-06
DIN 1073: 1928-04, 1931-09, 1941-01, 1974-07
DIN 1073 Beiblatt: 1974-07
DIN 1079: 1938-01, 1938-11, 1970-09
DIN 4100: 1931-05, 1933-07, 1934xxxx-08, 1956-12, 1968-12
DIN 4101: 1937xxx-07, 1974-07
DIN 18800-1: 1981-03, 1990-11, 2008-11
DIN 18800-1/A1: 1996-02
DIN V ENV 1993-1-1: 1993-04
DIN V ENV 1993-1-1/A1: 2002-05
DIN V ENV 1993-1-1/A2: 2002-05
DIN EN 1993-1-10/NA: 2010-12

DIN EN 1993-1-10/NA:2016-04

1 Anwendungsbereich

Dieser Nationale Anhang enthält nationale Festlegungen für die Auswahl der Stahlsorten im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung, die bei der Anwendung von DIN EN 1993-1-10:2010-12 in Deutschland zu berücksichtigen sind.

Dieser Nationale Anhang gilt nur in Verbindung mit DIN EN 1993-1-10:2010-12.

2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1993-1-10:2010-12

2.1 Allgemeines

DIN EN 1993-1-10:2010-12 weist an den folgenden Textstellen die Möglichkeit nationaler Festlegungen aus (NDP, en: Nationally determined parameters).

— 2.2(5);

— 3.1(1).

Darüber hinaus enthält NA 2.2 ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1993-1-10:2010-12. Diese sind durch ein vorangestelltes „NCI“ (en: *non-contradictory complementary information*) gekennzeichnet.

2.2 Nationale Festlegungen

Die nachfolgende Nummerierung entspricht der Nummerierung von DIN EN 1993-1-10:2010-12.

NCI zu 1.2

NA DIN EN 1993-1-12, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-12: Zusätzliche Regeln zur Erweiterung von EN 1993 auf Stahlgüten bis S700*

NDP zu 2.2(5) Anmerkung 1

Es gilt die Empfehlung.

NDP zu 2.2(5) Anmerkung 3

Bei Bauteilen, die ausschließlich Druckspannungen ausgesetzt sind, ist das Spannungsniveau $\sigma_{Ed} = 0{,}25\, f_y(t)$ anzuwenden.

NDP zu 2.2(5) Anmerkung 4

Es gilt DIN EN 1993-1-10:2010-12, Tabelle 2.1 ohne Einschränkungen. Zu weiteren Stahlsorten siehe DIN EN 1993-1-12.

NDP zu 3.1(1) Anmerkung

Es gilt die Empfehlung.

NCI zu 3.2, Tabelle 3.2

DIN EN 1993-1-10:2010-12, Tabelle 3.2 berücksichtigt in Zeile b) die Möglichkeit des Pufferns durch Auftragen von Schweißgut mit hohem Verformungsvermögen in Beanspruchungsrichtung. Das Puffern verbessert örtlich das Verformungsvermögen in Dickenrichtung und bewirkt zusätzlich eine Vergrößerung der Anschlussfläche. Die Zugfestigkeit des Schweißgutes zum Puffern muss mindestens so hoch sein wie diejenige der Schweißnähte des Anschlusses.

Weiterhin sind folgende Korrekturen zu beachten:

In Zeilenabschnitt a) ist in der zweiten Zeile von a)

„$a_{eff} \leq 17$ mm“ *zu ersetzen durch:* „$a_{eff} \leq 7$ mm“

und in der dritten Zeile von a) ist

„$17 < a_{eff} \leq 10$ mm“ *zu ersetzen durch:* „$7 < a_{eff} \leq 10$ mm“.

In Zeilenabschnitt b) ist in der dritten Zeile von b)

„Einlagige Kehlnahtdicke mit $Z_a = 0$ oder Kehlnähte mit $Z_a > 1$ mit Buttern mit niedrigfestem Schweißgut“

zu ersetzen durch:

„Einlagige Kehlnähte mit $Z_a = 0$ oder Kehlnähte mit $Z_a > 1$ und Puffern mit duktilem Schweißgut“

DIN EN 1993-1-10/NA:2016-04

NCI

Anhang NA.A
(informativ)

Zusätzliche Hinweise

(1) Die Werte $T_{mdr} = T_{md} + \Delta T_r$ in DIN EN 1993-1-10:2010-12, Gleichung (2.2) sind für einige Anwendungsgebiete in Tabelle A.1 angegeben. Andere Bauteile können sinngemäß eingeordnet werden.

Tabelle NA.A.1 — Einsatztemperaturen T_{mdr} für verschiedene Bauteile

Zeile	Bauteil	Einsatztemperatur T_{mdr} °C
1	**Stahl- und Verbundbrücken**	–30
2	**Stahltragwerke im Hochbau**	
2a	Außen liegende Bauteile	–30
2b	Innen liegende Bauteile	0
3	**Kranbahnen** (Außenliegende Bauteile)	–30
4	**Stahlwasserbau**	
4a	Verschlusskörper, die zeitweilig ganz oder zu einem großen Teil aus dem Wasser herausgenommen werden	–30
4b	Einseitig von Wasser benetzte Verschlusskörper	–15
4c	Beidseitig teilweise von Wasser benetzte Verschlusskörper	–15
4d	Verschlusskörper, die sich vollständig unter Wasser befinden	–5

(2) Bei Berücksichtigung von Dehngeschwindigkeiten $\dot{\varepsilon} \geq 10^{-1}\,s^{-1}$ infolge außergewöhnlicher Einwirkungen, z. B. Anprall, darf die gleichzeitig wirkende Temperatur T_{mdr} = 0 °C angesetzt werden.

(3) Hinweise zur Bestimmung von ε_{cf} befinden sich in [1].

(4) Die in DIN EN 1993-1-10:2010-12, Tabelle 2.1, Spalte 4 angegebenen Kerbschlagarbeitswerte KV beziehen sich auf Längsproben mit V-Kerbe nach DIN EN 10045-1. Werden die in den Technischen Lieferbedingungen (Produktnormen) spezifizierten Werte an V-gekerbten Querproben erfüllt, dürfen diese als gleichwertig angesehen werden.

NCI Literaturhinweise

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

[2] DASt 009, *DASt-Richtlinie — Stahlsortenauswahl für geschweißte Stahlbauten*

DEUTSCHE NORM **Januar 2017**

DIN EN 1993-3-2/NA

DIN

ICS 91.010.30; 91.060.40; 91.080.13

Ersatz für
DIN EN 1993-3-2/NA:2010-12

Nationaler Anhang –
National festgelegte Parameter –
Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –
Teil 3-2: Türme, Maste und Schornsteine – Schornsteine

National Annex –
Nationally determined parameters –
Eurocode 3: Design of steel structures –
Part 3-2: Towers, masts and chimneys – Chimneys

Annexe Nationale –
Paramètres déterminés au plan national –
Eurocode 3: Calcul des structures en acier –
Partie 3-2: Tours, mâts et cheminées – Cheminées

Gesamtumfang 16 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

DIN EN 1993-3-2/NA:2017-01

Inhalt

Seite

Vorwort ... 4

1 Anwendungsbereich ... 5

2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1993-3-2:2010-12 ... 5

2.1 Allgemeines ... 5

2.2 Nationale Festlegungen ... 6

NCI Zu 1.2 Normative Verweisungen ... 6

NDP Zu 2.3.3.1(1) Anmerkung 1 ... 6

NDP Zu 2.3.3.5(1) Anmerkung 1 ... 6

NDP Zu 2.6(1) Anmerkung ... 7

NCI Zu 3.1 ... 7

NDP Zu 4.2(1) Anmerkung ... 7

NDP Zu 5.1(1) Anmerkung ... 7

NDP Zu 5.2.1(3) Anmerkung ... 7

NDP Zu 6.1(1) P Anmerkung ... 7

NDP Zu 6.2.1(6) Anmerkung ... 7

NDP Zu 6.4.1(1) Anmerkung ... 7

NDP zu 6.4.2(1) Anmerkung ... 7

NDP zu 6.4.3(2) Anmerkung 1 ... 8

NDP Zu 7.2(1) Anmerkung ... 8

NDP Zu 7.2(2) Anmerkung 2 ... 8

NDP Zu 9.1(3) Anmerkung ... 8

NDP Zu 9.1(4) Anmerkung ... 8

NDP Zu 9.5(1) Anmerkung ... 8

NCI 10 Grundkraftbeiwert c_{f0} und Bezugsfläche A ... 8

NCI 10.1 Kreiszylindrischer Baukörper ... 8

NCI 11 Begehungseinrichtungen ... 10

NCI 11.1 Allgemeines ... 10

NCI 11.2 Steigleitern ... 11

NCI 11.3 Standflächen und Laufstege ... 11

NDP Zu A.1(1) Anmerkung ... 11

NDP Zu A.2(1) Anmerkung 2 ... 11

NDP Zu A.2(1) Anmerkung 3 ... 11

NCI Zu C.1(2) ... 11

NDP Zu C.2(1) Anmerkung **12**
NCI Anhang NA.F **13**
NA.F.1 Allgemeines **13**
NA.F.2 Abgasberührte Bauteile **13**
NA.F.3 Statisch tragende Bauteile **13**
NCI Anhang NA.G **15**
NCI Literaturhinweise **16**

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom NA 005-08-05 AA „Türme, Maste und Schornsteine (SpA zu CEN/TC 250/SC 3/WG 14)“erstellt.

Dieses Dokument bildet den Nationalen Anhang zu DIN EN 1993-3-2:2010-12, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 3-2: Türme, Maste und Schornsteine — Schornsteine.*

Die Europäische Norm EN 1993-3-2 räumt die Möglichkeit ein, eine Reihe von sicherheitsrelevanten Parametern national festzulegen. Diese national festzulegenden Parameter (en: Nationally determined parameters, NDP) umfassen alternative Nachweisverfahren und Angaben einzelner Werte, sowie die Wahl von Klassen aus gegebenen Klassifizierungssystemen. Die entsprechenden Textstellen sind in der Europäischen Norm durch Hinweise auf die Möglichkeit nationaler Festlegungen gekennzeichnet. Eine Liste dieser Textstellen befindet sich im Unterabschnitt NA 2.1. Darüber hinaus enthält dieser Nationale Anhang ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1993-3-2:2010-12 (en: non-contradictory complementary information, NCI).

Dieser Nationale Anhang ist Bestandteil von DIN EN 1993-3-2:2010-12.

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1993-3-2/NA:2010-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) Ergänzung eines Abschnitts 10 „Grundkraftbeiwert c_{f0} und Bezugsfläche A“,

b) Ergänzung eines Abschnitts 11 „Begehungseinrichtungen“.

Frühere Ausgaben

DIN 4133: 1973-08, 1991-11
DIN V 4133: 2007-07
DIN EN 1993-3-2/NA: 2010-12

1 Anwendungsbereich

Dieser Nationale Anhang enthält nationale Festlegungen für die Bemessung und Konstruktion vertikaler Stahlschornsteine mit zylindrischer oder konischer Form, die bei der Anwendung von DIN EN 1993-3-2:2010-12 in Deutschland zu berücksichtigen sind.

Dieser Nationale Anhang gilt nur in Verbindung mit DIN EN 1993-3-2:2010-12.

ANMERKUNG Der Begriff „Stahlschornstein“ bezieht sich auf:

a) Schornsteinkonstruktionen;

b) die zylindrischen Stahlbauteile von Türmen;

c) den zylindrischen Stahlschaft abgespannter Maste.

2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1993-3-2:2010-12

2.1 Allgemeines

DIN EN 1993-3-2:2010-12 weist an den folgenden Textstellen die Möglichkeit nationaler Festlegungen aus (NDP, en: Nationally determined parameters).

— 2.3.3.1(1)
— 2.3.3.5(1)
— 2.6(1)
— 4.2(1)
— 5.1(1)
— 5.2.1 (3)
— 6.1(1)P
— 6.2.1 (6)
— 6.4.1(1)
— 6.4.2(1)
— 6.4.3(2)
— 7.2(1)
— 7.2(2)
— 9.1(3)
— 9.1(4)
— 9.5(1)
— A.1(1)
— A.2(1)
— C.2(1)

Darüber hinaus enthält dieser Nationale Anhang ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1993-3-2:2010-12. Diese sind durch ein vorangestelltes „NCI“ (en: non-contradictory complementary information) gekennzeichnet.

— 1.2
— 3.1
— Abschnitt 10
— Abschnitt 11
— C.1(2)
— Anhang NA.F
— Anhang NA.G.

DIN EN 1993-3-2/NA:2017-01

2.2 Nationale Festlegungen

Die nachfolgende Nummerierung entspricht der Nummerierung von DIN EN 1993-3-2:2010-12.

NCI Zu 1.2 Normative Verweisungen

NA Normen der Reihe DIN 18799, *Ortsfeste Steigleitern an baulichen Anlagen*

NA DIN EN 1991-1-3, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten*

NA 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*

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

NA DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen*

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

NA 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*

NA DIN EN 13084-7:2013-03, *Freistehende Schornsteine — Teil 7: Produktfestlegungen für zylindrische Stahlbauteile zur Verwendung in einschaligen Stahlschornsteinen und Innenrohren aus Stahl; Deutsche Fassung EN 13084-7:2012*

NA DIN EN ISO 5817, *Schweißen — Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten;*

NA DASt-Richtlinie 020, *Bemessung schlanker, stählerner, windbelasteter Kreiszylinderschalen*[1)]

NA IVS-Richtlinie 103, Empfehlung zur Bemessung von Schornsteinrohren mit Fuchsöffnungen[2)]

NDP Zu 2.3.3.1(1) Anmerkung 1

Es gelten die Empfehlungen.

Die vertikale Verkehrslast von 2,0 kN/m² schließt Schnee- und Eislast mit ein.

Anstelle der vorgenannten Flächenlast ist mit einer Einzellast von 3 kN an ungünstigster Stelle zu rechnen, wenn dies ungünstiger ist als die vorgenannte Flächenlast.

NDP Zu 2.3.3.5(1) Anmerkung 1

Es gilt DIN EN 1991-1-3.

---

1) Zu beziehen bei: Stahlbau Verlags- und Service GmbH, Sohnstr. 65, D-40237 Düsseldorf.

2) Zu beziehen bei: Industrie Verband Stahlschornsteine e. V., D-90482 Nürnberg.

NDP Zu 2.6(1) Anmerkung

Die Entwurfslebensdauer ist zu vereinbaren. Sie beträgt mindestens 10 Jahre.

NCI Zu 3.1

Mindestwanddicke

Die Wanddicke von Trag- und abgasführenden Rohren sowie anderen Konstruktionsteilen muss mindestens 1,5 mm betragen.

NDP Zu 4.2(1) Anmerkung

Es gelten die Empfehlungen.

NDP Zu 5.1(1) Anmerkung

Eine Erhöhung des Dämpfungswertes infolge der Wechselwirkung zwischen Trag- und Innenrohr muss belegt werden (z.B. Messungen am fertig gestellten Bauwerk, Gutachten usw.).

NDP Zu 5.2.1(3) Anmerkung

Es gilt die Empfehlung.

Zusätzlich sind die Festlegungen der DASt-Richtlinie 020 „*Bemessung schlanker, stählerner, windbelasteter Kreiszylinderschalen*“ anzuwenden.

NDP Zu 6.1(1) P Anmerkung

Es gelten die Empfehlungen.

NDP Zu 6.2.1(6) Anmerkung

Wenn im Tragrohr Öffnungen angeordnet werden, z. B. für Abgaseinführungen, Messinstrumente oder Inspektionen, sind Festigkeit und Stabilität an dieser Stelle unter allen auftretenden Einwirkungen nachzuweisen.

Öffnungen im Tragrohr müssen gerundete Ecken mit Radien nach Tabelle NA.1 aufweisen.

Tabelle NA.1 — Minimale Eckradien an Öffnungen

max. S_d/R_d	> 0,75	> 0,50	> 0,35	> 0,10	≤ 0,10
Minimaler Radius R der Ecken; der größere Wert ist anzuwenden	10 t	8 t	5 t	2 t	—
	10 mm				5 mm
t Wanddicke des Rohres					

Zusätzliche Informationen können der IVS-Richtlinie 103 entnommen werden.

NDP Zu 6.4.1(1) Anmerkung

Es gelten die Empfehlungen.

NDP zu 6.4.2(1) Anmerkung

Es werden keine weiteren Informationen angegeben.

DIN EN 1993-3-2/NA:2017-01

NDP zu 6.4.3(2) Anmerkung 1

Ankermuttern sind gegen Lockern zu sichern.

Anker und Muttern sind gegen Korrosion zu schützen.

Die Austrittspunkte einbetonierter Stahlteile sollten mindestens 30 cm über Gelände liegen, andernfalls sind besondere Korrosionsschutzmaßnahmen zu treffen.

Die Oberseite eines Betonfundamentes ist zur Entwässerung mit einem Gefälle von mindestens 5 % zu versehen und glatt abzureiben.

Die Fußplatte oder der Fußring eines Schornsteins auf einem Betonfundament ist unmittelbar nach der Errichtung des Schornsteins mit geeignetem Vergussmörtel zu untergießen. Verarbeitung und Einbau des Vergussmörtels müssen nach Vorgaben des Mörtelherstellers erfolgen.

NDP Zu 7.2(1) Anmerkung

Es gelten die Empfehlungen.

NDP Zu 7.2(2) Anmerkung 2

Es gilt die Empfehlung.

NDP Zu 9.1(3) Anmerkung

Es werden keine weiteren Informationen gegeben.

NDP Zu 9.1(4) Anmerkung

Es gelten die Tabellen 1 bis 3 von DIN EN 13084-7:2013-03.

NDP Zu 9.5(1) Anmerkung

Es gelten folgende Teilsicherheitsbeiwerte:

$\gamma_{\mathrm{Ff}} = 1{,}00$; $\gamma_{\mathrm{Mf}} = 1{,}00$

NCI 10 Grundkraftbeiwert c_{f0} und Bezugsfläche A

NCI 10.1 Kreiszylindrischer Baukörper

Der Grundkraftbeiwert c_{f0} ist in Abhängigkeit von der Reynoldszahl Re und der bezogenen Oberflächenrauheit k/b der DIN EN 1991-1-4:2010-12, Bild 7.28, zu entnehmen.

Ergänzend zu DIN EN 1991-1-4 darf bei konischen Bauteilen der Außendurchmesser b wie folgt angenommen werden:

— bei einer Mantelneigung < 2,5 %: der über die Bauwerkshöhe gemittelte Außendurchmesser;

— bei einer Mantelneigung ≥ 2,5 %: der mittlere Außendurchmesser sinnvoll gewählter Bauwerksabschnitte.

Ergänzend zu DIN EN 1991-1-4:2010-12, Tabelle 7.13, werden folgende Rauheitswerte angegeben:

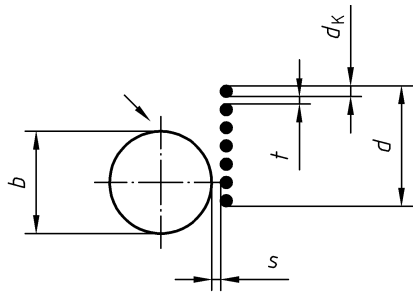
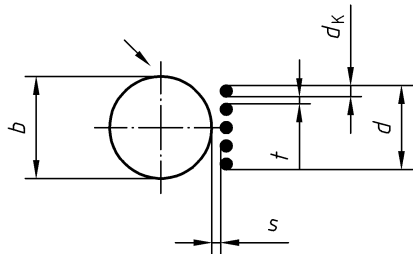
— Stahl, glatt beschichtet oder verzinkt k = 0,2 mm;

— Stahl, leicht angerostet k = 0,5 mm.

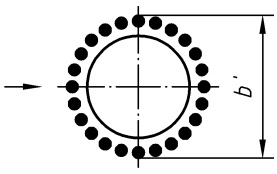
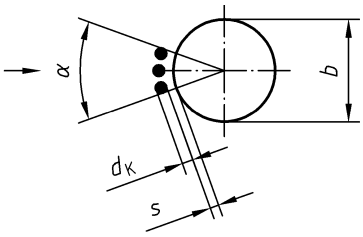
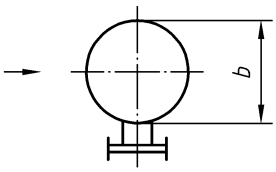
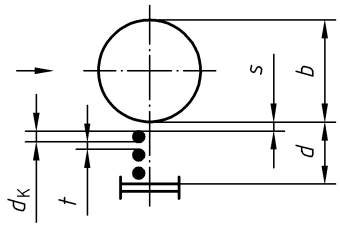
Für Baukörper mit kreisförmigem Querschnitt, bei denen Störelemente z. B. in Form von schraubenförmigen Wendeln angeordnet sind, ist der aerodynamische Kraftbeiwert $c_{f0} = 1{,}2$ — bezogen auf den gedachten, umhüllenden Zylinder — anzusetzen, sofern durch Windkanalversuche kein geringerer Wert nachgewiesen wird. Dieser Beiwert ist von der Reynoldszahl unabhängig.

Sind an einem kreiszylindrischen Schaft Außenanbauten angebracht (z. B. Kabel, Kabelbahnen, Leitern oder Antennen), so sind die Grundkraftbeiwerte c_{f0} und die zugehörigen Bezugsflächen A für diese Bauwerksbereiche Tabelle A.2 zu entnehmen. Die für den Schaft und die Außenanbauten getrennt zu ermittelnden Windlasten sind zu addieren. Außenpodeste sind, sofern keine besonderen Untersuchungen durchgeführt werden, mit ihrem vollen rechnerischen Wert zusätzlich anzusetzen.

Tabelle NA.2 — Grundkraftbeiwerte c_{f0} und Bezugsflächen A bei Anordnung von Außenanbauten an einem kreiszylindrischen Schaft

	Schaft			**Außenanbau**		
	gültig für	c_{f0}	A	**gültig für**	c_{f0}	A
	$s < d_K$	0,85	$b \cdot \Delta h$	$t < 0{,}1\ d_K$	1,6	$d \cdot \Delta h$
	$s \geq d_K$	0,75	$b \cdot \Delta h$	$t > 0{,}1\ d_K$	1,2	$n \cdot d_K \cdot \Delta h$

DIN EN 1993-3-2/NA:2017-01

	Schaft			Außenanbau		
	gültig für	c_{f0}	A	**gültig für**	c_{f0}	A
	alle Abmessungs-bereiche	1,1	$b \cdot \Delta h$	alle Abmessungs-bereiche	0	0
	$d_K < 0{,}02$ d $s < d_K$ $s \geq d_K$	0,75 0,85 0,75	$b \cdot \Delta h$ $b \cdot \Delta h$ $b \cdot \Delta h$	$\alpha \leq 50°$	1,2	$n \cdot d_K \cdot \Delta h$
	alle Abmessungs-bereiche	0,75	$b \cdot \Delta h$	alle Abmessungs-bereiche	je nach Form des Außenanbaues	
	$s < d_K$ oder $t < 0{,}1\ d_K$	1,0	$b \cdot \Delta h$	$t < 0{,}1\ d_K$	1,6 und Leiter, je nach Form	$d \cdot \Delta h$
	$s \geq d_K$ und $t \geq 0{,}1\ d_K$	0,75		$t > 0{,}1\ d_K$	1,2 und Leiter, je nach Form	$n \cdot d_K \cdot \Delta h$
Zylinder ohne Anbauten	siehe DIN EN 1991-1-4			—		

N Anzahl der Kabel
Δh Abschnittslänge
Der Windrichtungspfeil gibt die ungünstigste Windrichtung an.

NCI 11 Begehungseinrichtungen

NCI 11.1 Allgemeines

Begehungseinrichtungen müssen den Regeln des Arbeitsschutzes entsprechen.

Bei Schornsteinen muss die Zugänglichkeit bis zur Mündung sichergestellt sein; bei einer Höhe h_F von mehr als 25 m muss dies durch eine fest angebaute Steigleiter erfolgen.

Flanschverbindungen des Tragrohrs müssen über den gesamten Schornsteinumfang von einer Begehungseinrichtung aus inspizierbar sein.

ANMERKUNG Eine solche Begehungseinrichtung kann z. B. ein äußerer Umgang aus Steigeisen nach DIN 1056:1984-10, 10.9.2 mit Absturzsicherung sein.

NCI 11.2 Steigleitern

Steigleitern sind nach den Normen der Reihe DIN 18799 auszuführen.

Im Inneren des Innenrohres darf kein Steiggang angebracht werden. Jedoch sind bei einer lichten Weite des Innenrohres von mehr als 0,6 m Vorkehrungen für das Anbringen einer Befahreinrichtung[3)] des Innenrohrinnenraumes zu treffen.

NCI 11.3 Standflächen und Laufstege

Zur Ausführung von Schornsteinfeger- und Inspektionsarbeiten sind max. 1,50 m unter der Mündung Standflächen anzuordnen. Diese müssen mindestens den Anforderungen an Ruhebühnen nach den Normen der Reihe DIN 18799 genügen.

Für Mess- und Wartungsarbeiten sind entsprechend dimensionierte Standflächen und Laufstege vorzusehen.

NDP Zu A.1(1) Anmerkung

Sicherheitsklasse 3 ist in den nach DIN EN 1993-3-2:2010-12, Tabelle A.1 für Sicherheitsklasse 3 vorgesehenen Fällen anzuwenden. In den übrigen Fällen ist in der Regel die Sicherheitsklasse 2 anzuwenden. Abweichungen sind mit der zuständigen Genehmigungsbehörde abzustimmen.

NDP Zu A.2(1) Anmerkung 2

Anstelle der Tabelle A.2 ist folgende Tabelle anzuwenden:

Tabelle NA.A.2 — Teilsicherheitsbeiwerte für ständige und für veränderliche Einwirkungen

Art der Einwirkung	Sicherheitsklasse, siehe Anmerkung zu 2.1.2	Ständige Einwirkungen	veränderliche Einwirkungen (Q_s)
ungünstig	3	1,5	1,9
	2	1,3	1,5
	1	1,1	1,3
günstig	alle Klassen	0,9	0,0
Störfälle		1,0	1,0

NDP Zu A.2(1) Anmerkung 3

Es werden keine weiteren Informationen angegeben.

NCI Zu C.1(2)

Der Ausdruck Tragrohr ist durch den Ausdruck Tragkonstruktion zu ersetzen. Die Qualitätsstufe C nach DIN EN ISO 5817 ist durch die Qualitätsstufe B zu ersetzen, siehe auch DIN EN 1090-2.

---

3) Sicherheitsregeln für hochziehbare Personenaufnahmemittel, BGR 159 (Berufsgenossenschaftliche Regel) des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften.

DIN EN 1993-3-2/NA:2017-01

NDP Zu C.2(1) Anmerkung

Die Konstruktion gilt als vorwiegend ruhend beansprucht und auf einen Ermüdungsnachweis darf verzichtet werden, wenn in Anlehnung an DIN EN 1993-1-9 eine der nachfolgenden Bedingungen erfüllt ist.

$$\Delta\sigma \leq \frac{26\,\mathrm{N/mm^2}}{\gamma_{\mathrm{Mf}}} \qquad N \leq 5 \times 10^6 \times \left[\frac{\left(26\,\mathrm{N/mm^2}\right)/\gamma_{\mathrm{Mf}}}{\Delta\sigma}\right]^3$$

Dabei ist

$\Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$	die Spannungsschwingbreite in $\mathrm{N/mm^2}$ unter den Bemessungswerten der veränderlichen, nicht vorwiegend ruhenden Einwirkungen für den Grenzzustand der Tragfähigkeit;
N	die Anzahl der Spannungsschwingspiele;
γ_{Mf}	der Teilsicherheitsbeiwert nach NDP zu 9.5(1) dieses Nationalen Anhanges.

Bei mehreren veränderlichen, nicht vorwiegend ruhenden Einwirkungen darf $\Delta\sigma$ für die einzelnen Einwirkungen getrennt betrachtet werden.

ANMERKUNG Die Bedingungen orientieren sich am Ermüdungsnachweis für den ungünstigsten Kerbfall 36 und einem vollen Kollektiv.

NCI Anhang NA.F

(normativ)

Zustandsüberwachung

NA.F.1 Allgemeines

Der bauliche Zustand der Schornsteine muss regelmäßig durch eine befähigte Person überwacht werden.

Über die Zustandsüberwachung ist ein Protokoll anzufertigen.

NA.F.2 Abgasberührte Bauteile

Die erste Zustandsüberwachung ist spätestens 12 Monate nach der Inbetriebnahme durchzuführen. In diesem Zeitraum sind die Betriebsdaten zur Ermittlung des Grades der chemischen Beanspruchung zu kontrollieren.

Die Zustandsüberwachung erstreckt sich auf äußerlich erkennbare Veränderungen an den abgasberührten Bauteilen.

Die zeitlichen Abstände der weiteren Zustandsüberwachung sind in Abhängigkeit vom festgestellten Grad der chemischen Beanspruchung nach Tabelle NA.F.1 festzulegen.

Tabelle NA.F.1 — Zeitliche Abstände der Zustandsüberwachung in Jahren

Grad der chemischen Beanspruchung	geringfügig	mittel	stark	sehr stark
Abstand der Zustandsüberwachung	**4**	**3**	**2**	**1**

ANMERKUNG Zum Grad der chemischen Beanspruchung siehe DIN EN 13084-1.

Wird der Grad der chemischen Beanspruchung nicht ermittelt, ist dieser immer mit „sehr stark“ anzunehmen.

Auch der begehbare Innenraum zwischen Trag- und Innenrohr muss in die Zustandsüberwachung einbezogen werden.

NA.F.3 Statisch tragende Bauteile

Die erste Zustandsüberwachung ist spätestens 12 Monate nach der Montage durchzuführen.

Die Zustandsüberwachung erstreckt sich auf alle Bauteile, die für die Standsicherheit des Tragwerks von Bedeutung sind.

Für statisch tragende Bauteile gelten die zeitlichen Abstände in Abhängigkeit von Höhe und Betriebsfestigkeit nach Tabelle NA.F.2.

DIN EN 1993-3-2/NA:2017-01

Tabelle NA.F.2 — Zeitliche Abstände der Zustandsüberwachung in Jahren

	Betriebsfestigkeitsnachweis erforderlich	**Betriebsfestigkeitsnachweis nicht erforderlich**
< 30 m Höhe	**3**	**4**
≥ 30 m Höhe	**2**	**3**

Alle planmäßig vorgespannten Schrauben sind 3 Monate bis 12 Monate nach der Montage mit dem Prüfmoment nach DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12 zu überprüfen; darüber ist ein Protokoll anzufertigen. Diese Schrauben sind im Zuge der weiteren regelmäßigen Zustandsüberwachungen zu kontrollieren.

Für Schwingungsdämpfer, Steig- und Fallschutzeinrichtungen sind gegebenenfalls hierfür vorgeschriebene kürzere Zeitabstände zur Inspektion und Wartung zu beachten.

Alle festgestellten standsicherheitsrelevanten Mängel sind unverzüglich zu beseitigen.

NCI **Anhang NA.G**

(normativ)

Schraubenverbindungen

Schraubenverbindungen in Flanschverbindungen und Schraubenverbindungen standsicherheitsrelevanter Teile, für die ein Betriebsfestigkeitsnachweis zu führen ist, dürfen nur als planmäßig vorgespannte Verbindungen ausgeführt werden. Diese Einschränkung gilt nicht für Ankerschrauben. Die dauerhafte Vorspannung der Schrauben ist im Rahmen der Zustandsüberwachung nach Anhang A sicherzustellen. Die Schrauben müssen über den gesamten Schornsteinumfang inspizierbar sein.

In Schraubenverbindungen ohne planmäßige Vorspannung müssen die Muttern gegen Losdrehen gesichert werden.

Bei bewitterten Schraubenverbindungen ist die Schraube derart einzubauen, dass der Schraubenkopf sich oberhalb der Mutter befindet, es sei denn, die Schraubenachse ist horizontal orientiert.

DIN EN 1993-3-2/NA:2017-01

NCI Literaturhinweise

[1] DIN 1056:1984-10, *Freistehende Schornsteine in Massivbauart; Berechnung und Ausführung*

[2] BGR/GUV-R 159, *Hochziehbare Personenaufnahmemittel*[4)]

[3] DIN EN 13084-1, *Freistehende Schornsteine - Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

4) Zu beziehen bei der Deutschen gesetzlichen Unfallversicherung DGUV (www.dguv.de)

DEUTSCHE NORM **Mai 2017**

DIN EN 1999-1-1/NA

DIN

ICS 91.010.30; 91.080.17

Ersatz für
DIN EN 1999-1-1/NA:2013-05,
DIN EN
1999-1-1/NA/A1:2014-06,
DIN EN 1999-1-1/NA/A2:2015-03
und
DIN EN 1999-1-1/NA/A3:2015-11

Nationaler Anhang –
National festgelegte Parameter –
Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken –
Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln

National Annex –
Nationally determined parameters –
Eurocode 9: Design of aluminium structures –
Part 1-1: General rules

Annexe Nationale –
Paramètres déterminés au plan national –
Eurocode 9: Calcul des structures en aluminium –
Partie 1-1: Regles générales

zurückgezogen - withdrawn

Gesamtumfang 22 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Inhalt

Seite

Vorwort ... 3
1 Anwendungsbereich ... 4
2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1999-1-1:2014-03 ... 4
2.1 Allgemeines ... 4
2.2 Nationale Festlegungen ... 4
NDP zu 1.1.2 (1 Anmerkung) ... 4
NCI zu 1.2.2 Verweisungen zur Tragwerksbemessung ... 4
NCI zu 1.2.4 Verweisungen zum Schweißen ... 4
NDP zu 2.1.2(3) Anmerkung ... 5
NDP zu 2.3.1(1) Anmerkung ... 5
NDP zu 3.2.1(1) Anmerkung ... 6
NDP zu 3.2.2(1) Anmerkung ... 6
NDP zu 3.2.2(2) Anmerkung 1 ... 6
NDP zu 3.2.3.1(1) Anmerkung 2 ... 6
NDP zu 3.3.2.1(3) Anmerkung 1 und Anmerkung 2 ... 6
NDP zu 3.3.2.2(1) Anmerkung ... 6
NDP zu 5.2.1(3) Anmerkung ... 6
NDP zu 5.3.2(3) Anmerkung ... 6
NDP zu 5.3.4(3) Anmerkung ... 7
NDP zu 6.1.3(1) Anmerkung 1 ... 7
NDP zu 6.1.3(1) Anmerkung 2 ... 7
NCI zu 6.1.6.3 Bestimmung der anzusetzenden Breite der WEZ aufgrund von Härtemessungen ... 7
NDP zu 6.2.1(5) Anmerkung 2 ... 8
NDP 7.1(4) Anmerkung ... 8
NDP 7.2.1(1) Anmerkung ... 8
NDP zu 7.2.2(1) Anmerkung ... 8
NDP zu 7.2.3(1) Anmerkung ... 8
NCI zu 8 Bemessung von Anschlüssen ... 8
NDP zu 8.1.1(2) Anmerkung ... 9
NCI zu 8.6.3 Biegung um die Schweißnahtachse bei einseitigen Kehlnähten und Stumpfnähten ... 9
NDP zu 8.9(3) Anmerkung ... 12
NDP zu Anhang A ... 12
NDP zu A.2 ... 13
NCI zu A.5 ... 13
NDP zu C.3.4.1(2) Anmerkung ... 14
NDP zu C.3.4.1(3) Anmerkung ... 14
NDP zu C.3.4.1(4) Anmerkung ... 14
NCI zu D.3.2 ... 14
NDP zu K.1(1) Anmerkung 1 ... 16
NDP zu K.3(1) Anmerkung 3 ... 16
NCI zu Anhang M ... 16
NCI NA.N.1 Anwendungsbereich ... 17
NCI NA.N.2 Konstruktion ... 17
NCI NA.N.3 Bemessung ... 18
NCI NA.N.4 Qualifizierung des Schweißverfahrens ... 19
NCI Literaturhinweise ... 22

Auszugsweise - Entwurf

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom NA 005-08-07 AA „Aluminiumkonstruktionen (SpA zu CEN/TC 250/SC 9 und CEN/TC 135)“ im Normenausschuss Bauwesen (NABau) erstellt.

Dieses Dokument bildet den Nationalen Anhang zu DIN EN 1999-1-1:2014-03, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln.*

Die Europäische Norm EN 1999-1-1 räumt die Möglichkeit ein, eine Reihe von sicherheitsrelevanten Parametern national festzulegen. Diese national festzulegenden Parameter (en: *Nationally determined parameters*, NDP) umfassen alternative Nachweisverfahren und Angaben einzelner Werte, sowie die Wahl von Klassen aus gegebenen Klassifizierungssystemen. Die entsprechenden Textstellen sind in der Europäischen Norm durch Hinweise auf die Möglichkeit nationaler Festlegungen gekennzeichnet. Eine Liste dieser Textstellen befindet sich im Unterabschnitt NA 2.1. Darüber hinaus enthält dieser Nationale Anhang ergänzende, nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1999-1-1:2014-03 (en: *non-contradictory complementary information,* NCI).

Dieser Nationale Anhang ist Bestandteil von DIN EN 1999-1-1:2014-03.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1999-1-1/NA:2013-05, DIN EN 1999-1-1/NA/A1:2014-06,
DIN EN 1999-1-1/NA/A2:2015-03 und DIN EN 1999-1-1/NA/A3:2015-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) Die Änderungen A1, A2, A3 und A4 wurden eingearbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 4113: 1958-02
DIN 4113-1: 1980-05
DIN 4113-1/A1: 2002-09
DIN 4113-1/A1 Berichtigung 1: 2008-12
DIN 4113-2: 2002-09
DIN 4113-2 Berichtigung 1: 2008-12
DIN V 4113-3: 2003-11
DIN V 4113-3 Berichtigung 1: 2008-12
DIN EN 1999-1-1/NA: 2010-12, 2013-05
DIN EN 1999-1-1/NA/A1: 2014-06
DIN EN 1999-1-1/NA/A2: 2015-03
DIN EN 1999-1-1/NA/A3: 2015-11

Hinweis: Gezogen - wurde gewirkt

DIN EN 1999-1-1/NA:2017-05

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 1999-1-1:2014-03 in Deutschland zu berücksichtigen sind.

Dieser Nationale Anhang gilt nur in Verbindung mit DIN EN 1999-1-1:2014-03.

2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1999-1-1:2014-03

2.1 Allgemeines

DIN EN 1999-1-1:2014-03 weist an den folgenden Textstellen die Möglichkeit nationaler Festlegungen aus (NDP, en: *Nationally determined parameters*).

- 1.1.2(1)
- 2.1.2(3)
- 2.3.1(1)
- 3.2.1(1)
- 3.2.2(1)
- 3.2.2(2)
- 3.2.3.1(1)
- 3.3.2.1(3)
- 3.3.2.2(1)
- 5.2.1(3)
- 5.3.2(3)
- 5.3.4(3)
- 6.1.3(1)
- 6.2.1(5)
- 7.1(4)
- 7.2.1(1)
- 7.2.2(1)
- 7.2.3(1)
- 8.1.1(2)
- 8.9(3)
- A.2
- C.3.4.1(2)
- C.3.4.1(3)
- C.3.4.1(4)
- K.1(1)
- K.3(1)

2.2 Nationale Festlegungen

Die nachfolgende Nummerierung entspricht der Nummerierung von DIN EN 1999-1-1:2014-03.

NDP zu 1.1.2 (1 Anmerkung)

Es gelten die Empfehlungen.

NCI zu 1.2.2 Verweisungen zur Tragwerksbemessung

NA VDI 2230 Blatt 1: Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen — Zylindrische Einschraubenverbindungen[1)]

NCI zu 1.2.4 Verweisungen zum Schweißen

NA DIN EN ISO 13918:2008-10, *Schweißen — Bolzen und Keramikringe für das Lichtbogenbolzenschweißen (ISO 13918:2008); Deutsche Fassung EN ISO 13918:2008*

NA DIN EN ISO 14555:2014-08, *Schweißen — Lichtbogenbolzenschweißen von metallischen Werkstoffen (ISO 14555:2014); Deutsche Fassung EN ISO 14555:2014*

NA DVS 0904, *Hinweise für die Praxis — Lichbogenbolzenschweißen*[1)]

1) Zu beziehen bei: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.

Zurückgezogen - Withdrawn

NDP zu 2.1.2(3) Anmerkung

Falls in den Ausführungsunterlagen keine weitergehenden Anforderungen festgelegt sind, sind bei der Ausführung von Aluminiumtragwerken und Tragwerkskomponenten bei den einzelnen Ausführungsklassen (EXC) in Bezug auf Qualitätsanforderungen und Qualitätsprüfungen die Regelungen von DIN EN 1090-3:2008-09, Anhänge L und M einzuhalten. Allerdings gelten anstelle von DIN EN 1090-3:2008-09, Tabelle L.1 und Tabelle L.2 die nachfolgenden beiden Tabellen NA.1 und NA.2.

Tabelle NA.1 — Ausnutzungsklassen

Beanspruchungs-kategorie	Beanspruchungsart	UR1	UR2	UR3
SC1	Vorwiegend ruhend	$U \leq 0{,}30$	$0{,}30 < U \leq 0{,}60$	$0{,}60 < U \leq 1{,}0$
SC2	Ermüdung	$U \leq 0{,}30$	$0{,}30 < U \leq 0{,}60$	$0{,}60 < U \leq 1{,}0$
	Ermüdung, wenn der Ausnutzungsgrad U über den Ermüdungsschaden D_L nach EN 1999-1-3 bestimmt wird	$U \leq 0{,}30$	$0{,}30 < U \leq 0{,}70$	$0{,}70 < U \leq 1{,}0$

Tabelle NA.2 — Umfang der ZfP in % für Bauteile und Tragwerke in Beanspruchungskategorie SC1

Nahtart	Ausnutzungsklasse	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
Stumpfnähte unter Querzug- und Scherbeanspruchung	UR3	—	10	20	im Einzelfall festzulegen
	UR2	—	—	10	im Einzelfall festzulegen
Alle anderen Nähte	UR3	—	5[a]	10	im Einzelfall festzulegen
	UR2	—	—	5	im Einzelfall festzulegen

[a] Keine ZfP für Verbindungen unter reinem Druck (ZfP = zerstörungsfreie Prüfung).

Abweichend davon darf, wenn die Bemessung der Kehlnähte nach dem vereinfachten Verfahren nach NCI zu 8.6.3.3(9) erfolgt, auf eine zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) verzichtet werden, wenn die folgenden Bedingungen a) bis d) erfüllt sind:

a) wirksame Nahtdicke $a \leq 6$ mm und

b) Dicke der verbundenen Bauteile an der Verbindungsstelle $t \leq 15$ mm und

c) Beanspruchungskategorie SC1 und

d) Ausführungsklasse EXC1 oder EXC2.

NDP zu 2.3.1(1) Anmerkung

Es werden keine weiteren Informationen gegeben.

Zurückgezogen / withdrawn

DIN EN 1999-1-1/NA:2017-05

NDP zu 3.2.1(1) Anmerkung

Es gelten die aufgeführten Aluminiumlegierungen und Zustände.

NDP zu 3.2.2(1) Anmerkung

Elektrisch geschweißte Rohre nach DIN EN 1592-1 bis DIN EN 1592-4 dürfen als tragende Teile nicht verwendet werden.

NDP zu 3.2.2(2) Anmerkung 1

Es gilt die Empfehlung.

NDP zu 3.2.3.1(1) Anmerkung 2

Es gilt DIN EN 1999-1-1:2014-03, Anhang C.

NDP zu 3.3.2.1(3) Anmerkung 1 und Anmerkung 2

Es gilt DIN EN 1999-1-1:2014-03, Anhang C. Es werden keine weiteren Regelungen angegeben.

NDP zu 3.3.2.2(1) Anmerkung

Es werden keine weiteren Regelungen getroffen.

NDP zu 5.2.1(3) Anmerkung

Es wird kein anderes Kriterium festgelegt.

NDP zu 5.3.2(3) Anmerkung

Es gilt die Tabelle 5.1 unter den nachfolgend aufgeführten Bedingungen:

a) Die eingeprägten Vorkrümmungen nach 5.3.2(3)b müssen so gewählt werden, dass die mit ihrem Ansatz mit sinusförmigem Verlauf am zentrisch gedrückten, beidseitig gelenkig gelagerten Stab in einer Berechnung nach Theorie II. Ordnung für den Werkstoff ohne Wärmeeinflusszonen ermittelte Tragfähigkeit nicht größer ist als die nach 6.3.1.1 bis 6.3.1.3 mit $\kappa = 1{,}0$ und $k = 1{,}0$ ermittelte Tragfähigkeit $N_{\mathrm{b,Rd}}$. Dies ergibt sich für Querschnitte der Klassen 1, 2 und 3 auf folgende Weise: In die verwendete M-N-Interaktionsbeziehung für die Querschnittstragfähigkeit setzt man für M den Ausdruck $M = N{*}e/(1\text{-}N/N_{\mathrm{ki}})$ ein und ersetzt in der so entstandenen Gleichung N durch $N_{\mathrm{b,Rd}}$ nach 6.3.1.1 bis 6.3.1.3 mit $\kappa = 1{,}0$ und $k = 1{,}0$. Die Auflösung dieser Gleichung nach e ergibt den Mindestwert der Vorkrümmung.

   ANMERKUNG Anstelle der Interaktionsbeziehungen nach 6.2.9.1 und 6.2.9.2 können auch andere M-N-Interaktionsbedingungen verwendet werden, die den Sachverhalt mechanisch zutreffend wiedergeben, siehe z.B. Deutscher Stahlbau-Verband, Köln (Hrsg.): Stahlbauhandbuch, Band 1: Grundlagen, 2. neubearb. Aufl. Köln, Stahlbau-Verlags-GmbH, 1982.

b) Die in Tabelle 5.1 für die elastische Berechnung angegebenen Werte wurden abdeckend für alle Werte f_0 der entsprechenden Beulklasse BC und alle Querschnitte als vorsichtige Näherung auf die zuvor beschriebene Weise ermittelt. Die in Tabelle 5.1 für die plastische Berechnung angegebenen Werte wurden in einem Analogieschluss hergeleitet. Diese Werte gelten nur, wenn der an die Schnittkraftermittlung anschließende Tragfähigkeitsnachweis mit einer linearen Interaktionsbedingung der Beanspruchungen aus Normalkraft und Biegung geführt wird.

Aufhebungen - withdrawn

c) Da die nach a) ermittelten eingeprägten Vorkrümmungen stark von f_0 und auch vom Querschnitt und der Schlankheit abhängen und die in Tabelle 5.1 angegebenen Werte nach b) in vielen Fällen weit auf der sicheren Seite liegen, kann es wirtschaftlich angeraten sein, für einen speziellen Fall die nach a) zutreffenden Imperfektionen zu ermitteln. Diese Vorgehensweise ist zulässig.

d) Wenn der an die Schnittkraftermittlung anschließende Tragfähigkeitsnachweis mit einer nichtlinearen Interaktionsbedingung der Beanspruchungen aus Normalkraft und Biegung geführt wird (plastische Berechnung mit nichtlinearer *M*-*N*-Interaktion), sind die eingeprägten Vorkrümmungen nach dem unter a) beschriebenen Verfahren zu ermitteln.

NDP zu 5.3.4(3) Anmerkung

Es gilt die Empfehlung.

NDP zu 6.1.3(1) Anmerkung 1

Es gelten die Empfehlungen.

NDP zu 6.1.3(1) Anmerkung 2

Zu Tragwerken, die nicht durch DIN EN 1999-1-2 bis DIN EN 1999-1-5 erfasst werden, werden keine weiteren Hinweise gegeben.

NCI zu 6.1.6.3 Bestimmung der anzusetzenden Breite der WEZ aufgrund von Härtemessungen

(1) Für diesen Zweck muss die als Basishärte bezeichnete Härte des vorhandenen Materials im nicht wärmebeeinflussten Zustand durch aktuelle Messung bekannt sein. Das kann durch Messungen an noch unverarbeitetem Halbzeug erfolgen oder bei schon geschweißten Konstruktionskomponenten an Stellen in hinreichendem Abstand von der Schweißnaht. Im Bereich der Schweißnaht wird dann die Härte an verschiedenen Stellen (i. d. R. Anfang und Ende der Schweißung) gemessen und dort ein Härteprofil quer zur Schweißnaht erstellt. Es wird nun jene Stelle neben der Schweißnaht bestimmt, bei der die Härte eindeutig noch nicht abgesunken ist (≥ 90 % zur Basishärte[2)]). Von diesem Punkt aus bis zur Schweißnahtmitte der Stumpfnähte oder dem theoretischen Wurzelpunkt der Kehlnähte wird vereinfacht angenommen, dass ab hier eine Erweichung auf ein Festigkeitsniveau erfolgt ist, dessen charakteristische Werte in der Norm festgelegt worden sind (siehe Bild NA.1).

ANMERKUNG Wegen der geringen Korrelation von Streckgrenze und Härte (eine direkte Proportionalität besteht nur in Verbindung mit einem großen Streuband), kann aus den gemessenen Härtewerten nicht ausreichend genau auf die Streckgrenzenwerte in der WEZ geschlossen werden, sodass bei den Abminderungsbeiwerten $\rho_{o,haz}$ lokale Veränderlichkeiten ebenso wie deren Werte für nicht in der Norm aufgeführte Legierungen und Zustände nur mittels anderer Prüfverfahren bestimmt werden können (siehe Anmerkung in DIN EN 1999-1-1:2014-03, 6.1.6.2).

(2) Geräte zur zuverlässigen Härtemessung sind entweder stationär oder nicht sehr handlich, und aufgrund der Messkopfabmessung kann man bei Messungen an der Oberfläche eines unversehrten Bauteils nicht so nahe an der Schweißnaht messen, wie dies nötig wäre. Bei solchen unversehrten Bauteilen misst man auf der Oberfläche, von der aus die letzte Schweißung erfolgt ist. Ist ein Aufschneiden des Konstruktionsteils möglich, dann besteht das Problem der Zugänglichkeit nicht, und die Messung wird dann auf der Mittellinie des Querschnittes der verbundenen Teile durchgeführt.

ANMERKUNG Härtemessgeräte, die nach dem Rückprallverfahren arbeiten, können hier i.A. nicht für diese Messungen empfohlen werden, weil sie je nach Steifigkeitsverhalten der zu untersuchenden Stellen zu geringe Härtewerte anzeigen.

---

2) Werden bei solchen Messungen im Grundmaterial Härtewerte festgestellt, die größer sind als beim nicht verschweißten Grundmaterial, so darf das nicht unbedingt verwundern: Je nach Zustand des vorliegenden Materials kann eingebrachte Schweißwärme örtlich eine weitere Warmaushärtung, d.h. Festigkeitssteigerung bewirken.

Außerkraft - withdrawn

(3) Um das Verfahren der Bestimmung der Größe der WEZ durch Härtemessungen zu qualifizieren, so dass der ermittelte Wert der Breite der WEZ für die Bemessung verwendet werden kann, müssen neben den üblichen Angaben der Schweißparameter auch die genauen geometrischen Verhältnisse des Werkstücks, seine Auflagerung beim Schweißen und sonstige Bedingungen, die sich auf den Wärmefluss auswirken können, dokumentiert werden. Ebenso sind die Vorwärm- und Zwischenlagentemperaturen zu messen, zu protokollieren und später beim Schweißen auch einzuhalten. Die Härtemessungen und die Festlegung der Breite der WEZ sind in einem getrennten Bericht nachvollziehbar zu dokumentieren, der von einer anerkannten Stelle (Schweißfachingenieur mit Erfahrung im Schweißen von Aluminium) zu überprüfen und zu bestätigen ist. Für spätere Schweißungen ist dann auf Basis der vorgenommenen Messungen und Schweißbedingungen ein Schweißfolgeplan zu erstellen, der insbesondere die Minimal- und Maximaltemperaturen aufzeigen muss, die beim Vorwärmen und als Zwischenlagentemperaturen einzuhalten sind.

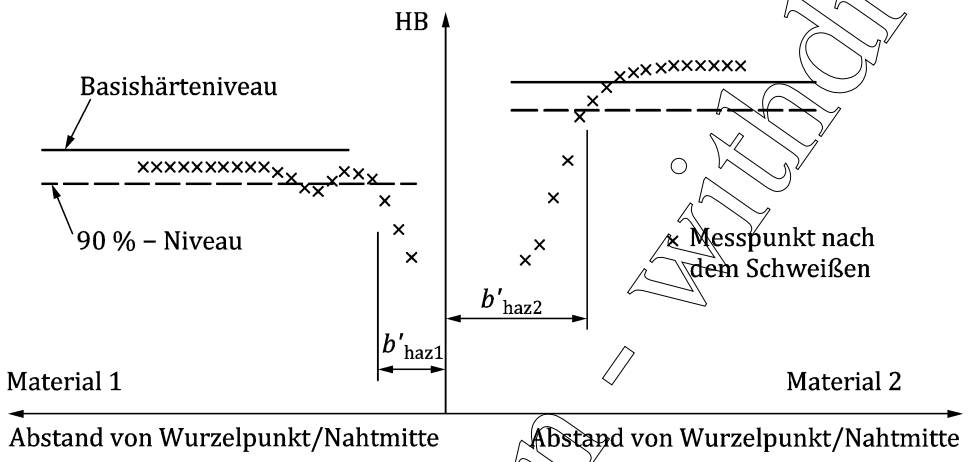


Bild NA.1 — Prinzipskizze zur Festlegung der Breiten der Wärmeeinflusszone b'_{haz} aufgrund von Härtemessungen

NDP zu 6.2.1(5) Anmerkung 2

Es gilt die Empfehlung.

NDP 7.1(4) Anmerkung

Es werden keine weiteren Anleitungen gegeben.

NDP 7.2.1(1) Anmerkung

Es werden keine Grenzwerte festgelegt.

NDP zu 7.2.2(1) Anmerkung

Es werden keine Grenzwerte festgelegt.

NDP zu 7.2.3(1) Anmerkung

Es werden keine Grenzwerte festgelegt.

NCI zu 8 Bemessung von Anschlüssen

Für die Verwendung von Schweißbolzen gilt Anhang NA.N in diesem Dokument.

Zurückgezogen - Withdrawn

NDP zu 8.1.1(2) Anmerkung

Es gilt Tabelle 8.1.

NCI zu 8.6.3 Biegung um die Schweißnahtachse bei einseitigen Kehlnähten und Stumpfnähten

(1) Diese Art von Beanspruchung, die sich z. B. durch lokale Exzentrizitäten ergibt, sollte möglichst vermieden werden.

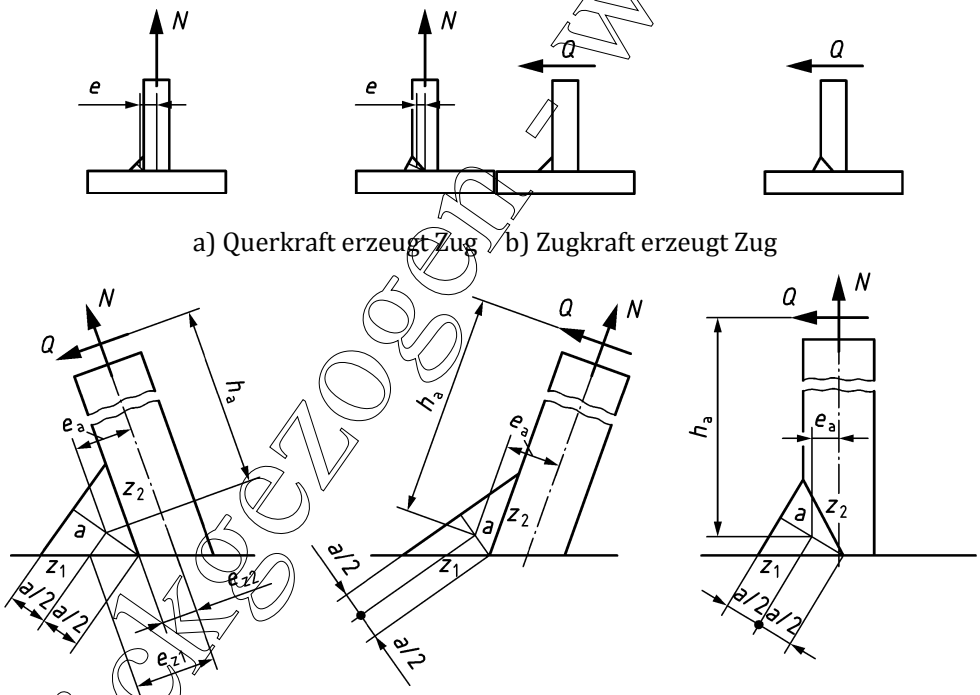
(2) Biegung um die Achse einer Schweißnaht braucht nicht berücksichtigt zu werden, wenn das Biegemoment durch Stützungen im Anschlussquerschnitt oder an anderen Stellen abgetragen wird.

(3) Im Folgenden handelt es sich bei den Biegemomenten M und den Kräften N, Q, R und L stets um auf die Längeneinheit der Schweißnaht bezogene Werte.

(4) Die Biegemomente um die Schweißnahtachse ergeben sich aus der zu übertragenden Kraft und ihrem Abstand von dem Mittelpunkt der Strecke, die die Schweißnahtdicke a bestimmt, d. h.

$$M_{Ed} = N \cdot e + Q \cdot h \qquad \text{(NA.1)}$$

Bezugspunkte für die Berechnung der Momente aus N und Q sind in Bild NA.2 dargestellt.



c) Allgemeine Darstellung der Bezugspunkte für die Berechnung der Momente aus N und Q

Bild NA.2 — Bezugspunkte für die Berechnung der Momente aus N und Q

(5) Für die Abtragung des Biegemomentes um die Schweißnahtachse darf über die Schweißnahtdicke eine Spannungsverteilung angesetzt werden, wie sie sich mit dem Grenzzustand der Tragfähigkeit einstellt.

(6) Die in der Schweißnaht verfügbare Normalspannung $\sigma_{\perp,\mathrm{verf}}$ ergibt sich durch Auflösen der Gleichung (8.33) nach $\sigma_{\perp,\mathrm{verf}} = \sigma_{\perp,\mathrm{Ed}}$ bei gegebenem $\tau_{\perp,\mathrm{Ed}}$ und $\tau_{\parallel,\mathrm{Ed}}$ sowie

$$f_{wd} = f_w/\gamma_{Mw} \qquad \text{(NA.2)}$$

Zurückgezogen - Withdrawn

DIN EN 1999-1-1/NA:2017-05

(7) Bei dem richtungsbezogenen Verfahren gilt für das übertragbare Biegemoment M_{wEd} und die übertragbare Kraft N_{wEd} rechtwinklig zur Nahtfläche

$$\frac{M_{\mathrm{wEd}}}{M_{\mathrm{wu,d}}} \leq w_{\mathrm{f}}\left[1-\left(\frac{N_{\mathrm{wEd}}}{w_{\mathrm{f}} \cdot N_{\mathrm{wu,d}}}\right)\right] \tag{NA.3}$$

mit

$$M_{\mathrm{wu,d}} = f_{\mathrm{wd}} \cdot \frac{a^2}{6}\left(1+0{,}5 \cdot \frac{f_{wo}}{f_w}\right) \tag{NA.4}$$

$$N_{\mathrm{wu,d}} = f_{\mathrm{wd}} \cdot \mathrm{a} \tag{NA.5}$$

und

$$w_{\mathrm{f}} = \sqrt{1-3\left[\left(\frac{\tau_{\perp\mathrm{Ed}}}{f_{\mathrm{wd}}}\right)^2+\left(\frac{\tau_{\parallel\mathrm{Ed}}}{f_{\mathrm{wd}}}\right)^2\right]} \tag{NA.6}$$

(8) Beim vereinfachten Verfahren gilt

$$\frac{M_{\mathrm{wEd}}}{M_{\mathrm{wu,d}}} \leq w_{\mathrm{vf}}\left[1-\left(\frac{R_{\mathrm{Ed}}}{w_{\mathrm{vf}} \cdot N_{\mathrm{wu,d}}}\right)\right] \tag{NA.7}$$

mit

$$M_{\mathrm{wu,d}} = f_{\mathrm{vwd}} \cdot \frac{a^2}{6}\left(1+0{,}5 \cdot \frac{f_{wo}}{f_w}\right) \tag{NA.8}$$

$$N_{\mathrm{wu,d}} = f_{\mathrm{vwd}} \cdot a \tag{NA.9}$$

und

$$w_{\mathrm{vf}} = \sqrt{1-3\left(\frac{L_{\mathrm{Ed}}}{a \cdot f_{\mathrm{vwd}}}\right)^2} \tag{NA.10}$$

mit

$$f_{\mathrm{vwd}} = f_{\mathrm{wd}}/\sqrt{3} \tag{NA.11}$$

Dabei ist

L_{Ed} die Komponente der Kraftgröße $F_{\mathrm{w,Ed}}$ in Richtung der Schweißnahtachse;

R_{Ed} die Resultierende der Komponenten der Kraftgröße $F_{\mathrm{w,Ed}}$ rechtwinklig zur Schweißnahtachse;

Zurückgezogen - withdrawn

$$F_{\mathrm{w,Ed}} = \sqrt{L_{\mathrm{Ed}}^2 + R_{\mathrm{Ed}}^2} \qquad \text{(NA.12)}$$

der Bemessungswert der auf die wirksame Kehlnahtfläche einwirkenden Kräfte je Längeneinheit;

f_w die Festigkeit des Schweißguts nach Tabelle 8.8 der Norm, und f_{wo} dessen Streckgrenzenwert.

Der Quotient f_{wo}/f_w darf mit 0,5 angenommen werden.

(9) Wenn das Biegemoment in der Schweißnahtwurzel Druck erzeugt, genügt es, die Tragfähigkeit der Schweißnaht für die Normalkraft $N + M/d$ auf Zug sowie die Querkraft Q auf Schub – ohne Biegebeanspruchung - und die Beanspruchung der Kontaktfläche für eine zentrische Beanspruchung durch die Druckkraft M/d nachzuweisen, wobei d der Abstand von der Mitte der Kontaktfläche zur Mitte der Nahtdicke a, und N, Q und M die Schnittgrößen bezüglich der Mitte der Nahtdicke sind. Der Nachweis für die infolge der Kontaktwirkung zentrisch beanspruchte Schweißnaht ergibt sich daraus, dass in den Gleichungen (NA.3) bzw. (NA.7) der Klammerausdruck zu Null gesetzt wird, und für die zentrisch beanspruchte Kontaktfläche ist als vorsichtige Näherung die Streckgrenzen $f_{\mathrm{ohaz,d}}$ der Wärmeeinflusszone anzusetzen.

(10) Die ausreichende Festigkeit der Verbindung muss – wie auch sonst üblich - auch für das Grundmaterial der verbundenen Teile im Anschluss (HAZ) nachgewiesen werden. Das kann sowohl nach dem richtungsbezogenen oder nach dem vereinfachten Verfahren geschehen, wobei auch hier für die Abtragung des Biegemoments über die Schweißlinie eine Spannungsverteilung angesetzt werden darf, die sich mit dem Grenzzustand der Tragfähigkeit einstellt.

Dabei können die in Absatz (7) und (8) aufgeführten Beziehungen genutzt werden, wobei f_{wd} durch $f_{\mathrm{u,haz,d}}$ und f_{vwd} durch $f_{\mathrm{u,haz,d}}/\sqrt{3}$ zu ersetzen ist und für den Quotienten $f_{\mathrm{wo}}/f_{\mathrm{w}}$ anstelle des vorsichtigen Wertes 0,5 für den Quotienten $f_{\mathrm{ohaz}}/f_{\mathrm{u,haz}}$ die entsprechenden Werte der WEZ des Grundwerkstoffes (siehe Tabellen 3.2.a und 3.2.b) eingesetzt werden dürfen.

Das Biegemoment M_{Ed} infolge einer exzentrischen Kraft ergibt sich aus deren Abstand zum Mittelpunkt der jeweiligen Schweißlinien z_1 und z_2 nach Bild NA.2 c).

Für den häufigen Fall eines einseitigen, rechtwinkligen Anschlusses (Öffnungswinkel 90°) mit einer gleichschenkligen Kehlnaht unter ausschließlicher Beanspruchung durch eine Normalkraft N rechtwinklig zur Anschlussebene erübrigt sich der Nachweis für die WEZ, wenn

— der Nachweis für die Schweißnaht nach dem vereinfachten Verfahren erbracht wurde,

— $f_{\mathrm{u,haz}} \geq 0{,}7\, f_{\mathrm{w}}$ ist und

die Schweißnahtdicke a kleiner ist als die Dicke t des angeschlossenen Teils.

NCI zu 8.6.3.3 Rechnerische Behandlung von überhöhten Kehlnähten (Wölbnähten)

Bei Flankenkehlnähten, die ausschließlich durch Schubkräfte parallel zur Nahtrichtung beansprucht werden, darf der erhöhte Tragwiderstand von überhöhten Kehlnähten (Wölbnähten) bei der Bemessung berücksichtigt werden. In den entsprechenden Bemessungsformeln darf dann a durch $a+w$ ersetzt werden, bzw. falls DIN EN 1999-1-1:2014-03, 8.6.3.3(6) zutrifft, a durch $a+w+a_{\mathrm{pen}}$. Das Maß w darf bei dieser Ausführung und Bemessung rechnerisch mit maximal 0,43a berücksichtigt werden. Zur Definition von w siehe nachfolgendes Bild NA.8.15.1. In den Ausführungsunterlagen ist das Maß w anzugeben.

Nur zum Gebrauch - Entwurf

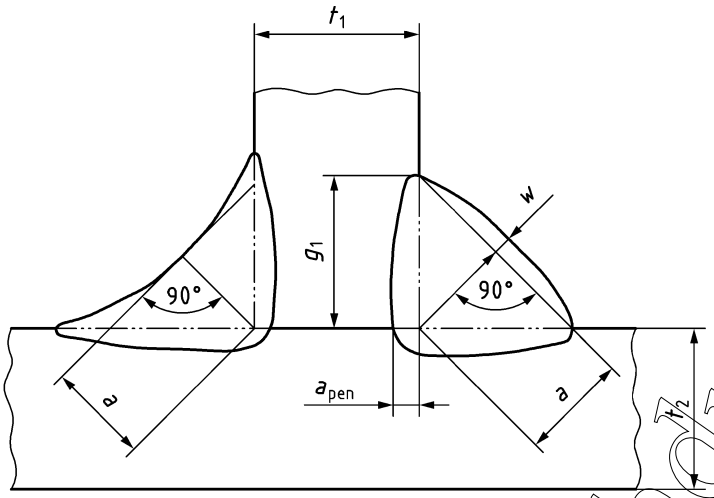


Bild NA.8.15.1 — Überhöhte Kehlnähte

NCI zu 8.6.3.3(9) Bemessung von Kehlnähten (Vereinfachtes Verfahren)

(1) Als alternatives Verfahren zu 8.6.3.3(9) darf die Tragfähigkeit einer Kehlnaht als ausreichend angenommen werden, wenn an jedem Punkt längs der Naht die Resultierende aller auf die wirksame Nahtdicke einwirkenden Kräfte je Längeneinheit folgende Bedingung erfüllt:

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd} \tag{8.33a}$$

Dabei ist

$F_{w,Ed}$ der Bemessungswert der auf die wirksame Nahtdicke einwirkenden Kräfte je Längeneinheit;

$F_{w,Rd}$ der Bemessungswert der Tragfähigkeit der Schweißnaht je Längeneinheit.

(2) Die Tragfähigkeit $F_{w,Rd}$ der Schweißnaht je Längeneinheit ist unabhängig von der Orientierung der wirksamen Nahtfläche zur einwirkenden Kraft wie folgt zu ermitteln:

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a \tag{8.33b}$$

Dabei ist

$f_{vw,d}$ der Bemessungswert der Scherfestigkeit der Schweißnaht und

a die wirksame Nahtdicke (siehe 8.6.3.3(5)).

(3) Der Bemessungswert $f_{vw,d}$ der Scherfestigkeit der Schweißnaht ist wie folgt zu ermitteln:

$$f_{vw,d} = f_w/(\gamma_{Mw}\sqrt{3}) \tag{8.33c}$$

NDP zu 8.9(3) Anmerkung

Andere Verfahren sind nicht zulässig.

NDP zu Anhang A

A.1 bis A.4 sind informativ.

A.5 und A.6 sind normativ.

zurückgezogen - withdrawn

NDP zu A.2

Zur Festlegung der Schadensfolgeklasse siehe NCI zu A.5 in diesem Dokument.

NCI zu A.5

Für die Zuordnung von Bauwerken, Tragwerken und Bauteilen zu den in Tabelle A.3 angegebenen Ausführungsklassen EXC1, EXC2, EXC3 und EXC4 gilt Folgendes:

Ausführungsklasse EXC 1

In diese Ausführungsklasse fallen vorwiegend ruhend und, falls ungeschweißt, auch nicht vorwiegend ruhend beanspruchte Bauteile oder Tragwerke aus den in DIN EN 1999-1-1:2010-05, Abschnitt 3, geregelten Aluminiumlegierungen, für die mindestens einer der folgenden Punkte zutrifft:

1) Tragkonstruktionen mit

— bis zu zwei Geschossen aus Strangpressprofilen/Walzprofilen ohne biegesteife Kopfplattenstöße;

— druck- und biegebeanspruchte Stützen mit bis zu 3 m Knicklänge;

— Biegeträgern mit bis zu 5 m Spannweite und Auskragungen bis 2 m;

— charakteristischen veränderlichen, gleichmäßig verteilten Einwirkungen/Nutzlasten bis 2,5 kN/m^2 und charakteristischen veränderlichen Einzelnutzlasten bis 2,0 kN;

2) Tragkonstruktionen mit max. 30° geneigten Belastungsebenen (z. B. Rampen) mit Beanspruchungen durch charakteristische Achslasten von max. 63 kN oder charakteristische veränderliche, gleichmäßig verteilte Einwirkungen/Nutzlasten von bis zu 17,5 kN/m^2 (Kategorie E2.4 nach DIN EN 1991-1-1/NA:2010-12, Tabelle 6.4DE) in einer Höhe von max. 1,25 m über festem Boden wirkend;

3) Treppen und Geländer in Wohngebäuden;

4) Landwirtschaftliche Gebäude ohne regelmäßigen Personenverkehr (z. B. Scheunen, Gewächshäuser);

5) Wintergärten an Wohngebäuden;

6) Einfamilienhäuser mit bis zu 4 Geschossen;

7) Gebäude, die selten von Personen betreten werden, wenn der Abstand zu anderen Gebäuden oder Flächen mit häufiger Nutzung durch Personen mindestens das 1,5-fache der Gebäudehöhe beträgt;

8) an Wohngebäuden angeordnete Balkone, die höchstens 12 m über der Geländeoberfläche liegen.

Die Ausführungsklasse EXC 1 gilt auch für andere vergleichbare Bauwerke, Tragwerke und Bauteile.

Ausführungsklasse EXC 2

In diese Ausführungsklasse fallen vorwiegend ruhend und nicht vorwiegend ruhend beanspruchte Bauteile oder Tragwerke aus Aluminiumlegierungen, die nicht den Ausführungsklassen EXC 1, EXC 3 und EXC 4 zuzuordnen sind.

Zurückgezogen Wiharm

DIN EN 1999-1-1/NA:2017-05

Ausführungsklasse EXC 3

In diese Ausführungsklasse fallen vorwiegend ruhend und nicht vorwiegend ruhend beanspruchte Bauteile oder Tragwerke aus Aluminiumlegierungen, für die mindestens einer der folgenden Punkte zutrifft:

1) großflächige Dachkonstruktionen von Versammlungsstätten/Stadien;

2) Gebäude mit mehr als 15 Geschossen;

3) vorwiegend ruhend beanspruchte Wehrverschlüsse bei extremen Abflussvolumen;

4) folgende nicht vorwiegend ruhend beanspruchte Tragwerke oder deren Bauteile:

- Geh- und Radwegbrücken;
- Straßenbrücken;
- Eisenbahnbrücken;
- Fliegende Bauten;
- Türme und Maste wie z. B. Antennentragwerke;
- Kranbahnen;
- zylindrische Türme wie z. B. Aluminiumschornsteine.

Die Ausführungsklasse EXC 3 gilt auch für andere vergleichbare Bauwerke, Tragwerke und Bauteile.

Ausführungsklasse EXC 4

In diese Ausführungsklasse fallen alle Bauteile oder Tragwerke der Ausführungsklasse EXC 3 mit extremen Versagensfolgen für Menschen und Umwelt, wie z. B.:

1) Straßenbrücken und Eisenbahnbrücken (siehe DIN EN 1991-1-7) über dicht besiedeltem Gebiet oder über Industrieanlagen mit hohem Gefährdungspotential;

2) nicht vorwiegend ruhend beanspruchte Wehrverschlüsse bei extremen Abflussvolumen.

NDP zu C.3.4.1(2) Anmerkung

Es gelten die Empfehlungen.

NDP zu C.3.4.1(3) Anmerkung

Es gelten die Empfehlungen.

NDP zu C.3.4.1(4) Anmerkung

Es gelten die Empfehlungen.

NCI zu D.3.2

Als Ergänzung zu den Empfehlungen betreffend den Korrosionsschutz von Aluminium werden nachstehend zusätzliche Empfehlungen zur Entscheidungsfindung gegeben, wenn insbesondere die Kriterien „Potentielle Folgen von Korrosionsschädigungen“ und „Inspektionsmöglichkeit“ berücksichtigt werden sollen.

zurückgezogen - withdrawn

Um ein Maß für das relative Korrosionsrisiko zu bekommen, werden die Punkte aus den Tabellen NA.D.1.1 bis NA.D.1.3 zusammengezählt. In Tabelle NA.D.1.4 sind dann die daraus folgenden, empfohlenen Maßnahmen abzulesen.

Tabelle NA.D.1.1 — Korrosionsneigung (Eintrittswahrscheinlichkeit — relative Punktezahlen) der unterschiedlichen Beständigkeitsklassen in unterschiedlichen Umgebungsbedingungen

Beständigkeitsklasse	Material dicke mm	in Atmosphäre						unter Wasser	
		ländlich[a]	Industrie/Stadt		Meer/Küste			Süßwasser	Meerwasser
			gemäßigt[b]	ausgeprägt[c]	ländlich[a]	gemäßigt[b]	ausgeprägt[c]		
A	alle	0	0	4	0	0	6	0	4
B	< 3	0	2	6	2	4	6	4	6
	≥ 3	0	0	6	0	4	6	2	6
C	alle	0	4	6	4	4	6	4	8

a Ländlich versteht sich in ländlicher Umgebung ohne Gewerbebetrieb oder andere emissionsträchtige Einwirkungen oder aber auch in normaler Innenraumatmosphäre.

b Eine gemäßigte Belastung ist bspw. i.d.R. in städtischen bzw. Gewerbe- und Industriegebieten gegeben, sofern keine besonders emissionsträchtigen Einrichtungen die Umgebungsbedingungen beeinflussen.

c Eine ausgeprägte Belastung ist i.d.R. gegeben, wenn besonders emissionsträchtige Einrichtungen vorhanden sind, bzw. die Umgebungsbedingungen bspw. durch die übliche Windrichtung hierdurch beeinflusst werden.

Tabelle NA.D.1.2 — Potentielle Folgen bei Ausfall des Bauteils infolge Korrosion für die Funktion der Konstruktion

Auswirkung	Punkte
Keine Beeinträchtigung der Funktion	0
Geringe Beeinträchtigung der Funktion	1
Funktionsausfall	2
Gefahr für Leib und Leben	3

Tabelle NA.D.1.3 — Feststellung des Korrosionsangriffs — Bewertung des Korrosionsrisikos

Inspektionsmöglichkeit	Punkte
Inspektion jederzeit gegeben	0
Inspektion mit Aufwand oder Hilfsmitteln möglich	2
Keine Inspektionsmöglichkeit	4

Zurückgezogen / Ausgeschieden

DIN EN 1999-1-1/NA:2017-05

Tabelle NA.D.1.4 — Feststellung des Korrosionsrisikos — Zu ergreifende Maßnahmen

Korrosionsrisiko = Summe der Punkte aus den Tabellen NA.D.1.1 bis NA.D.1.3	**Erforderliche Maßnahme**
0-5	Keine Korrosionsschutzmaßnahmen erforderlich
6-9	Es ist zu prüfen, ob Korrosionsschutzmaßnahmen anzuwenden sind
10-12	Korrosionsschutzmaßnahmen sind anzuwenden
>12	Konstruktion unzulässig bzw. mit oder ohne Korrosionsschutz nur für kurze Einsatzzeit

NDP zu K.1(1) Anmerkung 1

Der Anhang bleibt informativ, daher werden keine weiteren Festlegungen getroffen.

NDP zu K.3(1) Anmerkung 3

Der Anhang bleibt informativ, daher werden keine weiteren Festlegungen getroffen.

NCI zu Anhang M

Der Anhang M darf nicht angewendet werden.

zurückgezogen - withdrawn

NCI

Anhang NA.N
(normativ)

Bolzen, die mittels Lichtbogenbolzenschweißung mit Spitzenzündung angeschlossen werden

NCI NA.N.1 Anwendungsbereich

(1) Dieser Anhang gilt für Schweißbolzen an Tragwerken und Bauteilen der Ausführungsklassen EXC1 und EXC2 unter vorwiegend ruhender Beanspruchung, sofern die Schraubanschlüsse an den Schweißbolzen nicht planmäßig wiederholt gelöst und wieder hergestellt werden (z. B. bei fliegenden Bauten).

(2) Als Grundmaterial, auf das die Bolzen aufgeschweißt werden dürfen, kommen die in Tabelle NA.N.1 angegebenen Werkstoffe in den in DIN EN 1999-1-1 und DIN EN 1999-1-4 erfassten Zuständen in Frage.

Tabelle NA.N.1 — Grundmaterial, auf das die Bolzen aufgeschweißt werden dürfen

EN AW-3004(AlMn1Mg1)	EN AW-5005/5005A(AlMg1)	EN AW-6060(AlMgSi)
EN AW-3005(AlMn1Mg0,5)	EN AW-5049(AlMg2Mn0,8)	EN AW-6063(AlMg0,7Si)
EN AW-3103(AlMn1)	EN AW-5052(AlMg2,5)	
EN AW-3105(AlMn0,5Mg0,5)[a]	EN AW-5251(AlMg2)[a]	
	EN AW-5454(AlMg3Mn)	
	EN AW-5754(AlMg3)	
[a] Werkstoff nur in DIN EN 1999-1-4 aufgeführt		

(3) Es kommen Schweißbolzen mit Spitzenzündung Typ PT aus EN AW-5754(AlMg3) H12 und EN AW-1050A(Al99,5) H14 mit Nenndurchmessern d_b[3)] von 4 mm bis 6 mm in Frage. Bei Bolzen aus EN AW-5754, die auf EN AW-6060 und EN AW-6063 aufgeschweißt werden, ist der Nenndurchmesser d_b auf 5 mm beschränkt.

(4) Die Schweißbolzen müssen DIN EN ISO 13918 in Verbindung mit einer Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204, z.B. Werksbescheinigung 2.1, entsprechen.

NCI NA.N.2 Konstruktion

(1) Die Anschlüsse sind so zu gestalten, dass die Bolzen keine planmäßige Biegebeanspruchung erfahren.

(2) Wenn die Bolzen in Löcher eingreifen, bei denen das für Schraubenverbindungen nach DIN EN 1999-1-1 zulässige Lochspiel überschritten wird (Regelfall), darf

a) bei der Kräfteübertragung in Scheibenebene beim Nachweis für den Grenzzustand der statischen Tragfähigkeit nur ein statisch bestimmtes System angesetzt werden, d. h. die Anzahl der für die Kraftübertragung angesetzten Schweißbolzen darf nicht größer sein, als die Anzahl der zu erfüllenden

3) Entspricht d_1 nach DIN EN ISO 13918.

Zurückgezogen / Ausgelaufen

Gleichgewichtsbedingungen[4)] falls nicht, z. B. durch konstruktive Maßnahmen, sichergestellt wird, dass im Grenzzustand, der bei einer Starrkörperbewegung in der Scheibenebene erreicht wird, sich bei allen für die Lastübertragung angesetzten Schweißbolzen ein Abstandsspiel (Abstand Bolzen – Lochrand) von weniger als 1mm einstellt.

b) die Lochleibungstragfähigkeit nach den Regeln von DIN EN 1999-1-1 für lange Langlöcher ermittelt werden, wenn

   i) die Lochung mit seitlicher Stützung völlig abgedeckt ist und

   ii) die Regeln von DIN EN 1090-3:2008-09, 8.2.1, Absatz 6, eingehalten sind und

   iii) die maximale Abmessung des Loches nicht größer als der 2,5-fache Bolzendurchmesser ist.

(3) Muttern auf Schweißbolzen müssen in vielen Fällen aus verschiedenen Gründen kontrolliert angezogen werden (Gefahr des Überdrehens, Vorteile durch Vorspannen). Angaben dazu sind in Tabelle 5 von DVS-Merkblatt 0904 zu finden (Grundlagen zum Vorspannen von Schrauben siehe VDI-Richtlinie 2230 Blatt 1).

NCI NA.N.3 Bemessung

(1) Bei der Bemessung der hier behandelten Schweißverbindung braucht wegen der geringen Energieeinbringung eine WEZ im üblichen Sinn und Ausmaß (siehe DIN EN 1999-1-1:2014-03, 6.1.6) nicht berücksichtigt zu werden. Vom Wärmeeinfluss betroffen ist nur eine dünne Zone im Schweißübergangsbereich vom Bolzen zum Grundwerkstoff.

(2) Für die Bemessung des nicht wärmebeeinflussten Bolzenmaterials sind als charakteristische Werte die Werte der Tabelle NA.N.2 anzusetzen.

Tabelle NA.N.2 — Charakteristische Werte des nicht wärmebeeinflussten Bolzenmaterials

Werkstoff/Zustand	EN AW-5754(AlMg3) H12	EN AW-1050A(Al99,5) H14
f_{ub}	230 N/mm^2	100 N/mm^2

(3) Die charakteristischen Werte $F_{\mathrm{tb,Rk}}$ der durch die Fügezone übertragbaren Zugkräfte sind in Tabelle NA.N.3 angegeben. Diese Werte sind durch eine Verfahrensprüfung abzusichern, bei der bestimmte Mindestwerte für den Mittelwert der Bruchlast nachgewiesen werden müssen und ein Maximalwert des Variationskoeffizienten nicht überschritten werden darf. Der Bemessungswert $F_{\mathrm{tb,Rd}}$ ergibt sich aus $F_{\mathrm{tb,Rk}}$ zu $F_{\mathrm{tb,Rd}} = k_2\, F_{\mathrm{tb,Rk}} / \gamma_2$ mit dem Sicherheitsbeiwert γ_2 nach DIN EN 1999-1-1 und k_2 für Aluminiumschrauben nach DIN EN 1999-1-1:2014-03, Tabelle 8.5 in Verbindung mit Gleichung (8.17).

Tabelle NA.N.3 — Charakteristische Werte $F_{\mathrm{tb,Rk}}$ der durch die Fügezone übertragbaren Zugkräfte

$F_{tb,Rk}$	**Bolzendurchmesser** 4 mm	**Bolzendurchmesser** 5 mm	**Bolzendurchmesser** 6 mm
EN AW-5754 H12	1680 N	2710 N	3840 N
EN AW-1050 H14	800 N	1300 N	1840 N

4) Siehe auch DIN 18516-1:2010-06, 6.3.2: "Wird das Bekleidungselement durch mehrere Befestigungselemente gehalten, dürfen für den vertikalen Lastabtrag nur Befestigungselemente an zwei Stellen in Ansatz gebracht werden."

Zurückziehen - Entwurf

(4) Für die Tragfähigkeit der Fügezone auf Abscheren ist der kleinere $f_{u,haz}$-Wert der Werkstoffpaarung Bolzen-Grundwerkstoff maßgebend. Der $f_{u,haz}$-Wert für den Grundwerkstoff ist Tabelle 3.2a oder Tabelle 3.2.b von DIN EN 1999-1-1:2014-03 zu entnehmen[5)] Für den $f_{ub,haz}$-Wert des Bolzens gelten die Werte in Tabelle NA.N.4.

Tabelle NA.N.4 — $f_{ub,haz}$-Wert des Bolzens

Werkstoff/Zustand	EN AW-5754(AlMg3) H12	EN AW-1050A(Al99,5) H14
$f_{ub,haz}$	180 N/mm^2	60 N/mm^2

Der Bemessungswert $F_{v,Rd}$ der Abscherkraft ergibt sich nach Gleichung (8.9) von DIN EN 1999-1-1:2014-03 aus dem maßgebenden $f_{u,haz}$-Wert und der Bolzenfläche $A = (\pi/4)\ d_b{}^2$.

(5) In der Fügezone ist die Tragfähigkeit nachgewiesen, wenn Bedingung (NA.N.1) erfüllt ist.

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{F_{tb,Rd}} \leq 1 \qquad \text{(NA.N.1)}$$

(6) Der Nachweis für den Bolzen auf Zug und Abscheren ist nach DIN EN 1999-1-1:2014-03 mit der Bedingung (8.20) sowie den Gleichungen (8.9) und (8.17) zu führen. Dabei ist f_{ub} nach Tabelle NA.N.2 als charakteristischer Wert einzusetzen, und es gelten die Beiwerte für Aluminiumschrauben.

(7) Bei der Ermittlung der Beanspruchbarkeit $B_{p,Rd}$ des Grundwerkstoffs auf Durchstanzen durch Kräfte in Richtung der Bolzenachse ist in Gleichung (8.19) von DIN EN 1999-1-1:2014-03 anstelle von d_m der Nenndurchmesser d_b des Bolzens einzusetzen.

(8) Die unter (5) bis (7) geforderten Nachweise ersetzen nicht Nachweise der Gebrauchstauglichkeit. Falls die Gebrauchstauglichkeit z. B. bei Fassaden durch örtliche plastische Verformungen des Grundmaterials beeinträchtigt werden kann (Störung des visuell wahrnehmbaren Erscheinungsbildes), muss im Einzelfall die Gebrauchstauglichkeit aus der Erfahrung oder aufgrund von Versuchen beurteilt werden.

(9) Für das Bauteil, an das der Bolzen anschließt (Grundwerkstoff), sind alle anderen nach DIN EN 1999-1-1 erforderlichen Tragfähigkeitsnachweise zu führen.

NCI NA.N.4 Qualifizierung des Schweißverfahrens

(1) Das Schweißverfahren und das Schweißpersonal muss für diesen Schweißprozess nach DIN EN ISO 14555 qualifiziert sein.

(2) Abweichend von und ergänzend zu DIN EN ISO 14555:2014-08 gilt:

a) Die in DIN EN ISO 14555 vorgeschriebenen Prüfungen müssen für jedes Bolzenschweißgerät, Arbeitsweise (Kontaktschweißung, Spaltschweißung) und jede Paarung von Schweißbolzen, Werkstoff und Zustand des Grundwerkstoffs nachgewiesen worden sein, und es muss eine entsprechende Schweißanweisung vorliegen. Bei der Verfahrensprüfung ist die Dicke des Grundmaterials so zu wählen, dass kein Ausknöpfen erfolgt. Die Qualifikation für eine Blechdicke qualifiziert alle dünneren

5) Falls für Legierungen bzw. Zustände, die in DIN EN 1999-1-4 aufgeführt sind, keine $f_{u,haz}$-Werte in DIN EN 1999-1-1:2014-03, Tabelle 3.2; zu finden sind, ist für $f_{u,haz}$ der Festigkeitswert des Zustandes O (weich) zu verwenden – siehe DIN EN 485-2.

Nur zur Kenntnis, Widerruf

Blechdicken. Die für eine Schweißanweisung notwendigen Daten dürfen auch aufgrund von Parametern bereits vorliegender Schweißanweisungen festgelegt werden, wenn dies durch Interpolation geschehen kann.

b) Die Regelungen von DIN EN ISO 14555:2014-08, Anhang A; sind zu beachten.

c) Für die Prüfung der Zugfestigkeit sind bei der Verfahrensprüfung insgesamt 21 Schweißbolzen zu schweißen und zu prüfen (DIN EN ISO 14555:2014-08, 11.4).

   i) Wenn die Zugprüfung mit Messung der Kraft erfolgt, darf für die Gesamtheit der Bruchlasten der Variationskoeffizient den in Tabelle NA.N.5 angegebenen Grenzwert nicht überschreiten und der Mittelwert muss über dem in Tabelle NA.N.5 angegebenen Wert liegen. Außerdem muss bei mindestens der Hälfte der geprüften Bolzen der Bruch im Bolzen erfolgen.

   ii) Wenn die Zugprüfung ohne Messung der Bruchlast erfolgt, z. B. nach DIN EN ISO 14555:2014-08, Bild 4, muss die die Bruchlage bei allen Proben im Bolzen liegen. Ein Bruch in der Schweißfuge sowie ein Abstreifen des Gewindes ist nicht zulässig.

d) Für die Biegeprüfung nach DIN EN ISO 14555:2014-08, 11.3 sind bei der Verfahrensprüfung 10 Schweißbolzen zu schweißen und zu prüfen. Ein Bruch in der Fügezone darf bei keiner der 10 Proben eintreten.

Tabelle NA.N.5 — Grenzwert für Variationskoeffizienten und Mittelwerte

	Max. Variations-koeffizient	**Bolzen-durchmesser** 4 mm	**Bolzen-durchmesser** 5 mm	**Bolzen-durchmesser** 6 mm
EN AW-5754 H12	0,10	2020 N	3260 N	4620 N
EN AW-1050 H14	0,05	880 N	1420 N	2010 N

(3) Im Falle dass für die Verfahrensprüfung kein ausreichend dickes Grundmaterial (gleiche Legierung und gleicher Zustand wie im Anwendungsfall) vorliegt, bei dem ein Durchstanzen ausgeschlossen ist, ist der Nachweis der ausreichenden Tragfähigkeit auf Zug wie folgt zu erbringen: Der beim Durchstanzen gemessene Wert der Zugkraft darf bei keiner der 21 Proben kleiner sein als der Wert $B_{p,R}$ nach Gleichung (NA.N.2).

$$B_{p,R} = 0{,}6\pi\, d_b\, t_p\, f_u \qquad \text{(NA.N.2)}$$

Dabei ist d_b der Bolzendurchmesser, t_p die Dicke des Grundwerkstoffs, auf den geschweißt wird, und f_u die vom Werkstoff und dessen Zustand nach DIN EN 1999-1-1:2014-03, Tabelle 3.2a oder 3.2b oder nach DIN EN 1999-1-4:2010-05, Tabelle 3.1 abhängige Festigkeit des Grundwerkstoffs.

Liegt im Grenzfall eine Konstellation vor (abhängig von Geometrie und Festigkeit), bei der bei der Verfahrensprüfung auf Zug wechselnd Ausknöpfen und Bruch im Bolzen oder der Fügezone auftritt, so dürfen die Bruchlasten beim Bolzenbruch und beim Bruch in der Fügezone nicht unter den charakteristischen Wert für die Zugbeanspruchung der Fügezone (siehe Tabelle NA.N.3) liegen. Außerdem muss auch hier bei den Fällen mit Versagen im Bolzen oder der Fügezone in mindestens 50 % dieser Fälle der Bruch im Bolzen erfolgt sein.

Für die Biegeprüfung nach DIN EN ISO 14555:2014-08, 11.3 sind auch im vorliegenden Fall bei der Verfahrensprüfung 10 Schweißbolzen zu schweißen und zu prüfen, entsprechend DIN EN ISO 14555:2014-08, Tabelle 3. Ein Bruch in der Fügezone darf bei keiner der 10 Proben eintreten.

www.kgv.de

(4) Während der Produktion sind vereinfachte Arbeitsprüfungen (Mindestzahl 3) mit Sicht- und Biegeprüfung nach DIN EN ISO 14555:2014-08, Abschnitt 12 durchzuführen bei:

a) Arbeitsbeginn in jeder Schicht,

b) Änderung der Stromquelle/Maschine/Einrichtung,

c) Wechsel der Werkstoffpaarung (Änderung der WPS nach der gearbeitet werden muss).

(5) Im Übrigen gelten die Festlegungen von DIN EN 1090-3. Es entfallen jedoch

a) zerstörungsfreie Prüfungen, abgesehen von der Sichtprüfung,

b) die Regelungen in DIN EN 1090-3:2008-09, 12.4.3.2, Absatz 3, Punkt b) 1).

zurückgezogen - withdrawn

DIN EN 1999-1-1/NA:2017-05

NCI Literaturhinweise

[1] DIN 18516-1:2010-06, *Außenwandbekleidungen, hinterlüftet — Teil 1: Anforderungen, Prüfgrundsätze*

[2] DVS 0903:2000-12, *Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung*[6)]

zurückgezogen - withdrawn

6) Zu beziehen bei: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.

DEUTSCHE NORM **März 2017**

DIN EN 1999-1-5

DIN

ICS 91.010.30; 91.080.17

Ersatz für
DIN EN 1999-1-5:2010-05

Eurocode 9 –
Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken –
Teil 1-5: Schalentragwerke;
Deutsche Fassung EN 1999-1-5:2007 + AC:2009

Eurocode 9 –
Design of aluminium structures –
Part 1-5: Shell structures;
German version EN 1999-1-5:2007 + AC:2009

Eurocode 9 –
Calcul des structures en aluminium –
Partie 1-5: Coques;
Version allemande EN 1999-1-5:2007 + AC:2009

Gesamtumfang 79 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1999-1-5:2007 + AC:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau" erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-08-07 AA „Aluminiumkonstruktionen (SpA zu CEN/TC 250/SC 9 und CEN/TC 135)" im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

In dieser Neuausgabe wurde ausschließlich die deutsche Sprachfassung geändert. Anfang und Ende der durch die Änderung eingefügten oder geänderten Texte sind jeweils durch Änderungsmarken ▌A11⟩ ⟨A11▐ angegeben, um eine Abgrenzung zu evtl. möglichen europäischen Änderungen zu erreichen.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1999-1-5:2010-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) sprachliche Verbesserung der Übersetzung.

Frühere Ausgaben

DIN EN 1999-1-5: 2010-05

EUROPÄISCHE NORM

EUROPEAN STANDARD

NORME EUROPÉENNE

EN 1999-1-5

Februar 2007

+AC

November 2009

ICS 13.220.50; 91.010.30; 91.080.10

Deutsche Fassung

Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-5: Schalentragwerke

Eurocode 9: Design of aluminium structures — Part 1-5: Shell structures

Eurocode 9: Calcul des structures en aluminium — Partie 1-5: Coques

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 11. Oktober 2006 angenommen.

Die Berichtigung AC wurde vom CEN am 4. November 2009 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 oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

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

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

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B- 1050 Brüssel

© 2009 CEN Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den nationalen Mitgliedern von CEN vorbehalten.

Ref. Nr. EN 1999-1-5:2007 + AC:2009 D

DIN EN 1999-1-5:2017-03
EN 1999-1-5:2007 + AC:2009 (D)

Inhalt

Seite

Vorwort 4

1 Allgemeines 8
1.1 Anwendungsbereich 8
1.1.1 Anwendungsbereich von EN 1999 8
1.1.2 Anwendungsbereich von EN 1999-1-5 8
1.2 Normative Verweisungen 10
1.3 Begriffe 11
1.3.1 Formen und Geometrie des Tragwerks 11
1.3.2 Spezielle Definitionen für Beulberechnungen 12
1.4 Formelzeichen 13
1.5 Vorzeichenvereinbarungen 17
1.6 Koordinatensysteme 17

2 Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung 18
2.1 Allgemeines 18
2.2 Zuverlässigkeitsklasse und Ausführungsklasse 19

3 Werkstoffe und Geometrie 19
3.1 Werkstoffeigenschaften 19
3.2 Bemessungswerte für geometrische Daten 19
3.3 Geometrische Toleranzen und geometrische Imperfektionen 20

4 Dauerhaftigkeit 20

5 Tragwerksberechnung 20
5.1 Geometrie 20
5.2 Randbedingungen 21
5.3 Einwirkungen und Einflüsse aus der Umgebung 22
5.4 Spannungsresultanten und Spannungen 23
5.5 Berechnungsarten 23

6 Grenzzustand der Tragfähigkeit 26
6.1 Beanspruchbarkeit des Querschnitts 26
6.1.1 Bemessungswerte für die Spannungen 26
6.1.2 Bemessungswerte für die Beanspruchbarkeit 27
6.1.3 Spannungsbegrenzung 27
6.1.4 Bemessung durch numerische Analyse 27
6.2 Knickfestigkeit (Beanspruchbarkeit durch Beulen; Beulsicherheitsnachweis) 28
6.2.1 Allgemeines 28
6.2.2 Geometrische Toleranzen, die für Beulen von Belang sind 29
6.2.3 Schale unter Druck- und Schubbeanspruchungen 30
6.2.4 Einfluss des Schweißens 33
6.2.5 Bemessung durch numerische Analyse 36

7 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit 36
7.1 Allgemeines 36
7.2 Durchbiegungen 37

Anhang A (normativ) Ausdrücke für Beuluntersuchungen in Schalenkonstruktionen 38
A.1 Unausgesteifte zylindrische Schalen mit konstanter Wanddicke 38
A.1.1 Anmerkungen und Randbedingungen 38

A.1.2 (Axialer) Druck in Meridianrichtung ... 38
A.1.3 Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung (Ringspannung) ... 41
A.1.4 Schubbeanspruchung ... 44
A.1.5 (Axiale) Druckbeanspruchung in Meridianrichtung mit gleichzeitig vorhandener Innendruckbeanspruchung ... 46
A.1.6 Kombinationen von (axialer) Druckbeanspruchung in Meridianrichtung, Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung (Ringspannung) und Schubbeanspruchung ... 47
A.2 Unausgesteifte Zylinderschalen mit gestufter Wanddicke ... 48
A.2.1 Allgemeines ... 48
A.2.2 Druckbeanspruchung in Meridianrichtung (Axialer Druck) ... 49
A.2.3 Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung (Ringspannung) ... 49
A.2.4 Schubbeanspruchung ... 53
A.3 Unausgesteifte Zylinderschalen mit Überlappstoß ... 54
A.3.1 Allgemeines ... 54
A.3.2 Druckbeanspruchung in Meridianrichtung (Axialer Druck) ... 54
A.3.3 Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung (Ringspannung) ... 54
A.3.4 Schubbeanspruchung ... 55
A.4 Unausgesteifte Kegelschalen ... 55
A.4.1 Allgemeines ... 55
A.4.2 Bemessungswerte für Beulspannungen ... 56
A.4.3 Nachweis der Beulfestigkeit ... 57
A.5 Ausgesteifte Zylinderschalen mit konstanter Wanddicke ... 58
A.5.1 Allgemeines ... 58
A.5.2 Isotrope Wände mit Steifen in Meridianrichtung ... 58
A.5.3 Isotrope Wände mit Steifen in Umfangsrichtung ... 59
A.5.4 In Umfangsrichtung profilierte Wände mit Steifen in Meridianrichtung ... 60
A.5.5 Axial profilierte Wände mit Ringsteifen ... 64
A.5.6 Als orthotrope Schale behandelte ausgesteifte Wand ... 64
A.5.7 Äquivalente orthotrope Eigenschaften des Wellblechs ... 67
A.6 Unausgesteifte kugelförmige Schalen unter gleichmäßigem Druck in Umfangsrichtung ... 69
A.6.1 Bezeichnungen und Randbedingungen ... 69
A.6.2 Kritische Beulspannungen ... 69
A.6.3 Beulparameter in Umfangsrichtung ... 70

Anhang B (informativ) Beulberechnung torikonischer und torisphärischer Schalen ... 71
B.1 Allgemeines ... 71
B.2 Bezeichnungen und Randbedingungen ... 71
B.3 Außendruck ... 72
B.3.1 Kritischer Außendruck ... 72
B.3.2 Gleichmäßiger Außendruck an der Quetschgrenze ... 73
B.3.3 Beulparameter unter Außendruck ... 74
B.4 Innendruck ... 74
B.4.1 Kritischer Innendruck ... 74
B.4.2 Gleichmäßiger Innendruck an der Quetschgrenze ... 75
B.4.3 Beulparameter unter Innendruck ... 76

Vorwort

Diese Europäische Norm (EN 1999-1-5:2007 + AC:2009) 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 August 2007, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2010 zurückgezogen werden.

Diese Europäische Norm ersetzt ENV 1999-1-1:1998, ENV 1999-1-2:1998 und ENV 1999-2:1998.

CEN/TC 250 ist für die Erarbeitung aller Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau zuständig.

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 Programms

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 des Programms war die Beseitigung technischer Handelshemmnisse und die Harmonisierung technischer Spezifikationen.

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

15 Jahre lang leitete die Kommission mit Hilfe eines Lenkungsausschusses mit Vertretern der Mitgliedsländer die Entwicklung des Eurocode-Programms, 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 Vereinbarung[1)]) 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).

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

EN 1990, Eurocode 0: *Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991, Eurocode 1: *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 Aluminiumbauten*

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.

---

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).

DIN EN 1999-1-5:2017-03
EN 1999-1-5:2007 + AC:2009 (D)

Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes

Die Mitgliedsländer 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).

Die Eurocodes haben, da sie sich auf Bauwerke beziehen, eine direkte Verbindung zu den Grundlagendokumenten[2)], auf die in Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hingewiesen wird, wenn sie auch anderer Art sind als die harmonisierten Produktnormen[3)]. 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 können zusätzliche Spezialkenntnisse für den Bauplaner erforderlich sein.

---

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 hat das Grundlagendokument

a) die wesentliche Anforderung zu konkretisieren, indem die Begriffe und, soweit erforderlich, die technische Grundlage für Klassen und Anforderungshöhen vereinheitlicht werden,

b) die Methode zur Verbindung dieser Klassen oder Anforderungshöhen mit technischen Spezifikationen anzugeben, z. B. rechnerische oder Testverfahren, Entwurfsregeln usw.,

c) als Bezugsdokument für die Erstellung harmonisierter Normen oder Richtlinien für Europäische Technische Zulassungen zu dienen.

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

Nationale Fassungen der Eurocodes

Die Nationale Fassung eines Eurocodes enthält den vollständigen Text des Eurocodes (einschließlich aller Anhänge), so wie von CEN veröffentlicht, 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 Anwendung der Eurocodes, soweit diese die Eurocodes ergänzen und ihnen nicht widersprechen.

Verbindung 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 Tragwerksplanung[4)] 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.

Nationaler Anhang für EN 1999-1-5

Diese Norm enthält alternative Verfahren, Zahlenwerte und Empfehlungen für Klassen zusammen mit Hinweisen, an welchen Stellen nationale Festlegungen möglicherweise getroffen werden müssen. Deshalb sollte die jeweilige nationale Ausgabe von EN 1999-1-5 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 1999-1-5 vorgesehen:

— 2.1(3)

— 2.1(4).

---

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 1999-1-5:2017-03
EN 1999-1-5:2007 + AC:2009 (D)

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 Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit von Tragwerken sowie den Grundlagen für ihre Bemessung und Nachweise, die in EN 1990 — Grundlagen der Tragwerksplanung — enthalten sind.

(2)P 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 — Teil 1: Allgemeine Lieferbedingungen*[5)]

— EN 1090-3, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 3: Technische Regeln für die Ausführung von Aluminiumtragwerken*[5)]

(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: Schalen*

1.1.2 Anwendungsbereich von EN 1999-1-5

(1)P EN 1999-1-5 gilt für die Bemessung von ausgesteiften und nicht ausgesteiften Aluminiumtragwerken, die in Form einer Rotationsschale oder einer als Schale gestalteten kreisförmigen Platte vorliegen.

(2) Für spezifische Anwendungsregeln bei der Tragwerksbemessung sollten die jeweils zutreffenden Teile von EN 1999 befolgt werden.

(3) Zusätzliche Informationen für bestimmte Arten von Schalen werden in EN 1993-1-6 und in den für bestimmte Anwendungen zutreffenden Teilen angegeben, z. B.:

---

5) In Vorbereitung.

— Teil 3-1 für Türme und Maste;

— Teil 3-2 für Schornsteine;

— Teil 4-1 für Silos;

— Teil 4-2 für Tankbauwerke;

— Teil 4-3 für Rohrleitungen.

(4) Die in EN 1999-1-5 erfassten Bestimmungen gelten für rotationssymmetrische Schalen (Zylinder, Kegel, Kugeln) und die zugehörigen kreisförmigen oder ringförmigen Bleche sowie für Balkenprofilringe und Längssteifen, die Teile des kompletten Tragwerks sind.

(5) EN 1999-1-5 beschäftigt sich nicht ausführlich mit einzelnen Platten für Schalenkonstruktionen (zylindrisch, konisch oder kugelförmig). Die erfassten Bestimmungen können jedoch bei entsprechender Berücksichtigung der jeweiligen Randbedingungen auch auf einzelne Platten anwendbar sein.

(6) In EN 1999-1-5 können folgende Arten von Schalenwänden erfasst werden, siehe Bild 1.1:

— Schalenwand aus flach gewalztem Blech, als ‚isotrop' bezeichnet;

— Schalenwand mit überlappten Verbindungen aneinandergrenzender Bleche, als ‚überlappt gestoßen' bezeichnet;

— Schalenwand mit an der Außenseite angebrachten Steifen, die unabhängig vom Abstand der Steifen als ‚außen versteift' bezeichnet werden;

— Schalenwand mit Profilierung in Meridianrichtung, als ‚axial profiliert' bezeichnet;

— Schalenwand aus profilierten Blechen (Wellblechen) mit Profilierung in Umfangsrichtung, als ‚in Umfangsrichtung profiliert' bezeichnet.

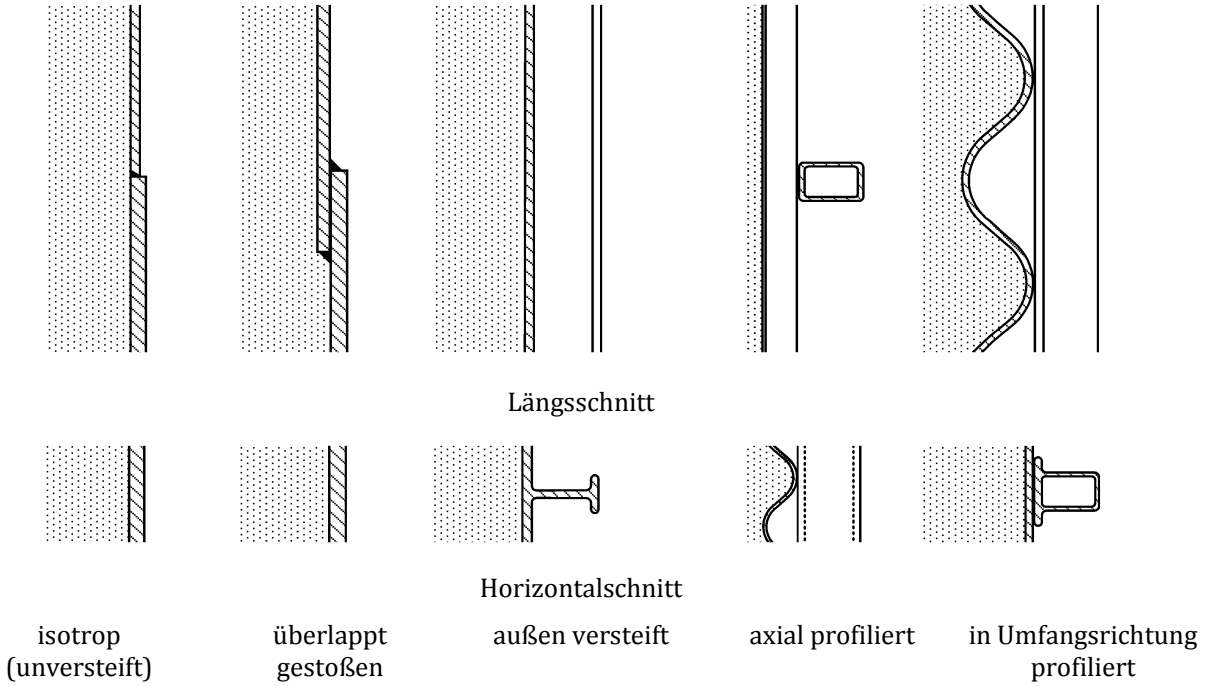


Bild 1.1 — Darstellung der Formen zylindrischer Schalen

(7) Die Bestimmungen von EN 1999-1-5 sind für einen Temperaturbereich vorgesehen, der in EN 1999-1-1 festgelegt wird. Die maximale Temperatur wird so beschränkt, dass der Einfluss des Kriechens vernachlässigt werden kann. Für Tragwerke, die bei einem Brand erhöhten Temperaturen ausgesetzt sind, siehe EN 1999-1-2.

(8) EN 1999-1-5 beschäftigt sich nicht mit Undichtheiten der Schale.

1.2 Normative Verweisungen

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

EN 1090-1, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile*[6)]

EN 1090-3, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 3: Technische Anforderungen für Aluminiumtragwerken*[6)]

EN 1990, *Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991, *Einwirkungen auf Tragwerke;* alle Teile

EN 1993-1-6, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-6: Allgemeine Bemessungsregeln — Ergänzende Regeln für Schalenkonstruktionen*

---

6) In Vorbereitung.

EN 1993-3-2, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 3-2: Türme, Maste und Schornsteine — Schornsteine*

EN 1993-4-1, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 4-1: Silos, Tankbauwerke und Rohrleitungen — Silos*

EN 1993-4-2, *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 4-2: Silos, Tankbauwerke und Rohrleitungen — Tankbauwerke*

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

EN 1999-1-1, *Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln*

EN 1999-1-2, *Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall*

EN 1999-1-3, *Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-3: Ermüdungsbeanspruchte Tragwerke*

EN 1999-1-4, *Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-4: Kaltgeformte Bleche*

1.3 Begriffe

(1) Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1999-1-1 und die folgenden Begriffe.

1.3.1 Formen und Geometrie des Tragwerks

1.3.1.1
Schale
dünnwandiger Körper, der so geformt wird, dass eine gekrümmte Oberfläche entsteht, mit einer Dicke, die bei einer Messung rechtwinklig zur Oberfläche gegenüber den in die anderen Richtungen ermittelten Maßen klein ist. Eine Schale nimmt die Lasten hauptsächlich durch Membrankräfte auf. Die Mittelfläche darf an jedem Punkt einen endlichen Krümmungsradius haben, oder sie darf in einer Richtung unendlich gekrümmt sein, z. B. eine Zylinderschale.

In EN 1999-1-5 ist eine Schale ein Tragwerk oder ein Teil des Tragwerks, das aus gekrümmten Blechen oder Strangpressteilen gebildet wird.

1.3.1.2
Rotationsschale
Schale, die aus einer Anzahl von Teilen besteht, von denen jedes eine vollständige rotationssymmetrische Schale ist

1.3.1.3
vollständige rotationssymmetrische Schale
Schale, deren Form durch die Rotation ihrer meridionalen Erzeugenden um eine zentrale Achse über 2 π Radiant festgelegt wird. Die Schale kann eine beliebige Länge haben.

1.3.1.4
Schalenabschnitt
Teil einer Rotationsschale mit festgelegter Schalengeometrie und konstanter Wanddicke in Form eines Zylinders, Kegelstumpfes, Teils einer Kugel, Bodenrandblechs oder in einer anderen Form

1.3.1.5
Schalenplatte
unvollständige rotationssymmetrische Schale, deren Form durch die Rotation einer Erzeugenden um eine Achse über weniger als 2 π Radiant festgelegt wird

1.3.1.6
Mittelfläche
Fläche, die an allen Punkten der Schale in der Mitte zwischen der Schaleninnen- und -außenfläche liegt. Falls eine Aussteifung der Schale auf nur einer Seite erfolgt, bleibt die Mittelfläche des gekrümmten Schalenblechs weiter die Bezugsfläche für die Berechnung, die bei Änderungen der Dicke oder an Knotenlinien der Schale diskontinuierlich sein kann, wodurch Exzentrizitäten entstehen, die für das Verhalten der Schale wesentlich sind.

1.3.1.7
Knotenlinie
Punkt, an dem zwei oder mehr Schalenabschnitte zusammentreffen; die Knotenlinie kann auch eine Steife einschließen; die Anschlusslinie einer Ringsteife an eine Schale darf ebenfalls als Knotenlinie betrachtet werden

1.3.1.8
Längssteife
örtliches Versteifungsbauteil, das einem Schalenmeridian folgt, welcher eine Erzeugende der Rotationsschale darstellt. Eine Längssteife ist vorgesehen, um entweder die Stabilität zu verbessern oder bei der Einleitung örtlicher Lasten mitzuwirken. Sie dient nicht primär dazu, die Biegetragfähigkeit für Querlasten zu erhöhen

1.3.1.9
Rippe
örtliches Bauteil, das eine primäre Biegelastabtragung längs eines Schalenmeridians ermöglicht, welcher eine Erzeugende der Rotationsschale darstellt. Eine Rippe wird vorgesehen, um Querlasten mittels Biegung auf das Tragwerk zu übertragen oder zu verteilen.

1.3.1.10
Ringsteife
örtliches Versteifungsbauteil, das an einem bestimmten Punkt auf dem Meridian längs des Umfanges der Rotationsschale verläuft. Es wird angenommen, dass die Ringsteife keine Steifigkeit in der Meridianebene der Schale hat. Sie wird verwendet, um die Stabilität zu erhöhen oder um rotationssymmetrische Einzellasten einzuleiten, die durch rotationssymmetrische Normalkräfte in der Ebene des Ringes wirken. Sie dient nicht primär dazu, die Biegetragfähigkeit zu erhöhen.

1.3.1.11
Basisring
Tragwerkselement, das der Umfangslinie an der Basis der Rotationsschale folgt und Möglichkeiten zur Anbringung der Schale an einem Fundament oder einem anderen Teil bietet. Der Basisring wird benötigt, um die angenommenen Randbedingungen praktisch sicherzustellen.

1.3.2 Spezielle Definitionen für Beulberechnungen

1.3.2.1
ideale Verzweigungslast; Grenz-Beullast
die kleinste Verzweigungs- oder Grenzlast, die unter der Annahme bestimmt wird, dass ideale Bedingungen für das elastische Verhalten des Werkstoffs, eine exakte Geometrie, eine exakte Lastaufbringung, eine exakte Unterstützung, Materialisotropie und keine Restspannungen vorhanden sind (LBA-Analyse)

1.3.2.2
ideale Beulspannung; Grenz-Beulspannung
der Nennwert der Membranspannung, der einer idealen Verzweigungslast zuzuordnen ist

1.3.2.3
charakteristische Beulspannung
der Nennwert der Membranspannung, der einer Knickung (Beulenbildung) bei unelastischem Werkstoffverhalten und bei Vorhandensein geometrischer und konstruktiver Imperfektionen zuzuordnen ist

1.3.2.4
Bemessungswert der Beulspannung
der Bemessungswert für die Beulspannung, der durch Dividieren der charakteristischen Beulspannung durch den Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit ermittelt wird

1.3.2.5
[A11⟩ maßgebender Wert ⟨A11] der Spannung
in einem ungleichmäßigen Spannungsfeld der Spannungswert, der beim Grenzzustand des Beulens zur Beschreibung der Größe der Spannung verwendet wird

1.3.2.6
Toleranzklasse
die Klasse für die Anforderungen, die bei Ausführung der Arbeiten an die geometrischen Toleranzen gestellt werden

ANMERKUNG Diese geometrischen Toleranzen umfassen die Herstellungstoleranz der Bauteile und die Toleranz für die Ausführung der Arbeiten mit den Bauteilen auf der Baustelle.

1.4 Formelzeichen

(1) Außer den in EN 1999-1-1 festgelegten werden folgende Formelzeichen angewendet.

(2) Koordinatensystem (siehe Bild 1.2):

r Radiale Koordinate, rechtwinklig zur Rotationsachse;

x Meridiankoordinate;

z axiale Koordinate;

θ Koordinate in Umfangsrichtung;

ϕ Medianneigung: Winkel zwischen Rotationsachse und der Senkrechten zum Schalenmeridian;

(3) Drücke:

p_n Druck rechtwinklig zur Schale;

p_x Flächenlast in Meridianrichtung parallel zur Schale;

p_θ Flächenlast in Umfangsrichtung parallel zur Schale

(4) Linienkräfte:

P_n Last je Umfangseinheit, rechtwinklig zur Schale;

P_x Last je Umfangseinheit, in Meridianrichtung wirkend;

P_θ Last je Umfangseinheit, in Umfangsrichtung auf die Schale wirkend;

(5) Membranspannungsresultanten (siehe Bild 1.3a):

n_x Membranspannungsresultante in Meridianrichtung;

n_θ Membranspannungsresultante in Umfangsrichtung;

$n_{x\theta}$ Membranschubspannungsresultante;

(6) Biegespannungsresultanten (siehe Bild 1.3b):

m_x Biegemoment je Längeneinheit in Meridianrichtung;

m_θ Biegemoment je Längeneinheit in Umfangsrichtung;

$m_{x\theta}$ Drillschermoment je Längeneinheit;

q_{xn} Querkraft bei Biegung in Meridianrichtung;

$q_{\theta n}$ Querkraft bei Biegung in Umfangsrichtung;

(7) Spannungen:

σ_x Meridianspannung;

σ_θ Umfangsspannung;

σ_{eq} von-Mises-Ersatzspannung (kann unter zyklischen Belastungsbedingungen negativ sein);

τ, $\tau_{x\theta}$ Schubspannung in einer Ebene;

τ_{xn}, $\tau_{\theta n}$ Querschubspannungen bei Biegung in Meridianrichtung, in Umfangsrichtung

(8) Verschiebungen:

u Verschiebung in Meridianrichtung;

v Verschiebung in Umfangsrichtung;

w Verschiebung rechtwinklig zur Oberfläche der Schale;

β_ϕ Rotation in Meridianrichtung (siehe 5.3.3);

(9) Abmessungen der Schale:

d Innendurchmesser der Schale;

L Gesamtlänge der Schale;

l Länge eines Schalenabschnitts;

l_g Messlänge für die Messung der Imperfektionen;

$l_{g,\theta}$ Messlänge für die Messung der Imperfektionen in Umfangsrichtung;

$l_{g,w}$ Messlänge für die Messung der Imperfektionen über die Schweißnähte;

l_R begrenzte Länge der Schale für den Beulsicherheitsnachweis;

r Radius der Mittelfläche, rechtwinklig zur Rotationsachse;

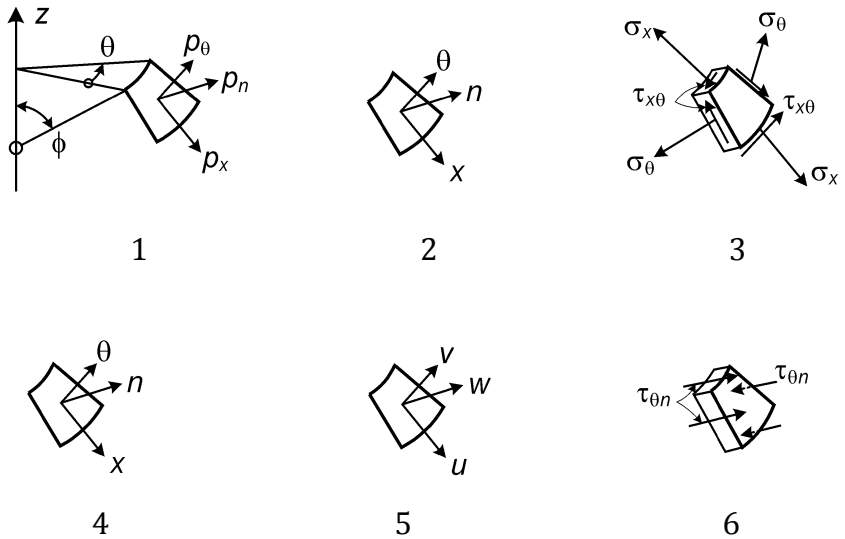
t Wanddicke der Schale;

t_{max} größte Wanddicke der Schale an einem Anschluss;

t_{min} kleinste Wanddicke der Schale an einem Anschluss;

t_{ave} mittlere Wanddicke der Schale an einem Anschluss;

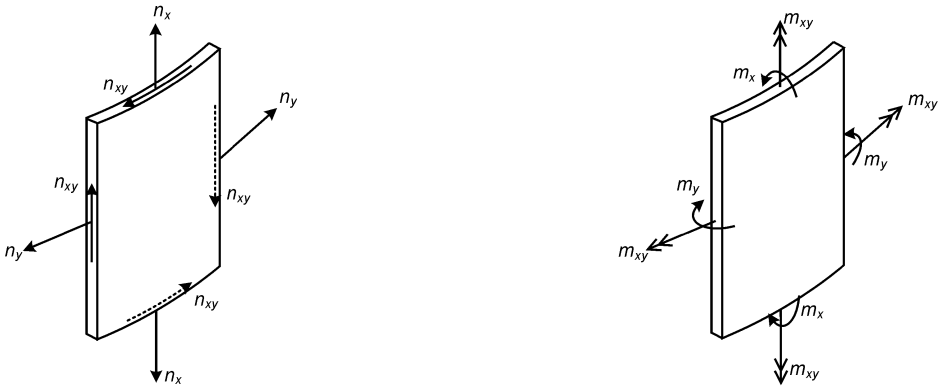
β halber Kegelspitzenwinkel;



Legende

1 Oberflächendrücke
2 Koordinaten
3 Membranspannungen
4 Richtungen:
 θ in Umfangsrichtung
 n rechtwinklig
 x in Meridianrichtung
5 Verschiebungen
6 [A11] Querschubspannungen [A11]

Bild 1.2 — Formelzeichen für Rotationsschalen



a) Membranspannungsresultanten b) Biegespannungsresultanten

Bild 1.3 — Spannungsresultierende in der Schalenwand (im Bild ist *x* die meridiale und *y* die Umfangsrichtung)

(10) Toleranzen (siehe 6.2.2):

e Exzentrizität zwischen den Mittelflächen der verbundenen Platten;

U_e Toleranzparameter für die unplanmäßige Exzentrizität;

U_r Toleranzparameter für die Rundheitsabweichung;

U_0 Toleranzparameter für die Ausgangsbeule;

Δw_0 Toleranz rechtwinklig zur Schalenoberfläche;

(11) Werkstoffeigenschaften:

f_{eq} von-Mises-Ersatzfestigkeit;

f_u charakteristischer Wert für die Bruchfestigkeit;

f_o charakteristischer Wert für die 0,2%-Dehngrenze;

(12) Parameter zur Festigkeitsbeurteilung:

C Beiwert für den Beulsicherheitsnachweis;

C_ϕ Dehnsteifigkeit der Bleche in axialer Richtung;

C_θ Dehnsteifigkeit der Bleche in Umfangsrichtung;

$C_{\phi\theta}$ Dehnsteifigkeit der Bleche bei Schubbeanspruchung der Membran;

D_ϕ Biegesteifigkeit der Bleche in axialer Richtung;

D_θ Biegesteifigkeit der Bleche in Umfangsrichtung;

$D_{\phi\theta}$ Drillbiegesteifigkeit der Bleche beim Verdrehen;

R errechnete Beanspruchbarkeit (mit Indizes zur Kennzeichnung des Bezugs verwendet);

R_{pl} plastische Bezugs-Beanspruchbarkeit (als Lastfaktor bei Bemessung der Lasten festgelegt);

R_{cr} ideale Verzweigungslast (als Lastfaktor bei Bemessung der Lasten festgelegt);

k Kalibrierfaktor für nichtlineare Berechnungen;

$k_{(...)}$ Potenz in den Ausdrücken für die Interaktion der Beulfestigkeit;

μ Härtungsparameter der Legierung in den Beul-Diagrammen für Schalen;

$a_{(...)}$ beim Beulsicherheitsnachweis der Abminderungsfaktor für Imperfektionen;

Δ Bereich der Parameter bei Einbeziehung alternierender oder zyklischer Einwirkungen;

(13) Bemessungswerte für Spannungen und Spannungsresultanten:

$\sigma_{x,Ed}$ Bemessungswerte für die beulen-relevante Membranspannung in Meridianrichtung (positiv, wenn Druck);

$\sigma_{\theta,Ed}$ Bemessungswerte für die beulen-relevante Membranspannung (Ringspannung) in Umfangsrichtung (positiv, wenn Druck);

τ_{Ed} Bemessungswerte für die beulen-relevante Membranschubspannung;

$n_{x,Ed}$ Bemessungswerte für die beulen-relevante Membranspannungsresultante in Meridianrichtung (positiv, wenn Druck);

$n_{\theta,Ed}$ Bemessungswerte für die beulen-relevante Membranspannung (Ringspannung) in Umfangsrichtung (positiv, wenn Druck);

$n_{x\theta,Ed}$ Bemessungswerte für die beulen-relevante Membranschubspannungsresultante;

(14) Kritische Beulspannungen und Widerstände gegen Beulspannungen:

$\sigma_{x,\mathrm{cr}}$ kritische Beulspannung in Meridianrichtung;

$\sigma_{\theta,\mathrm{cr}}$ kritische Beulspannung in Umfangsrichtung;

τ_{cr} kritische Beulschubspannung;

$\sigma_{x,\mathrm{Rd}}$ Bemessungswert für die Beanspruchbarkeit durch Beulspannungen in Meridianrichtung;

$\sigma_{\theta,\mathrm{Rd}}$ Bemessungswert für die Beanspruchbarkeit durch Beulspannungen in Umfangsrichtung;

τ_{Rd} Bemessungswert für die Beanspruchbarkeit durch Beulschubspannungen.

(15) Weitere Formelzeichen werden bei ihrer Erstverwendung definiert.

1.5 Vorzeichenvereinbarungen

(1) Mit Ausnahme von (2) gelten im Allgemeinen folgende Vorzeichenvereinbarungen:

— nach außen gerichtet positiv;

— Innendruck positiv;

— Verschiebung nach außen positiv;

— Zugspannungen positiv;

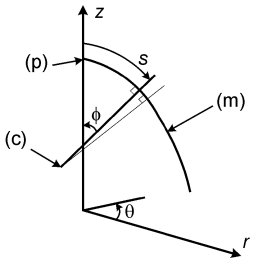
— Schubspannungen wie in Bild 1.2 dargestellt.

(2) Zur Vereinfachung werden bei Beuluntersuchungen Druckspannungen als positiv angesetzt. In diesen Fällen werden sowohl Außendrücke als auch Innendrücke als positiv angesetzt.

1.6 Koordinatensysteme

(1) Im Allgemeinen wird für das globale Schalentragwerk ein zylindrisches Koordinatensystem wie folgt verwendet (siehe Bild 1.4):

Koordinate längs der Mittelachse der Rotationsschale	z
Radiale Koordinate	r
Koordinate in Umfangsrichtung	θ



Legende

(p) Pol
(m) Schalenmeridian
(c) Pol der Meridiankrümmung

Bild 1.4 — Koordinatensysteme für eine kreisförmige Schale

(2) Die Vereinbarung für Tragwerksteile, die mit der Tankwand verbunden sind (siehe Bild 1.5), ist für solche in Meridianrichtung und solche in Umfangsrichtung unterschiedlich.

(3) Die Vereinbarung für gerade, mit der Tankwand verbundene Tragelemente in Meridianrichtung [siehe Bild 1.5a)] ist:

Meridiankoordinate für Zylinder, Auslaufkegel und Dachanschluss	x
Starke Biegeachse (parallel zu den Flanschen: Achse für Biegung in Meridianrichtung)	y
Schwache Biegeachse (rechtwinklig zu den Flanschen)	z

(4) Die Vereinbarung für gekrümmte, mit der Tankwand verbundene Tragelemente in Umfangsrichtung [siehe Bild 1.5b)] ist:

Achse der Umfangskoordinate (gekrümmt)	θ
Radiale Achse (Biegeachse in der Meridianebene)	r
Meridianachse (Biegeachse für Umfangsbiegung)	z

a) Meridiansteife b) Umfangssteife

Bild 1.5 — Lokales Koordinatensystem für Meridiansteifen und Umfangssteifen bei einer Schale

2 Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung

2.1 Allgemeines

(1)P Schalen müssen nach den in EN 1990 und EN 1999-1-1 angegebenen Regeln berechnet und bemessen werden.

(2)P Für die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit müssen geeignete Teilsicherheitsbeiwerte ausgewählt werden.

(3)P Für den rechnerischen Nachweis für die Grenzzustände der Tragfähigkeit muss der Teilsicherheitsbeiwert γ_M folgendermaßen festgelegt werden:

— Beanspruchbarkeit gegen Instabilität und Fließen: γ_{M1}

— Beanspruchbarkeit der unter Zug stehenden Platte bis zum Bruch: γ_{M2}

— Beanspruchbarkeit der Verbindungen: siehe EN 1999-1-1

ANMERKUNG Im Nationalen Anhang dürfen Werte der Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Mi} festgelegt werden. Folgende Zahlenwerte werden empfohlen:

$\gamma_{\mathrm{M1}} = 1{,}10$

$\gamma_{\mathrm{M2}} = 1{,}25$

(4) Für Nachweise der Grenzzustände für die Gebrauchstauglichkeit sollte der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{\mathrm{M,ser}}$ verwendet werden.

ANMERKUNG Im Nationalen Anhang dürfen Werte für die Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_{\mathrm{M,ser}}$ festgelegt werden. Folgender Zahlenwert wird empfohlen:

$\gamma_{\mathrm{M,ser}} = 1{,}0$

2.2 Zuverlässigkeitsklasse und Ausführungsklasse

(1) Die Auswahl der Zuverlässigkeitsklasse 1, 2 oder 3, siehe EN 1999-1-1, sollte vom Tragwerksplaner und dem für die Bauarbeiten Verantwortlichen unter Berücksichtigung nationaler Festlegungen gemeinsam getroffen werden.

(2) Die Ausführungsklasse, siehe EN 1999-1-1, sollte in der Ausführungsspezifikation festgelegt werden.

3 Werkstoffe und Geometrie

3.1 Werkstoffeigenschaften

(1) EN 1999-1-5 gilt für die in den Tabellen 3.2a) und b) von EN 1999-1-1 aufgeführten Knetwerkstoffe (Knetlegierungen und Zustände) und für kalt umgeformte Bleche in Tabelle 2.1 von EN 1999-1-4.

(2) Für Einsatztemperaturen zwischen 80 °C und 100 °C sollten die Werkstoffeigenschaften aus EN 1999-1-1 entnommen werden.

(3) Bei einer ⟨A11⟩ globalen numerischen Berechnung ⟨A11⟩ sollte unter Anwendung der Nichtlinearität von Werkstoffen das jeweils geeignete Spannungs-Dehnungs-Diagramm aus Anhang E von EN 1999-1-1 ausgewählt werden.

3.2 Bemessungswerte für geometrische Daten

(1) Die Dicke t der Schale sollte der in 1999-1-1 und in 1999-1-4 angegebenen Definition entsprechen.

(2) Die Mittelfläche der Schale sollte als Bezugsfläche für die Lasten angenommen werden.

(3) Der Radius r der Schale sollte als der rechtwinklig zur Rotationsachse gemessene Nennradius der Mittelfläche der Schale angenommen werden.

3.3 Geometrische Toleranzen und geometrische Imperfektionen

(1) Folgende geometrische Abweichungen der Schalenoberfläche von der Nennform [A11⟩ sollten ⟨A11] berücksichtigt werden:

[A11⟩

— Unrundheit (Abweichung von der Kreisform);

— Exzentrizitäten (Abweichung von der Stetigkeit der Schalenmitte an Blechstößen, rechtwinklig zur schale betrachtet);

— örtliche Vorbeulen (örtliche Abweichungen von der Schalenmitte rechtwinklig zu ihr). ⟨A11]

ANMERKUNG EN 1090-3 enthält Anforderungen an geometrische Toleranzen für Schalentragwerke [A11⟩ *gestrichener Text* ⟨A11].

(2) Geometrische Toleranz für Beulen siehe 6.2.2.

4 Dauerhaftigkeit

(1) Die grundlegenden Anforderungen sind aus Abschnitt 4 von EN 1999-1-1 zu entnehmen.

(2) Besonders zu beachten sind die Fälle, in denen ein Verbund unterschiedlicher Werkstoffe vorgesehen ist, wenn durch elektrochemische Erscheinungen Bedingungen auftreten können, die Korrosion begünstigen.

ANMERKUNG Angaben zur Korrosionsbeständigkeit von Verbindungsmitteln für die umgebungsbedingten Korrosivitätsklassen nach EN ISO 12944-2 sind aus EN 1999-1-4 zu entnehmen.

(3) Die ab dem Zeitpunkt der Herstellung sowie bei Transport und Lagerung auf der Baustelle auftretenden Umgebungsbedingungen sollten berücksichtigt werden.

5 Tragwerksberechnung

5.1 Geometrie

(1) Die Schale sollte durch ihre Mittelfläche repräsentiert werden.

(2) Der Krümmungsradius sollte als Nenn-Krümmungsradius angesehen werden.

(3) Für die Berechnung sollte eine aus mehreren Schalenabschnitten bestehende Baugruppe nur dann in einzelne Abschnitte unterteilt werden, wenn die Randbedingungen für jeden Abschnitt so ausgewählt werden, dass die Interaktionen zwischen ihnen auf herkömmliche Weise dargestellt werden.

(4) In das Berechnungsmodell sollte ein Basisring zur Ableitung der Stützkräfte in die Schale einbezogen werden.

(5) Exzentrizitäten und Stufen in der Mittelfläche der Schale sollten im Berechnungsmodell berücksichtigt werden, wenn sie bedingt durch den exzentrischen Verlauf der Membranspannungsresultanten signifikante Biegeeinwirkungen einbringen.

(6) Im Berechnungsmodell sollten an den Knotenlinien zwischen den Schalenabschnitten alle Exzentrizitäten auf den Mittelflächen der Schalenabschnitte berücksichtigt werden.

(7) Eine Ringsteife sollte als gesondertes Tragwerksteil der Schale angesehen werden, sofern die Abstände zwischen den Ringen nicht kleiner als $1{,}5\sqrt{rt}$ sind.

(8) Eine Schale, an der diskrete Längssteifen angebracht sind, darf als gleichmäßig orthotrope Schale angesehen werden, wenn die Längssteifen nicht weiter als $5\sqrt{rt}$ voneinander entfernt sind.

(9) Eine (axial oder in Umfangsrichtung) profilierte Schale darf als gleichmäßig orthotrope Schale angesehen werden, wenn die Wellenlänge der Profilierungen kleiner als $0{,}5\sqrt{rt}$ ist (siehe A.5.7).

(10) Ein Loch in der Schale darf bei der Modellierung vernachlässigt werden, wenn das größte Lochmaß kleiner als $0{,}5\sqrt{rt}$ ist.

(11) Die Gesamtstabilität des vollständigen Tragwerks kann je nach Gültigkeit in Übereinstimmung mit EN 1993, Teile 3-1, 3-2, 4-1, 4-2 oder 4-3 nachgewiesen werden.

5.2 Randbedingungen

(1) Bei den Berechnungen für die Grenzzustände sollten die geeigneten Randbedingungen nach Tabelle 5.1 angewendet werden. Die zur Berechnung der Beulsicherheit erforderlichen Sonderbedingungen sollten aus 6.2 entnommen werden.

(2) Beim Berechnungsmodell für den plastischen Grenzzustand dürfen Rotationsbehinderungen an den Schalengrenzen unberücksichtigt bleiben. Für kurze Schalen (siehe Anhang A) sollte eine Behinderung der Rotation in die Berechnung der Beulsicherheit einbezogen werden.

(3) Die Randbedingungen für die Abstützung sollten überprüft werden, um sicherzustellen, dass sie keine zu große Ungleichmäßigkeit der übertragenen oder eingeleiteten Kräfte exzentrisch zur Schalenmittelfläche veranlassen.

(4) ⟨A11⟩ Wenn eine globale numerische Berechnung durchgeführt wird, sollte für die Verschiebung v in Umfangsrichtung dieselbe Randbedingung angesetzt werden wie für die Verschiebung w in Normalenrichtung, es sei denn, es liegen besondere Umstände vor, aufgrund derer dies nicht angemessen ist. ⟨A11⟩

Tabelle 5.1 — Randbedingungen für Schalen

[A11]

Beul-klasse	Einfache Befestigungs-bedingung	Beschreibung			Ver-schiebungen rechtwinklig zur Oberfläche	Verschie-bungen in Meridian-richtung	Rotation in Meridian-richtung
		Radial	In Meridian-richtung	Rotation			
BC1r	Eingespannt	Unverschieb-lich	Unverschieb-lich	Eingespannt	$w = 0$	$u = 0$	$\beta_\phi = 0$
BC1f		Unverschieb-lich	Unverschieb-lich	Frei	$w = 0$	$u = 0$	$\beta_\phi \neq 0$
BC2r		Unverschieb-lich	Frei	Eingespannt	$w = 0$	$u \neq 0$	$\beta_\phi = 0$
BC2f	Gelenkig gelagert	Unverschieb-lich	Frei	Frei	$w = 0$	$u \neq 0$	$\beta_\phi \neq 0$
BC3	Freier Rand	Frei	Frei	Frei	$w \neq 0$	$u \neq 0$	$\beta_\phi \neq 0$
ANMERKUNG Die Verschiebung in Umfangsrichtung v und die Verschiebung w rechtwinklig zur Oberfläche sind so eng miteinander verknüpft, dass keine gesonderten Randbedingungen benötigt werden.							

[A11]

5.3 Einwirkungen und Einflüsse aus der Umgebung

(1) Es sollte vorausgesetzt werden, dass die Einwirkungen auf die Mittelfläche erfolgen. Exzentrisch wirkende Lasten müssen durch statische Ersatzkräfte und -momente auf die Mittelfläche der Schale [A11] aufgebracht [A11] werden.

(2) Sofern nicht anders angegeben, sollten örtliche Einwirkungen und örtliche Korrekturen der Einwirkung nicht durch gleichmäßige Ersatzlasten dargestellt werden.

(3) Die Einwirkungen und die kombinierten Einwirkungen werden in EN 1991 und EN 1990 erfasst. Außerdem sollten diejenigen der folgenden Einwirkungen, die für das Tragwerk von Bedeutung sind, bei der Tragwerksberechnung berücksichtigt werden:

— lokale Setzung unter den Schalenwänden;

— lokale Setzung unter Einzelstützen;

— gleichmäßige Abstützung des Tragwerks;

— Temperaturunterschiede zwischen den verschiedenen Seiten des Tragwerks;

— Temperaturunterschiede zwischen Innen- und Außenseite des Tragwerks;

— Windeinwirkungen auf Öffnungen und Durchbrüche;

— Interaktion von Windwirkungen auf Gruppen der Tragwerke;

— Verbindungen mit anderen Tragwerken;

— Bedingungen während der Montage.

(4) Die Schalen können bedingt durch die Art der Einleitung der Lasten durch Membrankräfte empfindlich gegenüber Änderungen der geometrischen Bedingungen sein, z. B. durch ⟦A11⟩ Vorbeulen ⟨A11⟧. Außer den bei der Ausführung veranlassten unvermeidbaren geometrischen Abweichungen können ⟦A11⟩ Vorbeulen ⟨A11⟧ durch unvorhergesehene Einwirkungen während des Einsatzes entstehen. Die Empfindlichkeit steigt bei Anwendung relativ dünner Bauteile. Falls ⟦A11⟩ Vorbeulen ⟨A11⟧ eingebracht werden, deren Größe die in B.4 angegebenen Werte überschreitet, sollten die Auswirkungen auf die Tragfähigkeit untersucht werden. Es wird empfohlen, ein Programm zur regelmäßigen Überprüfung der geometrischen Bedingungen anzuwenden.

(5) Bei Auswahl des Konzeptes für Entwurf, Bemessung und Berechnung sollte die Möglichkeiten berücksichtigt werden, durch die unzulässige ⟦A11⟩ Vorbeulen ⟨A11⟧ zu vermeiden sind. Diese Möglichkeiten können z. B. darin bestehen, dass größere als nach der Berechnung notwendige Dicken angewendet werden oder indem für die Bereiche, in denen das Risiko als signifikant eingeschätzt wird, Schutzmaßnahmen vorgesehen werden.

5.4 Spannungsresultanten und Spannungen

(1) Unter der Voraussetzung, dass das Verhältnis Radius/Dicke größer ist als $(r/t)_{\min} = 25$, darf die Krümmung der Schale bei Berechnung der Spannungsresultanten aus den Spannungen in der Schalenwand vernachlässigt werden.

5.5 Berechnungsarten

(1) Die Bemessung sollte in Abhängigkeit vom Grenzzustand und von anderen Erwägungen auf einer oder mehreren der in Tabelle 5.2 angegebenen Berechnungsarten basieren. Die Berechnungsarten werden in Tabelle 5.3 ausführlicher erläutert. Für weitere Einzelheiten wird auf EN 1993-1-6 verweisen.

Tabelle 5.2 — Berechnungsarten für Schalentragwerke

A11

Berechnungsart		Schalentheorie	Werkstoff-gesetz	Schalengeometrie
Membrantheoretische Berechnung	MTA	Membrangleichgewicht	Nicht anwendbar	Ohne Imperfektionen[a]
Linear elastische Berechnung	LA	Lineare Biegung und Verzerrung	Linear	Ohne Imperfektionen[a]
Linear elastische Ver-zweigungs(eigenwert)-Berechnung	LBA	Lineare Biegung und Verzerrung	Linear	Ohne Imperfektionen[a]
Geometrisch nichtlineare elastische Berechnung	GNA	Nichtlinear	Linear	Ohne Imperfektionen[a]
Materiell nichtlineare Berechnung	MNA	Linear	Nichtlinear	Ohne Imperfektionen[a]
Geometrisch und materiell nichtlineare Berechnung	GMNA	Nichtlinear	Nichtlinear	Ohne Imperfektionen[a]
Geometrisch nichtlineare elastische Berechnung mit Imperfektionen	GNIA	Nichtlinear	Linear	Mit Imperfektionen[b]
Geometrisch und materiell nichtlineare Berechnung mit Imperfektionen	GMNIA	Nichtlinear	Nichtlinear	Mit Imperfektionen[b]

[a] Geometrie ohne Imperfektionen bedeutet, dass bei diesem Berechnungsmodell die geometrischen Nennbedingungen ohne Berücksichtigung der entsprechenden Abweichungen angewendet werden.

[b] Geometrie mit Imperfektionen bedeutet, dass bei diesem Berechnungsmodell die geometrischen Abweichungen von den geometrischen Nennbedingungen (Toleranzen) berücksichtigt werden.

A11

Tabelle 5.3 — Beschreibung der Berechnungsarten für Schalentragwerke

A11

Membrantheoretische Berechnung (MTA)	Berechnung, die das Tragverhalten einer Schalenstruktur unter verteilten Lasten unter der Annahme beschreibt, dass das Gleichgewicht mit den äußeren Lasten durch Membrankräfte erreicht wird
Linear elastische Berechnung (LA)	Berechnung, die das Tragverhalten auf der Grundlage der linear-elastischen Biegetheorie beschreibt, angewendet auf die perfekte Geometrie der Schalenmittelfläche
Linear elastische Verzweigungs(eigenwert)-Berechnung (LBA)	Berechnung, die den linearen Verzweigungseigenwert auf der Grundlage der linear-elastischen Schalenbiegetheorie kleiner Verformungen beschreibt, angewendet auf die perfekte Geometrie. Es ist zu beachten, dass die Bezeichnung Eigenwert hier nicht auf Schwingungszustände bezieht.
Geometrisch nichtlineare elastische Berechnung (GNA)	Berechnung auf der Grundlage der auf die perfekte Geometrie angewendeten nichtlinearen Schalenbiegetheorie großer Verschiebungen und eines linear-elastischen Werkstoffgesetzes
Materiell nichtlineare Berechnung (MNA)	Berechnung wie (LA), bei der jedoch das nichtlineare Werkstoffgesetz berücksichtigt wird. Bei Schweißkonstruktionen sind die abweichenden Werkstoffeigenschaften in der Wärmeeinflusszone zu berücksichtigen.
Geometrisch und materiell nichtlineare Berechnung (GMNA)	Berechnung auf der Grundlage der auf die perfekte Geometrie angewendeten nichtlinearen Schalenbiegetheorie großer Verschiebungen und eines nichtlinearen Werkstoffgesetzes. Bei Schweißkonstruktionen sind die abweichenden Werkstoffeigenschaften in der Wärmeeinflusszone zu berücksichtigen.
Geometrisch nichtlineare elastische Berechnung mit Imperfektionen (GNIA)[a]	Berechnung wie (GNA) jedoch mit geometrischen Imperfektionen
Geometrisch und materiell nichtlineare Berechnung mit Imperfektionen (GMNIA)	Berechnung wie (GMNA) jedoch mit geometrischen Imperfektionen

[a] Diese Art der Berechnung wird in dieser Norm nicht erfasst, ist jedoch hier aus Gründen einer vollständigen Darstellung aller Arten der Schalenberechnung aufgeführt.

A11

DIN EN 1999-1-5:2017-03
EN 1999-1-5:2007 + AC:2009 (D)

6 Grenzzustand der Tragfähigkeit

6.1 Beanspruchbarkeit des Querschnitts

6.1.1 Bemessungswerte für die Spannungen

(1) An allen Punkten des Tragwerks sollte der Bemessungswert der Spannung $\sigma_{\mathrm{eq,Ed}}$ als die höchste Primärspannung angenommen werden, die bei einer Tragwerksberechnung unter Berücksichtigung der Gesetze für das Gleichgewicht zwischen den Bemessungswerten der Verkehrslasten und der Schnittkräfte und -momente bestimmt wird.

(2) Die Primärspannung darf als Höchstwert der Spannungen angenommen werden, die für das Gleichgewicht mit den an einem Punkt oder entlang einer Linie des Schalentragwerks aufgebrachten Lasten erforderlich sind.

(3) Wenn eine Berechnung nach der *Membrantheorie* (MTA) durchgeführt wird, kann das sich ergebende zweidimensionale Feld der Spannungsresultanten $n_{\mathrm{x,Ed}}$, $n_{\mathrm{\theta,Ed}}$, $n_{\mathrm{x\theta,Ed}}$ durch den nach der folgenden Gleichung errechneten Bemessungswert der Ersatzspannung $\sigma_{\mathrm{eq,Ed}}$ dargestellt werden:

$$\sigma_{\mathrm{eq,Ed}} = \frac{1}{t}\sqrt{n_{\mathrm{x,Ed}}^2 + n_{\mathrm{\theta,Ed}}^2 - n_{\mathrm{x,Ed}} n_{\mathrm{\theta,Ed}} + 3n_{\mathrm{x\theta,Ed}}^2} \tag{6.1}$$

(4) Wenn eine *linear elastische Analyse* (LA) oder eine *geometrisch nichtlineare elastische Analyse* (GNA) angewendet wird, kann das sich ergebende zweidimensionale Feld der Primärspannungen durch den Bemessungswert für die von-Mises-Ersatzspannung dargestellt werden:

$$\sigma_{\mathrm{eq,Ed}} = \sqrt{\sigma_{\mathrm{x,Ed}}^2 + \sigma_{\mathrm{\theta,Ed}}^2 - \sigma_{\mathrm{x,Ed}}\,\sigma_{\mathrm{\theta,Ed}} + 3(\tau_{\mathrm{x\theta,Ed}}^2 + \tau_{\mathrm{xn,Ed}}^2 + \tau_{\mathrm{\theta n,Ed}}^2)} \tag{6.2}$$

Hierbei sind

$$\sigma_{\mathrm{x,Ed}} = \frac{1}{\eta}\left(\frac{n_{\mathrm{x,Ed}}}{t} \pm \frac{m_{\mathrm{x,Ed}}}{t^2/4}\right),\ \sigma_{\mathrm{\theta,Ed}} = \frac{1}{\eta}\left(\frac{n_{\mathrm{\theta,Ed}}}{t} \pm \frac{m_{\mathrm{\theta,Ed}}}{t^2/4}\right) \tag{6.3}$$

$$\tau_{\mathrm{x\theta,Ed}} = \frac{1}{\eta}\left(\frac{n_{\mathrm{x\theta,Ed}}}{t} \pm \frac{m_{\mathrm{x\theta,Ed}}}{t^2/4}\right),\ \tau_{\mathrm{xn,Ed}} = \frac{q_{\mathrm{xn,Ed}}}{t},\ \tau_{\mathrm{\theta n,Ed}} = \frac{q_{\mathrm{\theta n,Ed}}}{t} \tag{6.4}$$

Dabei ist η ein Korrekturfaktor für das unelastische Verhalten des Werkstoffs, der sowohl von den Merkmalen des Härtens als auch von der Zähigkeit der Legierung abhängig ist.

ANMERKUNG 1 Die oben angegebenen Ausdrück liefern eine für Bemessungszwecke vereinfachte konservative Ersatzspannung.

ANMERKUNG 2 Werte für η sind in EN 1999-1-1, Anhang H in Abhängigkeit von den Legierungseigenschaften angegeben. Für η sollten Werte angesetzt werden, die einem geometrischen Formbeiwert $\alpha_0 = 1{,}5$ entsprechen.

ANMERKUNG 3 Die Werte für $\tau_{xn,\mathrm{Ed}}$ und $\sigma_{xn,\mathrm{Ed}}$ sind im Allgemeinen sehr klein und haben keinen Einfluss auf die Beanspruchbarkeit, so dass sie in der Regel vernachlässigt werden dürfen.

6.1.2 Bemessungswerte für die Beanspruchbarkeit

(1) Der Bemessungswert für die von-Mises-Ersatzfestigkeit sollte nach folgender Gleichung errechnet werden:

[A11⟩

$$f_{\mathrm{eq,Rd}} = \frac{f_{\mathrm{o}}}{\gamma_{\mathrm{M1}}} \qquad \text{außerhalb der WEZ} \tag{6.5}$$

$$f_{\mathrm{eq,Rd}} = \min\left(\frac{\rho_{\mathrm{u,haz}} \cdot f_{\mathrm{u}}}{\gamma_{\mathrm{M2}}}, \frac{f_{\mathrm{o}}}{\gamma_{\mathrm{M1}}}\right) \qquad \text{im Bereich WEZ} \tag{6.6}$$

⟨A11]

Hierbei ist

[A11⟩ f_{o} ⟨A11] der charakteristische Wert für die 0,2%-Dehngrenze nach EN 1999-1-1;

f_{u} der charakteristische Wert der Bruchfestigkeit nach EN 1999-1-1;

$\rho_{\mathrm{u,haz}}$ das Verhältnis zwischen der Bruchfestigkeit in der Wärmeeinflusszone (WEZ) und im Grundwerkstoff nach EN 1999-1-1;

γ_{M1} der in 2.1 (3) angegebene Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit;

γ_{M2} der in 2.1 (3) angegebene Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit.

(2) Der Einfluss der Löcher für Verbindungsmittel sollte nach EN 1999-1-1 berücksichtigt werden.

6.1.3 Spannungsbegrenzung

(1) Für diesen Grenzzustand sollten die Bemessungsspannungen bei allen Nachweisen die folgende Bedingung erfüllen:

[A11⟩ $$\sigma_{\mathrm{eq,Ed}} \leq f_{\mathrm{eq,Rd}} \tag{6.7}$$ ⟨A11]

6.1.4 Bemessung durch numerische Analyse

(1) Der Bemessungswert für die plastische Grenzbeanspruchbarkeit sollte als ein Lastverhältnis R bestimmt werden, der auf die Bemessungswerte der kombinierten Einwirkungen für den jeweiligen Lastfall angewendet wird.

(2) Die Bemessungswerte für die Einwirkungen F_{Ed} sollten nach 5.3 bestimmt werden.

(3) In einer *materiell nichtlinearen Analyse* (MNA) und einer *geometrisch und materiell nichtlinearen Analyse* (GMNA) auf der Grundlage des Bemessungswertes für die Grenztragfähigkeit [A11⟩ $f_{\mathrm{o}}/\gamma_{\mathrm{M}}$ ⟨A11] sollte die Schale dem um das Lastverhältnis R progressiv zunehmenden Bemessungswert der Lasten ausgesetzt werden, bis der plastische Grenzzustand erreicht ist.

(4) Wenn eine *materiell nichtlineare Analyse* (MNA) angewendet wird, darf das Lastverhältnis R_{MNA} als der größte bei der Analyse ermittelte Wert angenommen werden. Der Einfluss der Kaltverfestigung darf unter der Voraussetzung einbezogen werden, dass ein entsprechender Grenzwert für die zulässige Werkstoff-

verformung berücksichtigt wird. Anleitungen zu den analytischen Modellen für den bei der MNA anzuwendenden Zusammenhang Spannung-Dehnung werden in EN 1999-1-1 angegeben.

(5) Wenn eine *geometrisch und materiell nichtlineare Analyse* (GMNA) angewendet wird, sollte, sofern bei der Analyse eine Höchstlast mit nachfolgender Lastverringerung vorhergesagt wird, der Höchstwert zur Bestimmung des Lastverhältnisses R_{GMNA} angewendet werden. Falls bei einer GMNA-Analyse keine Höchstlast vorhergesagt wird, sondern ein progressiv ansteigendes Verhältnis Wirkung-Verschiebung (mit oder ohne Kaltverfestigung des Werkstoffs) erhalten wird, sollte davon ausgegangen werden, dass das Lastverhältnis R_{GMNA} nicht größer als der Wert ist, bei dem der größte von-Mises-Ersatzwert für die bleibende Dehnung im Tragwerk den im Abschnitt 3 von EN 1999-1-1 angegebenen Grenzwert für die Verformung der Legierung erreicht. Für Bemessungszwecke kann in Abhängigkeit von den Merkmalen der Legierung ein Wert für die Bruchdehnung von ⟦A11⟩ $5\,(f_{\mathrm{o}}/E)$ oder $10\,(f_{\mathrm{o}}/E)$ ⟨A11⟧ vorausgesetzt werden. ⟦A11⟩ *gestrichener Text* ⟨A11⟧

ANMERKUNG Werte für die maximale Zugdehnung ε_{u} für ⟦A11⟩ $(5\,(f_{\mathrm{o}}/E)$ oder $10\,(f_{\mathrm{o}}/E)$ ⟨A11⟧ sind in EN 1999-1-1, Anhang H angegeben.

(6) Die Berechnung sollte im Ergebnis folgende Bedingung erfüllen:

$$R = \frac{F_{\mathrm{Rd}}}{F_{\mathrm{Ed}}} \geq 1{,}0 \tag{6.8}$$

hierbei ist F_{Ed} der Bemessungswert für die Einwirkung.

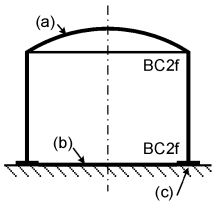
6.2 Knickfestigkeit (Beanspruchbarkeit durch Beulen; Beulsicherheitsnachweis)

6.2.1 Allgemeines

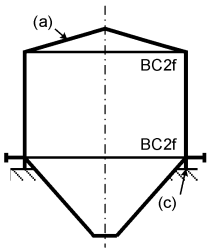
(1) Alle relevanten Kombinationen von Einwirkungen, die in der Wand der Schale Druck- oder Schub-Membranspannungen erzeugen, sollten berücksichtigt werden.

(2) Nach der Vorzeichenvereinbarung, die für die Berechnung der Beulen gilt, sollte Druck als positiv für die Spannungen und Spannungsresultanten in Meridial- und Umfangsrichtung angesetzt werden.

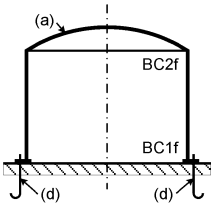
(3) Besondere Aufmerksamkeit sollte den Randbedingungen gelten, die für die bedingt durch Beulen zunehmenden Verschiebungen zutreffen (im Gegensatz zu Verschiebungen, die nicht durch Beulen entstehen). Beispiele für entsprechende Randbedingungen werden in Bild 6.1 angegeben.



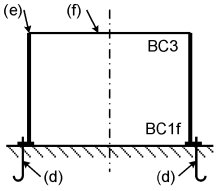
Tank ohne Verankerung



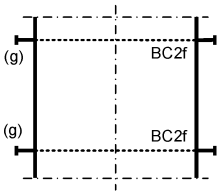
Silo ohne Verankerung



Tank mit Verankerung



Oben offener Tank
mit Verankerung



Abschnitt eines langen Zylinders
mit Ringsteife

Legende

(a) Dach
(b) Bodenplatte
(c) Ohne Verankerung
(d) Ankerschrauben in dichtem Abstand
(e) Ohne Ringsteife
(f) Freier Rand
(g) Ringsteife

Bild 6.1 — Schematische Darstellung für Beispiele zu den Randbedingungen für den durch Beulen bedingten Grenzzustand

6.2.2 Geometrische Toleranzen, die für Beulen von Belang sind

(1) Die in EN 1090-3 angegebenen Grenzen für die geometrischen Toleranzen sollten eingehalten werden, falls Beulen einer der zu berücksichtigenden Grenzzustände für die Tragfähigkeit sind.

ANMERKUNG 1 Die hier bestimmten Bemessungswerte für Beulspannungen schließen Imperfektionen ein, die auf geometrische Toleranzen zurückzuführen sind, mit deren Auftreten bei der Ausführung zu rechnen ist.

ANMERKUNG 2 Die in EN 1090-3 angegebenen geometrischen Toleranzen haben bekanntermaßen einen großen Einfluss auf die Sicherheit des Tragwerks.

(2) Die Toleranzklasse (Klasse 1, Klasse 2, Klasse 3 oder Klasse 4) sollte nach den in EN 1090-3 angegebenen Definitionen sowohl für den Lastfall als auch für die Toleranz ausgewählt werden. Die Beschreibung der Klassen bezieht sich nur auf die Bewertung der Festigkeit.

(3) Alle Imperfektionsarten sollten gesondert klassifiziert werden; für die gesamte Bemessung sollte die niedrigste Klasse maßgebend sein.

(4) Die unterschiedlichen Toleranzarten können als unabhängig voneinander behandelt werden, und im Allgemeinen brauchen keine Interaktionen berücksichtigt zu werden.

6.2.3 Schale unter Druck- und Schubbeanspruchungen

6.2.3.1 Bemessungswerte für die Spannungen

(1) Die Bemessungswerte für die Spannungen $\sigma_{x,Ed}$, $\sigma_{\theta,Ed}$ und τ_{Ed} sollten als die ⟦A11⟩ maßgebenden Werte ⟨A11⟧ für die Druck- und Schub-Membranspannungen angenommen werden, die mit Hilfe der *linearen Analyse der Schale* (LA) ermittelt werden. Unter rein rotationssymmetrischen Bedingungen der Belastung und Abstützung und in anderen einfachen Lastfällen darf allgemein die Membrantheorie angewendet werden.

(2) Sofern in Anhang A keine spezifischen Festlegungen getroffen werden, sollten als ⟦A11⟩ maßgebende Werte ⟨A11⟧ der Membranspannungen für jede Spannung bei der jeweils zutreffenden axialen Tragwerkskoordinate die jeweiligen Größtwerte angewendet werden.

ANMERKUNG In einigen Fällen (z. B. bei abgestuften Wänden, die durch Druck in Umfangsrichtung beaufschlagt werden, siehe A.2.3), sind die ⟦A11⟩ maßgebenden Werte ⟨A11⟧ der Membranspannungen fiktiv und größer als die tatsächlichen Höchstwerte.

(3) Für die üblichen Belastungsfälle dürfen die Membranspannungen mit Hilfe der jeweils zutreffenden Gleichungen errechnet werden.

6.2.3.2 Knick- bzw. Beulfestigkeit

(1) Die ⟦A11⟩ Bemessungswerte der Beulspannung und Beultragfähigkeiten ⟨A11⟧ sollten nach folgenden Gleichungen errechnet werden,

für nicht ausgesteifte Schalen ⟦A11⟩

$$\sigma_{x,Rd} = \alpha_x \rho_{x,w}\, \chi_{x,perf} \frac{f_o}{\gamma_{M1}} \tag{6.9}$$

$$\sigma_{\theta,Rd} = \alpha_\theta \rho_{\theta,w}\, \chi_{\theta,perf} \frac{f_o}{\gamma_{M1}} \tag{6.10}$$

$$\tau_{Rd} = \alpha_\tau \rho_{\tau,w}\, \chi_{\tau,perf} \frac{f_o}{\sqrt{3}\gamma_{M1}} \qquad \text{(gilt auch für ausgesteifte Schalen)} \tag{6.11}$$

⟨A11⟧

und für ausgesteifte und/oder profilierte Schalen

$$n_{x,Rd} = \alpha_{n,x}\, \chi_{x,perf} \frac{n_{x,Rk}}{\gamma_{M1}} \tag{6.12}$$

$$p_{n,Rd} = \alpha_{p,\theta}\, \chi_{\theta,perf} \frac{p_{n,Rk}}{\gamma_{M1}} \qquad \text{(⟦A11⟩ gestrichener Text ⟨A11⟧)} \tag{6.13}$$

Hierbei ist

$n_{x,Rk}$ die axiale Quetschgrenze der ausgesteiften Schale;

$p_{n,Rk}$ der gleichmäßige Druck an der Quetschgrenze der ausgesteiften oder der torikonischen und der torisphärischen Schale;

α_i der Abminderungsfaktor für die Imperfektion, der aus Anhang A zu entnehmen ist;

$\rho_{i,w}$ der Abminderungsfaktor für die Wärmeeinflusszonen nach 6.2.4.4. Für Schalen ohne Schweißnähte ist $\rho_{i,w} = 1$;

$\chi_{i,perf}$ der Abminderungsfaktor für die Beulen für eine perfekte Schale, angegeben unter (2);

γ_{M1} der Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit nach 2.1(3).

ANMERKUNG 1 Ausdruck (6.13) gilt auch für torikonische und torisphärische Schalen, siehe Anhang B.

ANMERKUNG 2 α_i für torikonische und torisphärische Schalen, siehe Anhang B.

(2) Der Abminderungsfaktor für die Beulen für eine perfekte Schale wird nach folgender Gleichung errechnet: ⟨A11⟩

$$\chi_{i,perf} = \frac{1}{\phi_i + \sqrt{\phi_i^{\,2} - \bar{\lambda}_i^{\,2}}} \qquad \text{aber } \chi_{i,perf} \leq 1{,}00 \tag{6.14}$$

⟨A11⟩

mit:

$$\phi_i = 0{,}5\left(1 + \mu_i\left(\bar{\lambda}_i - \bar{\lambda}_{i,0}\right) + \bar{\lambda}_i^2\right) \tag{6.15}$$

Hierbei ist

μ_i ein Parameter, der von der Legierung und vom Belastungsfall abhängig und aus Anhang A zu entnehmen ist;

$\bar{\lambda}_{i,0}$ die auf die Quetschgrenze bezogene Schlankheit, die aus Anhang A zu entnehmen ist;

i der Index, der in Abhängigkeit von der Belastungsart x, θ oder τ heißt.

(3) Die Schlankheitsparameter der Schale für unterschiedliche Spannungskomponenten sollten nach folgenden Gleichungen bestimmt werden,

für nicht ausgesteifte Schalen: ⟨A11⟩

$$\bar{\lambda}_x = \sqrt{\frac{f_o}{\sigma_{x,cr}}} \tag{6.16}$$

$$\bar{\lambda}_\theta = \sqrt{\frac{f_o}{\sigma_{\theta,cr}}} \tag{6.17}$$

$$\bar{\lambda}_\tau = \sqrt{\frac{f_o}{\sqrt{3}\tau_{cr}}} \qquad \text{(gilt auch für ausgesteifte Schalen)} \tag{6.18}$$

⟨A11⟩

und für ausgesteifte und/oder profilierte Schalen

$$\bar{\lambda}_{\mathrm{x}} = \sqrt{\frac{n_{\mathrm{x,Rk}}}{n_{\mathrm{x,cr}}}} \tag{6.19}$$

$$\bar{\lambda}_{\theta} = \sqrt{\frac{p_{\mathrm{n,Rk}}}{p_{\mathrm{n,cr}}}} \tag{6.20}$$

Hierbei ist

$\sigma_{\mathrm{x,cr}}$, $\sigma_{\theta,\mathrm{cr}}$ und τ_{cr} die in Anhang A angegebenen oder durch die *lineare elastische Verzweigungs-Analyse* (Eigenwert-Analyse) (LBA) ermittelten kritischen Beulspannungen;

$n_{\mathrm{x,cr}}$, $p_{\mathrm{n,cr}}$ die kritischen Beulspannungsresultanten für ausgesteifte oder torikonische und torisphärische Schalen, die in Anhang A angegeben oder durch die *lineare elastische Verzweigungs-Analyse* (Eigenwert-Analyse) (LBA) ermittelt werden.

ANMERKUNG 1 Die Ausdrücke (6.19) und (6.20) gelten auch für torikonische und torisphärische Schalen, siehe Anhang B.

ANMERKUNG 2 $p_{\mathrm{n,cr}}$ für torikonische und torisphärische Schalen, siehe Anhang B.

6.2.3.3 Nachweis der Beulfestigkeit

(1) Obwohl Beulen kein nur durch Spannungen ausgelöstes Versagensphänomen darstellen, sollte der Nachweis der Beulfestigkeit durch Begrenzung der Bemessungswerte für Membranspannungen oder Spannungsresultanten geführt werden. Der Einfluss der Biegespannungen auf die Beulfestigkeit kann unter der Voraussetzung vernachlässigt werden, dass die Spannungen als Folge von Kompatibilitätseinflüssen des Randes entstehen. Biegespannungen aus lokalen Lasten oder aus Wärmegradienten sollten besonders beachtet werden.

(2) In Abhängigkeit vom jeweiligen Belastungs- und Spannungsfall sollten eine oder mehrere der folgenden Nachweise für die ⟦A11⟩ maßgebenden Werte ⟨A11⟧ der einzelnen Membranspannungskomponenten durchgeführt werden:

$$\sigma_{\mathrm{x,Ed}} \leq \sigma_{\mathrm{x,Rd}} \tag{6.21}$$

$$\sigma_{\theta,\mathrm{Ed}} \leq \sigma_{\theta,\mathrm{Rd}} \tag{6.22}$$

$$\tau_{\mathrm{Ed}} \leq \tau_{\mathrm{Rd}} \tag{6.23}$$

(3) Falls unter den betrachteten Einwirkungen mehr als eine der für Beulen wesentlichen Membranspannungskomponenten vorhanden ist, sollte für den kombinierten Membranspannungszustand der folgende Nachweis auf Interaktion durchgeführt werden:

$$\left(\frac{\sigma_{\mathrm{x,Ed}}}{\sigma_{\mathrm{x,Rd}}}\right)^{k_{\mathrm{x}}} + \left(\frac{\sigma_{\theta,\mathrm{Ed}}}{\sigma_{\theta,\mathrm{Rd}}}\right)^{k_{\theta}} - k_{\mathrm{i}}\left(\frac{\sigma_{\mathrm{x,Ed}}}{\sigma_{\mathrm{x,Rd}}}\right)\left(\frac{\sigma_{\theta,\mathrm{Ed}}}{\sigma_{\theta,\mathrm{Rd}}}\right) + \left(\frac{\tau_{\mathrm{Ed}}}{\tau_{\mathrm{Rd}}}\right)^{k_{\tau}} \leq 1{,}00 \tag{6.24}$$

Dabei sind $\sigma_{x,Ed}$, $\sigma_{\theta,Ed}$ und τ_{Ed} die für eine Interaktion relevanten Gruppen der signifikanten Druck- und Schub-Membranspannungswerte in der Schale; die Werte für die Interaktionsparameter k_x, k_θ, k_τ und k_i sind nach folgenden Gleichungen zu errechnen:

$$\begin{aligned} k_x &= 1 + \chi_x^2 \\ k_\theta &= 1 + \chi_\theta^2 \\ k_\tau &= 1{,}5 + 0{,}5\,\chi_\tau^2 \\ k_i &= (\chi_x \chi_\theta)^2 \end{aligned} \tag{6.25}$$

ANMERKUNG 1 Bei einem nicht ausgesteiften Zylinder, der durch axialen Druck und Druck in Umfangsrichtung und durch Schub beansprucht wird, darf die in A.1.6 angegebene Gleichung für die Interaktionsparameter angewendet werden.

ANMERKUNG 2 Die oben genannten Regeln können mitunter unzureichend sein, sie erfassen jedoch die beiden, für viele Situationen sicheren Grenzfälle: a) in sehr dünnen Schalen ist die Interaktion zwischen σ_x und σ_θ linear, und b) in sehr dicken Schalen für die Interaktion zwischen Spannungen gilt die von-Mises-Interaktion der äquivalenten Spannung oder die der in EN 1999-1-1 angegebenen alternativen Interaktionsgleichung.

(4) Wenn $\sigma_{x,Ed}$ oder $\sigma_{\theta,Ed}$ eine Zugspannung ist, sollte ihr Wert in Gleichung (6.24) gleich null gesetzt werden.

ANMERKUNG [A11⟩ Für axialdruckbeanspruchte Zylinder unter Innendruck ⟨A11] (wodurch in Umfangsrichtung eine Zugspannung entsteht), gelten die in Anhang A angegebenen besonderen Festlegungen. Der für $\sigma_{x,Rd}$ ermittelte Wert berücksichtigt sowohl die Verfestigungswirkung des Innendruckes auf die elastische Beulbeanspruchbarkeit als auch den Schwächungseinfluss des elastisch-plastischen Elefantenfuß-Phänomens [Gleichung (A.22)]. Die Beulfestigkeit wird exakt repräsentiert, wenn die Zugspannung $\sigma_{\theta,Ed}$ in Gleichung (6.24) gleich null gesetzt wird.

(5) Die Lagen und Werte für alle in Gleichung (6.24) kombiniert anzuwendenden beulen-relevanten Membranspannungen werden in Anhang A festgelegt.

6.2.4 Einfluss des Schweißens

6.2.4.1 Allgemeines

(1) Bei der Bemessung von Schalenkonstruktionen aus Aluminium sollten die allgemeinen Kriterien und Regeln für Schweißkonstruktionen nach EN 1999-1-1 eingehalten werden.

(2) Bei der Bemessung von geschweißten Schalenkonstruktionen aus kalt verfestigten oder aushärtbaren Legierungen sollte die in der Nähe von Schweißnähten auftretende Verringerung der Festigkeitswerte berücksichtigt werden. Dieser Bereich wird als Wärmeeinflusszone (WEZ) bezeichnet. Ausnahmen für diese Regel werden in EN 1999-1-1 angegeben.

(3) Zu Bemessungszwecken wird angenommen, dass die Festigkeitswerte in der gesamten Wärmeinfluss-zone auf das gleiche Niveau verringert werden.

ANMERKUNG 1 Wenn auch diese Verringerung im Wesentlichen die 0,2%-Dehngrenze und die Zugfestigkeit des Werkstoffs betrifft, kann es durchaus sein, dass die Einflüsse auf druckbeanspruchte Teile von Schalenkonstruktionen, die in Abhängigkeit von der konstruktiven Schlankheit und den Eigenschaften der Legierung beulanfällig sind, signifikant sind.

ANMERKUNG 2 Der Einfluss der durch Schweißen bedingten Festigkeitsverringerung ist für Beulen im plastischen Bereich signifikanter. Auch örtliche Schweißnähte in beulgefährdeten Bereichen können wegen der WEZ die Beulbeanspruchbarkeit merklich verringern. Daher wird empfohlen, in großen, nicht ausgesteiften und durch Druck beanspruchten Teilen Schweißungen zu vermeiden.

ANMERKUNG 3 Zu Zwecken der Bemessung kann eine Schweißung als Längsstreifen auf der Schalenoberfläche angesehen werden, deren beeinflusster Bereich sich unmittelbar um die Schweißnaht ausbreitet. Außerhalb dieses Bereichs werden rasch wieder die vollständigen ungeschweißten Festigkeitswerte erreicht. Entlang dieser Streifen können Fließlinien auftreten, wenn sich Beulen in der Schale bilden.

ANMERKUNG 4 Manchmal ist es möglich, die Einflüsse der Festigkeitsverringerung in der WEZ durch Warmauslagern nach dem Schweißen zu mildern, siehe EN 1999-1-1.

(4) Der Einfluss der schweißbedingten Festigkeitsverringerung auf die Beulbeanspruchbarkeit der Schale sollte für alle Schweißnähte, die direkt oder indirekt einer Druckspannung ausgesetzt sind, nach den in 6.2.4.2 angegebenen Regeln überprüft werden.

6.2.4.2 Grad der Festigkeitsverringerung

(1) Der Grad der schweißbedingten Festigkeitsverringerung wird durch die Abminderungsfaktoren $\rho_{o,haz}$ und $\rho_{u,haz}$ angegeben, die aus den Quotienten des charakteristischen Wertes für die 0,2%-Dehngrenze $f_{o,haz}$ (bzw. für die Zugfestigkeit $f_{u,haz}$) in der Wärmeeinflusszone und des charakteristischen Wertes für ⟨A11⟩ f_o ⟨A11⟩ (bzw. f_u) im Grundwerkstoff bestimmt werden:

$$\rho_{o,haz} = \frac{f_{o,haz}}{f_o} \quad \text{und} \quad \rho_{u,haz} = \frac{f_{u,haz}}{f_u} \tag{6.26}$$

(2) Die charakteristischen Werte für die Festigkeiten ⟨A11⟩ $f_{o,haz}$ und $f_{u,haz}$ sowie die Werte für $\rho_{o,haz}$ und $\rho_{u,haz}$ ⟨A11⟩ werden in Tabelle 3.2a von EN 1999-1-1 für Aluminiumknetlegierungen in Form von Blechen, Bändern und Platten und in Tabelle 3.2b für Strangpressteile angegeben.

(3) Die Erholungszeiten nach dem Schweißen sollten nach den in EN 1999-1-1 angegebenen Bestimmungen bewertet werden.

6.2.4.3 Ausdehnung der Wärmeeinflusszone

(1) Die in EN 1999-1-1 angegebenen allgemeinen Hinweise auf die Ausdehnung der WEZ sollten beachtet werden.

(2) Bei den Beulsicherheitsnachweisen wird davon ausgegangen, dass die WEZ in den Schalenblechen in Bereichen mit Beulrisiko mit einem Abstand b_{haz} in jede Richtung verläuft, ausgehend von der Schweißnaht und entsprechend der Darstellung in Bild 6.2 an ebenen Stumpfnähten rechtwinklig zur Mittellinie oder an Kehlnähten rechtwinklig zur Schnittlinie der Schweißnahtoberflächen gemessen:

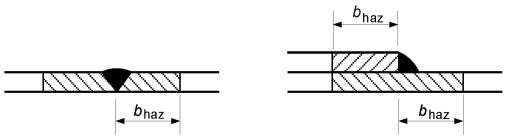


Bild 6.2 — Ausdehnung der Schweißeinflusszonen (WEZ) im Schalenblech

6.2.4.4 Beulbeanspruchbarkeit unausgesteifter geschweißter Schalen

(1) Die Beulbeanspruchbarkeit unausgesteifter geschweißter Schalen sollte in allen Fällen bewertet werden, in denen in der Schale Druckspannungsresultanten in seitlich nicht behinderten geschweißten Tafeln auftreten.

(2) Der Nachweis des Schweißeinflusses auf Beulen kann entfallen, wenn alle Schweißnähte in den Schalen parallel zu den Druckspannungsresultanten gelegt werden, die im Tragwerk unter allen Lastbedingungen

wirksam werden, vorausgesetzt, der durch die WEZ bedingte Abminderungsfaktor $\rho_{\mathrm{o,haz}}$ ist nicht kleiner als 0,60.

(3) Der Einfluss des Schweißens auf die Beulbeanspruchbarkeit kann durch eine *geometrisch und materiell nichtlineare Analyse mit Imperfektionen* (GMNIA) unter Berücksichtigung der tatsächlichen Eigenschaften sowohl des Grundwerkstoffs als auch der Schweißeinflusszonen (WEZ) bewertet werden.

(4) Wenn keine exakte GMNIA-Analyse durchgeführt werden kann, ist eine Bewertung der Beulbeanspruchbarkeit der Schale auf vereinfachte Weise mit Hilfe des Abminderungsfaktors möglich, der durch das Verhältnis $\rho_{\mathrm{i,w}} = \chi_{\mathrm{i,w}}/\chi_{\mathrm{i}}$ der Beulfaktoren einer geschweißten Konstruktion $\chi_{\mathrm{w,i}}$ und einer ungeschweißten Konstruktion χ_{i} bestimmt wird.

ANMERKUNG 1 Druckspannungsresultanten in Schalen können nicht nur durch direkten Druck entstehen, sondern auch durch äußeren Druck, Schub und lokalisierte Lasten. Unabhängig von der Lastbedingung sind Abminderungsfaktoren $\chi_{\mathrm{w,i}}$ anzuwenden, wenn Schweißnähte orthogonal zu den Druckspannungsresultanten eine lokale plastische Verformung veranlassen können.

ANMERKUNG 2 [A11⟩ Der Index „*i*“ in den Absätzen (4) und (5) steht für „*x*“, „*θ*“ oder „*τ*“ in Abhängigkeit davon, ob sich die Abminderungsfaktoren χ und ρ auf axialen Druck, Druck in Umfangsrichtung bzw. Schub beziehen. ⟨A11]

(5) Der Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Festigkeitsverringerung in der WEZ von Schalenkonstruktionen wird nach der folgenden Gleichung bestimmt:

$$\rho_{\mathrm{i,w}} = \omega_0 + (1 - \omega_0)\frac{\bar{\lambda}_{\mathrm{i}} - \bar{\lambda}_{\mathrm{i,0}}}{\bar{\lambda}_{\mathrm{i,w}} - \bar{\lambda}_{\mathrm{i,0}}} \qquad \text{[A11⟩ mit } \rho_{\mathrm{i,w}} \leq 1 \text{ und } \rho_{\mathrm{i,w}} \geq \omega_0 \text{ ⟨A11]} \tag{6.27}$$

Hierbei ist [A11⟩

$$\omega_0 = \frac{\rho_{\mathrm{u,haz}}\, f_{\mathrm{u}}/\gamma_{\mathrm{M2}}}{f_{\mathrm{o}}/\gamma_{\mathrm{M1}}} \qquad \text{aber } \omega_0 \leq 1 \tag{6.28}$$

$\rho_{\mathrm{u,haz}}$ und $\rho_{\mathrm{o,haz}}$ die durch die Schweißeinflusszone bedingten Abminderungsfaktoren, die Tabelle 3.2a oder Tabelle 3.2b in EN 1999-1-1 zu entnehmen sind; ⟨A11]

$\bar{\lambda}_{\mathrm{i,0}}$ der relative Schlankheitsparameter für die Quetschgrenze für die zu betrachtenden Lastfälle, die Anhang A zu entnehmen sind;

$\bar{\lambda}_{\mathrm{i,w}}$ der Grenzwert für den relativen Schlankheitsparameter, bei dessen Überschreitung der Einfluss der Schweißnaht auf Beulen verschwindet und der durch folgende Gleichung angegeben wird:
$\bar{\lambda}_{\mathrm{i,w}} = 1{,}39\,(1 - \rho_{\mathrm{o,haz}})(\bar{\lambda}_{\mathrm{i,w,0}} - \bar{\lambda}_{\mathrm{i,0}})$, aber $\bar{\lambda}_{\mathrm{i,w}} \leq \bar{\lambda}_{\mathrm{i,w,0}}$, siehe Bild 6.3;

$\bar{\lambda}_{\mathrm{i,w,0}}$ die absolute Obergrenze der Schlankheit für den Einfluss der Schweißnaht in Abhängigkeit von Lastfall, Baustoff und Toleranzklasse der Schale, die in Tabelle 6.5 angegeben wird.

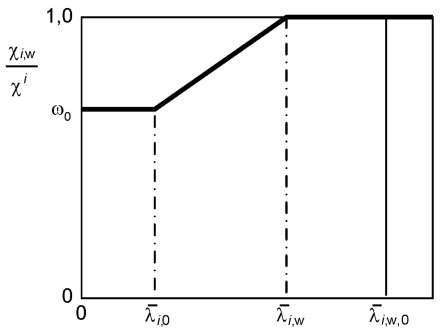


Bild 6.3 — Festlegung des durch die WEZ bedingten Abminderungsfaktors $\rho_{i,w}$

Tabelle 6.5 — $\bar{\lambda}_{i,w,0}$-Werte für die in Anhang A berücksichtigten wesentlichen Lastfälle

Toleranz klasse	Axialer Druck $\bar{\lambda}_{x,w,0}$		Druck in Umfangsrichtung $\bar{\lambda}_{\theta,w,0}$		Torsion und Schub $\bar{\lambda}_{\tau,w,0}$	
	Werkstoff Klasse A	Werkstoff Klasse B	Werkstoff Klasse A	Werkstoff Klasse B	Werkstoff Klasse A	Werkstoff Klasse B
Klasse 1	0,8	0,7	1,2	1,1	1,4	1,3
Klasse 2	1,0	0,9	1,3	1,2	1,5	1,4
Klasse 3	1,2	1,1	1,4	1,3	1,6	1,5
Klasse 4	1,3	1,2	—	—	—	—

6.2.4.5 Beulbeanspruchbarkeit ausgesteifter geschweißter Schalen

(1) Für ausgesteifte geschweißte Schalen braucht kein Nachweis für den Einfluss des Schweißens erbracht zu werden, wenn die Steifen eine ausreichende seitliche Behinderung gegenüber den verschweißten Tafeln haben. Ist das nicht der Fall, gelten die Bestimmungen in 6.2.4.4.

6.2.5 Bemessung durch numerische Analyse

(1) Die in 5.5 und 6.1.4 für die *geometrisch und materiell nichtlineare Analyse mit Imperfektionen* (GMNIA) angegebenen Verfahren dürfen angewendet werden. Die GMNIA-Analyse darf, als Alternative zum Verfahren nach 6.2.3, durchgeführt werden, indem die Größtwerte der in 6.2.2 angegebenen Toleranzen als anfängliche geometrische Imperfektionen angenommen werden.

(2) Für geschweißte Konstruktionen sollte für den Werkstoff in der Wärmeeinflusszone ein Modell entwickelt werden, siehe 6.2.4.2, 6.2.4.3 und 6.2.4.4.

7 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

7.1 Allgemeines

(1) Die in EN 1999-1-1 für Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit angegebenen Regeln sollten auch auf Schalenkonstruktionen angewendet werden.

7.2 Durchbiegungen

(1) Die Durchbiegungen dürfen unter der Annahme elastischen Verhaltens errechnet werden.

(2) Die Grenzen für die Durchbiegungen sollten unter Bezug auf EN 1990, A.1.4, für jedes Projekt festgelegt und mit dem für das Projekt Verantwortlichen vereinbart werden.

Anhang A
(normativ)

Ausdrücke für Beuluntersuchungen in Schalenkonstruktionen

A.1 Unausgesteifte zylindrische Schalen mit konstanter Wanddicke

A.1.1 Anmerkungen und Randbedingungen

(1) Allgemeine Größen (Bild A.1)

l Länge des Zylinders zwischen oberer und unterer Begrenzung;

r Radius der Mittelfläche des Zylinders;

t Dicke der Schale:

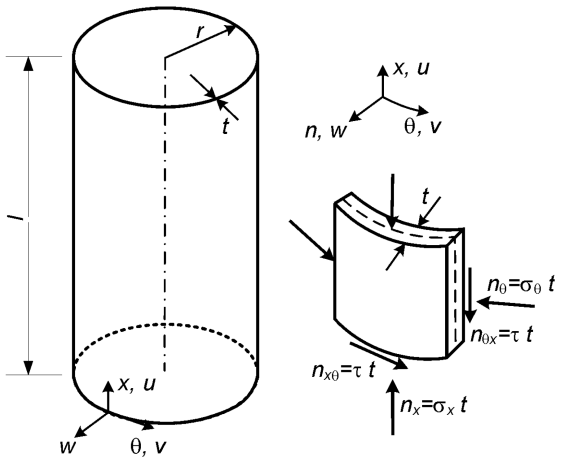


Bild A.1 — Geometrie, Membranspannungen und Spannungsresultanten am Zylinder

(2) Die Randbedingungen werden in 5.2 und 6.2.1 festgelegt.

A.1.2 (Axialer) Druck in Meridianrichtung

(1) Zylinder brauchen nicht auf Beulen in Meridianrichtung überprüft zu werden, wenn sie die folgende Gleichung erfüllen: ⟦A11⟩

$$\frac{r}{t} \leq 0{,}03\,\frac{E}{f_o} \qquad \text{(A.1)}$$ ⟨A11⟧

A.1.2.1 Ideale Beulspannungen in Meridianrichtung

(1) Die folgenden Ausdrücke dürfen nur für Schalen mit den Randbedingungen BC 1 oder BC 2 an beiden Rändern angewendet werden.

(2) Die Länge des Schalenabschnitts wird durch den dimensionslosen Parameter ω gekennzeichnet:

$$\omega = \frac{l}{r}\sqrt{\frac{r}{t}} = \frac{l}{\sqrt{rt}} \tag{A.2}$$

(3) Die kritische Beulspannung in Meridianrichtung sollte unter Anwendung der Werte für C_x aus Tabelle A.1 nach folgender Gleichung errechnet werden:

$$\sigma_{x,cr} = 0{,}605\, E\, C_x \frac{t}{r} \tag{A.3}$$

Tabelle A.1 — Faktor C_x für die kritische Beulspannung in Meridianrichtung

Zylinderschale	$\omega = \frac{l}{\sqrt{rt}}$	Faktor C_x
Kurze Länge	$\omega \leq 1{,}7$	$C_x = 1{,}36 - \frac{1{,}83}{\omega} + \frac{2{,}07}{\omega^2}$
Mittlere Länge	$1{,}7 < \omega < 0{,}5\frac{r}{t}$	$C_x = 1$
Große Länge	$\omega \geq 0{,}5\frac{r}{t}$	$C_x = 1 - \frac{0{,}2}{C_{xb}}\left(2\,\omega\frac{t}{r} - 1\right)$, aber für $C_x \geq 0{,}6$, wobei C_{xb} in Tabelle A.2 angegeben wird

Tabelle A.2 — Parameter C_{xb} für den Einfluss der Randbedingungen für lange Zylinder

Fall	Zylinderende	Randbedingung	C_{xb}
1	Ende 1 Ende 2	BC 1 BC 1	6
2	Ende 1 Ende 2	BC 1 BC 2	3
3	Ende 1 Ende 2	BC 2 BC 2	1

ANMERKUNG BC 1 schließt sowohl BC1f als auch BC1r ein.

(4) Für die in Tabelle A.1 definierten langen Zylinder, die weitere, nachfolgend angegebene Bedingungen erfüllen: A11

$$\frac{r}{t} \leq 150 \quad \text{und} \quad \frac{\omega t}{r} \leq 6 \quad \text{und} \quad 500 \leq \frac{E}{f_o} \leq 1\,000 \tag{A.4}$$ A11

darf der Faktor C_x auch nach folgender Gleichung ermittelt werden:

$$C_x = C_{x,N}\frac{\sigma_{x,N,Ed}}{\sigma_{x,Ed}} + \frac{\sigma_{x,M,Ed}}{\sigma_{x,Ed}} \tag{A.5}$$

Hierbei ist

$C_{x,N}$ der Parameter für einen langen Zylinder unter axialem Druck nach Tabelle A.1;

$\sigma_{x,Ed}$ der Bemessungswert für die Spannung in Meridianrichtung ($\sigma_{x,Ed} = \sigma_{x,N,Ed} + \sigma_{x,M,Ed}$);

$\sigma_{x,N,Ed}$ die Spannungskomponente aus dem axialen Druck (gleich bleibende Komponente in Umfangsrichtung);

$\sigma_{x,M,Ed}$ die Spannungskomponente aus der globalen Biegung rohrförmiger Elemente (Spitzenwert der veränderlichen Komponente in Umfangsrichtung).

A.1.2.2 Beulparameter in Meridianrichtung

(1) Der elastische Imperfektionsfaktor in Meridianrichtung sollte nach folgender Gleichung errechnet werden: ⟨A11⟩

$$\alpha_x = \frac{1}{1 + 2{,}60\left(\frac{1}{Q}\sqrt{\frac{0{,}6E}{f_o}}\left(\bar{\lambda}_x - \bar{\lambda}_{x,0}\right)\right)^{1{,}44}} \quad \text{, aber mit } \alpha_x \leq 1{,}00 \qquad \text{(A.6)}$$ ⟨A11⟩

Hierbei ist

$\bar{\lambda}_{x,0}$ der Schlankheitsparameter für die Quetschgrenze in Meridianrichtung;

Q der Toleranzparameter für den Druck in Meridianrichtung.

(2) Der Toleranzparameter Q sollte für die jeweils festgelegte Toleranzklasse aus Tabelle A.3 entnommen werden. Für Toleranzklasse 4 hängt der Toleranzparameter Q auch von den in Tabelle 5.1 definierten Randbedingungen ab.

(3) Der Legierungsfaktor und der Schlankheitsparameter für die Quetschgrenze in Meridianrichtung sollten nach der in EN 1999-1-1 definierten Beulklasse des Werkstoffs aus Tabelle A.4 entnommen werden.

Tabelle A.3 — Toleranzparameter Q

Toleranzklasse	Wert für Q für die Randbedingungen	
	BC1r, BC2r	BC1f, BC2f
Klasse 1	16	
Klasse 2	25	
Klasse 3	40	
Klasse 4	60	50

Tabelle A.4 — Werte für $\bar{\lambda}_{x,0}$ und μ_x für den Druck in Meridianrichtung

Beulklasse des Werkstoffs	$\bar{\lambda}_{x,0}$	μ_x
A	0,20	0,35
B	0,10	0,20

(4) Für lange Zylinder, die den Sonderbedingungen von A.1.2.1(4) entsprechen, darf der Schlankheitsparameter für die Quetschgrenze in Meridianrichtung nach folgender Gleichung errechnet werden:

$$\bar{\lambda}_{x,0,1} = \bar{\lambda}_{x,0} + 0{,}10\frac{\sigma_{x,M,Ed}}{\sigma_{x,Ed}} \tag{A.7}$$

Dabei sollte $\bar{\lambda}_{x,0}$ aus Tabelle A.4 entnommen werden, während $\sigma_{x,Ed}$ und $\sigma_{x,M,Ed}$ in A.1.2.1(4) angegeben werden.

A.1.3 Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung (Ringspannung)

(1) Zylinder brauchen nicht auf Beulen in Umfangsrichtung überprüft zu werden, wenn sie die folgende Gleichung erfüllen: ⟨A11⟩

$$\frac{r}{t} \leq 0{,}21\sqrt{\frac{E}{f_o}} \tag{A.8}$$ ⟨A11⟩

A.1.3.1 Kritische Beulspannungen in Umfangsrichtung

(1) Die folgenden Ausdrücke dürfen auf Schalen mit allen Randbedingungen angewendet werden.

(2) Die Länge des Schalenabschnitts wird durch den dimensionslosen Parameter ω gekennzeichnet:

$$\omega = \frac{l}{r}\sqrt{\frac{r}{t}} = \frac{l}{\sqrt{rt}} \tag{A.9}$$

(3) Die kritische Beulspannung in ⟨AC⟩ Umfangsrichtung ⟨AC⟩ sollte unter Anwendung der Werte für C_θ aus Tabelle A.5 für Zylinder mit mittlerer Länge und aus Tabelle A.6 für kurze Zylinder nach folgender Gleichung errechnet werden:

$$\sigma_{\theta,cr} = 0{,}92\,E\,\frac{C_\theta}{\omega}\,\frac{t}{r} \tag{A.10}$$

Tabelle A.5 — Außendruck-Beulfaktor C_θ für Zylinder mit mittlerer Länge $(20 < \omega/C_\theta < 1{,}63\ r/t)$

Fall	Zylinderende	Randbedingung	Faktor C_θ
1	Ende 1 Ende 2	BC 1 BC 1	1,5
2	Ende 1 Ende 2	BC 1 BC 2	1,25
3	Ende 1 Ende 2	BC 2 BC 2	1,0
4	Ende 1 Ende 2	BC 1 BC 3	0,6
5	Ende 1 Ende 2	BC 2 BC 3	0
6	Ende 1 Ende 2	BC 3 BC 3	0

Tabelle A.6 — Außendruck-Beulfaktor C_θ für kurze Zylinder $(\omega/C_\theta \leq 20)$

Fall	Zylinderende	Randbedingung	Faktor C_θ
1	Ende 1 Ende 2	BC 1 BC 1	$C_\theta = 1{,}5 + \frac{10}{\omega^2} - \frac{5}{\omega^3}$
2	Ende 1 Ende 2	BC 1 BC 2	$C_\theta = 1{,}25 + \frac{8}{\omega^2} - \frac{4}{\omega^3}$
3	Ende 1 Ende 2	BC 2 BC 2	$C_\theta = 1{,}0 + \frac{3}{\omega^{1{,}35}}$
4	Ende 1 Ende 2	BC 1 BC 3	$C_\theta = 0{,}6 + \frac{1}{\omega^2} - \frac{0{,}3}{\omega^3}$

ANMERKUNG In den Tabellen A.5 und A.6 steht BC 1 sowohl für BC1f als auch für BC1r.

(4) Für lange Zylinder $(\omega/C_\theta \geq 1{,}63\ r/t)$ sollte die Beulspannung in Umfangsrichtung nach folgender Gleichung errechnet werden:

$$\sigma_{\theta,\mathrm{cr}} = E\left(\frac{t}{r}\right)^2 \left(0{,}275 + 2{,}03\left(\frac{C_\theta r}{\omega t}\right)^4\right) \tag{A.11}$$

A.1.3.2 Beulparameter in Umfangsrichtung

(1) Der elastische Imperfektionsfaktor in ⟦AC⟩ Umfangsrichtung ⟨AC⟧ sollte nach folgender Gleichung errechnet werden:

⟦AC⟩

$$\alpha_\theta = \frac{1}{1 + 0{,}2(1 - \alpha_{\theta,\mathrm{ref}})(\bar{\lambda}_\theta - \bar{\lambda}_{\theta,0})/\alpha_{\theta,\mathrm{ref}}^2} \quad \text{, aber } \alpha_\theta \leq 1{,}00 \tag{A.12}$$ ⟨AC⟧

(2) Der Bezugs-Imperfektionsfaktor $\alpha_{\theta,\mathrm{ref}}$ in Umfangsrichtung sollte für die festgelegte Toleranzklasse aus Tabelle 7 entnommen werden:

Tabelle A.7 — Faktor $\alpha_{\theta,\mathrm{ref}}$ in Abhängigkeit von der Toleranzklasse

Toleranzklasse	Parameter $\alpha_{\theta,\mathrm{ref}}$
Klasse 1	0,50
Klasse 2	0,65
Klassen 3 und 4	0,75

(3) Der Legierungsfaktor und der Schlankheitsparameter für die Quetschgrenze in ⟦AC⟩ Umfangsrichtung ⟨AC⟧ sollten entsprechend der in EN 1999-1-1 festgelegten Beulklasse des Werkstoffs aus Tabelle A.8 entnommen werden.

Tabelle A.8 — Werte für $\bar{\lambda}_{\theta,0}$ und μ_θ für Druck in Umfangsrichtung

Beulklasse des Werkstoffs	$\bar{\lambda}_{\theta,0}$	μ_θ
A	0,30	0,55
B	0,20	0,70

(4) Der aus der äußeren Windlast auf die Zylinder resultierte, ungleichmäßig verteilte Druck q_{eq} (siehe Bild A.1) darf im Rahmen des Beulsicherheitsnachweises für die Schale durch den folgenden äquivalenten gleichmäßigen Außendruck ersetzt werden:

$$q_{\mathrm{eq}} = k_{\mathrm{w}}\, q_{\mathrm{w,max}} \tag{A.13}$$

Dabei ist $q_{\mathrm{w,max}}$ der größte Winddruck, und k_{w} sollte nach folgender Gleichung errechnet werden:

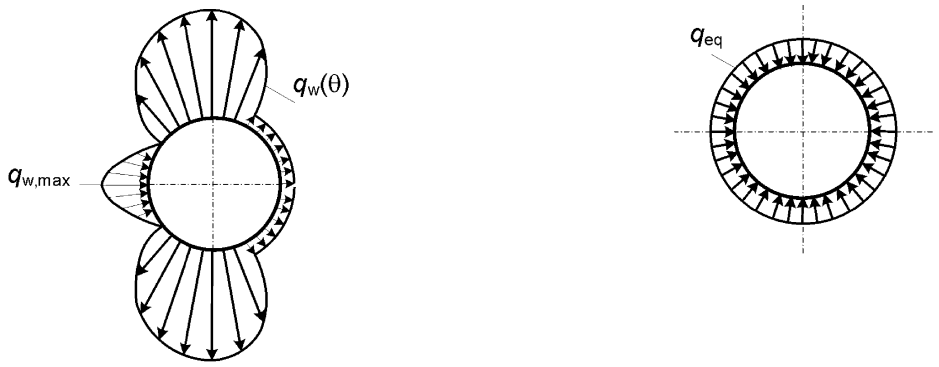
$$k_{\mathrm{w}} = 0{,}46\left(1 + 0{,}1\sqrt{\frac{C_\theta r}{\omega\, t}}\right) \tag{A.14}$$

mit einem Wert für k_{w} nicht außerhalb des Bereichs $0{,}65 \le k_{\mathrm{w}} \le 1{,}0$ und mit C_θ, das entsprechend den Randbedingungen aus Tabelle A.5 entnommen wird.

(5) Der in 6.2.3.3 einzusetzende Bemessungswert für die Umfangsspannung wird nach folgender Gleichung errechnet:

$$\sigma_{\theta,\mathrm{Ed}} = (q_{\mathrm{eq}} + q_{\mathrm{s}})\,\frac{r}{t} \tag{A.15}$$

Dabei ist q_{s} der innere Saugzug, der durch Belüftung, inneres Teilvakuum oder andere Erscheinungen verursacht wird.



a) Winddruckverteilung am Umfang der Schale

b) Äquivalente rotationssymmetrische Druckverteilung

Bild A.2 — Transformation einer typischen Wind-Außendruckverteilung

A.1.4 Schubbeanspruchung

(1) Zylinder brauchen nicht auf durch Schubspannungen erzeugte Beulen überprüft zu werden, wenn sie die folgende Gleichung erfüllen: ⟦A11⟩

$$\frac{r}{t} \leq 0{,}16 \left(\frac{E}{f_o}\right)^{0{,}67} \qquad \text{(A.16)}$$ ⟨A11⟧

A.1.4.1 Durch Schubbeanspruchung erzeugte kritische Beulspannungen

(1) Die folgenden Ausdrücke dürfen nur auf Schalen mit den Randbedingungen BC 1 oder BC 2 an beiden Rändern angewendet werden.

(2) Die Länge des Schalenabschnitts wird durch den dimensionslosen Parameter ω gekennzeichnet:

$$\omega = \frac{l}{r}\sqrt{\frac{r}{t}} = \frac{l}{\sqrt{rt}} \qquad \text{(A.17)}$$

(3) Die durch Schub erzeugte kritische Beulspannung sollte unter Anwendung der Werte für C_τ aus Tabelle A.9 nach folgender Gleichung errechnet werden:

$$\tau_{cr} = 0{,}75\, E C_\tau \frac{t}{r} \qquad \text{(A.18)}$$

Tabelle A.9 — Faktor C_τ für die durch Schub erzeugte kritische Beulspannung

Zylinderschale	$\omega = \frac{l}{\sqrt{rt}}$	Faktor C_τ
Kurze Länge	$\omega \leq 10$	$C_\tau = \sqrt{1 + \frac{42}{\omega^3}}$
Mittlere Länge	$10 < \omega < 8{,}7\frac{r}{t}$	$C_\tau = 1$
Große Länge	$\omega \geq 8{,}7\frac{r}{t}$	$C_\tau = \frac{1}{3}\sqrt{\frac{\omega t}{r}}$

A.1.4.2 Schub-Beulparameter

(1) Der Schub-Imperfektionsfaktor sollte nach folgender Gleichung errechnet werden:

$$\alpha_\tau = \frac{1}{1 + 0{,}2\,(1 - \alpha_{\tau,\mathrm{ref}})\left(\bar{\lambda}_\tau - \bar{\lambda}_{\tau,0}\right) / \alpha_{\tau,\mathrm{ref}}^2} \quad \text{, aber } \alpha_\tau \leq 1{,}00 \qquad \text{(A.19)}$$

(2) Der Bezugs-Schub-Imperfektionsfaktor $\alpha_{\tau,\mathrm{ref}}$ sollte für die festgelegte Toleranzklasse aus Tabelle ⟨A11⟩ A.10 ⟨A11⟩ entnommen werden:

Tabelle A.10 — Faktor $\alpha_{\tau,\mathrm{ref}}$ in Abhängigkeit von der Toleranzklasse

Toleranzklasse	Parameter $\alpha_{\tau,\mathrm{ref}}$
Klasse 1	0,50
Klasse 2	0,65
Klassen 3 und 4	0,75

(3) Der Legierungsfaktor und der Schlankheitsparameter für die Quetschgrenze in ⟨AC⟩ Schubrichtung ⟨AC⟩ sollten entsprechend der in EN 1999-1-1 festgelegten Beulklasse des Werkstoffs aus Tabelle A.11 entnommen werden.

Tabelle A.11 — $\bar{\lambda}_{\tau,0}$- und μ_τ -Werte für Schub

Beulklasse des Werkstoffs	$\bar{\lambda}_{\tau,0}$	μ_τ
A	0,50	0,30
B	0,40	0,40

A.1.5 (Axiale) Druckbeanspruchung in Meridianrichtung mit gleichzeitig vorhandener Innendruckbeanspruchung

A.1.5.1 Kritische Beulspannung in Meridianrichtung unter Innendruck

(1) Es darf davon ausgegangen werden, dass die kritische Beulspannung in Meridianrichtung $\sigma_{x,\mathrm{cr}}$ durch das Vorhandensein von Innendruck nicht beeinflusst wird; sie darf nach A.1.2.1 bestimmt werden.

A.1.5.2 Beulparameter in Meridianrichtung unter Innendruck

(1) Der Nachweis für die Beulfestigkeit in Meridianrichtung unter Innendruck sollte analog zu der Beulfestigkeit in Meridianrichtung ohne Innendruck nach 6.2.3.3 und A.1.2.2 durchgeführt werden. Der elastische Imperfektionsfaktor α_{x} ohne Innendruck darf jedoch durch den elastischen Imperfektionsfaktor $\alpha_{\mathrm{x,p}}$ unter Innendruck ersetzt werden.

(2) Der kleinere der beiden folgenden Werte sollte als der elastische Imperfektionsfaktor $\alpha_{\mathrm{x,p}}$ unter Innendruck angesehen werden:

$\alpha_{\mathrm{x,pe}}$ ein Faktor, der die druckinduzierte elastische Stabilisierung erfasst;

$\alpha_{\mathrm{x,pp}}$ ein Faktor, der die druckinduzierte plastische Stabilisierung erfasst.

(3) Der Faktor $\alpha_{\mathrm{x,pe}}$ sollte nach folgender Gleichung errechnet werden:

$$\alpha_{\mathrm{x,pe}} = \alpha_{\mathrm{x}} + (1 - \alpha_{\mathrm{x}}) \frac{\bar{p}}{\bar{p} + 0{,}3/\alpha_{\mathrm{x}}^{0{,}5}} \tag{A.20}$$

$$\bar{p} = \frac{p\,r}{t\,\sigma_{\mathrm{x,cr}}} \tag{A.21}$$

Hierbei ist

$\bar{p}$ der kleinste Wert für den Innendruck an dem zu bewertendem Punkt, der garantiert gleichzeitig mit dem Druck in Meridianrichtung auftritt;

α_{x} der elastische Imperfektionsfaktor in Meridianrichtung ohne Innendruck nach A.1.2.2;

$\sigma_{\mathrm{x.cr}}$ die kritische elastische Beulspannung in Meridianrichtung nach A.1.2.1(3).

(4) Der Faktor $\alpha_{\mathrm{x,pe}}$ sollte nicht auf Zylinder angewendet werden, die nach A.1.2.1(3), Tabelle A.1, als lang eingestuft werden. Er sollte weiterhin nicht angewendet werden, wenn nicht

— der Zylinder eine mittlere Länge nach A.1.2.1(3), Tabelle A.1 hat;

— der Zylinder nach A.1.2.1(3), Tabelle A.1 kurz ist und $C_{\mathrm{x}} = 1$ in A.1.2.1(3) eingeführt wurde.

(5) Der Faktor $\alpha_{\mathrm{x,pp}}$ sollte nach folgender Gleichung errechnet werden:

$$\alpha_{\mathrm{x,pp}} = \left(1 - \frac{\bar{p}^2}{\bar{\lambda}_{\mathrm{x}}^4}\right)\left(1 - \frac{1}{1{,}12 + s^{1{,}5}}\right)\frac{s^2 + 1{,}21\,\bar{\lambda}_{\mathrm{x}}^2}{s(s+1)} \tag{A.22}$$

$$\bar{p} = \frac{pr}{t\,\sigma_{\mathrm{x,cr}}} \tag{A.23}$$

$$s = \frac{r}{400\,t} \tag{A.24}$$

Hierbei ist

$\bar{p}$ der größte Wert für den Innendruck an dem zu bewertenden Punkt, der möglicherweise gleichzeitig mit dem Druck in Meridianrichtung auftritt;

$\bar{\lambda}_x$ der dimensionslose Schlankheitsparameter der Schale nach 6.2.3.2(3);

$\sigma_{\mathrm{x,cr}}$ die kritische elastische Beulspannung in Meridianrichtung nach A.1.2.1(3).

A.1.6 Kombinationen von (axialer) Druckbeanspruchung in Meridianrichtung, Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung (Ringspannung) und Schubbeanspruchung

(1) Die in 6.2.3.3(3) anzuwendenden Beul-Interaktionsparameter dürfen nach folgenden Gleichungen errechnet werden:

$$k_{\mathrm{x}} = 1{,}25 + 0{,}75\,\chi_{\mathrm{x}}$$

$$k_{\theta} = 1{,}25 + 0{,}75\,\chi_{\theta} \tag{A.25}$$

$$k_{\tau} = 1{,}25 + 0{,}75\,\chi_{\tau}$$

[A11⟩ $k_{\mathrm{i}} = (\chi_{\mathrm{x}}\,\chi_{\theta})^2$ ⟨A11]

wobei χ_{x}, χ_{θ} und χ_{τ} die in 6.2.3.2 festgelegten Beul-Abminderungsfaktoren unter Anwendung der in A.1.2 bis A.1.4 angegebenen Beulparameter sind.

(2) Es sollte davon ausgegangen werden, dass die drei Membranspannungskomponenten an einem beliebigen Punkt der Schale mit Ausnahme der Ränder in kombinierter Interaktion stehen. Für alle Punkte innerhalb einer Zone, die von beiden Rändern des Zylinderabschnitts jeweils über die Länge l_{s} reicht, darf der Nachweis für eine Beul-Interaktion entfallen. Der Wert für l_{s} ist der kleinere der Werte, die nach den beiden folgenden Gleichungen bestimmt werden:

$$l_{\mathrm{s}} = 0{,}1\,L \quad \text{und} \quad l_{\mathrm{s}} = 0{,}16\,r\sqrt{r/t} \tag{A.26}$$

(3) Falls es zu umständlich ist, die Beul-Interaktion für alle Punkten nachzuweisen, ist nach (4) und (5) eine einfachere konservative Bewertung möglich. Wenn der größte Wert einer der für Beulen relevanten Membranspannungen an den Enden einer Zylinderschale in einer der beiden Randzonen mit der Länge l_{s} auftritt, darf der Nachweis der Interaktion nach 6.2.3.3(3) unter Anwendung der in (4) definierten Werte durchgeführt werden.

(4) Falls die unter (3) genannte Bedingung erfüllt wird, darf für den Nachweis der Interaktion nach 6.2.3.3(3) der größte Wert für eine der für Beulen relevanten Membranspannungen angewendet werden, der innerhalb der freien Länge l_{f} auftritt, d. h. außerhalb der Randzonen (siehe Bild A.3a) und wobei gilt:

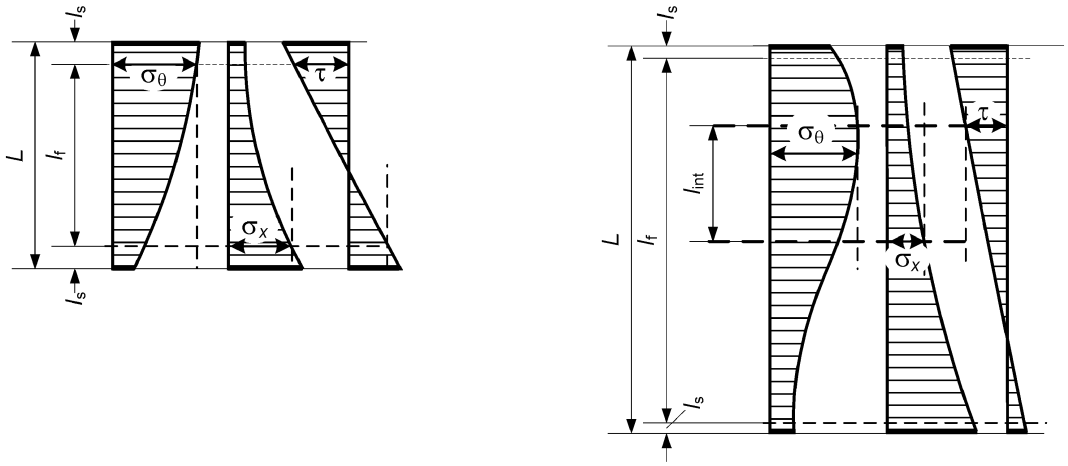
$$l_{\mathrm{f}} = L - 2\,l_{\mathrm{s}} \tag{A.27}$$

(5) Für die in A.1.2.1(3) in Tabelle A.1 festgelegten langen Zylinder dürfen die für eine Interaktion relevanten Gruppen, die für den Nachweis der Interaktion angewendet werden, weiter als in (3) und (4)

eingeschränkt werden. Die Spannungen, die als der für die Interaktion relevanten Gruppe zugehörig angesehen werden, dürfen dann auf einen beliebigen Abschnitt der Länge l_{int} innerhalb der für den Interaktionsnachweis verbleibenden freien Länge l_{f} eingeschränkt werden (siehe Bild A.3b); dabei gilt:

$$l_{\mathrm{int}} = 1{,}3\, r \sqrt{r/t} \tag{A.28}$$

(6) Falls in (3) bis (5) keine spezifischen Festlegungen zur Bestimmung der relativen Lagen oder zu Aussonderungen von interaktions-relevanten Gruppen von Membranspannungskomponenten getroffen werden und weiterhin eine einfache konservative Behandlung gefordert wird, darf für jede Membranspannung der größte Wert unabhängig von der Lage in der Schale in Gleichung (6.24) eingesetzt werden.



a) Kurzer Zylinder b) Langer Zylinder

Bild A.3 — Beispiele für Gruppen von interaktions-relevanten Membranspannungskomponenten

A.2 Unausgesteifte Zylinderschalen mit gestufter Wanddicke

A.2.1 Allgemeines

A.2.1.1 Bezeichnungen und Randbedingungen

(1) In diesem Abschnitt werden folgende Bezeichnungen angewendet:

L Gesamtlänge des Zylinders zwischen den Rändern;

r Radius der Mittelfläche des Zylinders;

j ganzzahliger Index zur Bezeichnung der einzelnen Zylinderabschnitte mit konstanter Wanddicke (von $j = 1$ bis $j = n$);

t_j konstante Wanddicke des Abschnitts j des Zylinders;

l_j Länge des Abschnitts j des Zylinders.

(2) Die folgenden Ausdrücke dürfen nur für Schalen mit den Randbedingungen BC 1 und BC 2 an beiden Rändern (siehe 5.2) angewendet werden, wobei zwischen ihnen kein Unterschied getroffen wird.

A.2.1.2 Geometrie und Absätze an Verbindungen

(1) Unter der Voraussetzung, dass die Wanddicke des Zylinders fortschreitend stufenweise vom oberen Rand bis zum Boden zunimmt (siehe Bild A.4a), dürfen die in diesem Abschnitt angegebenen Verfahren angewendet werden. Alternativ darf die *linear elastische Verzweigungsanalyse* (LBA) zur Berechnung der kritischen Beulspannung in Umfangsrichtung $\sigma_{\theta,\mathrm{cr,eff}}$ in A.2.3.1(7) angewendet werden.

(2) Planmäßige Absätze e_0 zwischen den Platten benachbarter Abschnitte (siehe Bild A.4) dürfen als durch die folgenden Ausdrücke erfasst angesehen werden, vorausgesetzt, der vorgesehene Wert e_0 ist kleiner als der zulässige Wert $e_{0,\mathrm{p}}$, der als der kleinere Wert nach einer beiden folgenden Gleichungen bestimmt werden sollte:

$$e_{0,\mathrm{p}} = 0{,}5\,(t_{\max} - t_{\min}) \quad \text{und} \quad \boxed{\mathrm{A11}}\rangle\ e_{0,\mathrm{p}} = 0{,}5\,t_{\min}\ \langle\boxed{\mathrm{A11}} \tag{A.29}$$

Hierbei ist

$t_{\max}$ die Dicke der dickeren Platte an der Verbindung;

$t_{\min}$ die Dicke der dünneren Platte an der Verbindung.

(3) Für Zylinder mit zulässigen planmäßigen Absätzen zwischen den Platten benachbarter Abschnitte nach (2) darf der Radius *r* als Mittelwert aus allen Abschnitten gebildet werden.

(4) Für Zylinder mit überlappenden Verbindungen (Überlappstößen) sollten die Bestimmungen für Konstruktionen mit Überlappstößen nach A.3 angewendet werden.

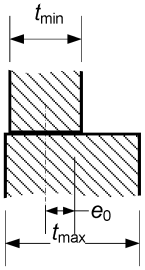


Bild A.4 — Planmäßiger Absatz e_0 in einer Schale mit Stumpfstoß

A.2.2 Druckbeanspruchung in Meridianrichtung (Axialer Druck)

(1) Jeder Zylinderabschnitt *j* mit der Länge l_j sollte als ein äquivalenter Zylinder mit der Gesamtlänge $l = L$ und gleichmäßiger Wanddicke $t = t_j$ nach A.1.2 behandelt werden.

(2) Für die nach A.1.2.1(3), Tabelle A.1 festgelegten langen äquivalenten Zylinder sollte der Parameter C_{xb} konservativ als $C_{\mathrm{xb}} = 1$ angenommen werden, sofern kein durch eine exaktere Analyse ermittelter besserer Wert verfügbar ist.

A.2.3 Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung (Ringspannung)

A.2.3.1 Kritische Beulspannungen in Umfangsrichtung

(1) Wenn der Zylinder aus zwei Abschnitten mit unterschiedlicher Wanddicke besteht, sollte das Verfahren nach (4) bis (7) angewendet werden, siehe Bild A.5(II).

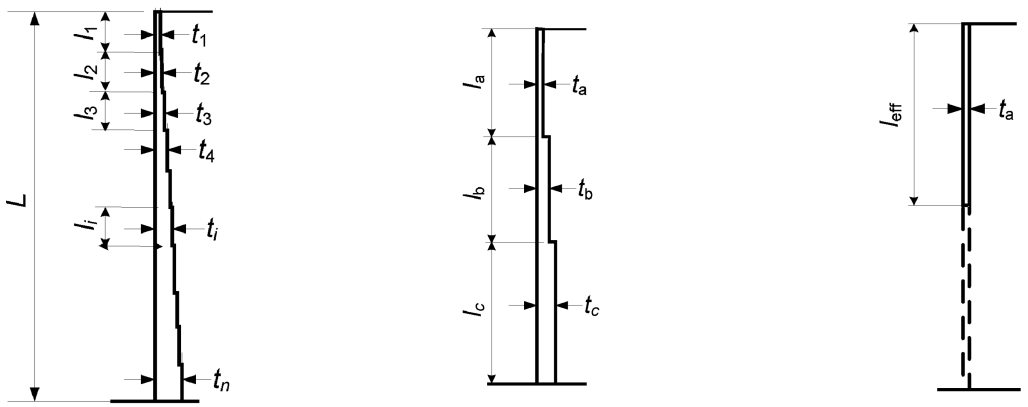
(2) Falls der Zylinder aus nur einem Abschnitt besteht (d. h. eine konstante Wanddicke hat), sollte A.1 angewendet werden.

(3) Wenn der Zylinder aus drei Abschnitten mit unterschiedlichen Wanddicken besteht, sollte das Verfahren nach (4) bis (7) angewendet werden, wobei zwei der drei fiktiven Abschnitte, a und b, als Abschnitte mit gleicher Dicke angesehen werden.

(4) Wenn der Zylinder aus mehr als drei Abschnitten mit unterschiedlichen Wanddicken besteht (siehe Bild A.5(I)), sollte er zunächst durch einen äquivalenten Zylinder mit den drei Abschnitten a, b und c ersetzt werden (siehe Bild A.5(II)). Die Länge seines oberen Abschnitts, l_a, sollte bis zum oberen Rand des ersten Abschnitts reichen, dessen Wanddicke größer als die 1,5-fache kleinste Wanddicke t_j ist; seine Länge sollte jedoch nicht mehr als die Hälfte der Gesamtlänge L des Zylinders betragen. Die Länge der beiden anderen Abschnitte, l_b und l_c, sollte nach folgender Gleichung errechnet werden:

$$l_b = l_a \text{ und } l_c = L - 2\,l_a \qquad \text{wenn gilt: } l_a \leq L/3 \tag{A.30}$$

$$l_b = l_c = 0{,}5\,(L - l_a) \qquad \text{wenn gilt: } L/3 < l_a \leq L/2 \tag{A.31}$$



(I) Zylinder mit stufenweise veränderlicher Wanddicke

(II) Äquivalenter Zylinder mit drei Abschnitten

(III) Äquivalenter einziger Zylinder mit gleichmäßiger Wanddicke

Bild A.5 — Transformation eines gestuften Zylinders in einen äquivalenten Zylinder

(5) Die fiktiven Wanddicken t_a, t_b und t_c der drei Abschnitte sollten als das gewichtete Mittel der Wanddicke für jeden der drei fiktiven Abschnitte bestimmt werden:

$$t_a = \frac{1}{l_a}\sum_a l_j t_j \tag{A.32}$$

$$t_b = \frac{1}{l_b}\sum_b l_j t_j \tag{A.33}$$

$$t_c = \frac{1}{l_c}\sum_c l_j t_j \tag{A.34}$$

(6) Der Zylinder mit drei Abschnitten (d. h. der äquivalente bzw. der tatsächliche Zylinder) sollte durch einen einzigen äquivalenten Zylinder mit der effektiven Länge l_{eff} und mit gleichmäßiger Wanddicke $t = t_a$ (siehe Bild A.5(III)) ersetzt werden. Die effektive Länge sollte nach folgender Gleichung errechnet werden:

$$l_{\text{eff}} = \frac{l_{\text{a}}}{\kappa} \tag{A.35}$$

wobei κ ein dimensionsloser Faktor ist, der aus Bild A.6 zu entnehmen ist.

(7) Für Zylinderabschnitte mit mittlerer oder kurzer Länge sollte die kritische Beulspannung in Umfangsrichtung für jeden Zylinderabschnitt *j* des ursprünglichen Zylinders mit stufenweise veränderlicher Wanddicke nach folgender Gleichung errechnet werden:

$$\sigma_{\theta,\text{cr,j}} = \frac{t_{\text{a}}}{t_j}\,\sigma_{\theta,\text{cr,eff}} \tag{A.36}$$

wobei $\sigma_{\theta,\text{cr,eff}}$ die kritische Beulspannung in Umfangsrichtung ist, die je nach Gültigkeit aus ▌A11⟩ A.1.3.1(3) oder A.1.3.1(4) ⟨A11▌ für den äquivalenten einzigen Zylinder mit der Länge l_{eff} nach (6) abgeleitet wird. Der Faktor C_θ sollte in diesen Ausdrücken den Wert C_θ = 1,0 haben.

(8) Die Länge des Schalenabschnitts wird durch den dimensionslosen Parameter ω_j beschrieben:

$$\omega_j = \frac{l_j}{r}\sqrt{\frac{r}{t_j}} = \frac{l_j}{\sqrt{r\,t_j}} \tag{A.37}$$

(9) Falls ein langer Zylinderabschnitt *j* vorliegt, sollte zusätzlich eine zweite Bewertung der Beulspannung durchgeführt werden. Es sollte der kleinere der beiden aus (7) und (10) bestimmten Werte für den Beulsicherheitsnachweis des Zylinderabschnitts *j* verwendet werden.

(10) Der Zylinderabschnitt *j* sollte als lang angesehen werden, wenn gilt:

$$\omega_j \geq 1{,}63\,\frac{r}{t_j} \tag{A.38}$$

und in diesem Fall sollte die kritische Beulspannung in Umfangsrichtung aus der folgenden Gleichung ermittelt werden:

$$\sigma_{\theta,\text{cr,j}} = E\left(\frac{t_j}{r}\right)^2\left(0{,}275 + 2{,}03\left(\frac{C_\theta r}{\omega_j t_j}\right)^4\right) \tag{A.39}$$

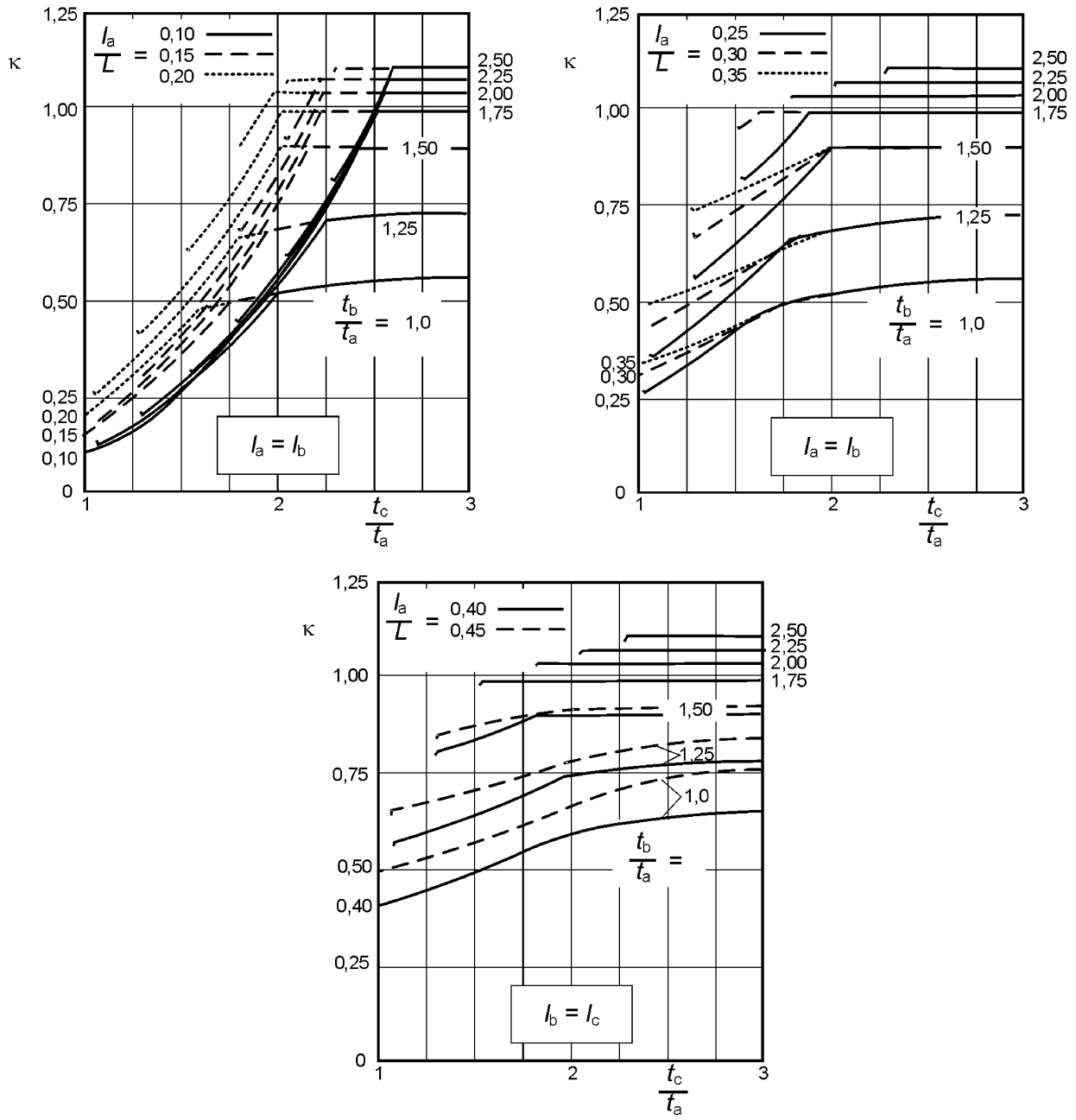


Bild A.6 — Faktor κ zur Bestimmung der effektiven Länge l_{eff}

A.2.3.2 Nachweis der Beulfestigkeit bei Druckspannung in Umfangsrichtung

(1) Für alle Zylinderabschnitte j sollten die Bedingungen von 6.2.3 erfüllt werden, und eine Überprüfung des folgenden Zusammenhanges sollte durchgeführt werden:

$$\sigma_{\theta,Ed,j} \leq \sigma_{\theta,Rd,j} \tag{A.40}$$

Hierbei ist

$\sigma_{\theta,Ed,j}$ der [A11⟩ maßgebende Wert ⟨A11] für die Membran-Druckspannung in Umfangsrichtung, auf die in den folgenden Abschnitten ausführlich eingegangen wird;

$\sigma_{\theta,\mathrm{Rd,j}}$ der Bemessungswert für die Beulspannung in Umfangsrichtung, die aus der kritischen Beulspannung in Umfangsrichtung nach A.1.3.2 abgeleitet wird.

(2) Unter der Voraussetzung, dass der Bemessungswert für die Spannungsresultante in Umfangsrichtung $n_{\theta,\mathrm{Ed}}$ über die Länge L konstant ist, sollte der [A11⟩ maßgebende Wert ⟨A11] für die Membran-Druckspannung in Umfangsrichtung im Abschnitt j nach folgender Gleichung bestimmt werden:

$$\sigma_{\theta,\mathrm{Ed},j} \leq \frac{n_{\theta,\mathrm{Ed}}}{t_j} \tag{A.41}$$

(3) Wenn der Bemessungswert der Spannungsresultanten in Umfangsrichtung $n_{\theta,\mathrm{Ed}}$ innerhalb der Länge L schwankt, sollte als [A11⟩ maßgebender Wert ⟨A11] für die Membran-Druckspannung in Umfangsrichtung ein Ersatzwert $\sigma_{\theta,\mathrm{Ed},j,\mathrm{mod}}$ angenommen werden, der bestimmt wird, indem der größte Wert der Spannungsresultanten in Umfangsrichtung $n_{\theta,\mathrm{Ed}}$ an einer beliebigen Stelle innerhalb der Länge L durch die örtliche Dicke t_j (siehe Bild A.7) dividiert wird:

$$\sigma_{\theta,\mathrm{Ed},j,\mathrm{mod}} = \frac{\max(n_{\theta,\mathrm{Ed}})}{t_j} \tag{A.42}$$

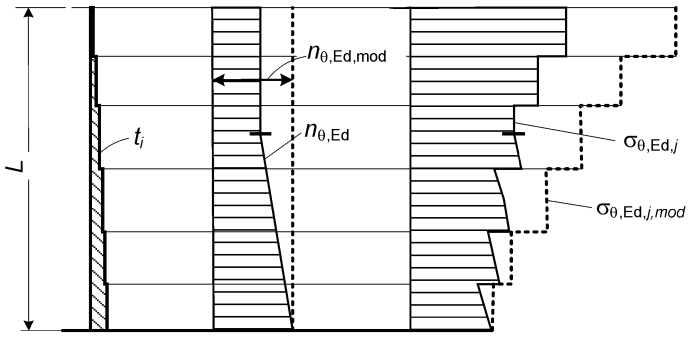


Bild A.7 — [A11⟩ Maßgebende Werte ⟨A11] für die Membran-Druckspannung in Umfangsrichtung in den Fällen, in denen $n_{\theta,\mathrm{Ed}}$ über die Länge L schwankt

A.2.4 Schubbeanspruchung

A.2.4.1 Kritische, durch Schub erzeugte Beulspannung

(1) Wenn für die Bewertung eines äquivalenten einzigen Zylinders mit gleichmäßiger Wanddicke keine spezielle Regel verfügbar ist, dürfen die Ausdrücke von A.2.3.1(1) bis (6) angewendet werden.

(2) Die weitere Bestimmung der kritischen, durch Schub erzeugten Beulspannungen darf grundsätzlich entsprechend A.2.3.1(7) bis (10) durchgeführt werden, wobei jedoch die Ausdrücke für die Druckspannung in Umfangsrichtung aus A.1.3.1 durch die jeweils zutreffenden Ausdrücke für die Schubspannung aus A.1.4.1 ersetzt werden.

A.2.4.2 Nachweis der Beulfestigkeit bei Schubbeanspruchung

(1) Die Regeln von A.2.3.2 dürfen angewendet werden, wobei allerdings die Ausdrücke für die Druckspannung in Umfangsrichtung durch die jeweils zutreffenden Ausdrücke für die Schubspannung ersetzt werden.

A.3 Unausgesteifte Zylinderschalen mit Überlappstoß

A.3.1 Allgemeines

A.3.1.1 Definitionen

1. Überlappstoß in Umfangsrichtung

Stoß, der in Umfangsrichtung um die Schalenachse verläuft.

2. Überlappstoß in Meridianrichtung

Stoß, der parallel zur Schalenachse (in Meridianrichtung) verläuft.

A.3.1.2 Geometrie und Spannungsresultanten

(1) Falls eine zylindrische Schale unter Anwendung von Überlappstößen konstruiert wird (siehe Bild A.8), dürfen anstelle der Bestimmungen in A.2 die folgenden Bestimmungen verwendet werden.

(2) Die folgenden Bestimmungen gelten sowohl für Überlappstöße mit zu- als auch mit abnehmendem Mittelflächenradius der Schale. Wenn der Überlappstoß in Umfangsrichtung um die Schalenachse verläuft (Umfangs-Überlappstoß), sollten für Druck in Meridianrichtung die Bestimmungen von A.3.2 angewendet werden. Falls viele Überlappstöße in Umfangsrichtung um die Schalenachse verlaufen (Umfangs-Überlappstöße) und sich die Plattendicke über die Schale verändert, sollten die Bestimmungen von A.3.3 für Druck in Umfangsrichtung angewendet werden. Wenn ein einziger Überlappstoß parallel zur Schalenachse (Meridian-Überlappstoß) verläuft, sollten die Bestimmung von A.3.3 für Druck in Umfangsrichtung angewendet werden. In anderen Fällen brauchen keine besonderen Betrachtungen für den Einfluss der Überlappstöße auf die Beulbeanspruchbarkeit angestellt zu werden.

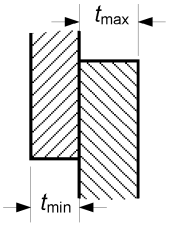


Bild A.8 — Schale mit Überlappstoß

A.3.2 Druckbeanspruchung in Meridianrichtung (Axialer Druck)

(1) Wenn ein Zylinder mit meridionalen Überlappstößen einer Druckspannung in Meridianrichtung ausgesetzt wird, darf die Beulbeanspruchbarkeit je nach Gültigkeit wie für einen Zylinder mit gleichmäßiger oder gestufter Wanddicke bewertet werden, wobei jedoch der Bemessungswert für die Beanspruchbarkeit um den Faktor 0,70 verringert wird.

(2) Wenn eine Änderung der Plattendicke am Überlappstoß auftritt, darf als Bemessungswert der Beulbeanspruchung der gleiche Wert angenommen werden, der für die dünnere Platte nach (1) bestimmt wurde.

A.3.3 Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung (Ringspannung)

(1) Wenn ein Zylinder mit Überlappstößen einer Druckspannung in Umfangsrichtung quer zu den meridionalen Überlappstößen ausgesetzt wird, darf der Bemessungswert für die Beulbeanspruchbarkeit je nach Gültigkeit wie für einen Zylinder mit gleichmäßiger oder gestufter Wanddicke bewertet werden, wobei jedoch ein Abminderungsfaktor von 0,90 angewendet wird.

(2) Wenn ein Zylinder mit über die Schale hinab veränderlicher Plattendicke und mit vielen Überlappstößen in Umfangsrichtung einem ebenfalls in Umfangsrichtung wirkenden Druck ausgesetzt wird, sollten das Verfahren von A.2 ohne die geometrischen Einschränkungen der Stoßexzentrititität und für den Bemessungswert der Beulbeanspruchbarkeit ein Abminderungsfaktor von 0,90 angewendet werden.

(3) Wenn Überlappstöße in beiden Richtungen mit gegeneinander versetzt angeordneten, meridionalen Überlappstößen in alternierenden Plattengängen oder Schüssen angewendet werden, sollte als Bemessungswert für die Beulbeanspruchbarkeit der kleinere der nach (1) oder (2) ermittelten Werte angewendet werden. Eine weitere Abminderung für die Beanspruchbarkeit ist nicht nötig.

A.3.4 Schubbeanspruchung

(1) Wenn ein Zylinder mit Überlappstoß einer Membran-Schubspannung ausgesetzt wird, darf die Beulbeanspruchbarkeit je nach Gültigkeit wie für einen Zylinder mit gleichmäßiger oder gestufter Wanddicke festgelegt werden.

A.4 Unausgesteifte Kegelschalen

A.4.1 Allgemeines

A.4.1.1 Bezeichnungen

(1) In diesem Abschnitt werden folgende Bezeichnungen angewendet:

h Länge des Kegelstumpfes in axialer Richtung (Höhe);

L Länge des Kegelstumpfes in Meridianrichtung;

r Radius der Mittelfläche des Kegels, rechtwinklig zur Rotationsachse linear über die Länge;

r_1 Radius am kleineren Ende des Kegels;

r_2 Radius am größeren Ende des Kegels;

β halber Kegelspitzenwinkel.

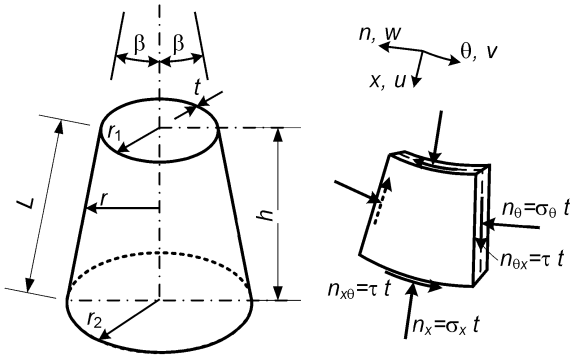


Bild A.9 — Geometrie, Membranspannungen und Spannungsresultanten am Kegel

A.4.1.2 Randbedingungen

(1) Die folgenden Ausdrücke sollten nur auf Schalen mit den Randbedingungen BC 1 oder BC 2 an beiden Rändern angewendet werden (siehe 5.2 und 6.2), wobei zwischen ihnen keine Unterscheidung getroffen wird. Sie sollten nicht für eine Schale mit der Randbedingung BC 3 angewendet werden.

(2) Die Regeln in diesem Abschnitt A.4.1 sollten nur auf die folgenden beiden Randbedingungen der Behinderungen für die radiale Verschiebung an beiden Enden des Kegels angewendet werden:

„Zylinderbedingung“ $\omega = 0$;

„Ringbedingung“ $u \sin\beta + \omega \cos\beta = 0$

A.4.1.3 Geometrie

(1) Die folgenden Regeln gelten nur für Kegelstümpfe mit gleichmäßiger Wanddicke und mit einem halben Kegelspitzenwinkel $\beta \leq 65°$ (siehe Bild A.9).

A.4.2 Bemessungswerte für Beulspannungen

A.4.2.1 Äquivalenter Zylinder

(1) Die Bemessungswerte für die Beulspannungen, die für den Nachweis der Beulfestigkeit nach 6.2.3 benötigt werden, dürfen an einem äquivalenten Zylinder hergeleitet werden, dessen Länge l_e und dessen Radius r_e von der Art der Spannung nach Tabelle A.12 abhängen.

Tabelle A.12 — Länge und Radius des äquivalenten Zylinders

Belastung	Länge des äquivalenten Zylinders	Radius des äquivalenten Zylinders
Druckspannung in Meridianrichtung	$l_e = L$	$r_e = \dfrac{r}{\cos\beta}$
Druck in Umfangsrichtung (Ringspannung)	$l_e = L$	$r_e = \dfrac{r_1 + r_2}{2\cos\beta}$
Gleichmäßiger äußerer Druck q Randbedingungen: An beiden Enden entweder BC 1 oder BC 2	l_e ist der kleinere der Werte: $l_{e,1} = L$ und $l_{e,2} = \dfrac{r_2(0{,}53 + 0{,}125\beta)}{\sin\beta}$ (β in Radiant, siehe Bild A.9)	$r_e = \dfrac{0{,}55 r_1 + 0{,}45 r_2}{\cos\beta}$ falls $l_e = l_{e,1}$ (kürzere Kegel) $r_e = 0{,}71 r_2 \dfrac{1 - 0{,}1\beta}{\cos\beta}$ falls $l_e = l_{e,2}$ (längere Kegel)
Schub	$l_e = h$	$r_e = \left(1 + \rho - \dfrac{1}{\rho}\right) r_1 \cos\beta$ mit $\rho = \sqrt{\dfrac{r_1 + r_2}{2 r_1}}$
Gleichmäßige Torsion	$l_e = L$	$r_e = r_1 \cos\beta (1 - \rho^{2,5})^{0,4}$ mit $\rho = \dfrac{L \sin\beta}{r_2}$

(2) Für Kegel unter einem gleichmäßigen Außendruck q sollte der Nachweis der Beulfestigkeit auf der Membranspannung basieren:

$$\sigma_{\theta,\mathrm{Ed}} = q\, r_e / t \tag{A.43}$$

A.4.3 Nachweis der Beulfestigkeit

A.4.3.1 Druckspannung in Meridianrichtung

(1) ⟨A11⟩ Der Nachweis der Beulfestigkeit sollte an dem Punkt des Kegels durchgeführt werden ⟨A11⟩, an dem die Kombination der Bemessungswerte für die in Meridianrichtung wirkende Spannung und für die Beulspannung nach A.3.2.2 am kritischsten ist.

(2) Bei Druck in Meridianrichtung, der durch eine konstante axiale Kraft auf einen Kegelstumpf verursacht wird, sollten sowohl der kleine Radius r_1 als auch der große Radius r_2 als mögliche Lage der kritischsten Position angesehen werden.

(3) Bei Druck in Meridianrichtung, der durch ein konstantes globales Biegemoment auf den Kegel verursacht wird, sollte der kleine Radius r_1 als am kritischsten angesehen werden.

(4) Der Bemessungswert der Beulspannung sollte für den äquivalenten Zylinder nach A.1.2 bestimmt werden.

A.4.3.2 Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung (Ringspannung)

(1) Wenn der Druck in Umfangsrichtung durch einen gleichmäßigen Außendruck verursacht wird, sollte der Beulsicherheitsnachweis unter Anwendung des nach Gleichung (A.43) bestimmten, in Umfangsrichtung wirkenden Bemessungswertes der Spannung $\sigma_{\theta,\mathrm{Ed,env}}$ und des Bemessungswertes der Beulspannung nach A.3.2.1 und A.3.2.3 durchgeführt werden.

(2) Wenn der Druck in Umfangsrichtung nicht durch einen gleichmäßigen Außendruck, sondern durch andere Einwirkungen verursacht wird, sollte die errechnete Spannungsverteilung $\sigma_{\theta,\mathrm{Ed}}(x)$ durch eine Spannungsverteilung $\sigma_{\theta,\mathrm{Ed,env}}(x)$ ersetzt werden, die den errechneten Wert zwar überall überschreitet, aber aus einem fiktiven gleichmäßigen Außendruck abzuleiten sein würde. Der Beulsicherheitsnachweis sollte dann wie in (1), aber unter Anwendung von $\sigma_{\theta,\mathrm{Ed,env}}$ anstelle von $\sigma_{\theta,\mathrm{Ed}}$ durchgeführt werden.

(3) Der Bemessungswert der Beulspannung sollte für den äquivalenten Zylinder nach A.1.3 bestimmt werden.

A.4.3.3 Schubbeanspruchung und gleichmäßige Torsionsbeanspruchung

(1) Für den Fall, dass die Schubspannung durch ein konstantes globales Drehmoment auf den Kegel verursacht wird, sollte der Beulsicherheitsnachweis unter Anwendung des wirkenden Bemessungswertes der Schubspannung τ_{Ed} an dem Punkt, an dem $r = r_{\mathrm{e}} \cos \beta$ ist, und des Bemessungswertes der Beulspannung τ_{Rd} nach A.3.2.1 und A.3.2.4 durchgeführt werden.

(2) Falls die Schubspannung nicht durch ein konstantes globales Drehmoment, sondern durch andere Einwirkungen verursacht wird (z. B. durch Einwirkung einer globalen Scherkraft auf den Kegel), sollte die errechnete Spannungsverteilung $\tau_{\mathrm{Ed}}(x)$ durch eine fiktive Spannungsverteilung $\tau_{\mathrm{Ed,env}}(x)$ ersetzt werden, die den errechneten Wert zwar überall überschreitet, aber aus einem fiktiven globalen Drehmoment abzuleiten sein würde. Der Beulsicherheitsnachweis sollte dann wie in (1), aber unter Anwendung von $\tau_{\mathrm{Ed,env}}$ anstelle von τ_{Ed} durchgeführt werden.

(3) Der Bemessungswert der Beulspannung τ_{Rd} sollte für den äquivalenten Zylinder nach A.1.4 bestimmt werden.

A.5 Ausgesteifte Zylinderschalen mit konstanter Wanddicke

A.5.1 Allgemeines

(1) Ausgesteifte Zylinderschalen können bestehen aus

— Isotropen Wänden, die mit Steifen in Meridianrichtung und in Umfangsrichtung ausgesteift sind;

— profilierten Wänden, die mit Steifen in Meridianrichtung und in Umfangsrichtung ausgesteift sind.

(2) In beiden Fällen können Beulsicherheitsnachweise durchgeführt werden, indem angenommen wird, dass die ausgesteifte Wand sich nach den in A.5.6 angegebenen Regeln wie eine äquivalente orthotrope Schale verhält, sofern die in A.5.6 genannten Bedingungen erfüllt sind.

(3) Für in Umfangsrichtung gewelltes Blech ohne Steifen in Meridianrichtung kann die plastische Beulbeanspruchbarkeit nach den in A.5.4.2(3), (4) und (5) angegebenen Regeln errechnet werden.

(4) Falls vorausgesetzt wird, dass das Wellblech in Umfangsrichtung keine axiale Last trägt, kann die Beulbeanspruchbarkeit einer einzelnen Steife nach A.5.4.3 beurteilt werden.

A.5.2 Isotrope Wände mit Steifen in Meridianrichtung

A.5.2.1 Allgemeines

(1) Bei isotropen Wänden, die mit Steifen in Meridianrichtung (Längssteifen) versehen sind, sollte der Zwängungseinfluss der Wandverkürzung infolge Innendruck bei der Ermittlung der Druckbeanspruchung in Medianrichtung sowohl in der Wand als auch in den Steifen berücksichtigt werden.

(2) Die Bruchfestigkeit einer Naht in Meridianrichtung sollte wie für eine isotrope Schale bestimmt werden.

(3) Falls in einer konstruktiven Verbindung auch die Steife zur Übertragung von Umfangszugkräften beiträgt, sollte der Einfluss dieser Zugkraft beim Nachweis von Kraft und Bruchanfälligkeit der Steife berücksichtigt werden.

A.5.2.2 Druckbeanspruchung in Meridianrichtung (Axialer Druck)

(1) Die Wand sollte für die gleichen Beul-Kriterien unter axialem Druck wie die unausgesteifte Wand bemessen werden, sofern nicht der größte horizontale Abstand zwischen den Steifen $d_{s,max}$ (Bild A.10) kleiner ist als $2\sqrt{rt}$, wobei t die örtliche Wanddicke ist.

(2) Werden Steifen in Meridianrichtung in dichteren Abständen als $2\sqrt{rt}$ angeordnet, sollte die Beulbeanspruchbarkeit der kompletten Wand nach dem in A.5.6 angegebenen Verfahren beurteilt werden.

(3) Die Beulfestigkeit der Steifen gegen axialen Druck sollte nach den Bestimmungen in EN 1999-1-1 bewertet werden.

(4) Die Exzentrizität der Steifen gegenüber der Schalenwand sollte, wenn zutreffend, berücksichtigt werden.

A.5.2.3 Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung (Ringspannung)

(1) Sofern keine genauere Berechnung erfolgt, ist der Beulsicherheitsnachweis wie für eine unausgesteifte Wand zu führen.

(2) Bei einer genaueren Berechnung dürfen die Steifen in Meridianrichtung „verschmiert“ werden, damit eine orthotrope Wand erhalten wird, und die Beulspannung kann nach A.5.6 unter der Annahme errechnet

werden, dass für die Dehnsteifigkeit $C_\phi = C_\theta = Et$ und für die Schubsteifigkeit der Membran $C_{\phi\theta} = 0{,}38\,Et$ gilt.

A.5.2.4 Schubbeanspruchung

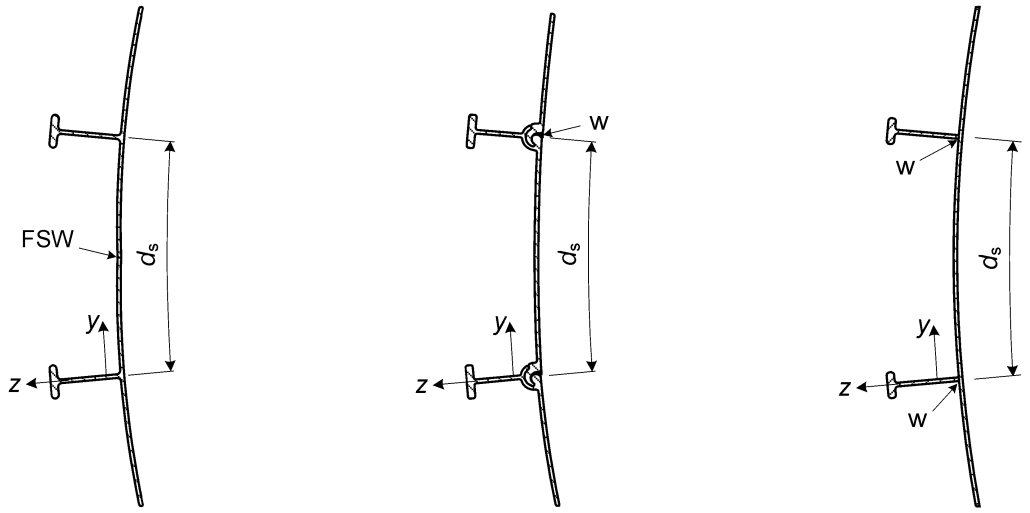
(1) Falls größere Teile der Schalenwand unter einer Schubbeanspruchung stehen (z. B. aus exzentrischem Befüllen, aus Erdbebenbelastung usw.), sollte der Beulsicherheitsnachweis der Membran gegen Schubbeanspruchung wie für eine isotrope unausgesteifte Wand geführt werden (siehe A.1.4), möglicherweise jedoch mit durch die Steifen erhöhter Beulbeanspruchbarkeit. Zu diesem Zweck darf als äquivalente Schalenlänge l der schubbeanspruchten Schale der kleinere Wert aus der Höhe zwischen Versteifungsringen oder gehaltenen Rändern und dem zweifachen meridionalen Abstand der Steifen in Meridianrichtung eingesetzt werden, wobei vorausgesetzt wird, dass jede Steife für Meridianbiegung (um ihre Achse in Umfangsrichtung) eine größere als die nach der folgenden Gleichung errechnete Biegesteifigkeit EI_y hat:

$$EI_{y,\min} = 0{,}1\,Et^3\sqrt{r\,l} \tag{A.44}$$

wobei für l und t die gleichen Werte wie bei der kritischsten Beulform gelten.

(2) Endet eine diskrete Steife innerhalb der Schalenwand, sollte die Steifenkraft rechnerisch gleichmäßig über eine Höhe von nicht mehr als $4\sqrt{rt}$ in die Schale eingeleitet werden.

(3) Der Schubbeulwiderstand für die lokale Schubübertragung aus einer Steife in die Schale nach dem vorstehenden Absatz sollte den in A.1.4 angegebenen Wert nicht überschreiten.



a) b) c)

Legende

w Schweißnaht
FSW Reibschweißen

Bild A.10 — Typische axial ausgesteifte Schalen aus (a) und (b) Strangpressteilen und (c) Platten und Strangpressteilen

A.5.3 Isotrope Wände mit Steifen in Umfangsrichtung

(1) Für Beulsicherheitsnachweise gelten die in A.5.6 angegebenen Regeln unter der Annahme, dass sich die ausgesteifte Wand wie eine orthotrope Schale verhält.

A.5.4 In Umfangsrichtung profilierte Wände mit Steifen in Meridianrichtung

A.5.4.1 Allgemeines

(1) Die rechnerische Blechdicke ist ohne Überzüge und Beschichtungen (Kerndicke) und ohne geometrische Toleranzen anzusetzen.

(2) ▌A11⟩ Die minimale Kerndicke für die Wellblechwand sollte 0,68 mm betragen. ⟨A11▐

(3) In horizontal profilierten Zylinderwänden mit Meridiansteifen sollten der profilierten Wand rechnerisch keine meridionalen Lasten zugewiesen werden, es sein denn, sie wird als orthotrope Schale nach A.5.6 behandelt.

(4) Besonders beachtet werden sollte, dass die Steifen in der Meridianebene rechtwinklig zur Wand kontinuierlich ausgebildet sein müssen, weil diese Ausbildung der Steifen wesentlich für die Beulbeanspruchbarkeit ist.

(5) Falls die Wand mit Steifen in Meridianrichtung ausgesteift ist, sollten die Verbindungsmittel zwischen Blechen und Steifen so dimensioniert werden, dass eine Einleitung der auf alle Teile der Wandbleche verteilten Schubbeanspruchung in die Steifen sichergestellt ist. Die Blechdicke sollte so ausgewählt werden, dass Bruchversagen an diesen Verbindungsmitteln verhindert wird, wobei auch die reduzierte Lochleibungstragfähigkeit an Verbindungen in Profilblechen zu berücksichtigen ist.

(6) Für die Bemessungswerte für Spannungsresultanten und Widerstände und für die Nachweise sollten die Festlegungen in Abschnitt 5, 6.1 und A.1 gelten, aber mit den in den vorstehenden Absätzen (1) bis (5) angegebenen zusätzlichen Regeln.

ANMERKUNG Beispiele für die Anordnung von Wandaussteifungen werden in Bild A.11 gezeigt.

(7) Schrauben an den Stößen zwischen Blechsegmenten sollten die Anforderungen von EN 1999-1-1 erfüllen. Als Schraubengröße sollte mindestens M8 ausgewählt werden.

(8) Die Stoßausbildung sollten auch den Anforderungen nach ▌A11⟩ EN 1999-1-4 ⟨A11▐ für geschraubte Scherverbindungen entsprechen.

(9) Der Schraubenabstand in Umfangsrichtung sollte nicht größer sein als 3°.

(10) An Wanddurchbrüchen für Luken, Türen, Bohrer oder andere Vorrichtungen sollte an den betreffenden Stellen ein dickeres Wellblech vorgesehen werden, damit nicht die durch Steifigkeitsabweichungen verursachten Spannungserhöhungen zu örtlichen Rissen führen.

ANMERKUNG Ein typisches Schraubenbild für eine Wellblechtafel wird in Bild A.12 gezeigt.

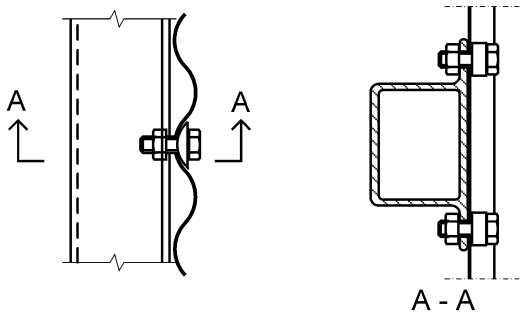


Bild A.11 — Beispiel für die Anordnung von Steifen in Meridianrichtung an in Umfangsrichtung profilierten Schalen

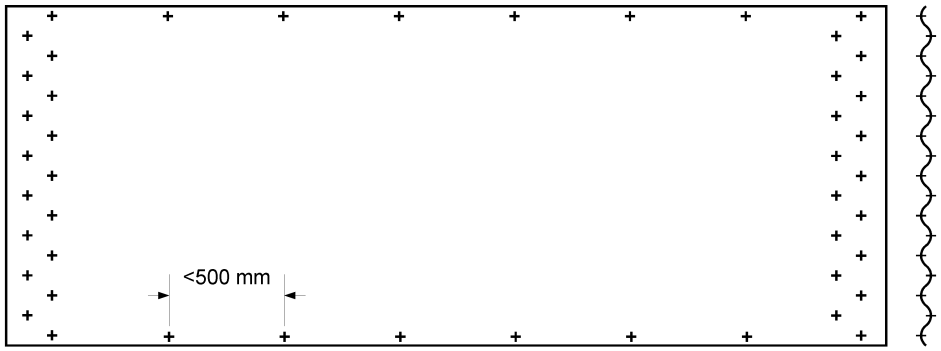


Bild A.12 — Typische Schraubenanordnung in einer Wellblechtafel

A.5.4.2 Axiale Druckbeanspruchung

(1) Der Bemessungswert für die Beanspruchbarkeit gegen axialen Druck sollte an jeder Stelle der Schale ermittelt werden, und zwar unter Berücksichtigung der für die Ausführung festgelegten Toleranzklasse, der Größe des garantiert gleichzeitig wirkenden Innendruckes p und der Ungleichmäßigkeit der Druckspannung in Umfangsrichtung. Die Veränderlichkeit des Axialdruckes in Meridianrichtung darf nicht berücksichtigt werden, es sei denn, dieser Teil enthält dazu spezielle Angaben.

(2) Für den Beulsicherheitsnachweis einer in Meridianrichtung ausgesteiften Wand sollte eines der beiden alternativen Verfahren angewendet werden:

a) Beulen einer verschmiert-orthotropen Ersatzschale (nach A.5.6), sofern der meridionale Abstand zwischen den Steifen der Bedingung A.5.6.1(3) entspricht;

b) Knicken der einzelnen Steifen (die profilierte Wand nimmt zwar voraussetzungsgemäß keine Axialkräfte auf, stützt aber die Steifen) nach A.5.4.3, falls der horizontale Abstand zwischen den Steifen der Bedingung in A.5.6.1(3) nicht entspricht.

(3) Für eine profilierte Schale ohne Steifen in Meridianrichtung sollte als charakteristischer Wert des lokalen plastischen Beulwiderstandes der größere der beiden folgenden Werte bestimmt werden: ⟨A11⟩

$$n_{\mathrm{x,Rk}} = \frac{t^2 f_{\mathrm{o}}}{2d} \tag{A.45}$$

und

$$n_{\mathrm{x,Rk}} = \frac{r_{\phi}\, t\, f_{\mathrm{o}}}{r} \tag{A.46}$$ ⟨A11⟩

Hierbei ist

t die Blechdicke;

d die Amplitude (Profilhöhe) von Wellental zu Wellenberg;

r_{ϕ} der örtliche Radius der Profilierung (siehe Bild A.14);

r der Radius des Zylinders.

Der lokale plastische Beulwiderstand $n_{\mathrm{x,Rk}}$ sollte als unabhängig vom Wert des Innendruckes p_{n} angesetzt werden.

ANMERKUNG Der lokale plastische Beulwiderstand $n_{x,Rk}$ beschreibt den Widerstand der Profilierung gegen Kollaps oder „Zusammenfallen“.

(4) Der Bemessungswert des lokalen plastischen Beulwiderstandes sollte nach folgender Gleichung bestimmt werden:

$$n_{x,Rd} = \frac{\alpha_x \, n_{x,Rk}}{\gamma_{M1}} \tag{A.47}$$

dabei ist: $\alpha_x = 0{,}80$ und γ_{M1} wie in 2.7.2 angegeben.

(5) An allen Stellen des Tragwerks sollten die Bemessungsspannungen die folgende Bedingung erfüllen:

$$n_{x,Ed} \leq n_{x,Rd} \tag{A.48}$$

A.5.4.3 Ausgesteifte Wand, als Reihe von Axialkraft tragenden Steifen behandelt

(1) Wird eine ausgesteifte Wellblechwand unter der Annahme berechnet, dass das Blech keine Axialkräfte trägt (Verfahren (b) in A.5.4.3), darf davon ausgegangen werden, dass es alle Knickverformungen der Steifen in der Wandebene verhindert, und der Knickwiderstand der Steifen sollte alternativ nach einem der beiden folgenden Verfahren errechnet werden:

a) Die Stützwirkung des Bleches für Knickverformungen rechtwinklig zur Wand wird vernachlässigt;

b) die elastische Stützwirkung durch die Steifigkeit des Bleches für Knickverformungen rechtwinklig zur Wand wird berücksichtigt.

(2) Bei Anwendung des Verfahrens (1)a) kann der Widerstand einer einzelnen Steife als der Widerstand gegen zentrischen Druck auf die Steife angenommen werden. Der Bemessungswert für die Beulbeanspruchbarkeit $N_{s,Rd}$ sollte nach folgender Gleichung errechnet werden: ▌A11⟩

$$N_{s,Rd} = \frac{\chi \, A_{eff} \, f_o}{\gamma_{M1}} \tag{A.49}$$ ⟨A11▌

wobei A_{eff} die effektive Querschnittsfläche der Steife ist.

(3) Der Abminderungsfaktor χ sollte für Biegeknicken rechtwinklig zur Wand (um die Querschnittsachse in Umfangsrichtung) in Abhängigkeit von der Art der Legierung aus EN 1999-1-1 und unabhängig von der angewendeten Legierung nach Knickkurve 2 ($\alpha = 0{,}32$ und $\overline{\lambda_0} = 0$) bestimmt werden. Als effektive Knicklänge zur Ermittlung des Abminderungsfaktors χ sollte der Abstand zwischen benachbarten Ringsteifen eingesetzt werden.

(4) Wenn die elastische Stützwirkung durch die Wand für das Knicken der Steife in Anspruch genommen wird, sollten die beiden folgenden Bedingungen erfüllt werden:

a) Als unterstützender Wandabschnitt sollte die Breite zwischen den beiden benachbarten Steifen an diesen gelenkig gelagert angenommen werden (siehe Bild A.13).

b) Eine mögliche Unterstützung durch die Steifigkeit des Schüttgutes sollte nicht in Anspruch genommen werden.

(5) Wenn keine genauere Berechnung durchgeführt wird, sollte die ideale elastische Verzweigungslast $N_{s,cr}$ nach der folgenden Gleichung unter der Annahme eines konstanten zentrischen Druckes errechnet werden:

$$N_{\mathrm{s,cr}} = 2\sqrt{EI_{\mathrm{s}}\,k} \tag{A.50}$$

Hierbei ist

EI_{s} die Biegesteifigkeit der Steife für Biegung rechtwinklig zur Wand (Nmm^2);

k die Federsteifigkeit des Blechs (N/mm je Millimeter Wandhöhe) zwischen den in Meridianrichtung benachbarten Steifen, siehe Bild A.13.

(6) Die Federsteifigkeit k des Wandbleches sollte unter der Annahme bestimmt werden, dass das Blech als Einfeldplatte zwischen den auf jeder Seite meridional benachbarten Steifen gespannt und dort gelenkig gelagert ist, siehe Bild A.13. Der Wert für k kann nach folgender Gleichung errechnet werden:

$$k = \frac{6\,D_{\theta}}{d_{\mathrm{s}}^3} \tag{A.51}$$

Hierbei ist

D_{θ} die Biegesteifigkeit des Blechs bei Biegung in Umfangsrichtung;

d_{s} der Abstand der Steifen in Meridianrichtung.

(7) Für profilierte Bleche mit Bogen-Tangenten-Profil oder mit Sinusprofil darf der Wert für D_{θ} aus [A11⟩ A.5.7(6) ⟨A11] entnommen werden. Für andere Profilierungen sollte die Biegesteifigkeit bei Biegung in Umfangsrichtung für den tatsächlichen Querschnitt bestimmt werden.

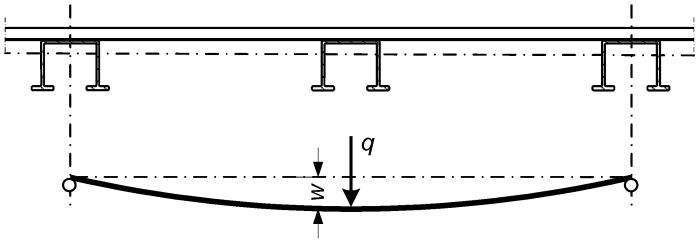
(8) Für die Bemessungsspannungen der Steife sollte an allen Punkten die folgende Bedingung erfüllt werden:

$$N_{\mathrm{s,Ed}} \leq N_{\mathrm{s,Rd}} \tag{A.52}$$

(9) Die Beanspruchbarkeit der Steifen gegen lokales Beulen und gegen Biegedrillknicken sollte nach EN 1999-1-1 bestimmt werden.

A.5.4.4 Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung (Ringspannung)

(1) Für die Nachweise der Beulsicherheit gelten die in A.5.6.3 angegebenen Regeln unter der Annahme, dass die ausgesteifte Wand sich wie eine orthotrope Schale verhält.



[A11⟩ $k = \frac{q}{w}$ ⟨A11]

Bild A.13 — Ermittlung der Stütz-Federsteifigkeit gegen Biegeknicken

A.5.5 Axial profilierte Wände mit Ringsteifen

A.5.5.1 Allgemeines

(1) In zylindrischen Wänden aus Profilblechen (Wellblechen) mit axial verlaufendem Profil sollten die beiden folgenden Bedingungen eingehalten werden:

a) Der profilierten Wand dürfen rechnerisch keine meridionalen Kräfte zugewiesen werden;

b) das profilierte Wandblech sollte als durchlaufend von Ring zu Ring zwischen den Ringmitten spannend angenommen werden.

(2) Die Blechstöße sollten so bemessen werden, dass die angenommene Biegekontinuität sichergestellt ist.

(3) Bei Ermittlung der axialen Druckkräfte in der Wand aus Wandreibung von Schüttgut sollten der gesamte Umfang der Schale und die Profilgeometrie berücksichtigt werden.

(4) Wenn das Profilblech bis zum Boden reicht, sollte die örtliche Biegebeanspruchung aus der Randstörung beachtet werden, wobei radial unverschiebliche Lagerung anzunehmen ist.

(5) Der profilierten Wand dürfen rechnerisch keine Umfangskräfte zugewiesen werden.

(6) Der Abstand der Ringsteifen ergibt sich aus einer Berechnung des Profilbleches als über die Ringe durchlaufenden Biegeträger, wobei möglicherweise der Einfluss unterschiedlicher radialer Verformungen von unterschiedlich großen Ringsteifen zu berücksichtigen ist. Die aus dieser Biegeberechnung resultierenden Spannungen sollten beim Beulsicherheitsnachweis für Axialdruckbeanspruchung zu den Normalkraftspannungen addiert werden.

ANMERKUNG Die Meridianbiegebeanspruchung des Profilbleches kann ermittelt werden, indem angenommen wird, dass das Blech ein an den Ringen elastisch gestützter Durchlaufträger ist. Die Auflagerfedersteifigkeit ergibt sich dabei aus der Steifigkeit des Ringes bei radialer Belastung.

(7) Die Ringsteifen sollten für die Aufnahme der meridionalen Belastung nach EN 1999-1-1 bemessen werden.

A.5.5.2 Axiale Druckbeanspruchung

(1) Im Rahmen der Beulsicherheitsnachweise gelten die in A.5.6.2 angegebenen Regeln unter der Annahme, dass die ausgesteifte Wand sich wie eine orthotrope Schale verhält.

A.5.5.3 Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung (Ringspannung)

(1) Im Rahmen der Beulsicherheitsnachweise gelten die in A.5.6.3 angegebenen Regeln unter der Annahme, dass die ausgesteifte Wand sich wie eine orthotrope Schale verhält.

A.5.6 Als orthotrope Schale behandelte ausgesteifte Wand

A.5.6.1 Allgemeines

(1) Wenn die ausgesteifte, entweder isotrope oder profilierte Wand als orthotrope Schale angesehen wird, sollte die resultierende verschmierte Steifigkeit als gleichmäßig verteilt angenommen werden. Bei profilierten Wänden sollte die Steifigkeit des Blechs in unterschiedlichen Richtungen aus ⟦A11⟩ A.5.7 ⟨A11⟧ entnommen werden.

(2) Die Biege- und Dehneigenschaften der Ring- und Längssteifen und die Exzentrizitäten zwischen den Steifenachsen und aller Schalenmittelflächen sowie der Steifenabstand d_s sollten ebenfalls bestimmt werden.

(3) Der meridionale Abstand zwischen den Steifen d_s (Bild A.10) sollte $d_{s,max}$ nicht überschreiten, wobei der maximale Abstand nach folgender Gleichung zu errechnen ist:

$$d_{s,max} = 7{,}4 \left(\frac{r^2 D_y}{C_y}\right)^{0{,}25} \tag{A.53}$$

Hierbei ist

D_y die Biegesteifigkeit des Bleches je Längeneinheit in Umfangsrichtung (parallel zum Profil für in Umfangsrichtung profiliertes Blech);

C_y die Dehnsteifigkeit des Bleches je Längeneinheit in Umfangsrichtung (parallel zum Profil für in Umfangsrichtung profiliertes Blech).

A.5.6.2 Axiale Druckbeanspruchung

(1) Die kritische Beulspannungsresultante $n_{x,cr}$ je Umfangseinheit der orthotropen Schale sollte auf allen Höhenkoten der Schale ermittelt werden, indem der folgende Ausdruck hinsichtlich der kritischen Umfangswellenzahl j und der Beulhöhe l_i minimiert wird:

$$n_{x,cr} = \frac{1{,}2}{j^2\omega^2}\left(A_1 + \frac{A_2}{A_3}\right) \tag{A.54}$$

mit:

$$A_1 = j^4[\omega^4 C_{44} + 2\omega^2(C_{45} + C_{66}) + C_{55}] + C_{22} + 2j^2 C_{25} \tag{A.55}$$

$$A_2 = 2\omega^2(C_{12} + C_{33})(C_{22} + j^2 C_{25})(C_{12} + j^2\omega^2 C_{14}) - (\omega^2 C_{11} + C_{33})(C_{22} + j^2 C_{25})^2 - \omega^2(C_{22} + \omega^2 C_{33})(C_{12} + j^2\omega^2 C_{14})^2 \tag{A.56}$$

$$A_3 = (\omega^2 C_{11} + C_{33})(C_{22} + C_{25} + \omega^2 C_{33}) - \omega^2(C_{12} + C_{33})^2 \tag{A.57}$$

mit:

$C_{11} = C_\phi + EA_s/d_s$

$C_{22} = C_\theta + EA_r/d_r$

$C_{12} = \nu\sqrt{C_\phi C_\theta}$

$C_{33} = C_{\phi\theta}$

$C_{14} = e_s EA_s/(rd_s)$

$C_{25} = e_r EA_r/(rd_r)$

[A11] $C_{44} = \frac{1}{r^2}\left(D_\phi + EI_s/d_s\right)$

$C_{55} = \frac{1}{r^2}\left(D_\theta + \frac{EI_r}{d_r}\right)$ [A11]

$C_{45} = \frac{\nu}{r^2}\sqrt{D_\phi D_\theta}$

[A11] $C_{66} = \frac{1}{r^2}\left[D_{\phi\theta} + 0{,}5\left(\frac{GI_{ts}}{d_s} + \frac{GI_{tr}}{d_r}\right)\right]$ [A11]

$\omega = \frac{\pi r}{j\, l_i}$

Hierbei ist

l_i die Halbwellenlänge der potentiellen Beule in Meridianrichtung;

j Anzahl der Beulwellen in Umfangsrichtung;

A_s die Querschnittsfläche einer Längssteife;

I_s das Flächenmoment 2. Grades (Flächenträgheitsmoment) einer Längssteife um ihre Querschnittsachse in Umfangsrichtung in der Schalenmittelfläche (Biegung in Meridianrichtung);

d_s der Abstand zwischen den Längssteifen;

I_{ts} das St.Venant'sche Torsionsträgheitsmoment einer Längssteife;

e_s die Exzentrizität einer Längssteife nach außen, bezogen auf die Schalenmittelfläche;

A_r die Querschnittsfläche einer Ringsteife;

I_r das Flächenmoment 2. Grades (Flächenträgheitsmoment) einer Ringsteife um ihre Querschnittsachse in Meridianrichtung in der Schalenmittelfläche (Biegung in Umfangsrichtung);

d_r der Abstand zwischen den Ringsteifen;

I_{tr} das St.Venant'sche Torsionsträgheitsmoment einer Ringsteife;

e_r die Exzentrizität einer Ringsteife nach außen, bezogen auf die Schalenmittelfläche;

C_ϕ die Dehnsteifigkeit in axialer Richtung;

C_θ die Dehnsteifigkeit in Umfangsrichtung;

$C_{\phi\theta}$ die in der Membran erzeugte Schubsteifigkeit;

D_ϕ die Biegesteifigkeit in axialer Richtung;

D_θ die Biegesteifigkeit in Umfangsrichtung;

$D_{\phi\theta}$ die Drillsteifigkeit bei Verdrehung;

r der Radius der Schale.

ANMERKUNG 1 Für Wellblech beziehen sich die oben für Steifen angegebenen Querschnittsgrößen (A_s, I_s, I_{ts} usw.) nur auf den Querschnitt der Steife; eine Berücksichtigung von mittragenden Anteilen der Schalenwand ist nicht möglich.

ANMERKUNG 2 Dehnsteifigkeit und Biegesteifigkeit des Wellblechs, siehe A.5.7(5) und (6).

ANMERKUNG 3 Der untere Rand der Beule kann dort angenommen werden, wo sich entweder die Blechdicke oder der Querschnitt der Steife ändert; bei jeder dieser Änderungen muss die Beulbeanspruchbarkeit unabhängig überprüft werden.

(2) Der Bemessungswert für die Beulbeanspruchbarkeit $n_{x,Rd}$ für die orthotrope Schale sollte je nach Güteklasse der Schale nach A.1.2 und 6.2.3.2 bestimmt werden. Die kritische Beulbeanspruchbarkeit $n_{x,cr}$

sollte aus (1) ermittelt werden. Für ausgesteifte Schale mit isotropen Wänden darf ein erhöhter Gütefaktor $Q_{\text{stiff}} = 1{,}3\ Q$ angewendet werden.

A.5.6.3 Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung (Ringspannung)

(1) Die kritische Beulspannung bei einem gleichmäßigen Außendruck $p_{\text{n,cr}}$ sollte bewertet werden, indem der folgende Ausdruck hinsichtlich der kritischen Umfangswellenzahl j minimiert wird:

$$p_{\text{n,cr}} = \frac{1}{r\,j^2}\left(A_1 + \frac{A_2}{A_3}\right) \tag{A.58}$$

wobei A_1, A_2 und A_3 den Angaben in [A11⟩ A.5.6.2(1) ⟨A11] entsprechen.

(2) Ist der Steifenquerschnitt oder die Blechdicke über die Wandhöhe veränderlich, sollten verschiedene potentielle Beullängen l_{i} untersucht werden, um die kritischste Beullänge zu bestimmen, wenn von der Annahme ausgegangen wird, dass stets das obere Ende der potentiellen Beule am oberen Rand des dünnsten Blechschusses liegt.

ANMERKUNG Wenn oberhalb des dünnsten Blechschusses noch ein Bereich mit dickerem Blech liegt, kann das obere Ende der potentiellen Beule nicht nur am oberen Rand des dünnsten Blechschusses liegen, sondern auch am oberen Rand der Wand.

(3) Sofern keine genauere Berechnung durchgeführt wird, sollte bei der oben beschriebenen Berechnung als Blechdicke stets die Dicke des dünnsten Blechschusses eingeführt werden.

(4) Für Schalen ohne Dach unter Windlast sollte der vorstehend errechnete Beuldruck um einen Faktor 0,6 verringert werden.

(5) Der Bemessungswert der Beulspannung für die Wand sollte in Abhängigkeit von der Güteklasse der Schale nach 6.2.3.2 und A.1.3 bestimmt werden. Der kritische Beuldruck $p_{\text{n,cr}}$ sollte nach (1) ermittelt werden. Für den in A.1.3.1 angegebenen Koeffizienten C_θ sollte $C_\theta = 1$ angewendet werden.

A.5.6.4 Schubbeanspruchung

(1) Es gelten die in A.5.2.4 angegebenen Regeln für isotrope Wände mit Steifen in Meridianrichtung.

A.5.7 Äquivalente orthotrope Eigenschaften des Wellblechs

(1) Profilbleche als Teile eines Schalentragwerkes dürfen bei der Berechnung durch gleichmäßig orthotrope Platten bzw. Schalen ersetzt werden.

(2) Für Profilbleche mit Bogen-Tangenten-Profil oder mit Sinusprofil (Wellbleche) dürfen bei Spannungs- und Beulberechnungen die nachfolgenden Eigenschaften verwendet werden. Für andere Profilierungen sollten die entsprechenden Eigenschaften nach EN 1999-1-4 für den tatsächlichen Querschnitt errechnet werden.

(3) Die Eigenschaften eines Wellbleches sollten in einem x-y-Koordinatensystem definiert werden, wobei die y-Achse parallel zur Profilierung verläuft (Geraden auf der Oberfläche) und die x-Achse rechtwinklig dazu (Wellentäler und -berge). Die Profilgeometrie wird, unabhängig von der genauen Wellenprofilierung, durch folgende Parameter beschrieben, siehe Bild A.14, wobei sind:

d das Maß zwischen zwei Wellenbergen;

l die Wellenlänge des Profils;

r_ϕ der örtliche Radius am Wellenberg oder im Wellental.

(4) Alle Eigenschaften dürfen als eindimensional behandelt werden, d. h., es gibt keine Poisson-Effekte zwischen den beiden Richtungen.

(5) Für die Ersatzeigenschaften der Membran (Dehnsteifigkeit) darf angenommen werden:

$$C_x = Et_x = E\frac{2t^3}{3d^2} \tag{A.59}$$

$$C_y = Et_y = Et\left(1 + \frac{\pi^2 d^2}{4l^2}\right) \tag{A.60}$$

$$C_{xy} = Et_{xy} = \frac{G2t}{1 + \frac{\pi^2 d^2}{4l^2}} \tag{A.61}$$

Hierbei ist

t_x die Ersatzdicke für verschmierte Membrankräfte rechtwinklig zu den Profilierungen;

t_y die Ersatzdicke für verschmierte Membrankräfte parallel zu den Profilierungen;

t_{xy} die Ersatzdicke für verschmierte Membranschubkräfte.

(6) Für die Ersatzeigenschaften (Biegesteifigkeit), die nach der Richtung indiziert werden, in der das Moment eine Biegung erzeugt (nicht nach der Biegeachse), darf angenommen werden:

$$D_x = EI_x = \frac{Et^3}{12(1 - \nu^2)} \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 d^2}{4l^2}} \tag{A.62}$$

$$D_y = EI_y = 0{,}13\, Etd^2 \tag{A.63}$$

$$D_{xy} = GI_{xy} = \frac{Gt^3}{12}\left(1 + \frac{\pi^2 d^2}{4l^2}\right) \tag{A.64}$$

Hierbei ist

I_x das Ersatzflächenmoment 2. Grades (Ersatzträgheitsmoment) für verschmierte Biegung rechtwinklig zur Profilierung;

I_y das Ersatzflächenmoment 2. Grades (Ersatzträgheitsmoment) für verschmierte Biegung parallel zur Profilierung;

I_{xy} das Ersatzflächenmoment 2. Grades (Ersatzträgheitsmoment) für verschmierte Biegung für Drillung.

ANMERKUNG 1 Biegung parallel zur Profilierung aktiviert die Biegesteifigkeit des Profils und ist der eigentliche Grund für den Einsatz von Profilblechen.

ANMERKUNG 2 Alternative Ausdrücke für die orthotropen Ersatzsteifigkeiten profilierter Bleche werden in den in EN 1993-4-1 angegebenen Verweisungen genannt.

(7) In kreisförmigen Schalen mit in Umfangsrichtung verlaufender Profilierung sollten die Richtungen x und y in den vorstehenden Ausdrücken als axiale Koordinate ϕ bzw. als Umfangskoordinate θ genommen werden. Verläuft die Profilierung in Meridianrichtung, sollten die Richtungen x und y als Umfangskoordinate θ bzw. als axiale Koordinate ϕ genommen werden, ⟦A11⟩ siehe Bild A.14 ⟨A11⟧.

(8) Die Schubeigenschaften sollten als unabhängig von der Profilierungsrichtung angenommen werden. Für G darf ein Wert von $E/2{,}6$ angewendet werden.

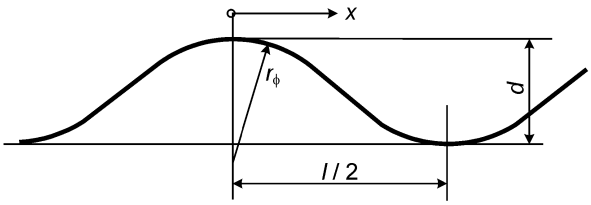


Bild A.14 — Wellblechprofil und geometrische Parameter

A.6 Unausgesteifte kugelförmige Schalen unter gleichmäßigem Druck in Umfangsrichtung

A.6.1 Bezeichnungen und Randbedingungen

(1) Allgemeine Größen (Bild A.15):

r Radius der Mittelfläche der Kugel;

t Dicke der Schale:

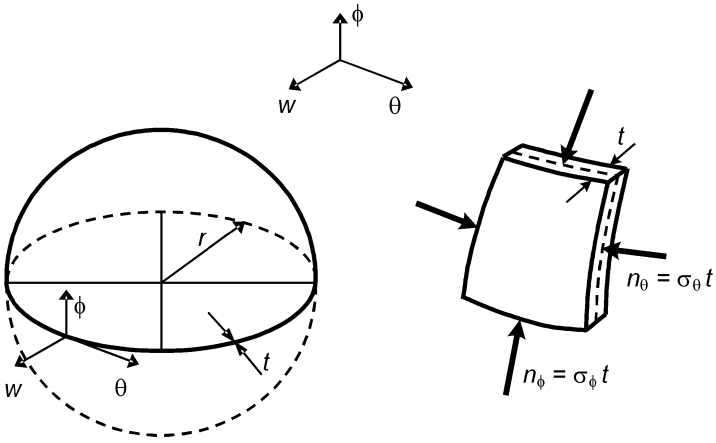


Bild A.15 — Geometrie der Kugel sowie Membranspannungen und Spannungsresultanten

(2) Die Randbedingungen werden in 5.2 und 6.2.2 festgelegt.

A.6.2 Kritische Beulspannungen

(1) Die folgenden Ausdrücke dürfen nur auf vollständige Kugeln oder Kugelkappen mit den Randbedingungen BC1r oder BC1f am unteren Rand angewendet werden.

(2) In Kugeln oder Kugelkappen entsteht ein gleichmäßiger Druck in Umfangsrichtung durch Einwirkung eines gleichmäßigen Außendrucks, oder er kann auf kreisförmige Silos oder Tankdächer wirken, wenn bei Auftreten einer Vertikallast (Falllast) eine Verblasungsaktion erfolgt.

(3) Für den Fall eines Druckes in Umfangsrichtung durch gleichmäßigen Außendruck p kann die entsprechende Spannung nach folgender Gleichung errechnet werden:

$$\sigma_\theta = \sigma_\phi = \frac{pr}{2t} \tag{A.65}$$

(4) Die kritische Beulspannung unter gleichmäßigem Druck in Umfangsrichtung sollte nach folgender Gleichung ermittelt werden:

$$\sigma_{\theta,\mathrm{cr}} = \sigma_{\phi,\mathrm{cr}} = 0{,}605\, E \frac{t}{r} \tag{A.66}$$

A.6.3 Beulparameter in Umfangsrichtung

(1) Der elastische Imperfektionsfaktor sollte nach folgender Gleichung errechnet werden: [A11⟩

$$\alpha_\theta = \frac{1}{1 + 2{,}60 \left(\frac{1}{Q} \sqrt{\frac{0{,}6\, E}{f_o} \left(\bar{\lambda}_\theta - \bar{\lambda}_{\theta,0} \right)} \right)^{1{,}44}} \qquad \text{aber } \alpha_\theta \leq 1{,}00 \tag{A.67}$$ ⟨A11]

Hierbei ist

$\bar{\lambda}_{\theta,0}$ der Schlankheitsparameter für die Quetschgrenze;

Q der Toleranzparameter.

(2) Der Toleranzparameter Q sollte für die jeweils festgelegte Toleranzklasse aus Tabelle A.13 entnommen werden.

(3) Der Legierungsfaktor und der Schlankheitsparameter für die Quetschgrenze sollten entsprechend der in EN 1999-1-1 festgelegten Beulklasse des Werkstoffs aus Tabelle A.14 entnommen werden.

Tabelle A.13 — Toleranzparameter Q

Toleranzklasse	Q
Klasse 1	16
Klasse 2	25
Klassen 3 und 4	40

Tabelle A.14 — Werte für $\bar{\lambda}_{\theta,0}$ und [A11⟩ μ_θ ⟨A11] für gleichmäßigen Druck in Umfangsrichtung

Beulklasse des Werkstoffs	$\bar{\lambda}_{\theta,0}$	[A11⟩ μ_θ ⟨A11]
A	0,20	0,35
B	0,10	0,20

Anhang B
(informativ)

Beulberechnung torikonischer und torisphärischer Schalen

B.1 Allgemeines

(1) Für die konischen und kugelförmigen Enden von Zylinderschalen oder ähnlichen Konstruktionen, die mit Hilfe eines Ringkörpers oder direkt ($r_T = 0$) mit dem Zylinder verbunden sind, gelten die in diesem Abschnitt angegebenen Regeln.

B.2 Bezeichnungen und Randbedingungen

(1) In diesem Abschnitt werden die folgenden Bezeichnungen angewendet, siehe Bild B.1:

r Radius der Mittelfläche der Zylinderschale;

r_s Radius der Kugelschale;

α Winkel der Ringkörperschale oder halber Spitzenwinkel der Kegelschale;

r_T Radius des Ringkörpers;

t_T Dicke der Schale für Ringkörper, Kegel oder Kugel;

l Länge des anschließenden Zylinders;

t_C Wanddicke des anschließenden Zylinders.

(2) Die Regeln gelten bei konstantem Außendruck, der orthogonal auf die Oberfläche der Schale wirkt.

(3) Der folgende Anwendungsbereich gilt:

$$t_T \leq t_C \tag{B.1}$$

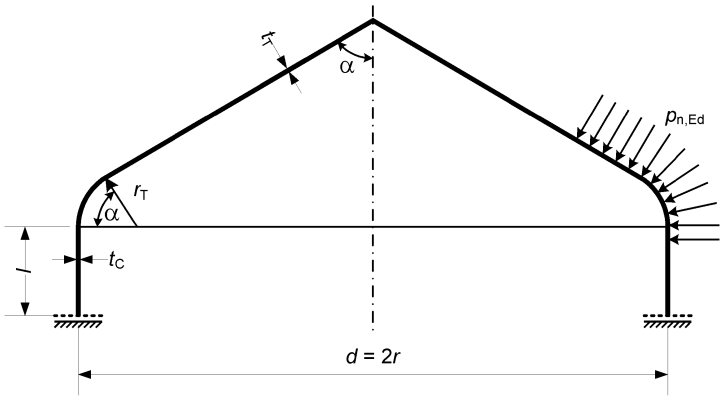
$$35 \leq r/t_C \leq 1\,250 \tag{B.2}$$

$$45° \leq \alpha \leq 75° \tag{B.3}$$

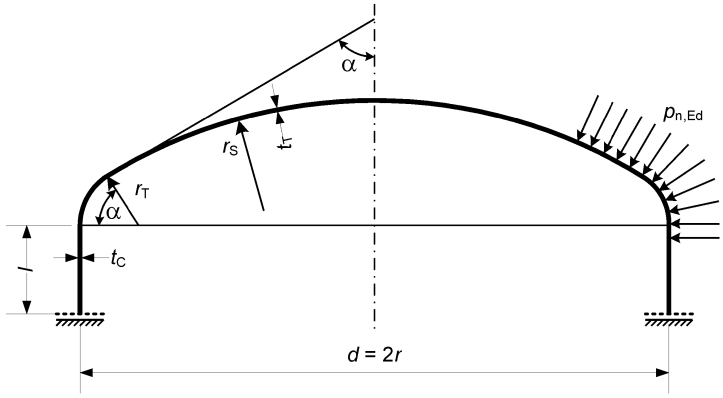
$$0 \leq r_T/r \leq 0{,}4 \tag{B.4}$$

[A11⟩ $1{,}2 \leq r_s/r \leq 3$ ⟨A11] (B.5)

[A11⟩ $1 \leq 1\,000\, f_o/E \leq 4$ ⟨A11] (B.6)



a) Torikonische Form



b) Torisphärische Form

Bild B.1 — Geometrie und Lasten an den Enden des Zylinders

B.3 Außendruck

B.3.1 Kritischer Außendruck

(1) Für eine torikonische Schale wird der kritische Außendruck (Beuldruck) nach einer der folgenden Gleichungen errechnet:

$$p_{\mathrm{n,cr}} = \frac{2{,}42}{(1-\nu^2)^{0{,}75}} E \sin\alpha \,(\cos\alpha)^{1{,}5} \left(\frac{t_T}{\bar{r}}\right)^{2{,}5} \quad \text{oder} \tag{B.7}$$

$$p_{\mathrm{n,cr}} = 2{,}60\, E \sin\alpha \,(\cos\alpha)^{1{,}5} \left(\frac{t_T}{\bar{r}}\right)^{2{,}5} \quad \text{für } \nu = 0{,}3$$

Hierbei ist

$$\bar{r} = r - r_{\mathrm{T}}(1-\cos\alpha) + \sqrt{r_{\mathrm{T}} t_{\mathrm{T}}}\sin\alpha \quad \text{mit } \bar{r} \le r$$

(2) Für eine torisphärische Schale wird der kritische Beul-Außendruck nach folgender Gleichung errechnet:

$$p_{\mathrm{n,cr}} = 1{,}21\, C_{\mathrm{k}}\, E \left(\frac{t_{\mathrm{T}}}{r_{\mathrm{S}}}\right)^2 \tag{B.8}$$

mit:

$$C_{\mathrm{k}} = (r_{\mathrm{S}}/r)^2\, \beta^{0{,}7\sqrt{r_{\mathrm{S}}/r-1}}$$

wobei β der größere der folgendermaßen bestimmten Werte ist:

$$\beta = 0{,}105\left(\frac{t_{\mathrm{C}}}{r}\right)^{0{,}19} \quad \text{und} \quad \beta = 0{,}088\left(\frac{r_{\mathrm{T}}}{r}\right)^{0{,}23}$$

B.3.2 Gleichmäßiger Außendruck an der Quetschgrenze

(1) Für torikonische und torisphärische Schalen darf der gleichmäßige Außendruck an der Quetschgrenze [A11⟩ nach (B.9) bestimmt werden oder darf ⟨A11] aus der graphischen Darstellung in Bild B.2 entnommen oder für $r_{\mathrm{T}} = 0$ nach Gleichung (B.10) oder nach Gleichung (B.11) angenähert errechnet werden.

$$p_{\mathrm{n,Rk}} = f_{\mathrm{o}}\left(14{,}5 - 450\frac{f_{\mathrm{o}}}{E}\right)\left(1 + 2\frac{r_{\mathrm{T}}}{r} + 7{,}13\left(\frac{r_{\mathrm{T}}}{r}\right)^2\right)\frac{\cos\alpha}{\left(\frac{2r}{t}\right)^{1{,}5}} \tag{B.9}$$

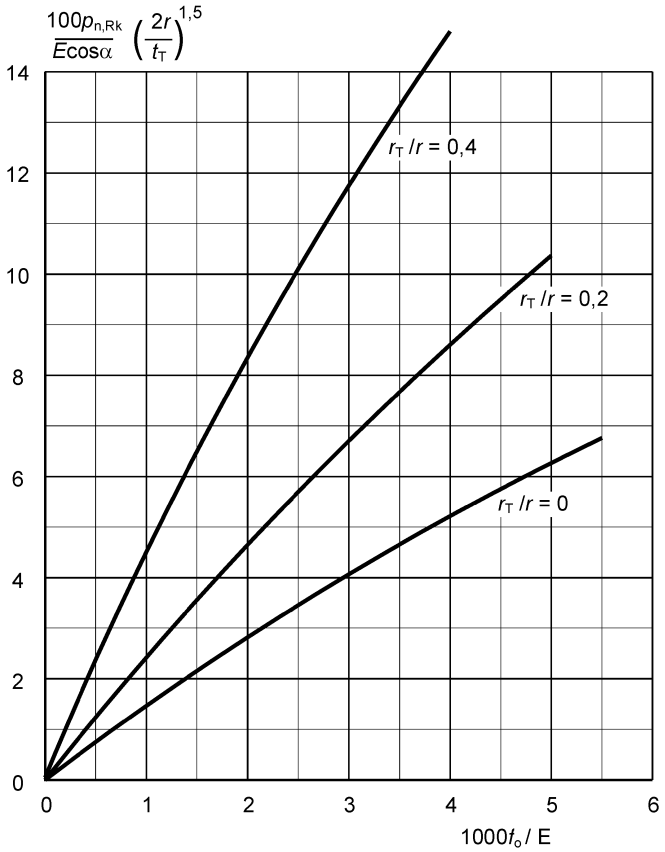


Bild B.2 — Bleibender Außendruck für torikonische und torisphärische Schalen

— Für eine torikonische Schale: [A11⟩

$$p_{\mathrm{n,Rk}} = 4{,}4\sqrt{\frac{t_{\mathrm{T}}}{r}}\, f_{\mathrm{o}}\, \frac{t_{\mathrm{T}}}{r/\cos\alpha} \tag{B.10}$$

— Für eine torisphärische Schale:

$$p_{\mathrm{n,Rk}} = 4{,}4\sqrt{\frac{t_T}{\mathrm{r}}}\, f_{\mathrm{o}}\, \frac{t_{\mathrm{T}}}{r_{\mathrm{S}}} \qquad \text{(B.11)}$$ ⟨A11⟩

B.3.3 Beulparameter unter Außendruck

(1) Der elastische Imperfektionsfaktor sollte nach folgender Gleichung errechnet werden: ⟩A11⟩

$$\alpha_\theta = \frac{1}{1 + 2{,}60\left(\frac{1}{Q}\sqrt{\frac{0{,}6\,E}{f_{\mathrm{o}}}\left(\bar{\lambda}_\theta - \bar{\lambda}_{\theta,0}\right)}\right)^{1{,}44}} \qquad \text{aber} \quad \alpha_\theta \leq 1{,}00 \qquad \text{(B.12)}$$ ⟨A11⟩

Hierbei ist

$\bar{\lambda}_{\theta,0}$ der Schlankheitsparameter für die Quetschgrenze;

Q der Toleranzparameter.

(2) Der Toleranzparameter Q sollte für die jeweils festgelegte Toleranzklasse aus Tabelle B.1 entnommen werden.

(3) Der Legierungsfaktor und der Schlankheitsparameter für die Quetschgrenze sollten entsprechend der in EN 1999-1-1 festgelegten Beulklasse des Werkstoffs aus Tabelle B.2 entnommen werden.

Tabelle B.1 — Toleranzparameter Q

Toleranzklasse	Q
Klasse 1	16
Klasse 2	25
Klassen 3 und 4	40

Tabelle B.2 — Werte für $\bar{\lambda}_{\theta,0}$ und ⟩A11⟩ μ_θ ⟨A11⟩ für Außendruck

Beulklasse des Werkstoffs	$\bar{\lambda}_{\theta,0}$	⟩A11⟩ μ_θ ⟨A11⟩
A	0,20	0,35
B	0,10	0,20

B.4 Innendruck

B.4.1 Kritischer Innendruck

(1) Der kritische (Beul-)Inndruck für eine torikonische Schale ist

$$p_{\mathrm{n,cr}} = 1\,000\,E\left(\frac{56\,300}{\alpha^{2,5}} - 0{,}71\right)\left(\frac{t}{2r}\right)^3 \qquad \text{wenn} \qquad \frac{r_{\mathrm{T}}}{2r} = 0 \qquad \text{(B.13)}$$

$$p_{\mathrm{n,cr}} = 1\,000\,\eta\,E\,\frac{r_{\mathrm{T}}}{2r}\left(\frac{t}{2r}\right)^3 \quad \text{wenn} \quad \frac{r_{\mathrm{T}}}{2r} \neq 0 \tag{B.14}$$

Wobei der Parameter η aus Bild B.3 entnommen werden sollte.

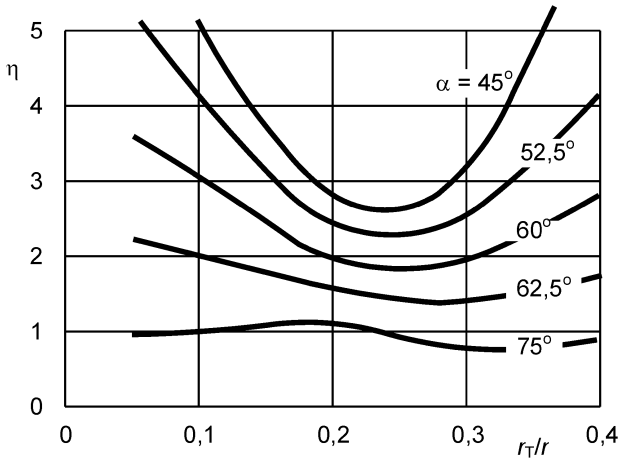


Bild B.3 — Parameter für Ausdruck (B.14)

(2) Der kritische Beulinnendruck für eine torisphärische Schale ist

$$p_{\mathrm{n,cr}} = 100E\left(1{,}85\frac{r_{\mathrm{T}}}{r} + 0{,}68\right)\left(\frac{t}{r_{\mathrm{S}}}\right)^{2{,}45} \tag{B.15}$$

B.4.2 Gleichmäßiger Innendruck an der Quetschgrenze

(1) Der gleichmäßige Innendruck an der Quetschgrenze für torikonische und torisphärische Schalen ist durch den Ausdruck (B.16) gegeben oder kann dem Diagramm in Bild B.4 entnommen werden:

$$p_{\mathrm{n,Rk}} = f_{\mathrm{o}}\left(1{,}2 - 120\frac{f_{\mathrm{o}}}{E}\right)\left(1 + 3{,}9\frac{r_{\mathrm{T}}}{r} + 67\left(\frac{r_{\mathrm{T}}}{r}\right)^2\right)\frac{\cos\alpha}{\left(\frac{2r}{t}\right)^{1{,}25}} \tag{B.16}$$

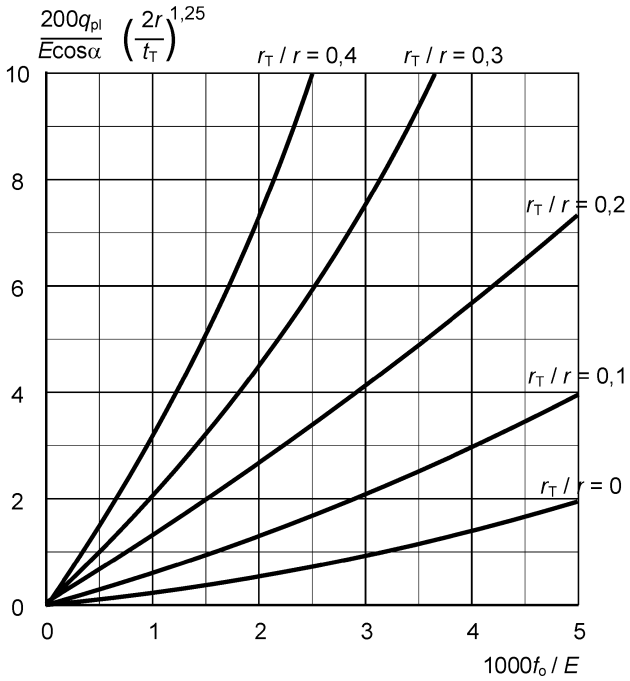


Bild B.4 — Bleibender Innendruck für torikonische und torisphärische Schalen

B.4.3 Beulparameter unter Innendruck

(1) Der Imperfektionsfaktor sollte nach folgender Gleichung ermittelt werden:

$$\alpha_\theta = \frac{1}{1 + 2{,}60\left(\frac{1}{Q}\sqrt{\frac{0{,}6E}{f_o}(\bar{\lambda}_\theta - \bar{\lambda}_{\theta,0})}\right)^{1{,}44}} \qquad \text{aber} \quad \alpha_\theta \leq 1{,}00 \tag{B.17}$$

Hierbei ist

$\bar{\lambda}_{\theta,0}$ der Schlankheitsparameter für die Quetschgrenze;

Q der Toleranzparameter.

(2) Der Toleranzparameter Q sollte für die jeweils festgelegte Toleranzklasse aus Tabelle B.3 entnommen werden.

(3) Der Legierungsfaktor und der Schlankheitsparameter für die Quetschgrenze sollten entsprechend der in EN 1999-1-1 festgelegten Beulklasse des Werkstoffes aus Tabelle B.4 entnommen werden.

Tabelle B.3 — Toleranzparameter Q für Innendruck

Toleranzklasse	Q
Klasse 1	16
Klasse 2	25
Klassen 3 und 4	40

Tabelle B.4 — Werte $\bar{\lambda}_{\theta,0}$ und μ_θ für Innendruck

Beulklasse des Werkstoffs	$\bar{\lambda}_{\theta,0}$	μ_θ
A	0,20	0,35
B	0,10	0,20