

DIN 4093

ICS 93.020

Ersatz für
DIN 4093:2012-08**Bemessung von verfestigten Bodenkörpern –
Hergestellt mit Düsenstrahl-, Deep-Mixing- oder Injektions-Verfahren**

Design of strengthened soil –

Set up by means of jet grouting, deep mixing or grouting

Dimensionnement des renforcements de sol –

Colonnes de sol-ciment réalisées par jet, colonnes de sol traité ou injection

Gesamtumfang 19 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

DIN 4093:2015-11

Inhalt	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich.....	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe und Formelzeichen	5
3.1 Begriffe	5
3.2 Formelzeichen	7
4 Bodenverfestigung.....	8
4.1 Allgemeine Anforderungen.....	8
4.2 Zuordnung zu Geotechnischen Kategorien	9
4.3 Einwirkungen und Beanspruchungen	9
4.3.1 Allgemeines	9
4.3.2 Grundbauspezifische Einwirkungen	9
4.3.3 Dynamische Einwirkungen	10
4.3.4 Charakteristische Beanspruchungen	10
4.3.5 Bemessungswerte der Beanspruchung.....	10
4.4 Widerstände	10
4.4.1 Allgemeines	10
4.4.2 Charakteristische Festigkeit.....	10
4.4.3 Angaben zum Verformungsverhalten.....	12
4.4.4 Bemessungswert der Festigkeit.....	12
4.4.5 Verankerungen in Düsenstrahlsohlen.....	13
4.4.6 Abmessungen von verfestigten Bodenkörpern.....	13
4.5 Dauerhaftigkeit	14
4.6 Nachweis der Tragfähigkeit.....	14
4.7 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit.....	15
4.8 Prüfungen und Kontrollen	15
Anhang A (normativ) Durchführung von Festigkeitsprüfungen.....	16
Anhang B (normativ) Durchführung von Kriechversuchen	17
B.1 Allgemeines	17
B.2 Bodenverfestigungen mit Zement.....	17
B.3 Bodenverfestigungen mit Silikatgel	18

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitsausschuss NA 005-05-08 AA, *Injektionen, Düsenstrahlverfahren, tiefreichende Bodenstabilisierung (Spiegelausschuss zu CEN/TC 288/WG 17 und WG 18)*, im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) als Ergänzung zu DIN 1054:2010-12 und DIN EN 1997-1:2009-09 ausgearbeitet.

Planung, Ausführung und Prüfung des Eindüsens, des Einmischens beim Deep-Mixing und des Injizierens (Einpressen) im Untergrund erfordern gründliche Kenntnisse und Erfahrungen mit diesen Bauverfahren, bei denen der Boden als Baustoff herangezogen wird.

Wenn mit dem Eindüsen, Einmischen oder Einpressen in den Boden Stoffe in das Grundwasser eingebracht werden, bedarf es einer Erlaubnis nach dem Wasserhaushaltsgesetz. Die nach Landesrecht zuständigen Behörden sind rechtzeitig einzuschalten.

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

Änderungen

Gegenüber DIN 4093:2012-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Änderungen in den Abschnitten 2, 3 und 4;
- b) Überarbeitung des Abschnitts 4.4.2;
- c) Neuformulierung des Anhangs A;
- d) Neuformulierung des Anhangs B;
- e) Anpassung des englischen Titels;
- f) redaktionelle Überarbeitung.

Frühere Ausgaben

DIN 4093: 1962-06, 1987-09, 2012-08

DIN 4093:2015-11**1 Anwendungsbereich**

Diese Norm gilt für die Bemessung von unbewehrten Verfestigungskörpern als Tragelemente, die durch Eindüsen, Einmischen und Injizieren von verfestigenden Stoffen in Böden hergestellt werden, und deren Planung und Prüfung. Regelungen zu den verfestigenden Stoffen sind in DIN EN 12715, DIN EN 12716 und DIN EN 14679 enthalten.

Maßnahmen, die ausschließlich der Baugrundverbesserung, der Durchlässigkeitsänderung oder der Schadstoff-Immobilisierung dienen, sind nicht Gegenstand dieser Norm.

Die Verfestigung von Fels ist nicht Gegenstand dieser Norm.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

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

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

DIN 1054:2010-12, *Baugrund — Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau — Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1*

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

DIN 4150-3:1999-02, *Erschütterungen im Bauwesen — Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen*

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

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

DIN EN 1997-1:2009-09, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009*

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

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

DIN EN 1997-2/NA, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds*

DIN EN 12390-2:2009-08, *Prüfung von Festbeton — Teil 2: Herstellung und Lagerung von Probekörpern für Festigkeitsprüfungen; Deutsche Fassung EN 12390-2:2009*

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

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

DIN EN 12715, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Injektionen*

DIN EN 12716, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Düsenstrahlverfahren (Hochdruckinjektion, Hochdruckbodenvermörtelung, Jetting)*

DIN EN 14199, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Pfähle mit kleinen Durchmessern (Mikropfähle)*

DIN EN 14679, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Tiefreichende Bodenstabilisierung*

3 Begriffe und Formelzeichen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1

Bodenverfestigungen

sind im Sinne dieser Norm Bodenbereiche, die durch Injektionsverfahren, Düsenstrahlverfahren oder Deep-Mixing-Verfahren gezielt verfestigt und in der Planung und Bemessung als Tragelemente berücksichtigt werden

3.1.2

charakteristische Festigkeit

Festigkeit, von der angenommen wird, dass sie unter Berücksichtigung der Nutzungsdauer des Bauwerks und der entsprechenden Bemessungssituation mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht unterschritten wird

3.1.3

Deep-Mixing-Verfahren

Verfahren, bei dem mechanische Werkzeuge den Boden an Ort und Stelle intensiv durchmischen und dabei ein Bindemittel einbringen

Anmerkung 1 zum Begriff: Das in DIN EN 14679 mit „Tiefreichende Bodenstabilisierung“ bezeichnete Verfahren wird in dieser Norm als „Deep-Mixing-Verfahren“ bezeichnet.

3.1.4

Düsenstrahlverfahren

Hochdruckinjektion, Hochdruckbodenvermörtelung, Jetting

Vorgang, der darin besteht, dass Boden oder mäßig festes Gestein in seine Bestandteile zerlegt und mit zementhaltiger Mischung versetzt bzw. teilweise durch diese Mischung ersetzt wird. Das Auflösen des Bodengefüges wird durch einen energiereichen Flüssigkeitsstrahl bewirkt, wobei die Flüssigkeit die Zementsuspension sein kann.

[QUELLE: DIN EN 12716:2001-12]

3.1.5

Eignungsprüfung

Prüfung vor Beginn der Bauausführung zum Nachweis, dass das Einbringverfahren mit dem Injektionsgut oder dem Bindemittel unter den Verhältnissen der betreffenden Aufgabenstellung für den jeweiligen Zweck geeignet ist

DIN 4093:2015-11

3.1.6

Grundsatzprüfung

Prüfung bei Bodenverfestigungen mit Silikatgel zum Nachweis der Eignung des Einpressguts unabhängig von der Verwendung im Einzelfall

3.1.7

Injektionsverfahren

Verfahren, bei dem das Korngefüge des Bodens durch Einpressen von Injektionsgut verfestigt wird

3.1.8

Kontrollprüfung

Prüfung zum Nachweis, dass der Verfestigungskörper die in den bautechnischen Unterlagen geforderten Eigenschaften erreicht hat

3.1.9

Reichweite beim Düsenstrahlverfahren

Strecke von der Achse des Düsenträgers betrachtet, auf der der Boden verfestigt wird

3.1.10

Reichweite bei Injektionen

Strecke von der Austrittsstelle aus betrachtet, auf der der Boden verfestigt wird

3.1.11

Verfestigungskörper

Bodenvolumen, das mit dem Injektionsverfahren bzw. Düsenstrahlverfahren oder Deep-Mixing-Verfahren verfestigt wird

3.1.12

Verfestigungsabschnitt

Bereich eines Verfestigungskörpers, für den einheitliche Bodenverhältnisse vorliegen sowie gleiche Herstellungsparameter und -abläufe gelten und für den die charakteristische Festigkeit einheitlich ermittelt wird

3.2 Formelzeichen

A_v	Fläche des zu I_v gehörenden Querschnitts des Verfestigungskörpers
d	Durchmesser der Zylinderprobe
E_d	Bemessungswert der Beanspruchungen
E_k	charakteristischer Wert der Beanspruchungen
$f_{b,k}$	charakteristische Verbundfestigkeit
$f_{b,d}$	Bemessungswert der Verbundfestigkeit
f_m	Zylinderdruckfestigkeit des Verfestigungskörpers (m für Material)
$f_{m,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit des Verfestigungskörpers (m für Material)
$f_{m,k}$	charakteristische Zylinderdruckfestigkeit des Verfestigungskörpers (m für Material)
$f_{m,mittel}$	Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit der Proben einer Serie
$f_{m,min}$	Minimalwert der Zylinderdruckfestigkeit der Proben einer Serie
h	Höhe der Zylinderprobe
i	Trägheitsradius
I_v	Flächenmoment 2. Grades des kleinsten Querschnitts des Verfestigungskörpers
l_v	Verankerungslänge
R_d	Bemessungswerte der Widerstände
$R_{z,d}$	Bemessungswert des Widerstandes hinsichtlich des Verbunds von Druck- oder Zuggliedern in einem Verfestigungskörper
$R_{z,k}$	charakteristischer Wert des Widerstandes hinsichtlich des Verbunds von Druck- oder Zuggliedern in einem Verfestigungskörper
$R_{z,i}$	Herauszieh Widerstand beim Eignungsversuch
s	Verformung
s_k	Knicklänge
α	Beiwert zur Ermittlung der charakteristischen Druckfestigkeit aus dem Mittelwert von Prüfergebnissen
γ_a	Teilsicherheitsbeiwert für den Herauszieh Widerstand
γ_F	Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen und Beanspruchungen
γ_m	Teilsicherheitsbeiwert für die Zylinderdruckfestigkeit des Verfestigungskörpers
γ_φ	Teilsicherheitsbeiwert für den Reibungswinkel
δ	Erddruckneigungswinkel
$\Delta\varepsilon_K$	Unterschiedsbetrag der Kriechdehnung
ε_K	Kriechdehnung
λ	Schlankheit

DIN 4093:2015-11

σ	Druckspannung oder die Standardabweichung der Zahlenwerte des natürlichen Logarithmus der Einzelfestigkeiten
$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	Hauptspannungen (siehe Bild 1)
σ_{cr}	konstante Druckspannung als Prüfbeanspruchung beim Kriechversuch
τ	Schubspannung
φ_{Boden}	Reibungswinkel des Bodens
φ_d	Bemessungswert des Reibungswinkels von verfestigtem Boden
φ'_d	Bemessungswert des effektiven Reibungswinkels des unverfestigten Bodens
φ'_k	charakteristischer Wert des effektiven Reibungswinkels

4 Bodenverfestigung**4.1 Allgemeine Anforderungen**

(1) Zusätzlich zu DIN EN 12715, DIN EN 12716 und DIN EN 14679 sind DIN EN 1997-2, DIN EN 1997-2/NA und DIN 4020 für die Bodenuntersuchungen zu berücksichtigen.

(2) Die grundsätzliche Eignung des Herstellungsverfahrens für die Bodenverfestigung muss in einem geotechnischen Untersuchungsbericht nachvollziehbar festgestellt werden.

(3) Bei der Wahl und Planung des Herstellungsverfahrens sind Zustand und Abstand vorhandener baulicher Anlagen, insbesondere hinsichtlich ihrer Verformungsempfindlichkeit zu beachten.

ANMERKUNG Die Durchführung einer Beweissicherung an baulichen Anlagen wird empfohlen.

(4) Wenn ein Verfestigungskörper als Teil einer Gründung oder eines Stützbauwerkes geplant wird, sind die zugehörigen Sicherheitsnachweise nach DIN EN 1997-1, DIN EN 1997-1/NA und DIN 1054 zu erbringen.

(5) Sofern bei verfestigten Bodenkörpern, die durch Wasserdruck beansprucht sind, bei einem lokalen Verlust der Dichtigkeit die Standsicherheit gefährdet ist, sind zwei voneinander unabhängige Abdichtungsebenen oder eine zusätzliche andere Sicherungsmaßnahme vorzusehen.

(6) Bei Entwurf und Bemessung von Verfestigungskörpern sind die Auswirkungen der Bodenverhältnisse einschließlich ihrer Schichtung und gegebenenfalls eingelagerter Hindernisse auf die Form und Festigkeit des Verfestigungskörpers zu berücksichtigen.

(7) Bei Entwurf und Bemessung von Bodenverfestigungen sind Festlegungen über den Arbeitsablauf, die zulässigen Toleranzen und erforderlichen Festigkeiten zu treffen. Es muss sichergestellt sein, dass der eingebrachte Stoff nicht durch Erosion ausgetragen wird.

4.2 Zuordnung zu Geotechnischen Kategorien

(1) Bodenverfestigungen sind in der Regel der Geotechnischen Kategorie GK 3 nach DIN 1054:2010-12, A.2.1.2, zuzuordnen.

(2) Die Einordnung in die Geotechnische Kategorie GK 2 ist möglich, wenn folgende Voraussetzungen alle erfüllt sind:

Bei der Bemessung der Verfestigungskörper wird

- bei Anwendung des Deep-Mixing-Verfahrens eine charakteristische Zylinderdruckfestigkeit von $f_{m,k} \leq 8 \text{ N/mm}^2$
- und bei anderen Bodenverfestigungen von $f_{m,k} \leq 4 \text{ N/mm}^2$

zu Grunde gelegt;

- der Verfestigungskörper wird nicht oder nur einseitig freigelegt;
- Unterfangungskörper oder Wände werden auf maximal 2 m Höhe und bei Injektionskörpern auf maximal 1 m Höhe freigelegt;
- bei Düsenstrahlkörpern ist die allseitig im Boden eingebettete Höhe maximal 4 m;
- auf den Verfestigungskörper wirkt kein Wasserdruck, der aus einer Wasserstands Differenz von mehr als 1 m entsteht;
- der Verfestigungskörper ist höchstens einem schwachen chemischen Angriff entsprechend der Expositions klasse XA1 (bzw. bei Sulfatangriff XA2) nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 ausgesetzt;
- es stehen gleichmäßige Bodenverhältnisse im zu verfestigenden Bereich an, die eine einheitliche Bodenverfestigung erwarten lassen;
- es treten keine dynamischen Beanspruchungen (siehe DIN 1054:2010-12, A.2.4.2.1) des Verfestigungskörpers auf, die die Werte nach DIN 4150-3:1999-02, Tabelle 1, Zeile 3, für Fundamente überschreiten.

4.3 Einwirkungen und Beanspruchungen

4.3.1 Allgemeines

Bei der Bodenverfestigung, welche abschnittsweise vorgenommen wird, kommt der Umlagerung der Gründungslasten eines bestehenden Bauwerks eine besondere Bedeutung zu. Dabei haben

- verfahrensbedingte Besonderheiten (z. B. noch nicht ausreichend erhärtete Bereiche) sowie
- der Bauablauf (z. B. Herstellreihenfolge),

Einflüsse, deren Auswirkungen zu berücksichtigen sind.

4.3.2 Grundbauspezifische Einwirkungen

(1) Bei der Ermittlung günstig wirkender Eigenlasten von Verfestigungskörpern zum Nachweis des Grenzzustandes des Verlustes der Lagesicherheit darf nur die Wichte des unbehandelten Bodens berücksichtigt werden. Höhere Wichten dürfen für die Bemessung nur angenommen werden, wenn durch Beprobung eine Erhöhung durch den Bindemittelanteil nachgewiesen wird. Geringere Wichten sind der Bemessung dann zugrunde zu legen, wenn es Hinweise etwa auf geringer zu erwartende Wichten für den Verfestigungskörper gibt.

DIN 4093:2015-11

(2) Bei der Ermittlung des Erddrucks auf Verfestigungskörper kann als maximaler Erddruckneigungswinkel $\delta = \varphi_{\text{Boden}}$ angesetzt werden.

(3) Negative Mantelreibung und Seitendruck sind gegebenenfalls wie für Pfahlgründungen nach DIN 1054:2010-12 und DIN EN 1997-1:2009-09, 7.3.2.2 und 7.3.2.4, zu berücksichtigen.

4.3.3 Dynamische Einwirkungen

Hinsichtlich dynamischer Einwirkungen wird auf DIN 1054:2010-12, A.2.4.2.1, verwiesen.

4.3.4 Charakteristische Beanspruchungen

(1) Die charakteristischen Werte der Beanspruchungen E_k des Verfestigungskörpers dürfen unter Zugrundelegung linear-elastischen Verhaltens bei Beachtung der nachfolgend und in 4.4 genannten Festigkeitsgrenzen ermittelt werden.

(2) Bei der Berechnung der Normalspannungen dürfen Zugspannungen rechnerisch nicht angesetzt werden. Außermittige Belastungen dürfen rechnerisch eine Rissöffnung (klaffende Fuge) höchstens bis zum Schwerpunkt des Gesamtquerschnitts bewirken. Ergibt die Berechnung eine Rissöffnung, so darf die Fläche im Bereich der Rissöffnung bei der Ermittlung der Schubspannungen nicht in Rechnung gestellt werden.

4.3.5 Bemessungswerte der Beanspruchung

Die zum Vergleich mit den Widerständen (Festigkeit des Verfestigungskörpers) erforderlichen Bemessungswerte der Beanspruchung (Ankerkräfte, Spannungen) sind nach DIN 1054:2010-12 und DIN EN 1997-1:2009-09, 2.4.7.3.2, zu ermitteln.

4.4 Widerstände**4.4.1 Allgemeines**

(1) In dieser Norm wird nur der Widerstand von Verfestigungskörpern behandelt. Die weiteren charakteristischen Werte und Bemessungswerte von Widerständen für Standsicherheitsnachweise von Verfestigungskörpern sind nach DIN EN 1997-1 und DIN 1054 zu ermitteln.

(2) Der Widerstand von Verfestigungskörpern ergibt sich mit den Festlegungen der 4.4.2 bis 4.4.4 im Zusammenhang mit den Abmessungen des Verfestigungskörpers, zu denen in 4.4.6 Vorgaben gemacht werden.

(3) Als Widerstände können im Rahmen dieser Norm neben Kräften auch Normal- und Schubspannungen verwendet werden.

(4) Sofern bei Prüfungen nach 4.8 die erforderliche Festigkeit nicht erreicht wird, sind Anpassungen der erforderlichen Festigkeit oder Anpassungen bei der Herstellung der Verfestigungskörper vorzunehmen oder Zusatzmaßnahmen festzulegen.

4.4.2 Charakteristische Festigkeit

(1) Als Kenngröße für die Festigkeit ist die Zylinderdruckfestigkeit f_m , die für $h/d = 2$ gilt, zu verwenden, aus der aufnehmbare Normal- und Schubspannungen ermittelt werden können.

(2) Die Prüfung der Zylinderdruckfestigkeit ist in Anhang A geregelt.

(3) Die einem Entwurf zugrunde gelegte charakteristische Zylinderdruckfestigkeit $f_{m,k}$ ist vor Beginn der Ausführung durch Eignungsprüfungen nachzuweisen und während der Ausführung durch Kontrollprüfungen zu bestätigen. Statt mit Eignungsprüfungen können die Festigkeiten aufgrund von Erfahrungen bei übertragbaren Bodenverhältnissen und Herstellparametern festgelegt werden.

(4) Mittelwert und Mindestwert nach (5) sind bei (5) a) aus mindestens 4 bzw. bei (5) b) mindestens 10 Einzelproben zu ermitteln. Die zugehörige Probenahme ist in Anhang A geregelt.

(5) Um nachzuweisen, dass die dem Entwurf für einen Verfestigungsabschnitt (siehe Anhang A) zugrunde liegende charakteristische Zylinderdruckfestigkeit $f_{m,k}$ erreicht ist, sind die Kriterien a) oder b) sowie ggf. c) einzuhalten:

a) Vereinfachter Nachweis, bezogen auf Mindestwert und Mittelwert

— bezogen auf den Mindestwert:

$$f_{m,\min} \geq f_{m,k} \quad (1)$$

— bezogen auf den Mittelwert:

$$\alpha \cdot f_{m,\text{mittel}} \geq f_{m,k} \quad (2)$$

$$\alpha = 0,6 \text{ bei } f_{m,\text{mittel}} \leq 4 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha = 0,75 \text{ bei } f_{m,\text{mittel}} \geq 12 \text{ N/mm}^2$$

Zwischenwerte sind linear zu interpolieren.

Beim vereinfachten Nachweis sind beide Kriterien (1) und (2) zu erfüllen.

b) Alternativ zulässiger Nachweis bei Probenzahlen von mindestens 10 in einem Verfestigungsabschnitt auf statistischer Grundlage

$$e^{(\mu - k \cdot \sigma)} \geq f_{m,k} \quad (3)$$

Dabei ist

μ der Mittelwert der Zahlenwerte des natürlichen Logarithmus der Einzelfestigkeiten;

σ die Standardabweichung der Zahlenwerte des natürlichen Logarithmus der Einzelfestigkeiten;

k der Annahmefaktor; $k = 1,28$ (10 %-Quantil).

c) Wenn Kriechversuche nach (7) und (8) erforderlich sind, ist $f_{m,k}$ auch zusätzlich nach Anhang B nachzuweisen.

6) Es dürfen nur charakteristische Zylinderdruckfestigkeiten

— beim Düsenstrahl- und Injektionsverfahren $f_{m,k} \leq 10 \text{ N/mm}^2$

— beim Deep-Mixing-Verfahren $f_{m,k} \leq 12 \text{ N/mm}^2$

angesetzt werden.

(7) Bei der Anwendung des Düsenstrahlverfahrens oder des Deep-Mixing-Verfahrens in bindigen Böden (Definition nach DIN 1054:2010-12, A.3.1.3) sind bei Zylinderdruckfestigkeiten von $f_{m,\text{mittel}} < 4 \text{ N/mm}^2$ Kriechversuche erforderlich.

(8) Beim Einsatz von Silikatgel als Injektionsmittel sind stets Kriechversuche erforderlich.

DIN 4093:2015-11**4.4.3 Angaben zum Verformungsverhalten**

Sofern Verformungen eines Verfestigungskörpers für die Planung von Bedeutung sind, ist der für die Steifigkeitsermittlung erforderliche Modul des einaxialen Druckversuchs als maximale Steigung der Spannungs-Stauchungs-Linie zu bestimmen und bei der Berechnung zu berücksichtigen. Sofern Kriechen nach 4.4.2 untersucht werden muss, sind auch die Kriechverformungen zu ermitteln.

4.4.4 Bemessungswert der Festigkeit

(1) Aus der charakteristischen Zylinderdruckfestigkeit $f_{m,k}$ wird der Bemessungswert der Druckfestigkeit $f_{m,d}$ wie folgt abgeleitet.

$$f_{m,d} = 0,85 \times f_{m,k} / \gamma_m \quad (4)$$

Dabei ist

$f_{m,k}$ charakteristische Zylinderdruckfestigkeit, siehe 4.4.2.

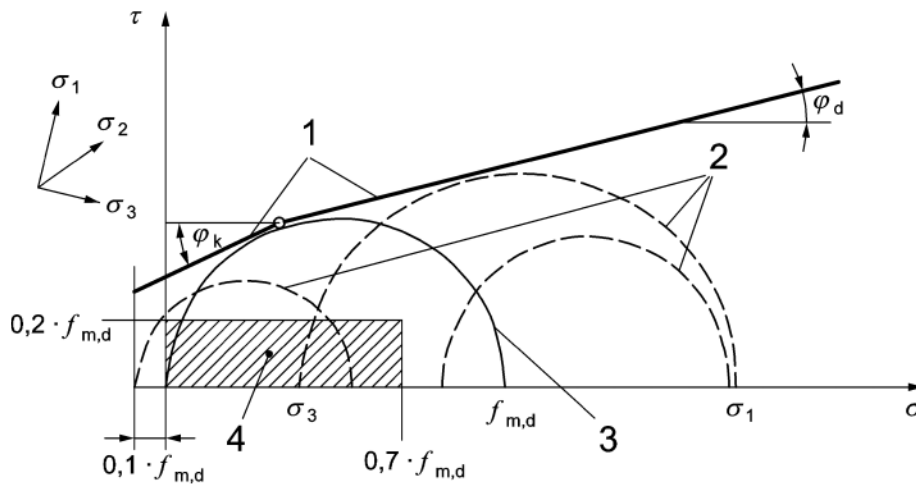
γ_m Teilsicherheitsbeiwert für die Zylinderdruckfestigkeit des Verfestigungskörpers

$\gamma_m = 1,5$ für Bemessungssituation BS-P und Bemessungssituation BS-T nach DIN 1054:2010-12

$\gamma_m = 1,3$ für Bemessungssituation BS-A nach DIN 1054:2010-12.

ANMERKUNG Der Faktor 0,85 berücksichtigt mögliche Langzeiteinwirkungen auf die Druckfestigkeit und wird hier anders als bei der Regelung für unbewehrten Beton in DIN EN 1992-1-1 und DIN 1045-3 wegen einer höheren Verformbarkeit der Bodenverfestigung nicht auf 0,7 abgemindert.

(2) Bei der Bemessung einer Bodenverfestigung dürfen näherungsweise getrennte Nachweise für aufnehmbare Druck- und Schubspannungen geführt werden. Dann ist unter Bemessungsbeanspruchungen nachzuweisen, dass die Bemessungswerte der Normalspannungen den Wert $0,7 \times f_{m,d}$ und die Bemessungswerte der Schubspannungen den Wert $0,2 \times f_{m,d}$ nicht überschreiten, siehe Bild 1.

**Legende**

φ_d (verfestigter Boden) = φ'_d (unverfestigter Boden)

$\tan \varphi_d = \tan \varphi_k / \gamma_\varphi$

γ_φ nach DIN 1054:2010-12, Tabelle A.2.2

1 Einhüllende für zulässige Spannungszustände

2 Beispiele für Spannungszustände σ_1, σ_3 , die als Bemessungswerte der Beanspruchung auftreten dürfen

3 Spannungszustand im einaxialen Druckversuch: $\sigma_3 = 0, \sigma_1 = f_{m,d}$

4 Zulässiger Bereich bei getrennten Nachweisen für Normal- und Schubspannungen

Bild 1 — Erläuterung von Spannungszuständen

(3) Bei differenzierten Nachweisen mit Hauptspannungen ist zu zeigen, dass die Bemessungswerte der Beanspruchung die in Bild 1 als zulässig definierten Spannungszustände nicht überschreiten. Dabei ist anzunehmen, dass bei einer Hauptzugspannung, deren Betrag größer ist als 10 % von $f_{m,d}$, der Körper aufreißen kann.

(4) Werden Verfestigungskörper als einzelne pfahlartige Tragglieder bemessen, müssen bei einer Querschnittsfläche von $\leq 1,7 \text{ m}^2$ folgende Bedingungen eingehalten werden:

- Bei einer Querschnittsfläche von $< 0,3 \text{ m}^2$ dürfen keine außermittigen Belastungen auftreten. Die Lasteinleitungsstruktur ist so auszubilden, dass der Körper mittig und ohne Horizontalkraft belastet wird. Ein Seitendruck infolge von Bodenbewegungen nach DIN EN 1997-1:2009-09, 7.3.2.4, muss ausgeschlossen werden.
- Bei einer Querschnittsfläche von $0,3 \text{ m}^2$ bis $1,7 \text{ m}^2$ sind Außermittigkeiten zulässig, jedoch muss der Querschnitt vollständig überdrückt sein.

4.4.5 Verankerungen in Düsenstrahlsohlen

(1) Die nachfolgenden Regelungen beziehen sich auf Verankerungen mit Haftverbund zwischen Mikropfählen nach DIN EN 14199 und Düsenstrahlsohlen bei Einbindungen von mindestens 1 m Länge und einer Nutzungsdauer von weniger als zwei Jahren. Die Pfähle sind dabei nach Erreichen der in der Planung festgelegten Festigkeit der Sohle herzustellen.

(2) Der einem Entwurf zugrunde liegende charakteristische Wert des Widerstands $R_{z,k}$ hinsichtlich des Verbunds von Druck- und Zuggliedern in Düsenstrahlsohlen ist durch Eignungsversuche an mindestens 3 % der vorgesehenen Anzahl der Pfähle, mindestens aber an 2 Pfählen zu ermitteln.

(3) Bei diesen Eignungsversuchen ist der charakteristische Wert des Widerstands $R_{z,k}$ hinsichtlich des Verbunds von Druck- oder Zuggliedern in Verfestigungskörpern nach DIN EN 1997-1:2009-09, 8.5.2, zu ermitteln. Der Herauszieh Widerstand $R_{z,i}$ ist die kleinste Prüfkraft, bei der eine Verformung s des Stahlzuggliedes und des Verfestigungskörpers in der Verankerungslänge l_v von maximal $s = 5 \times 10^{-3} \times l_v$ erreicht wird (Streuungsfaktor 1,0).

(4) Der Bemessungswert des Widerstands $R_{z,d}$ hinsichtlich des Verbunds von Druck- oder Zuggliedern beträgt:

$$R_{z,d} = R_{z,k} / \gamma_a \quad (5)$$

mit

$R_{z,k}$ = charakteristischer Wert hinsichtlich des Verbunds von Druck- oder Zuggliedern. Dieser ergibt sich aus dem Kleinstwert der Versuchsergebnisse $R_{z,i}$

$$\gamma_a = 1,4$$

4.4.6 Abmessungen von verfestigten Bodenkörpern

4.4.6.1 Allgemeines

(1) Bei der Planung der Abmessungen und bei der Dimensionierung von Verfestigungskörpern sind verfahrensbedingte Herstellungstoleranzen (z. B. Bohrabweichungen und Reichweitenunterschiede) zu berücksichtigen und zu dokumentieren.

(2) Als kleinste im Entwurf von Verfestigungskörpern zu planende Abmessung ist 40 cm einzuhalten. Bei allseitig frei stehenden Verfestigungskörpern ist eine Dicke bzw. ein Durchmesser von mindestens 60 cm einzuhalten.

DIN 4093:2015-11**4.4.6.2 Abmessungen bei Düsenstrahlkörpern**

(1) Die der Bemessung zugrunde liegenden Abmessungen von Düsenstrahlelementen, die sich aus der Reichweite ergeben, sind aus örtlichen Untersuchungen an Probeelementen (Eignungsprüfungen) zu bestimmen, sofern keine dokumentierten Erfahrungen in ähnlichen Bodenverhältnissen und mit gleichen Herstellparametern vorliegen.

(2) Für die Bemessung von Düsenstrahlkörpern sind charakteristische Außenabmessungen maßgebend. Für ihre Ermittlung ist die durch Probeelemente nachgewiesene Reichweite bei der Planung von Düsenstrahlkörpern um ein Vorhaltemaß zu reduzieren, welches im Einzelfall festzulegen ist und mindestens 5 % der Reichweite, jedoch mindestens 5 cm beträgt.

(3) Bei einzeln angeordneten Düsenstrahlelementen gilt: Die kleinste charakteristische Außenabmessung muss mindestens 1 m betragen. Das Vorhaltemaß ist auf 10 % der Reichweite zu erhöhen. Die Abmessung ist in jedem Fall örtlich durch Probeelemente nachzuweisen.

4.4.6.3 Abmessungen bei Körpern nach dem Deep-Mixing-Verfahren

(1) Der bei einer Bemessung ansetzbare Querschnitt von Elementen, die im Deep-Mixing-Verfahren hergestellt werden, ergibt sich aus den Außenabmessungen der verwendeten Mischwerkzeuge. Bei nebeneinander angeordneten, um eine senkrechte Achse rotierenden Mischwerkzeugen ist von einer geringeren Abmessung im Zwickelbereich von 20 % des Mischwerkzeugdurchmessers auszugehen. Durch wiederholtes Überschneiden der Zwickelbereiche können die Einschnürungen verringert werden. Minimal sind 10 % zu berücksichtigen.

4.4.6.4 Abmessungen bei Injektionskörpern

(1) Die Abmessungen von Injektionskörpern sind aus örtlichen Probeinjektionen (Eignungsprüfungen) zu bestimmen, sofern keine dokumentierten Erfahrungen in ähnlichen Bodenverhältnissen und mit gleicher Verfahrenstechnik vorliegen.

(2) Bei der Bemessung von Injektionskörpern sind die charakteristischen Abmessungen maßgebend. Die Art des Herstellungsverfahrens sowie die vorhandenen Schichtungen und Inhomogenität im Baugrund sowie Filtrationseffekte sind zu berücksichtigen. Zum Nachweis der charakteristischen Abmessungen und der erforderlichen Vorhaltemaße sind Eignungsprüfungen durchzuführen.

4.5 Dauerhaftigkeit

(1) Wenn Frost nicht ausgeschlossen werden kann, ist sein Einfluss beim Entwurf zu berücksichtigen.

(2) Wenn ein mäßiger (XA2) oder starker (XA3) chemischer Angriff nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 vorliegt oder es Hinweise auf Stoffe im Grundwasser oder Boden gibt, die das Erstarren oder Aushärten oder die Eigenschaften der Bodenverfestigung negativ beeinflussen, so ist die Eignung der eingesetzten Verfahren und Stoffe, im Fall von XA3 unter Einschaltung eines Sachverständigen, nachzuweisen.

4.6 Nachweis der Tragfähigkeit

(1) Es ist der Nachweis zu erbringen, dass die Bemessungswerte der Einwirkungen bzw. der Beanspruchungen nach 4.3 nicht größer sind als die zugehörigen Bemessungswerte der Widerstände nach 4.4 und damit die folgende Grenzzustandsbedingung erfüllen:

$$E_d \leq R_d \quad (6)$$

(2) Je nach Art des Bauteils sind zusätzlich zu dem unter (1) genannten Nachweis der inneren Tragfähigkeit weitere Grenzzustandsnachweise nach DIN 1054 und DIN EN 1997-1 zu erbringen.

(3) Vor allem beim Ansatz von Gewölben in Verfestigungskörpern ist die Aufnahme der Kräfte am Kämpfer unter Beachtung gebrauchstauglicher Verformungen nachzuweisen.

(4) Sobald ein Verfestigungskörper — selbst nur einseitig — freigelegt wird, muss er bei Verzicht auf einen Knicksicherheitsnachweis eine Schlankheit $\lambda \leq 15$ aufweisen, mit

$$\lambda = s_k / i \quad \text{Schlankheit} \quad (7)$$

s_k Knicklänge

$$i = \sqrt{I_v / A_v} \quad \text{Trägheitsradius} \quad (8)$$

I_v Flächenmoment 2. Grades des kleinsten Querschnitts des Verfestigungskörpers

A_v Fläche des zu I_v gehörenden Querschnitts des Verfestigungskörpers

4.7 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Es sind Nachweise nach DIN EN 1997-1:2009-09, 2.4.8, und DIN 1054:2010-12 zu führen.

4.8 Prüfungen und Kontrollen

(1) Für die Herstellung von Verfestigungskörpern sind Eignungsprüfungen durchzuführen um nachzuweisen, dass die geplanten Eigenschaften (Festigkeit, Steifigkeit, Durchlässigkeit) und die Abmessungen in der Örtlichkeit erreicht werden können.

ANMERKUNG Im Regelfall sollen Eignungsprüfungen vor der Baumaßnahme durchgeführt werden. Werden Eignungsprüfungen ausnahmsweise erst zu Beginn einer Baumaßnahme durchgeführt, muss nachgewiesen sein, dass bei Nichterreichen der geplanten Festigkeit oder Abmessungen geeignete Zusatzmaßnahmen durchgeführt werden können.

(2) Liegen Eignungsprüfungen bei gleichartigen Baugrundverhältnissen, bei Verwendung gleicher Ausgangsstoffe und Anwendung gleicher Einbringverfahren und gleicher Verfahrensparameter vor, kann auf eine erneute Eignungsprüfung verzichtet werden.

(3) Vor der Inanspruchnahme von Verfestigungskörpern sind Kontrollprüfungen durchzuführen, um das Erreichen der festgelegten Anforderungen nachzuweisen.

Anhang A **(normativ)**

Durchführung von Festigkeitsprüfungen

A.1 Die Druckfestigkeitsuntersuchungen zur Ermittlung der charakteristischen Festigkeit sind an Probekörpern vorzunehmen, die aus dem hergestellten Verfestigungskörper (z.B. Bohrkerne oder Linerproben) entnommen wurden. Die Zeit von der Herstellung der Verfestigung bis zu den Festigkeitsprüfungen darf nicht größer sein als die Zeit bis zur Beanspruchung des Verfestigungskörpers. Dies gilt für die Eignungs- und auch Kontrollprüfungen. Nach der Entnahme sind die Proben bis zur Prüfung vor Feuchtigkeitsverlust geschützt und bei einer Temperatur von 15 °C bis 22 °C zu lagern.

A.2 Zur Festlegung der Probenentnahme ist der Verfestigungskörper in Abschnitte zu unterteilen, für die jeweils einheitliche Bodenverhältnisse vorliegen sowie gleiche Herstellungsparameter und -abläufe gelten. Für jeden Abschnitt wird die charakteristische Festigkeit ermittelt. In besonderen Fällen kann es notwendig sein, besondere Bauteile als eigenen Verfestigungsabschnitt zu behandeln.

A.3 Von jedem Probeelement und aus jedem Verfestigungsabschnitt sind mindestens 4 Proben zu entnehmen. Für Verfestigungsabschnitte mit mehr als 500 m³ Volumen wird mindestens je 125 m³ eine Einzelprobe entnommen. Wird die Verfestigung in Tonen, Sand-Ton-Gemischen, Kies-Ton-Gemischen oder schwach organischen Böden durchgeführt, ist die Anzahl der zu untersuchenden Probekörper zu verdoppeln.

A.4 Probekörper sind dort zu entnehmen, wo die geringsten Festigkeiten des Verfestigungsabschnitts erwartet werden. Hierzu sind Auffälligkeiten bei der Herstellung und beim DS-Verfahren die Qualität des Rücklaufs zu bewerten.

A.5 Die einaxiale Druckfestigkeit von Material mit hydraulischen Bindemitteln im Sinn dieser Norm bezieht sich auf zylindrische Prüfkörper mit einem Durchmesser von $d \geq 80$ mm und einem Verhältnis Höhe zu Durchmesser von $h:d = 2$. Bei Würfeln ($a \geq 150$ mm) und Zylindern mit $h:d = 1$ ist eine Abminderung mit 0,8 vorzunehmen. Zwischen $h:d = 1$ und $h:d = 2$ darf linear interpoliert werden.

A.6 Der Durchmesser bzw. die Kantenlänge des Probekörpers sollte mindestens das 6-fache des Größtkorndurchmessers betragen.

A.7 Die Druckfestigkeitsprüfung ist nach DIN EN 12390-3 unter Beachtung von DIN 12390-2:2001-06 durchzuführen. Bei Bohrkernen ist DIN EN 12504-1 anzuwenden. Die Belastungsgeschwindigkeit sollte maximal 0,05 N/(mm²·s) betragen. Bei Zylinderdruckfestigkeiten von $f_m > 4$ N/mm² darf die Belastungsgeschwindigkeit bis auf 0,2 N/(mm²·s) erhöht werden.“

Anhang B (normativ)

Durchführung von Kriechversuchen

B.1 Allgemeines

Es sind zylindrische Proben mit einem Verhältnis Höhe zu Durchmesser von $h:d = 2:1$ und einem Durchmesser von ≥ 80 mm zu verwenden. Nach der Entnahme sind die Proben bis zur Prüfung gegen Feuchtigkeitsverlust zu schützen. Der Kriechversuch wird mit einer zentrisch aufgetragenen, konstanten Belastung der Probe durchgeführt.

Die Verformung der Proben ist zu folgenden Zeiten zu messen:

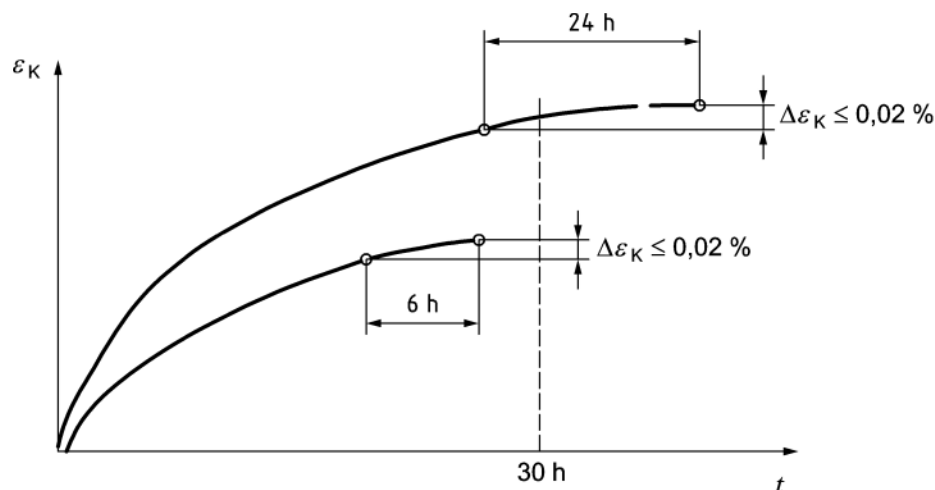
- Sofortsetzung beim Aufbringen der Belastung;
- 1 min, 3 min, 8 min, 15 min, 30 min, 60 min;
- 2 h, 4 h, 6 h, 24 h, 30 h;
- danach etwa alle 24 h.

B.2 Bodenverfestigungen mit Zement

Die aufzubringende Prüfbeanspruchung beträgt $\sigma_{cr} = 0,5 \times f_{m,k}$.

Der Kriechversuch gilt als bestanden, wenn bis zu einer Belastungszeit von 30 h das Verformungskriterium von $\Delta\varepsilon_K \leq 0,02\%$ in den letzten 6 h bzw. bei längerer Beobachtungszeit in den letzten 24 h eingehalten wird.

ANMERKUNG Bild B.1 zeigt Beispiele von zwei Versuchen, die beide als bestanden gelten.



Legende

ε_K Kriechdehnung
 t Belastungsdauer

Bild B.1 — Anforderungen im Belastungsdauer-Kriechverformungs-Diagramm

DIN 4093:2015-11

B.3 Bodenverfestigungen mit Silikatgel

Beim Einsatz von Silikatgel ist vor Baubeginn dessen Eignung nachzuweisen. Dafür sind Grundsatzprüfungen erforderlich. Bis zum Belastungsbeginn nach sieben Tagen sind die Proben gegen Austrocknen zu schützen. Im Grundsatzversuch ist an 3 Proben unter konstanter Belastung von $\sigma = 0,5 \text{ N/mm}^2$ ein stabiles Verhalten nachzuweisen. Dies ist erreicht, wenn in den letzten 168 h

- $\Delta \varepsilon_K \leq 0,01 \%$ bei einer Belastungszeit $< 800 \text{ h}$,
- $\Delta \varepsilon_K \leq 0,02 \%$ bei einer Belastungszeit $= 960 \text{ h}$

ist. Die Grundsatzversuche sind im Labor mit zwei Prüfsanden (siehe Bild B.2) durchzuführen.

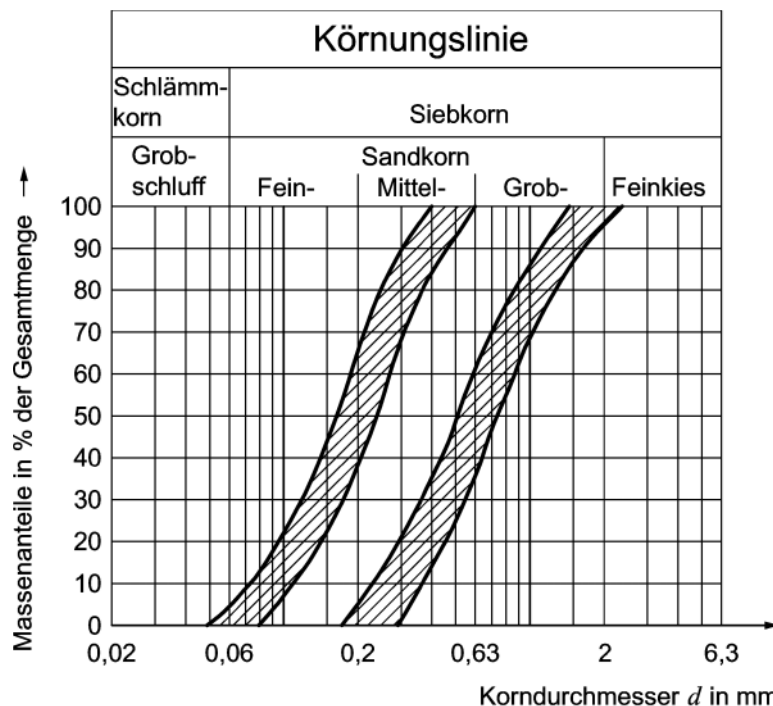


Bild B.2 — Körnungsbereiche der Prüfsande für die Grundsatzprüfung bei Silikatgel

Nach bestandener Grundsatzprüfung kann das Silikatgel für Baumaßnahmen eingesetzt werden.

Eignungsprüfungen: Liegen keine Erfahrungen in ähnlichen Bodenverhältnissen vor, sind Kriechversuche an Proben aus örtlichen Probeinjektionen durchzuführen. Dabei ist der Beginn der Kriechversuche entsprechend dem Belastungsbeginn am herzustellenden Verfestigungskörper zu wählen.

Auf jeder Baustelle sind Kontrollprüfungen vorzunehmen, die abzuschließen sind, bevor der herzustellende Verfestigungskörper belastet wird.

Bei Eignungs- und Kontrollprüfungen beträgt die aufzubringende Prüfbeanspruchung $\sigma_{cr} = 0,4 \cdot f_{m,k}$. Wenn keine Zylinderdruckfestigkeit bestimmt wird oder der Kriechversuch erfolgreich nur mit einer entsprechend geringen Prüfbeanspruchung durchgeführt wird, kann eine rechnerische charakteristische Zylinderdruckfestigkeit $f_{m,k}$ aus dem 2,5fachen der Spannung ermittelt werden, mit der der Kriechversuch bestanden wird.

An mindestens 3 Proben ist nachzuweisen, dass in den letzten 6 h

- $\Delta \varepsilon_K \leq 0,02 \%$ bei einer Belastungszeit ≤ 30 h,
- $\Delta \varepsilon_K \leq 0,005 \%$ bei einer Belastungszeit ≤ 168 h

bzw. in den letzten 24 h

- $\Delta \varepsilon_K \leq 0,02 \%$ bei einer Belastungszeit ≤ 168 h

eingehalten wird.

DIN 4213

ICS 91.080.40; 91.100.30

Ersatz für
DIN 4213:2003-07**Anwendung von vorgefertigten Bauteilen aus haufwerksporigem Leichtbeton mit statisch anrechenbarer oder nicht anrechenbarer Bewehrung in Bauwerken**

Application in structures of prefabricated components of lightweight aggregate concrete with open structure with structural or non-structural reinforcement

Application pour des structures en produits préfabriqués en béton de granulats légers à structure ouverte avec des armatures structurales ou non-structurales

Gesamtumfang 33 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

DIN 4213:2015-10**Inhalt**

Seite

Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen.....	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Symbole	7
3.3 Abkürzungen	8
4 Materialeigenschaften	8
4.1 Haufwerksporiger Leichtbeton (LAC)	8
4.2 Beton und Leichtbeton mit geschlossenem Gefüge.....	8
4.3 Mörtel	8
4.4 Bewehrung	8
4.5 Verbindungs- und Verankerungsmittel	8
5 Eigenschaften der Bauteile und Anforderungen	9
5.1 Akustische Eigenschaften	9
5.2 Brandverhalten und Feuerwiderstand	9
5.3 Wärmeleitfähigkeit	9
6 Bauarten mit vorgefertigten bewehrten LAC-Bauteilen.....	9
6.1 Dächer und Decken	9
6.2 Platten mit bewehrtem Aufbeton.....	9
6.3 Tragende Wände	10
6.3.1 Wände mit statisch nicht anrechenbarer Bewehrung nach DIN EN 1520, A.8.2.1	10
6.3.2 Wände mit statisch anrechenbarer Bewehrung nach DIN EN 1520, A.8.2.2.....	11
7 Grundlagen der Bemessung.....	12
7.1 Grundlegende Anforderung.....	12
7.2 Bemessung.....	12
7.2.1 Grenzzustände und Bemessungssituationen.....	12
7.2.2 Einwirkungen	12
7.3 Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe	12
7.4 Biege- und Querkraftbemessung bewehrter Bauteile.....	13
7.4.1 Biegebemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	13
7.4.2 Querkraftbemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit	13
7.4.3 Nachweis auf Durchstanzen	14
7.5 Grenzzustand der Tragfähigkeit von Wänden ohne statisch erforderliche Bewehrung bei Beanspruchung auf Druck oder Biegung mit Druck.....	14
7.6 Grenzzustand der Tragfähigkeit von Wänden mit statisch anrechenbarer Bewehrung	15
7.7 Sturzwandplatten	15
8 Bemessung von Fugen	18
8.1 Allgemeines	18
8.2 Druckfugen	18
8.3 Schubfugen	18
8.3.1 Fugentypen.....	18
8.3.2 Schubübertragung in Bauteilebene	19
8.3.3 Schubübertragung rechtwinklig zur Bauteilebene.....	20
8.3.4 Gleichzeitige Übertragung von Schub in Bauteilebene und rechtwinklig zur Bauteilebene	22
9 Auflager, Verankerungs- und Verbindungsmittel.....	22
9.1 Auflager	22

10	Ringanker	23
11	Bauausführung	23
11.1	Nachträgliche Bearbeitung	23
11.2	Einbau der Bauteile	23
11.3	Auflagerung von Dach- und Deckenplatten	24
11.4	Auflagerausbildung	24
11.5	Verankerung und gegenseitige Verbindung der Bauteile	24
11.6	Vergussfugen	24
11.7	Fugenbewehrung	25
11.8	Aufbeton	25
12	Regelprüfung	25
12.1	Allgemeines	25
12.2	Erstprüfung des Bauteils und Werkseigene Produktionskontrolle	25
	Anhang A (informativ) Typische Bauarten mit vorgefertigten LAC-Bauteilen	28
A.1	Übersicht über Tragsysteme	28
A.2	Decken und Dächer	29
A.3	Wände	31
	Literaturhinweise	33

DIN 4213:2015-10

Vorwort

Diese Norm ist vom NA 005-07-09 AA „Porenbeton und haufwerksporiger Leichtbeton (SpA zu CEN/TC 177)“ des DIN-Normenausschusses Bauwesen (NABau) ausgearbeitet worden.

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

Änderungen

Gegenüber DIN 4213:2003-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Titel geändert;
- b) die Festlegungen in DIN EN 1520:2011-06 wurden berücksichtigt;
- c) Norm redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 4028: 1938-10, 1982-01

DIN 4213: 2003-07

DIN 4232: 1949-03, 1950-04, 1955-10, 1972-01, 1987-09

1 Anwendungsbereich

(1) Diese Norm gilt für die Berechnung, Bemessung und bauliche Durchbildung von Bauwerken, die teilweise oder vollständig aus vorgefertigten Bauteilen aus haufwerksporigem Leichtbeton nach DIN EN 1520 bestehen.

(2) LAC-Bauteile nach DIN EN 1520 unterliegen dem Verfahren zum Nachweis der Konformität (Produkt mit CE-Kennzeichnung).

ANMERKUNG Bei Bauteilen mit statisch anrechenbarer Bewehrung handelt es sich vorwiegend um Decken, Balken und um Wandtafeln, die vor tragenden Konstruktionen eingebaut werden und auch durch Horizontallasten beansprucht werden. Bei Bauteilen mit nicht anrechenbarer Bewehrung handelt es sich vorwiegend um Wandtafeln des Geschossbaus, die insbesondere durch Vertikallasten beansprucht werden, hierfür jedoch keine Bewehrung benötigen. Bauteile nach dieser Norm sind nur für den Einsatz unter statischer oder quasi-statischer Einwirkung vorgesehen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 488-1, *Betonstahl — Teil 1: Stahlsorten, Eigenschaften, Kennzeichnung*

DIN 1045-2:2008-02, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 2: Beton — Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1*

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

DIN 4108, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte*

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

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

DIN EN 990, *Prüfverfahren zur Überprüfung des Korrosionsschutzes der Bewehrung in dampfgehärtetem Porenbeton und in haufwerksporigem Leichtbeton*

DIN EN 1352, *Bestimmung des statischen Elastizitätsmoduls unter Druckbeanspruchung von dampfgehärtetem Porenbeton und von haufwerksporigem Leichtbeton*

DIN EN 1504-7, *Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken — Definitionen, Anforderungen, Qualitätsüberwachung und Beurteilung der Konformität — Teil 7: Korrosionsschutz der Bewehrung*

DIN EN 1520:2011-06, *Vorgefertigte Bauteile aus haufwerksporigem Leichtbeton und mit statisch anrechenbarer oder nicht anrechenbarer Bewehrung; Deutsche Fassung EN 1520:2011*

DIN EN 1521, *Bestimmung der Biegezugfestigkeit von haufwerksporigem Leichtbeton*

DIN EN 1739, *Bestimmung der Schubtragfähigkeit von Fugen zwischen vorgefertigten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton oder haufwerksporigem Leichtbeton bei Belastung in Bauteilebene*

DIN EN 1741, *Bestimmung der Schubtragfähigkeit von Fugen zwischen vorgefertigten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton oder haufwerksporigem Leichtbeton bei Belastung rechtwinklig zur Bauteilebene*

DIN 4213:2015-10

DIN EN 1991, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke*

DIN EN 1992-1-1:2011-01; *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010*

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

DIN EN 1996-1-1:2013-02, *Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten — Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk; Deutsche Fassung EN 1996-1-1:2005+A1:2012*

DIN EN 1996-1-1/NA:2012-05, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten — Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk*

DIN EN 1996-2, *Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten — Teil 2: Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk*

DIN EN 1996-2/NA, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten — Teil 2: Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk*

DIN EN 1996-3, *Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten — Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten*

DIN EN 1996-3/NA, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten — Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten*

DIN EN 13369, *Allgemeine Regeln für Betonfertigteile*

DIN V 18580, *Mauermörtel mit besonderen Eigenschaften*

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

DAfStB-Heft 600, *Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2)*

3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN EN 1520, DIN EN 1990:2010-12, 1.5.3 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

Verbindungsmittel

Mittel zur mechanischen Verbindung von Bauteilen untereinander

3.1.2

Verankerungsmittel

Mittel zur Verankerung von Bauteilen an der Unterkonstruktion

3.1.3

Platte

ebenes, durch Kräfte rechtwinklig zur Mittelfläche vorwiegend auf Biegung beanspruchtes flächenförmiges Bauteil, dessen kleinste Stützweite mindestens das Zweifache seiner Bauteildicke beträgt und mit einer Bauteilbreite von mindestens der vierfachen Bauteildicke

3.1.4

Balken

stabförmiges, vorwiegend auf Biegung beanspruchtes Bauteil mit einer Stützweite von mindestens der zweifachen Querschnittshöhe und mit einer Querschnitts- bzw. Stegbreite von höchstens der vierfachen Querschnittshöhe

3.1.5

Stütze

stabförmiges Druckglied, dessen größte Querschnittsabmessung das Vierfache der kleineren Abmessung nicht übersteigt

3.1.6

Scheibe

ebenes, durch Kräfte parallel zur Mittelfläche beanspruchtes flächenförmiges Tragwerk, dessen Höhe größer ist als die halbe Stützweite

3.1.7

tragende Wand

Wand, die in erster Linie zur Aufnahme von weiteren Lasten zusätzlich zu ihrem Eigengewicht vorgesehen ist, und/oder Wand, die zur Aufnahme von horizontalen Kräften oder zur Knickaussteifung herangezogen wird

3.1.8

nichttragende Wand

Wand, die nicht zur Aufnahme von Lasten herangezogen wird und deren Entfernung das Tragwerk nicht nachteilig beeinflusst

3.1.9

Sturzwandplatte

freitragendes, liegend angeordnetes Wandbauteil, das neben seinem Eigengewicht durch gegebenenfalls darüber liegende Wandbauteile und geringfügige weitere Lasten, z. B. aus Dächern, sowie neben der unmittelbar auf das Wandbauteil einwirkenden Windlast gegebenenfalls auch durch die Windlast angeschlossener Bauteile, z. B. Fensterbänder, belastet wird

3.2 Symbole

Es gelten die Symbole nach DIN EN 1520.

DIN 4213:2015-10

3.3 Abkürzungen

In dieser Norm werden folgende Abkürzungen verwendet:

- LAC (en: Lightweight Aggregate Concrete with open structure): Haufwerksporiger Leichtbeton
- LAC-Bauteile: Vorgefertigte Bauteile aus haufwerksporigem Leichtbeton

4 Materialeigenschaften

4.1 Haufwerksporiger Leichtbeton (LAC)

(1) Die Materialeigenschaften von LAC sind in DIN EN 1520 festgelegt. Die Ausgangsstoffe des LAC müssen DIN EN 206-1, 5.1 in Verbindung mit DIN 1045-2:2008-08, 5.1 sowie in Abhängigkeit der Expositionsklassen DIN EN 206-1, 5.1 in Verbindung mit DIN 1045-2:2008-08, 5.3 entsprechen. Gesteinskörnungen müssen den Anforderungen nach DIN 1045-2, 5.2.3 entsprechen.

Es sind ausschließlich die deklarierten Festigkeitsklassen nach DIN EN 1520:2011-06, Tabelle 7 zu verwenden. Für die Berechnung der Biegezugfestigkeit ist Gleichung (2a) in DIN EN 1520:2011-06 für alle Rohdichteklassen anzuwenden.

(2) Die Definition von haufwerksporigem Leichtbeton schließt den Leichtbeton mit porosiertem Zementstein ein.

4.2 Beton und Leichtbeton mit geschlossenem Gefüge

(1) Beton und Leichtbeton mit geschlossenem Gefüge müssen DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 entsprechen. Diese Betone müssen für Ringanker, Ringbalken, bewehrten Aufbeton, Scheibenauflegerbereiche oder zum Verfüllen bewehrter Fugen mindestens der Festigkeitsklasse C12/15 bzw. LC12/13 nach DIN EN 1992-1-1:2011-01 und DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 entsprechen.

(2) Für Aufbeton auf Platten und für Beton zur Verfüllung von Fugen darf bei der Bemessung höchstens die Festigkeitsklasse C30/37 bzw. LC30/33 nach DIN EN 1992-1-1:2011-01 und DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 berücksichtigt werden.

4.3 Mörtel

Werden Fugen mit Mörtel vergossen, muss dieser mindestens der Mörtelgruppe IIa nach DIN EN 998-2 in Verbindung mit DIN V 20000-412 bzw. nach DIN V 18580 entsprechen. Für bewehrte Fugen muss der Mörtel Zementmörtel nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 entsprechen.

4.4 Bewehrung

(1) Für die tragende Bewehrung sind Betonstabstahl und –stahlmatten nach DIN 488 oder nach einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung zu verwenden.

(2) Ein ausreichender Korrosionsschutz des Betonstahles in den Fugen ist durch Wahl einer angemessenen Betondeckung nach DIN EN 1992-1-1:2011-01, 4.4.1, in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04, 4.4.1 sicherzustellen.

4.5 Verbindungs- und Verankerungsmittel

(1) Verbindungs- und Verankerungsmittel müssen während der Lebens- und Nutzungsdauer des Bauwerks sicher und dauerhaft sein. Sie müssen mindestens die gleiche Widerstandsdauer wie die Bauteile besitzen. Für Verbindungs- und Verankerungsmittel ist ein bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweis erforderlich.

(2) Transport- und Montageanker dürfen ohne Korrosionsschutz verwendet werden, wenn die Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit des Bauteils sichergestellt sind.

5 Eigenschaften der Bauteile und Anforderungen

5.1 Akustische Eigenschaften

Für die Festlegung akustischer Eigenschaften ist DIN 4109 anzuwenden.

5.2 Brandverhalten und Feuerwiderstand

Bei Anforderungen an den Feuerwiderstand der Bauteile bzw. des Bauwerks ist, sofern in DIN 4102-4 keine Angaben vorliegen, ein bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweis, z. B. eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, erforderlich.

5.3 Wärmeleitfähigkeit

Für die Festlegung des Wärmedurchlasswiderstands und des Bemessungswerts der Wärmeleitfähigkeit ist DIN 4108-4 anzuwenden.

6 Bauarten mit vorgefertigten bewehrten LAC-Bauteilen

6.1 Dächer und Decken

(1) Dach- und Deckenplatten sind im Allgemeinen als statisch bestimmt gelagerte Einfeldträger auszubilden und zu berechnen.

(2) Die Übertragung von in Bauteilebene und/oder quer zur Bauteilebene wirkenden Kräften von einem Bauteil auf das andere oder auf die tragende Unterkonstruktion ist nach den Abschnitten 7 und 8 nachzuweisen.

(3) Eine Querverteilung von Lasten auf benachbarte Platten darf rechnerisch oder durch einen besonderen Verwendbarkeitsnachweis auf Grundlage einer Zustimmung im Einzelfall oder einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung nachgewiesen werden.

(4) Aus LAC-Bauteilen hergestellte Decken und Dächer dürfen als Scheiben für die Übertragung horizontaler Kräfte zu den aussteifenden vertikalen Baugliedern herangezogen werden. Sie sind in Anlehnung an DIN EN 1992-1-1:2011-01, 10.9.3, und DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04, 10.9.3, nachzuweisen.

(5) Die Scheiben dürfen zur Kipp-Aussteifung von Bindern und Pfetten herangezogen werden, wenn die Lastweiterleitung nachgewiesen ist.

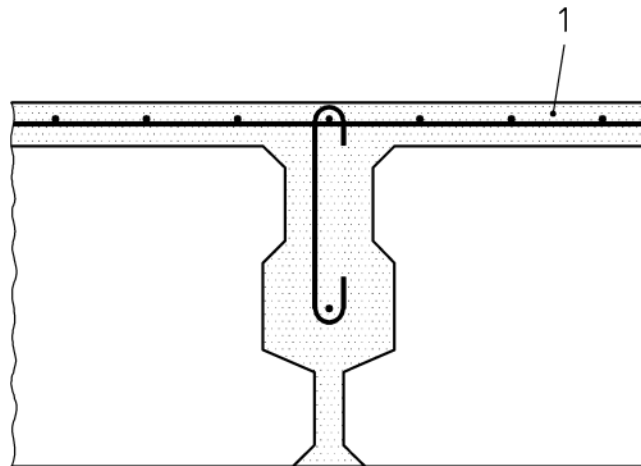
6.2 Platten mit bewehrtem Aufbeton

(1) Die Schnittkräfte infolge Scheibenwirkung dürfen dem Aufbeton zugewiesen werden. Für den rechnerischen Nachweis des Aufbetons gelten DIN EN 1992-1-1:2011-01 und DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04.

(2) Die Schnittkräfte aus Einwirkungen quer zur Bauteilebene dürfen entsprechend der Steifigkeit auf die LAC-Bauteile und den Aufbeton verteilt werden. Das unterschiedliche Tragverhalten des Aufbetons (zweiachsiges Tragsystem) und der LAC-Bauteile (einachsiges Tragsystem) ist zu berücksichtigen.

(3) Das Zusammenwirken der LAC-Bauteile und des Aufbetons ist durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen. Dies lässt sich durch eine zugfeste Verankerung des Aufbetons in den Fugen zwischen den LAC-Bauteilen erzielen (Bild 1).

(4) Da der Elastizitätsmodul für LAC nach Gleichung (4) von DIN EN 1520 unterschätzt wird, ist der Elastizitätsmodul für die Ermittlung der Schnittkräfte der LAC-Bauteile aus Zwang zu verdoppeln oder nach DIN EN 1352 zu bestimmen.

DIN 4213:2015-10**Legende**

1 Aufbeton ≥ 50 mm

Bild 1 — Beispiel für eine zugfeste Verbindung zwischen dem Aufbeton und den Bauteilen

6.3 Tragende Wände**6.3.1 Wände mit statisch nicht anrechenbarer Bewehrung nach DIN EN 1520, A.8.2.1**

(1) Die Wandbauteile werden als massive, großformatige Bauteile hergestellt, deren Höhe gleich dem Abstand der horizontalen Halterungen (z. B. Decken, Ringbalken) ist. Diese Wände dürfen nicht mit Hohlräumen oder als mehrschichtige Wandbauteile ausgeführt werden.

ANMERKUNG Hierzu gehören nicht feinkörnige Abstufungen für Putze im Außen- und Innenbereich.

(2) Die Mindestwanddicken dieser Wände betragen abweichend zu DIN EN 1520:2011-06, 5.5.2, für:

- tragende Wände, allgemein $h \geq 120$ mm
- tragende Wände, die ausschließlich zur Knickaussteifung tragender Wände dienen $h \geq 100$ mm
- nichttragende Wände $h \geq 80$ mm

(3) Querwände dürfen als aussteifende Wände angesehen werden, wenn

- die Dicke 10 cm nicht unterschreitet;
- sie die gleiche Höhe l_w besetzen wie die jeweilige ausgesteifte Wand;
- ihre Länge l_{hf} mindestens $l_w/5$ der lichten Höhe l_w der ausgestreiften Wand und mindestens 0,5 m beträgt;
- innerhalb der Länge l_{hf} der Querwand keine Öffnungen vorhanden sind;

die aussteifende Wand mit den auszustreifenden Wänden mindestens in den Drittelpunkten der Wandhöhe nach Absatz (4) verbunden ist.

(4) Zur Sicherstellung einer mehrseitigen Halterung nach DIN EN 1520:2011-06, A.6.2, Tabelle A.2, darf ohne besonderen Verwendbarkeitsnachweis die Verbindung der rechtwinklig zueinander angeordneten Wandtafeln des Geschossbaus untereinander durch Betonschlaufen mit $d_s \geq 6$ mm und einer Schenkellänge von mindestens 30 cm jeweils in den Drittelpunkten der Wandhöhe (Höchstabstand 1,0 m) erfolgen. Diese Verbindung ist für die auftretenden Zug- und Druckkräfte zu bemessen. In den Vergussfugen ist zur

Aufnahme der Spaltzugkräfte im Vergussbeton eine Querbewehrung von mindestens 1 Stab mit $d_s \geq 8$ mm anzuordnen, der durch die sich überlappenden Schlaufen gesteckt wird. Alle Bewehrungsstäbe sind durch Haken nach DIN EN 1520:2011-06, Bild A.10, zu verankern. Die Mindestwanddicke für die Schlaufenausbildung betragen 150 mm für LAC 2 und 100 mm für $\geq$ LAC 4. An den vertikalen Stirnseiten sind Vergussnuten auszuführen, deren Breite mindestens gleich der halben Wanddicke ist und deren Tiefe mindestens 40 mm beträgt. Kleinere Tiefen sind nur dann möglich, wenn durch konstruktive Maßnahmen der Fugenverguss sichergestellt wird. In den lotrechten Fugen dieser Wandtafelverbindungen dürfen zur Sicherstellung einer mehrseitigen Wandhalterung keine Schubspannungen in Ansatz gebracht werden.

(5) Werden mehrere Wandbauteile zu einer für die Steifigkeit des Bauwerks notwendigen Scheibe zusammengefügt, so ist auch die Übertragung der in den lotrechten Fugen zwischen den Wandbauteilen und in den waagerechten Fugen zwischen den Wandbauteilen und den Decken bzw. der Bodenplatte auftretenden Schubspannung nach 8.3.2 nachzuweisen.

(6) Schlitz- und Aussparungen sind bei der Ermittlung der Tragfähigkeit zu berücksichtigen. In tragenden Wänden, deren Dicke $h \leq 150$ mm ist, sind Schlitz- und Aussparungen unzulässig. Bei vertikalen Wandschlitz- und Aussparungen, bei denen aufgrund ihrer Tiefe die verbleibende Dicke 100 mm unterschreitet, ist von einem freien Rand auszugehen. Vertikale Schlitz- und Aussparungen dürfen bei der Bemessung unberücksichtigt bleiben, wenn ihre Tiefe höchstens $1/6$ der Wanddicke, aber nicht mehr als 30 mm, ihre Breite höchstens gleich der Wanddicke ist und ihr gegenseitiger Abstand mindestens 1,0 m beträgt. Für nachträglich eingefräste horizontale und schräge Schlitz- und Aussparungen sind DIN EN 1996-1-1/NA:2012-05, 8.6.2 und 8.6.3, zu beachten.

(7) Beim Einbau der Wandbauteile ohne statisch anrechenbare Bewehrung müssen diese über die volle Aufstandsfläche in ein waagerechtes Mörtelbett aus Zementmörtel nach 4.3 versetzt werden. Werden die Wandbauteile nicht über die volle Wandfläche eingebaut, ist die Exzentrizität bei der Bemessung zu berücksichtigen. Die senkrechten Vergussnuten zwischen den Wandtafeln sind mit einem Leichtbeton mit geschlossenem Gefüge oder Normalbeton, mindestens der Festigkeitsklasse LC 16/18 bzw. C 16/20 nach DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 auszufüllen. Für den Nachweis der Verbindungen der Wandtafeln ist Abschnitt 8 zu beachten. Wandbauteile, deren statische Wirksamkeit durch Beschädigungen beeinträchtigt ist, dürfen nicht eingebaut werden.

Die Verbindung der Wandtafeln mit den Decken ist nachzuweisen.

6.3.2 Wände mit statisch anrechenbarer Bewehrung nach DIN EN 1520, A.8.2.2

(1) Die Wände werden zwischen oder vor unterschiedlichen Tragsystemen verwendet. Sie werden aus stehend oder liegend angeordneten massiven oder mit Hohlräumen versehenen Wandbauteilen zusammengefügt, die an ihren Schmalseiten bzw. Ecken an der tragenden Unterkonstruktion gehalten sind. Mehrschichtige tragende Bauteile sind in dieser Norm nicht erfasst.

(2) Abweichend zu DIN EN 1520:2011-06, A.8.2.2.1 (2), ist bei liegenden Elementen die zusätzliche Vertikalbelastung aus Decken mit einer Auflagerlast von $F_k > 10$ kN/m auszuschließen. Lasten aus exzentrisch aufliegenden nicht begehbaren Dächern sind auf $F_k = 10$ kN/m zu begrenzen. Die Anwendung für diese Lasten setzt voraus, dass die Lastenleitung mit dafür zugelassenen Befestigungsmitteln erfolgt. Die Weiterleitung im Bauteil ist gesondert nachzuweisen.

Bei stehenden Elementen ist die zusätzliche Vertikalbelastung auf $F_k = 10$ kN/m zu begrenzen.

(3) Eine Scheibenwirkung darf nicht in Ansatz gebracht werden.

(4) Wände mit hohlem Kern (WLH) dürfen nur ab einer Festigkeitsklasse $\geq$ LAC 6 verwendet werden.

(5) Bei Auflagerung der Wandplatten nach DIN EN 1520:2011-06, A.8.2.2.2 (5), ist für die Verankerung der Bewehrung ein bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweis, z. B. eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, erforderlich.

DIN 4213:2015-10**7 Grundlagen der Bemessung****7.1 Grundlegende Anforderung**

(1) Soweit im Folgenden nicht anders geregelt, gelten DIN EN 1520 und DIN EN 1991 in Verbindung mit den Nationalen Anhängen.

(2) Für die Anwendung von DIN EN 1520:2011-06, Anhang B, ist ein besonderer Nachweis der Verwendbarkeit erforderlich, z. B. durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung.

7.2 Bemessung**7.2.1 Grenzzustände und Bemessungssituationen**

(1) Bauwerke mit LAC-Bauteilen müssen den Anforderungen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit genügen und außerdem auch allen maßgebenden Einwirkungen in vorübergehenden Zuständen widerstehen können.

(2) Typische vorübergehende Zustände für LAC-Bauteile sind:

- Herstellung, Handhabung während und nach der Fertigung, Lagerung;
- Transport;
- Montage.

7.2.2 Einwirkungen

(1) Die für die Bemessung erforderlichen Zahlenwerte für Einwirkungen auf Hochbauten sind den Normen der Reihe DIN EN 1991 zu entnehmen.

(2) Für Bauzustände darf im Grenzzustand der Tragfähigkeit für Biegung und Längskraft der Teilsicherheitsbeiwert für

- ständige Einwirkungen zu $\gamma_G = 1,15$;
- veränderliche Einwirkungen zu $\gamma_Q = 1,15$

gesetzt werden. Einwirkungen aus Krantransport sind zu berücksichtigen.

7.3 Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe

(1) Es gilt Tabelle 1.

(2) Der Beiwert α zur Berücksichtigung von Langzeiteinflüssen auf die Druck-, Biegezug- und Zugfestigkeit von LAC ist mit $\alpha = 0,8$ anzusetzen.

Tabelle 1 — Teilsicherheitsbeiwerte γ_M für Materialeigenschaften

Teilsicherheitsbeiwert		Grenzzustand der Tragfähigkeit ULS	Außergewöhnliche Einwirkungen
Betonstahl	γ_S	1,15	1,00
LAC	bewehrte Bauteile γ_C	1,40	1,20
	unbewehrte Bauteile oder Bauteile mit statisch nicht anrechenbarer Bewehrung γ_C	1,70	1,40

7.4 Biege- und Querkraftbemessung bewehrter Bauteile

7.4.1 Biegebemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit

(1) Für die Biegebemessung ist DIN EN 1520:2011-06, A.4, maßgebend.

(2) Für die Ausbildung und Verankerung der Bewehrung ist ausschließlich A.9, Absätze (2) a), b) und e) maßgebend. Bei einer Verankerung nach Abschnitt b) ist die Ummantelung der Bewehrung mit Beton nur im Verankerungsbereich auf eine Länge von 500 mm erforderlich. Die Betondeckung des Verankerungshakens nach Bild A.10 muss ≥ 15 mm betragen.

Bei einer Verankerung nach Absatz e) ist sicherzustellen, dass die seitliche Betondeckung der Schubleitern im Verankerungsbereich mindestens $3 d_s$ bzw. 50 mm (der größere Wert ist maßgebend) beträgt. Die Schubleitern sind parallel zur Betonoberfläche anzuordnen und der Beton ist so zu verdichten, dass keine Beeinträchtigung durch die Schubleitern entsteht.

(3) Für den Korrosionsschutz der Bewehrung ist DIN EN 1520:2011-06, 5.6.4, maßgebend.

Der Wert $c_{\min, \text{dur}}$ ist so zu wählen, dass die erforderliche Betondeckung nach DIN EN 1992-1-1:2011-01, 4.4.1, in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04, 4.4.1, nicht unterschritten wird. Dabei sind nach DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 auch die Tabellen 4.1 und E.1DE zu berücksichtigen.

Abweichend zu Tabelle 15 darf beim Einbau von feuerverzinkter Bewehrung für die Expositionsklassen X0 und XC1 die Mindestbetondeckung auf 10 mm reduziert werden.

Für die Verwendung von nichtrostender Bewehrung nach DIN EN 1520, 5.6.4.4, ist ein bauaufsichtlicher Verwendungsnachweis erforderlich.

Bei Verwendung eines korrosionsschützenden Anstriches nach DIN EN 1520, 5.6.4.5, ist eine Beschichtung nach DIN EN 1504-7 oder ein bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweis erforderlich.

7.4.2 Querkraftbemessung im Grenzzustand der Tragfähigkeit

(1) Für die Querkraftbemessung ist DIN EN 1520:2011-06, A.5, maßgebend.

(2) Die Nachweise sind unter Anwendung der Gleichungen (A.5) bis (A.9), (A.14) bis (A.16) und (A.19) bis (A.20) zu führen. Die nachfolgend genannten Grenzwerte sind maßgebend:

- $C_{Rd} = 0,085$,
- $v_{\min} = 0$,
- $\cot \theta = 1,2$ für reine Biegung und Biegung mit Längsdruck,
- $\cot \theta = 1,0$ für Biegung mit Längszug,
- $f_{yk} \leq 400$ MPa.

(3) Die Querkraftbewehrung ist ausschließlich in Form von Schubleitern auszuführen. Abschnitt A.9 (2) e) ist zu beachten.

(4) Abweichend zu DIN EN 1520:2011-06, Tabelle A.1, sind die Mindestprozentsätze $\rho_{w, \min}$ der Querkraftbewehrung wie folgt anzusetzen:

DIN 4213:2015-10**Tabelle 2 — Mindestprozentsätze $\rho_{w,min}$ der Querkraftbewehrung für Betonstahl mit $f_{yk} = 500$ MPa**

Charakteristische Druckfestigkeit des LAC f_{ck} MPa	$\rho_{w,min}$ %
≤ 12	0,051
15	0,060
20	0,070
25	0,083

7.4.3 Nachweis auf Durchstanzen

Der Abschnitt gilt nicht für Decken- und Dachbauteile mit hohlem Kern.

(1) Wirken auf massive Bauteile konzentrierte Lasten ein, braucht das Durchstanzen nicht untersucht zu werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Last ≤ 5 kN,
- Bauteildicke ≥ 150 mm,
- Größe der belasteten Fläche $\geq 10\,000$ mm².

(2) Bei einem rechnerischen Nachweis gelten für die Geometrie der Lasteinleitungsflächen A_{load} die Angaben in DIN EN 1992-1-1:2011-01, 6.4, bzw. die zugehörigen Angaben in DIN EN 1992-1-1/NA. Der Rundschnitt ist in einem Abstand von $1,0d$ analog der DIN EN 1992-1-1:2011-01, Bilder 6.13 bis 6.15, zu führen. Die Rundschnitte benachbarter Lastezugsflächen dürfen sich nicht überschneiden. Die Querkrafttragfähigkeit V_{Rd} im Schnitt I-I ist nach DIN EN 1520:2011-06, Gleichung (A.5a), zu ermitteln. Dabei ist für b_w der Umfang des Rundschnittes u_1 in Millimeter anzusetzen. Die Querkraftbewehrung darf für diesen Nachweis nicht berücksichtigt werden. Die Querkraftbeanspruchung ist sektorweise auf der Grundlage von Lastezugsflächen nach DAfStb-Heft 600 (zu Abschnitt 10.5.1) zu ermitteln. Die Platten sind im Bereich der Stützen für Mindestmomente nach DIN EN 1992-1-1 bzw. den zugehörigen Angaben in DIN EN 1992-1-1/NA zu bemessen. Unter Einzellasten sind 60 % der Längsbewehrung als Querbewehrung anzuordnen.

7.5 Grenzzustand der Tragfähigkeit von Wänden ohne statisch erforderliche Bewehrung bei Beanspruchung auf Druck oder Biegung mit Druck

(1) Maßgebend für die Bemessung ist DIN EN 1520:2011-06, A.6.

(2) Das Schlankheitsverhältnis ist wie folgt zu begrenzen: $S = l_0 / i_w \leq 85$, wobei die Rohdichte des LAC für die Ausnutzung von $S = 85$ mindestens 650 kg/m³ betragen muss.

(3) Beim Nachweis nach A.6.2 ist der Tragwiderstand zusätzlich zu Gleichung (A.24) wie folgt zu begrenzen:

$$N_{fRd} \leq k_s \alpha f_{cd} A_c \quad (1)$$

Mit $k_s = 0,71(1 - 2e_1/h) - 0,013l_0/h$

(4) Beim Nachweis nach A.6.3 ist ausschließlich A.6.3.3.3 (2) maßgebend.

7.6 Grenzzustand der Tragfähigkeit von Wänden mit statisch anrechenbarer Bewehrung

(1) Maßgebend für die Bemessung ist DIN EN 1520:2011-06, A.8.2.2

(2) Der Beiwert α_{a2} zur Berücksichtigung der unbeabsichtigten Schiefstellung ist wie folgt anzunehmen:

- wenn kein genauer Nachweis erbracht wird und sofern die charakteristische Biegezugspannung im Zustand I die charakteristische Biegezugfestigkeit nach DIN EN 1520:2011-06, Gleichung (1), überschreitet: $\alpha_{a2} = 5/b + 0,004$ und für Passstücke mit Bauteilbreiten $b < 500$ mm $\alpha_{a2} = 7b/500$;
- Dieser Wert kann unter den folgenden drei Bedingungen auf $\alpha_{a2} = 0,004$, mindestens aber mit dem Wert $\alpha_{a2} = 5b / 500$ (b = Bauteilbreite in mm) reduziert werden:
 - 1) Einhaltung der Bauwerkstoleranzen nach DIN EN 1520:2011-06, 5.3.2, als Ebenheitstoleranz (Abweichungen im Allgemeinen max. 5 mm bei Überprüfung mit einem Richtscheid über eine Länge von 2 m in der Ebene);
 - 2) Einhaltung der Dickentoleranz mit den Grenzabmaßen ± 5 mm
 - 3) Sicherstellung der rechnerischen Lotabweichungen bei der Montage durch entsprechende qualitätssichernde Maßnahmen, welche von der ausführenden Firma anzugeben, zu überwachen und zu dokumentieren sind.

(3) Der Faktors f_1 in Gleichung A.34 ist der Quotient, der sich aus dem Verhältnis der Schnittgrößen II./I. Ordnung ergibt.

(4) Der Bemessungswiderstand nach DIN EN 1520:2011-06, Gleichung (A.37) darf, sofern nicht anders nachgewiesen, nur zu Zweidrittel ausgenutzt werden.

(5) Für die Aufnahme der Spaltzugkräfte nach DIN EN 1520:2011-06, A.8.2.2.2 (5), bei Elementen, die mit Walzen verdichtet werden, darf keine Bügelbewehrung eingebaut werden.

7.7 Sturzwandplatten

(1) Maßgebend für die Bemessung ist DIN EN 1520:2011-06, A.8.2.2.4.

(2) Für Sturzplatten mit $l \geq 4b$ und Belastungen nach Bild 2 dürfen die Schnittgrößen mit folgenden Vereinfachungen ermittelt werden:

- die Spannungsverteilung aus Scheibenbeanspruchung darf in Feldmitte über die Bauteilbreite b linear angenommen werden;
- die vertikalen Auflagerkräfte aus über der Sturzwandplatte angeordneten Wandbauteilen, die jede für sich ihr Eigengewicht und die Windlasten über die Stützweite l abtragen, werden auf die Länge c an den Enden der Sturzwandplatten mit gleichmäßiger Pressung in diese eingeleitet (Bild 2 b);
- Randlasten, die eine Biegebeanspruchung bewirken (Bild 2 d), dürfen auf eine mitwirkende Breite $b_m \geq l/6$ verteilt werden. Die mitwirkende Breite b_m darf jedoch nicht größer als Bauteilbreite b angenommen werden;
- die Querbewehrung infolge der Randlast ist mit 20 % der aus der Randlast resultierenden Längsbewehrung anzunehmen.

(3) Im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist die Sicherheit schlanker Träger mit frei verformbarem Druckgurt gegen seitliches Ausweichen nachzuweisen. Beim Nachweis ist in der Regel eine seitliche Auslenkung von $L/300$ als geometrische Imperfektion anzusetzen.

Als Nachweis können die nachfolgend genannten Verfahren angewendet werden:

DIN 4213:2015-10

- a) Nachweis der Hauptzugspannungen auf der Grundlage der Elastizitätstheorie unter Berücksichtigung einer geometrisch nicht linearen Berechnung (Theorie II. Ordnung). Als Grenzwert für die Hauptzugspannungen ist der Bemessungswert der einachsigen Zugfestigkeit $f_{t,d}$ nach Gleichung (2) einzuhalten

$$f_{t,d} = \alpha \cdot f_{t,k} / \gamma_C \quad (2)$$

Dabei ist

$f_{t,k}$ die charakteristische einachsige Zugfestigkeit von LAC nach DIN EN 1520:2011-06; 4.2.4, Gleichung (3);

α der Beiwert zur Berücksichtigung der Langzeiteinflüsse nach DIN 4213:2015-09, 7.3 (2);

γ_C der Teilsicherheitsbeiwert nach DIN 4213:2015-09, 7.3 (1), Tabelle 1;

oder

- b) Nachweis des Druckgurtes als Knickstab nach DIN EN 1520:2011-06, A.6.2, in Verbindung mit DIN 4213:2015-09, 7.5. Dabei ist der Druckgurt als Ersatzknickstab nach Gleichung (A.24) in DIN EN 1520 in Verbindung mit Gleichung (1) in DIN 4213 nachzuweisen, wobei die Knicklänge dem lichten Abstand der Haltepunkte des Obergurtes entspricht.

Dabei sind die Regelungen zur konstruktiven Durchbildung nach Absatz (4), (5) und (6) und DIN EN 1520:2011-06, A.8.2.2.3 und A.8.2.2.4 zu beachten und ein geschlossener umlaufender Bewehrungskorb auszuführen.

- (4) Die nachfolgende Bedingung (Gleichung (3)) ist einzuhalten.

$$L/h \leq \frac{65}{(b/h)^{1/3}} \text{ und } L/h \leq 40 \quad (3)$$

Dabei ist nach DIN EN 1520:2011-06, Bild 4

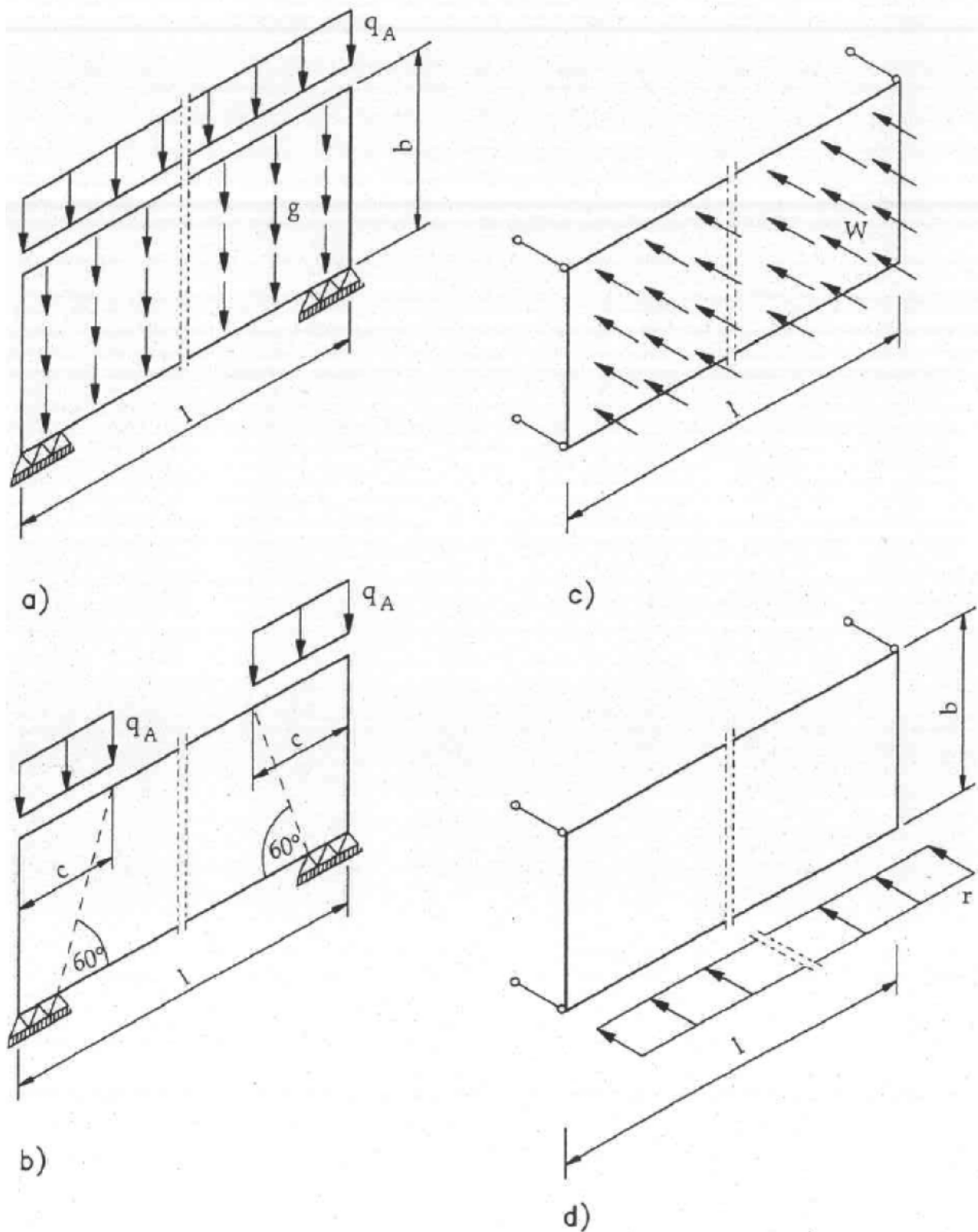
L die Länge des Druckgurtes zwischen den seitlichen Abstützungen;

h die Höhe des Wandeelements;

b die Breite des Wandeelements.

- (5) Sofern keine genaueren Angaben vorliegen, ist die Auflagerkonstruktion so zu bemessen, dass sie mindestens ein Torsionsmoment $T_{ed} = V_{Ed} \cdot L/300$ aus dem Träger aufnehmen kann, wobei V_{Ed} der Bemessungswert der vertikalen Auflagerkraft ist.

- (6) Wände mit gewalztem Querschnitt dürfen nicht als Sturzwandplatten verwendet werden.

**Legende**

- a) Scheibenlastfall 1: Eigengewicht g [kN/m²] und Auflast q_A [kN/m]
- b) Scheibenlastfall 2: Auflast q_A [kN/m] aus aufliegenden Sturzwandplatten
- c) Plattenlastfall 1: Windlast w [kN/m²]
- d) Plattenlastfall 2: Randlast r [kN/m] am unteren Bauteilrand

Bild 2 — Beispiele für Lastfälle bei Sturzwandplatten

DIN 4213:2015-10**8 Bemessung von Fugen****8.1 Allgemeines**

(1) Fugen sind so zu bemessen, dass sie alle Schnittkräfte aufnehmen können, die den bei der Berechnung des Tragwerks als Ganzes und bei der Bemessung der einzelnen zu verbindenden Bauglieder zugrunde liegenden Annahmen entsprechen.

(2) Die Tragfähigkeit und die Steifigkeit der Fugen dürfen mit Hilfe rechnerischer Nachweise auf der Basis der Festigkeitswerte von unbewehrtem Beton berechnet werden. Unterschiedliches Materialverhalten der LAC-Bauteile und der Fugenfüllung ist gegebenenfalls zu berücksichtigen.

(3) Druckfugen und Schubfugen sind nach der überwiegend von ihnen übertragenen Schnittgröße benannt.

8.2 Druckfugen

(1) Druckfugen sind Fugen unter zentrischem Druck oder unter Druck mit geringer Ausmitte ($e \leq h/6$).

8.3 Schubfugen**8.3.1 Fugentypen**

Eine Fuge kann, wie im Folgenden beschrieben, glatt, rau oder verzahnt sein.

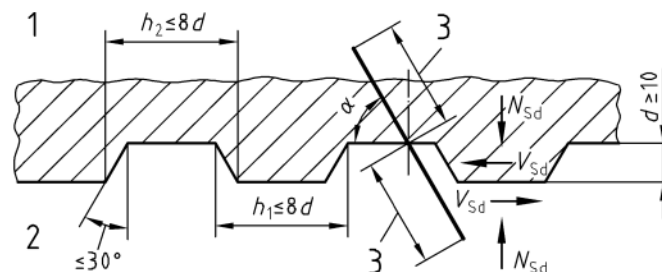
Glatte Fuge: Eine Fuge ist als glatt anzusehen, wenn die Oberfläche durch Betonieren in Stahlformen oder glatten hölzernen Formen, durch eine Gleitschalung oder durch einen Extruder hergestellt worden ist oder wenn der Beton nach dem Rütteln ohne weitere Behandlung glatt ist.

Raue Fuge: Eine Fuge darf als rau angesehen werden, wenn

- die Oberfläche nach dem Betonieren rau gelassen oder mit einem Rechen aufgeraut wird, wobei eine Oberflächenrauigkeit von mindestens 3 mm im Abstand von ungefähr 40 mm entsteht, oder
- die oberflächennahen Gesteinskörner ähnlich wie beim Waschbeton teilweise freigelegt sind.

Verzahnte Fuge: Eine Fuge darf als verzahnt angesehen werden, wenn sie der Darstellung in Bild 3 entspricht. Bild 4 zeigt ein Beispiel.

Maße in Millimeter

**Legende**

- 1 LAC-Bauteil
- 2 Fugenverguss
- 3 Verankerung der Bewehrung

$$h_1 \approx h_2$$

$$N_{sd} = \sigma_{Nd} \cdot b_{ij} \cdot l_{ij}$$

$$V_{sd} = \tau_{sd} \cdot b_{ij} \cdot l_{ij}$$

Bild 3 — Ausbildung einer verzahnten Fuge — Verzahnung

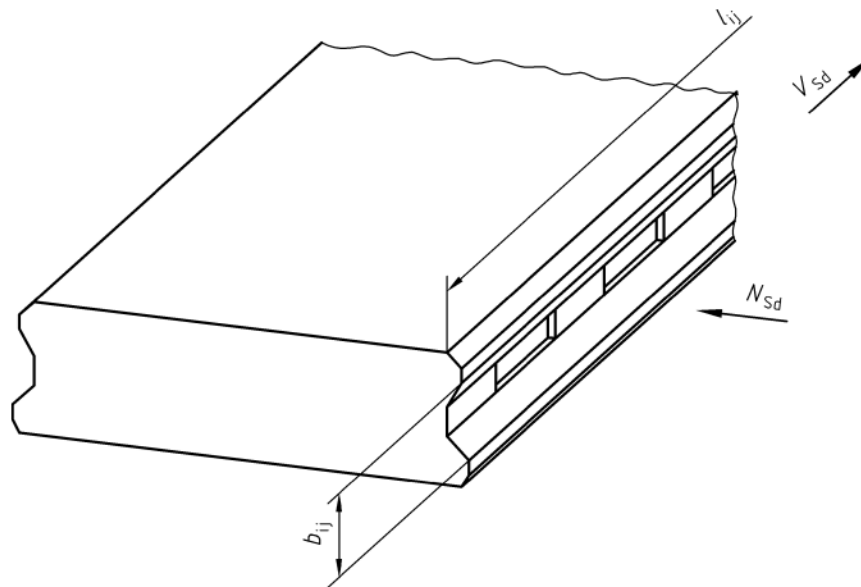


Bild 4 — Ausbildung einer verazten Fuge — Beispiel eines LAC-Bauteils mit verazter Fuge

8.3.2 Schubübertragung in Bauteilebene

8.3.2.1 Allgemeines

(1) Die Standsicherheit des Tragwerks bei Beanspruchung durch Windlasten, Erddruck usw. ist durch Wahl eines geeigneten Tragwerksmodells sicherzustellen. Dabei kann es erforderlich sein, dass eine Gruppe von Bauteilen als Scheibe wirkt und dass die Fugen ausreichende Tragfähigkeit zur Übertragung der in Scheibenebene wirkenden Schubkräfte besitzen. Bestimmte Tragwerksmodelle bedingen eine zugfeste Aussteifung, z. B. in Form eines Ringankers.

(2) Die Tragfähigkeit kann rechnerisch nach 8.3.2.2 oder durch einen allgemeinen Verwendbarkeitsnachweis auf der Grundlage von Prüfungen nach DIN EN 1739 bestimmt werden.

(3) Es ist zu prüfen, ob Temperatureinflüsse, Schwinden, Zwangsverformungen oder ähnliche Einwirkungen zu Rissen in den Fugen führen können, weil dies einen Einfluss auf den in den Berechnungen verwendeten Beiwert k_T (nach Tabelle 2) haben kann.

8.3.2.2 Bemessungswert der Schubtragfähigkeit

(1) Der Bemessungswert der aufnehmbaren Schubspannung beträgt:

$$\tau_{Rdj} = k_T \tau_{Rd} + \mu \cdot \sigma_{Nd} + \frac{A_s}{A_j} \cdot f_{yd} (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) \leq 0,2 f_{cd} \quad (4)$$

Dabei ist

k_T der Beiwert nach Tabelle 2 ($k_T = 0$, wenn die Fuge so auf Zug beansprucht ist, dass sie reißen kann, oder wenn die Fuge gerissen ist);

τ_{Rd} die aufnehmbare Schubspannung in Abhängigkeit von der Druckfestigkeit des Fugenvergusses oder des LAC, der kleinere Wert ist maßgebend,

$$\tau_{Rd} = 0,053 \eta_1 f_{ck}^{2/3} / \gamma_c$$

$$\eta_1 = 0,4 + 0,6 \rho / 2200 \text{ für } \rho > 1400 \text{ kg/m}^3$$

DIN 4213:2015-10

$$\eta_1 = 0,78 \text{ für } \rho \leq 1\,400 \text{ kg/m}^3$$

μ der Reibungsbeiwert nach Tabelle 2;

σ_{Nd} die Spannung infolge der quer zur Fuge wirkenden Normalkraft, positiv für Druck und negativ für Zug, wobei $\sigma_{Nd} \leq 0,6 f_{cd}$;

A_s die Querschnittsfläche der die Fuge kreuzenden Bewehrung;

A_j die Querschnittsfläche der Fuge;

b_{ij} die wirksame Fugenbreite (siehe Bild 4);

l_{ij} die wirksame Fugenlänge (siehe Bild 4);

α siehe Bild 3, wobei $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$

(2) In der Fuge wird eine Schubbewehrung benötigt, wenn

$$\tau_{sdj} > k_T \tau_{Rd} + \mu \cdot \sigma_{Nd} \quad (5)$$

(3) Die Schubbewehrung in der Fuge ist auf beiden Seiten der Kontaktfläche zu verankern.

(4) Die in Längsrichtung aufnehmbare Schubspannung einer vergossenen Fuge zwischen Platten oder Wandbauteilen kann nach Gleichung (4) berechnet werden. Dabei ist k_T in Fällen, in denen die Fuge gerissen sein kann (z. B. in Deckenscheiben), für glatte oder raue Fugen zu 0 und für verzahnte Fugen zu 0,5 anzunehmen.

Tabelle 3 — Beiwerte k_T und μ

Ausbildung der Oberfläche	k_T	μ
verzahnt (profiliert) (siehe Bild 3)	2 (0,5)	0,9
Rau	1,8 (0)	0,7
Glatt	0,5 (0)	0,5
ANMERKUNG Die Klammerwerte für k_T gelten für gerissene Fugen.		

8.3.3 Schubübertragung rechtwinklig zur Bauteilebene

(1) Die Übertragung von Schubkräften rechtwinklig zur Mittelebene der Bauteile ist möglich, wenn die Fugen in geeigneter Weise profiliert sind (z. B. mit Nut- und Federausbildung, wie in Bild 5 dargestellt). Die übertragbare Kraft kann rechnerisch nach 8.3.2.2 oder durch einen allgemeinen Verwendbarkeitsnachweis auf der Grundlage von Prüfungen nach DIN EN 1741 bestimmt werden.

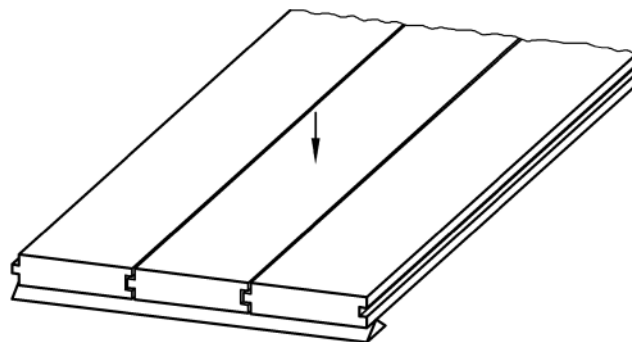


Bild 5 — Beispiel für eine Fuge mit Nut und Feder

(2) Die Tragfähigkeit einer Fuge mit beidseitiger Nut (siehe Bild 6) oder einer vergossenen Fuge mit Nut und Feder (siehe Bild 8) kann wie folgt berechnet werden:

$$V_{Sd} < f_{td,min} \cdot a_{min} \quad (6)$$

$$V_{Sd} < f_{cd,min} \cdot b_{min} \quad (7)$$

Dabei ist

$$a_{min} = \min(a_1, a_2, a_3) \quad (8)$$

$$b_{min} = \min(b_1, b_2, b_3) \quad (9)$$

$$f_{td,min} = \min(f_{td,comp}, f_{td,mortar}) \quad (10)$$

$$f_{cd,min} = \min(f_{cd,comp}, f_{cd,mortar}) \quad (11)$$

Dabei ist

$f_{td,comp}$ der Bemessungswert der Biegezugfestigkeit des Bauteilbetons (bei einem mehrschichtigen Bauteil ist die niedrigste Festigkeit der verschiedenen Schichten zu verwenden);

$f_{td,mortar}$ der Bemessungswert der Biegezugfestigkeit des Fugenvergusses;

$f_{cd,comp}$ der Bemessungswert der Druckfestigkeit des Bauteilbetons (bei einem mehrschichtigen Bauteil ist die niedrigste Festigkeit der verschiedenen Schichten zu verwenden);

$f_{cd,mortar}$ der Bemessungswert der Druckfestigkeit des Fugenvergusses.

(3) Die Tragfähigkeit einer Fuge mit Nut und Feder (siehe Bilder 7 und 8) kann wie folgt berechnet werden:

$$V_{Sd} < f_{td,comp} \cdot a_{min} \quad (12)$$

$$V_{Sd} < f_{cd,comp} \cdot b_{min} \quad (13)$$

Maße in Millimeter

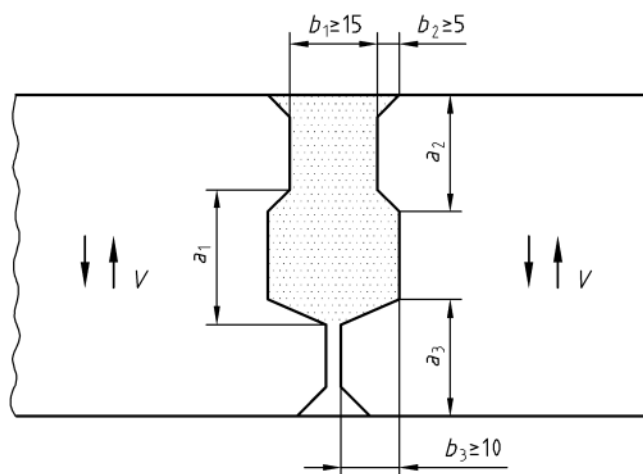
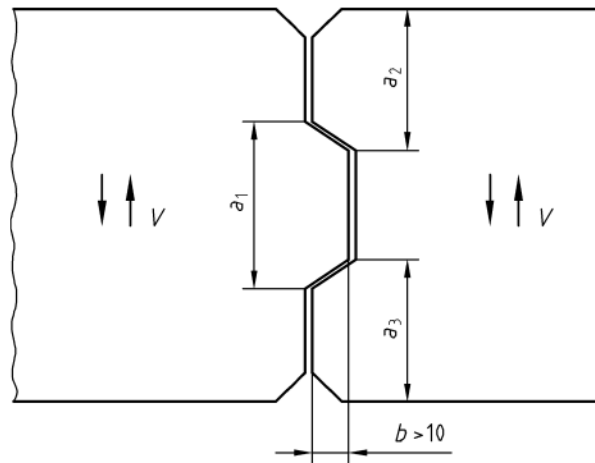


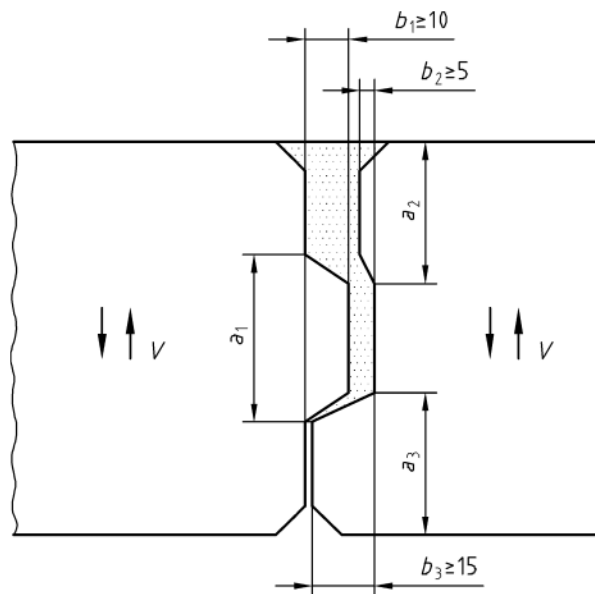
Bild 6 — Beispiel für eine Fuge mit doppelter Nut

DIN 4213:2015-10

Maße in Millimeter

**Bild 7 — Beispiel für eine trockene Fuge mit Nut und Feder**

Maße in Millimeter

**Bild 8 — Beispiel für eine vergossene Fuge mit Nut und Feder****8.3.4 Gleichzeitige Übertragung von Schub in Bauteilebene und rechtwinklig zur Bauteilebene**

Die Lastabtragung ist für jede Richtung getrennt zu untersuchen. Dabei ist zu beachten, dass die Belastung in der einen Richtung die Tragfähigkeit in der anderen Richtung vermindern kann.

9 Auflager, Verankerungs- und Verbindungsmittel**9.1 Auflager**

(1) Für Teilflächenbelastung ist DIN EN 1520:2011-06, A.10 maßgebend.

10 Ringanker

(1) In die Außenwände, die zur Gebäudeaussteifung dienen, sind als Ringanker in Höhe jeder Decke mindestens zwei den Gebäudeteil umlaufende Bewehrungsstäbe, die für eine Bemessungs-Zugkraft von mindestens 20 kN zu bemessen sind, in Beton oder Leichtbeton mit geschlossenem Gefüge nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2:2008-08 mindestens der Festigkeitsklasse C 12/15 bzw. LC 12/13 mit für den Korrosionsschutz ausreichender Deckung nach DIN EN 1992-1-1:2011-01, 4.4.1, in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04, 4.4.1, zu verlegen.

(2) Kann eine Unterbrechung der Ringanker (z. B. im Bereich von Treppenhäusern) nicht vermieden werden, so ist die Ringankerwirkung auf andere Weise sicherzustellen.

(3) Die Ringanker dürfen mit den Massivdecken oder mit etwaigen Stahlbetonfensterstürzen vereinigt und in Wänden, die mit der Hauptbewehrung der Massivdecken gleich laufen, weggelassen werden, wenn diese Decken und ihre Bewehrung auf der ganzen Länge der Umfassungswand oder zwischen den Trennfugen ohne Unterbrechung ihrer Bewehrung durchlaufen und außerdem bis nahe zu der Außenkante dieser Wände reichen.

(4) Bei eingeschossigen Gebäuden und über dem obersten Geschoss mehrgeschossiger Gebäude dürfen Holzbalkendecken verwendet werden, deren Scheibensteifigkeit in beiden Hauptachrichtungen (längs und quer zur Spannrichtung) durch geeignete Maßnahmen, , sicherzustellen ist. In diesem Fall dürfen ausreichend zugfeste Holzbalken als Ringanker herangezogen werden. Eine ausreichende Verankerung mit der Wand und der Decke ist nachzuweisen.

11 Bauausführung

11.1 Nachträgliche Bearbeitung

Die Bauteile dürfen nur in den vom Herstellwerk ausgelieferten Abmessungen eingebaut werden. Eine Kürzung ist im Allgemeinen wegen einer möglichen Beeinträchtigung der Endverankerung der Bewehrungsstäbe unzulässig. An den Bauteilen dürfen keine Stemmarbeiten vorgenommen werden. Die Herstellung von Aussparungen durch Fräsen, Sägen oder Bohren ist erlaubt, wenn für den Restquerschnitt die Tragfähigkeit nachgewiesen wird. Schnittflächen von Stählen sind mit einem Korrosionsschutz zu versehen.

11.2 Einbau der Bauteile

(1) Beim Versetzen der Bauteile sind die Montageanweisungen zu beachten.

(2) Die Bauteile sind so zu versetzen, dass sie vom Zeitpunkt des Absetzens an sicher in ihrer Lage gehalten werden.

(3) Dach- oder Deckenplatten dürfen vor dem Verguss der Fugen und vor ausreichendem Erhärten des Fugenvergusses nur auf Laufbohlen betreten oder befahren werden.

(4) Auf Laufbohlen darf verzichtet werden, wenn die auftretenden Einzellasten den Wert von $F_k = 1,5 \text{ kN}$ nicht überschreiten und die Tragfähigkeit der Bauteile für diesen Lastfall nachgewiesen ist. Die Auflagertiefe muss mindestens 7 cm betragen, oder jedes Bauteil muss unmittelbar nach dem Absetzen durch Klammern oder gleichwertige Maßnahmen in seiner Lage gesichert werden.

(5) Unmittelbar an Rändern oder Öffnungen (z. B. Treppenläufe, Dachausstiege) verlegte Platten dürfen ohne Laufbohlen nur dann belastet werden, wenn die an den Rand oder an die Öffnung angrenzende Längsseite dieser Platte durch Wände oder andere Bauteile unterstützt ist.

(6) Bauteile dürfen nicht versetzt werden, wenn sie Schäden erlitten haben, die ihr Tragverhalten in unzulässigem Maße beeinträchtigen können.

DIN 4213:2015-10**11.3 Auflagerung von Dach- und Deckenplatten**

(1) Bezüglich der Bemessung der Auflager wird auf 8.1 verwiesen.

(2) Abweichend von DIN EN 1520:2011-06, 5.4.3, betragen die Mindestauflagertiefen für Dach- und Deckenbauteile ohne Querkraftbewehrung mindestens 1/80 der Stützweite oder bei Auflagerung auf

- | | | |
|----|--|-------|
| a) | Mauerwerk, Ortbeton oder Vollholz | 70 mm |
| b) | Trägern aus Stahl oder Brettschichtholz, Stahlbetonfertigteile | 50 mm |
| c) | Trägern aus Stahl, wenn die Stützweite der Platten nicht größer als 2,5 m ist, die Träger beidseitig etwa gleichmäßig belastet werden und weder seitlich ausweichen noch sich verdrehen können | 30 mm |

Der größere Wert maßgebend.

(3) Greifen Platten mit Hohlräumen in tragende Wände ein, so sind die Hohlräume im Bereich der Wand satt mit Mörtel oder Beton mindestens der gleichen Festigkeitsklasse auszufüllen.

11.4 Auflagerausbildung

(1) Die Fertigteile sind vollflächig in ein waagerechtes Mörtelbett zu versetzen. Hierbei ist Normalmörtel nach DIN EN 998-2 in Verbindung mit DIN V 20000-412 oder nach DIN V 18580 der Mörtelgruppe III zu verwenden.

Als charakteristische Anfangsscherfestigkeit (Haftscherfestigkeit) darf $0,10 \text{ N/mm}^2$ angesetzt werden. Die maßgebende Verbundfestigkeit (Haftscherfestigkeit) darf mit $0,12 \text{ N/mm}^2$ in Rechnung gestellt werden.

Für den Nachweis der Druckfestigkeit in der Fuge darf die charakteristische Druckfestigkeit f_k nach DIN EN 1996-3/NA/A1:2014-03, Tabelle NA.D.6 für Vbl (Element ohne Lochung) bzw. Hbl (Element mit Lochung) in Ansatz gebracht werden. Dabei darf näherungsweise die Festigkeitsklasse LAC als Steindruckfestigkeitsklasse angenommen werden.

Vorgenannte Festigkeiten dürfen für Dicken der Ausgleichsschicht von mindestens 5 mm bis maximal 25 mm in Ansatz gebracht werden.

(2) Anstelle von Mörtel dürfen andere geeignete ausgleichende Zwischenlagen verwendet werden, wenn nachteilige Folgen für die Standsicherheit (z. B. Aufnahme der Querkzugspannungen), die Verformung sowie den Schall- und Brandschutz ausgeschlossen sind.

(3) Bei vollflächiger Auflagerung auf Stahlträgern, ebenen Auflagerflächen von Stahlbetonfertigteilen und Plansteinmauerwerk oder Holzkonstruktionen darf auf eine Verlegung im Mörtelbett verzichtet werden.

11.5 Verankerung und gegenseitige Verbindung der Bauteile

(1) Alle Bauteile sind mit ihren Unterstützungen und untereinander so zu verbinden, dass sie nicht seitlich verschoben oder abgehoben werden können.

(2) Bezüglich der verwendeten Verankerungs- und Befestigungsmittel und deren Dauerhaftigkeit sind die Abschnitte 4.5 und 5 zu beachten.

11.6 Vergussfugen

(1) Der Fugenverguss ist mit Mörtel nach 4.3 oder Beton oder Leichtbeton nach DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 206-1 sowie DIN 1045-2:2008-08 mindestens der Festigkeitsklasse C12/15 bzw. LC12/13 und einem Größtkorn der Gesteinskörnung von höchstens 8 mm vorzunehmen. Vor dem Vergießen sind die Fugen erforderlichenfalls sorgfältig zu säubern und die Fugenränder ausreichend vorzunässen.

(2) Nach dem Verguss der Fugen dürfen die Dach- oder Deckenplatten so lange nicht betreten oder befahren werden, bis der Mörtel ausreichend erhärtet ist.

(3) Vor dem ausreichenden Erhärten des Vergussmörtels oder Vergussbetons darf mit einer Scheibenwirkung noch nicht gerechnet werden, und die Standsicherheit ist durch andere Maßnahmen sicherzustellen.

11.7 Fugenbewehrung

(1) Jede Fuge von Dach- oder Deckenscheiben ist mit Betonstabstahl B500B nach DIN 488 mit mindestens 6 mm und höchstens 12 mm Durchmesser zu bewehren.

(2) Die Beton- oder Mörteldeckung der Fugenbewehrung muss zu dem oberen und dem unteren Rand mindestens 20 mm und zu den seitlichen Fugenrändern mindestens 15 mm betragen. An den Scheibenrändern ist die Fugenbewehrung nach DIN EN 1992-1-1:2011-01 und DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 zu verankern.

11.8 Aufbeton

(1) Dieser Abschnitt gilt für Dächer oder Decken mit bewehrtem Aufbeton.

(2) Die Bauausführung des Aufbetons ist nach DIN EN 1992-1-1:2011-01 und DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 vorzunehmen. Das Herstellen des Aufbetons und der Verguss der Fugen sind in einem Arbeitsgang auszuführen.

(3) Die für den Korrosionsschutz der Bewehrung des Aufbetons erforderliche Betondeckung nach DIN EN 1992-1-1:2011-01, 4.4.1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA ist einzuhalten.

12 Regelprüfung

12.1 Allgemeines

Der Übereinstimmungsnachweis ist nach DIN EN 1520 zu führen.

12.2 Erstprüfung des Bauteils und Werkseigene Produktionskontrolle

Es gilt DIN EN 1520, Abschnitt 6, unter Berücksichtigung der Tabellen 3 und 4 dieser Norm.

DIN 4213:2015-10**Tabelle 4 — Zusätzliche Festlegungen zu DIN EN 1520:2011-06 – Tabelle 17 –
Erstprüfung der LAC-Bauteile**

Eigenschaften	Art der Prüfung	Bauteilart									Referenzprüfung/ Überwachung Bemerkungen
		Für tragende Zwecke					Für nichttragende Zwecke				
		WLS WLH	WRS	RLS, FLS RLH, FLH	BLS BLH	PLS	CNS	WNS WNH	BNH	NB	
Ausgangsstoffe	LAC Bewehrung	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Prüfung der Übereinstimmungs- nachweise: Die Ausgangsstoffe müssen 4.1 und der Betonstahl muss 4.4 entsprechen.
Verankerung der Bewehrung	während der Produktion	x	x	x	x	x	x	x	x	x	7.4.1 dieser Norm ist zu beachten.
Querkraftbewehrung	während der Produktion	x	x	x	x	x	x			x	7.4.2 (3) ist zu beachten
Verbindungs- und Verankerungsmittel	Bauteil										Prüfung der Übereinstimmungs- nachweise
Druckfestigkeit	Bauteil	WLH									6.3.2 (4) dieser Norm ist zu beachten
Wanddicken	Bauteil	WLS						WNS			Für Wände mit nicht anrechenbarer Bewehrung gelten die Mindestwanddicken nach 6.3.1 dieser Norm.
Innere Maßhaltigkeit	Prüfung am Fertigteil ^a	WLH		RLH FLH	BLH			WNH			Lagesicherheit der Styroporkörper bzw. innere Maßhaltigkeit der Hohlräume: Am Fertigteil ist die Lagesicherheit der Styroporkörper bzw. Hohlräume durch physikalische Messung zu überprüfen
Korrosionsschutz	Bewehrung	x	x	x	x	x	x	x	x	x	7.4.1 (3) dieser Norm ist zu beachten.

^a Der Fremdüberwacher legt die Referenzprüfung und deren Häufigkeit fest und erstellt für den Hersteller einen Prüfplan.

^a Der Fremdüberwacher legt die Referenzprüfung und deren Häufigkeit fest und erstellt für den Hersteller einen Prüfplan.

DIN 4213:2015-10

Tabelle 5 — Zusätzliche Festlegungen zu DIN EN 1520:2013-10 – Tabelle 18 –
Werkseigene Produktionskontrolle, Prüfung des fertigen Produktes, Tragende LAC-Bauteile

Eigenschaften	Prüfung	Bauteilart										Referenzprüfung/ Überwachung	Anmerkungen
		WLS WLH	WRS	RLS, RLH, FLH FLS	BLS, BLH	PLS	CNS	WNS WNH	BNS	NB			
Ausgangsstoffe	LAC	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Dokumentation der Übereinstimmungsnachweise	Bei jedem Bauteil sicherzustellen, dass die Ausgangsstoffe 4.1 dieser Norm entsprechen.	
	Betonstahl	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Dokumentation der Übereinstimmungsnachweise	Bei jedem Bauteil sicherzustellen, dass Betonstahl nach 4.4 dieser Norm entsprechen.	
Verankerung der Bewehrung	während der Produktion	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Dokumentation der Übereinstimmung	Bei jedem Bauteil sicherzustellen, dass die Verankerung 7.4.1 dieser Norm entsprechen.	
Querkraftbewehrung	während der Produktion	x	x	x	x	x	x			x	Dokumentation der Übereinstimmung	Bei jedem Bauteil ist sicherzustellen, dass die Querkraftbewehrung 7.4.2 (3) dieser Norm entspricht.	
Verbindungs- und Verankerungsmittel	während der Produktion	x	x					x			Dokumentation der Übereinstimmungsnachweise	Bei jedem Bauteil ist sicherzustellen, dass die Verbindungs- und Verankerungsmittel 4.5 dieser Norm entsprechen.	
Druckfestigkeit	am Fertigteil	WLH									Dokumentation der Festigkeitsklasse	Bei jedem Bauteil ist sicherzustellen, dass die Druckfestigkeit 6.3.2(4) dieser Norm entspricht.	
Wanddicken	am Fertigteil	WLS						WNS			Dokumentation der Übereinstimmung	Für Wände mit nicht anrechenbarer Bewehrung gelten die Mindestwanddicken nach 6.3.1 dieser Norm.	
Innere Maßhaltigkeit	Prüfung am Fertigteil ^a	WLH		RLH FLH	BLH			WNH			physikalische Messung, Dokumentation der Überwachung und Übereinstimmung	Bei jedem Fertigteil ist die innere Maßhaltigkeit bezüglich der Lage der Styroporkörper bzw. Hohlräume zu garantieren.	
Korrosionsschutz	Bewehrung	x	x	x	x	x					Dokumentation der Übereinstimmung	Bei jedem Bauteil sicherzustellen, dass der Korrosionsschutz 7.4.1(3) dieser Norm entspr.	
^a Nach dem vom Fremdüberwacher erstellten Prüfplan.													

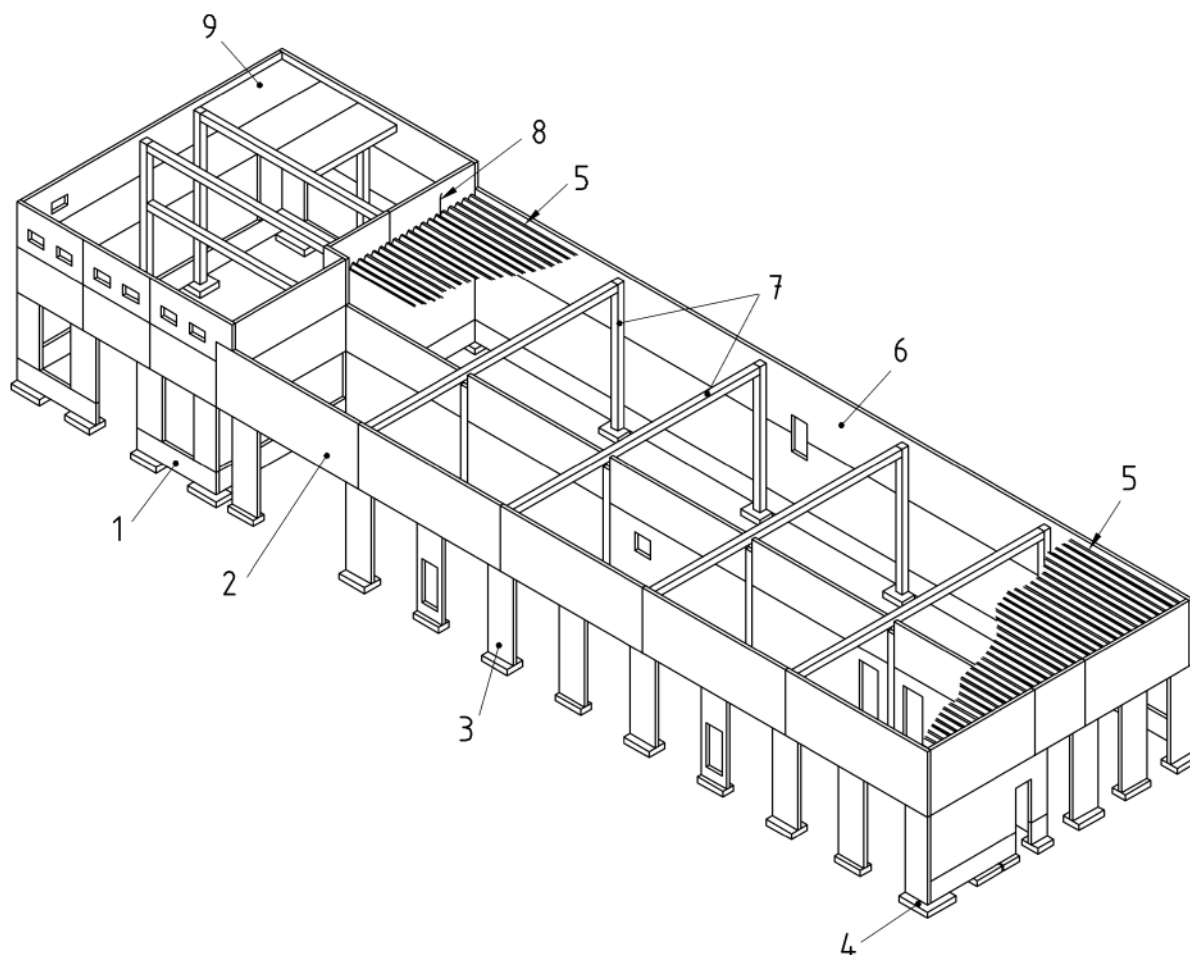
Anhang A (informativ)

Typische Bauarten mit vorgefertigten LAC-Bauteilen¹⁾

A.1 Übersicht über Tragsysteme

Beim Bauen mit LAC-Bauteilen werden im Allgemeinen die folgenden Tragsysteme gewählt. Diese und andere Systeme können einzeln oder in Kombination mit anderen verwendet werden.

- Tragsysteme mit Dach-, Decken- und/oder Wandbauteilen, die zur Lastabtragung bzw. Ausfachung dienen, jedoch nicht zur Gebäudeaussteifung (siehe Bild A.1).
- Tragsysteme mit tragenden Dach-, Decken- und/oder Wandbauteilen, die zusätzlich zur Gebäudeaussteifung dienen (siehe Bild A.2).

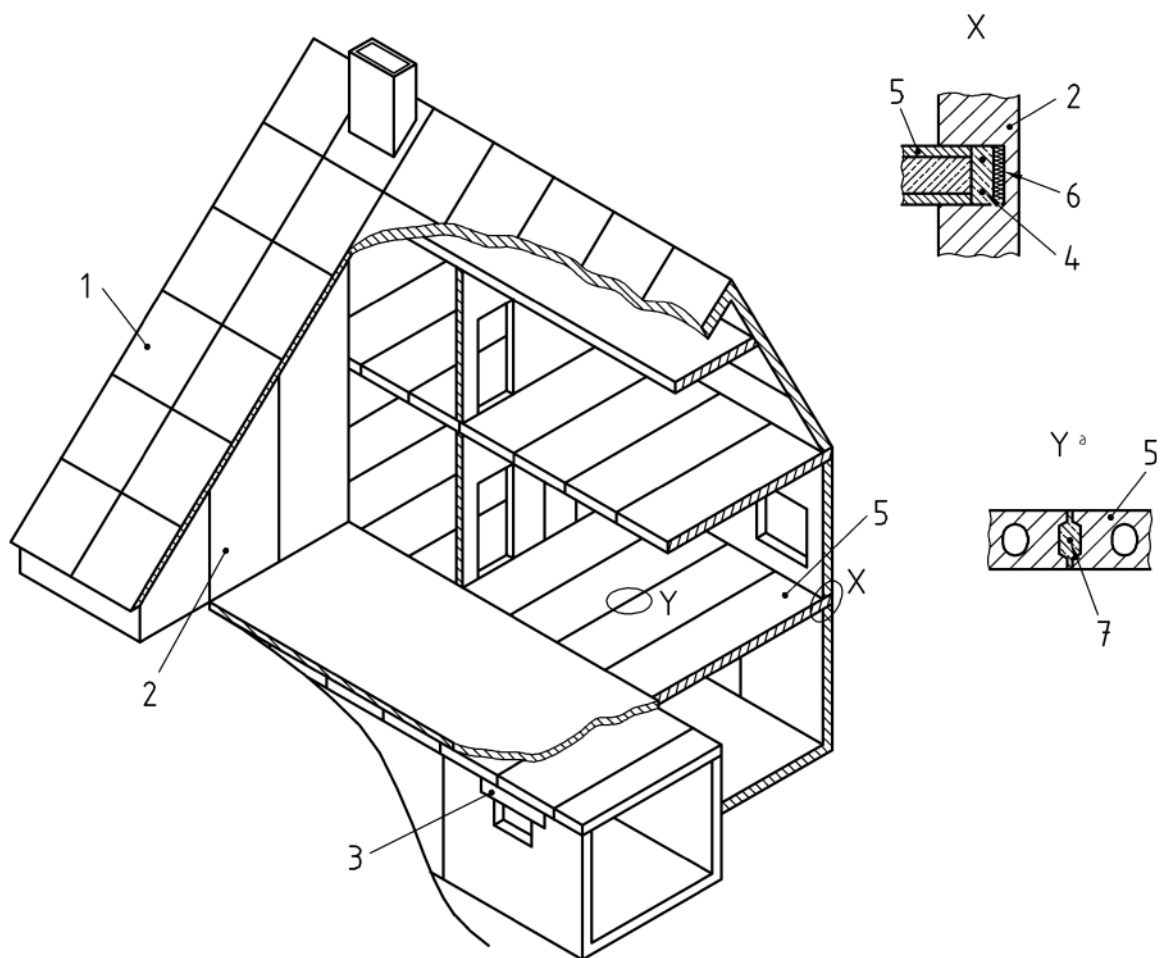


Legende

- | | | |
|-------------------------|-------------------------|---|
| 1 Sockelbauteil | 4 Fundament | 7 Stützen/Binder aus Beton, Holz, Stahl |
| 2 Sturzwandteil | 5 Trapezblech | 8 Trapezblechauflager |
| 3 Stehendes Wandbauteil | 6 Liegendes Wandbauteil | 9 Hohlrielen |

Bild A.1 — Tragsysteme aus lastabtragenden bzw. ausfachenden LAC-Bauteilen

1) Siehe Anmerkung in Abschnitt 1 dieser Norm.

**Legende**

- | | | |
|---------------|----------------------------|---------------------------|
| 1 Dachelement | 4 Ringanker (Detail X) | 7 Fugenbewehrung |
| 2 Wandelement | 5 Deckenelement (Detail Y) | a) Im Schnitt dargestellt |
| 3 LAC-Sturz | 6 Wärmedämmung | |

Bild A.2 — Tragsysteme aus lastabtragenden und aussteifenden LAC-Bauteilen**A.2 Decken und Dächer**

Wenn Decken oder Dächer als Scheiben zur Übertragung von in Bauteilebene wirkenden Kräften auf die aussteifenden Bauglieder bemessen werden, gilt Folgendes:

- Die Scheibenwirkung wird durch umlaufende Zugbänder, z. B. Ringanker, sichergestellt. An den lastweiterleitenden Bauteilen (Wände, Stützen) sind Auflagerlinien oder -punkte anzunehmen.
- Die Nachweise der Scheiben dürfen unter dem Ansatz von Fachwerkmodellen oder Druckbogen-Zugbandmodellen erfolgen. Dabei müssen die Zugbänder an den Knotenpunkten verankert sein, um das Gleichgewicht zwischen Zug- und Druckkomponenten zu erfüllen, Bild A.3 a) und c).
- Bei Belastung nach Bild A.3 b) dürfen die Querkräfte wie im Bild angegeben über die Scheibenhöhe verteilt angenommen werden.
- Wenn kein genauerer Nachweis geführt wird, darf für den Fall, dass die Bauteile Druckkontakt haben und auf Querbiegung bemessen werden, für jedes Bauteil folgende anteilige Last q_i angenommen werden. Bei insgesamt n Platten ergibt sich die Belastung für die Platte j nach folgender Gleichung, sofern keine genauere Untersuchung angestellt wird:

DIN 4213:2015-10

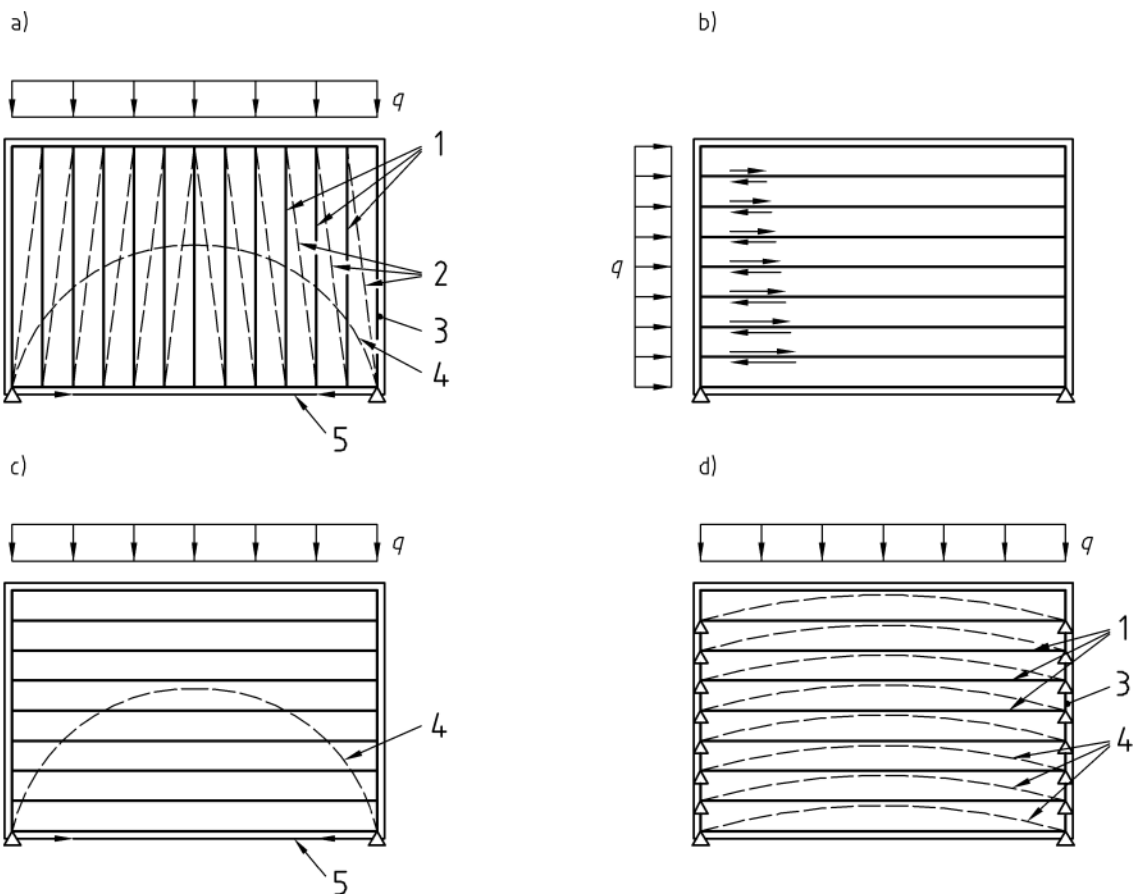
$$q_i = 1 + 0,04(n-1) \frac{I_i}{\sum_{j=1}^n I_j} q \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

q die Gesamtlast;

I das Flächenmoment 2. Grades der Platten in ihrer Ebene.

- Öffnungen innerhalb einer Scheibe sind durch konstruktive Maßnahmen zu berücksichtigen. Im Einzelfall können sie auch durch eine Untergliederung in mehrere Scheiben berücksichtigt werden.
- Die Schubkräfte aus der Scheibenwirkung dürfen im nicht klaffenden Bereich der Fugen als gleichmäßig verteilt in Rechnung gestellt werden.
- Die Schnittgrößen infolge Platten- und Scheibenwirkung sind zu überlagern.
- Größere Scheibensysteme können in Anlehnung an [7], [8] (siehe Literaturhinweise) bemessen werden.

**Legende**

1 Fugen mit Fugenbewehrung

3 Ringanker

5 Zugband

2 Druckstreben

4 Druckbogen

Bild A.3 — Tragsysteme für Dach- und Deckenscheiben

A.3 Wände

In Abschnitt 5.3 werden Wandfertigteile mit statisch nicht anrechenbare Bewehrung und Wandfertigteile mit statisch anrechenbarer Bewehrung geregelt.

Beispiele für Wandfertigteile mit statisch anrechenbarer Bewehrung sind in den Bildern A.4 und A.5 dargestellt.

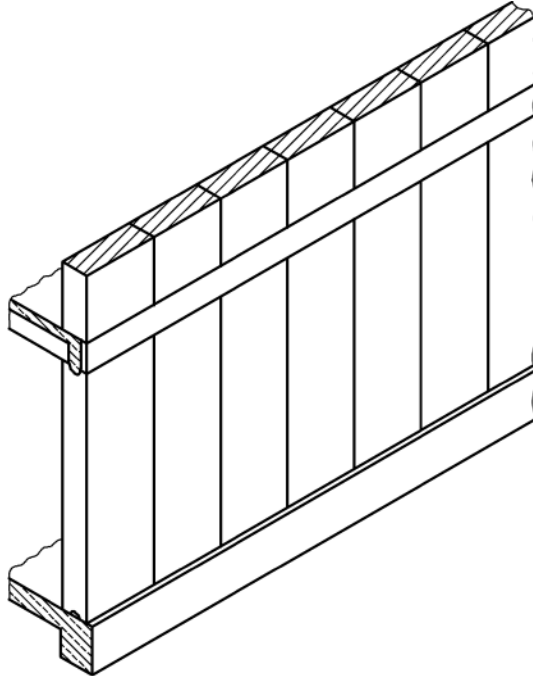
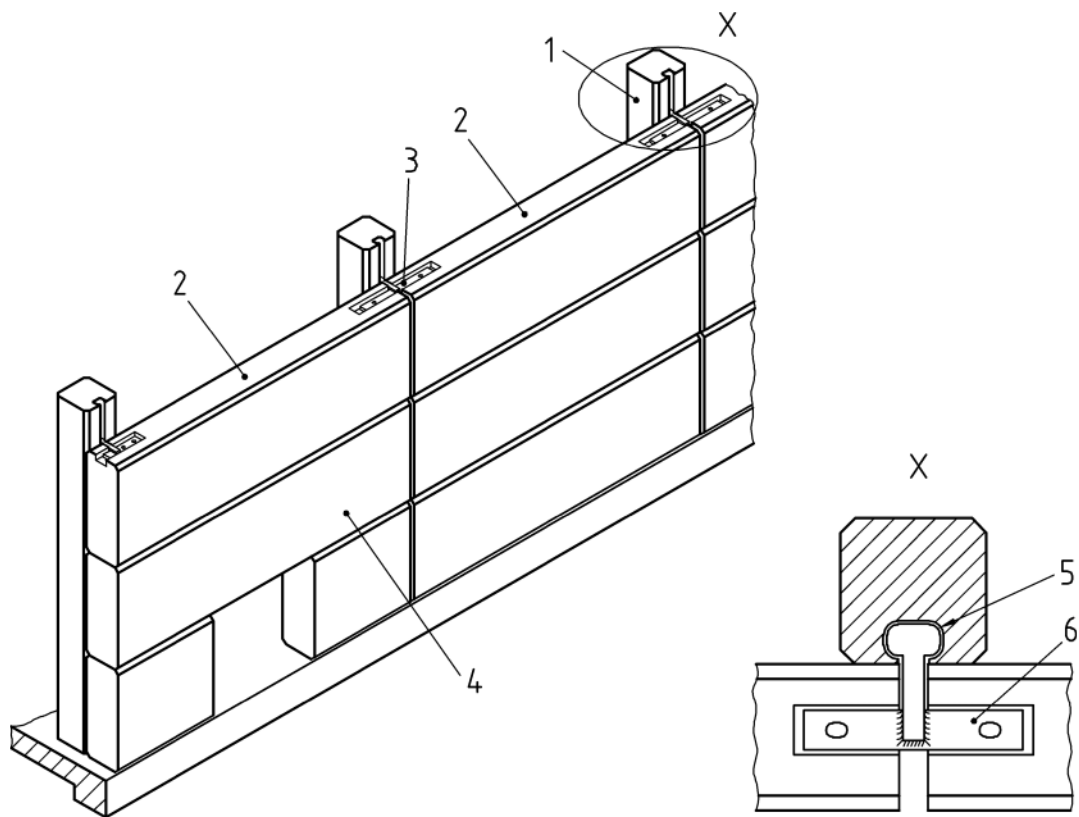


Bild A.4 — Wand aus stehenden Wandbauteilen

DIN 4213:2015-10



Legende

- | | | |
|---------------------|--|------------------------------------|
| 1 Stütze | 3 Verankerung | 5 Verankerung, z. B. Ankerschiene |
| 2 Liegende Bauteile | 4 Sturzwandplatte mit entsprechender Bewehrung | 6 Zugelassene Verankerungselemente |

Bild A.5 — Wand aus liegenden Wandbauteilen, vor den Stützen angeordnet

Literaturhinweise

- [1] DIN EN 991, *Bestimmung der Maße vorgefertigter bewehrter Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton oder haufwerksporigem Leichtbeton*
- [2] DIN EN 992, *Bestimmung der Trockenrohddichte von haufwerksporigem Leichtbeton*
- [3] DIN EN 1354, *Bestimmung der Druckfestigkeit von haufwerksporigem Leichtbeton*
- [4] DIN EN 1355, *Bestimmung der Kriechverformungen unter Druckbeanspruchung von dampfgehärtetem Porenbeton und von haufwerksporigem Leichtbeton*
- [5] DIN EN 1740, *Bestimmung des Tragverhaltens von vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton oder aus haufwerksporigem Leichtbeton unter vorwiegend in Längsrichtung wirkender Belastung (vertikale Bauteile)*
- [6] DIN EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*
- [7] Mehlhorn, G.; Schwing, H.; Klein, D.: *Deckenscheiben aus Bimsbetonhohldielen*; Beton- und Stahlbeton 1976, Seite 142 ff
- [8] Mehlhorn, G.; Schwing, H.: *Tragverhalten von aus Fertigteilen zusammengesetzten Scheiben*; Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 288

DIN 4223-101

ICS 91.100.30

Ersatzvermerk
siehe unten**Anwendung von vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus
dampfgehärtetem Porenbeton –
Teil 101: Entwurf und Bemessung**

Application of prefabricated reinforced components of autoclaved aerated concrete –
Part 101: Design and calculation

Application des éléments préfabriqués armés en béton cellulaire autoclave –
Partie 101: Construction et calcul

Ersatzvermerk

Mit DIN EN 12602:2013-10 Ersatz für DIN 4223-2:2003-12;
mit DIN 4223-102:2014-12 Ersatz für DIN 4223-3:2003-12

Gesamtumfang 23 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

DIN 4223-101:2014-12**Inhalt**

Seite

Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe und Symbole	5
3.1 Begriffe	5
3.2 Symbole	6
4 Grundlagen der Bemessung	7
4.1 Grundlegende Anforderungen	7
4.2 Bauteile mit statisch anrechenbarer Bewehrung	8
4.2.1 Nationale Parameter	8
4.2.2 Zusätzliche Regelungen	9
4.3 Wände aus Bauteilen mit statisch nicht anrechenbarer Bewehrung	12
4.3.1 Mechanische Eigenschaften von Wänden	12
4.3.2 Entwurf und Bemessung	13
4.3.3 Fugenmörtel	22
4.3.4 Ausführung	22
5 Sicherheitskonzept	23
6 Dauerhaftigkeit	23

Bilder

Bild 1 — Anordnung der Wandbauteile zur Herstellung einer Wand	13
Bild 2 — Spannungs-Dehnungs-Beziehungen am Scheibenquerschnitt	16
Bild 3 — Wände unter Teilflächenlasten	18
Bild 4 — Bemessungslasten für Kellerwände	21

Tabellen

Tabelle 1 — Nationale Parameter	9
Tabelle 2 — Schlankheitsbegrenzung liegend angeordneter Wandplatten	10
Tabelle 3 — Anforderungen an die Begrenzung der Rissbreiten	11
Tabelle 4 — Charakteristische Druckfestigkeit der Wand	12
Tabelle 5 — Höchstwerte der Schubfestigkeit	12
Tabelle 6 — Charakteristische Biegezugfestigkeit der Wand	13
Tabelle 7 — Wanddicken und Geschosshöhen	14
Tabelle 8 — Abminderungsfaktor ρ_n	17

Vorwort

Dieses Dokument ist vom NA 005-07-09 AA „Porenbeton und haufwerksporiger Leichtbeton“ des DIN-Normenausschusses Bauwesen (NABau) ausgearbeitet worden.

DIN 4223, *Anwendung von vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton*, besteht aus:

- *Teil 100: Eigenschaften und Anforderungen an Baustoffe und Bauteile*
- *Teil 101: Entwurf und Bemessung*
- *Teil 102: Anwendung in Bauwerken*
- *Teil 103: Sicherheitskonzept*
- *Teil 104: Bemessung für den Brandfall (in Vorbereitung)*

In 4.3 dieser Norm werden Bauteile mit statisch nicht anrechenbarer Bewehrung behandelt, deren mechanische Eigenschaften nicht in DIN EN 12602 beschrieben sind. Grundlage der Festlegungen in 4.3 sind die Prinzipien des Mauerwerksbaus.

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

Änderungen

Gegenüber DIN 4223-2:2003-12 und DIN 4223-3:2003-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Regelungen zu den vorgefertigten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton werden in DIN EN 12602:2013-10 behandelt.
- b) Regelungen für den Entwurf und die Bemessung der Bauteile mit statisch anrechenbarer Bewehrung (früher DIN 4223-2) werden in DIN EN 12602 und 4.2 dieser Norm behandelt.
- c) Regelungen für Bauteile mit statisch nicht anrechenbarer Bewehrung (früher DIN 4223-3) werden in 4.3 behandelt.

Frühere Ausgaben

DIN 4223: 1958x-07
DIN 4223-2: 2003-12
DIN 4223-3: 2003-12

DIN 4223-101:2014-12**1 Anwendungsbereich**

Diese Norm gilt für Bauwerke, die teilweise oder vollständig aus vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton (AAC, en: Autoclaved Aerated Concrete) nach DIN EN 12602 bestehen.

Die Bauteile werden als Bauteile mit statisch anrechenbarer Bewehrung oder als Bauteile mit statisch nicht anrechenbarer Bewehrung verwendet.

Diese Norm legt die Anforderungen für den Entwurf und die Bemessung der Bauteile fest.

Die Anforderungen an die Materialeigenschaften und die Dauerhaftigkeit der verwendeten Baustoffe und Bauteile sind in DIN 4223-100 festgelegt.

Das für die Bemessung der Bauteile zu Grunde zu legende Sicherheitskonzept ist in DIN 4223-103 angegeben.

Die für die Bemessung erforderlichen Zahlenwerte für Einwirkungen auf Hochbauten sind der Normenreihe DIN EN 1991 zu entnehmen. Für seismische Einwirkungen ist ein bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweis erforderlich.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN V 4165-100, *Porenbetonsteine — Teil 100: Plansteine und Planelemente mit besonderen Eigenschaften*

DIN 4223-100:2014-12, *Anwendung von vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton — Teil 100: Eigenschaften und Anforderungen an Baustoffe und Bauteile*

DIN 4223-102, *Anwendung von vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton — Teil 102: Anwendung in Bauwerken*

DIN 4223-103, *Anwendung von vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton — Teil 103: Sicherheitskonzept*

DIN V 18580, *Mauermörtel mit besonderen Eigenschaften*

DIN V 20000-404, *Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken — Teil 404: Regeln für die Verwendung von Porenbetonsteinen nach DIN EN 771-4:2005-05*

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

DIN EN 12602:2013-10, *Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton; Deutsche Fassung EN 12602:2008+A1:2013*

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

DIN EN 1996-1-1/NA, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten — Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN 4223-100 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

Tragwerk

planmäßige Anordnung miteinander verbundener Bauteile, die so bemessen sind, dass sie die geforderte Tragfähigkeit aufweisen

3.1.2

Balken

einzelnes stabförmiges Biegebauteil mit einer Stützweite von wenigstens der zweifachen Bauteildicke und mit einer Bauteilbreite bis zu der zweifachen Bauteildicke. Bauteile, die Teile eines Flächentragwerks sind, gelten nicht als Balken

3.1.3

vorwiegend ruhende Einwirkung

statische Einwirkung oder nicht ruhende Einwirkung, die jedoch für die Tragwerksplanung als ruhende Einwirkung betrachtet werden darf

3.1.4

Platte

ebenes durch Kräfte senkrecht zur Mittelfläche beanspruchtes Bauteil, dessen kleinste Breite mindestens das Zweifache seiner Dicke beträgt

3.1.5

zusammengesetzte Platte

Biegebauteil, das aus nebeneinander liegenden Bauteilen besteht und bei der Bemessung als Platte behandelt werden darf, wenn über die Kontaktflächen mit den benachbarten Bauteilen eine Querverteilung der Lasten möglich ist

3.1.6

Wandpfeiler

vorwiegend druckbeanspruchtes Bauteil mit mindestens $0,04 \text{ m}^2$ Querschnittsfläche und einer kleinsten Kantenlänge des Querschnitts von $0,2 \text{ m}$

3.1.7

Scheibe

ebenes, durch Kräfte parallel zur Mittelfläche beanspruchtes flächiges Bauteil zur Bauwerksaussteifung

3.1.8

tragende Wand

Wand, die in erster Linie zur Aufnahme von weiteren Lasten zusätzlich zu ihrem Eigengewicht vorgesehen ist, und/oder Wand, die zur Aufnahme von horizontalen Kräften oder zur Aussteifung herangezogen wird

3.1.9

Wandscheibe

Wand, die in ihrer Ebene wirkende Lasten aufnimmt

3.1.10

nichttragende Wand

Wand, die nicht zur Aufnahme von Lasten herangezogen wird und deren Entfernen das Tragwerk nicht nachteilig beeinflusst

DIN 4223-101:2014-12**3.1.11****Schlitz**

linienartige Querschnittsschwächung in Bauteilebene

3.1.12**Aussparung**

flächige Querschnittsschwächung in Bauteilebene

3.2 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole.

A	Querschnittsfläche der Wand
a_1	Abstand des Wandendes zum am nächsten gelegenen Rand der belasteten Fläche
A_b	belastete Fläche unter einer konzentrierten Last
A_c	überdrückte Querschnittsfläche der Wand
b	Breite eines Bauteils
c	Faktor zur Berücksichtigung der Schubspannungsverteilung im Querschnitt
d	statische Nutzhöhe (wirksame Höhe eines Bauteils)
E	Elastizitätsmodul
e	Ausmitte einer Vertikallast
f_k	charakteristische Druckfestigkeit der Wand
f_{vk}	charakteristische Schubfestigkeit
$f_{vk,max}$	Höchstwert der Schubfestigkeit des Porenbetons
f_{vko}	charakteristische Haftscherfestigkeit der Fuge
f_{xk}	charakteristische Biegezugfestigkeit einer Wand
H	Höhe der Wand vom Wandfuß bis zur Höhe der Lasteinleitung
h	lichte Geschosshöhe; lichte Höhe der Kellerwand
h_e	Höhe der Hinterfüllung
h_{ef}	Knicklänge der Wand
L	Abstand zwischen den Achsen der aussteifenden Wände
l	Deckenstützweite
l_c	Länge des überdrückten Teiles der Wand
L_{ef}	wirksame Wandlänge bei Lastausbreitung
L_r	Abstand des freien Randes einer Wand von der Achse der aussteifenden Wand bei dreiseitiger Halterung
$l_{\bar{u}}$	Länge der Passbauteile
l_w	Wandlänge
l_1	Länge der belasteten Teilfläche in Wandlängsrichtung
m_{Rd}	Bemessungswert des aufnehmbaren Biegemomentes je Längeneinheit

m_{Sd}	Bemessungswert des Biegemomentes je Längeneinheit
n	Anzahl der Halterungen
N_{Rd}	Bemessungswert der aufnehmbaren Längsdruckkraft ¹⁾
n_{Sd}	Bemessungswert der Längsdruckkraft je Längeneinheit ¹⁾
n_{Sk}	charakteristischer Wert der Längsdruckkraft je Längeneinheit ¹⁾
N_{Sk}	Normalkraft im betrachteten Querschnitt unter charakteristischen Lasten
N_{Sd}	Bemessungswert der Längsdruckkraft ¹⁾
N_{cd}	Bemessungswert der Teilflächenlast ¹⁾
p	Nutzlast der Decke
q_k	charakteristischer Wert der Verkehrslast auf der Geländeoberfläche
t	Wanddicke
V_{Rd}	Bemessungswert der aufnehmbaren Schubkraft
V_{Sd}	Bemessungswert der Schubkraft
W	Flächenmoment 1. Grades der Wand
α	Erhöhungsfaktor bei Teilflächenpressung
$\varepsilon_{Sk,c}$	rechnerische Randstauchung
$\varepsilon_{Sk,t}$	rechnerische Randdehnung; $\varepsilon_{Sk,t} = \varepsilon_{Sk,c} \cdot a/c$
Φ	Abminderungsfaktor
γ_{c2}	Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton bei sprödem Versagen
γ_e	Berechnungsgewicht des Hinterfüllmaterials
φ	Faktor zur Berücksichtigung der Größe der Biegebeanspruchung der Kellerwand
ρ_n	Abminderungsfaktor je nach Halterung der Wand
σ_{Sd}	Bemessungswert der Druckspannung ¹⁾
σ_{SdJ}	kleinster Bemessungswert der Druckspannung ¹⁾
$\sigma_{Sk,c}$	Kantenpressung auf Basis eines linear-elastischen Stoffgesetzes

4 Grundlagen der Bemessung

4.1 Grundlegende Anforderungen

Die Bemessung der Bauteile ist in DIN EN 12602 festgelegt.

Ergänzend zu DIN EN 12602 sind die nachfolgend aufgeführten bautechnischen Unterlagen bereit zu stellen:

- a) Umfang der bautechnischen Unterlagen

¹⁾ Druckkräfte und Druckspannungen in 4.3 sind mit positiven Vorzeichen in den Gleichungen einzusetzen.

DIN 4223-101:2014-12

Zu den bautechnischen Unterlagen gehören die Zeichnungen, die für die Ausführung des Tragwerks nötig sind, die statische Berechnung und, wenn erforderlich, eine ergänzende Baubeschreibung sowie etwaige allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen und Prüfzeugnisse.

b) Statische Berechnungen

Das Bauteil und seine Lastabtragung sind zu beschreiben. Die Standsicherheit und Tragfähigkeit und die Gebrauchstauglichkeit sowie die ausreichende Bemessung der baulichen Anlage und ihrer Bauteile sind in der statischen Berechnung übersichtlich und leicht prüfbar nachzuweisen.

Die Bemessung ist nach den in dieser Norm angegebenen Grundlagen durchzuführen. Für abweichende außergewöhnliche Formeln ist die Fundstelle anzugeben, wenn diese allgemein zugänglich ist, ansonsten ist die Ableitung soweit zu entwickeln, dass ihre Richtigkeit geprüft werden kann.

c) Zeichnungen

Die Bauteile und ihre Bewehrung sowie gegebenenfalls vorhandene Ein- bzw. Anbauteile sind auf Systemzeichnungen eindeutig und übersichtlich darzustellen und zu bemaßen. Für übliche Bauteile ist eine Angabe der Bewehrung ausreichend, sofern eine eindeutige Zuordnung zu der in der statischen Berechnung ausgewiesenen Bewehrung möglich ist. Die Darstellungen müssen mit den Angaben in der statischen Berechnung übereinstimmen und alle für die Ausführung der Bauteile und für die Prüfung der Berechnungen erforderlichen Maße enthalten. Für die Baustelle sind Verlegezeichnungen für die Porenbetonbauteile mit den Positionsnummern der einzelnen Bauteile und eine Positions-/Stückliste anzufertigen. In der Verlegezeichnung sind auch die beim Zusammenbau erforderlichen Auflagertiefen und die gegebenenfalls erforderlichen Abstützungen der Bauteile einzutragen sowie die auf der Baustelle zusätzlich zu verlegende Bewehrung (z. B. Fugenbewehrung) in gesonderter Darstellung. Die Stückliste enthält alle im Verlegeplan angegebenen Positionen mit Angabe der jeweiligen Porenbetonfestigkeitsklasse, Anzahl und Durchmesser der Stäbe der Längs- und Querbewehrung sowie der Stahlsorte und der Betondeckung.

d) Baubeschreibung

Angaben, die für die Bauausführung oder für die Prüfbarkeit der statischen Berechnung oder der Zeichnungen notwendig sind, aber aus den Unterlagen nach **b)** und **c)** nicht ohne weiteres entnommen werden können, müssen in einer Baubeschreibung enthalten und erläutert sein. Bei Bauten mit Fertigteilen sind Angaben über den Montagevorgang einschließlich zeitweiliger Stützungen und Aufhängungen, über das Ausrichten und über die während der Montage auftretenden, für die Standsicherheit wichtigen Zwischenzustände erforderlich. Besondere Anforderungen an die Lagerung der Fertigteile sind in den Zeichnungen und in der Montageanleitung anzugeben.

4.2 Bauteile mit statisch anrechenbarer Bewehrung**4.2.1 Nationale Parameter**

In Tabelle 1 sind die in den aufgeführten Abschnitten anzuwendenden Werte aufgeführt.

Tabelle 1 — Nationale Parameter

A.3.2	γ_c und $\alpha = 0,85$
A.3.3	γ_s
A.4.1.2.1	γ_c
A.4.1.3.2	γ_c und γ_s
A.4.1.3.3	γ_c
A.5.2	γ_c
A.5.3.3.3 (3)	γ_c
A.6.3	γ_c
A.7	γ_c und $\alpha = 0,85$
A.8	γ_c und $\alpha = 0,85$
A.9.4.1	Stützweite //250 und //500
A.10.2.2	γ_c
A.10.3	γ_s $\Phi_{\text{tot}} = 1,0 \quad \Phi_t$ B1
ANMERKUNG Detaillierte Angaben zu den jeweils zu verwendenden Teilsicherheitsbeiwerten γ_c und γ_s enthält DIN 4223-103.	

4.2.2 Zusätzliche Regelungen

4.2.2.1 Bemessung für Biegung mit Längsdruck

Ergänzend zu DIN EN 12602:2013-10, A.3.1, g) ist Folgendes zu berücksichtigen:

Die Wirkung einer in der Druckzone vorhandenen Längsbewehrung darf bei der Berechnung der Tragfähigkeit für Biegebeanspruchung mit der Hälfte ihres Querschnitts in Rechnung gestellt werden, sofern die Bewehrungsstäbe ausreichend verankert und gegen Ausknicken durch Querstäbe gesichert sind. Der Durchmesser der Querstäbe darf nicht größer als der Durchmesser der Längsstäbe sein.

4.2.2.2 Bemessung für Querkraft

Ergänzend zu DIN EN 12602:2013-10, A.4.1.2 darf beim Ansatz des Gleichungsteiles $0,5 \frac{f_{ctk;0,05}}{\gamma_c} b_w d$ der Gleichung (A.6) f_{ck} nicht mehr als $4,5 \text{ N/mm}^2$ betragen. Gleichzeitig ist nachzuweisen, dass an dieser Stelle die Biegezugfestigkeit $\frac{f_{ctk;0,05}}{\gamma_c}$ mit $f_{ctk;0,05}$ nach DIN 4223-100:2014-12, 4.1.4 nicht überschritten wird.

Ergänzend zu DIN EN 12602:2013-10, A.4.1.3.1 ist Folgendes zu berücksichtigen:

Die Verwendung geeigneter Querkraftbewehrung wird ausgeschlossen.

Die Gleichungen (A.9) und (A.10) dürfen nicht angewendet werden. Es gilt nur Gleichung (A.11). Die richtige Schreibweise lautet:

$$\sigma_{\text{swd}} = 0,45 K_1 K_2 f_{co} \frac{(\phi_{sl})^2 + (K_3 \phi_{sw})^2}{(\phi_{sw})^2} \leq \frac{f_{ywk}}{\gamma_s} \leq 200 \text{ MPa} \quad (1)$$

DIN 4223-101:2014-12**4.2.2.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit infolge Bauteilverformung (Knicken und Kippen)**

Ergänzend zu DIN EN 12602:2013-10, A.5.1 (2) ist Folgendes zu berücksichtigen:

Die Schlankheit nach DIN EN 12602:2013-10, Gleichung (A.13) ist auf $\lambda = l_0/i_c \leq 100$ zu begrenzen.

Die Gleichungen (A.24), (A.26), (A.28) und (A.29) sind auszuschließen. Zugfeste Querschnitte ohne statisch anrechenbare Bewehrung sind auszuschließen.

Ergänzend zu DIN EN 12602:2013-10, A.5.2 ist Folgendes zu berücksichtigen:

Für große Lastausmitten ist dieses Verfahren nicht anwendbar, für kleine Lastausmitten liefert dieses Verfahren auf der sicheren Seite liegende Ergebnisse.

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS) ist die Sicherheit schlanker Träger mit frei verformbarem Druckgurt gegen seitliches Ausweichen nachzuweisen.

Sie darf als ausreichend angenommen werden, wenn die Anforderung nach Gleichung (2) erfüllt ist. Andernfalls ist ein genauerer Nachweis zu führen.

$$b \geq \sqrt[4]{\left(\frac{l_{0t}}{50}\right)^3} h \quad (2)$$

Dabei ist

- b die Breite des Druckgurts;
 h die Gesamthöhe des Trägers;
 l_{0t} die wirksame Länge des frei verformbaren Druckgurtes zwischen den seitlichen Abstützwänden.

Für Wände aus liegenden angeordneten Wandplatten, die nach DIN 4223-102:2014-12, 5.4 und 5.5 bemessen werden, kann der Nachweis nach Gleichung (2) entfallen, wenn die Schlankheitsbegrenzungen nach Tabelle 2 eingehalten werden:

Tabelle 2 — Schlankheitsbegrenzung liegend angeordneter Wandplatten

Wandbereich	
Mit Passbauteilen	Ohne Passbauteile
$L/d \leq 35$	$L/d \leq 40^a$ bzw. $\leq 38^b$
^a Bei Plattendicke $d \leq 175$ mm ^b Bei Plattendicke $d > 175$ mm	

4.2.2.4 Ausbildung der Bewehrung

Ergänzend zu DIN EN 12602:2013-10, A.10.3 (2) ist Folgendes zu berücksichtigen:

Gleichung (A.48) nach DIN EN 12602:2013-10 ist nicht anzuwenden.

Anstelle dessen gilt folgende Gleichung:

$$F_{RA} = 0,83 \cdot n_t \cdot \phi_{tot} \cdot t_1 \cdot f_{ld} \leq 0,5 \cdot n_l \cdot \frac{F_{wg}}{\gamma_s} \quad (3)$$

Ergänzend zu DIN EN 12602:2013-10, A.10.3 ist Folgendes zu berücksichtigen:

Bei Bauteilen, die ausschließlich durch eine gleichmäßig verteilte Belastung beansprucht werden und bei welchen der Bemessungswert der Querkraft nach DIN EN 12602:2013-10, A.4.1.1 (8) und (9) nicht abgemindert wird, darf auf einen genaueren Nachweis der Verankerung der Zugkraft verzichtet werden, wenn die zur Verankerung von $0,5 F_{ld}$ erforderlichen Querstäbe auf eine Länge von $4d$ vom rechnerischen Auflager an eingelegt werden. F_{ld} ist dabei für den Bemessungswert des Biegemomentes im am höchsten beanspruchten Querschnitt zu ermitteln. Der Nachweis der Verankerung der Zugkraft über dem Auflager ist in jedem Fall zu führen.

Bei Bauteilen, bei welchen der Bemessungswert der Querkraft abgemindert wurde, ist eine durch diese Last hervorgerufene zusätzliche Zugkraft ΔF_{ld} auf einer Länge von $l/2$, beginnend vom rechnerischen Auflagerstand, zu verankern:

$$\Delta F_{ld} = \Delta V_{Sd} \left(\frac{2x - d}{2d} \right) \quad (4)$$

4.2.2.5 Nachweis der Rissbreiten

Zusätzlich zu den Regelungen in DIN EN 12602:2013-10, A.9.3 (3)P ist folgende Rissbreitenbeschränkung nachzuweisen:

Die Begrenzung der Rissbreiten ist im Allgemeinen in den Querschnitten mit der größten Stahlzugspannung unter der maßgebenden Einwirkungskombination nachzuweisen.

Der Rechenwert der Rissbreite ist nach Gleichung (5) zu berechnen:

$$w_k = 0,5 \cdot s_q \cdot \varepsilon_{sm} \quad (5)$$

Dabei ist

- w_k der Rechenwert der Rissbreite;
- s_q der Abstand der Querstäbe im Bereich des betrachteten Querschnitts;
- ε_{sm} die mittlere Dehnung des Betonstahls im Bereich des betrachteten Querschnitts im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit unter häufiger Kombination der Einwirkungen ohne Berücksichtigung der Mitwirkung des Porenbetons auf Zug zwischen den Rissen.

Die Begrenzung der Rissbreite gilt als nachgewiesen, wenn der Rechenwert der Rissbreite die Anforderungen nach Tabelle 3 erfüllt.

Tabelle 3 — Anforderungen an die Begrenzung der Rissbreiten

Rissbreiten in Millimeter

Expositionsklasse nach DIN EN 206-1	Rissbreite w_k
X 0, XC 1	0,4
XC 2, XC 3, XF 1, XF 3	0,3

DIN 4223-101:2014-12**4.3 Wände aus Bauteilen mit statisch nicht anrechenbarer Bewehrung****4.3.1 Mechanische Eigenschaften von Wänden****4.3.1.1 Allgemeines**

In diesem Abschnitt werden die mechanischen Eigenschaften von Wänden bestimmt, die aus Porenbeton-Bauteilen mit statisch nicht anrechenbarer Bewehrung bestehen, deren Längsseiten vollflächig mit Dünnbettmörtel verbunden sind.

4.3.1.2 Charakteristische Druckfestigkeit

Für die charakteristische Druckfestigkeit f_k der Wand gilt Tabelle 4.

Tabelle 4 — Charakteristische Druckfestigkeit der Wand

Druckfestigkeiten in Megapascal

Festigkeitsklasse des Porenbetons	AAC 2	AAC 4	AAC 6	AAC 8
Charakteristische Druckfestigkeit f_k der Wand	1,8	3,1	4,3	5,6

4.3.1.3 Charakteristische Haftscherfestigkeit der Fugen und Höchstwerte der Schubfestigkeit

Für die charakteristische Haftscherfestigkeit der Fugen mit Dünnbettmörtel darf

$$F_{vko} = 0,22 \text{ MPa} \quad (6)$$

angenommen werden.

Für die Höchstwerte der Schubfestigkeit $\max f_{vk}$ des Porenbetons gilt Tabelle 5.

Tabelle 5 — Höchstwerte der Schubfestigkeit

Schubfestigkeiten in Megapascal

Festigkeitsklasse des Porenbetons	AAC 2	AAC 4	AAC 6	AAC 8
Höchstwert der Schubfestigkeit $\max f_{vk}$	0,04	0,08	0,12	0,16

4.3.1.4 Charakteristische Biegezugfestigkeit der Wand

Für die charakteristische Biegezugfestigkeit f_{xk} in Längsrichtung der Bauteile für Nachweise nach 4.3.2.5 dürfen die Werte nach Tabelle 6 angenommen werden.

Tabelle 6 — Charakteristische Biegezugfestigkeit der Wand

Biegezugfestigkeiten in Megapascal

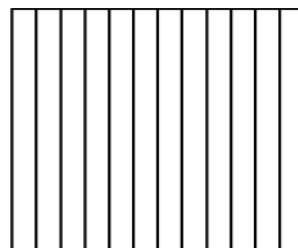
Festigkeitsklasse des Porenbetons	Biegezugfestigkeit f_{yk}			
	AAC 2	AAC 4	AAC 6	AAC 8
Wände aus stehend angeordneten Bauteilen ^a	0,14	0,20	0,24	0,24
Wände aus liegend angeordneten Bauteilen	ohne Stoßfugen ^b	0,14	0,20	0,24
	mit Stoßfugen ^c	0,08	0,12	0,15
a Siehe Bild 1a. b Siehe Bild 1b. c Siehe Bild 1c.				

4.3.2 Entwurf und Bemessung**4.3.2.1 Allgemeines**

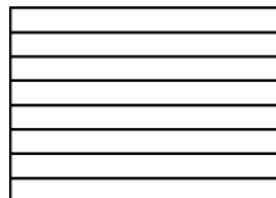
Wände sind für den Grenzzustand der Tragfähigkeit zu bemessen.

Auf einen Nachweis der Gebrauchstauglichkeit darf verzichtet werden.

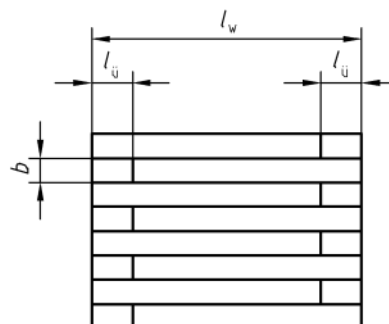
Bei Wänden aus stehend angeordneten Wandbauteilen darf nur eine zweiseitige Halterung am Wandfuß und am Wandkopf in Rechnung gestellt werden. Wände aus liegend angeordneten Bauteilen dürfen 2-, 3- oder 4-seitig gehalten angenommen werden, siehe Bild 1.



a)



b)



c)

- a) stehend angeordnete Bauteile, Vertikalfugen vermörtelt
b) liegend angeordnete Bauteile, Horizontalfugen vermörtelt
c) liegend im Verband angeordnete Bauteile, Horizontalfugen vermörtelt
Stoßfugen können vermörtelt oder unvermörtelt sein; Länge der Passbauteile: $0,3 l_w \geq l_u \geq 0,4 b$

Bild 1 — Anordnung der Wandbauteile zur Herstellung einer Wand

DIN 4223-101:2014-12

Der Nachweis der Tragfähigkeit darf mit den in 4.3.2.2 bis 4.3.2.6 angegebenen Verfahren geführt werden, wenn die folgenden und die in Tabelle 6 enthaltenen Voraussetzungen erfüllt sind:

- Die Gebäudehöhe über Gelände darf nicht mehr als 20 m betragen (als Gebäudehöhe gilt bei geneigten Dächern das Mittel von First- und Traufhöhe).
- Die Stützweite der aufliegenden Decken ist $l \leq 6,0$ m, sofern nicht die Biegemomente aus dem Deckendrehwinkel durch konstruktive Maßnahmen, z. B. Zentrierleisten, begrenzt werden; bei zweiachsig gespannten Decken ist für l die kürzere der beiden Stützweiten einzusetzen.
- Die Wanddicke t von Außenwänden bleibt über die Gebäudehöhe konstant.
- Die Schlankheit der Wände h_{ef}/t ist nicht größer als 25, wobei t die Wanddicke und h_{ef} die Knicklänge nach 4.3.2.2.4 ist.
- Die Wände sind in jedem Geschoss durch Decken- oder Dachscheiben oder biegesteife Ringbalken ausgesteift.
- Ein etwaiger Überstand des Wandfußes darf nicht mehr als $\frac{1}{4}$ der Wanddicke t betragen. Bei den Nachweisen ist in diesem Fall die verbleibende Aufstandsbreite anstelle der Wanddicke t anzusetzen. Die verbleibende Aufstandsbreite darf nicht kleiner sein als die in Tabelle 7 angegebenen kleinsten Wanddicken.

Tabelle 7 — Wanddicken und Geschosshöhen

	Bauteil	Wanddicke t m	Lichte Geschosshöhe h m	Charakteristische Nutzlast der Decke p kN/m ²
1	Innenwände	$\geq 0,115$ $< 0,240$	$\leq 2,75$	≤ 5
2		$\geq 0,240$	—	
3	Außenwände	$\geq 0,175^a$ $< 0,240$	$\leq 2,75$	
4		$\geq 0,240$	$\leq 12 \cdot t$	
a Bei eingeschossigen Garagen und vergleichbaren Bauwerken, die nicht zum dauerhaften Aufenthalt von Menschen vorgesehen sind, ist auch $t \geq 0,115$ m zulässig.				

Bei den Nachweisverfahren brauchen bestimmte Beanspruchungen, z. B. Biegemomente aus Deckeneinspannung, ungewollte Lastausmitten beim Knicknachweis, Wind auf vertikal belastete Außenwände usw., nicht nachgewiesen zu werden, da sie im Sicherheitsabstand, der den Nachweisverfahren zu Grunde liegt, oder durch konstruktive Regeln und Grenzen berücksichtigt sind.

Für Schlitz- und Aussparungen gilt DIN EN 1996-1-1/NA:2013-02, 8.6.2 und 8.6.3. Werden die Bedingungen für ohne Nachweise zulässige Schlitz- und Aussparungen nach DIN EN 1996-1-1/NA:2013-02, 8.6.2 nicht eingehalten, so ist für die Wanddicke die Restwanddicke oder ein freier Rand anzunehmen. Beim Nachweis von auf Plattenbiegung beanspruchten Wänden nach 4.3.2.5 und 4.3.2.6 sind Schlitz- und Aussparungen senkrecht zur Spannrichtung immer rechnerisch nachzuweisen.

Alle Außenwände und die aussteifenden Innenwände müssen als oberer Abschluss durchgehende Ringanker erhalten. Die Ringanker sind jeweils in der Deckenlage oder unmittelbar darunter anzuordnen und müssen eine Zugkraft von mindestens 30 kN (charakteristischer Wert) aufnehmen können.

Für den Nachweis der räumlichen Steifigkeit gilt DIN 4223-102.

Der rechnerische Ansatz von zusammengesetzten Querschnitten, z. B. T-Querschnitt bei Wandstößen, ist nicht zulässig.

4.3.2.2 Nachweis der Tragfähigkeit vertikal beanspruchter Wände

4.3.2.2.1 Allgemeines

Der Einfluss der Windlast rechtwinklig zur Wandebene darf beim Nachweis vertikal beanspruchter Wände unter den Voraussetzungen nach 4.3.2.1 vernachlässigt werden. Hierzu müssen auch ausreichende horizontale Halterungen der Wände vorhanden sein. Als solche gelten z. B. Decken mit Scheibenwirkung oder statisch nachgewiesene Ringbalken im Abstand der zulässigen Geschosshöhen nach Tabelle 7.

Unabhängig davon ist die räumliche Steifigkeit des Gebäudes sicherzustellen.

In Wänden, die als Zwischenaufleger von Decken dienen, brauchen die Biegemomente infolge des Auflagerdrehwinkels der Decke nicht nachgewiesen zu werden. In Wänden, die als einseitiges Auflager von Decken dienen, ist der Einfluss des Auflagerdrehwinkels der Decken im Faktor ϕ_3 berücksichtigt.

4.3.2.2.2 Nachweisverfahren

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist nachzuweisen, dass der Bemessungswert der Längsdruckkraft N_{Sd} der folgenden Bedingung genügt:

$$N_{Sd} \leq N_{Rd} \quad (7)$$

Dabei ist

- N_{Sd} der Bemessungswert der Längsdruckkraft;
- N_{Rd} der Bemessungswert der aufnehmbaren Längsdruckkraft.

Der Bemessungswert N_{Rd} der aufnehmbaren Längsdruckkraft beträgt:

$$N_{Rd} = \Phi \cdot f_k \cdot A / \gamma_{c2} \quad (8)$$

Dabei ist

- Φ ein Abminderungsfaktor nach 4.3.2.2.3.1 und 4.3.2.2.3.2 zur Berücksichtigung der Lastausmitte, der Schlankheit der Wand und des Auflagerdrehwinkels am Endauflager von Decken;
- f_k die charakteristische Druckfestigkeit der Wand nach 4.3.1.2;
- A die Querschnittsfläche der Wand;
- γ_{c2} der Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton bei sprödem Versagen nach DIN 4223-103.

4.3.2.2.3 Abminderungsfaktoren Φ

4.3.2.2.3.1 Abminderungsfaktor Φ_1 für Querschnitte bei vorwiegend biegebeanspruchten Bauteilen

Für Querschnitte bei vorwiegend biegebeanspruchten Bauteilen, insbesondere bei Wandscheiben, gilt

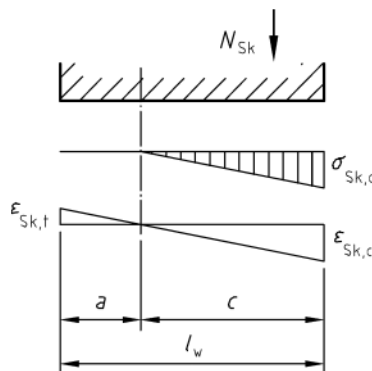
$$\Phi = \Phi_1 = 1 - 2 e / l_W \quad (9)$$

DIN 4223-101:2014-12

Dabei ist

- l_W die Länge der Wandscheibe; bei Plattenbeanspruchung ist anstelle von l_W die Wanddicke t in Gleichung (3) einzusetzen;
 e die Lastausmitte.

Bei Ausmitten $e > l_W/6$ bzw. $e > t/6$ sind rechnerisch klaffende Fugen vorausgesetzt. Bei Wandscheiben mit $e > l_W/6$ ist zusätzlich nachzuweisen, dass die rechnerische Randdehnung aus der Scheibenbeanspruchung unter charakteristischen Lasten auf der Seite der Klaffung den Wert $\varepsilon_{Sk,t} = 10^{-4}$ nicht überschreitet (siehe Bild 2). Der Elastizitätsmodul darf hierfür zu $E = 1\,000 \cdot f_k$ angenommen werden.

**Legende**

- N_{Sk} Normalkraft im betrachteten Querschnitt unter charakteristischen Lasten
 $\sigma_{Sk,c}$ Kantenpressung auf Basis eines linear-elastischen Stoffgesetzes
 $\varepsilon_{Sk,c}$ rechnerische Randstauchung
 $\varepsilon_{Sk,t}$ rechnerische Randdehnung; $\varepsilon_{Sk,t} = \varepsilon_{Sk,c} \cdot a/c$

Bild 2 — Spannungs-Dehnungs-Beziehungen am Scheibenquerschnitt

4.3.2.2.3.2 Abminderungsfaktoren ϕ_2 und ϕ_3 bei geschosshohen Wänden

Zur Berücksichtigung der Traglastminderung bei Knickgefahr gilt:

$$\phi = \phi_2 = 0,85 - 0,0011 \cdot (h_{ef}/t)^2 \quad (10)$$

Dabei ist

- h_{ef} die Knicklänge der Wand nach 4.3.2.2.4;
 t die Wanddicke.

Zur Berücksichtigung der Traglastminderung durch den Auflagerdrehwinkel bei Endauflagern auf Außen- oder Innenwänden gilt:

$$\phi = \phi_3 = 1,3 - l/8 \leq 0,75 \quad (11)$$

Dabei ist

- l die Deckenstützweite nach DIN EN 12602:2013-10, A.2, in Meter.

Bei Endauflagern von Decken über dem obersten Geschoss, insbesondere bei Dachdecken, gilt:

$$\Phi = \Phi_3 = 0,33 \quad (12)$$

Hierbei sind rechnerisch klaffende Fugen vorausgesetzt.

Wird die Traglastminderung infolge Auflagerdrehwinkel durch konstruktive Maßnahmen vermieden, so gilt unabhängig von der Deckenstützweite $\Phi_3 = 0,75$.

Für die Bemessung maßgebend ist der kleinere der Werte Φ_2 und Φ_3 .

4.3.2.2.4 Knicklänge

Die Knicklänge h_{ef} ist wie folgt anzunehmen:

$$h_{\text{ef}} = \rho_n \cdot h \quad (13)$$

Dabei ist

h die lichte Geschosshöhe;

ρ_n ein Abminderungsfaktor in Abhängigkeit von der Halterung der auszusteienden Wand nach Tabelle 8.

Tabelle 8 – Abminderungsfaktor ρ_n

Anzahl der Halterungen n	Abminderungsfaktor ρ_n		Randbedingungen
2	1	$\rho_2 = 0,75$	Wände, die oben und unten durch von beiden Seiten auf gleicher Höhe aufgelagerte Massivdecken oder durch eine einseitig auf eine Auflagertiefe von mindestens 2/3 der Wanddicke — aber mindestens 85 mm — aufgelagerte Massivdecke gehalten sind; planmäßige Ausmitte des Bemessungswertes der Längskraft am Wandkopf $e \leq t/6$
	2	$\rho_2 = 1,00$	Wände, die oben und unten gehalten sind
3	$\rho_3 = 1,5 \ L_r/h \leq 0,75$		Bei Randbedingungen am Wandkopf und Wandfuß nach Zeile 1 und zusätzlich an einem vertikalen Rand gehaltenen Wänden
	$\rho_3 = 1,5 \ L_r/h \leq 1,00$		Bei Randbedingungen am Wandkopf und Wandfuß nach Zeile 2 und zusätzlich an einem vertikalen Rand gehaltenen Wänden
4	$\rho_4 = L/2h \leq 0,75$		Bei Randbedingungen am Wandkopf und Wandfuß nach Zeile 1 und zusätzlich an zwei vertikalen Rändern gehaltenen Wänden
	$\rho_4 = L/2h \leq 1,00$		Bei Randbedingungen am Wandkopf und Wandfuß nach Zeile 2 und zusätzlich an zwei vertikalen Rändern gehaltenen Wänden
Dabei ist			
L der Abstand zwischen den Achsen der aussteifenden Wände bei vierseitiger Halterung;			
L_r der Abstand des freien Randes der Wand von der Achse der aussteifenden Wand bei dreiseitiger Halterung;			
h die lichte Geschosshöhe.			
ANMERKUNG Dem Nachweisverfahren liegt ein Wert von $h_{ef}/450$ für die ungewollte Ausmitte der Wand zugrunde.			

Ist $L > 30 t$ bei vierseitig gehaltenen Wänden bzw. $L_r > 15 t$ bei dreiseitig gehaltenen Wänden, sind diese wie zweiseitig gehaltene Wände zu behandeln. Hierin ist t die Dicke der gehaltenen Wand. Ist die Wand im Bereich des mittleren Drittels der Wandhöhe durch vertikale Schlitzte oder Aussparungen geschwächt, so ist für t die Restwanddicke einzusetzen oder ein freier Rand anzunehmen. Unabhängig von der Lage eines

DIN 4223-101:2014-12

vertikalen Schlitzes oder einer Aussparung ist an ihrer Stelle ein freier Rand anzunehmen, wenn die Restwanddicke kleiner als die halbe Wanddicke oder kleiner als 115 mm ist.

Für die Ermittlung der Knicklänge von Wänden aus stehend angeordneten Bauteilen darf nur eine zweiseitige Halterung der Wände angenommen werden.

4.3.2.3 Nachweisverfahren für durch konzentrierte Lasten beanspruchte Wände

Die Lastausbreitung unter den konzentrierten Lasten innerhalb der Wand darf mit 60° angesetzt werden. Die wirksame Wandlänge L_{ef} nach Bild 3 darf dabei mit höchstens dem halben Abstand vom Wandfuß bis zur Höhe der Lasteinleitung ermittelt werden. Bei Wänden aus stehend angeordneten Bauteilen darf die Lastverteilung nicht weiter als bis zur nächsten vertikalen Fuge angenommen werden (siehe Bild 3).

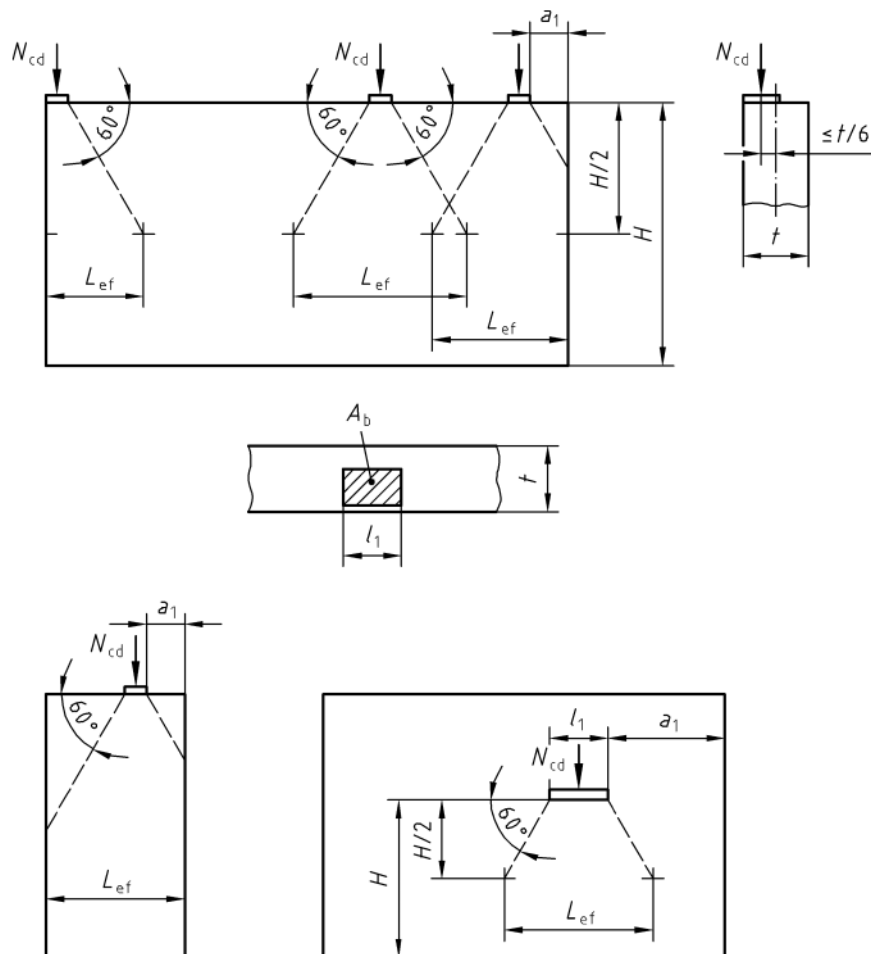


Bild 3 — Wände unter Teilflächenlasten

Bei einer durch Teilflächenlasten beanspruchten Wand ist zusätzlich nachzuweisen, dass der Bemessungswert der Teilflächenlast N_{cd} folgenden Wert nicht überschreitet:

$$N_{cd} \leq \alpha \cdot f_k \cdot A_b / \gamma_{c2} \quad (14)$$

Dabei ist

- N_{cd} der Bemessungswert der Teilflächenlast;
- f_k die charakteristische Druckfestigkeit der Wand nach 4.3.1.2;
- A_b die belastete Teilfläche;
- γ_{c2} der Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton bei sprödem Versagen nach DIN 4223-103;
- α ein Erhöhungsfaktor der zulässigen Teilflächenpressung unter konzentrierten Lasten; allgemein gilt $\alpha = 1,0$; wenn die belastete Teilfläche $A_b \leq 2 \cdot t^2$ ist und die Exzentrizität e des Schwerpunktes der belasteten Teilfläche $e < t/6$ ist, darf $\alpha = (1 + 0,1 \cdot a_1/l_1) \leq 1,5$ angenommen werden;
- t die Wanddicke;
- l_1 die Länge der belasteten Teilfläche in Wandlängsrichtung;
- a_1 der Abstand der belasteten Teilfläche vom Wandende.

4.3.2.4 Nachweisverfahren für Wandscheiben

Unter der Voraussetzung, dass die Schubkräfte durch ausreichend dehnsteife Bauteile (z. B. Deckenscheiben oder Stahlbetonringanker) über die gesamte Länge der aussteifenden Wandscheibe kontinuierlich in die Wandscheibe eingeleitet werden können, ist im Grenzzustand der Tragfähigkeit nachzuweisen, dass die folgende Bedingung eingehalten wird:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd} \quad (15)$$

Dabei ist

- V_{Sd} der Bemessungswert der Schubkraft in der Fuge;
- V_{Rd} der Bemessungswert der aufnehmbaren Schubkraft in der Fuge.

Der Bemessungswert der aufnehmbaren Schubkraft V_{Rd} darf wie folgt berechnet werden:

$$V_{Rd} = f_{vk} \cdot A_c / (c \cdot \gamma_{c2}) \quad (16)$$

Dabei ist

- f_{vk} die charakteristische Schubfestigkeit;
- A_c der überdrückte Wandquerschnitt $t \cdot l_c = 1,5 \cdot t \cdot (l_W - 2e) \leq t \cdot l_W$;
- c ein Faktor zur Berücksichtigung der Verteilung der Schubspannungen über den Querschnitt. Für hohe Wände $h/l_W \geq 2$ gilt $c = 1,5$; für Wände mit $h/l_W \leq 1$ gilt $c = 1,0$; dazwischen darf linear interpoliert werden; h ist die Gesamthöhe der Wand.
- γ_{c2} der Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton bei sprödem Versagen nach DIN 4223-103;
- t die Wanddicke;
- l_c die überdrückte Wandlänge;
- l_W die Wandlänge.

Für die charakteristische Schubfestigkeit gilt:

DIN 4223-101:2014-12

- a) Bei Wänden aus liegend angeordneten Bauteilen ohne Stoßfugen (siehe Bild 1b):

$$f_{vk} = \max f_{vk}$$

- b) Bei Wänden aus stehend angeordneten Bauteilen (siehe Bild 1a) und aus liegenden angeordneten Bauteilen mit vermörtelten oder nicht vermörtelten Stoßfugen (siehe Bild 1c):

$$f_{vk} = 0,5 \cdot f_{vko} + 0,4 \cdot \sigma_{sdJ} \quad (17)$$

$$f_{vk} \leq \max f_{vk}$$

Dabei ist

f_{vko} die charakteristische Haftscherfestigkeit nach 4.3.1.3;

σ_{sdJ} der Bemessungswert der zugehörigen Druckspannung am Ort der maximalen Schubspannung. Im Regelfall ist σ_{sdJ} aus der minimalen Einwirkung (senkrecht zur Fugenfläche) und der überdrückten Fläche des untersuchten Wandquerschnittes zu ermitteln. Bei stehend angeordneten Bauteilen ist $\sigma_{sdJ} = 0$ anzunehmen;

$\max f_{vk}$ der Höchstwert der Schubfestigkeit der Wände nach 4.3.1.3.

4.3.2.5 Durch Wind beanspruchte Wände

Bei einer nur durch Eigenlast und auf Biegung durch Wind beanspruchten Wand ist für den Grenzzustand der Tragfähigkeit nachzuweisen, dass der Bemessungswert des Biegemomentes je Längeneinheit m_{sd} den Bemessungswert des aufnehmbaren Biegemomentes je Längeneinheit m_{Rd} nicht überschreitet:

$$m_{sd} \leq m_{Rd} \quad (18)$$

Der Bemessungswert des aufnehmbaren Biegemomentes m_{Rd} einer Wand beträgt:

$$m_{Rd} = f_{xk} \cdot W / \gamma_{c2} \quad (19)$$

Dabei ist

f_{xk} die charakteristische Biegezugfestigkeit der Wand nach 4.3.1.4;

W das Flächenmoment 1. Grades der Wand, $W = t^2/6$;

t die Wanddicke;

γ_{c2} der Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton bei sprödem Versagen nach DIN 4223-103.

Die Wände sind als zweifach gehalten und einachsig gespannt anzunehmen. Die Weiterleitung der Auflagerreaktionen auf die Unterkonstruktion ist in jedem Einzelfall nachzuweisen und konstruktiv sicherzustellen. Für den Nachweis nach 4.3.2.5 sind abweichend von 4.3.2.1 die Voraussetzungen a) und b) nicht erforderlich.

4.3.2.6 Durch Erddruck beanspruchte Wände

Unmittelbar durch Erddruck auf Plattenbiegung beanspruchte Wände (Kellerwände) dürfen vereinfacht nachgewiesen werden, wenn zusätzlich zu den Voraussetzungen nach 4.3.2.1 die Voraussetzungen a) bis g) erfüllt sind:

- Die lichte Höhe der Kellerwand beträgt $h \leq 2,6$ m, und die Wanddicke beträgt $t \geq 240$ mm.
- Die Kellerdecke wirkt als Scheibe und kann die aus dem Erddruck resultierende Auflagerkraft der Wand aufnehmen und weiterleiten.
- Am Fußpunkt der Wand kann die horizontale Auflagerkraft aus dem Erddruck aufgenommen und weitergeleitet werden.
- Der charakteristische Wert der Verkehrslast q_k auf der Geländeoberfläche im Einflussbereich des Erddrucks auf die Kellerwand ist ≤ 5 kN/m² (siehe Bild 4).
- Die Geländeoberfläche steigt nicht an; die Höhe der Hinterfüllung h_e ist nicht größer als die Wandhöhe h .
- Auf die Wand wirkt aktiver Erddruck und kein hydrostatischer Druck.
- Die Wand steht am Fußpunkt im Mörtelbett mit dem vollen Querschnitt auf.

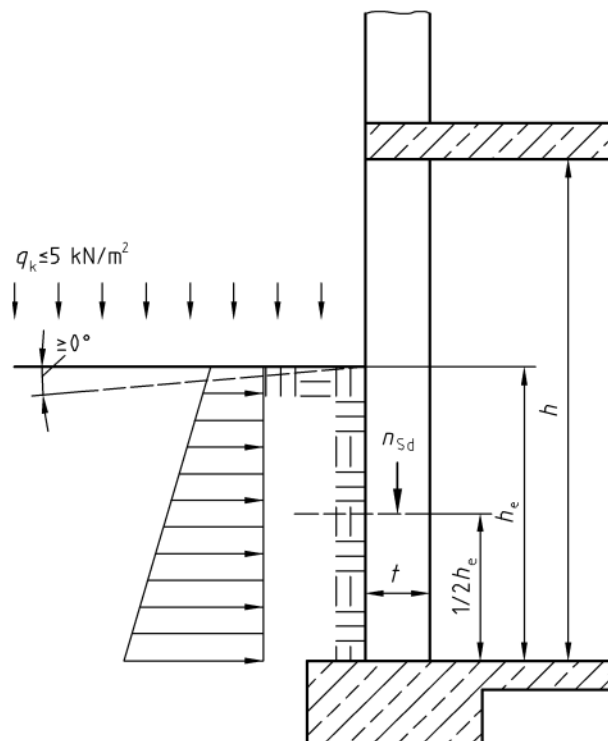


Bild 4 — Bemessungslasten für Kellerwände

Die Tragfähigkeit der erddruckbeanspruchten Wand gilt als nachgewiesen, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

$$t \geq 4 \cdot \gamma_{c2} \cdot n_{Sdmax} / f_k \quad (20)$$

$$t \geq \varphi \cdot \gamma_e \cdot h_e^2 \cdot h / n_{Skmin} \quad (21)$$

Dabei ist

n_{Sdmax} der Bemessungswert der Längsdruckkraft je Längeneinheit, ermittelt in halber Höhe der Hinterfüllung, siehe Bild 4;

DIN 4223-101:2014-12

- n_{Skmin} der charakteristische Wert der Längsdruckkraft je Längeneinheit infolge der geringsten zugehörigen Einwirkungen, ermittelt in halber Höhe der Hinterfüllung;
- h die lichte Höhe der Kellerwand;
- h_e die Höhe der Hinterfüllung;
- t die Wanddicke;
- γ_e der Rechenwert der Eigenlast des Hinterfüllmaterials;
- f_k die charakteristische Druckfestigkeit der Wand nach 4.3.1.2;
- γ_{c2} der Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton bei sprödem Versagen nach DIN 4223-103;
- φ ein Faktor zur Berücksichtigung der Größe der Biegebeanspruchung in Abhängigkeit von der Art der Halterung der Kellerwand.

Der Faktor φ zur Berücksichtigung der Größe der Biegebeanspruchung beträgt

- bei zweiseitig (oben und unten) gehaltenen Wänden: $\varphi = 1/20$
- bei vierseitig gehaltenen Wänden mit $L \geq 2h$: $\varphi = 1/20$
- bei vierseitig gehaltenen Wänden mit $L \leq h$: $\varphi = 1/40$

Für $h < L < 2h$ ist linear zu interpolieren.

- L der Abstand aussteifender Wände oder anderer Aussteifungselemente untereinander.

4.3.3 Fugenmörtel

Für die Vermörtelung der Fugen ist Dünnbettmörtel nach DIN V 18580 zu verwenden.

4.3.4 Ausführung**4.3.4.1 Allgemeines**

Bauteile mit Beschädigungen, die die Tragfähigkeit in unzulässigem Maße mindern, dürfen nicht eingebaut werden.

Während der Montage muss die Lagesicherheit der Bauteile sichergestellt sein.

4.3.4.2 Versetzen auf der Baustelle

Die Bauteile sind vollflächig in ein Mörtelbett aus Normalmauermörtel nach DIN V 18580 der Mörtelgruppe III zu versetzen.

Alternativ für das Versetzen in ein Mörtelbett ist auch die Anordnung einer so genannten Kimmschicht oder ausgehärteten Mörtelausgleichsschicht zulässig, auf welcher dann die Bauteile in Dünnbettmörtel nach DIN V 18580 versetzt werden dürfen. Für Kimmschichten sind Porenbeton-Plansteine nach DIN EN 771-4 in Verbindung mit DIN V 20000-404 oder DIN V 4165-100 mit der gleichen Rohdichteklasse und mindestens der gleichen Festigkeitsklasse wie die der zu versetzenden Bauteile zu verwenden.

4.3.4.3 Verbindung der Bauteile untereinander

Die Bauteile sind durch vollflächiges Vermörteln der Längsseiten mit Dünnbettmörtel nach 4.3.3 miteinander zu verbinden.

Bei der Montage müssen die Längsseiten der zu verbindenden Bauteile trocken und sauber sein. Der Dünnbettmörtel ist so auf die Seitenflächen aufzubringen und das Zusammenfügen hat so zu erfolgen, dass eine vollflächige Vermörtelung sichergestellt ist.

4.3.4.4 Verbindungen von Wänden

Wanddecken und Wandkreuzungen sind als Stumpfstoß auszuführen. Die Anschlussfuge der miteinander zu verbindenden Wände ist vollständig mit Normalmörtel nach DIN V 18580 der Mörtelgruppe III oder mit Dünnbettmörtel nach DIN V 18580 zu vermörteln.

5 Sicherheitskonzept

Es gilt DIN 4223-103.

6 Dauerhaftigkeit

Es gilt DIN 4223-100.

DIN 4223-102

ICS 91.100.30

Mit DIN 4223-101:2014-12
Ersatz für
DIN 4223-3:2003-12;
Ersatz für
DIN 4223-4:2003-12

**Anwendung von vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus
dampfgehärtetem Porenbeton –
Teil 102: Anwendung in Bauwerken**

Application of prefabricated reinforced components of autoclaved aerated concrete –
Part 102: Application of components in structures

Application des éléments préfabriqués armés en béton cellulaire autoclave –
Partie 102: Application des éléments de construction porteurs

Gesamtumfang 30 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

DIN 4223-102:2014-12**Inhalt**

Seite

Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe und Symbole	6
3.1 Begriffe	6
3.2 Symbole	7
3.3 Einheiten	8
3.4 Abkürzungen	8
4 Baustoffe	8
4.1 Dampfgehärteter Porenbeton	8
4.2 Betonstahl	8
4.3 Beton	8
4.4 Mörtel	8
4.5 Befestigungsmittel	8
5 Bauteile mit statisch anrechenbarer Bewehrung	9
5.1 Entwurf und Berechnung	9
5.2 Räumliche Steifigkeit	11
5.3 Dach- und Deckenbauteile	11
5.4 Tragende Wände	14
5.5 Sturzwandplatten	17
5.6 Aussteifende Wände (Wandscheiben)	19
5.7 Bemessung der Befestigungsmittel	19
5.8 Kraftübertragung über die Fugen	19
5.9 Bauausführung	27
6 Wände aus Bauteilen mit statisch nicht anrechenbarer Bewehrung	30
6.1 Allgemeines	30
6.2 Versetzen auf der Baustelle	30
6.3 Verbindung der Bauteile untereinander	30
6.4 Verbindungen von Wänden	30
7 Umweltbedingungen	30

Bilder

Bild 1 — Tragwerksarten	10
Bild 2 — Tragsysteme für Dach- und Deckenscheiben.....	13
Bild 3 — Liegend angeordnete Wandbauteile, Bezeichnungen zur Ermittlung der Lasterhöhungsbeiwerte nach Bild 4 und Bild 5.....	14
Bild 4 — Lasterhöhungsbeiwert α_Q in Abhängigkeit von l und H_W nach Bild 3	15
Bild 5 — Lasterhöhungsbeiwert α_Z in Abhängigkeit von h und h_S nach Bild 3	16
Bild 6 — Lastfälle bei Sturzwandplatten	18
Bild 7 — Verteilung von rechtwinklig zur Bauteilebene wirkenden Kräften (Prinzip)	20
Bild 8 — Beispiel für eine vermörtelte Fuge bei profilierten Plattenrändern	21
Bild 9 — Verteilung von in Bauteilebene wirkenden Schubkräften (Prinzip).....	22
Bild 10 — Ringanker.....	23
Bild 11 — Beispiel für eine Fuge mit profiliertem Längsrand	24
Bild 12 — Diskrete Schubdübel.....	24
Bild 13 — Nut- und Federausbildung mit Dünnbettmörtel bei Dachbauteilen.....	25
Bild 14 — Ausbildung einer Scheibe mit Fugenbewehrung, Betoneckdübeln und umlaufendem Stahlbetonringanker	26
Bild 15 — Auflagertiefe a_0	28

DIN 4223-102:2014-12

Vorwort

Dieses Dokument ist vom NA 005-07-09 AA „Porenbeton und haufwerksporiger Leichtbeton“ des DIN-Normenausschusses Bauwesen (NABau) ausgearbeitet worden.

DIN 4223, *Anwendung von vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton*, besteht aus:

- *Teil 100: Eigenschaften und Anforderungen an Baustoffe und Bauteile*
- *Teil 101: Entwurf und Bemessung*
- *Teil 102: Anwendung in Bauwerken*
- *Teil 103: Sicherheitskonzept*
- *Teil 104: Bemessung für den Brandfall (in Vorbereitung)*

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

Änderungen

Gegenüber DIN 4223-3:2003-12 und DIN 4223-4:2003-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Regelungen zu den vorgefertigten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton werden in DIN EN 12602:2013-10 behandelt.
- b) Regelungen für die Anwendung der Bauteile mit statisch anrechenbarer Bewehrung (früher DIN 4223-4) und Bauteile mit statisch nicht anrechenbarer Bewehrung (früher DIN 4223-3, Abschnitt 6) werden hier zusammengefasst.

Frühere Ausgaben

DIN 4223-3: 2003-12

DIN 4223-4: 2003-12

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für Bauwerke, die teilweise oder vollständig aus vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton nach DIN EN 12602 bestehen. AAC-Bauteile nach DIN EN 12602 unterliegen dem Verfahren zum Nachweis der Konformität (Produkt mit CE-Kennzeichnung).

Diese Norm enthält allgemeine Grundlagen für die Berechnung, Bemessung und bauliche Durchbildung von Tragwerken, die teilweise oder vollständig aus vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton mit statisch anrechenbarer Bewehrung und statisch nicht anrechenbarer Bewehrung bestehen.

Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton sind industriell hergestellte Einzelbauteile. Ein Zusammenwirken dieser Teile wird vorwiegend durch Verwendung anderer, nicht aus dampfgehärtetem Porenbeton bestehender Materialien bzw. einer tragenden Unterkonstruktion ermöglicht.

Die Anforderungen an die Materialeigenschaften und die Dauerhaftigkeit der verwendeten Baustoffe und Bauteile werden in DIN 4223-100 angegeben.

Die für die Bemessung erforderlichen Zahlenwerte für Einwirkungen auf Hochbauten sind in den Normen der Reihe DIN EN 1991 enthalten. Für seismische Einwirkungen ist ein bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweis erforderlich.

Das für die Nachweise zugrunde zu legende Sicherheitskonzept ist in DIN 4223-103 angegeben.

Bei Tragwerken aus Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton sind folgende Punkte besonders zu beachten:

- die bauliche Durchbildung von Fugen/Verbindungen;
- die bauliche Durchbildung von Auflagern;
- die Tragfähigkeit;
- die Lagesicherheit während der unterschiedlichen Bau-, Montage- und Transportzustände.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 488 (alle Teile), *Betonstahl*

DIN 488-1, *Betonstahl — Teil 1: Stahlsorten, Eigenschaften, Kennzeichnung*

DIN 488-2, *Betonstahl — Betonstabstahl*

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

DIN V 4165-100, *Porenbetonsteine — Teil 100: Plansteine und Planelemente mit besonderen Eigenschaften*

DIN 4223-100:2014-12, *Anwendung von vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton — Teil 100: Eigenschaften und Anforderungen an Baustoffe und Bauteile*

DIN 4223-101:2014-12, *Anwendung von vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton — Teil 101: Entwurf und Bemessung*

DIN 4223-102:2014-12

DIN 4223-103:2014-12, *Anwendung von vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton — Teil 103: Sicherheitskonzept*

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

DIN 18203-2, *Toleranzen im Hochbau — Teil 2: Vorgefertigte Teile aus Stahl*

DIN 18203-3, *Toleranzen im Hochbau — Teil 3: Bauteile aus Holz und Holzwerkstoffen*

DIN V 18580, *Mauermörtel mit besonderen Eigenschaften*

DIN V 20000-404, *Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken — Teil 404: Regeln für die Verwendung von Porenbetonsteinen nach DIN EN 771-4:2005-05*

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

DIN EN 12602:2013-10, *Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton; Deutsche Fassung EN 12602:2008+A1:2013*

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

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

DIN EN 1992 (alle Teile), *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken*

DIN EN 1992-1-1:2011-01, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004+AC:2010*

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

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

DIN EN ISO 12944 (alle Teile), *Beschichtungssysteme — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN 4223-101 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

vorwiegend ruhende Einwirkung

statische Einwirkung oder nicht ruhende Einwirkung, die jedoch für die Tragwerksplanung als ruhende Einwirkung betrachtet werden darf

3.1.2

Verbindungsmittel

Mittel zur mechanischen Verbindung von Porenbeton-Bauteilen untereinander

3.1.3**Befestigungsmittel**

Mittel zur Befestigung von Porenbeton-Bauteilen an der Unterkonstruktion

3.1.4**Sturzwandplatte**

freitragendes liegend angeordnetes Wandbauteil, das neben seinem Eigengewicht durch gegebenenfalls darüber liegende Wandbauteile und geringfügige weitere Lasten, z. B. aus Dächern, sowie neben der unmittelbar auf das Wandbauteil einwirkenden Windlast gegebenenfalls auch durch die Windlast angeschlossener Bauteile, z. B. Fensterbänder, belastet wird

3.2 Symbole

A_j	angenommene Scherfläche im Porenbeton ($j = 1, 2, 3 \dots$)
$A_{Dü}$	Einschnittfläche nach Bild 12
H_S	Scheibenhöhe
H_W	abfangungsfreie Wandhöhe
L_S	Scheibenstützweite
V_{Rdj}	Bemessungswert der aufnehmbaren Schubkraft in der Fuge
V_{Sdj}	Bemessungswert der Schubkraft in der Fuge
$V_{Rd,Dü}$	Bemessungswert der durch einen Schubdübel aufnehmbaren Schubkraft
$V_{Sd,Dü}$	Bemessungswert der auf einen Schubdübel entfallenden Schubkraft
Z_d	Befestigungskraft
b	Bauteilbreite
b_j	Breite der Druckkontaktfläche in der Fuge nach Bild 8
b_m	mitwirkende Breite
e	lichter Abstand zwischen diskreten Schubdübeln
f_{ck}	charakteristische Druckfestigkeit des Porenbetons
h	Bauteildicke
$h_{Dü}$	Höhe des Schubdübels
h_S	Abstand des Befestigungsmittels vom Wandkopf
l	Stützweite
l_j	Länge der Druckkontaktfläche
m_q	Biegemoment in Querrichtung bei Sturzwandplatten
n	Anzahl der Bauteile
q_S	gesamte Scheibenlast
q_{S1}	anteilige Scheibenlast für jedes Bauteil
r	Randlast am unteren Rand der Sturzwandplatten
w	charakteristischer Wert der Windlast
α	Faktor zur Berücksichtigung des Langzeiteinflusses

DIN 4223-102:2014-12

α_q	Lasterhöhungsbeiwert zur Bemessung von liegend angeordneten Wandbauteilen
α_z	Lasterhöhungsbeiwert zur Ermittlung der Halterungskräfte von liegend angeordneten Wandbauteilen
γ_{c2}	Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton bei sprödem Versagen
γ_Q	Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Einwirkungen
σ_{Rd}	Bemessungswert der aufnehmbaren Randdruckspannung
σ_{Sd}	Bemessungswert der Randdruckspannung
$\sigma_{Rd,Dü}$	Bemessungswert der aufnehmbaren Druckspannung am Betoneckdübel
$\sigma_{Sd,Dü}$	Bemessungswert der Druckspannung am Betoneckdübel
τ_{Rd}	Grundwert der aufnehmbaren Schubspannung von Porenbeton

3.3 Einheiten

Es gilt DIN 4223-100.

3.4 Abkürzungen

Es gilt DIN 4223-100.

4 Baustoffe**4.1 Dampfgehärteter Porenbeton**

Es gelten DIN EN 12602 und DIN 4223-100.

4.2 Betonstahl

Für den Betonstahl der Porenbeton-Bauteile gelten die Anforderungen nach DIN 4223-100. Für den Betonstahl der Fugen, der Ringanker, der Ringbalken usw. gelten die Regelungen nach den Normen der Reihe DIN 488.

4.3 Beton

Der Beton der Ringanker, der Ringbalken usw. muss DIN EN 206-1:2001-12 und DIN 1045-2:2008-08 entsprechen.

4.4 Mörtel

Mörtel, Zementmörtel bzw. Dünnbettmörtel, der für tragende Zwecke in Fugen verwendet wird, muss DIN V 18580 oder DIN EN 206-1:2001-07 und DIN 1045-2:2008-08 entsprechen.

4.5 Befestigungsmittel

Befestigungsmittel bedürfen grundsätzlich einer allgemeinen bauaufsichtlichen oder einer europäisch technischen Zulassung, es sei denn, dass sie nach anderen geltenden technischen Baubestimmungen auszuführen und zu bemessen sind.

Die Werkstoffverträglichkeit zwischen den Befestigungsmitteln und dem Porenbeton ist zu beachten.

5 Bauteile mit statisch anrechenbarer Bewehrung

5.1 Entwurf und Berechnung

Bei Verwendung von Porenbeton-Bauteilen werden im Allgemeinen die folgenden Tragsysteme verwendet:

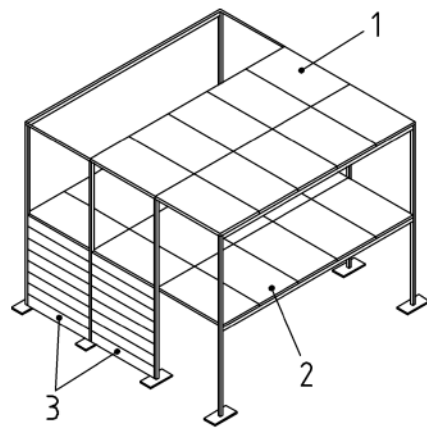
- Tragsysteme mit Dach-, Decken- und/oder Wandbauteilen, die zur Lastabtragung bzw. Ausfachung jedoch nicht zur Gebäudeaussteifung dienen, siehe Bild 1a);
- Tragsysteme mit tragenden Dach-, Decken- und/oder Wandbauteilen, die zusätzlich zur Gebäudeaussteifung dienen, siehe Bild 1b).

Diese und andere Systeme können einzeln oder in Kombination miteinander eingesetzt werden.

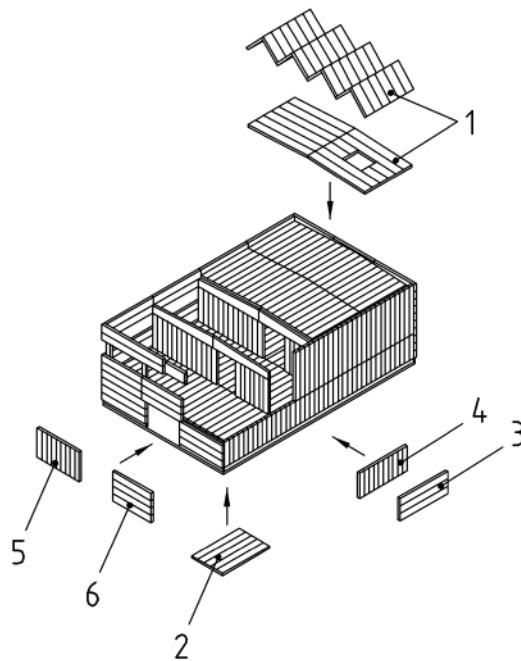
Sofern Bauteile aus bewehrtem Porenbeton zusammenwirken (als Plattentragwerk zur Querverteilung der Beanspruchung oder als Scheibentragwerk zur Bauwerksaussteifung), ist die Kraftübertragung über die Fugen nachzuweisen. Hierbei ist das Verformungsverhalten zu berücksichtigen (Schlupf, Steifigkeit der Verbindungsmittel, Schwinden usw.).

Die Querkraftübertragung zwischen plattenförmigen Bauteilen erfolgt über profilierte Fugen, siehe dazu 5.8.1.2. Bei der Übertragung von in der Bauteilebene wirkenden Kräften dürfen keine Zugkräfte rechtwinklig zur Fuge angesetzt werden. Zugkräfte sind durch Zugglieder und/oder bewehrte Ringankersysteme aufzunehmen.

DIN 4223-102:2014-12



a)



b)

- a) Tragsysteme aus tragenden bzw. ausfachenden Porenbeton-Bauteilen
 b) Tragsysteme aus tragenden und aussteifenden Porenbeton-Bauteilen

Legende

- 1 Dachbauteile
- 2 Deckenbauteile
- 3 liegend angeordnete Wandbauteile, ausfachend
- 4 stehend angeordnete Wandbauteile, ausfachend
- 5 stehend angeordnete Wandbauteile, tragend
- 6 liegend angeordnete Wandbauteile, tragend

Bild 1 — Tragwerksarten

5.2 Räumliche Steifigkeit

Bauwerke, die unter Verwendung von vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton errichtet werden sollen, sind so zu konzipieren und zu planen, dass bei außergewöhnlichen Ereignissen eine Schädigung des Tragwerks in einem zur ursprünglichen Ursache unverhältnismäßig großen Ausmaß vermieden wird. Der Ausfall eines einzelnen Bauteils oder eines begrenzten Teils des Tragwerks oder das Auftreten hinnehmbarer örtlicher Schädigungen darf dabei nicht zum Versagen des Gesamttragwerks führen.

Auf einen rechnerischen Nachweis der räumlichen Steifigkeit darf bei Gebäuden des üblichen Hochbaus mit einer Höhe bis zu 7 m (die Höhe ist dabei das Maß der Fußbodenoberkante des höchstgelegenen Geschosses, in dem ein Aufenthaltsraum möglich ist, über der Geländeoberfläche im Mittel) verzichtet werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Die Geschossdecken sind als steife Scheiben ausgebildet.
- Es sind ausreichend aussteifende Wände vorhanden, die ohne größere Schwächungen und ohne Versatz bis auf die Fundamente geführt sind. Dies kann vorausgesetzt werden, wenn
 - das Bauwerk durch mindestens drei Wände ausgesteift ist,
 - die Länge jeder aussteifenden Wand mindestens 30 % der größten Kantenlänge des Bauwerks im Grundriss beträgt,
 - zwei der aussteifenden Wände nahezu rechtwinklig zueinander angeordnet sind,
 - weder die Schwerpunkte der aussteifenden Wände noch deren Achsen in einem Punkt zusammenfallen und
 - der Steifigkeitsmittelpunkt der aussteifenden Wände annähernd auf der Wirkungslinie der Einwirkungsresultierenden liegt.
- Das Zusammenwirken der aussteifenden Wände untereinander und ihr Zusammenwirken mit den Geschossdecken sind sichergestellt.

Ist ein genauerer Nachweis der räumlichen Steifigkeit erforderlich, ist dieser mit den Grundsätzen nach DIN EN 1992-1-1:2011-01, 5.2 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA zu führen.

5.3 Dach- und Deckenbauteile

5.3.1 Plattenbeanspruchung

Dach- und Deckenbauteile sind als statisch bestimmt gelagerte Einfeldträger ohne oder mit Kragarmen zu bemessen.

Die Anwendung von vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus Porenbeton zur Herstellung von Dach- und Deckenkonstruktionen zur Aufnahme von Lasten aus Gegengewichtsstaplern und Hubschrauberlandeplätze sind nicht zulässig. Bei Flächenlasten $\geq 5,0 \text{ kN/m}^2$ und Einzellasten $\geq 4,0 \text{ kN}$ und bei Treppen und Treppenpodesten mit Flächenlasten $\geq 5,0 \text{ kN/m}^2$ und Einzellasten $\geq 2,0 \text{ kN}$ und bei Parkhäusern und Flächen mit Fahrzeugverkehr ist ein bewehrter Aufbeton mindestens der Festigkeitsklasse C12/15 bzw. LC12/13 nach DIN EN 206-1:2001-07 und DIN 1045-2:2008-08 mit einer Dicke von mindestens 50 mm vorzusehen. Der Aufbeton darf bei der Bemessung und beim Nachweis der Tragfähigkeit der Dach- und Deckenplatten statisch nicht in Rechnung gestellt werden.

Die Summe der Nutzlasten für Dach- und Deckenplatten ohne Aufbeton darf 4 kN/m^2 nicht überschreiten.

Bei der Bemessung ist zu unterscheiden, ob die Schnittkräfte aus verteilten Lasten oder aus Einzellasten (z. B. Räder von Fahrzeugen) herrühren. Deshalb kann es erforderlich sein, die Fugenbeanspruchungen für die tatsächlichen Lasten und für Ersatzlasten getrennt zu ermitteln.

DIN 4223-102:2014-12

Die Übertragung von quer zur Bauteilebene wirkenden Kräften von einem Bauteil auf das andere oder auf die tragende Unterkonstruktion ist nach 5.8 nachzuweisen.

Eine angenommene Querverteilung von auf Dach- und Deckenplatten wirkende Punkt- oder Linienlasten auf mehrere benachbarte Bauteile ist durch eine Berechnung nachzuweisen.

Unter den Voraussetzungen, dass

- das betrachtete Deckenfeld durch einen Stahlbeton-Ringanker umschlossen ist¹⁾,
- die Fugen profiliert und mit Mörtel nach 5.9.5 ausgefüllt sind,
- in jeder Fuge ein Bewehrungsstab (mindestens $\varnothing 5$ mm) vorhanden ist, welcher im Ringanker verankert ist,
- beiderseits des betrachteten Bauteils jeweils mindestens zwei in Spannrichtung ungestützte benachbarte Bauteile mit $b \geq 500$ mm und gleicher Bewehrung wie die durch Einzel- oder Linienlast belasteten Bauteile vorhanden sind,

darf vereinfacht angenommen werden, dass

- bei Belastung in Feldmitte und in der Mitte des betrachteten Bauteils die benachbarten Bauteile jeweils 25 % der Last durch Querverteilung übernehmen;
- bei Belastung in Feldmitte und am Bauteilrand des betrachteten Bauteils das dem belastetem Rand zugewandte Bauteil 30 % der Last und das dem belastetem Rand abgewandte Bauteil 10 % der Last übernimmt.

Das durch die Einzel- bzw. Linienlast belastete Bauteil darf für die verminderte Einzel- bzw. Linienlast bemessen werden.

Für andere Laststellungen darf die Querverteilung interpoliert werden. Bei Linienlasten parallel zur Spannrichtung ist die Lastresultierende anstelle der Einzellast einzusetzen.

Die Übertragung der querverteilten Lastanteile über die Fuge ist nach 5.8 nachzuweisen.

Für die Biegebemessung des Bauteils dürfen Randlasten am freien Rand des Bauteils unter Annahme einer mitwirkenden Breite von $l/6$ (l = Stützweite) in Feldmitte in Rechnung gestellt werden, wenn eine ausreichende Querverteilung über die Fuge nachgewiesen ist.

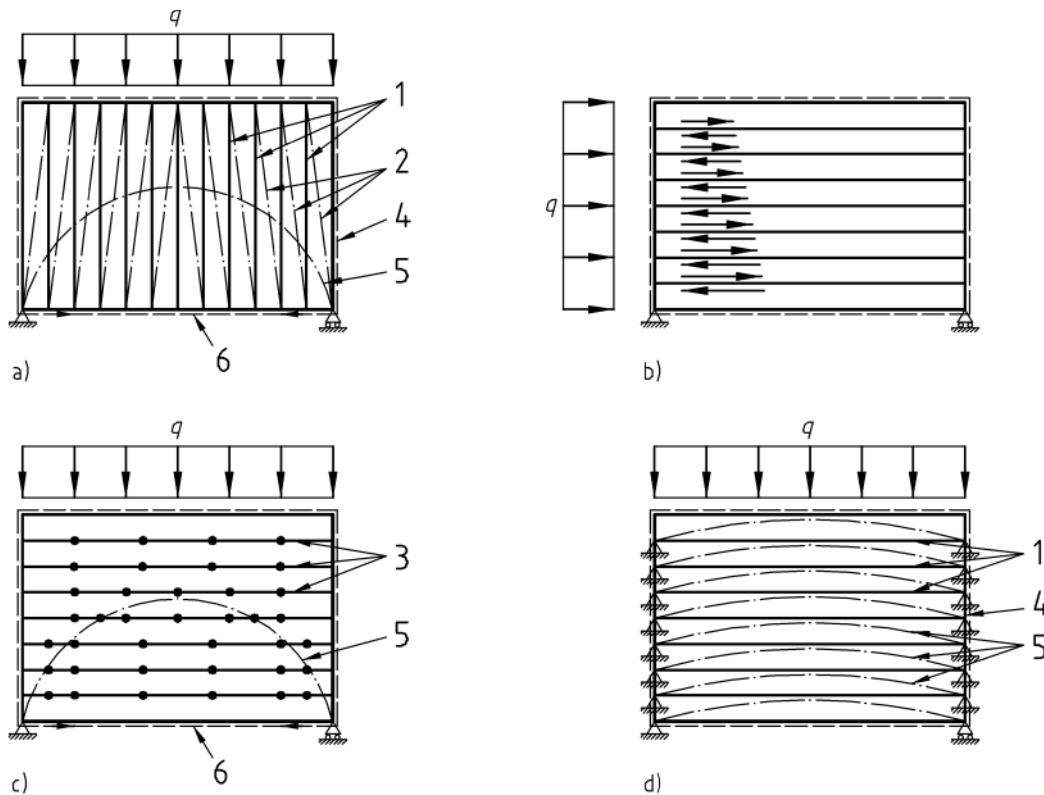
5.3.2 Scheibenbeanspruchung

Werden Decken bzw. Dächer als Scheiben zur Übertragung von in Bauteilebene wirkenden Kräften auf die aussteifenden Bauteile bemessen, gilt Folgendes:

- Es werden üblicherweise Tragsysteme nach Bild 2 angenommen. Andere Annahmen für das Tragsystem sind möglich, wenn die Beanspruchung der Bauteile, der Verbindungsmittel und der Befestigungsmittel infolge der Scheibenbelastung nachgewiesen werden können. Die Stützweite von Deckenscheiben darf nicht mehr als 8,0 m, die Stützweite von Dachscheiben nicht mehr als 35 m betragen.
- Die Auflagerausbildung der Scheiben hat konstruktiv so zu erfolgen, dass Zwängungen aus Temperatur weitgehend vermieden werden.
- Bei Belastung nach Bild 2a) darf der Tragwirkung der Scheibe ein Fachwerkmodell oder ein Druckbogen-Zugbandmodell zugrunde gelegt werden.

1) Wird die Ringankerwirkung auf andere Art erzeugt, so ist sicherzustellen, dass die Bauteilenden nicht abheben können (z. B. durch Auflast).

- Bei Belastung nach Bild 2b) dürfen die Querkräfte linear über die Scheibenhöhe verteilt werden.



- a) Druckbogen-Zugband-Modell, Fachwerkmodell
 b) Schubtrag-Modell
 c) Druckbogen-Zugband-Modell, mit diskreten Schubdübeln
 d) Druckbogen-Zugband-Modell, je Bauteil

Legende

- | | |
|-----------------------------------|--------------|
| 1 Fugen mit Fugenbewehrung | 4 Ringanker |
| 2 Porenbeton-Druckstreben | 5 Druckbogen |
| 3 Fugen mit diskreten Schubdübeln | 6 Zugband |

Bild 2 — Tragsysteme für Dach- und Deckenscheiben

- Bei Scheibenbelastung rechtwinklig zu den Längsfugen der Bauteile und wenn die Schubübertragung in den Längsfugen sichergestellt ist (z. B. durch diskrete Schubdübel, siehe 5.8.2.2), darf als Tragsystem ein Druckbogen-Zugbandmodell nach Bild 2c) zugrunde gelegt werden.
- Wenn in jeder Fuge Zugstäbe vorhanden sind und die Einleitung der Querkräfte in den Ringanker sichergestellt ist, darf bei Scheibenbelastung rechtwinklig zu den Längsfugen angenommen werden, dass sich in jedem Bauteil ein Druckbogen-Zugband bildet, siehe Bild 2d).
- Wenn kein genauerer Nachweis geführt wird, darf für den Fall, dass die Bauteile Druckkontakt haben und auf Querbiegung bemessen werden, für jedes Bauteil folgende anteilige Last angenommen werden:

$$q_{S1} = q_S \cdot [1 + 0,04 \cdot (n - 1)]/n \quad (1)$$

DIN 4223-102:2014-12

Dabei ist

q_{S1} die anteilige Scheibenlast für jedes Bauteil;

q_S die auf die gesamte Scheibe wirkende Last;

n die Anzahl der in Krafrichtung aneinander angrenzenden Bauteile.

Die Übertragung von in Bauteilebene wirkenden Kräften von einem Bauteil auf das andere oder auf die tragende Unterkonstruktion ist nach 5.8 nachzuweisen.

Dachscheiben aus Porenbeton-Bauteilen dürfen zur Kippaussteifung von Bindern und Pfetten herangezogen werden, wenn die dazu erforderliche Krafteinleitung und -weiterleitung konstruktiv sichergestellt ist.

Schnittgrößen infolge gleichzeitiger Platten- und Scheibenwirkung sind zu überlagern.

5.4 Tragende Wände

Tragende Wände werden aus stehend oder liegend angeordneten Wandbauteilen zusammengefügt, die in der Regel an ihren Schmalseiten bzw. Ecken gehalten sind.

Für Wände aus liegend angeordneten Wandplatten, die nach diesem Abschnitt bemessen werden, kann der Nachweis des seitlichen Ausweichens entfallen.

Für unmittelbar durch Wind belastete Wände aus liegend angeordneten, kontinuierlich gelagerten Wandbauteilen darf auf einen Nachweis der Zusatzbeanspruchung des Bauteils nach Theorie II. Ordnung unter Berücksichtigung von Kriechen und Schiefstellung verzichtet werden, wenn der Bemessungswert der Biegebeanspruchung mit dem um den Faktor $(1 + \alpha_q)$ erhöhten Lastwert, α_q nach Bild 4, ermittelt wird.

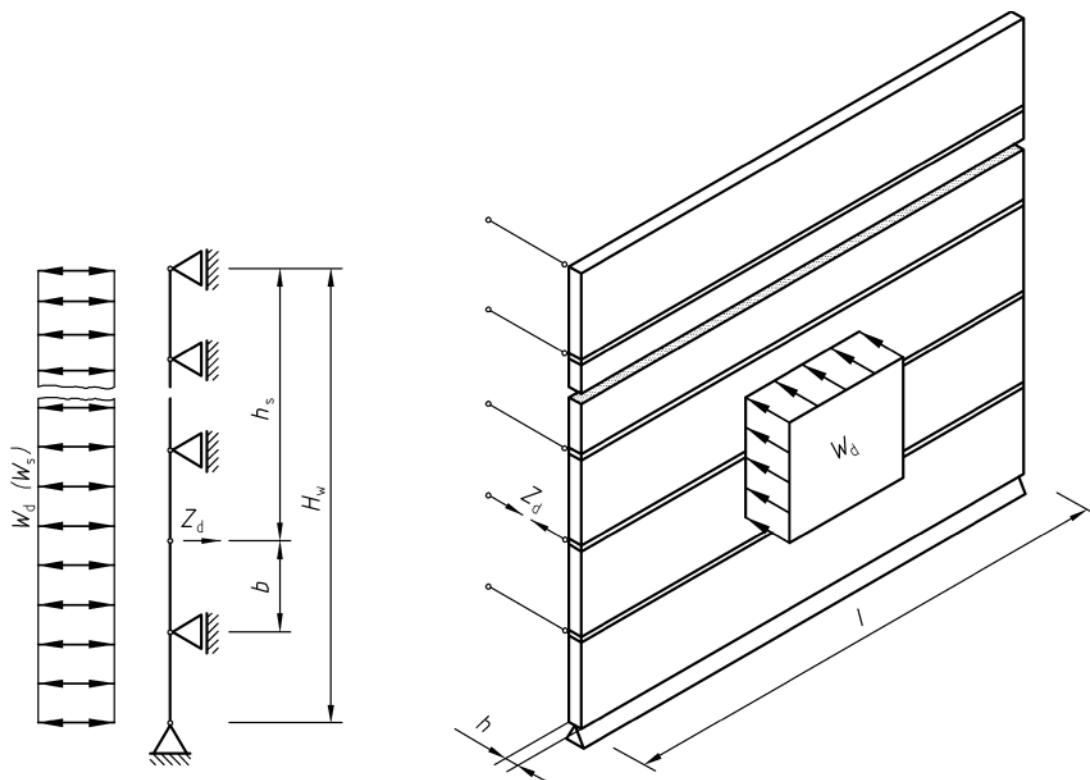


Bild 3 — Liegend angeordnete Wandbauteile, Bezeichnungen zur Ermittlung der Lasterhöhungsbeiwerte nach Bild 4 und Bild 5

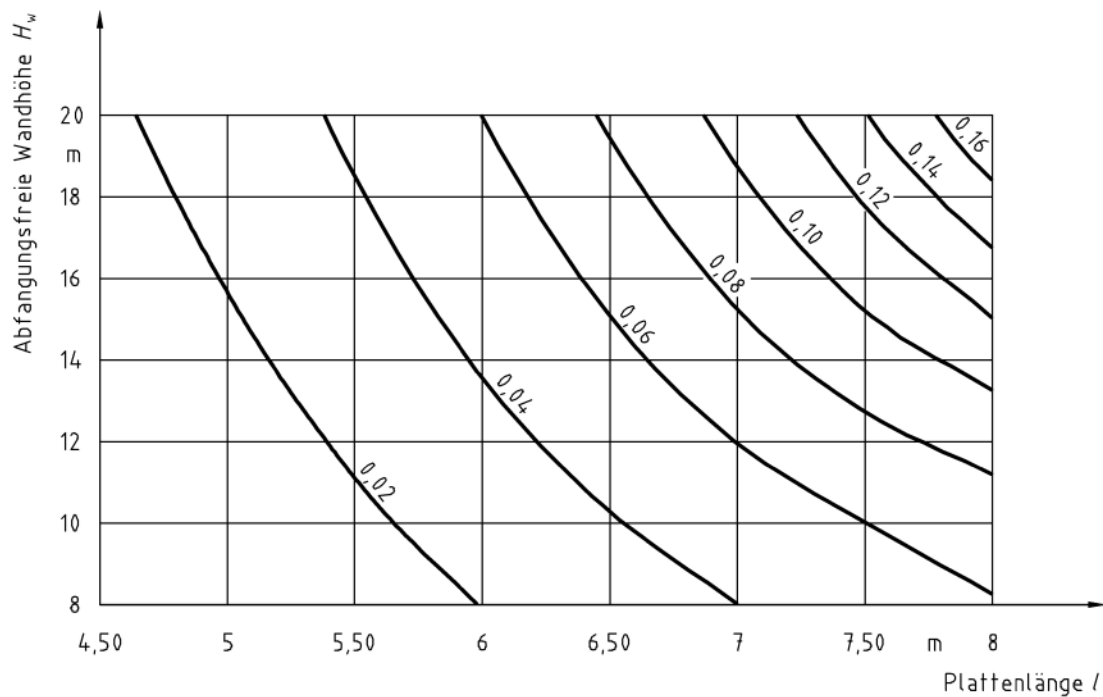


Bild 4 — Lasterhöhungsbeiwert α_q in Abhängigkeit von l und H_w nach Bild 3

Die Weiterleitung der durch Effekte nach Theorie II. Ordnung, Kriechen und Schiefstellung erhöhten Befestigungskräfte in das Bauwerk ist nachzuweisen. Ebenso sind die Befestigungsmittel für diese erhöhten Kräfte nachzuweisen. Für unmittelbar durch Wind belastete Wände aus liegenden Wandbauteilen dürfen die Bemessungswerte der Befestigungskräfte vereinfachend nach Gleichung (2) mit einem Lasterhöhungsbeiwert α_Z nach Bild 5 ermittelt werden:

$$Z_d = (1 + \alpha_Z) \cdot \gamma_Q \cdot w \cdot b \cdot l/2 \quad (2)$$

Dabei ist

Z_d der Bemessungswert der Befestigungskraft, in kN;

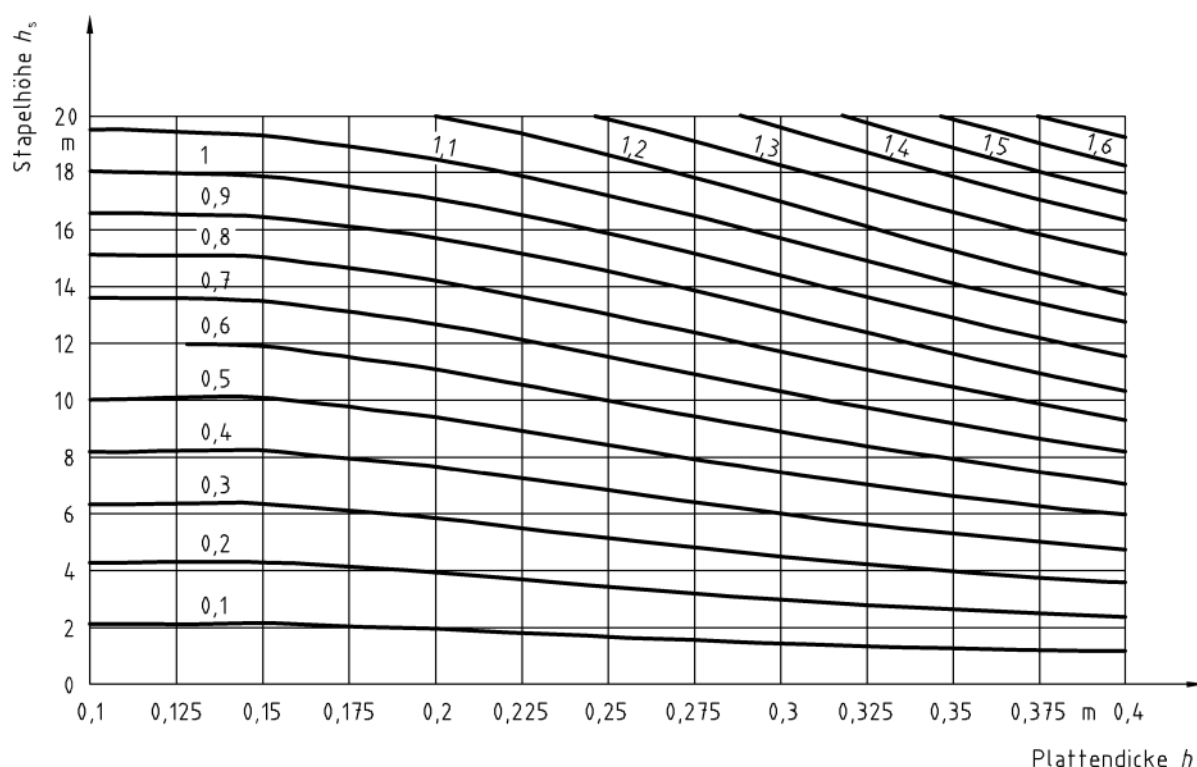
w die Windlast nach DIN EN 1991-1-4 in Verbindung mit DIN EN 1991-1-4/NA, in kN/m²;

b die Bauteilbreite, in m;

l die Stützweite, in m;

α_Z der Lasterhöhungsbeiwert nach Bild 5,

γ_Q der Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkungen nach DIN 4223-103.

DIN 4223-102:2014-12**Bild 5 — Lasterhöhungsbeiwert α_z in Abhängigkeit von h und h_s nach Bild 3**

Bei der Ermittlung der aufnehmbaren Längsdruckkraft darf der Bemessungswert der Randdruckspannung σ_{Sd} den Bemessungswert der aufnehmbaren Randdruckspannung σ_{Rd} nach Gleichung (3) nicht unterschreiten.

$$\sigma_{Sd} \geq \sigma_{Rd} = -0,9 \cdot \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_{c2} \quad (3)$$

Dabei ist

σ_{Sd} der Bemessungswert der Randdruckspannung;

σ_{Rd} der Bemessungswert der aufnehmbaren Randdruckspannung von Porenbeton;

α der Faktor zur Berücksichtigung des Langzeiteinflusses nach DIN EN 12602:2013-10, A.3.2 (3) wird mit $\alpha = 0,85$ angesetzt;

f_{ck} die charakteristische Druckfestigkeit des Porenbetons nach DIN 4223-100;

γ_{c2} der Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton bei sprödem Versagen nach DIN 4223-103.

Werden die Wandplatten nicht in voller Bauteildicke h aufgelagert, darf der zulässige Überstand den Wert $0,4 h$ nicht überschreiten. Unter der Annahme einer linearen Verteilung der Druckspannungen in der Aufstandsuge ist der Bemessungswert der Randdruckspannung σ_{Sd} nach Gleichung (4) auf folgenden Wert zu begrenzen:

$$\sigma_{Sd} \geq \sigma_{Rd} = -0,5 \cdot \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_{c2} \quad (4)$$

Dabei ist

- σ_{Sd} der Bemessungswert der Randdruckspannung;
- σ_{Rd} der Bemessungswert der aufnehmbaren Randdruckspannung von Porenbeton;
- α der Faktor zur Berücksichtigung des Langzeiteinflusses nach DIN EN 12602:2013-10, A.3.2 (3) wird mit $\alpha = 0,85$ angesetzt;
- f_{ck} der charakteristische Wert der Porenbeton-Druckfestigkeit nach DIN 4223-100;
- γ_{c2} der Teilsicherheitsbeiwert für sprödes Versagen nach DIN 4223-103.

Treten infolge einer Scheibenbeanspruchung Schubkräfte auf, ist der Hauptspannungsnachweis in der Porenbetondruckzone mit den Rechenwerten nach DIN 4223-100:2014-12, 4.1. zu führen.

5.5 Sturzwandplatten

Bei Sturzwandplatten sind die Schnittgrößen aus Scheiben- und Plattenwirkung (siehe Bild 6) zu überlagern. Die Bemessung ist nach DIN EN 12602:2013-10, Anhang A für die Bemessungswerte der überlagerten Schnittgrößen durchzuführen.

Für Sturzwandplatten mit $l \geq 4b$ und Belastungen nach Bild 6 dürfen die Schnittgrößen mit folgenden Vereinfachungen ermittelt werden:

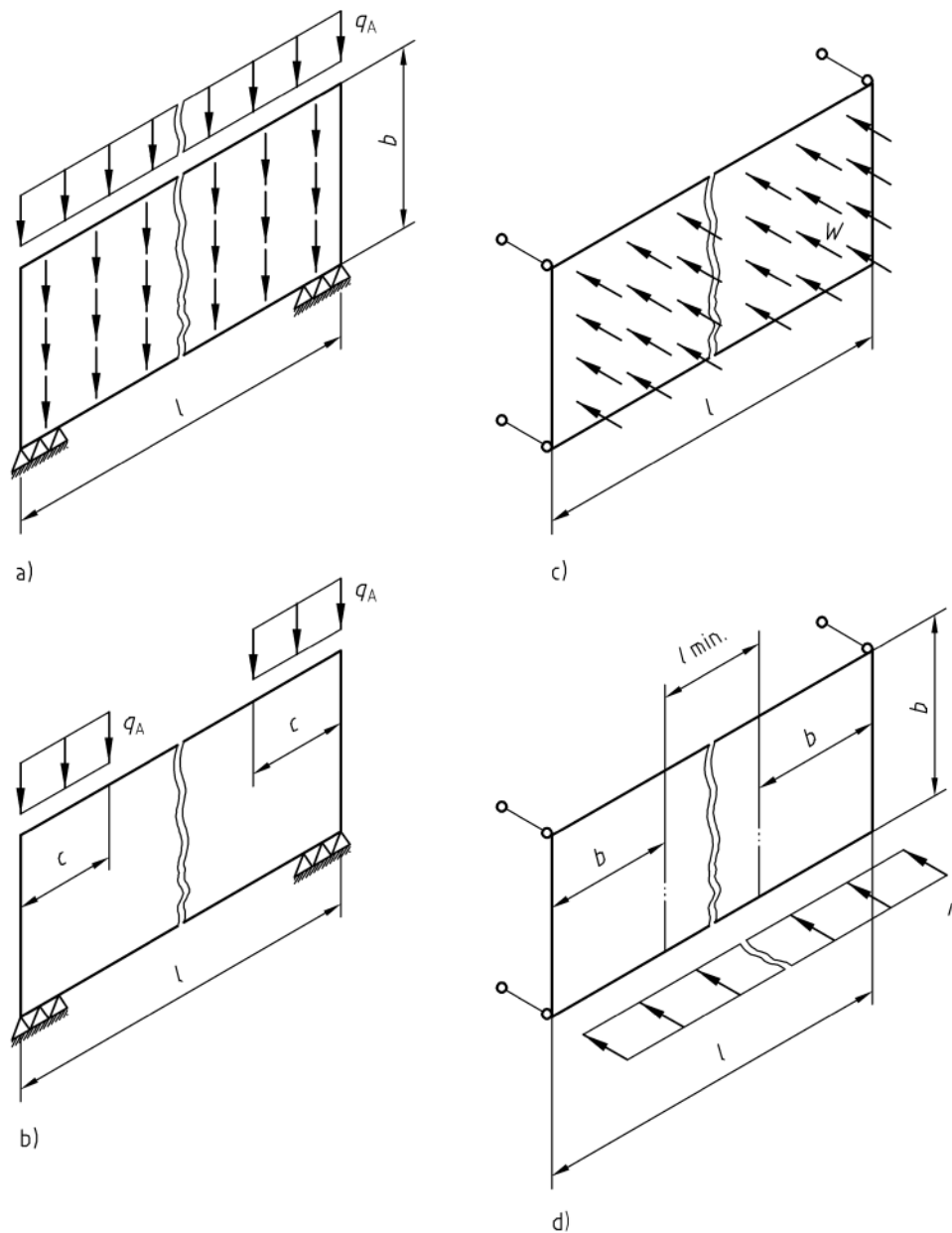
- die Spannungsverteilung aus Scheibenbeanspruchung darf in Feldmitte (bei $l/2$) über die Bauteilbreite b linear angenommen werden;
- die vertikalen Auflagerkräfte aus über der Sturzwandplatte angeordneten Wandbauteilen, die jede für sich ihr Eigengewicht und die Windlasten über die Stützweite l abtragen, werden auf eine Länge $c = 0,32$ m an den Enden der Sturzwandplatte mit gleichmäßiger Pressung in diese eingeleitet (Bild 6b);
- Randlasten, die eine Biegebeanspruchung bewirken (Bild 6d), dürfen auf eine mitwirkende Breite $b_m \leq l/6$ verteilt werden. Die mitwirkende Breite b_m darf jedoch nicht größer als die Bauteilbreite b angenommen werden;
- der Bemessungswert m_{qd} des Biegemomentes in Plattenquerrichtung bei an den Ecken gestützten Bauteilen darf nach Gleichung (5) ermittelt werden. Die dafür erforderliche Bewehrung ist jeweils vom Bauteilende an auf einen Bereich der Breite b in Spannrichtung des Bauteils zu verteilen (Bild 6d). In dem dazwischen liegenden Plattenbereich genügt die Anordnung der Mindestquerbewehrung nach DIN EN 12602, sofern nicht durch andere Lastfälle eine höhere Querbewehrung erforderlich wird.

$$m_{\text{qd}} \leq l \cdot b \cdot (w/8 + r/(6b_m)) \cdot \gamma_Q \quad (5)$$

Dabei ist

- m_{qd} der Bemessungswert des maximalen Momentes in Bauteilquerrichtung, in kNm/m;
- l die Stützweite, in m;
- b die Bauteilbreite, in m;
- w der charakteristische Wert der Windlast nach DIN EN 1991-1-4/NA, in kN/m²;
- r der charakteristische Wert der Randlast, in kN/m;
- b_m die mitwirkende Bauteilbreite, in m;
- γ_Q der Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Einwirkungen nach DIN 4223-103

DIN 4223-102:2014-12



- a) Scheibenlastfall 1: Eigengewicht + Auflast
 b) Scheibenlastfall 2: Auflast aus aufliegenden Sturzwandplatten
 c) Plattenlastfall 1: Windlast
 d) Plattenlastfall 2: Randlast am unteren Bauteilrand

Legende

- $l_{\min}$ Bereich mit Mindestquerbewehrung
 r Randlast in kN/m
 w Windlast in kN/m²

Bild 6 — Lastfälle bei Sturzwandplatten

5.6 Aussteifende Wände (Wandscheiben)

Wird eine Wand aus stehend oder liegend angeordneten Wandbauteilen zur Gebäudeaussteifung herangezogen, so ist die Übertragung der in Scheibenebene wirkenden Kräfte über die Fugen nach 5.8 nachzuweisen.

Besteht eine Wandscheibe aus stehend angeordneten Wandbauteilen, bei denen in den vertikalen Fugen keine Schubkräfte übertragen werden können, so darf die Belastung auf alle Wandbauteile verteilt werden, sofern sie am Wandkopf durch ein ausreichend steifes Bauteil (Decke, Ringbalken) verteilt werden kann.

Die Aufnahme der Scheibenkräfte ist unter der Annahme einer linearen Spannungsverteilung in der Lagerfuge der Wandbauteile bzw. der Wandscheibe nachzuweisen. Die dabei auftretenden Randdruckspannungen sind nach Gleichung (3) nachzuweisen. Für den Nachweis der Lagerfuge gilt DIN 4223-101:2014-12, 4.3.2.4. Dabei dürfen die Fugen im Grenzzustand der Tragfähigkeit bis zur Mitte der Wandscheibe klaffen.

Wird die Wandscheibe mit einem System aus horizontalen und vertikalen Zugankern (z. B. Ringanker und Fugenbewehrung) ausgebildet, so darf die Aufnahme der Scheibenkräfte durch ein gedachtes Fachwerk nachgewiesen werden.

Die Beanspruchung infolge Scheibenwirkung ist mit der gleichzeitig wirkenden Beanspruchung infolge Plattenwirkung zu überlagern.

5.7 Bemessung der Befestigungsmittel

Befestigungsmittel sind nach den geltenden technischen Baubestimmungen, einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung oder einer europäischen technischen Bewertung auszuführen und zu bemessen.

Die Werkstoffverträglichkeit zwischen den Befestigungsmitteln und dem Porenbeton ist zu beachten.

Hierbei sind die Maßabweichungen nach DIN 18203-1 bis DIN 18203-3 oder nach allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen zu berücksichtigen.

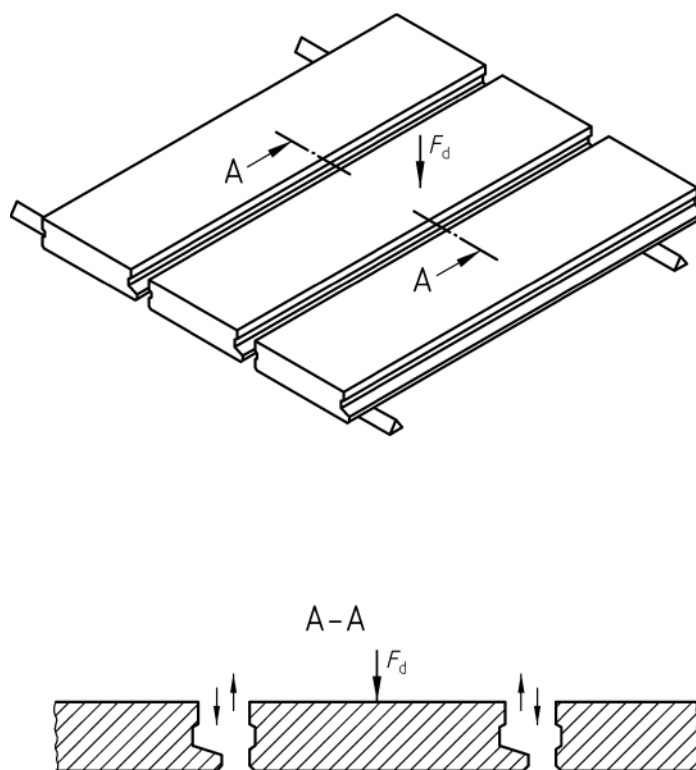
5.8 Kraftübertragung über die Fugen

5.8.1 Übertragung von rechtwinklig zur Bauteilebene wirkenden Kräften zwischen Porenbetonplatten

5.8.1.1 Allgemeines

Die Übertragung von rechtwinklig zur Bauteilebene wirkenden Querkräften zwischen Porenbetonplatten nach Bild 7 darf in Rechnung gestellt werden:

- bei Fugen mit profiliertem Querschnitt nach 5.8.1.2, wobei die Fugen vermörtelt ausgebildet werden müssen;
- wenn eine Kraftübertragung durch andere Maßnahmen gesichert ist.

DIN 4223-102:2014-12**Bild 7 — Verteilung von rechtwinklig zur Bauteilebene wirkenden Kräften (Prinzip)****5.8.1.2 Fugen mit profiliertem Querschnitt**

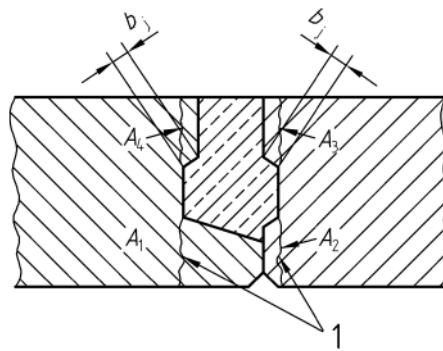
Bei vermörtelten Fugen nach Bild 8 sind die Fugenflanken der Porenbetonplatten so zu gestalten, dass eine Querkraftübertragung durch Verzahnung möglich ist. Die Festigkeit und die Qualität des Verfüllmaterials sowie die Abmessungen der Fuge sind bei der Bemessung und der konstruktiven Ausbildung der Fugenprofilierung zu berücksichtigen.

Bei vermörtelten Fugen nach Bild 8 ist für den Porenbeton Folgendes nachzuweisen:

$$V_{Sdj} \leq V_{Rdj} = \tau_{Rd} \cdot \min A_j / 1,5 \quad (6)$$

Dabei ist

- V_{Sdj} der Bemessungswert der über die Fuge zu übertragenden Querkraft;
- V_{Rdj} der Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft;
- τ_{Rd} der Grundwert der aufnehmbaren Schubspannung nach DIN EN 12602:2013-10, A.4.1.2.1;
- $\min A_j$ der kleinste Wert der in Bild 8 gezeigten angenommenen Scherflächen A_j im Porenbeton.

**Legende**

1 angenommene Scherflächen

Bild 8 — Beispiel für eine vermörtelte Fuge bei profilierten Plattenrändern

Für den Druckkontakt zwischen Porenbeton und Verfüllmaterial nach 5.9.5 ist Folgendes nachzuweisen:

$$V_{Sdj} \leq V_{Rdj} = 0,9 \cdot b_j \cdot l_j \cdot \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_{c2} \quad (7)$$

Dabei ist

V_{Sdj} der Bemessungswert der Querkraft;

V_{Rdj} der Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft;

b_j die Breite der Druckkontaktfläche, siehe Bild 8;

l_j die Länge der Druckkontaktfläche;

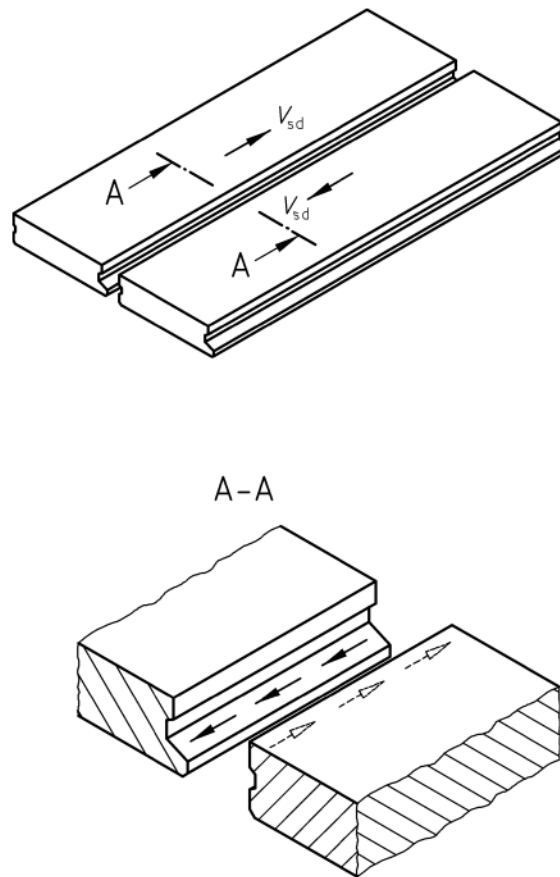
α der Faktor zur Berücksichtigung des Langzeiteinflusses nach DIN EN 12602:2013-10, A.3.2. (3) wird mit $\alpha = 0,85$ angesetzt;

f_{ck} die charakteristische Druckfestigkeit des Porenbetons nach DIN 4223-100;

γ_{c2} der Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton bei sprödem Versagen nach DIN 4223-103.

5.8.2 Übertragung von in Bauteilebene wirkenden Schubkräften zwischen Porenbetonbauteilen**5.8.2.1 Allgemeines**

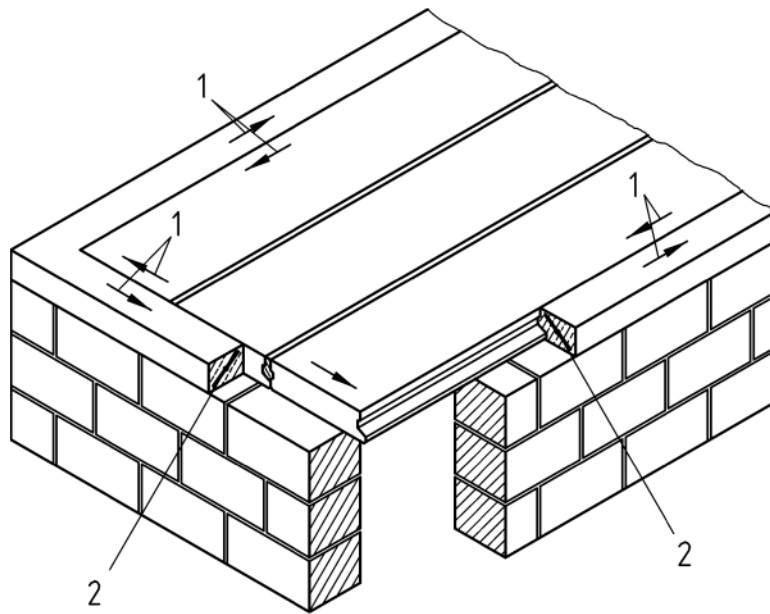
Die Übertragung von in Bauteilebene wirkenden Schubkräften zwischen Porenbetonbauteilen nach Bild 9 ist durch die Profilierung der Fugen in Längsrichtung nach 5.8.2.2, Bild 11, oder durch andere Maßnahmen, z. B. metallische Einzelverbinder oder diskrete Schubdübel (siehe Bild 12), sicherzustellen.

DIN 4223-102:2014-12**Bild 9 — Verteilung von in Bauteilebene wirkenden Schubkräften (Prinzip)**

Wandbauteile mit ebenen Verbindungsflächen sind zur Übertragung von in Bauteilebene wirkenden Schubkräften mit Dünnbettmörtel nach 5.8.2.3 miteinander zu verbinden. Dachbauteile mit Nut- und Federausbildung sind zur Übertragung von in Bauteilebene wirkenden Schubkräften an den ebenen Verbindungsflächen nach 5.8.2.3 miteinander zu verbinden.

Bei Dach- und Deckenscheiben ist die Übertragung von in Bauteilebene wirkenden Schubkräften auch durch die Anordnung eines bewehrten Aufbetons, der für diese Beanspruchung zu bemessen ist, zulässig.

Um die Scheibenwirkung bei Dach- und Deckenscheiben sicherzustellen, ist ein Ringanker nach Bild 10 anzuordnen.

**Legende**

- 1 Kräfte in Bauteilebene
2 Ringankerbewehrung

Bild 10 — Ringanker**5.8.2.2 Fugen mit profiliertem Längsrand**

Bei Fugen mit profiliertem Längsrand nach Bild 11 sind die Schubtragfähigkeit des Porenbetons in der Scherfläche sowie die Druckfestigkeit des Porenbetons in der Kontaktfläche nachzuweisen. Der Nachweis ist sinngemäß nach 5.8.1.2 zu führen.

Bei Fugen mit diskreten Schubdübeln nach Bild 12 darf der Bemessungswert der aufnehmbaren Schubkraft je Schubdübel $V_{Rd,Dü}$ wie folgt ermittelt werden:

$$V_{Sd,Dü} \leq V_{Rd,Dü} = \min A_{Dü} \cdot 0,9 \cdot \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_{c2} \quad (8)$$

$$V_{Sd,Dü} \leq V_{Rd,Dü} = e \cdot h_{Dü} \cdot \tau_{Rd} / 1,5 \quad (9)$$

Dabei ist

$V_{Sd,Dü}$ der Bemessungswert der auf einen Schubdübel entfallenden Schubkraft;

$V_{Rd,Dü}$ der Bemessungswert der durch einen Schubdübel aufnehmbaren Schubkraft;

$A_{Dü}$ die Einschnittfläche des Schubdübels nach Bild 12;

α der Faktor zur Berücksichtigung des Langzeiteinflusses nach DIN EN 12602:2013-10, A.3.2. (3) wird mit $\alpha = 0,85$ angesetzt;

f_{ck} die charakteristische Druckfestigkeit des Porenbetons nach DIN 4223-100;

γ_{c2} der Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton bei sprödem Versagen nach DIN 4223-103;

e der lichte Abstand zwischen den Schubdübeln;

$h_{Dü}$ die Höhe des Schubdübels;

τ_{Rd} der Grundwert der aufnehmbaren Schubspannung nach DIN EN 12602:2013-10, A.4.1.2.1.

DIN 4223-102:2014-12

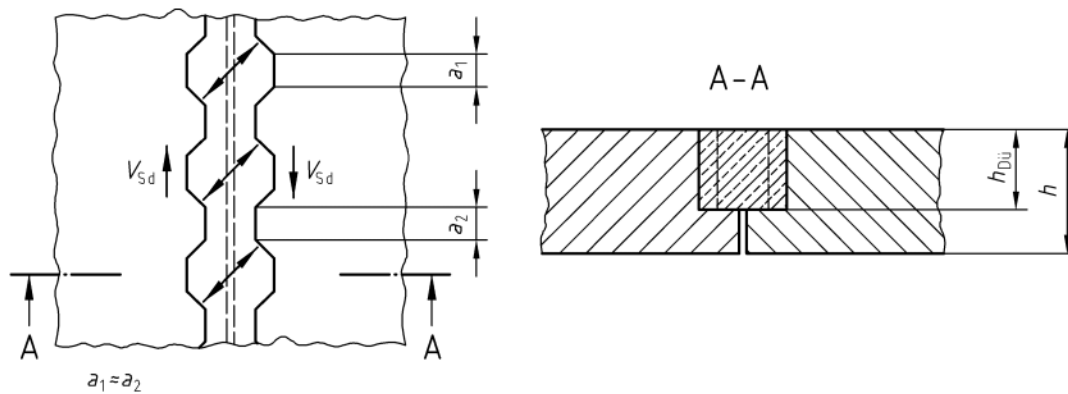


Bild 11 — Beispiel für eine Fuge mit profiliertem Längsrand

Maße in Millimeter

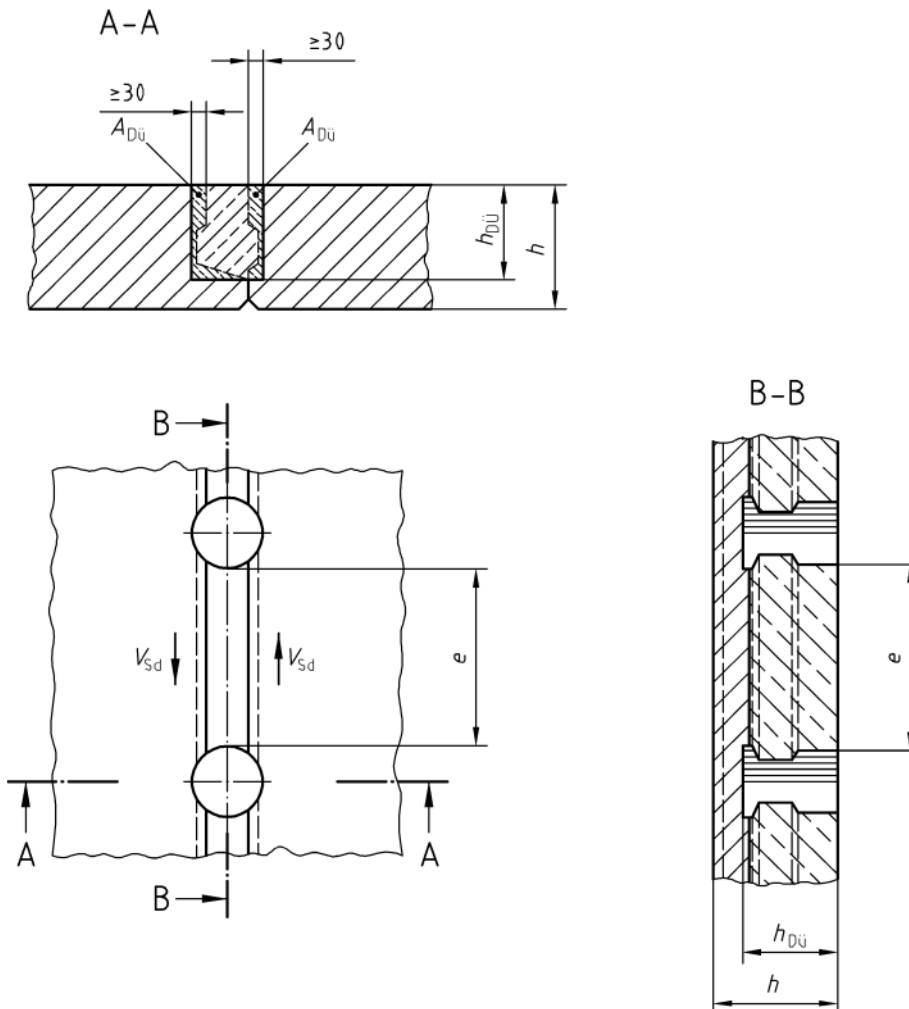


Bild 12 — Diskrete Schubdübel

Die Längsseiten benachbarter Platten sind im Bereich der Scheibe mit mindestens zwei diskreten Schubdübeln zu verbinden, wobei die Einschnitttiefe mindestens 30 mm sein muss, siehe Bild 12. Die

Dübelhöhe $h_{Dü}$ muss mindestens 60 % der Plattendicke h betragen. Der Achsabstand der Schubdübel untereinander und von den Stirnseiten der Platten darf höchstens 1,50 m betragen.

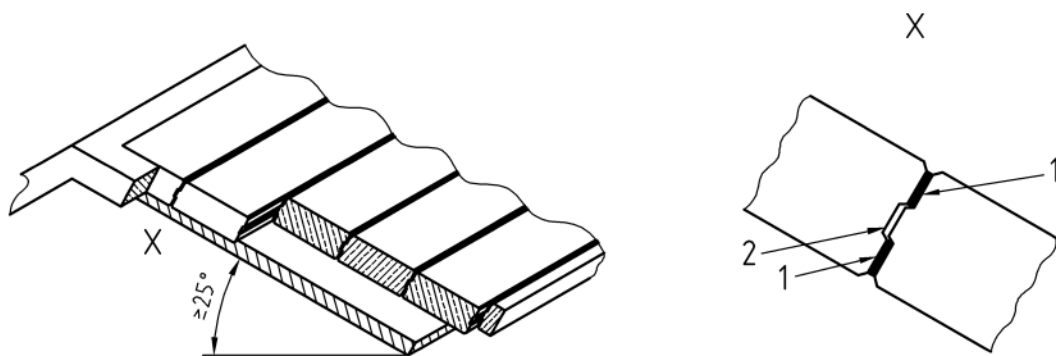
5.8.2.3 Fugen mit ebenen Verbindungsflächen

Für den Nachweis der Schubkraftübertragung in der Fuge bei Wänden aus Porenbetonbauteilen gilt DIN 4223-101.

Für den Nachweis der Schubkraftübertragung in der Fuge bei Dächern aus Porenbetonbauteilen mit Nut- und Federausbildung nach Bild 13 gilt DIN 4223-101, wenn die folgenden Bedingungen eingehalten sind:

- Die Dachneigung beträgt mindestens 25° .
- Die Längsachse der Dachbauteile verläuft parallel zur Firstlinie (liegende Anordnung).
- Die Stützweite der Dachbauteile beträgt höchstens 6,00 m.
- Der umlaufende Ringanker ist kraftschlüssig mit den Dachbauteilen verbunden.
- Für die Gebäudehöhe gilt 5.2.

Für den Nachweis der aufnehmbaren Schubkraft dürfen nur die ebenen Verbindungsflächen außerhalb von Nut und Feder in Rechnung gestellt werden (Bild 13).



Legende

- 1 Ebene Verbindungsfläche mit Dünnbettmörtel
- 2 Unvermörtelter Fugenbereich (Nut und Feder)

Bild 13 — Nut- und Federausbildung mit Dünnbettmörtel bei Dachbauteilen

5.8.3 Fugen zur Übertragung von Schubkräften zwischen Porenbetonbauteilen bei kombinierter Belastung in Bauteilebene und rechtwinklig zur Bauteilebene

Bei kombinierter Belastung darf die Lastübertragung für jede Richtung getrennt untersucht werden. In einer Ebene wirkende Schubkräfte sind jedoch zu überlagern.

5.8.4 Scheibenausbildung mit vereinfachtem Nachweis

Bei Scheibenbelastung parallel zur Bauteilspannrichtung darf auf einen rechnerischen Nachweis der Schubbeanspruchung in den Fugen der Scheibe und im Ringanker verzichtet werden, wenn die folgenden Bedingungen eingehalten sind:

- Die Scheibenhöhe H_S , die der Bauteillänge entspricht, beträgt höchstens 6,0 m.
- Die Scheibenstützweite L_S ist nicht größer als das Zweifache der Scheibenhöhe H_S , jedoch auch nicht größer als 8,0 m.

DIN 4223-102:2014-12

- Die Bauteildicke (Dicke der Scheibe) beträgt mindestens 200 mm.
- Die Scheibe ist allseitig von einem in gleicher Ebene liegenden Stahlbetonringanker mit einer Breite von mindestens 100 mm zu umschließen. Für die Bemessung und Ausführung des Ringankers gilt DIN 4223-101:2014-12, 4.3.2.1.
- In jeder Längsfuge ist ein von Ringanker zu Ringanker durchgehender Bewehrungsstab B500B nach DIN 488-2 einzulegen, der für die Aufnahme der Querkraft in der Fuge zu bemessen und in den Ringankern ausreichend zu verankern ist (5.9.8 ist zu beachten).
- Der Bemessungswert für die Aufnahme der Schubkraft in der Fuge V_{Sdj} infolge der Scheibenbelastung überschreitet die folgenden Werte nicht:

$$V_{Sdj} \leq 4,0 \text{ kN/m} \cdot H_S \quad \text{für } L_S \leq 6,0 \text{ m} \quad (10)$$

$$V_{Sdj} \leq 2,7 \text{ kN/m} \cdot H_S \quad \text{für } 6,0 \text{ m} < L_S \leq 8,0 \text{ m}$$

Dabei ist

V_{Sdj} der Bemessungswert der Querkraft in den Fugen, in kN/m;

H_S die Scheibenhöhe, in m;

L_S die Scheibenstützweite, in m.

Die Beanspruchung aus der Scheibenwirkung darf beim rechnerischen Nachweis der Porenbetonbauteile unberücksichtigt bleiben.

5.8.5 Scheiben mit Betoneckdübeln

Bei Ausbildung der Scheibe mit Fugenbewehrung, umlaufendem Stahlbetonringanker und Betoneckdübeln nach Bild 14 darf für den Nachweis der Abtragung der Scheibenkräfte ein Fachwerkmodell nach Bild 2a oder ein Druckbogen-Zugband-Modell nach Bilde 2c zugrunde gelegt werden.

Die Bemessung der Zugbewehrung und deren Verankerung sowie die Bemessung des Ringankers sind nach DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA vorzunehmen.

Maße in Millimeter

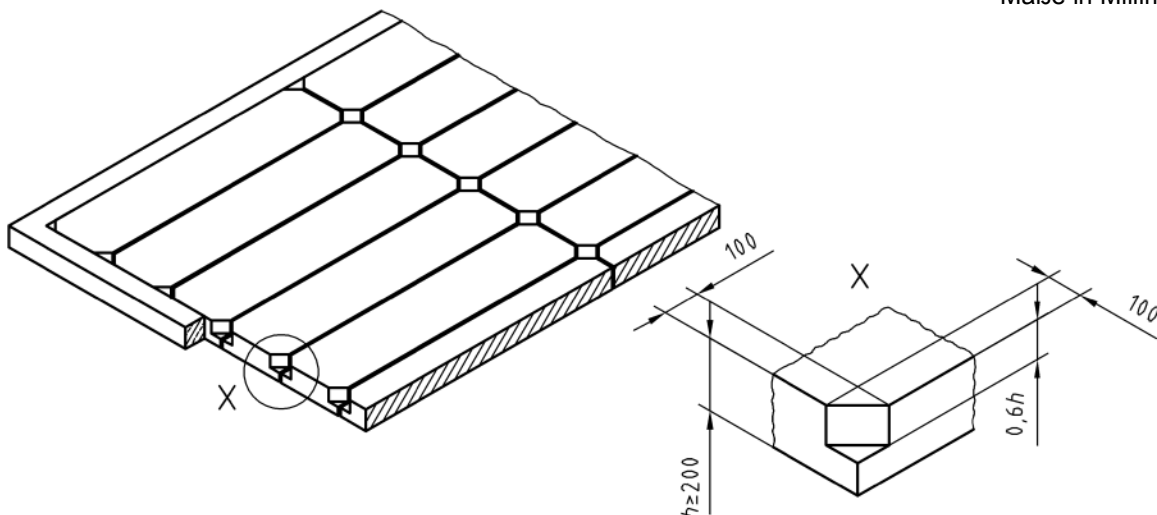


Bild 14 — Ausbildung einer Scheibe mit Fugenbewehrung, Betoneckdübeln und umlaufendem Stahlbetonringanker

Beim rechnerischen Nachweis des Betoneckdübels darf der Bemessungswert der Druckspannung in der Kontaktfläche $\sigma_{\text{Sd,Dü}}$ den Bemessungswert der aufnehmbaren Druckspannung $\sigma_{\text{Rd,Dü}}$ nicht unterschreiten.

$$\sigma_{\text{Sd,Dü}} \geq \sigma_{\text{Rd,Dü}} = \alpha \cdot f_{\text{ck}} / \gamma_{\text{c2}} \quad (11)$$

Dabei ist

- $\sigma_{\text{Sd,Dü}}$ der Bemessungswert der Druckspannung am Betoneckdübel;
- $\sigma_{\text{Rd,Dü}}$ der Bemessungswert der aufnehmbaren Druckspannung am Betoneckdübel;
- f_{ck} die charakteristische Druckfestigkeit des Porenbetons nach DIN 4223-100;
- α der Faktor zur Berücksichtigung des Langzeiteinflusses nach DIN EN 12602:2013-10, A.3.2. (3) wird mit $\alpha = 0,85$ angesetzt;
- γ_{c2} der Teilsicherheitsbeiwert für Porenbeton bei sprödem Versagen nach DIN 4223-103.

Bei Scheibenausbildung nach Bild 14 sind die Schnittgrößen infolge Platten- und Scheibenwirkung beim rechnerischen Nachweis der Porenbetonbauteile nach DIN EN 12602:2013-10, Anhang A zu überlagern.

5.9 Bauausführung

5.9.1 Einbau und Auflagerung der Bauteile

Bauteile mit Beschädigungen, die die Tragfähigkeit in unzulässigem Maße vermindern, dürfen nicht eingebaut werden.

Während der Montage muss die Lagesicherheit der Bauteile sichergestellt sein.

Bei der Herstellung von Scheiben ist vor dem ausreichenden Erhärten des Vergussmörtels bzw. des Vergussbetons die Tragfähigkeit der durch die Scheibe auszusteifenden Konstruktion durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen.

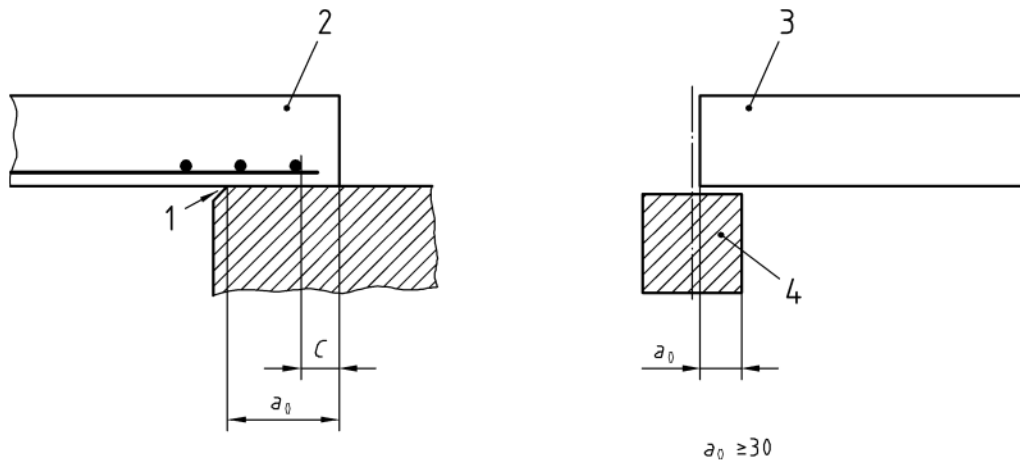
Für die Mindestauflagertiefe gelten die Regeln nach DIN EN 12602:2013-10, A.4 „Auflagertiefe“.

Ergänzend zu DIN EN 12602:2013-10, A.4 „Auflagertiefe“, sind folgende Auflagertiefen zu berücksichtigen:

Die Auflagertiefe a_0 (siehe Bild 15) darf folgende Werte nicht unterschreiten:

- Balken: 100 mm auf Mauerwerk;
- Dach- und Deckenplatten sowie erddruckbelastete Wandplatten:
 - 70 mm auf Mauerwerk,
 - 50 mm auf ebenen Flächen bzw. $1/80$ der Stützweite und Querbewehrung im Auflagerbereich ($c < a_0$);
- horizontal belastete Wandplatten gegen Unterkonstruktion: 30 mm (Stützen, Wände).

Maße in Millimeter

**Legende**

- 1 Abfasung
- 2 Dach- und Deckenbauteil
- 3 Wandbauteil
- 4 Stütze

Bild 15 — Auflagertiefe a_0

Bei Auflagerung von Deckenbauteilen auf Wände aus Mauerwerk oder gleichzustellenden Wandbauarten sind sie in ein Mörtelbett aus Mörtel der Mörtelgruppe III oder Dünnbettmörtel nach DIN V 18580 zu verlegen. Anstelle von Mörtel dürfen andere geeignete ausgleichende Zwischenlagen verwendet werden, wenn nachteilige Folgen für die Tragfähigkeit (z. B. Aufnahme von Querspannungen), die Verformung sowie den Schall- und Brandschutz ausgeschlossen sind. Bei Auflagerung auf Mauerwerk aus Porenbeton-Plansteinen oder auf planmäßig hergestellten Porenbetonbauteilen darf das Mörtelbett entfallen, wenn nachteilige Folgen für die Tragfähigkeit und die Gebrauchstauglichkeit ausgeschlossen sind.

Bei vollflächiger Auflagerung der Bauteile auf Stahlträgern oder ebenen Stahlbetonfertigteilen oder Brett-schichtholzbalken darf auf eine Verlegung im Mörtelbett verzichtet werden.

5.9.2 Kürzen von Bauteilen

Die Bauteile dürfen nur in den vom Herstellwerk ausgelieferten Abmessungen eingebaut werden. In Ausnahmefällen dürfen die Bauteile — außer bei Brandwänden — nachträglich durch Beauftragte des Herstellwerks gekürzt werden, wenn dadurch die Tragfähigkeit nicht beeinträchtigt wird. Das gilt insbesondere im Bereich örtlicher Auflagerungen oder Ausnehmungen und im Bereich der Verankerung der Bauteilbewehrung.

Für das Kürzen der Bauteile dürfen nur technische Hilfsmittel (Trennscheiben, Sägen) benutzt werden, die eine Zerstörung des Porenbetongefüges und eine Beeinträchtigung der Verankerung der Bewehrung vermeiden. Die Schnittflächen von Stählen sind mit einem Korrosionsschutz zu versehen.

Kragarme dürfen in keinem Fall gekürzt werden.

5.9.3 Nachträgliches Herstellen von Aussparungen in Bauteilen

An Bauteilen dürfen keine Stemmarbeiten vorgenommen werden. Das Fräsen, Sägen oder Bohren eines einzelnen Loches rechtwinklig zur Bauteilebene bis zu einem Durchmesser $d = 1/3$ der Bauteilbreite ist

zulässig, wenn für den verbleibenden Querschnitt die Tragfähigkeit nachgewiesen ist. Wird das Loch außerhalb des Herstellwerks der Platte hergestellt, gilt 5.9.2 sinngemäß.

5.9.4 Belastung von Bauteilen während des Montagezustands

Die Bauteile dürfen vor dem Vermörteln der Fugen und vor dem ausreichenden Erhärten des Fugenmörtels ohne das Auslegen von lastverteilenden Laufbohlen betreten oder befahren werden, wenn der charakteristische Wert der Einzellast den Wert von 1,5 kN nicht überschreitet und die Tragfähigkeit der Bauteile unter Berücksichtigung von Öffnungen und Aussparungen für diesen Lastfall nachgewiesen ist.

5.9.5 Verfüllen der Fugen

Für die Verfüllung der Fugen von Platten mit profiliertem Querschnitt, z. B. nach Bild 8, ist mindestens ein Normalmörtel der Mörtelgruppe III nach DIN V 18580, Zementmörtel nach DIN 1045-2:2008-08 oder Beton mindestens der Festigkeitsklasse C12/15 bzw. LC12/13 nach DIN EN 206-1:2001-07 und DIN 1045-2:2008-08 zu verwenden. Die Art des jeweils verwendeten Verfüllmaterials und das Verfüllverfahren sind auf die kleinste Fugenbreite und die kleinste Fugenöffnung abzustimmen.

Vor dem Verfüllen sind diese Bereiche sorgfältig zu säubern und ausreichend anzunässen.

5.9.6 Aufbeton

Werden Dach- und Deckenbauteile mit einem Aufbeton versehen, so ist dieser zu bewehren. Das Verfüllen der Plattenfugen und das Herstellen des Aufbetons sind in einem Arbeitsgang vorzunehmen. In diesem Fall ist ein Beton zu verwenden, dessen Konsistenz und Kornzusammensetzung der Gesteinskörnung auf die Querschnitte der Verfüllnut abgestimmt sind. Das Größtkorn der Gesteinskörnung für den Aufbeton darf in diesem Fall 8 mm nicht überschreiten.

Die für die Bewehrung des Aufbetons nach DIN EN 1992-1-1 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA erforderliche obere und untere Betondeckung ist einzuhalten.

5.9.7 Diskrete Schubdübel

Die Aussparungen für die Schubdübel sind entsprechend den Konstruktionszeichnungen auszufräsen. Dabei darf die Bewehrung der Bauteile nicht beschädigt werden.

Die Aussparungen für die Schubdübel sind mit Beton mindestens der Festigkeitsklasse C12/15 bzw. LC12/13 nach DIN EN 206-1:2001-07 und DIN 1045-2:2008-08 auszufüllen. Vor dem Verfüllen sind diese Bereiche und die Dübelbohrungen sorgfältig zu säubern und ausreichend anzunässen.

5.9.8 Zugbewehrung in den Fugen von Scheiben

Ist in den Fugen von Scheiben eine Zugbewehrung erforderlich, so ist hierfür Betonstahl B500B nach DIN 488-1 mit mindestens 8 mm Durchmesser oder Flach- bzw. Rundstahl nach DIN EN 10025 zu verwenden.

Die Betondeckung der Fugenbewehrung zum oberen und unteren Rand der Fuge muss mindestens 20 mm, zu den seitlichen Fugenrändern mindestens 15 mm betragen.

Die Verfüllnuten der Bauteile, die Ringanker, die Ringbalken und die Scheibenauflegerbereiche sind mit Beton mindestens der Festigkeitsklasse C20/25 bzw. LC20/22 nach DIN EN 206-1:2001-07 und DIN 1045-2:2008-08 zu verfüllen. Vor dem Verfüllen sind diese Bereiche sorgfältig zu säubern und ausreichend anzunässen.

DIN 4223-102:2014-12

6 Wände aus Bauteilen mit statisch nicht anrechenbarer Bewehrung

6.1 Allgemeines

Bauteile mit Beschädigungen, die die Tragfähigkeit in unzulässigem Maße mindern, dürfen nicht eingebaut werden.

Während der Montage muss die Lagesicherheit der Bauteile sichergestellt sein.

6.2 Versetzen auf der Baustelle

Die Bauteile sind vollflächig in ein Mörtelbett aus Normalmörtel nach DIN V 18580 der Mörtelgruppe III zu versetzen.

Alternativ für das Versetzen in ein Mörtelbett ist auch die Anordnung einer so genannten Kimmschicht oder ausgehärteten Mörtelausgleichsschicht zulässig, auf welcher dann die Bauteile in Dünnbettmörtel nach DIN V 18580 versetzt werden dürfen. Für Kimmschichten sind Porenbeton-Plansteine nach DIN EN 771-4 in Verbindung mit DIN V 20000-404 oder DIN V 4165-100 mit der gleichen Rohdichteklasse und mindestens der gleichen Festigkeitsklasse wie die der zu versetzenden Bauteile zu verwenden.

6.3 Verbindung der Bauteile untereinander

Die Bauteile sind durch vollflächiges Vermörteln der Längsseiten mit Dünnbettmörtel nach DIN V 18580 miteinander zu verbinden.

Bei der Montage müssen die Längsseiten der zu verbindenden Bauteile trocken und sauber sein. Der Dünnbettmörtel ist so auf die Seitenflächen aufzubringen und das Zusammenfügen hat so zu erfolgen, dass eine vollflächige Vermörtelung sichergestellt ist.

6.4 Verbindungen von Wänden

Wandecken und Wandkreuzungen sind als Stumpfstoß auszuführen. Die Anschlussfuge der miteinander zu verbindenden Wände ist vollständig mit Normalmörtel nach DIN V 18580 der Mörtelgruppe III oder mit Dünnbettmörtel nach DIN V 18580 zu vermörteln.

7 Umweltbedingungen

Bei der Verwendung des Bauteils im Außenbereich und Erdreich muss dies gegen das Eindringen von Wasser (z. B. durch Putze, Beschichtungen, Verkleidungen, Oberflächenbehandlungen) geschützt werden. Diese Maßnahme muss auch den Fugenbereich umfassen.

DIN 4223-103

ICS 91.100.30

Ersatz für
DIN 4223-5:2003-12**Anwendung von vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus
dampfgehärtetem Porenbeton –
Teil 103: Sicherheitskonzept**

Application of prefabricated reinforced components of autoclaved aerated concrete –
Part 103: Safety concept

Application des éléments préfabriqués armés en béton cellulaire autoclave –
Partie 103: Conception de sécurité

Gesamtumfang 7 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

DIN 4223-103:2014-12

Seite

Inhalt

Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe und Symbole.....	5
3.1 Begriffe	5
3.2 Symbole	5
4 Tragwiderstand	5
5 Grenzzustände der Tragfähigkeit.....	5
5.1 Allgemeines	5
5.2 Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen und den Tragwiderstand im Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	6
6 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	6

Tabellen

Tabelle 1 — Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen auf Tragwerke	6
Tabelle 2 — Teilsicherheitsbeiwerte für die Baustoffeigenschaften	6

Vorwort

Dieses Dokument ist vom Arbeitsausschuss NA 005-07-09 AA „Porenbeton und haufwerksporiger Leichtbeton“ des DIN-Normenausschusses Bauwesen (NABau) ausgearbeitet worden.

DIN 4223, *Anwendung von vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton*, besteht aus:

- *Teil 100: Eigenschaften und Anforderungen an Baustoffe und Bauteile*
- *Teil 101: Entwurf und Bemessung*
- *Teil 102: Anwendung in Bauwerken*
- *Teil 103: Sicherheitskonzept*
- *Teil 104: Bemessung für den Brandfall (in Vorbereitung)*

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

Änderungen

Gegenüber DIN 4223-5:2003-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Norm überarbeitet unter Beachtung von DIN EN 12602:2013-10;
- b) Titel geändert.

Frühere Ausgaben

DIN 4223: 1958x-07
DIN 4223-5: 2003-12

DIN 4223-103:2014-12**1 Anwendungsbereich**

Diese Norm legt die Grundlagen und Anforderungen für die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit von vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton und von Tragwerken fest, die teilweise oder vollständig aus diesen Bauteilen zusammengesetzt sind. Dieser Norm liegt das in DIN EN 1990 und DIN EN 1990/NA festgelegte Sicherheitskonzept zu Grunde. In den folgenden Abschnitten sind zusätzlich bauartspezifische Festlegungen getroffen. Angaben zu den Einwirkungen sind den Normen der Reihen DIN EN 1991 und DIN EN 1991/NA zu entnehmen.

Diese Norm gilt für die Tragwerksplanung von üblichen Hochbauwerken und bezieht sich auf alle Bemessungssituationen außer Brand, in denen das Tragwerk die Anforderungen an die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit erfüllen muss. Sie darf auch für die Tragwerksplanung im Bauzustand und für Tragwerke mit befristeter Standzeit sowie die Planung von Verstärkungs-, Instandsetzungs- oder Umbaumaßnahmen angewendet werden, sofern dafür geeignete ergänzende Regeln in Übereinstimmung mit dem Sicherheitskonzept dieser Norm bestehen.

Die Tragwerksplanung von Bauwerken, an die besondere Sicherheitsanforderungen zu stellen sind (z. B. Kernkraftwerke), wird von dieser Norm nicht erfasst.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 4223-100, *Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton — Teil 100: Eigenschaften und Anforderungen an Baustoffe und Bauteile*

DIN 4223-101, *Anwendung von vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton — Teil 101: Entwurf und Bemessung*

DIN 4223-102, *Anwendung von vorgefertigten bewehrten Bauteilen aus dampfgehärtetem Porenbeton — Teil 102: Anwendung in Bauwerken*

DIN EN 12602:2013-10, *Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton; Deutsche Fassung EN 12602:2008*

DIN EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

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

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

DIN EN 1991/NA (alle Teile), *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN EN 1990, DIN 4223-100, DIN 4223-101 und DIN 4223-102.

3.2 Symbole

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Symbole nach DIN EN 1990 und DIN EN 1990/NA sowie die folgenden Symbole.

- X_d Bemessungswert der Baustoffeigenschaft
- X_k charakteristischer Wert der Baustoffeigenschaft
- γ_{c1} Teilsicherheitsbeiwert für Porenbetoneigenschaften bei duktilem Versagen
- γ_{c1} Teilsicherheitsbeiwert für Porenbetoneigenschaften bei sprödem Versagen
- γ_G Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen
- γ_Q Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Einwirkungen
- γ_s Teilsicherheitsbeiwert für Betonstahl

4 Tragwiderstand

Die dieser Norm zu Grunde liegenden charakteristischen Werte der Baustoffeigenschaften sind in DIN 4223-100 angegeben. Die Berücksichtigung von Langzeiteinflüssen ist in DIN 4223-102 geregelt.

Der Bemessungswert X_d der Baustoffeigenschaft wird allgemein wie folgt beschrieben:

$$X_d = X_k / \gamma$$

Dabei ist

- γ der Teilsicherheitsbeiwert für die Baustoffeigenschaft nach Tabelle 1; es gilt $\gamma = \gamma_{c1}$ für Porenbeton bei duktilem Versagen (Versagen des Querschnitts mit Vorankündigung), $\gamma = \gamma_{c2}$ für Porenbeton bei sprödem Versagen (Versagen des Querschnitts ohne Vorankündigung) und $\gamma = \gamma_s$ für Betonstahl;
- X_k der charakteristische Wert für die Baustoffeigenschaft.

5 Grenzzustände der Tragfähigkeit

5.1 Allgemeines

Grenzzustände der Tragfähigkeit sind diejenigen Zustände, bei deren Überschreitung rechnerisch der Einsturz oder andere Formen des Tragwerksversagens eintreten.

Die Regeln dieser Norm gelten für den Nachweis des Tragwerks gegen Versagen durch Bruch oder Überschreitung der festgelegten Grenzdehnungen eines Bauteilquerschnitts oder einer Verbindung oder durch Systemversagen.

DIN 4223-103:2014-12

Für den Nachweis der Lagesicherheit des Tragwerks (z. B. Abheben, Umkippen, Auftrieb) gelten die Regeln nach DIN EN 1990 und DIN EN 1990/NA.

5.2 Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen und den Tragwiderstand im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Die in DIN EN 1990 angegebenen Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen bei Hochbauten sind für den für Porenbeton typischen Anwendungsbereich der Tabelle 1 zu entnehmen.

Die in Tabelle 2 angegebenen Sicherheitsbeiwerte dürfen nur verwendet werden, wenn der Hersteller den Nachweis erbringt, dass die Festlegungen nach DIN EN 12602:2013-10, Anhang D erfüllt sind.

Tabelle 1 — Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen auf Tragwerke

Auswirkung	Ständige Einwirkungen γ_G	Veränderliche Einwirkungen γ_Q
günstig	1,0	0
ungünstig	1,35	1,5

Bei Bauteilen dürfen für Bauzustände im Grenzzustand der Tragfähigkeit für Biegung und Längskraft sowie die Verankerung die Teilsicherheitsbeiwerte für die ständigen und die veränderlichen Einwirkungen mit $\gamma_G = 1,15$ bzw. $\gamma_Q = 1,15$ angesetzt werden. Einwirkungen aus Krantransport sind zu berücksichtigen.

Wenn der Nachweis der Tragsicherheit im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach DIN EN 12602:2013-10, Anhang A geführt wird, sind die Teilsicherheitsbeiwerte für die Baustoffeigenschaften Tabelle 2 zu entnehmen.

Wenn der Nachweis der Tragsicherheit im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach DIN EN 12602:2013-10, Anhang B geführt wird, ist für die anzusetzenden Teilsicherheitsbeiwerte für die Baustoffeigenschaften eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erforderlich.

Tabelle 2 — Teilsicherheitsbeiwerte für die Baustoffeigenschaften

Bemessungssituation	Porenbeton		Betonstahl
	Duktiles Versagen γ_{c1}	Sprödes Versagen γ_{c2}	γ_s
Ständige und vorübergehende Bemessungssituationen	1,3	1,7	1,15
Außergewöhnliche Bemessungssituationen	1,2	1,4	1,0
Bemessungssituationen infolge von Erdbeben	1,1	1,2	1,0

6 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit umfassen die

- Begrenzung der Spannungen,
- Begrenzung der Rissbreiten,
- Begrenzung der Verformungen.

Für die Einwirkungskombinationen bei den Nachweisen in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit gilt DIN EN 1990.

Die Teilsicherheitsbeiwerte γ_c und γ_s für die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit sind gleich 1,0.

Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau)

Injektionen

Deutsche Fassung EN 12715:2000

DIN**EN 12715**

ICS 93.020

Teilweise Ersatz für
DIN 4093:1987-09

Execution of special geotechnical work – Grouting;

German version EN 12715:2000

Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Injection;

Version allemande EN 12715:2000

Die Europäische Norm EN 12715:2000 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 288 „Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau)“ (Sekretariat: Frankreich, Vorsitz: Deutschland) in der Arbeitsgruppe WG 6 „Injektionen“ unter französischer Federführung erarbeitet. Im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. ist hierfür der NABau-Arbeitsausschuss 05.18.06/Spiegelausschuss zu CEN/TC 288/WG 6 „Injektionen“ zuständig.

Diese Europäische Norm enthält neben den gesetzlichen Einheiten μm , mm , m für die Länge auch die nicht mehr im nationalen amtlichen und geschäftlichen Verkehr aufgrund des Gesetzes über Einheiten im Messwesen zugelassene Einheit Ångström.

Änderungen

Gegenüber DIN 4093:1987-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Grundlegende Überarbeitung unter den Gesichtspunkten einer Europäischen Harmonisierung und
- b) Berücksichtigung der DIN V ENV 1997-1 hinsichtlich der Ausführung von Injektionen.

Frühere Ausgaben

DIN 4093: 1962-06, 1987-09

Fortsetzung 29 Seiten EN

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

– Leerseite –

**EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE**

EN 12715

Juli 2000

ICS 93.020

Deutsche Fassung

Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau)

Injektionen

Execution of special geotechnical work – Grouting

Exécution des travaux géotechniques spéciaux – Injection

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 9. Juni 2000 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 Zentralsekretariat 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 Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	7.4 Injektionsgut	11
1 Anwendungsbereich	3	7.5 Einbringen des Injektionsgutes	12
2 Normative Verweisungen	3	7.6 Überwachungs- und Kontrollkriterien	14
3 Begriffe und Zeichen	3	8 Ausführung	14
3.1 Begriffe	3	8.1 Allgemeines	14
3.2 Zeichen und Einheiten	5	8.2 Bohren	14
4 Erforderliche Informationen und Unterlagen zur Ausführung der Arbeiten	6	8.3 Aufbereiten des Injektionsgutes	15
5 Geotechnische Untersuchung	6	8.4 Injektion	15
5.1 Allgemeines	6	8.5 Injektionsabläufe	16
5.2 Durchlässigkeitsuntersuchung	7	9 Bauüberwachung, Prüfungen und Kontrollen	16
5.3 Injektionsversuche im Untergrund und im Laboratorium	7	9.1 Allgemeines	16
6 Baustoffe und Bauprodukte	7	9.2 Beaufsichtigung	17
6.1 Allgemeines	7	9.3 Überwachung und Kontrolle	17
6.2 Baustoffe für das Injektionsgut	7	10 Aufzeichnungen	18
6.3 Injektionsgut	8	11 Besondere Anforderungen	19
6.4 Probenahme und Prüfung	9	11.1 Sicherheit des Personals	19
7 Hinweise zu Entwurf und Bemessung	9	11.2 Umweltschutz	19
7.1 Vorbemerkungen	9	Anhang A (informativ) Messung von Injektionsparametern	20
7.2 Grundlagen und Ziele der Planung	9	Anhang B (informativ) Glossar	21
7.3 Injektionsprinzipien und -verfahren	10	Anhang C (informativ) Verbindlichkeitsgrad der Festlegungen	26
		Literaturhinweise	29

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 288 „Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Januar 2001, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 2001 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

Diese Norm wurde von der Arbeitsgruppe (WG) 6 des CEN/TC 288 erarbeitet. Generelles Ziel des TC 288 ist die Normung geotechnischer Bauverfahren (einschließlich Prüf- und Kontrollverfahren) und der erforderlichen Materialeigenschaften. Die WG 6 wurde beauftragt, sich mit Injektionen unter Einbeziehung von Verdichtungsinjektionen zu befassen.

Das Dokument wurde mit der Absicht paralleler Gültigkeit mit ENV 1997-1, „Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln“ erstellt. Die vorliegende Norm geht auf Planungsfragen nur im notwendigen Umfang ein, deckt jedoch umfassend alle Anforderungen an Bauausführung und Bauaufsicht ab.

Sie wurde von einer Arbeitsgruppe, welcher Experten aus neun Ländern angehören, unter Berücksichtigung von mehr als zehn bereits existierenden einschlägigen nationalen und internationalen Normen und Richtlinien erarbeitet. Wegen international unterschiedlicher Bauverfahren und entsprechender Erfahrungen kann es notwendig werden, diese Norm oder Teile dieser Norm für besondere oder örtliche Bedingungen durch nationale Anwendungsrichtlinien zu ergänzen.

Die Anhänge A, B und C sind informativ.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm ist auf Ausführung, Prüfung und Überwachung geotechnischer Injektionsarbeiten anwendbar. Da ENV 1997-4 aufgegeben wurde, werden bestimmte Planungsaspekte miteingefasst.

Die Injektion mit geotechnischer Zielsetzung (geotechnische Injektion) ist ein Vorgang, bei dem die Einbringung eines pumpbaren Materials in den Baugrund indirekt kontrolliert wird, indem die rheologischen Kennwerte des Materials entsprechend angepasst und die Einbringungsparameter (Druck, Volumen und Durchflussrate) gesteuert werden.

Folgende Prinzipien und Verfahren der geotechnischen Injektionen werden in dieser Norm behandelt:

- Injektionen mit Baugrundverdrängung (Verdichtungs-injektion, hydraulische Aufbrecheinjektion);
- Injektion ohne Baugrundverdrängung (Poreninjektion, Kluftinjektion, Hohlraumverfüllung).

Spezielle Injektionsanwendungen, welche allgemein mit Bauarbeiten verbunden sind, oder welche aus Katastrophenfällen resultieren, werden in dieser Norm nicht erfasst.

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

EN 196-1, *Prüfverfahren für Zement – Teil 1: Bestimmung der Festigkeit*.

EN 196-2, *Prüfverfahren für Zement – Teil 2: Chemische Analyse von Zement*.

EN 196-3, *Prüfverfahren für Zement – Teil 3: Bestimmung der Erstarrungszeiten und der Raumbeständigkeit*.

ENV 196-4, *Prüfverfahren für Zement – Teil 4: Quantitative Bestimmung der Bestandteile*.

EN 196-5, *Prüfverfahren für Zement – Teil 5: Prüfung der Puzzolanität von Puzzolanzementen*.

prEN 196-8:1997, *Prüfverfahren für Zement – Teil 8: Hydratationswärme – Lösungsverfahren*.

prEN 196-9:1997, *Prüfverfahren für Zement – Teil 9: Hydratationswärme – Teiladiabatisches Verfahren*.

prEN 197-1:2000, *Zement – Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement*.

prEN 197-2:2000, *Zement – Teil 2: Konformitätsbewertung*.

ENV 451, *Prüfverfahren für Flugasche*.

EN 480-1, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 1: Referenzbeton und Referenzmörtel für Prüfungen*.

EN 480-2, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 2: Bestimmung der Erstarrungszeit*.

prEN 480-3:1991, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 3: Bestimmung des Schwindens und Quellens*.

EN 480-4, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 4: Bestimmung der Wasserabsorption des Betons (Bluten)*.

EN 480-5, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 5: Bestimmung der kapillaren Wasseraufnahme*.

EN 480-6, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 6: Infrarot-Untersuchung*.

prEN 480-7:1991, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 7: Bestimmung der Dichte flüssiger Zusatzmittel*.

EN 480-8, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 8: Bestimmung des Feststoffgehalts*.

prEN 480-9:1991, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 9: Bestimmung des pH-Werts*.

EN 480-10, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 10: Bestimmung des wasserlöslichen Chloridgehaltes*.

EN 480-11, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 11: Bestimmung von Luftporenkennwerten in Festbeton*.

EN 480-12, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Prüfverfahren – Teil 12: Bestimmung des Alkalianteils von Zusatzstoffen*.

prEN 934-1, *Zusatzstoffe für Beton, Mörtel und Injektionsgut – Allgemeine Definitionen und Anforderungen für alle Arten von Zusatzstoffen*.

prEN 934-3:1998, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Teil 3: Zusatzmittel für Mauermörtel – Definitionen, Anforderungen und Konformität*.

EN 934-4, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Teil 4: Zusatzmittel für Einpressmörtel für Spannglieder – Definitionen, Anforderungen und Konformität*.

EN 934-6, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel – Teil 6: Probenahme, Konformitätskontrolle, Bewertung der Konformität, Kennzeichnung und Beschriftung*.

ENV 1997-1:1994, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln*.

3 Begriffe und Zeichen

3.1

Begriffe

Die in diesem Abschnitt angegebenen Begriffe sind nur eine Auswahl der wichtigsten Ausdrücke bezüglich geotechnischer Injektionen. Weitere Begriffe enthält das Glossar im Anhang B.

3.1.1

Hohlraumverfüllung

en: bulk filling

fr: injection de comblement

Einbringen von Injektionsgut mit hohem Feststoffgehalt, um große Hohlräume zu füllen

3.1.2

Verdichtungsinjektion (Kompaktionsinjektion)

en: compaction grouting

fr: injection solide

Injektionsverfahren mit Verdrängung des Baugrundes zu dem Zweck, Mörtel mit hoher innerer Reibung in den Boden zu pressen, um den Boden zu verdichten, ohne ihn aufzubrechen

3.1.3

Kontaktinjektion

en: contact grouting

fr: injection de contact

Einbringen von Injektionsgut im Übergang zwischen Bauwerken und dem Baugrund

3.1.4**Verdrängungsinjektion**

en: displacement grouting

fr: injection avec déplacement des terrains

Einbringen von Injektionsgut in einen Baugrund, dergestalt, dass der Boden verformt, verdichtet oder verdrängt wird

3.1.5**wirksamer Druck**

en: effective pressure

fr: pression effective

Tatsächlicher Druck, der im Injektionsgut im Baugrund herrscht

3.1.6**Kluftinjektion**

en: fissure grouting

fr: injection de fissure

Einbringen von Injektionsgut in Klüfte, Fugen, Spalten und Diskontinuitäten, insbesondere in Festgestein

3.1.7**drucklose Verfüllung**

en: gravity grouting

fr: injection gravitaire

Einbringen des Injektionsgutes ohne aktiven Druck, außer demjenigen, den die Höhe der Flüssigkeitssäule im Bohrloch ausübt. Manchmal als drucklose Verfüllung durch offenes Schütt-/Trichterrohr bezeichnet

3.1.8**Injektionsgut**

en: grout

fr: coulis

Pumpbares Material (Suspension, Lösung, Emulsion oder Mörtel), das in eine Formation aus Locker- oder Festgestein eingepresst wird und nach einer bestimmten Zeit ansteift und erhärtet

3.1.9**Injektionsdruck**

en: grouting pressure

fr: pression d'injection

Druck, der während des Injektionsvorganges aufgebracht wird und an festgelegten Stellen (im allgemeinen an der Pumpe oder am Bohrlochkopf) gemessen wird

3.1.10**Hydraulische Rissbildung (Claquage)**

en: hydraulic fracturing

(hydraulic fracture, claquage grouting)

fr: fracturation hydraulique (injection de claquage)

Das Aufbrechen des Untergrundes, ausgelöst durch das Injizieren von Wasser oder Injektionsgut unter einem Druck, der die örtliche Zugfestigkeit und den Begrenzungsdruck überschreitet; auch als Frac-Behandlung, hydraulische Spaltenbildung, hydraulische Hebung oder Claquage bezeichnet

3.1.11**Eindringinjektion**

en: penetration grouting

fr: injection de pénétration

Verfüllen von Fugen oder Rissen im Fels oder von Porenräumen im Boden mit Injektionsgut ohne Baugrundverdrängung. Die Bezeichnung schließt Durchtränkung, Imprägnation durch Porenverfüllung, Kluftinjektion und Kontaktinjektion ein

3.1.12**Poreninjektion (Imprägnation durch Porenverfüllung)**

en: permeation (imprégnation) grouting

fr: injection d'imprégnation

Der Ersatz (Verdrängung) von Porenwasser oder Gas im porösen Medium durch Injektionsgut unter Drücken, welche niedrig genug sind, Verformungen zu verhindern (vermeiden)

3.1.13**Verdrängungsfreie Injektion****(Injektion ohne Baugrundverdrängung)**

en: non-displacement grouting

fr: injection sans déplacement des terrains

Ersatz des natürlichen Porenwassers in den vorhandenen zugänglichen Hohlräumen des Baugrundes durch eine Flüssigkeit oder Mörtel ohne signifikante Baugrundverdrängung. Der Begriff schließt die Ausdrücke Eindringinjektion und Hohlraumverfüllung ein

3.1.14**Stabile Suspension**

en: stable suspension

fr: suspension stable

Stabile Suspensionen zeigen in 2 Stunden bei einer Temperatur von 20 °C im oberen Bereich eines 1 000-ml-Messzylinders mit 60 mm Innendurchmesser weniger als 5 % Klarwasser-Abgabe

3.2 Zeichen und Einheiten

Die folgenden Zeichen und Einheiten werden in dieser Norm verwendet:

Zeichen	Benennung	Einheit
T	Temperatur	°C
V	Injiziertes Volumen	m ³
P	Injektionsdruck	Pa
Q	Injektionsgeschwindigkeit oder Fließrate	m ³ /s oder l/s
k	Permeabilität als absolute Materialeigenschaft ¹⁾	m ²
K	Durchlässigkeitsbeiwert (hydraulische Leitfähigkeit)	m/s
i	Hydraulischer Gradient	Dimensionslos
d_{10}, d_{15} D_{85}, D_{90}	Größte Teilchengröße der kleinsten 10 % bzw. 15 % des Siebdurchganges des Injektionsgutes Größte Korngröße der kleinsten 85 % bzw. 90 % des Siebdurchganges des Untergrundes	mm
t	Abbindedauer, Gelierzeit, Topfzeit, Filmzeit, Gebindeverarbeitungszeit	s
σ_c τ_f	Druckfestigkeit Scherfestigkeit (Fließgrenze)	Pa
σ τ	Normalspannung Scherspannung	Pa
ε	Dehnung	Dimensionslos
$\dot{\gamma}$	Scherrate	s ⁻¹
μ_{app} η ν	Viskosität (scheinbare) (dynamische) (kinematische)	Pa · s, kg/m · s Pa · s m ² /s
c	Kohäsion	Pa
τ_0	Fließspannung	Pa
ρ	Dichte	kg/m ²
γ	Wichte	kN/m ³
t_M	Auslaufzeit (Marsh)	s
R	Eindringtiefe, Ausbreitradius	m

1 Pa = 1 N/m² = 10⁻⁵ bar.1) In der Geotechnik ist es üblich, für die hydraulische Leitfähigkeit (den Durchlässigkeitsbeiwert) Bezeichnung k anzuwenden. Diese Zuordnung gilt jedoch auch in der Fels- und Flüssigkeitsmechanik.

4 Erforderliche Informationen und Unterlagen zur Ausführung der Arbeiten

4.1 Alle für die Ausführung von Injektionsarbeiten wichtigen Angaben sollten zusammen mit der technischen Leistungsbeschreibung bereitgestellt werden.

4.2 Vor Beginn der Injektionsarbeiten müssen folgende technische Angaben auf der Baustelle verfügbar sein:

- Baustellenbedingungen, z. B. Größe, Böschungswinkel, Zugang, Begrenzungen;
- Einschränkungen für die Arbeiten, welche aus umweltrechtlichen Bestimmungen resultieren;
- jegliche Verschmutzung des Untergrundes oder Gefährdung, die das Bauverfahren oder die Sicherheit des Arbeitsumfeldes beeinträchtigen können;
- Planungsunterlagen und technische Leistungsbeschreibung für die Arbeiten.

4.3 Die folgenden Informationen sollten vor Beginn der Arbeiten auf der Baustelle vorliegen:

- geologische und geotechnische Bedingungen (siehe Abschnitt 5);
- Koordinaten der Baustelle im nationalen Koordinatensystem;
- Vorhandensein, Lage und Zustand von allen benachbarten Bauwerken, z. B. Gebäude, Straßen, Ver- und Entsorgungsanschlüsse, unterirdische Bauwerke und ihre Fundamente;
- alle gleichzeitig oder später durchzuführenden Tätigkeiten, die auf die Arbeiten Einfluss nehmen können (z. B. Grundwasserabsenkung oder -dotierung, Tunnel- und andere Tiefbauarbeiten);
- alle Erfahrungen mit Injektions- oder anderen Tiefbauarbeiten auf oder in der Nähe der Baustelle oder relevante Erfahrungen bei Ausführung vergleichbarer Arbeiten unter ähnlichen Bedingungen;
- alle für die Erstellung von Zeichnungen und (falls verlangt) für Erläuterungen des Verfahrens wesentlichen Angaben;
- alle zusätzlichen Anforderungen an Beaufsichtigung, Überwachung oder Prüfung der Arbeiten.

4.4 Folgende Aspekte müssen vor Beginn der Arbeiten festgelegt werden und in schriftlicher Form auf der Baustelle verfügbar sein:

- Anforderung und Verantwortlichkeit für jedwede Überprüfung des Zustandes benachbarter Bauwerke, Straßen, Versorgungsanschlüsse usw. vor Beginn, während und nach Abschluss der Arbeiten;
- spezifische Verfahren und Kriterien für Nachweis, Kontrolle und Abnahme der Injektionsarbeiten;
- eindeutige Zuordnung der Verantwortlichkeiten für Planung, Ausführung, Auswertung der Ergebnisse und Abnahme der Arbeiten.

5 Geotechnische Untersuchung

5.1 Allgemeines

5.1.1 Allgemeine Anforderungen an die Baugrunduntersuchungen sind in den Abschnitten 3 und 7 von ENV 1997-1:1994 sowie in entsprechenden nationalen Richtlinien enthalten.

5.1.2 Für Planungszwecke sollten Baugrunduntersuchungen:

- einen umfassenden geotechnischen Bericht liefern;

- die Aufnahmefähigkeit des Baugrundes für das Injektionsgut festlegen;
- die Grundlage für die Auswahl des Injektionsgutes liefern.

5.1.3 Für die Ausführung sollte der Untersuchungsbericht über den Baugrund folgende besondere Angaben enthalten:

- physikalische und chemische Kennwerte des Baugrundes;
- Höhenkoten des Bodens an den Untersuchungs- und Prüfstellen, relativ zu einer festgelegten Bezugshöhe;
- Lage, Tiefe der Fundamente und Zustand vorhandener oder geplanter Bauwerke;
- Vorhandensein von Anisotropien oder durchlässigen Horizonten, die Einfluss auf die Injektionsarbeiten haben können;
- Orientierung, Häufigkeit und Öffnungsweite der Klüfte im Fels; Zusammensetzung und Art von Klüftfüllungen;
- Lage und Beschaffenheit verfüllter oder offener Hohlräume;
- Vorhandensein von Hindernissen, welche besondere Bohr- und Injektionsverfahren oder -ausrüstungen erfordern;
- Vorhandensein und Charakter von Baugrund, der durch Bohr- oder Injektionsarbeiten gelockert, aufgeweicht oder instabil werden kann, sich auflöst, nachrutscht oder quillt;
- Grundwasserstände und -gradienten und ihre zeitabhängige Veränderung;
- Schichten mit hoher Grundwasserfließgeschwindigkeit und hoher Durchlässigkeit;
- Temperatur, chemische Zusammensetzung, organischer und bakteriologischer Anteil des Grundwassers oder des Baugrundes, falls mit Problemen gerechnet wird.

5.1.4 Im Untersuchungsbericht sollten das geologische und geometrische Modell, die Hohlraumstruktur und ihre vermutliche Entwicklung beschrieben werden. Die Genauigkeit und die Grenzen des Modells sollten hervorgehoben werden.

5.1.5 Wo immer relevant, sollten folgende besondere Aufzeichnungen beim Bohren geführt werden; über:

- Lage und Ursache von Bohrkernverlusten;
- Gebräuche Zonen und Angaben zu getroffenen Stabilisierungsmaßnahmen;
- Wasserstand am Beginn und am Ende eines Bohrabschnittes, Bereiche mit Wasserverlust und -zufluss, Messungen des Spülungsrücklaufes, der Wasserfarbe und der Farbänderungen;
- Verhalten der Bohrvorrichtung (ruckartige, schwere, ruhige, gleichmäßige Bewegung);
- Aufzeichnung der Bohrparameter im Fall von Vollquerschnittsbohrungen;
- Vorschubgeschwindigkeit.

5.1.6 Besonders sorgfältige Untersuchungen sind für Injektionen in Gebirge mit hohen Spannungen und in verunreinigtem Boden durchzuführen.

- Im spannungsreichen Gebirge sind vor der Planung des Injektionsprojekts die in situ-Spannungsbedingungen zu untersuchen.
- Für die Injektion von organischen Gelen in verunreinigte Böden ist die bakteriologische Zusammensetzung des Grundwassers und des Baugrundes zu untersuchen.

5.1.7 Bohrlöcher für Baugrunduntersuchungen sind in geeigneter Weise zu verfüllen, wenn sie nicht mehr benötigt werden.

5.2 Durchlässigkeitsuntersuchung

5.2.1 Die hydraulische Leitfähigkeit des Baugrundes kann:

- ermittelt werden aus in situ-Durchlässigkeitsversuchen oder großangelegten Pumpversuchen;
- abgeschätzt werden aus Laborversuchen an Proben von ungestörtem oder wiederverdichtetem Boden;
- abgeschätzt werden aus der Korngrößenverteilung des Bodens und/oder der Lagerungsdichte des Baugrundes.

5.2.2 Geeignete Korrelationen mit den tatsächlichen Feld-Durchlässigkeiten sollten hergestellt werden.

5.2.3 In jeder Bohrung zur Untersuchung des Baugrundes im Fels sollten Versuche zur Ermittlung der Wasseraufnahme durchgeführt werden, um wasserführende oder besonders hohlraumreiche Bereiche im Bohrloch zu identifizieren. Das Bohrloch sollte entweder während des Bohrens oder unter Verwendung von Packern nach dem Bohren geprüft werden.

5.2.4 Artesische Bereiche sind vor den Versuchen besonders sorgfältig zu isolieren.

5.2.5 Im Fels werden Lugeon-Versuche angewendet, um eine allgemeine Information über die Transmissivität des Untergrundes zu erhalten. Sie bieten jedoch nicht unbedingt eine zuverlässige Korrelation für die Aufnahme eines bestimmten Injektionsgutes.

5.3 Injektionsversuche im Untergrund und im Laboratorium

5.3.1 Injektionsversuche (Feldversuche) werden zur Festlegung oder Bewertung eines Injektionsverfahrens durchgeführt. Sie sollten als Bestandteil der ersten Baugrunduntersuchungen gesehen werden. Wenn sie nicht Teil der Baugrunduntersuchung waren, sollten sie in der abschließenden Entwurfsphase oder im ersten Teil der Ausführungsphase vorgenommen werden. Sie sollten dann ausgeführt werden, wenn die das Projekt einleitenden Baugrunduntersuchungen und örtliche oder vergleichbare Erfahrungen nicht ausreichend sind, die Wirksamkeit eines Injektionsprojektes zu rechtfertigen oder sicherzustellen. Die Injektionsversuche sollten Angaben über Bohrlochabstand, Injektionsdruck, Aufnahme und Art des Injektionsgutes liefern.

5.3.2 Die Injektionsversuche müssen in enger Zusammenarbeit mit dem für das endgültige Injektionsprogramm verantwortlichen Planer geplant und durchgeführt werden.

5.3.3 Die Grenzkriterien für die Eigenschaften des vorgesehenen Injektionsgutes sollten auf Grundlage der während der Feldinjektionsversuche gewonnenen Erfahrung festgelegt werden.

5.3.4 Für jeden Arbeitsschritt der Probeinjektionen sind ausführliche Aufzeichnungen zu machen.

5.3.5 Ein Hinweis auf die Baugrundbedingungen kann auch dadurch erhalten werden, dass Bodenproben unter Laborbedingungen Probeinjektionen unterzogen werden. Durchlässigkeitsmessungen vor und nach Einbringen des Injektionsgutes in die Probe können Entscheidungen über Anzahl der Injektionsstellen, für die Injektionsmischung erwünschte Eigenschaften und das erforderliche Injektionsvolumen erleichtern.

6 Baustoffe und Bauprodukte

6.1 Allgemeines

6.1.1 Alle Bestandteile des Injektionsgutes und das Injektionsgut selbst müssen den Arbeitsvorschriften und

den jeweiligen Europäischen oder nationalen Normen entsprechen.

6.1.2 Die Verträglichkeit aller Bestandteile des Injektionsgutes ist zu bewerten. Außerdem ist eine Beurteilung der möglichen Wechselwirkung zwischen Injektionsgut und Baugrund durchzuführen.

6.1.3 Nach Festlegung der Bezugsquellen der für das Injektionsgut benötigten Baustoffe sind für alle Änderungen vorherige Beprobungen und Verträglichkeitsprüfungen erforderlich.

6.1.4 Baustoffe, die nicht den vereinbarten Qualitätsnormen entsprechen, sind unverzüglich von der Baustelle zu entfernen.

6.2 Baustoffe für das Injektionsgut

6.2.1 Hydraulische Bindemittel und Zemente

6.2.1.1 Zu den hydraulischen Bindemitteln gehören alle Zemente und ähnliche Produkte, die in wässriger Suspension zur Herstellung von Injektionsgut verwendet werden.

6.2.1.2 Mikrofeine (ultra-feine) hydraulische Bindemittel oder Zemente sind durch eine Teilchengröße d_{95} von weniger als 20 μm gekennzeichnet.

6.2.1.3 Besonders für mikrofeine Produkte muss die Körnungslinie bekannt sein.

6.2.1.4 Die Art des hydraulischen Bindemittels im Injektionsgut sollte unter Berücksichtigung seiner Korngrößenverteilung bezogen auf die Öffnungsweite der Spalten und der Porengröße im zu behandelnden Baugrund ausgewählt werden.

6.2.1.5 Zemente unterliegen der prEN 197-1:2000 und prEN 197-2:2000. Prüfverfahren für Zemente sind in EN 196 geregelt. Eigenschaften und Verfahren, welche von diesen Standards (Normen) abweichen und solche, die für Injektionsarbeiten eigentümlich sind, unterliegen dieser Norm.

6.2.2 Tone

6.2.2.1 Natürliche Tone, aktivierte oder modifizierte Bentonite, können dem Injektionsgut auf Zementbasis zugesetzt werden, um Ausbluten und Filtration unter Druck zu reduzieren und Viskosität und Kohäsion (Fließgrenze) des Injektionsgutes zu verändern oder seine Pumpbarkeit zu verbessern.

6.2.2.2 Mineralogie, Korngröße, Wassergehalt und Atterberg-Grenzen des Tones sollten bekannt sein.

6.2.3 Sande, Kiese und Füller

6.2.3.1 Sand und Füller werden in zementhaltigem Injektionsgut oder in Tonsuspensionen im allgemeinen als Füllstoffe oder zur Veränderung der Konsistenz des Injektionsgutes, seiner Beständigkeit gegen Auswaschen oder seiner mechanischen Festigkeit und Verformbarkeit verwendet.

6.2.3.2 Natürliche Sande oder Kiese können dem Injektionsgut unter der Voraussetzung hinzugefügt werden, dass sie keine schädlichen Bestandteile enthalten.

6.2.3.3 Die Granulometrie der im Injektionsgut verwendeten Sande und Füller muss bekannt sein.

6.2.4 Wasser

6.2.4.1 Auf der Baustelle aus natürlichen Vorkommen entnommenes Wasser sollte (besonders auf Chloride, Sulfate und organische Stoffe) untersucht werden, bevor seiner Verwendung zugestimmt werden kann.

6.2.4.2 Meerwasser kann verwendet werden, wenn die Eigenschaften der Injektionsmischung nicht beeinträchtigt werden.

6.2.5 Chemische Produkte und Zusätze

6.2.5.1 Chemische Produkte, wie Silikate und ihre Härter, Materialien auf Ligninbasis, Acryl- oder Epoxidharze, Polyurethane oder andere können für Injektionsarbeiten verwendet werden, wenn sie den Umweltgesetzen entsprechen.

6.2.5.2 Es sind die Wirkungen aller Produkte und Nebenprodukte zu berücksichtigen, die sich aus Reaktionen mit anderen Bestandteilen des Injektionsgutes oder mit dem umgebenden Baugrund ergeben.

6.2.5.3 Zusätze sind organische oder anorganische Produkte, die während des Mischens in geringen Mengen zugegeben werden, um Eigenschaften und Parameter des Injektionsgutes zu modifizieren, z. B. Viskosität, Abbindedauer, Wasserrückgabe, Festigkeit, Beständigkeit, Kohäsion und Durchlässigkeit nach Einbringung.

6.2.5.4 Zusätze zum Injektionsgut, wie Superplastifizierer, Mittel zur Verbesserung der Wasserrückhaltekapazität, Luftporenbildner und andere werden in den Teilen 1, 3, 4 und 6 der prEN 934 und prEN 480-1 bis prEN 480-12 behandelt.

6.2.6 Andere Stoffe

6.2.6.1 Karbonatische oder Füller auf Siliciumdioxid-(Quarz-)Basis, pulverisierte Flugasche (pfa), Puzzolane und Flugasche von thermischen Kraftwerken oder andere inerte oder reaktive Bestandteile im Injektionsgut dürfen unter der Voraussetzung eingesetzt werden, dass sie miteinander chemisch verträglich sind und sowohl beim Einbringen als auch langfristig alle Umweltauflagen erfüllen.

6.2.6.2 Prüfverfahren für Flugasche fallen unter EN 451. Davon abweichende Verfahren und solche, die den Injektionsarbeiten eigentümlich sind, fallen unter diese Norm.

6.3 Injektionsgut

6.3.1 Allgemeines

6.3.1.1 Injektionsgut wird eingeteilt in:

- Suspensionen: entweder partikuläre von Feststoffteilchen geprägte oder kolloidale Suspensionen;
- Lösungen: entweder echte oder kolloidale Lösungen;
- Mörtel.

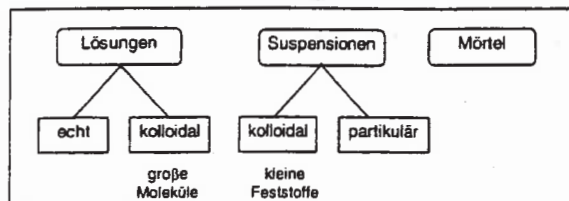


Bild 1 – Einteilung des Injektionsgutes

6.3.1.2 Folgende materialspezifischen Eigenschaften des Injektionsgutes sind bei seiner Auswahl zu berücksichtigen:

- Rheologie (Viskosität, Kohäsion usw.); Abbindedauer, Stabilität;
- Teilchengröße (wo anwendbar);
- Festigkeit und Dauerhaftigkeit (Beständigkeit);
- Toxizität.

6.3.1.3 Die Hauptparameter, welche die Eigenschaften des Injektionsgutes vor und nach dem Abbinden bestimmen, werden in Tabelle 1 angeführt.

6.3.2 Suspensionen

6.3.2.1 Suspensionen werden durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- Korngrößenverteilung der Feststoffteilchen;
- Verhältnis Wasser/Feststoffe;
- Sedimentationsrate und Bluten;
- Wasserrückhaltekapazität bei Druckfiltration;
- rheologische Eigenschaften und Verhalten in Abhängigkeit von der Zeit.

6.3.2.2 Die Körnungslinie der Partikel in mikrofeinen Suspensionen sollte mit einem Lasergranulometer oder einem Gerät mit gleicher Präzision bestimmt werden.

6.3.2.3 Die Koagulationsneigung von Feststoffen in Suspensionen (besonders in mikrofeinen Suspensionen) ist zu berücksichtigen.

6.3.2.4 Der Tendenz von Feststoffen, in Wasser als Folge der Schwerkraft abzusinken, und ihrer Neigung, unter Druckgradienten zu bluten, ist unter besonderer Berücksichtigung von Art und Eigenschaften des zu behandelnden Bodens Rechnung zu tragen.

6.3.2.5 Kolloidale Tonsuspensionen sollten so hergestellt werden, dass die Tonteilchen vor dem Injizieren gut dispergiert und hydratisiert sind.

Tabelle 1 – Parameter, welche die Eigenschaften des Injektionsgutes charakterisieren

	Lösung	Suspension	Mörtel
Vor dem Abbinden	Abbindedauer, Dichte, pH-Wert, Oberflächenspannung, Topfzeit, Filmzeit, Gelzeit, Viskosität, Kohäsion, Thixotropie	Abbindedauer, Dichte, pH-Wert, Korngrößenverteilung, Viskosität, Kohäsion, Fließgrenze, Thixotropie, Stabilität, Wasserrückhaltekapazität	Abbindedauer, Dichte, pH-Wert, Korngrößenverteilung, Viskosität, Verarbeitbarkeit, Wasserrückhaltekapazität
Nach dem Abbinden	Aushärtungszeit, Endfestigkeit, pH-Wert, Verformbarkeit, Haltbarkeit (Dauerhaftigkeit), Schwinden, Ausdehnung, Scherfestigkeit, Synärese (Lösungen auf Silikatbasis)	Aushärtungszeit, Endfestigkeit, Verformbarkeit, Haltbarkeit (Dauerhaftigkeit), Schwinden, Ausdehnung, Dichte, Scherfestigkeit	Aushärtungszeit, Endfestigkeit, Verformbarkeit, Haltbarkeit, Schwinden, Ausdehnung

Tabelle 2 – Anwendung von Harzen als Injektionsgut

Harzart	Art des Baugrundes	Einsatz/Anwendung
Acrylharz	Körniges Lockergestein, fein geklüfteter Fels	Verringerung der Durchlässigkeit Verbesserung der Festigkeit
Polyurethanharz	Große Hohlräume	Verschäumung, um das Eindringen von Wasser zu blockieren (wasserreaktive Harze) Verfestigung oder örtliche Hohlraumfüllung (Zweikomponenten-Harze)
Phenolharz	Feiner Sand und sandiger Kies	Abdichtung und Verfestigung
Epoxidharz	Geklüfteter Fels	Verbesserung der Festigkeiten Verringerung der Durchlässigkeit

6.3.3 Lösungen

6.3.3.1 Einige Arten von Silikat-Injektionsgut sind nur kurzzeitig beständig und ihr Einsatz sollte sorgfältig geprüft werden.

6.3.3.2 Organische Silikatgele können im Baugrund zum Wachstum von Bakterien führen.

6.3.3.3 Die Wirkung der Synärese auf die Eigenschaften des behandelten Baugrundes und auf die Umwelt, besonders ihre Langzeitwirkung, ist vor der Behandlung abzuschätzen.

6.3.3.4 Die Wirkung von Temperaturunterschieden auf das Verhalten des Injektionsgutes während der Herstellung und Einbringung ist zu berücksichtigen.

6.3.3.5 Besondere Aufmerksamkeit ist zu widmen:

- der Giftigkeit einzelner Harz-Injektionskomponenten;
- dem Risiko der Verdünnung des Injektionsgutes im Grundwasser, woraus sich eine Verlängerung der Abbindezeit oder gar die Verhinderung der chemischen Reaktion ergeben kann;
- der Giftigkeit jedweder Stoffe, die ins Grundwasser gelangen ohne dass sie vorher chemisch voll ausreagiert sind, oder wenn diese Stoffe durch den Baugrund verändert wurden.

6.3.3.6 Harze werden üblicherweise in Fällen, wie sie in Tabelle 2 angeführt sind, eingesetzt.

6.3.4 Mörtel

6.3.4.1 Mörtel mit hoher innerer Reibung wird für die Verdichtungsinjektion oder zum Verfüllen von Hohlräumen verwendet. Sein rheologisches Verhalten wird im allgemeinen durch Ausbreitversuche beschrieben (Verarbeitbarkeit, siehe Tabelle A.1).

6.3.4.2 Mörtel, der unter der Wirkung seines Eigengewichtes fließt, wird im allgemeinen zum Verfüllen von Hohlräumen, offenen Klüften, klaffenden Spalten und großporigem, körnigen Lockergestein verwendet. Er muss beständig sein, und sein rheologisches Verhalten (ähnlich wie bei Suspensionen) wird im allgemeinen durch Versuche mit passend ausgewählten Fließtrichtern beschrieben.

6.3.4.3 Wenn Mörtel zur Verdichtungsinjektion verwendet wird, sollte er mindestens 15 % Feinanteile unter 0,1 mm haben.

6.4 Probenahme und Prüfung

6.4.1 Von den Bestandteilen einer Injektionsmischung sowie von der Mischung selbst müssen regelmäßig Proben entnommen werden, um die Übereinstimmung mit den geplanten Anforderungen nachzuweisen.

6.4.2 Es sind genormte Versuchsverfahren (Prüfgeräte, Randbedingungen, Analysen) anzuwenden, um einen Vergleich der Kennwerte von Produkten unterschiedlicher Hersteller zu ermöglichen.

6.4.3 Im Labor sollten die Kennwerte des Injektionsgutes bei einer Umgebungstemperatur von 20 °C geprüft werden.

6.4.4 Falls die Bedingungen auf der Baustelle wesentlich von den Laborbedingungen abweichen (besonders die Temperatur), müssen die Versuche unter Baustellenbedingungen wiederholt werden. Die Temperaturentwicklung während der Versuche muss gemessen und dokumentiert werden.

6.4.5 Tabelle A.1 stellt Verfahren für die Prüfung der wichtigeren Parameter des Injektionsgutes vor.

7 Hinweise zu Entwurf und Bemessung**7.1 Vorbemerkungen**

7.1.1 Die grundlegende Norm für die Planung von Injektionen ist ENV 1997-1:1994, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln.

7.1.2 Die vorliegende Norm ergänzt das oben genannte Dokument und legt zusätzliche Anforderungen und Empfehlungen für Planung und Ausführung zu Anwendungen von geotechnischen Injektionen fest.

7.2 Grundlagen und Ziele der Planung

7.2.1 Bei Entwurf und Planung einer Injektionsanwendung sollte ein flexibles Vorgehen gewählt werden, damit eine Anpassung an unvorhergesehene Baugrundbedingungen oder auftretende Änderungen im Verhalten des Baugrundes im Zuge der Arbeiten möglich ist.

7.2.2 Die wesentlichen Ziele geotechnischer Injektionen sind:

- Veränderung der hydraulischen/hydrogeologischen Kennwerte des Baugrundes;
- Veränderung der mechanischen Eigenschaften des Baugrundes;
- Verfüllung von natürlichen Hohlräumen, Grubengebäuden, Hohlräumen im Übergang von Bauwerken zum Untergrund;
- Herbeiführen von Verformungen im Boden, welche als Kompensation von Baugrundverlusten oder zur Stabilisierung und Anhebung von Fundamenten, Platten und Fahrbahnen dienen.

7.2.3 Für eine Planung von Injektionsarbeiten müssen folgende Angaben verfügbar sein:

- die Festlegung der Injektionsziele und Kontrollkriterien;
- ausreichende Informationen über den Baugrund, besonders unter geologischen, geotechnischen und hydrogeologischen Gesichtspunkten (einschließlich der chemischen Zusammensetzung des Wassers), soweit sie für Injektionen wichtig sind (siehe Abschnitt 5);
- Einschränkungen, welche sich zwangsweise aus Rücksichten auf die Umwelt ergeben, Einfluss durch oder auf benachbarte Bauwerke (Gebäude und Fundamente) oder andere Parameter, die auf die Auswahl der Injektionsmischung und des Injektionsverfahrens Einfluss nehmen können;
- Hinweise auf andere Injektionsprojekte, die in der Nähe oder unter vergleichbaren Umständen ausgeführt wurden.

7.2.4 Aufbauend auf die Baugrunduntersuchung, Injektionsversuche und Planung sind die folgenden Aspekte in den Arbeitsunterlagen zu berücksichtigen und anzusprechen:

- Form und Volumen des zu behandelnden Baugrundes;
- messbare Eigenschaften, die erreicht werden müssen und über die gesamte Lebensdauer des Projektes erhalten bleiben;
- Bohrverfahren und Raster der Bohrungen;
- anzuwendende Injektionstechniken und -verfahren;
- Austeilung/Abstand der Injektionsstellen;
- Abfolge der Injektionen hinsichtlich Zeit, Rezeptur des Injektionsgutes und Injektionsstellen;
- zulässige Grenzwerte für die Injektion (Injektionsdruck, Durchflussrate und Menge des einzubringenden Injektionsgutes);
- Rezepturen der Injektionsmischung;
- erforderliche Prüfungen und Kontrollen auf der Baustelle vor, während und nach der Injektion;
- für Überwachung und Datenerfassung erforderliche Geräte.

7.2.5 Folgende Aspekte sollten während der Injektion beachtet werden:

- die Zuverlässigkeit und Vollständigkeit der verfügbaren Angaben über den Baugrund;
- das erforderliche Verhalten des Injektionsgutes;
- vorhandene Bauwerke und ihr Zustand;
- durch die Injektionsarbeiten erzeugte Veränderungen des in-situ-Spannungszustandes und Porenwasserdruckes, der aktuellen Grundwasserverhältnisse sowie zu erwartender Zustände nach Bauende;
- Toxizität der Injektionsprodukte;
- das Arbeitsumfeld, in dem die Baustoffe für das Injektionsgut zu lagern, zu mischen und einzubringen sind;
- die Verfügbarkeit und der zuverlässige Nachschub an Injektionsstoffen;
- umwelt- und sicherheitsbedingte Einschränkungen.

7.3 Injektionsprinzipien und -verfahren

7.3.1 Allgemeines

7.3.1.1 Die Einbringung des Injektionsgutes in einen Baugrund kann entweder mit oder ohne Verdrängung des Baugrundes erreicht werden. Bild 2 zeigt die verschiedenen Injektionsverfahren und ihre Beziehung zu diesen beiden Prinzipien.

7.3.1.2 Die Bezeichnung Verfestigungsinjektion wird mitunter verwendet, um eine durch die Poreninjektion erreichte Verbesserung der Festigkeits- oder Verformungskennwerte des Bodens zu beschreiben. Das Ziel der Verfestigungsinjektion in Lockergestein und Fels ist eine Verbesserung des Baugrundes insoweit, als unzulässige Verformungen ausgeschlossen werden. Da diese Bezeichnung keinem Injektionsprinzip oder -verfahren zuzuordnen ist, wird sie im weiteren Text nicht angewendet.

7.3.1.3 Die Bezeichnung Kompensationsinjektion wird angewendet, wenn während der Injektion ein durch Tunnelvortrieb oder Aushubarbeiten verursachter Baugrundverlust zu kompensieren ist.

7.3.2 Injektion ohne Baugrundverdrängung (verdrängungsfreie Injektion)

7.3.2.1 Poren- oder Durchdringungsinjektion (Imprägnation durch Porenfüllung)

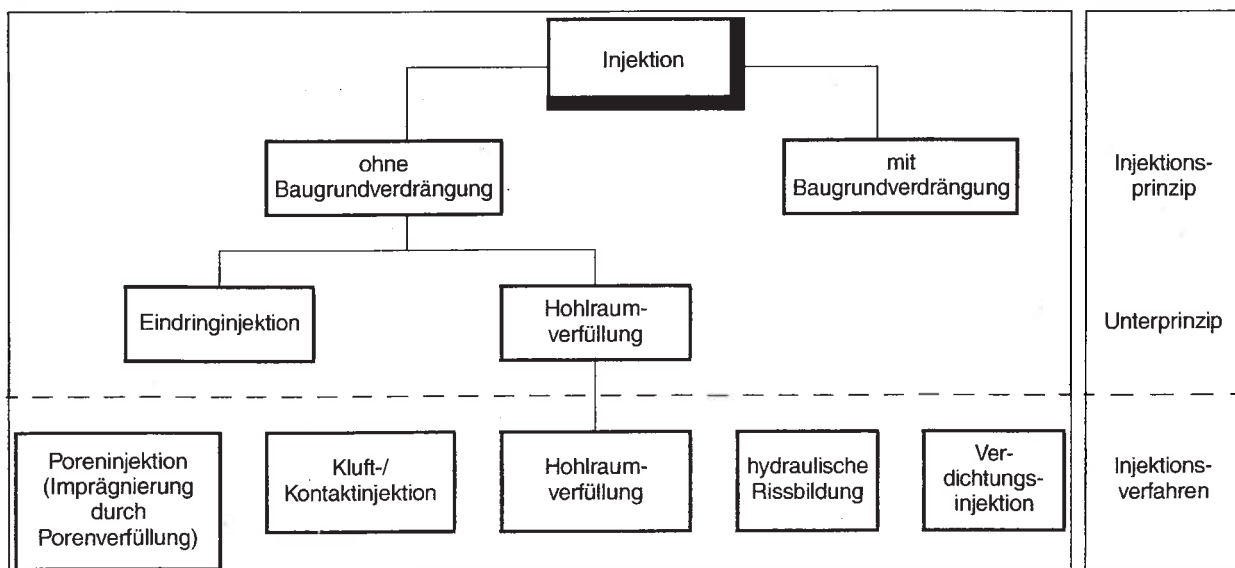


Bild 2 – Injektionsprinzipien und -verfahren

7.3.2.1.1 Poreninjektion (Imprägnation durch Porenverfüllung) beabsichtigt die Verfüllung mit Injektionsgut aller zugänglichen Zwischenräume zwischen den Körnern in durchlässigem Lockergestein, ohne die ursprüngliche Lagerung des Baugrundes zu stören. Die Durchlässigkeit des Baugrundes wird verringert, während sich Festigkeit und Dichte im allgemeinen erhöhen.

7.3.2.1.2 Um eine Verdrängung zu vermeiden, ist die Poreninjektion bei sorgfältig kontrollierten Drücken und Durchflussraten durchzuführen.

7.3.2.2 Kluft- und Kontaktinjektion

7.3.2.2.1 Kluftinjektion bewirkt, dass offene Klüfte, Risse und Spalten im Fels ohne Erzeugung neuer oder Ausdehnung vorhandener Risse mit Injektionsgut verfüllt werden, um die Durchlässigkeit des behandelten Baugrundes zu verringern und/oder seine Festigkeit zu erhöhen.

7.3.2.2.2 Häufigkeit, Orientierung, Länge, Öffnungsweite, Rauigkeit und Füllmaterial der Diskontinuitäten müssen für die Planung bekannt sein.

7.3.2.3 Hohlraumverfüllung

7.3.2.3.1 Hohlraumverfüllung wird zur Verfüllung großer natürlicher oder künstlicher Öffnungen eingesetzt. Mit dem Wort Hohlraumverfüllung wird im allgemeinen das drucklose oder unter geringen Drücken erfolgende Einbringen großer Mengen an Injektionsgut bezeichnet.

7.3.2.3.2 Falls ein großes Zementvolumen in einen geschlossenen Hohlraum eingebracht wird, ist die Wirkung von örtlich hohen Temperaturen und damit induzierten Spannungen zu berücksichtigen.

7.3.2.3.3 Der Hohlraumverfüllung darf eine Injektionsphase unter Druck folgen, um die noch verbliebenen Hohlräume zu füllen.

7.3.3 Injektion mit Baugrundverdrängung (Verdrängungsinjektion)

7.3.3.1 Allgemeine Hinweise

7.3.3.1.1 Bei der Verdrängungsinjektion wird Injektionsgut unter Druck eingebracht, um in beabsichtigter Weise den Baugrund räumlich zu verdrängen. Verdrängungsinjektion ist die übergeordnete Bezeichnung für Verdichtungsinjektion und hydraulische Rissbildung (Clauage). Die Verdrängungsinjektion wird angewendet, um die Dichte eines plastisch verformbaren Materials bzw. – wenn dabei die Grenze der plastischen Verformung überschritten wird – das Volumen des behandelten Baugrundes zu erhöhen.

7.3.3.1.2 Die kontrollierte Verdrängungsinjektion kann zur Verfestigung des Baugrundes unter vorhandenen Bauwerken eingesetzt werden.

7.3.3.2 Hydraulische Rissbildung

7.3.3.2.1 Injektion durch hydraulische Rissbildung wird verwendet für:

- Stabilisierung oder Verfestigung des Baugrundes (Lockergestein oder Fels);
- zur Erzeugung einer kontrollierten Hebung von Bauwerken;
- das Erreichen einer Abdichtungswirkung durch Herstellung von Abschottungen im Baugrund.

7.3.3.2.2 Aufgrund der Schwierigkeit, die Fortpflanzung eines hydraulischen Risses unter Kontrolle zu halten, sollte das Injektionsziel in mehreren zeitlich gestaffelten Injektionsphasen angestrebt werden.

7.3.3.3 Verdichtungsinjektion

7.3.3.3.1 Die Verdichtungsinjektion bezieht sich auf das Eindringen von vergleichsweise steifem (viskosem), partikulärem Injektionsgut in den Untergrund, um damit Verdrängung und Verformung im Boden auszulösen. Das Injektionsgut wird üblicherweise durch unten offene Injektionsrohre in den Boden gepresst. Die Konsistenz des Injektionsgutes wird so gewählt, dass das Injektionsgut homogen bleibt und der Baugrund weder durchdrungen noch hydraulisch aufgerissen wird. Die Verdichtungsinjektion wird am häufigsten angewendet, um lockeren Baugrund zu verdichten und um Bauwerke, die sich gesetzt haben, anzuheben.

7.3.3.3.2 Das endgültige Flächenraster der Bohrlöcher zum Einbringen des Injektionsgutes wird im allgemeinen während des Injektionsvorganges entsprechend den Ergebnissen von in der Mitte des Primärrasters durchgeführten Kontrollprüfungen festgelegt.

7.3.3.3.3 Das allmähliche Abklingen des Porendruckes in gering durchlässigem Baugrund ist bei Kontrollmaßnahmen zu berücksichtigen.

7.4 Injektionsgut

7.4.1 Art und Zusammensetzung

7.4.1.1 Art und Rezeptur des Injektionsgutes sind nach den Baugrundbedingungen und Arbeitsvorschriften auszuwählen.

7.4.1.2 Nationale Normen sind auf Anwendungsbeschränkungen für bestimmte Injektionsgüter hin zu prüfen.

7.4.2 Allgemeine Hinweise

7.4.2.1 Damit die Festlegungen der Leistungsbeschreibung zu Injektionsarbeiten auch umgesetzt werden können, sind bei der Planung folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Zweck der Behandlung;
- Festlegungen der zeitlichen Aufeinanderfolge und Abläufe beim Einbringen des Injektionsgutes;
- Umweltbedingungen;
- rheologische Eigenschaften des Injektionsgutes und ihre zeitabhängige Veränderung, z. B. Wassergehalt der festen Bestandteile einer Injektionsmischung;
- Abbindedauer und Aushärtungszeit des Injektionsgutes;
- Verträglichkeit der einzelnen Bestandteile der Injektionsmischungen mit dem Verteilerleitungssystem und dem Baugrund;
- physikalische Eigenschaften nach dem Abbinden;
- Synäresewirkungen auf die Beständigkeit der mechanischen Eigenschaften des behandelten Baugrundes (für Injektionsgut auf Silikatbasis).

7.4.2.2 In der Planung sind folgende Umwelt-Aspekte zu berücksichtigen:

- Größe der durch das Injektionsgut zu füllenden Öffnungen sowie Größe der festen (hydratisierten) Bestandteile des Injektionsgutes unter besonderer Beachtung der Größe der Porenengstellen (kleinste Zugangsfläche) anstatt der Porosität;
- Durchlässigkeit des zu injizierenden Baugrundes und Eindringfähigkeit des Injektionsgutes;
- Chemie des Grundwassers, Anmachwassers und des Baugrundes;
- Temperatur des Baugrundes und des Injektionsgutes;
- Risiko und Auswirkung des Austrocknens von Injektionsgut sofern es Licht und Luft ausgesetzt ist;
- Einfluss auf die Umwelt während des Mischens, Verarbeitens und Einbringens des Injektionsgutes;
- Umweltbelastungspotential des Injektionsgutes.

7.4.2.3 Wenn Poren- bzw. Durchtränkungsinjektion (auch Durchdringungsinjektion) ausgeführt wird, sollten die Abmessungen der in Verbindung stehenden Poren (effektive Porosität) oder vergleichsweise Kluftabmessungen bekannt sein, bevor die Mischungen selbst geplant werden. Dies ist insbesondere auf Suspension zu beziehen, bei denen sowohl Filterkriterien (Verhältnis zwischen Partikelgrößen und Porendurchmessern) als auch die Stabilität der Mischung unter dem Injektionsdruckgradienten im Boden untersucht werden sollten. Weiterhin sollte die Kohäsion (Fließgrenze) auf die Reichweite der Behandlung und die Viskosität der Injektionsmischung auf die zulässigen Arbeitsdrücke abgestimmt werden.

7.4.2.4 Die Abbindedauer hängt von folgenden Faktoren ab:

- Volumen des herzustellenden und einzubringenden Injektionsgutes;
- Durchlässigkeit des Baugrundes;
- untereinander in Verbindung stehende Porensysteme im Baugrund;
- Grundwasserfließrate;
- Injektionsdauer für einen Arbeitsdurchgang (Injektionspasse);
- erwartete (Chargen-)Verarbeitungszeit.

7.4.3 Parameter und Kriterien

7.4.3.1 Für die Durchführung sind Bereich und Mittelwerte für folgende Parameter des Injektionsgutes unter vorgegebenen Umweltbedingungen festzulegen:

- Dichte, Viskosität, Fließgrenze oder Kohäsion;
- Scher- und Druckfestigkeit;
- Korngrößenverteilung des Zementes oder Bindemittels;
- Wasserrückhaltekapazität;
- für Silikatgele der relative Prozentanteil von Reagens und Silikat (Neutralisationsgrad);
- Absetzmaß.

7.4.3.2 Tabelle A.1 gibt die einzuhaltenden Messbedingungen für die wichtigsten Parameter für alle Klassen von Injektionsgut an.

7.4.3.3 In der Planung sollten außerdem Kriterien zur Auswahl einer bestimmten Mischung festgelegt werden, falls verschiedene Mischungen vorgesehen sind; ferner sind die zulässigen höchsten und niedrigsten Temperaturen während der Verarbeitung und Einbringung des Injektionsgutes anzugeben.

7.4.3.4 Für Lockerböden kann eine „Injizierbarkeits-Kennzahl“ wie beispielsweise das D_{10}/d_{90} – oder D_{15}/d_{85} – Kriterium angewendet werden, um damit die Eindringfähigkeit von partikulären Mischungen (Suspensionen) abzuschätzen (siehe Glossar). Im Fall von Felsinjektionen wird das Verhältnis der größten Partikelabmessung zur Rissweite (üblicherweise wird ein Verhältnis von eins zu drei (1/3) angenommen) verwendet.

7.4.3.5 Kriterien für den Wechsel oder die Anpassung der Mischungsrezeptur sollten ebenfalls bereits bei Beginn der Arbeiten für den Fall festgelegt sein, dass:

- die Injektionsgutaufnahmen deutlich über denen der Planungs-Annahme liegen;
- keine Aufnahme mit dem geplanten Injektionsgut erzielt wird;
- unerwünschte Bewegungen des Baugrundes eintreten.

7.4.4 Einsatzbereiche

7.4.4.1 Tabelle 3 zeigt die Arten von Injektionsgut und ihre Anwendbarkeit auf verschiedene Arten von Baugrund.

7.4.4.2 Ummantelungsmischungen für Manschettenrohre sollen so beschaffen sein, dass das Aufsteigen des Injektionsgutes im Ringraum verhindert und ein Aufbrechen der Mischung zwischen Manschette und Boden ermöglicht wird.

7.5 Einbringen des Injektionsgutes

7.5.1 Allgemeines

7.5.1.1 Die Verfahren zum Einbringen des Injektionsgutes sind speziell für den jeweiligen Auftrag in Abhängigkeit von Planungskonzept und -absicht auszuwählen.

7.5.1.2 Folgende Faktoren bestimmen das Injektionsverfahren:

- Volumen des Injektionsgutes V je Arbeitsdurchgang (Passe);
- Injektionsdruck P ;
- Durchflussrate oder Einbringungsgeschwindigkeit Q ;
- Rheologie des Injektionsgutes.

7.5.1.3 Die Planung sollte aufzeigen, wie Q , V und P einer bestimmten vorgesehenen Mischung an die bei der Einbringung des Injektionsgutes zu erwartende Reaktion des Baugrundes anzupassen sind.

7.5.1.4 Bei der Poreninjektion sollte die Durchflussrate (Injektionsrate) Q so begrenzt werden, dass der wirksame Druck niedriger als der Aufbrechdruck des Bodens bleibt.

7.5.1.5 Die Wirkung der durch die Behandlung modifizierten Porenwasserdrücke sowie die zugehörigen Veränderungen des in situ-Spannungszustandes sollten beachtet werden.

7.5.2 Bohrraster und Bohrlochplanung

7.5.2.1 Die relative Anordnung der Injektionspunkte innerhalb des zu behandelnden Baugrundes ist abhängig von:

- der Form des zu injizierenden Körpers;
- räumlichen und physischen Einschränkungen für die Anordnung der Bohrlöcher;
- erwarteten Richtungsabweichungen der Bohrlöcher;
- der Einschätzung der erwarteten Injektions-Reichweite (Aktionsradius) im Baugrund.

7.5.2.2 Anzahl, Lage, Abstand, Teufe, Durchmesser, Neigung und Richtung der Bohrlöcher und Injektionsstellen müssen von geologischen Bedingungen, Art der zu injizierenden Struktur, angestrebten Ergebnissen, Injektionsverfahren und -zweck, Art des anzuwendenden Injektionsgutes, Injektionsdruck und Aufnahmezeit an Injektionsgut abhängig gemacht werden. Bei der Planung ist die Möglichkeit einer Veränderung der oben aufgeführten Parameter vorzusehen.

7.5.2.3 Die Planung sollte, wann immer nur möglich, durch Injektionsversuche im Baugrund verbessert werden.

7.5.2.4 Die Lage aller Injektionsbohrungen ist planlich darzustellen und die einzelnen Bohrlöcher sind zu nummerieren.

7.5.2.5 Die Raumstellung von Schichtflächen, Kluft- oder Bruchflächen ist bei der Kluftinjektion von Fels zu berücksichtigen. Die Bohrlöcher sind entsprechend der Richtung und dem Abstand der offenen Hauptstrukturen anzuordnen.

7.5.2.6 Der Bohrlochdurchmesser sollte nach Art und Zustand des zu injizierenden Gebirges und nach der Tiefe und Neigung des Loches festgelegt werden. Er sollte so ausgewählt werden, dass alle vorgesehenen Bohrloch-Versuche möglich sind.

Tabelle 3 – Hinweise für die Anwendung von Injektionsgut für unterschiedliche Baugrundarten

Baugrund	Bereich	Verdrängungsfreie Injektion			Verdrängungs- injektion
		Poren- oder Durchdringungs- injektion	Kluft- oder Kontaktinjektion	Hohlraum- verfüllung	
Körniges Locker- gestein	Kies, grober Sand und sandiger Kies $K > 5 \times 10^{-3}$ m/s	Reine Zement- suspensionen, Suspensionen auf Zementbasis			Suspensionen auf Zementbasis, Mörtel
	Sand 5×10^{-5} m/s $< K < 5 \times 10^{-3}$ m/s	Feinstbindemittel- Suspensionen, Lösungen			
	Mittel- bis Feinsand 5×10^{-6} m/s $< K < 1 \times 10^{-4}$ m/s	Feinstbindemittel- Suspensionen, Lösungen, spezielle chemische Produkte			
Klüftiges Gebirge	Störungen, Risse, Karst $e > 100$ mm		Mörtel auf Zementbasis, Suspensionen auf Zementbasis (Tone als Füllstoff)	Mörtel auf Zementbasis, Suspensionen auf Zementbasis mit kurzer Abbindedauer, Polyurethan- schäume, andere wasserreaktive Produkte	
	Klüfte, Risse $0,1 \text{ mm} < e < 100 \text{ mm}$		Suspensionen auf Zementbasis, Feinstbindemittel- Suspensionen		
	Mikroklüfte $e < 0,1 \text{ mm}$		Feinstbindemittel- Suspensionen, Silikatgele, spezielle chemische Produkte		
Hohlraum	Große Hohlräume			Mörtel auf Zementbasis, Suspensionen auf Zementbasis mit kurzer Abbindedauer, Polyurethan- schaum, andere wasserreaktive Produkte	

(e = Rissweite)

7.5.2.7 Bohrlochabweichungen sollten durch sorgfältiges Arbeiten so gering wie möglich gehalten werden, und bei der Planung sollte der Abstand zwischen den Bohrlöchern so festgelegt werden, dass den erwarteten Abweichungen Rechnung getragen wird. Im allgemeinen sollte die Bohrlochachse bei Bohrtiefen bis 20 m um höchstens 3 % der Länge von der vorgesehenen Richtung abweichen. Bei größeren Bohrtiefen sollte der Abstand zwischen benachbarten Bohrlöchern so angepasst werden, dass diese Abweichungen Berücksichtigung finden.

7.5.3 Injektionsablauf

7.5.3.1 Die einfachste Form der Injektion besteht darin, dass eine einzige Art eines Injektionsgutes durch ein einziges Bohrloch eingebracht wird.

7.5.3.2 Der Ablauf kann jedoch in mehreren Stufen und verteilt auf viele Bohrlöcher so erfolgen, dass jede Stufe eine Aneinanderfolge von Injektionen mit unterschiedlichem Injektionsgut erfordert.

7.5.3.3 Bei der Planung sind daher folgende Variablen festzulegen:

- Art und Weise, in der die Injektion des zu behandelnden Baugrundes erfolgt (einwärts oder auswärts, von oben nach unten oder von unten nach oben usw.);
- die Anzahl der Injektionsphasen;
- Anzahl der Injektionsphasen je Abschnitt;
- Art des bei jeder Injektionsphase einzubringenden Injektionsgutes.

7.5.4 Injektionsdruck

7.5.4.1 In der Praxis wird der Injektionsdruck im allgemeinen an der Injektionspumpe und/oder am Bohrlochkopf gemessen. Veränderungen der Druckhöhe und Reibungsverluste im Injektionssystem bewirken jedoch, dass sich dieser „Betriebsdruck“ von dem im Baugrund vorhandenen „wirksamen Druck“ unterscheidet.

7.5.4.2 Im Fels kann der „wirksame Injektionsdruck“ festgelegt werden, indem er auf den Druck bezogen wird, bei dem:

- das Gebirge unter Zugspannung aufbricht;
- vorwiegend horizontale Ebenen im Gebirge aufgespalten werden und Verschiebungen im Gebirge auftreten; oder
- eine Aufweitung der behandelten Klüfte auftritt.

7.5.4.3 Bei der Injektion ohne Verdrängung im Lockergestein hängt der maximale wirksame Injektionsdruck (oder Grenzdruck) vom Begrenzungsdruck an der Injektionsstelle ab.

7.5.4.4 Bei verdrängungsfreier Injektion richtet sich der zulässige Injektionsdruck nach jenem maximalen Druck, unter dem das Injektionsgut in den Boden eingebracht wird, ohne unerwünschte Verformungen zu verursachen.

7.5.4.5 Bei verdrängungsfreier Injektion muss in der Planung ein Wert für den zulässigen Injektionsdruck angegeben sein.

7.6 Überwachungs- und Kontrollkriterien

7.6.1 Bei der Planung sind Kriterien für Überwachung und Kontrolle vor, während und nach Ausführung von Injektionsarbeiten festzulegen; es ist anzugeben, welche der folgenden Parameter wie zu überwachen und zu kontrollieren sind:

- Eigenschaften des Injektionsgutes während der Verarbeitung und Einbringung;
- Toleranzen für Richtung und Neigung der Bohrlöcher (Herstellgenauigkeit beim Bohren);
- Kriterien für den Abbruch der Injektion nach jeder Pässe;
- nach jeder Injektionsphase und/oder am Ende des Projektes erreichte Ergebnisse;
- Bewegung oder Verformungen des Baugrundes;
- Chemismus des Wassers;
- Wasserstände in vorhandenen Brunnen oder Pegel.

7.6.2 Abbruchkriterien für eine Injektionspasse sollten sich auf folgende Punkte stützen:

Im Lockergestein:

- Grenzdruck oder -volumen;
- Bewegung (Hebung) des Baugrundes, ausgelöst dadurch, dass bei der Injektion der zulässige Wert überschritten wird;
- Austritt von Injektionsgut zu/an der Oberfläche, in Gebäude oder benachbarte Bohrlöcher;
- Umläufigkeit der Packer.

Im Gebirge:

- Grenzdruck (max. Grenzwiderstand) und/oder -volumen;
- Bewegung des Baugrundes;
- Austritt von Injektionsgut;
- unzulässiger Verlust von Injektionsgut in benachbarte Bereiche.

7.6.3 Die Planung muss die Kontrollkriterien und die durchzuführenden Prüfungen festlegen, mit welchen nachzuweisen ist, dass die Ziele der Injektionsarbeiten erreicht wurden.

8 Ausführung**8.1 Allgemeines**

8.1.1 Injektionsprojekte müssen mit qualifiziertem Personal besetzt werden. Verantwortliches Personal in Schlüsselstellungen muss vorangegangene Injektionserfahrung besitzen.

8.1.2 Zu der für Injektionen erforderlichen Ausrüstung gehören:

- Bohr- und Rammeinrichtungen;
- Misch- und Dosiereinrichtungen;
- Pumpen;
- Injektionsrohre/Leitungen;
- Packer;
- Überwachungs- und Versuchsausrüstung.

8.1.3 Die für die Verarbeitung des Injektionsgutes verwendete Ausrüstung muss den zu erwartenden maximalen Injektionsdrücken sicher standhalten.

8.1.4 Die Wartung der Injektionsausrüstung muss während der gesamten Dauer der Arbeiten von qualifiziertem Personal durchgeführt werden.

8.2 Bohren

8.2.1 Es können die nachstehenden Bohrverfahren angewendet werden:

- Drehbohrverfahren;
- Hammerbohrverfahren mit Außen-Hammer oder Im-Loch-Hammer;
- Hammerbohrverfahren mit Verrohrung;
- mit Greifer, Meißel und Bohr-Büchse hergestellte Bohrungen;
- Rammen von Einpresslanzen;
- Einrütteln von Verrohrungen oder Bohrgestängen.

In nicht standfestem Baugrund können für Vollquerschnittsbohrungen folgende Maßnahmen erforderlich sein:

- Einsatz von Bohrspülung, Injektionsgut oder Schäumen;
- temporäre Verrohrung;
- direkter Einbau von Manschettenrohren;
- progressive Stabilisierung beim Vortrieb des Bohrloches.

Wenn artesische Bedingungen zu erwarten sind, kann Bohren unter Gegendruck erforderlich sein.

8.2.2 Spülmittel für die Bohrungen und Bohrtechniken sind so auszuwählen, dass der Erfolg der nachfolgenden Injektionsarbeiten (unter besonderer Beachtung der Auswirkungen von Durchlässigkeitsänderungen an der Injektionsstelle) nicht beeinträchtigt wird.

8.2.3 Bei Bedarf sollten Neigung, Richtung und Abstand der Injektionsbohrungen vor Ort angepasst werden. Neue Bohrlöcher sollten als Ersatz für vorzeitig verstopfte oder unzulässig abgewichene Löcher abgeteuft werden.

8.2.4 Bei offenen Bohrlöchern sollte der Bohrlochkopf geschützt werden, um eine Verunreinigung des Bohrloches zu vermeiden, falls die Injektion nicht unmittelbar nach dem Freispülen erfolgt.

8.2.5 Nach dem Bohren sind offene Bohrlöcher im Fels zu spülen, um Bohrklein und lose Gesteinsbruchstücke zu entfernen sowie Risse und Spalten zu öffnen. Diese Behandlung darf nicht angewendet werden, wenn der Fels durch das Spülmittel nachteilig beeinflusst werden kann.

8.3 Aufbereiten des Injektionsgutes

8.3.1 Lagerung

Die Bestandteile des Injektionsgutes sind so aufzubewahren, dass sie nachteiligen Witterungseinflüssen (besonders Temperatur und Feuchte) nicht ausgesetzt sind.

8.3.2 Aufbereiten von Chargen und das Mischen

8.3.2.1 Das Injektionsgut und seine Bestandteile dürfen bei der Lagerung, Handhabung und Verteilung nicht verunreinigt werden.

8.3.2.2 Die Vorratsbehälter (Tanks) für das fertige Injektionsgut müssen sicherstellen, dass rheologische oder andere Eigenschaften des Injektionsgutes während der Aufenthaltsdauer im Behälter nicht unzulässig verändert werden.

8.3.2.3 Die Behälter für chemisches Injektionsgut sollten aus Werkstoffen bestehen, die mit den verwendeten Chemikalien nicht reagieren.

8.3.2.4 Bei bentonithaltigem Injektionsgut sollte der Bentonit vor Zugabe der Bindemittel hydraulisch aufgeschlossen sein.

8.3.2.5 Die Dosierung der Bestandteile für das Injektionsgut muss mit kalibrierten Messgeräten so erfolgen, dass die angegebenen Toleranzen wie vorgegeben eingehalten werden.

8.3.2.6 Die Mischer sind so auszuwählen, dass eine gleichmäßige Durchmischung erreicht wird.

8.3.2.7 Um die ununterbrochene Versorgung mit partikulärem Injektionsgut zu ermöglichen, sollte zwischen Mischern und Pumpe(n) ein Zwischenbehälter vorhanden sein. Die Mischung im Zwischenbehälter sollte gerührt werden, um eine Entmischung und/oder ein vorzeitiges Abbinden zu vermeiden.

8.3.2.8 Injektionsgut mit einer geringen Abbindedauer sollte so nahe wie möglich am Injektionspunkt gemischt werden.

8.3.3 Pumpen und Verteilung (in Leitungen)

8.3.3.1 Die Pumpen für das Injektionsgut und die Injektionssysteme sind abgestimmt auf das vorgesehene Injektionsverfahren auszuwählen.

8.3.3.2 Bei Auswahl der Pumpen sollten folgende Punkte beachtet werden:

- regelbare Pumpgeschwindigkeit für das Injektionsgut;
- Auslegung der Pumpe so, dass innerhalb einer vorgesehenen Zeit ein ausreichendes Injektionsvolumen oder ein ausreichender Injektionsdruck erreicht wird;
- Regelung der Injektionsgeschwindigkeit;
- für abrasives Injektionsgut Einsatz von Pumpen mit geringem Verschleiß (z. B. Tauchkolbenpumpen);
- leichte Reinigung und Wartung;

- Wahl der Ventildurchmesser unter Berücksichtigung der Viskosität des injizierten Materials.

8.3.3.3 Der Injektionsdruck sollte möglichst nahe an der Stelle gemessen werden, an der die Einbringung des Injektionsgutes erfolgt.

8.3.3.4 Die Injektionssysteme müssen Druckstöße dämpfen, damit eine ungewollte und unerkannte Bildung hydraulischer Risse vermieden wird.

8.3.3.5 Falls die Anlage zur Herstellung des Injektionsgutes vom Injektionsort weit entfernt ist, sollte eine Zwischenstation vorgesehen werden.

8.3.3.6 Druckleitungen (Druckrohre) für das Injektionsgut müssen so ausgelegt werden, dass sie mit einem ausreichenden Sicherheitsfaktor dem höchsten erwarteten Pumpdruck standhalten. Ihr Durchmesser muss Durchflussraten ermöglichen, die ausreichend hoch sind, um eine Entmischung des Injektionsgutes (Suspensionen) zu vermeiden.

8.3.3.7 Bei Verwendung von Manschettenrohren sollte das Innere des Injektionsrohres nach jeder Injektionsphase gespült werden.

8.3.3.8 Suspensionen müssen bis zum Einbringen des Injektionsgutes gerührt werden, um Sedimentation zu vermeiden. Lösungen, die zur Entmischung neigen, müssen ebenfalls bis zur Einbringung des Injektionsgutes in Bewegung gehalten werden.

8.3.3.9 Bei niedrigen Injektionsgeschwindigkeiten sollte ein Rückleitungssystem verwendet werden, damit das Absetzen von Feststoffen vermieden wird.

8.4 Injektion

8.4.1 Das Injektionsverfahren wird durch die Baugrundverhältnisse, die Anforderungen des jeweiligen Arbeitsauftrages und die Art des verwendeten Injektionsgutes bestimmt. Es gibt folgende grundlegende Verfahren:

- a) Injektion über ungestützte Bohrlöcher in standfestem Untergrund;
- b) Injektion über Manschettenrohre, die vorgängig in temporär verrohrte Bohrlöcher in nicht standfestem Untergrund eingebaut wurden;
- c) Injektion durch Bohrgestänge im nicht standfesten Untergrund, im allgemeinen als Vorphase für die Injektion betrachtet, auf die ein Vorgehen nach a) oder b) folgt;
- d) die Verdichtungsinjektion erfolgt im allgemeinen über eine Verrohrung, die gleichzeitig mit dem Ziehvorgang stufenweise von unten nach oben verpresst wird.

Die allgemeinen Ausführungsmöglichkeiten in Lockergestein und Fels werden in Tabelle 4 zusammengefasst, wobei die Injektionsstufe als eine zuvor festgelegte Länge definiert ist, die entweder durch einen Doppelpacker oder durch einen Einfachpacker und die Bohrlochsohle begrenzt wird.

Tabelle 4 – Injektionsstrategien

Injektion	Fels			Boden		
	standfest	nicht standfest				
	Offenes Bohrloch	Manschettenrohr	Bohrgestänge	Manschettenrohr	Rammlanze oder Casing	
Einstufeninjektion	X		X	X		X
Mehrstufeninjektion		X		X		
Aufsteigende Injektionsstufe	X	X	X	X		X
Absteigende Injektionsstufe		X	X	X		X

8.4.2 Das Injektionsgut kann in Lockergestein durch Casing, Hüllrohre, gelochte Verrohrung und Manschettenrohre eingebracht werden.

8.4.3 Mit Manschettenrohren, die durch Anwendung einer Ummantelungsmischung dauerhaft in den Baugrund eingebettet sind, ist eine wiederholte Benutzung der Injektionsstellen möglich.

8.4.4 Beim Injizieren in Lockergestein sollten benachbarte Manschettenrohre als Vorsichtsmaßnahme gegen ein Übertreten von Injektionsgut gespült werden.

8.4.5 Große Hohlräume (kleine oder große Öffnungen, Kavernen usw.) werden im allgemeinen drucklos verfüllt; entweder direkt oder über ein Trichterrohr, das bis auf das Tiefste des Hohlraumes reicht.

8.4.6 Packer werden verwendet, um die einzelnen Injektionsstufen voneinander zu trennen. Packer sind entweder passiv, mechanisch oder pneumatisch; sie müssen lang genug sein, um die Gefahr einer Unläufigkeit des Injektionsgutes durch den zu behandelnden Baugrund zu minimieren.

8.4.7 Packer müssen bei maximalem Injektionsdruck eine gute Abdichtung zwischen Bohrlochwand und Injektionsrohr darstellen.

8.4.8 In Fällen, wo das Injektionsgut die Tendenz hat, den Packer zu umlaufen, besonders bei Injektion in aufsteigenden Stufen, sollte eine Sekundärspülung das umläufige Injektionsgut aus dem Bohrloch waschen.

8.4.9 Die maximale Länge einer Injektionspasse sollte bei Injektionen in Fels 10 m nicht überschreiten. In stark klüftigem oder gestörtem Gebirge sollte die Länge der Injektionsstufen entsprechend angepasst werden. In Lockergestein sollte die Länge der Injektionsstufen nicht größer als 1 m gewählt werden.

8.4.10 Bei Injektionen in Baugrund mit vermuteten oder bekannten Grundwassergradienten sollte eine starke Verdünnung oder der vollständige Verlust des Injektionsgutes verhindert werden. In Abhängigkeit von Baugrundbedingungen, angestrebtem Ziel und Grundwasserfließrate sollten zu diesem Zweck folgende Vorsichtsmaßnahmen ergriffen werden:

- Einsatz von schnell oder gar spontan abbindendem Injektionsgut (z. B. wasserreaktive Harze, Injektionsgut auf Zementbasis mit Natriumsilikat);
- Verwendung von viskosem Injektionsgut oder/und Injektionsgut mit einem hohen Anteil an Feststoffen;
- Beigabe von Zusätzen, welche der Verdünnung des Injektionsgutes entgegenwirken.

8.4.11 Bei Klüftinjektion in trockenem, saugfähigem Fels sollte nicht-ausblutendes Injektionsgut gewählt werden.

8.4.12 Die Injektionsparameter (Druck, Volumen und Durchflussrate) sind so anzupassen, dass unzulässige Verformung und Baugrundverdrängung vermieden werden, außer wenn dies ausdrücklich beabsichtigt ist. Besondere Vorsicht ist in der Umgebung empfindlicher Bauwerke anzuwenden.

8.4.13 Bei der Poreninjektion hängt die Durchflussrate von der Größe der Zwischenräume und der Viskosität des Injektionsgutes ab.

8.4.14 Während der Einbringung und bei der Handhabung des Injektionsgutes und seiner Bestandteile ist darauf zu achten, dass Flüssigkeit oder Injektionsgut nicht verschüttet wird oder aus dem Einsatzbereich wegrinnen kann.

8.5 Injektionsabläufe

8.5.1 Die Planung von Injektionsarbeiten ist ein interaktiver, fortschreitender Prozess, der ein ständiges Baumanagement erforderlich macht. Entscheidungen sowohl über Veränderungen der Verfahren oder Parameter, die bei der Planung und in den Verfahrensanweisungen festgelegt wurden, als auch über Fortführung oder Beendigung der Injektionsmaßnahmen müssen von allen beteiligten Parteien gemeinsam getroffen werden.

8.5.2 Die stufenweise nach unten fortschreitende Injektion ist im allgemeinen auf die Behandlung von nicht standfestem Fels beschränkt. Werden mehrere Bohrlöcher nach diesem Verfahren injiziert, ist zunächst der oberste Abschnitt in allen Bohrlöchern zu bohren und zu injizieren, bevor in allen benachbarten Bohrlöchern der nächste Abschnitt gebohrt und behandelt wird.

Die Injektion von unten nach oben wird nur in standfestem Fels angewendet oder wenn der Zweck eine Verdichtungsinjektion ist.

Eine Mehrstufeninjektion mit Manschettenrohren wird im allgemeinen in Lockergestein und mitunter in nicht standfestem Fels angewendet.

Die aufgeführten Techniken können kombiniert angewendet werden.

8.5.3 Für Injektionen in Fels darf ein Verfahren mit halbiertem Bohrlochabstand angewendet werden, bei dem zunächst Primärlöcher gebohrt und injiziert werden, bevor später Sekundär- und schließlich Tertiär- oder sogar Quartärlöcher hergestellt und ebenfalls injiziert werden, so dass nur kleine Bereiche gleichzeitig abgedeckt werden und engere Bohrlochanordnungen auf jene Bereiche beschränkt bleiben können, in denen sie sich mit fortschreitender Erfahrung als notwendig erweisen.

8.5.4 Der Abstand der Primärbohrlöcher muss auf Grundlage von Erfahrungen oder den Ergebnissen von Injektionsversuchen festgelegt werden.

8.5.5 Bei Anwendung des Verfahrens mit halbiertem Bohrlochabstand sollten ausgewählte Primärbohrlöcher zunächst als Aufschluss injiziert werden, außer in Bereichen, in denen zuvor Injektionsversuche vorgenommen wurden, um damit:

- eine bessere Beschreibung der geologischen und hydrologischen Bedingungen zu ermöglichen;
- die endgültige Tiefe der restlichen Primärlöcher festzulegen.

8.5.6 Um die laterale Migration des Injektionsgutes auf die dafür vorgesehene Behandlungszone zu begrenzen, sollten die Injektionen von außen (von der Grenze des für die Behandlung vorgesehenen Bereiches) beginnen und progressiv nach innen fortgeführt werden. Von diesem Vorgehen sollte abgewichen werden, wenn die Gefahr besteht, dass Grundwasser eingeschlossen wird oder wenn als Ziel festgelegt wurde, Wasser aus dem zu behandelnden Bereich zu verdrängen.

9 Bauüberwachung, Prüfungen und Kontrollen

9.1 Allgemeines

9.1.1 Die Beaufsichtigung des Injektionsprozesses muss auf den Planungsvorschriften basieren. Beim Beaufsichtigungsverfahren sind Unterlagen zu erstellen, die sich auf die genaue Beobachtung aller Injektionsphasen stützen. Die Unterlagen bilden die Grundlage für alle Modifikationen der Planungsvorschriften.

9.1.2 Während der Ausführung müssen Annahmen, von denen in der Planungsphase ausgegangen wurde, den erfassten Daten entsprechend bestätigt und im Bedarfsfall verändert werden.

9.2 Beaufsichtigung

9.2.1 Alle Injektionsarbeiten sollten durch erfahrene Vertreter aller Vertragspartner beaufsichtigt werden.

9.2.2 Alle Personen in Schlüsselpositionen müssen Erfahrungen mit Injektionsarbeiten haben.

9.2.3 Die Ausführung der Arbeiten ist kontinuierlich zu überwachen; alle Beobachtungen sind mit den Planungsparametern und Annahmen zu vergleichen. Falls die Beobachtungen merklich von den Planungsdaten abweichen, sind die Gründe für die Abweichung zu erforschen und die Parameter für Entwurf oder Ausführung an die neuen Bedingungen anzupassen.

9.2.4 Die Planer sind an der Entscheidung für Anpassungen der Vertragsvorschriften zu beteiligen.

9.2.5 Die Beaufsichtigung von Injektionsbaustellen sollte durch Automatisierung der Misch- und Verteilungssysteme und durch Installation mechanischer, analoger oder vorzugsweise rechnergestützter Aufzeichnungsgeräte für Echtzeit-Überwachung und Kontrolle der Verarbeitungsparameter beim Injizieren erleichtert werden.

9.2.6 Während der gesamten Injektionsarbeiten sind Aufzeichnungen zu führen, die für sämtliche Injektionsphasen alle Daten aufzeigen.

9.2.7 Zusammenfassende Aufzeichnungen über alle Injektionsphasen sollten im Abschlussbericht enthalten sein.

9.3 Überwachung und Kontrolle

9.3.1 Allgemeines

9.3.1.1 Vor Beginn der Arbeiten sollte eine Aufnahme über Lage und Zustand aller Bauwerke und Versorgungsanschlüsse erstellt werden, die wahrscheinlich im Einflussbereich der Injektionsarbeiten liegen. Weitere Aufnahmen sollten während der Arbeiten erstellt werden.

9.3.1.2 Art, Umfang und Genauigkeit der Überwachungsanforderungen außerhalb und auf der Baustelle sind in den Planungsunterlagen und vor Beginn der Arbeiten auf der Baustelle eindeutig festzulegen.

9.3.1.3 Rechnergestützte Systeme sollten angewendet werden, um:

- das Bohren der Bohrlöcher zu überwachen;
- die Bohrparameter zu messen, zu kontrollieren und auszuwerten;
- die Injektionsparameter unterschiedlicher Injektionsgüter je Injektionsabschnitt zu messen und zu kontrollieren.

9.3.1.4 Die Parameter, die während des Injektionsvorganges überwacht, aufgezeichnet und analysiert werden sollten, unterliegen ständig zeitlichen Schwankungen. Daher sollte der Injektionsvorgang überwacht und vorzugsweise durch eine Einrichtung zur Datenerfassung oder einen Feldcomputer kontrolliert werden, um in Echtzeit den Werten für die Injektionsparameter zu folgen.

9.3.1.5 Die rechnergestützte Kontrolle sollte Hardcopy-Ausdrucke oder Sicherungskopien ermöglichen, welche an sicheren Orten aufbewahrt werden sollten.

9.3.1.6 Überwachungs- und Kontrollmessungen sollten entsprechend den Projektanforderungen (Planung) durchgeführt werden.

9.3.1.7 Wenn auf der Baustelle Datalogger oder Feldcomputer eingesetzt werden, sollten die Messintervalle entsprechend den Projektanforderungen festgelegt werden.

9.3.1.8 Um den Erfolg der Injektion zu bestimmen, sollten geeignete (festgelegte) Kontrollprüfungen zum frühestmöglichen Zeitpunkt durchgeführt werden, um auf Anomalien möglichst rasch reagieren zu können.

9.3.1.9 Die relative zeitliche Entwicklung von Injektionsdrücken, injizierter Menge und Durchflussrate sollte für jede Injektionsabfolge aufgezeichnet werden und eine laufende Vergleichsmöglichkeit bei Fortschreiten der Arbeiten bieten.

9.3.2 Auswirkungen auf die Umwelt

9.3.2.1 Die Beurteilung aller Umweltbeeinflussung und besonders die Entscheidung über zulässige Grenzwerte sollten auf zwei weitgehend unabhängigen Untersuchungen beruhen:

- Vor Beginn aller Arbeiten sollte der Ist-Zustand beurteilt werden, wobei besonders die Grundwasserbedingungen (Chemie, Geschwindigkeit und Richtung des Grundwasserfließens, vorhandene und vorgesehene Nutzung des Grundwassers und Abstand zwischen Wasserentnahmestellen) zu beachten sind;
- die zu erwartende Verschmutzung durch das Injektionsgut und die Verschmutzungsdauer (bei zeitlich begrenzten Einflüssen sind weniger strenge Grenzwerte anwendbar) sollten bestimmt werden, wobei zwischen gasförmigem, flüssigem und festem Zustand zu unterscheiden ist.

9.3.3 Kontrolle der Ziele

9.3.3.1 Die Wahl der Kontroll- und Prüfverfahren hängt vom Ziel der Behandlung ab.

9.3.3.2 Sowohl vor als auch nach der Injektion sollten Durchlässigkeitsversuche durchgeführt werden, um den Erfolg der Injektion zu überprüfen.

9.3.3.3 Versuche können aus K-Wert-Versuchen, mechanischen Versuchen in situ oder im Labor, Aushub usw. bestehen.

9.3.3.4 Die Auswahl der Durchlässigkeitsversuche ist vom Baugrundzustand und von der geforderten Genauigkeit abhängig. Versuche mit steigendem oder fallendem Wasserstand (Lefranc-Versuch) werden häufig in körnigen Böden durchgeführt. In Fels werden Lugeon-Versuche ausgeführt. Umfangreiche Pump- oder Injektionsversuche können die regionale Durchlässigkeit für einen großen Injektionskörper aus Lockergestein oder Fels bestimmen.

9.3.3.5 Die beim Bohren aufgezeichneten Daten können zur Überprüfung des Injektionserfolges verwendet werden.

9.3.4 Aufzeichnungen der Baugrundbewegung

9.3.4.1 Zur Überwachung der Baugrundbewegungen sollten Geräte mit ausreichender Genauigkeit installiert werden, die geeignet sind, Boden- und/oder Bauwerksbewegungen zu messen, so dass festgelegte Bewegungstoleranzen nicht überschritten werden.

9.3.4.2 Bei Bedarf sind die Geräte zur Überwachung der Bodenbewegung rechtzeitig vor Beginn der Injektionsarbeiten zu installieren, um Hintergrundeinflüsse (Temperaturschwankungen, Veränderungen des Grundwasserstandes usw.) zu erkennen und ihren Einfluss auf die späteren Messwertablesungen auszugleichen.

9.3.5 Bohrlochherstellung

9.3.5.1 Während des Bohrens können eine Anzahl von Parametern automatisch aufgezeichnet werden:

- Bohrfortschritt;
- Spülungsdruck;
- Spülungsrate;

- reflektierte Energie;
- Drehzahl;
- Drehmoment;
- Andruckkraft;
- Bohrlochtiefe.

Die Auswertung der aufgezeichneten Parameter bietet nützliche Informationen über geologische und geotechnische Veränderungen.

9.3.6 Injektionsgut

9.3.6.1 Vorgaben zu Qualität und Konsistenz des Injektionsgutes sind dadurch sicherzustellen, indem während der Arbeiten Kontrollprüfungen zur Überwachung der ständigen Einhaltung der verlangten Kennwerte durchgeführt werden.

9.3.6.2 Die Granulometrie der Feinstbindemittel-Suspensionen sollte unter Berücksichtigung der Koagulation kontrolliert und überwacht werden.

9.3.6.3 Auf der Baustelle muss das Injektionsgut mindestens den regelmäßigen Kontrollprüfungen nach Tabelle 5 unterzogen werden.

In erhärtetem partikulärem Injektionsgut sind Druck- und/oder Scherfestigkeit zu prüfen. Versuche siehe auch Tabelle A.1.

9.3.6.4 Die Dosierung und Herstellung der Mischungs-Chargen müssen ständig überwacht und aufgezeichnet werden.

9.3.6.5 Während der Injektion sind die Bestandteile des Injektionsgutes und die hergestellte Menge zu registrieren.

9.3.6.6 Um das Vorhandensein von Injektionsgut im behandelten Baugrund anzuzeigen, können Versuche mit chemischen Spurenindikatoren durchgeführt werden.

10 Aufzeichnungen

10.1 Auf der Baustelle sollten folgende Unterlagen verfügbar sein:

- geotechnischer Referenz- und Grundlagenbericht, der alle für die Planung der Injektionsarbeiten wichtigen Untersuchungsdaten enthält;
- Organisationsdiagramm, welches eindeutig die Verantwortlichkeiten aller Vertragspartner des für die Arbeiten wichtigen Personals festlegt;
- Verfahrensanweisung, die alle Ziele der Injektionsarbeiten und Einzelheiten zu den zu ihrer Verwirklichung notwendigen Abläufen festlegt und dazu messbare Kriterien vorschlägt, nach welchen der Erfolg festgestellt werden kann. Die Verfahrensanweisung wird von den verantwortlichen Beteiligten als Grundlage für den Beginn der Arbeiten vereinbart und enthält:
 - einen Plan, der alle Bohrlöcher (Grundriss- und Schnittdarstellungen), vorhandene Bauwerke, geologische Formationen, Wasserstände, vorgesehene Arbeiten und Grenzen der Behandlung aufführt;

- ein Dokument, in dem die Arten des Injektionsgutes, die vorgesehenen Mengen des je Injektionsabschnitt in jedes Bohrloch einzubringenden Injektionsgutes, Abfolge der Injektion, maximal erwartete Drücke und Injektionsraten angegeben sind;
- Aufzeichnungen zur Überwachung auf der Baustelle, Instandhaltung und andere Tätigkeiten nach Übergabe der Baustelle.

10.2 Folgende Unterlagen sollten auf der Baustelle erstellt werden:

- tägliche Aufzeichnung der Beobachtungen beim Bohren und Einbringen des Injektionsgutes;
- monatliche Aufzeichnung über den täglichen Fortschritt und Injektionsgut-Verbrauch;
- Abschlussbericht mit allen sachgemäßen technischen und mengenmäßigen Details;
- Übergabebericht bei Beendigung der Arbeiten, in dem die Vertragspartner bestätigen, dass die in der Verfahrensanweisung festgelegten Abnahmekriterien erreicht wurden.

10.3 In den Baustellenberichten müssen aufgeführt werden:

- Allgemein:
 - Angaben zu den Bauleistungen;
- Bohren:
 - Bohrloch-Nummer (Injektionsstelle) und Lage (Position), Tiefe, Durchmesser;
 - Namen der Bohrmeister;
 - Bohrverfahren und Bohrgerät;
 - Art der Spülflüssigkeit;
 - Bohrlocheinbauten (wie Verrohrung, Manschettenrohre, Art der Ummantelungsmischung usw.);
 - Besondere Beobachtungen während des Bohrens oder beim Ausrüsten der Bohrung (z. B. Spülverlust, unerwarteter Verbrauch an Mantelmischung);
- Mischen und Injektion:
 - Rezeptur des Injektionsgutes (Art und Mischanteile) und Kennwerte;
 - verpresste Injektionsgutmengen (Verbrauch), Druck und Injektionsdauer jeder Pässe;
 - Wechselwirkung mit anderen Bohrlöchern und beobachtete Umläufigkeiten;
 - jedwede ungewöhnlichen Vorkommnisse und Beobachtungen;
- Kontrolle:
 - Probenahme des verwendeten Injektionsgutes;
 - Probenummerierung für das Labor;
 - Routinemäßige Qualitätskontrolle;
 - Namen der Mitarbeiter (und ihre Qualifikation).

Diese Aufzeichnungen müssen die Grundlage für die Kontrolle der Injektionen bilden.

Tabelle 5 – Injektionsgut – Kontrollen

Suspensionen	Feinstbindemittel-Suspensionen	Lösungen (chemisches Injektionsgut)	Mörtel
Dichte	Dichte	Dichte	Dichte
Marsh-Viskosität	Körngröße/Sandsäulenversuch	Abbindedauer	Verarbeitbarkeit
Abbindedauer	Viskosität		
Bluten	Bluten		

10.4 Erforderlichenfalls sind Aufzeichnungen über das Nivellement des Baugrundes zu führen.

10.5 Die Ergebnisse der Injektionen sollten graphisch und, wenn angebracht, statistisch zusammengefasst werden, z. B. in Form von Diagrammen des Druckes über der Zeit.

10.6 Besondere Vorkommnisse und Entscheidungen sowohl beim Bohren als auch bei der Injektion sind in besonderen Baustellenbüchern aufzuzeichnen.

10.7 Injektionsberichte sind auf der Baustelle anzufertigen und vom verantwortlichen Bauleiter oder seinem Stellvertreter zu unterschreiben.

11 Besondere Anforderungen

Dieser Abschnitt behandelt die für Injektionen spezifischen Fragen der Sicherheit auf der Baustelle und des Umweltschutzes. Für allgemeine Richtlinien dazu sind die betreffenden Europäischen und nationalen Normen heranzuziehen.

11.1 Sicherheit des Personals

11.1.1 Die Sicherheit des Personals und Dritter ist von primärer Bedeutung.

11.1.2 Bei der Verwendung von Injektionsgut sollten folgende mögliche Probleme berücksichtigt werden:

- Staub von pulverigen Chemikalien, der für die Haut, Augen oder beim Einatmen giftig ist;
- Dämpfe von flüssigen Injektionsmischungen;
- Injektionsmischungen oder Bestandteile des Injektionsgutes, die bei Kontakt mit der Haut Verletzungen verursachen;
- Verunreinigung des Grundwassers;
- Mischen von Chemikalien, welche Explosionen verursachen können;
- Entsorgung von Abfall oder Abwasser.

11.1.3 Bei allen Injektionsarbeiten sind stets Schutzkleidung und -handschuhe zu tragen, weil die meisten chemischen Injektionsgüter für die Haut schädliche Bestandteile enthalten. Für Arbeiter, die in geschlossenen Räumen arbeiten, in denen Dämpfe des Injektionsgutes oder Staub von Bestandteilen des Injektionsgutes eingeatmet werden können, müssen Atemmasken verfügbar sein. Für alle Arbeiter auf der Baustelle müssen Schutzhelme zur Verfügung stehen. Sicherheitsbrillen müssen in

den Bereichen vorhanden sein, wo Injektionsgut verarbeitet wird.

11.1.4 Große Chargen von Epoxid- oder Polyesterharz erzeugen oft beträchtliche Wärme und sollten deshalb besonders sorgfältig gehandhabt werden.

11.2 Umweltschutz

11.2.1 Einflüsse auf die Umwelt, besonders die Toxizität des Injektionsgutes und seiner Bestandteile sowie ihre Wirkungen auf den Untergrund und das Trinkwasser sollten vor der Injektion bedacht werden.

11.2.2 Bei der Prüfung des Umwelteinflusses von Injektionsmaterialien sollten folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- ob während der Verarbeitung, des Transportes oder der Injektion Stoffe erzeugt oder freigesetzt werden können, die Gefährdungen der Umwelt oder des mit den Injektionsarbeiten beauftragten Personals bewirken können;
- ob sich umweltschädigende Stoffe durch Mischen mit Grundwasser ausbreiten können;
- ob Reaktionsprodukte erzeugt oder freigesetzt werden können, die auf die Wasserbeschaffenheit Einfluss nehmen;
- die Art der Teilchen, die vom erhärteten Injektionsgut erodiert werden;
- chemische Reaktionen zwischen erhärtetem Injektionsgut und Grundwasser.

11.2.3 Gefahren für die Umwelt auf der Baustelle bestehen durch:

- Auslösen von Baugrundbewegungen;
- Veränderungen des Grundwasserstandes;
- Ausbreiten von Injektionsgut;
- Verunreinigung des Grundwassers;
- Verteilung durch die Luft (Staub).

Vorkehrungen zur Entsorgung von überschüssigem Injektionsgut sollten vor Beginn der Arbeiten getroffen werden; rechtzeitige Vorsorge sollte auch folgenden Punkten gewidmet werden:

- Belüftung geschlossener Räume;
- Tropfassen für Injektionsgut unter Pumpen;
- getrennte Lagerung brennbarer Materialien;
- Abwassersammlung.

Anhang A (informativ)

Messung von Injektionsparametern

In Tabelle A.1 werden Messbedingungen, Messgeräte, Prüfverfahren und Einheiten für die wichtigsten Parameter jeder Klasse von Injektionsgut angegeben.

Tabelle A.1 – Messung von Injektionsparametern

Parameter	Einheit	Meßgeräte/Meßverfahren	Anwendung	Lösung	Suspension	Mörtel	Bemerkung
1 Ausfließzeit (Trichterviskosität)	s	Marsh-Trichter (Trichterdurchmesser = 4,75 mm), andere Fließtrichter (Durchmesser = 8 mm, 10 mm, 12 mm)	Labor und Baustelle	N/A	A	A	Siehe R1
2 Viskosität (dynamische oder scheinbare)	kPa · s	Koaxiales Viskosimeter Rheometer	Labor Labor und Baustelle	A	A	N/A	Siehe R1 und R2
3 Dichte	kg/m ³	Pyknometer Becherglas Baroidwaage	Labor und Baustelle	A	A	A	
4 Kohäsion, Fließgrenze, Scherfestigkeit	Pa	Koaxiales Viskosimeter, Rheometer, Tauchplattengerät, Kasumeter, Shearometer	Labor Labor und Baustelle	N/A	A	N/A	Siehe R4
5 Wasserrückhaltekapazität	m ³	Baroid-Filterpresse (Niederdruck)	Labor und Baustelle	N/A	A	A	
6 Bluten, Sedimentation	% oder m ³ /m ³ über 2 Stunden	Messzylinder	Labor und Baustelle	N/A	A	A	Siehe R6
7 Verarbeitbarkeit	mm	Abrams-Trichter	Labor und Baustelle	N/A	N/A	A	Siehe R7
8 Abbindedauer	s	Gekipptes Becherglas (Kippversuch), Vicat-Nadel	Labor und Baustelle	A	A	A	Siehe R8
9 Aushärtungszeit	s	Flügelsondenversuch, Scherbox, Einaxialer Druckversuch	Labor und Baustelle	A	A	A	Siehe R9
10 Erhärten, Verformung, Endfestigkeit		Einaxialer Druckversuch mit Spannungs-Dehnungs-Auf- zeichnung, Triaxialversuch, Versuch mit Punktbelastung	Labor	A	A	A	Siehe R10
11 Erosionsbeständigkeit		Mechanisch: Durchflussversuch Chemisch		A	A	A	Siehe R11
12 Thixotropie		Rheometer, Viskosimeter, Hydrometer	Labor	N/A	A	N/A	Siehe R12
13 Synärese	% Volumen- anteil	Wassermenge, von der Probe mit der Zeit abgegeben	Labor	A	N/A	N/A	Siehe R13
14 Schwinden/Quellen	% Volumen, Länge	Bestimmung des Schwindmaßes	Labor und Baustelle	A	A	A	Siehe R14
15 Granulometrie		Messung der Teilchengrößen	Labor und Baustelle	N/A	A	A	Siehe R15
16 Eindringfähigkeit		Injektionstest Sandsäulenversuch	Labor und Baustelle	A	A	N/A	Siehe R16
(N/A = nicht anwendbar/allgemein nicht angewendet oder nicht zutreffend A = anwendbar)							

R1) Die rheologischen Eigenschaften des Injektionsgutes können mit folgenden Geräten bestimmt werden:

- Fließtrichter (Viskosität);
- Rotationsviskosimeter (Viskosität und Kohäsion);
- Tauchplatte oder Tauchrohr, Kugelhärfengerät, Kasu-meter (Kohäsion).

Lufttemperatur, Temperatur des Injektionsgutes, Abmessungen des Fließtrichters, Füllhöhe und Ausfließvolumen sind anzugeben. Der ermittelte Wert ist eine Funktion der Viskosität und Kohäsion, und es sollte angemerkt werden, dass unterschiedliche Kombinationen von Viskosität und Fließgrenze zur selben Ausfließzeit führen können.

Die für die Verdichtungsinjektion verwendeten Mörtel werden hier nicht behandelt.

R2) Lufttemperatur und Temperatur des Injektionsgutes sind anzugeben. Die Viskosität kann für eine bestimmte Drehzahl oder ein bestimmtes Drehmoment ermittelt werden. Bei geringen Geschwindigkeiten sollten drehmomentenkontrollierte Rotationsviskosimeter zur Bestimmung der Fließeigenschaften und damit der Eindringfähigkeit des Injektionsgutes angewendet werden. Wenn auf der Baustelle keine koaxialen Viskosimeter verfügbar sind, darf eine Korrelation mit zuvor im Laboratorium ermittelten Werten verwendet werden.

R4) Bei der Planung sind die anzuwendenden Prüfgeräte und die zu erreichenden Werte festzulegen.

Die zur Messung der Kohäsion verwendeten Rheometer sollten drehmomentenkontrolliert sein.

R5) In der Planung müssen Prüfdruck und Prüfdauer festgelegt werden.

R6) Die Ausblutrate (Sedimentation, Bluten) ist mit Hilfe eines 1000-ml-Messzylinders mit einem Innendurchmesser von 60 mm zu bestimmen.

R7) Es ist das in EN ISO 4109 und in prEN 12382:1996 beschriebene Prüfverfahren anzuwenden.

R8) Die Abbindedauer ist temperatur- und volumenabhängig. Entsprechend der Art und Anwendung der Injektion gibt es unterschiedliche Prüfungen zur Ermittlung des Abbindens:

- Prüfung durch Kippen oder Umdrehen eines Becherglases, wobei beobachtet wird, ab wann sich das Injektionsgut nicht mehr wie eine Flüssigkeit verhält;

- Prüfung durch leichtes Schütteln des Prüfgefäßes, um festzustellen, ob sich das Injektionsgut oder das Gel von den Seiten löst;
- in kleinem Maßstab durchgeführte Eindringprüfung, z. B. mit beschwerter Vicat-Nadel.

Das anzuwendende Prüfgerät und die zu erreichenden Werte sind in der Planung anzugeben.

R9) Die Aushärtungszeit muss im Bezug auf einen Bemessungswert für die Festigkeit festgelegt werden. Im Entwurf müssen die Probenabmessungen und der Versuchsablauf festgelegt sein (Belastungsgeschwindigkeit usw.).

R10) In der Planung sind die Abmessungen der zu untersuchenden Proben und die Prüfbedingungen festzulegen (Belastungsgeschwindigkeit usw.).

R11) Die chemische und mechanische Beständigkeit der Mischung und des erhärteten Injektionsgutes sind unter den auf der Baustelle u. a. angetroffenen pH-Werten zu untersuchen.

Die mechanische Widerstandsfähigkeit kann durch einen Durchflussversuch geprüft werden, bei dem Wasser durch ein Loch in einer Probe des erhärteten Injektionsgutes fließt und die Menge des in einem Behälter gesammelten Materials nach der Prüfung ausgewogen wird.

Die chemische Beständigkeit kann durch einen Zerreibversuch bestimmt werden, bei dem die Proben feinst zerrieben und für einige Tage in aggressivem Grundwasser aufbewahrt werden; dann wird das Volumen gemessen.

R12) Zur Bestimmung der Thixotropie muss das Rheometer in der Lage sein, zwei kontinuierliche Kurven aufzuzeichnen.

R13) Der Versuch ist auf Silikatgele anwendbar.

R14) Zur Bestimmung des Schwindmaßes und Quellmaßes sind nationale Normen zu verwenden.

R15) Dieser Parameter ist bei Verwendung von Feinstbindemittel von primärer Bedeutung. Die Vergrößerung der Körner des Injektionsgutes durch Hydratation ist bei der Ermittlung der Korngrößenverteilung der Mischungskomponenten zu berücksichtigen.

R16) Eindringfähigkeitsprüfungen können zum Nachweis der Fähigkeit von Injektionsgut zum Eindringen in einen bestimmten Baugrund oder als Mittel zur Qualitätskontrolle dienen. Ein Beispiel für Prüfungen der Eindringfähigkeit wird in der französischen Norm NF P 18891 angegeben.

Anhang B (informativ)

Glossar

Das folgende Glossar enthält Begriffsbestimmungen, die für das Gebiet der Injektionen von Bedeutung sind und welche oft Gegenstand von Diskussionen sind oder zu Missverständnissen führen. Dieses Glossar ergänzt die unter Abschnitt 3 angeführten Begriffe.

Aktionsradius: Die theoretische Strecke, die das Injektionsgut ab der Injektionsstelle zurücklegt.

Zusatz (Zusatzstoff): Alle dem Injektionsgut zugesetzten Stoffe (z. B. Verflüssiger, Stabilisatoren), die zur Modifizierung der Eigenschaften des Injektionsgutes im flüssigen und im festen Zustand angewendet werden, mit Ausnahme der Grundbestandteile des Injektionsgutes (Wasser, Zuschläge oder zementhaltige Stoffe).

Rührbehälter: Behälter mit umlaufenden Schaufeln, die verhindern, dass nach der Herstellung des Injektionsgutes eine Phasentrennung stattfindet.

Flächeninjektion: Siehe „flächenhafte Injektion“.

Injektion von unten nach oben (en: ascending grouting): stufenweises Injizieren in Abschnitten (Passen) von unten nach oben, siehe en: „upstage grouting“.

Charge: Menge/Charge des in einem Arbeitsgang gemischten Injektionsgutes.

Bentonit: Hauptsächlich aus Mineralien der Montmorillonitgruppe bestehender Ton, gekennzeichnet durch eine hohe Wasseraufnahmekapazität und eine sehr große

Volumensveränderung bei Sättigung oder Austrocknen. Er enthält mindestens 70 % quellfähige Smektiten und seine Wasseraufnahmefähigkeit beträgt mehr als 500 %. Es wird zwischen natürlichen, natrium- oder calciumhaltigen, modifizierten und aktivierten Bentoniten unterschieden.

Bentonit-Zement-Mischung: Injektionsgut aus den Grundbestandteilen Bentonit, Zement und Wasser.

Bindemittel: Material, welches in locker strukturierten Stoffen Kohäsion bewirkt.

Binghamflüssigkeit: Stoff, der sowohl Viskosität als auch Kohäsion besitzt.

Flächenhafte Injektion: Herstellung eines Injektionskörpers, dessen horizontale Abmessung wesentlich größer als seine Dicke ist.

Bluten: Selbsttätige Abgabe des Anmachwassers in oder sein Austritt aus frisch eingebrachtem Injektionsgut.

Ausblutrate: Rate, mit der Wasser durch Ausbluten aus dem Injektionsgut freigesetzt wird.

Haftfestigkeit: Festigkeit zwischen Injektionsgut und Baugrund.

Casing (Verrohrung): Verrohrungsgarnitur zur Abstützung von nicht standfestem Baugrund beim Bohren.

Zementmischung: Injektionsgut mit Zement als primärem Bindemittel.

Chemisches Injektionsgut: Jegliches Injektionsmaterial, das charakteristischerweise eine Lösung ist und außer Verunreinigungen keine suspendierten Teilchen enthält.

Rücklaufinjektion: Injektionsverfahren, bei dem Injektionsgut einem Bohrloch oder mehreren Bohrlöchern zugeführt wird und das überschüssige Injektionsgut durch eine Rohrleitung zu einem Behälter zurückgeführt wird.

Kreislaufinjektion: Injektionsverfahren, bei dem das Injektionsgut durch ein bis zur Bohrlochsohle reichendes Rohr hinunter fließt und durch den Ringraum zwischen Rohr und Boden wieder nach oben steigt. Das überschüssige Injektionsgut wird in den Rührbehälter zurückgeführt. Die Kreislaufinjektion wird im nachbrüchigen Boden angewendet oder in Fällen, wo Injektionswege sich andernfalls durch eindickendes Material verstopfen würden.

Clauage oder Clauageinjektion: Siehe „hydraulische Rissbildung“ unter Definitionen (französische Terminologie).

Durchlässigkeitsbeiwert (hydraulische Leitfähigkeit): Bei laminarem Fließverhalten die Durchflussrate des Wassers durch die Querschnittsflächeneinheit eines porösen Baugrundes unter einem hydraulischen Einheitsgradienten und bei Standardtemperatur, im allgemeinen 20 °C. Die Permeabilität k ist eine Materialeigenschaft und wird in m^2 gemessen. Die hydraulische Leitfähigkeit ist die Proportionalitätskonstante K zwischen der Fließgeschwindigkeit v und dem hydraulischen Gradienten i und wird in m/s gemessen:

$$v = K \times i = k \left(\frac{g \times \rho}{\eta} \right) \times i$$

Kohäsion: Siehe Bild B.1

Kolloid: Stoff, der aus sehr kleinen, in einem kontinuierlichen Medium dispergierten Teilchen besteht. Die Größe eines Kolloidteilchens liegt nach allgemeiner Übereinkunft im Bereich zwischen 5 Ångström und 5 000 Ångström.

Kolloidales Injektionsgut: Injektionsgut mit künstlich erzeugter Kohäsivität, in der die festen Teilchen oder große Moleküle (Kolloide) vollständig dispergiert sind und in Suspension bleiben, d.h. eine Injektionsmischung, die keine Entmischung oder Bluten zeigt.

Verdichtungsinjektion: Siehe 3.1.2.

Kompensationsinjektion: Ausdruck für eine kontrollierte Verdrängungsinjektion, welche zum Ziel hat, der durch Aushubarbeiten hervorgerufenen Setzung des Baugrundes entgegenzuwirken. „Kompensationsinjektion“ ist der übergeordnete Begriff für eine ganze Reihe von Injektionsverfahren.

Konsistenz: Relative Beweglichkeit oder Fließfähigkeit von frisch gemischtem Mörtel oder Injektionsgut. Übliche Verfahren zur Messung der Konsistenz sind der Ausbreit-Versuch für steife Mischungen und der Durchflussversuch für flüssigeres Injektionsgut.

Verfestigungsinjektion: Übergeordnete Bezeichnung für mehrere Injektionsverfahren einschließlich Poreninjektion (Imprägnation durch Porenverfüllung), Kluftinjektion, Hohlraumverfüllung, hydraulische Rissbildung und Verdichtungsinjektion, die alle das Ziel haben, Lockergestein oder Fels zu verfestigen.

Kontaktinjektion: Siehe 3.1.3.

Kontinuierliches Mischen: Vorgang, bei dem die Zusatzstoffe ohne Unterbrechung zu Mischgut verarbeitet werden und das fertig gemischte Produkt in kontinuierlichem Fluss ausgestoßen wird.

Überdeckung: Siehe „Überlagerung“ (en: overburden).

D_n, d_n : Größter Durchmesser der kleinsten n % der Körner des Bodens und größte Abmessung der kleinsten n % der Teilchen des Injektionsgutes.

Absetzmaß: Siehe „Sedimentationsrate“.

Entwurfsfestigkeit: Festigkeit, die erforderlich ist, um die Planungsanforderungen an das Injektionsgut oder den behandelten Baugrund zu erfüllen.

Verdrängungsinjektion: Siehe 3.1.4.

Doppelpacker: Einrichtung, die aus einem Paar von Dichtungen (Packern) besteht, das in einem bestimmten, zuvor festgelegten Abstand voneinander an einem Injektionsrohr so befestigt wird, dass die Einbringung des Injektionsgutes in den Baugrund zwischen diesen beiden Packern, d.h. die Packerlänge oder -stufe, eingegrenzt wird.

Injektion von oben nach unten: Injektionsverfahren, bei dem eine bestimmte Strecke (Stufe) zunächst gebohrt und injiziert wird, bevor das Bohrloch weiter abgeteuft wird oder Packer gesetzt werden, mit denen der Injektionsvorgang beginnend am Bohrlchkopf Schritt für Schritt der Bohrung folgend in die Tiefe fortschreitet.

Beständigkeit: Widerstand gegen mechanischen und chemischen Angriff. Die mechanische Beständigkeit wird im allgemeinen durch Prüfung der Beständigkeit entweder durch Wassersättigung oder anhand von Durchströmversuchen ermittelt, bei denen Formationswasser durch ein Loch in einer Probe aus zementiertem Bodenmaterial geleitet wird. Versuche zur chemischen Beständigkeit werden üblicherweise an Proben aus zementiertem Bodenmaterial durchgeführt, die in Formationswasser gelagert werden.

Wirksamer Druck: Siehe 3.1.5.

Emulgator: Stoff, der die Oberflächenspannung kolloidaler Tröpfchen derart modifiziert, dass er deren Koagulieren verhindert und sie in Suspension hält.

Emulsion: System, das dispergierte kolloidale Tröpfchen enthält.

Epoxidharzmischung (Kunsthharzinjektionsgut): Injektionsgut aus einem Mehrkomponenten-Harz, das üblicherweise sehr hohe Zug-, Druck- und Haftfestigkeiten (Adhäsionsfestigkeit) aufweist.

Falsches Abbinden: Rasche Erstarrung von frisch gemischtem Injektionsgut ohne merkliche Wärmeentwicklung. Die erlangte Steifigkeit ist reversibel, d.h. die Plastizität kann wiedererlangt werden, indem der Mischvorgang ohne Zugabe von Wasser fortgesetzt wird. Vorzeitige Steifigkeit, Zöger-Härtung, frühe Erstarrung und Gummi-Abbinden sind weitere Namen für die gleiche Erscheinung.

Füllstoff: Inertes Material, das dem Injektionsgut beigegeben wird, um seine Eigenschaften zu modifizieren oder einen Bestandteil zu ersetzen.

Filmzeit: Siehe „Abbindedauer“.

Filterkuchen: Konzentriertes festes oder halbfestes Material, das aus einer Flüssigkeit abgeschieden wird und nach Druckfiltration auf dem Filter zurückbleibt.

Filterpresse: Gerät, das zum Messen des Filterverlustes des Injektionsgutes verwendet wird.

Filtrationswasser: Flüssigkeitsmenge, die durch einen Filter in festgelegter Zeit während eines Filtrationsversuches austritt.

Endgültiges Abbinden: Höherer Steifigkeitsgrad einer Injektionsmischung als beim anfänglichen Abbinden, der im allgemeinen als empirischer Wert für die Zeit in Stunden und Minuten angegeben wird, bis sich Zementpaste so versteift, dass eine beschwerte Prüfnadel nicht mehr eindringen kann.

Kluftinjektion: Siehe 3.1.6.

Schnellabbindung (Blitzerstarrung): Rasche Erstarrung von frisch gemischtem Injektionsgut, im allgemeinen unter beträchtlicher Wärmeentwicklung. Die erlangte Steifigkeit ist nicht reversibel, d.h. die Plastizität kann nicht wiedererlangt, noch kann sie ohne Wasserzugabe durch Fortsetzen des Mischvorganges wiederhergestellt werden; schnelles Abbinden oder vorzeitiges Abbinden sind weitere Bezeichnungen der gleichen Erscheinung.

Fließtrichter: Gerät zur Messung der Konsistenz des Injektionsgutes, in welchem ein vorgegebenes Injektionsgut-Volumen durch eine genau dimensionierte Öffnung fließt, wobei die Ausfließzeit (der Fließfaktor) ein Maß für diese Konsistenz ist.

Durchflussrate: Volumen der Flüssigkeit (des Injektionsgutes), das je Zeiteinheit durch eine Flächeneinheit hindurchfließt.

Verflüssiger: Zusatzmittel zur Verbesserung der Fließeigenschaften des Injektionsgutes.

Flugasche: Feiner Rückstand aus der Verbrennung von gemahlener oder zerriebener Kohle. Vergleichbar mit pulverisierter Verbrennungsasche.

Schaum: Schäume für Injektionen sind feste Strukturen, die Luft einschließen, üblicherweise in geschlossenen Poren. Sie werden entweder erzeugt, indem ein Gas in das Injektionsgut injiziert wird, oder durch – eine unter Freisetzung eines Gases erfolgende – Reaktion zwischen Injektionsgut und Grundwasser.

Aufbrechen: Siehe „hydraulische Rissbildung“

Gel: Zustand, in dem flüssiges Injektionsgut beginnt, eine messbare Scherfestigkeit zu zeigen. Kolloidales Material, in dem die dispergierten Substanzen ein kontinuierliches, kohäsives, verzweigtes Netz bilden. Gel kann einen Flüssigkeitsanteil enthalten, besitzt jedoch auch Eigenschaften eines Feststoffes. Einige Gele können durch Bewegung oder Mischen in die flüssige Phase rückgeführt werden und bilden sich danach als Gel neu (siehe Thixotropie).

Gelstärke: Scherfestigkeit eines Gels. Sie kann innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls nach dem Mischen oder dem Aufbrechen der Gelstruktur oder nach der vollständigen Entwicklung des Gels gemessen werden.

Gelzeit: Gemessener Zeitabstand zwischen dem Mischen des Injektionsgutes und der Bildung eines Gels.

GIN-Verfahren: GIN bedeutet so viel wie „Injektions-Intensitäts-Zahl“. Das Verfahren wird in der Felsinjektion eingesetzt, insbesondere beim Injizieren an Spalten und Klüften, und benutzt diese Zahl als Abbruchkriterium für den Injektionsvorgang durch Vorgabe eines maximalen GIN-Grenzwertes. Der Wert selbst ergibt sich aus der Multiplikation des Volumens an injiziertem Injektionsgut (in Liter) mit dem Injektionsdruck (in bar) je Bohrlochmeter.

Korngrößenverteilung: Verteilung nach dem Gewichtsanteil der im Boden vorhandenen Korngrößen, im allgemeinen als kumulativer Prozentanteil angegeben.

Drucklose Verfüllung: Siehe 3.1.7.

Injektionsgut: Siehe 3.1.8.

Injizierbarkeit: Eigenschaft eines Baugrundes, Injektionsgut aufzunehmen.

Injizierbarkeitsverhältnis: Verhältnis zwischen Teilchengröße des Injektionsgutes (Injektionsgut in Form einer Suspension) und Korngröße des zu injizierenden Bodens. Es werden die Verhältnisse $GR = D_{15}/d_{85}$ oder $GR = D_{10}/d_{90}$ verwendet, wobei D_x den Korndurchmesser darstellt, für den $x\%$ der Bodenteilchen kleiner sind und d_x die Korn-Abmessung ist, für die $y\%$ der Teilchen des Injektionsgutes kleiner sind.

Injektionsschirm: Injektionskörper, dessen vertikale Maße sehr viel größer sind als seine Stärke.

Zahl für die Injektionsintensität (GIN): Produkt aus Injektionsdruck und Injektionsvolumen.

Injektionsdruck: Siehe 3.1.9.

Injektionsversuch: Probeinjektion vor Beginn der eigentlichen Injektionsarbeiten, um die Injizierbarkeit eines Baugrundes oder die Eignung einer bestimmten Art von Injektionsgut einzuschätzen.

Injektionsmischung: Die Bestandteile einer Mischung, welche üblicherweise nach ihrem Gewicht oder nach ihrem Volumen oder als Anteil der Menge des Wassers oder anderer Hauptbestandteile angegeben werden.

Aufnahme (an Injektionsgut): Gemessene Menge des in eine Volumeneinheit des Baugrundes oder je Längeneinheit des Injektionsbohrlochs oder in ein ganzes Bohrloch eingebrachten Injektionsgutes.

Härter: In einer chemischen Zweikomponenten-Mischung jener Bestandteil, welcher die Erhärtung der Grundkomponente bewirkt.

Härtung: Zunahme der Festigkeit von Injektionsgut nach dem Abbinden.

Aushärtungszeit: Zeitspanne, in der das Injektionsgut die Entwurfsfestigkeit erreicht.

Hydratation: Bildung einer Verbindung, bei welcher Moleküle stoffliche Einheiten oder andere Substanzen unter Einbeziehung molekularen Wassers zu einem komplexen Molekül erfolgt.

Hydraulisches Bindemittel: Fein gemahlenes anorganisches Material, das bei Mischung mit Wasser eine Paste bildet, die durch Hydratation abbindet und erhärtet und nach dem Aushärten ihre Festigkeit und Beständigkeit auch unter Wasser beibehält.

Hydraulische Rissbildung: Siehe 3.1.10.

Hydrostatischer Druck (Druckhöhe): Flüssigkeitsdruck, der als äquivalente Höhe des Wassers über einem bestimmten Punkt angegeben wird.

Imprägnation: Siehe „Poreninjektion (Imprägnierung durch Porenverfüllung)“ unter 3.1.12.

Erstes Abbinden (anfängliches Erstarren): Steifigkeitsgrad einer Injektionsmischung, der im allgemeinen als empirischer Wert für die Zeit in Stunden und Minuten angegeben wird, bis sich Zementpaste so versteift, dass eine beschwerte Prüfnadel nicht mehr eindringen kann.

Injektion: Siehe Abschnitt 3.

Injektionsventil: Öffnungen entlang der Injektionsstrecke in einem Manschettenrohr, im allgemeinen mit einem verformbaren Stück Hüllschlauch so abgedeckt, dass eine Ventilwirkung entsteht.

Düsenstrahlverfahren: (Siehe prEN 12716) Vorgang, der darin besteht, dass Lockergestein (oder verwitterter Fels) hydraulisch zerlegt/aufgebrochen wird und mit einem Bindemittel vermischt und teilweise durch dieses Mittel ersetzt wird. Die Disaggregation wird durch einen energiereichen Flüssigkeitsstrahl bewirkt, wobei die Flüssigkeit das Zementierungsmittel sein kann.

Kasumeter: Gerät zur Ermittlung der Fließgrenze.

Filmaushärtungszeit: Siehe Abbindedauer.

Lefranc-Test: Ein In situ-Durchlässigkeitsversuch mit fallendem Wasserspiegel, bei welchem die Durchlässigkeit aus der beobachteten Veränderung des Wasserstandes in einem Standrohr bestimmt wird.

Lugeon-Wert: Relative Einheit der Transmissivität, welche der Wasseraufnahmerate von einem Liter je Minute und je Meter eines Bohrloches mit 76 mm Durchmesser bei einem Druck von 1 MPa im Fels entspricht.

Marsh-Trichter: Siehe Fließtrichter

Marsh-Viskosität: Ihre Bestimmung erfolgt mit dem Marsh-Trichter. Die in Sekunden angegebene Durchflussrate für ein bestimmtes Flüssigkeitsvolumen wird als Marsh-Viskosität bezeichnet. Siehe auch Fließtrichter.

Feinstbindemittel, mikrofeiner oder ultrafeiner Injektionsstoff: Sehr fein gemahlenes Produkt, das eine gleichförmige, steile Kurve der Korngrößenverteilung aufweist, wobei $d_{95} < 20 \mu\text{m}$ ist.

Feuchtegehalt: Das als Prozentanteil angegebene Verhältnis des Wassergewichtes in einem bestimmten Injektionsmaterial zum Gewicht der trockenen Feststoffteilchen. Auch als Wassergehalt bezeichnet.

Mörtel: Injektionsgut mit hohem Feststoffanteil, welches Sand enthält.

Dickspülungs-Filterkuchen: Siehe Filterkuchen.

Neutralisationsgrad: In Silikatgelen das Verhältnis von neutralisiertem Natrium zum Härter.

Newtonsche Flüssigkeit: Echte Flüssigkeit, welche eine gleichbleibende Viskosität bei allen Scherraten aufweist. Eine Newtonsche Flüssigkeit hat keine Fließgrenze.

Verdrängungsfreie Injektion (Injektion ohne Baugrundverdrängung): Siehe 3.1.13.

Überlagerung: Jene Mächtigkeit an Fels- und Lockergestein, welche auf/über einer Injektionsstelle im Boden lastet.

Packer: In ein Bohrloch oder Manschettenrohr eingebrachte Vorrichtung, mittels welcher Teile des Bohrloches gegeneinander abgedichtet werden. Im allgemeinen ist ein Packer eine mechanisch, hydraulisch oder pneumatisch betätigte, aufweitbare Vorrichtung.

Korngrößenverteilung: Gewichtsverteilung der Teilchengröße des Injektionsmaterials, im allgemeinen als kumulativer Prozentanteil angegeben, der größer oder kleiner als ein bestimmter Siebdurchgang (Sieböffnungsweite) ist, oder als Prozentanteile zwischen bestimmten Siebdurchgangsbereichen (Sieböffnungsweiten).

Partikuläres Injektionsgut: Injektionsgut, das aus in Flüssigkeit schwebenden Feststoffteilchen besteht, die größer als Kolloide sind.

Injektionsabschnitt (Passe): Durchgehende Injektionsbehandlung einer bestimmten Bohrlochlänge.

Eindringfähigkeit: Fähigkeit eines Injektionsgutes, in einen Boden einzudringen.

Eindringinjektion: Siehe 3.1.11.

Durchlässigkeit: Maß dafür, wie leicht eine Flüssigkeit durch einen porösen Untergrund hindurchgeht. Siehe auch Durchlässigkeitsbeiwert.

Poreninjektion: Siehe 3.1.12.

Injektionsphase: Injektionstätigkeit als Teil einer Abfolge von Behandlungsschritten unter festgelegten Kriterien.

Polyurethane: Chemische Harze, die unter Schaumbildung reagieren. Ihre Viskosität ist weitgehend mit der von Epoxidharzen vergleichbar, und sie erhärten sehr rasch (0,5 min bis 10 h). Einkomponenten-Polyurethane erhärten nach Reaktion mit Wasser. Zweikomponenten-Polyurethane schäumen üblicherweise in Kontakt mit Wasser, wobei der Schaumbildungsvorgang eine Art Selbstinjektion bewirkt, bei der eine bessere Haftfestigkeit und eine gewisse Verformbarkeit sichergestellt werden.

Porosität: Im allgemeinen als Prozentanteil angegebenes Verhältnis des Volumens der Poren von Lockerboden oder Fels zum Gesamtvolumen der Masse dieses lockeren oder felsigen Untergrundes.

Topfzeit: Siehe Abbindedauer.

Puzzolan: Silicium- oder/und aluminiumhaltiges Material, welches allein eine nur geringe oder keine zementartige Ver kittung bewirkt, jedoch in fein verteilter Form und in feuchtem Milieu bei üblichen Temperaturen mit Calciumhydroxid chemische Verbindungen eingeht, welche zementartige Eigenschaften haben.

Pulverisierte Feuerungsasche (pfa): Nebenprodukt mit hohem Mineralstoffgehalt bei der Verbrennung von Kohle zur Energieerzeugung.

Harz: Material, das die Grundlage für ein organisches Injektionsgutsystem darstellt, z. B. Acryl, Epoxid, Polyester und Urethan.

Rheologische Eigenschaften: Eigenschaften, welche das Fließen von Flüssigkeiten oder plastischen Feststoffen charakterisieren und bestimmen.

Rheopektisch: Eigenschaft von Flüssigkeiten, die sich bei zunehmender Schergeschwindigkeit (Beanspruchung) in einer Zunahme der Viskosität (Strukturierung) äußert, wobei die Viskosität nach einer bestimmten Ruhezeit zu ihrem Ausgangswert zurückkehrt.

Rotationsviskosimeter: Mit diesen Viskosimetern werden Viskosität und Fließgrenze aus dem Zusammenhang zwischen Drehmoment und Drehzahl bzw. Scherspannung und Schergefälle bestimmt. Die Viskosität wird aus dem Verhältnis der Scherspannung und Schergefälle bestimmt.

Sedimentation: Schwerkraftbedingte Ansammlung von Teilchen des Injektionsgutes am Behälterboden, wenn das Injektionsgut nicht gerührt wird.

Entmischung (Segregation): Ungleichmäßige Verteilung der Teilchen im Injektionsgut oder Mörtel aufgrund von Sedimentation.

Behandlungsabfolge: Jene zeitliche Aufeinanderfolge, nach der verschiedene Arten Injektionsgut in die einzelnen Bohrlöcher über die Zeit injiziert werden, oder die geplante Aufeinanderfolge der Behandlungsschritte beim Injizieren.

Abbinden: Zustand des Injektionsgutes, nachdem es seine Plastizität bis zu einem festgelegten Grad verloren hat, im allgemeinen gemessen als Widerstand gegen Verformung oder gegen Eindringen (einer Messnadel); das anfängliche Abbinden bezieht sich auf die zunächst eintretende Versteifung; das endgültige Abbinden bezeichnet den später erreichten Zustand eines deutlich erhöhten Strukturwiderstandes.

Abbindedauer (Abbindezeit): Zeit zwischen dem Mischen und dem Erreichen einer deutlichen Veränderung der rheologischen Eigenschaften. Die Abbindedauer ist vom Volumen und von der Temperatur abhängig und wird auf verschiedene Arten gemessen.

Shearometer: Gerät zum Messen der Scherfestigkeit von Flüssigkeiten oder schwachen Gelen.

Scherfestigkeit: Spannung, bei der das Material der aufgebrachten Scherkraft nicht mehr standhalten kann.

Scherspannung: τ errechnet sich aus der Scherkraft je Flächeneinheit.

Schwinden: Verringerung des Volumens des Injektionsgutes.

Einzelpacker: Einzelner Packer, der nur aus einem einzigen Abdichtungselement besteht. Siehe Packer und Doppelpacker.

Ummantelungsmischung: Injektionsgut, das in den Ringraum zwischen Bohrlochwand und Manschettenrohr eingebracht wird.

Manschettenrohr: Ein in regelmäßigen Abständen gelochtes Injektionsrohr. Die Lochungen werden außen von verformbaren Manschetten abgedeckt, welche als Rückschlagventile wirken.

Manschettenrohrinjektion (TAM): Injektionsverfahren unter Verwendung von Manschettenrohren, die ein wiederholtes Einbringen des Injektionsgutes ermöglichen.

Ausbreitversuch (Slump Test): Versuch zur Beurteilung der Konsistenz eines Mörtels durch Anwendung eines Abrams-Trichters. Der Trichter wird bis zu einer bestimmten Höhe mit Mörtel gefüllt, umgestülpt und angehoben; der Abstand zwischen der ursprünglichen Höhe des Trichters und der Endhöhe des Mörtelhügels wird gemessen.

Lösung: Flüssigkeit, die durch die vollständige Auflösung einer Chemikalie in Wasser gebildet wird und eine homogene Flüssigkeit ohne feste Teilchen darstellt. Lösungen sind Newtonsche Flüssigkeiten ohne Steifigkeit oder Teilchen, die in einer bestimmten Zeit, der Abbindedauer, erhärten. Lösungen können echte oder kolloidale Lösungen sein. Kolloidale Lösungen enthalten große Moleküle in der Flüssigkeit.

Abstandhalbierung: Verfahren, bei dem weitere für die Injektion vorgesehene Bohrlöcher mittig zwischen den bereits injizierten Bohrlöchern angeordnet werden.

Stabile Suspension: Siehe 3.1.14.

Injektionsstufen: Bestimmte Injektionslänge (Passe).

Passen-Injektion: Injektion eines Bohrloches in aufeinanderfolgenden Passen im Unterschied zur Injektion der gesamten Bohrlochlänge in einem.

Superplasticizer (Plastifizierungsmittel): Zusatzstoff zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit von Mörteln und zur Verringerung der Viskosität von Suspensionen.

Suspensionen: Mischung von flüssigen und festen Materialien. Ihr Fließverhalten entspricht dem einer Binghamflüssigkeit, d. h. sie besitzt sowohl Viskosität als

auch Kohäsion (Fließfestigkeit). Partikuläre Suspensionen enthalten Teilchen, die größer als Tonteilchen sind, während kolloidale Suspensionen Teilchen in der Größe von Tonteilchen aufweisen.

Suspendierungsmittel: Zusatzstoff, der das Absetzen der Teilchen in der Flüssigkeit verringert.

Synärese: Flüssigkeitsabgabe (üblicherweise in Form von Laugen) aus dem unbelasteten, abgeordneten Gel, begleitet von einem Schrumpfen des Gelkörpers. Synärese tritt über den Zeitraum einiger Monate auf.

Aufnahme: Siehe „Aufnahme an Injektionsgut“.

Thixotropie: Eigenschaft eines Materials, im Ruhezustand in einer relativ kurzen Zeit anzusteifen, beim Rühren oder anderweitiger Bewegung jedoch eine flüssige oder weiche Konsistenz zurückzuerlangen oder wieder zu einer hochviskosen Flüssigkeit zu werden, wobei der Prozess vollständig reversibel ist, d. h. die Viskosität thixotroper Flüssigkeiten verringert sich mit zunehmender Scherrate (Beanspruchung) und kehrt nach einer bestimmten Regenerationszeit zu ihrem Ausgangswert zurück. Flüssigkeiten, deren scheinbare Viskosität mit der Zeit zunimmt, werden thixotrop genannt. Thixotropie tritt im allgemeinen in nicht-Newtonschem Injektionsgut auf.

TPA-Verfahren: TPA steht als Abkürzung für „Analyse des transienten (instationären) Injektionsdruckes“. Die Methode wird in der Felsinjektion angewendet und beruht auf der Information, die man erhält, wenn man die Druckentwicklung nach „Einschließen“ der Injektionspasse beobachtet. Dabei wird die Injektionspumpe bewusst abgestellt und der abfallende Druck gegen die Zeit gemessen und aufgezeichnet.

Transmissivität: Die Transmissivität T in m^2/s ist die Durchflussrate des Wassers durch einen vertikalen, 1 m breiten Streifen Bodens, der sich über die vollständig gesättigte Höhe des Baugrundes erstreckt, wenn der hydraulische Gradient $i = 1$ ist. Er kann als Produkt aus der hydraulischen Leitfähigkeit K , die in Meter/Sekunde $[\text{m/s}]$ gemessen wird, und der Höhe des Aquifers angegeben werden. Eine übliche Einheit für die Transmissivität des felsigen Baugrundes ist das Lugeon. Die Transmissivität von felsigem Baugrund in Lugeon-Einheiten wird als die Sickerströmung in Liter/Minute je Meter Länge des Bohrloches unter einem Druck von 1 MPa definiert.

Drucklose Injektion durch offenes Trichterrohr: Siehe „drucklose Verfüllung“.

Echte Lösung: Lösung, in der die Bestandteile zu 100 % im Grundlösungsmittel aufgelöst sind.

Einaxiale Druckfestigkeit: Last je Flächeneinheit, bei der eine seitlich nicht gestützte prismatische oder zylindrische Probe (Höhe = $2 \times$ Breite) aus dem zu untersuchenden Material bei einem einfachen Druckversuch versagt.

Injektion von unten nach oben: Für felsigen Baugrund übliches Injektionsverfahren, bei dem das Injektionsbohrloch bis zu seiner vollen Tiefe gebohrt wird; danach erfolgt die Injektion stufenweise von der Bohrlochsohle aufwärts.

Viskosität: Innerer Widerstand eines Fluids, der einer Substanz gegenüber der Neigung zum Fließen Widerstand verleiht. Es wird zwischen kinematischer Viskosität ν und dynamischer Viskosität η unterschieden, wobei $\nu = \eta/\rho$ gilt, wenn ρ die Dichte ist. Die scheinbare Viskosität ist der dynamischen Viskosität äquivalent, bezieht sich jedoch auf zeitlich präzise Punktergebnisse:

$$\mu_{\text{app}} = \frac{d\gamma}{dv} \tau_{\text{shear}}$$

Die scheinbare Viskosität μ_{app} , die in $\text{Pa} \cdot \text{s}$ gemessen wird, ist das Verhältnis aus Scherspannung τ und Scherrate $\dot{\gamma}$. In den meisten Lösungen hängt die Viskosität von der Scherspannung sowie davon ab, ob der Stoff gerührt wird. Bei starker Bewegung verringert sich die Viskosität eines Stoffes und strebt einem Minimalwert zu, der als plastische Viskosität bezeichnet wird. Für einige Stoffe, besonders für Newtonsche Flüssigkeiten, ist die Viskosität von der Scherspannung unabhängig, und das Verhältnis $\frac{\tau}{\dot{\gamma}}$ ergibt einen konstanten Wert, die absolute (dynamische) Viskosität η . Folglich trifft auf Newtonsche Flüssigkeiten, z. B. die bei Injektionen verwendeten echten Lösungen, das Konzept der plastischen Viskosität nicht zu. Die kinematische Viskosität ν , die in m^2/s angegeben wird, ist eine Funktion der Materialdichte $\nu = \mu/\rho$.

Hohlraumverfüllung: Siehe „Hohlraumverfüllung“ (en: bulk filling). Kein empfohlener Begriff.

Wasserspiegel: Die phreatische Oberfläche, an der Porenwasser- und Luftdruck gleich groß sind, d. h. der stationäre Wasserstand, der sich in einer ausgehobenen Baugrube einstellt.

W/Z-Wert: Das Verhältnis Wasser/Zement ist das Verhältnis des Gewichtes des Wassers zu der des trockenen Zementanteiles im Injektionsgut.

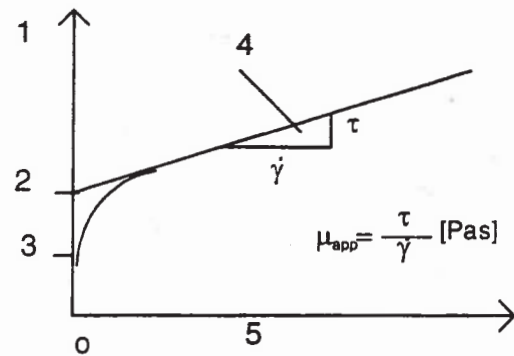
Wassergehalt: Siehe „Feuchtegehalt“.

Wasserrückhaltekapazität: Fähigkeit einer Suspension, Wasser zurückzuhalten, ohne dabei einem äußeren Druck ausgesetzt zu sein.

Fließgrenze (Fließspannung): Niedrigster Scherspannungswert, bei dem ein plötzlicher Abfall des Wertes für die aufgetragene Spannung auftritt; ab der Fließgrenze setzt bei mehr oder weniger gleicher Spannung ein fortgesetztes Fließen (Ausbreiten) ein. Die Fließgrenze,

Fließspannung oder Kohäsion τ_0 ist jene Scherspannung, bei der plastische Verformung einsetzt und eine Binghamflüssigkeit zu fließen beginnt. Die Fließspannung τ_0 einer Newtonschen Flüssigkeit ist gleich Null.

Fließfestigkeit: Spannung, bei der ein Material eine spezifische Abweichung von der Proportionalität zwischen Spannung und Verformung zeigt.



Legende

- 1 Scherspannung τ [Pa]
- 2 τ_0 Fließgrenze = Fließspannung
- 3 c Kohäsion
- 4 Scheinbare Viskosität $\mu_{app} = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$ [Pa·s]
- $\dot{\gamma}$ Schergeschwindigkeit $\dot{\gamma} = \frac{dv}{dy}$ [s^{-1}]

Bild B.1 – Definition der rheologischen Parameter für eine (plastisch fließende) Binghamflüssigkeit

Anhang C (informativ)

Verbindlichkeitsgrad der Festlegungen

Die Bestimmungen werden entsprechend ihrem Verbindlichkeitsgrad angegeben:

RQ: Anforderung;

RC: Empfehlung;

PE: Erlaubnis;

PO: Möglichkeit;

ST: Aussage.

1 Anwendungsbereich

2 Normative Verweisungen

3 Begriffe und Zeichen

4 Erforderliche Informationen und Unterlagen zur Ausführung der Arbeiten

4.1 RC

4.2 RQ

4.3 RC

4.4 RQ

5 Geotechnische Untersuchung

5.1 Allgemeines

5.1.1 ST

5.1.2 RC

5.1.3 RC

5.1.4 RC

5.1.5 RC

5.1.6 RQ

5.1.7 RQ

5.2 Durchlässigkeitsuntersuchung

5.2.1 PO

5.2.2 RC

5.2.3 RC

5.2.4 RQ

5.2.5 ST

5.3 Injektionsversuche im Untergrund und im Laboratorium

5.3.1 RC

5.3.2 RQ

5.3.3 RC

5.3.4 RQ

5.3.5 PO

6 Baustoffe und Bauprodukte

6.1 Allgemeines

6.1.1 RQ

6.1.2 RQ

6.1.3 RQ

6.1.4 RQ

6.2 Baustoffe für das Injektionsgut

6.2.1 Hydraulische Bindemittel und Zemente

6.2.1.1	ST	7.3.2.1.2	RQ
6.2.1.2	ST	7.3.2.2	Kluft- und Kontaktinjektion
6.2.1.3	RQ	7.3.2.2.1	ST
6.2.1.4	RC	7.3.2.2.2	RQ
6.2.1.5	ST	7.3.2.3	Hohlraumverfüllung
6.2.2	Tone	7.3.2.3.1	ST
6.2.2.1	PE	7.3.2.3.2	RQ
6.2.2.2	RC	7.3.2.3.3	PO
6.2.3	Sande, Kiese und Füller	7.3.3	Injektion mit Baugrundverdrängung (Verdrängungsinjektion)
6.2.3.1	ST	7.3.3.1.1	ST
6.2.3.2	PO	7.3.3.1.2	PE
6.2.3.3	RQ	7.3.3.2	Hydraulische Rissbildung
6.2.4	Wasser	7.3.3.2.1	ST
6.2.4.1	RC	7.3.3.2.2	RC
6.2.4.2	RC	7.3.3.3	Verdichtungsinjektion
6.2.5	Chemische Produkte und Zusätze	7.3.3.3.1	ST
6.2.5.1	PE	7.3.3.3.2	ST
6.2.5.2	RQ	7.3.3.3.3	RQ
6.2.5.3	ST	7.4	Injektionsgut
6.2.5.4	ST	7.4.1	Art und Zusammensetzung
6.2.6	Andere Stoffe	7.4.1.1	RQ
6.2.6.1	PO	7.4.1.2	RQ
6.2.6.2	ST	7.4.2	Allgemeine Hinweise
6.3	Injektionsgut	7.4.2.1	RQ
6.3.1	Allgemeines	7.4.2.2	RQ
6.3.1.1	ST	7.4.2.3	RC
6.3.1.2	RQ	7.4.2.4	ST
6.3.1.3	ST	7.4.3	Parameter und Kriterien
6.3.2	Suspensionen	7.4.3.1	RQ
6.3.2.1	ST	7.4.3.2	ST
6.3.2.2	RC	7.4.3.3	RC
6.3.2.3	RQ	7.4.3.4	PE
6.3.2.4	RQ	7.4.3.5	RC
6.3.2.5	RE	7.4.4	Einsatzbereiche
6.3.3	Lösungen	7.4.4.1	ST
6.3.3.1	RC	7.4.4.2	RQ
6.3.3.2	PO	7.5	Einbringen des Injektionsgutes
6.3.3.3	RQ	7.5.1	Allgemeines
6.3.3.4	RQ	7.5.1.1	RQ
6.3.3.5	RQ	7.5.1.2	ST
6.3.3.6	ST	7.5.1.3	RC
6.3.4	Mörtel	7.5.1.4	RC
6.3.4.1	ST	7.5.1.5	RC
6.3.4.2	RQ	7.5.2	Bohrraster und Bohrlochplanung
6.3.4.3	RC	7.5.2.1	ST
6.4	Probenahme und Prüfung	7.5.2.2	RQ
6.4.1	RQ	7.5.2.3	RE
6.4.2	RQ	7.5.2.4	RQ
6.4.3	RC	7.5.2.5	RQ
6.4.4	RQ	7.5.2.6	RC
6.4.5	ST	7.5.2.7	RC
7	Hinweise zu Entwurf und Bemessung	7.5.3	Injektionsablauf
7.1	Vorbemerkungen	7.5.3.1	ST
7.1.1	ST	7.5.3.2	PO
7.1.2	ST	7.5.3.3	RQ
7.2	Grundlagen und Ziele der Planung	7.5.4	Injektionsdruck
7.2.1	RC	7.5.4.1	ST
7.2.2	ST	7.5.4.2	PE
7.2.3	RQ	7.5.4.3	ST
7.2.4	RQ	7.5.4.4	ST
7.2.5	RC	7.5.4.5	RQ
7.3	Injektionsprinzipien und -verfahren	7.6	Überwachungs- und Kontrollkriterien
7.3.1	Allgemeines	7.6.1	RQ
7.3.1.1	ST	7.6.2	RC
7.3.1.2	ST	7.6.3	RQ
7.3.1.3	ST	8	Ausführung
7.3.2	Injektion ohne Baugrundverdrängung (verdrängungsfreie Injektion)	8.1	Allgemeines
7.3.2.1	Poren- oder Durchdringungsinjektion (Imprägnation durch Porenfüllung)	8.1.1	RQ
7.3.2.1.1	ST	8.1.2	ST
		8.1.3	RQ

8.1.4	RQ	9.2.2	RQ
8.2	Bohren	9.2.3	RQ
8.2.1	PO	9.2.4	RQ
8.2.2	RQ	9.2.5	RC
8.2.3	RC	9.2.6	RQ
8.2.4	RC	9.2.7	RC
8.2.5	RQ	9.3	Überwachung und Kontrolle
8.3	Aufbereiten des Injektionsgutes	9.3.1	Allgemeines
8.3.1	Lagerung	9.3.1.1	RC
8.3.1.1	RQ	9.3.1.2	RQ
8.3.2	Aufbereiten von Chargen und das Mischen	9.3.1.3	RC
8.3.2.1	RQ	9.3.1.4	RC
8.3.2.2	RQ	9.3.1.5	RC
8.3.2.3	RQ	9.3.1.6	RC
8.3.2.4	RC	9.3.1.7	RC
8.3.2.5	RQ	9.3.1.8	RC
8.3.2.6	RQ	9.3.1.9	RC
8.3.2.7	RC	9.3.2	Auswirkungen auf die Umwelt
8.3.2.8	RC	9.3.2.1	RC
8.3.3	Pumpen und Verteilung (in Leitungen)	9.3.3	Kontrolle der Ziele
8.3.3.1	RQ	9.3.3.1	RQ
8.3.3.2	RC	9.3.3.2	RC
8.3.3.3	RC	9.3.3.3	PO
8.3.3.4	RQ	9.3.3.4	ST
8.3.3.5	RC	9.3.3.5	PO
8.3.3.6	RQ	9.3.4	Aufzeichnungen über Baugrundbewegungen
8.3.3.7	RQ	9.3.4.1	RC
8.3.3.8	RQ	9.3.4.2	RQ
8.3.3.9	RC	9.3.5	Bohrlochherstellung
8.4	Injektion	9.3.5.1	PO
8.4.1	ST	9.3.6	Injektionsgut
8.4.2	PE	9.3.6.1	RQ
8.4.3	ST	9.3.6.2	RC
8.4.4	PE	9.3.6.3	RQ
8.4.5	ST	9.3.6.4	RQ
8.4.6	ST	9.3.6.5	RQ
8.4.7	RQ	9.3.6.6	PO
8.4.8	RC	10	Aufzeichnungen
8.4.9	RC	10.1	RC
8.4.10	RC	10.2	RC
8.4.11	RC	10.3	RQ
8.4.12	RQ	10.4	RQ
8.4.13	ST	10.5	RC
8.4.14	RQ	10.6	RQ
8.5	Injektionsabläufe	11	Besondere Anforderungen
8.5.1	RQ	11.1	Sicherheit des Personals
8.5.2	ST	11.1.1	ST
8.5.3	PO	11.1.2	RC
8.5.4	RQ	11.1.3	RQ
8.5.5	RC	11.1.4	RC
8.5.6	RC	11.2	Umweltschutz
9	Bauüberwachung, Prüfungen und Kontrollen	11.2.1	RC
9.1	Allgemeines	11.2.2	RC
9.1.1	RQ	11.2.3	ST
9.1.2	RQ	11.2.4	RC
9.2	Beaufsichtigung		
9.2.1	RC		

Literaturhinweise

- [1] AFTES (1987): Group de travail Nr 8: Injection. Tunnel et ouvrages souterrains Nr. 81, AFTES , Paris.
- [2] API (Juni 1990): Recommended Practice 13 B-1: Standard Procedure for field testing of water-based drilling fluids, American Petroleum Institute.
- [3] AS.1289 (1984): Australische Norm. Method of testing soil for engineering purposes, Part C: Soil classification tests.
- [4] BSI (1986): BSI 8004: British Standard Code of practice for foundations (früher CP 2004). British Standards Institution.
- [5] CIRIA RP 451 (1992): Fundamental basis of grout injection for ground treatment.
- [6] DIN 4093 (1987): Behandlung des Baugrundes durch Injektionen; Planung, Ausführung und Prüfung. UDC 624.138.24 : 624.159.4 : 620.1.
- [7] ÖNORM B 4454 (1989): Injektionsarbeiten in Fest- und Lockergestein. DK 624.138.24.
- [8] SIA 198 (1993): Travaux souterrains: Projet, execution, dispositions particulières, mètres et décomptes. Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes.
- [9] NF P 18 891 (1992): Produits speciaux destinés aux constructions en béton hydraulique – produits à base de resines synthétiques ou de liants hydrauliques pour injections dans des structures en béton – essais d'injectabilité à la colonne de sable en milieux sec et/ou humide.
- [10] ISRM (1996): Abschlussbericht der Kommission über Injektionen in Fels, Internationale Gesellschaft für Felsmechanik, Int. J. Rock Mech. Sci. & Geomech. Abstr., Vol 33, No. 8, pp. 803–847, Elsevier.
- [11] prEN ISO 4109, Frischbeton-Konsistenzprüfung – Slump Test.
- [12] prEN 12382-2:1996, Prüfung von Beton – Bestimmung der Konsistenz – Setzmaß.

DIN EN ISO 17660-1 Berichtigung 1

ICS 25.160.40

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

**Schweißen –
Schweißen von Betonstahl –
Teil 1: Tragende Schweißverbindungen (ISO 17660-1:2006);
Deutsche Fassung EN ISO 17660-1:2006,
Berichtigungen zu DIN EN ISO 17660-1:2006-12**

Welding –
Welding of reinforcing steel –
Part 1: Load-bearing welded joints (ISO 17660-1:2006);
German version EN ISO 17660-1:2006,
Corrigenda to DIN EN ISO 17660-1:2006-12

Soudage –
Soudage des aciers d'armatures –
Partie 1: Assemblages transmettant des efforts (ISO 17660-1:2006);
Version allemande EN ISO 17660-1:2006,
Corrigenda à DIN EN ISO 17660-1:2006-12

Gesamtumfang 2 Seiten

Normenausschuss Schweißtechnik (NAS) im DIN
Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN ISO 17660-1 Ber 1:2007-08

In

DIN EN ISO 17660-1:2006-12

sind folgende Korrekturen vorzunehmen:

Zu 14.1, 3. Absatz

Der Hinweis auf ISO 15620-2 muss durch ISO 15630-2 ersetzt werden:

„Alle zerstörenden Prüfungen müssen nach ISO 15630-1 für Zugversuche und Biegeprüfungen und nach ISO 15630-2 für Scher- und Biegeversuche durchgeführt werden, soweit nichts anderes in 14.2 bis 14.4 festgelegt ist.“

Zu Bild C.9 b)

Die folgende Information ist unter Bild C.9 b) hinzuzufügen:

$$d \leq t$$

DIN EN ISO 17660-2 Berichtigung 1

ICS 25.160.40

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

**Schweißen –
Schweißen von Betonstahl –
Teil 2: Nichttragende Schweißverbindungen (ISO 17660-2:2006);
Deutsche Fassung EN ISO 17660-2:2006,
Berichtigungen zu DIN EN ISO 17660-2:2006-12**

Welding –
Welding of reinforcing steel –
Part 2: Non load-bearing welded joints (ISO 17660-2:2006);
German version EN ISO 17660-2:2006,
Corrigenda to DIN EN ISO 17660-2:2006-12

Soudage –
Soudage des aciers d'armatures –
Partie 2: Assemblages non transmettants (ISO 17660-2:2006);
Version allemande EN ISO 17660-2:2006,
Corrigenda à DIN EN ISO 17660-2:2006-12

Gesamtumfang 2 Seiten

Normenausschuss Schweißtechnik (NAS) im DIN
Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN ISO 17660-2 Ber 1:2007-08

In

DIN EN ISO 17660-2:2006-12

sind folgende Korrekturen vorzunehmen:

Zu 11.5.4

In Tabelle 3 ist die Zuordnung der Fußnoten wie folgt zu korrigieren:

Tabelle 3 — Geltungsbereich für den Durchmesser des Betonstahlstabes und der Werkstoffdicke

In der Schweißverfahrensprüfung verwendeter Durchmesser und verwendete Blechdicke ^a	Geltungsbereich
d/d	Ein Nenndurchmesser ober- und unterhalb, vorausgesetzt, dass die Stäbe den gleichen Durchmesser haben ^b
$d_{\max}/d_{\max}$ $d_{\min}/d_{\min}$	alle Verbindungen zwischen $d_{\max}/d_{\max}$ und $d_{\min}/d_{\min}$ mit gleichem Durchmesser
$d_{\max}/d_{\max}$ $d_{\min}/d_{\min}$ $d_{\max}/d_{\min}$ ^c	alle Kombinationen mit Maßen von $d_{\min}$ bis $d_{\max}$
^a Bei Prüfstücken mit verschiedenen Durchmessern müssen beide Durchmesser geprüft werden. ^b Durchmesser > 32 mm müssen separat geprüft werden. ^c Für die Kombination $d_{\max}/d_{\min}$ dürfen andere Durchmesser als bei der Prüfung $d_{\max}/d_{\max}$ und $d_{\min}/d_{\min}$ verwendet werden. Der Geltungsbereich wird durch das verwendete Durchmesser Verhältnis festgelegt. Typische Beispiele für Kombinationen von Durchmessern für Kreuzungsstöße bei den Schweißprozessen 21 und 23 liefert <u>Anhang E</u> .	

Zu Abschnitt 12

Ersetze den zweiten Satz des ersten Absatzes

„Ein Prüfstück muss von jedem Schweißer und für jede WPQR geschweißt und mit einem Zugversuch geprüft werden (siehe Anhang E für ein Beispiel eines WPQR-Vordrucks).“

durch:

„Ein Prüfstück muss von jedem Schweißer und für jede WPQR geschweißt und mit einem Zugversuch geprüft werden (siehe Anhang C für ein Beispiel eines WPQR-Vordrucks).“

Zu Anhang C

Die Spalten „Scherfaktor“ und „Biegewinkel“ sind in der Auswertungstabelle zu entfernen.

DIN SPEC 18187



ICS 93.020

Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 12715:2000-10, Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Injektionen

Supplementary provisions to DIN EN 12715:2000-10, Execution of special geotechnical works –

Grouting

Règles supplémentaires de la norme DIN EN 12715:2000-10, Exécution des travaux géotechniques spéciaux –

Injection

Zur Erstellung einer DIN SPEC können verschiedene Verfahrensweisen herangezogen werden:
Das vorliegende Dokument wurde nach den Verfahrensregeln einer Vornorm erstellt.

Gesamtumfang 8 Seiten

DIN SPEC 18187:2015-08

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Ergänzende Regelungen zu DIN EN 12715:2000-10	6
3.1 Zu Abschnitt 5 „Baugrunduntersuchungen“	6
3.2 Zu Abschnitt 6 „Baustoffe und Bauprodukte“	6
Literaturhinweise	8

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitsausschuss NA 005-05-08 AA „Injektionen, Düsenstrahlverfahren, tiefreichende Bodenstabilisierung“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) als Ergänzung zu DIN EN 12715:2000-10 erstellt.

Dieses Dokument enthält Festlegungen, die ergänzend zu DIN EN 12715:2000-10 gelten, wobei auf Regeln in weiterhin gültigen nationalen Normen (die nicht vollständig durch Europäische Normen ersetzt wurden und weiterhin einschlägige Regelungen beinhalten) verwiesen wird.

Dieses Dokument ist nur in Verbindung mit DIN EN 12715:2000-10 anwendbar.

Die ergänzenden Festlegungen werden mit einem „A“ gekennzeichnet und beziehen sich auf den jeweiligen Absatz der europäischen Ausführungsnorm: Z. B. ist „A 6.1.4.6“ die Festlegung zu DIN EN 12715:2000-10, 6.1.4.6.

Es ist beabsichtigt, die Festlegungen bei der nächsten Überarbeitung von EN 12715 im CEN/TC 288 einzubringen.

Eine DIN SPEC nach dem Vornorm-Verfahren ist das Ergebnis einer Normungsarbeit, das wegen bestimmter Vorbehalte zum Inhalt oder wegen des gegenüber einer Norm abweichenden Aufstellungsverfahrens vom DIN noch nicht als Norm herausgegeben wird.

Erfahrungen mit dieser DIN SPEC sind erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an nabau@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter <http://www.din.de/stellungnahme> abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Bauwesen (NABau).

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

DIN SPEC 18187:2015-08

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument hat den gleichen Anwendungsbereich wie in DIN EN 12715:2000-10 angegeben.

Dieses Dokument enthält ergänzende Festlegungen zu DIN EN 12715:2000-10 und gilt nur in Verbindung mit dieser.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokumentes erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokumentes (einschließlich aller Änderungen).

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

DIN 1054:2010-12, *Baugrund — Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau — Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1*

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

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

DIN 4093:2012-08, *Bemessung von verfestigten Bodenkörpern — Hergestellt mit Düsenstrahl-, Deep-Mixing- oder Injektions-Verfahren*

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

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

DIN EN 450-1, *Flugasche für Beton — Teil 1: Definition, Anforderungen und Konformitätskriterien*

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

DIN EN 934-4, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel — Teil 4: Zusatzmittel für Einpressmörtel für Spannglieder — Definitionen, Anforderungen, Konformität, Kennzeichnung und Beschriftung*

DIN EN 934-6, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel — Teil 6: Probenahme, Konformitätskontrolle und Bewertung der Konformität*

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

DIN EN 1997-1:2009-09, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln*

DIN EN 1997-1/NA:2010-12, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln*

DIN EN 1997-2:2010-10, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds*

DIN EN 1997-2/NA:2010-12, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds*

DIN EN 10204, *Metallische Erzeugnisse - Arten von Prüfbescheinigungen*

DIN EN 12620, *Gesteinskörnungen für Beton*

*CLP-Verordnung (Verordnung (EG) Nr. 1272/2008)*¹⁾

*REACH-Verordnung (Verordnung (EG) Nr. 1907/2006)*¹⁾

*Richtlinie 67/548/EWG, Richtlinie des Rates vom 27. Juni 1967 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe*²⁾

*GrundwasserV, Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Grundwasserverordnung – GrwV)*²⁾

¹⁾ Informationen zum aktuellen Stand von Regelungen, insbesondere zu Beschränkungen und Verboten im Rahmen der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006, sowie die Rechtstexte sind auf der REACH-Webseite der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) zu finden (<http://www.reach-helpdesk.de>).

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

DIN SPEC 18187:2015-08

3 Ergänzende Regelungen zu DIN EN 12715:2000-10

3.1 Zu Abschnitt 5 „Baugrunduntersuchungen“

A 5.1.1 Der Abschnitt wird ergänzt:

ANMERKUNG ENV 1997-1:1994 wurde inzwischen durch DIN EN 1997-1:2009-09 ersetzt.

Als nationale Ergänzung zum Eurocode 7 sind DIN EN 1997-1/NA, DIN EN 1997-2/NA sowie DIN 1054 und DIN 4020 anzuwenden.

A 5.3.1 Der Abschnitt wird ergänzt:

Injektionsversuche (Feldversuche) entsprechen den Eignungsprüfungen nach DIN 4093.

3.2 Zu Abschnitt 6 „Baustoffe und Bauprodukte“

A 6.1.1 Der Abschnitt wird ergänzt:

Zusätzlich sind die Regelungen der REACH-Verordnung (Verordnung (EG) Nr. 1907/2006) sowie die Kennzeichnungspflicht nach CLP-Verordnung (Verordnung (EG) Nr. 1272/2008) zu beachten.

A 6.2.1 Der Abschnitt wird durch folgenden Unterabschnitt ergänzt:

A 6.2.1.6 Wenn mit der Injektion ein verfestigter Bodenkörper hergestellt wird und dieser nach DIN 4093 als Tragelement bemessen wird, dürfen Zemente ausschließlich nach DIN EN 197-1 oder DIN 1164-10 verwendet werden. Bei der Wahl des Zementes sind die Expositionsclassen nach DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 zu berücksichtigen.

A 6.2.2 Der Abschnitt wird durch folgenden Unterabschnitt ergänzt:

A 6.2.2.3 Wenn mit der Injektion ein verfestigter Bodenkörper hergestellt wird und dieser nach DIN 4093 als Tragelement bemessen wird, gelten folgende Einschränkungen:

- Die Zugabe von quellfähigem Tonmehl (Bentonit) ist zur Steuerung des Fließverhaltens und zur Stabilisierung der Zementsuspension erlaubt. Erfordernis und Wirksamkeit sind in Laborversuchen (Absetzversuche, Festigkeitsuntersuchungen) nachzuweisen.
- Die Eignung des Bentonits sowie die Verträglichkeit des Bentonits mit dem Bindemittel ist für jedes einzelne Projekt in einer Eignungsprüfung nachzuweisen und die Identität des Bentonits durch entsprechende Prüfbescheinigungen der Lieferanten zu dokumentieren.

Weiterhin ist zu beachten:

- Der Betrieb des Herstellers des Bentonits sollte zertifiziert sein, z. B. nach DIN EN ISO 9001 oder einem ähnlichen/gleichwertigen Managementsystem.
- Das Material der Eignungsversuche und der späteren Lieferungen wird vom Hersteller in einem überwachten Prozess hergestellt und nach internen Prüfverfahren dokumentiert.
- Der Hersteller des Bentonits dokumentiert dem Käufer die Identität und Konformität des Materials durch Überlassen einer Prüfbescheinigung, z. B. nach DIN EN 10204. Die Art der Prüfbescheinigung wird zwischen den beiden Vertragsparteien vereinbart.
- Der Hersteller des Bentonits stellt dem Käufer die Beschreibungsart der internen Prüfverfahren zur Verfügung, soweit dieses nicht genormt ist.

A 6.2.3 Der Abschnitt wird durch folgenden Unterabschnitt ergänzt:

A 6.2.3.4 Wenn mit der Injektion ein verfestigter Bodenkörper hergestellt wird und dieser nach DIN 4093 als Tragelement bemessen wird, dürfen ausschließlich natürliche Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620 verwendet werden.

A 6.2.4 Der Abschnitt wird durch folgenden Unterabschnitt ergänzt:

A 6.2.4.3 Wenn mit der Injektion ein verfestigter Bodenkörper hergestellt wird und dieser nach DIN 4093 als Tragelement bemessen wird, ist Wasser nach DIN EN 1008 zu verwenden.

A 6.2.5 Der Abschnitt wird durch folgenden Unterabschnitt ergänzt:

A 6.2.5.5 Wenn mit der Injektion ein verfestigter Bodenkörper hergestellt wird, dürfen ausschließlich Zusätze nach DIN EN 934-2, DIN EN 934-4, DIN EN 934-6 oder mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung verwendet werden.

A 6.2.6.1 Der Abschnitt wird ergänzt:

Wenn mit der Injektion ein verfestigter Bodenkörper hergestellt wird und dieser nach DIN 4093 als Tragelement bemessen wird, dürfen ausschließlich allgemein bauaufsichtlich zugelassene Steinkohleflugaschen nach DIN EN 450-1 verwendet werden. Der Gewichtsanteil der Flugasche darf den des Zementes nicht überschreiten.

A 6.3.3.5 Der Abschnitt wird ergänzt:

ANMERKUNG Zu beachten ist hier vor allem § 13 i. V. m. Anlage 7 der Grundwasserverordnung vom 09. November 2010.

Nicht zulässig sind Inhaltsstoffe, die kanzerogen, keimzellmutagen oder reproduktionstoxisch sind und entsprechend mit H350, H340, H360 nach Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 oder R45, R46, R60/61 nach der Richtlinie 67/548/EWG gekennzeichnet sind. Die Sicherheitsdatenblätter der Komponenten sind diesbezüglich zu überprüfen.

A 6.4 Der Abschnitt wird durch einen Unterabschnitt ergänzt:

A (6.4.6) Für Probenahme und Prüfung ist bei verfestigtem Boden als Tragelement DIN 4093 anzuwenden.

A 7.1.1 Der Abschnitt wird ergänzt:

Die grundlegende Norm DIN EN 1997-1:2009-09 gilt in Verbindung mit DIN EN 1997-1/NA:2010-12, DIN 1054:2010-12 und DIN 1054/A1:2012-08. Für die Bemessung von verfestigten Bodenkörpern ist DIN 4093:2012-08 zu beachten.

A 8.4.10 Der Abschnitt wird ergänzt:

A 8.4.10 Die verwendeten Zusätze müssen die Anforderungen nach 6.1.1 und 6.3.3.5 erfüllen und dürfen keine umweltschädigenden Reaktionen auslösen.

DIN SPEC 18187:2015-08

Literaturhinweise

DIN EN ISO 9001, *Qualitätsmanagementsysteme — Anforderungen*

DIN 18551

ICS 91.100.30

Ersatz für
DIN 18551:2010-02**Spritzbeton –
Nationale Anwendungsregeln zur Reihe DIN EN 14487 und Regeln für
die Bemessung von Spritzbetonkonstruktionen**

Sprayed concrete –

National application rules for series DIN EN 14487 and rules for design of sprayed
concrete 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 18551:2014-08**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	6
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	15
5.1 Allgemeines	15
5.2 Formänderungen	15
5.3 Zusammenwirken zwischen alten Betonbauteilen und neuem Spritzbeton	16
5.3.1 Allgemeines	16
5.3.2 Nachweis des Verbundes	16
5.3.3 Berücksichtigung des unterschiedlichen Tragverhaltens	16
5.4 Verbundmittel zwischen bestehenden Bauteilen und Spritzbeton	16
5.4.1 Allgemeines	16
5.4.2 Bemessung	17
5.5 Bemessung von Stützenverstärkungen	17
5.6 Verankerungen	18
5.7 Bauliche Durchbildung	18
Anhang A (informativ) Erläuterungen zur Probenahme von Bohrkernen aus gespritzten Prüfplatten zum Nachweis der Druckfestigkeit nach DIN EN 14487-1:2006-03, Tabelle 12	19

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“. Darüber hinaus enthält diese Norm Regeln für die Bemessung und die konstruktive Durchbildung von Tragwerken und Bauteilen aus Spritzbeton.

Das vorliegende Dokument ersetzt DIN 18551:2010-02.

Die in den Abschnitten 3 und 4 angegebene Abschnittennummerierung 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 Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

Gegenüber DIN 18551:2010-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Regelungen für Spritzmörtel werden überführt in die DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“;
- b) im gesamten Normtext wurden die Normativen Verweisungen auf DIN 1045-1 ersetzt durch DIN EN 1992-1-1:2011-01 in Verbindung mit DIN EN 1992-1-1/NA;
- c) im gesamten Normtext wurden die Normativen Verweisungen auf DIN 1045-3 ersetzt durch DIN EN 13670:2011-03 in Verbindung mit DIN 1045-3:2012-03;
- d) Aufnahme des informativen Anhangs A, der Erläuterungen zur Probenahme nach EN 14487-1:2007, Tabelle 12 gibt;
- e) Norm redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 18551: 1974-12, 1979-07, 1992-03, 2005-01, 2010-02

DIN 18551:2014-08**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 und DIN 1045-2,
- DIN EN 1992-1-1:2011-01 und DIN EN 1992-1-1/NA,
- DIN EN 13670 und DIN 1045-3.

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

Diese Norm gilt auch für Spritzmörtel, der wie Spritzbeton nach DIN EN 14487-1 in Verbindung mit DIN 18551 hergestellt, überwacht und verarbeitet wird und zum Oberflächenausgleich oder zur Oberflächenglättung eingesetzt wird.

Für Spritzmörtel, hergestellt aus einer werkgemischten Trockenmischung, der für die Instandsetzung von Betonbauteilen eingesetzt wird, wird auf die 3. Berichtigung zur Instandsetzungs-Richtlinie, Ausgabe 2001, verwiesen. In dieser Berichtigung werden weitere Nachweise beschrieben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

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

DIN 1164-11, *Zement mit besonderen Eigenschaften — Teil 11: Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Zement mit verkürztem Erstarren*

DIN 1164-12, *Zement mit besonderen Eigenschaften — Teil 12: Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Zement mit einem erhöhten Anteil an organischen Bestandteilen*

DIN 18202, *Toleranzen im Hochbau — Bauwerke*

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

DIN EN 206:2014-07, *Beton — Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität*

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

DIN EN 934-5:2008-02; *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel — Teil 5: Zusatzmittel für Spritzbeton — Begriffe, Anforderungen, Konformität, Kennzeichnung und Beschriftung*

DIN EN 934-6, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel — Teil 6: Probenahme, Konformitätskontrolle und Bewertung der Konformität*

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 1045-3:2012-03, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 3: Bauausführung — Anwendungsregeln zu DIN EN 13670*

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

DIN 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*

DIN EN 1542, *Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken — Prüfverfahren — Messung der Haftfestigkeit im Abreißversuch*

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

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

DIN EN 12350-3, *Prüfung von Frischbeton — Teil 3: Vebe-Prüfung*

DIN EN 12350-5, *Prüfung von Frischbeton — Teil 5: Ausbreitmaß*

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

DIN EN 12620, *Gesteinskörnungen für Beton*

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

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

DIN EN 13791:2008-05, *Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen*

DIN EN 14487-1:2006-03, *Spritzbeton — Teil 1: Begriffe, Festlegungen und Konformität*

DIN EN 14487-2:2007-01, *Spritzbeton — Teil 2: Ausführung*

DIN EN 14488-1, *Prüfung von Spritzbeton — Teil 1: Probenahme von Frisch- und Festbeton*

DIN EN 14889-1, *Fasern für Beton — Teil 1: Stahlfasern – Begriffe, Festlegungen und Konformität*

DIN EN 14889-2, *Fasern für Beton — Teil 2: Polymerfasern – Begriffe, Festlegungen und Konformität*,

DAfStb-Alkali-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 Gesteinskörnungen¹⁾*

DAfStb-Richtlinie, *Herstellung und Verwendung von Trockenbeton und Trockenmörtel (Trockenbeton-Richtlinie¹⁾*

DAfStb-Richtlinie, *Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungs-Richtlinie) — Teil 1: Allgemeine Regelungen und Planungsgrundsätze; Teil 2: Bauprodukte und Anwendung; Teil 3: Anforderungen an die Betriebe und Überwachung der Ausführung; Teil 4: Prüfverfahren¹⁾*

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

DIN 18551:2014-08

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 3 Begriffe

Zu 3.2.3

faserverstärkter Spritzbeton

Die Definition ist um die nebenstehende Anmerkung zu ergänzen:

Anmerkung 1 zum Begriff: Der in der Norm auch verwendete Begriff „stahlfaserbewehrter Spritzbeton“ ist mit dem Begriff „faserverstärkter Spritzbeton“ gleichzusetzen.

Zu 3.5.4

Bodenverfestigung

Die Definition ist um die nebenstehende Anmerkung zu ergänzen:

Anmerkung 1 zum Begriff: Hierzu gehört auch die vorläufige Ausbruchsicherung im Tunnelbau.

Zu 3.7.4

Überwachungskategorie

Die Definition ist um die nebenstehende Anmerkung zu ergänzen:

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Kategorien 1 bis 3 nach DIN EN 14487-1 entsprechen den Überwachungskategorien nach DIN EN 14487-2.

Dieser Begriff ist zu ergänzen:

3.2.10

Spritzmörtel

Zementmörtel (werkgemischte Trockenmischung) mit Gesteinskörnung für Beton bis höchstens 4 mm.

Anmerkung 1 zum Begriff: Spritzmörtel im Sinne dieser Norm wird wie Spritzbeton nach DIN EN 14487-1 in Verbindung mit DIN 18551 hergestellt, überwacht und verarbeitet.

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 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 für 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.

Entsprechend der Öffnungsklausel in 5.1, 5. Absatz wird Tabelle 4 durch folgende Tabelle ersetzt:

Tabelle 4 — Anforderungen an Ausgangsstoffe

Ausgangsstoff	Anforderungen
Zement	Es ist Zement nach DIN EN 197-1, nach DIN 1164-10, DIN 1164-11 und DIN 1164-12 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 Berücksichtigung der Festlegungen von DIN 1045-2:2008-08, 5.2.6, und/oder nach DIN EN 934-5 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 206:2014-07, 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.

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 Gesamtchloridgehalt 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, Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkalireaktion im Beton (Alkali-Richtlinie) — Teil 1, 4.3.2, Absatz (2) oder (3) vom 2007-02, 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 Nachweise erforderlich.

Zu 5.2 Anforderungen an die Zusammensetzung von Spritzbeton

Zu 5.2.1 Allgemeines

Hinter dem dritten Absatz wird der nebenstehende Absatz ergänzt:

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 Nachweise erforderlich.

Zu 5.3 Anforderungen 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 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.
Druckfestigkeit bei Verwendung von Transportbeton als Nassgemisch	Einhalten der aufgrund der Erstprüfung festgelegten Druckfestigkeit
ANMERKUNG Die für das Spritzen erforderliche Konsistenz des Betons hängt von der Art der Förderung und dem Auftragverfahren ab.	

DIN 18551:2014-08

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 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 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/mm^2 einer Festigkeitsklasse nach DIN EN 206:2014-07, Tabelle 12 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 Expositionsklasse 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 Druckfestigkeitsklasse von Spritzbeton wird nach DIN EN 206 festgelegt und bezeichnet. Aus den nach DIN EN 14488-1 gesondert gespritzten, nachbehandelten und gelagerten Prüfplatten sind nach Erreichen einer ausreichenden Festigkeit jeweils mindestens 3 Bohrkern mit 100 mm Durchmesser zu entnehmen. Die Bohrkern sind nach der Entnahme auf ein Verhältnis $h/d = 1,0$ zu kürzen und vorzubereiten, nach DIN EN 12390-2:2012-02 Berichtigung 1, 5.5, zu lagern und im Alter von 28 Tagen auf Druckfestigkeit nach DIN EN 12390-3 zu prüfen. Die Mindesthäufigkeiten der Probenahmen ergeben sich aus DIN EN 14487-1:2006-03, Tabelle 12, Zeile 5, wobei eine Probenahme jeweils mindestens drei Bohrkernen entspricht (siehe DIN EN 14487-1:2005-03, 7.5.1.2, Tabelle 13). Die Beurteilung der Prüfergebnisse erfolgt nach den Kriterien der DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3:2012-03, Anhang NB, Tabelle NB.3. Ersatzweise dürfen Bohrkern entsprechend DIN EN 13791:2008-05, NA.4.3 aus dem Tragwerk entnommen und geprüft werden. Bei der Beurteilung der Druckfestigkeit gilt dann DIN EN 13791.

Erläuterungen zur Probenahme siehe Anhang A.

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.

Zu 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.

Zu 7.3 Eignungsprüfung

Der 3. Absatz ist um folgenden Text zu ergänzen

Die Eignungsprüfung muss nicht ausschließlich mit demselben Personal wie bei der Bauausführung durchgeführt werden, wenn für die Baustelle ein Qualitätssicherungskonzept vorliegt und eine ausreichende Personalqualifikation nachgewiesen wird.

DIN 18551:2014-08**Zu 7.4 Produktionskontrolle während der Ausführung von Spritzbetonarbeiten auf der Baustelle****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

Zu 7.4.3 Tabelle 11

In Tabelle 11 folgende Zeile 5 ergänzen:

Druckfestigkeitsprüfung nach DIN EN 12390-3

	Art der Prüfung	Überwachung/Prüfung	Zweck	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
5	Druckfestigkeit bei Verwendung des Nassspritzverfahrens	Druckfestigkeit nach DIN EN 12390-3	Überprüfung der Gleichmäßigkeit	$< 100 \text{ m}^3$ (500 m^2): 1 Serie $> 100 \text{ m}^3$ (500 m^2) bis 300 m^3 ($1\,500 \text{ m}^2$): 1 Serie je 100 m^3 (500 m^2) $> 300 \text{ m}^3$ ($1\,500 \text{ m}^2$): Serie je 250 m^3 ($1\,250 \text{ m}^2$)		

Zu 7.5.1.2 Druckfestigkeit

Der Abschnitt ist um folgende Anmerkungen zu ergänzen

ANMERKUNG 1 Alternativ darf die Druckfestigkeit auch an 3 Bohrkernen ermittelt werden. In diesem Fall darf kein Einzelwert verworfen werden.

ANMERKUNG 2 Die Bohrkernkerne dürfen auch aus mehreren Prüfplatten entnommen werden (siehe Anhang A).

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 5.2.1 Gerüste, Lehrgerüste und Schalungen

Der erste Absatz ist durch nebenstehenden Text zu ersetzen:

Gerüste, Lehrgerüste und Schalungen müssen grundsätzlich DIN EN 13670 in Verbindung mit 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 erste Absatz 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 Untergrunds 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 auftreten. Bei Erreichen der vereinbarten Oberflächenzugfestigkeit ohne Bruch darf der Versuch beendet werden. Die Prüfung erfolgt nach DIN EN 1542. Auf das Vorbohren darf verzichtet werden.

Zu 5.2.3 Vornässen des Untergrundes

Der Abschnitt ist durch nebenstehenden Text zu ergänzen:

Die gesäuberten und ausreichend vorgehängten Auftragsflächen müssen bei Beginn der Spritzbetonarbeiten soweit 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.

Zu 5.2.4 Schutz gegen extreme Umgebungstemperaturen

Der zweite Absatz ist durch nebenstehenden Text zu ersetzen:

Für die Ausführung der Spritzbetonarbeiten bei kühler Witterung gilt DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3:2012-03, 8.2 (9). Für die Temperatur des Untergrundes gilt DIN EN 13670:2011-03, 8.2 (8). Bei dünnen Bauteilen können besondere Maßnahmen erforderlich sein.

Zu 6 Bewehrung

Der dritte Absatz ist durch nebenstehenden Text zu ersetzen:

Der Einbau von Stahlmatten oder Stabstahl, die als Bewehrung für Spritzbeton vorgesehen sind, muss nach DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3 erfolgen.

Der fünfte Satz, zweiter Spiegelstrich ist durch nebenstehenden Text zu ergänzen:

Der lichte Abstand gleichlaufender, nicht gestoßener Bewehrungsstäbe muss mindestens 50 mm betragen.

DIN 18551:2014-08

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.

Zu 9.2 Oberfläche des fertigen Spritzbetons

Der nebenstehende Text ist als dritter Absatz hinzuzufügen:

Eine gleichmäßige Farbtönung ist verfahrensbedingt nicht möglich, sie erfordert zusätzliche Maßnahmen. Die spritzrauhbelassene Oberfläche von Spritzbeton kann abschließend zusätzlich mit Spritzmörtel versehen und gestaltet oder geglättet werden.

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 hat nach DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3 zu erfolgen.“

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. Wassereintritt) 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 und DIN 1045-2:2008-08, 9.6, sowie DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3.

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

Zu 10.1 Allgemeines

Der Abschnitt ist durch nebenstehenden Text zu ersetzen:

Sofern geometrische Grenzabweichungen festzulegen sind, gilt DIN EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3 bzw. DIN 18202.

Zu 11.1 Allgemeines

Der komplette Abschnitt wird durch folgenden Text ersetzt:

Die Ausführung von Spritzbetonarbeiten ist durch den Ausführenden zu überwachen und zu dokumentieren sowie durch eine entsprechend anerkannte Stelle zu überwachen.

Durch die Überwachung ist sicherzustellen, dass die Spritzbetonarbeiten in Übereinstimmung mit dieser Norm und mit den Festlegungen der Projektbeschreibung durchgeführt werden.

Für die Prüfung der Ausgangsstoffe, der Grundmischung und des Spritzbetons gilt EN 14487-1 in Verbindung mit der vorliegenden Norm.

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.

Zu 11.2 Umfang der Überwachung der Ausführung

Abschnitt 11.2 ist durch nebenstehenden Text vor dem ersten Absatz zu ergänzen; Tabelle 2 bleibt erhalten:

Der Umfang der Überwachung hängt von der nach DIN EN 14487-1 festgelegten Überwachungskategorie ab. Er richtet sich hinsichtlich der Spritzbetoneigenschaften nach DIN EN 14487-1:2006-03, Tabelle 12 und hinsichtlich der weiteren Überwachungsgegenstände nach DIN EN 14487-2:2007-01, Tabelle 2.

Mindestens gelten jedoch die Bedingungen der Überwachungsklasse 2 nach EN 13670 in Verbindung mit DIN 1045-3.

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 EN 1992-1-1 mit DIN EN 1992-1-1/NA, soweit im Nachfolgenden nichts anderes bestimmt ist.

5.2 Formänderungen

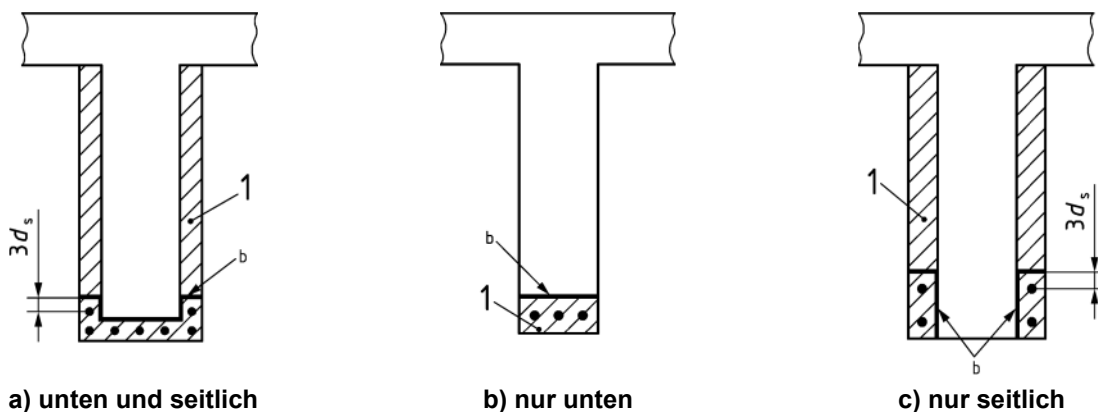
Für die Berechnung von Formänderungen (z. B. infolge Temperatur, Kriechen, Schwinden) sind in der Regel die in DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA angegebenen Formänderungskennwerte für Verformungsberechnungen anzunehmen. Sofern die absolute Größe der Formänderungen von Bedeutung ist, ist gegebenenfalls eine genauere Ermittlung der Formänderungskennwerte erforderlich. Insbesondere bei der Verwendung von Erstarrungsbeschleunigern (BE) können die sich einstellenden Werte von den in DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA angegebenen Formänderungskennwerten abweichen.

DIN 18551:2014-08**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 EN 1992-1-1:2011-01, 6.2.5 unter Berücksichtigung von DIN EN 1992-1-1 /NA 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 EN 1992-1-1:2011-01, 6.2.5 unter Berücksichtigung von DIN EN 1992-1-1/NA 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 EN 1992-1-1:2011-01, 6.2.5 unter Berücksichtigung von DIN EN 1992-1-1/NA 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 EN 1992-1-1:2011-01, 6.2.5 unter Berücksichtigung von DIN EN 1992-1-1 (NA) 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.

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).

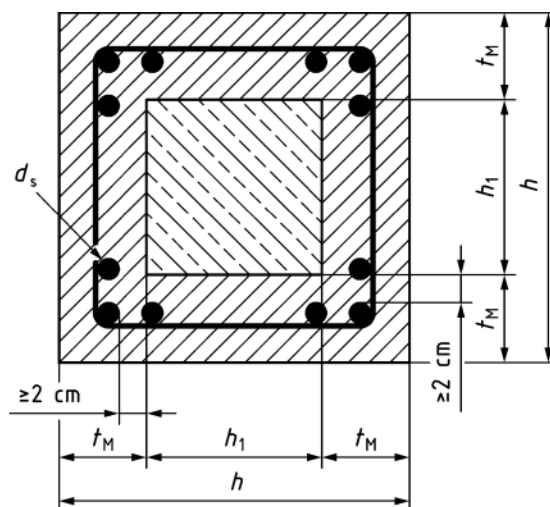


Bild 2 — Stütze mit quadratischem Querschnitt

(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.

DIN 18551:2014-08**5.6 Verankerungen**

(1) Die zugelegte Biegebewehrung ist nach DIN EN 1992-1-1:2011-01, Abschnitt 8 und 9 unter Berücksichtigung von DIN EN 1992-1-1/NA 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 EN 1992-1-1:2011-01, 8.4.2 unter Berücksichtigung von DIN EN 1992-1-1/NA. 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 EN 1992-1-1:2011-01, Abschnitt 4 unter Berücksichtigung von DIN EN 1992-1-1/NA. 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 EN 1992-1-1/NA:2011-01, Bild NA.8.5 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.

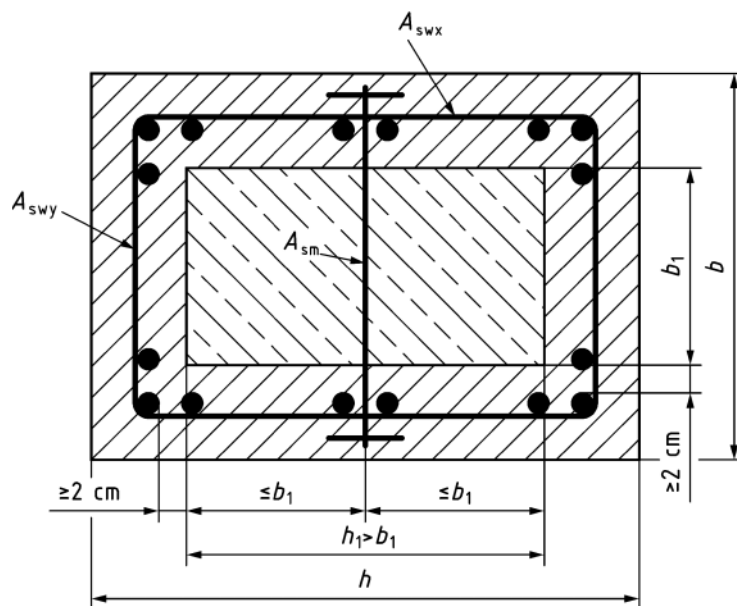


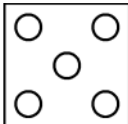
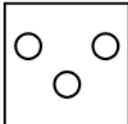
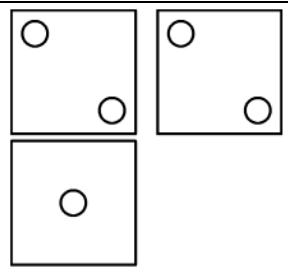
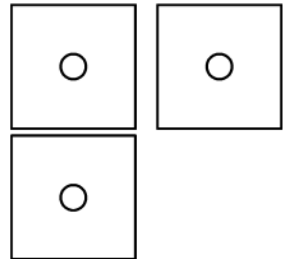
Bild 3 — Stütze mit Rechteckquerschnitt und Zwischenverankerung

Anhang A (informativ)

Erläuterungen zur Probenahme von Bohrkernen aus gespritzten Prüfplatten zum Nachweis der Druckfestigkeit nach DIN EN 14487-1:2006-03, Tabelle 12

Die möglichen Varianten einer Probenahme (z. B. 1/ je 500 m²) nach DIN EN 14487-1:2006-03, Tabelle 12 sind in Tabelle A.1 exemplarisch dargestellt.

Tabelle A.1 — Varianten der Probenahme nach DIN EN 14487-1:2006-03, Tabelle 12

Varianten	Darstellung ^a	Beschreibung
A		1 Prüfplatte — 5 Bohrkern entnehmen und prüfen — mindestens 3 Bohrkern werten
B		1 Prüfplatte — 3 Bohrkern entnehmen — 3 Bohrkern prüfen und werten
C		3 Prüfplatten — 5 Bohrkern entnehmen und prüfen — mindestens 3 Bohrkern werten
D		3 Prüfplatten — je 1 Bohrkern entnehmen — 3 Bohrkern prüfen und werten

^a Bei der Bohrkernentnahme sind Randabstände von min. 10 cm zu berücksichtigen.