

Niedersächsisches
Ministerialblatt

61. (66.) Jahrgang

Hannover, den 31. 10. 2011

Nummer 39 a

ANLAGENBAND

zur

Liste der Technischen Baubestimmungen
— Fassung September 2011 —

DIN 1052 Berichtigung 1

DIN 1056

DIN 18516-1

DIN 18551

DIN EN 13084

DIN EN 14487

Die hier abgedruckten Technischen Baubestimmungen sind nur in Verbindung mit dem RdErl. des MS vom 30. 9. 2011 (Nds. MBl. S. 743) zu verwenden.

– DIN 1052 Berichtigung 1: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken; Berichtigung zu DIN 1052:2008-12; Ausgabe 2010-05	1
– DIN 1056: Freistehende Schornsteine in Massivbauart — Tragrohr aus Mauerwerk Berechnung und Ausführung; Ausgabe: 2009-01	5
– DIN 18516-1: Außenwandbekleidung, hinterlüftet — Teil 1: Anforderungen, Prüf-Grundsätze; Ausgabe: 2010-06	25
– DIN 18551: Spritzbeton — Nationale Anwendungsregeln zur Reihe DIN EN 14487 und für die Bemessung von Spritzbetonkonstruktionen; Ausgabe: 2010-02	53
– DIN EN 13084: Freistehende Schornsteine	
– Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Ausgabe: 2007-05	73
– Teil 2: Betonschornsteine; Ausgabe: 2007-08	117
– Teil 4: Innenrohre aus Mauerwerk — Entwurf, Bemessung und Ausführung; Ausgabe: 2005-12	143
– Teil 6: Innenrohre aus Stahl — Bemessung und Ausführung; Ausgabe: 2005-03	187
– Teil 8: Entwurf, Bemessung und Ausführung von Tragmastkonstruktionen mit angehängten Abgasanlagen; Ausgabe: 2005-08	205
– DIN EN 14487: Spritzbeton	
– Teil 1: Begriffe, Festlegungen und Konformität; Ausgabe: 2006-03	221
– Teil 2: Ausführung; Ausgabe: 2007-01	259

DIN 1052 Berichtigung 1**DIN**

ICS 91.080.20

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

**Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken –
Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den
Hochbau,
Berichtigung zu DIN 1052:2008-12**

Design of timber structures –
General rules and rules for buildings,
Corrigendum to DIN 1052:2008-12

Calcul des structures en bois –
Règles générales et règles pour les bâtiments,
Corrigendum à DIN 1052:2008-12

Gesamtumfang 4 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN 1052 Ber 1:2010-05

In

DIN 1052:2008-12

sind folgende Berichtigungen (jeweils in Anführungszeichen und hervorgehoben) vorzunehmen.

8.3 Zeitabhängige Verformungen*Absatz (3) ist wie folgt zu korrigieren:*

„(3) Bei druckbeanspruchten Bauteilen in den Nutzungsklassen 2 und 3 ist der Einfluss des Kriechens zu berücksichtigen, wenn der Bemessungswert des ständigen **und des quasi-ständigen** Lastanteiles 70 % des Bemessungswertes der Gesamtlast überschreitet. Die Berücksichtigung darf durch eine Abminderung der Steifigkeit um den Faktor $1/(1 + k_{def})$ erfolgen.“

8.7.8 Wandtafeln mit diagonaler Brettschalung*Absatz (1) ist wie folgt zu korrigieren:*

„(1) Werden Wandtafeln mit diagonaler Brettschalung ausgebildet, so dürfen **die Nachweise für** die durch eine horizontale Kraft F_v verursachten Beanspruchungen vereinfachend am statischen Fachwerkmodell aus den vier Randrippen und einer Diagonalen geführt werden, wobei die Tafellänge größer als die halbe und kleiner als die 2fache Tafelhöhe sein muss.“

10.2.5 Druck unter einem Winkel α *In Gleichung (49) ist „ $k_{a,c}$ “ durch „ $k_{c,\alpha}$ “ zu ersetzen.***10.5.3 Aus Holz oder Holzwerkstoffen zusammengesetzte Druckstäbe mit nachgiebigem Verbund und doppelsymmetrischem Querschnitt***In Gleichung (112) ist wie folgt zu korrigieren:**„für dreiteilige Rahmenstäbe“ ist durch „für zweiteilige Rahmenstäbe“ zu ersetzen***11.4.2 Queranschlüsse***In der Legende zu Gleichung (154) ist wie folgt zu korrigieren:*

„ α $\frac{a}{h}$, siehe Bild 36.“

Gleichung (159) ist wie folgt zu korrigieren:

$$„k_k \cdot \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} \leq 1 \quad (159)“$$

14.5 Universal-Keilzinkenverbindungen von Brettschichtholz und Balkenschichtholz*Absatz (4) ist durch Streichung des Wortes "bei" vor „Querschnittsschwächungen“ wie folgt zu korrigieren:*

„(4) Bei der Berechnung der Normalspannungen sind Querschnittsschwächungen durch die Universal-Keilzinkenverbindung zu berücksichtigen. Sie dürfen ohne genaueren Nachweis zu 20 % der Bruttoquerschnittswerte angenommen werden.“

15.1 Versätze

Gleichung (281) ist wie folgt zu korrigieren:

$$„t_v \leq \begin{cases} h/4 & \text{für } \gamma \leq 50^\circ \\ h/6 & \text{für } \gamma > 60^\circ \end{cases} \quad (281)“$$

Anhang E

E.2 Knicklängenbeiwerte (Biegeknicken)

In Tabelle E.1, Zeile 5, Spalte 2 ist die Bestimmungsgleichung für β_R ist wie folgt zu korrigieren:

$$„\beta_R = \beta_s \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_R \cdot N_S}{E \cdot I_S \cdot N_R}} \cdot \frac{h}{s}“$$

In Absatz (9) ist der fehlende Verweis auf Tabelle E.1 aufzunehmen:

„(9) Das Zusatzmoment in der elastischen Feder bei den Systemen 2, 3 und 5 nach Tabelle E.1 darf wie folgt angenommen werden.“

E.3 Kipplängenbeiwerte (Biegedrillknicken, Kippen)

Das Bild E.2 ist durch folgendes zu ersetzen.“

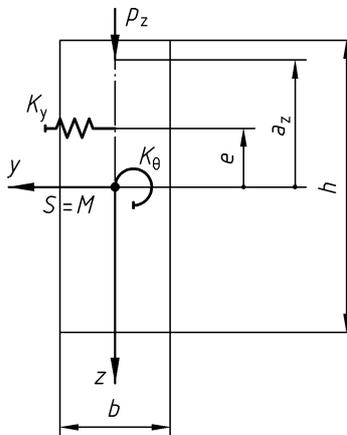


Bild E.2 — Bezeichnungen am Rechteckquerschnitt“

In der Legende zu Gleichung (E.7) ist die Erläuterungszeile von T wie folgt zu korrigieren:

$$„T = G \cdot I_{\text{tor}} \quad \text{Torsionssteifigkeit (Rechteckquerschnitt: } T \cong \frac{G \cdot b^3 \cdot h}{3} \text{);“}$$

In der Legende zu Gleichung (E.8) ist die Bestimmungsgleichung von β wie folgt zu korrigieren:

DIN 1052 Ber 1:2010-05

$$\beta = \sqrt{\left(1 + \frac{K_y \cdot \ell^4}{B \cdot \pi^4}\right) \cdot \left(1 + \frac{(K_\theta + e^2 \cdot K_y) \cdot \ell^2}{T \cdot \pi^2}\right)} + \frac{e \cdot K_y \cdot \ell^3}{\sqrt{B \cdot T \cdot \pi^3}}$$

Anhang F

Tabelle F.23, Zeile 1, Spalte 3 ist wie folgt zu korrigieren:

„500 mm < ℓ_{ad} ≤ 1 000 mm“

Anhang G

In den Unterabschnitten G.4.4(2), G.4.5(2), G.4.6(2), G.4.7(2), G.4.8(2) ist zu korrigieren:

die Materialangabe „H320M“ wird durch „HC340LA“ ersetzt.

DIN 1056**DIN**

ICS 91.060.40

Ersatz für
DIN 1056:1984-10**Freistehende Schornsteine in Massivbauart –
Tragrohr aus Mauerwerk –
Berechnung und Ausführung**Solid construction, free-standing chimneys –
Brick liners –
Calculation and designCheminées isolées en construction dur –
Conduits en briques de terre suite –
Calcul et exécution

Gesamtumfang 20 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN 1056:2009-01**Inhalt**

Seite

Vorwort	4
Änderungen	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	7
4 Bautechnische Unterlagen	7
4.1 Allgemeines	7
4.2 Erläuterung der chemischen und thermischen Betriebsverhältnisse	7
4.3 Berechnungen	7
4.3.1 Statische Berechnung	7
4.3.2 Wärmetechnische und strömungstechnische Berechnungen	7
4.4 Zeichnungen	8
5 Personal und Ausstattung der Unternehmen und Baustellen	8
6 Baustoffe	8
6.1 Allgemeines	8
6.2 Tragrohr	8
6.2.1 Mauersteine	8
6.2.2 Normalmauermörtel	8
6.3 Metalle	9
6.4 Schutzschichten	9
6.4.1 Allgemeines	9
6.4.2 Dünnbeschichtungen	9
6.4.3 Dickbeschichtungen	9
7 Nachweis der Güte der Baustoffe	9
8 Einwirkungen	9
8.1 Allgemeines	9
8.2 Eigenlast	10
8.3 Nutzlast	10
8.4 Windlast	10
8.5 Planmäßiger Unter- und Überdruck	10
8.6 Wärmeeinwirkung	10
8.6.1 Allgemeines	10
8.6.2 Wärmeleitfähigkeit	11
8.7 Schiefstellungen	11
8.8 Imperfektionen	11
8.9 Einwirkungen aus Bauzuständen	11
8.10 Erdbeben	11
9 Ermittlung der Schnittgrößen	11
9.1 Allgemeines	11
9.2 Tragrohr	11
9.2.1 Allgemeines	11
9.2.2 Momente nach Theorie II. Ordnung	12
9.3 Öffnungen im Tragrohr	12
9.4 Tragende Einbauten im Tragrohr	13
10 Bemessung	13
10.1 Allgemeines	13
10.2 Tragrohr	14
10.3 Öffnungen im Tragrohr	14
10.4 Tragende Einbauten im Tragrohr	14

	Seite
11	Konstruktion 15
11.1	Allgemeines 15
11.2	Tragrohr..... 15
11.2.1	Allgemeines 15
11.2.2	Mindestwanddicke..... 15
11.2.3	Steinformate..... 15
11.2.4	Maßnahmen bei Wärmeeinwirkung 15
11.3	Dämmschichten..... 16
11.4	Öffnungen im Tragrohr 16
11.5	Auflagerkonsolen 16
11.6	Schornsteinkopf 17
11.7	Ausrüstung 17
11.7.1	Einrichtungen zum Besteigen..... 17
11.7.2	Anrüstösen für Konsolgerüste 17
11.7.3	Schornsteinbänder und Schornsteinbandschlösser..... 17
12	Ausführung 18
12.1	Allgemeines 18
12.2	Fugen..... 18
12.3	Baufortschritt..... 19
13	Blitzschutz..... 19
14	Trocknen 19
15	Zustandsüberwachung 19
	Literaturhinweise..... 20

DIN 1056:2009-01

Vorwort

Diese Norm wurde vom Arbeitsausschuss NA 005-11-37 AA „Industrieschornsteine“ im Normenausschuss Bauwesen (NABau) erarbeitet.

Änderungen

Gegenüber DIN 1056:1984-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Inhalt dieser Norm auf mehrere Europäische Normen (EN 13084) aufgeteilt;
- b) Festlegungen, die nicht europäisch übernommen wurden, insbesondere zu den bautechnischen Unterlagen, zu den Einwirkungen, zur Bemessung, Konstruktion, zum Tragrohr und zum Blitzschutz aufgenommen und inhaltlich überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 1056: 1927-04, 1929-04, 1984-10

DIN 1056-1: 1940-08, 1959-04, 1969-08

DIN 1056-2: 1940-08, 1959-04, 1969-08

DIN 1058: 1929-04, 1959-07, 1969-08

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für freistehende Schornsteine nach der Normenreihe DIN EN 13084 in Massivbauart, deren Tragrohr aus Mauerwerk besteht.

Diese Norm ergänzt die Normenreihe DIN EN 13084

Für Innenrohre gelten DIN EN 13084-4 bis DIN EN 13084-7.

2 Normative Verweisungen

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

DIN V 105-100, *Mauerziegel — Teil 100: Mauerziegel mit besonderen Eigenschaften*

DIN V 106, *Kalksandsteine mit besonderen Eigenschaften*

DIN 398, *Hüttensteine; Vollsteine, Lochsteine, Hohlblocksteine*

DIN 488-1, *Betonstahl — Sorten, Eigenschaften, Kennzeichen*

DIN 1045-1, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 1: Bemessung und Konstruktion*

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

DIN 1053-1:1996-11, *Mauerwerk — Teil 1: Berechnung und Ausführung*

DIN 1053-2, *Mauerwerk — Teil 2: Mauerwerksfestigkeitsklassen aufgrund von Eignungsprüfungen*

DIN 1053-100, *Mauerwerk — Teil 100: Berechnung auf der Grundlage des semiprobabilistischen Sicherheitskonzepts*

DIN 1054, *Baugrund — Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau*

DIN 1055-1, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1: Wichten und Flächenlasten von Baustoffen, Bauteilen und Lagerstoffen*

DIN 1055-2, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 2: Bodenkenngrößen*

DIN 1055-4, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 4: Windlasten*

E DIN 1057-100, *Baustoffe für freistehende Schornsteine — Teil 100: Radialziegel mit besonderen Eigenschaften*

DIN 4108-3, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz; Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung*

DIN 4149, *Bauten in deutschen Erdbebengebieten — Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten*

DIN V 18152-100:2005-10, *Vollsteine und Vollblöcke aus Leichtbeton — Teil 100: Vollsteine und Vollböcke mit besonderen Eigenschaften*

DIN 1056:2009-01

DIN V 20000-401, *Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken — Teil 401: Regeln für die Verwendung von Mauerziegeln nach DIN EN 771-1:2005-05*

DIN V 20000-412, *Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken — Teil 412: Regeln für die Verwendung von Mauermörtel nach DIN EN 998-2:2003-09*

DIN V 18580, *Mauermörtel mit besonderen Eigenschaften*

Normen der Reihe DIN 18799, *Steigleitern an baulichen Anlagen*

DIN 18800-7, *Stahlbauten — Teil 7: Ausführung und Herstellerqualifikation*

DIN EN 771-1, *Festlegungen für Mauersteine — Teil 1: Mauerziegel*

DIN EN 771-2, *Festlegungen für Mauersteine — Teil 2: Kalksandsteine*

DIN EN 998-1, *Festlegungen für Mörtel im Mauerwerksbau — Teil 1: Putzmörtel*

DIN EN 1015-11, *Prüfverfahren für Mörtel für Mauerwerk — Teil 11: Bestimmung der Biegezug- und Druckfestigkeit von Festmörtel*

DIN EN 1561, *Gießereiwesen — Gußeisen mit Lamellengraphit*

DIN EN 1858, *Abgasanlagen — Bauteile — Betonformblöcke*

Normen der Reihe DIN EN 10025, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen*

Normen der Reihe DIN EN 10083, *Vergütungsstähle*

Normen der Reihe DIN EN 10088, *Nichtrostende Stähle*

DIN EN 10283, *Korrosionsbeständiger Stahlguß*

DIN EN 13084-1:2007-05, *Freistehende Schornsteine — Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 13084-1:2007*

DIN EN 13084-2, *Freistehende Schornsteine — Teil 2: Betonschornsteine*

DIN EN 13084-4:2005-12, *Freistehende Schornsteine — Teil 4: Innenrohre aus Mauerwerk — Entwurf, Bemessung und Ausführung; Deutsche Fassung EN 13084-4:2005*

DIN EN 13084-5:2005-12, *Freistehende Schornsteine — Teil 5: Baustoffe für Innenrohre aus Mauerwerk — Produktfestlegungen; Deutsche Fassung EN 13084-5:2005*

DIN EN 13084-6, *Freistehende Schornsteine — Teil 6: Innenrohre aus Stahl — Bemessung und Ausführung*

DIN EN 13084-7, *Freistehende Schornsteine — Teil 7: Produktfestlegungen für zylindrische Stahlbauteile zur Verwendung in einschaligen Stahlschornsteinen und Innenrohren aus Stahl*

Normen der Reihe DIN EN 62305 (VDE 0815-305), *Blitzschutz*

DIN EN ISO 1461, *Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrauchte Zinküberzüge (Stückverzinken) — Anforderungen und Prüfungen*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN EN 13084 und der folgende Begriff.

3.1

Schornstein

Bauwerk oder Teile eines Bauwerks, das Abgase abführt

4 Bautechnische Unterlagen

4.1 Allgemeines

Für gemauerte Schornsteine gelten die Anforderungen von DIN EN 13084-1 sinngemäß.

4.2 Erläuterung der chemischen und thermischen Betriebsverhältnisse

Die Erläuterung muss enthalten:

- a) die planmäßigen Betriebsweisen der angeschlossenen Einrichtungen, z. B. intermittierender Betrieb, gleitende Regelung, Dauerbetrieb;
- b) zu berücksichtigende Betriebsstörungen.

Außerdem sind für die wesentlichen Betriebszustände folgende Angaben zu machen:

- c) die Abgasmassenströme;
- d) die höchsten und niedrigsten Temperaturen der Abgase beim Eintritt in den Schornstein;
- e) die Zusammensetzung der Abgase;
- f) zugehörige Säuretaupunkte;
- g) Temperaturen der von den Abgasen berührten Flächen;
- h) Strömungsgeschwindigkeit des Abgases;
- i) Druckverhältnisse im Schornstein.

4.3 Berechnungen

4.3.1 Statische Berechnung

In der statischen Berechnung sind die Einwirkungen infolge Eigenlasten, Windlasten, Verkehrslasten, planmäßiger Unter- oder Überdruck und Wärmeeinwirkungen anzugeben. Sie muss gegebenenfalls weitere Angaben, z. B. über Schiefstellung des Bauwerks, Lasten aus Bauzuständen und Erdbeben, enthalten.

Hinsichtlich der Mindestanforderungen an Umfang und Qualität geotechnischer Untersuchungen gilt DIN 1054.

4.3.2 Wärmetechnische und strömungstechnische Berechnungen

Wärmetechnische und strömungstechnische Berechnungen sind nach DIN EN 13084-1 durchzuführen.

DIN 1056:2009-01

4.4 Zeichnungen

Hierzu gehören ergänzend zu DIN EN 13084-1:

Übersichtszeichnungen mit Angaben über die Baustoffe und Bauarten sowie die Querschnittsformen aller wesentlichen Bauteile, die Anordnung der Steiggänge und Bühnen, die Grenztemperaturen, für die das Bauwerk ausgelegt ist (siehe 8.6.1), die Ausnutzung der Erdauflast bei der Gründung (siehe 9.6) sowie die zulässige Belastung des Baugrundes.

Ausführungszeichnungen mit allen erforderlichen Angaben über die Baustoffe.

5 Personal und Ausstattung der Unternehmen und Baustellen

Für Personal und Ausstattung der Unternehmen und Baustellen für gemauerte Schornsteine gilt DIN EN 13084-1 sinngemäß (Qualifizierung von Bauunternehmungen).

6 Baustoffe

6.1 Allgemeines

Bei der Materialauswahl sind die chemischen, thermischen und mechanischen Beanspruchungen zu berücksichtigen.

6.2 Tragrohr

6.2.1 Mauersteine

Es dürfen nur Steine nach DIN EN 771-1 in Verbindung mit DIN V 20000-401 und DIN V 105-100, DIN EN 771-2 in Verbindung mit DIN V 20000-402, DIN V 106, DIN 398, Formate DF, NF oder 2DF, Radialziegel nach E DIN 1057-100 verwendet werden, sowie Ziegel des Formates 240 mm × 115 mm × 90 mm, die DIN V 105-100 entsprechen. Es gelten jedoch folgende Einschränkungen:

- a) Der Mittelwert der Druckfestigkeit muss mindestens 15 N/mm², der kleinste Einzelwert muss mindestens 12 N/mm² betragen.
- b) Die Rohdichte muss mindestens 1,8 kg/dm³ betragen.
- c) Die Steine müssen frostbeständig sein.
- d) Es dürfen nur Vollsteine (Lochanteil ≤ 15 % der Lagerfläche) verwendet werden.

6.2.2 Normalmauermörtel

Für das Tragrohr ist Normalmauermörtel nach DIN EN 998-1 in Verbindung mit DIN V 20000-412 oder DIN V 18580 der Mörtelgruppen II oder IIa zu verwenden.

Der Mittelwert der Druckfestigkeit bei jeder Druckfestigkeitsprüfung sollte 8 N/mm² nicht überschreiten.

Das Tragrohr ist außen mit Normalmauermörtel der Mörtelgruppe III nach DIN V 18580 zu verfugen. In Bereichen erhöhter chemischer Beanspruchung, z. B. an der Mündung, ist die Verwendung geeigneter Kunstharz-Materialien zur Verfugung erforderlich.

Zusatzmittel, die die Haftung und Dichtheit verbessern, werden empfohlen.

6.3 Metalle

Stahl für Innenrohrabstützungen, Bühnen, Ausrüstungsteile nach 11.8 und Blitzschutzanlagen muss den Normenreihen DIN EN 10025, DIN EN 10083 oder DIN EN 10088 entsprechen. Er muss nach DIN EN ISO 1461 feuerverzinkt werden, sofern kein weitergehender Schutz erforderlich ist.

Im äußeren Mündungsbereich, mindestens bis zur Höhe des fünffachen Außendurchmessers, sowie an Stellen, an denen ebenfalls stärkere Korrosion zu erwarten ist, sind nichtrostende Stähle nach der Normenreihe DIN EN 10088, durch Säureschutzüberzüge nach 6.4 geschützte Stähle oder andere geeignete Metalle zu verwenden. Für Verankerungselemente der Schornsteinausrüstungen sind nichtrostende Stähle nach der Reihe DIN EN 10088 zu verwenden.

Für Mündungsabdeckungen darf auch Gusseisen nach DIN EN 1561 oder nichtrostender Stahlguss nach DIN EN 10283 eingesetzt werden.

6.4 Schutzschichten

6.4.1 Allgemeines

Schutzschichten müssen für den vorgesehenen Verwendungszweck chemisch und thermisch beständig, flüssigkeitsdicht, ausreichend diffusionsdicht und ausreichend alterungsbeständig sein.

Schutzschichten werden nach ihren Dicken wie folgt unterschieden:

- a) Dünnbeschichtungen (Dicke $\leq 0,8$ mm),
- b) Dickbeschichtungen (Dicke $> 0,8$ mm).

6.4.2 Dünnbeschichtungen

Dünnbeschichtungen sollen als alleiniger Schutz nur da angewandt werden, wo sie überwacht und erneuert werden können.

6.4.3 Dickbeschichtungen

Dickbeschichtungen können aus bituminösen oder kautschukartigen Stoffen, Kunststoffen oder Metallen hergestellt werden.

7 Nachweis der Güte der Baustoffe

Es gilt 6.2.1.

Bei jeder Lieferung ist durch Augenschein zu prüfen, ob die Baustoffe und die Angaben auf der Verpackung oder auf dem Lieferschein mit den bautechnischen Unterlagen übereinstimmen.

Je 50 m Schornsteinhöhe ist die Druckfestigkeit des Mauer Mörtels nach DIN EN 1015-11 zu prüfen.

8 Einwirkungen

8.1 Allgemeines

Bei der Berechnung von Schornsteinen sind folgende Einwirkungen zu berücksichtigen:

- Eigenlast
- Nutzlast
- Windlast

DIN 1056:2009-01

- planmäßiger Unter- oder Überdruck
- Wärmeeinwirkungen
- Schiefstellung des Bauwerks
- Lasten aus Bauzuständen
- Erdbeben

8.2 Eigenlast

Eigenlasten für Tragrohr und Einbauten sind nach DIN EN 13084-1:2007-05, Tabelle 1, oder, falls dort keine Werte angegeben sind, nach DIN 1055-1 oder DIN 1055-2 zu ermitteln. Werden Baustoffe verwendet, die weder in DIN EN 13084-1:2007-05, Tabelle 1, noch in DIN 1055-1 oder DIN 1055-2 enthalten sind, sind deren tatsächliche Wichten zu nehmen.

8.3 Nutzlast

Die Nutzlasten für die Bemessung der Bühnen sind mit 2 kN/m^2 anzunehmen, sofern sich aus den tatsächlichen Gegebenheiten nicht höhere Lasten ergeben. Diese Nutzlasten brauchen bei der Bemessung des Tragrohres nicht berücksichtigt zu werden.

8.4 Windlast

Die Windlast ist nach dem in DIN 1055-4 angegebenen Verfahren zu ermitteln.

8.5 Planmäßiger Unter- und Überdruck

Der Unter- und Überdruck unter planmäßigen Betriebsbedingungen ist nachzuweisen. Dabei sind Auftrieb, Reibung, besondere Strömungswiderstände, Beschleunigungsverluste und Mischungsvorgänge zu berücksichtigen, siehe DIN EN 13084-1.

8.6 Wärmeeinwirkung**8.6.1 Allgemeines**

Die Temperaturen im Innenrohr, in den Wärmedämmschichten und im Tragrohr sind zu ermitteln. Ist der Zwischenraum zwischen Tragrohr und Innenrohr belüftet, muss die Wirksamkeit dieser Belüftung durch eine strömungs- und wärmetechnische Berechnung nachgewiesen werden.

Die Temperaturbeanspruchung ist mit den maximalen Abgastemperaturen und einer Außentemperatur von -10 °C zu ermitteln. Für den Nachweis der Wärmebeständigkeit der Baustoffe ist eine Außentemperatur von $+30 \text{ °C}$ anzunehmen.

Der Temperaturabfall der Abgase bis zur Mündung ist zu ermitteln, z. B. nach DIN EN 13084-1. Temperaturdifferenzen infolge ungleichmäßiger Durchströmung des Innenrohres sind zu beachten, siehe 11.2.4. Zur Berücksichtigung unterschiedlicher klimatischer Verhältnisse ist mindestens mit einem Temperaturgefälle innerhalb der Tragrohrwand von innen nach außen und umgekehrt von 15 K zu rechnen. Dieses Temperaturgefälle ist gleichmäßig über den Umfang verteilt anzunehmen.

Bei einem Verhältnis des Innendurchmessers zur Wanddicke von mehr als $10 : 1$ dürfen die Temperaturen vereinfachend nach DIN 4108-3 wie bei ebenen Wänden berechnet werden.

Verformungen der Schornsteinachse aus Sonneneinstrahlung brauchen nicht berücksichtigt zu werden

10

DIN 1056:2009-01

Die Momente für das Gesamttragwerk sind nach Theorie II. Ordnung (Nachweis am verformten Tragwerk, gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Baugrundverformung) zu ermitteln. Sie dürfen am ungestörten, aber unverstärkten, Tragrohr ermittelt werden. Es genügt, für die Eigenlast nur den Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_f = 1,0$ zu berücksichtigen.

Für die Berechnung der Schnittgrößen aus Erdbeben gilt DIN 4149. Sie brauchen nicht nach Theorie II. Ordnung berechnet zu werden.

9.2.2 Momente nach Theorie II. Ordnung

Die Momente nach Theorie II. Ordnung sind auf der Grundlage einer linearen Spannungsverteilung und ebenbleibender Querschnitte zu ermitteln. Hierfür ist der Elastizitätsmodul nach DIN EN 13084-4 zugrunde zu legen. Vereinfachend dürfen für $\alpha < 0,6$ die Momente nach Theorie II. Ordnung nach Gleichung (1) berechnet werden, wenn die horizontale Fuge an keiner Stelle des Bauwerks unter den γ_f -fachen Einwirkungen und der ungewollten Ausmitte weiter als bis zur Schwerachse des entsprechenden Querschnitts klafft.

$$M_{\xi}^{\text{II}} = \left(1 + \frac{\alpha^2}{2}\right) \cdot M_{\xi}^{\text{I}} \quad (1) \quad \alpha = h_{\text{F}} \cdot \sqrt{\frac{N}{E \cdot I}} \quad (2)$$

Dabei ist

h_{F} die Höhe Tragrohr über Oberkante Fundament;

N die vertikale Last aus Tragrohr auf Oberkante Fundament;

E der Elastizitätsmodul nach DIN EN 13084-4;

I das kleinste Trägheitsmoment des ungerissenen Querschnitts am Fußpunkt des ungestörten Tragrohre;

M_{ξ}^{I} das Moment an der Stelle ξ am unverformten Tragwerk unter der γ_f -fachen Einwirkung und der ungewollten Ausmitte;

M_{ξ}^{II} das Moment an der Stelle ξ nach Theorie II. Ordnung.

Schnittgrößen in Ringrichtung infolge Wind brauchen nicht nachgewiesen zu werden.

Zur Beanspruchung aus Wärmeeinwirkung siehe 8.6.

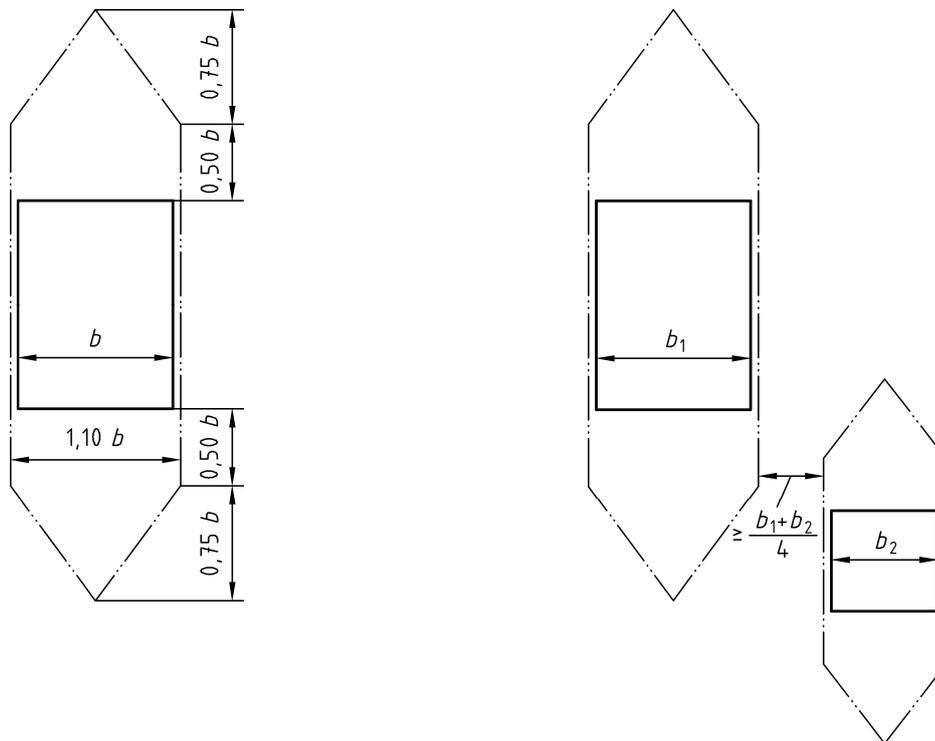
9.3 Öffnungen im Tragrohr

Der Einfluss der Öffnungen auf die Verteilung der Schnittgrößen im Tragrohr ist nachzuweisen.

Wird kein genauere Nachweis geführt, darf vereinfachend für den Nachweis der Tragfähigkeit im horizontalen Schnitt mit dem Ebenbleiben dieses Querschnittes gerechnet werden, wenn die Öffnungen zu Ersatzöffnungen nach Bild 1 vergrößert werden und diese die folgenden Bedingungen erfüllen:

- In einem Horizontalschnitt darf bei kreisförmigen Querschnitten keine Ersatzöffnung breiter als das 1,2-Fache des Innenradius, bei Rechteckquerschnitten breiter als das 0,2-Fache des Außenumfangs sein (siehe Bild 1 a)).
- Wird mehr als eine Öffnung in einem Schornstein angeordnet, so muss die in einem Horizontalschnitt zwischen zwei Ersatzöffnungen verbleibende Breite mindestens $(b_1 + b_2)/4$ sein (siehe Bild 1 b)).
- Die vertikale Höhe der Öffnung ist nicht größer als der Durchmesser.

Für die ungünstigste Biege- und Querkraftbeanspruchung können unterschiedliche Windrichtungen maßgebend sein.



a) Größe der Ersatzöffnung

b) Beispiel für zwei Ersatzöffnungen

Bild 1 — Zusammenhang zwischen Ersatzöffnung (strichpunktiert dargestellt) und Öffnung

Der Sturz über und unter einer Öffnung darf als frei drehbar gelagerter Balken auf 2 Stützen mit der Stützweite $l = 1,15 b$ unter der gleichförmigen Belastung $p = \sigma \cdot t$ berechnet werden. Dabei ist σ die nach 10.2 zu ermittelnde Spannung für den ungeschwächten Tragrohrquerschnitt in Höhe des oberen oder unteren Öffnungsrandes, t die zugehörige Wanddicke des Tragrohres und b die lichte Öffnungsweite. Ist die lichte Öffnungsweite $b < 1,4$ m und kleiner als der Innenradius an dieser Stelle, dürfen die Schnittgrößen im Sturz mit $2/3$ der gleichförmigen Belastung ermittelt werden.

Der Sturz unterhalb einer Öffnung kann entfallen, wenn durch andere Maßnahmen für eine ausreichende Lastverteilung gesorgt wird.

9.4 Tragende Einbauten im Tragrohr

Die Schnittgrößen für die Bemessung von Einbauten im Tragrohr sind für die mit γ_f nach 9.2.1.2 zu vervielfachenden Einwirkungen nach Abschnitt 8 zu berechnen. Die Einflüsse aus Wärmeeinwirkung sind zu beachten.

10 Bemessung

10.1 Allgemeines

Für die Bemessung von Mauerwerk gilt DIN 1053-100, sofern hier keine abweichenden Festlegungen getroffen sind.

DIN 1056:2009-01**10.2 Tragrohr**

Bei der Bemessung der horizontalen Schnittfläche sind für die nach 9.2 ermittelten Schnittgrößen die Druckspannungen unter Vernachlässigung der Mauerwerkszugspannungen zu ermitteln. Die rechnerischen Spannungen dürfen die Werte f_k/γ_M nicht überschreiten. Die charakteristischen Werte f_k der Druckfestigkeit des Mauerwerks sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1 — Charakteristische Werte f_k der Druckfestigkeit des Mauerwerks

	1	2	3	4
	Erforderliche Festigkeitsklasse der Steine bei Verwendung von Mörtel der Mörtelgruppe			Charakteristische Mauerwerksdruckfestigkeit f_k MN/m ²
	II	IIa	III	
1	12	-	—	3,0
2	20	12	—	4,3
3	28	20	12	5,1
4	—	28	20	6,0
5	—	—	28	7,7
6	—	—	36	9,0
7	—	—	48	10,5
8	—	—	60	12,5

Werden zur Vormauerung Steine anderer Art und Druckfestigkeit verwendet als zur Hintermauerung, richten sich die zulässigen Druckspannungen nach dem Stein mit der geringeren Druckfestigkeit.

Querschnittsteile, in denen nach der Rechnung keine Druckkräfte übertragen werden, dürfen auch nicht für die Übertragung von horizontalen Kräften angesetzt werden.

Beton und Mauerwerk im gleichen Querschnitt dürfen gemeinsam nur in Rechnung gestellt werden, wenn Stahlbetonringe nach 11.2.4 vorhanden sind; dabei sind die Stahlbetonringe beim Nachweis der Druckspannungen in vertikaler Richtung wie Mauerwerk zu behandeln.

Die Beanspruchung aus Wärmeeinwirkung braucht nicht nachgewiesen zu werden, wenn die Temperaturdifferenz innerhalb der Tragrohrwand kleiner als 80 K ist, jedoch sind dann bei Temperaturdifferenzen größer als 30 K konstruktive Maßnahmen nach 11.2.4 erforderlich.

10.3 Öffnungen im Tragrohr

Bei der Bemessung des horizontalen Schnitts im Öffnungsbereich ist von dem durch Ersatzöffnungen nach 9.3 geschwächten Restquerschnitt auszugehen. Für alle anderen Nachweise, insbesondere die Aufnahme der Schubkräfte bei Öffnungen quer zur Windrichtung, sowie für den Nachweis der Umleitung der Kräfte um die Öffnungen sind die tatsächlichen Abmessungen der Öffnungen zugrunde zu legen.

Der nach 9.3 ermittelte Restquerschnitt ist nach 10.2. nachzuweisen. Der Sturz über und unter einer Öffnung ist für die nach 9.3.2 zu ermittelnden Schnittgrößen zu bemessen.

10.4 Tragende Einbauten im Tragrohr

Die Bemessung tragender Einbauten im Tragrohr ist mit den nach 9.4 ermittelten Schnittgrößen entsprechend den für die jeweilige Konstruktion geltenden Bemessungsvorschriften durchzuführen.

11 Konstruktion

11.1 Allgemeines

Bei der Konstruktion sind die betrieblichen Gegebenheiten, insbesondere die thermischen, chemischen und mechanischen Beanspruchungen zu berücksichtigen. An der Schornsteinsohle muss im Tragrohr eine ausreichend große Revisionsöffnung vorgesehen werden.

11.2 Tragrohr

11.2.1 Allgemeines

Das Tragrohr ist auch bei geringfügiger chemischer Beanspruchung nach DIN EN 13084-1 durch ein Innenrohr oder in anderer Weise vor Korrosionsangriff aus dem Abgas zu schützen.

Auch bei Einbau eines Innenrohres ist eine Schutzschicht auf der Innenseite des Tragrohres anzubringen, wenn sich dort bei planmäßigen Betriebszuständen Kondensat bilden kann.

Wenn es die Umwelteinflüsse erfordern, ist auf der Außenseite des Tragrohres eine entsprechend beständige Verfüzung aufzubringen. Im Mündungsbereich ist säurebeständiges Verfüzungsmaterial über eine Höhe von mindestens dem 6-fachen Außendurchmesser zu verwenden.

Bei Schornsteinen mit begehbarem Zwischenraum ist im Bereich des Schornsteinkopfes ein Durchstieg zum äußeren Steiggang vorzusehen.

11.2.2 Mindestwanddicke

Für die Mindestwanddicke gilt Tabelle 2.

Tabelle 2 — Mindestwanddicke für Tragrohr aus Mauerwerk

	1	2
	Innendurchmesser d_i des Tragrohres an der Mündung	Mindestwanddicke
1	$d_i \leq 3,5 \text{ m}$	240 mm
2	$3,5 \text{ m} < d_i \leq 5,0 \text{ m}$	300 mm
3	$5 \text{ m} < d_i \leq 7,50 \text{ m}$	365 mm
4	$7,5 \text{ m} < d_i \leq 10,0 \text{ m}$	490 mm
5	$d_i > 10,0 \text{ m}$	$0,05 d_i$

Die Wanddicke darf an keiner Stelle kleiner als 1/30 des dazugehörigen Innendurchmessers sein.

11.2.3 Steinformate

Bei Innendurchmessern von kleiner als 4,0 m müssen Radialziegel nach E DIN 1057-100 verwendet werden.

11.2.4 Maßnahmen bei Wärmeeinwirkung

Bei Temperaturdifferenzen innerhalb der Tragrohrwand von mehr als 30 K müssen bei Mauerwerk mit Wanddicken $\geq 365 \text{ mm}$ Stahlbetonringe eingebaut werden. Sie müssen 115 mm von der Außenfläche und mindestens 115 mm von der Innenfläche des Tragrohres entfernt bleiben, sie müssen mindestens 135 mm

DIN 1056:2009-01

und dürfen höchstens 250 mm breit sein. Ihre Höhe beträgt bei 71 mm hohen Steinen 2 Steinschichten und bei 90 mm hohen Steinen eine oder zwei Steinschichten. Der Abstand dieser Ringe darf höchstens 1,4 m betragen. Der Stahlquerschnitt muss mindestens 0,1 % des Flächeninhaltes des zugehörigen vertikalen Wandquerschnitts betragen. Die Ringbewehrung ist zu verbügeln. Der Bügelabstand darf 500 mm nicht überschreiten. Mauerwerk mit Wanddicken ≤ 365 mm darf nicht bewehrt werden. Stattdessen müssen Schornsteinbänder nach 11.8.3 angebracht werden.

Temperaturdifferenzen von mehr als 110 K sind durch ein Innenrohr und gegebenenfalls durch eine Wärmedämmung zu vermeiden.

An der Mündung sind stets zur Aufnahme der dort vorhandenen Ringzugkräfte aus Temperaturbeanspruchung Stahlbänder oder Stahlbetonringe auf einer Höhe von ≥ 7 m anzuordnen.

Es ist ein Beton mindestens der Festigkeitsklasse C12/C15 nach DIN1045-1:2008-08 und Stahl nach DIN 488-1 zu verwenden.

11.3 Dämmschichten

Es gelten DIN EN 13084-1, DIN EN 13084-4 und DIN EN 13084-6.

Nicht gebundene Schüttstoffe dürfen für Dämmschichten nicht verwendet werden. Wärmedämmstoffe zwischen Trag- und Innenrohr müssen so eingebaut werden, dass sie keine schädlichen Einwirkungen auf Trag- und Innenrohr ausüben.

11.4 Öffnungen im Tragrohr

Die lichte Weite einer Öffnung soll nicht größer als der jeweilige Innenradius sein.

Der ausfallende Querschnitt ist genügend zu ersetzen, z. B. durch Pfeilervorlagen. Sie müssen gleichzeitig im Verband mit dem Tragrohr gemauert und so weit über die Ober- und Unterkante hinausgeführt werden, dass die von ihnen aufzunehmenden Kräfte allmählich abgeleitet werden. Die Sturzhöhe muss mindestens die Hälfte, die Länge des Auflagers mindestens $1/3$ der lichten Weite betragen. Sind bei mehreren Öffnungen oder bei einer besonders großen Öffnung die verbleibenden Restquerschnitte allein nicht in der Lage, die auftretenden Kräfte aufzunehmen und abzuleiten, muss eine andere Ausführungsart, z. B. ein Stahlbetonrahmen, gewählt werden. Werden Stahlbetonrahmen angeordnet, müssen sie als geschlossene Rahmen ausgeführt werden. Stahlträger dürfen nur für Öffnungen mit einer lichten Weite bis 2 m verwendet werden. Sie müssen durch konstruktive Maßnahmen ausreichend vor Korrosion und Wärme geschützt werden. Werden mehrere Träger verwendet, sind sie nebeneinander zu verlegen und zu verbinden.

Mauerwerksgewölbe sind nur bis zu einer lichten Weite von 1 m und einem Öffnungswinkel $\leq 30^\circ$ zulässig. Mauerwerksgewölbe müssen gegen Temperatureinflüsse aus den Abgasen geschützt werden.

Stahlbetonstürze und Stahlbetonrahmen müssen DIN 1045-1 entsprechen.

11.5 Auflagerkonsolen

Bei gemauerten Konsolen sind Stahlbetonringe nach 11.2.4 unmittelbar unter und über den Konsolen anzuordnen. Das Verhältnis von Konsolauskragung zur Höhe der Konsole soll 0,5 nicht überschreiten. Diese Konsolen sollen als geschlossene Ringe ausgebildet werden.

Gegebenenfalls ist in diesem Bereich eine verstärkte Wärmedämmung auf das Innenrohr anzubringen, damit die Bedingungen nach 11.2.4 eingehalten werden.

11.6 Schornsteinkopf

Tragrohr und Innenrohr sind so abzudecken, dass sich das Innenrohr ausdehnen und keine Feuchtigkeit zwischen Tragrohr und Innenrohr eindringen kann. Bei der Wahl der Werkstoffe sind Korrosion und Wärmeeinwirkung aus dem Abgas zu beachten.

Kann sich am Schornsteinkopf Säure aus den Abgasen bilden, muss die Tragrohraußenfläche säurebeständig geschützt werden. Sie soll mindestens bis zur Höhe des 6-fachen Außendurchmessers reichen. Temperatureinwirkung durch Abgase auf die Tragrohraußenfläche am Schornstein ist zu berücksichtigen.

11.7 Ausrüstung

11.7.1 Einrichtungen zum Besteigen

Es ist ein äußerer Steiggang nach der Normenreihe DIN 18799 mit Steigeschutz anzubringen. Bei Schornsteinen mit begehbarem Raum zwischen Trag- und Innenrohr ist ein weiterer Steiggang nach der Normenreihe DIN 18799 auf der Tragrohrinnenseite einzubauen.

11.7.2 Anrüstösen für Konsolgerüste

Am Schornsteinkopf sind Anrüstösen, die in ihren Mindestmaßen Bild 2 entsprechen müssen, anzubringen. Ihr Abstand darf 0,75 m von Mitte zu Mitte nicht überschreiten.

Maße in Millimeter

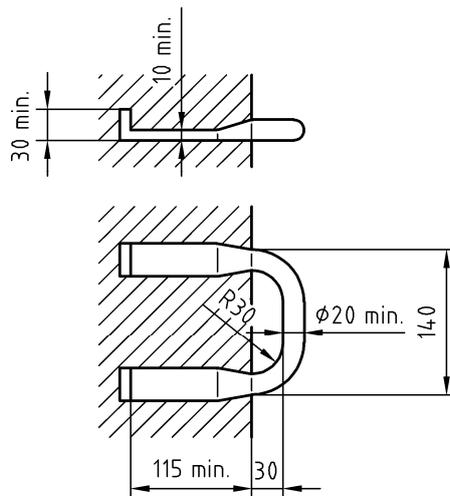


Bild 2 — Beispiel für Anrüstösen

Der Abstand der Anrüstösen von der Mündung soll gleich dem doppelten äußeren Durchmesser sein, mindestens aber 4 m betragen.

Außerdem wird empfohlen, in vertikalen Abständen von jeweils 50 m sowie oberhalb von Öffnungen Anrüstösen anzubringen.

Im Mündungsbereich ist korrosionsbeständiges Material zu wählen.

11.7.3 Schornsteinbänder und Schornsteinbandschlösser

Schornsteinbänder aus Stahl, die nach 11.2.4 oder zur Reparatur gerissener Tragrohre verwendet werden, müssen einen Querschnitt von mindestens 0,1 % des Flächeninhaltes des zugehörigen vertikalen Wand-

DIN 1056:2009-01

querschnitts haben. Sie müssen durch Schlösser zusammengehalten werden. Schornsteinbänder und Schornsteinschlösser müssen in den Mindestmaßen Bild 3 entsprechen. Die Bolzen-Kernquerschnitte müssen den Bandquerschnitten entsprechen.

Maße in Millimeter

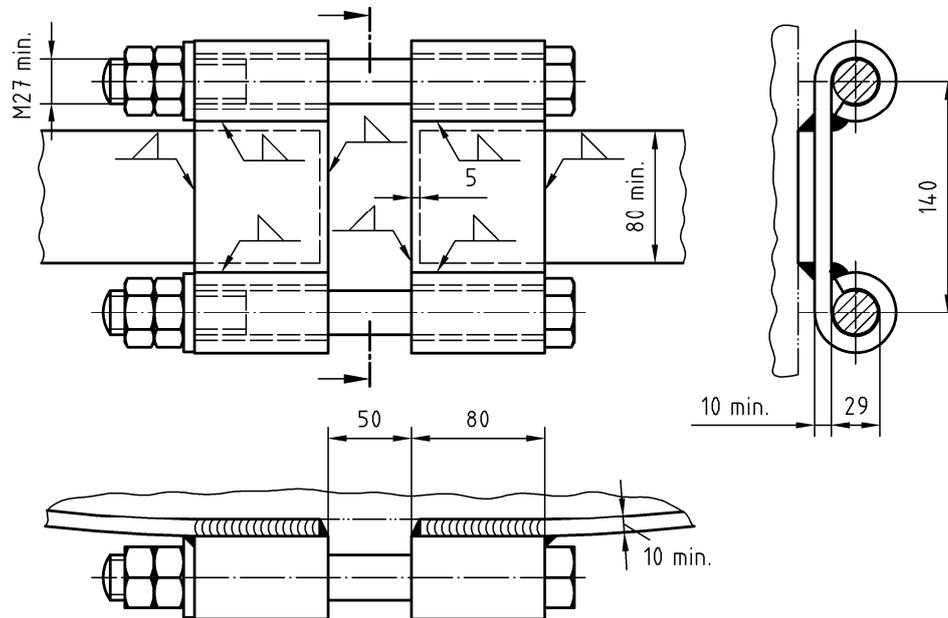


Bild 3 — Beispiel für Schornsteinband und geschweißtes Schornsteinbandschloss

Der Abstand der Bänder darf höchstens 1,4 m betragen. Bänder und Schlösser müssen gegen Korrosion geschützt werden.

Für Schweißarbeiten ist mindestens die Herstellerqualifikation Klasse B mit Bezug auf die entsprechenden Werkstoffe nach DIN 18800-7 erforderlich.

12 Ausführung

12.1 Allgemeines

Die Baustoffe müssen vor dem Einbau gegen schädigende Einflüsse geschützt gelagert und nach der Verarbeitung, falls erforderlich, sachgemäß nachbehandelt werden. Die Bau- und Werkstoffe sind nach den Vorschriften der Lieferfirmen zu verarbeiten, sofern in den jeweiligen Normen hierfür keine Festlegungen enthalten sind.

Der Baufortschritt ist der Festigkeitsentwicklung anzupassen.

12.2 Fugen

Es ist vollfugig zu mauern. Die ringförmigen Stoßfugen dürfen höchstens 15 mm dick sein. Die Lagerfugen sollen nicht dicker als 15 mm, die radialen Stoßfugen nicht dicker als 24 mm und nicht dünner als 8 mm sein.

Die Verfugung muss mindestens 15 mm tief sein. Wird das Mauerwerk säurebeständig verfugt, müssen die Fugen möglichst gleichmäßig und mindestens 8 mm dick sein.

Das Tragrohr ist außen vom Gerüst zu verfugen. Überhandverfugung ist nicht zulässig.

12.3 Baufortschritt

Die Temperatur der Baustoffe muss beim Einbau mindestens +5 °C betragen. Bei einer Lufttemperatur unter 0 °C darf nicht gemauert werden, sofern nicht besondere Maßnahmen getroffen werden.

Mit Rücksicht auf die Erhärtungsgeschwindigkeit des Mörtels soll der Baufortschritt für das Tragrohr innerhalb von 24 h nicht mehr als 2,5 m betragen. Bei einer Lufttemperatur von weniger als +5 °C empfiehlt es sich, den Baufortschritt zu vermindern.

13 Blitzschutz

Blitzschutzanlagen müssen den Normen der Reihe DIN EN 62305 (VDE 0185-305) entsprechen.

Das Auffangband an der Mündung muss 11.8.3 entsprechen. Fangstangen müssen mindestens einen Durchmesser von 20 mm haben.

14 Trocknen

Vor Inbetriebnahme müssen die Baustoffe ausreichend erhärtet sein und die erforderliche Beständigkeit gegen thermische und/oder chemische Angriffe erreicht haben.

Schornsteine sollten vor Inbetriebnahme getrocknet werden, wobei das Trocknen des Schornsteins auf das Trocknen der Feuerungsanlage abzustimmen ist.

Siehe auch DIN EN 13084-4:2005-12, Anhang G.

15 Zustandsüberwachung

Schornsteine müssen regelmäßig, mindestens im Abstand von zwei Jahren, durch einen Sachkundigen überprüft werden. Auch der begehbare Raum zwischen Tragrohr und Innenrohr muss in die Prüfung einbezogen werden.

Bei kaltstehenden Schornsteinen dürfen nach zweimaliger Prüfung im Abstand von zwei Jahren die folgenden Prüfungen im Abstand von fünf Jahren erfolgen. Es gilt der Zeitpunkt der Kaltstellung. Es ist ein Protokoll anzufertigen.

DIN 1056:2009-01

Literaturhinweise

DIN 1164-10, *Zement mit besonderen Eigenschaften — Teil 10: Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Normalzement mit besonderen Eigenschaften*

DIN V 4133, *Schornsteine aus Stahl*

DIN 4219-1, *Leichtbeton und Stahlleichtbeton mit geschlossenem Gefüge — Anforderungen an den Beton, Herstellung und Überwachung*

DIN 4226-1, *Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel — Teil 1: Normale und schwere Gesteinskörnungen*

DIN V 20000-402, *Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken — Teil 402: Regeln für die Verwendung von Kalksandsteinen nach DIN EN 771-2:2005-05*

DIN 52252-1, *Prüfung der Frostwiderstandsfähigkeit von Vormauerziegeln und Klinkern; Allseitige Befrostung von Einzelziegeln*

DIN EN 197-1, *Zement — Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement*

DIN EN 459-1, *Baukalk — Teil 1: Definitionen, Anforderungen und Konformitätskriterien*

DIN EN 1806, *Abgasanlagen — Keramik-Formblöcke für einschalige Abgasanlagen — Anforderungen und Prüfmethode*

DIN 18516-1**DIN**

ICS 91.060.10

Ersatz für
DIN 18516-1:1999-12**Außenwandbekleidungen, hinterlüftet –
Teil 1: Anforderungen, Prüfgrundsätze**Cladding for external walls, ventilated at rear –
Part 1: Requirements, principles of testingRevêtements ventilés à la face arrière pour murs extérieurs –
Partie 1: Exigences, principes d'essai

Gesamtumfang 27 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN 18516-1:2010-06

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	7
4 Anforderungen	8
4.1 Allgemeines	8
4.2 Bauphysikalische Anforderungen	9
4.3 Konstruktive Anforderungen	9
4.4 Anforderungen an den Brandschutz	11
4.5 Anforderungen an die Montage	11
5 Einwirkungen und Formänderungen	11
5.1 Einwirkungen	11
5.2 Formänderungen	12
6 Standsicherheitsnachweis	14
6.1 Allgemeines	14
6.2 Einwirkungskombinationen	14
6.3 Bemessung	14
7 Schutz der Baustoffe und Bauteile	15
7.1 Bauteile aus Metall	15
7.2 Bauteile aus Holz	17
7.3 Wärmedämmung	17
7.4 Verträglichkeit unterschiedlicher Baustoffe	17
8 Bauvorlagen	17
Anhang A (normativ) Prüfgrundsätze für niet- und schraubenartige Verbindungen und Befestigungen	19
A.1 Allgemeines	19
A.2 Prüfung der Tragfähigkeit der Verbindungen und Befestigungen in der Bekleidung durch Bauteilversuche	19
A.3 Einzelteilversuche	19
A.4 Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis	24
Anhang B (informativ) Beispiel zur Ausführung und Anordnung einer Windsperre	25
Literaturhinweise	26

Vorwort

Diese Norm wurde vom Arbeitsausschuss „Außenwandbekleidungen, hinterlüftet, Anforderungen, Prüfgrundsätze“ im Normenausschuß Bau (NABau) im DIN erarbeitet.

DIN 18516 *Außenwandbekleidungen, hinterlüftet* besteht aus:

- *Teil 1: Anforderungen, Prüfgrundsätze*
- *Teil 3: Naturwerkstein – Anforderungen, Bemessung*
- *Teil 4: Einscheiben-Sicherheitsglas – Anforderungen, Bemessung, Prüfung*
- *Teil 5: Betonwerkstein – Anforderungen, Bemessung*

Änderungen

Gegenüber DIN 18516-1:1999-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anwendungsbereich der Norm präzisiert und Anhang B sowie C gestrichen;
- b) Anhang D wurde Anhang B;
- c) Aufnahme des Abschnittes 4.4 „Anforderungen an den Brandschutz“;
- d) Bemessung hinterlüfteter Außenwandkonstruktionen wurde DIN 1055-100 angepasst, weitere bauphysikalische Aspekte (z. B. Wärmebrücken, Witterungsschutz) wurden eingearbeitet;
- e) Norm insgesamt redaktionell überarbeitet und inhaltlich dem Stand der Technik angepasst.

Frühere Ausgaben

DIN 18516-1: 1990-01, 1999-12

DIN 18516-1:2010-06

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für hinterlüftete Außenwandbekleidungen mit und ohne Unterkonstruktion einschließlich der Verankerungen, Verbindungen und Befestigungen.

Sie legt Planungs-, Bemessungs- und Konstruktionsgrundsätze für dauerhafte Konstruktionen fest.

Diese Norm gilt nicht für

- a) raumabschließende Bauteile und deren Bestandteile, z. B. Trapezprofilkonstruktionen nach DIN 18807 und Vorhangfassaden nach DIN EN 13830,
- b) Außenwandbekleidungen aus kleinformatischen (Fläche $\leq 0,4 \text{ m}^2$ und Gewicht $\leq 5 \text{ kg}$) oder brettformatigen (Breite $\leq 30 \text{ cm}$ und Unterstützungsabstand durch die Unterkonstruktion $\leq 80 \text{ cm}$) Elementen, die nach allgemeinen Regeln der Technik“ (wie z. B. anerkannten und bewährten Handwerksregeln) befestigt werden,
- c) Wärmedämmverbundsysteme,
- d) angemörtelte Bekleidungen nach DIN 18515-1 und DIN 18515-2.

Für den Begriff „Außenwandbekleidung, hinterlüftet“ findet auch der Begriff „vorgehängte hinterlüftete Fassade“ gleichbedeutend Anwendung.

2 Normative Verweisungen

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

DIN 1052, *Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken — Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau*

DIN 1055-1, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1: Wichten und Flächenlasten von Baustoffen, Bauteilen und Lagerstoffen*

DIN 1055-4, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 4: Windlasten*

DIN 1055-5, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 5: Schnee- und Eislasten*

DIN 1055-100:2001-03, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung — Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln*

DIN 4108-10:2008-06, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe — Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe*

DIN 4113-1:1980-05, *Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung — Berechnung und bauliche Durchbildung*

DIN 4113-1/A1:2002-03, *Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung — Berechnung und bauliche Durchbildung*

DIN 4113-3, *Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung — Teil 3: Ausführung und Herstellerqualifikation*

- DIN 18515-1, *Außenwandbekleidungen — Teil 1: Angemörtelte Fliesen oder Platten — Grundsätze für Planung und Ausführung*
- DIN 18515-2, *Außenwandbekleidungen — Anmauerung auf Aufstandsflächen — Grundsätze für Planung und Ausführung*
- Normen der Reihe DIN 18807, *Trapezprofile im Hochbau*
- DIN 55928-8:1994-07, *Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge — Teil 8: Korrosionsschutz von tragenden dünnwandigen Bauteilen*
- DIN 68800-1, *Holzschutz im Hochbau — Allgemeines*
- DIN 68800-2, *Holzschutz — Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau*
- DIN 68800-3, *Holzschutz — Vorbeugender chemischer Holzschutz*
- DIN 68800-5, *Holzschutz im Hochbau — Vorbeugender chemischer Schutz von Holzwerkstoffen*
- DIN EN 988, *Zink und Zinklegierungen — Anforderungen an gewalzte Flacherzeugnisse für das Bauwesen*
- DIN EN 1652, *Kupfer und Kupferlegierungen — Platten, Bleche, Bänder, Streifen und Ronden zur allgemeinen Verwendung*
- DIN EN 10025-1, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen*
- DIN EN 10025-2, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle*
- DIN EN 10346, *Kontinuierlich schmelztauchveredelte Flacherzeugnisse aus Stahl — Technische Lieferbedingungen*
- DIN EN 12163, *Kupfer und Kupferlegierungen — Stangen zur allgemeinen Verwendung*
- DIN EN 12164, *Kupfer und Kupferlegierungen — Stangen für die spanende Bearbeitung*
- DIN EN 12165, *Kupfer und Kupferlegierungen — Vormaterial für Schmiedestücke*
- DIN EN 12166, *Kupfer und Kupferlegierungen — Drähte zur allgemeinen Verwendung*
- DIN EN 12167, *Kupfer und Kupferlegierungen — Profile und Rechteckstangen zur allgemeinen Verwendung*
- DIN EN 12168, *Kupfer und Kupferlegierungen — Hohlstangen für die spanende Bearbeitung*
- DIN EN 13162, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) — Spezifikation*
- DIN EN 13830, *Vorhangfassaden — Produktnorm*
- DIN EN ISO 1461, *Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrachte Zinküberzüge (Stückverzinken) — Anforderungen und Prüfungen*
- DIN EN ISO 10684, *Verbindungselemente — Feuerverzinkung*
- DIN EN ISO 12944 (alle Teile), *Beschichtungssysteme — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme*

DIN 18516-1:2010-06

DIN EN ISO 14713-1, *Leitfäden und Empfehlungen zum Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion - Zinküberzüge — Teil 1: Allgemeine Konstruktionsgrundsätze und Korrosionsbeständigkeit*

EN 1999-1-1, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln*

EN 1999-1-4, *Eurocode 9 - Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-4: Kaltgeformte Profiltafeln*

ISO 7892, *Vertical building elements — Impact resistance tests — Impact bodies and general test procedures*

Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energieeinsparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV)¹⁾

Musterliste der Technischen Baubestimmungen Teil 1, Anlage 2.6/11

Richtlinie zur Bestimmung der wärmetechnischen Einflüsse von Wärmebrücken bei vorgehängten hinterlüfteten Fassaden²⁾

Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Fassadenbegrünungen und Kletterpflanzen²⁾

DAST-Richtlinie 022 Feuerverzinken von Stahlbauteilen³⁾

[1] Hees, G.; Rupert, A.: *Vorgehängte Außenwandbekleidung*, Mauerwerk-Kalender, 1991, S. 585–602, Verlag W. Ernst & Sohn, Berlin)

[2] Zuber, E.: *Einfluss nachgiebiger Fassadenkonstruktionen auf Bekleidung und Befestigung*. Mitteilungen des Deutschen Instituts für Bautechnik 10 (1979), Nr. 2, S. 45–50

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

2) Zu beziehen durch Fachverband Baustoffe und Bauteile für vorgehängte hinterlüftete Fassaden e. V. (FVHF), 10898 Berlin.

3) Zu beziehen bei Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Düsseldorf

3 Begriffe

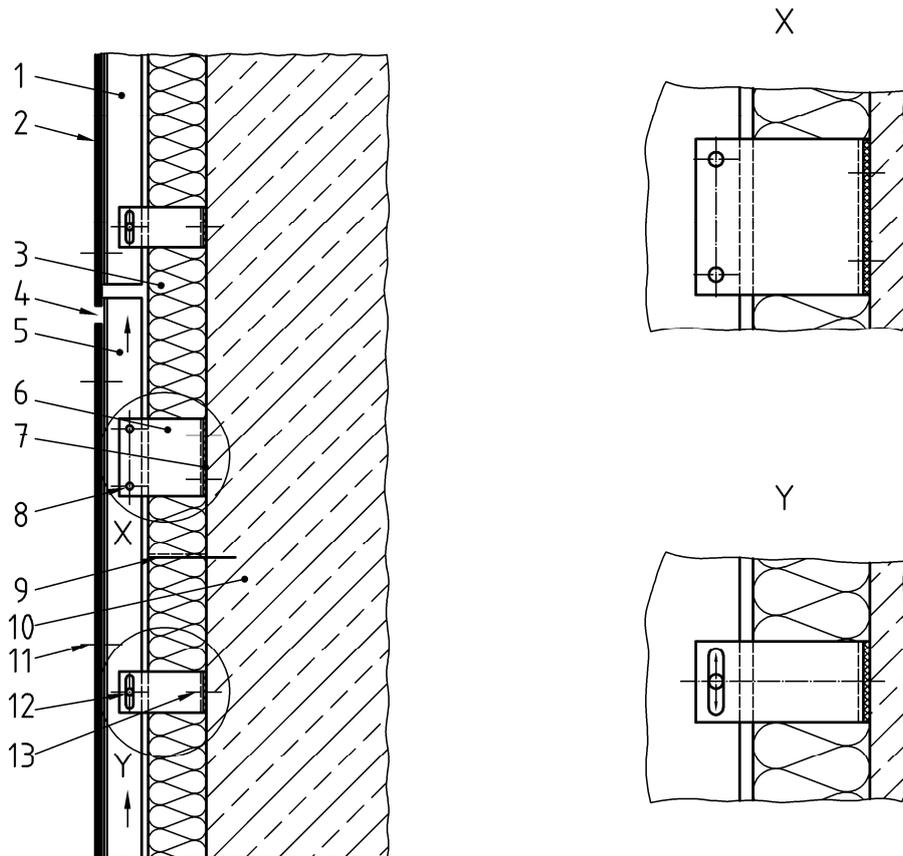
Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe (siehe auch Bild 1).

3.1

Außenwandbekleidung

setzt sich zusammen aus

- a) Bekleidungselementen (2) mit offenen oder geschlossenen Fugen (4) oder aneinander stoßend oder einander überdeckend,



Legende

- | | | | |
|---|--|----|---------------------------------|
| 1 | Tragprofil der Unterkonstruktion (vertikal oder gegebenenfalls horizontal) | 9 | Dämmstoffhalter |
| 2 | Bekleidungselement | 10 | Verankerungsgrund |
| 3 | Dämmstoff (gegebenenfalls vlieskaschiert) | 11 | Befestigungselement |
| 4 | Fuge | 12 | Verbindungselement (Gleitpunkt) |
| 5 | Hinterlüftungsraum | 13 | Verankerungselement |
| 6 | Wandhalter | | |
| 7 | thermisches Trennelement | X | Detail Festpunkt |
| 8 | Verbindungselement (Festpunkt) | Y | Detail Gleitpunkt |

Bild 1 — Darstellung der Begriffe

DIN 18516-1:2010-06

- b) Unterkonstruktion (1), bestehend aus Tragprofilen mit Gleit- und Festpunkten (8,12), alternativ aus Traglatten oder Schalungen mit oder ohne Konterlatten,
- c) Verankerungselemente (13), Verbindungselemente (8,12), Befestigungselemente (11),
- d) Ergänzungsteile, z. B.
 - Profile für Außenwandkanten, Sockel, Leibungen, Attiken und Ähnliches,
 - Lüftungsschienen, Windsperren,
 - Vorrichtungen zum Anbringen von Gerüsten,
 - Dichtungsbänder bei Holzkonstruktionen,
- e) gegebenenfalls Dämmstoff (3) gegebenenfalls Dämmstoffhalter (9),
- f) Hinterlüftungsraum (5).

3.2

Verankerungselement (13)

Bauteil, das die Unterkonstruktionen mechanisch in der Wand verankert oder die Bekleidung, sofern keine Unterkonstruktion vorhanden ist, unmittelbar in der Wand verankert

3.3

Verbindungselement (8,12)

Bauteil, das die Unterkonstruktion untereinander stets mit metallischen Bauteilen/Elementen mechanisch verbindet

3.4

Befestigungselement (11) (für Außenwandbekleidung)

Bauteil, das die Bekleidungselemente an der Unterkonstruktion stets mit metallischen Bauteilen/Elementen mechanisch befestigt

4 Anforderungen

4.1 Allgemeines

Für Baustoffe und Konstruktionen müssen berücksichtigt werden:

- eine mögliche Korrosionsbeanspruchung, z. B. durch Niederschläge, Feuchte der Außenluft, Schadstoffe (Chloride, Schwefeldioxyd), Tauwasserbildung sowie Verdunstung in Wassersäcken;
- die Möglichkeit der Geräuschentwicklung aus Klappern oder Knacken, z. B. durch Wind oder Temperaturbeanspruchungen.

Es dürfen nur Bekleidungselemente, Unterkonstruktionen, Verankerungs-, Verbindungs- und Befestigungselemente, Ergänzungsteile und Dämmstoffe verwendet werden, deren Brauchbarkeit bzw. Verwendbarkeit für diesen Verwendungszweck nachgewiesen ist. Der Nachweis ist nach Normen oder durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder eine Europäische Technische Zulassung zu führen. Für niet- und schraubenartige Befestigungen und Verbindungen können allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse erbracht werden (auf die Technischen Baubestimmungen wird hingewiesen).

4.2 Bauphysikalische Anforderungen

4.2.1 Beim Wärme-, Feuchte-, Schall- und Brandschutz ist das Zusammenwirken der Außenwand mit der Außenwandbekleidung zu berücksichtigen.

Wärmebrücken durch Verankerungen sind zu berücksichtigen. Die Energieverluste durch Wärmebrückenwirkung der Verankerungen sind bei der Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert/Energiebilanz) zu berücksichtigen; siehe „Richtlinie Wärmebrücken bei vorgehängten hinterlüfteten Fassaden“.

4.2.2 Zur Reduzierung von Baufeuchte, zur Ableitung von eventuell durch die offenen Fugen eindringendem Niederschlag, zur Trennung der Bekleidungen von der Dämmstoffschicht bzw. der Wandoberfläche und zur Ableitung von Tauwasser an der Innenseite der Bekleidung ist eine Hinterlüftung erforderlich.

Diese Anforderung wird in der Regel erfüllt, wenn die Bekleidungen mit einem Abstand von mindestens 20 mm von der Außenwand bzw. Dämmstoffschicht angeordnet werden. Der Abstand darf z. B. durch die Unterkonstruktion oder durch Wandunebenheiten örtlich bis auf 5 mm reduziert werden.

Bei vertikal angeordneten Trapez- oder Wellprofiltafeln darf die Bekleidung streifenförmig aufliegen, wobei sicherzustellen ist, dass der freie horizontale Hinterlüftungsquerschnitt mindestens $200 \text{ cm}^2/\text{m}$ beträgt.

4.2.3 Für hinterlüftete Außenwandbekleidungen sind Be- und Entlüftungsöffnungen zumindest am Gebäudefußpunkt und am Dachrand mit Querschnitten von mindestens 50 cm^2 je 1 m Wandlänge vorzusehen.

Im Sockelbereich müssen Öffnungen zur Hinterlüftung der Außenwandbekleidung mit einer Breite über 20 mm durch Lüftungsgitter gesichert werden.

4.3 Konstruktive Anforderungen

4.3.1 Um bei örtlichem Versagen ein fortlaufendes Abreißen der Bekleidung zu begrenzen, sind besondere Maßnahmen unter Berücksichtigung etwaig auftretender Verformungen zu treffen. Die Außenwandbekleidung ist dazu z. B. in Flächen von etwa 50 m^2 zu unterteilen, etwa in Abständen horizontal alle 8 m und vertikal alle zwei Geschosse. Bei Bekleidungs-elementen mit sprödem Biegebruchversagen sind diese Maßnahmen nicht erforderlich. Die Spröbruchneigung ist aus dem Spannungs-Dehnungsdiagramm abzuleiten.

4.3.2 Die Außenwandbekleidung ist technisch zwängungsfrei zu montieren (z. B. unter Verwendung einer Bohrlehre).

4.3.3 Bei Gleitpunkten ist zwischen gleitenden Teilen ein ausreichendes Spiel unter Berücksichtigung der Herstelltoleranzen sowie der extremalen thermischen und hygri-schen Längenänderungen vorzusehen. Korrosionsschutzschichten dürfen durch Gleitvorgänge nicht zerstört werden.

4.3.4 Beanspruchungen infolge Formänderungen nach 5.2 dürfen an den Verbindungs- und Befestigungsstellen keine Schädigungen in der Bekleidung oder Unterkonstruktion verursachen (Zerstörung der Korrosionsschutzschicht durch Langlochbildung, Versagen der Verbindungen und Befestigungen).

4.3.5 Bekleidungen müssen gewartet werden können. Verankerungselemente für Standgerüste sind möglichst so anzuordnen, dass keine Bekleidungs-elemente bei der Gerüstmontage demontiert werden müssen.

4.3.6 Im Bereich von Bewegungsfugen im Bauwerk müssen in der Unterkonstruktion und in der Bekleidung die gleichen Bewegungen möglich sein; dies gilt sinngemäß auch für Bewegungsfugen in der Unterkonstruktion.

4.3.7 Es ist nachzuweisen, dass die Mindestrandabstände sowohl in der Bekleidung als auch in der Unterkonstruktion nicht unterschritten werden.

DIN 18516-1:2010-06

4.3.8 Dämmstoffe nach 7.3 sind dauerhaft und lückenlos anzubringen. Sie sind im Verband dichtgestoßen zu verlegen, so dass möglichst keine Hohlräume zwischen Untergrund und Dämmschicht entstehen, um eine Hinterströmung zu vermeiden. Faserdämmstoffe sind bei Außenwandkonstruktionen mit offenen Fugen vorzugsweise vlieskaschiert zu verwenden. Schnittkanten und Stirnseiten brauchen nicht geschützt zu werden.

Bei Außenwandkonstruktionen mit offenen Fugen und einer Wärmedämmung aus Mineralfaserstoffen nach DIN EN 13162 muss deren Strömungswiderstand mindestens $AF_r \geq 5 \text{ kPa s/m}^2$ betragen. Die Dämmstoffe sind im Mittel mit fünf Dämmstoffhaltern je m^2 anzubringen. Die Dämmstoffhalter müssen mindestens normalentflammbar sein. Wenn Dämmplatten nicht mit Dämmstoffhaltern angebracht werden können, sind sie zu kleben. Der Klebstoff muss für den Anwendungsfall geeignet sein. Dabei müssen Dämmstoffe eine Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene von $\sigma_{mt} > 1,0 \text{ kPa}$ nach DIN EN 13162 aufweisen, um eine ausreichende Abrissfestigkeit zu erreichen. Geklebte Platten sind vorzugsweise im Wulst-Punkt-Verfahren anzubringen.

4.4 Anforderungen an den Brandschutz

Bei hinterlüfteten Außenwandkonstruktionen wird bezüglich des Brandschutzes auf die Anforderungen nach der Musterliste der Technischen Baubestimmungen Teil 1, Anlage 2.6/11 verwiesen.

4.5 Anforderungen an die Montage

Die geometrischen Angaben des Standsicherheitsnachweises sind bei der Montage einzuhalten. Jedes Bekleidungsselement ist entsprechend den Planungsvorgaben zu befestigen.

Verbleibende Unterlegplatten oder Keile müssen in ihrer Lage gesichert werden. Bei der Montage des Tragprofils und der Bekleidung sind vorgesehene Gleitmöglichkeiten zu beachten.

5 Einwirkungen und Formänderungen

5.1 Einwirkungen

5.1.1 Eigenlast

Falls der Rechenwert der Eigenlast eines Baustoffs nicht DIN 1055-1 oder einem Verwendbarkeitsnachweis entnommen werden kann, muss dessen Eigenlast unter Berücksichtigung einer möglichen Feuchteaufnahme (Ausgleichsfeuchte) durch ein Prüfzeugnis nachgewiesen werden (95 % Quantil(Fraktil)wert mit 75%iger Aussagewahrscheinlichkeit).

5.1.2 Windlast

5.1.2.1 Für den Ansatz der Windlasten gilt DIN 1055-4.

5.1.2.2 Grundsätze:

- a) Bei einer luftdichten Außenwandbekleidung ist der Winddruck wie bei einer einschaligen Wand anzusetzen;
- b) Bei einer durchlässigen, hinterlüfteten Außenwandbekleidung ist der im Hinterlüftungsraum entstehende Innendruck zu berücksichtigen;
- c) Der sich aus dem Innendruck im Hinterlüftungsraum und dem Außendruck ergebende resultierende Winddruck auf die durchlässige Außenwandbekleidung darf mit dem Beiwert

$$c_{p,net} = \pm 0,5$$

berechnet werden.

Dabei gelten folgende Anwendungsgrenzen:

- 1) Entlang der vertikalen Gebäudekanten ist eine dauerhaft wirksame vertikale Windsperre angeordnet (z. B. nach Bild B.1);

DIN 18516-1:2010-06

- 2) Für die Durchlässigkeit der Außenwandbekleidung gilt:

$$\frac{A_F}{A_{AW}} \geq 0,75\%$$

Dabei ist

A_F Fläche der Öffnungen;

A_{AW} Fläche der Außenwandbekleidung;

Die Fläche der Öffnungen muss gleichmäßig über die Gesamfläche der Außenwandbekleidung verteilt sein.

- 3) Die lichte Dicke der Luftschicht im Hinterlüftungsraum muss kleiner als 100 mm sein.

5.1.3 Schnee- und Eislasten

Schnee- und Eislasten nach DIN 1055-5 sind bei besonderen klimatischen Verhältnissen sowie bei möglicher Ablagerung an oder auf der Bekleidung zu berücksichtigen. Bei Außenwandbegrünungen⁴⁾ sind die Auswirkungen von Schnee- und Eislasten auf die Außenwandbekleidung in jedem einzelnen Fall zu untersuchen.

5.1.4 Einwirkungen aus Zwang

Bei behinderter Formänderung der Außenwandbekleidung und der Unterkonstruktion sind die daraus entstehenden Beanspruchungen beim Standsicherheitsnachweis zu berücksichtigen, siehe 4.3.2.

5.1.5 Sonderlasten

Sonderlasten sind unabhängig von der Außenwandbekleidung in die tragende Wand einzuleiten oder beim Standsicherheitsnachweis zu berücksichtigen. Sonderlasten, z. B. Lasten aus Werbeanlagen, Außenwandbegrünungen (siehe Informationen zu Außenwandbegrünungen), Sonnenschutzanlagen, Gerüstankern, Leitern, Befahranlagen oder andere Stosslasten sind gesondert zu vereinbaren.

ANMERKUNG Die Prüfung von Stoßlasten kann in Anlehnung an ISO 7892 erfolgen, soweit nicht in den technischen Baubestimmungen etwas anderes festgelegt ist.

5.2 Formänderungen**5.2.1 Allgemeines**

Formänderungen dürfen Außenwandbekleidungen in ihrer Funktion nicht beeinträchtigen.

5.2.2 Temperatureinwirkungen, Quellen und Schwinden

Bei Außenwandbekleidungen sind im Regelfall Schwerpunktstemperaturdifferenzen zwischen der Temperatur bei der Montage (im Allgemeinen +10 °C) und Grenztemperaturen von -20 °C und +80 °C zu berücksichtigen.

4) Siehe Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Fassadenbegrünungen und Kletterpflanzen

Gegebenenfalls ist ein Temperaturunterschied zwischen der äußeren und der inneren Oberfläche der Bekleidungs-elemente zu berücksichtigen: Näherungsweise gilt für mineralische Baustoffe

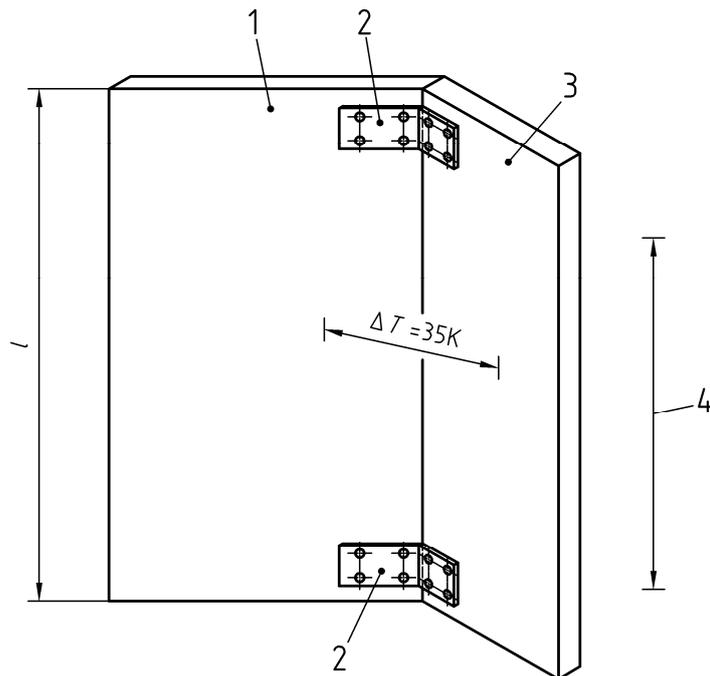
$$\Delta T = 1,5 \times d$$

Dabei ist

d die Plattendicke in cm;

ΔT der Temperaturunterschied in K.

Da an Bekleidungs-elementen aufgrund ihrer Lage, bezogen auf die Himmelsrichtungen, Temperaturunterschiede bis zu 35 K auftreten können, sind diese Temperaturunterschiede nur bei unverschieblich miteinander verbundenen Bekleidungs-elementen (z. B. Mutterplatte und Leibungsplatte) zu berücksichtigen.



Legende

- 1 Mutterplatte
- 2 unverschiebliche Verbindung
- 3 Leibungsplatte
- 4 Zwängungsspannung aus Δl in Folge $\Delta T = 35 \text{ K}$

Bild 2 — Schematische Darstellung einer unverschieblichen Verbindung zwischen Mutterplatte und Leibungsplatte (Ansicht von innen nach außen)

Im Falle von Quellen und Schwinden ist dieses zusätzlich zu berücksichtigen.

5.2.3 Planmäßige Formänderungen des Bauwerks aus Baugrundbewegungen

Formänderungen des Bauwerks und des Baugrunds sind bei der Außenwandbekleidung statisch und konstruktiv zu berücksichtigen.

DIN 18516-1:2010-06**6 Standsicherheitsnachweis****6.1 Allgemeines**

Für hinterlüftete Außenwandbekleidungen ist vom Fachplaner ein prüffähiger Standsicherheitsnachweis zu erstellen. Beim Standsicherheitsnachweis ist zur Berücksichtigung von Maßabweichungen der raumabschließenden Wand ein Zuschlag von mindestens 20 mm zum geplanten Abstand zwischen Außenwand und Bekleidung anzusetzen. Werden größere Maßabweichungen festgestellt, müssen diese berücksichtigt werden.

6.2 Einwirkungskombinationen

Für jede kritische Einwirkungskombination muss der Bemessungswert der Beanspruchung E_d aus den Kombinationen der unabhängigen, gleichzeitig auftretenden Einwirkungen nach DIN 1055-100:2001-03, Abschnitt 5 ermittelt werden.

Falls Formänderungen nach 5.2 nicht konstruktiv aufgefangen werden können, ist für die Bekleidung, Unterkonstruktion, Verankerungen, Verbindungen und Befestigungen die Aufnahme der Zwangbeanspruchung nachzuweisen.

6.3 Bemessung**6.3.1 Allgemeines**

Alle Teile der Außenwandbekleidung sind nach dem Sicherheitskonzept der DIN 1055-100 im Grenzzustand der Tragfähigkeit nachzuweisen.

Die zur Ermittlung der Bemessungswerte der Einwirkungen erforderlichen Teilsicherheitsbeiwerte γ_F sind DIN 1055-100 zu entnehmen.

Die zur Ermittlung der Bemessungswerte der Tragwiderstände erforderlichen Teilsicherheitsbeiwerte γ_M sind den entsprechenden Bemessungsnormen oder bauaufsichtlichen Regelungen zu entnehmen.

Der Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist nur bei Bedarf zu erbringen.

6.3.2 Bekleidung

Jedes Bekleidungsselement muss einzeln befestigt werden (Ausnahme z. B. Leibungsplatten).

Bei rechnerischer Ermittlung der Schnittgrößen sind die Lagerungsbedingungen — starr oder nachgiebig gestützt — zu berücksichtigen, z. B. [1] und [2] oder geeignete Berechnungsprogramme.

Wird das Bekleidungsselement durch mehrere Befestigungselemente gehalten, dürfen für den vertikalen Lastabtrag nur Befestigungselemente an zwei Stellen in Ansatz gebracht werden.

Scheibenspannungen, z. B. durch Eigenlast, brauchen im Regelfall nicht nachgewiesen zu werden.

Die Bekleidung darf bei Verformungen weder die Befestigung des Dämmstoffes, den Dämmstoff selbst noch die Wand berühren (siehe jedoch 4.2.2 und 4.4).

Für die Bekleidung gelten nicht die in den baustoffspezifischen Normen für tragende Bauteile festgelegten Mindestdicken und Maße.

6.3.3 Unterkonstruktion

Für die Ermittlung der Schnittgrößen darf eine starre Lagerung der Unterkonstruktion zugrunde gelegt werden. Ein Mittragen der Bekleidung darf beim Grenzzustand der Tragfähigkeit für die Unterkonstruktion im Allgemeinen nicht berücksichtigt werden (Plattenbalkenwirkung). Ein Mittragen der Bekleidung ist möglich, bedarf jedoch eines Nachweises z. B. durch eine allgemeine Zulassung.

Die Beanspruchung der Unterkonstruktion durch die Bekleidung und die von ihr übertragenen Einwirkungen darf unter Annahme einer starren Lagerung ermittelt werden.

6.3.4 Verbindungen und Befestigungen

Die Kräfte in den Befestigungen und eventuell in den Verbindungen der Bekleidung sind unter Berücksichtigung der Nachgiebigkeit der Unterkonstruktion zu ermitteln (siehe [1] und [2]).

Für die Tragfähigkeit von niet- und schraubenartigen Verbindungen und Befestigungen, die aufgrund von Prüfungen nach Anhang A nachgewiesen werden, darf ein γ_m von 2 angesetzt werden. Für andere Arten von Verbindungen und Befestigungen ist ein Verwendbarkeitsnachweis erforderlich.

Bei Unterkonstruktionen aus Holz (siehe DIN 1052) dürfen zur Verbindung von Hölzern miteinander, z. B. Traglatten an Grundlatten, nur für dauernde Zugbeanspruchung geeignete Verbindungselemente verwendet werden.

Abweichend von den in den baustoffspezifischen Normen für tragende Bauteile angegebenen Mindestdicken dürfen Verbindungselemente, wenn ihre Tragfähigkeit nach Anhang A nachgewiesen worden ist, mit abweichenden Maßen verwendet werden.

6.3.5 Verankerungen

Soweit die Verankerung nicht mit genormten Verankerungselementen geschieht, sind die diesbezüglichen bauaufsichtlichen Zulassungen oder Europäischen Technischen Zulassungen zu beachten. 6.1 ist zu beachten.

Verankerungselemente dürfen nur verwendet werden, wenn deren Verwendbarkeit nachgewiesen worden ist.

7 Schutz der Baustoffe und Bauteile

7.1 Bauteile aus Metall

7.1.1 Bekleidung

Folgende Metalle dürfen verwendet werden:

- a) nichtrostende Stähle nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung Z-30.3-6;
- b) Aluminiumlegierungen nach DIN 4113-1 mit A1 , EN 1999-1-1 oder EN 1999-1-4;
- c) Kupfer nach DIN EN 1652, SF-Cu Werkstoffnummer 2.0090 und CuZn20 Werkstoffnummer 2.0250 sowie Kupfer nach DIN EN 12167 und DIN EN 12168, CuZn40Mn2Fe1 Werkstoffnummer 2.0572;
- d) feuerverzinkter (stückverzinkter) Stahl nach DIN EN ISO 1461 in Verbindung mit DAST – Richtlinie 022;

DIN 18516-1:2010-06

- e) Stahlsorten nach DIN EN 10346 mit einem Korrosionsschutz — zumindest auf der Rückseite — nach DIN 55928-8:1994-07, Tabelle 3, Schutzsystem-Kennzahlen 3-600.1, 3-600.5 und 3-205.1, sowie Tabelle 4, Schutzsystem-Kennzahlen 4-310.2 und 4-200.3. Stahlsorten nach DIN EN 10025 und Korrosionsschutz auf der Rückseite nach DIN EN ISO 12944-5.

Kontinuierliche Feuerverzinkung (Bandverzinkung) mindestens 275 g/m² und Deckbeschichtung nach DIN 55928-8:1994-07, Tabelle 4, Schutzsystem-Kennzahlen 4-200.2.

Für beschichteten Stahl mit einer Dicke über 3 mm gelten die entsprechenden Festlegungen in 7.1.2.

Für andere Korrosionsschutzsysteme ist ein Eignungsnachweis einer hierfür anerkannten Prüfstelle vorzulegen.

Zum Schutz des Bohrlochrandes von dünnwandigen Bekleidungen aus unlegiertem Stahlblech muss zwischen dem Kopf des Verbindungselementes bzw. der Unterlegscheibe und dem Bekleidungs-element eine Elastomerscheibe eingelegt werden. Sie darf durch das Anzugsmoment der Schrauben nicht geschädigt werden (Rissbildung);

- f) Titanzink (legiertes Zink) nach DIN EN 988, Werkstoffkurzzeichen D-ZN, Werkstoffnummer 2.2203.

7.1.2 Unterkonstruktion

Folgende Metalle dürfen verwendet werden:

- a) nichtrostende Stähle nach Zulassung Z-30.3-6;
- b) Aluminiumlegierungen nach DIN 4113-1 mit A1 EN 1999-1-1 oder EN 1999-1-4. Bei Dicken unter 1,6 mm ist ein Korrosionsschutz nach DIN V 4113-3 oder DIN EN 1090-3 erforderlich;

Aluminiumbauteile dürfen direkt auf Betonbauteilen angebracht werden, wenn sichergestellt ist, dass keine Feuchte zwischen die Bauteile gelangen kann;

- c) Kupfer nach DIN EN 1652: Cu-DHP Werkstoffnummer CW024A und CuZn20 Werkstoffnummer CW503L, mindestens 1,5 mm dick, sowie Kupfer nach DIN EN 12167: CuZn40Mn2Fe1 Werkstoffnummer CW723R;
- d) feuerverzinkter (stückverzinkter) Stahl nach DIN EN ISO 1461 in Verbindung mit DAST – Richtlinie 022;
- e) Stahlsorten nach DIN EN 10025 in Dicken von mindestens 3 mm mit einem Korrosionsschutz nach DIN EN ISO 12944-5.

7.1.3 Verankerungs-, Verbindungs- und Befestigungselemente

7.1.3.1 Als Verankerungs-, Verbindungs- und Befestigungselemente dürfen verwendet werden:

- a) nichtrostende Stähle nach Zulassung Z-30.3-6;
- b) Aluminiumlegierungen nach DIN 4113-1 mit A.1 oder EN 1999-1-1;

Aluminiumbauteile dürfen direkt auf Betonbauteilen angebracht werden, wenn sichergestellt ist, dass keine Feuchte zwischen die Bauteile gelangen kann;

- c) Kupfer nach DIN EN 12163, DIN EN 12164, DIN EN 12165 und DIN EN 12166:
 SF-Cu Werkstoffnummer 2.0090;
 CuZn36Pb1,5 Werkstoffnummer 2.0331 und
 CuNi1,5Si Werkstoffnummer 2.0835;
- d) feuerverzinkte Verbindungselemente nach DIN EN ISO 10684 der Festigkeitsklasse ≤ 8.8 für Verbindungen und Befestigungen von Bekleidungselementen und Unterkonstruktionen aus Stahl mit einem Korrosionsschutz nach 7.1.1d) und e) bzw 7.1.2d) und e).

7.1.3.2 Bei Schweißverbindungen aus nichtrostenden Stählen gilt die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-30.3-6.

7.2 Bauteile aus Holz

Holz und Holzwerkstoffe sind nach DIN 68800-1 bis DIN 68800-3 und DIN 68800-5 zu schützen.

7.3 Wärmedämmung

Zur Wärmedämmung bei hinterlüfteten Außenwandbekleidungen dürfen nur genormte oder bauaufsichtlich zugelassene Dämmstoffe verwendet werden, die die Anforderungen nach DIN 4108-10:2008-10 Typ WAB erfüllen. Bezüglich der Wärmebrücken ist 4.2 zu beachten. Mineralfaserdämmstoffe nach DIN EN 13162 sind bei Außenwandbekleidungen mit offenen Fugen vorzugsweise vlieskaschiert zu verwenden, siehe 4.3.8.

7.4 Verträglichkeit unterschiedlicher Baustoffe

Durch konstruktive Maßnahmen oder Wahl geeigneter Baustoffe muss sichergestellt sein, dass schädigende Einwirkungen unterschiedlicher Baustoffe untereinander – auch ohne direkte Berührung, z. B. durch abtropfendes Wasser – ausgeschlossen sind. Kontakt- und Spaltkorrosion ist z. B. durch elastische Zwischen- oder Trennlagen zu vermeiden.

ANMERKUNG Beim Kontakt zwischen einer Feuerverzinkung und Verbindungsmitteln aus nichtrostenden Edelstählen kann (bei den Korrosivitätskategorien C2 und C3 nach DIN EN ISO 14713-1 und DIN EN ISO 12944) auf die Verwendung von elastischen Zwischen – oder Trennlagen verzichtet werden, wenn sich die Kontaktstelle lediglich auf die Größe des Verbindungselementes beschränkt.

8 Bauvorlagen

In den Ausführungsunterlagen (Standortsicherheitsnachweis, Planunterlagen) sind anzugeben:

- Verankerungsgrund, z. B. massive Wand, Ausfachung einer Skelettkonstruktion, nach Art und Dicke, z. B. Baustoff, Druckfestigkeitsklasse, Steinformat, Lochbild, Mörtelgruppe, Art und Dicke der nichttragenden Schicht (z. B. Altputz), Stoßfugenvermörtelung ja/nein;
- Baustoffe der Unterkonstruktion und Bekleidung und gegebenenfalls Art des Korrosionsschutzes z. B. mit Schutzsystem-Kennzahl und den Maßen der Einzelteile;
- Verbindungen, Befestigungen und Verankerungen nach Art, Werkstoff, Anzahl und Anordnung;
- Lage und Größe der Gebäudefugen, der Bewegungsfugen in der Unterkonstruktion und Bekleidung, Ausbildung der Fugen;
- Dämmstoffe unter Angabe der geltenden Normen/bauaufsichtlichen Zulassungen;

DIN 18516-1:2010-06

- f) Gegebenenfalls Nachweis der Wärmebrücken;
- g) Angaben zum Brandverhalten der Baustoffe;
- h) Angaben zum Schallschutz (soweit erforderlich);
- i) Montageplan mit Lage der Unterkonstruktion sowie der Fest- und Gleitpunkte;
- j) Statische Nachweise der Bekleidung, der Befestigungs- und Verbindungselemente, der Unterkonstruktion und der Verankerungselemente.

Anhang A (normativ)

Prüfgrundsätze für niet- und schraubenartige Verbindungen und Befestigungen

A.1 Allgemeines

Die Prüfung gilt nur für Verbindungen von Bekleidungen und Unterkonstruktionen untereinander und von Befestigungen der Bekleidungen auf Unterkonstruktionen.

Die zu prüfenden Verbindungs- und Befestigungsbereiche an der Bekleidung bzw. Unterkonstruktion sind unter statisch ungünstigen Annahmen bei Abweichungen der Achs- und Randabstände von 10 % unter Aufsicht einer anerkannten Prüfstelle herzustellen.

Sind die Versagenskriterien nicht bekannt, müssen sie durch einen Bauteilversuch festgestellt werden. Anschließend ist die Tragfähigkeit der Verbindungen, Befestigungen durch Einzelteilversuche zu ermitteln. Weisen Bauteilversuch und Einzelteilversuche unterschiedliche Versagenskriterien auf, sind weitere Versuche durchzuführen. Die Versuchsergebnisse sind nach A.3.1 bzw. A.3.2 statistisch auszuwerten.

A.2 Prüfung der Tragfähigkeit der Verbindungen und Befestigungen in der Bekleidung durch Bauteilversuche

Zur Feststellung der Versagensart und Versagenslast ist der Bauteilversuch mit der gleichen Befestigung und Verbindung wie bei der auszuführenden Bekleidung und Unterkonstruktion mit deren ungünstigster Abmessung und Befestigungsart unter Berücksichtigung der größtmöglichen Verformung durchzuführen.

Zur Simulation der Winddruck- und Sogbelastung ist die Bekleidung senkrecht zu ihrer Ebene mit einer konstanten Flächenlast zu beanspruchen, z. B. mit Hilfe eines Foliensackes.

A.3 Einzelteilversuche

A.3.1 Prüfung auf Abscheren

An Prüfkörpern aus Bekleidung und Unterkonstruktion sind mindestens je 10 Scherversuche nach Bild A.1 durchzuführen. Bei der Prüfung sind die kleinsten vorgesehenen Randabstände a_{\min} bzw. b_{\min} und die kleinsten Verbindungs- und Befestigungselementabstände in Übereinstimmung mit der Ausführung einzuhalten. An den Prüfkörpern mit den geringeren Bruchlasten sind so viele Versuche zu ergänzen, dass für eine statistische Auswertung mindestens 10 Versuchsergebnisse vorliegen.

Nach der statistischen Auswertung sind die Versuchsergebnisse im Verhältnis

— von der Mindestfestigkeit zu der in den Versuchen ermittelten Festigkeit sowie

— von Nenndicke zur vorhandenen Dicke des versagenden Teils

zu korrigieren.

DIN 18516-1:2010-06

Bei Verbindungen und Befestigungen von Teilen der Außenwandbekleidung, die unter Berücksichtigung der Verankerung etwa gleich steif sind, sind die Versuche nach Bild A.1.b) durchzuführen. Ist ein Teil gegenüber dem anderen fast starr, sind die Versuche nach Bild A.1.c) durchzuführen. Liegen die wirklichen Verhältnisse zwischen denen der Bilder A.1.c) und A.1.d), sind beide Versuche durchzuführen.

A.3.2 Prüfung auf Zug

An Prüfkörpern aus Bekleidung und Unterkonstruktion sind mindestens 10 Versuche unter Zugbeanspruchung durchzuführen.

Wenn beim Bauteilversuch nach A.1 das Versagen durch die Unterkonstruktion beeinflusst wird, sind die Versuche nach Bild A.2.a) bzw. Bild A.2.b) durchzuführen. In allen anderen Fällen dürfen sie nach Bild A.3 durchgeführt werden.

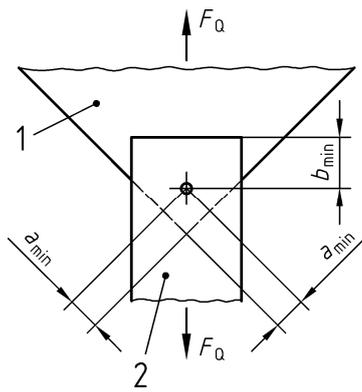
ANMERKUNG Die Befestigungselemente können beim Zugversuch durch Abreißen, Ausreißen aus der Unterkonstruktion oder durch Durchknöpfen bzw. Durchstanzen durch die Bekleidung versagen. Eine Stützwirkung durch die Versuchsanordnung kann in der Regel ausgeschlossen werden, wenn d_R bzw. l mindestens $D + 5$ ist, wobei D der Durchmesser des Kopfes des Befestigungsmittels sowie die Dicke der Bekleidung ist. Ein Einfluss durch die Verformung der Prüfkörper wird vermieden, wenn die Stützweite d_R bzw. l so gewählt wird, dass kein Biegeversagen eintritt.

d_R bzw. l sind so festzulegen, dass günstige Einflüsse auf die Ergebnisse durch die Stützwirkung der Versuchsanordnung oder durch Verformungen der Prüfkörper ausgeschlossen werden.

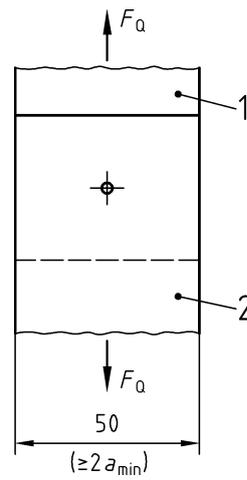
An den Prüfkörpern sind so viele Versuche durchzuführen, dass für eine statistische Auswertung mindestens 10 Versuchsergebnisse vorliegen.

Nach der statistischen Auswertung sind die Versuchsergebnisse im Verhältnis

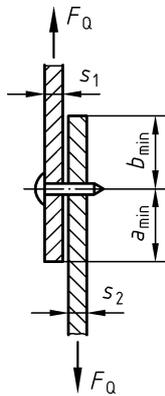
- von Mindestfestigkeit zu der in den Versuchen ermittelten Festigkeit sowie
- von den Nennquerschnittswerten zu den vorhandenen Querschnittswerten, die für das Versagen verantwortlich sind, zu korrigieren.



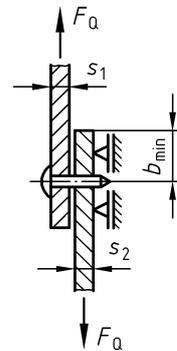
a) Ansicht



b) Ansicht



c) Schnitt, Fall 1



d) Schnitt, Fall 2

Legende

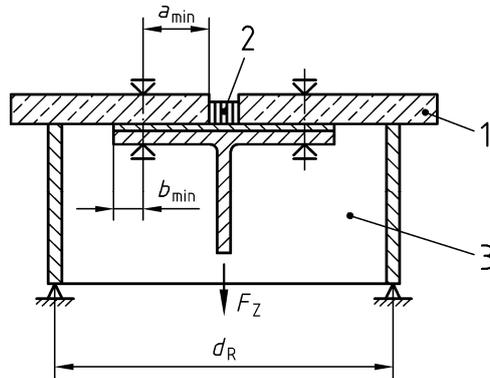
- 1 Bekleidungs-element
- 2 Unterkonstruktion
- F_Q Scherkraft
- a_{min} kleinster vorgesehener Randabstand der Bekleidung
- b_{min} kleinster vorgesehener Randabstand der Unterkonstruktion
- s_1 Dicke der Bekleidung
- s_2 Dicke der Unterkonstruktion

Bild A.1 — Einzelteilversuche für Scherbeanspruchung an der Bekleidung mit Unterkonstruktion bzw. Unterkonstruktionsteilen (Beispiele)

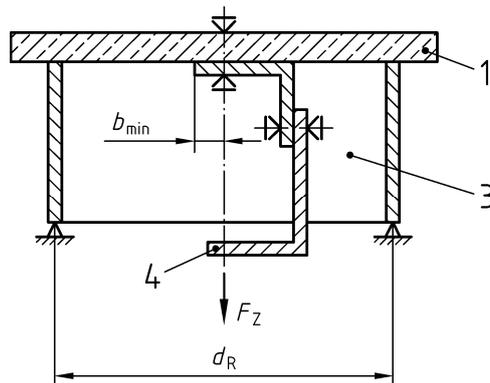
DIN 18516-1:2010-06**A.3.3 Grenzwerte für Schrägzug**

Werden Verbindungs- und Befestigungsstellen durch Schrägzug beansprucht, so darf entsprechend dem Verhältnis von maximal zulässiger Scherkraft zu maximal zulässiger Auszugskraft die zulässige Schrägzugkraft ermittelt werden (siehe Bild A.4).

Alternativ dürfen diese Werte auch durch Versuche festgestellt werden.



a) Prüfung im Stoßbereich von Bekleidungselementen



b) Prüfung im mittleren Bereich einer Bekleidung

Legende

- 1 Bekleidung
- 2 Distanzstück
- 3 Rohrabschnitt
- 4 Unterkonstruktion

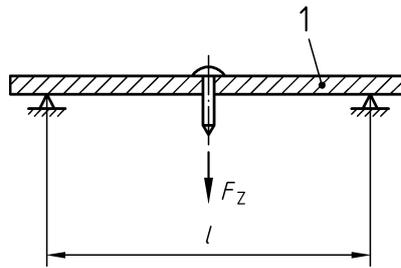
F_Z Zugkraft

a_{min} kleinster vorgesehener Randabstand der Bekleidung

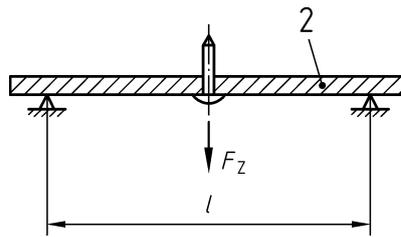
b_{min} kleinster vorgesehener Randabstand der Unterkonstruktion

d_R Durchmesser des Rohrabschnitts

Bild A.2 — Prüfung der Befestigung einer Bekleidung auf einer Unterkonstruktion (Beispiele)



a) Prüfung in der Bekleidung



b) Prüfung in der Unterkonstruktion

Legende

- 1 Bekleidung
- 2 Unterkonstruktion
- F_Z Zugkraft
- l Stützweite des Prüfkörpers

Bild A.3 — Prüfung der Befestigung (Beispiele)

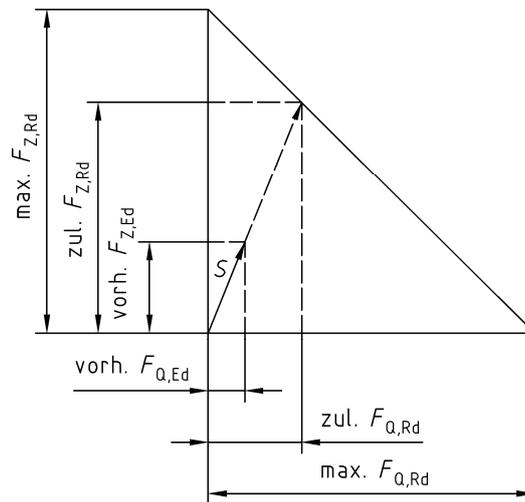


Bild A.4 — Beispiel für die Ermittlung der Schrägzugkraft S

DIN 18516-1:2010-06

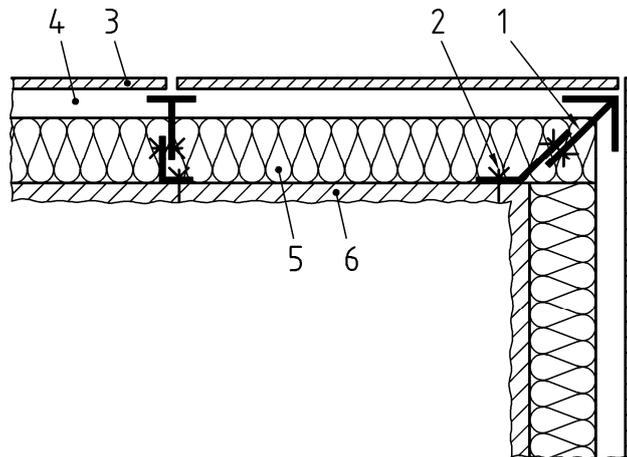
A.4 Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis

Nach der Bauregelliste A, Teil 2, lfd. Nr. 2.17 ist als Verwendbarkeitsnachweis für niet- und schraubenartige Verbindungen und Befestigungen für geregelte Außenwandbekleidungen ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis erforderlich.

Allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse dürfen nur von hierfür bauaufsichtlich anerkannte Prüfstellen erteilt werden. Die Richtlinien des DIBt für die Tätigkeit der Prüfstellen für die Erteilung allgemeiner bauaufsichtlicher Prüfzeugnisse sowie die DIBt Hinweise für Prüfstellen zur Erteilung allgemeiner bauaufsichtlicher Prüfzeugnisse (2006-08) sind zu beachten.

Anhang B (informativ)

Beispiel zur Ausführung und Anordnung einer Windsperre



Legende

- 1 Windsperre
- 2 Verankerung
- 3 Bekleidung
- 4 Hinterlüftungsraum
- 5 Wärmedämmung
- 6 tragende Wand

Bild B.1 — Beispiel einer Windsperre (Prinzipskizze)

DIN 18516-1:2010-06

Literaturhinweise

DIN EN 485-2, *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Bänder, Bleche und Platten — Teil 2: Mechanische Eigenschaften*;

DIN EN 573-3, *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Chemische Zusammensetzung und Form von Halbzeug — Teil 3: Chemische Zusammensetzung und Form von Halbzeug*;

Normen der Reihe DIN 4102, *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen*

DIN 4108-2, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz*

DIN V 4108-10, *Wärmeschutz- und Energie-Einsparung in Gebäuden — Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe — Teil 10: Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe*

DIN 4109, *Schallschutz im Hochbau — Anforderungen und Nachweise*

DIN 18351, *Allgemeine VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen — Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); Fassadenarbeiten*

DIN 18800-2, *Stahlbauten — Stabilitätsfälle — Knicken von Stäben und Stabwerken*

DIN 18800-3, *Stahlbauten — Stabilitätsfälle — Plattenbeulen*

DIN 18800-4, *Stahlbauten — Stabilitätsfälle — Schalenbeulen*

DIN 18807-1, *Trapezprofile im Hochbau — Stahltrapezprofile — Allgemeine Anforderungen, Ermittlung der Tragfähigkeitswerte durch Berechnung*

DIN 18807-2, *Trapezprofile im Hochbau — Stahltrapezprofile — Durchführung und Auswertung von Tragfähigkeitsversuchen*

DIN 18807-3, *Trapezprofile im Hochbau — Stahltrapezprofile — Festigkeitsnachweis und konstruktive Ausbildung*

DIN 18807-6, *Trapezprofile im Hochbau — Aluminium-Trapezprofile und ihre Verbindungen — Ermittlung der Tragfähigkeitswerte durch Berechnung*

DIN 18807-7, *Trapezprofile im Hochbau — Aluminium-Trapezprofile und ihre Verbindungen — Ermittlung der Tragfähigkeitswerte durch Versuche*

DIN 18807-8, *Trapezprofile im Hochbau — Aluminium-Trapezprofile und ihre Verbindungen — Nachweis der Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit*

DIN 18807-9, *Trapezprofile im Hochbau — Teil 9: Aluminium-Trapezprofile und ihre Verbindungen — Anwendung und Konstruktion*

DIN EN 438-7, *Dekorative Hochdruck-Schichtpressstoffplatten (HPL) — Platten auf Basis härtpbarer Harze (Schichtpressstoffe) — Teil 7: Kompaktplatten und HPL-Mehrschicht-Verbundplatten für Wand- und Deckenbekleidungen für Innen- und Außenanwendung*

DIN EN 494, *Faserzement-Wellplatten und dazugehörige Formteile — Produktspezifikation und Prüfverfahren*

DIN EN 12467, *Faserzement-Tafeln — Produktspezifikation und Prüfverfahren*

DIN EN 1090-1, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile*

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

DIN EN 1090-3, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 3: Technische Regeln für die Ausführung von Aluminiumtragwerken*

DIN EN 13162, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) — Spezifikation*

DIN EN 13163, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus expandiertem Polystyrol (EPS) — Spezifikation*

DIN EN 13164, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus extrudiertem Polystyrolschaum (XPS) — Spezifikation*

DIN EN 13165, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Polyurethan-Hartschaum (PUR) — Spezifikation*

DIN EN 13167, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Schaumglas (CG) — Spezifikation*

DIN EN 1396, *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Bandbeschichtete Bleche und Bänder für allgemeine Anwendungen — Spezifikationen*

DIN EN 10088-1, *Nichtrostende Stähle — Teil 1: Verzeichnis der nichtrostenden Stähle*

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

DIN EN 10088-3, *Nichtrostende Stähle — Teil 3: Technische Lieferbedingungen für Halbzeug, Stäbe, Walzdraht, gezogenen Draht, Profile und Blankstahlerzeugnisse aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung*

DIN EN 10326, *Kontinuierlich schmelztauchveredeltes Band und Blech aus Baustählen — Technische Lieferbedingungen*

DIN EN ISO 3506-1, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen — Teil 1: Schrauben*

DIN EN ISO 3506-2, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen — Teil 2: Muttern*

DIN EN ISO 3506-3, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen — Teil 3: Gewindestifte und ähnliche nicht auf Zug beanspruchte Schrauben*

DIN EN ISO 14713, *Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion — Zink- und Aluminiumüberzüge — Leitfäden (ISO 14713:1999)*

Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (Wärmeschutzverordnung — WärmeschutzV) vom 16.08.1994 BGBl I, 1994, Nr 55, Seiten 2 121 bis 2 132.

Bauregelliste A und Liste C

Regelwerk des Deutschen Dachdeckerhandwerks (Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks)

FVHF-FOCUS 4 „Die Schalldämmung mit vorgehängten hinterlüfteten Fassaden“

DIN 18551**DIN**

ICS 91.100.30

Ersatz für
DIN 18551:2005-01

**Spritzbeton –
Nationale Anwendungsregeln zur Reihe DIN EN 14487 und Regeln für
die Bemessung von Spritzbetonkonstruktionen**

Shotcrete –

National rules for series DIN EN 14487 and rules for design of shotcrete constructions

Béton projeté –

Règles d'application nationales pour la série DIN EN 14487 et règles de calcul des constructions en béton projeté

Gesamtumfang 19 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN 18551:2010-02**Inhalt**

Die Abschnittsnummern entsprechen den Abschnittsnummern der jeweiligen DIN-EN-Normen, zu denen Festlegungen getroffen wurden.

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Nationale Regeln für die Anwendung von DIN EN 14487-1 in Deutschland	4
4 Nationale Regeln für die Anwendung von DIN EN 14487-2 in Deutschland	12
5 Regeln für die Bemessung und konstruktive Durchbildung von Tragwerken und Bauteilen aus Spritzbeton nach DIN EN 14487-1	16
5.1 Allgemeines	16
5.2 Formänderungen	16
5.3 Zusammenwirken zwischen alten Betonbauteilen und neuem Spritzbeton	16
5.4 Verbundmittel zwischen bestehenden Bauteilen und Spritzbeton	17
5.5 Bemessung von Stützenverstärkungen	18
5.6 Verankerungen	18
5.7 Bauliche Durchbildung	18

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom zuständigen Arbeitsausschuss NA 005-07-10 AA „Spritzbeton“ erarbeitet.

Diese Norm ist zusammen mit den Europäischen Normen der Reihe EN 14487 anwendbar und enthält nationale Regeln, die bei Anwendung der Normen anzuwenden sind. Es sind dies die Normen DIN EN 14487-1 „Spritzbeton — Teil 1: Begriffe, Festlegungen und Konformität“ und DIN EN 14487-2 „Spritzbeton — Teil 2: Ausführung“ in Deutschland zu beachten sind. Darüber hinaus enthält diese Norm Regeln für die Bemessung und die konstruktive Durchbildung von Tragwerken und Bauteilen aus Spritzbeton.

Zusammen ersetzen DIN EN 14487-1:2006-03, DIN EN 14487-2:2007-01 und DIN 18551:2010-02 die DIN 18551:2005-01 vollständig.

Die in den Abschnitten 3 und 4 angegebene Abschnittsnummerierung entspricht derjenigen der Normen DIN EN 14487-1 bzw. DIN EN 14487-2. Bei gleichzeitigem Lesen der Normen und der zugehörigen Anhänge dieser Norm ist der in den Anhängen rechtsseitig angeordnete Text entsprechend den linksseitig angegebenen Anweisungen in die jeweilige Norm der Reihe DIN EN 14487 einzufügen.

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

Änderungen

Gegenüber DIN 18551:2005-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Titel der Norm wurde geändert;
- b) der Inhalt der Norm wurde vollständig überarbeitet und umstrukturiert und enthält nur noch die für die Anwendung der Reihe DIN EN 14487 in Deutschland erforderlichen nationalen Regelungen sowie die aus DIN 18551:2005-01 übernommenen und durch Europäische Normen nicht geregelten Festlegungen für die Bemessung und konstruktive Durchbildung von Tragwerken und Bauteilen aus Spritzbeton;
- c) mit den in dieser Norm festgelegten Regeln werden die europäischen Konzepte der Reihe DIN EN 14487 für die Herstellung und Verarbeitung von Spritzbeton übernommen.

Frühere Ausgaben

DIN 18551:1974-12, 1979-07, 1992-03, 2005-01

DIN 18551:2010-02

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für Spritzbeton, der zur Instandsetzung und für die Verstärkung von bestehenden Tragwerken, für neue Tragwerke und für die Sicherung von Baugruben, Hohlräumen und Hängen zu verwenden ist.

Sie gilt auch für Spritzbeton für die Auskleidung von Hohlraumbauten des konstruktiven Ingenieurbaus.

Diese Norm gilt für Bauteile aus bewehrtem Normal- oder Leichtbeton mit geschlossenem Gefüge nach DIN EN 206-1 und der Normenreihe DIN 1045. Sie gilt für Spritzmörtel, sofern dieser wie Spritzbeton im Sinne der Definition nach DIN EN 14487-1 verwendet wird.

Die Norm enthält Festlegungen, die die Anwendung von DIN EN 14487-1 und DIN EN 14487-2 in Deutschland ermöglichen, sowie Festlegungen für die Bemessung und konstruktive Durchbildung von Tragwerken und Spritzbeton.

2 Normative Verweisungen

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

DIN 1045-1:2008-08, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 1: Bemessung und Konstruktion*

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

DIN EN 14487-1:2006-03, *Spritzbeton — Teil 1: Begriffe, Festlegungen und Konformität; Deutsche Fassung EN 14487-2:2005*

DIN EN 14487-2:2007-01, *Spritzbeton — Teil 2: Ausführung; Deutsche Fassung EN 14487-2:2006*

3 Nationale Regeln für die Anwendung von DIN EN 14487-1 in Deutschland

ANMERKUNG Die nachfolgend angegebene Nummerierung der Abschnitte entspricht derjenigen von DIN EN 14487-1.

Zu 2 Normative Verweisungen

Es gelten die entsprechenden DIN-EN-Normen der in DIN EN 14487-1 festgelegten EN-Normen sowie die folgenden normativen Verweisungen.

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

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

DAfStb-Richtlinie:2007-02, *Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie) — Teil 1: Allgemeines — Teil 2: Gesteinskörnungen mit Opalsandstein und Flint — Teil 3: Gebrochene alkaliempfindliche Gesteinskörnungen*¹⁾

DAfStb-Richtlinie, *Herstellung und Verwendung von Trockenbeton und Trockenmörtel (Trockenbeton-Richtlinie)*¹⁾

DAfStb-Richtlinie, *Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen*¹⁾

3 Begriffe

Zu 3.2.2.1

werkgemischte Trockenmischung

Die Definition ist durch den nebenstehenden Text zu ersetzen:

Grundmischung mit einem Feuchteanteil von höchstens 0,4 %, bezogen auf die Masse für das Trockenspritzverfahren, wobei an der Spritzdüse hinzugefügte Bestandteile ausgeschlossen sind

Zu 3.2.2.2

auf der Baustelle gemischte Trockenmischung

Die Definition ist durch den nebenstehenden Text zu ersetzen:

Grundmischung mit einem Feuchteanteil der Gesteinskörnung von höchstens 4 %, bezogen auf die Masse für das Trockenspritzverfahren

Zu 3.2.3

faserverstärkter Spritzbeton

Die Definition ist um die nebenstehende Anmerkung zu ergänzen:

ANMERKUNG Der in der Norm auch verwendete Begriff „stahlfaserbewehrter Spritzbeton“ ist mit dem Begriff „faserverstärkter Spritzbeton“ gleichzusetzen.

Zu 3.2.10

Spritzmörtel

Der Begriff 3.2.10 „Spritzmörtel“ und die nebenstehende Definition werden ergänzt:

Zementmörtel mit Gesteinskörnung für Beton bis höchstens 4 mm, bei gebrochener Gesteinskörnung bis höchstens 5 mm, der wie Spritzbeton verarbeitet wird

Zu 3.5.4

Bodenverfestigung

Die Definition ist um die nebenstehende Anmerkung zu ergänzen:

ANMERKUNG Hierzu gehört auch die vorläufige Ausbruchsicherung im Tunnelbau.

1) Zu beziehen bei: Beuth Verlag GmbH.

DIN 18551:2010-02

Zu 3.7.4

Überwachungskategorie

Die Definition ist um die nebenstehende Anmerkung zu ergänzen:

Die Kategorien 1 bis 3 nach DIN EN 14487-1 entsprechen den Überwachungskategorien nach DIN EN 14487-2.

Zu 4.2 Expositionsklassen

Der Abschnitt ist durch den nebenstehenden Text zu ersetzen:

Die Grenzwerte für die Zusammensetzung von Frischbeton bezüglich Expositionsklassen nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 gelten auch für Spritzbeton, mit folgenden Ausnahmen:

- die Empfehlung zum Mindestzementgehalt in der Grundmischung beträgt 300 kg/m^3 ;
- die Empfehlung zum Mindestluftgehalt gilt nicht bei Spritzbeton.

ANMERKUNG Die gegenwärtig zur Verfügung stehenden Prüfverfahren für die Messung des Luftgehalts ergeben für frischen Spritzbeton keine zuverlässigen Ergebnisse.

Zu 5.1 Anforderungen an Ausgangsstoffe

Unter der Abschnittsüberschrift ist eine weitere Überschrift „**5.1.1 Allgemeines**“ einzufügen und der bestehende Text von 5.1 dieser Überschrift zuzuordnen.

Tabelle 4 wird durch folgende Tabelle ersetzt:

Tabelle 4 — Anforderungen an Ausgangsstoffe

Ausgangsstoff	Anforderungen
Zement	Es ist Zement nach DIN EN 197-1, nach den Normen der Reihe DIN 1164 oder Zement mit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung zu verwenden.
Gesteinskörnungen	Es ist Gesteinskörnung nach DIN EN 12620 oder DIN EN 13055-1 in Verbindung mit DIN 1045-2:2008-08, 5.2.3, zu verwenden.
Zugabewasser	Das Zugabewasser muss den Festlegungen von DIN EN 1008 genügen.
Zusatzmittel	Es sind Zusatzmittel nach DIN EN 934-2 unter Beachtung der Festlegungen von DIN 1045-2:2008-08, 5.2.6, und/oder nach DIN EN 934-5 und DIN EN 934-6 oder Zusatzmittel mit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung zu verwenden. Granulatartige pulverförmige Zusatzmittel (siehe DIN 1045-2:2008-08, 3.1) dürfen nur mit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung oder einer Europäischen Technischen Zulassung verwendet werden.
Zusatzstoffe (einschließlich mineralischer Füllstoffe und Pigmente)	Betonzusatzstoffe müssen DIN EN 206-1:2001-07, 5.1.6, und DIN 1045-2:2008-08, 5.1.6, entsprechen oder mit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung geregelt sein und nach DIN 1045-2:2008-08, 5.2.5, verwendet werden.
Polymermodifizierter Spritzbeton	Polymermodifizierter Spritzbeton muss DIN EN 1504-3 entsprechen. Weiterhin muss die Verwendbarkeit für die Instandsetzung von Betonbauteilen, bei denen die Standsicherheit gefährdet ist: — entweder durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung — oder durch ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis gemäß der DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen nachgewiesen sein.
Fasern	Als geeignet gelten lose Stahlfasern nach DIN EN 14889-1. Polymerfasern nach DIN EN 14889-2 sind nur geeignet, wenn ihre Verwendbarkeit durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung nachgewiesen ist.

DIN 18551:2010-02

Die nebenstehenden Abschnitte sind zu ergänzen:

5.1.2 Besondere Anforderungen und Zusatzmittel**5.1.2.1 Allgemeines**

Bei Spritzbeton mit Erstarrungsbeschleunigern ist eine geeignete Kombination von Zement und Zusatzmittel in der Erstprüfung zu ermitteln. An der vorgesehenen Kombination von Zement und Beschleuniger sind unter Berücksichtigung der möglichen baupraktischen Verhältnisse, wie z. B. der Temperatur, Erstprüfungen durchzuführen. Erforderlichenfalls können zusätzliche Anforderungen hinsichtlich der Gleichmäßigkeit beider Ausgangsstoffe sowie bezüglich der Einhaltung des Beginns und des Endes des Erstarrens vereinbart werden.

5.1.2.2 Obere Grenze des empfohlenen Dosierbereichs

Bei Anwendung des Höchstwerts der empfohlenen Dosierung darf die Zugabemenge von Zusatzmitteln nach DIN EN 934-5 mit Ausnahme von Erstarrungsbeschleunigern in Spritzbeton 5 % Massenanteil, bezogen auf Zement, nicht überschreiten.

Bei Anwendung des Höchstwerts der empfohlenen Dosierung darf die Zugabemenge von Erstarrungsbeschleunigern nach DIN EN 934-5 in Spritzbeton 80 ml je kg Zement nicht überschreiten. Für eine höhere Zugabemenge ist der Nachweis der Verwendbarkeit durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für die Anwendung des Zusatzmittels zu erbringen.

5.1.2.3 Gleichmäßigkeit

Flüssige Zusatzmittel, die zum Absetzen bzw. Entmischen neigen, dürfen verwendet werden, wenn das Zusatzmittel am Verwendungsort vorher durch geeignete Maßnahmen homogenisiert wird.

Pulverförmige Zusatzmittel, die zum Entmischen neigen, dürfen verwendet werden, wenn das Zusatzmittel am Verwendungsort vorher durch geeignete Maßnahmen homogenisiert oder durch geeignete Verpackungseinheiten mischungskonform dosiert wird.

Die Angaben zur Entmischungsneigung sind der Herstellererklärung nach DIN EN 934-5:2008-02, Tabelle 1, Zeile 1 und Fußnote a, zu entnehmen.

5.1.2.4 Gesamtchlorgehalt bzw. wasserlöslicher Chloridgehalt

Zusatzmittel mit einem Gesamtchlorigehalt von $\leq 0,10\%$ dürfen ohne besonderen Nachweis verwendet werden. Das Ergebnis dieser Prüfungen ist der Herstellererklärung nach DIN EN 934-5:2008-02, Tabelle 1, Fußnote a, zu entnehmen.

Zusatzmittel mit deklariertem Chloridgehalt dürfen verwendet werden, wenn der höchstzulässige Chloridgehalt im Beton die Werte nach DIN 1045-2:2008-08, Tabelle 10, nicht überschreitet.

Der deklarierte Chloridgehalt ist der Herstellererklärung nach DIN EN 934-5:2008-02, Tabelle 1, Fußnote a, zu entnehmen.

5.1.2.5 Alkaligehalt (Na_2O -Äquivalent)

Bei der Verwendung von Zusatzmitteln in Spritzbeton mit alkaliempfindlicher Gesteinskörnung darf die durch das Zusatzmittel in den Spritzbeton gelangende Alkalimenge, ausgedrückt als Na_2O -Äquivalent, bei Anwendung des Höchstwerts der empfohlenen Dosierung $0,02\%$ Massenanteil, bezogen auf Zement, nicht überschreiten.

Zusatzmittel dürfen in Spritzbeton mit alkaliempfindlicher Gesteinskörnung nach der DAfStb-Richtlinie:2007-02: „Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkali-reaktion im Beton (Alkali-Richtlinie)“ — Teil 1, 4.3.2, Absatz (2) oder (3), verwendet werden.

5.1.3 Besondere Anforderungen an Fasern

Für Fasern gelten die Festlegungen nach DIN 1045-2:2008-08, 5.1.7.

Sofern die Tragwirkung von Stahlfasern in Ansatz gebracht werden soll, sind über diese Norm hinausgehende Regelungen zu beachten.

5.2 Anforderungen an die Zusammensetzung von Spritzbeton

Zu 5.2.1 Allgemeines

Hinter dem dritten Absatz wird folgende nebenstehende Anmerkung eingefügt:

ANMERKUNG Auf Grund der versuchstechnischen Schwierigkeiten der Messung der Zusammensetzung von Spritzbeton werden in Deutschland die Anforderungen an Mehlkorngelalt und Mindestzementgehalt nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 für die Grundmischung festgelegt.

DIN 18551:2010-02**Zu 5.3 Anforderung an die Grundmischung**

Tabelle 6 wird durch die folgende Tabelle ersetzt:

Tabelle 6 — Anforderungen an die Grundmischung

Eigenschaft	Anforderung und Prüfverfahren
Konsistenz der nassen Grundmischung	Die Konsistenzklasse der nassen Grundmischung ist nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 festzulegen. Die Konsistenz des faserverstärkten Spritzbetons ist nach DIN EN 12350-3 (Vebe-Prüfung) oder DIN EN 12350-5 (Ausbreitmaß) zu prüfen.
Temperatur	Die Temperatur der Grundmischung vor ihrer Anwendung muss zwischen 5 °C und 30 °C liegen, um die Verarbeitbarkeitsbedingungen einzuhalten und nachteilige Erstarrungseffekte zu vermeiden. Bei Lufttemperaturen unter –3 °C muss die Betontemperatur beim Spritzen mindestens +10 °C betragen.
ANMERKUNG Die für das Spritzen erforderliche Konsistenz des Betons hängt von der Art der Förderung und dem Auftragverfahren ab.	

Nach Tabelle 6 wird der nebenstehende Absatz eingefügt:

Eine werkgemischte Trockenmischung muss der DAfStb-Richtlinie für die Herstellung und Verwendung von Trockenbeton und Trockenmörtel entsprechen. Zur Überprüfung der Gleichmäßigkeit der Grundmischung dürfen abweichend von der Richtlinie die dort vorgesehenen Prüfungen bei einer Frischbetontemperatur von (20 ± 2) °C durchgeführt werden. Wenn zwischen Hersteller und Abnehmer keine abweichenden Festlegungen getroffen werden, so ist dabei ein w/z -Wert von 0,60 zugrunde zu legen. Der Trockenbeton für das Trockenspritzverfahren hat eine Konsistenz im Bereich „(plastisch)“ bis „(weich)“ und der für Trockenbeton für das Nassspritzverfahren hat eine Konsistenz im Bereich „(weich)“ bis „(fließfähig)“ nach DIN 1045-2:2008-08, Tabelle 5 oder Tabelle 6, aufzuweisen. Die bei dieser Prüfung erzielten Festigkeiten müssen unter Berücksichtigung eines Vorhaltemaßes von 5 N/mm² einer Festigkeitsklasse nach DIN EN 206-1:2001-07, Tabelle 7 oder Tabelle 8, zugeordnet werden. Wird Trockenbeton mit Erstarrungsbeschleuniger verwendet, so dürfen mit der fremdüberwachenden Stelle besondere Prüfbedingungen vereinbart werden.

ANMERKUNG Die bei diesen Prüfungen festgestellten Festigkeiten dienen ausschließlich der Überprüfung der Gleichmäßigkeit der Grundmischung (Gleichmäßigkeitsprüfung). Diese Festigkeitswerte liegen in der Regel deutlich unterhalb der bei der Erstprüfung ermittelten Festigkeit.

Zu 5.4 Anforderungen an frischen Spritzbeton

Nach Tabelle 7 wird der nebenstehende Absatz ergänzt:

Wenn eine Betonzusammensetzung nach Expositions-kategorie XF4 erforderlich ist, sind besondere Maßnahmen zum Erreichen des Frost-Tauwiderstands notwendig, z. B. die Verwendung von Mikrohohlkugeln oder die Anwendung eines erhöhten Luftgehalts beim Nassspritzverfahren. Verfahrensbedingt ist der w/z -Wert beim Trockenspritzverfahren nicht messbar; er liegt in der Regel beim Herstellen von annähernd lotrechten oder über Kopf gespritzten Flächen im Trockenspritzverfahren unter 0,50.

Zu 5.5 Anforderungen an erhärteten Spritzbeton

Tabelle 8 Anforderungen an Festbeton

Die Zeile „Druckfestigkeit“ ist durch nebenstehenden Wortlaut zu ersetzen:

Die Druckfestigkeit von Spritzbeton wird nach DIN EN 206-1 festgelegt und bezeichnet. Die Prüfung ist am Zylinder mit einem Höhe/Durchmesser (h/d) von 1,0 vorzunehmen. Die gespritzte Platte ist zunächst nach DIN EN 12390-2 nachzubehandeln und zu lagern. Aus ihr sind nach Erreichen einer ausreichenden Festigkeit 3 Probekörper, möglichst Bohrkern mit 100 mm Durchmesser, nach DIN EN 12504-1, zu entnehmen. Die Probekörper sind auf ein Verhältnis $h/d = 1,0$ zu kürzen, nach DIN EN 12390:2009-08, 5.5, zu lagern und im Alter von 28 Tagen nach EN 12390-3 auf Druckfestigkeit zu prüfen. Ersatzweise dürfen Bohrkern aus dem Tragwerk entnommen und geprüft werden. Bei der Beurteilung der Festigkeit gilt dann DIN EN 13791.

In Zeile „Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand wird die Anmerkung um den nebenstehenden Satz ergänzt:

Im Einzelfall sind Nachweise für den Frost-Tausalz-Widerstand zu vereinbaren.

7 Bewertung der Übereinstimmung

Zu 7.1 Allgemeines

Der Abschnitt ist durch den nebenstehenden Absatz zu ergänzen:

Das Konzept der Betonfamilie ist für den Spritzbeton in der Regel nicht anwendbar.

7.4 Produktionskontrolle

Zu 7.4.1 Allgemeines

Im 3. Absatz, hinter dem 3. Spiegelstrich ist der nebenstehende Satz einzufügen:

Werden werkgemischte Trockenmischungen verwendet, gilt die DAfStb-Richtlinie „Herstellung und Verwendung von Trockenbeton und Trockenmörtel (Trockenbeton-Richtlinie)“, sofern hier nichts anderes festgelegt ist.

Zu 7.4.2 Kontrolle der Ausgangsstoffe

Tabelle 10, 10. Zeile, 4. Spalte ist durch nebenstehenden Text zu ersetzen:

Sicherstellen der Gleichmäßigkeit und Vergleich mit den Angaben des Herstellers

DIN 18551:2010-02

4 Nationale Regeln für die Anwendung von DIN EN 14487-2 in Deutschland

ANMERKUNG Die nachfolgend angegebene Nummerierung der Abschnitte entspricht derjenigen von DIN EN 14487-2.

Zu 2 Normative Verweisungen

Es gelten die entsprechenden DIN EN-Normen der in DIN EN 14487-2 festgelegten EN-Normen sowie die folgenden Normativen Verweisungen.

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

DIN 1045-3:2008-08, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 3: Bauausführung*

DIN 1048-2, *Prüfverfahren für Beton; Festbeton in Bauwerken und Bauteilen*

DIN 18202, *Toleranzen im Hochbau — Bauwerke*

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

DAfStb-Richtlinie, *Herstellung und Verwendung von Trockenbeton und Trockenmörtel (Trockenbeton-Richtlinie)²⁾*

Zu 5.2.1 Gerüste, Lehrgerüste und Schalungen

Der erste Absatz ist durch nebenstehenden Text zu ersetzen:

Gerüste, Lehrgerüste und Schalungen müssen grundsätzlich DIN 1045-3 entsprechen.

Der letzte Absatz ist durch nebenstehenden Text zu ersetzen:

Sofern Schalung oder Kantenschalung erforderlich ist, muss sie so ausgebildet werden, dass sie ausreichend steif ist und sich beim Spritzen kein Rückprall innerhalb der Schalung festsetzen kann.

Zu 5.2.2 Vorbereitung des Untergrundes

Der Abschnitt ist durch den nebenstehenden Text zu ersetzen:

Soll der Spritzbeton an der Auftragsfläche haften, muss diese erforderlichenfalls mit Druckluft, Strahlen mit Zusatz von festen Strahlmitteln und/oder Wasser, Abstemmen oder anderen geeigneten Verfahren aufgeraut und gesäubert bzw. von Staub und losen, lockeren, verwitterten oder schädlichen Teilen oder von Rückprall befreit werden. Die Wahl geeigneter Verfahren und Geräte muss sicherstellen, dass durch die Vorbereitungsarbeiten die Eigenschaften des Untergrundes nicht nachteilig beeinflusst werden.

Eine raue und feste Oberfläche ist in der Regel gegeben, wenn fest eingebettetes Gesteinskorn sichtbar wird. Bei der Prüfung der Oberflächenzugfestigkeit der behandelten Auftragsfläche muss der Bruch überwiegend im Untergrund

2) Zu beziehen bei: Beuth Verlag GmbH.

auftreten. Bei Erreichen der vereinbarten Oberflächenzugfestigkeit ohne Bruch darf der Versuch beendet werden. Die Prüfung erfolgt nach DIN 1048-2. Auf das Vorbohren darf verzichtet werden.

Zu 5.2.3 Vornässen des Untergrundes

Der Abschnitt ist durch nebenstehenden Text zu ersetzen:

Die gesäuberten und ausreichend vorgenässteten Auftragsflächen müssen bei Beginn der Spritzbetonarbeiten so weit abgetrocknet sein, dass sie mattfeucht aussehen. Fließendes Wasser ist von den Auftragsflächen auf geeignete Weise fernzuhalten, z. B. durch Dränungen. Eine Haftbrücke ist in der Regel nicht erforderlich. Bei stark saugenden Untergründen kann sie zur Vermeidung oder Behinderung des Wassersaugens zweckmäßig sein.

Für die Instandsetzung und Verstärkung von Tragwerken ist der bestehende Betonuntergrund (bzw. Untergrund aus einem anderen porösen Material) vor Beginn der Spritzarbeiten entsprechend EN 1504-10 vorzunässen.

Zu 5.2.4 Schutz gegen extreme Umgebungstemperaturen

Der zweite und dritte Absatz sind durch nebenstehenden Text zu ersetzen:

Für die Ausführung der Spritzbetonarbeiten bei kühler Witterung gilt DIN 1045-3:2008-08, 8.3. Für die Temperatur des Untergrundes gilt DIN 1045-3:2008-08, 8.4 (6). Bei dünnen Bauteilen können besondere Maßnahmen erforderlich sein (z. B. Vorwärmen des Untergrunds, wärmedämmende Abdeckungen). Werden Spritzbetonarbeiten bei heißer Witterung durchgeführt, sind Vorkehrungen zu treffen, dass die Temperatur der Auftragsfläche 30 °C nicht übersteigt.

Zu 6 Bewehrung

Der dritte Absatz ist durch nebenstehenden Text zu ersetzen:

Stahlmatten oder Stabstahl, die als Bewehrung für Spritzbeton vorgesehen sind, müssen DIN 1045-3 entsprechen.

Der fünfte Satz, dritter Spiegelstrich ist durch nebenstehenden Text zu ersetzen:

beim Einbau von zwei oder mehreren Lagen Bewehrungsmatten, die hintere Matte zuerst — vor Befestigung der vorderen Matte — mit Spritzbeton eingebettet wird (gilt nicht für Überlappungsbereiche). Bei Übergreifungsstößen muss die vordere Matte in einem Abstand größer als das 2-Fache des Größtkorns von der zuvor aufgetragenen Spritzbetonschicht befestigt werden. Der Abstand gleichlaufender, nicht gestoßener Bewehrungsstäbe muss mindestens 50 mm betragen.

DIN 18551:2010-02

Zu 7.2 Dosiereinrichtung

Der erste Satz des ersten Absatzes ist durch den nebenstehenden Text zu ersetzen:

Werkgemischte Trockenmischungen müssen der DAfStb-Richtlinie „Schutz- und Instandsetzung von Betonbauteilen“ entsprechen.

Zu 8.2.1 Trockenmischverfahren

Der nebenstehende Text ist als letzter Absatz einzufügen:

Für die Lieferung bei Siloware ist die DAfStb-Richtlinie „Herstellung und Verwendung von Trockenbeton und Trockenmörtel (Trockenbeton-Richtlinie)“ zu beachten.

9 Ausführung der Spritzarbeiten

Zu 9.2 Oberfläche des fertigen Spritzbetons

Der nebenstehende Text ist als dritter Absatz hinzuzufügen:

Eine gleichmäßige Farbtonung ist verfahrensbedingt nicht möglich, sie erfordert zusätzliche Maßnahmen.

Zu 9.3 Nachbehandlung und Schutz

Der Abschnitt ist durch den nebenstehenden Text zu ersetzen:

Der Spritzbeton ist nachzubehandeln, um das plastische Schwinden auf ein Minimum zu beschränken sowie um eine ausreichende Dauerhaftigkeit und eine gute Haftung zwischen den Spritzbetonschichten sicherzustellen.

Die Nachbehandlung muss nach Kategorie 3 erfolgen. In begründeten Ausnahmefällen, wie z. B. bei Tunnelbauwerken darf die Nachbehandlung in Verbindung mit geeigneten Nachweisen reduziert werden.

Der nebenstehende Text ist als Abschnitt 9.4 zu ergänzen:

9.4 Schutz des jungen Spritzbetons gegen mechanische Beanspruchung

Bei Schwingungen der Auftragfläche oder Verformungsänderungen während des Erhärtungsverlaufs ist sicherzustellen, dass der Verbund oder der Spritzbeton nicht geschädigt wird. Gegebenenfalls sind besondere Maßnahmen erforderlich.

Bei besonderen Umständen (z. B. Wasserzutritt) sind in der Regel weitergehende Maßnahmen erforderlich.

Der nebenstehende Text ist als Abschnitt 9.5 zu ergänzen:

9.5 Personal und Ausstattung der Unternehmen

Es gelten die Anforderungen in Anlehnung an DIN EN 206-1 und DIN 1045-2:2008-08, 9.6, sowie DIN 1045-3:2008-08, 4.4.

Die Eigenschaften des Spritzbetons werden maßgeblich durch die Qualifikation des Bedienungs-personals bestimmt. Insbesondere der Düsenführer muss ausreichende Erfahrungen und Kenntnisse in den Besonderheiten der Spritzbetontechnik besitzen und entsprechend geschult sein.

10 Geometrische Grenzabweichungen

Zu 10.1 Allgemeines

Der Abschnitt ist durch nebenstehenden Text zu ersetzen:

Sofern geometrische Grenzabweichungen festzu-legen sind, gilt DIN 1045-3 bzw. DIN 18202.

Zu 11.1 Allgemeines

Der zweite Absatz ist durch nebenstehenden Text zu ersetzen:

Der Umfang der Überwachung hängt von der nach DIN EN 14487-1 festgelegten Überwachungs-kategorie ab. Für die Kontrolle der Festbeton-eigenschaften gelten die Anforderungen aus Tabelle 12 in DIN EN 14487-1:2006-03.

Zu 11.2 Überwachung durch den Ausführenden

Abschnitt 11.2 ist durch nebenstehenden Text zu ersetzen; Tabelle 2 bleibt erhalten:

Die Ausführung von Spritzbetonarbeiten ist durch den Ausführenden zu überwachen. Der Umfang der durchzuführenden Überwachungen richtet sich hinsichtlich der Spritzbetoneigenschaften nach DIN EN 14487-1:2006-03, Tabelle 12 und hinsichtlich der weiteren Überwachungsgegenstände nach DIN EN 14487-2:2006-03, Tabelle 2.

Die Überwachungsergebnisse sind durch den Ausführenden zu dokumentieren.

Zu 11.3 Überwachung des Einbaus des Spritzbetons durch eine anerkannte Stelle

Abschnitt 11.3 wird neu aufgenommen:

Unabhängig von der Festigkeitsklasse gelten die Bedingungen der Überwachungskategorie 2 nach DIN 1045-3. Der Einbau von Spritzbeton ist durch eine entsprechend anerkannte Stelle zu überwachen.

DIN 1045-3:2008-08, Anhänge B und C, gelten sinngemäß.

DIN 18551:2010-02**5 Regeln für die Bemessung und konstruktive Durchbildung von Tragwerken und Bauteilen aus Spritzbeton nach DIN EN 14487-1****5.1 Allgemeines**

Für die Bemessung und bauliche Durchbildung von Betonbauteilen, die mit Spritzbeton hergestellt, verstärkt oder instand gesetzt werden, gilt DIN 1045-1, soweit im Nachfolgenden nichts anderes bestimmt ist.

5.2 Formänderungen

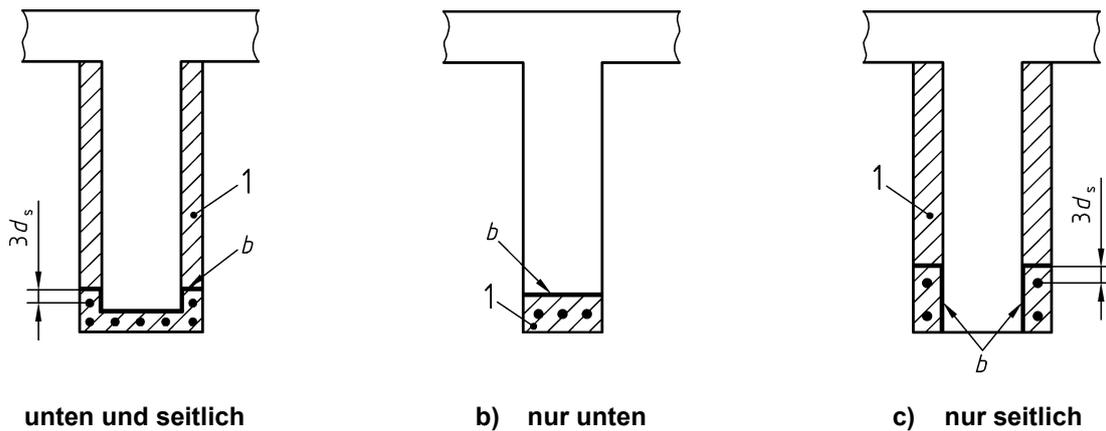
Für die Berechnung von Formänderungen (z. B. infolge Temperatur, Kriechen, Schwinden) sind in der Regel die in DIN 1045-1 angegebenen Formänderungskennwerte für Verformungsberechnungen anzunehmen. Sofern die absolute Größe der Formänderungen von Bedeutung ist, ist gegebenenfalls eine genauere Ermittlung der Formänderungskennwerte erforderlich. Insbesondere bei der Verwendung von Erstarrungsbeschleunigern (BE) können die sich einstellenden Werte von den in DIN 1045-1 angegebenen Formänderungskennwerten abweichen.

5.3 Zusammenwirken zwischen alten Betonbauteilen und neuem Spritzbeton**5.3.1 Allgemeines**

Bei Verstärkungsmaßnahmen sind die Eigenschaften der alten Betonbauteile exakt zu erfassen. Gegebenenfalls sind dazu Proben am Bauteil zu entnehmen und zu untersuchen. Wird ein Zusammenwirken zwischen alten Bauteilen und neuem Spritzbeton in Rechnung gestellt, so darf bei der Bemessung so vorgegangen werden, als ob der Gesamtquerschnitt von Anfang an einheitlich hergestellt worden wäre. Voraussetzung hierfür ist, dass die unter dieser Annahme in der Fuge wirkenden Schubkräfte aufgenommen werden können. Weisen alte Betonbauteile und Spritzbeton im gleichen Querschnitt unterschiedliche Festigkeiten auf, so darf für die Bemessung näherungsweise die geringste Festigkeit für den Gesamtquerschnitt angenommen werden, wenn nicht das unterschiedliche Tragverhalten nach 5.3.3 berücksichtigt wird. Kann die Spritzbetonverstärkung nicht über das Auflager geführt werden, so ist für die Querkraftbemessung im Auflagerbereich nur der unverstärkte Querschnitt anzusetzen.

5.3.2 Nachweis des Verbundes

Die entsprechenden Nachweise sind nach DIN 1045-1:2008-08, 10.3.6, unter Beachtung von 5.4 zu führen. Die Breite der Kontaktfläche b ist bei der Verstärkung von Balken nach Bild 1 zu ermitteln.



Legende

- 1 Spritzbetonverstärkung
- b Breite der Kontaktfläche
- d_s Stabdurchmesser der Betonstahlbewehrung

Bild 1 — Breite der Kontaktfläche b bei der Verstärkung von Balken

5.3.3 Berücksichtigung des unterschiedlichen Tragverhaltens

Die Spannungsdehnungslinien mit den zugehörigen maximalen Dehnungen sind bei den Nachweisen für jeden der zusammenwirkenden Betone sowie alle Betonstähle und Spannstähle einzuhalten. Dabei sind die aus Einwirkungen zum Zeitpunkt der Verstärkung in den Bemessungsquerschnitten resultierenden Dehnungen möglichst exakt zu erfassen und als Vorverformungen bei der Bemessung zu berücksichtigen. Ferner sind Umlagerungen aus Kriechen und Schwinden bei der Bemessung anzusetzen.

5.4 Verbundmittel zwischen bestehenden Bauteilen und Spritzbeton

5.4.1 Allgemeines

Die Verbundmittel können aus vorhandener oder zusätzlich eingebauter Bewehrung oder z. B. aus Dübeln oder anderen stahlbaumäßigen Elementen bestehen.

5.4.2 Bemessung

(1) Kann der Nachweis der Schubkraftübertragung nach DIN 1045-1:2008-08, 10.3.6, ohne Berücksichtigung einer Verbundbewehrung geführt werden, so darf bei Platten auf Verbundmittel verzichtet werden, siehe jedoch 5.7, Absatz (6). Bei Balken sind in diesem Fall in den Endbereichen konstruktive Verbundbewehrungen vorzusehen.

(2) Muss bei Balken die Schubbewehrung verstärkt werden, so sind die Zulagebügel in der Druckzone zu verankern. Diese Verankerung ist so auszuführen, dass sie auch als Verdübelung des alten und neuen Querschnittes wirkt. Die Verbundmittel sind wegen der Vernachlässigung des Verbundes an den Stegseitenflächen für $2/3$ des Bemessungswertes der nach DIN 1045-1:2008-08, 10.3.6, zu übertragenden Schubkraft zu bemessen. Verbundmittel in der Zugzone sind in diesem Fall nicht erforderlich.

(3) Sind Zulagebügel rechnerisch nicht erforderlich, so sind die nach DIN 1045-1:2008-08, 10.3.6, ermittelten Verbundmittel in der Zugzone anzuordnen, so dass ein Anschluss der Zulagebewehrung an das Fachwerkmodell des bestehenden Bauteils erfolgen kann.

(4) Für allseits verstärkte Stützen sind Verbundmittel nicht erforderlich, wenn in der Verstärkung Bügel angeordnet werden, die nach 5.5 bemessen und nach 5.7 ausgebildet werden.

DIN 18551:2010-02**5.5 Bemessung von Stützenverstärkungen**

(1) Bei Stützen erfolgt eine Erhöhung der Tragfähigkeit im Wesentlichen durch die Umschnürung des alten Stützenkerns, durch den Spritzbeton und die zugelegte Längsbewehrung (siehe Bild 2).

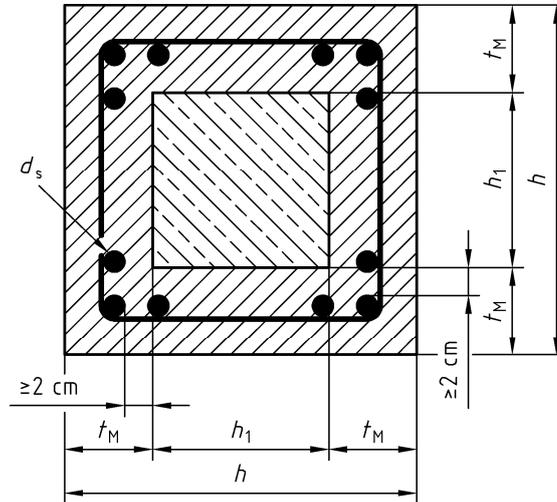


Bild 2 — Stütze mit quadratischem Querschnitt

(2) Der Nachweis der Tragfähigkeit ist in der Regel in Stützenmitte für den Gesamtquerschnitt und im Einleitungsbereich zu führen.

(3) Im Einleitungsbereich sind die Bügel so zu bemessen, dass der alte Stützenkern einschließlich seiner Längsbewehrung die erforderliche Tragfähigkeit erreicht. Zugelegte Längsbewehrung darf nur in Rechnung gestellt werden, wenn sie kraftschlüssig unmittelbar an den Stützenenden angeschlossen ist.

ANMERKUNG Die Bemessung von Stützenverstärkungen nach 5.5 gilt nur für symmetrisch bewehrte Stützen mit quadratischem, rechteckigem oder kreisförmigem Querschnitt, die symmetrisch umlaufend verstärkt sind.

5.6 Verankerungen

(1) Die zugelegte Biegebewehrung ist nach DIN 1045-1:2008-08, Abschnitte 12 und 13, zu verankern. Die Aufnahme der Auflagerkraft aus der Spritzbetonverstärkung ist nachzuweisen; gegebenenfalls sind stahlbaumäßige Elemente anzuordnen.

(2) Für die im Spritzbeton liegende Bewehrung gelten die Werte für mäßige Verbundbedingungen nach DIN 1045-1:2008-08, 12.4. Dabei sind die Werte der Festigkeitsklasse des nachträglich aufgetragenen Spritzbetons maßgebend.

5.7 Bauliche Durchbildung

(1) Der Abstand gleichlaufender Bewehrungsstäbe muss mindestens 50 mm betragen.

(2) Für zusätzlich eingelegte Bewehrung muss der Mindestabstand zum Betonuntergrund 20 mm betragen.

(3) Bezüglich der Betondeckung gilt DIN 1045-1:2008-08, Abschnitt 6. Bei spritzrau belassenen Oberflächen sind die Mindest- und Nennmaße um 5 mm zu erhöhen.

(4) Eine Abminderung des Vorhaltemaßes ist nicht zulässig.

- (5) Bei Auftragsdicken über 50 mm ohne zusätzliche rechnerische Bewehrung ist eine konstruktive Bewehrung anzuordnen.
- (6) Bei der Verstärkung von flächenartigen Bauteilen, z. B. Platten und plattenartigen Bauteilen, ist die Bewehrung im vorhandenen Beton mit mindestens 4 Stahldübeln M8 je m^2 zu verankern.
- (7) Bei allseits verstärkten Stützen sind im Einleitungsbereich ($l_c = 30 d_s$) Bügel mit einem Abstand von maximal 80 mm vorzusehen und nach DIN 1045-1:2008-08, Bild 56 g) oder h), zu schließen. Ist das Seitenverhältnis nach der Verstärkung $h/b > 1,5$, sind Zwischenverankerungen auszubilden, siehe Bild 3. Die Zulagebewehrung ist in den Bügelecken zu konzentrieren.
- (8) Bei nicht allseits verstärkten Stützen sind besondere Maßnahmen erforderlich.

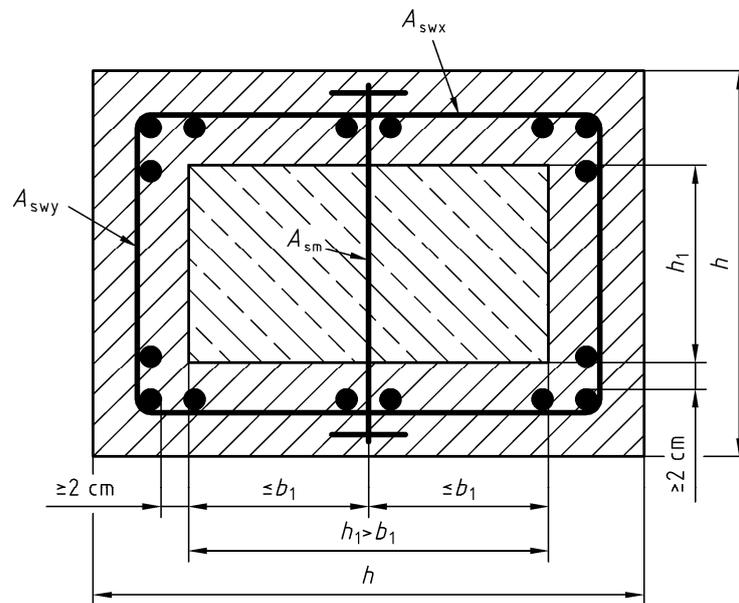


Bild 3 — Stütze mit Rechteckquerschnitt und Zwischenverankerung

DIN EN 13084-1

ICS 91.060.40

Ersatz für
DIN EN 13084-1:2001-04 und
DIN EN 13084-1
Berichtigung 1:2006-06

**Freistehende Schornsteine –
Teil 1: Allgemeine Anforderungen;
Deutsche Fassung EN 13084-1:2007**

Free-standing chimneys –
Part 1: General requirements;
German version EN 13084-1:2007

Cheminées autoportantes –
Partie 1: Exigences générales;
Version allemande EN 13084-1:2007

Gesamtumfang 43 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 13084-1:2007-05

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 13084-1:2007) wurde vom CEN/TC 297 „Freistehende Industrieschornsteine“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) erarbeitet.

Der für die deutsche Mitarbeit zuständige Arbeitsausschuss im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. ist der als Spiegelausschuss eingesetzte Arbeitsausschuss NA 005-11-37 AA „Industrieschornsteine“.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13084-1:2001-04 und DIN 13084-1 Berichtigung 1:2006-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Es wurde eine Anpassung an die zur Zeit gültigen Eurocodes vorgenommen.
- b) Zusätzlich wurde durch eine Ergänzung im Anwendungsbereich die Abgrenzung zu Abgasanlagen vorgenommen, die im CEN/TC 166 genormt werden.

Frühere Ausgaben

DIN 1056: 1927-04, 1929-08, 1984-10

DIN 1056-1: 1940-08, 1959-04, 1969-08

DIN 1056-2: 1940-08, 1959-04, 1969-08

DIN 1058: 1929-04, 1959-07, 1969-08

DIN 4133: 1973-08, 1991-11

DIN EN 13084-1: 2001-04

DIN EN 13084-1 Berichtigung 1: 2006-06

Deutsche Fassung

**Freistehende Schornsteine —
 Teil 1: Allgemeine Anforderungen**

Free-standing chimneys —
 Part 1: General requirements

Cheminées autoportantes —
 Partie 1: Exigences générales

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 23. Dezember 2006 angenommen.

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

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

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, 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

EN 13084-1:2007 (D)

Inhalt

Seite

Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
4 Allgemeine Anforderungen	8
4.1 Baustoffe	8
4.2 Abgas	8
4.2.1 Allgemeines	8
4.2.2 Entwurfsparameter	8
4.2.3 Wärmetechnische Berechnungen	9
4.2.4 Strömungstechnische Berechnungen	11
4.2.5 Chemische Beanspruchung	11
4.3 Einflüsse auf die Umwelt	13
4.3.1 Schall	13
4.3.2 Temperatur	13
4.3.3 Schutz gegen herunterfallendes Eis	14
4.3.4 Gasdichtheit	14
4.4 Wärmedämmung	14
4.5 Belüftung	15
4.6 Schutzschichten	15
4.7 Gründung	15
4.8 Ausrüstung	16
4.8.1 Besteigeinrichtungen	16
4.8.2 Blitzschutz	16
4.8.3 Flugsicherungssystem	17
4.8.4 Zusätzliche Ausrüstungen	17
5 Anforderungen an die Berechnung und Bemessung	17
5.1 Grundlegende Berechnungsannahmen	17
5.2 Einwirkungen	18
5.2.1 Allgemeines	18
5.2.2 Ständige Einwirkungen	19
5.2.3 Veränderliche Einwirkungen	19
5.2.4 Außergewöhnliche Einwirkungen	21
5.3 Imperfektionen	21
5.4 Gründung	21
5.5 Innenrohr	22
6 Tätigkeiten auf der Baustelle	22
7 Zustandsüberwachung und Instandhaltung	22
8 Messeinrichtungen	22
Anhang A (normativ) Strömungstechnische Berechnung	24
A.1 Grundzüge des Berechnungsverfahrens	24
A.2 Bauartkennwerte	24
A.2.1 Rauigkeit	24
A.2.2 Wärmedurchlasswiderstand	24
A.3 Grundwerte für die Berechnung	25
A.3.1 Lufttemperaturen	25
A.3.2 Außenluftdruck	25
A.3.3 Abgas	25
A.3.4 Gaskonstante	27
A.3.5 Dichte der Außenluft	27
A.3.6 Spezifische Wärmekapazität	28

	Seite
A.3.7 Korrekturfaktor für Temperatur	28
A.3.8 Strömungstechnische Sicherheitszahl	28
A.4 Ermittlung der Temperaturen	29
A.4.1 Abgastemperaturen.....	29
A.4.2 Abkühlzahl	29
A.4.3 Wärmedurchgangszahl	29
A.4.4 Wärmeübergangskoeffizient, innen.....	30
A.5 Dichte des Abgases	32
A.6 Abgasgeschwindigkeit.....	32
A.7 Druck an der Abgaseinführung in den Schornstein	32
A.7.1 Berechnung des Druckes	32
A.7.2 Ruhedruck.....	32
A.7.3 Widerstandsdruck im Abgas führenden Rohr.....	33
A.7.4 Rohrreibungszahl	33
A.7.5 Einzelwiderstandszahlen	34
A.7.6 Druckänderung durch Geschwindigkeitsänderung.....	34
A.7.7 Durch plötzliche Unterbrechung des Abgasstromes hervorgerufener Druck (Implosion)	34
A.8 Mindestgeschwindigkeit	35
Anhang B (informativ) Tätigkeiten auf der Baustelle	40
B.1 Ausführung	40
B.2 Ablauf und Koordinierung von Arbeiten.....	40
B.3 Sicherheit auf der Baustelle	40
B.4 Örtliche Bedingungen	40
Literaturhinweise.....	41

EN 13084-1:2007 (D)

Vorwort

Dieses Dokument (EN 13084-1:2007) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 297 „Freistehende Industrieschornsteine“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

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

Dieses Dokument ersetzt EN 13084-1:2000

Das vorliegende Dokument ist Teil 1 des im Folgenden aufgeführten Normenpaketes.

- EN 13084-1, *Freistehende Schornsteine — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*
- EN 13084-2, *Freistehende Schornsteine — Teil 2: Betonschornsteine*
- EN 13084-4, *Freistehende Schornsteine — Teil 4: Innenrohre aus Mauerwerk — Entwurf, Bemessung und Ausführung*
- EN 13084-5, *Freistehende Schornsteine — Teil 5: Baustoffe für Innenrohre aus Mauerwerk — Produktfestlegungen*
- EN 13084-6, *Freistehende Schornsteine — Teil 6: Innenrohre aus Stahl — Bemessung und Ausführung*
- EN 13084-7, *Freistehende Schornsteine — Teil 7: Produktfestlegungen für zylindrische Stahlbauteile zur Verwendung in einschaligen Stahlschornsteinen und Innenrohren aus Stahl*
- EN 13084-8, *Freistehende Schornsteine — Teil 8: Entwurf, Bemessung und Ausführung von Tragmastkonstruktionen mit angehängten Abgasanlagen*

Zusätzlich gilt:

- EN 1993-3-2, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 3-2: Türme, Maste und Schornsteine — Schornsteine*

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.

1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Europäische Norm behandelt die allgemeinen Anforderungen und die Grundkriterien für Entwurf, Berechnung und Konstruktion aller Arten von freistehenden Schornsteinen, einschließlich deren Innenrohre. Ein Schornstein kann auch dann als freistehend betrachtet werden, wenn er abgespannt oder seitlich abgestützt ist oder auf einem anderen Bauwerk steht.

An einem Gebäude seitlich abgestützte Schornsteine müssen konstruktiv nach dieser Europäischen Norm als freistehende Schornsteine bemessen werden, wenn mindestens eines der folgenden Kriterien erfüllt ist:

- der Abstand zwischen den seitlichen Abstützungen ist größer als 4 m;
- die freistehende Höhe über der obersten statisch wirksamen Abstützung ist größer als 3 m;
- die freistehende Höhe über der obersten statisch wirksamen Abstützung bei Schornsteinen mit einem rechteckigen Querschnitt beträgt mehr als das fünffache des kleinsten Außenmaßes;
- der horizontale Abstand zwischen dem Gebäude und der Außenfläche des Schornsteines ist größer als 1 m.

An freistehenden Masten befestigte Schornsteine werden als freistehende Schornsteine betrachtet.

Die Bemessung von freistehenden Schornsteinen berücksichtigt die Betriebsbedingungen und sonstige Einwirkungen, um die mechanische Festigkeit, Standsicherheit und Nutzungssicherheit nachzuweisen. Detaillierte Anforderungen bezüglich der einzelnen Konstruktionsarten werden in den Normen für Betonschornsteine, Stahlschornsteine und Innenrohre gegeben.

ANMERKUNG Regeln für die Verwendung von Schornsteinprodukten nach EN 1443 (und der damit verbundenen Produktnormen) in freistehenden Schornsteinen werden in anderen Teilen von EN 13084 angegeben.

2 Normative Verweisungen

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

EN 287-1, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle*

EN 1418, *Schweißpersonal — Prüfung von Bedienern von Schweißeinrichtungen zum Schmelzschweißen und von Einrichtern für das Widerstandsschweißen für vollmechanisches und automatisches Schweißen von metallischen Werkstoffen*

EN 1443, *Abgasanlagen — Allgemeine Anforderungen*

EN 13084-2, *Freistehende Schornsteine — Teil 2: Betonschornsteine*

EN 13084-4, *Freistehende Schornsteine — Teil 4: Innenrohre aus Mauerwerk — Entwurf, Bemessung und Ausführung*

EN 13084-5, *Freistehende Schornsteine — Teil 5: Baustoffe für Innenrohre aus Mauerwerk — Produktfestlegungen*

EN 13084-6, *Freistehende Schornsteine — Teil 6: Innenrohre aus Stahl — Bemessung und Ausführung*

EN 13084-7, *Freistehende Schornsteine — Teil 7: Produktfestlegungen für zylindrische Stahlbauteile zur Verwendung in einschaligen Stahlschornsteinen und Innenrohren aus Stahl*

EN 13084-1:2007 (D)

EN 13084-8, *Freistehende Schornsteine — Teil 8: Entwurf, Bemessung und Ausführung von Tragmastkonstruktionen mit angehängten Abgasanlagen*

EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

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

EN 1991-1-4:2005, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen, Windlasten*

EN 1993-3-2, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 3-2: Türme, Maste und Schornsteine — Schornsteine*

EN 1998-6, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 6: Türme, Maste und Schornsteine*

EN ISO 3834-2, *Qualitätsanforderungen für das Schmelzschiessen von metallischen Werkstoffen — Teil 2: Umfassende Qualitätsanforderungen (ISO 3834-2:2005)*

EN ISO 14731, *Schweißaufsicht - Aufgaben und Verantwortung (ISO 14731:2006)*

EN ISO 15607, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Allgemeine Regeln (ISO 15607:2003)*

EN ISO 15609-1, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 1: Lichtbogenschweißen (ISO 15609-1:2004)*

EN ISO 15610, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund des Einsatzes von geprüften Schweißzusätzen (ISO 15610:2003)*

EN ISO 15611, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund von vorliegender schweißtechnischer Erfahrung (ISO 15611:2003)*

EN ISO 15612, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung durch Einsatz eines Standardschweißverfahrens (ISO 15612:2004)*

EN ISO 15613, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund einer vorgezogenen Arbeitsprüfung (ISO 15613:2004)*

EN ISO 15614-1, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen (ISO 15614-1:2004)*

EN ISO 15614-2, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 2: Lichtbogenschweißen von Aluminium und seinen Legierungen (ISO 15614-2:2005)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Tragrohr

konstruktive Schale für tragende Zwecke, die die Abgasführung gegen Windwirkungen schützt

ANMERKUNG Das Tragrohr kann auch als Abgasführung wirken.

6

3.2**Innenrohrkonstruktion**

Gesamtsystem, falls vorhanden, das die Abgase vom Tragrohr trennt. Darin enthalten sind ein Innenrohr und dessen Abstützungen, der Raum zwischen Innenrohr und Tragrohr und gegebenenfalls die Wärmedämmung.

3.3**Innenrohr**

bautechnische Schale der Innenrohrkonstruktion

3.4**begehbarer Zwischenraum**

Raum zwischen Tragrohr und Innenrohr für den Zugang von Personen

3.5**Luftleitblech**

Einrichtung auf der Außenseite eines Schornsteines, die den Zweck hat, die widerregten Querschwingungen zu verringern

3.6**Schutzabdeckung**

Abdeckung an der Mündung des Schornsteins, die das obere Ende des Betontragrohrs und des Innenrohrs abdeckt

3.7**Steigedübel**

Gewindehülsen (Dübel), die zur Befestigung von Steighilfen in das Betontragrohr eingelassen sind

3.8**Abwärtssog**

Unterdruck auf der Leeseite der Schornsteinmündung, durch den die Abgase nach unten gezogen werden

3.9**abgespannter Schornstein**

Schornstein, dessen Standsicherheit durch Abspannseile sichergestellt ist

3.10**stationäre Wärmeströmung**

Wärmeströmung, bei der sich die Temperaturen an keinem Punkt zeitabhängig ändern

3.11**instationäre Wärmeströmung**

Wärmeströmung, bei der sich die Temperaturen zeitabhängig ändern

3.12**Überdruck**

Druck innerhalb des Innenrohres höher als der Druck außerhalb des Innenrohres

3.13**Unterdruck**

Druck innerhalb des Innenrohres niedriger als der Druck außerhalb des Innenrohres

3.14**Abgas**

gasförmige Produkte aus Verbrennungsvorgängen oder anderer Prozesse, inklusive Luft, welche flüssige oder feste Bestandteile enthalten können

3.15**Betonschornstein**

Schornstein mit einem Tragrohr aus Beton

EN 13084-1:2007 (D)

3.16

Stahlschornstein

Schornstein mit einem Tragrohr aus Stahl

4 Allgemeine Anforderungen

4.1 Baustoffe

Baustoffe müssen den einschlägigen CEN- oder ISO-Normen entsprechen. Wo keine derartige Norm vorhanden ist, dürfen andere Baustoffe verwendet werden, wenn ihre Eigenschaften einwandfrei definiert sind und ihre Eignung nachgewiesen ist. Dieser Nachweis muss die mechanischen, thermischen und chemischen Einwirkungen berücksichtigen.

Für Beton- und Stahlschornsteine sowie für Innenrohrkonstruktionen siehe EN 13084-2, EN 13084-4, EN 13084-5, EN 13084-6, EN 13084-7, EN 13084-8 bzw. EN 1993-3-2.

4.2 Abgas

4.2.1 Allgemeines

Thermische und strömungstechnische Berechnungen müssen vorgenommen werden, um sicherzustellen, dass die Abgase von der Feuerstätte in die Atmosphäre geführt werden, wobei die Auswirkungen der Abgase auf die Umwelt und die Nutzungssicherheit zu berücksichtigen sind. Die Auswirkungen von Abgasen hinsichtlich der Umweltverschmutzung mit gas- und partikelförmigen Teilchen sind jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Norm.

Um diese Berechnungen durchführen zu können, sind Entwurfsparameter, wie sie in 4.2.2 angegeben werden, erforderlich. Diese gelten auch für die Beurteilung der chemischen Beanspruchung der Bauteile, die mit den Abgasen in Berührung kommen.

4.2.2 Entwurfsparameter

Die folgenden Entwurfsparameter müssen die verschiedenen Betriebsbedingungen bei normalen und definierten außergewöhnlichen Bedingungen berücksichtigen:

- a) Art des Schornsteinbetriebes, ob durchgehend, intermittierend oder gelegentlich;
- b) geplante Häufigkeit von Abschaltungen für Inspektionen im Innern und Instandhaltung;
- c) Zusammensetzung der Abgase und Konzentrationen von für den Schornstein schädlichen Chemikalien in den Abgasen;
- d) Konzentration von Staub und besonders von aggressivem Staub im Abgas;
- e) Massenstrom jedes Abgasstromes;
- f) Abgastemperatur an der Einführung jedes Zuges in den Schornstein;
- g) Bereich der maximalen Säuretaupunkttemperaturen der Abgase;
- h) zulässiger oder erforderlicher Druck an der Einführung der Züge in den Schornstein;
- i) Höhenlage des Standortes und besondere örtliche topographische Merkmale (Berge in der Umgebung, Klippen usw.);
- j) maximale, mittlere und minimale Außentemperatur;

- k) maximaler, mittlerer und minimaler atmosphärischer Druck;
- l) maximale, mittlere und minimale Feuchte der Umgebungsluft;
- m) wichtige Entwurfsparameter der Einrichtungen (z. B. Kessel), an die der Schornstein angeschlossen ist.

4.2.3 Wärmetechnische Berechnungen

Die Temperaturen im Abgas führenden Rohr, in den Wärmedämmschichten und im Tragrohr sind zu bestimmen. Der Temperaturabfall des Abgases auf dem Weg vom Eintritt bis zur Schornsteinmündung ist zu berechnen.

Werte für Wärmeleitfähigkeit und Wärmeübergangskoeffizienten dürfen aus Tabelle 1 bzw. Tabelle 2 entnommen werden. Werte für Materialien, die in diesen Tabellen nicht enthalten sind, oder Werte, die von den angegebenen Werten abweichen, dürfen verwendet werden, wenn sie nachgewiesen sind.

Tabelle 1 — Wärmeleitfähigkeit von Baustoffen

Material	Bezeichnung	Dichte ρ kg/m ³	Temperatur T °C	Wärmeleitfähigkeit λ W/(m·K)
Beton		2 400		2,1
Leichtbeton		1 000		0,47
		1 200		0,59
		1 400		0,72
		1 600		0,87
		1 800		0,99
		2 000		1,20
Mauerwerk		1 800		0,81
		2 000		0,96
		2 200		1,00
Säurefestes Mauerwerk			1,2	
Mauerwerk aus Kieselgursteinen		800	200	0,18
		800	400	0,19
		800	600	0,21
		500 ^a	200	0,09
		500 ^a	400	0,10
		500 ^a	600	0,11
Schaumglas		130	20	0,05
			200	0,09
			300	0,12
Mineralwolle, beständig bis 750 °C		90	50	0,038
			100	0,045
			150	0,053
			200	0,064
			250	0,076
			300	0,090
			400	0,122
			500	0,168
	600	0,230		

EN 13084-1:2007 (D)

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Material	Bezeichnung	Dichte ρ kg/m ³	Temperatur T °C	Wärmeleitfähigkeit λ W/(m·K)
Mineralwolle, beständig bis 750 °C		125	50	0,039
			100	0,046
			150	0,053
			200	0,061
			250	0,070
			300	0,080
			400	0,105
			500	0,140
600	0,180			
Baustahl und wetterfester Baustahl		7 850		60
Nichtrostender Stahl	X5CrNi 18-10	7 900		15
	X6CrNiTi 18-10	7 900		15
	X6CrNiMoTi 17-12-2	7 980		15
	X2CrNiMo 17-12-2	7 950		14
	X2CrNiMo 18-14-3	7 980		15
	X1NiCrMoCu 25-20-5	8 000		14
ANMERKUNG Wo keine Werte für Dichte und Temperatur angegeben sind, darf die Wärmeleitfähigkeit λ als von diesen Parametern unabhängig betrachtet werden.				
^a Ist nur als Isolierung zu verwenden.				

Tabelle 2 — Wärmeübergangskoeffizienten

Zone	Wärmeübergangs- koeffizient ^a α W/(m ² ·K)
Innere Innenrohroberfläche	$8 + w^b$
Im Falle eines begehbaren Zwischenraumes zwischen Tragrohr und Innenrohr:	
— äußere Innenrohroberfläche	8
— innere Tragrohroberfläche	8
Im Falle eines nicht begehbaren Zwischenraumes zwischen Tragrohr und Innenrohr:	
— äußere Innenrohroberfläche:	
— Temperatur > 80 °C;	20
— Temperatur ≤ 80 °C	12
— innere Tragrohroberfläche	8
Äußere Innenrohroberfläche	24 ^c
^a Diese Werte sind Näherungswerte, die zu ausreichend zuverlässigen Ergebnissen für Abgas führende Rohre mit einem Innendurchmesser von mehr als 1 m führen.	
^b w ist die mittlere Abgasgeschwindigkeit in m/s. Eine detaillierte Berechnung von α ist im Anhang A angegeben.	
^c Für den Nachweis der Eignung der Baustoffe im Hinblick auf Wärmebeständigkeit ist ein Wert $\alpha = 6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ anzunehmen.	

4.2.4 Strömungstechnische Berechnungen

Strömungstechnische Berechnungen müssen die Berechnungen der Druckverhältnisse innerhalb des Abgas führenden Rohres und der Strömungsgeschwindigkeit einschließen. Sie müssen sowohl die Dichte der Abgase und der Umgebungsluft, als auch Energieverluste, wie Verluste durch Richtungsänderung, Reibungsverluste und Verluste an den Verbindungsstellen berücksichtigen. Wenn das Abgas durch das Innenrohr dringen kann, z. B. bei einem Innenrohr aus Mauerwerk, ist unter normalen Betriebsbedingungen kein Überdruck zulässig.

ANMERKUNG Der Anfahrdruck ist im Sinne dieser Europäischen Norm keine normale Betriebsbedingung.

Die Berechnungen sollten nach Anhang A durchgeführt werden. Für Schornsteine mit einer Höhe von weniger als 20 m darf die Berechnung nach EN 13384-1 erfolgen, wenn die in der Norm vorgegebenen Voraussetzungen erfüllt sind.

4.2.5 Chemische Beanspruchung

Chemische Beanspruchung der Bauteile, die mit den Abgasen in Berührung kommen, kann auftreten durch Kondensation verschiedener Abgasbestandteile zu Säure, z. B. Schwefel- oder Salzsäure, die mit Chloriden oder Fluoriden verunreinigt ist. In Abhängigkeit von Art und Dauer der Einwirkung wird die chemische Beanspruchung unterteilt, in:

- 1) geringfügig;
- 2) mittel;
- 3) stark;
- 4) sehr stark.

Die chemische Beanspruchung durch Abgase, die SO_3 enthalten, wird nach Tabelle 3 in Abhängigkeit von dem Zeitraum, in dem die Temperatur der Wand des Innenrohrs unter dem Säuretaupunkt liegt, eingestuft. Zeiträume, in denen die Anlage außer Betrieb ist, bleiben bei der Ermittlung der Betriebsstunden unberücksichtigt.

Tabelle 3 gilt für Abgase mit $50 \text{ mg/m}^3 \text{ SO}_3$. Bei anderen Werten der SO_3 -Konzentration verändert sich die Zahl der Betriebsstunden aus Tabelle 3 umgekehrt proportional zum SO_3 -Gehalt. Wenn der SO_3 -Gehalt nicht bekannt ist, darf eine 2-%ige Umwandlung von SO_2 in SO_3 angenommen werden, es sei denn, dass andere Werte nachgewiesen sind. Für andere Abgase ist der Grad der chemischen Beanspruchung nach anderen Methoden zu bestimmen.

Die Temperatur des Säuretaupunktes von Abgasen, die Wasserdampf (H_2O) und Schwefeltrioxid (SO_3) enthalten, kann Bild 1 entnommen werden:

EN 13084-1:2007 (D)

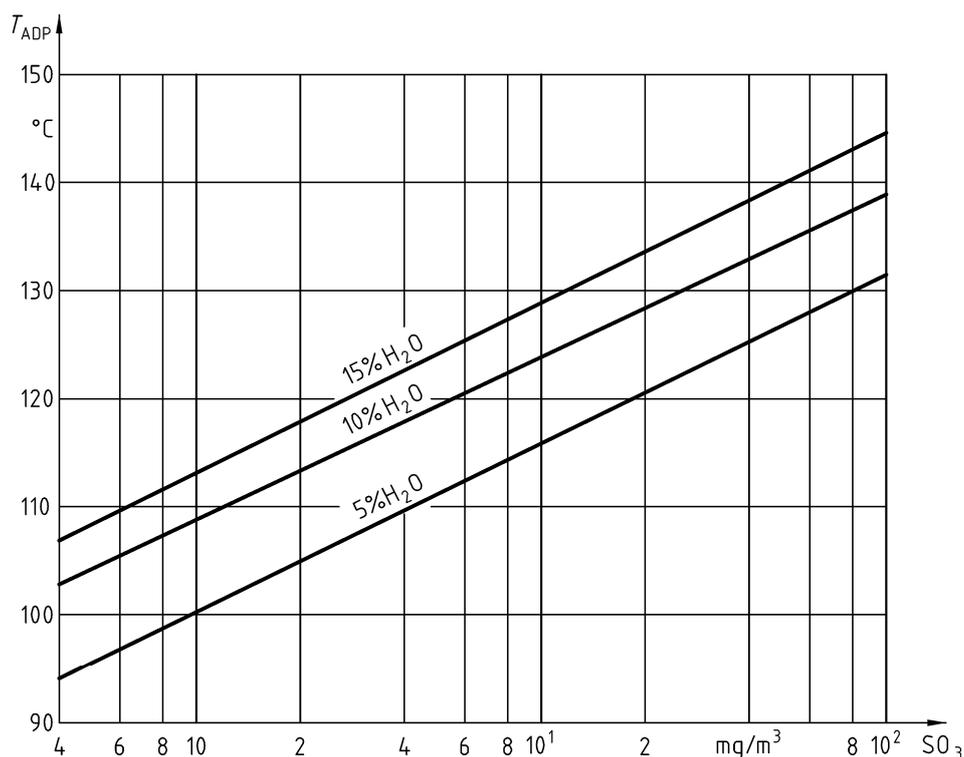


Bild 1 — Säuretaupunkttemperatur, T_{ADP} , von Abgasen, die Wasserdampf (H_2O) und Schwefeltrioxid (SO_3) enthalten

Tabelle 3 — Chemische Beanspruchung durch Abgase mit einem SO_3 Gehalt von 50 mg/m³

Grad der chemischen Beanspruchung	Betriebsstunden je Jahr ^a			
	Innenrohroberfläche in Berührung mit Abgas		Teile des Schornsteins, die durch das Innenrohr geschützt sind	
	$T_{ADP} > 150\text{ °C}$	$T_{ADP} \leq 150\text{ °C}$	$T_{ADP} > 150\text{ °C}$	$T_{ADP} \leq 150\text{ °C}$
geringfügig	< 10	< 30	< 50	< 150
mittel	10 bis 50	30 bis 150	50 bis 250	150 bis 750
stark	50 bis 1 000	150 bis 3 000	250 bis 5 000	750 bis 15 000 ^b
sehr stark	> 1 000	> 3 000	> 5 000	> 15 000 ^b

^a Während der die Temperatur des beanspruchten Bauteils unterhalb des Säuretaupunktes der Abgase liegt, die das Bauteil berühren.

^b Nur für Interpolationszwecke (siehe 3. Absatz von 4.2.5), jedoch in keinem Falle mehr als 8 760 h (1 Jahr).

Das Vorhandensein von Chloriden und Fluoriden im Abgaskondensat kann die Korrosionsgeschwindigkeit beträchtlich erhöhen. Die Abschätzung der Korrosionsgeschwindigkeit hängt von einer Reihe von verschiedenen komplexen Faktoren ab, und es sollte in jedem Einzelfalle der Rat eines Korrosionsexperten eingeholt werden.

Liegt ein solcher Rat nicht vor,

- darf der Grad der chemischen Beanspruchung als „geringfügig“ eingestuft werden, wenn die Temperatur der Schornsteinkomponenten, die mit dem Abgas in Berührung kommen, weniger als 25 Stunden/Jahr unterhalb des Säuretaupunktes liegt und wenn die Konzentration von HCl $\leq 30 \text{ mg/m}^3$ und HF $\leq 5 \text{ mg/m}^3$ ist;
- ist der Grad der chemischen Beanspruchung, unabhängig von Temperatur und Einwirkungszeit, als „sehr stark“ einzustufen, wenn die Konzentration der Halogene bei 20 °C und einem Druck von 1 bar folgende Grenzen überschreitet:
 - Wasserstofffluorid: 300 mg/m³;
 - elementares Chlor: 1 300 mg/m³;
 - Wasserstoffchlorid: 1 300 mg/m³.

Treten hinter Abgasentschwefelungsanlagen Abgas kondensierende Zustände auf, die länger als 10 h/ Jahr andauern, so sind diese in den Grad der chemischen Beanspruchung „sehr stark“ einzustufen.

Auch wenn ein Schornstein im Allgemeinen bei einer Temperatur oberhalb des Säuretaupunktes betrieben wird, ist dafür zu sorgen, dass kleine Flächen sich nicht örtlich abkühlen können und infolgedessen dort die Gefahr örtlicher Korrosion durch Säureangriff besteht. Örtliche Abkühlung kann hervorgerufen werden durch:

- undichte Stellen;
- Kühlrippeneffekt durch Flansche, Luftleitbleche oder sonstige Anbauteile;
- Auflagerpunkte;
- Abwärtssogeffekte an der Schornsteinmündung.

Chemische Beanspruchung kann z. B. auch auftreten, wenn trockene Abgase an der Schornsteinmündung infolge atmosphärischer Einflüsse feucht werden und auf Innen- oder Außenseite des Schornsteines einwirken oder wenn die Abgase auf dem Weg zur Schornsteinmündung oder beim Anfahren der Anlage sich so weit abkühlen, dass Kondensatbildung auftritt.

4.3 Einflüsse auf die Umwelt

4.3.1 Schall

Der vom Schornstein abgestrahlte Schall darf die zulässigen Schallpegel nicht überschreiten. Unter normalen Bedingungen gilt diese Anforderung als erfüllt, wenn die Geschwindigkeit der Abgase an der Schornsteinmündung weniger als 25 m/s beträgt. In Ausnahmefällen, z. B. wenn sich ein Saugzug im Schornstein befindet oder wenn die Geschwindigkeit mehr als 25 m/s beträgt, muss nachgewiesen werden, dass der zulässige Schallpegel eingehalten wird.

4.3.2 Temperatur

Die durch die Temperatur der Abgase verursachte und ausgehend von Umgebungstemperaturwerten aus offiziellen Angaben erhaltene Temperatur an der äußeren Oberfläche des Schornsteines, die von Personen berührt werden kann, muss eine der folgenden Bedingungen erfüllen:

- a) die Temperatur darf 50 °C nicht überschreiten;
- b) die Temperaturzunahme darf 10 K nicht überschreiten.

Wenn diese Anforderung nicht erfüllt werden kann, ist eine Schutzvorrichtung anzubringen, um ein unbeabsichtigtes Berühren der Schornsteinwand zu verhindern.

EN 13084-1:2007 (D)

Die maximale Temperatur angrenzender brennbarer Materialien darf 85 °C bei einer Umgebungstemperatur von 20 °C nicht übersteigen. Der Abstand zwischen der Außenfläche des Schornsteines und dem brennbaren Material ist entsprechend zu wählen.

Die Temperatur der Luft innerhalb eines begehbaren Zwischenraumes zwischen Tragrohr und Innenrohr muss eine der folgenden Bedingungen erfüllen:

- a) die Lufttemperatur darf 40 °C nicht überschreiten;
- b) die Zunahme der Lufttemperatur infolge der Temperatur der Abgase darf 10 K nicht überschreiten.

4.3.3 Schutz gegen herunterfallendes Eis

Wenn die Möglichkeit nicht ausgeschlossen werden kann, dass sich Eis am Schornstein oder an Teilen des Schornsteines bildet, ist dafür zu sorgen, dass keine Schäden durch herunterfallendes Eis entstehen können. Das lässt sich z. B. durch Schutzvorrichtungen oder Heizeinrichtungen erreichen.

4.3.4 Gasdichtheit

Unter normalen Betriebsbedingungen im Überdruckbereich arbeitende Schornsteine müssen gasdicht sein und die in EN 1443 gegebenen Anforderungen erfüllen.

4.4 Wärmedämmung

Eine wirksame Wärmedämmung hat folgende Aufgabe:

- a) Sie vermindert den Temperaturgradienten und folglich die thermische Beanspruchung des Innenrohrmaterials.
- b) Sie vermindert den Wärmeverlust der innerhalb des Abgas führenden Rohres nach oben steigenden Abgase. Dies hat folgende Vorteile:
 - Reduzierung des Temperaturabfalls der im Schornstein nach oben strömenden Abgase. Dies ist dann von Bedeutung, wenn die Temperatur der Abgase beim Eintritt in den Schornstein in der Nähe des Säuretaupunktes liegt und sich bei weiterem Abkühlen Säureniederschlag und Verschmutzung ergeben können.
 - Erhöhung des thermischen Auftriebes.
- c) Sie vermindert den Temperaturgradienten und die thermische Beanspruchung im Tragrohr.

Bei der Auswahl des Dämmsystems sind die folgenden Kriterien zu berücksichtigen:

- i) die strukturelle Langzeitfestigkeit. Es ist wichtig, dass die Dämmstoffe nicht durchhängen und dadurch Teile der Oberfläche nicht mehr gedämmt sind;
- ii) die Wärmeleitfähigkeit;
- iii) die Gebrauchstauglichkeit und die Formbeständigkeit bei den Temperaturen, die während des Betriebes auftreten können;
- iv) die Säurebeständigkeit und die Feuchtigkeitsaufnahme des Dämmstoffes und dessen Halterungen. Dies ist bei Innenrohren aus Mauerwerk wichtig, weil begrenzte Abgasmengen durch das Innenrohr dringen und auf dem Weg zur kalten Seite der Dämmung kondensieren können;
- v) die Zugänglichkeit.

Das Material der Wärmedämmung muss nichtbrennbar sein.

4.5 Belüftung

Es kann zweckmäßig sein, einen belüfteten Zwischenraum zwischen Innenrohr und Tragrohr vorzusehen. Die Aufgaben eines solchen Zwischenraumes sind:

- das Ableiten von Abgasen, die infolge von Diffusion oder Überdruck durch das Innenrohr dorthin gelangen;
- die Reduzierung des Partialdampfdruckes des Schwefeloxides in den Abgasen, die durch das Innenrohr in diesen Raum gelangt sind. Dadurch wird der Säuretaupunkt abgesenkt und die Ablagerung von Säure auf empfindlichen Oberflächen reduziert;
- den Zugang in einen freien Raum mit ausreichender Größe zu Instandhaltungs- und Inspektionszwecken zu ermöglichen.

Die Belüftung muss jederzeit wirksam sein. Wenn ein begehbare Zwischenraum vorgesehen ist, ist seine Wirksamkeit durch thermische und strömungstechnische Berechnungen nachzuweisen.

Für den vertikalen Durchgang der Luft ist ein freier Weg vorzusehen, entweder über die gesamte Höhe oder abschnittsweise. Das erfordert ausreichend bemessene Öffnungen in den Konsolen und Platten, die die einzelnen Abschnitte des Innenrohrs tragen, ebenso im Tragrohr.

4.6 Schutzschichten

Im Allgemeinen müssen Schornsteine gegen Korrosion oder chemische Beanspruchungen durch Schutzschichten geschützt sein. Es ist zwischen Beanspruchungen durch Abgase und Beanspruchungen durch Umweltbedingungen zu unterscheiden.

Beanspruchung durch Abgase tritt auf

- an der inneren Oberfläche des Abgas führenden Rohres;
- an der äußeren Oberfläche des Schornsteines und den Besteigeinrichtungen wie Leitern, Bühnen und deren Halterungen, die in der Abgasfahne liegen;
- an allen äußeren Oberflächen, die den Abgasen benachbarter Schornsteine ausgesetzt sind.

Unter Berücksichtigung des vorgesehenen Verwendungszweckes müssen Schutzschichten chemisch und thermisch beständig, undurchlässig in Bezug auf Flüssigkeiten und ausreichend beständig gegen Diffusion und Alterung sein.

4.7 Gründung

Die Gründung muss gegen thermische und chemische Beanspruchungen geschützt werden. Wenn Kondensatbildung zu erwarten ist, muss die Oberfläche der Gründung geneigt sein und mit einer Beschichtung versehen sein, die säurebeständig und undurchlässig in Bezug auf Flüssigkeiten ist.

Es kann zweckmäßig sein, einen Raum zwischen Innenrohr und dem Fundament vorzusehen und so auszuliegen, dass dieser Raum begangen und belüftet werden kann.

EN 13084-1:2007 (D)**4.8 Ausrüstung****4.8.1 Besteigeinrichtungen**

Schornsteine von mehr als 5 m Höhe über einer baulichen Zugangsebene (z. B. Dach eines angrenzenden Gebäudes) müssen von dort bis zum Kopf mit einer Besteigeinrichtung versehen sein, um Inspektionen und Instandhaltung insbesondere der folgenden Einrichtungen zu ermöglichen:

- Warnleuchten für die Luftfahrt, falls vorhanden (siehe 4.8.3);
- Instrumentierung (Thermoelemente, Abgasanalysatoren, Trübungsmessgeräte, Druckmessgeräte usw.), falls vorhanden (siehe Abschnitt 8);
- Blitzschutzsystem, falls vorhanden (siehe 4.8.2);
- Mündungsabdeckung.

Die Besteigeinrichtung muss jedoch auch die Inspektion anderer kritischer Teile ermöglichen, wie z. B.:

- außerhalb des Tragrohres: Eine eingebaute Vorrichtung zur Führung eines Aufzuges kann zweckmäßig sein, hauptsächlich im oberen Teil des Schornsteines, wo eine örtlich stärkere chemische Beanspruchung auftritt und wo ein Flugwarnanstrich als Tageskennzeichnung erforderlich werden kann (siehe 4.8.3);
- Rauchgaseinführungen;
- Drainagesystem, falls vorhanden;
- Schwingungsdämpfer;
- Montagestöße.

Die Besteigeinrichtung muss bei Schornsteinen ohne begehbaren Zwischenraum auf der äußeren Tragrohr-oberfläche und im Falle von Schornsteinen mit begehbarem Zwischenraum vorzugsweise auf der Innenseite des Tragrohres angebracht werden. Sie kann aus fest montierten Steigleitern oder Steigedübeln, an denen Leitern befestigt werden können, bestehen.

Im Falle von hohen und wichtigen Schornsteinen kann die Besteigeinrichtung einen Aufzug (üblicherweise mit Zahnradantrieb) enthalten.

Im Inneren von Abgas führenden Rohren sind im Falle chemischer Beanspruchung keine dauerhaft angebrachten Besteigeinrichtungen zulässig.

4.8.2 Blitzschutz

In der Regel müssen Schornsteine mit einem Blitzschutzsystem ausgestattet sein und alle Metallteile des Bauwerks (Leitern, Bühnen, stählerne Mündungsabdeckungen usw.) sind mit den Ableitern zu verbinden. Stahlschornsteine können jedoch als durchgehende Metallkonstruktionen betrachtet und folglich als ihr eigenes Blitzschutzsystem behandelt werden. Im Falle von Stahlschornsteinen, die nicht durchgehend leitend sind, sind zusätzliche ausreichende Maßnahmen vorzusehen.

Die Erdung der Blitzschutzanlage sollte aus Metallstäben oder Metallbändern oder einer Kombination von beiden bestehen.

Der Punkt, an dem das Erdungsband mit dem Schornstein verbunden ist, sollte zugänglich sein.

Durchdringt der Schornstein ein Gebäude, so kann er an diesem Punkt geerdet werden, indem man ihn mit dem Blitzschutz des Gebäudes verbindet.

Bei abgespannten Schornsteinen müssen die oberen Enden der Abspannseile leitend mit dem Schornstein verbunden werden, die unteren Enden sind zu erden.

Ein abgestützter Schornstein ist leitend mit seinen Abstützungen zu verbinden. Wenn horizontale oder vertikale Bewegungen zwischen den Abstützungen und dem Schornstein möglich sind, sind Dehnungsmöglichkeiten vorzusehen.

In Gebieten, in denen im Untergrund hohe Temperaturen auftreten können, z. B. in der Nachbarschaft von Ziegelbrennöfen, sollten die Erdungsstäbe oder Erdungsbänder in einem solchen Abstand vom Schornstein angeordnet werden, wo der Boden üblicherweise nicht mehr austrocknet.

Für einen Schornstein, der auf gewachsenem Fels steht, sind besondere Blitzschutzmaßnahmen erforderlich und es sollte der Rat von Experten eingeholt werden.

4.8.3 Flugsicherungssystem

Wenn von den örtlichen Behörden der Zivil- oder Militärluftfahrt verlangt, müssen Schornsteine mit Flughindernissebefeuerung oder Flugwarnanstrich als Tageskennzeichnung oder beiden Einrichtungen ausgestattet werden. Tageskennzeichnungen sind z. B. der Anstrich des oberen Teiles oder auch der gesamten Höhe. Ein Farbanstrich, besonders des oberen Teiles, muss einen ausreichenden chemischen Schutz des Bauwerks garantieren.

Im Falle von Schornsteinen ohne begehbaren Zwischenraum sollten die Warnleuchten an dem Geländer der Umgangsbühnen angebracht werden; wenn keine Bühnen vorgesehen sind, sollten die Leuchten am Tragrohr befestigt werden. Für Schornsteine mit begehbarem Zwischenraum sollten die Warnleuchten so auf der Außenseite des Tragrohres angeordnet werden, dass sie von inneren Bühnen aus durch Öffnungen zugänglich sind.

4.8.4 Zusätzliche Ausrüstungen

Es kann erforderlich werden, weitere Einrichtungen vorzusehen, wie z. B.:

- Telefonanlage;
- chemische Waschanlage;
- Kräne und Aufzüge zum Heben von Bauteilen und Baugeräten;
- Drainagesystem sowohl für Regenwasser als auch zum Abführen möglichen Kondensats aus dem Innenrohr von den betreffenden Ebenen zum Abwassersystem am Boden;
- Zugangs- und Inspektionsöffnungen;
- Schwingungsdämpfer.

5 Anforderungen an die Berechnung und Bemessung

5.1 Grundlegende Berechnungsannahmen

Die folgenden grundlegenden Berechnungsannahmen entsprechen EN 1990. Sie sind analog auf Materialien anzuwenden, die in den betreffenden Europäischen Normen nicht behandelt werden.

Schornsteine sind hinsichtlich Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit sowohl im endgültigen Zustand als auch während des Bauzustandes zu berechnen und zu bemessen. Dies schließt den Nachweis der Widerstände und der Lagesicherheit bezüglich Kippen ein.

Sofern in den folgenden Abschnitten nichts anderes angegeben ist, ist auf die einschlägigen Grundnormen der Bautechnik, besonders auf die betreffenden Eurocodes Bezug zu nehmen.

EN 13084-1:2007 (D)

Die Theorie der Grenzzustände ist anzuwenden.

Die Grenzzustände werden eingeteilt in:

- Grenzzustände der Tragfähigkeit;
- Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit.

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit darf der Bemessungswert der Beanspruchungen infolge Einwirkung, E_d , wie z. B. Schnittkräfte, Momente, Spannungen oder Dehnungen, den zugehörigen Bemessungswert des Widerstandes, R_d , nicht überschreiten.

$$E_d \leq R_d$$

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist nachzuweisen, dass

$$E_d \leq C_d$$

Dabei ist

E_d der Bemessungswert der Beanspruchung infolge Einwirkungen, z. B. Auslenkung;

C_d ein Nennwert bestimmter Tragwerkseigenschaften hinsichtlich der im Nachweis zu berücksichtigenden Anforderungen.

Die Bemessungswerte der Einwirkungen werden ermittelt aus den charakteristischen Werten der Einwirkungen nach 5.2 multipliziert mit dem Teilsicherheitsbeiwert γ_F .

Die Bemessungswerte der Widerstände R_d dürfen aus den charakteristischen Werten der maßgebenden Tragwerkseigenschaften, wie Werkstoffeigenschaften oder geometrische Größen unter Berücksichtigung eines Teilsicherheitsbeiwertes γ_M berechnet werden.

Einflüsse nach Theorie II. Ordnung sind zu berücksichtigen, wenn sich die maßgebenden Momente oder Schnittkräfte infolge der nach Theorie I. Ordnung ermittelten Auslenkungen um mehr als 10 % erhöhen.

5.2 Einwirkungen**5.2.1 Allgemeines**

Die folgenden Einwirkungen sind bei der Berechnung und Bemessung von Schornsteinen zu berücksichtigen:

- ständige Einwirkungen;
- veränderliche Einwirkungen
 - i) Nutzlasten;
 - ii) Windlasten;
 - iii) Innendruck;
 - iv) Wärmeeinwirkungen;
- außergewöhnliche Einwirkungen:
 - v) Erdbeben;
 - vi) Explosionen und Implosionen;
 - vii) Anprall.

5.2.2 Ständige Einwirkungen

Die ständigen Einwirkungen müssen die angenommenen Eigenlasten aller ständig vorhandenen Bauteile und Elemente wie Armaturen, Dämmung, Staub, Asche, vorhandene und künftige Beschichtungen und sonstige Lasten enthalten. Die Eigenlasten sind nach EN 1991-1-1 zu bestimmen.

Maximale und minimale ständige Einwirkungen müssen für die Ermittlung der Beanspruchung bestimmt werden, wobei die verschiedenen Bauzustände zu berücksichtigen sind.

5.2.3 Veränderliche Einwirkungen

5.2.3.1 Nutzlasten

Der charakteristische Wert der Nutzlasten für die Berechnung und Bemessung der Bühnen ist mit 2 kN/m^2 anzunehmen, es sei denn, dass die tatsächlichen Bedingungen möglicherweise größere Lasten ergeben.

5.2.3.2 Windlasten

5.2.3.2.1 Allgemeines

Windlasten wirken auf die gesamte äußere Oberfläche eines Schornsteines und auf die Anbauteile. Neben den Widerstandskräften infolge des böigen Windes, die im Allgemeinen in Windrichtung wirken, können Lasten infolge Wirbelablösung Querschwingungen eines Schornsteines verursachen.

Andere Windwirkungen, z. B. infolge ungleichförmiger Winddruckverteilung oder infolge von gegenseitiger Beeinflussung (Interferenz), müssen berücksichtigt werden, wenn sie von Bedeutung sind.

Die oben erwähnten Windlasten sind im Wesentlichen dynamischer Art. Die Windlasten auf schlanke verformungswillige Bauwerke, wie Schornsteine, können nur durch eine dynamische Berechnung oder die Anwendung statischer Ersatzlasten bestimmt werden. Verfahren für die Ermittlung dieser dynamischen Windlasten werden in EN 1991-1-4 gegeben.

5.2.3.2.2 Windlasten in Windrichtung

Windlasten in Windrichtung sind nach EN 1991-1-4 ausgehend von der Grundwindgeschwindigkeit v_b , für den betreffenden Standort und einer statistischen Wiederkehrperiode von 50 Jahren, sowie mit dem Wert 1,0 für beide Beiwerte c_{DIR} und c_{SEASON} zu bestimmen.

Orographische Einflüsse auf die Windgeschwindigkeit, z. B. bei Schornsteinen an exponierten Standorten, wie Hügel oder nahe gelegenen Böschungen in sonst relativ ebenem Gelände, müssen berücksichtigt werden.

Der Einfluss der Geländerauigkeit auf die Windgeschwindigkeit ist zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Es wird empfohlen, nur die Kategorien 0, I und II nach EN 1991-1-4:2005, Tabelle 4.1 zu verwenden.

Aerodynamische Kraftbeiwerte c_F für Schornsteine mit Querschnitten, die von den in EN 1991-1-4 angegebenen abweichen, dürfen durch Windkanalversuche bestimmt werden, wobei die Änderung der mittleren Windgeschwindigkeit mit der Höhe und die Turbulenz entsprechend den Gegebenheiten des Geländes am Standort berücksichtigt werden müssen, oder sie dürfen aus entsprechenden Veröffentlichungen, die auf derartigen Versuchen beruhen, entnommen werden.

Schwingungswirkungen, die durch den böigen Wind verursacht werden, sind in nach EN 1991-1-4 zu berücksichtigen.

EN 13084-1:2007 (D)**5.2.3.2.3 Wirbelablösung**

Schornsteine können zu Schwingungen durch Wirbelablösungen angeregt werden. Verfahren zur Berechnung der Schwingungsamplituden sind in EN 1991-1-4 angegeben.

Beanspruchungen durch Wirbelablösungen brauchen bei Schornsteinen, deren Scruton-Zahl den Wert 25 übersteigt, nicht berücksichtigt zu werden (zur Bestimmung der Scruton-Zahl siehe EN 1991-1-4). Bei Schornsteinen in Reihen- oder Gruppenanordnung ist dieser Wert nicht anwendbar.

5.2.3.2.4 Sonstige Windwirkungen

Eine ungleichförmige Winddruckverteilung über den Umfang eines Kreiszylinders erzeugt Biegemomente in vertikalen Schnitten des Tragrohres. Der Bemessungswert M_d des größten positiven als auch negativen Biegemomentes darf mit der folgenden Gleichung errechnet werden:

$$M_d = \pm c_M \times q_d(z) \times d(z)^2 \quad (1)$$

Dabei ist

$q_d(z)$ Bemessungswert des Staudruckes in Höhe z des Schornsteines;

$d(z)$ Durchmesser des Querschnittes in Höhe z des Schornsteines;

$c_M = 0,125$ für $R_e \leq 2 \times 10^6$;

$c_M = 0,095$ für $R_e \geq 10^7$

ANMERKUNG Zwischenwerte für die c_M Werte dürfen interpoliert werden);

R_e ist die Reynolds-Zahl nach EN 1991-1-4.

Infolge der Anregung durch Wirbel können querschnittsverformende Schwingungen des Tragrohres besonders in der Nähe des Schornsteinkopfes auftreten. Zur Berechnung dieser Schwingungen siehe EN 1991-1-4.

Sonstige in der Nähe liegende Bauwerke können Interferenzschwingungen verursachen. Dies gilt hauptsächlich für Schornsteine, die in einer Reihe oder einer Gruppe angeordnet sind. Berechnungsverfahren für einige Anordnungen werden in EN 1991-1-4 gegeben. In anderen Fällen können Windkanalversuche erforderlich sein.

5.2.3.3 Innendruck

Unterdruck und Überdruck sind als Einwirkungen zu berücksichtigen.

5.2.3.4 Wärmeeinwirkungen

Beanspruchungen aus Wärmeeinwirkungen in Innenrohr und Tragrohr infolge von Temperaturdifferenzen zwischen innerer und äußerer Oberfläche der betreffenden Wände sind bei maximaler Abgastemperatur und bei niedrigster Außentemperatur, die am Standort unter Berücksichtigung einer statistischen Wiederkehrperiode von 50 Jahren zu erwarten ist, zu bestimmen.

Zum Nachweis der Wärmebeständigkeit von Baustoffen ist die maximale Außentemperatur, die am Standort unter Berücksichtigung einer statistischen Wiederkehrperiode von 50 Jahren zu erwarten ist, anzunehmen.

Über den Umfang veränderliche Temperaturen infolge ungleichmäßiger Abgasströmung müssen berücksichtigt werden.

Zusätzliche Auswirkungen können durch instationäre Wärmeströmung verursacht werden.

Wenn ein Schornstein oder Schornsteinbauteile an einer Verformung zufolge unterschiedlicher Dehnung gehindert werden, müssen die daraus resultierenden Spannungen berücksichtigt werden. Diese Spannungen können hoch sein, wenn ein Innenrohr oder ein einzelner Schornstein ohne Innenrohr Abgase aus zwei oder mehr Quellen mit deutlich unterschiedlichen Temperaturen führt oder wenn eine einseitig eintretende Quelle Abgase mit sehr hohen Temperaturen führt. Zusätzlich werden durch die resultierenden Temperaturunterschiede Wärmespannungen 2. Ordnung hervorgerufen. Typische Fälle solcher Verformungsbehinderung sind bei bestimmten Innenrohren und auch in abgestützten und abgespannten Schornsteinen zu finden.

5.2.4 Außergewöhnliche Einwirkungen

5.2.4.1 Erdbeben

Einwirkungen aus Erdbeben sind nach EN 1998-6 zu ermitteln.

ANMERKUNG Einwirkungen aus Erdbeben sind im Allgemeinen für Stahlschornsteine nicht maßgebend.

5.2.4.2 Explosionen und Implosionen

Explosionen im Inneren eines Schornsteins können durch das Vorhandensein von Ruß oder explosiven Abgasen im Schornstein entstehen. Die Möglichkeit von Explosionen innerhalb eines Schornsteines muss insbesondere in Fällen, in denen Abgase aus der Verbrennung gasförmiger Stoffe herrühren, in Betracht gezogen werden.

Der durch Implosionen verursachte Druck (plötzliche Unterbrechung des Abgasstromes) ist nach A.7.7 zu ermitteln.

Mögliche Einwirkungen aus Explosionen, die außerhalb des Schornsteines auftreten, sind nur in Sonderfällen zu berücksichtigen.

5.2.4.3 Anprall

Wenn Einwirkungen aus Anprall nicht ausgeschlossen werden können, sind diese zu berücksichtigen.

5.3 Imperfektionen

Einflüsse, die sich aus Imperfektionen ergeben, müssen berücksichtigt werden.

Sofern keine detaillierten Untersuchungen über die Auswirkungen von Sonneneinstrahlung und Bauungenauigkeiten vorgenommen werden, dürfen diese Effekte zusammen durch die Annahme einer gegenüber der Senkrechten um 1/500 geneigten Schornsteinachse berücksichtigt werden.

Zusätzlich zu berücksichtigen sind vorhersehbare Abweichungen des Bauwerks gegenüber der Senkrechten, die sich aus ungleichmäßiger Setzung der Gründungen oder aus Änderungen der Stützbedingungen ergeben, z. B. bei Bergsenkungen.

5.4 Gründung

Die Fuge zwischen Fundament und Erdreich darf sich unter Einwirkung des charakteristischen Wertes der Windlast nicht weiter als bis zur Schwerachse der Fundamentplatte öffnen.

Temperaturdifferenzen zwischen Tragrohr und Fundament infolge unterschiedlicher atmosphärischer Einwirkungen und unterschiedlicher thermischer Trägheit müssen berücksichtigt werden.

EN 13084-1:2007 (D)**5.5 Innenrohr**

Das Innenrohr muss in der Lage sein, sich sowohl in vertikaler als auch horizontaler Richtung ohne nachteilige Einflüsse auf Tragrohr, Abstützung und das Innenrohr selbst auszudehnen. Falls ein Schornstein mehr als ein Innenrohr hat, müssen die einzelnen Innenrohre in der Lage sein, sich voneinander unabhängig, sowohl vertikal als auch horizontal, auszudehnen.

Der Einfluss von Verformungen der Innenrohrabstützung auf die Verschiebungen des Innenrohres ist zu berücksichtigen.

6 Tätigkeiten auf der Baustelle

Die Bauarbeiten dürfen nur nach Fertigstellung der erforderlichen schriftlichen und zeichnerischen Projektdokumente, in denen alle wesentlichen tragenden und nichttragenden Teile des Schornsteins beschrieben sind, begonnen werden.

Die Bauarbeiten dürfen nur von Firmen ausgeführt werden, die über eine sachverständige Leitung und erfahrenes Personal verfügen, die nachweislich in der Lage sind, derartige Arbeiten erfolgreich auszuführen.

Für Stahlschornsteine gilt:

- Der Hersteller muss eine Bescheinigung bezüglich Übereinstimmung mit den Anforderungen nach EN ISO 3843-2, EN ISO 14731 und EN ISO 15607 besitzen. Die Schweißer müssen nach EN 287-1 und/oder EN 1418 geprüft sein.
- Es sind anerkannte Schweißverfahren nach EN ISO 15609-1, EN ISO 15610, EN ISO 15611, EN ISO 15612, EN ISO 15613, EN ISO 15614-1, EN ISO 15614-2 anzuwenden.
- Alle Stumpfschweißnähte müssen vollständig durchgeschweißt und durchgängig sein.
- Alle Schweißungen müssen EN 1993-3-2 entsprechen.

Weitere Informationen über Tätigkeiten auf der Baustelle werden in Anhang B gegeben.

7 Zustandsüberwachung und Instandhaltung

Schornsteine müssen in regelmäßigen Abständen von einem Fachmann überprüft werden. Die Abstände zwischen zwei Überprüfungen sollten möglichst nicht mehr als 2 Jahre betragen. Ein schriftliches Protokoll muss Empfehlungen für Instandhaltung und Reparaturen enthalten.

8 Messeinrichtungen

Falls erforderlich, muss der Schornstein so konstruiert sein, dass geeignete Messeinrichtungen, die der Umweltüberwachung dienen, ständig oder gelegentlich eingebaut werden können. Die Überwachung kann betreffen:

- Druckbedingungen;
- Strömungsgeschwindigkeit der Abgase;
- Abgastemperatur;
- Sauerstoff;

- Stickoxid;
- Schwefeloxid;
- Schwebstoffe.

Bühnen mit ausreichend Raum für den Zugang zu den Einrichtungen und für Personal sollten vorgesehen werden. Diese Bühnen sollten sich in einer Schornsteinhöhe innerhalb eines Bereiches vom 5fachen Durchmesser oberhalb der Einführung der Züge und innerhalb eines Bereiches vom 3fachen Durchmesser unterhalb der Mündung des Schornsteines befinden.

Die Bühnen sollten einen ausreichend bemessenen und bequemen vertikalen Zugang haben, möglichst über Treppen oder einen Aufzug.

Bühnen für Messeinrichtungen sollten elektrische Anschlüsse und Beleuchtung haben. Druckluft, Sicherheitsausrüstung und Telefonanschluss sind zweckmäßig.

Prüföffnungen mit Dichtungen und abgedeckte Öffnungen für das Anbringen von Messeinrichtungen sollten vorgesehen werden. Wo eine ständige Überwachung erforderlich ist, sollten geeignete Einrichtungen vorgesehen werden, die eine Informationsübertragung zur Steuerzentrale ermöglichen.

Anhang A (normativ)

Strömungstechnische Berechnung

A.1 Grundzüge des Berechnungsverfahrens

Die strömungstechnische Berechnung dient der Ermittlung der Druckverhältnisse im Abgas führenden Rohr, von der Abgaseinführung bis zur Schornsteinmündung. Dies erfordert die Berechnung des Temperaturverlaufes im Abgas führenden Rohr. Bei über die Schornsteinhöhe veränderlichen Größen sollte die Berechnung abschnittsweise durchgeführt werden.

A.2 Bauartkennwerte

A.2.1 Rauigkeit

Die mittlere Rauigkeit, r , der abgasberührten Oberflächen üblicher Baustoffe darf Tabelle A.3 entnommen werden. Für andere Baustoffe ist die mittlere Rauigkeit nachzuweisen, z. B. durch anerkanntes Schrifttum oder Messungen.

A.2.2 Wärmedurchlasswiderstand

Der Wärmedurchlasswiderstand der Innenrohr- und Tragrohrwände sowie der Isolierung ist unter Berücksichtigung der Wärmeleitfähigkeit der einzelnen Schichten zu berechnen. Der Wärmedurchlasswiderstand von ruhenden Luftschichten ist in Tabelle A.5 angegeben.

Der Wärmedurchlasswiderstand, $1/\Lambda$, in $\text{m}^2 \text{K/W}$, errechnet sich näherungsweise aus Gleichung (A.1):

$$\left(\frac{1}{\Lambda}\right) = y \times \sum_n \left[\frac{D_h}{2 \times \lambda_n} \times \ln \left(\frac{D_{h,n+1}}{D_{h,n}} \right) \right] \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

- y der Formbeiwert
 = 1,0 für runde und ovale Querschnitte,
 = 1,1 für quadratische und für rechteckige Querschnitte bis zu einem Seitenverhältnis von 1:1,5;
- D_h der innere hydraulische Durchmesser, in m;
- $D_{h,n}$ der hydraulische Durchmesser, bezogen auf die Innenseite der n-ten Schicht des Wandaufbaus, in m;
- λ_n die Wärmeleitfähigkeit des Baustoffes der n-ten Schicht des Wandaufbaus bei Betriebstemperatur, in W/mK , siehe Tabelle 1.

Die Werte der Wärmeleitfähigkeit üblicher Baustoffe sind in Tabelle 1 angegeben.

A.3 Grundwerte für die Berechnung

A.3.1 Lufttemperaturen

Der Berechnung ist die im Betrieb des Schornsteines zu erwartende höchste und niedrigste Temperatur zugrunde zu legen.

A.3.2 Außenluftdruck

Der Außenluftdruck, p_L , in Pa, errechnet sich aus Gleichung (A.2):

$$p_L = p_{L0} \times e^{(-g \times z) / (R_L \times T_L)} \quad (\text{A.2})$$

Dabei ist

p_{L0} der Außenluftdruck auf Meereshöhe = 101 325 Pa bei 15 °C;

g die Erdbeschleunigung = 9,81 m/s²;

R_L die Gaskonstante der Luft, in J/kgK, siehe Tabelle A.1;

T_L die Außenlufttemperatur, in K;

z die geodätische Höhe über Meereshöhe auf halber Schornsteinhöhe, in m.

A.3.3 Abgas

Das Abgas setzt sich im Wesentlichen aus den in Tabelle A.1 angegebenen Komponenten zusammen. Tabelle A.1 enthält die für weitere Berechnungen erforderlichen Werte.

EN 13084-1:2007 (D)

Tabelle A.1 — Gasdaten

Art des Gases	Stickstoff (N ₂)	Kohlendioxid (CO ₂)	Sauerstoff (O ₂)	Wasser (H ₂ O)	Schwefel- dioxid (SO ₂)	Luft, trocken
molare Masse <i>M</i> kg/kmol	28,0134	44,0098	31,9988	18,0153	64,0590	28,9627
molares Normvolumen <i>V_{mn}</i> m ³ /kmol	22,403	22,261	22,392	22,414	21,856	22,400
Normdichte <i>ρ</i> kg/m ³	1,2504	1,9770	1,4290	0,8038	2,9310	1,2930
Gaskonstante <i>R</i> J/(kg · K)	296,66	187,63	259,58	461,50	126,56	287,10
dynamische Viskosität <i>η</i> 10 ⁻⁵ Pa·s	1,667	1,370	1,926	0,922	1,170	1,724
Sutherland-Konstante <i>C</i>	102,0	270,0	126,0	641,0	462,0	—
kritische Temperatur <i>T_k</i> K	126,2	304,2	154,6	647,3	430,8	132,5
spezifische Wärmekapazität <i>c_p</i> J/(kg · K)	1 038,7	816,5	914,8	1 492,0	1 740,0	1 004,0
Wärmeleitfähigkeit <i>λ</i> W/(m · K)	0,024	0,015	0,024	0,033	0,212 flüssig	0,024

A.3.4 Gaskonstante

Die Gaskonstante des Abgases, R , errechnet sich aus Gleichung (A.3):

$$R = \sum X_i \times R_i \quad (\text{A.3})$$

Dabei ist

X_i der Massenanteil der Komponente i ;

R_i die Gaskonstante der Komponente i nach Tabelle A.1.

Der Wert R für einige wichtige Brennstoffe bei planmäßigem Betrieb ohne Kondensation ist in Tabelle A.2 angegeben.

Tabelle A.2 — Gasdaten für verschiedene Brennstoffe

Brennstoff	Kohlenstoffdioxid (CO ₂) % des Volumens	Wasser (H ₂) % des Volumens	Gas konstante R J/(kg·K)	spezifische Wärmekapazität c_p J/(kg·K)	Wasser- taupunkt T_{WDP} °C
Erdgas H	12,0	18,5	299,4	1 101	58,7
Erdgas L	11,8	18,3	299,2	1 099	58,4
Heizöl EL	15,4	13,3	287,6	1 060	51,8

A.3.5 Dichte der Außenluft

Die Dichte der Außenluft, ρ_L , in kg/m³, errechnet sich aus Gleichung (A.4):

$$\rho_L = \frac{p_L}{R_L \times T_L} \quad \text{in kg/m}^3 \quad (\text{A.4})$$

Dabei ist

p_L der Außenluftdruck, in Pa, siehe A.3.2;

T_L die Außenlufttemperatur, in K;

R_L die Gaskonstante der Luft, in J/kgK, siehe Tabelle A.1.

EN 13084-1:2007 (D)**A.3.6 Spezifische Wärmekapazität**

Die spezifische Wärmekapazität, c_p , des Abgases errechnet sich aus Gleichung (A.5):

$$c_p = \sum X_i \times c_{pi} \quad (\text{A.5})$$

Dabei ist

X_i der Massenanteil der Komponente i ;

c_{pi} die spezifische Wärmekapazität der Komponente i nach Tabelle A.1.

Der Wert c_p für die wichtigsten Brennstoffe bei planmäßigem Betrieb ohne Kondensation ist in Tabelle A.2 angegeben.

A.3.7 Korrekturfaktor für Temperatur

Der Korrekturfaktor, S_H , in Gleichung (A.9) dient zur Berücksichtigung des Einflusses der fehlenden Temperaturbeherrschung im Abgas führenden Rohr auf die Abkühlung der Abgase und damit auf den Ruhedruck. Damit auch bei einer instationären Betriebsweise, die z. B. bei jeder Feuerung mit EIN/AUS-Regelung vorliegt, eine Berechnung des Querschnittes des Abgas führenden Rohres mit den für stationäre Betriebsverhältnisse abgeleiteten Formeln möglich ist, müssen der für stationäre Betriebsverhältnisse ermittelte Wärmedurchlasswiderstand des Schornsteins sowie der Wärmeübergangskoeffizient an der Außenfläche des Schornsteins korrigiert werden.

Der Korrekturfaktor hängt im Wesentlichen von der Betriebsweise der Feuerstätte und der Bauweise des Schornsteins ab. Sofern keine genaueren Untersuchungen durchgeführt werden, darf bei Feuerungen mit EIN/AUS-Regelungen der Korrekturfaktor S_H mit 0,5 eingesetzt werden. Bei Dauerbetrieb ist $S_H = 1,0$.

A.3.8 Strömungstechnische Sicherheitszahl

Die strömungstechnische Sicherheitszahl, S_E , hat die Aufgabe, folgende ungewollte Unregelmäßigkeiten bei Betrieb und Ausführung des Schornsteins abzudecken:

- Abweichungen von den angenommenen Widerstandszahlen ζ ;
- Abweichungen vom angenommenen Luftüberschuss in den Abgasen;
- Nebenluftzufuhr zum Abgas im Verbindungsstück oder Abgas führendem Rohr;
- Abweichung von der zugrunde gelegten mittleren Rauigkeit der Innenwand des Abgas führenden Rohres;
- Abweichung vom zugrunde gelegten Wärmedurchlasswiderstand der Schornsteinwände;
- Maßabweichungen des Querschnittes des Abgas führenden Rohres;
- Abweichungen von den angenommenen atmosphärischen Einflüssen.

Die strömungstechnische Sicherheitszahl ist mit $S_E = 1,1$ anzunehmen.

A.4 Ermittlung der Temperaturen

A.4.1 Abgastemperaturen

Die mittlere Abgastemperatur, T_m , in K, errechnet sich aus Gleichung (A.6):

$$T_m = T_L + \frac{T_e - T_L}{K} \times (1 - e^{-K}) \quad (\text{A.6})$$

Die Abgastemperatur an der Schornsteinmündung, T_0 , in K, errechnet sich aus Gleichung (A.7):

$$T_0 = T_L + (T_e - T_L) \times e^{-K} \quad (\text{A.7})$$

Dabei ist in den Gleichungen (A.6) und (A.7)

T_L die Außenlufttemperatur, in K;

K die Abkühlzahl, siehe A.4.2;

T_e die Abgastemperatur am Schornsteineintritt, in K.

A.4.2 Abkühlzahl

Die Abkühlzahl, K , errechnet sich aus Gleichung (A.8):

$$K = \frac{U \times k \times H}{m \times c_p} \quad (\text{A.8})$$

Dabei ist

U der innere Umfang des Abgas führenden Rohres, in m;

k die Wärmedurchgangszahl bei den tatsächlichen Materialtemperaturen, in $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$, siehe A.4.3;

H die wirksame Schornsteinhöhe, in m;

m der Abgasmassenstrom, in kg/s ;

c_p die spezifische Wärmekapazität des Abgases, in J/kgK , siehe A.3.6.

A.4.3 Wärmedurchgangszahl

Die Wärmedurchgangszahl, k , in $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$, errechnet sich aus Gleichung (A.9):

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + S_H \times \left[\left(\frac{1}{\lambda} \right) + \frac{D_h}{D_{ha} \times \alpha_a} \right]} \quad (\text{A.9})$$

Dabei ist

α_i der Wärmeübergangskoeffizient für die vom Abgas berührten Innenflächen, in $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$, siehe A.4.4;

α_a der Wärmeübergangskoeffizient für die äußere Tragrohroberfläche, in $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$, siehe Tabelle 2;

S_H der Korrekturfaktor für fehlende Temperaturbeharrung, siehe A.3.7;

EN 13084-1:2007 (D)

$1/\Lambda$ der Wärmedurchlasswiderstand, in $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$, siehe A.2.2;

D_h der innere hydraulische Durchmesser, in m;

D_{ha} der hydraulische Durchmesser, bezogen auf die äußere Tragrohroberfläche, in m.

A.4.4 Wärmeübergangskoeffizient, innen

Der Wärmeübergangskoeffizient, α_i , in $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$, für die vom Abgas berührten Innenflächen errechnet sich aus Gleichung (A.10):

$$\alpha_i = \frac{\lambda_A \times Nu}{D_h} \quad (\text{A.10})$$

Dabei ist

λ_A die Wärmeleitfähigkeit des Abgases, in W/mK , siehe Gleichung (A.11);

Nu die Nusselt-Zahl, siehe Gleichung (A.12);

D_h der innere hydraulische Durchmesser, in m.

Die Wärmeleitfähigkeit des Abgases, λ_A , ist von der mittleren Abgastemperatur, T_m , abhängig und errechnet sich mit ausreichender Genauigkeit aus Gleichung (A.11):

$$\lambda_A = 0,000\,455 + 0,000\,065 \times T_m \quad (\text{A.11})$$

Dabei ist

T_m die mittlere Abgastemperatur in K, siehe Gleichung (A.6).

Die über die Schornsteinhöhe gemittelte Nusselt-Zahl, Nu , errechnet sich aus Gleichung (A.12):

$$Nu = \left(\frac{\Psi}{\Psi_{\text{glatt}}} \right)^{0,67} \times 0,0214 \times (Re^{0,8} - 100) \times Pr^{0,4} \times \left[1 + \left(\frac{D_h}{H} \right)^{0,67} \right] \quad (\text{A.12})$$

Diese Gleichung gilt nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

$2\,300 < Re < 10\,000\,000$ und

$$\left(\frac{\Psi}{\Psi_{\text{glatt}}} \right) < 3 \text{ sowie}$$

$0,6 < Pr < 1,5$.

Dabei ist

Ψ die Rohrreibungszahl für hydraulisch raue Strömung, siehe A.7.4;

Ψ_{glatt} die Rohrreibungszahl für hydraulisch glatte Strömung ($r = 0$), siehe A.7.4;

Re die Reynolds-Zahl, siehe Gleichung (A.14);

Pr die Prandl-Zahl, siehe Gleichung (A.13);

D_h der innere hydraulische Durchmesser, in m;

H die wirksame Schornsteinhöhe, in m.

Die Prandl-Zahl, Pr , errechnet sich aus Gleichung (A.13):

$$Pr = \frac{\eta \times c_p}{\lambda_A} \quad (\text{A.13})$$

Die Reynolds-Zahl, Re , errechnet sich aus Gleichung (A.14):

$$Re = \frac{w_m \times D_h \times \rho_m}{\eta} \quad (\text{A.14})$$

Dabei ist in den Gleichungen (A.13) und (A.14)

- w_m die mittlere Abgasgeschwindigkeit, in m/s, siehe A.6;
- D_h der innere hydraulische Durchmesser, in m;
- η die dynamische Viskosität, in Pa s, siehe Gleichung (A.16);
- ρ_m die mittlere Dichte des Abgases, in kg/m³, siehe A.5;
- c_p die spezifische Wärmekapazität des Abgases, in J/kgK, siehe A.3.6;
- λ_A die Wärmeleitfähigkeit des Abgases, in W/mK, siehe Gleichung (A.11).

Die dynamische Viskosität, η_i , in Pa s, für das Einzelgas i bei der vorhandenen Temperatur errechnet sich aus Gleichung (A.15):

$$\eta_i = \eta_{0i} \times \sqrt{\frac{T}{273} \times \frac{1 + \frac{C}{273}}{1 + \frac{C}{T}}} \quad (\text{A.15})$$

Dabei ist

- η_{0i} die dynamische Viskosität bei 0 °C, in Pa s;
- C die Sutherland-Konstante, siehe Tabelle A.1;
- T die vorhandene Temperatur, in K.

Die dynamische Viskosität, η , in Pa s, für das Gasgemisch bei vorhandener Temperatur errechnet sich aus Gleichung (A.16):

$$\eta = \frac{Y_1 \times \sqrt{M_1 \times T_{k1}} \times \eta_1 + Y_2 \times \sqrt{M_2 \times T_{k2}} \times \eta_2 + \dots +}{Y_1 \times \sqrt{M_1 \times T_{k1}} + Y_2 \times \sqrt{M_2 \times T_{k2}} + \dots +} \quad (\text{A.16})$$

Dabei ist für das Einzelgas i :

- η_i die dynamische Viskosität bei vorhandener Temperatur, in Pa s;
- Y_i der Volumenanteil;
- T_{ki} die kritische Temperatur, in K, siehe Tabelle A.1;
- M_i die molare Masse, in kg/kmol, siehe Tabelle A.1.

EN 13084-1:2007 (D)**A.5 Dichte des Abgases**

Die mittlere Dichte des Abgases, ρ_m , in kg/m³, errechnet sich aus Gleichung (A.17):

$$\rho_m = \frac{P_L}{R \times T_m} \quad (\text{A.17})$$

Dabei ist

P_L der Außenluftdruck, in Pa, siehe A.3.2;

R die Gaskonstante des Abgases, in J/kgK, siehe A.3.4;

T_m die mittlere Abgastemperatur, in K, siehe Gleichung (A.6).

A.6 Abgasgeschwindigkeit

Die mittlere Abgasgeschwindigkeit, w_m , in m/s, errechnet sich aus Gleichung (A.18):

$$w_m = \frac{m}{A \times \rho_m} \quad (\text{A.18})$$

Dabei ist

m der Abgasmassenstrom, in kg/s;

A der lichte Querschnitt des Abgas führenden Rohres, in m²;

ρ_m die mittlere Dichte des Abgases, in kg/m³, siehe A.5.

A.7 Druck an der Abgaseinführung in den Schornstein**A.7.1 Berechnung des Druckes**

Der Druck an der Abgaseinführung in den Schornstein, P_z , in Pa, errechnet sich aus Gleichung (A.19):

$$P_z = -P_H + P_R \quad (\text{A.19})$$

Dabei ist

P_H der Ruhedruck im Abgas führenden Rohr, in Pa, siehe A.7.2;

P_R der Widerstandsdruck im Abgas führenden Rohr, in Pa, siehe A.7.3.

A.7.2 Ruhedruck

Der Ruhedruck im Abgas führenden Rohr, P_H , in Pa, errechnet sich aus Gleichung (A.20):

$$P_H = H \times g \times (\rho_L - \rho_m) \quad (\text{A.20})$$

Dabei ist

H die wirksame Schornsteinhöhe, in m;

g die Erdbeschleunigung = 9,81 m/s²;

ρ_L die Dichte der Außenluft, in kg/m³, siehe A.3.5;

ρ_m die mittlere Dichte des Abgases, in kg/m³, siehe Abschnitt A.5.

A.7.3 Widerstandsdruck im Abgas führenden Rohr

Der Widerstandsdruck im Abgas führenden Rohr, P_R , in Pa, errechnet sich aus den Gleichungen (A.21) und (A.22):

$$P_R = S_E \times P_E + S_{EG} \times P_G \quad (\text{A.21})$$

$$P_E = \left(\psi \times \frac{H}{D_h} + \sum_n \zeta_n \right) \frac{\rho_m}{2} \times w_m^2 \quad (\text{A.22})$$

Dabei ist in den Gleichungen (A.21) und (A.22)

P_E der Widerstandsdruck aus Reibung und Formwiderstand im Abgas führenden Rohr, in Pa;

P_G die Druckänderung durch Geschwindigkeitsänderung im Abgas führenden Rohr, in Pa, siehe A.7.6;

S_E die strömungstechnische Sicherheitszahl, siehe A.3.8;

S_{EG} die strömungstechnische Sicherheitszahl für Druckänderung durch Geschwindigkeitsänderung;

für $P_G \geq 0$ gilt $S_{EG} = S_E$
für $P_G < 0$ gilt $S_{EG} = 1,0$

ψ die Rohrreibungszahl, siehe A.7.4;

H die wirksame Schornsteinhöhe, in m;

D_h der innere hydraulische Durchmesser, in m;

ζ_n die Einzelwiderstandszahlen, siehe A.7.5;

ρ_m die mittlere Dichte des Abgases, in kg/m³, siehe A.5;

w_m die mittlere Abgasgeschwindigkeit, in m/s, siehe A.6.

A.7.4 Rohrreibungszahl

Die Rohrreibungszahl, ψ , errechnet sich für verschiedene Rauigkeiten mit ausreichender Genauigkeit aus Gleichung (A.23):

$$\frac{1}{\sqrt{\psi}} = -2 \times \log \left(\frac{2,51}{Re \times \sqrt{\psi}} + \frac{r}{D_h} \times 0,269 \right) \quad (\text{A.23})$$

Dabei ist

r die Rauigkeit der Innenwand des Abgas führenden Rohres, in m, siehe Tabelle A.3;

D_h der innere hydraulische Durchmesser, in m;

Re die Reynoldszahl, siehe Gleichung (A.14).

EN 13084-1:2007 (D)**A.7.5 Einzelwiderstandszahlen**

Die Summe der Einzelwiderstandszahlen des Abgas führenden Rohres, $\Sigma \zeta_n$, ist abhängig von den Querschnitts- und Richtungsänderungen im Abgas führenden Rohr (siehe Tabelle A.4). Die Einzelwiderstandszahl für die Querschnittserweiterung an der Mündung des Schornsteins darf ebensowenig wie die Druckänderung durch Geschwindigkeitsänderung an dieser Stelle berücksichtigt werden.

A.7.6 Druckänderung durch Geschwindigkeitsänderung

Die Druckänderung durch Geschwindigkeitsänderung, P_G , in Pa, errechnet sich aus Gleichung (A.24):

$$P_G = \frac{\rho_2}{2} \times w_2^2 - \frac{\rho_1}{2} \times w_1^2 \quad (\text{A.24})$$

Dabei ist

- ρ_1 die Dichte des Abgases vor der Geschwindigkeitsänderung, in kg/m³;
- ρ_2 die Dichte des Abgases nach der Geschwindigkeitsänderung, in kg/m³;
- w_1 die Abgasgeschwindigkeit vor der Geschwindigkeitsänderung, in m/s;
- w_2 die Abgasgeschwindigkeit nach der Geschwindigkeitsänderung, in m/s.

Für die Dichten und Geschwindigkeiten vor und nach einer Geschwindigkeitsänderung dürfen die Mittelwerte für die entsprechenden Abschnitte eingesetzt werden.

A.7.7 Durch plötzliche Unterbrechung des Abgasstromes hervorgerufener Druck (Implosion)

Eine plötzliche Unterbrechung des Abgasstromes verursacht, in Abhängigkeit von der Schließzeit, einen Unter- oder Überdruck.

Wenn die Schließzeit weniger als 1 s beträgt, ist der Wert nach Gleichung (A.25) zu ermitteln:

$$\Delta P_0 = \rho_m \times w_m \times c_s \text{ in Pa} \quad (\text{A.25})$$

Dabei ist

- ρ_m die mittlere Dichte des Abgases in kg/m³, siehe A.5;
- w_m die mittlere Abgasgeschwindigkeit, in m/s, siehe A.6;
- c_s die Schallgeschwindigkeit im Abgas in m/s.

Wenn die Schließzeit mehr als 10 s beträgt, so kann der Druckunterschied vernachlässigt werden.

Wenn die Schließzeit mehr als 1 s, aber weniger als 10 s beträgt, ist eine genaue Überprüfung erforderlich oder es ist der Wert für eine Schließzeit von weniger als 1 s anzusetzen.

A.8 Mindestgeschwindigkeit

Um die Anwendbarkeit der in diesem Anhang genannten Gleichungen sicherzustellen, sollte eine Mindestgeschwindigkeit der Abgase an der Schornsteineinmündung eingehalten werden. Durch diese Mindestgeschwindigkeit, w_{\min} , in Meter durch Sekunde, wie sie in Gleichung (A.26) angegeben ist, wird ein Nebenlufteinbruch an der Schornsteinmündung begrenzt.

$$w_{\min} = f_g \times 4 \sqrt{\frac{A_M}{A_0}} \quad (\text{A.26})$$

Dabei ist

f_g der Bezugswert für die minimale Geschwindigkeit = 0,5 m/s;

A_M der lichte Querschnitt des Abgas führenden Rohres an der Mündung des Schornsteins, in m²;

A_0 die Bezugsgröße = 0,01 m².

Tabelle A.3 — Mittlere Rauigkeit der Baustoffe von Innenrohren

Werkstoffe der Innenrohre	Rauigkeit μ^a m
Stahl, geschweißt	0,001
Aluminium	0,001
Glas, Kunststoff	0,001
Blech, gefalzt	0,002
Betonformstücke	0,002
Mauerwerk ^b	0,005
Wellblech	0,005

^a Diese Werte gelten nur bei sauberer Oberfläche.

^b Bei Radialsteinmauerwerk mit einer Fugendicke von weniger als 5 mm kann eine Rauigkeit von 0,002 m angenommen werden.

EN 13084-1:2007 (D)

Tabelle A.4 — Einzelwiderstandszahlen für einige Formen
(Interpolationen zwischen den angegebenen Parametern sind zulässig)

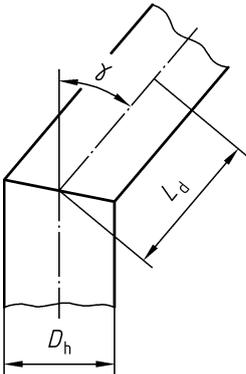
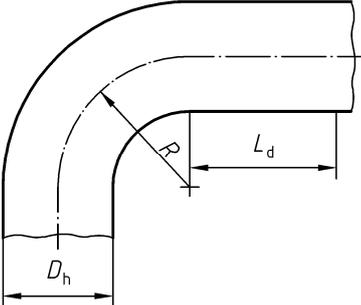
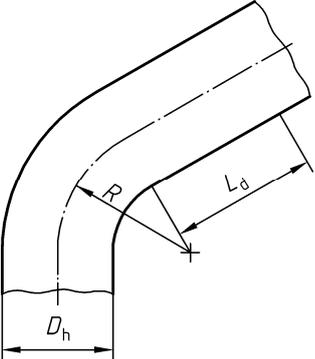
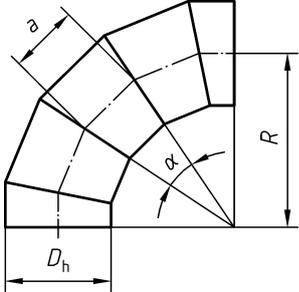
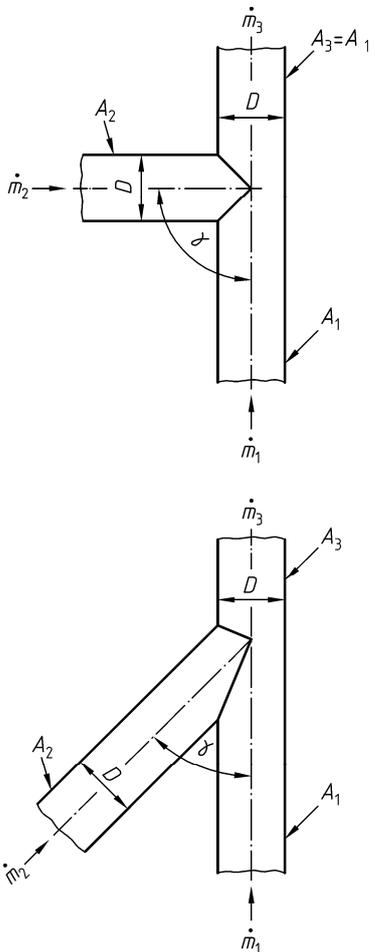
Lfd. Nr.	Formen	Geometrische Abmessungen	ζ-Werte	
			$L_d/D_h \geq 30$	$30 > L_d/D_h \geq 2$
1	Form eines gestreckten Winkels 	Winkel γ in °		
		10	0,1	0,1
		30	0,2	0,3
		45	0,3	0,4
		60	0,5	0,7
		90	1,2	1,6
2	Bild 90°-Bogen 	R / D_h		
		0,5	1,0	1,2
		0,75	0,4	0,5
		1,0	0,25	0,3
		1,5	0,2	0,2
		2,0	0,2	0,2
3	60°-Bogen 	R / D_h		
		0,5	0,6	0,6
		0,75	0,3	0,3
		1,0	0,2	0,2
		1,5	0,2	0,2
		2,0	0,1	0,1

Tabelle A.4 (fortgesetzt)

Lfd. Nr.	Formen	Geometrische Abmessungen	ζ-Werte			
4	90°-Umlenkung 	$a = 2 \cdot R \cdot \tan(\alpha/2)$ a / D_h	Anzahl der Segmente			
			2×45°	3×30°	4×22,5°	
			1,0	0,4	0,25	0,17
			1,5	0,3	0,18	0,13
			2,0	0,3	0,17	0,12
3,0	0,35	0,19	0,13			
5,0	0,4	0,20	0,15			
5	90°-Abzweig und 45°-Abzweig 		Massenstromverhältnis	ζ-Werte		
		$\gamma = 90^\circ$	m_2 / m_3	ζ_{2-3}	ζ_{1-3}	
		$A_3 / A_2 = 1,0$	0,0	-0,92	0,03	
			0,2	-0,38	0,20	
			0,4	0,10	0,35	
			0,6	0,53	0,47	
			0,8	0,89	0,56	
		1,0	1,20	0,62		
		$\gamma = 45^\circ$	m_2 / m_3	ζ_{2-3}	ζ_{1-3}	
		$A_3 / A_2 = 1,0$	0,0	-0,92	0,03	
0,2	-0,42		0,16			
0,4	-0,04		0,17			
0,6	0,22		0,06			
0,8	0,35		-0,18			
1,0	0,35	-0,53				
Gleichungen zur Berechnung der Einzelwiderstandszahlen an Verbindungsstellen						
$\zeta_{2-3} = -0,92 \left(1 - \frac{m_2}{m_3}\right)^2 - \left(\frac{m_2}{m_3}\right)^2 \left[1,2 \left(\frac{A_3 \cos \gamma - 1}{A_2}\right) + 0,8 \left(1 - \left(\frac{A_3}{A_2}\right)^2\right) - \left(1 - \left(\frac{A_3}{A_2}\right)^{-1}\right) \times \frac{A_3}{A_2} \cos \gamma \right] + \left(2 - \left(\frac{A_3}{A_2}\right)^{-1}\right) \times \frac{m_2}{m_3} \left(1 - \frac{m_2}{m_3}\right)$						
$\zeta_{1-3} = 0,03 \left(1 - \frac{m_2}{m_3}\right)^2 \times \left(\frac{m_2}{m_3}\right)^2 \left[1 + 1,62 \left(\frac{A_3 \cos \gamma - 1}{A_2}\right) - 0,38 \left(1 - \left(\frac{A_3}{A_2}\right)^{-1}\right) \right] \times \left(2 - \left(\frac{A_3}{A_2}\right)^{-1}\right) \times \frac{m_2}{m_3} \left(1 - \frac{m_2}{m_3}\right)$						

EN 13084-1:2007 (D)

Tabelle A.4 (fortgesetzt)

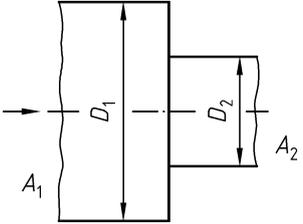
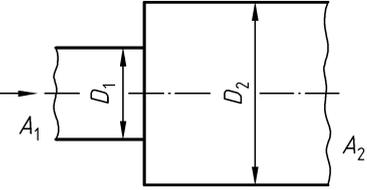
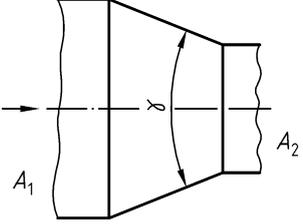
Lfd. Nr.	Formen	Geometrische Abmessungen	ζ -Werte		
6	<p>Reduktionsstück, gerade Form</p>  <p>Bezugsgeschwindigkeit: w_2</p>	A_2 / A_1 0,4 0,6 0,8	0,33 0,25 0,15 bei abgerundeter Einlaufkante $\zeta = 0$		
7	<p>Erweiterungsstück, gerade Form</p>  <p>Bezugsgeschwindigkeit: w_1</p>	A_2 / A_1 0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0	1,0 0,7 0,4 0,2 0,1 0		
8	<p>Reduktionsstück, Winkelform</p>  <p>Bezugsgeschwindigkeit: w_2</p>	A_2 / A_1 0,10 0,25 0,45 1,0	$\gamma = 30^\circ$ 0,05 0,04 0,05 0,0	$\gamma = 60^\circ$ 0,08 0,07 0,07 0,0	$\gamma = 90^\circ$ 0,19 0,17 0,14 0,0

Tabelle A.5 — Wärmedurchlasswiderstand $(1/A)_n$, in m^2K/W , von ruhenden Luftschichten (n-te Schicht des Wandaufbaus, konzentrischer Luftspalt, vertikal angeordnet), abhängig von der Schichtdicke d und der Oberflächentemperatur T der Wärme abgebenden Wand

T °C	d_n m				
	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
40	0,123	0,147	0,153	0,152	0,150
100	0,087	0,101	0,101	0,100	0,099
150	0,065	0,075	0,075	0,074	0,074
200	0,050	0,055	0,055	0,055	0,054

ANMERKUNG Die effektive Wärmeleitfähigkeit λ_n , in W/mK , einer ruhenden Luftschicht (n-te Schicht des Wandaufbaus) errechnet sich aus den oben angegebenen Werten mit folgender Gleichung:

$$\lambda_n = y \frac{D_{h,n}}{2 \left(\frac{1}{A} \right)_n} \times \ln \left(\frac{D_{h,n} + 2 d_n}{D_{h,n}} \right)$$

Dabei ist

y der Formbeiwert:

= 1,0 für runde und ovale Querschnitte

= 1,1 für quadratische und für rechteckige Querschnitte bis zu einem Seitenverhältnis von 1:1,5;

$D_{h,n}$ der innere hydraulische Durchmesser der Luftschicht, in m;

$\left(\frac{1}{A} \right)_n$ der Wärmedurchlasswiderstand der Luftschicht, in m^2K/W ; siehe oben angegebene Werte;

d_n die Dicke der Luftschicht, in m.

EN 13084-1:2007 (D)**Anhang B**
(informativ)**Tätigkeiten auf der Baustelle****B.1 Ausführung**

Die Arbeiten sollten nur aufgenommen werden, wenn ordnungsgemäße, vollständige und geprüfte Unterlagen bei der Bauleitung vorliegen. Der Beginn der Arbeiten sollte erklärt und anschließend bestätigt werden. Der Auftragnehmer sollte in der Lage sein, eine Statistik über die wichtigsten Parameter des Bauablaufes einschließlich der Daten betreffend Personal und Material zu führen.

Die Kennwerte für die zum Einsatz kommenden Einrichtungen und den Arbeitsablauf sollten den Vorgaben entsprechen. Die zu verwendenden Geräte sollten geprüft und für die Durchführung dieser Arbeiten bescheinigt werden, bevor die Bauarbeiten beginnen. Das Personal auf der Baustelle sollte Schutzkleidung tragen und die Baustelle sollte ausreichend beleuchtet sein, besonders während der Nachtschichten.

Vor dem Einbau sollten Materialien so gelagert werden, dass sie ausreichend gegen Witterung und schädliche Einflüsse geschützt sind, und, falls erforderlich, sollten sie nach dem Einbau ordnungsgemäß nachbehandelt werden. Materialien sollten nach den Vorschriften des Lieferanten verarbeitet werden, sofern die maßgebenden Normen in dieser Hinsicht nichts anderes vorschreiben.

Während der Arbeiten sollten die Witterungsbedingungen besonders im Hinblick auf Wind und Temperatur ständig beachtet werden. Geeignete Vorrichtungen für die Überprüfung der Schornsteinform und der Lotrechtstellung sollten angewendet werden. Provisorische Warnleuchten und Blitzschutz sollten, falls erforderlich, während des Baus des Schornsteines montiert werden.

B.2 Ablauf und Koordinierung von Arbeiten

Die Arbeiten sollten nach einem detaillierten Programm ausgeführt werden, das alle erforderlichen Aktivitäten enthält. Darüber hinaus sollte es die Eckdaten für die Abwicklung enthalten sowie Hinweise auf spezielle Gegebenheiten und Lieferungen. Falls erforderlich, sollte das Programm geändert und auf den neuesten Stand gebracht werden.

B.3 Sicherheit auf der Baustelle

Für die Aktivitäten des Unternehmers auf der Baustelle sollten Sicherheitsregeln vorliegen, die Verweisungen auf Sicherheitsvorschriften und -normen enthalten sollten. Diese Regeln sollten besonders betreffen:

- Industriehygiene;
- Arbeitsschutz einschließlich Flucht- und Rettungspläne;
- Brandschutz;
- Unfallschutz.

B.4 Örtliche Bedingungen

Es sollte ein detaillierter Plan aufgestellt werden über den Ort des zu bauenden Schornsteines, die Baustelleneinrichtungen sowohl für Personal als auch für Geräte, die Plätze für Materiallagerung sowie die Beschreibung der Zugangswege, die bei den Arbeiten zu benutzen sind.

Der Plan sollte genaue Angaben enthalten über Stromversorgung, Beleuchtung, Telekommunikation, Abwasserführung, Druckluft und sonstige Einrichtungen und Leitungsnetze, die für die Durchführung der Bauarbeiten erforderlich sind.

Literaturhinweise

EN 13384-1, *Abgasanlagen — Wärme- und strömungstechnische Berechnungsverfahren — Teil 1: Abgasanlagen mit einer Feuerstätte*

DIN EN 13084-2**DIN**

ICS 91.060.40

Ersatz für
DIN EN 13084-2:2002-04**Freistehende Schornsteine –
Teil 2: Betonschornsteine;
Deutsche Fassung EN 13084-2:2007**Free-standing chimneys –
Part 2: Concrete chimneys;
German version EN 13084-2:2007Cheminées indépendantes –
Partie 2: Cheminées en béton;
Version allemande EN 13084-2:2007

Gesamtumfang 26 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 13084-2:2007-08

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 13084-2:2007) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 297 „Freistehende Industrieschornsteine“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

Der NABau-Spiegelausschuss NA 005-11-37 „Industrieschornsteine“ hat mit seinen deutschen Experten die Arbeiten begleitet.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13084-2:2002-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Norm vollständig überarbeitet und dem Stand der Technik angepasst.

Frühere Ausgaben

DIN EN 13084-2: 2002-04

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN 13084-2

Mai 2007

ICS 91.060.40

Ersatz für EN 13084-2:2001

Deutsche Fassung

Freistehende Schornsteine — Teil 2: Betonschornsteine

Free-standing chimneys —
Part 2: Concrete chimneys

Cheminées indépendantes —
Partie 2: Cheminées en béton

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 26. April 2007 angenommen.

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

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

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, 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

EN 13084-2:2007 (D)

Inhalt

Seite

Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	4
4 Baustoffe	5
4.1 Beton	5
4.1.1 Normalbeton für Ortbeton-Schornsteine	5
4.1.2 Beton für Fertigteil-Schornsteine	5
4.2 Mörtel zum Vermauern von Fertigteilen	5
4.3 Betonstahl	5
5 Baustoffeigenschaften	6
6 Berechnung und Bemessung	7
6.1 Einwirkungen	7
6.2 Schnittgrößen	7
6.2.1 Allgemeines	7
6.2.2 Teilsicherheitsbeiwerte	7
6.2.3 Momente zweiter Ordnung	8
6.2.4 Überlagerung von Wärme- und anderen Einwirkungen	10
6.3 Nachweis	10
6.3.1 Allgemeines	10
6.3.2 Grenzzustand der Tragfähigkeit	10
6.3.3 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	13
7 Bauliche Durchbildung	13
7.1 Ortbeton-Schornsteine	13
7.1.1 Vertikale Mindestbewehrung	13
7.1.2 Horizontale Mindestbewehrung	14
7.1.3 Mindestbewehrung im Bereich von Öffnungen	14
7.1.4 Stababstände	14
7.1.5 Mindestbetondeckung	15
7.1.6 Mindestwanddicke	15
7.1.7 Übergreifungsstöße	15
7.2 Fertigteil-Schornsteine	15
7.2.1 Mindestbewehrung für den Transport von Fertigteilen	15
7.2.2 Horizontale Mindestbewehrung	15
7.2.3 Mindestbetondeckung	15
7.2.4 Mindestwanddicke	15
7.2.5 Durchgehende vertikale Stabbündel	16
7.2.6 Öffnungen	17
8 Ausführung	17
8.1 Allgemeines	17
8.2 Lagerfugen	17
8.3 Vergusskanäle	17
9 Qualitätskontrolle	18
9.1 Ortbeton-Schornsteine	18
9.2 Fertigteil-Schornsteine	18
Anhang A (normativ) Berechnung von Spannungen infolge von Wärme- und anderen Einwirkungen	19
A.1 Momenten-Krümmungs-Beziehung	19
A.2 Durchführung der Berechnung	22
Anhang B (normativ) Beschränkung der Rissbreiten	24

Vorwort

Dieses Dokument (EN 13084-2:2007) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 297 „Freistehende Industrieschornsteine“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

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

Es wird darauf hingewiesen, dass die Möglichkeit besteht, dass Teile des Dokumentes Patentrechte berühren können. CEN (und/oder CENELEC) ist nicht dafür verantwortlich, solche Patentrechte zu identifizieren.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 13084-2:2001.

Diese Europäische Norm ist Teil 2 des unten gelisteten Normenpaketes.

- EN 13084-1, *Freistehende Schornsteine — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*
- EN 13084-2, *Freistehende Schornsteine — Teil 2: Betonschornsteine*
- EN 13084-4, *Freistehende Schornsteine — Teil 4: Innenrohre aus Mauerwerk — Bemessung und Ausführung*
- EN 13084-5, *Freistehende Schornsteine — Teil 5: Baustoffe für Innenrohre aus Mauerwerk — Produktfestlegungen*
- EN 13084-6, *Freistehende Schornsteine — Teil 6: Innenrohre aus Stahl — Entwurf, Bemessung und Ausführung*
- EN 13084-7, *Freistehende Schornsteine — Teil 7: Produktfestlegungen für zylindrische Stahlbauteile zur Verwendung in einschaligen Stahlschornsteinen und Innenrohren aus Stahl*
- EN 13084-8, *Freistehende Schornsteine — Teil 8: Entwurf, Bemessung und Ausführung von Tragmastkonstruktionen mit angehängten Abgasanlagen*

Zusätzlich gilt

- ENV 1993-3-2, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 3-2: Türme, Maste und Schornsteine — Schornsteine*

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.

EN 13084-2:2007 (D)

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm behandelt die besonderen Anforderungen und Leistungskriterien für die Bemessung und Ausführung von Ortbeton-Schornsteinen und Fertigteil-Schornsteinen. Sie gibt Anforderungen an, die die mechanische Festigkeit und Standsicherheit von Betonschornsteinen nach den in EN 13084-1 angegebenen allgemeinen Anforderungen sicherstellen.

Für an Gebäuden abgestützte Schornsteine gelten die in Abschnitt 1 von EN 13084-1:2000 angegebenen Kriterien.

Sofern es in den folgenden Abschnitten nicht anders angegeben ist, gilt die Grundnorm für die Bemessung von Betontragwerken EN 1992-1-1.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieser Europäischen Norm 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 206-1:2000, *Beton — Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität*

EN 1520:2002, *Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus haufwerksporigem Leichtbeton*

EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1992-1-1:2004, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

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

EN 12446, *Abgasanlagen — Bauteile — Außenschalen aus Beton*

EN 13084-1:2000, *Freistehende Schornsteine — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

EN 13084-4, *Freistehende Schornsteine — Teil 4: Innenrohre aus Mauerwerk — Entwurf, Bemessung und Ausführung*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 13084-1 und die folgenden Begriffe.

3.1

Fertigteil

vorgefertigtes Bauteil aus Normal- oder Leichtbeton mit oder ohne Bewehrung, das die Abgaszüge von Schornsteinen vollständig umschließt

3.2

Vergusskanal

Aussparung im Fertigteil für die durchgehende vertikale Bewehrung

4

4 Baustoffe

4.1 Beton

4.1.1 Normalbeton für Ortbeton-Schornsteine

Für Ortbeton-Schornsteine können die in EN 206-1 angegebenen Betonfestigkeitsklassen, jedoch mindestens C25/30 zur Anwendung kommen. Hinsichtlich Umweltbedingungen gilt EN 206-1.

ANMERKUNG Höhere Festigkeitsklassen als C25/30 sollten nur dann verwendet werden, wenn dies aufgrund von Umweltbedingungen nach EN 1992-1-1:2004, Tabelle E.1N erforderlich ist und keine besonderen Maßnahmen zum Schutz der Bewehrung gegen Korrosion und zum Schutz des Betons gegen chemischen Angriff getroffen werden.

4.1.2 Beton für Fertigteil-Schornsteine

4.1.2.1 Normalbeton

Siehe 4.1.1

4.1.2.2 Leichtbeton

Leichtbeton für Fertigteile muss der Rohdichteklasse D 1,2 oder höher nach von EN 206-1:2000, Tabelle 9 entsprechen.

Leichtbeton mit geschlossenem Gefüge für Fertigteile muss den in EN 206-1 angegebenen Festigkeitsklassen entsprechen. Hinsichtlich Umweltbedingungen gilt EN 206-1.

ANMERKUNG Höhere Festigkeitsklassen als LC25/28 sollten nur dann verwendet werden, wenn dies aufgrund von Umweltbedingungen nach EN 1992-1-1:2004, Tabelle E.1N erforderlich ist und keine besonderen Maßnahmen zum Schutz der Bewehrung gegen Korrosion und zum Schutz des Betons gegen chemischen Angriff getroffen werden.

Leichtbeton mit haufwerksporigem Gefüge für Fertigteile muss den in EN 1520 angegebenen Festigkeitsklassen entsprechen, jedoch sollten keine geringeren Festigkeitsklassen als LAC 8 verwendet werden. Hinsichtlich Umweltbedingungen siehe EN 1520:2002, 5.8.2.

4.1.2.3 Vergussbeton für den Vergusskanal

Der Vergussbeton muss mindestens die gleiche Festigkeitsklasse wie die Fertigteile besitzen, jedoch darf die nächst höhere Festigkeitsklasse nicht überschritten werden. Die Fließklasse für die Konsistenz muss mindestens F3 nach EN 206-1:2000, Tabelle 6 entsprechen, und das Größtkorn des Zuschlagstoffes darf nicht größer als 8 mm sein.

4.1.2.4 Außenschalen

Vorgefertigte Außenschalen müssen EN 12446 entsprechen.

4.2 Mörtel zum Vermauern von Fertigteilen

Der Mörtel von Lagerfugen zwischen Fertigteilen muss die gleiche Festigkeitsklasse wie der Beton der Fertigteile haben.

4.3 Betonstahl

Für Betonstahl gelten die in EN 1992-1-1 angegebenen Festlegungen.

EN 13084-2:2007 (D)**5 Baustoffeigenschaften**

Die Baustoffeigenschaften von Beton und Betonstahl für die Bemessung bei Normaltemperatur sind mit Ausnahme der mittleren Zugfestigkeit von Beton, f_{ctm} , die nach Gleichung (1) zu berechnen ist, EN 1992-1-1 oder EN 1520 zu entnehmen. Der Einfluss von erhöhten Temperaturen auf die mechanischen und thermischen Eigenschaften von Beton und Betonstahl ist nach EN 1992-1-2 zu ermitteln.

$$f_{ctm} = c_c \cdot c_\beta \cdot c_v \cdot c_\eta \cdot f_{cm}^{0,67}, \text{ in N/mm}^2 \quad (1)$$

Dabei ist

c_c der Dichtebeiwert für Beton

$$c_c = 0,4 + 0,6 \frac{\rho}{2\,200} \quad (1a)$$

c_β der Betonfestigkeitsbeiwert

$$c_\beta = 0,45 \quad (1b)$$

c_v der Beiwert der Vorschädigung

$$c_v = 0,85 - 0,2 t \quad (1c)$$

c_η der Exzentrizitätsbeiwert

$$c_\eta = \frac{0,6 + 6 \cdot c_t \cdot \eta}{1,0 + 6 \cdot \eta} \quad (1d)$$

c_t der Wanddickenbeiwert

$$c_t = \frac{2,6 + 24 \cdot t}{1,0 + 40 \cdot t} \quad (1e)$$

f_{cm} die mittlere Druckfestigkeit des Betons

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ in Newton durch Quadratmillimeter} \quad (1f)$$

f_{ck} die charakteristische Zylinderdruckfestigkeit des Betons, in Newton durch Quadratmillimeter

ρ die Betondichte

für Normalbeton:

$$\rho = 2\,200 \text{ kg/m}^3$$

für Leichtbeton:

ist ρ der Bemessungswert der Betondichte entsprechend der Dichteklasse nach EN 1992-1-1:2004, Tabelle 11.1

η die Exzentrizität

$$\eta = \frac{M}{N \cdot t} \quad (1g)$$

M der Bemessungswert des Biegemoments im betreffenden Querschnitt, in Newtonmeter;

N der Bemessungswert der Normalkraft im betreffenden Querschnitt, in Newton;

t die Wanddicke des betreffenden Querschnitts, in Meter.

Für Leichtbeton sind die Bezeichnungen f_{ctm} , f_{cm} und f_{ck} durch f_{lctm} , f_{lcm} bzw. f_{lck} zu ersetzen.

6 Berechnung und Bemessung

6.1 Einwirkungen

Die zu berücksichtigenden Einwirkungen sind in EN 13084-1 angegeben. Hinsichtlich der Bemessungswerte der Einwirkungen und der Einwirkungskombinationen siehe EN 1990.

6.2 Schnittgrößen

6.2.1 Allgemeines

Die Schnittgrößen sowohl in den horizontalen als auch in den vertikalen Querschnitten sind unter Berücksichtigung der Momente nach Theorie zweiter Ordnung zu ermitteln.

Das Tragrohr kann nach der Balkentheorie unter Einwirkung von Normalkräften, Biegemomenten und Wärmewirkungen behandelt werden.

Sind Auswirkungen auf die Standsicherheit zu erwarten, müssen die Einflüsse von Kriechen, Schwinden und Rissbildung berücksichtigt werden.

6.2.2 Teilsicherheitsbeiwerte

Es sind Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen anzusetzen.

ANMERKUNG Die Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit, die in einem Land verwendet werden dürfen, dürfen in dem jeweiligen Nationalen Anhang gefunden werden.

Die empfohlenen Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen sind:

- | | |
|--------------------------|--------------------|
| a) Ständige Einwirkungen | |
| — ungünstig wirkend | $\gamma_G = 1,35;$ |
| — günstig wirkend | $\gamma_G = 1,0;$ |
| b) Windlasten | $\gamma_W = 1,5;$ |
| c) Wärmeeinwirkungen | $\gamma_T = 1,5;$ |
| d) Erdbeben | $\gamma_E = 1,0.$ |

EN 13084-2:2007 (D)**6.2.3 Momente zweiter Ordnung****6.2.3.1 Allgemeines**

Für die Ermittlung von Momenten zweiter Ordnung dürfen die Mittelwerte der Baustoffeigenschaften verwendet werden. In der Betondruckzone ist das folgende lineare Stoffgesetz anzuwenden:

$$\sigma = E_{cm} \cdot \varepsilon \quad (2)$$

Dabei ist

- σ die Spannung;
- E_{cm} der Elastizitätsmodul des Betons;
- ε die Dehnung.

Die Mitwirkung des Betons auf Zug darf in Schornsteinen mit durchgehender vertikaler Bewehrung berücksichtigt werden.

6.2.3.2 Näherungsverfahren

Die Näherung beruht auf folgenden Annahmen:

- volle Ausnutzung der Querschnitte bezogen auf die örtliche Tragfähigkeit;
- Berücksichtigung der Mitwirkung des Betons auf Zug;
- Schornsteinhöhe geringer als 300 m;
- keine Berücksichtigung von Verformungen infolge Imperfektionen und Drehung des Fundamentes;
- konstanter Durchmesser und konstante Wanddicke oder nahezu lineare Verringerung von einem der beiden über die Schornsteinhöhe.

Der Bemessungswert des Moments zweiter Ordnung darf wie folgt berechnet werden:

- bei Tragrohren mit durchgehender vertikaler Bewehrung:

$$M^{II}(z) = M^I(z) + M^I(0) \cdot \frac{(85 - 0,14 \cdot h) \cdot \alpha^2}{100} \cdot \left(1 + 2,4 \cdot \frac{z}{h}\right) \cdot \left(1 - \frac{z}{h}\right)^{2,4} \quad (3)$$

- bei Tragrohren ohne durchgehende vertikale Bewehrung, sofern α nach Gleichung (5) den Wert 0,6 nicht übersteigt:

$$M^{II}(z) = (1 + \kappa \cdot \alpha^2) \cdot M^I(z) \quad (4)$$

Dabei ist

- $M^{II}(z)$ der Bemessungswert des Biegemoments zweiter Ordnung in der Höhe z ;
- $M^I(0)$ der Bemessungswert des Biegemoments erster Ordnung am Schornsteinfuß;
- $M^I(z)$ der Bemessungswert des Biegemoments erster Ordnung in der Höhe z ;
- z die Höhe des betrachteten Querschnittes über der Fundamentoberkante;

h die Schornsteinhöhe über der Fundamentoberkante;

$$\alpha = h \cdot \sqrt{\frac{N}{E_{cm} \cdot I}} \quad (5)$$

$\kappa = 0,5$, wenn sich die horizontalen Fugen nicht weiter als bis zum Schwerpunkt öffnen;

$\kappa = 0,75$, wenn sich die horizontalen Fugen über den Schwerpunkt hinaus öffnen;

N der Bemessungswert der Normalkraft am Schornsteinfuß;

E_{cm} der Elastizitätsmodul des Betons;

I das Flächenmoment zweiten Grades des ungerissenen Querschnittes am Schornsteinfuß unter Vernachlässigung der Bewehrung

$$I = \pi \cdot d_m^3 \cdot \frac{t}{8} \quad (5a)$$

d_m der mittlere Durchmesser des Tragrohrs am Schornsteinfuß;

t die Wanddicke am Schornsteinfuß.

6.2.3.3 Drehung des Fundamentes

Die Drehung des Fundamentes ruft im Tragrohr Momente zweiter Ordnung hervor.

Für die Bestimmung des Drehwinkels θ gelten die Gleichungen (6) oder (7):

— für eine kreisförmige Plattengründung, falls kein Auftrieb vorhanden ist:

$$\theta = M^{\text{II}} \cdot 0,54 \cdot \frac{(1 - \nu^2)}{(E_{\text{soil}} \cdot R^3)} \quad (6)$$

— für eine Spitzendruckpfahlgründung:

$$\theta = \frac{M^{\text{II}}}{\beta_p \sum x_p^2 \cdot k_p} \quad (7)$$

Dabei ist

M^{II} der Bemessungswert des Biegemoments zweiter Ordnung, bezogen auf die Fundamentunterseite der Gründung;

R der Radius der kreisförmigen Fundamentplatte;

E_{soil} der Elastizitätsmodul des Bodens;

ν die Poisson Zahl; $\nu = 0,5$;

β_p der Beiwert für die Berücksichtigung der gegenseitigen Pfahlbeeinflussung in einem Pfahlrost

$$\beta_p = \frac{1}{1 + 6 \times \left(\frac{d_p}{s_p} \right)} \quad (7a)$$

x_p der Abstand eines Pfahls von der Drehachse;

k_p die Federkonstante der Spitzenpfahldruckgründung;

d_p der Pfahldurchmesser;

s_p der Mindestabstand zwischen den Pfählen.

EN 13084-2:2007 (D)**6.2.4 Überlagerung von Wärme- und anderen Einwirkungen**

Die Überlagerung von Spannungen aus Wärmeeinwirkung und Spannungen aus anderen Einwirkungen ist wegen des stark nichtlinearen Verhaltens der Baustoffe besonders schwierig zu erfassen. In Anhang A ist ein Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Biegemomente und der Bewehrung infolge Temperaturunterschieden zwischen der Innen- und Außenfläche der Betonwand, die von anderen Einwirkungen überlagert werden, angegeben. Der Einfluss von Sonneneinstrahlung auf die Beanspruchungen braucht nicht gesondert berücksichtigt zu werden.

Die Berechnung von Spannungen aus Wärmeeinwirkungen ist bei Fertigteilen nicht erforderlich, sofern folgende Bedingungen eingehalten werden:

- a) Rauchgastemperatur $T \leq 300 \text{ °C}$;
- b) Dicke der inneren Wärmedämmung $\geq 80 \text{ mm}$ und Wärmeleitfähigkeit $\lambda \leq 0,058 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$, gemessen bei 150 °C ;
- c) Wanddicke des vorgefertigten Tragroherelementes $\leq 200 \text{ mm}$;
- d) Schornsteinhöhe $\leq 30 \text{ m}$.

6.3 Nachweis**6.3.1 Allgemeines**

Sofern keine anderen Festlegungen in diesem Dokument gemacht werden, sind die folgenden Bemessungsnormen anzuwenden.

Stahlbeton:

Normalbeton	EN 1992-1-1
Leichtbeton mit geschlossenem Gefüge	EN 1992-1-1
Leichtbeton mit haufwerksporigem Gefüge	EN 1520

6.3.2 Grenzzustand der Tragfähigkeit**6.3.2.1 Ortbeton-Schornsteine**

Es ist nachzuweisen, dass die Bemessungswerte der einwirkenden Schnittgrößen nach 6.2 die Bemessungswerte der Tragfähigkeit der Querschnitte unter Berücksichtigung von Teilsicherheitsbeiwerten für Baustoffe nicht übersteigen.

ANMERKUNG Die Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe im Grenzzustand der Tragfähigkeit, die in einem Land verwendet werden dürfen, können in dem jeweiligen Nationalen Anhang gefunden werden.

Die empfohlenen Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe sind:

- a) Beton $\gamma_c = 1,5$;
- b) Betonstahl $\gamma_s = 1,15$.

6.3.2.2 Fertigteil-Schornsteine**6.3.2.2.1 Schornsteine mit durchgehender vertikaler Bewehrung**

Es gelten die Festlegungen von 6.3.2.1.

Der Bemessungswert der Tragfähigkeit auf Druck von horizontalen Mörtelfugen zwischen den Fertigteilen ist nach EN 1992-1-1:2004, 10.9.4.3 zu ermitteln.

Der Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft in horizontalen Mörtelfugen zwischen den Fertigteilen aus Normalbeton ist nach EN 1992-1-1:2004, 6.2.5 zu ermitteln.

Für Fertigteile aus Leichtbeton mit geschlossenem Gefüge gilt EN 1992-1-1. Für Fertigteile aus Leichtbeton mit haufwerksporigem Gefüge gilt EN 1520:2002, Anhang A.

6.3.2.2 Schornsteine oder Teile von Schornsteinen ohne durchgehende vertikale Bewehrung

Es gelten die Festlegungen von 6.3.2.2.1. Teile eines Querschnitts, die keine Druckkräfte übertragen, dürfen nicht zur Aufnahme von Schubkräften herangezogen werden.

6.3.2.3 Öffnungen

6.3.2.3.1 Allgemeines

Spannungen im Bereich von Öffnungen im Tragrohr lassen sich nach der Schalentheorie berechnen. Bei runden kreiszylinderförmigen Schalen darf das in 6.3.2.3.2 und 6.3.2.3.3 angegebene Näherungsverfahren angewendet werden.

6.3.2.3.2 Ersatzöffnungen

Die Grundannahme von Navier in der Balkentheorie gilt nicht für Teile des Schornsteins mit Öffnungen.

Dieses Modell darf jedoch für die Bemessung von horizontalen Querschnitten verwendet werden, wenn die Öffnungen zu Ersatzöffnungen nach Bild 1 vergrößert werden und die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Keine Ersatzöffnung ist breiter als das 1,2fache des Innenradius;
- für jeden horizontalen Querschnitt mit mehr als einer Öffnung muss der am Umfang gemessene Abstand a zwischen jeweils zwei benachbarten Ersatzöffnungen mit den Breiten b_1 und b_2 so sein, dass

$$a \geq 0,25 (b_1 + b_2) \quad (8)$$

ist; andernfalls sind die Öffnungen als eine Öffnung zu betrachten, bei der die Wand zwischen den Öffnungen vernachlässigt wird;

- sofern sich eine Öffnung in der Druckzone befindet, muss zur Bestimmung des Gleichgewichtes der jeweils innerhalb eines Abstandes von $0,5 \cdot b$ vom Rand der Öffnung vorhandene vertikale Bewehrungsgrad, ρ_v , um 0,005 kleiner als der tatsächliche Betrag gewählt werden.

$$\rho_v = \frac{A_c}{A_s} \quad (9)$$

Dabei ist

A_c die Fläche des Betonquerschnitts;

A_s die Fläche des Betonstahlquerschnitts;

- die vertikale Höhe der Öffnung ist nicht größer als der Durchmesser.

EN 13084-2:2007 (D)

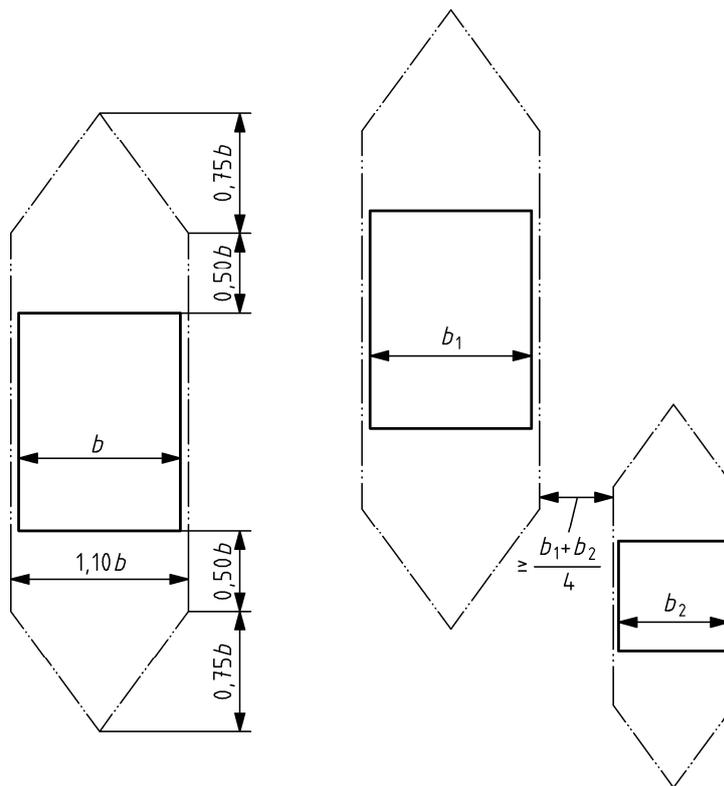


Bild 1 — Zusammenhang zwischen tatsächlich vorhandener Öffnung (ausgezogene Linie) und Ersatzöffnung (gestrichelte Linie)

6.3.2.3.3 Bemessung

Das Modell von Ersatzöffnungen liefert keine ausreichende Sicherheit hinsichtlich des Kräfteflusses um die Öffnung. Um derartige örtliche Störungen zu berücksichtigen, kann eine zusätzliche Bewehrung erforderlich werden.

Falls die vertikale Höhe der Öffnung größer ist als der Durchmesser, muss das Ausknicken der vertikalen Öffnungsänder überprüft werden.

Die gesamte Hauptzugkraft in horizontaler Richtung ober- und unterhalb einer Öffnung ergibt sich aus:

$$F_1 = 0,15 \cdot b \cdot t \cdot (\sigma_c + \rho_v \cdot \sigma_s) \quad (10)$$

Dabei ist

- b die lichte Weite der Öffnung;
- t die Wanddicke;
- σ_c die vertikale Betondruckspannung in der ungestörten Schale;
- σ_s die vertikale Stahldruckspannung in der ungestörten Schale;
- ρ_v der Grad der vertikalen Bewehrung.

Die Spannungen σ_c und σ_s sind die Bemessungswerte der Spannungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit. Sämtliche Parameter sind auf die tatsächliche Höhe unmittelbar über oder unter der Öffnung zu beziehen.

6.3.3 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

6.3.3.1 Teilsicherheitsbeiwerte

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sind die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen, γ_F , und für die Baustoffe, γ_M , anzusetzen.

ANMERKUNG Die Werte γ_F und γ_M für den Grenzzustand der Gebrauchsfähigkeit, die in einem Land verwendet werden dürfen, dürfen in dem jeweiligen Nationalen Anhang gefunden werden. Der empfohlene Wert sowohl für γ_F als auch für γ_M ist 1,0.

6.3.3.2 Rissbildung

Die Beschränkung der Rissbreite braucht nur in der Umfangsrichtung bezüglich vertikaler Risse nachgewiesen werden.

Die Bewehrung muss unzulässige Risse verhindern.

Der Rechenwert der Rissbreite ist in Abhängigkeit von den Umweltbedingungen zu begrenzen; siehe Tabelle 1.

Tabelle 1 — Maximaler Rechenwert der Rissbreite, $\max w_k$

Beanspruchungsklasse nach EN 206-1	$\max w_k$ mm
XA2, XA3, XD3, XS1	0,2
alle übrigen Klassen	0,3

Für die Außen- und die Innenfläche des Tragrohrs sind gegebenenfalls unterschiedliche Umweltbedingungen zugrunde zu legen.

Der maximale Rechenwert der Rissbreite bestimmt den erforderlichen Bewehrungsgrad und den Durchmesser der Bewehrungsstäbe.

Die Bemessung ist nach Anhang B durchzuführen.

6.3.3.3 Durchbiegung des Schornsteins

Die Beschränkung der Durchbiegung von Schornsteinen ist nur hinsichtlich der relativen Verschiebungen zwischen Tragrohr und Innenrohr zu betrachten. Das dynamische Verhalten infolge Windeinwirkung muss berücksichtigt werden (siehe EN 13084-4).

7 Bauliche Durchbildung

7.1 Ort beton-Schornsteine

7.1.1 Vertikale Mindestbewehrung

Der Mindestquerschnitt der vertikalen Bewehrung beträgt 0,3 % der horizontalen Betonquerschnittsfläche.

Die Bewehrung muss in einer inneren und einer äußeren Lage angeordnet werden, wobei mindestens die Hälfte und nicht mehr als $\frac{2}{3}$ der gesamten Bewehrung in der äußeren Lage liegen muss.

EN 13084-2:2007 (D)**7.1.2 Horizontale Mindestbewehrung**

Das Tragrohr muss sowohl mit einer äußeren als auch mit einer inneren horizontalen Bewehrungslage versehen sein. In jeder Lage darf der Querschnitt der horizontalen Bewehrung nicht weniger als 0,15 % der vertikalen Betonquerschnittsfläche betragen. Die innere Lage darf nicht weniger als ein Drittel der gesamten horizontalen Bewehrung enthalten.

7.1.3 Mindestbewehrung im Bereich von Öffnungen

Falls die Berechnung keine höheren Werte ergibt, ist eine zusätzliche Bewehrung von jeweils mindestens 50 % der von der Öffnung verdrängten Bewehrung zu beiden Seiten der Öffnung und möglichst nahe an den Öffnungsrändern anzuordnen.

Die horizontale Bewehrung ober- und unterhalb der Öffnung zur Aufnahme der Hauptzugkräfte nach Gleichung (10) muss zu je einem Drittel am Öffnungsrand, in der Lage der äußeren und inneren Bewehrung und möglichst nahe am Öffnungsrand angeordnet werden (siehe Bild 2). Die Verankerungslänge der Bewehrung auf jeder Seite der Öffnung muss mindestens 60 % der lichten Öffnungsweite betragen; sie darf jedoch nicht geringer sein als die in EN 1992-1-1 festgelegte Verankerungslänge.

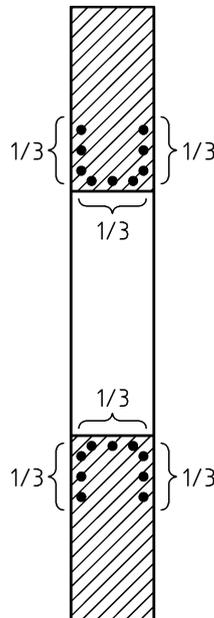


Bild 2 — Anordnung der horizontalen Bewehrung ober- und unterhalb der Öffnung

Außerdem müssen über eine Höhe von $\frac{3}{4}$ der lichten Öffnungsweite vertikale Bügel zur Aufnahme von schrägen Hauptzugspannungen und eine zusätzliche horizontale Bewehrung von derselben Größe wie die Hauptzugbewehrung mit Schwerpunkt im Abstand von $\frac{1}{3}$ der lichten Öffnungsweite vom Rand der Öffnung vorgesehen werden.

7.1.4 Stababstände

Der Abstand zwischen vertikalen Bewehrungsstäben darf 300 mm nicht überschreiten.

Der Abstand zwischen horizontalen Bewehrungsstäben darf 200 mm nicht überschreiten.

7.1.5 Mindestbetondeckung

Die Mindestbetondeckung, c_{\min} , muss 30 mm betragen, für die Umweltklasse XA3 nach EN 206-1 muss sie 40 mm betragen. Zur Ermittlung des Nennmaßes der Betondeckung, c_{nom} ist ein zusätzliches Vorhaltemaß von $\Delta c_{\text{dev}} = 10$ mm zur Mindestbetondeckung vorzusehen.

7.1.6 Mindestwanddicke

Die Wanddicke des Tragrohrs darf nicht geringer als 200 mm sein.

7.1.7 Übergreifungsstöße

Die in EN 1992-1-1 angegebenen Werte der Übergreifungslänge von Übergreifungsstößen sind um 200 mm zu vergrößern. In jedem Querschnitt darf der prozentuale Anteil der gestoßenen Stäbe 50 % nicht überschreiten, wobei die Übergreifungsstöße gleichmäßig über den Umfang des Tragrohrs verteilt sein müssen.

7.2 Fertigteil-Schornsteine

7.2.1 Mindestbewehrung für den Transport von Fertigteilen

Fertigteile mit einem Gewicht von mehr als 200 kg müssen eine horizontale Mindestbewehrung für den Transport besitzen. Sie muss aus horizontalen Bügeln mit einem Durchmesser von mindestens 8 mm in Abständen von höchstens 200 mm und einer vertikalen Querbewehrung aus Stäben von mindestens gleichem Durchmesser in Abständen von höchstens 500 mm bestehen. Anschlagmittel, z. B. Kranösen oder Ankerhülsen, müssen mit der Transportbewehrung kraftschlüssig verbunden sein.

Teile von Schornsteinen, die aus mehreren vorgefertigten Außenschalen nach EN 12446 bestehen und horizontal transportiert werden, müssen für Transportzwecke über ausreichende Bewehrung verfügen. Querbewehrung ist nicht erforderlich.

7.2.2 Horizontale Mindestbewehrung

Die innere Bewehrungslage darf entfallen, jedoch darf in diesem Fall der Bewehrungsquerschnitt der äußeren Lage nicht geringer als 0,3 % der vertikalen Betonquerschnittsfläche sein.

Fertigteil-Schornsteine, die aus Außenschalen nach EN 12446 errichtet werden, benötigen keine horizontale Bewehrung, wenn durch Prüfungen der Nachweis erbracht werden kann, dass der berechnete Bemessungswert der Schubbeanspruchung den tatsächlichen Bemessungswert der Schubbeanspruchbarkeit nicht überschreitet, wobei ein Sicherheitsbeiwert von $\gamma_M = 2,0$ zugrunde gelegt wird. Zur Bestimmung der Grenzs Schubbeanspruchbarkeit müssen drei Prüfungen an nominell identischen Prüfkörpern vorgenommen werden, die eine effektive Spannweite von 3,0 m mit Grenzabmaßen von ± 5 cm und auf beiden Seiten freie Enden von 25 cm bis 33 cm Länge haben. In der Spannweitenmitte ist eine Einzellast aufzubringen. Der Mittelwert der ermittelten Schubspannung ist als charakteristischer Wert anzunehmen.

7.2.3 Mindestbetondeckung

Die Mindestbetondeckung, c_{\min} , muss 30 mm betragen, für die Umweltklasse XA3 nach EN 206-1 muss sie 40 mm betragen. Zur Ermittlung des Nennmaßes der Betondeckung, c_{nom} ist ein zusätzliches Vorhaltemaß von $\Delta c_{\text{dev}} = 5$ mm zur Mindestbetondeckung vorzusehen.

7.2.4 Mindestwanddicke

Die Wanddicke muss mindestens 100 mm, bei Außenschalen nach EN 12446 mindestens 50 mm betragen.

EN 13084-2:2007 (D)**7.2.5 Durchgehende vertikale Stabbündel****7.2.5.1 Allgemeines**

Die nach den statischen Berechnungen erforderliche durchgehende vertikale Bewehrung darf in Stabbündeln konzentriert angeordnet werden. Der Abstand zwischen den Bündeln darf 2,5 m oder den Schornsteindurchmesser nicht überschreiten.

Stahl für die durchgehende Bewehrung ohne Verbund muss nichtrostender Stahl sein oder er muss gegen Korrosion geschützt sein.

7.2.5.2 Mindestbewehrung

Der Querschnitt der durchgehenden vertikalen Bewehrung muss mindestens 0,075 % der horizontalen Betonquerschnittsfläche betragen und darf auf die gesamte vertikale Mindestbewehrung einschließlich der vertikalen Bewehrung der Betonfertigteile angerechnet werden.

Der Durchmesser der durchgehenden vertikalen Stäbe muss mindestens 10 mm betragen.

7.2.5.3 Übergreifungsstöße

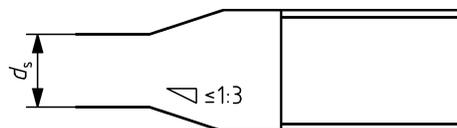
Bezüglich Übergreifungsstöße von durchgehender Bewehrung siehe EN 1992-1-1. Die in EN 1992-1-1 angegebenen Werte der Übergreifungslänge von Übergreifungsstößen sind um 300 mm zu vergrößern. Für Übergreifungsstöße sind nur gerade Stäbe zulässig. In jedem Querschnitt darf der prozentuale Anteil der gestoßenen Stäbe 50 % nicht überschreiten, wobei die Übergreifungsstöße gleichmäßig über den Umfang des Tragrohrs verteilt sein müssen.

7.2.5.4 Verbindungen der durchgehenden vertikalen Bewehrung

Mechanische Verbindungsmittel (z. B. Muffen) müssen mindestens 120 % der rechnerischen Bruchlast des kleineren der miteinander verbundenen Bewehrungsstäbe übertragen können. Bezüglich der Betondeckung und des Stababstandes in den Vergusskanälen siehe EN 1992-1-1; Bezugswert ist der Durchmesser des größeren der miteinander verbundenen Bewehrungsstäbe.

Aufstauhungen der gestoßenen Bewehrungsstäbe zur Vergrößerung des Querschnitts sind zulässig mit einer Neigung in der Übergangszone von 1 : 3 oder weniger (siehe Bild 3). Die zusätzlich zur elastischen Dehnung auftretende Verformung (z. B. Schlupf in den Muffen) darf unter Gebrauchslast 0,1 mm nicht überschreiten. Bei gewalzten Gewinden darf der Kernquerschnitt voll angesetzt werden, bei geschnittenem Gewinde jedoch nur zu 80 %.

Verbindungen müssen unter dynamischen Belastungen auf Ermüdung geprüft worden sein.

**Legende**

d_s Durchmesser des unverformten Bewehrungsstabes

Bild 3 — Aufstauung an der Stoßstelle von Bewehrungsstäben

7.2.6 Öffnungen

Größe und Lage der Öffnungen sind so zu wählen, dass mindestens $\frac{1}{4}$ der Fertigteilhöhe als geschlossener Ring- oder Polygonalquerschnitt erhalten bleibt (siehe Bild 4).

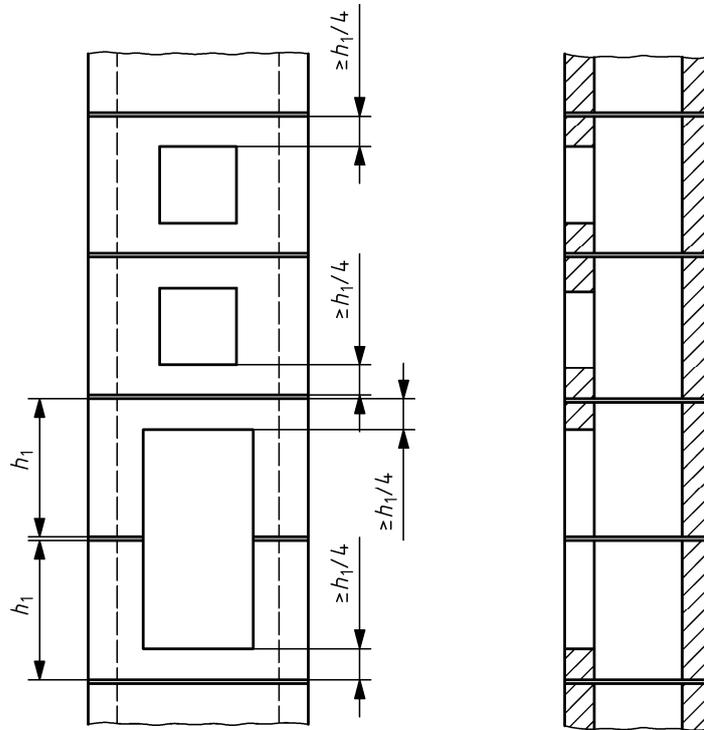


Bild 4 — Öffnungen in Betonfertigteilen

8 Ausführung

8.1 Allgemeines

Der Baufortschritt ist an die Entwicklung der Betonfestigkeit anzupassen (siehe EN 206-1:2000, 7.2).

8.2 Lagerfugen

Die Lagerfugen zwischen Fertigteilen müssen eine Dicke von mindestens 20 mm haben, damit sie voll mit Mörtel oder Beton ausgefüllt werden können. Lagerfugen dürfen dünner sein, wenn das obere Fertigteil auf einem frischen Mörtelbett abgesetzt wird und die genaue Lage des Fertigteiles durch geeignete Vorrichtungen (z. B. Neoprenplatten) sichergestellt ist.

8.3 Vergusskanäle

Die Lage der durchgehenden vertikalen Bewehrung muss durch Haltevorrichtungen vor dem Einfüllen des Betons in den Kanal sichergestellt sein. Der Beton muss abschnittsweise eingefüllt und vollständig verdichtet werden. Die einzelnen Füllhöhen dürfen 2,50 m nicht überschreiten. Der Füllbeton muss bis zur Mitte der Höhe des letzten versetzten Fertigteiles eingefüllt werden, damit ein kraftschlüssiger Anschluss sichergestellt ist.

Die Verbundwirkung zwischen Vergussbeton und dem Beton des Fertigteils muss durch Aufrauen der Innenseiten der Vergusskanäle oder besser durch deren Profilierung sichergestellt sein. Verlorene Schalungrohre sind nicht zulässig, ausgenommen Hüllwellrohre aus Stahlblech.

EN 13084-2:2007 (D)

9 Qualitätskontrolle

9.1 Ortbeton-Schornsteine

Je 300 m³ Betonvolumen und mindestens jeden dritten Tag müssen Prüfungen durchgeführt werden, wobei für jede Prüfung drei Prüfkörper erforderlich sind. Die Druckfestigkeit ergibt sich aus dem Mittelwert der drei Prüfkörper.

9.2 Fertigteil-Schornsteine

Je 15 m Schornsteinhöhe und mindestens jeden dritten Tag müssen Prüfungen durchgeführt werden, wobei für jede Prüfung drei Prüfkörper von Füllbeton und Fugenmörtel erforderlich sind. Die Druckfestigkeit ergibt sich aus dem Mittelwert der drei Prüfkörper.

Anhang A (normativ)

Berechnung von Spannungen infolge von Wärme- und anderen Einwirkungen

A.1 Momenten-Krümmungs-Beziehung

Spannungen, die sich aus aufgezwungenen Verformungen der horizontalen sowie der vertikalen Querschnitte infolge von Temperaturunterschieden zwischen Innen- und Außenfläche der Betonwand und anderen Einwirkungen ergeben, können mit der in Bild A.1 angegebenen Momenten-Krümmungs-Beziehung bestimmt werden. Diese Beziehung berücksichtigt die Beton-Zugspannung zwischen den Rissen (Mitwirkung des Betons auf Zug). Zur Ermittlung der effektiven Steifigkeit des Querschnittes dürfen mittlere Baustoffeigenschaften angenommen und das statische System als Stab mit konstanter Normalkraft und konstantem Biegemoment betrachtet werden.

Bild A.1 zeigt folgende drei Bereiche:

— Bereich a: $M_{\Delta T} + M_L < M_{cr}$

ANMERKUNG 1 Es treten keine Risse auf.

— Bereich b: $M_{\Delta T} + M_L = M_{cr}$

ANMERKUNG 2 In diesem Bereich, in dem sich einzelne Risse bilden, ist das Gesamtbiegemoment infolge anderer Einwirkungen, M_L , und der Temperaturdifferenz, $M_{\Delta T}$, gleich dem Biegemoment bei Rissbildung, M_{cr} . Der Grund für dieses Verhalten ist, dass mit jeder Erhöhung von ΔT , mit der der Höchstwert M_{cr} erhalten wird, ein neuer Einzelriss entsteht, der die Steifigkeit verringert. Die Stahlspannung wird durch den Verbund zwischen Beton und Stahl zwischen den Rissen verringert. Demzufolge werden im Beton Zugspannungen erzeugt, die möglicherweise weitere Risse hervorrufen.

— Bereich c: $M_{\Delta T} + M_L > M_{cr}$

ANMERKUNG 3 Am Anfang des Bereiches berühren sich die Störungszonen benachbarter Risse. Wird das Moment nun weiter vergrößert, erhöht sich auch die Stahlspannung, wobei jedoch die Reduzierung der Stahlspannung wegen der Mitwirkung des Betons auf Zug zwischen den Rissen konstant ist. Deshalb verläuft die Linie für den Bereich c parallel zur Linie des reinen Zustandes II.

Das Flächenmoment zweiten Grades im Zustand II, I^{II} , des Querschnittes unter Einwirkung der charakteristischen Werte eines Biegemoments, M , und einer Normalkraft, N , darf wie folgt berechnet werden:

$$I^{\text{II}} = I_0^{\text{II}} \left(1 + \frac{\Delta x}{e} \right) \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

I_0^{II} das Flächenmoment zweiten Grades im Zustand II infolge Einwirkung reiner Biegung;

Δx die Differenz zwischen der Lage der neutralen Achse des Querschnittes im Zustand I bzw. Zustand II unter Einwirkung reiner Biegung;

$e = \frac{M}{N}$ die Exzentrizität des charakteristischen Wertes der Normalkraft N .

Das Biegemoment bei Rissbildung, M_{cr} , kann wie folgt berechnet werden:

$$M_{\text{cr}} = W^{\text{I}} \cdot \left(f_{\text{ctm}} - \frac{N}{A^{\text{I}}} \right) \quad (\text{A.2})$$

Dabei ist

W^{I} das Widerstandsmoment im Zustand I;

A^{I} die Querschnittsfläche im Zustand I;

f_{ctm} der Mittelwert der Zugfestigkeit;

N der charakteristische Wert der Normalkraft.

$$k_{\text{cr}}^{\text{I}} = \frac{M_{\text{cr}}}{E_{\text{cm}} \cdot I^{\text{I}}} \quad (\text{A.3})$$

$$k_{\text{cr}}^{\text{II}} = \frac{M_{\text{cr}}}{E_{\text{cm}} \cdot I^{\text{II}}} \quad (\text{A.4})$$

$$\Delta k = 0,4 \left(k_{\text{cr}}^{\text{II}} - k_{\text{cr}}^{\text{I}} \right) \quad (\text{A.5})$$

$$k_{\text{cr}}^{\text{I}} = k_{\text{cr}}^{\text{II}} - \Delta k \quad (\text{A.6})$$

EN 13084-2:2007 (D)**A.2 Durchführung der Berechnung**

Der charakteristische Wert des Zwangs-Biegemoments, $M_{\Delta T}$, infolge der Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenseite der Betonwand kann in folgenden Schritten berechnet werden:

1) Ermittlung der Beanspruchungen

Folgende Beanspruchungen müssen bestimmt werden:

N_L der charakteristische Wert der Normalkraft infolge Einwirkungen (Belastung);

M_L der charakteristische Wert des Biegemoments infolge Einwirkungen (Belastung);

$k_{\Delta T}$ die Krümmung infolge Temperaturdifferenz, ΔT , siehe Gleichung (A.7);

$$k_{\Delta T} = \frac{\alpha_T \cdot \Delta T}{t} \quad (\text{A.7})$$

Dabei ist

ΔT der charakteristische Wert der Temperaturdifferenz, ΔT ;

α_T die Wärmedehnzahl für Beton $\alpha_T = 10^{-5} \text{ K}^{-1}$;

t die Wanddicke.

2) Überprüfung von Bereich a

Bereich a gilt, wenn folgende Anforderung erfüllt ist:

$$M_L + k_{\Delta T} \cdot E_{cm} \cdot I^1 \leq M_{cr}$$

In diesem Fall kann der charakteristische Wert des Biegemoments, $M_{\Delta T}$, nach Gleichung (A.8) berechnet werden:

$$M_{\Delta T} = \alpha_T \cdot \Delta T \cdot E_{cm} \cdot \frac{I^1}{t} \quad (\text{A.8})$$

3) Überprüfung von Bereich b

Bereich b gilt, wenn folgende Anforderungen erfüllt sind:

$$M_L + k_{\Delta T} \cdot E_{cm} \cdot I^1 > M_{cr} \text{ und}$$

$$\frac{M_L}{M_{cr}} \cdot k_{cr}^1 + k_{\Delta T} \leq k_{cr}^1$$

In diesem Fall ergibt sich der charakteristische Wert des Biegemoments, $M_{\Delta T}$, nach Gleichung (A.9):

$$M_{\Delta T} = M_{cr} - M_L \quad (\text{A.9})$$

4) Überprüfung von Bereich c

Bereich c gilt, wenn die Anforderungen von Bereich a und Bereich b nicht erfüllt sind.

Der charakteristische Wert des Biegemoments, $M_{\Delta T}$, und das wirksame Flächenmoment zweiten Grades, I_{eff} , können nach den Gleichungen (A.10) und (A.11) bestimmt werden:

$$M_{\Delta T} = \frac{\alpha_T \cdot \Delta T}{t} \cdot E_{\text{cm}} \cdot I_{\text{eff}} \quad (\text{A.10})$$

$$\frac{M_{\Delta T} + M_L}{E_{\text{cm}} \cdot I_{\text{eff}}} = \frac{M_{\Delta T} + M_L}{E_{\text{cm}} \cdot I^{\text{II}}} - \Delta k \quad (\text{A.11})$$

wobei I^{II} nach Gleichung (A.1) berechnet werden darf.

Anhang B (normativ)

Beschränkung der Rissbreiten

Nachzuweisen ist, dass unter der Einwirkung des Biegemomentes M und der Normalkraft N der maximale Rechenwert der Rissbreite nach Tabelle 1 im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit nicht überschritten wird. Für die Beurteilung der Rissbreite müssen die Stahlspannungen σ_s und σ_{sr} im Zustand II (gerissener Querschnitt) bestimmt werden. Bei dieser Berechnung dürfen die mittlere Druckfestigkeit von Beton und ein lineares Stoffgesetz für Beton, beschrieben durch den mittleren Elastizitätsmodul E_{cm} , verwendet werden.

Der Rechenwert der Rissbreite, w_k , ist nach Gleichung (B.1) zu berechnen:

$$w_k = 3,5 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}^{0,88} \cdot d_s}{f_{cm}^3} \right)^{0,89} \cdot \frac{\sigma_s - 0,4 \cdot \sigma_{sr}}{E_s} \quad (\text{B.1})$$

Dabei ist

σ_s die Spannung in der Zugbewehrung, in Newton durch Quadratmillimeter, berechnet auf der Grundlage eines gerissenen Querschnittes (Zustand II) unter tatsächlichen Belastungsbedingungen mit der Exzentrizität $e = \frac{M}{N}$;

σ_{sr} die Spannung in der Zugbewehrung, in Newton durch Quadratmillimeter, berechnet auf der Grundlage eines gerissenen Querschnittes (Zustand II) unter Belastungsbedingungen, bei denen die tatsächliche Exzentrizität e beibehalten wird und die Zugfestigkeit des Betons f_{ctm} nach Gleichung (1) im ungerissenen Querschnitt (Zustand I) erreicht wird;

$f_{cm} = f_{ck} + 8$, in Newton durch Quadratmillimeter, mittlere Druckfestigkeit von Beton;

f_{ck} die charakteristische Druckfestigkeit von Beton, in Newton durch Quadratmillimeter;

d_s der Durchmesser des Bewehrungsstabes, in Millimeter;

E_s der Elastizitätsmodul des Bewehrungsstahls, in Newton durch Quadratmillimeter.

Bei der Verwendung von Leichtbeton müssen die Bezeichnungen f_{cm} , f_{ctm} und f_{ck} ersetzt werden durch f_{lcm} , f_{lctm} und f_{lck} , ebenfalls in Gleichung (B.1) und in der Legende.

DIN EN 13084-4

ICS 91.060.40

Ersatz für
DIN EN 13084-4:2003-06**Freistehende Schornsteine –
Teil 4: Innenrohre aus Mauerwerk –
Entwurf, Bemessung und Ausführung;
Deutsche Fassung EN 13084-4:2005**

Free-standing chimneys –
Part 4: Brick liners –
Design and execution;
German version EN 13084-4:2005

Cheminées indépendantes –
Partie 4: Conduits intérieurs en briques de terre cuite –
Conception et mise en oeuvre;
Version allemande EN 13084-4:2005

Gesamtumfang 44 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 13084-4:2005-12

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab 2005-12-01.

Nationales Vorwort

Diese Norm wurde von Technischen Komitee CEN/TC 297 „Freistehende Industrieschornsteine“ (Sekretariat: Deutschland) erarbeitet.

Zuständig für die Deutsche Fassung ist der Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13084-4:2003-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Korrektur von Fehlern in einigen Formeln;
- b) Anpassung der Bezeichnung an die der DIN EN 13084-5;
- c) Berücksichtigung des Leitpapiers L „Anwendung der Eurocodes“ der Europäischen Kommission bzgl. der Sicherheitsfaktoren;
- d) Berücksichtigung einiger europäischer Prüfnormen, z. B. DIN EN 1052-1 und DIN EN 1052-2;
- e) allgemeine redaktionelle Überarbeitung, z. B. Aktualisierung der normativen Verweisungen.

Frühere Ausgaben

DIN 1056: 1927-04, 1929-08, 1984-10
DIN 1056-1: 1940-08, 1959-04, 1969-08
DIN 1056-2: 1940-08, 1959-04, 1969-08
DIN 1058: 1929-04, 1959-07, 1969-08
DIN EN 13084-4: 2003-06

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN 13084-4

August 2005

ICS 91.060.40

Ersatz für EN 13084-4:2002

Deutsche Fassung

**Freistehende Schornsteine —
Teil 4: Innenrohre aus Mauerwerk —
Entwurf, Bemessung und Ausführung**

Free-standing chimneys —
Part 4: Brick liners —
Design and execution

Cheminées indépendantes —
Partie 4: Conduits intérieurs en briques de terre cuite —
Conception et mise en oeuvre

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 29. April 2005 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, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, 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

EN 13084-4:2005 (D)

Inhalt

Seite

Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe und Symbole.....	5
3.1 Begriffe	5
3.2 Symbole	6
4 Baustoffe	7
4.1 Allgemeines.....	7
4.2 Mauerwerk	7
4.2.1 Allgemeines.....	7
4.2.2 Wärmeeinwirkungen.....	7
4.2.3 Klassifizierung und chemische Beanspruchung	7
4.3 Wärmedämmung.....	9
5 Entwurf und Bemessung	9
5.1 Allgemeines.....	9
5.2 Mindestwanddicke	9
5.3 Innenrohrabstützungen.....	10
5.4 Öffnungen.....	10
5.5 Belüftung	10
5.6 Schutzschichten	11
5.7 Zusatzeinrichtungen.....	11
5.7.1 Fugen	11
5.7.2 Kompensatoren.....	11
5.7.3 Einführungskanäle und Gebläse.....	11
6 Berechnung und Bemessung.....	11
6.1 Einwirkungen	11
6.1.1 Allgemeines.....	11
6.1.2 Windlasten.....	12
6.1.3 Einwirkungen aus Erdbeben	12
6.1.4 Wärmeeinwirkungen.....	12
6.1.5 Innendruck und Explosionen	13
6.2 Widerstände	13
6.3 Nachweis	13
6.3.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	13
6.3.2 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	15
6.3.3 Berechnung der Beanspruchungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	16
6.3.4 Elastische Stabilität.....	17
7 Ausführung.....	17
7.1 Imperfektionen	17
7.2 Toleranzen	17
8 Inspektion und Instandhaltung	18
8.1 Allgemeines.....	18
8.2 Anwendungsbereiche der Inspektion.....	18
8.2.1 Innenrohr aus Mauerwerk	18
8.2.2 Wärmedämmung.....	19
8.3 Häufigkeit.....	19
8.4 Durchführung	19
Anhang A (informativ) Berechnung und Bemessung von unten abgestützten Innenrohren.....	21
A.1 Allgemeines.....	21
A.2 Elastische Stabilität.....	21
A.2.1 Allgemeines.....	21

	Seite
A.2.2 Elastische Stabilität des ungerissenen Rohres	22
A.2.3 Elastische Stabilität freistehender vertikaler Pfeiler	23
A.2.4 Elastische Stabilität eines halben Rohres	24
A.2.5 Vergleich der drei Berechnungsverfahren und Schlussfolgerungen	25
Anhang B (normativ) Öffnungen	28
Anhang C (informativ) Kompensatoren	29
Anhang D (informativ) Dynamische Einflüsse	31
Anhang E (informativ) Verstärken - Bewehrtes Mauerwerk	34
E.1 An der Außenseite des Innenrohrs angebrachte Stahlbänder	34
E.1.1 Spannungen im Innenrohr	34
E.1.2 Flachstahlbänder	35
E.1.3 Stahlbänder mit Federn	36
E.2 Bewehrtes Mauerwerk	38
E.2.1 Allgemeines	38
E.2.2 Bemessung	38
E.2.3 Baustoffe	38
E.2.4 Korrosionsschutz	38
E.2.5 Ausführung	39
Anhang F (informativ) Wärmeeinwirkungen	40
Anhang G (informativ) Trocknen und Hochfahren	41
G.1 Neue Innenrohre	41
G.1.1 Allgemeines	41
G.1.2 Außen wärmegeämmte Innenrohre	41
G.1.3 Nicht wärmegeämmte Innenrohre	42
G.2 Alte Innenrohre aus Mauerwerk	42
Bilder	
Bild A.1 — Kritische Höhe eines freistehenden, ungerissenen Innenrohrs aus Mauerwerk	23
Bild A.2 — Kritische Höhe von gerissenen und ungerissenen Innenrohren aus Mauerwerk	26
Bild C.1 — Beispiel einer Innenrohrfuge mit Kompensator	30
Bild D.1 — Niedrigste maßgebende Schwingungsform des Innenrohres	33
Bild D.2 — Verhältnis zwischen h_{ℓ} / r und γ	33
Bild E.1 — Stahlbänder mit Federn	37
Bild E.2 — Bewehrter Mauerwerksquerschnitt mit Formsteinen	39
Tabellen	
Tabelle 1 — Wesentliche Symbole	6
Tabelle 2 — Mindestwanddicken für Innenrohre aus Mauerwerk	10
Tabelle 3 — Charakteristische Werte mechanischer Eigenschaften von Mauerwerk	13
Tabelle 4 — Einwirkungskombinationen für ständige Bemessungssituationen ^a	14
Tabelle 5N — Teilsicherheitsbeiwerte γ_G und γ_{Qi} für Einwirkungen	15
Tabelle 6N — Teilsicherheitsbeiwerte γ_M für Mauerwerk	15
Tabelle A.1 — Kritische Höhe in Abhängigkeit von der Wanddicke	24
Tabelle A.2 — Berechnungsergebnisse bei vorgegebenen Innenrohrmaßen	25
Tabelle A.3 — Größte Höhe des Innenrohrs und kleinste Wanddicke in Abhängigkeit vom Durchmesser	27

EN 13084-4:2005 (D)

Vorwort

Dieses Dokument (EN 13084-4:2005) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 297 „Freistehende Industrieschornsteine“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Februar 2006 und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Februar 2006 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument ist Teil 4 des unten gelisteten Normenpaketes:

- EN 13084-1, *Freistehende Schornsteine — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*
- EN 13084-2, *Freistehende Schornsteine — Teil 2: Betonschornsteine*
- EN 13084-4, *Freistehende Schornsteine — Teil 4: Innenrohre aus Mauerwerk — Entwurf, Bemessung und Ausführung*
- EN 13084-5, *Freistehende Schornsteine — Teil 5: Baustoffe für Innenrohre aus Mauerwerk — Produktfestlegungen*
- EN 13084-6, *Freistehende Schornsteine — Teil 6: Innenrohre aus Stahl — Entwurf, Bemessung und Ausführung*
- EN 13084-7, *Freistehende Schornsteine — Teil 7: Produktfestlegungen für zylindrische Stahlbauteile zur Verwendung in einschaligen Stahlschornsteinen und Innenrohren aus Stahl*
- EN 13084-8: *Freistehende Schornsteine — Teil 8: Entwurf, Bemessung und Ausführung von Tragmastkonstruktionen mit angehängten Schornsteinen*

Zusätzlich gilt

- EN 1993-3-2, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 3-2: Türme, Maste und Schornsteine — Schornsteine*

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

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm behandelt die besonderen Anforderungen und die Leistungskriterien für Entwurf, Bemessung und Ausführung von Innenrohrkonstruktionen aus Mauerwerk für freistehende Industrieschornsteine. In der gängigen europäischen Praxis werden aus einzelnen Abschnitten bestehende Innenrohre (Etagen-Innenrohre) bevorzugt, und die Festlegungen der Norm beziehen sich hauptsächlich auf diese Lösungen, gelten aber auch weitestgehend für unten abgestützte freistehende und horizontal abgestützte Innenrohre. Diese Europäische Norm beschreibt die Anforderungen an die mechanische Festigkeit und Stabilität von Innenrohren entsprechend den allgemeinen Anforderungen nach EN 13084-1.

Innenrohrkonstruktionen bestehen vollständig oder teilweise aus folgenden Teilen:

- Schornsteininnenrohr einschließlich Abgaskanal-Einführung;
- Wärmedämmung;
- Innenrohrabstützung;
- Raum zwischen Innenrohr und Beton-Tragrohr.

Strömungstechnische Berechnungen zur Bestimmung der Innenrohrmaße sind in EN 13084-1 angegeben.

2 Normative Verweisungen

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

EN 1052-1, *Prüfverfahren für Mauerwerk — Teil 1: Bestimmung der Druckfestigkeit.*

EN 1052-2, *Prüfverfahren für Mauerwerk — Teil 2: Bestimmung der Biegezugfestigkeit.*

EN 13084-1:2000, *Freistehende Schornsteine — Teil 1 : Allgemeine Anforderungen.*

EN 13084-5:2005, *Freistehende Schornsteine — Teil 5 : Baustoffe für Innenrohre aus Mauerwerk — Produktfestlegungen.*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 13084-1:2000 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

unten abgestütztes Innenrohr

Innenrohr, das vertikal nur am Innenrohrboden abgestützt ist

3.1.2

freistehendes Innenrohr

unten abgestütztes Innenrohr ohne andere horizontale Abstützung oder Zwangsführung

3.1.3

horizontal abgestütztes Innenrohr

unten abgestütztes Innenrohr mit horizontalen Zwangsführungen

3.1.4

Etagen-Innenrohr

aus einzelnen Abschnitten bestehendes Innenrohr, das in verschiedenen Höhen vertikal abgestützt ist

EN 13084-4:2005 (D)**3.1.5****Innenrohrabstützung**

Bauteile wie Konsolen oder Bühnen, auf denen die einzelnen Abschnitte des Innenrohrs aufgelagert sind

3.1.6**Abgaskanal-Einführung**

Abschnitt, in dem die Abgase in das Innenrohr eingeleitet werden

3.1.7**Temperaturgradient**

Temperaturdifferenz zwischen der äußeren und inneren Wandoberfläche, bezogen auf die Wanddicke

3.1.8**Temperaturschock**

Durch schnelle Wechsel der Abgastemperatur verursachte Einwirkung auf das Innenrohr, die zu Beanspruchungen führt. Diese Einwirkung wird üblicherweise durch unkontrolliertes Herunterfahren, ein Feuer oder das plötzliche Umfahren einer Einrichtung zur Energieerhaltung (z. B. Wärmetauscher) oder Abgasentschwefelung hervorgerufen.

3.1.9**Kompensator**

ein System, welches Fugenbewegungen in jeder Richtung unter Beibehaltung der Gasdichtheit ermöglicht

3.2 Symbole

Die in diesem Dokument verwendeten wesentlichen Symbole sind in Tabelle 1 angegeben:

Tabelle 1 — Wesentliche Symbole

Symbol	Bedeutung	Einheit
Sicherheitsbeiwert:		
γ	Teilsicherheitsbeiwert	—
Baustoffeigenschaften:		
f	Festigkeit	N/mm ²
E	Elastizitätsmodul	N/mm ²
σ	Spannung	N/mm ²
α_T	Wärmeausdehnungskoeffizient	K ⁻¹
Einwirkungen:		
T	Wärmeeinwirkungen	—
G	ständige Einwirkungen	—
W	Windeinwirkungen	—
a	Beschleunigung	m/s ²
Maße:		
d	Durchmesser	m
t	Wanddicke	m
Indizes:		
c	Druck	—
t	Zug	—
y	Streckgrenze	—
k	charakteristisch	—
M	Material	

4 Baustoffe

4.1 Allgemeines

Die Wahl des Baustoffes hängt von dem geforderten Betrieb ab.

4.2 Mauerwerk

4.2.1 Allgemeines

Die Art des verwendeten Mauerwerks wird weitestgehend durch den Widerstand von Steinen und Mörtel gegenüber chemischer Beanspruchung bestimmt. Wenn Temperaturschocks zu erwarten sind, erfolgt die Auswahl der Mauersteinarten auf der Grundlage ihrer Beständigkeit gegen Abplatzen und andere dadurch verursachte mechanische Schäden.

Das in diesem Dokument erfasste Mauerwerk besteht aus Steintypen nach EN 13084-5:2005, 5.1 und Mörteltypen nach EN 13084-5:2005: 5.2.

4.2.2 Wärmeeinwirkungen

In Übereinstimmung mit den Anforderungen nach EN 13084-1:2000, 5.2.3.4 muss die Wärmeeinwirkung auf das Mauerwerk besonders in folgender Hinsicht berücksichtigt werden:

- Grenztemperatur der verschiedenen Bauteile;
- Temperaturgradienten innerhalb des Mauerwerks im stationären und instationären Zustand;
- gleichmäßige Temperatur;
- Ausdehnung;
- Temperaturschock.

Berechnungen auf der Grundlage der höchsten Abgastemperatur und der höchsten zu erwartenden Umgebungstemperatur müssen zeigen, dass die zulässigen Temperaturen für die einzelnen Baustoffe nicht überschritten werden.

Zu große Temperaturgradienten können zu Rissen im Innenrohr, insbesondere bei Innenrohren aus Steinen Typ BT1, BT2 und BT3, führen.

Temperaturschock kann Abplatzungen und Risse bei Steinen des Typs BT1, BT2 und BT3 verursachen. Üblicherweise entstehen nur Oberflächenrisse, die jedoch durch den Temperaturgradienten wachsen können.

4.2.3 Klassifizierung und chemische Beanspruchung

4.2.3.1 Allgemeines

Die folgenden Mauerwerksklassen dürfen in Abhängigkeit vom Grad der chemischen Beanspruchung nach EN 13084-1:2000, Tabelle 3 für die Konstruktion von Schornsteininnenrohren verwendet werden:

- Mauerwerk Klasse A: beständig gegen „sehr starke chemische Beanspruchung“;
- Mauerwerk Klasse B: beständig gegen „starke chemische Beanspruchung“;
- Mauerwerk Klasse C: beständig gegen „mittlere chemische Beanspruchung“;

EN 13084-4:2005 (D)

- Mauerwerk Klasse D: beständig gegen „geringe chemische Beanspruchung“;
- Mauerwerk Klasse E: darf keiner „chemischen Beanspruchung“ ausgesetzt werden.

Mörtel Typ MT3 auf der Grundlage von Portlandzement darf nur für die Klassen D und E verwendet werden.

ANMERKUNG Für alle Mauerwerksklassen werden bei Vorhandensein von Alkalien und Temperaturen über 680 °C Steine mit einer geringen Gesamtporosität (maximal 10 %) empfohlen.

4.2.3.2 Mauerwerk Klasse A: beständig gegen „sehr starke chemische Beanspruchung“

Diese Klasse besteht üblicherweise aus:

- Steinen Typ BT1;
- Mörtel Typ MT1 (bei sehr starker chemischer Beanspruchung ausschließlich aufgrund von Säuren: Mörtel Typ MT2).

Die Grenzbetriebstemperatur von Mörtel Typ MT1 muss berücksichtigt werden, wenn außergewöhnliche Temperaturen zu erwarten sind.

Mauerwerk Klasse A, das mit Mörtel Typ MT1 errichtet wird, ist auch gegen alkalische Kondensate beständig.

4.2.3.3 Mauerwerk Klasse B: beständig gegen „starke chemische Beanspruchung“

Diese Klasse besteht üblicherweise aus:

- Steinen Typ BT2;
- Mörtel Typ MT2.

Die Verwendung von Mörtel Typ MT2 ist zulässig bei Temperaturen bis 1000 °C; wenn Temperaturschocks zu erwarten sind, ist die Beständigkeit der Steine gegen Temperaturwechsel von besonderer Bedeutung.

Mauerwerk Klasse B ist nicht beständig gegen alkalische Kondensate.

4.2.3.4 Mauerwerk Klasse C: beständig gegen „mittlere chemische Beanspruchung“

Diese Klasse besteht üblicherweise aus:

- Steinen Typ BT3;
- Mörtel Typ MT2.

Die Verwendung von Mörtel Typ MT2 ist zulässig bei Temperaturen bis 1 000 °C; wenn Temperaturschocks zu erwarten sind, ist die Beständigkeit der Steine gegen Temperaturwechsel von besonderer Bedeutung.

Mauerwerk Klasse C ist nicht beständig gegen alkalische Kondensate.

4.2.3.5 Mauerwerk Klasse D: beständig gegen „geringfügige chemische Beanspruchung“

Diese Klasse besteht üblicherweise aus:

- Steinen Typ BT4;
- Mörtel Typ MT3.

4.2.3.6 Mauerwerk Klasse E: darf keiner chemischen Beanspruchung ausgesetzt werden

Diese Klasse besteht üblicherweise aus:

- Steinen Typ BT4 oder BT5;
- Mörtel Typ MT3.

Mauerwerk Klasse E darf in Innenrohren verwendet werden, die immer sicher oberhalb des (Säure-)Taupunktes betrieben werden.

Steine vom Typ BT5 dürfen nur verwendet werden, wenn mechanische Beanspruchungen wie Erosion oder Abrieb nicht zu erwarten sind.

4.3 Wärmedämmung

Wärmedämmung darf verwendet werden, um den Temperaturgradienten im Innenrohr und im Tragrohr zu verringern und um den Wärmeverlust der Abgase zu reduzieren.

Für diesen Zweck stehen die folgenden Wärmedämmstoffe zur Verfügung:

- Dämmsteine;
- Mineralwollematten;
- Schaumglasblöcke;
- Fertigteile aus Vermiculite/Perlite;
- Calciumsilikatblöcke;
- Glaswollematten;
- Matten aus keramischer Faser.

Die Festigkeit und Standsicherheit der Wärmedämmstoffe müssen auch im Falle von Schwingungen aufgrund von möglichen pulsierenden Abgasdrücken sichergestellt sein.

5 Entwurf und Bemessung

5.1 Allgemeines

Im Abstand von höchstens 1,0 m vom Boden der untersten Abgaskanal-Einführung entfernt muss eine gasdichte Grundplatte vorhanden sein.

Geeignete Vorrichtungen müssen vorhanden sein, um saure Kondensate an einen sicheren Ort zu leiten.

5.2 Mindestwanddicke

Für die Bestimmung der Mindestwanddicke des Innenrohrs siehe Tabelle 2.

EN 13084-4:2005 (D)**5.3 Innenrohrabstützungen**

Abstützungen von Innenrohren aus Mauerwerk müssen eine angemessene Steifigkeit besitzen, um unzulässige ungleichförmige Abstützreaktionen auf das Innenrohr zu vermeiden. Zusätzlich muss bei mehrzügigen Schornsteinen die Verformung der stützenden Bühnen die Einhaltung des erforderlichen Abstandes zwischen dem oberen Ende des Innenrohrs und der oberen Bühne gewährleisten. Abstützungen aus Balkensegmenten, die ihrerseits durch einzelne, aus dem Tragrohr herausragende Konsolen abgestützt werden, müssen durch bewehrte Ortbetonfugen oder andere Mittel Torsionssteifigkeit erhalten.

5.4 Öffnungen

Zur Begrenzung der Auswirkungen unterschiedlicher Temperaturverteilung über den Umfang des Innenrohrs sollten Öffnungen zum Einleiten von Abgasen unterschiedlicher Temperaturen so angeordnet werden, dass ein gutes Durchmischen der einzelnen Abgasströme sichergestellt ist. Sie sollten so dicht wie möglich übereinander angeordnet sein, um das Durchmischen der einzelnen Abgasströme zu verbessern und die Temperaturunterschiede zu verringern, die sonst zu zusätzlichen Beanspruchungen im Mauerwerk führen könnten.

Tabelle 2 — Mindestwanddicken für Innenrohre aus Mauerwerk

	1	2	3	4
	Innendurchmesser d des Innenrohrs m	Mindestwanddicke mm		
		Mauersteine ohne Nut und Feder	Formsteine mit seitlicher Nut und Feder	Formsteine mit umlaufender Nut und Feder
1	$0 < d \leq 4,0$	115	100	64
2	$4,0 < d \leq 6,0$	115	100	80
3	$6,0 < d \leq 8,0$	115	100	100
4	$8,0 < d \leq 10,0$	—	120	120
5	$10,0 < d \leq 12,0$	—	140	140

5.5 Belüftung

Innenrohre aus Mauerwerk werden üblicherweise verwendet, wenn der Abgasdruck geringer als der Umgebungsdruck außerhalb des Mauerwerks auf gleicher Höhe ist. Ein Überdruck von begrenzter Dauer ist zulässig; dieser sollte jedoch bei der Beurteilung der chemischen Belastung berücksichtigt werden.

Wenn die strömungstechnischen Berechnungen zeigen, dass wesentliche Betriebszeiträume zu erwarten sind, in denen der Abgasdruck höher als der Druck in dem Raum zwischen Innenrohr und Tragrohr ist, so wird eine Druckerhöhung im Zwischenraum durch Gebläse und die Anordnung von Kompensatoren erforderlich.

Wird während des Betriebs eines Innenrohrs der Zugang in den Raum zwischen Innenrohr und Tragrohr erforderlich, so muss ausreichende Belüftung vorhanden sein, damit keine Abgase aus dem Innenrohr entweichen. Das Belüftungssystem muss den Anforderungen nach EN 13084-1:2000, 4.5 entsprechen.

Darüber hinaus kann die Belüftung auch zum Kühlen und zum Vermeiden wesentlicher thermischer Beanspruchungen der Innenrohrabstützungen genutzt werden.

5.6 Schutzschichten

Der Schutz der Betonoberflächen innerhalb des Tragrohres darf durch eine geeignete, chemikalienbeständige Beschichtung oder einen dünnen Überzug erfolgen, deren Dauerhaftigkeit und Langzeitbeständigkeit unter feuchten und trockenen Bedingungen im Abgas mit den zu erwartenden Betriebstemperaturen nachgewiesen wurden.

Es muss eine säurebeständige Beschichtung auf alle Teile der Stützkonstruktion aufgetragen werden, die für eine regelmäßige Inspektion und Wartung nur erschwert zugänglich sind. Zusätzlich muss eine säurebeständige Folie zwischen Abstützung und abgestütztem Mauerwerk vorgesehen werden. Diese Folie kann aus Blei oder einer anderen chemisch beständigen Beschichtung bestehen.

Ist ein begehbare Zwischenraum vorhanden, muss die Innenfläche des Tragrohres geschützt werden, insbesondere wenn wesentliche Betriebszeiträume mit Abgasüberdruck zu erwarten sind.

Horizontale Oberflächen von Wartungsvorrichtungen oder Abstützungen (Platten, Balken usw.) müssen über ein System zum Ableiten von Kondensaten verfügen, wenn die Bildung aggressiver Kondensate zu erwarten ist.

5.7 Zusatzeinrichtungen

5.7.1 Fugen

An den Fugen zwischen den Innenrohrabschnitten muss unter Betriebsbedingungen in jeder Richtung ein Abstand von mindestens 30 mm zwischen dem Innenrohr und dem nächsten Innenrohr oder seiner Abstützung sein.

ANMERKUNG Bei „sehr starker“ und „starker“ chemischer Beanspruchung neigt das Mauerwerk im Laufe der Zeit zu einer irreversiblen Ausdehnung infolge der chemischen Reaktion zwischen Mauerwerk und dem sauren Kondensat. Diese irreversible Ausdehnung kann bis zu 0,15 % betragen.

Die Fugen vermindern die Gasdichtheit des Innenrohrs; um ein Ansammeln von Ablagerungen und Kondensat zu verhindern, können die Fugen mit Matten, Schnüren und ähnlichen Materialien, deren Eigenschaften entsprechend den Betriebsbedingungen ausgewählt werden, ausgefüllt werden.

5.7.2 Kompensatoren

Ein Kompensator sollte geeignet sein, die Fugen zwischen den Abschnitten von Innenrohren aus Mauerwerk abzudichten, um die Gasdichtheit des Innenrohrs zu erhöhen (siehe Anhang C).

5.7.3 Einführungskanäle und Gebläse

Die Schwingungen von Einführungskanälen oder Gebläsen außerhalb des Schornsteines können zu Schwingungen des Innenrohres führen. Die Übertragung dieser Schwingungen muss durch geeignete Maßnahmen verhindert werden.

6 Berechnung und Bemessung

6.1 Einwirkungen

6.1.1 Allgemeines

Zu berücksichtigende Einwirkungen sind in EN 13084-1 angegeben. Zusätzlich gelten die folgenden Festlegungen.

EN 13084-4:2005 (D)

6.1.2 Windlasten

Das Innenrohr ist durch das Tragrohr gegen Wind geschützt, so dass bei Etagen-Innenrohren der Wind nur durch die dynamische Reaktion des Beton-Tragrohres wirken kann; d. h., es wird angenommen, dass die Beanspruchung in den Innenrohrabschnitten nur durch die Beschleunigung des Tragrohres in Höhe der Innenrohrabstützungen hervorgerufen wird.

ANMERKUNG 1 Die dynamische Reaktion des Beton-Tragrohres wird nur durch den Teil der zeitlich veränderlichen Windböen hervorgerufen, der den dynamischen Effekt erfasst (im Gegensatz zu dem Teil der Hintergrundturbulenz (background turbulence)). Ferner sind höhere Schwingungsformen der Beton-Tragrohrreaktion hinsichtlich dieser Böen unbedeutend. Folglich müssen nur die durch die Grundschiwingung des Tragrohres hervorgerufenen Beanspruchungen berücksichtigt werden. Ähnliche Betrachtungen gelten für die in Anhang D behandelten, d. h., es gibt keine Resonanzvergrößerung dieser Lasten. Bei typischen Schornsteinen ist die resultierende Spitzenbeschleunigung des Innenrohrs kleiner als $0,05 g$ und kann vernachlässigt werden.

Wenn die einzelnen Abschnitte von Etagen-Innenrohren wesentlich kürzer als die Höhe des Tragrohres sind, wird keine Resonanz durch Windanregung auftreten, und deshalb können Einwirkungen durch Wind vernachlässigt werden, ausgenommen für den gegebenenfalls über das Tragrohr überstehenden Teil des Innenrohres.

ANMERKUNG 2 Es wird empfohlen, den über das Tragrohr überstehenden Teil durch eine gesonderte konzentrisch angeordnete Abschirmung aus Beton oder Mauerwerk zu schützen.

6.1.3 Einwirkungen aus Erdbeben

Einwirkungen aus Erdbeben führen durch die Beschleunigung des Tragrohres in Höhe der Innenrohrabstützung zu Spannungen in den Innenrohrquerschnitten. Die Berechnung der dynamischen Beanspruchung ist in Anhang D enthalten.

6.1.4 Wärmeeinwirkungen

Wärmeeinwirkungen auf das Innenrohr aus Mauerwerk müssen in folgenden Fällen, in denen die Wärmeströmung Temperaturgradienten innerhalb des Innenrohres verursacht, berücksichtigt werden:

- stationäre Wärmeströmung;
- instationäre Wärmeströmung.

Spannungen infolge Wärmeeinwirkungen bei stationärer und bei instationärer Wärmeströmung können nach Anhang F berechnet werden.

Die größte Beanspruchung aus Wärmeeinwirkung bei stationärer Wärmeströmung wird durch die höchste zu erwartende Betriebstemperatur und die niedrigste Umgebungstemperatur verursacht.

Die größte Beanspruchung aus Wärmeeinwirkung bei instationärer Wärmeströmung kann berechnet werden, indem eine erhöhte Temperatur von $1,1 T_0$ oder $(T_0 + 30 \text{ K})$ angenommen wird, wobei der größere Wert gilt und T_0 die höchste Temperatur unter den zu erwartenden Betriebsbedingungen ist.

Wenn ein einzelnes Innenrohr aus Mauerwerk Abgase unterschiedlicher Temperatur aus zwei oder mehr Zügen abführt, kommt es im unteren Innenrohrabschnitt zu zusätzlichen Wärmeeinwirkungen. In diesen Fällen sollten Trennzungen, die das Vermischen der Abgase behindern, nicht verwendet werden.

ANMERKUNG Im Allgemeinen sind Turbulenzen an den Abgaskanal-Einführungen, obwohl sie zu örtlichen Druckverlusten führen, nützlich, denn sie verstärken das Durchmischen der Abgasströme und reduzieren auf diese Weise die Temperaturunterschiede, die sonst höhere Spannungen im Mauerwerk verursachen würden.

6.1.5 Innendruck und Explosionen

Gelegentlicher Überdruck während des Betriebes wird im Allgemeinen zu keinen wesentlichen Zugspannungen im Innenrohr führen. Dennoch sollte der Druck abgeschätzt und Mauerwerksspannungen überprüft werden, wenn Überdruck zu erwarten ist (siehe EN 13084-1:2000, 5.2.3.3 und 5.2.4.2).

Wenn ein Pulsieren des Abgasdruckes zu erwarten ist, sollte die Möglichkeit der Resonanz untersucht werden.

6.2 Widerstände

Bezug nehmend auf die in 4.2.3 festgelegte Zusammensetzung des Mauerwerks sind die charakteristischen Werte der mechanischen Eigenschaften nach Tabelle 3 anzunehmen, sofern keine Ergebnisse aus Mauerwerksprüfungen nach EN 1052-1 und EN 1052-2 vorliegen.

Tabelle 3 — Charakteristische Werte mechanischer Eigenschaften von Mauerwerk

Mauerwerks- klasse	Druckfestigkeit f_k N/mm ²	Biegezug- festigkeit f_{x1k} ^a N/mm ²	Elastizitäts- modul E N/mm ²	Poisson- zahl ν	Wärmeausdeh- nungskoeffizient α_T K ⁻¹
A	25 (15) ^b	3 ^c (2) ^{b,c}	1,5 × 10 ⁴	0,23	6 × 10 ⁻⁶
B	15	2 ^c			
C	15	2 ^c			
D	10	0,4	10 ⁴		
E	6,5	0,4			

a Parallel zu den Lagerfugen.
b Bei Verwendung von Mörtel Typ MT2.
c Darf auch für die Zugfestigkeit f_{x2k} rechtwinklig zu den Lagerfugen angenommen werden, wenn Steine mit umlaufender Nut und Feder verwendet werden.

6.3 Nachweis

6.3.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit

6.3.1.1 Allgemeines

Die Standsicherheit eines Innenrohres aus Mauerwerk ist nachzuweisen, wenn die Höhe h_i der einzelnen Abschnitte größer als 20 m oder die Wanddicke des Innenrohres weniger als 100 mm oder die Schlankheit h_i/d größer als 10 ist, wobei die Schlankheit das Verhältnis der Höhe zum kleinsten Außendurchmesser ist.

Die Tragfähigkeit des Innenrohres muss mit den berechneten Beanspruchungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit verglichen werden. Die Einwirkungen umfassen: Einwirkungen aus Erdbeben oder Wind (einschließlich Reaktionen aus Schwingungen des Tragrohres, sofern wesentlich), ständige Einwirkungen, Wärmeeinwirkungen und Innendruck.

Die Bemessungskriterien bei Vorhandensein von Öffnungen sind Anhang B zu entnehmen.

EN 13084-4:2005 (D)**6.3.1.2 Einwirkungskombinationen und Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen****6.3.1.2.1 Nachweis in horizontalen Schnitten**

Der Bemessungswert der Beanspruchungen in horizontalen Schnitten des Innenrohres muss für folgende Einwirkungskombinationen nach den Gleichungen (1) und (2) und Tabelle 4 berechnet werden.

Für ständige Bemessungssituationen:

$$E_d = \gamma_G \times G_k + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} + \sum_{i>1} \gamma_{Qi} \times \Psi_{0i} \times Q_{ki} \quad (1)$$

Für außergewöhnliche Bemessungssituationen (Erdbebeneinwirkungen):

$$E_{dE} = G_k + A_{Ed} \quad (2)$$

Dabei ist

- E_d der Bemessungswert der Beanspruchungen (Grundkombination);
- E_{dE} der Bemessungswert der Beanspruchungen aus der Kombination bei Erdbeben (Erdbebeneinwirkungen);
- γ_G der Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen;
- γ_Q der Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Einwirkungen;
- A_{Ed} der Bemessungswert für Erdbeben;
- G_k der charakteristische Wert der ständigen Einwirkungen;
- Q_{k1} der charakteristische Wert der maßgebenden veränderlichen Einwirkung 1;
- Q_{ki} der charakteristische Wert einer nicht maßgebenden veränderlichen Einwirkung i ;
- Ψ_{0i} der Kombinationsbeiwert.

Tabelle 4 — Einwirkungskombinationen für ständige Bemessungssituationen^a

Kombination	G_k	Q_{k1}	Q_{k2}
1	G	W	T_{st}
2	G	T_{st}	—
3	G	T_{tr}	—

^a G ständige Einwirkung
 W Windeinwirkung
 T_{st} Wärmeeinwirkung infolge größtmöglicher Temperaturgradienten bei stationären Bedingungen
 T_{tr} Wärmeeinwirkung infolge größtmöglicher Temperaturgradienten bei instationären Bedingungen

ANMERKUNG Die Werte γ_G , γ_{Qi} und Ψ_{0i} im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die Anwendung in einem Land sind in seinem nationalen Anhang angegeben. Die empfohlenen Werte für γ_G und γ_{Qi} sind Tabelle 5N zu entnehmen. Der empfohlene Wert für $\Psi_{0i} = \Psi_{02}$ beträgt 0,6.

Tabelle 5N — Teilsicherheitsbeiwerte γ_G und γ_{Qi} für Einwirkungen

Einwirkung	G	W	T_{st}	T_{tr}
	$\gamma_G = 1,0$	$\gamma_{Qi} = 1,5^a$	$\gamma_{Qi} = 1,3$	$\gamma_{Qi} = 1,3$
^a Für Abschnitte außerhalb des Tragrohrs $\gamma_{Qi} = 1,6$.				

6.3.1.2.2 Nachweis in senkrechten Schnitten

Für die Ermittlung der Beanspruchungen in senkrechten Schnitten des Innenrohres ist die allein zu berücksichtigende Einwirkung der Innendruck, für den ein Teilsicherheitsbeiwert γ_{Q1} anzunehmen ist.

ANMERKUNG Der Wert γ_{Q1} im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die Anwendung in einem Land ist in seinem nationalen Anhang angegeben. Der empfohlene Wert für γ_{Q1} beträgt 1,3.

Für den Fall einer Explosion im Innern oder bei wesentlichem Überdruck muss davon ausgegangen werden, dass das Mauerwerk gerissen ist und Stahlbänder oder Vorspannen erforderlich sind (siehe Anhang E).

In kreisförmigen Querschnitten führt der Innendruck lediglich zu Normalkräften, während in nicht-kreisförmigen Querschnitten auch Biegemomente zu berücksichtigen sind.

Wenn der Abgasunterdruck sehr hoch ist, können die Biegemomente aufgrund der Abweichung des Innenrohres von der Kreisform zu Rissen bis hin zum Einsturz führen. Eine Sicherheitsüberprüfung sollte an einem nicht kreisförmigen Innenrohr oder an einem kreisförmigen Innenrohr, dessen Form die in 7.2 angegebenen Toleranzen überschreitet, durchgeführt werden.

6.3.1.3 Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe

Teilsicherheitsbeiwerte γ_M für Mauerwerk sind im Grenzzustand der Tragfähigkeit anzusetzen.

ANMERKUNG Die Werte γ_M im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die Anwendung in einem Land sind in seinem nationalen Anhang angegeben. Die empfohlenen Werte für γ_M sind in Tabelle 6N zu entnehmen.

Tabelle 6N — Teilsicherheitsbeiwerte γ_M für Mauerwerk

Beanspruchung	γ_M
Druck	3,0
Zug	1,3

6.3.2 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit**6.3.2.1 Verformung**

Die Verformung durch Wärmeeinwirkung ist durch Festlegen von Abständen (Spiel) bei der höchsten Betriebstemperatur zu berücksichtigen. Verformung durch chemische Einwirkungen kann nicht genau vorherbestimmt werden und ist durch sorgfältige Wahl der Baustoffe zu vermeiden.

Verformung infolge mechanischer Beanspruchung und Durchbiegung dauerhaft vorhandener Abstützkonstruktionen muss unter Lastbedingungen berücksichtigt werden.

Mögliche Rissbildung muss bei der Berechnung von Verformungen der Abstützkonstruktionen berücksichtigt werden.

EN 13084-4:2005 (D)**6.3.2.2 Rissbildung**

Vertikale Rissbildung des Mauerwerks kann durch den Temperaturgradienten über die Wanddicke, durch Temperaturschocks, Überdruck und durch Biegebeanspruchung des nicht kreisförmigen Innenrohres unter Innendruck verursacht werden.

Zur Begrenzung der Rissbreite ist nachzuweisen, dass die Biegezugbeanspruchungen die Biegezugfestigkeit des Mauerwerks nach Tabelle 3 nicht überschreiten.

Für den Nachweis der Biegezugbeanspruchungen im Gebrauchszustand müssen folgende Einwirkungen als unabhängig voneinander wirkend betrachtet werden:

P größter Überdruck;

T größter Temperaturgradient;

M Biegung durch Innendruck bei nicht kreisförmigen Innenrohren.

6.3.2.3 Teilsicherheitsbeiwerte

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sind die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen, γ_F , und für Baustoffe, γ_M , anzusetzen.

ANMERKUNG Die Werte γ_F und γ_M im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit für die Anwendung in einem Land sind in seinem nationalen Anhang angegeben. Der empfohlene Wert für γ_F und γ_M beträgt 1,0.

6.3.3 Berechnung der Beanspruchungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit**6.3.3.1 Allgemeines**

Die Druck- und Zugbeanspruchungen müssen für die in 6.3.1.2 angegebenen Einwirkungen oder Einwirkungskombinationen berechnet werden.

Die Bemessungswerte der resultierenden Beanspruchungen dürfen die Bemessungswerte der Widerstände, abgeleitet durch Division der charakteristischen Festigkeiten nach 6.2, durch den entsprechenden Teilsicherheitsbeiwert γ_M , nicht überschreiten.

Beanspruchungen aus Wärmeeinwirkungen dürfen nach Anhang F ermittelt werden.

6.3.3.2 Beanspruchungen in horizontalen Schnitten

Die Beanspruchungen für Mauerwerk der Klassen A, B und C bei Verwendung von Steinen mit umlaufender Nut und Feder sind unter der Annahme zu berechnen, dass horizontale Fugen Zugbeanspruchungen, die die Bemessungswerte der Biegezugfestigkeit nach 6.3.3.1 nicht überschreiten, aufnehmen können. Wenn die resultierenden Zugbeanspruchungen die genannten Grenzwerte überschreiten, müssen die Beanspruchungen erneut unter der Annahme berechnet werden, dass die Fugen keine Zugbeanspruchungen aufnehmen können (d. h., sie öffnen sich unter Zug). In diesem Fall dürfen sich die Fugen nicht mehr als über den halben Umfang öffnen.

Die Beanspruchungen für Mauerwerk der Klassen A, B und C bei Verwendung von Steinen ohne umlaufende Nut und Feder sowie für Mauerwerk der Klassen D und E sind unter der Annahme zu berechnen, dass horizontale Fugen keine Zugbeanspruchungen aufnehmen können (d.h. sie öffnen sich unter Zug). Die Fugen dürfen sich nicht mehr als über den halben Umfang öffnen.

Örtliche Beanspruchungen durch Wärmeeinwirkung sind zu den im gesamten Querschnitt wirkenden globalen Beanspruchungen zu addieren. Besonders berücksichtigt werden müssen die Beanspruchungen in den horizontalen Fugen in der Nähe des oberen Endes des Innenrohres, wo Beanspruchungen aus Wärmeeinwirkung durch Randeffekte verstärkt werden und die Haftfähigkeit des Mörtels verringert ist.

Für die Ermittlung der Beanspruchungen aus Wärmeeinwirkung darf der Elastizitätsmodul Tabelle 3 entnommen werden, sofern nicht Werte aus der Prüfung nach EN 1052-2 zur Verfügung stehen.

6.3.3.3 Beanspruchungen in vertikalen Schnitten

Die Beanspruchungen sind für die in 6.3.1.2.2 angegebenen Einwirkungen unter der Annahme, dass die vertikalen Schnitte Zugbeanspruchungen, die die Bemessungswerte der Biegezugfestigkeit nach 6.3.3.1 nicht überschreiten, zu berechnen. Wenn die resultierenden Zugbeanspruchungen die genannten Grenzwerte überschreiten, müssen die Beanspruchungen erneut unter der Annahme berechnet werden, dass die Fugen keine Zugbeanspruchungen aufnehmen können (d. h. sie öffnen sich unter Zug). In diesem Fall dürfen sich die Fugen nicht mehr als über die halbe Wanddicke öffnen

6.3.4 Elastische Stabilität

Instabilität eines Innenrohrs kann durch Knicken oder durch lokales Beulen aufgrund der Eigenlasten verursacht werden.

Die Gesamtstabilität eines Innenrohrs aus Mauerwerk wird stark verringert, wenn sich lange vertikale Risse gebildet haben. Praktisch wird jedes Innenrohr unsicher, wenn sich so viele Risse gebildet haben, dass das Mauerwerk aus Pfeilern, die einzeln zwischen den Rissen stehen, besteht.

Eine Verbesserung kann durch das Anbringen von Stahlbändern oder Bewehrung des Innenrohrmauerwerks erreicht werden (siehe Anhang E).

Bei Einhaltung der in 7.2 festgelegten Toleranzen tritt örtliches Beulen in der Regel nicht auf.

Angaben zu unten abgestützten freistehenden und horizontal abgestützten Innenrohren sind in Anhang A enthalten.

7 Ausführung

7.1 Imperfektionen

Bauliche Imperfektionen wie örtliche Unrundheit der kreisförmigen Querschnitte, Abweichungen von der die zylindrische oder konische Form erzeugenden Geraden, Abweichungen der Innenrohrachse von der Vertikalen, unzureichender Abstand zwischen Innenrohr und Abstützungen usw. führen zu außerplanmäßigen Belastungen, die auch den Einsturz des Innenrohrs aus Mauerwerk verursachen können. Die in 7.2 festgelegten Toleranzen müssen in den Konstruktionszeichnungen angegeben und während des Baus vollständig eingehalten werden.

7.2 Toleranzen

Die radiale Abweichung vom idealen Kreis, gemessen über eine Bogenlänge $(d \times t)^{0,5}$ darf 1 % des Durchmessers oder 20 % der Wanddicke nicht überschreiten, wobei jeweils der kleinere Wert gilt.

Dabei ist

d der Durchmesser in der betrachteten Höhe;

t die Wanddicke.

Abweichungen des Mauerwerks von der die zylindrische oder konische Form erzeugenden Geraden dürfen nicht den jeweils kleineren Wert von 40 mm oder $0,15 d$ überschreiten.

Abweichungen der Innenrohrachse von der Vertikalen dürfen nicht größer als 0,2 % der Höhe sein.

EN 13084-4:2005 (D)

8 Inspektion und Instandhaltung

8.1 Allgemeines

Inspektion und Instandhaltung sollten aus den folgenden Schritten bestehen:

- a) Einsehen von Angaben aus früheren Inspektionen und Reparaturen;
- b) Vorbereiten der Inspektion durch Feststellen besonders gefährdeter Bereiche, Festlegen der für die Messungen erforderlichen Maßnahmen und Entnahme von Proben;
- c) Auswerten der gesammelten Angaben in einem Bericht mit den folgenden Einzelheiten:
 - Allgemeineindruck;
 - Erläuterung der Messwerte;
 - Schlussfolgerungen aus Sichtprüfungen;
 - Schlussfolgerungen aus Laboratoriumsprüfungen;
 - Bewerten des Alterungsgrades;
 - Festlegen der erforderlichen Reparaturarbeiten;
- d) Angaben der folgenden Informationen soweit Zugänglichkeit und Zeit es ermöglichen:
 - wahrscheinliche Ursache des Schadens;
 - angenommene Schadensentwicklung;
 - Vorschlag von Maßnahmen mit Einzelheiten;
- e) Reparaturen; sobald beschlossen ist, das Innenrohr aus Mauerwerk zu reparieren, sollten mindestens das Verfahren, der Umfang und die Güte der Reparaturarbeiten in einem Bericht deutlich beschrieben werden, der eine Checkliste enthält.

8.2 Anwendungsbereiche der Inspektion

8.2.1 Innenrohr aus Mauerwerk

- a) Reduzierung der Wanddicke, vor allem bedingt durch:
 - Temperaturschocks;
 - chemische Beanspruchungen;
 - Erosion und Abnutzung;
 - Frosteinwirkung.
- b) Risse, die eingeteilt werden können in:
 - lokale Mikrorisse und häufig als Folge Makrorisse;
 - Risse, die große Bereiche des Innenrohrs aus Mauerwerk erfassen.

- c) Einschränkung der freien Beweglichkeit von Innenrohrabschnitten, vor allem infolge von:
- chemischen Reaktionen zwischen Kondensaten und Mauerwerk, die zu einer irreversiblen Ausdehnung und folglich zum Blockieren der Dehnungsfugen führen;
 - verminderter Wirksamkeit der Fugen infolge fester Ablagerungen;
 - fehlendem Abstand zwischen dem(n) Innenrohr(en) und den Abstützungen.

8.2.2 Wärmedämmung

- a) Eine Beschädigung der Wärmedämmung kann auftreten infolge von:
- Minderung der physikalischen oder chemischen Eigenschaften durch Hitze oder chemische Beanspruchungen;
 - teilweisem oder vollständigem Einsturz von Abschnitten.
- b) Maßnahmen zur Beseitigung der Mängel an der Wärmedämmung sollten ergriffen werden.

8.3 Häufigkeit

Die Häufigkeit der Inspektions- und Wartungsarbeiten wird bedingt durch:

- Brennstofftyp: die Verwendung von Heizöl erfordert eine größere Häufigkeit als Kohle oder Gas;
- intermittierenden oder Dauerbetrieb: ersterer erfordert eine größere Häufigkeit der Arbeiten;
- Wärme- und chemische Einwirkungen: Betriebsbedingungen unterhalb des Taupunktes können zu bedeutenden chemischen Beanspruchungen führen und erfordern eine größere Häufigkeit der Arbeiten;
- Temperaturschocks infolge plötzlicher Temperaturänderung während des Betriebes und/oder zu schnelles Hoch- oder Abfahren. Dies erfordert eine größere Häufigkeit der Arbeiten.

8.4 Durchführung

- a) Die Inspektion im Inneren eines Schornsteininnenrohres aus Mauerwerk kann mit folgenden Verfahren durchgeführt werden:
- Einsatz einer wärmebeständigen Kamera, so dass der Schornstein nicht außer Betrieb genommen werden muss;
 - Einsatz einer beweglichen Bühne oder einer ferngesteuerten Kamera, nachdem der Schornstein außer Betrieb genommen wurde.

Während des Herunterfahrens muss die Temperaturabsenkung überprüft werden, um Beanspruchungen aus Wärmeeinwirkung im Mauerwerk infolge des Temperaturgradienten zu vermeiden.

- b) Die Unversehrtheit der Wärmedämmung hat einen großen Einfluss auf die Lebensdauer des Innenrohres aus Mauerwerk.

Die Inspektion und Reparatur der Wärmedämmung werden erleichtert, wenn Schornsteine mit begehbarem Zwischenraum vorgesehen sind und sichere Arbeitsbedingungen vorliegen.

EN 13084-4:2005 (D)

- c) Die Reparatur von Innenrohren aus Mauerwerk erfordert eine beträchtliche Zeit für den Aufbau und den Abbau der benötigten Einrichtung, so dass Reparaturen sorgfältig geplant und, so weit wie möglich, kleinere Reparaturen vermieden werden sollten. Bevorzugt werden sollte der Austausch vollständiger Innenrohrabschnitte.

Während der Rekonstruktion von Innenrohrabschnitten sollten die Abstützungsstrukturen und die verschiedenen Beschichtungen überprüft und repariert, die Fugen zwischen den Abschnitten gereinigt werden, um die Wärmeausdehnung zu ermöglichen, und Kompensatoren sollten, falls vorhanden, repariert oder ausgetauscht werden.

Anhang A (informativ)

Berechnung und Bemessung von unten abgestützten Innenrohren

A.1 Allgemeines

Einwirkungen aus Wind und Erdbeben bedingen unterschiedliche Berechnungs- und Bemessungsannahmen für freistehende und horizontal abgestützte Innenrohre aus Mauerwerk.

Ein unterschiedliches Herangehen ist erforderlich für:

- Freistehende Innenrohre aus Mauerwerk

Die Verformung des Tragrohrs sollte die Verformung des Innenrohres aus Mauerwerk nicht behindern.

Hinsichtlich Einwirkungen aus Wind ist nur der Anteil des gegebenenfalls vorhandenen überstehenden Innenrohrabschnittes zu berücksichtigen.

- Horizontal abgestützte Innenrohre aus Mauerwerk

Die Verformung des Tragrohrs ruft entsprechende Einwirkungen auf das Mauerwerk in Höhe der horizontalen Abstützungen hervor.

Wenn

- der Abstand zwischen den Abstützungen,
- die maßgebende Masse,
- das maßgebende Trägheitsmoment,
- der Elastizitätsmodul

gegeben sind, ist es unter Berücksichtigung der Anteile an statischen und dynamischen Verformungen des Trag- und Innenrohres möglich, die Beanspruchungen in jeder Höhe der Abstützung des Innenrohres aus Mauerwerk zu berechnen.

Hinsichtlich Einwirkungen aus Wind wird nur der am oberen Ende überstehende Teil zu einer Verformung des Innenrohres aus Mauerwerk beitragen.

Einzellasten sollten angemessen verteilt sein.

A.2 Elastische Stabilität

A.2.1 Allgemeines

Örtlich begrenztes Beulen tritt bei freistehenden Innenrohren in der Regel nicht auf.

Die hinsichtlich der Knicksicherheit zulässige Höhe des Innenrohrs kann unter Berücksichtigung folgender Annahmen berechnet werden.

EN 13084-4:2005 (D)**A.2.2 Elastische Stabilität des ungerissenen Rohres**

Das Knicken eines freistehenden vertikalen Zylinders unter Einwirkung seines Eigengewichts wird in der einschlägigen Literatur beschrieben.

Die kritische Höhe, h_{crit} , kann mit Gleichung (A.1) berechnet werden:

$$q \times h_{\text{crit}} = 7,8 \frac{EI}{h_{\text{crit}}^2} \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

- q das Eigengewicht je Längeneinheit;
für ein zylindrisches Innenrohr aus Mauerwerk mit der Wanddicke t :
 $q = \rho \times g \times t \times 2 \pi r$;
- EI die Biegesteifigkeit des vertikalen Rohres;
- E der Elastizitätsmodul des Mauerwerks = 10^{10} N/m²;
- I das Flächenmoment 2. Grades = $\pi r^3 \times t$;
- ρ die Rohdichte = 2 000 kg/m³;
- g die Erdbeschleunigung = 9,81 m/s²;
- r der mittlere Radius, in Meter;
- t die Wanddicke in Meter;

Durch Substitution in Gleichung (A.1) ergibt sich:

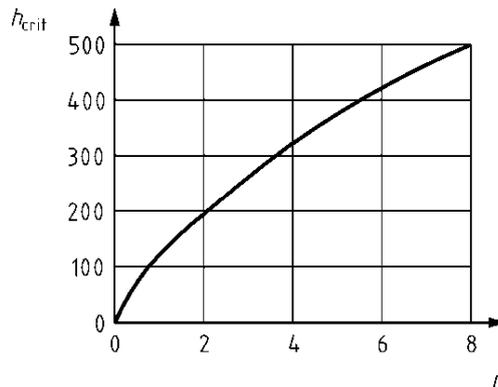
$$h_{\text{crit}}^3 = \frac{7,8 \times 10^{10} \times \pi r^3 t}{2\,000 \times 9,81 \times t \times 2 \pi r} = 1,99 \times 10^6 \times r^2 \quad (\text{A.2})$$

$$h_{\text{crit}} = 125 r^{2/3} \quad (\text{A.3})$$

Dabei ist

- h_{crit} die kritische Höhe, in Meter;
- r der mittlere Radius, in Meter.

D. h., die kritische Höhe eines Zylinders ist unabhängig von der Wanddicke.

**Legende**

h_{crit} kritische Höhe eines freistehenden Innenrohrs aus Mauerwerk
 r mittlerer Radius eines freistehenden Innenrohrs aus Mauerwerk

Bild A.1 — Kritische Höhe eines freistehenden, ungerissenen Innenrohrs aus Mauerwerk

Wenn die Wanddicke am unteren Ende größer ist als am oberen Ende, ist die kritische Höhe größer als die mit Gleichung (A.3) berechnete; die Zunahme beträgt jedoch höchstens 10 %. Die Beziehung zwischen h_{crit} und r in Gleichung (A.3) ist in Bild A.1 dargestellt.

A.2.3 Elastische Stabilität freistehender vertikaler Pfeiler

Der Teil eines Innenrohrs zwischen zwei vertikalen, nicht mehr als ein oder zwei Meter voneinander entfernten Rissen kann wie eine freistehende ebene Wand angesehen werden.

Die kritische Höhe h_{crit} eines derartigen Mauerwerkspfeilers kann mit Gleichung (A.1) und den folgenden Substitutionen berechnet werden:

$$q = \rho \times g \times t \times b$$

Dabei ist

g die Erdbeschleunigung = 9,81 m/s²;

ρ die Rohdichte = 2 000 kg/m³;

b der Abstand zwischen den Rissen in Meter (1 m bis 2 m);

t die Wanddicke in Meter;

I das Flächenmoment 2. Grades = $\frac{b t^3}{12}$;

E der Elastizitätsmodul des Mauerwerks = 10¹⁰ N/m².

Mit diesen Werten ergibt sich:

$$h_{\text{crit}}^3 = \frac{7,8 \times 10^{10} \times \frac{b}{12} t^3}{2000 \times 9,81 \times b \times t} = 3,3 \times 10^5 t^2 \quad (\text{A.4})$$

EN 13084-4:2005 (D)

$$h_{\text{crit}} = 69 t^{2/3} \quad (\text{A.5})$$

Dabei ist

h_{crit} die kritische Höhe, in Meter;

t die Wanddicke, in Meter.

Die äquivalente Dicke einer sich linear ändernden Wanddicke darf angenähert werden mit:

$$t = 0,2 (4 t_{\text{base}} + t_{\text{top}})$$

Dabei ist

t_{base} die Wanddicke am unteren Ende des Innenrohres;

t_{top} die Wanddicke am oberen Ende des Innenrohres.

Einige Werte für h_{crit} sind in Tabelle A.1 aufgeführt. Dabei wurde der Einfluss der Krümmung des Rohrsegmentes vernachlässigt.

Tabelle A.1 — Kritische Höhe in Abhängigkeit von der Wanddicke

Wanddicke t m	Kritische Höhe h_{crit} m
0,05	9
0,10	15
0,15	20
0,20	24
0,25	27

A.2.4 Elastische Stabilität eines halben Rohres

Ein Innenrohr mit zwei vertikalen Rissen kann wie zwei von einander unabhängige vertikale halbe Rohre angesehen werden. Die Stabilität eines durch zwei vertikale Linien aufgeschnittenen Rohres ist ein sehr kompliziertes analytisches Problem. Aus diesem Grunde wurde die Stabilität von zwei Halbrohren durch ein numerisches Verfahren ermittelt.

In diesem Fall wird von der Annahme ausgegangen, dass die kritische Höhe, h_{crit} , von dem Radius, r , und der Wanddicke, t , abhängig ist:

$$q \times h_{\text{crit}} = c_1 \frac{E r^3 t}{h_{\text{crit}}^2} + c_2 \frac{E t^3 r}{h_{\text{crit}}^2} \quad (\text{A.6})$$

Definitionen und Einheiten der Variablen siehe A.2.2

Die Werte von c_1 und c_2 lassen sich durch ein numerisches Verfahren bestimmen:

Durch Substitution von $q = \rho \times g \times t \times \pi \times r$ wird

$$h_{\text{crit}}^3 = 0,44 \times 10^5 \times r^2 + 110 \times 10^5 \times t^2 \quad (\text{A.7})$$

oder

$$h_{\text{crit}} = \left(0,44 \times 10^5 r^2 + 110 \times 10^5 t^2 \right)^{1/3} \quad (\text{A.8})$$

Dabei ist

- h_{crit} die kritische Höhe, in Meter;
- r der mittlere Radius des Innenrohrs, in Meter;
- t die Wanddicke, in Meter.

Ein Vergleich der Koeffizienten dieser Gleichung mit den Koeffizienten der Gleichungen (A.3) und (A.5) zeigt, dass die kritische Höhe sehr viel geringer ist als die des ungerissenen Zylinders, jedoch sehr viel höher als die eines schmalen Mauerwerkspfeilers (d.h. ein Zylinder mit vielen Rissen).

Der erste Ausdruck in Gleichung (A.8) ist in der Regel der wichtigere. Die äquivalente Dicke einer sich linear ändernden Wanddicke kann angenähert werden durch:

$$t = 0,2 (4 t_{\text{base}} + t_{\text{top}})$$

Dabei ist

t_{base} und t_{top} wie in A.2.3 definiert.

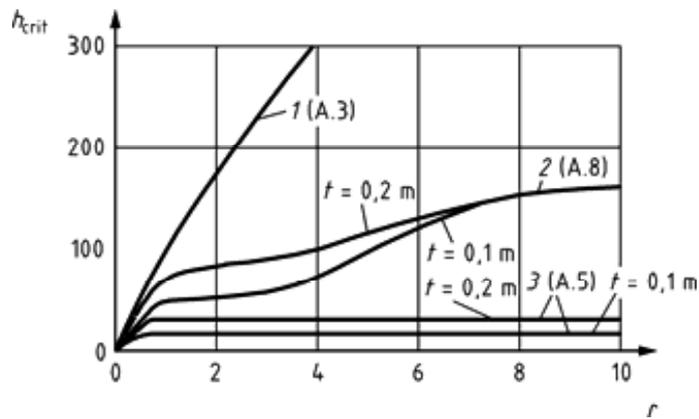
Als ein Beispiel sind die Abmessungen der Halbrohre und die Berechnungsergebnisse in Tabelle A.2 angegeben.

Tabelle A.2 — Berechnungsergebnisse bei vorgegebenen Innenrohrmaßen

Radius r m	Wanddicke t m	Kritische Höhe h_{crit} m
4,0	0,10	93
4,0	0,20	105

A.2.5 Vergleich der drei Berechnungsverfahren und Schlussfolgerungen

Die drei Gleichungen zur Ermittlung der kritischen Höhe (A.3), (A.5) und (A.8) können für vorgegebene Werte von t und r miteinander verglichen werden. In Bild A.2 wird ein Vergleich für $t = 0,1$ m und $t = 0,2$ m durchgeführt.

EN 13084-4:2005 (D)**Legende**

- 1 ungerissen
- 2 zwei Risse
- 3 viele Risse

Bild A.2 — Kritische Höhe von gerissenen und ungerissenen Innenrohren aus Mauerwerk

Die kritische Höhe wird durch die Rissbildung wesentlich verringert. Bei einem Innenrohr mit vielen vertikalen Rissen beträgt die kritische Höhe nicht mehr als 15 m bis 25 m. Aus Sicherheitsgründen sollte in der Praxis nur die Hälfte der berechneten kritischen Höhe angenommen werden.

Größere Innenrohre sollten verstärkt sein. Dieses kann auf einfache Weise mit an der Außenseite angebrachten horizontalen Stahlbändern oder durch bewehrtes Mauerwerk erfolgen (siehe Anhang E).

Die oben angegebenen kritischen Höhen wurden ohne Sicherheitsbeiwert berechnet. Es wurde nur der Einfluss von Rissen berücksichtigt. Insbesondere die Stabilität beeinflussende Faktoren sind:

- die Wanddicke;
- der Elastizitätsmodul;
- die Festigkeit der Mörtelfugen.

Diese Größen können durch chemische Beanspruchungen wesentlich verringert werden. Ein Sicherheitsabstand ist erforderlich, wenn das Innenrohr nicht mit Stahlbändern verstärkt wurde.

Die in A.2.2, A.2.3 und A.2.4 berechneten kritischen Höhen sollten verringert werden.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass ausreichende elastische Stabilität eines Innenrohrs oder Innenrohrabschnittes gegeben ist, wenn die Abmessungen des Innenrohrs oder des Innenrohrabschnittes innerhalb der in Tabelle A.3¹⁾ angegebenen Grenzen liegen.

1) Die Bedingungen für die Festigkeit müssen ebenfalls erfüllt werden.

Tabelle A.3 — Größte Höhe des Innenrohrs und kleinste Wanddicke in Abhängigkeit vom Durchmesser

Durchmesser <i>d</i> des Innenrohrs m	Größte Höhe des Innenrohrs max. ξ m		kleinste Wanddicke des Mauerwerks min. mm		
	durch Stahlbänder verstärkt	nicht durch Stahlbänder verstärkt	ohne Nut und Feder	Formsteine mit seitlicher Nut und Feder	Formsteine mit umlaufender Nut und Feder
$1 < d \leq 2$	30	20	115	100	64
$2 < d \leq 4$	60	25	115	100	64
$4 < d \leq 6$	90	30	115	100	80
$6 < d \leq 8$	120	40	115	100	100
$8 < d \leq 10$	150	45	175	120	120
$10 < d \leq 12$	180	55	200	140	140
$d > 12$	200	60	250	200	200

ANMERKUNG Für Einzelheiten siehe CICIND-Model-Code for Concrete Chimneys — Part B: Brickwork linings.

EN 13084-4:2005 (D)

Anhang B
(normativ)

Öffnungen

Die Anordnung der Öffnungen muss folgenden Grundsätzen entsprechen:

Wenn die horizontale Bogenlänge einer Öffnung oder, im Falle mehrerer Öffnungen in einer Höhe, die Summe der horizontalen Bogenlängen der Öffnungen nicht größer als 50 % des Innendurchmessers des Innenrohrs in Höhe der Öffnung ist, darf folgender Nachweis der Beanspruchungen durchgeführt werden.

Der horizontale Querschnitt muss für den Restquerschnitt bemessen werden, zur Bemessung der Stürze müssen die resultierenden Spannungen in den Schnitten unmittelbar oberhalb und unterhalb der Stürze berücksichtigt werden und die Stürze als frei drehbare, an zwei Punkten gestützte Träger unter einer gleichförmigen Belastung betrachtet werden. Eine Ermittlung der Beanspruchung durch eine finite Elementmethode wird vor allem für Öffnungen mit einer Breite, die größer als der halbe Innendurchmesser des Innenrohrs ist, oder im Falle mehrerer Öffnungen empfohlen.

Die Länge des Sturzes oberhalb und unterhalb einer Öffnung muss an jeder Seite mindestens um ein Drittel der Öffnungsbreite hinausragen. Bei einer großen Öffnung (Breite gleich oder größer als der halbe Innendurchmesser) und im Falle mehrerer Öffnungen muss ein bewehrter geschlossener Rahmen verwendet werden.

Anhang C (informativ)

Kompensatoren

In Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen können die folgenden Kompensatortypen verwendet werden:

a) Mehrschichtkompensatoren

die aus folgenden Teilen bestehen:

- einer Temperatursperre (mit Geflecht aus nichtrostendem Stahl umwickelte Keramikfasermatte);
- einer chemischen Sperre (in der Regel ein sehr dünnes Gewebe, mit Tetrafluorethylen oder Fluorelastomer getränkte Folien);
- einer Abdichtung (z. B. eine Schicht aus Silikonkautschuk).

Diese Kompensatoren sind für trockene Abgase mit mittlerer oder hoher Temperatur geeignet.

b) Kompensatoren auf Polymerbasis

(mit Glas- und Aramidfasern und zusätzlich geeigneten Füllstoffen verstärktes Fluorelastomer).

Diese Kompensatoren sind für nasse Abgase bei mittlerer, starker und sehr starker chemischer Beanspruchung geeignet.

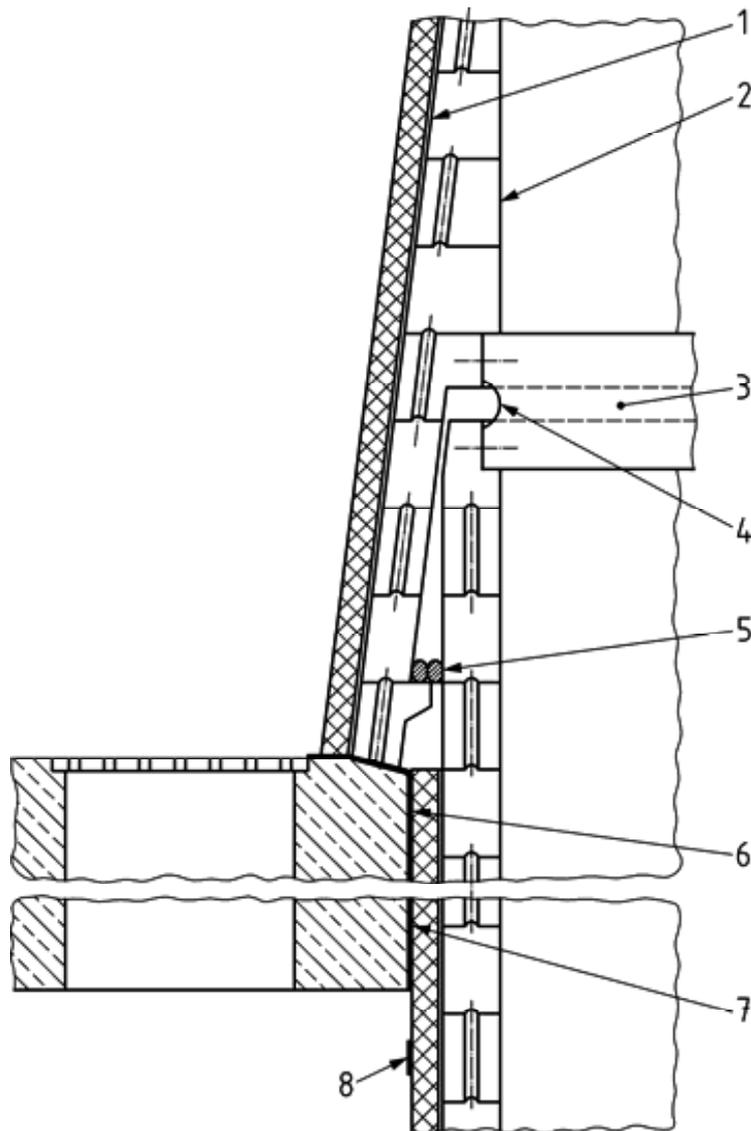
Für diese Betriebsbedingungen ist auch Polytetrafluorethylen (PTFE) geeignet.

Die zulässige Temperatur beträgt für Fluorelastomer 200 °C (kurzzeitig 300 °C) und für Polytetrafluorethylen 250 °C (320 °C).

Kompensatoren werden in der Regel mit Stahlplatten am Mauerwerk angeschraubt, und zwar so, dass die textilen Stoßverbindungen zusammengedrückt werden. Besonders sollte auf die Dichtheit zwischen Kompensator und Mauerwerk geachtet werden durch Auswahl eines zuverlässigen Befestigungssystems und Wahl einer geeigneten Stelle für den Kompensator, damit keine Kondensate hinter ihn gelangen können.

Bild C.1 zeigt eine typische Lösung.

EN 13084-4:2005 (D)

**Legende**

- 1 Luftspalt
- 2 keramische Steine mit umlaufender Nut und Feder, in Kaliwasserglaskitt verlegt
- 3 Dehnungsfuge
- 4 Kompensator, mit verdübelten Streifen verbunden
- 5 Dichtungsschnüre
- 6 Bleifolie auf Korrosionsschutzschicht
- 7 Farbanstrich, drei Schichten
- 8 Ringstreifen, nichtrostender Stahl/Glasfaser

Bild C.1 — Beispiel einer Innenrohrfuge mit Kompensator

Anhang D (informativ)

Dynamische Einflüsse

Das Beton-Tragrohr und das Etagen-Innenrohr bilden ein gekoppeltes System, wobei die Beschleunigung des Innenrohrs an den Abstützungspunkten gleich den Beschleunigungen des Tragrohrs an diesen Punkten ist.

Nach der Schalentheorie ergibt sich folgender Ausdruck für die resultierende größte vertikale Spannung am unteren Ende des Innenrohrabschnitts infolge einer horizontalen Beschleunigung des Tragrohrs am Fuße des Innenrohrs:

$$\sigma_z = \frac{a \times \rho \times h_t^2 \times K}{r} \quad (\text{D.1})$$

Dabei ist

- a die horizontale Beschleunigung des Tragrohrs in Höhe der Innenrohrabstützung;
- ρ die Rohdichte des Innenrohrbaustoffes;
- h_t die Höhe des Innenrohrabschnittes;
- r der mittlere Radius des Innenrohrs in Auflagerhöhe;
- K der dynamische Vergrößerungsfaktor

$$K = \frac{1}{1 - \left(\frac{f_s}{f_t}\right)^2}$$

- f_s die Eigenfrequenz der Grundschiwingung des Tragrohrs;
- f_t die Eigenfrequenz des Innenrohrs für die in Bild D.1 dargestellte Schwingungsform nach Gleichung (D.2):

$$f_t = \frac{\gamma r}{h_t^2} \times \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (\text{D.2})$$

Dabei ist

- γ nach Bild D.2;
- E der Elastizitätsmodul des Mauerwerks.

Es wird angenommen, dass das Tragrohr eine Schlankheit h/d hat, die so groß ist, dass die Konstruktion als Balken mit veränderlichem Querschnitt betrachtet werden kann. Es wird angenommen, dass horizontale Querschnitte unter der Belastung eben bleiben und die Theorie dünner Schalen nicht gilt. Die Eigenfrequenz der Grundschiwingung des Tragrohrs ist dann näherungsweise durch Gleichung (D.3) gegeben:

EN 13084-4:2005 (D)

$$f_s = 400 \times \left(\frac{t_{\text{base}}}{t_{\text{top}}} \right)^{0,22} \times \left(\frac{r_{\text{base}}}{r_{\text{top}}} \right)^{1,1} \times \frac{r_{\text{top}}}{h^2} \times \sqrt{\frac{E_c}{\rho_e}} \quad (\text{D.3})$$

Dabei ist

h die Höhe des Tragrohrs;

t_{top} die Wanddicke des Tragrohrs am Kopf;

r_{top} der mittlere Radius des Tragrohrs am Kopf;

t_{base} die Wanddicke des Tragrohrs am Fuß;

r_{base} der mittlere Radius des Tragrohrs am Fuß;

E_c der Elastizitätsmodul des Beton-Tragrohrs;

ρ_e die äquivalente Dichte des Tragrohrs, unter Einbeziehung des Innenrohrgewichtes = $(W_s + W_t)/W_s \times \rho_c$

Dabei ist

W_s das Gewicht des Tragrohrs;

W_t das Gewicht des Innenrohres;

ρ_c die Rohdichte des Beton.

Die nach Gleichung (D.2) ermittelte Eigenfrequenz der einzelnen Abschnitte beträgt in der Regel das 5- bis 10fache der Grundeigenfrequenz des Tragrohrs. Deshalb werden in diesen Fällen die Beanspruchungen des Innenrohres aufgrund einer Anregung durch das in der Grundswingungsform schwingende Tragrohr nicht vergrößert ($K = 1,0$), und es ist nicht erforderlich, Tragrohr und Innenrohr für diese Schwingungsform als gekoppeltes System zu betrachten. Höhere Schwingungsformen des Tragrohrs können unter Umständen Resonanz hervorrufen, deshalb sollten Beanspruchungen durch die ersten drei Schwingungsformen des Beton-Tragrohrs berücksichtigt werden. Bei höheren Schwingungsformen als der der Grundswingung kann K größer als 1 sein.

Daher ergibt sich die größte vertikal wirkende gesamte Zug- und Druckspannung am Fuß des Innenrohres infolge horizontaler Beschleunigung zu:

$$\sigma_z = \sqrt{\sigma_{z1}^2 + \sigma_{z2}^2 + \sigma_{z3}^2} \quad (\text{D.4})$$

Dabei sind σ_{z1} , σ_{z2} und σ_{z3} die durch die 1., 2. und 3. Schwingungsform der Tragrohrschwingung hervorgerufenen Spannungen.

σ_{z1} , σ_{z2} und σ_{z3} werden mit Gleichung (D.1) und den jeweils zugehörigen Werten von K berechnet, und die Werte der ersten drei Beschleunigungen für die einzelnen Schwingungsformen können nach der folgenden Gleichung bestimmt werden:

$$a_i(z) = u_i(z) \times (2\pi f_{si})^2 \quad (\text{D.5})$$

Dabei ist

$a_i(z)$ die Beschleunigung im Tragrohr in Höhe z , in der i -ten Schwingungsform;

$u_i(z)$ die Auslenkung des Tragrohres in Höhe z , in der i -ten Schwingungsform;

f_{si} die i -te Eigenfrequenz des Tragrohres;

z die Höhe der Innenrohrabstützung.

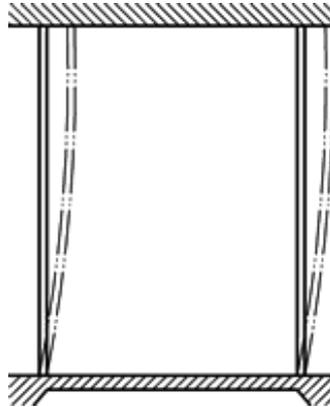


Bild D.1 — Niedrigste maßgebende Schwingungsform des Innenrohres

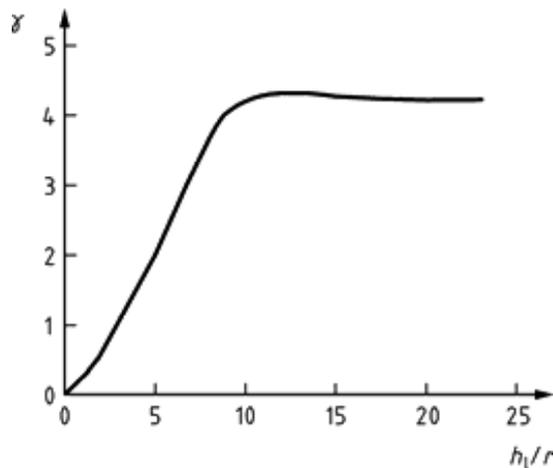


Bild D.2 — Verhältnis zwischen h_e/r und γ

Anhang E (informativ)

Verstärken — Bewehrtes Mauerwerk

E.1 An der Außenseite des Innenrohrs angebrachte Stahlbänder

E.1.1 Spannungen im Innenrohr

Horizontale Stahlbänder können am Innenrohr angebracht werden, um das Innenrohr gegen mögliche Rissbildung zu stabilisieren oder um die Rissbildung möglichst zu begrenzen.

Während des Betriebes treten in der Innenrohrwand Temperaturgradienten über ihre Wanddicke auf. Diese Temperaturgradienten führen zu thermischen Beanspruchungen, die Zugspannungen an der Außenseite und Druckspannungen an der Innenseite der Wand hervorrufen. Im stationären Zustand ergeben sich diese Beanspruchungen σ_T an der Innen- und an der Außenseite der Wand aus Gleichung (E.1):

$$\sigma_T = \frac{1}{2} \times \frac{E \times \alpha_T \times \Delta T}{1 - \nu} \approx 0,65 \times E \times \alpha_T \times \Delta T \quad (\text{E.1})$$

Dabei ist

- E der Elastizitätsmodul des Mauerwerkes;
- α_T der Wärmeausdehnungskoeffizient des Mauerwerkes;
- ν die Poissonzahl;
- ΔT die Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenseite der Wand.

Wenn Innenrohre nicht wärmedämmend sind oder die Wärmedämmung unzureichend ist, können Risse an der Außenseite entstehen. Diese Risse werden breiter und dringen tiefer in die Wand des nicht verstärkten Innenrohrs ein, wenn der Schornstein mehrfach abgekühlt und aufgeheizt wird.

Zusätzlich sollte ein Innenrohr in der Lage sein, einem vorübergehenden Überdruck in der Regel bis zu etwa 0,02 MPa standzuhalten, der zu folgenden Zugbeanspruchungen σ_T im Mauerwerk führt:

$$\sigma_T = 0,02 \times \frac{r}{t} \text{ in N/mm}^2 \quad (\text{E.2})$$

Dabei ist

- r der mittlere Radius des Innenrohrs, in Meter;
- t die Wanddicke, in Meter.

Stahlbänder können das Öffnen und Ausbreiten von bereits gebildeten Rissen verhindern und können unter bestimmten Bedingungen das Innenrohr vorspannen und somit die Rissbildung begrenzen.

E.1.2 Flachstahlbänder

Flachstahlbänder bestehen aus einzelnen Abschnitten, die durch geschraubte Stöße, an denen die Vorspannung aufgebracht wird, miteinander verbunden sind. Die Verbindungen liegen in Höhe der Bandoberfläche, um ungünstige Außermittigkeiten zu vermeiden.

Zum Vermeiden der Rissbildung muss die Vorspannung die Zugspannung in der Innenrohrwand auf den zulässigen Wert reduzieren. Da dadurch die Druckspannung, σ_c , erhöht wird, sind Nachweise zu führen, um sicherzustellen, dass die Druckfestigkeit nicht überschritten wird.

Vorgespannte Stahlbänder können wie folgt beurteilt werden:

Vorteil	Nachteil
— hohe Akzeptanz der bekannten Technologie	— hoher Stahlverbrauch und Kosten für die Verbindungen
— geringe Kosten für den Korrosionsschutz	— großer Aufwand für Installationen erforderlich
	— Aufbringen zusätzlicher Kräfte auf das Innenrohr

Die Erfahrung hat gezeigt, dass Flachstahlbänder, wenn sie gut passend um das Innenrohr in kaltem Zustand angebracht wurden, die Rissbildung begrenzen und, falls Rissbildung auftritt, die Gesamtstabilität sicherstellen.

a) Bei Überbeanspruchung durch Wärmeeinwirkung

Beim Aufheizen des Innenrohrs wird das Stahlband gespannt und übt einen Druck auf das Mauerwerk aus. Mit Blick auf die Schwierigkeiten der genauen Bestimmung der relativen Ausdehnung zwischen Stahl und Mauerwerk und unter Berücksichtigung irreversibler Veränderungen, die während des ersten Hochfahrens auftreten können, kann diese Auswirkung nicht berechnet werden.

Ausgehend jedoch von Erfahrungen müssen Bänder Maße von etwa 75 mm × 10 mm aufweisen und in einem Abstand von bis zu 1,3 m für Mauerwerksdicken von 200 mm und darüber und von 0,4 r für geringere Wanddicken angeordnet sein.

b) Bei Überbeanspruchung durch vorübergehenden Überdruck

Zur Begrenzung von Beanspruchungen in Stahl und Mauerwerk während einer Einwirkung aus Überdruck ist die Stahlbandquerschnittsfläche, A_s , wie folgt zu berechnen:

$$A_s = \frac{p \times r \times s}{f_y} \quad (\text{E.3})$$

Dabei ist

- p der Überdruck;
- r der mittlere Innenrohrradius;
- s der Abstand zwischen den Bändern;
- f_y die Streckgrenze des Stahlbandes.

EN 13084-4:2005 (D)**E.1.3 Stahlbänder mit Federn**

Es ist nicht möglich, die Spannung in den in E.1.2 beschriebenen FLachstahlbändern zu bestimmen. Wenn eine genauere Ermittlung der Verringerung von thermischen Zugbeanspruchungen erforderlich ist, können Federn in die Bandkonstruktion eingebaut werden, um das Innenrohr vorzuspannen. Federn können auch, falls erforderlich, zur Begrenzung der Stahl- und Mauerwerksspannungen eingesetzt werden.

Bild E.1 zeigt eine typische Konstruktion mit Federn. Die Länge der Feder sollte ausreichend bemessen sein, um ihre Spannungsänderung auf weniger als 20 % zu begrenzen, wenn die Temperatur des Innenrohrs zwischen niedrigen und hohen Werten wechselt.

Die Vorspannung in den Federbändern führt zu Druck- und Biegebeanspruchungen in der Innenrohrwand. Die Biegebeanspruchung verursacht eine weitere Druckbeanspruchung an der Außenseite der Wand in der Nähe des Bandes. Die gesamte hervorgerufene Druckbeanspruchung reduziert die größte Zugbeanspruchung in dem Mauerwerk.

Die in der Wand hervorgerufenen Druck- und Biegespannungen verringern sich mit zunehmendem Abstand vom Stahlband entsprechend der folgenden Beziehung:

$$\sigma_{cx} = \frac{1,5 \times p_b \times e^{-\lambda x}}{r \times t^3 \times \lambda^3} \times (\cos \lambda x + \sin \lambda x) \pm \frac{1,5 \times \nu \times p_b \times e^{-\lambda x}}{\lambda \times t^2} \times (\cos \lambda x - \sin \lambda x) \quad (\text{E.4})$$

Dabei ist

σ_{cx} die Druckspannung in der Innenrohrwand, vertikaler Abstand x vom Band;

p_b die durch das Band hervorgerufene radiale Druckkraft, je Längeneinheit des Umfangs;

ν die Poissonzahl.

$$\lambda = \frac{\left[3(1-\nu^2) \right]^{0,25}}{\sqrt{r \times t}} \quad (\text{E.5})$$

t die Wanddicke

Die größte Schubbeanspruchung im Mauerwerk, τ_b , tritt am Band auf und ermittelt sich zu:

$$\tau_b = \frac{p_b}{2 \times t} \quad (\text{E.6})$$

Die maximale Biegezugspannung in Längsrichtung, σ_y , die vertikal in einer horizontalen Ebene wirkt und durch die Federn auf das Innenrohr aufgebracht wird, ist durch die folgende Gleichung gegeben:

$$\sigma_y = \frac{1,1 N}{\sqrt{r \times t^3}} \quad (\text{E.7})$$

Dabei ist

N die Federkraft.

Die Federkraft unter Betriebsbedingungen ist unter Berücksichtigung der folgenden Annahmen zu ermitteln:

- Es wird genügend Druckspannung in Umfangsrichtung in die Außenfläche des Mauerwerks in der Mitte zwischen den Bändern eingeleitet, um die durch den Temperaturgradienten an dieser Stelle verursachte Zugspannung in Umfangsrichtung zu überdrücken.

ANMERKUNG Wenn der Abstand zwischen den Bändern $2 \times \sqrt{r \times t}$ oder weniger beträgt, wird der in die Wand über den Umfang eingeleitete Druck über die gesamte Höhe zwischen den Bändern nahezu konstant sein.

Die Berechnung erfolgt unter der Annahme eines 50 %-Verlustes der Bandspannung in der Mitte zwischen den Federn aufgrund einer Kombination von Reibung und Kriechen.

- b) Um die Biegezugspannung in Längsrichtung im Mauerwerk an der Innenseite auf $\sigma_{y,adm} = 1,0 \text{ N/mm}^2$ und die Stahlspannung auf einen zulässigen Wert zu begrenzen, sind die folgenden Gleichungen zu erfüllen:

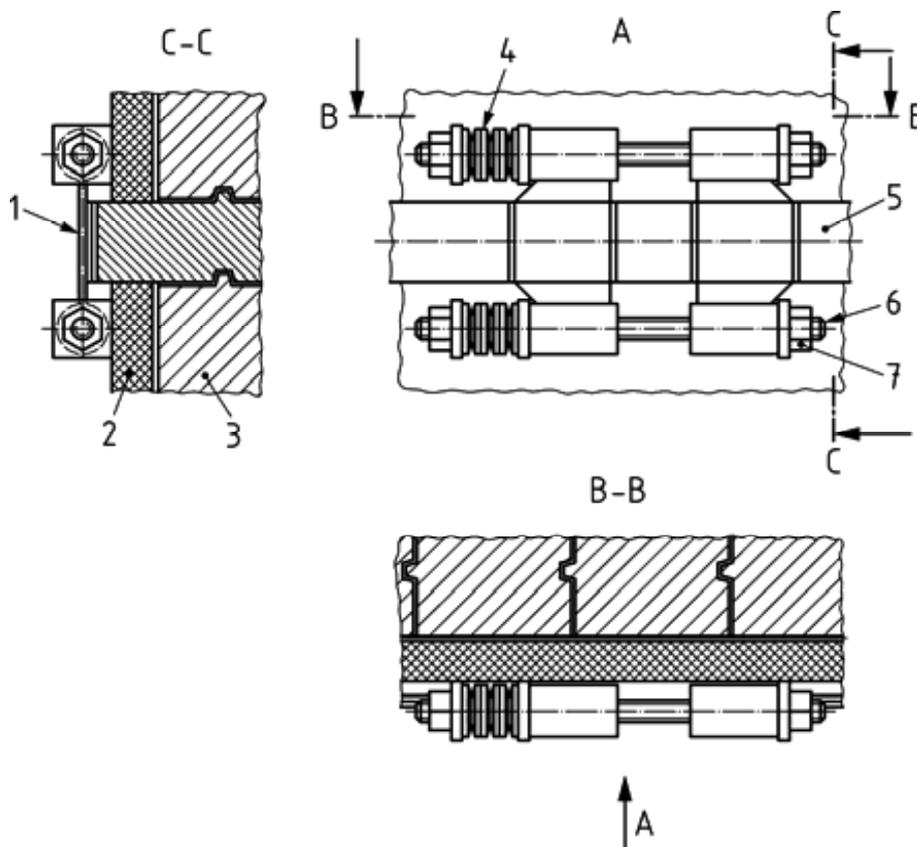
$$N \leq 0,9 \times \sigma_{y,adm} \times \sqrt{r \times t^3} \quad (\text{E.8})$$

$$A_s \geq 1,5 \times \frac{N}{f_y} \quad (\text{E.9})$$

Dabei ist

A_s die Querschnittsfläche des Bandes;

f_y der charakteristische Wert der Fließgrenze des Stahls im Band.



Legende

- | | | | |
|---|-------------------------------------|---|-----------------|
| 1 | Ausdehnungsring mit Spannverschluss | 5 | Stahlband |
| 2 | Wärmedämmung | 6 | Gewindestange |
| 3 | Innenrohr | 7 | Sechskantmutter |
| 4 | Federring | | |

Bild E.1 — Stahlbänder mit Federn

EN 13084-4:2005 (D)**E.2 Bewehrtes Mauerwerk****E.2.1 Allgemeines**

Die Bildung von Trennrissen im Mauerwerk des Innenrohrs kann durch die Verwendung von bewehrtem Mauerwerk behindert werden. In diesem Fall wird die Bewehrung in gesonderte horizontale Nuten im Mauerwerk eingefügt, die sich nahe der Außenseite der Wand befinden. Hierdurch werden die Innenrohre stabilisiert und vor dem Verlust der Dichtheit geschützt.

E.2.2 Bemessung

Die Funktionsweise von bewehrtem Mauerwerk ist vergleichbar mit der Funktion von Stahlbeton. Die Zugspannungen im Querschnitt werden von der Bewehrung, die Druckspannungen vom Mauerwerk aufgenommen.

Es sollten Festigkeitsberechnungen der vertikalen Innenrohrabschnitte durchgeführt werden, wobei angenommen wird, dass mindestens das Zwangsbiegemoment im Zustand der Rissbildung (Rissmoment) unter Berücksichtigung der aussteifenden Wirkung der Zugspannungen im Mauerwerk in allen Querschnitten wirkt. Der Widerstand des Mauerwerkquerschnitts im Grenzzustand der Tragfähigkeit sollte unter Vernachlässigung der Zugfestigkeit berechnet werden.

E.2.3 Baustoffe**E.2.3.1 Steine**

Abhängig vom Grad der chemischen Beanspruchung sollten Steine des Typs BT1, BT2, BT3 und BT4 nach EN 13084-5:2005, 5.1 verwendet werden. Steine des Typs BT5 dürfen nicht verwendet werden.

E.2.3.2 Mörtel

Abhängig vom Grad der chemischen Beanspruchung und der Wärmebeanspruchung sollten Mörtel des Typs MT1 (Kunstharmörtel), MT2 (Kaliwasserglaskitt) und MT3 (Mörtel auf der Basis von hydraulischem Zement), wobei letzterer nur in Verbindung mit CEM III Zement verwendet werden darf, nach EN 13084-5:2005, 5.2 verwendet werden.

Bezüglich der Verwendung von Kunstharmörtel des Typs MT1 sollte auf einen entsprechend hohen Glaspunkt geachtet werden.

E.2.3.3 Bewehrungsstahl

Es dürfen nur gerippte Stähle mit einem Durchmesser von mindestens 8 mm verwendet werden.

E.2.4 Korrosionsschutz

Korrosionsschutz ist erforderlich, um die Korrosion der in den Mörtel verlegten Bewehrung zu verhindern. Spezielle Verfahren sind:

- Feuerverzinkung (nur, falls kein chemischer Angriff vorhanden ist);
- Kunststoffbeschichtung (Epoxidharz mit einem entsprechend hohen Glaspunkt);
- Verwendung von nichtrostendem Stahl.

Bei der Verwendung von Beschichtungen sollte sichergestellt sein, dass

- die Eigenschaften der Beschichtung, insbesondere hinsichtlich des Verbundes, unter Temperatureinwirkung aufrechterhalten bleiben (kein „softening“),
- eine ausreichende Dicke der Beschichtung bezüglich der Anforderungen bei chemischer Beanspruchung besteht,
- die effektive Rippenhöhe des gerippten Stahls durch eine örtlich übermäßige Dicke der Beschichtung nicht verringert wird.

E.2.5 Ausführung

Die für die Aufnahme der Bewehrung vorgesehenen Nuten sollten nahe der Außenseite der Wand angeordnet werden (siehe Bild E.2).

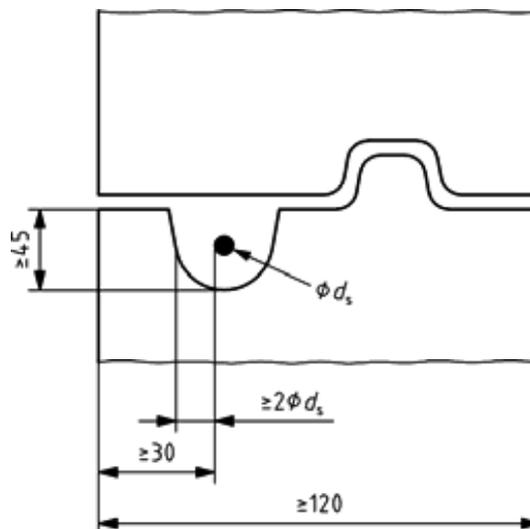
Die Überdeckung der Bewehrung gegenüber der Wandaußenseite sollte mindestens 30 mm und gegenüber der Wandung in den Formsteinen mindestens den zweifachen Stabdurchmesser d_s (siehe Bild E.2) betragen.

Die prozentuale Mindestbewehrung, bezogen auf den gesamten Querschnitt, muss 0,2 % betragen.

Übergreifungsstöße der einzelnen Stäbe sind nicht zulässig,

Die Mindestdicke des Mauerwerks muss 120 mm betragen.

Alle Fugen im Mauerwerk müssen vollständig verfüllt sein.



Legende

d_s Durchmesser des Bewehrungsstahles

Bild E.2 — Bewehrter Mauerwerksquerschnitt mit Formsteinen

Anhang F (informativ)

Wärmeeinwirkungen

Spannungen infolge Wärmeeinwirkungen

Die Spannungen infolge Wärmeeinwirkungen im Mauerwerk außerhalb des Kopf- und Fußbereiches eines Innenrohrschnitts können durch folgende Gleichungen ermittelt werden:

Stationäre Wärmeströmung:

$$\sigma_{T,\text{out}} = \sigma_{T,\text{in}} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{1-\nu} \times E \times \alpha_T \times \Delta T \quad (\text{F.1})$$

Instationäre Wärmeströmung:

$$\sigma_{T,\text{out}} = \frac{1}{1-\nu} \times E \times \alpha_T \times (T_m - T_{\text{out}}) \quad (\text{F.2})$$

$$\sigma_{T,\text{in}} = \frac{1}{1-\nu} \times E \times \alpha_T \times (T_m - T_{\text{in}}) \quad (\text{F.3})$$

In allen Fällen sollten die Bemessungswerte der Spannungen, $\sigma_{T,\text{out}}$ und $\sigma_{T,\text{in}}$, infolge Wärmeeinwirkungen kleiner als die Bemessungswerte der entsprechenden Festigkeiten sein.

Dabei ist

- $\sigma_{T,\text{out}}$ die Spannung aus Wärmeeinwirkungen an der Wandaußenseite infolge Temperaturdifferenzen;
- $\sigma_{T,\text{in}}$ die Spannung aus Wärmeeinwirkungen an der Wandinnenseite infolge Temperaturdifferenzen;
- E der Elastizitätsmodul des Mauerwerkes;
- ν die Poissonzahl;
- α_T der Wärmeausdehnungskoeffizient des Mauerwerkes;
- ΔT die Temperaturdifferenz zwischen der Außen- und der Innenseite der Wand;
- T_m die mittlere Wandtemperatur = $1/t \int T(x)dx$;
- $T(x)$ die Wandtemperatur als Funktion der Koordinate x über die Wanddicke;
- t die Wanddicke;
- T_{out} die Temperatur an der Außenseite der Wand;
- T_{in} die Temperatur an der Innenseite der Wand.

ANMERKUNG Am oberen Ende der Innenrohrabschnitte führt eine fehlende Halterung zu einer Zunahme der Spannungen aus Wärmeeinwirkungen (üblicherweise etwa 35 % bis 40 %). Diese Zunahme verringert sich jedoch sehr schnell: in einem Abstand von etwa $z = 3,8 \sqrt{t \times r}$ vom freien Ende, wobei r der mittlere Radius und t die Wanddicke am oberen Ende ist, ist der Wert null. Darüber hinaus wird der Temperaturgradient durch die Überlappung zwischen benachbarten Abschnitten begrenzt.

Anhang G (informativ)

Trocknen und Hochfahren

G.1 Neue Innenrohre

G.1.1 Allgemeines

Das Hochfahren sollte bei einem neuen Innenrohr aus Mauerwerk den folgenden Anforderungen genügen:

- ausreichendes Aushärten des Mörtels, um die mechanische Stabilität, den Verbund des Mauerwerks und die chemische Beständigkeit sicherzustellen;
- Ableiten der freien Feuchtigkeit, um die Gefahr einer schnellen Verdampfung zu vermeiden, die zum Abplatzen und Reißen des Mauerwerks führen könnte;
- Einhalten der Temperaturbeanspruchungen infolge des Temperaturgradienten über die Dicke der Innenrohrwand innerhalb der zulässigen Grenzwerte.

Mörtel auf der Basis von Kunstharzen (Typ MT1) härten üblicherweise innerhalb weniger Stunden nach dem Verarbeiten aus und sind nach mindestens 7 Tagen beständig gegenüber chemischen Beanspruchungen. Deshalb verzögern diese Mörtel nur selten das Hochfahren. Es ist wichtig, die Anweisungen des Mörtelherstellers hinsichtlich des Hochfahrens zu beachten, sie könnten strenger gefasst sein als die im Folgenden genannten.

Die Temperatur von Kaliwasserglaskitt (Typ MT2) sollte für die Dauer von mindestens 7 Tagen nach Errichten des Mauerwerks nicht unter 10 °C abfallen. Nach diesem Zeitraum sollten Festigkeit und chemische Beständigkeit so weit ausgebildet sein, dass mit dem Hochfahren begonnen werden kann.

G.1.2 Außen wärmegeämmte Innenrohre

Wenn in das Mauerwerk nahe sowohl der Innen- als auch der Außenseite der Wand eingelassene Thermolemente vorhanden sind, sollte die Aufheizgeschwindigkeit regelmäßig überprüft werden, um die Temperaturbeanspruchungen im Mauerwerk in zulässigen Grenzen zu halten (jeder Temperaturunterschied von 10 K zwischen der Innen- und Außenseite der Wand führt zu Zug- und Druckspannungen von 0,45 N/mm²).

Wenn der Temperaturgradient nicht gemessen werden kann, kann folgendes Verfahren angewendet werden. Es hat sich gezeigt, dass damit zufrieden stellende Ergebnisse bei Innenrohren mit äußerer Wärmedämmung und säurebeständigem Mauerwerk erreicht werden.

- Kontinuierliche Zunahme der Abgastemperatur bis zu 100 °C innerhalb von 18 h.
- Halten der Abgastemperatur bei 100 °C für 12 h.
- Zunahme der Abgastemperatur bis zur Betriebstemperatur mit einer konstanten Geschwindigkeit von 8 K/h.

EN 13084-4:2005 (D)

G.1.3 Nicht wärmegeämmte Innenrohre

Die Geschwindigkeit des Temperaturanstiegs bei nicht wärmegeämmten Innenrohren aus Mauerwerk sollte auf 60 % der in G.1.2 genannten Werte reduziert werden. Es können die gleichen Zeiträume für die konstant oder fast konstant gehaltene Temperatur angenommen werden.

G.2 Alte Innenrohre aus Mauerwerk

Der erste Absatz von G.1.2 gilt entsprechend. Wenn keine Thermolemente im Mauerwerk vorhanden sein sollten, kann wie folgt verfahren werden:

- a) Alte Innenrohre aus Mauerwerk, die länger als 3 Monate außer Betrieb waren und für längere Zeit Regen oder Schnee ausgesetzt waren:
 - Kontinuierliche Zunahme der Abgastemperatur bis zu 100 °C innerhalb von 6 h;
 - Halten der Abgastemperatur bei 100 °C für 6 h;
 - Zunahme der Abgastemperatur bis zur Betriebstemperatur mit einer konstanten Geschwindigkeit von 10 K/h.
- b) Alte Innenrohre aus Mauerwerk, die zwischen 3 Tagen und 3 Monaten außer Betrieb waren oder die keinem wesentlichen Regen oder Schnee ausgesetzt waren:
 - Zunahme der Abgastemperatur mit einer konstanten Geschwindigkeit von 12 K/h.
- c) Alte Innenrohre aus Mauerwerk, die innerhalb des zyklischen Betriebes für weniger als 3 Tage außer Betrieb waren:
 - sofern das Innenrohr keinem wesentlichen Regen oder Schnee ausgesetzt war, darf die Temperaturzunahme 20 K/h bis 25 K/h erreichen.

ANMERKUNG Bei nicht wärmegeämmten Innenrohren oder bei Mauerwerk aus Steinen Typ BT2 (b) nach EN 13084-5:2005, Tabelle 2 sollte die Geschwindigkeit der Temperaturzunahme auf 60 % der oben genannten Werte reduziert werden.

DIN EN 13084-6**DIN**

ICS 91.060.40

**Freistehende Schornsteine –
Teil 6: Innenrohre aus Stahl –
Bemessung und Ausführung;
Deutsche Fassung EN 13084-6:2004**

Free-standing chimneys –
Part 6: Steel liners –
Design and execution;
German version EN 13084-6:2004

Conduits de fumée auto-portants –
Partie 6: Parois intérieurs en acier –
Planification et exécution;
Version allemande EN 13084-6:2004

Gesamtumfang 18 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 13084-6:2005-03

Nationales Vorwort

Dieses Dokument wurde im CEN/TC 297 „Freistehende Industrieschornsteine“, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird, ausgearbeitet.

Der nationale Spiegelausschuss 11.37.00 „Freistehende Industrieschornsteine“ (SpCEN/TC 297) hat von deutscher Seite die Arbeiten mit seinen Experten begleitet.

ICS 91.060.40

Deutsche Fassung

**Freistehende Schornsteine
Teil 6: Innenrohre aus Stahl
Bemessung und Ausführung**

Free-standing chimneys —
Part 6: Steel liners —
Design and execution

Conduits de fumée auto-portants —
Partie 6: Parois intérieures en acier —
Planification et exécution

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 10. Oktober 2004 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, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, 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

EN 13084-6:2004 (D)

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	4
1 Anwendungsbereich.....	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe.....	6
4 Werkstoff.....	6
4.1 Allgemeines	6
4.2 Stähle.....	7
5 Allgemeine Anforderungen an die Bemessung und Konstruktion.....	7
5.1 Allgemeines	7
5.2 Innenrohr.....	7
5.3 Details des Innenrohres	7
5.3.1 Abstützungen und/oder Führungen.....	7
5.3.2 Öffnungen	8
5.3.3 Drainagesystem	8
5.3.4 Abdichtungen, Dichtungen und Dichtmassen.....	8
5.3.5 Dehnungsfugen.....	8
5.3.6 Schornsteinkopfabdeckung.....	8
5.3.7 Wärmedämmung	9
5.3.8 Ummantelung	9
5.3.9 Innere Schutzauskleidung.....	9
5.3.10 Blitzschutz	9
5.4 Gasdichtheit.....	9
5.5 Temperaturklassen	10
6 Bemessung und Konstruktion.....	10
6.1 Einwirkungen.....	10
6.1.1 Allgemeines	10
6.1.2 Eigenlasten	11
6.1.3 Einwirkungen durch Wind.....	11
6.1.4 Wärmeeinwirkungen	11
6.1.5 Innerer Bemessungsdruck.....	12
6.2 Nachweis.....	13
6.2.1 Allgemeines	13
6.2.2 Mechanische Werte.....	13
6.2.3 Öffnungen am Innenrohr	13
7 Herstellung.....	13
7.1 Toleranzen	13
7.2 Schutz der Oberflächen gegen chemische Angriffe	13
Anhang A (informativ) Berechnungsverfahren für Abgasströme mit unterschiedlichen Temperaturen	14

	Seite
Bilder	
Bild 1 — Lineare Temperaturdifferenz.....	12
Bild A.1 — Änderung der Temperaturdifferenz $\Delta T(z)$ über die Höhe des Innenrohres	14
Tabellen	
Tabelle 1 — Gasdichtheit	10
Tabelle 2 — Minimale Eckradien an Öffnungen im Innenrohr.....	13
Tabelle A.1 — Korrekturparameter der Wärmeübertragung A.....	15
Tabelle A.2 — Volumenparameter B	15
Tabelle A.3 — Parameter Eintrittsöffnungsbreite K	16

EN 13084-6:2004 (D)

Vorwort

Dieses Dokument (EN 13084-6:2004) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 297 „Free-standing industrial chimneys“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

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

Diese Europäische Norm ist Teil 6 des unten gelisteten Normenpaketes:

- EN 13084-1, *Freistehende Schornsteine — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*
- EN 13084-2, *Freistehende Schornsteine — Teil 2: Betonschornsteine*
- EN 13084-4, *Freistehende Schornsteine — Teil 4: Innenrohre aus Mauerwerk — Entwurf, Bemessung und Ausführung*
- EN 13084-5, *Freistehende Schornsteine — Teil 5: Baustoffe für Innenrohre aus Mauerwerk — Produktfestlegungen¹⁾*
- EN 13084-6, *Freistehende Schornsteine — Teil 6: Innenrohre aus Stahl — Entwurf, Bemessung und Ausführung*
- EN 13084-7, *Freistehende Schornsteine — Teil 7: Produktfestlegungen für zylindrische Stahlbauteile zur Verwendung in einschaligen Stahlschornsteinen und Innenrohre aus Stahl¹⁾.*
- EN 13084-8, *Freistehende Schornsteine — Teil 8: Entwurf, Bemessung und Ausführung von Tragmastkonstruktionen mit angehängten Abgasanlagen¹⁾*

Zusätzlich gilt

- EN 1993-3-2, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 3-2: Türme, Maste und Schornsteine – Schornsteine*

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

1) Noch zu veröffentlichen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument befasst sich mit den besonderen Anforderungen und Ausführungskriterien für das Bemessen und Konstruieren von Innenrohrkonstruktionen aus Stahl bei freistehenden Schornsteinen. Es legt die Anforderungen an zylindrische Innenrohre aus Stahl, wie in EN 13084-1 angegeben, fest.

Dieses Dokument gilt für das Bemessen und Konstruieren folgender drei Grundtypen von Innenrohren, die sich in einer tragenden Konstruktion befinden:

- a) unten abgestütztes Innenrohr;
- b) Etageninnenrohr;
- c) hängendes Innenrohr.

Zusätzlich gilt dieses Dokument auch für einwandige Schornsteine, deren Oberfläche mit den Abgasen in Berührung kommt.

Innenrohre aus vorgefertigten Metallschornsteinen nach EN 1856-1 und EN 1865-2 werden als unten abgestützte Innenrohre mit zusätzlichen Abstützungen und Führungen, wie in diesem Dokument definiert, eingebaut.

2 Normative Verweisungen

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

EN 1443, *Abgasanlagen — Allgemeine Anforderungen.*

EN 1856-1, *Abgasanlagen — Anforderungen an Metall-Abgasanlagen — Teil 1: Bauteile für System-Abgasanlagen.*

EN 1856-2, *Abgasanlagen — Anforderungen an Metallschornsteine — Teil 2: Innenrohre und Verbindungsstücke aus Metall.*

EN 1859:2000, *Abgasanlagen — Metallabgasanlagen — Prüfverfahren.*

EN 1993-1-6, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-6: Allgemeine Bemessungsregeln — Ergänzende Regeln für Schalenkonstruktionen.*

EN 1993-3-2, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 3-2: Türme, Maste und Schornsteine — Schornsteine.*

EN 10028 (alle Teile), *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen.*

EN 10088 (alle Teile), *Nichtrostende Stähle.*

EN 10095, *Hitzbeständige Stähle und Nickellegierungen.*

EN 13084-1:2000, *Freistehende Schornsteine — Teil 1: Allgemeine Anforderungen.*

prEN 13084-7:2001, *Freistehende Schornsteine — Teil 7: Produktfestlegungen für zylindrische Stahlbauteile zur Verwendung in einschaligen Stahlschornsteinen und Innenrohren aus Stahl.*

EN ISO 13920, *Welding — General tolerances for welded constructions — Dimensions for lengths and angles; Shape and position.*

IEC 62305, *Protection against lightning — Part 1: General principles.*

EN 13084-6:2004 (D)

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 13084-1:2000 und die folgenden Begriffe.

3.1

unten abgestütztes Innenrohr

Innenrohr, das nur am Fuß vertikal abgestützt ist

3.2

freistehendes Innenrohr

unten abgestütztes Innenrohr, das keine anderen horizontalen Abstützungen oder Halterung hat

3.3

geführtes Innenrohr

Innenrohr mit horizontalen Abstützungen und/oder Führungen, die freie Dehnungen erlauben

3.4

hängendes Innenrohr

Innenrohr, das vertikal am Kopf abgestützt ist

3.5

Etageninnenrohr aus Stahl

Innenrohr mit mindestens zwei unabhängig voneinander vertikal gestützten Abschnitten

3.6

Innenrohrabstützung

lasttragende Komponente, die das Innenrohr stützt

3.7

Abgaseinführung

Teil des Innenrohres, der die Abgase in das Innenrohr leitet

3.8

Gasstrom

Massen- oder Volumenstrom des Gases im Innenrohr je Zeiteinheit

3.9

einwandiger Schornstein

Innenrohr, das auch Einwirkungen aus Wind aufzunehmen hat

3.10

Leitbleche

Bleche, welche die Abgase in eine andere Richtung lenken

3.11

vorgefertigte Metallschornsteine

Schornsteine oder Innenrohre aus Metall, die nach EN 1856-1 und EN 1856-2 vorgefertigt werden.

4 Werkstoff

4.1 Allgemeines

Die zur Verwendung kommenden Werkstoffe sind auf der Grundlage der chemischen, thermischen und mechanischen Eigenschaften auszuwählen und müssen die Anforderungen von EN 13084-1 und EN 1993-3-2 erfüllen.

Die verwendeten Werkstoffe dürfen keinen negativen Einfluss aufeinander haben.

Wenn vorgefertigte Metallschornsteine verwendet werden, müssen die zusätzlichen Anforderungen dieses Dokuments erfüllt werden.

4.2 Stähle

Die üblicherweise verwendeten Stähle sind in prEN 13084-7 angegeben.

Andere Stähle müssen die Anforderungen nach EN 1993-3-2 und EN 13084-1 erfüllen.

5 Allgemeine Anforderungen an die Bemessung und Konstruktion

5.1 Allgemeines

Angaben für die strömungstechnische Berechnung zur Ermittlung des lichten Innenrohrdurchmessers enthält EN 13084-1.

Die Ausdehnung der Werkstoffe infolge Temperatur ist zu berücksichtigen.

Die Klasse des chemischen Angriffes muss für Stahlinnenrohre und für vorgefertigte Metallschornsteine EN 13084-1 entsprechen.

5.2 Innenrohr

Das Innenrohr ist so zu entwerfen, zu berechnen und zu bemessen, dass es in der Lage ist, Einwirkungen aufzunehmen, die verursacht werden durch:

- Eigengewicht;
- Druck;
- Temperatur;
- Interaktionen zwischen dem stützenden und führenden System;
- Herstellung, Transport und Montage.

Die Dehnungen sind auf der Grundlage der Temperatur, der Länge und des Durchmessers des Innenrohres zu ermitteln.

Bei vorgefertigten Metallschornsteinen ist die freie Beweglichkeit des Innenrohres sicherzustellen.

5.3 Details des Innenrohres

5.3.1 Abstützungen und/oder Führungen

Abstützungen und/oder Führungen sind so zu entwerfen, zu berechnen und zu bemessen, dass sie in der Lage sind, die Einwirkungen aufzunehmen, die hervorgerufen werden durch

- Innenrohrkonstruktion;
- lasttragende Konstruktion;
- Wärmefluss;
- Herstellung, Transport und Montage.

Bei vorgefertigten Metallschornsteinen darf der Abstand zwischen horizontalen Abstützungen nicht größer sein als 75 % der vom Hersteller nach EN 1856-1 und EN 1856-2 erklärten Werte, jedoch maximal 3,0 m. Die freie, nicht abgestützte Höhe über der letzten Abstützung darf 66 % der vom Hersteller nach EN 1856-1 und EN 1856-2 erklärten Werte nicht überschreiten, jedoch maximal 2,0 m.

EN 13084-6:2004 (D)

5.3.2 Öffnungen

Wenn in das Innenrohr Öffnungen geschnitten werden, z. B. für Abgaseinführungen, Messinstrumente oder Inspektionen, sind Beanspruchung und Stabilität in diesem Bereich unter Berücksichtigung aller auftretender Einwirkungen zu ermitteln.

Öffnungen im Innenrohr müssen gerundete Ecken haben. Details siehe 6.3.

Wenn vorgefertigte Metallschornsteine die in 6.3 angegebenen Kriterien nicht erfüllen können, kann eine geschweißte Einführungsstruktur verwendet werden, die die Anforderungen dieses Dokuments und von prEN 13084-7 erfüllt. Die Verbindung zwischen der geschweißten Einführungsstruktur und dem vorgefertigten Metallschornstein muss der Gasdichtheitsklasse des Innenrohres entsprechen.

Die Größe der Öffnungen ist entsprechend ihrer Nutzung festzulegen.

Mannlöcher müssen einen Mindestquerschnitt von $0,28 \text{ m}^2$ und eine lichte Weite von mindestens $0,45 \text{ m}$ haben.

Reinigungs- und Inspektionsöffnungen müssen so angeordnet werden, dass der Boden des Innenrohres eingesehen und wenn nötig gereinigt werden kann.

Wenn Öffnungen innerhalb des Tragrohres angeordnet sind, müssen sie der Gasdichtheitsklasse des Innenrohres entsprechen.

Wenn ein belüfteter Zwischenraum erforderlich ist muss eine geeignete Vorrichtung zur Begutachtung dieses Zwischenraumes vorhanden sein.

5.3.3 Drainagesystem

Für das Ableiten des Kondensates sind angemessene Vorkehrungen vorzusehen.

Das Drainagesystem ist entsprechend den Betriebsbedingungen zu dimensionieren und anzupassen.

Diese Norm befasst sich nicht mit der Entfernung und Beseitigung von Kondensat und Abfallprodukten vom Endpunkt des vom Schornsteinhersteller eingebauten Drainagesystems. Es sollte berücksichtigt werden, dass weder das Kondensat und die Abfallprodukte gefrieren können noch Kaltluft in das Innenrohr zurückströmen kann.

5.3.4 Abdichtungen, Dichtungen und Dichtmassen

Bei der Verwendung von Abdichtungen, Dichtungen und Dichtmassen ist deren Einfluss auf das Bauwerk zu berücksichtigen.

5.3.5 Dehnungsfugen

Dehnungsfugen müssen so entworfen, berechnet und bemessen werden, dass sie den Bewegungen aus Temperaturdehnungen, den Bewegungen des Schornsteines, den planmäßigen Drücken und der Zusammensetzung des Abgases standhalten.

Dehnungsfugen müssen dieselbe Gasdichtheit wie das Innenrohr haben.

5.3.6 Schornsteinkopfabdeckung

Die Schornsteinkopfabdeckung schützt den Zwischenraum zwischen dem(n) Innenrohr(en) und dem Tragrohr gegen das Eindringen von Witterung und Abgasen.

Die Auswirkungen von chemischen Einwirkungen sind zu berücksichtigen.

5.3.7 Wärmedämmung

Abweichend von EN 13084-1:2000, 4.3.2, muss die Wärmedämmung und/oder Ummantelung ausreichend sicherstellen, dass unter normalen Betriebsbedingungen bei einer Umgebungstemperatur von 15 °C die Oberflächentemperatur 50 °C, ohne Berücksichtigung der Sonneneinstrahlung, nicht überschritten wird, sofern der Schutz von Personen gefordert wird.

Die Wärmedämmung ist entsprechend zu befestigen, um das Abrutschen und/oder Zusammensacken zu verhindern. Dies kann durch Festheften und/oder Bandagieren erreicht werden.

Wenn die Wärmedämmung nicht durch eine Ummantelung abgedeckt ist, ist sie durch Maschendraht, Gewebe, Aluminiumfolie usw. abzudecken.

Die Wärmedämmung ist so anzubringen, dass an den Stößen die Lücken klein gehalten werden.

Der Einfluss von Wärmebrücken auf die Konstruktion des Innenrohres ist zu berücksichtigen.

5.3.8 Ummantelung

Die Ummantelung ist so auszubilden, herzustellen und zu befestigen, dass unterschiedliche thermische Dehnungen möglich sind und das Eindringen der Witterung verhindert wird.

Die Ummantelung ist durch Niete, Schrauben oder andere geeignete Mittel ausreichend anzubringen und zu befestigen.

5.3.9 Innere Schutzauskleidung

Innere Schutzauskleidung, (wie Ausmauerung, Wärmedämmung und Ummantelung) kann aus einem oder mehreren der folgenden Gründe notwendig werden:

- a) Schutz gegen chemische Angriffe;
- b) Schutz gegen hohe Temperaturen;
- c) Schutz gegen Feuer im Innenrohr.

Für die Auswahl und Anbringung von inneren Schutzauskleidungen sollte Rat von Spezialisten eingeholt werden.

5.3.10 Blitzschutz

Blitzschutz muss in Übereinstimmung mit EN 13084-1 und IEC 62305-1 sein.

5.4 Gasdichtheit

Die Gasdichtheitsklasse sollte nach Tabelle 1 festgelegt werden.

Wenn die Gasdichtheitsklasse nicht festgelegt ist, ist die Klasse H0 anzuwenden.

EN 13084-6:2004 (D)**Tabelle 1 — Gasdichtheit**

Klasse	Leckrate $\text{l s}^{-1} \text{m}^{-2}$	Prüfdruck Pa	Kommentare	Maximaler Betriebsdruck Pa	Anmerkung
H0	0,000	5 000	Kein belüfteter Zwischenraum erforderlich	Entwprechend Entwurf, Berechnung und Bemessung	
H1	0,006	5 000	Belüfteter Zwischenraum erforderlich	1 000	siehe EN 1443
H2	0,120	5 000	In freistehenden Schornsteinen nicht zu verwenden	—	siehe EN 1443
P1	0,006	200	Belüfteter Zwischenraum erforderlich	40	siehe EN 1443
P2	0,120	200	In freistehenden Schornsteinen nicht zu verwenden	—	siehe EN 1443
N1	2,0	40	In freistehenden Schornsteinen nicht zu verwenden	—	siehe EN 1443
N2	3,0	20	In freistehenden Schornsteinen nicht zu verwenden	—	siehe EN 1443

Wenn ein belüfteter Zwischenraum erforderlich wird, ist seine Wirksamkeit durch eine thermische und strömungstechnische Berechnung nachzuweisen. Es ist nachzuweisen, dass der Belüftungsstrom mindestens dem 20fachen der in der Tabelle genannten Leckrate entspricht. Der belüftete Zwischenraum muss eine Breite von mindestens 50 mm haben.

Falls die innere Oberfläche des Tragrohres einen Schutzanstrich hat oder nach prEN 13084-7:2001, Tabelle 4 entworfen wurde, kann der maximale Betriebsdruck um den Faktor 2,5 erhöht werden, jedoch bleiben der in der Tabelle angegebene Prüfdruck und die maximale Leckrate unverändert.

Wenn Nachfolgendes eingehalten wird, kann, ohne Tests durchzuführen, die Klasse H0 angenommen werden:

- voll verschweißte Verbindungen;
- Schraubverbindungen mit einem maximalen Schraubenabstand von 5-mal dem Schraubendurchmesser, eine Flanschdicke von mindestens dem 1,0fachen Schraubendurchmesser und einer Flanschdichtung.

Wenn eine Flanschdichtung verwendet wird, muss diese für die Anforderungen, die an die Bemessung des Innenrohres bei Normal- und planmäßiger Betriebstemperatur gestellt werden, geeignet sein.

Dichtungsringe dürfen in lastübertragenden Fugen nicht verwendet werden, es sei denn, sie sind speziell für diesen Einsatz ausgelegt.

5.5 Temperaturklassen

Die Temperaturklasse muss festgelegt werden.

Temperaturklassen siehe Tabelle 5 von prEN 13084-7:2001.

6 Bemessung und Konstruktion

6.1 Einwirkungen

6.1.1 Allgemeines

Einwirkungen sind nach EN 13084-1 zu ermitteln.

6.1.2 Eigenlasten

Die Eigenlast besteht aus dem Gewicht des Innenrohres und aller angebauten Komponenten.

Über längere Zeit am Innenrohr anhaftende Asche und Staub, sowie sich lösendes und zu Boden fallendes Material müssen berücksichtigt werden.

6.1.3 Einwirkungen durch Wind

Einwirkungen auf das Innenrohr infolge der Auslenkung des lastabtragenden Systems sind zu berücksichtigen.

Wenn das Innenrohr das Tragrohr überragt, müssen die Einwirkungen des Windes darauf bei der Berechnung zu berücksichtigen.

Der Windsog ist nach EN 1993-1-6 zu berücksichtigen.

6.1.4 Wärmeeinwirkungen

6.1.4.1 Allgemeines

Zur Berechnung der thermischen Einflüsse siehe EN 13084-1.

Wärmeeinwirkungen sind für alle Abgaskombinationen an der Abgaseinführung auf der Grundlage der Entwurfsbedingungen zu untersuchen.

Durch unterschiedliche Abgastemperaturen können beim Innenrohr sehr komplexe Verformungen mit zunehmenden Spannungen im Werkstoff, besonders im Bereich der Einführung, auftreten. Falls die Konstruktion nicht in der Lage ist, diese Spannungen aufzunehmen, können folgende Änderungen vorgenommen werden:

- a) Abgase vor dem Abgaseintritt mischen, um die Temperaturunterschiede zu minimieren;
- b) verschiedene Abgase in getrennten Innenrohren;
- c) konstruktive Details, um temperaturbedingte Spannungen zu minimieren.

Wenn Leit- oder Trennbleche verwendet werden, um die Strömungsdruckverluste zu reduzieren, reduzieren diese auch das Vermischen der Abgase.

6.1.4.2 Temperaturdifferenz

Beim Fehlen genauerer Angaben ist das Innenrohr für eine über den Umfang verteilte Temperaturdifferenz des Materials, wie in Bild 1 dargestellt, zu bemessen. Für ΔT muss der kleinere Wert der Gleichungen (1) bzw. (2) angesetzt werden.

$$\Delta T = 0,1 T_{\max} \quad \text{aber mindestens } \Delta T = 15 \text{ K} \quad (1)$$

$$\Delta T = \Delta T' D \frac{\pi}{2} \quad (2)$$

Dabei ist

T_{\max} die maximale Materialtemperatur auf Grund der Bemessungsabgastemperatur in ° C;

$\Delta T'$ der Temperaturgradient in K je m;

$$\Delta T' = 4 \frac{T_{\max}}{150} \quad \text{aber mindestens } \Delta T' = 4,0 \text{ k/m}; \quad (3)$$

D der Durchmesser in m.

Im Falle unterschiedlicher Abgastemperaturen können höhere Werte von ΔT auftreten. Ein Verfahren zur Berechnung ist im informativen Anhang A angegeben.

EN 13084-6:2004 (D)

Die Änderung der Temperaturdifferenz über die Höhe des Innenrohrs, von der Achse des Abgaseintrittes bis zur Mündung, kann nach Anhang A ermittelt werden.

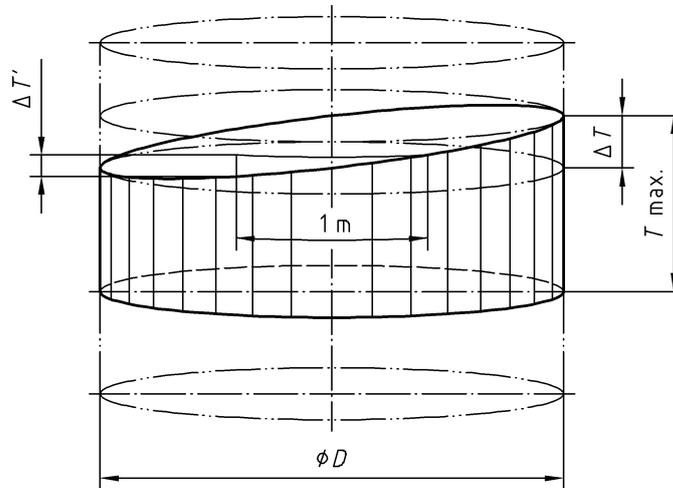


Bild 1 — Lineare Temperaturdifferenz

6.1.4.3 Russbrand

Die Einwirkung aus Russbrand ist als kurzzeitig wirkend anzunehmen. Um die Anforderungen aus dieser Einwirkung zu erfüllen, ist festzulegen, welche der folgenden drei Maßnahmen anzuwenden sind.

- a) Prüfung nach EN 1859:2000, 4.5.3.2,
- b) thermische Berechnungen nach EN 13084-1 unter Anwendung der unten angegebenen Bedingungen,
- c) Herstellung entsprechend den folgenden vier Mindestbedingungen:
 - Innenrohr mit einer tragenden äußeren Schale;
 - Innenrohr aus Stahl nach EN 10028, EN 10088 oder EN 10095, wie in prEN 13084-7, Tabelle 1 angegeben, mit einer minimalen abgerosteten Wanddicke von 1,5 mm;
 - Wärmedämmung des Innenrohres aus 50 mm dicker Mineralwolle. Die Mineralwolle muss einer Temperatur von 650 °C standhalten, eine Mindestdichte von 80 kg/m³ haben und mit Maschendraht ummantelt sein;
 - ein mindestens 30 mm breiter Luftspalt zwischen der Wärmedämmung und dem Tragrohr.

Falls die Russbrandbeständigkeit rechnerisch nach b) ermittelt wird, ist die Temperatur des Abgases innerhalb von 10 min von 20 °C auf 1 000 °C zu steigern. Diese hohe Temperatur ist über eine Dauer von 30 min zu halten. Die Temperatur der äußeren Oberfläche darf nicht höher als 80 °C werden.

6.1.5 Innerer Bemessungsdruck

Für die Ermittlung der Einwirkungen aus inneren Drücken siehe Anhang A von EN 13084-1:2000.

Durch plötzliche Unterbrechung und/oder Pulsation des Gasstromes können zusätzliche Einwirkungen aus inneren Drücken auftreten. Die Möglichkeit solcher Einwirkungen anzugeben.

Falls Abgaspulsation auftritt, sollten Ursache und Auswirkungen untersucht werden.

6.2 Nachweis

6.2.1 Allgemeines

Die Beanspruchungen sowohl in horizontalen als auch in vertikalen Querschnitten sind nach ENV 1993-3-2 nachzuweisen.

Innenrohre, die nicht unmittelbar durch Wind belastet werden, sind der Sicherheitsklasse „gering“ nach EN 1993-3-2 zuzuordnen.

6.2.2 Mechanische Werte

Die Streckgrenze ist nach Tabelle 1 von prEN 13084-7:2001 anzusetzen.

Der E-Modul ist nach Tabelle 2 von prEN 13084-7:2001 anzusetzen.

Für die Wärmeausdehnungskoeffizienten siehe Tabelle 3 von prEN 13084-7:2001.

6.2.3 Öffnungen am Innenrohr

Ecken in Öffnungen des Innenrohres müssen nach Tabelle 2 ausgerundet sein.

Tabelle 2 — Minimale Eckradien an Öffnungen im Innenrohr

Die maximalen rechnerischen Spannungen (Biegung oder Ermüdung)	> 75 %	> 50 %	> 35 %	> 10 %	≤ 10 %
	der maximal zulässigen Spannungen				
Minimaler Radius R der Ecken	10 t	8 t	5 t	2 t	—
Der größere Wert ist anzuwenden	10 mm				5 mm
t = Wanddicke des Innenrohres					

7 Herstellung

7.1 Toleranzen

Die zulässigen Herstellungstoleranzen für die Innenrohrschale nach EN 1993-3-2 und EN 1993-1-6 sind anzugeben.

Andere Herstellungstoleranzen für geschweißte Konstruktionen sind in EN ISO 13920 angegeben..

7.2 Schutz der Oberflächen gegen chemische Angriffe

Die äußeren und inneren Oberflächen eines Stahlinnenrohres können vor Umwelteinflüssen und korrosiven Gasen durch verschiedene Methoden geschützt werden: Anstriche, metallische Überzüge, Korrosionszuschlag, Ausmauerung, Ummantelung, Wahl nichtkorrodierender Werkstoffe usw.

Die Art des Oberflächenschutzes muss auf der Grundlage von Erfahrungen oder auf Rat eines Spezialisten ausgewählt werden.

Für den Korrosionszuschlag bei Oberflächen, die mit den Abgasen in Kontakt kommen (innere Korrosion), siehe Tabelle 4 von prEN 13084-7:2001.

Für den äußeren Korrosionszuschlag siehe Tabelle 5.1 der EN 1993-3-2.

Anhang A (informativ)

Berechnungsverfahren für Abgasströme mit unterschiedlichen Temperaturen

Die Ermittlung der sich über die Höhe und den Umfang des Innenrohres ändernden Temperaturdifferenzen ist ein sehr komplexes Problem. Beim Fehlen exakter Verfahren kann für den Fall, dass 2 Abgasströme in das Innenrohr eingeleitet werden, die folgende Näherung angewendet werden (Bild A.1):

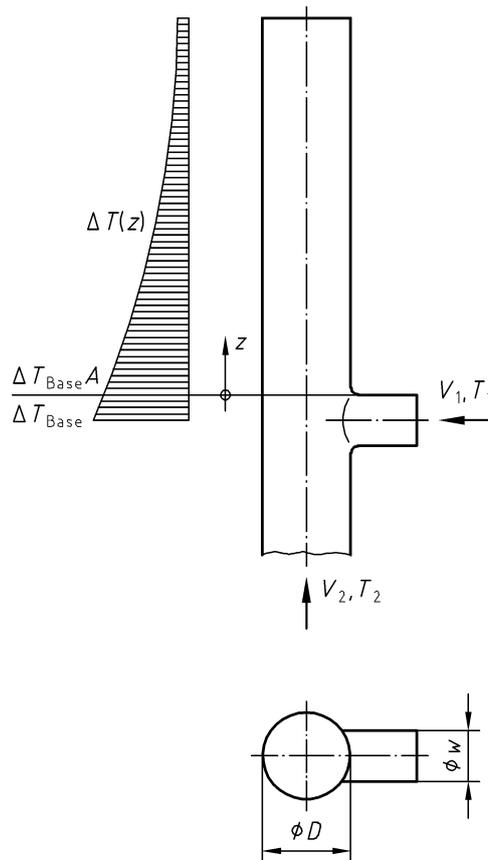


Bild A.1 — Änderung der Temperaturdifferenz $\Delta T(z)$ über die Höhe des Innenrohres

Die Änderung der Temperaturdifferenz $\Delta T(z)$ über die Höhe des Innenrohres kann nach Gleichung (A.1) ermittelt werden

$$\Delta T(z) = \Delta T_{\text{Base}} \cdot A \cdot e^{(-BKz/D)} \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

ΔT_{Base} der Absolutwert der Temperaturdifferenz der beiden Abgasströme $\Delta T_{\text{Base}} = |T_1 - T_2|$, aber mindestens der kleinere Wert von ΔT nach Gleichung (1) bzw. Gleichung (2);

A Korrekturparameter der Wärmeübertragung nach Tabelle A.1;

B Volumenparameter nach Tabelle A.2;

- K Parameter der Eintrittsöffnungsbreite nach Tabelle A.3;
 z Höhe über Oberkante der Eintrittsöffnung;
 D Durchmesser des Innenrohres;
 w Breite der Eintrittsöffnung;
 V_1, V_2 Volumen der Abgasströme 1 bzw. 2;
 T_1, T_2 Temperatur der Abgasströme 1 bzw. 2.

Gleichung (A.1) kann auch für nur einen Abgasstrom verwendet werden. In diesem Fall sollten die folgenden Werte angesetzt werden:

$$\Delta T_{\text{Base}} = \text{kleinster Wert von } \Delta T \text{ nach Gleichung (1) bzw. Gleichung (2);}$$

$$V_1/V_2 = 1.$$

Tabelle A.1 — Korrekturparameter der Wärmeübertragung A

ΔT_{Base} K	Korrekturparameter der Wärmeübertragung A
0	1,00
50	0,96
100	0,92
150	0,86
200	0,79
250	0,74
300	0,69
350	0,65
400	0,62

Der Korrekturparameter A der Wärmeübertragung kann nach folgender Gleichung ermittelt werden:

$$A = 1 - 5,792 \times 10^{-4} \times \Delta T_{\text{Base}} - 3,392 \times 10^{-6} \times \Delta T_{\text{Base}}^2 + 6,195 \times 10^{-9} \times \Delta T_{\text{Base}}^3 \quad (\text{A.2})$$

Tabelle A.2 — Volumenparameter B

Verhältnis der Volumenströme V_1/V_2	Volumenparameter B
1,0	0,40
0,8	0,48
0,6	0,57
0,4	0,65

EN 13084-6:2004 (D)

Der Volumenparameter B kann nach folgender Gleichung ermittelt werden:

$$B = 0,82 - 0,42 \times V_1/V_2 \quad (\text{A.3})$$

Tabelle A.3 — Parameter der Eintrittsöffnungsbreite K

Verhältnis der Eintrittsöffnungsbreite D/w	Parameter der Eintrittsöffnungsbreite K
1,0	1,00
1,2	1,03
1,4	1,07
1,6	1,10
1,8	1,13
2,0	1,17
2,2	1,20

Der Parameter der Eintrittsöffnungsbreite K kann nach folgender Gleichung ermittelt werden:

$$K = 0,832 + 0,168 \times D/w \quad (\text{A.4})$$

DIN EN 13084-8**DIN**

ICS 91.060.40

**Freistehende Schornsteine –
Teil 8: Entwurf, Bemessung und Ausführung von
Tragmastkonstruktionen mit angehängten Abgasanlagen;
Deutsche Fassung EN 13084-8:2005**

Free-standing industrial chimneys –
Part 8: Design and execution of mast construction with satellite components;
German version EN 13084-8:2005

Cheminées auto-portantes –
Partie 8: Conception et mise en oeuvre des mâts intégrant des conduits systèmes
métalliques;
Version allemande EN 13084-8:2005

Gesamtumfang 16 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 13084-8:2005-08

Nationales Vorwort

Diese Norm wurde im CEN/TC 297 „Freistehende Industrieschornsteine“, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird, ausgearbeitet.

Der nationale Spiegelausschuss 11.37.00 „Freistehende Industrieschornsteine“ (SpCEN/TC 297) hat von deutscher Seite die Arbeiten mit seinen Experten begleitet.

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN 13084-8

April 2005

ICS 91.060.40

Deutsche Fassung

**Freistehende Schornsteine —
Teil 8: Entwurf, Benennung und Ausführung von
Tragmastkonstruktionen mit angehängten Abgasanlagen**

Free-standing industrial chimneys —
Part 8: Design and execution of mast construction with
satellite components

Cheminées auto-portantes —
Partie 8: Conception et mise en oeuvre des mâts intégrant
des conduits systèmes métalliques

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 1. März 2005 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, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, 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

EN 13084-8:2005 (D)

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	3
1 Anwendungsbereich.....	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe.....	4
4 Anforderungen an die Bauteile.....	6
4.1 Tragmast	6
4.2 Satellitenrohre	6
5 Entwurf, Berechnung und Bemessung.....	6
5.1 Allgemeine Anforderungen an den Entwurf.....	6
5.1.1 Allgemeines	6
5.1.2 Geschweißte Rohre.....	6
5.1.3 Vorgefertigte Elemente für System-Abgasanlagen	6
5.2 Berechnung und Bemessung	7
5.2.1 Allgemeines	7
5.2.2 Einwirkungen.....	7
6 Anforderungen an die Montage	8
Anhang A (normativ) Berechnungsverfahren zur Bestimmung von Querschwingungen, die durch Wind verursacht werden	9
A.1 Beispiele für die Definition des umhüllenden Durchmessers	9
A.2 Wirbelerregung.....	9
A.2.1 Kritische Windgeschwindigkeit.....	9
A.2.2 Bestimmung des maximalen Schwingwegamplitudenverhältnisses	10
A.2.3 Nachweise.....	12
A.3 Klassisches Galloping.....	13
A.3.1 Einsetzgeschwindigkeit für klassisches Galloping.....	13
A.3.2 Nachweis.....	13
Literaturhinweise.....	14
Bilder	
Bild 1 — Beispiele einer Tragmastkonstruktion mit angehängten Satellitenrohren.....	5
Bild A.1 — Definition des umhüllenden Durchmessers D	9
Tabellen	
Tabelle A.1 — Parameter a für die Ermittlung der maximalen Schwingwegamplitude y_F/D durch Wirbelerregung.....	12
Tabelle A.2 — Parameter St_o , k und q für die Ermittlung der Strouhalzahl St	12

Vorwort

Dieses Dokument (EN 13084-8:2005) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 297 „Free-standing industrial chimneys“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

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

Diese Europäische Norm ist Teil 8 des unten gelisteten Normenpaketes:

- EN 13084-1, *Freistehende Schornsteine — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*
- EN 13084-2, *Freistehende Schornsteine — Teil 2: Betonschornsteine*
- EN 13084-4, *Freistehende Schornsteine — Teil 4: Innenrohre aus Mauerwerk — Entwurf, Bemessung und Ausführung*
- EN 13084-5, *Freistehende Schornsteine — Teil 5: Baustoffe für Innenrohre aus Mauerwerk — Produktfestlegungen*
- EN 13084-6, *Freistehende Schornsteine — Teil 6: Innenrohre aus Stahl — Entwurf, Bemessung Konstruktion und Ausführung*
- EN 13084-7, *Freistehende Schornsteine — Teil 7: Produktfestlegungen für zylindrische Stahlbauteile zur Verwendung in einschaligen Stahlschornsteinen und Innenrohre aus Stahl*
- EN 13084-8, *Freistehende Schornsteine — Teil 8: Entwurf, Bemessung und Ausführung von Tragmastkonstruktionen mit angehängten Abgasanlagen*

Zusätzlich gilt

- EN 1993-3-2, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 3-2: Türme, Maste und Schornsteine — Schornsteine*

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

EN 13084-8:2005 (D)

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt das Verfahren zur Festlegung der Entwurfs- und Bemessungskriterien sowie das Verfahren der Montage für freistehende Tragmastkonstruktionen mit Satellitenrohren aus geschweißten Rohren nach prEN 13084-7 oder aus vorgefertigten Elementen für System-Abgasanlagen nach EN 1856-1:2003, Tabelle D.1.

2 Normative Verweisungen

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

EN 1443:2003, *Abgasanlagen — Allgemeine Anforderungen*

EN 1856-1:2003, *Abgasanlagen — Anforderungen an Metall-Abgasanlagen — Teil 1: Bauteile für System-Abgasanlagen*

EN 1856-2, *Abgasanlagen — Anforderungen an Metall-Abgasanlagen — Teil 2: Innenrohre und Verbindungsstücke aus Metall*

EN 1859:2000, *Abgasanlagen — Metall-Abgasanlagen — Prüfverfahren*

EN 1990, *Grundlagen der Tragwerksplanung*

ENV 1991-2-4, *Eurocode 1: Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkung auf Tragwerke — Teil 2-4: Einwirkungen auf Tragwerke — Einwirkung von Wind*

ENV 1993-3-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 3-1: Türme, Maste und Schornsteine; Türme und Maste*

ENV 1993-3-2:1997, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 3-2: Türme, Maste und Schornsteine — Schornsteine*

EN 13084-1:2000, *Freistehende Schornsteine — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

EN 13084-6:2004, *Freistehende Schornsteine — Teil 6: Innenrohre aus Stahl - Bemessung und Ausführung*

prEN 13084-7, *Freistehende Schornsteine — Teil 7: Produktfestlegungen für zylindrische Stahlbauteile zur Verwendung in einschaligen Stahlschornsteinen und Innenrohren aus Stahl*

EN 13384-1, *Abgasanlagen — Wärme- und strömungstechnische Berechnungsverfahren — Teil 1: Abgasanlagen mit einer Feuerstätte*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1443:2003, EN 1856-1:2003, EN 1859:2000, EN 13084-1:2000, EN 13084-6:2004 und die folgenden Begriffe.

3.1

Tragmastkonstruktion

freistehende Stahlkonstruktion aus einem Tragmast und einem oder mehreren angehängten Satellitenrohren (siehe Bild 1)

3.2**Tragmast**

aus Rohr- oder Profilquerschnitten hergestelltes Bauteil, an dem die Satellitenrohre befestigt werden, das als Kragsystem, mit Seilen abgespannt oder an einem Gebäude abgestützt sein kann (siehe Bild 1)

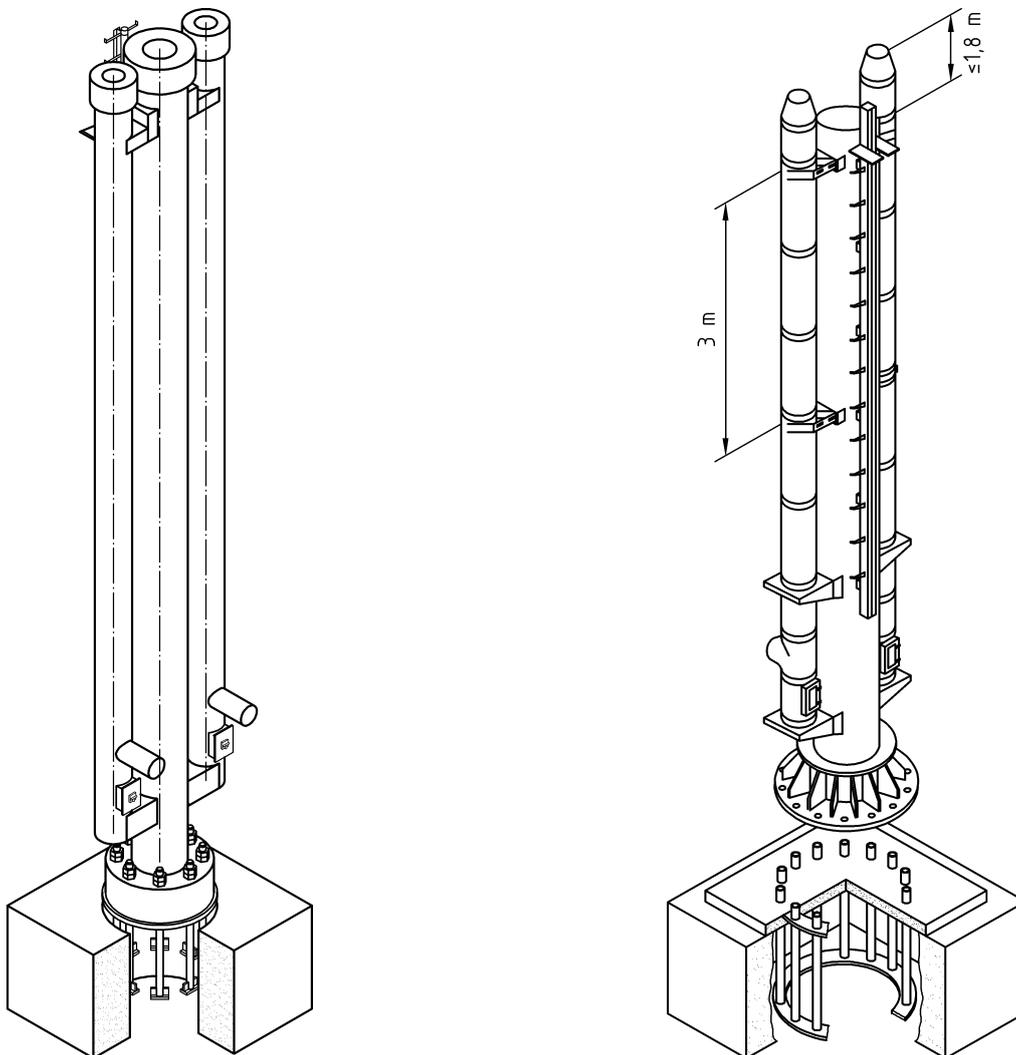
3.3**Satellitenrohr**

Bauteil, das außen am Tragmast angebracht ist (siehe Bild 1)

3.4**Mastbefestigungsband**

festе bauliche Verbindung zwischen dem Tragmast und den Satellitenrohren zur Aufnahme der horizontalen Lasten (siehe Bild 1)

Maße in Meter



a) Konstruktion unter Verwendung von geschweißten Rohren nach prEN 13084-7

b) Konstruktion unter Verwendung von vorgefertigten Elementen für System-Abgasanlagen nach EN 1856-1:2003, Tabelle D.1

Bild 1 — Beispiele einer Tragmastkonstruktion mit angehängten Satellitenrohren

EN 13084-8:2005 (D)

3.5

Mastführungsstütze

bauliche Verbindung zwischen dem Tragmast und den Satellitenrohren, die eine seitliche Abstützung, aber auch eine vertikale Bewegung der Satellitenrohre ermöglicht (siehe Bild 1)

4 Anforderungen an die Bauteile

4.1 Tragmast

Entwurf und Bemessung, Werkstoffe und Herstellung des Tragmastes müssen ENV 1993-3-1 und ENV 1993-3-2 entsprechen.

Die Stahlkonstruktion ist nach ENV 1993-3-1 und ENV 1993-3-2 gegen Korrosion zu schützen.

4.2 Satellitenrohre

Geschweißte Rohre müssen in Übereinstimmung mit prEN 13084-7 sein.

Vorgefertigte Elemente für System-Abgasanlagen, die als Satellitenrohre verwendet werden, müssen in Übereinstimmung mit EN 1856-1 sein

5 Entwurf, Berechnung und Bemessung

5.1 Allgemeine Anforderungen an den Entwurf

5.1.1 Allgemeines

Der lichte Durchmesser der Satellitenrohre ist in Übereinstimmung mit EN 13084-1:2000, Anhang A zu ermitteln. Bis zu einer Höhe von 20 m darf EN 13384-1 verwendet werden.

Die Satellitenrohre sind ohne Schrägführung am Tragmast zu befestigen.

Jedes Satellitenrohr ist mit einer Reinigungstür und einem Drainageanschluss auszurüsten.

Jedes Satellitenrohr darf nur Bauteile des gleichen Rohrtyps und gleichen lichten Durchmessers haben.

Die äußere Oberflächentemperatur muss in Übereinstimmung mit den Angaben in EN 13084-6 sein.

Die Konstruktion muss Kontaktkorrosion zwischen unterschiedlichen Werkstoffen verhindern.

Geschraubte Verbindungen müssen einen Schrauben mindesten der Größe M12 haben.

5.1.2 Geschweißte Rohre

Der Abstand zwischen den Punkten, an denen die geschweißten Satellitenrohre am Tragmast befestigt sind, sowie die überkragende freie Länge sind auf Grund von statischen Berechnungen festzulegen.

5.1.3 Vorgefertigte Elemente für System-Abgasanlagen

Die Bauhöhe der gesamten Konstruktion mit vorgefertigten Elementen für System-Abgasanlagen nach EN 1856-1 darf 30 m über Gelände nicht übersteigen.

Die Befestigungen der Elemente am Tragmast sollten im Bereich der Rohrstöße sowie im Bereich des Feuerungsanschlusses und der Prüföffnung angeordnet werden. Es sind die vom Hersteller der Elemente für System-Abgasanlagen entworfenen Mastbefestigungsbänder bzw. Mastführungsstützen zu verwenden.

Bei vorgefertigten Elementen für System-Abgasanlagen darf der Abstand zwischen den Befestigungspunkten 75 % der vom Hersteller erklärten Werte, wie sie in EN 1856-1 und EN 1856-2 definiert sind, maximal 3,0 m, nicht überschreiten. (Für den Fall, dass keine Ergebnisse aus Windbelastungsprüfungen nach EN 1859 vorliegen, beträgt der maximale Abstand 1,5 m.) Die über die oberste Befestigung auskragende freie Länge darf 66 % der vom Hersteller erklärten Werte, wie sie in EN 1856-1 und EN 1856-2 definiert sind, maximal 2,0 m, nicht überschreiten. (Für den Fall, dass keine Ergebnisse aus Windbelastungsprüfungen nach EN 1859 vorliegen, beträgt die Länge des freien Endes maximal 1,0 m.)

Die maximale Länge zwischen den vertikalen Unterstützungen ist vom Hersteller der vorgefertigten Elemente für System-Abgasanlagen anzugeben. Sofern erforderlich, sind zusätzliche Zwischenunterstützungen anzubringen.

5.2 Berechnung und Bemessung

5.2.1 Allgemeines

Es gelten die in EN 1990 festgelegten Bemessungsgrundlagen. Für jede Art der Ausführung bzw. Bauart sind gesonderte Berechnungen durchzuführen.

Der Mast mit den angehängten Satellitenrohren ist sowohl für den Endzustand als auch für alle Phasen der Montage nach ENV 1993-1 und ENV 1993-3-2 zu berechnen und zu bemessen.

Die angehängten Satellitenrohre sind nach EN 13084-6 und prEN 13084-7 zu berechnen und zu bemessen. Vorgefertigte Elemente für System-Abgasanlagen müssen mit den Anforderungen in EN 1856-1 übereinstimmen und für den beabsichtigten Verwendungszweck zertifiziert sein.

5.2.2 Einwirkungen

5.2.2.1 Allgemeines

Es gilt EN 13084-1.

Die Einwirkungen durch Wind sind mit dem umhüllenden Durchmesser D zu ermitteln (siehe Bild A.1).

5.2.2.2 Einwirkungen durch Wind in Windrichtung

Einwirkungen durch Wind auf die Tragmastkonstruktion in Windrichtung sind nach ENV 1991-2-4 zu berechnen.

Wenn kein anderer Wert nachgewiesen werden kann, ist der aerodynamische Kraftbeiwert mit $c_f = 1,2$ anzusetzen.

Für angehängte Satellitenrohre ist der aerodynamische Kraftbeiwert mit $c_f = 1,5$ anzusetzen. Wenn bei vorgefertigten Elementen für System-Abgasanlagen die 3-Sekunden-Windgeschwindigkeit an der Spitze der Konstruktion mehr als 30 m/s beträgt, sind für die Verwendung von Elementen nach EN 1856-1, die nach EN 1859 mit einer maximalen Einwirkung von 1,5 kN/m² geprüft sind, zusätzliche Nachweise erforderlich.

Der Böenreaktionsfaktor φ_B ist unter Verwendung eines logarithmischen Dämpfungsdekrementes von $\delta_B = 0,1$ zu ermitteln.

5.2.2.3 Wirbelerregte Schwingungen

Wirbelerregte Schwingungen sind nach A.2 zu berechnen.

EN 13084-8:2005 (D)

5.2.2.4 Klassisches Galloping

Die Stabilität der Tragmastkonstruktion gegenüber klassischen Gallopingschwingungen ist nach A.3 nachzuweisen.

6 Anforderungen an die Montage

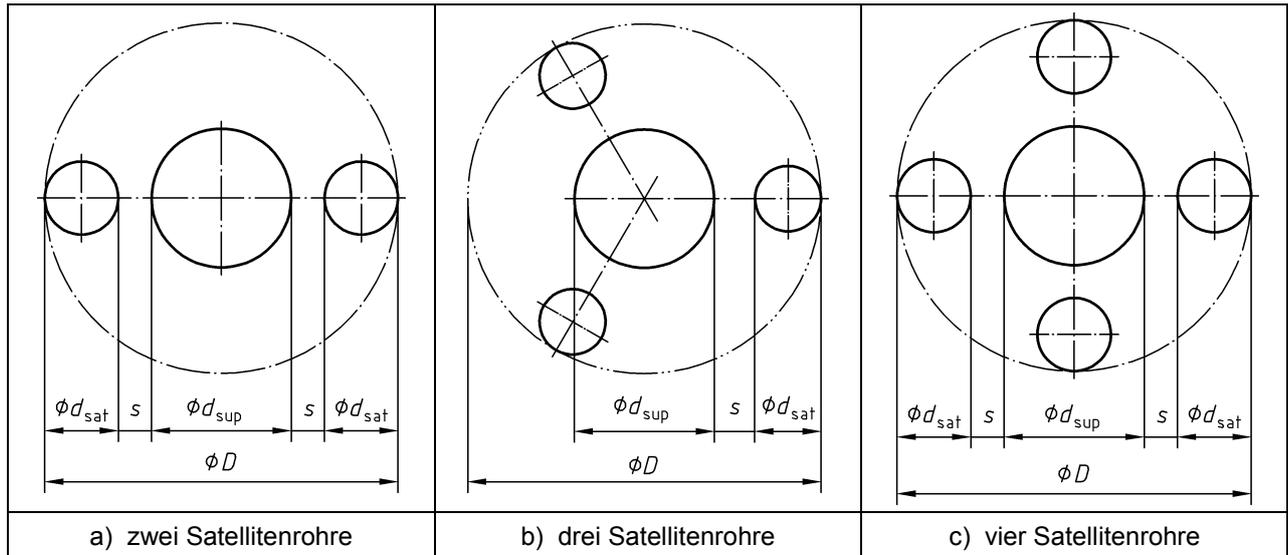
Für Tätigkeiten auf der Baustelle sind ENV 1993-3-2 und EN 13084-1 zu beachten.

Wenn vorgefertigte Elemente für System-Abgasanlagen verwendet werden, sind die Montageanweisungen des Herstellers zu beachten.

Anhang A (normativ)

Berechnungsverfahren zur Bestimmung von Querschwingungen, die durch Wind verursacht werden

A.1 Beispiele für die Definition des umhüllenden Durchmessers



Legende

- d_{sat} äußerer Durchmesser der Satellitenrohre
 s Spalt zwischen Tragmast und Satellitenrohr
 d_{sup} äußerer Durchmesser des Tragmastes
 D umhüllender Durchmesser der gesamten Konstruktion

Bild A.1 — Definition des umhüllenden Durchmessers D

A.2 Wirbelerregung

A.2.1 Kritische Windgeschwindigkeit

Die kritische Windgeschwindigkeit v_{crit} , bei der die Frequenz der Schwingungserregung gleich der Eigenfrequenz der gesamten Tragmastkonstruktion ist, ergibt sich aus:

$$v_{\text{crit}} = \frac{f_e \cdot D}{St} \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

- f_e Grundeigenfrequenz der gesamten Tragmastkonstruktion;
 St Strouhalzahl nach Gleichung (A.8).

EN 13084-8:2005 (D)

Kritische Resonanz kann nicht entstehen, wenn:

$$v_{\text{crit}} > 1,25 \cdot v_m(z)$$

Dabei ist

$v_m(z)$ die mittlere Windgeschwindigkeit nach ENV 1991-2-4, ermittelt auf der Höhe (z), dem Zentrum der Wirklänge, in der Wirbelerregung erfolgt.

A.2.2 Bestimmung des maximalen Schwingwegamplitudenverhältnisses

Das maximale Schwingwegamplitudenverhältnis, $\max y_F/D$, das bei der kritischen Windgeschwindigkeit auftritt, ist wie folgt zu berechnen:

$$\frac{\max y_F}{D} = \frac{\varepsilon \cdot a}{\frac{Sc}{K} \cdot \frac{St^2}{K_W}} \quad \text{gültig für } \max y_F/D \leq 0,3 \quad (\text{A.2})$$

ANMERKUNG Die vereinfachten Gleichung basieren auf einer Linearisierung der aerodynamischen Werte für wirbelerregte Schwingwegamplituden. Dies schränkt die Gültigkeitsgrenzen ein.

Bei kleinen Amplituden ($\max y_F/D \leq 0,1$) werden die Werte überschätzt und wenn $\max y_F/D \geq 0,3$, können die Werte unterschätzt werden.

Werte $\max y_F/D \geq 0,3$ deuten auf eine mögliche Instabilität des Bauwerkes hin. Maßnahmen, wie Erhöhung der Dämpfung oder Vergrößerung des Abstandes zwischen dem Tragrohr und den Satellitenrohren, sind in Erwägung zu ziehen.

Dabei ist

$\max y_F$ die maximale Schwingwegamplitude (rechnerischer Wert der horizontalen Auslenkung);

ε schlankheitsabhängige Abminderungsfaktor nach Gleichungen (A.3) bis (A.5).

$$\varepsilon = 0 \quad \text{für } \frac{h_F}{D} \leq 7,1 \quad (\text{A.3})$$

$$\varepsilon = -0,085 + 4,6 \times 10^{-6} \cdot \left(\frac{h_F}{D}\right)^5 \quad \text{für } 7,1 < \frac{h_F}{D} < 11,9 \quad (\text{A.4})$$

$$\varepsilon = 1,0 \quad \text{für } \frac{h_F}{D} \geq 11,9 \quad (\text{A.5})$$

h_F die Gesamthöhe;

a Parameter nach Tabelle A.1;

Sc der Scrutonzahl

$$Sc = \frac{2 \cdot m \cdot \delta}{\rho \cdot D^2} \quad (\text{A.6})$$

m die reduzierte Masse der gesamten Tragmastkonstruktion je Längeneinheit nach ENV 1991-2-4. Zur Vereinfachung kann die gemittelte Masse je Längeneinheit im oberen Drittel, einschließlich aller angehängter Bauteile, angesetzt werden;

δ das logarithmische Dekrement der Strukturdämpfung der gesamten Tragmastkonstruktion.

Das logarithmische Dämpfungsdekrement ist wie folgt anzusetzen:

$$\delta = \delta_{\text{sup}} + \sum_{i=1}^n \Delta\delta_{\text{sat}}(i) \quad (\text{A.7})$$

Das Dämpfungsdekrement δ_{sup} eines geschweißten oder mit HV-Schrauben vorgespannten Tragmastes ist mit $\delta_{\text{sup}} = 0,015$ anzusetzen.

Bei geschweißten Rohren bestimmt die Art der Verbindung zwischen den Satellitenrohren und dem Tragmast das logarithmische Dämpfungsdekrement $\Delta\delta_{\text{sat}}$. Der Rat eines Spezialisten sollte eingeholt werden.

Bei vorgefertigten Elementen für System-Abgasanlagen bestimmt die Art der Verbindung zwischen den Elementen das logarithmische Dämpfungsdekrement. Die folgenden Werte können angesetzt werden:

- Satellitenrohre mit formschlüssigen Verbindungen zwischen den Bauteilen $\Delta\delta_{\text{sat}} = 0,006$
- Satellitenrohre mit kraftschlüssigen Verbindungen zwischen den Bauteilen $\Delta\delta_{\text{sat}} = 0,008$

n die Zahl der Satellitenrohre;

ρ die Dichte der Luft (1,25 kg/m³);

K der Beiwert der Schwingungsform nach ENV 1991-2-4. Für Kragsysteme darf K mit 0,13 angesetzt werden;

St die Strouhalzahl nach Gleichung (A.8).

$$St = St_0 + k \left(\frac{s}{d_{\text{sat}}} \right)^q \quad \text{für } 0 \leq s/d_{\text{sat}} \leq 0,8 \quad (\text{A.8})$$

mit St_0 , k und q nach Tabelle A.2

K_W der Wirklängenfaktor nach ENV 1991-2-4. Für Kragsysteme darf K_W nach Gleichung (A.9) ermittelt werden.

$$K_W = 3 \cdot \frac{L/D}{h_F/D} \left[1 - \frac{L/D}{h_F/D} + \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{L/D}{h_F/D} \right)^2 \right] \quad \text{aber nicht größer als } K_W = 0,6 \quad (\text{A.9})$$

L die Wirklänge nach ENV 1991-2-4

EN 13084-8:2005 (D)

Tabelle A.1 — Parameter a für die Ermittlung der maximalen Schwingwegamplitude y_F/D durch Wirbelerregung

Abstandsverhältnis s/d_{sat}	2 Satellitenrohre			3 Satellitenrohre			4 Satellitenrohre		
	$d_{\text{sat}}/d_{\text{sup}}$			$d_{\text{sat}}/d_{\text{sup}}$			$d_{\text{sat}}/d_{\text{sup}}$		
	0,42	0,56	0,80	0,42	0,56	0,80	0,42	0,56	0,80
0,0	0,11	0,33	0,44	0,22	0,45	0,55	0,45	0,45	0,45
0,1	0,055	0,17	0,28	0,55	0,66	0,77	0,45	0,45	0,45
0,2	0,055	0,17	0,28	0,45	0,50	0,55	0,45	0,45	0,45
0,3	0,055	0,055	0,17	0,17	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
0,4	0,055	0,055	0,055	0,17	0,33	0,33	0,22	0,22	0,22
0,5	0,055	0,055	0,055	0,17	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
0,6	0,055	0,055	0,055	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
0,7	0,055	0,055	0,055	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
0,8	0,055	0,055	0,055	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17

$s, d_{\text{sat}}, d_{\text{sup}}$ siehe Bild A.1
Zwischenwerte sind linear zu interpolieren

Tabelle A.2 — Parameter St_0, k und q für die Ermittlung der Strouhalzahl St

Parameter für Gleichung (A.8)	2 Satellitenrohre			3 Satellitenrohre			4 Satellitenrohre		
	$d_{\text{sat}}/d_{\text{sup}}$			$d_{\text{sat}}/d_{\text{sup}}$			$d_{\text{sat}}/d_{\text{sup}}$		
	0,42	0,56	0,80	0,42	0,56	0,80	0,42	0,56	0,80
St_0	0,16	0,16	0,16	0,13	0,13	0,13	0,17	0,17	0,17
k	0,18	0,53	0,82	0,15	0,21	0,33	0,24	0,27	0,27
q	1,0	1,7	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

$d_{\text{sat}}, d_{\text{sup}}$ siehe Bild A.1
Zwischenwerte sind linear zu interpolieren

A.2.3 Nachweise

A.2.3.1 Angehängte Bauteile

Satellitenrohre und alle an den Tragmast angehängten Bauteile sind nach ENV 1991-2-4 auf Schwingungen zu untersuchen. Der Nachweis der Betriebsfestigkeit von dynamische beanspruchten Bauteilen ist nach ENV 1993-3-2 zu erbringen.

Sofern vorgefertigte Elemente für System-Abgasanlagen nach EN 1856-1 verwendet werden und die in diesem Anhang festgelegten Anforderungen erfüllt sind, gilt der oben genannte Nachweis für diese Elemente als erbracht.

A.2.3.2 Tragmast

Der Nachweis von dynamisch beanspruchten Bauteilen ist nach ENV 1993-3-2:1997, Anhang C zu führen.

A.3 Klassisches Galloping

A.3.1 Einsetzgeschwindigkeit für klassisches Galloping

Bei Ausführung mit drei oder vier Satellitenrohren nach Bild A.1 kann klassisches Galloping auftreten.

ANMERKUNG Bei der Ausführung mit 2 Satellitenrohren ist klassisches Galloping noch nicht beobachtet worden. Bei der Ausführung mit mehr als 4 Satellitenrohren oder anderen als in Bild A.1 gezeigten geometrischen Formen sollte der Rat eines Spezialisten eingeholt werden.

Die Einsetzgeschwindigkeit v_{CG} für klassisches Galloping kann abgeschätzt werden durch

$$v_{CG} = \frac{2 \cdot Sc}{a_G} \cdot f_e \cdot D \quad (\text{A.10})$$

Dabei sind f_e , D und Sc wie in Gleichung (A.1) definiert und a_G der Instabilitätsfaktor nach Gleichungen (A.11) bis (A.14):

Für eine Tragmastkonstruktion mit 3 Satellitenrohren:

$$a_G = 0,4 - 0,6 \cdot \frac{s}{d_{\text{sat}}} \quad \text{für } 0 \leq \frac{s}{d_{\text{sat}}} \leq 0,67 \quad (\text{A.11})$$

$$a_G = 0 \quad \text{für } \frac{s}{d_{\text{sat}}} > 0,67 \quad (\text{A.12})$$

Für eine Tragmastkonstruktion mit 4 Satellitenrohren:

$$a_G = 0,7 - 3,0 \cdot \frac{s}{d_{\text{sat}}} \quad \text{für } 0 \leq \frac{s}{d_{\text{sat}}} \leq 0,23 \quad (\text{A.13})$$

$$a_G = 0 \quad \text{für } \frac{s}{d_{\text{sat}}} > 0,23 \quad (\text{A.14})$$

A.3.2 Nachweis

Es ist nachzuweisen, dass

$$v_{CG} \geq 1,25 \cdot v_m(z)$$

Dabei ist

$v_m(z)$ die mittlere Windgeschwindigkeit nach ENV 1991-2-4, ermittelt in der Höhe (z), in der die Wirbelerregung erfolgt. Dies ist meistens die Stelle der größten Schwingwegamplitude.

EN 13084-8:2005 (D)

Literaturhinweise

EN 13384-1, *Abgasanlagen — Wärme- und Strömungstechnische Berechnungsverfahren — Teil 1: Abgasanlagen mit einer Feuerstätte*

DIN EN 14487-1

ICS 01.040.91; 91.100.30

**Spritzbeton –
Teil 1: Begriffe, Festlegungen und Konformität;
Deutsche Fassung EN 14487-1:2005**

Sprayed concrete –
Part 1: Definitions, specifications and conformity;
German version EN 14487-1:2005

Béton projeté –
Partie 1: Définitions, spécifications et conformité;
Version allemande EN 14487-1:2005

Gesamtumfang 37 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 14487-1:2006-03

Nationales Vorwort

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

Die Arbeiten wurden auf nationaler Ebene vom NA 005-07-10 AA „Spritzbeton“ im Normenausschuss Bauwesen (NABau) begleitet.

Dieses Dokument soll nach dem im europäischen Vorwort festgelegten Datum für die Zurückziehung entgegenstehender nationaler Normen im Dezember 2007 die DIN 18551:2005-01 teilweise ablösen. Bis zu diesem Zeitpunkt soll auf nationaler Ebene eine Umstellung auf das in diesem Dokument enthaltene Regelungskonzept erfolgen.

Diese Umstellung beinhaltet die Erarbeitung von nationalen Anwendungsregeln für dieses Dokument sowie weitere Dokumente mit Festlegungen für die Bemessung von Spritzbetonkonstruktion, soweit letztere auf europäischer Ebene bis dahin nicht zur Verfügung stehen.

Gegenüber DIN 18551:2005-01 bestehen folgende Unterschiede:

- Anforderungen an Eigenschaften, Herstellung und Konformitätsnachweis des Betons wurden an das in DIN EN 206-1 enthaltene und auf europäischer Ebene erarbeitete Konzept angepasst; es ist damit eine wesentliche Umstellung der betontechnischen Festlegungen erfolgt;
- Festlegungen zur Bemessung von Tragwerken und Bauteilen sowie deren Ausführung sind in diesem Dokument nicht mehr enthalten.

ICS 91.100.30; 01.040.91

Deutsche Fassung

**Spritzbeton —
Teil 1: Begriffe, Festlegungen und Konformität**

Sprayed concrete —
Part 1: Definitions, specifications and conformity

Béton projeté —
Partie 1: Définitions, spécifications et conformité

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 25. Mai 2005 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, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, 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

EN 14487-1:2005 (D)**Inhalt**

Seite

Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	7
3.1 Mischungsbestandteil	7
3.2 Produkt	8
3.3 Prozess	9
3.4 Eigenschaften	10
3.5 Ausführung	10
3.6 Personal	11
3.7 Prüfung und Überwachung	11
4 Klassifizierung	11
4.1 Konsistenz der Frischbetonmischung	11
4.2 Expositionsclassen	11
4.3 Junger Spritzbeton	12
4.4 Druckfestigkeit	13
4.5 Faserverstärkter Spritzbeton	13
5 Anforderungen an Spritzbeton	14
5.1 Anforderungen an Ausgangsstoffe	14
5.2 Anforderungen an die Zusammensetzung von Spritzbeton	15
5.3 Anforderungen an die Grundmischung	16
5.4 Anforderungen an frischen Spritzbeton	17
5.5 Anforderungen an erhärteten Spritzbeton	17
6 Spezifikation von Spritzbeton	19
6.1 Allgemeines	19
6.2 Festlegungen für Beton nach Eigenschaften	19
6.3 Festlegungen für Beton nach Zusammensetzung	20
7 Bewertung der Übereinstimmung	20
7.1 Allgemeines	20
7.2 Überwachungskategorien	21
7.3 Eignungsprüfung	21
7.4 Produktionskontrolle	23
7.5 Konformitätskriterien	27
Anhang A (informativ) Hinweise für Definitionen, Anforderungen und Konformität von Spritzbeton	29
Literaturhinweise	35

Vorwort

Dieses Dokument (EN 14487-1:2005) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 104 „Beton und zugehörige Produkte“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Mai 2006, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2007 zurückgezogen werden.

Diese Europäische Norm hat EN 206-1 als Grundlage benutzt. Einige Abschnitte, die für Spritzbeton gelten, verweisen wegen ihrer Bedeutung auf EN 206-1. Andere Abschnitte wurden modifiziert, um die besonderen Anforderungen an Spritzbeton zu erfüllen.

Diese Europäische Norm kann nur mit den unten als Paket festgelegten Produktnormen für Ausgangsstoffe (d. h. Zement, Zuschlagstoffe, Zusatzstoffe, Zusatzmittel, Fasern und Zugabewasser) und mit den zugehörigen Prüfungsnormen für Spritzbeton angewendet werden. Aus diesem Grunde wurde das späteste Datum der Zurücknahme nationaler Normen, die zu diesem Dokument im Widerspruch stehen, durch CEN/TC 104 auf Dezember 2007 festgelegt.

EN 197-1, *Zement — Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement*

EN 450-1, *Flugasche für Beton — Definitionen, Anforderungen und Konformitätskriterien*

EN 12620, *Gesteinskörnungen für Beton*

EN 1008, *Zugabewasser für Beton — Festlegung für die Probenahme, Prüfung und Beurteilung der Eignung von Wasser, einschließlich bei der Betonherstellung anfallendem Wasser, als Zugabewasser für Beton*

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

EN 934-5, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel — Teil 5: Zusatzmittel für Spritzbeton; Definitionen, Anforderungen und Konformitätskriterien*

EN 934-6, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel — Teil 6: Probenahme, Konformitätskontrolle und Bewertung der Konformität*

EN 13263-2, *Silicastaub für Beton — Teil 2: Konformitätsbewertung*

EN 14487-2, *Spritzbeton — Teil 2: Ausführung*

EN 14488 (alle Teile), *Prüfung von Spritzbeton*

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

EN 14487-1:2005 (D)

Einleitung

Diese Europäische Norm wird in Europa bei unterschiedlichen klimatischen und geografischen Bedingungen, unterschiedlichen Schutzgraden und unter unterschiedlichen, als gut erwiesenen regionalen Traditionen und Erfahrungen angewendet. Um dieser Situation gerecht zu werden, wurden Klassen für Betoneigenschaften eingeführt. Wo derartige allgemeine Lösungen nicht möglich waren, ist es nach den betreffenden Abschnitten zulässig, EN 206-1 oder andere am Anwendungsort gültige Normen zu verwenden.

Diese Europäische Norm beinhaltet Regeln für die Anwendung von Ausgangsstoffen, die in Europäischen Normen behandelt werden. Gegründet auf örtliche Erfahrungen sind weitere Nebenprodukte industrieller Prozesse, recycelte Baustoffe usw. ständig in Anwendung. Solange keine Europäischen Festlegungen für diese Baustoffe vorliegen, wird dieses Dokument keine Regeln für deren Anwendung zur Verfügung stellen, sondern verweist statt dessen auf die in EN 206-1 zur Anwendung nationaler Normen oder Regeln gegebenen Empfehlungen, die am Einsatzort des Betons gültig sind.

Diese Europäische Norm definiert Aufgaben für den Verfasser der Leistungsbeschreibung, die Hersteller und Anwender. Beispielsweise sind der Verfasser der Leistungsbeschreibung für die Spezifikation von Beton, Abschnitte 5 und 6, und der Hersteller für die Konformitäts- und Produktionslenkung, Abschnitt 7, verantwortlich. Der Anwender ist für das Einbringen des Betons in das Bauwerk verantwortlich. In der Praxis kann es mehrere verschiedene Partner geben, die Anforderungen in unterschiedlichen Entwurfsstadien und dem Konstruktionsprozess festlegen, z. B. der Kunde, der Entwickler, der Vertragsnehmer, der Betonanbieter. Jeder ist gegenüber dem nächsten Partner in der Kette bis zum Hersteller für die Erfüllung der festgelegten Anforderungen zusammen mit den Zusatzerfordernungen verantwortlich. In diesem Dokument wird diese abschließende Zusammenstellung als „Spezifikation“ verstanden.

Weitere Erläuterungen und Empfehlungen für die Anwendung dieses Dokuments sind in Anhang A angegeben.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm gilt für Spritzbeton, der zur Instandsetzung und für die Verbesserung von Tragwerken, für neue Tragwerke und für die Verfestigung des Bodens zu verwenden ist.

Diese Europäische Norm umfasst:

- Klassifikation nach der Konsistenz beim Nassspritzverfahren;
- Klassen für Umwelteinwirkungen; junger, Fest- und faserbewehrter Beton;
- Anforderungen an Ausgangsstoffe, Betonzusammensetzung und die Grundmischung und an Frisch- und Festbeton und alle Arten von faserbewehrtem Spritzbeton;
- Festlegung für Entwurfsmischungen und vorgeschriebene Mischungen;
- Konformität.

Dieses Dokument ist auf das Nassspritzverfahren sowie auf das Trockenspritzverfahren anwendbar.

Die Untergründe, auf die Spritzbeton aufgebracht werden kann, umfassen:

- Boden (Fels- und Bodenmaterial);
- Spritzbeton;
- verschiedene Arten von Schalungen;
- Bauteile aus Beton, Mauerwerk und Stahl;
- Drainagewerkstoffe;
- Dämmstoffe.

Zusätzliche oder unterschiedliche Anforderungen können für Anwendungen erforderlich werden, die nicht in diesem Dokument aufgeführt sind, zum Beispiel feuerfeste Baustoffe.

2 Normative Verweisungen

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

EN 197-1, *Zement — Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement*

EN 206-1:2000, *Beton — Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität*

EN 933-1, *Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen — Teil 1: Bestimmung der Korngrößenverteilung — Siebverfahren*

EN 934-2:2001, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel — Teil 2: Betonzusatzmittel — Definitionen, Anforderungen, Konformität, Kennzeichnung und Beschriftung*

EN 934-5:2005, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel — Teil 5: Zusatzmittel für Spritzbeton — Definitionen, Anforderungen, Konformität, Kennzeichnung und Beschriftung*

EN 14487-1:2005 (D)

EN 934-6, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel — Teil 6: Probenahme, Konformitätskontrolle und Bewertung der Konformität*

EN 1008, *Zugabewasser für Beton — Festlegung für die Probenahme, Prüfung und Beurteilung der Eignung von Wasser, einschließlich bei der Betonherstellung anfallendem Wasser, als Zugabewasser für Beton*

EN 1504-3, *Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken — Definitionen, Anforderungen, Qualitätsüberwachung und Beurteilung der Konformität — Teil 3: Statisch und nicht statisch relevante Instandsetzung.*

EN 1542, *Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken — Prüfverfahren — Messung der Haftfestigkeit im Abreißversuch.*

EN 12350-2, *Prüfung von Frischbeton — Teil 2: Setzmaß*

EN 12350-3, *Prüfung von Frischbeton — Teil 3: Ausbreitmaß*

EN 12350-6, *Prüfung von Frischbeton — Teil 6: Frischbetonrohddichte*

EN 12390-5, *Prüfung von Festbeton — Teil 5: Biegezugfestigkeit von Probekörpern*

EN 12390-7, *Prüfung von Festbeton — Teil 7: Dichte von Festbeton*

EN 12390-8, *Prüfung von Festbeton — Teil 8: Eindringtiefe von Wasser und Druckelastizitätsmodul*

EN 12504-1, *Prüfung von Beton in Bauwerken — Teil 1: Bohrkernproben — Herstellung, Untersuchung und Prüfung unter Druck*

EN 12504-2, *Prüfung von Beton in Bauwerken — Teil 2: Zerstörungsfreie Prüfung — Bestimmung der Rückprallzahl*

EN 12620:2002, *Gesteinskörnungen für Beton*

EN 13055-1, *Leichte Gesteinskörnungen — Teil 1: Leichte Gesteinskörnungen für Beton, Mörtel und Einpressmörtel*

EN 13412, *Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken — Prüfverfahren — Bestimmung des Elastizitätsmoduls im Druckversuch.*

prEN 14487-2, *Spritzbeton — Teil 2: Ausführung*

EN 14488-1, *Prüfverfahren für Spritzbeton — Teil 1: Probenahme von Frisch- und Festbeton*

EN 14488-2, *Prüfung von Spritzbeton — Teil 2: Druckfestigkeit von jungem Spritzbeton*

prEN 14488-3, *Prüfung von Spritzbeton — Teil 3: Biegefestigkeiten (Erstriss-, Biegezug- und Restfestigkeit) von faserverstärkten balkenförmigen Betonprüfkörpern*

EN 14488-4, *Prüfverfahren für Spritzbeton — Teil 4: Verbundfestigkeit von Bohrkernen bei reinem Zug*

prEN 14488-5, *Prüfung von Spritzbeton — Teil 5: Bestimmung der Energieabsorption bei faserverstärkten plattenförmigen Prüfkörpern*

prEN 14488-7, *Prüfverfahren für Spritzbeton — Teil 7: Fasergehalt von faserverstärktem Beton*

prEN 14889-1:2004, *Fasern für Beton — Teil 1: Stahlfasern — Begriffe, Festlegungen und Konformität*

prEN 14889-2:2004, *Fasern für Beton — Teil 2: Polymerfasern — Begriffe, Festlegungen und Konformität*

ISO 758, *Liquid chemical products for industrial use — Determination of density at 20 °C*

ISO 6782, *Aggregates for concrete — Determination of bulk density*

ISO 6784, *Concrete — Determination of static modulus of elasticity in compression*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Mischungsbestandteil

3.1.1 Zusatzmittel

3.1.1.1

Zusatzmittel für die Grundmischung

ein Stoff, der während des Mischvorgangs des Betons in einer Menge hinzugefügt wird, die einen Massenanteil von 5 % des Zementanteils im Beton nicht übersteigt, um die Eigenschaften der Betonmischung im frischen und/oder erhärteten Zustand nicht zu verändern

[EN 934-2:2001]

3.1.1.2 Zusatzmittel für Spritzbeton

3.1.1.2.1

Erstarrungsbeschleuniger für Spritzbeton

Zusatzmittel, das ein sehr frühes Erstarren und ein sehr frühes Erhärten des Spritzbetons ermöglicht und sich von den in EN 924-2 definierten und festgelegten Erstarrungsbeschleunigern unterscheidet

[EN 934-5:2005]

3.1.1.2.2

nicht alkalihaltige Erstarrungsbeschleuniger für Spritzbeton

Erstarrungsbeschleuniger für Spritzbeton EN 934-5:2005, 3.2.2 mit einem Alkaligehalt von maximal 1 % bezogen auf die Masse des Zusatzmittels

[EN 934-5:2005]

3.1.2

Zusatzstoff

fein verteilter Stoff, der im Beton verwendet wird, um bestimmte Eigenschaften zu verbessern oder um bestimmte Eigenschaften zu erreichen

[EN 206-1:2000]

3.1.3

Zement

fein gemahlener, anorganischer Stoff, der, mit Wasser gemischt, Zementleim ergibt, welcher durch Hydratation erstarrt und erhärtet und nach dem Erhärten raumbeständig bleibt, auch unter Wasser fest

[EN 206-1:2000]

3.1.4

Gesteinskörnung

körniges Material für die Verwendung im Bauwesen. Gesteinskörnungen können natürlich, industriell hergestellt oder recycelt sein

EN 14487-1:2005 (D)

[EN 12620:2002]

3.1.5 Fasern

3.1.5.1

Stahlfasern

Stahlfasern sind gerade oder verformte Fasern aus kalt gezogenem Stahldraht, gerade oder verformte zugeschnittene Einzelfasern, aus Schmelzglas hergestellte Fasern, von kalt gezogenem Draht gespannte Fasern oder aus Stahlblöcken gehobelte Fasern, die für eine homogene Einbringung in Beton oder Mörtel geeignet sind

[prEN 14889-1:2004]

3.1.5.2

Polymerfasern

gerade oder verformte Fasern aus extrudiertem, orientiertem oder geschnittenem Material, die für die gleichmäßige Verteilung in Beton- oder Mörtelmischung geeignet sind und die im Laufe der Zeit nicht von dem hohen pH-Wert des Betons beeinflusst werden

[prEN 14889-2:2004]

3.2 Produkt

3.2.1

Grundmischung

Mischung aus Zement, Gesteinskörnungen und anderen Bestandteilen, die in die Spritzanlage eingebracht werden, wobei an der Spritzdüse hinzugefügte Bestandteile ausgeschlossen sind. Die Grundmischung kann trocken oder nass sein. Sie kann auch Folgendes enthalten:

- Zusatzstoffe;
- Zusatzmittel;
- Fasern;
- Wasser

3.2.2 Trockenmischung

3.2.2.1

werkgemischte Trockenmischung

Grundmischung mit einem Feuchteanteil von höchstens 0,5 %, bezogen auf die Masse für das Trockenspritzverfahren, wobei an der Spritzdüse hinzugefügte Bestandteile ausgeschlossen sind

3.2.2.2

auf der Baustelle gemischte Trockenmischung

Grundmischung mit einem Feuchteanteil der Gesteinskörnung von höchstens 6 %, bezogen auf die Masse für das Trockenspritzverfahren

3.2.3

faserverstärkter Spritzbeton

Spritzbeton, der Verstärkungsfasern zur Verbesserung bestimmter Eigenschaften des Betons enthält

3.2.4

frischer Spritzbeton

Beton vor dem Erstarren

3.2.5**Rückprall**

der Teil des durch die Spritzdüse geförderten Baustoffs, der nicht an der Auftragfläche haftet

3.2.6**Referenzspritzbeton**

Spritzbeton, der keine Zusatzmittel für den Spritzvorgang enthält

ANMERKUNG Diese Definition kann nicht für Spritzbeton mit einer werkgemischten Trockenmischung mit Zusatzmitteln für das Einspritzen gelten; in diesem Fall sollte die Zusatzmittelverträglichkeit nach EN 934-5 kontrolliert werden. Der Referenzspritzbeton wird üblicherweise als Referenzmaterial für die Beurteilung von Änderungen der mechanischen Eigenschaften von Spritzbeton über die Zeit verwendet (z. B. Festigkeitsverluste).

3.2.7**Spritzbeton**

Beton aus einer Grundmischung, der aus einer Spritzdüse pneumatisch aufgetragen und durch ihre Aufprallenergie verdichtet wird

3.2.8**Frischbetonmischung**

Grundmischung für das Nassspritzverfahren

3.2.9**junger Spritzbeton**

Spritzbeton bis zu einem Alter von 24 h

3.3 Prozess**3.3.1****Nachbehandlung**

Maßnahmen zur Verringerung schädlicher Verdunstung aus dem Beton

3.3.2**Dichtstromförderung**

Pumpenförderung einer nassen Mischung zur Spritzdüse, wo sie durch Zufuhr von Treibluft ausgeworfen und beim Aufprall verdichtet wird. Dichtstromförderung kann nur im Nassspritzverfahren verwendet werden

3.3.3**Trockenspritzverfahren**

Verfahren zum Spritzen einer Trockenmischung

3.3.4**Spritzdüse**

allgemeine Bezeichnung für das Ende der Förderleitung, durch das die Mischung ausströmt. Sie besteht aus einer Mischungseinheit, in die — in Abhängigkeit vom Prozess — Wasser, Druckluft und/oder Zusatzmittel in den Strom der Grundmischung eingespritzt wird

3.3.5**Dünnstromförderung**

Förderung der Grundmischung durch Schläuche oder Rohre in einem kontinuierlichen Hochdruckluftstrom zur Spritzdüse, wo die Transportkraft benutzt wird, die Mischung auszuwerfen und zu verdichten

3.3.6**Nassspritzverfahren**

Verfahren des Spritzens einer Frischbetonmischung mit einem festgesetzten Wasserzementwert

EN 14487-1:2005 (D)

3.4 Eigenschaften

3.4.1

Frühfestigkeit

Festigkeitsentwicklung des jungen Spritzbetons

3.4.2

Energieabsorptionsvermögen

Energie, in Joule, die beim Belasten einer faserverstärkten Platte, wie in prEN 14488-5 beschrieben, absorbiert wird

3.4.3

Erstrissfestigkeit

die Spannung bei der ersten Lastspitze, die mit der Biegeprüfung nach prEN 14488-3 ermittelt wird, und der ein faserverstärkter Beton standhält

3.4.4

Verarbeitungszeit (open time)

Zeit zwischen Mischen und letztem möglichem Spritzen der Grundmischung. Sie hängt von der Art und der Menge des Zementes, dem Feuchtegehalt für die Trockenmischung und der Temperatur ab

3.4.5

Restfestigkeit

berechnete Spannung in faserverstärktem Beton entsprechend einer Belastung der Last-Durchbiegungskurve, die während der Biegeprüfung nach prEN 14488-3 aufgezeichnet wird

3.4.6

Biegezugfestigkeit

die der maximalen Belastung entsprechende Spannung, der ein unbewehrter oder faserverstärkter Beton standhalten kann, wenn er der Biegeprüfung nach EN 12390-5 und prEN 14488-3 unterworfen wird

3.5 Ausführung

3.5.1

freistehende Konstruktion

eine Konstruktion aus Spritzbeton an temporärer oder dauerhafter Schalung, die keinen Verbund mit dem Boden oder einer vorhandenen Konstruktion bildet

3.5.2

Instandsetzung

Ersatz von minderwertigen oder verschlissenen Beton- oder Mauerwerksbauteilen

3.5.3

Abschattung

Auftreten einer geringeren Betonverdichtung oder einer Hohlraumbildung auf der Rückseite zum Beispiel eines Bewehrungsstabes, der nur von einer Seite bespritzt wird

3.5.4

Bodenverfestigung

temporäre oder dauerhafte Verbundstruktur durch Aufspritzen des Betons auf den Boden

3.5.5

Untergrund

Fläche, auf die der Spritzbeton aufgetragen wird

3.5.6

Oberflächenverbesserung

Aufbringen einer Spritzbetonschicht, um die Dauerhaftigkeit oder das Aussehen der Fläche zu verbessern

3.5.7

Verstärkung

Aufbringen von zusätzlichem Spritzbeton — mit oder ohne Bewehrung — zur Erhöhung oder der Wiederherstellung der Tragfähigkeit des Tragwerks

3.6 Personal

3.6.1

Düsenführer

Person, die das Auftragen des Spritzbetons mittels der Düse durchführt, überwacht und regelt

3.7 Prüfung und Überwachung

3.7.1

Eignungsprüfung für Spritzbeton

Prüfung oder Prüfungen, um zu ermitteln, wie ein Spritzbeton zusammengesetzt sein muss, um alle festgelegten Anforderungen im frischen und erhärteten Zustand zu erfüllen

3.7.2

Eignungsprüfungen am Ort

Fertigungsprüfung

Prüfung oder Prüfungen, die mit dem vorgesehenen Personal, den vorgesehenen Baustoffen, der vorgesehenen Ausrüstung und dem vorgesehenen Spritzverfahren vom Bauunternehmer vor Beginn der Spritzarbeiten durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die festgelegten Eigenschaften erbracht werden

3.7.3

Überwachung

Tätigkeiten, die durchgeführt werden, um zu überprüfen, dass die Ausführung der Projektspezifikation entspricht

3.7.4

Überwachungskategorie

Satz von Eigenschaften sowie ihre Prüfhäufigkeiten, die nach dem Grad des Risikos und der Gebrauchsdauer der Konstruktion ausgewählt werden

3.7.5

Bewertung der Übereinstimmung

systematische Überprüfung, in welchem Umfang ein Herstellungsprozess und ein Produkt in der Lage sind, besondere Anforderungen zu erfüllen

4 Klassifizierung

4.1 Konsistenz der Frischbetonmischung

Die Klassifizierung der Konsistenz von Frischbeton in diesem Dokument ist auf fertig gemischten Beton vor dem Spritzen anwendbar und muss nach den in EN 206-1 angegebenen Konsistenzklassen erfolgen.

4.2 Expositionsklassen

Die Grenzwerte für die Zusammensetzung von Frischbeton bezüglich Expositionsklassen nach EN 206-1 gelten auch für Spritzbeton, mit folgenden Ausnahmen:

- die Empfehlung zum Mindestzementgehalt in der Grundmischung beträgt 300 kg/m^3 ;
- die Empfehlung zum Mindestluftgehalt gilt nicht bei Spritzbeton.

EN 14487-1:2005 (D)

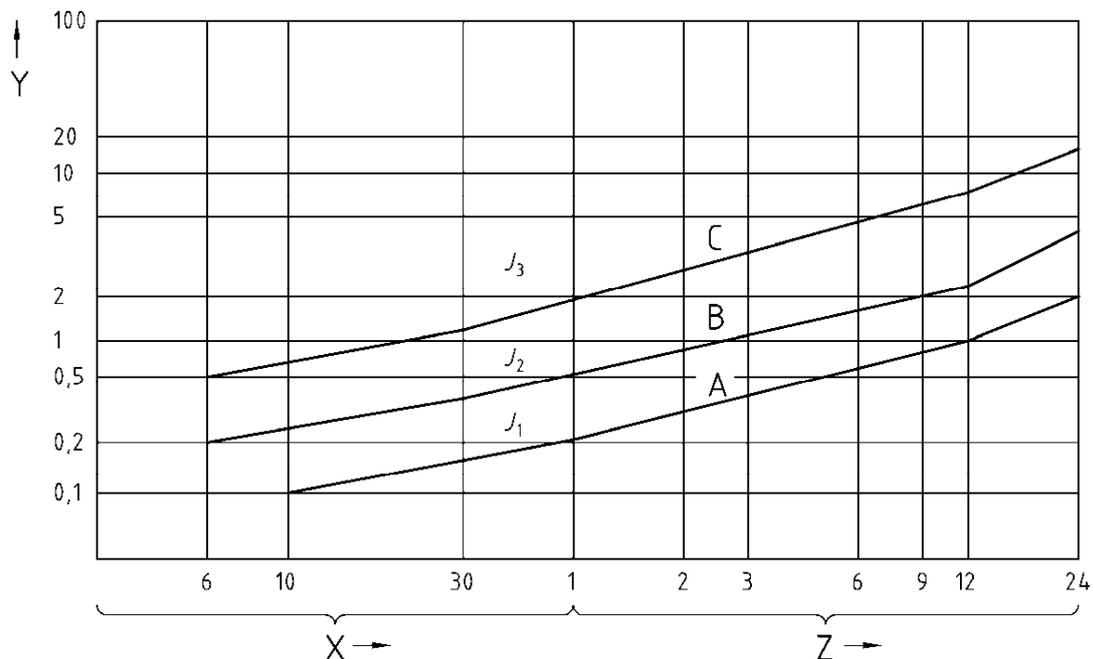
ANMERKUNG Die gegenwärtig zur Verfügung stehenden Prüfverfahren für die Messung des Luftgehalts ergeben für frischen Spritzbeton keine zuverlässigen Ergebnisse.

4.3 Junger Spritzbeton

Junger Spritzbeton darf auch entsprechend seiner Frühfestigkeitsentwicklung klassifiziert werden. Die Klassifikation beruht auf einem mittleren Bereich der typischen Erhärtungsgeschwindigkeit entsprechend dem gewählten Produktionsprozess und den Anforderungen.

Wenn festgelegt, muss die Festigkeitsentwicklung des jungen Spritzbetons für die Frühfestigkeitsklassen J1, J2 oder J3 nach Bild 1 ablaufen. Frühfestigkeitsklasse J1 ist im Feld durch mindestens drei Punkte (Druckfestigkeit gegenüber der Zeit)¹⁾ zwischen den Linien A und B, Klasse J2 im Feld zwischen den Linien B und C und Klasse J3 im Feld oberhalb von Linie C definiert.

Die Frühfestigkeitsentwicklung muss mit dem Eindringnadelverfahren nach prEN 14488-2 und/oder mit dem Bolzentreibverfahren nach prEN 14488-2 entsprechend den zu erwartenden Festigkeitsbereichen (siehe Tabelle 1) bestimmt werden.

**Legende**

- x Minuten
- y Druckfestigkeit f_c in N/mm^2
- Z Stunden

Bild 1 — Klassen der Frühfestigkeit von jungem Spritzbeton

1) Die empfohlenen Zeitintervalle, in denen Festigkeitsdaten beurteilt werden müssen, sind: 0 h bis 1 h; 4 h bis 6 h; 12 h bis 24 h.

Tabelle 1 — Festigkeitsbereich von jungem Spritzbeton nach verschiedenen Prüfverfahren

Verfahren	Festigkeitsbereich von jungem Beton
	MPa
prEN 14488-2 — Verfahren A	0,2 bis 1,2
prEN 14488-2 — Verfahren B	2 bis 16

ANMERKUNG Mit den gegenwärtig verfügbaren Prüfverfahren kann nicht der gesamte Bereich der erwarteten Frühfestigkeit abgedeckt werden.

4.4 Druckfestigkeit

Die Druckfestigkeit von Spritzbeton wird nach EN 206-1 klassifiziert.

4.5 Faserverstärkter Spritzbeton

4.5.1 Allgemeines

Faserverstärkter Spritzbeton besitzt zusätzliche und/oder ergänzende Eigenschaften, von denen einige auf die Restfestigkeit und das Energieaufnahmevermögen bezogen werden. Informative Anleitungen zu den Klassifizierungsgrundsätzen sind in Anhang A angegeben.

4.5.2 Restfestigkeitsklassen

Die Klassifizierung der Restfestigkeit wird durch Festlegung eines Festigkeitsniveaus bei einem bestimmten Verformungsbereich nach Tabelle 2 vorgenommen und nach prEN 14488-3 bestimmt und durch Kombination der Symbole für den festgelegten Verformungsbereich und das Festigkeitsniveau angegeben, z. B. bedeutet Restfestigkeitsklasse D2S2, dass die Festigkeit ein Festigkeitsniveau von 2 MPa bei einer Durchbiegung von 0,5 mm und 2 mm überschreiten muss.

Tabelle 2 — Definitionen von Restfestigkeitsklassen

Verformungsbereich		Festigkeitsniveau Mindestfestigkeit			
		MPa			
	Durchbiegung mm	S1	S2	S3	S4
D1	0,5 bis 1	1	2	3	4
D2	0,5 bis 2				
D3	0,5 bis 4				

4.5.3 Energieabsorptionsvermögen

Wenn das Energieabsorptionsvermögen des Materials festgelegt wird, ist es an einem Plattenprüfkörper nach prEN 14488-5 zu bestimmen.

EN 14487-1:2005 (D)**Tabelle 3 — Definitionen der Energieabsorptionsklassen**

Energieabsorptionsklasse	Energieabsorption in J für eine Durchbiegung bis zu 25 mm
E500	500
E700	700
E1000	1 000

5 Anforderungen an Spritzbeton**5.1 Anforderungen an Ausgangsstoffe**

Ausgangsstoffe dürfen schädliche Bestandteile nicht in derartigen Mengen enthalten, dass diese sich auf die Dauerhaftigkeit des Betons nachteilig auswirken können oder eine Korrosion der Bewehrung verursachen. Und sie müssen für den beabsichtigten Verwendungszweck im Spritzbeton geeignet sein.

Wenn für einen Ausgangsstoff eine allgemeine Eignung festgelegt wurde, bedeutet dies nicht, dass die Eignung für jede Situation und für jede Zusammensetzung des Spritzbetons gegeben ist.

Es dürfen nur Ausgangsstoffe mit einer nachgewiesenen Eignung für eine festgelegte Anwendung in Spritzbeton nach diesem Dokument verwendet werden.

Die allgemeine Eignung eines Ausgangsstoffs ist nachgewiesen, wenn er mit einer Europäischen Norm übereinstimmt. Anforderungen an Ausgangsstoffe sind in Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4 — Anforderungen an Ausgangsstoffe

Ausgangsstoff	Anforderungen
Zement	Der Zement muss EN 197-1 entsprechen.
Gesteinskörnungen	Die Gesteinskörnung muss EN 12620 oder EN 13055-1 entsprechen.
Zugabewasser	Zugabewasser muss EN 1008 entsprechen.
Zusatzmittel	Zusatzmittel müssen EN 934-2 und/oder EN 934-5 und EN 934-6 entsprechen.
Zusatzstoffe (einschließlich mineralischer Füllstoffe und Pigmente)	Zusatzstoffe müssen den Anforderungen nach EN 206-1 entsprechen.
Polymermodifizierter Spritzbeton	Polymermodifizierter Spritzbeton für die Instandsetzung muss EN 1504-3 entsprechen.
Fasern	Fasern müssen prEN 14889-1 und prEN 14889-2 entsprechen.

Alternativ darf, wenn die Europäische Norm weder den fraglichen Ausgangsstoff noch sein vorgesehenes Gebrauchsverhalten enthält oder der Ausgangsstoff von den Anforderungen einer bestehenden Europäischen Norm abweicht, der Eignungsnachweis erbracht werden durch:

- eine Europäische Technische Zulassung, die sich ausdrücklich auf die Verwendung des Ausgangsstoffs in Spritzbeton nach diesem Dokument bezieht;
- einschlägige nationale Normen oder Regeln, die am Ort der Verwendung des Spritzbetons gelten und sich ausdrücklich auf die Verwendung des Ausgangsstoffs in Spritzbeton nach diesem Dokument beziehen.

5.2 Anforderungen an die Zusammensetzung von Spritzbeton

5.2.1 Allgemeines

Die Anteile der Betonmischung müssen so ausgewählt werden, dass sie alle Leistungskriterien für Frisch- und Festbeton, einschließlich Konsistenz beim Nassspritzverfahren, Dichte, Festigkeit, Dauerhaftigkeit, Schutz des eingebetteten Stahls gegen Korrosion und unter Berücksichtigung der laufenden Prozessverfahren und Menge von Rückprall und Staub bei Ausführung der Spritzarbeiten, erfüllen.

Die Anforderungen an Betonzusammensetzung und die an Eigenschaften des Betons beziehen sich auf die Expositionsklassen hängen von der beabsichtigten Entwurfslebensdauer des Spritzbetontragwerkes und der Übereinstimmung mit EN 206-1 ab.

Die Zusammensetzung von Beton bezieht sich auf Beton nach dem Spritzen und muss den Einfluss von Wasserzugabe infolge des Spritzvorganges sowie den Einfluss des Rückpralls berücksichtigen.

Das Erreichen der Entwurfslebensdauer hängt ab:

- davon, dass der Beton nach prEN 14487-2 gespritzt und nachbehandelt wird;
- davon, dass der Beton eine ausreichende Überdeckung der Bewehrung oder eine geforderte gesonderte Dicke hat; bei Stahlfaserbewehrung gilt die Anforderung an eine Betondeckung nicht für die Fasern;
- davon, dass der Spritzbeton in der Umgebung benutzt wird, für die die besonderen Grenzwerte gelten;
- von der erwarteten Wartung ohne wesentliche Instandsetzungsmaßnahmen.

EN 14487-1:2005 (D)**5.2.2 Zusammensetzung von Beton****Tabelle 5 — Anforderung an die Zusammensetzung von Beton**

Gefügebestandteil	Anforderung und Prüfverfahren
Verwendung von Zement	Die Zementart muss unter Berücksichtigung des Einflusses der üblichen Temperatur und der Wärmebewertung auf die geforderte Verarbeitbarkeitszeit, der Anforderung an die Festigkeitsentwicklung und die Endfestigkeit sowie die üblichen Nachbehandlungsbedingungen festgelegt werden. Für ständige Tragwerke müssen die Umweltbedingungen, denen der Spritzbeton ausgesetzt ist, nach EN 206-1 festgelegt werden sowie Maßnahmen hinsichtlich des Widerstandes gegen Alkali-Kieselsäure-Reaktionen nach EN 206-1 beachtet werden.
Verwendung von Gesteinskörnung	Es müssen Maßnahmen nach EN 206-1 bezüglich des Widerstandes gegen Alkali-Kieselsäure-Reaktionen getroffen werden.
Verwendung von Zusatzmitteln	Beschränkungen für die Verwendung von Zusatzmitteln nach EN 934-2 und EN 934-5 müssen eingehalten werden.
Verwendung von Zusatzstoffen	Die Verwendung von Zusatzstoffen für ständige Tragwerke muss EN 206-1 entsprechen.
Chloridgehalt	Der Chloridgehalt eines Spritzbetons für ständige Tragwerke darf die in EN 206-1:2000, Tabelle 10, angegebenen Werte für die festgelegte Klasse nicht überschreiten. Für stahlfaserbewehrten Spritzbeton gelten die Werte für Stahlbewehrung.
Wasserzementwert	Für ständige Tragwerke müssen die Umweltbedingungen, denen der Spritzbeton ausgesetzt ist, nach EN 206-1 festgelegt werden. Wenn ein Wasserzementwert einer nassen Mischung festgelegt wird, muss er nach EN 206-1 berechnet werden.
Für faserbewehrten Beton	
Verwendung von Fasern	Die Verwendung von Stahl- und Polymerfasern muss prEN 14889-1 und prEN 14889-2 entsprechen, andere Faserarten müssen 5.1.1 entsprechen. Fasern müssen so zugefügt werden, dass eine homogene Verteilung gegeben ist.

5.3 Anforderungen an die Grundmischung**Tabelle 6 — Anforderungen an die Grundmischung**

Eigenschaft	Anforderung und Prüfverfahren
Konsistenz der nassen Grundmischung	Die Konsistenzklasse der nassen Grundmischung ist nach EN 206-1 festzulegen. Die Konsistenz des faserverstärkten Spritzbetons ist nach EN 12350-3 (Vebe-Prüfung) zu prüfen.
Temperatur	Die Temperatur der Grundmischung vor ihrer Anwendung muss zwischen 5 °C und 30 °C liegen, um die Verarbeitbarkeitsbedingungen einzuhalten und nachteilige Erstarrungseffekte zu vermeiden.
ANMERKUNG Die für das Spritzen erforderliche Konsistenz des Betons hängt von der Art der Förderung und dem Auftragverfahren ab.	

5.4 Anforderungen an frischen Spritzbeton

Tabelle 7 — Anforderungen an den Frischbeton

Eigenschaft	Anforderung und Prüfverfahren
Dichte	Die Dichte muss nach EN 12350-6 bestimmt werden.
Fasergehalt	Der Fasergehalt muss an einer Frischbetonprobe nach prEN 14488-7 bestimmt werden. Die Probe ist auf der Baustelle zu entnehmen, sofern nicht anders festgelegt.

5.5 Anforderungen an erhärteten Spritzbeton

Wenn festgelegt, müssen die Anforderungen, wie in Tabelle 9 festgelegt, Tabelle 8 entsprechen.

Es muss mindestens die Druckfestigkeit einer vorgeschriebenen Mischung festgelegt werden.

EN 14487-1:2005 (D)

Tabelle 8 — Anforderungen an Festbeton

Eigenschaft	Anforderung und Prüfverfahren
Frühdruckfestigkeit	Eine Bestimmung der Frühdruckfestigkeit darf nach prEN 14488-2 erfolgen.
Druckfestigkeit	Die Druckfestigkeit von Spritzbeton wird nach EN 206-1 festgelegt und bezeichnet. Die Druckfestigkeit muss bei einem Betonalter von 28 Tagen, entweder nach EN 12504-1 an Betonkernen, die dem Spritzbeton am Tragwerk entnommen sind, oder nach EN 14488-1 an Bohrkernen, die einer gesondert gespritzten Platte entnommen sind, geprüft werden. Ihr Mindestdurchmesser muss 50 mm betragen, und das Verhältnis Höhe/Durchmesser muss entweder 1,0 oder 2,0 betragen, der Probekörper muss nach EN 12504-1 geprüft werden. ANMERKUNG Das Verhältnis Länge/Durchmesser sollte betragen: a) 2,0, wenn das Festigkeitsergebnis mit der Zylinderdruckfestigkeit verglichen werden muss; b) 1,0, wenn das Festigkeitsergebnis mit der Würfeldruckfestigkeit verglichen werden muss.
Dichte	Die Dichte von Festbeton muss nach EN 12390-7 bestimmt werden.
Elastizitätsmodul	Der Elastizitätsmodul muss nach ISO 6784 bestimmt werden, ausgenommen bei Instandsetzungsmaßnahmen, für die EN 13412 gilt.
Biegezugfestigkeit	Die Biegefestigkeit von Spritzbeton muss nach EN 12390-5 bestimmt werden, falls nicht ein Vergleich mit faserverstärktem Spritzbeton vorgenommen werden kann, bei faserverstärktem Spritzbeton ist prEN 14488-3 zu verwenden.
Wassereindringwiderstand	Der Wassereindringwiderstand muss nach EN 12390-8 bestimmt werden. Die Tiefe der Probe vor Ort darf reduziert werden, wenn die Schichtdicke geringer als 150 mm ist. Die Tiefe muss ausreichend groß sein, um sicherzustellen, dass kein vollständiges Eindringen auftritt. Zusätzlich müssen die Richtung des Wassereindringens und das Verfahren der Oberflächenvorbereitung festgelegt werden. Der Höchstwert der Eindringtiefe darf nur 50 mm betragen. Die Prüfung wird üblicherweise nach 28 Tagen durchgeführt.
Frost- und Forst-Tausalz-Widerstand	ANMERKUNG Eine Europäische Norm für eine diesbezügliche Prüfung steht zur Zeit nicht zur Verfügung. Solange kein europäisches Prüfverfahren zur Verfügung steht, darf auf nationale Normen oder Festlegungen in einem nationalen Anhang zu dieser Norm verwiesen werden.
Haftfestigkeit auf der Unterlage	Die Haftfestigkeit für Baustoffe für die Instandsetzung muss nach EN 1542 bestimmt werden, mit Ausnahme der Formgröße, die nicht kleiner als 500 mm × 500 mm sein darf, damit eine Begrenzung von mindestens 100 mm erreicht wird, um fehlerhaftes Material in den Ecken der Prüfkörper zu vermeiden. Die Oberflächenbehandlung muss im frischen Zustand entweder durch Spachtelung oder im erhärteten Zustand durch Schleifen erfolgen, anderenfalls muss sie an Bohrkernen nach EN 14488-4 behandelt werden.
Für faserbewehrten Spritzbeton	
Erstrissfestigkeit	Die Erstrissfestigkeit muss als Mittelwert der Festigkeit im Augenblick des Auftretens der ersten Spannungsspitze angegeben werden, der nach prEN 14488-3 bestimmt wird. Die Prüfung muss üblicherweise nach 28 Tagen durchgeführt werden.
Biegezugfestigkeit	Die Biegezugfestigkeit von Spritzbeton muss als f_{ft} angegeben werden, wenn sie nach prEN 14488-3 bestimmt wird. Falls es nicht anders festgelegt ist, müssen die Prüfungen üblicherweise nach 28 Tagen durchgeführt werden.
Restfestigkeit	Die Bestimmung der Restfestigkeitsklasse des faserbewehrten Betons muss für einen festgelegten Verformungsbereich durchgeführt werden. Die Spannungs-Durchbiegungskurve muss nach prEN 14488-3 bestimmt werden. Die Prüfung wird üblicherweise nach 28 Tagen durchgeführt.
Fasergehalt	Der Fasergehalt ist an einer Festbetonprobe nach prEN 14488-7 zu bestimmen, wenn eine Bestimmung an frischem Spritzbeton nicht durchführbar ist. Die Probe ist vor Ort zu entnehmen, sofern nicht anders festgelegt.
Energieabsorptionsvermögen	Das Energieabsorptionsvermögen ist als mittleres Energieabsorptionsvermögen nach prEN 14488-5 zu bestimmen und anzugeben. Die festgelegte Energieabsorption für die geforderte Klasse muss die Anforderungen nach Tabelle 3 erfüllen. Die Prüfung wird üblicherweise nach 28 Tagen durchgeführt.

6 Spezifikation von Spritzbeton

6.1 Allgemeines

Spritzbeton muss entweder als Beton nach Eigenschaften unter Berücksichtigung der Klassifizierung in Abschnitt 4 und der Anforderungen in Abschnitt 5 oder als Beton nach Zusammensetzung („Rezeptbeton“) durch Vorgabe der Zusammensetzung auf der Grundlage von Ergebnissen von Erstprüfungen oder Erkenntnissen aus Langzeiterfahrungen mit vergleichbarem Spritzbeton festgelegt werden. Wenn die Überwachungskategorien 2 und 3 (siehe 7.2) festgelegt sind, darf nur Beton nach Eigenschaften verwendet werden. Wenn Kategorie 1 gilt, darf ein Beton nach Zusammensetzung verwendet werden.

Grundlegende Anforderungen für Spritzbeton müssen in jedem Fall, zusätzliche Anforderungen bei Bedarf angegeben werden.

6.2 Festlegungen für Beton nach Eigenschaften

6.2.1 Grundlegende Angaben

- Konsistenzklasse (falls zutreffend);
- Druckfestigkeitsklasse,
- Expositionsklasse;
- Chloridklasse,
- Überwachungskategorie:
- Größtnekkorn der Gesteinskörnung

Bei faserbewehrtem Beton

- Restfestigkeit

und/oder

- Energieabsorptionsvermögen.

6.2.2 Zusätzliche Angaben

Die Betonfestlegungen können auch zusätzliche Anforderungen enthalten, wie z. B.:

- Zementgehalt;
- besondere Anforderungen für Zementeigenschaften (z. B. sulfatbeständiger Zement);
- maximaler Wasserzementwert bezogen auf die Expositionsklassen;
- Frühfestigkeitsentwicklung;
- Wassereindringwiderstand;
- Haftung auf der Unterlage;
- Frost-/Taubewiderstand (mit oder ohne Tausalze);
- Elastizitätsmodul:

Bei faserbewehrtem Beton:

- Erstrissfestigkeit;
- Biegezugfestigkeit.

EN 14487-1:2005 (D)

6.3 Festlegungen für Beton nach Zusammensetzung

6.3.1 Grundlegende Angaben

Die vorgeschriebene Mischung muss durch folgende grundlegende Anforderungen festgelegt werden:

- Zementart und Zementfestigkeitsklasse;
- Zementgehalt;
- Konsistenz der Nassmischung (siehe Tabelle 6);
- Wasserzementwert;
- Art des Zuschlagstoffes und Beschränkungen für die Kornverteilung;
- Art und Menge der Zusatzmittel;
- Art und Menge der Zusatzstoffe;
- Herkunft aller Betonbestandteile;
- Überwachungskategorie.

Bei faserbewehrtem Beton:

- Fasereigenschaften (nach prEN 14889-1 und prEN 14889-2) und Fasergehalt.

6.3.2 Zusätzliche Angaben

Die Festlegungen für den Beton dürfen die folgenden zusätzlichen Anforderungen enthalten:

- zusätzliche Anforderungen an Zuschlagstoffe;
- besondere Anforderungen hinsichtlich der Temperatur der Grundmischung.

7 Bewertung der Übereinstimmung

7.1 Allgemeines

Die Konformitätskontrolle umfasst die Kombination von Handlungen und Entscheidungen, die entsprechend zuvor angenommenen Übereinstimmungsregeln getroffen werden müssen, um die Übereinstimmung des Spritzbetons mit den Festlegungen zu überprüfen.

Die Übereinstimmung muss durch Vorfertigungskontrollen sowie Prüfung während der Ausführung beurteilt werden und muss entsprechend der gültigen Überwachungskategorie angewendet werden.

Die Übereinstimmung oder Nichtübereinstimmung wird anhand der Übereinstimmungskriterien beurteilt und gilt für Vorfertigungsprüfungen sowie für Produktionsprüfungen. Übereinstimmung führt zur Annahme, während Nichtübereinstimmung zu korrigierenden Maßnahmen führen muss.

Wenn die Ergebnisse der Übereinstimmungsprüfungen die Anforderungen nicht erfüllen, eine Ergänzungsprüfung nach EN 12504-1 an Bohrkernen aus dem Tragwerk oder eine Kombination von Prüfungen an Bohrkernen und zerstörungsfreien Prüfungen an dem Tragwerk z. B. nach EN 12504-2 erforderlich.

7.2 Überwachungskategorien

Für die Konformitätskontrolle von Spritzbeton wurden die folgenden Überwachungskategorien festgelegt:

- Überwachungskategorie 1;
- Überwachungskategorie 2;
- Überwachungskategorie 3.

Die Wahl der Kategorie muss vom Planer und Auftraggeber unter Berücksichtigung der Eigenschaften des Projektes einschließlich des Risikograds und der geforderten Entwurfslebensdauer beruhen. Die Tabellen A.1 und A.3 geben Richtlinien für die Auswahl von Überwachungskategorien.

ANMERKUNG Tabellen A.1 bis A.3 enthalten Hinweise zur Auswahl der Überwachungskategorien. Die Festlegung des Überwachungssystems erfolgt durch die am Verwendungsort geltenden Vorschriften.

7.3 Eignungsprüfung

Die Eignungsprüfung muss nach Tabelle 9 durchgeführt werden, wenn es im Produktionslenkungssystem (Produktionskontrollhandbuch des Herstellers) nicht anders festgelegt ist. Die Prüfungen müssen an einer ausreichenden Menge von Spritzbeton durchgeführt werden, um eine gleichmäßige Fließmenge zu erzielen.

Es muss vor Beginn der Ausführung nachgewiesen werden, dass die Anforderungen erfüllt werden können.

Die Eignungsprüfungen müssen mit demselben Personal, denselben Baustoffen, derselben Ausrüstung und demselben Spritzverfahren durchgeführt werden, die während der Produktion verwendet werden.

Stehen Langzeiterfahrung für ähnliche Spritzbetonausrüstungen und dasselbe Personal zur Verfügung, ist eine Eignungsprüfung nicht erforderlich. Die Festlegung der Betoneigenschaften und deren gegenseitige Beeinflussung müssen neu festgelegt werden, wenn es eine wesentliche Änderung der Ausgangsstoffe, der Zusammensetzung, des Personals oder der Ausrüstung gibt, wie nachfolgend angegeben:

- Änderungen zu einem höheren Wasserzementwert;
- Änderung der Art des Zuschlagstoffes oder Wechsel des Lieferanten;
- Änderung der maximalen Korngröße des Zuschlagstoffes;
- Änderung von Zusatzmitteln oder Zusatzstoffen;
- Änderung der Zementart, -klasse oder -herkunft;
- Änderung der Faserart oder Wechsel des Lieferanten.

Tabelle 9 — Eignungsprüfungen — Anforderungen an den Entwurf von Spritzbeton

Alle in Tabelle 9 festgelegten und grau markierten Parameter müssen geprüft werden; nicht markierte Parameter sind nur zu prüfen, wenn dies vereinbart wird.

Art der Spritzbetonarbeiten :	Instandhaltung und Verstärkung			Freistehende Konstruktionen			Bodenverfestigung		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Überwachungskategorie									
Prüfeigenschaft									
Konsistenz der Nassmischung									
Frühfestigkeitsentwicklung									
Druckfestigkeit									
Elastizitätsmodul									
Haftung am Untergrund									
Biegezugfestigkeit									
Erststrichfestigkeit ^a									
Restfestigkeit ^{a, b}									
Energieabsorptionsvermögen ^{a, b}									
Frost-/Taufwiderstand (mit oder ohne Tausalze)									
Wassereindringwiderstand									
Zusammensetzung									
Fasergehalt ^a									
Höchstchloridgehalt									

a Nur für faserbewehrten Spritzbeton.
b Es kann entweder die Restfestigkeit oder das Energieabsorptionsvermögen festgelegt werden.

7.4 Produktionskontrolle

7.4.1 Allgemeines

Die Produktionskontrolle umfasst alle notwendigen Maßnahmen, um die Qualität des Spritzbetons in Übereinstimmung mit festgelegten Anforderungen zu halten und zu steuern.

Die Produktionskontrolle muss auf die Eigenschaften des Projektes einschließlich des Risikogrades und der erwarteten Entwurfslebensdauer Bezug haben.

Die Produktionskontrolle besteht aus den folgenden Teilen:

- Kontrolle der Ausgangsstoffe (Tabelle 10);
- Kontrolle der Grundmischung (Tabelle 11);
- Eigenschaften des Spritzbetons (Tabelle 12).

ANMERKUNG Die Überwachung der Ausführung wird in prEN 14487-2 behandelt.

Es müssen alle zum Prozess zugehörigen Angaben aufgezeichnet werden.

7.4.2 Kontrolle der Ausgangsstoffe

Die Kontrolle des Ausgangsstoffs muss nach Tabelle 10 durchgeführt werden.

Tabelle 10 — Kontrolle der Ausgangsstoffe

	Baustoff	Überwachung/ Prüfung	Zweck	Mindesthäufigkeit der Probenahme		
				Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
1	Zemente	Prüfung des Lieferscheins	Sicherstellen, dass Art und Herkunft korrekt sind.	Jede Lieferung		
2	Gesteins- körnung	Prüfung des Lieferscheins ^a	Sicherstellen, dass Art und Herkunft korrekt sind.	Jede Lieferung		
3		Siebversuch nach EN 933-1 oder Angabe der Liefe- ranten des Zuschlagstoffs	Beurteilen der Übereinstimmung mit der genormten oder einer anderen vereinbarten Kornverteilung	—	Erstlieferung neuer Herkunft	

EN 14487-1:2005 (D)

Tabelle 10 (fortgesetzt)

	Baustoff	Überwachung/ Prüfung	Zweck	Mindesthäufigkeit der Probenahme		
				Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
4	Gesteins- körnung	Prüfung auf Verunreinigungen oder Angabe des Lieferanten des Zuschlagstoffs (nach EN 12620)	Beurteilen auf Vorhandensein und Menge von Verunreinigungen	—	Erstlieferung neuer Herkunft	
5	Zusätzliche Überwachung für Leichtbeton	Prüfung nach ISO 6782	Messen der Schüttdichte	—	Erstlieferung neuer Herkunft	
Im Zweifelsfall müssen einschlägige Kontrollen der Ausgangsstoffe unabhängig von der Überwachungskategorie durchgeführt werden.						
6	Zusatzmittel ^b	Prüfung des Liefer- scheins und der Beschriftung auf dem Behälter nach EN 934-6	Sicherstellen, dass die Lieferung der Bestellung entspricht und ordnungsgemäß bezeichnet ist.	Jede Lieferung		
7		Dichtprüfung bei flüssigen Zusatz- mitteln nach ISO 758	Vergleich mit den Angaben des Herstellers	Im Zweifelsfall		
8	Zusatzstoffe, pulverförmig	Prüfung des Lieferscheins	Sicherstellen, dass die Lieferung der Bestellung entspricht und die richtige Herkunft hat.	Jede Lieferung		
9	Zusatzstoffe, in Suspension	Prüfung des Lieferscheins	Sicherstellen, dass die Lieferung der Bestellung entspricht und die richtige Herkunft hat.	Jede Lieferung		
10		Dichtprüfung nach ISO 758	Sicherstellen der Gleich- mäßigkeit	—	Jede Lieferung	
11	Wasser	Prüfung nach EN 1008	Sicherstellen, dass das Wasser frei von betonschädlichen Bestandteilen ist.	—	Wenn es sich nicht um Trinkwasser handelt; wenn eine neue Quelle erstmals verwendet wird; im Zweifelsfall	
12	Fasern	Prüfung von Länge, Durchmesser und Form nach prEN 14889-1 und prEN 14889-2	Sicherstellen, dass die Lieferung der Bestellung entspricht und die richtige Herkunft hat.	Jede Lieferung		
<p>^a Der Lieferschein oder das Produktdatenblatt muss auch Angaben über den Höchstchloridgehalt enthalten sowie eine Klassifizierung hinsichtlich der Alkali-Kieselsäure-Reaktion nach den am Verwendungsort des Betons geltenden Vorschriften. Der Lieferschein muss eine Konformitätserklärung oder ein Konformitätszertifikat, wie in der entsprechenden Norm oder Festlegung gefordert, enthalten oder diesem beigefügt sein.</p> <p>^b Es wird empfohlen, Proben bei jeder Lieferung zu entnehmen und zu lagern.</p>						

7.4.3 Kontrolle der Grundmischung

Die Kontrolle der Grundmischung muss nach Tabelle 11 durchgeführt werden.

Tabelle 11 — Kontrolle der Grundmischung

	Art der Prüfung	Überwachung/ Prüfung	Zweck	Mindesthäufigkeit der Probenahme		
				Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
1	Konsistenz bei Verwendung des Nassspritzverfahrens	Prüfung nach EN 12350-2 oder EN 12350-5	Beurteilen der Übereinstimmung mit der geforderten Konsistenzklasse und Überprüfen möglicher Änderungen des Wassergehaltes	bei Produktionsbeginn		
2	Gehalt an Zusatzmittel außer Erhärtungsbeschleuniger	Aufzeichnen der zugegebenen Menge	Überprüfen des Gehaltes	Wahlweise	Jede Charge	
3	Gehalt an Zusatzstoffen	Aufzeichnen der zugegebenen Menge	Überprüfen des Gehaltes	Wahlweise	Jede Charge	
4	Fasergehalt	Aufzeichnen der zugegebenen Menge	Überprüfen des Gehaltes	Jede Charge		

7.4.4 Überwachung der Spritzbetoneigenschaften

Wenn aufgrund der Projektbeschreibung eine Prüfung erforderlich ist, muss der Spritzbeton nach Tabelle 12 geprüft werden.

Es dürfen andere als die in Tabelle 12 angegebenen Prüfverfahren angewendet werden, sofern ihre Eignung nachgewiesen wurde und die Anwendung vom Hersteller angegeben wird.

Die Prüfhäufigkeiten beziehen sich auf die normale kontinuierliche Produktionssituation. Zu Beginn eines Dauerbetriebes oder während bestimmter schwieriger Teile eines Vorhabens sollten viermal höhere Prüfhäufigkeiten angewendet werden. Jedoch sollten gewöhnlich nicht mehr als zwei Prüfungen je Arbeitstag notwendig sein.

Nach vier aufeinander folgenden annehmbaren Ergebnissen muss die normale Häufigkeit angewendet werden.

Die Häufigkeit für Probenahme und Prüfung für die Produktionslenkung von Beton muss die Rate sein, die zur höchsten Probenzahl führt.

Die Mindesthäufigkeiten der Probenahme gelten für die Produktionsvolumina oder -bereiche, wie in Tabelle 12 angegeben. Für Volumina und Bereiche, die kleiner als die in Tabelle 12 angegebenen sind, muss mindestens eine Probe entnommen werden.

EN 14487-1:2005 (D)

Tabelle 12 — Kontrolle von Spritzbetoneigenschaften

Art der Prüfung	Überprüfung/Prüfung	Mindesthäufigkeit der Probenahme						
		Bodenverfestigung		Instandsetzung und Verbesserung		Freistehende Konstruktionen		
		Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3	
Kontrolle von Frischbeton								
1	Wasserelementwert von Frischbeton beim Nassspritzverfahren		täglich	täglich		täglich	täglich	
2	Beschleuniger		täglich	täglich		täglich	täglich	
3	Fasergehalt im Frischbeton	min 1	1/200 m ³ oder 1/1 000 m ²	1/100 m ³ oder 1/500 m ²	min 1	1/500 m ² min 2	1/200 m ³ oder 1/1 000 m ² oder min 1	1/100 m ³ oder 1/500 m ² min 2
Kontrolle von Festbeton								
4	Festigkeitsprüfung des jungen Spritzbetons	1/5 000 m ² oder 1/2 Monate	1/2 500 m ² oder 1/Monat	1/250 m ² oder 2/Monat				
5	Druckfestigkeit	1/1 000 m ³ oder 1/5 000 m ²	1/500 m ³ oder 1/2 500 m ²	1/250 m ³ oder 1/1 250 m ²	1/500 m ³ oder 1/2 500 m ² oder min 1	1/100 m ³ oder 1/500 m ² min 2	1/500 m ³ oder 1/2 500 m ² oder min 1	1/100 m ³ oder 1/500 m ² min 2
6	Rohdichte des Festbetons		Wenn die Druckfestigkeit geprüft wird			Wenn die Druckfestigkeit geprüft wird	Wenn die Druckfestigkeit geprüft wird	
7	Wassereindringwiderstand				1/1 000 m ² oder min 1	1/500 m ² oder min 2	1/1 000 m ² oder min 1	1/250 m ² oder min 3
8	Frostwiderstand				1/1 000 m ² oder min 1	1/500 m ² oder min 2	1/1 000 m ² oder min 1	1/250 m ² oder min 3
9	Haftfestigkeit		1/2 500 m ²	1/1 250 m ²	1/1 000 m ² oder min 1	1/500 m ² oder min 2	1/1 000 m ² oder min 1	1/250 m ² oder min 3
Kontrolle von faserverstärktem Spritzbeton								
10	Fasergehalt von Festbeton ^c		Wenn die Restfestigkeit oder das Energieabsorptionsvermögen geprüft wird.			Wenn die Restfestigkeit geprüft wird	Wenn die Restfestigkeit geprüft wird	
11	Restfestigkeit oder Energieabsorptionsvermögen	1/2 000 m ³ oder 1/10 000 m ²	1/400 m ³ oder 1/2 000 m ²	1/100 m ³ oder 1/500 m ²	min 1	1/2 000 m ² oder min 2	1/2 000 m ² oder min 2	1/500 m ² oder min 3
12	Biegezugfestigkeit		Wenn die Restfestigkeit geprüft wird			Wenn die Restfestigkeit geprüft wird	Wenn die Restfestigkeit geprüft wird	
13	Erststfestigkeit		Wenn die Restfestigkeit geprüft wird			Wenn die Restfestigkeit geprüft wird	Wenn die Restfestigkeit geprüft wird	
a	für die Bodenverfestigung							
b	für die Instandsetzung							
c	Diese Prüfung ist eine Alternative zu der Prüfung in Reihe 4, wenn eine Bestimmung des Fasergehalts des frischen Spritzbetons nicht praktikabel ist.							
d	Da zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm keine Europäische Norm zu diesem Punkt zur Verfügung stand, gelten die nationalen Normen.							

7.5 Konformitätskriterien

7.5.1 Allgemeines

7.5.1.1 Frühfestigkeitsentwicklung

Übereinstimmung der Frühfestigkeitsentwicklung von jungem Spritzbeton, die nach prEN 14488-2 geprüft wird, liegt vor, wenn die Datenpunkte der Druckfestigkeit f_c [MPa] gegenüber der Zeit in den Bereich der Klassen der Frühfestigkeit nach 4.3 fallen.

7.5.1.2 Druckfestigkeit

Die Übereinstimmung der Druckfestigkeit von Spritzbeton wird nach Tabelle 13 beurteilt für:

- Gruppen von „n“ aufeinander folgenden Prüfergebnissen x_n (Kriterium 1);
- jedes einzelne Prüfergebnis x_i (Kriterium 2),

wobei jedes einzelne Prüfergebnis die durchschnittliche Druckfestigkeit von fünf Bohrkernen ist, die einer einzelnen Prüfplatte oder vor Ort entnommen wurden. Wenn der Wert von einem oder zwei Bohrkernen höher als ± 20 % des durchschnittlichen Wertes ist, ist (sind) das (die) Ergebnis(se) der Berechnung zu verwerfen, sofern der Durchschnitt an mindestens drei Bohrkernen ermittelt wurde.

Tabelle 13 — Übereinstimmungskriterien für Prüfergebnisse der Druckfestigkeit

Produktion	Anzahl „n“ Prüfergebnisse in der Gruppe	Kriterium 1	Kriterium 2
		Mittelwert von „n“ Ergebnissen f_{cm} in MPa	Jedes der einzelnen Prüfergebnisse f_{ci} in MPa
Erstherstellung	3	$\geq f_{ck} + 4$	$\geq f_{ck} - 4$
stetige Herstellung	15	$\geq f_{ck} + 1,48 \delta$	$\geq f_{ck} - 4$

Dabei ist

- f_{ck} die charakteristische Druckfestigkeit;
- δ die Standardabweichung von mindestens 6 Proben.

Übereinstimmung der Druckfestigkeit liegt vor, wenn beide Kriterien nach Tabelle 13 erfüllt sind.

7.5.1.3 Wassereindringwiderstand

Übereinstimmung liegt vor, wenn der Mittelwert einer Reihe von Probekörpern (mindestens 3 Probekörper) jeder dem festgelegten Grenzwert entspricht.

ANMERKUNG Der Wert 50 mm sollte als Höchstwert für den Wassereindringwiderstand von Beton angesehen werden.

7.5.1.4 Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand

Übereinstimmung liegt vor, wenn jeder Messwert dem festgelegten Grenzwert entspricht.

ANMERKUNG Es liegt gegenwärtig keine Europäische Norm vor. Bis zur Verfügbarkeit einer entsprechenden Norm, darf auf nationale Normen und Vorschriften in einem nationalen Anhang zu dieser Europäischen Norm Bezug genommen werden.

7.5.1.5 Haftfestigkeit

Übereinstimmung der Haftfestigkeit von Spritzbeton liegt vor, wenn der Mittelwert einer Reihe von Probekörpern (mindestens 3 Probekörper) nicht geringer als der festgelegte Wert ist.

EN 14487-1:2005 (D)**7.5.1.6 Konsistenz**

Übereinstimmung der Konsistenz von Spritzbeton liegt vor, wenn das Prüfergebnis dem festgelegten Grenzwert entspricht.

7.5.2 Zusätzlich bei faserbewehrtem Spritzbeton**7.5.2.1 Fasergehalt**

Übereinstimmung liegt vor, wenn der Mittelwert des gemessenen Fasergehaltes im Frischbeton einer Reihe von mindestens 6 Proben nicht geringer als $V_f - 10\%$ bezogen auf den Massenanteil ist, wobei V_f der Zielwert für den Fasergehalt ist, der entsprechend der Vorfertigungsprüfung festgelegt ist.

Übereinstimmung des Stahlfasergehalts in Festbeton liegt vor, wenn der Mittelwert einer Reihe von mindestens 6 Proben nicht geringer als $V_f - 15\%$ bezogen auf den Massenanteil ist, wobei V_f der Wert ist, der entsprechend der Vorfertigungsprüfungen des Frischbetons festgelegt ist.

ANMERKUNG Der Wert des Fasergehalts in Frisch- und Festbeton unterscheidet sich aufgrund der Anwendung.

7.5.2.2 Ertrissfestigkeit

Übereinstimmung der Ertrissfestigkeit liegt vor, wenn

- der Mittelwert der Ergebnisse von Prüfungen an 3 Probekörpern die Anforderung an die Ertrissfestigkeit erfüllt;
- kein Einzelprüfergebnis mehr als $\pm 25\%$ vom berechneten Mittelwert abweicht.

7.5.2.3 Biegezugfestigkeit

Übereinstimmung der Biegezugfestigkeit liegt vor, wenn

- der Mittelwert der Ergebnisse von Prüfungen an 3 Probekörpern die Anforderung an die Biegezugfestigkeit erfüllt;
- kein Einzelprüfergebnis mehr als $\pm 25\%$ vom berechneten Mittelwert abweicht.

7.5.2.4 Restfestigkeit

Übereinstimmung der Restfestigkeit liegt vor, wenn

- der Mittelwert der Ergebnisse von Prüfungen an 3 Probekörpern die Anforderung an die Restfestigkeit nach Tabelle 2 bis zur Durchbiegungsgrenze besitzt, die für das festgelegte Verformungsniveau geeignet ist;
- kein Einzelprüfergebnis in irgendeinem Punkt (der dem festgelegte Verformungsniveau entspricht) eine Restspannung aufweist, die geringer als 10% der Spannung ist, die dem Grenzwert der festgelegten Festigkeitsklasse entspricht.

ANMERKUNG In diesem Fall ist das Prüfergebnis die gesamte Lastverteilungskurve.

7.5.2.5 Energieabsorptionsvermögen

Übereinstimmung des Energieabsorptionsvermögens liegt vor, wenn mindestens zwei der drei Prüfplatten ein Energieabsorptionsvermögen aufweisen, das nicht geringer ist als das Energieabsorptionsvermögen der in Tabelle 3 angegebenen festgelegten Klasse.

Anhang A (informativ)

Hinweise für Definitionen, Anforderungen und Konformität von Spritzbeton

Vorwort^{N1)}

In diesem Anhang werden Hinweise und vertiefende Informationen zum normativen Text angegeben. Der Inhalt dieses Anhangs wird, um den Bezug zu erleichtern, in der gleichen Weise wie der normative Text nummeriert.

A.1 Anwendungsbereich

Spritzbeton wird im gesamten Tief- und Hochbau angewendet. Er wird speziell eingesetzt für Arbeiten, bei denen:

- keine Betonschalungen angewendet werden;
- dünne Schichten aufgetragen werden;
- Frühfestigkeit gefordert wird;
- Sonderverfahren angewendet werden.

A.4 Klassifikation

A.4.5 Faserverstärkter Spritzbeton

A.4.5.1 Allgemeines

Ein direkter Vergleich der unterschiedlichen Arten zur Festlegung der Verformbarkeit von faserbewehrtem Spritzbeton durch die Restfestigkeit und das Energieaufnahmevermögen ist nicht möglich.

Die Restfestigkeit kann vorgeschrieben werden, wenn die Betoneigenschaften für ein Nachweisverfahren benötigt werden.

Das an einer Platte gemessene Energieaufnahmevermögen kann vorgeschrieben werden, wenn bei Verankerungen die Energieaufnahme während der Gesteinsverformung von Bedeutung ist.

A.4.5.2 Restfestigkeitsklassen

Die Anforderungen an die Restfestigkeit hängen von den Verformungsbedingungen des Gesteins ab. Bei einer stärkeren Verformung des Gesteins wird eine höhere Durchbiegungsfähigkeit des Betonausbaus gefordert.

^{N1)} Nationale Fußnote: Die nachfolgende Abschnittsbenummerung weicht von der Englischen Fassung der Norm ab, da dort der Zusammenhang zwischen der Erläuterung im Vorwort des Anhangs und der Benummerung unkorrekt ist. Hier ist dieser Sachverhalt richtig gestellt.

EN 14487-1:2005 (D)

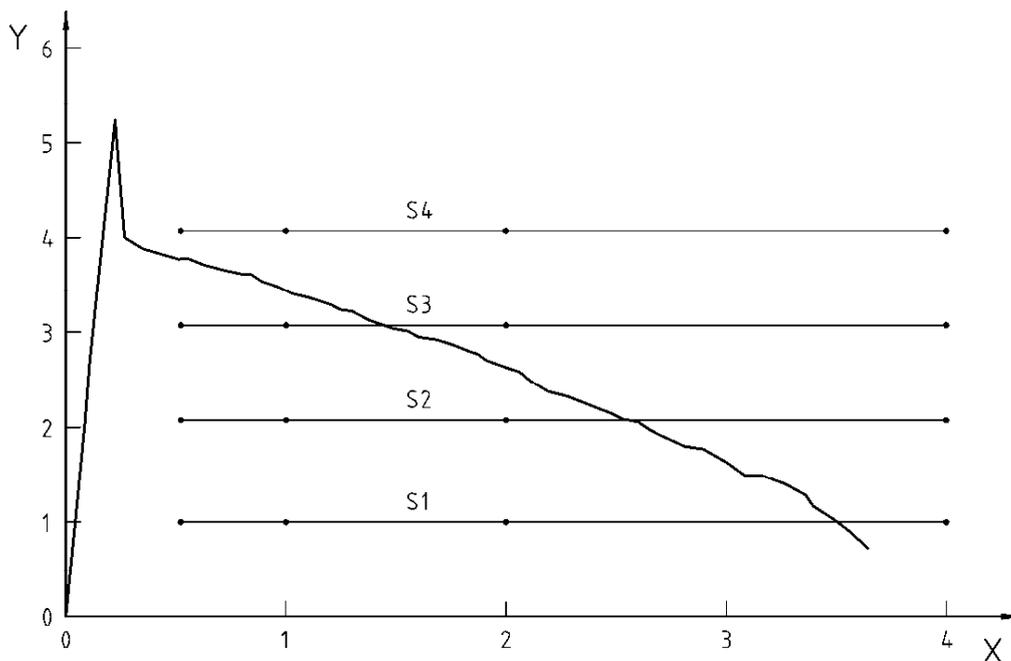
Die Verformungsbedingungen werden untersucht, um dem Planer bei der Auswahl der für den Spritzbeton unter Einsatzbedingungen erforderlichen Verformbarkeit einen Entscheidungsspielraum zu geben. Für Entwurfszwecke kann für eine bestimmte Verformung die Grenze für die Durchbiegung durch die äquivalente Winkelabweichung eines in der Mitte angerissenen Trägers erfasst werden (z. B. für einen Träger mit Maßen von 450 mm × 125 mm × 75 mm durch eine Prüfung nach prEN 14488-3).

Für das Gestein wurden drei typische Verformungsbereiche festgelegt:

- D1: für eine Durchbiegung = $l/250$;
- D2: für eine Durchbiegung = $l/125$;
- D3: für eine Durchbiegung = $l/56$.

Entsprechend werden vier mit S1 bis S4 bezeichnete Restfestigkeitsniveaus definiert, die in Kombination mit dem zutreffenden Verformungsbereich als Restfestigkeitsklassen festgelegt werden können.

Für einen herkömmlichen Träger aus faserbewehrtem Spritzbeton wird im Bild A.1 ein Beispiel vorgestellt, bei dem der Träger die Anforderungen an die Restfestigkeitsklasse D1S3 (und damit auch an D2S2 und D2S1) erfüllt.

**Legende**

X Durchbiegung des Trägers in mm
Y Restfestigkeit in MPa

Bild A.1 — Typische Festigkeits-Durchbiegungs-Kurve für einen Träger aus faserverstärktem Beton

A.4.5.3 Energieabsorptionsvermögen

Die Plattenprüfung gilt der Bestimmung der absorbierten Energie anhand einer Last-/Verformungskurve als Maß der Festigkeit. Die Prüfung wurde entwickelt, um auf realistischere Weise das biaxiale Biegen nachzubilden, das bei einigen Anwendungen auftreten kann, insbesondere beim Aufliegen auf Fels. Die mittige Punktlast kann auch als Nachbildung einer Felssicherung angesehen werden. Es hat sich herausgestellt, dass diese Prüfung von erheblichem Nutzen ist.

Die Plattenprüfung ist in der Phase der Vorprüfungen geeignet, um alle Parameter zu überprüfen, welche die in den Projektdokumenten festgelegten Anforderungen an den faserverstärkten Spritzbeton beeinflussen könnten. Für eine routinemäßige Qualitätskontrolle sollten Würfelprüfungen zur Bestimmung der Festigkeit und Auswaschungen zur Überprüfung des Stahlfasergehalts vor Ort durchgeführt werden. Die Plattenprüfung ist auch geeignet für einen Vergleich der verschiedenen Faserarten und -zusammensetzungen und sie ermöglicht einen Vergleich zwischen mattenverstärkten und faserverstärkten Betonen, sofern die Versagensart gleich ist.

A.5 Anforderungen an Spritzbeton

A.5.1 Anforderungen an Ausgangsstoffe

Zement

Für Spritzbeton ist es wichtig, Zemente mit geeigneten Eigenschaften anzuwenden, insbesondere mit geeigneter chemischer Zusammensetzung, Feinheit und Erhärtungsverlauf.

Falls sowohl Kennwerte als auch Anforderungen an die Homogenität zu definieren sind, sollten sich der Lieferant des Zements und der Auftragnehmer vor Lieferbeginn abstimmen.

A.5.2 Anforderungen an Zusammensetzung von Spritzbeton

A.5.2.1 Allgemeines

Bei Festlegung der Anteile der Beton-Grundmischung sollte die bei Ausführung der Spritzarbeiten auftretende Rückprallmenge berücksichtigt werden. Die Zusammensetzung der Grundmischung sollte so festgelegt werden, dass besonders die Menge des im Spritzbeton vor Ort enthaltenen Zementleims und der Wasserzementwert ausreicht, um die geforderten Eigenschaften und die geforderte Festigkeit zu erreichen. Eine hohe Rückprallmenge kann zu einem übermäßigen Bindemittelgehalt im Spritzbeton führen. Dies kann zu einem übermäßigen Schwinden führen.

A.5.2.2 Zusammensetzung von Beton

Verwendung von Zement

Die Temperatur des Zements sollte, wenn er vom Zementwerk geliefert wird, +80 °C nicht überschreiten; beim Einfüllen in die Silos der Mischanlage sollten +70 °C nicht überschritten werden. Eine höhere Temperatur des aus dem Zementwerk angelieferten Zements ist nur zulässig, wenn Maßnahmen festgelegt wurden, um den Zement vor seiner Anwendung abzukühlen.

Verwendung von Gesteinskörnung

Die Gesteinskörnung muss in einer geeignet abgestimmten Korngrößenverteilung vorliegen, um einerseits durch einen ausreichenden Feinkornanteil eine gute Pumpfähigkeit der Grundmischung sicherzustellen (Nassspritzen) und andererseits durch eine geeignete Menge grober Gesteinskörnung den Anforderungen an Verdichtung, Festigkeit und Permeabilität zu entsprechen, wobei für das Verhältnis Zement/Gesteinskörnung ein Minimum (geringes Schwinden) einzuhalten und die Rückprallrate zu verringern ist.

Die Anwendung von Gesteinskörnung mit einem relativ großen Größtkorn in der Mischung (besonders über 10 mm) kann zu einem höheren Rückprall führen.

Ein hoher Feinkornanteil der Mischung bedingt einen höheren Wasserbedarf.

EN 14487-1:2005 (D)**Verwendung von Zusatzmitteln****Erstarrungsbeschleuniger für Spritzbeton**

Die Verträglichkeit des Zusatzmittels als Erstarrungsbeschleuniger für Spritzbeton mit dem Bindemittel sollte besonders hinsichtlich des Erstarrens sowie der Früh- und Endfestigkeit beachtet werden.

Bei flüssigen Zusatzmitteln als Erstarrungsbeschleuniger für Spritzbeton sollten entsprechend den vom Hersteller angegebenen Anweisungen besonders die Lagerbeständigkeit, die Verarbeitungstemperatur und die Kompatibilität mit dem Zugabewasser beachtet werden.

Verwendung von Fasern

Bereits bei Festlegung der Zusammensetzung des Betons muss ein möglicherweise erhöhter Faseranteil im Rückprall berücksichtigt werden.

Es ist üblich, Stahlfasern mit einer Länge bis zu 30 mm für das Trockenspritzverfahren und bis zu 40 mm für das Nassspritzverfahren anzuwenden. Die Länge der Fasern sollte 75 % des Innendurchmessers der verwendeten Rohre oder Schläuche nicht überschreiten, sofern nicht nachgewiesen wurde, dass durch längere Fasern keine Verstopfung hervorgerufen wird. Falls die Fasern in Form von Endlosdraht direkt an der Spritzdüse eingebracht werden, dürfen sogar noch längere Fasern verwendet werden.

Die Mindestüberdeckung s zwischen den Fasern kann nach folgender Gleichung errechnet werden:

$$s = \sqrt[3]{\frac{\pi \times d_f^2 \times l_f}{4\rho_f}} \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

- l_f die Länge der Faser;
- d_f der äquivalente Durchmesser der Faser;
- ρ_f der prozentuale Faseranteil.
- s sollte kleiner als $0,45 l_f$ sein, um eine Mindestüberdeckung sicherzustellen.

ANMERKUNG Gleichung A.1 und der Grenzwert s sind der Doktorarbeit von D. C. McKee, Universität von Louisiana „*The properties of an expansive cement mortar reinforced with random wire fibres*“ entnommen.

Wasserzementwert

Für eine Spritzbeton-Trockenmischung sollte der Wasserzementwert durch ständige Überwachung der Konsistenz beim Spritzen nachgewiesen werden. Bei ordnungsgemäß aufgebrachtem Spritzbeton kann erwartet werden, dass der Wasserzementwert weniger als 0,5 beträgt. Der Wasserzementwert vor Ort beträgt üblicherweise zwischen 0,35 bis 0,50.

A.6 Spezifikation von Spritzbeton**A.6.1 Allgemeines**

Üblicherweise wird ein Entwurfsbeton anstelle eines vorgegebenen Rezeptbetons verwendet.

A.7 Bewertung der Übereinstimmung

A.7.2 Überwachungskategorien

Beispiele für Überwachungskategorien werden in den Tabellen A.1, A.2, A.3 und A.4 angegeben.

Tabelle A.1 — Kategorien für die Instandsetzung und Verstärkung von nichttragenden Konstruktionen und Bauteilen

Kategorie	Beispiel für die Überwachungskategorien
1	Konstruktionen mit geringen Anforderungen an die Dauerhaftigkeit und ohne Risiko für Benutzer und Einwohner wie <ul style="list-style-type: none"> — Konstruktionen in nicht städtischen Bereichen und entlegene Verkehrswege; — temporäre Instandsetzungen mit geringem Risiko.
2	Konstruktionen und Bauteile mit mittleren Anforderungen an die Dauerhaftigkeit und mittlerem Risiko für Benutzer und Einwohner wie <ul style="list-style-type: none"> — kleine Gebäude, Häuser; — Abwasserleitungen in mittelgroßen Städten.
3	Konstruktionen und Bauteile mit hohen Anforderungen an die Dauerhaftigkeit und hohem Risiko für Benutzer und Einwohner wie <ul style="list-style-type: none"> — Eisenbahn- oder Straßentunnel mit starkem Verkehrsaufkommen; — Fabriken mit hohem Risiko, Krankenhäuser, Schulen.

Tabelle A.2 — Kategorien für die Instandsetzung und Verstärkung von tragenden Konstruktionen und Bauteilen

Kategorie	Beispiel für die Überwachungskategorien
2	Konstruktionen und Bauteile mit üblicher Entwurfskomplexität hinsichtlich des Risikos für die statische Instabilität oder die Funktionssicherheit und mit geringem Risiko für Nutzer und Einwohner wie <ul style="list-style-type: none"> — Abwasserleitungen in kleinen Städten; — Tunnel, Brücken und andere Tragwerke mit geringem Verkehrsaufkommen; — dauerhafte Verfestigung von Böschungen.
3	Konstruktionen und Bauteile mit besonderer Entwurfskomplexität hinsichtlich des Risikos für die statische Instabilität oder die Funktionssicherheit sowie mit hohen Anforderungen an die Dauerhaftigkeit und mit mittlerem bis hohem Risiko für Nutzer und Einwohner wie <ul style="list-style-type: none"> — Eisenbahn- und Straßentunnel mit mittlerem Verkehrsaufkommen; — Wasserleitungen für Trinkwasser; — kleine Dämme, Abwasserleitungen in mittelgroßen Städten, Kanäle; — Krankenhäuser, Schulen und Gebäude mit hohem Publikumsverkehr.

EN 14487-1:2005 (D)

Tabelle A.3 — Kategorien für die Bodenverfestigung

Kategorie	Beispiel für die Überwachungskategorien
1	Konstruktionen mit geringem Risiko für konstruktive und statische Instabilität sowie mit geringen Anforderungen an die Dauerhaftigkeit, üblicherweise Konstruktionen mit kurzer Entwurfslebensdauer und geringem Risiko für die konstruktive Instabilität wie <ul style="list-style-type: none"> — kleine dauerhafte Konstruktionen; — Verfestigung kleiner oder zeitweilig angelegter Böschungen oder Baugruben.
2	Konstruktionen mit üblicher Entwurfskomplexität hinsichtlich des Risikos für die statische Instabilität oder die Funktionssicherheit sowie Konstruktionen mit mittleren Anforderungen an die Dauerhaftigkeit/Entwurfslänge wie <ul style="list-style-type: none"> — dauerhafte Verfestigung von Böschungen; — zeitweilig aufgebracht Spritzbeton für Tunnel und Hohlräume in schlechtem Boden.
3	Konstruktionen mit besonderer Entwurfskomplexität hinsichtlich des Risikos für die statische Instabilität oder die Funktionssicherheit sowie Konstruktionen mit hohen Anforderungen an die Dauerhaftigkeit/lange Entwurfslänge wie <ul style="list-style-type: none"> — Hohlräume in sehr schlechtem Boden; — Verkehrstunnel

Tabelle A.4 — Kategorien für freistehende Konstruktionen

Kategorie	Beispiel für Überwachungskategorien
1	Konstruktionen mit geringem Versagensrisiko der Tragsicherheit sowie mit geringen Anforderungen an die Dauerhaftigkeit, üblicherweise Konstruktionen mit kurzer Standdauer und geringem Risiko für das Versagen der Tragsicherheit wie <ul style="list-style-type: none"> — dekorative Felsimitationen; — Ummauerungen.
2	Konstruktionen mit üblichem Schwierigkeitsgrad hinsichtlich der Tragwerksbemessung und mit üblichem Versagensrisiko der Tragsicherheit oder der Gebrauchstauglichkeit sowie Konstruktionen mit üblichen Anforderungen an die Dauerhaftigkeit und geringem Risiko für Nutzer und Einwohner wie <ul style="list-style-type: none"> — oben offene Wasserleitungen oder Kanäle; — kleine Schwimmbäder; — dekorative Felsimitationen oder Skulpturen.
3	Konstruktionen mit hohem Schwierigkeitsgrad hinsichtlich der Tragwerksbemessung und mit hohem Versagensrisiko der Tragsicherheit oder der Gebrauchstauglichkeit sowie Konstruktionen mit hohen Anforderungen an die Dauerhaftigkeit und hohem Risiko für Nutzer und Einwohner wie <ul style="list-style-type: none"> — kleine Gebäude, Häuser; — Kuppeln und Schalen; — Brandschutz für Stahlbauten; — große Schwimmbäder; — Sicherheitsbauten; — hohe Felsimitationen mit Publikumsverkehr; — hohe Kletterwände.

Literaturhinweise

- [1] EN 12504-4, *Prüfung von Beton in Bauwerken — Teil 3: Bestimmung der Ausziehkraft*

DIN EN 14487-2

ICS 91.100.30

**Spritzbeton –
Teil 2: Ausführung;
Deutsche Fassung EN 14487-2:2006**

Sprayed concrete –
Part 2: Execution;
German version EN 14487-2:2006

Béton projeté –
Partie 2: Exécution;
Version allemande EN 14487-2:2006

Gesamtumfang 21 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 14487-2:2007-01

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm (EN 14487-2: 2006) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 104 „Beton und zugehörige Produkte“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) erarbeitet.

Für die deutsche Mitarbeit ist als nationales Spiegelgremium der Arbeitsausschuss NA 005-07-10 AA „Spritzbeton“ im NABau zuständig.

Dieses Dokument ist Teil der Normenreihe DIN EN 14487 „Spritzbeton“, die aus folgenden Teilen besteht:

- *Teil 1: Begriffe, Anforderungen und Konformität*
- *Teil 2: Ausführung*

Es gilt im Zusammenhang mit der Normenreihe DIN EN 14488 „Prüfverfahren für Spritzbeton“.

ICS 91.100.30

Deutsche Fassung
Spritzbeton —
Teil 2: Ausführung

Sprayed concrete —
Part 2: Execution

Béton projeté —
Partie 2: Exécution

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 3. August 2006 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, 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

EN 14487-2:2006 (D)

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	4
4 Dokumentation	4
4.1 Projektbeschreibung	4
4.2 Dokumentation über die Ausführung	5
5 Vorbereitung der Arbeiten	6
5.1 Zur Bodensicherung	6
5.1.1 Vorbereitung des Untergrundes	6
5.1.2 Entfernung von Staub und Felstrümmern	6
5.1.3 Anfeuchten	6
5.1.4 Schutz gegen extreme Umgebungstemperaturen	6
5.2 Instandsetzen und Verstärken von Tragwerken sowie Erstellung freistehender Konstruktionen	6
5.2.1 Gerüste, Lehrgerüste und Schalungen	6
5.2.2 Vorbereitung des Untergrundes	7
5.2.3 Vornässen des Untergrundes	7
5.2.4 Schutz gegen extreme Umgebungstemperaturen	7
6 Bewehrung	7
7 Ausrüstung	8
7.1 Lagerung von Materialien	8
7.2 Dosiereinrichtung	8
7.3 Mischer	9
7.4 Spritzanlage	9
7.5 Prüfeinrichtung	9
8 Dosieren, Mischen und Lieferung des Betons	9
8.1 Dosieren und Mischen	9
8.2 Lieferung	9
8.2.1 Trockenspritzverfahren	9
8.2.2 Nassspritzverfahren	10
9 Ausführung der Spritzarbeiten	10
9.1 Spritzvorgang	10
9.2 Oberfläche des fertigen Spritzbetons	11
9.3 Nachbehandlung und Schutz	11
10 Geometrische Toleranzen	12
10.1 Allgemeines	12
10.2 Dicke	12
11 Überwachung	12
11.1 Allgemeines	12
11.2 Umfang der Überwachung der Ausführung	12
11.3 Überwachungsmaßnahmen, bezogen auf den Umfang der Überwachung	14
Anhang A (informativ) Anleitung für die Dokumentation	17
Literaturhinweise	19

Vorwort

Dieses Dokument (EN 14487-2:2006) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 104 „Beton und zugehörige Produkte“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

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

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

EN 14487-2:2006 (D)

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm gilt für Spritzbeton, der zur Bodensicherung, zur Instandsetzung und Verstärkung von bestehenden Tragwerken sowie für freistehende Konstruktionen verwendet wird.

Die Norm enthält Anforderungen an die Ausführung von Spritzbeton sowohl im Nassspritzverfahren als auch im Trockenspritzverfahren.

Die Norm gilt sowohl für temporäre als auch für permanente Tragwerke.

Die Norm berücksichtigt nicht Aspekte der Arbeitssicherheit bei der Ausführung.

Die Norm beinhaltet keine Anforderungen an die Qualitätssicherung und an die Qualifikation des Personals der verschiedenen Gewerke.

2 Normative Verweisungen

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

EN 206-1:2000, *Beton — Teil 1: Spezifikation, Eigenschaften, Herstellung und Konformität*

ENV 13670-1, *Ausführung von Betontragwerken — Teil 1: Allgemeine Regeln*

EN 1504-3, *Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken — Definitionen, Anforderungen, Qualitätsüberwachung und Beurteilung der Konformität — Teil 3: Statisch und nicht statisch relevante Instandsetzung*

EN 1504-10, *Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken — Definitionen, Anforderungen, Qualitätsüberwachung und Beurteilung der Konformität — Teil 10: Anwendung von Produkten und Systemen auf der Baustelle, Qualitätsüberwachung der Ausführung*

EN 14487-1: 2005, *Spritzbeton — Teil 1: Begriffe, Anforderungen und Konformität*

EN 14488-6, *Prüfverfahren für Spritzbeton — Teil 6: Dicke des Betons auf einem Untergrund*

prEN 14889-1, *Fasern für Beton — Teil 1: Stahlfasern — Begriffe, Festlegungen und Konformität*

prEN 14889-2, *Fasern für Beton — Teil 2: Polymerfasern — Begriffe, Festlegungen und Konformität*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in EN 14487-1: 2005 angegebenen Begriffe.

4 Dokumentation

4.1 Projektbeschreibung

Die Projektbeschreibung muss alle erforderlichen Angaben und alle technischen Anforderungen hinsichtlich der Ausführung des Bauwerks enthalten.

Es sind mindestens folgende Angaben aufzuführen:

- Art des Projektes (Brücke, Haus, Straße, Bahnanlage, Wasserkraftanlage usw.);
- Zweck des Spritzbetonarbeiten (dauerhafter oder temporärer Untergrund zur Bodensicherung), (tragender oder nicht tragender Spritzbeton zur Instandsetzung);
- Überwachungsklasse nach EN 14487-1;
- Anforderungen hinsichtlich der Arbeitssicherheit;
- Qualifikationen des Personals;
- sofern erforderlich: Anforderungen an einen Qualitätssicherungsplan für die Ausführung;

ANMERKUNG 1 Ein Qualitätsplan für die Ausführung ist in der Regel für die Überwachungsklassen 2 und 3 erforderlich.

- maßgebende europäische technische Zulassungen und Bestimmungen, die für die Baustelle gelten;

ANMERKUNG 2 Die Bestimmungen, die für die Baustelle gelten, sind nationale Normen sowie Dokumente, die durch die in der Projektbeschreibung angegebene zuständige Behörde anerkannt wurden.

- Verfahren, wie bei Änderungen von Festlegungen vorzugehen ist;
- eine Liste der maßgebenden Planungsdokumente.

Für die Bodensicherung sind darüber hinaus folgende Angaben erforderlich:

- allgemeine Bodenverhältnisse (Art des Felsens und dessen Eigenschaften usw.);
- wesentliche Konstruktionsgrundsätze bei der Bodensicherung mit Spritzbeton;
- jegliche besonderen Ausführungsbedingungen (z. B. gefrorener Untergrund, Spritzen mit Druckluft, Sondermülldeponien).

Für die Instandsetzung und Verstärkung von Tragwerken sowie für freistehende Konstruktionen sind darüber hinaus folgende Angaben erforderlich:

- Anforderungen an die endgültige Oberflächenbeschaffenheit;
- Anforderungen an die Dicke;
- wesentliche Bemessungsgrundsätze und -verfahren.

ANMERKUNG 3 Der informative Anhang A enthält eine Checkliste hinsichtlich Anforderungen und Angaben, deren Aufnahme in die Projektspezifikation zweckmäßig sein könnte.

Vor Beginn jeglicher Ausführungsschritte muss die Projektbeschreibung für diese vollständig sein und zur Verfügung stehen. Die Projektbeschreibung sollte darüber hinaus Angaben hinsichtlich der Verteilung, Archivierung und Aufzeichnung der technischen Dokumente, die die Ausführung der Arbeiten betreffen, enthalten.

4.2 Dokumentation über die Ausführung

Sofern erforderlich, ist ein Qualitätssicherungsplan für die Ausführung der Arbeiten zu erstellen, in dem alle einschlägigen Bezugsdokumente aufgeführt sind. So weit zutreffend, ist auf die Anforderungen und Konformitätskriterien nach EN 14487-1 zu verweisen.

EN 14487-2:2006 (D)

Die Ausführung des Spritzbetons ist entsprechend in dieser Norm nachfolgend und im Qualitätssicherungsplan festgelegten Anforderungen zu dokumentieren.

5 Vorbereitung der Arbeiten

5.1 Zur Bodensicherung

5.1.1 Vorbereitung des Untergrundes

Jeglicher brüchiger und loser Fels ist festlegungsgemäß zu entfernen.

Austretendes Grundwasser ist in Schläuchen, Rohren oder anderen Entwässerungssystemen zu sammeln, um eine Beeinträchtigung des Spritzbetons zu verhindern.

Alle vorgesehenen felsmechanischen Messeinrichtungen sind einzubauen.

5.1.2 Entfernung von Staub und Felstrümmern

Vor Beginn der Spritzarbeiten sind Staub, Felstrümmern und andere lose Ablagerungen mit Wasserstrahl zu entfernen.

5.1.3 Anfeuchten

Zusätzlich kann vor dem Auftrag des Spritzbetons ein Vornässen des Untergrundes notwendig werden. Dabei ist die Saugfähigkeit des Untergrundes ebenso zu berücksichtigen wie eine mögliche Beeinträchtigung des Spritzbetons.

5.1.4 Schutz gegen extreme Umgebungstemperaturen

Wenn die Spritzbetonarbeiten bei hohen oder niedrigen Temperaturen ausgeführt werden, sind besondere Vorkehrungen zu treffen, um die Güte des Spritzbetons sicherzustellen.

Ist zum Zeitpunkt des Spritzbetonauftrags oder innerhalb der Nachbehandlungszeit mit Umgebungstemperaturen unter 0 °C zu rechnen, müssen Vorkehrungen getroffen werden, um den Spritzbeton gegen Frostschädigungen im jungen Alter zu schützen.

Sind zum Zeitpunkt des Spritzbetonauftrags oder innerhalb der Nachbehandlungszeit hohe Umgebungstemperaturen vorauszusehen, sind Vorkehrungen zum Schutz des Betons gegen entsprechende Schädigungen zu treffen.

5.2 Instandsetzen und Verstärken von Tragwerken sowie Erstellung freistehender Konstruktionen

5.2.1 Gerüste, Lehrgerüste und Schalungen

Gerüste, Lehrgerüste und Schalungen müssen grundsätzlich ENV 13670-1 entsprechen.

Für die bei Spritzbetonarbeiten vorgesehenen Gerüste und Lehrgerüste sind darüber hinaus folgende Punkte zu berücksichtigen:

- alle auftretenden Lasten, einschließlich des erzeugten Rückpralls, müssen ohne übermäßige Verformungen aufgenommen werden;
- die Arbeitssicherheit des Düsenführers ist sicherzustellen;

6

- Gerüste und Lehrgerüste sind so aufzustellen, dass ein ausreichender Abstand zwischen der Spritzdüse und der Auftragfläche eingehalten wird (siehe 9.1);
- Gerüste und Lehrgerüste müssen den problemlosen Zugang zu den zu bearbeitenden Bauteilen ermöglichen.

Die Schalung für Spritzbeton muss so beschaffen sein, dass sich darin kein Rückprall ansammeln kann.

5.2.2 Vorbereitung des Untergrundes

Es ist wichtig, dass der Spritzbeton auf einen sorgfältig gereinigten, rauhen und fehlerfreien Untergrund aufgebracht wird. Für die Reinigung und das Aufräumen des Untergrunds sind vor allem Hochdruckwasserstrahl oder Sandstrahlverfahren zu empfehlen.

Für die Instandsetzung und Verstärkung von Tragwerken sind Betonuntergrund und Bewehrung nach EN 1504-10 vorzubereiten.

5.2.3 Vornässen des Untergrundes

Für die Instandsetzung und Verstärkung von Tragwerken ist der bestehender Betonuntergrund (bzw. Untergrund aus einem anderen porösen Material) vor Beginn der Spritzarbeiten entsprechend EN 1504-10 vorzunässen.

5.2.4 Schutz gegen extreme Umgebungstemperaturen

Schalungen und Bauteile, die mit dem Teil, auf den Spritzbeton aufgetragen werden soll, in Verbindung stehen, müssen eine solche Temperatur aufweisen, dass ein Gefrieren des Spritzbetons vermieden wird, bevor dieser eine ausreichende Gefrierbeständigkeit erreicht hat.

Ist zum Zeitpunkt des Spritzbetonauftrags oder innerhalb der Nachbehandlungszeit mit Umgebungstemperaturen unter 0 °C zu rechnen, müssen Vorkehrungen getroffen werden, um den Spritzbeton gegen Frostschädigungen im jungen Alter zu schützen.

Sind zum Zeitpunkt des Spritzbetonauftrags oder innerhalb der Nachbehandlungszeit hohe Umgebungstemperaturen vorauszusehen, sind Vorkehrungen zum Schutz des Beton gegen entsprechende Schädigungen zu treffen.

6 Bewehrung

Als Bewehrung dürfen Stahlmatten, Stabstahl oder Fasern verwendet werden.

Zur Bodensicherung dürfen Gitterträger und Stahlrippen in den Spritzbeton nach einer separaten Materialbeschreibung eingebaut werden.

Stahlmatten oder Stabstahl, die als Bewehrung für Spritzbeton vorgesehen sind, müssen ENV 13670-1 entsprechen.

Stahl- oder Polymerfasern, die als Bewehrung eingesetzt werden, müssen EN 14889-1 bzw. EN 14889-2 entsprechen.

Ferner ist sicherzustellen, dass

- die Bewehrung so befestigt ist, dass sie während des Spritzvorgangs sich weder verschiebt noch vibriert;
- die Konstruktion und die Anordnung der Bewehrungsstäbe sind so anzupassen, dass beim Spritzvorgang Spritzschatten weitgehend vermieden werden und die Verdichtung des Spritzbetons verbessert wird.

EN 14487-2:2006 (D)

- beim Einbau von zwei oder mehreren Lagen Bewehrungsmatten, die hintere Matte zuerst — vor Befestigung der vorderen Matte — mit Spritzbeton eingebettet wird (gilt nicht für Überlappungsbereiche). Die vordere Matte muss in einen Abstand größer als das 2-fache des Größtkorns von der zuvor aufgetragenen Spritzbetonschicht befestigt werden.
- die verwendete Pressluft durch geeignete Einrichtungen (z. B. Ölabscheider) ölfrei gehalten wird.

7 Ausrüstung**7.1 Lagerung von Materialien**

Die Ausgangsstoffe sind so zu lagern und zu handhaben, dass sich ihre Eigenschaften z. B. durch Witterungseinflüsse, durch Vermischen oder durch Verunreinigung nicht wesentlich verändern, und dass die Übereinstimmung mit den geltenden Normen gegeben ist.

Vorratsbehälter sind deutlich zu kennzeichnen, um Verwechslungen bei der Verwendung der Ausgangsstoffe zu vermeiden.

Besondere Anweisungen der Lieferanten der Ausgangsstoffe sind zu beachten.

Für Probenahmen, z. B. aus Lagerhalden, Silos und Sammelbehältern, sind entsprechende Einrichtungen vorzusehen.

7.2 Dosiereinrichtung

Werkgemischte Trockenmischungen müssen prEN 1504-3 entsprechen. Für Betonmischungen, die auf der Baustelle hergestellt werden, muss die Dosiereinrichtung unter Praxisbedingungen die Einhaltung der in Tabelle 1 festgelegten höchstzulässigen Abweichungen ermöglichen.

Tabelle 1 — Höchstzulässige Abweichungen für die Dosierung der Ausgangsstoffe

Ausgangsstoff	Höchstzulässige Abweichungen % der festgelegten Menge	
	Überwachungsklasse 2	Überwachungsklasse 3
Zement	± 5 %	± 3 %
Wasser (nur für das Nassspritzverfahren)	± 5 %	± 3 %
Gesamtmenge an Gesteinskörnungen	± 5 %	± 3 %
Zusatzstoffe	± 5 %	± 3 %
Fasern	± 5 %	± 5 %
Zusatzmittel, die mit einem Anteil ≤ 5 %, bezogen auf den Zementgehalt bei der Betonherstellung im Mischer zugegeben werden,	± 7 %	± 5 %
Stoffe, die an der Spritzdüse zugegeben werden	± 10 %	± 5 %
ANMERKUNG Die Abweichung entspricht der Differenz zwischen dem Sollwert und dem Messwert.		

Die Genauigkeit der Messeinrichtungen muss den einschlägigen nationalen Anforderungen bzw. den Bestimmungen, die am Einsatzort des Betons gelten, entsprechen. Sollten derartige Anforderungen nicht vorliegen, gelten die Festlegungen nach EN 206-1:2000, 9.6.2.2.

7.3 Mischer

Sowohl für das Nass- als auch für das Trockenspritzverfahren muss der Mischer in der Lage sein, eine gleichmäßige Verteilung der Ausgangsstoffe zu ermöglichen.

7.4 Spritzanlage

Bei Verwendung eines Erstarrungsbeschleunigers muss die Dosiereinrichtung sicherstellen, dass die Menge des Erstarrungsbeschleunigers innerhalb der in Tabelle 1 angegebenen zulässigen Grenzen für Stoffe, die in der Spritzdüse zugegeben werden, liegt.

ANMERKUNG Da der Spritzbetonfluss üblicherweise zeitlich nicht konstant ist, ist die Zugabemenge des Erstarrungsbeschleunigers mit der Spritzbetonzufuhr zu synchronisieren.

Bei Verwendung von Stahl- oder Polymerfasern darf die Faserlänge 70 % des Innendurchmessers der Rohre oder der Schläuche nicht überschreiten, es sei denn, dass in einer Prüfung der Nachweis erbracht wurde, dass die Verwendung längerer Fasern nicht zu einem Verstopfen der Rohre bzw. Schläuche während des Spritzvorgangs führen würde.

7.5 Prüfeinrichtung

Alle für die Überwachung und Prüfung der Arbeitsgeräte, der Baustoffe und des Betons notwendigen Prüfeinrichtungen und -geräte sowie die zugehörigen Prüfanweisungen müssen bei Bedarf zur Verfügung stehen.

Die entsprechenden Prüfeinrichtungen müssen zum Zeitpunkt der Prüfung ordnungsgemäß kalibriert sein. Das Vorgehen bei der Prüfung ist aufzuzeichnen.

8 Dosieren, Mischen und Lieferung des Betons

8.1 Dosieren und Mischen

Zement, Gesteinskörnungen, Fasern, pulverförmige Zusatzmittel und Zusatzstoffe sind nach Massenanteilen zuzugeben. Andere Verfahren, einschließlich der Abmessung nach Volumen, sind zulässig, wenn die erforderliche Dosiergenauigkeit erreicht und dies dokumentiert wird.

Die Bestandteile sind so lange zu mischen, bis die Mischung ein gleichmäßiges Aussehen aufweist. Besondere Sorgfalt ist im Falle der Zugabe von Fasern aufzuwenden, um deren gleichmäßige Verteilung in der Mischung sicherzustellen.

Beton, der während des Transports und Entladung abgetrennt oder aus der Spritzanlage ausgeworfen wird, darf nicht wieder verwendet werden.

8.2 Lieferung

8.2.1 Trockenspritzverfahren

Um eine sachgerechte Verarbeitung der Trockenmischung über die gesamte Dauer des Spritzvorgangs sicherzustellen, sind geeignete Maßnahmen zu treffen,.

Trockenmischungen mit feuchten Gesteinskörnungen sind in der Regel innerhalb von 90 min nach dem Mischen aufzutragen. Übersteigt die Dauer des Spritzvorgangs 90 min, sind die Maßnahmen, durch die eine längere Verarbeitungszeit der jeweiligen Lieferung erreicht wird, im Voraus festzulegen und nachzuweisen.

Trockenmischungen mit ofentrockenen Gesteinskörnungen können für eine begrenzte Dauer gelagert werden; sie sind jedoch unmittelbar nach dem Mischen mit Wasser aufzutragen. Ofentrockene Stoffe sollten vor der Spritzdüse oder schon vor der Zuführung in die Spritzmaschine vorbefeuchtet werden.

EN 14487-2:2006 (D)

Bei Verwendung von schnell erstarrendem Zement, ist das Verfahren der begrenzten Verarbeitungszeit der Mischung anzupassen.

Nachteilige Veränderungen der Trockenmischung, wie z. B. Entmischung, sind während des Beladens, Transports und Entladens sowie während der Handhabung auf der Baustelle zu vermeiden.

8.2.2 Nassspritzverfahren

Um eine sachgerechte Verarbeitung der Frischbetonmischung über die gesamte Dauer des Spritzvorgangs sicherzustellen, sind geeignete Maßnahmen zu treffen. Die normale Verarbeitbarkeitszeit der Frischbetonmischung ist in Vorversuchen zu ermitteln. Erfordern die Spritzbetonarbeiten eine längere Verarbeitbarkeitszeit, ist diese durch zusätzliche Prüfungen nachzuweisen.

Nachteilige Veränderungen der Frischbetonmischung wie z.B. Entmischung, Wasserabsonderung, Verlust von Zementleim sowie alle anderen Veränderungen sind während des Beladens, Transports und Entladens sowie während der Handhabung auf der Baustelle zu vermeiden.

9 Ausführung der Spritzarbeiten**9.1 Spritzvorgang**

Für den Spritzvorgang gelten folgende allgemeine Regeln.

Vor Beginn der Spritzarbeiten ist immer die Betontemperatur und die Konsistenz der Frischbetonmischung auf der Baustelle zu prüfen.

Beim Einstellen der Düse bzw. des Spritzbetonvorgangs (Luftdruck, Beschleuniger und Betonfluss) muss die Düse immer vom Untergrund wegweisen.

Spritzbeton muss so zusammengesetzt und verarbeitet werden, dass der Rückprall minimiert wird. Maßgebende Faktoren, die den Rückprall beeinflussen, sind die Betonzusammensetzung, der Spritzwinkel und die Entfernung der Düse zum Untergrund, die Dosierung des Beschleunigers, die Auftragfläche im Tunnel, usw.

Soweit möglich, ist die Spritzdüse senkrecht zur Auftragfläche zu führen, um eine Spritzbetonschicht mit optimaler Dichte und Dicke herzustellen, die Bewehrung vollständig einzubetten und den Rückprall zu minimieren. Verschiebungen oder Abgleiten des aufgetragenen Spritzbetons darf nicht auftreten. Abweichungen vom optimalen Düsenabstand und Spritzwinkel können zu erhöhtem Rückprall und zu einer Verringerung der Spritzbetongüte führen.

Der Abstand zwischen der Spritzdüse und der Auftragfläche richtet sich nach den Randbedingungen auf der Baustelle und danach, wie sich eine gute Verdichtung, eine volle Einbettung der Bewehrung und ein möglichst geringer Rückprall erzielen lassen. Zur Bodenverfestigung wird in der Regel ein Abstand von 1 m bis 2 m empfohlen. Die festgelegte Dicke des Spritzbetons kann den Einbau in zwei oder mehreren Schichten erfordern, um ein Absacken oder Abrutschen des Spritzbetons zu verhindern. Dies gilt insbesondere bei Überkopfarbeiten.

Die Dicke der einzelnen Spritzbetonschichten hängt von mehreren Parametern ab und soll entsprechend den Randbedingungen auf der Baustelle und der Betonzusammensetzung festgelegt werden. Die Schichtdicke kann durch die Verwendung von Zusatzmitteln (z. B. von Erstarrungsbeschleunigern), Zusatzstoffen (z. B. Silikastaub) oder schnell abbindendem Zement erhöht werden.

Eine nachfolgende Schicht darf erst dann aufgetragen werden, wenn die vorherige Schicht ausreichend tragfähig ist.

Falls zwischen dem Einbau der einzelnen Schichten, die zum Erreichen der festgelegten Gesamtdicke erforderlich sind, ein längerer Zeitraum liegt, ist die jeweils letzte Spritzbetonschicht entsprechend Abschnitt 5 durch Druckluft, Hochdruckwasserstrahl, Bürsten oder Sandstrahlen zu reinigen und vorzunässen.

10

Bei Spritzbetonarbeiten auf unregelmäßige oder raue Felsoberflächen (überwiegend beim Sprengvortrieb) kann eine zusätzliche Glattschicht festgelegt werden. Ist dies der Fall, ist die Glattschicht zuerst einzubauen.

Der eingebaute Spritzbeton muss eine gleichmäßige Zusammensetzung aufweisen; Rückprall darf nicht mit eingespritzt werden.

Vor dem Auftrag des Spritzbetons sind Spritzbetonüberstände und loser Rückprall vom Untergrund und von den angrenzenden Bereichen zu entfernen.

Beim Einspritzen der Bewehrung sind die Auswirkungen von Rückprall und Spritzschatten sorgfältig zu berücksichtigen. Obwohl sich Spritzschatten nicht vollständig vermeiden lassen, sollen Anstrengungen unternommen werden, um mögliche negative Auswirkungen der Spritzschatten auf ein Minimum zu beschränken. Insbesondere sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Es ist sicherzustellen, dass die Geschwindigkeit des Luftstroms um die Stäbe ausreichend ist. Um dies zu erreichen, ist entweder ein geeigneter Abstand zwischen der Spritzdüse und den Bewehrungsstäben einzuhalten oder es ist der Spritzbeton mit höherer Fördergeschwindigkeit aufzutragen.
- Die Einbettung der Bewehrung ist möglichst rasch erfolgen. Gleichzeitig ist sicherzustellen, dass die erforderliche Betondeckung der Bewehrung erreicht wird. Dabei ist zu beachten, dass hinsichtlich der Betondeckung bei einer rau gespritzten Oberflächen die gleichen Anforderungen wie bei einem Beton in glatter Schalung gelten.
- Bei Stahlfaserspritzbeton, der auf andere Bewehrungen aufgetragen wird, ist eine eingeschränkte Verdichtung zu vermeiden.
- Vorgenässter Untergrund darf kein abfließendes Wasser aufweisen.

9.2 Oberfläche des fertigen Spritzbetons

Da sich eine Bearbeitung der Oberfläche des frisch aufgetragenen Spritzbetons nachteilig auf den Verbund und die Festigkeit des Spritzbetons auswirken kann, muss im Allgemeinen die Oberfläche spritzrau belassen werden. Eine Oberflächenbearbeitung darf in der Regel nur erfolgen, wenn die Eigenschaften des Spritzbetons dies erlauben und der Vorgang dokumentiert wird.

Wird eine besondere Oberflächenstruktur gefordert, kann in einem zusätzlichen Arbeitsgang z. B. eine Abschlusschicht aufgebracht werden, die dann entsprechend der gewünschten Oberflächenstruktur bearbeitet wird.

9.3 Nachbehandlung und Schutz

Der Spritzbeton ist nachzubehandeln, um das Fröhschwinden auf ein Minimum zu beschränken, sowie um eine ausreichende Dauerhaftigkeit und Haftung zwischen den Spritzbetonschichten sicherzustellen.

Nach Beendigung des Spritzvorgangs ist die Oberfläche des Spritzbetons unverzüglich nachzubehandeln. Dies gilt auch für Spritzbetoneinbau in mehreren Schichten, sofern die darauf folgende Schicht erst nach einem Zeitraum von mehr als 2 Stunden eingebaut werden soll.

Für Spritzbeton, der ausschließlich den Expositionsklassen X0 oder XC1 ausgesetzt sein wird, beträgt die Nachbehandlungsdauer mindestens 12 h, vorausgesetzt, dass die Temperatur der Betonoberfläche ≥ 5 °C ist.

Enthalten nationale Normen oder die Bestimmungen, die auf der Baustelle gelten, keine weiteren Anforderungen, gilt Folgendes:

- Spritzbeton, der anderen Expositionsklassen als X0 oder XC1 ausgesetzt sein wird, ist so lange nachzubehandeln, bis die Festigkeit des Spritzbetons mindestens 50 % der festgelegten Druckfestigkeitsklasse erreicht hat. Spritzbeton nach Zusammensetzung ist mindestens für einen äquivalenten Zeitraum nachzubehandeln.
- In nationalen Normen oder Bestimmungen, die auf der Baustelle gelten, darf die oben aufgeführte Anforderung in einen entsprechend fest definierten Zeitraum umgewandelt werden.

EN 14487-2:2006 (D)

Die Nachbehandlung darf mit einem flüssigem Nachbehandlungsmittel erfolgen, das auf die Betonoberfläche gespritzt wird, oder mit einem Zusatzmittel, das beim Mischen des Betons zugegeben wird. Ein aufgetragenes flüssiges Nachbehandlungsmittel ist vor dem Aufbringen einer weiteren Spritzbetonschicht zu entfernen. Die Wirkung des Nachbehandlungsmittels ist vorab in einer Eignungsprüfung oder andere einschlägige Überprüfungen nachzuweisen.

Hierzu sind auch vor Beginn der Spritzbetonarbeiten auf der Baustelle Prüfungen der Verbundfestigkeit zwischen einzelnen (mit Nachbehandlungsmitteln versehenen) Spritzbetonschichten durchzuführen. Bei einem Wechsel des flüssigen Nachbehandlungsmittels sind diese Verbundprüfungen auf der Baustelle ebenfalls durchzuführen.

Beim Einbau von Spritzbeton bei kalter Witterung, auf gefrorenem Fels oder Boden sind Maßnahmen zum Schutz gegen Frost zu ergreifen. Diese Schutzmaßnahmen dürfen erst entfernt werden, wenn der Spritzbeton eine Druckfestigkeit von mindestens 5 MPa erreicht hat.

10 Geometrische Toleranzen**10.1 Allgemeines**

Sofern geometrische Toleranzen festzulegen sind, gilt ENV 13670-1.

10.2 Dicke

Es sind Vorkehrungen zu treffen, die eine Überprüfung der Schichtdicken während des Spritzvorgangs ermöglichen. Hierzu können Abstandshalter, Einbauteile, Führungsdrähte und Profilleisten zweckmäßig sein.

Sofern festgelegt ist die Dicke von Spritzbeton nach EN 14488-6 zu bestimmen.

Im Falle von Faserspritzbeton ist die Dicke vor dem Einbau einer weiteren, faserfreien Schicht zu überprüfen.

Die Häufigkeit der Dickenüberprüfung ist in der Projektbeschreibung anzugeben.

11 Überwachung**11.1 Allgemeines**

Durch die Überwachung ist sicherzustellen, dass die Spritzbetonarbeiten in Übereinstimmung mit dieser Norm und mit den Festlegungen der Projektbeschreibung durchgeführt werden.

Der Umfang der Überwachung hängt von der nach EN 14487-1 festgelegten Überwachungskategorie ab.

Für die Prüfung der Ausgangsstoffe, der Grundmischung und des Spritzbetons gilt EN 14487-1.

Ausgangsstoffe mit CE-Kennzeichnung oder durch eine unabhängige Stelle zertifizierte Stoffe, sind mit den Angaben im Lieferschein zu vergleichen und wie üblich zu überwachen. Im Zweifelsfall sind weitere Überprüfungen durchzuführen, um sicherzustellen, dass die Produkte der Spezifikation entsprechen. Andere Produkte sind den in der Projektbeschreibung festgelegten Überwachungen und Abnahmeprüfungen zu unterziehen.

11.2 Umfang der Überwachung der Ausführung

Sofern in der Projektbeschreibung nichts anderes festgelegt wird, gilt Tabelle 2 für den Umfang der durchzuführenden Überwachungen.

12

Tabelle 2 — Umfang der Überwachung

Gegenstand	Überwachungs-kategorie 1	Überwachungs-kategorie 2	Überwachungs-kategorie 3
Überwachungsplanung	Keine Anforderungen	Überwachungs- und Prüfplan, Verfahren und Anweisungen wie festgelegt. Maßnahmen, die bei Nichtkonformität zu ergreifen sind.	
Gerüste, Lehrgerüste und Schalungen	Sichtprüfung	Wesentliche Gerüste und Schalungen sind vor Ausführung der Spritzbetonarbeiten zu überprüfen.	Alle Gerüste und Schalungen sind vor Ausführung der Spritzbetonarbeiten zu überprüfen.
Vorbereitung des Untergrundes und Vornässen	Sichtprüfung	Wesentliche Flächen sind vor Ausführung der Spritzbetonarbeiten zu überprüfen.	Alle Flächen sind vor Ausführung der Spritzbetonarbeiten zu überprüfen.
Schutz gegen extreme Umgebungstemperaturen	Sichtprüfung und Temperaturmessungen		
Bewehrung	Sichtprüfung und stichpunktartige Messung	Die Hauptbewehrung ist vor Ausführung der Spritzbetonarbeiten zu überprüfen.	Die gesamte Bewehrung ist vor Ausführung der Spritzbetonarbeiten zu überprüfen.
Eingebettete Bauteile	Sichtprüfung	Nach der Projektbeschreibung.	
Lagerung der Baustoffe	Sichtprüfung		
Dosiereinrichtung	Sichtprüfung	Überprüfung der Prüfdokumentation des Lieferers.	Stichpunktartige Kontrolle der Dosierung der Ausgangsstoffe.
Mischer	Sichtprüfung		
Spritzanlage	Sichtprüfung	Überprüfung der Prüfdokumentation des Lieferers.	Stichpunktartige Messung des Durchsatzes und Kontrolle der Dosierung des Beschleunigers.
Prüfeinrichtung	Sichtprüfung		
Dosieren und Mischen	Sichtprüfung		
Lieferung des Betons	Sichtprüfung	Stichpunktartige Kontrolle der Verarbeitungszeit (Trockenmischungen) und Verarbeitbarkeitszeit (Frischbetonmischungen)	
Spritzen des Betons	Sichtprüfung		
Oberflächenbearbeitung	Sichtprüfung		
Nachbehandlung und Schutz des Betons	Sichtprüfung	Stichpunktartige Messung der Temperatur und der Luftfeuchte zum Zeitpunkt des Spritzvorgangs und während der Nachbehandlung.	Häufige Messungen der Temperatur und der Luftfeuchte zum Zeitpunkt des Spritzvorgangs und während der Nachbehandlung.
Geometrie der fertigen Bauteile	Sichtprüfung	Nach der Projektbeschreibung	
Dokumentation der Überwachung	Aufzeichnungen aller ungewöhnlichen Ereignisse. Alle Mängel und Berichte über Korrekturmaßnahmen.	Alle Planungsunterlagen. Aufzeichnungen aller Überprüfungen. Alle Mängel und Berichte über Korrekturmaßnahmen.	

EN 14487-2:2006 (D)**11.3 Überwachungsmaßnahmen, bezogen auf den Umfang der Überwachung****Tabelle 3 — Überwachungsmaßnahmen, bezogen auf den Umfang der Überwachung**

X: Gilt in der Regel

Überwachungsmaßnahmen	Boden- sicherung	Instandsetzung und Verstärkung von Tragwerken		Freistehende Konstruktionen
Planung der Überwachung	X	X	X	X
Gerüste, Lehrgerüste und Schalungen				
Geometrie und Stabilität der Schalungen		X	X	X
Dichtheit der Schalungen		X	X	X
Entfernung von Staub, Felstrümmern u. Ä. von dem Abschnitt, auf dem der Spritzbeton einzubauen ist		X	X	X
Vorbereitung der Oberfläche der Schalung		X	X	X
Beurteilung vor dem Ausschalen, ob eine ausreichende Betonfestigkeit erreicht wurde		X	X	X
Vorbereitung des Untergrundes und Vor- nässen				
Befreiung des Felsens von anhaftendem losem Material nach der Projektbeschreibung	X			
Sauberer, mattfeuchter Untergrund, jedoch ohne fließendes Wasser	X	X	X	
Einbau felsmechanischer Messeinrichtungen	X			
Falls erforderlich: Abschlachtung von Grundwasser	X			
Schutz gegen extreme Umgebungstempe- raturen				
Schutz gegen Frost	X	X	X	X
Schutz gegen hohe Temperaturen, extremen Luftzug usw.	X	X	X	X
Bewehrung				
Matten und Stäbe				
Art und Anordnung in Übereinstimmung mit den Zeichnungen und der Projektbeschrei- bung	X	X	X	X
Ordnungsgemäße Befestigung und Siche- rung gegen Verschiebung während des Spritzvorgangs	X	X	X	X
Keine Verunreinigung durch schädliche Sub- stanzen (Öl, Fett, Farbe usw.)	X	X	X	X

Tabelle 3 (fortgesetzt)

Überwachungsmaßnahmen	Boden- sicherung	Instandsetzung und Verstärkung von Tragwerken		Freistehende Konstruktionen
Ausreichender Abstand zwischen den Stäben, um eine ordnungsgemäße Verdichtung des Spritzbetons zu ermöglichen	X	X	X	X
Keine unnötigen Überlappungen zwischen den Stäben	X	X	X	X
Betondeckung in Übereinstimmung mit der Projektbeschreibung	X	X	X	X
Stahl- und Kunststofffasern				
Art und Gehalt in Übereinstimmung mit der Projektbeschreibung	X	X	X	X
Einbauteile				
Art und Anordnung in Übereinstimmung mit den Zeichnungen und der Projektbeschreibung		X	X	X
Ordnungsgemäße Befestigung und Sicherung gegen Verschiebung während des Spritzvorgangs		X	X	X
Lagerung der Materialien				
Schutz gegen Feuchte	X	X	X	X
Keine Verunreinigung durch schädliche Substanzen	X	X	X	X
Dosiereinrichtung	X	X	X	X
Mischer	X	X	X	X
Spritzanlage				
Genauigkeit der Dosiereinrichtung des Erstarrungsbeschleunigers	X	X	X	X
Prüfeinrichtung				
Sichtprüfung	X	X	X	X
Lieferung des Betons				
Überprüfung, dass die festgelegte Verarbeitungszeit bzw. Verarbeitbarkeitszeit nicht überschritten wird	X	X	X	X
Überprüfung der Homogenität des Spritzgutes bei Zufuhr in die Spritzanlage	X	X	X	X
Spritzen des Betons				
Ausreichende Druckluftzufuhr, um eine gute Verdichtung zu erzielen	X	X	X	X
Ausreichend niedrige Dosierung des Erstarrungsbeschleunigers, um eine Klumpung des Betons auf der Bewehrung zu verhindern	X	X	X	X

EN 14487-2:2006 (D)**Tabelle 3 (fortgesetzt)**

Überwachungsmaßnahmen	Boden- sicherung	Instandsetzung und Verstärkung von Tragwerken		Freistehende Konstruktionen
Gut eingestellter Spritzabstand und Änderung des Spritzwinkels, wenn erforderlich	X	X	X	X
Oberflächenbearbeitung				
Überprüfung, dass die Oberflächenbearbeitung in Übereinstimmung mit der Projektbeschreibung durchgeführt wurde		X	X	X
Nachbehandlung und Schutz				
Überprüfung, dass die Nachbehandlung des Spritzbetons wie festgelegt erfolgt	X	X	X	X
Aufgespritzte flüssige Nachbehandlungsmittel wurden in Übereinstimmung mit der Projektbeschreibung vor dem Einbau einer weiteren Spritzbetonschicht entfernt	X	X	X	X
Geometrie der fertigen Bauteile				
Messung der Dicke	X	X	X	X
Dokumentation	X	X	X	X

Anhang A (informativ)

Anleitung für die Dokumentation

Tabelle A.1 enthält eine Zusammenfassung der Angaben, die – soweit zutreffend - in die Projektbeschreibung aufgenommen werden sollten, um die Anforderungen dieser Norm zu erfüllen.

Tabelle A.1 — Checkliste für die Angaben, die die Projektbeschreibung enthalten sollte

Abschnitt	Text	Verweis
1 Anwendungsbereich	Festlegung von genauen Projektanforderungen	4.1
	Festlegung von Anforderungen an Gesundheit und Sicherheit	
	Festlegung von Anforderungen an die Qualifizierung des Personals	
	Festlegung der Verantwortlichkeiten, sofern zutreffend	
2 Normative Verweisungen	Ergänzung durch alle nationalen Normen oder Bestimmungen, die für die Baustelle gelten	2
3 Dokumentation	Festlegung aller erforderlichen technischen Angaben in der Projektbeschreibung	4.1
	Angabe von nationalen Bestimmungen, die zu beachten sind	
	Aufnahme eines Verfahrens für Änderungen in der Projektbeschreibung	
	Anforderung an die Verteilung von Dokumenten	
	Angabe, ob ein Qualitätsplan erforderlich ist	
	Angabe, ob eine Dokumentation der Ausführung erforderlich ist	
4 Vorbereitungen	Festlegungen hinsichtlich des Auftrags von Trennmitteln	5.2.1
	Festlegung von Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit, besondere Oberflächenbearbeitungen oder Versuchsplatten	9.2
5 Bewehrung	Festlegung der Bewehrungsarten	6
	Festlegung hinsichtlich des Betonstahls	
	Bereitstellung von Schneide- und Biegeplänen oder Vorgabe, dass dies die Aufgabe des Bauausführenden ist	
	Falls eine Biegung der Bewehrung bei Temperaturen unter -5 °C zulässig ist: Angabe der erforderlichen Sicherheitsvorkehrungen	
	Angabe, ob Warmbiegen zulässig ist	
	Festlegung von Anforderungen hinsichtlich des Rückbiegens von gebogenen Stäben	
	Festlegungen für das Schweißen der Bewehrung	
	Bestätigung, dass das Punktschweißen zulässig ist	
	Festlegungen hinsichtlich der Bewehrungsstöße	
Anordnung der Bewehrung, einschließlich der Stöße		
6 Einrichtung	Festlegung von Anforderungen an die Lagerung der Ausgangsstoffe	7.1

EN 14487-2:2006 (D)**Tabelle A.1** (fortgesetzt)

Abschnitt	Text	Verweis
7 Ausführung der Spritzbetonarbeiten	Überprüfung, dass alle erforderlichen Betoneigenschaften festgelegt wurden	4.1
	Angabe, ob Spritzversuche erforderlich sind	9.2
	Angabe aller zusätzlichen Anforderungen an die Betonoberfläche	9.3
	Angaben für die Umrechnung der prozentualen Druckfestigkeit in eine Zeitdauer (Nachbehandlungsdauer)	
	Angabe aller Einschränkungen für Nachbehandlungsmittel auf der Betonoberfläche	
	Angabe, ob höhere Maximaltemperaturen zulässig sind	5.2.4
8 Geometrische Toleranzen	Angabe aller ästhetischen Anforderungen	10
9 Überwachung	Festlegung der Überwachungskategorie und der für die Überwachung zuständigen Stelle	11.1
	Festlegungen, hinsichtlich des Überwachungspersonals	
	Festlegung von Überwachungen und Abnahmeprüfungen für Produkte ohne CE-Kennzeichnung oder Zertifizierung durch eine unabhängige Stelle	

Literaturhinweise

EN 934-5, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel — Teil 5: Zusatzmittel für Spritzbeton — Begriffe, Anforderungen, Konformität, Kennzeichnung und Beschriftung.*

