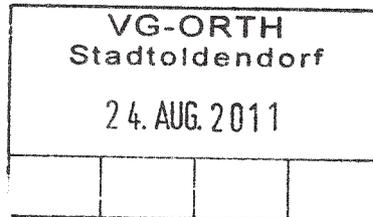


Materialprüfanstalt (MPA) Braunschweig · Beethovenstr. 52 · D-38106 Braunschweig

VG-Orth GmbH & Co. KG
z.Hd. Dipl.-Ing. F. Fischer
Geschäftsleitung Vertrieb
Holeburgweg 24
37624 Stadtoldendorf

**Stellungnahme 01/2011**

Unsere Zeichen: (1287/3266)-Bod
Kunden-Nr.: 9968
Sachbearbeiter: Herr Dr. Bodendiek
Abteilung: MT
Kontakt: 0531-391-5577
p.bodendiek@tu-bs.de

Ihre Zeichen:
Ihre Nachricht vom:

Datum: 15.08.2011

Kurze Stellungnahme der MPA Braunschweig zum Untersuchungsbericht der FH Hildesheim/ Holzminden/ Göttingen zum Thema: Gipswandbauplatten auf Estrichen vom 15.04.2002

1 Allgemein

In dem Untersuchungsbericht der FH Hildesheim/Holzminden/Göttingen von Prof. R. Möhring und Prof. J. Paulun aus dem Jahre 2002 wurden Grenzwerte bzw. Randbedingungen für den nachträglichen geschosshohen Verbau von Wänden aus Gipswandbauplatten auf Verbund- und schwimmenden Estrichen bestimmt. Bedingt durch die Globalisierung in Deutschland haben sich die in dem Untersuchungsbericht zitierten deutschen Normen geändert.

Die im Gutachten benannten Grenzwerte bzw. Randbedingungen aus den zitierten Normen werden in dieser Stellungnahme im Abschnitt 2 kurz benannt bzw. in die neuen Normen eingeordnet, um die Ausführung von geschosshohen Wänden aus Gipswandbauplatten auf Verbund- und schwimmenden Estrichen weiterhin zu ermöglichen.

2 Einordnung Regelwerke

Estriche und Heizestriche auf Dämmschichten (schwimmende Estriche) sind durch DIN 18560-2:2009 genormt.

- Schwimmende Estriche müssen eine Biegezugfestigkeit $\beta_{bz} \geq 2,0 \text{ N/mm}^2$ (vgl. Seite 29 im Untersuchungsbericht) aufweisen. Die Estrichdicke (vgl. Seite 29 im Untersuchungsbericht) beträgt, wie angegeben $d = 6 \text{ cm}$ bzw. $d = 4 \text{ cm}$.

Verbundestriche im Bauwesen sind durch die DIN 18560-3:2006 und DIN EN 13813:2003 genormt.

- Es ist darauf zu achten, dass die im Untersuchungsbericht der FH Hildesheim/ Holzminden/Göttingen angegebenen Estrichgüten AE 40 und ZE 40 (vgl. Seite 7 und 8 im Untersuchungsbericht) eingehalten werden. Grenzwerte, gemäß DIN 18560-3:2006 und DIN EN 13813:2003, sind die Druckfestigkeitsklasse $\geq \text{C40}$ und die Biegezugfestigkeitsklasse $\geq \text{F6}$.
- Die Bezeichnung des Estrichs mit AE wird ersetzt durch CA bzw. ZE durch die Bezeichnung CT.
- Die Estrichdicke (vgl. Seite 7 und 8 im Untersuchungsbericht) beträgt, wie angegeben $d = 6 \text{ cm}$ bzw. $d = 4 \text{ cm}$.

Belastungen, wie im Untersuchungsbericht angegeben werden durch die DIN EN 1991-1-1 erfasst.

- Die im Untersuchungsbericht angegebenen Lasten gemäß DIN 1055 werden durch die neue Norm nicht verändert.

Die Bemessung im Stahlbetonbau wird durch die DIN EN 1992-1-1:2011 geregelt.

- Die Bemessung im EC2 bzw. DIN EN 1992-1-1 beruht u.a. auf dem Konzept mit geteilten Sicherheitsbeiwerten. Im Untersuchungsbericht der FH Hildesheim/ Holzminden/Göttingen wurde bei der Verformungsberechnung bereits der Sicherheitsbeiwert für Beton mit $\gamma_c = 1,5$ berücksichtigt.

Dämmstoffe werden in DIN 4108-10:2008 geregelt.

- Die im Untersuchungsbericht angegebenen statischen Festigkeiten (vgl. Seite 7 und 8 im Untersuchungsbericht) $c = 1.200 \text{ kN/m}^3$ bzw. $c = 600 \text{ kN/m}^3$ dürfen nicht unterschritten werden.

3 Zusammenfassung

In dem Untersuchungsbericht der FH Hildesheim/ Holzminden/Göttingen von Prof. Möhring und Prof. Paulun werden Verformungen in Verbund- und schwimmenden Estrichen durch nachträglich verbaute geschosshohe Wände aus Gipswandbauplatten berechnet. Nachge-

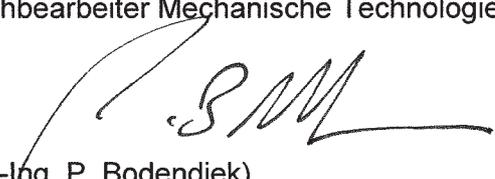
wiesen werden diese nachträglichen Einbauten für Estrichdicken von $d = 4$ cm bis 6 cm für Verbundestriche der Güte $\geq C40$ und $\geq F6$ und bei schwimmenden Estrichen mit Biegezugfestigkeiten $f_{bz} \geq 2,0$ N/mm².

Aus unserer Sicht können nachträglich geschosshohe Wände aus Gipswandbauplatten weiterhin auf Verbund- und schwimmenden Estrichen verbaut werden, wenn die zuvor genannten Grenzwerte eingehalten werden.

Braunschweig, den 23.08.2011

Sachbearbeiter Mechanische Technologie

i.A.


(Dr.-Ing. P. Bodendiek)

Literatur

- [1] Rolf Möhring, Jürgen Paulun: Untersuchungsbericht Gipswandbauplatten auf Estrichen, Holzminden, 2002, unveröffentlicht.
- [2] DIN EN 1991-1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke, DIN, Dezember 2010.
- [3] DIN EN 1992-1-1: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken, DIN, Januar 2011.
- [4] DIN 18560-2: Estriche im Bauwesen, Estriche und Heizestriche auf Dämmschichten, DIN, September 2009.
- [5] DIN 18560-3: Estriche im Bauwesen, Verbundestriche, DIN, März 2006.
- [6] DIN 4108-10: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe - Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe, DIN, Juni 2008.

Untersuchungsbericht Gipswandbauplatten auf Estrichen

Einbausituationen und Auswirkungen

A. - Situation

Der Bundesverband Gips, Darmstadt, will den Einsatz von geschosshohen Wänden aus Gipswandbauplatten dahingehend untersuchen lassen, ob neben den tradierten und eingeführten Anwendungen auch der spätere Einbau in vorhandene und genutzte Gebäude problemlos möglich ist.

Mit der Untersuchung sollen erweiterte Anwendungsprofile bei Umnutzungen oder Erweiterungen erschlossen werden. Gleichzeitig wären die Ergebnisse Beleg dafür, auch kurzfristig Eigentümern oder Mietern beliebige Raumaufteilungen anzubieten. Die Besonderheit des Wohnungsbaus, auch in seiner verdichteten Form des Geschosswohnungsbaus, werden insoweit gewürdigt, dass aufgrund der Anforderungen an den Schallschutz in aller Regel schwimmende Estriche zur Aufnahme der Wandlasten zu berücksichtigen sind.

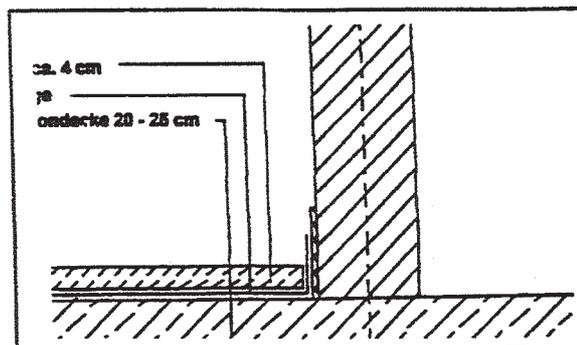
Damit steht die Würdigung des Systems Bodenaufbau als mehrschichtiges Element hinsichtlich Verformungsstabilität von Trittschalldämmungen und Estrichen im Vordergrund.

B. - Übliche Bodenaufbauten als Basis für nichttragende Innenwände aus Gipswandbauplatten

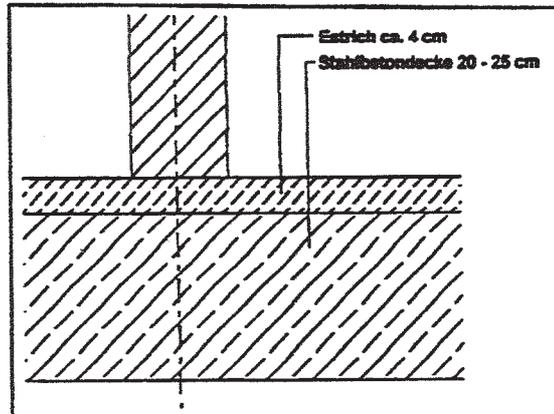
B.1 - Wand auf Massivdeckenplatte

Verformung der Massivplatte aus Eigengewicht, Bodenaufbau und Verkehrslast einschl. Zuschlag für leichte Trennwände $1/300$.

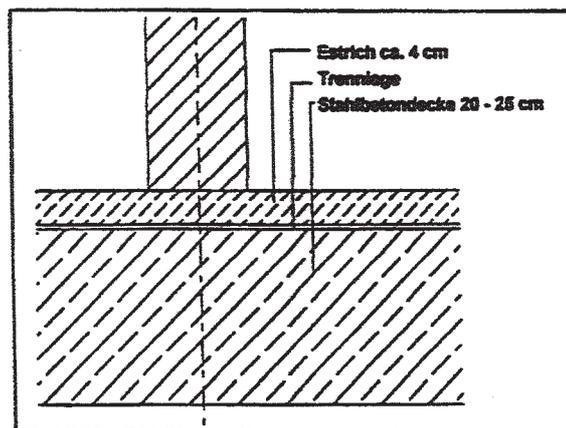
Bei Schließen der Fuge gegen die Decke des darüber liegenden Geschosses nach Einbau des Estrichs ist nur mit sehr geringen Abrissen an der Mauerkrone bei der üblichen Trennung mit Korkstreifen zu rechnen.



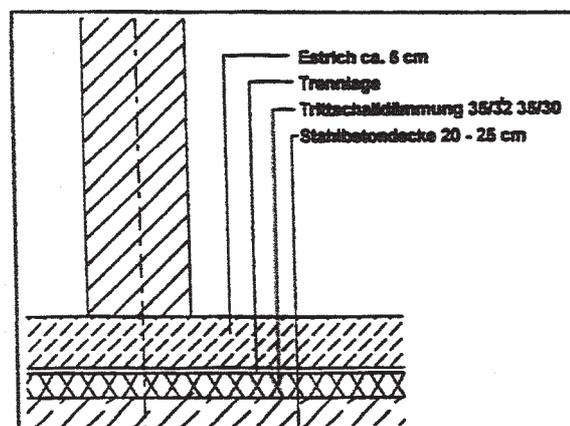
B.2 - Verbundestrich, hier gelten gleiche Bedingungen wie unter B.1



B.3 - Estrich auf Trennlage, hier gelten gleiche Bedingungen wie unter B.1 und B.2



B.4 - Schwimmender Estrich



B.2.1 - Einordnung Regelwerk, Verbundestrich

DK 692.533.1 : 666.9 : 620.1

DEUTSCHE NORM

Mai 1992

	Estriche im Bauwesen Verbundestriche	DIN 18 560 Teil 3
--	--	---------------------------------------

Floor screeds in building construction; Base-bonded floor screeds
 Chapes dans le bâtiment; Chapes adhérentes au plancher

Ersatz für Ausgabe 01.85

Die Normen der Reihe DIN 18 560 besteht aus folgenden Teilen:

- DIN 18 560 Teil 1 Estriche im Bauwesen; Begriffe, Allgemeine Anforderungen, Prüfung
- DIN 18 560 Teil 2 Estriche im Bauwesen; Estriche und Heizestriche auf Dämmschicht (schwimmende Estriche)
- DIN 18 560 Teil 3 Estriche im Bauwesen; Verbundestriche
- DIN 18 560 Teil 4 Estriche im Bauwesen; Estriche auf Trennschicht
- DIN 18 560 Teil 7 Estriche im Bauwesen; Hochbeanspruchbare Estriche (Industriestriche)

2 Bezeichnung

Verbundestriche sind mit der Benennung „Estrich“, der DIN-Hauptnummer, dem Kurzzeichen für Estrichart und Festigkeits- bzw. Härteklasse nach DIN 18 560 Teil 1 und darüber hinaus mit dem Buchstaben „V“ (für Verbund) sowie mit der Nenndicke der Estrichschicht in mm zu bezeichnen.

Beispiel:

Zementestrich der Festigkeitsklasse 30 (ZE 30),
 als Verbundestrich (V), mit 25 mm Nenndicke:

Estrich DIN 18 560 — ZE 30 — V 25

3.3 Festigkeitsklasse bzw. Härteklasse

Die Festigkeitsklasse bzw. Härteklasse des Verbundestrichs muß auf die Art der Nutzung und der Beanspruchung abgestimmt werden. Sie muß Tabelle 1 entsprechen.

Tabelle 1. Festigkeitsklasse, Härteklasse

Estrichart	Festigkeitsklasse bzw. Härteklasse nach DIN 18 560 Teil 1 bei Nutzung	
	mit Belag	ohne Belag
Anhydritestrich	≥ AE 12	≥ AE 20
Magnesiaestrich	≥ ME 5	≥ ME 20
Zementestrich	≥ ZE 12	≥ ZE 20
Gußasphaltestrich	GE 10 oder GE 15	
— für beheizte Räume	GE 15 oder GE 40	
— für unbeheizte Räume	GE 40 oder GE 100	
— für Räume mit besonders niedrigen Temperaturen		

B.3.1 - Einordnung Regelwerk, Estrich auf Trennlage

DK 692.533.1 : 686.9 : 699.84
: 699.86 : 620.1

DEUTSCHE NORM

Mai 1992

	Estriche im Bauwesen Estriche und Heizestriche auf Dämmschichten (schwimmende Estriche)	DIN 18 560 Teil 2
--	--	---------------------------------------

Floor screeds in building construction;
Floor screeds and heating floor screeds on insulation layers
Chapes dans le bâtiment; Chapes et chapes de chauffage pour couches isolantes

Ersatz für Ausgabe 08.81

Die Normen der Reihe DIN 18560 bestehen aus folgenden Teilen:

- DIN 18560 Teil 1 Estriche im Bauwesen; Begriffe, Allgemeine Anforderungen, Prüfung
- DIN 18560 Teil 2 Estriche im Bauwesen; Estriche und Heizestriche auf Dämmschichten (schwimmende Estriche)
- DIN 18560 Teil 3 Estriche im Bauwesen; Verbundestriche
- DIN 18560 Teil 4 Estriche im Bauwesen; Estriche auf Trennschicht
- DIN 18560 Teil 7 Estriche im Bauwesen; Hochbeanspruchbare Estriche (Industrieestriche)

2 Bezeichnung

Schwimmende Estriche sind mit der Benennung „Estrich“, der DIN-Hauptnummer sowie mit dem Kurzzeichen für Estrichart und Festigkeits- bzw. Härteklasse nach DIN 18560 Teil 1 und darüber hinaus mit dem Buchstaben „S“ (für schwimmend) und der Nennstärke der Estrichschicht in mm zu bezeichnen.

Heizestriche sind ferner mit dem Buchstaben „H“ und der Überdeckung der Heizelemente in mm zu bezeichnen.

1. Beispiel:

Anhydritestrich der Festigkeitsklasse 20 (AE 20), schwimmend (S), mit 40 mm Nennstärke:

Estrich DIN 18560 — AE 20 — S 40

2. Beispiel:

Anhydritestrich der Festigkeitsklasse 20 (AE 20), schwimmend (S), mit 70 mm Nennstärke, als Heizestrich (H) mit einer Überdeckung der Heizelemente von 45 mm:

Estrich DIN 18560 — AE 20 — S 70 H 45

3.3 Dämmschichten

Die Dämmschichten müssen aus Dämmstoffen nach DIN 18164 Teil 1 oder Teil 2 oder nach DIN 18165 Teil 1 oder Teil 2 bestehen.

Andere Dämmstoffe dürfen verwendet werden, wenn ihre Brauchbarkeit den bauaufsichtlichen Vorschriften entsprechend nachgewiesen ist, z. B. durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung.

Bei Heizestrichen darf die Zusammendrückbarkeit der Dämmschicht nicht mehr als 5 mm betragen (siehe Tabelle 2, Fußnote 2). Werden Trittschall- und Wärmedämmstoffe in einer Dämmschicht zusammen eingesetzt, soll der Dämmstoff mit der geringeren Zusammendrückbarkeit oben liegen. Dies gilt nicht für trittschalldämmende Heizsystemplatten.

Bei Heizestrichen mit elektrischer Beheizung muß die oberste Lage der Dämmschicht kurzzeitig gegen eine Temperaturbeanspruchung von 90°C widerstandsfähig sein (Typ WD nach DIN 18164 Teil 1 und DIN 18165 Teil 1).

B.4.1 - Einordnung Regelwerk, Schwimmender Estrich, Normauszug

DK 692.5331 : 696.9 : 699.84
: 699.86 : 620.1

DEUTSCHE NORM

Mai 1992

	Estriche im Bauwesen Estriche und Heizestriche auf Dämmschichten (schwimmende Estriche)	DIN 18 560 Teil 2
--	--	---------------------------------------

Floor screeds in building construction;
Floor screeds and heating floor screeds on insulation layers

Ersatz für Ausgabe 08.81

Chapes dans le bâtiment; Chapes et chapes de chauffage pour couches isolantes

Die Normen der Reihe DIN 18560 bestehen aus folgenden Teilen:

- DIN 18560 Teil 1 Estriche im Bauwesen; Begriffe, Allgemeine Anforderungen, Prüfung
- DIN 18560 Teil 2 Estriche im Bauwesen; Estriche und Heizestriche auf Dämmschichten (schwimmende Estriche)
- DIN 18560 Teil 3 Estriche im Bauwesen; Verbundestriche
- DIN 18560 Teil 4 Estriche im Bauwesen; Estriche auf Trennschicht
- DIN 18560 Teil 7 Estriche im Bauwesen; Hochbeanspruchbare Estriche (Industrieestriche)

2 Bezeichnung

Schwimmende Estriche sind mit der Benennung „Estrich“, der DIN-Hauptnummer sowie mit dem Kurzzeichen für Estrichart und Festigkeits- bzw. Härteklasse nach DIN 18560 Teil 1 und darüber hinaus mit dem Buchstaben „S“ (für schwimmend) und der Nenndicke der Estreinschicht in mm zu bezeichnen.

Heizestriche sind ferner mit dem Buchstaben „H“ und der Überdeckung der Heizelemente in mm zu bezeichnen.

1. Beispiel:

Anhydritestrich der Festigkeitsklasse 20 (AE 20), schwimmend (S), mit 40 mm Nenndicke:

Estrich DIN 18560 — AE 20 — S 40

2. Beispiel:

Anhydritestrich der Festigkeitsklasse 20 (AE 20), schwimmend (S), mit 70 mm Nenndicke, als Heizestrich (H) mit einer Überdeckung der Heizelemente von 45 mm:

Estrich DIN 18560 — AE 20 — S 70 H 45

3.3 Dämmschichten

Die Dämmschichten müssen aus Dämmstoffen nach DIN 18164 Teil 1 oder Teil 2 oder nach DIN 18165 Teil 1 oder Teil 2 bestehen.

Andere Dämmstoffe dürfen verwendet werden, wenn ihre Brauchbarkeit den bauaufsichtlichen Vorschriften entsprechend nachgewiesen ist, z.B. durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung.

Bei Heizestrichen darf die Zusammendrückbarkeit der Dämmschicht nicht mehr als 5 mm betragen (siehe Tabelle 2, Fußnote 2). Werden Trittschall- und Wärmedämmstoffe in einer Dämmschicht zusammen eingesetzt, soll der Dämmstoff mit der geringeren Zusammendrückbarkeit oben liegen. Dies gilt nicht für trittschalldämmende Heizsystemplatten.

Bei Heizestrichen mit elektrischer Beheizung muß die oberste Lage der Dämmschicht kurzzeitig gegen eine Temperaturbeanspruchung von 90°C widerstandsfähig sein (Typ WD nach DIN 18164 Teil 1 und DIN 18165 Teil 1).

Tabelle 1. Nenndicken und Festigkeit bzw. Härte unbeheizbarer Estriche auf Dämmschichten für Verkehrslasten bis 1,5 kN/m²

Estrichart	Estrichennendicke in mm bei einer Dämmschichtdicke d_s 1)		Bestätigungsprüfung			
	bis 30 mm	über 30 mm	Biegezugfestigkeit β_{BZ} in N/mm ²		Eindringtiefe (Härte) in mm	
			kleinster Einzelwert	Mittelwert	bei (22 ± 1) °C	bei (40 ± 1) °C
Anhydrit AE 20 Magnesia ME 7 2) Zement ZE 20	≥ 35 2)	≥ 40 2)	≥ 2,0	≥ 2,5	—	—
Gußasphalt GE 10	≥ 20	≥ 20	—	—	≤ 1,0	≤ 4,0

1) Die Zusammendrückbarkeit der Dämmstoffe unter Belastung darf nicht mehr als 10 mm, bei Gußasphaltestrich nicht mehr als 5 mm betragen. Bei einer Zusammendrückbarkeit über 5 mm ist die Estrichennendicke um 5 mm zu erhöhen.
 2) Unter Stein- und keramischen Belägen muß die Estrichennendicke mindestens 45 mm betragen.
 3) Die Oberflächenhärte bei Steinholzestrichen muß mindestens 30 N/mm² betragen.

Tabelle 3: Estrichennendicken 1) bei den Verkehrslasten nach Tabelle 2

Verkehrslast kN/m ²	Estrichennendicke 1) in mm bei einer Zusammendrückbarkeit der Dämmschicht 2)			
	bis 5 mm und der Festigkeitsklasse		> 5 mm bis 10 mm und der Festigkeitsklasse	
	AE 20 3) ZE 20 3)	AE 30 4) ZE 30 4)	AE 20 3) ZE 20 3)	AE 30 4) ZE 30 4)
1,5	≥ 35	≥ 30	≥ 40	≥ 35
2,0	≥ 40	≥ 35	≥ 45	≥ 40
3,5	≥ 55	≥ 45	≥ 60	≥ 55
5,0	≥ 65	≥ 55	≥ 75	≥ 65
7,5	≥ 80	≥ 65	≥ 90	≥ 75

- 1) Die Dämmschicht > 30 mm ist die Estrichennendicke gegenüber den angegebenen Werten um 5 mm zu erhöhen.
 2) d_s - d_p , bzw. 2-lagiges Dämmschicht ist die Summe der Zusammendrückbarkeit beider Lagen einzusetzen.
 3) Biegezugfestigkeit des verlegten Estrichs nach DIN 18560 Teil 2 im Mittel ≥ 2,5 N/mm².
 4) Biegezugfestigkeit des verlegten Estrichs in Anlehnung an DIN 18560 Teil 2 im Mittel ≥ 3,0 N/mm².

Tabelle 7. Zementestriche, Festigkeitsklassen

Festigkeitsklasse	Güßprüfung			Eignungsprüfung Druckfestigkeit in N/mm ² Fischwert
	Druckfestigkeit in N/mm ²		Biegezugfestigkeit in N/mm ²	
	kleinster Einzelwert (Nennfestigkeit)	Mittelwert jeder Serie (Serienfestigkeit)	Mittelwert jeder Serie (Serienfestigkeit)	
ZE 12	12	≥ 15	≥ 3	18
ZE 20	20	≥ 25	≥ 4	30
ZE 30	30	≥ 35	≥ 5	40
ZE 40 1)	40	≥ 45	≥ 6	50
ZE 50 1)	50	≥ 55	≥ 7	60
ZE 55 M 1) 2)	55	≥ 70	≥ 11	80
ZE 65 A 1) 2)	65	≥ 75	≥ 9	80
ZE 65 KS 1) 2)	65	≥ 75	≥ 9	80

- 1) Eignungsprüfung erforderlich (siehe Abschnitt 5.2.2, zweiter Absatz).
 2) M, A, KS: Hartstoffgruppe nach DIN 1100.

Bodenaufbau	Estrichdicke in mm für Verkehrslast kN/m ² (kp/m ²)				
	1,5 (150)	2,0 (200)	3,5 (350)	5,0 (500)	7,5 (750)
bei Dämmschichtdicke ≤ 30 mm und Zusammendrückbarkeit ≤ 5 mm	AE 20 35 1) AE 30 35 1)	40 35	55 45	65 55	80 65
bei Dämmschichtdicke > 30 mm und Zusammendrückbarkeit < 5 mm	AE 20 35 2) AE 30 35 1)	45 40	60 50	70 60	85 70

C - Berechnungen, Annahmen und Voraussetzungen:

Die Trennwände sind für Wohn- und Büroräume über Stahlbetondecken mit Verkehrslasten nach DIN 1055 vorgesehen. Die Wände sind aus 8 – 10 cm dicken Gips-Wandbauplatten mit Nut und Feder gemauert und ohne Putz lediglich verspachtelt. Die Wände sind höchstens 3,60 m hoch und zwischen Türöffnungen bzw. von Türöffnung zur Querwand bei maximal ein Meter breiten Türöffnungen mindestens ein Meter lang. Die Normen des Bauwesens sind dabei zu beachten. Es wird nach nationalen Normen gerechnet. Die Dichte der Wände wird mit maximal $1,2 \text{ kg/dm}^3$ angenommen. Die Wände werden als nichttragende Wände auf den Estrich gestellt. Der Abstand paralleler Wände ist mindestens 2,00 m. Der Estrich kann als Verbundestrich (Hartestrich), auf Trennschicht oder als schwimmender Estrich ohne Rohreimbettung ausgeführt sein. Einspringende Ecken im Estrich sind mit dünner Rissbewehrung zu versehen. Die Lagerung der Wände auf Heizestrich wird in einem besonderen Abschnitt behandelt.

In der folgenden FEM-Berechnung wird neben den genannten oberen Grenzwerten (Hohlwandlast mit $4,32 \text{ kN/m}$) zusätzlich die im Wohnungsbau übliche Wandhöhe von 2,60 m (normale Wandlast mit $2,34 \text{ kN/m}$) berücksichtigt.

Vorschriften:

Die nationalen Normen in der derzeit gültigen Fassung (keine Eurocodes).

- DIN 1055 Lastannahmen
- DIN 1053 Mauerwerksbau
- DIN 1045 Stahlbetonbau
- DIN 4109 Schallschutz
- DIN 18560 Estriche
- DIN 18164/5 Dämmstoffe
- DIN 4103 nichttragende innere Trennwände

Baustoffe:

Wandbauplatten aus Gips

$$l = 66,6 \text{ cm}, h = 50 \text{ cm}, d = 8 \text{ oder } 10 \text{ cm},$$

$$\rho \leq 1,2 \text{ bzw. } 0,9 \text{ kg/dm}^3$$

Schwimmender Estrich mind. AE40, ZE40 und mindestens 60 mm bzw. 40 mm dick.
Dämmung unter schwimmenden Estrich mit einer statischen Steifigkeit (Federsteifigkeit) von mindestens 1200 kN/m^3 bzw. 600 kN/m^3

Verbundestrich oder Estrich mit Trennschicht AE, ZE, ME, GE

Belastung:

Wand aus Gipsbauplatten $0,10 \times 1200$	120 kg/m^2 Wandfläche
Wand aus Gipsbauplatten $0,10 \times 900$	90 kg/m^2 Wandfläche
Wand als Linienlast $3,60 \times 0,10 \times 12$	$4,32 \text{ kN/m}$
Wand als Linienlast $2,60 \times 0,10 \times 9$	$2,34 \text{ kN/m}$
Lastverteilungsbreite im Estrich $10 + 2 \cdot (4/2) \cdot \tan 30^\circ$	12 cm

Für die Berechnung der Tragfähigkeit des Estrichs und der Durchsenkung unter der Wandbelastung wird ein 1,00 m breiter Plattenstreifen als Balken auf elastische Bettung mit einer Gleichstreckenlast von $4,32/0,12 = 36,0$ kN/m bzw. $2,34/0,12 = 19,5$ kN/m auf 12 cm Länge mit Finiten Elementen gerechnet. Unabhängig davon wird die Durchsenkung des Estrichs unter der Verkehrslast von $2,0$ kN/m² berechnet.

Festlegung der maßgebenden Ausführungsart

Kriterien hierfür sind die Tragfähigkeit des Estrichs und die Durchsenkung der Gipswand infolge Wandgewicht und infolge Verkehrslast.

Als maßgebend wurde festgestellt und für die Nachweise begrenzt:

Wanddicke $d \leq 10$ cm

Wandhöhe $h \leq 3,60$ m bzw. $h \leq 2,60$ m

Wanddicke $\rho \leq 1,2$ kg/m³ bzw. $\rho \leq 0,9$ kg/m³

Wandabstand $a \geq 2,00$ m

Wandlänge siehe Annahmen

Ausführungsart als schwimmender Estrich

Estrichdicke $d \geq 40$ mm

Estrichfestigkeit DIN 18560 ZE40 - S oder AE40 - S (oder fester)

Symmetrische Lastverteilungsbreite im Estrich 2,00 m

Dämmung Mineralfaser $\leq 37,5$ mm

Dämmung: Statische Federsteifigkeit 1200 kN/m³ bzw. 600 kN/m³

Diese Daten sind bei der Ausführung zu beachten.

FEM-Berechnung für die Wandbelastung:

Balken auf elastischer Bettung 204 cm lang. 17 Elemente je 12 cm, 18 Knoten, Element 9 durch eine Gleichstreckenlast von 36,0 kN/m bzw. 19,5 kN/m belastet.

Biegesteifigkeit und Widerstandsmoment der Platte (3 cm, 4 cm, 5 cm, 6 cm dick):

$$E_B = 3000 \text{ kN/cm}^2$$

$$I = 100 \cdot 3^3 / 12 = 225 \text{ cm}^4$$

$$W = 100 \cdot 3^2 / 6 = 150 \text{ cm}^3$$

$$I = 100 \cdot 4^3 / 12 = 533 \text{ cm}^4$$

$$W = 100 \cdot 4^2 / 6 = 267 \text{ cm}^3$$

$$I = 100 \cdot 5^3 / 12 = 1042 \text{ cm}^4$$

$$W = 100 \cdot 5^2 / 6 = 417 \text{ cm}^3$$

$$I = 100 \cdot 6^3 / 12 = 1800 \text{ cm}^4$$

$$W = 100 \cdot 6^2 / 6 = 600 \text{ cm}^3$$

Folgende Fälle werden untersucht:

Hohe Wandlast

Wandhöhe 3,60 m, $\rho = 1,2$ kg/dm³, Federsteifigkeit der Dämmung $c = 1200$ kN/m³

Wandhöhe 3,60 m; $\rho = 1,2$ kg/dm³, Federsteifigkeit der Dämmung $c = 600$ kN/m³

Normale Wandlast

Wandhöhe 2,60 m, $\rho = 0,9$ kg/dm³, Federsteifigkeit der Dämmung $c = 1200$ kN/m³

Wandhöhe 2,60 m, $\rho = 0,9$ kg/dm³, Federsteifigkeit der Dämmung $c = 600$ kN/m³

Die Berechnung erfolgt für Estrichdicken von 3/4/5 und 6 cm

Ergebnisse: (siehe FEM - Berechnung)

PROJEKT: **Estrich 30 mm dick**, Systemdaten, Einheiten kN und cm

ANZAHL DER KNOTEN 18

KNOTEN	X-KOOR	Z-KOOR
1	0	0
2	12	0
3	24	0
4	36	0
5	48	0
6	60	0
7	72	0
8	84	0
9	96	0
10	108	0
11	120	0
12	132	0
13	144	0
14	156	0
15	168	0
16	180	0
17	192	0
18	204	0

ANZAHL DER STÄBE 17, E-MODUL 3000, ALPHA-T 0

STAB	ANFANGSKNOTEN	ENDKN.	FLÄCHE	TRÄGHEITSMOMENT	DICKE
1	1	2	300	225	1
2	2	3	300	225	1
3	3	4	300	225	1
4	4	5	300	225	1
5	5	6	300	225	1
6	6	7	300	225	1
7	7	8	300	225	1
8	8	9	300	225	1
9	9	10	300	225	1
10	10	11	300	225	1
11	11	12	300	225	1
12	12	13	300	225	1
13	13	14	300	225	1
14	14	15	300	225	1
15	15	16	300	225	1
16	16	17	300	225	1
17	17	18	300	225	1

ANZAHL DER LAGERKNOTEN 2

KNOTEN	X-VERSCH	Z-VERSCH	VERDREH (JA=1/NEIN=0)
1	0	1	1
18	1	1	1

ANZAHL DER STÄBE MIT GELENKEN 0

ANZAHL DER STÄBE MIT ELASTISCHER BETTUNG 17

BETTUNGSZIFFER $K = 0,12$ für alle Stäbe

ANZAHL DER LASTKNOTEN 0

ANZAHL DER STÄBE MIT STRECKENLASTEN 1

STAB LAST-Z ANFANG LAST-Z ENDE LAST-X ANFANG LAST-X ENDE

9	.36	.36	0	0
---	-----	-----	---	---

ANZAHL DER LAGERKNOTEN MIT ZWANGSVERFORMUNGEN 0

PROJEKT: **Estrich 40 mm dick**, Systemdaten, Einheiten kN und cm

Stab	Fläche	Trägheitsmoment
1-17	400	533

PROJEKT: **Estrich 50 mm dick**, Systemdaten, Einheiten kN und cm

Stab	Fläche	Trägheitsmoment
1-17	500	1042

PROJEKT: **Estrich 60 mm dick**, Systemdaten, Einheiten kN und cm

Stab	Fläche	Trägheitsmoment
1-17	600	1800

Die weiteren Daten bleiben unverändert.

ERGEBNISSE für 3 cm Estrichdicke, $c = 1,2 \text{ kN/cm}$ und hohe Wandlast

Globale Verschiebungsgrößen

STAB	U-X	U-Z	U-R	STAB	U-X	U-Z	U-R
1-A	0.0000	0.0226	0.0033	1-E	0.0000	0.0618	0.0033
2-A	0.0000	0.0618	0.0033	2-E	0.0000	0.1008	0.0032
3-A	0.0000	0.1008	0.0032	3-E	0.0000	0.1394	0.0032
4-A	0.0000	0.1394	0.0032	4-E	0.0000	0.1770	0.0031
5-A	0.0000	0.1770	0.0031	5-E	0.0000	0.2124	0.0028
6-A	0.0000	0.2124	0.0028	6-E	0.0000	0.2436	0.0024
7-A	0.0000	0.2436	0.0024	7-E	0.0000	0.2681	0.0017
8-A	0.0000	0.2681	0.0017	8-E	0.0000	0.2824	0.0006
9-A	0.0000	0.2824	0.0006	9-E	0.0000	0.2824	-0.0006
10-A	0.0000	0.2824	-0.0006	10-E	0.0000	0.2681	-0.0017
11-A	0.0000	0.2681	-0.0017	11-E	0.0000	0.2436	-0.0024
12-A	0.0000	0.2436	-0.0024	12-E	0.0000	0.2124	-0.0028
13-A	0.0000	0.2124	-0.0028	13-E	0.0000	0.1770	-0.0031
14-A	0.0000	0.1770	-0.0031	14-E	0.0000	0.1394	-0.0032
15-A	0.0000	0.1394	-0.0032	15-E	0.0000	0.1008	-0.0032
16-A	0.0000	0.1008	-0.0032	16-E	0.0000	0.0618	-0.0033
17-A	0.0000	0.0618	-0.0033	17-E	0.0000	0.0226	-0.0033

Lokale Schnittgrößen Estrich 30 mm dick

STAB	N-A	N-E	Q-A	Q-E	M-A	M-E
1	0.00	0.00	0.00	0.06	-0.00	0.31
2	0.00	0.00	0.06	0.18	0.31	1.68
3	0.00	0.00	0.18	0.35	1.68	4.80
4	0.00	0.00	0.35	0.58	4.80	10.32
5	0.00	0.00	0.58	0.86	10.32	18.91
6	0.00	0.00	0.86	1.19	18.91	31.15
7	0.00	0.00	1.19	1.56	31.15	47.59
8	0.00	0.00	1.56	1.96	47.59	68.65
9	0.00	0.00	1.96	-1.96	68.65	68.65
10	0.00	0.00	-1.96	-1.56	68.65	47.59
11	0.00	0.00	-1.56	-1.19	47.59	31.15
12	0.00	0.00	-1.19	-0.86	31.15	18.91
13	0.00	0.00	-0.86	-0.58	18.91	10.32
14	0.00	0.00	-0.58	-0.35	10.32	4.80
15	0.00	0.00	-0.35	-0.18	4.80	1.68
16	0.00	0.00	-0.18	-0.06	1.68	0.31
17	0.00	0.00	-0.06	-0.00	0.31	0.00

ERGEBNISSE für 4 cm Estrichdicke, $c = 1,2 \text{ kN/cm}$ und hohe Wandlast

Globale Verschiebungsgrößen

STAB	U-X	U-Z	U-R	STAB	U-X	U-Z	U-R
1-A	0.0000	0.0922	0.0018	1-E	0.0000	0.1140	0.0018
2-A	0.0000	0.1140	0.0018	2-E	0.0000	0.1357	0.0018
3-A	0.0000	0.1357	0.0018	3-E	0.0000	0.1570	0.0018
4-A	0.0000	0.1570	0.0018	4-E	0.0000	0.1775	0.0017
5-A	0.0000	0.1775	0.0017	5-E	0.0000	0.1965	0.0015
6-A	0.0000	0.1965	0.0015	6-E	0.0000	0.2130	0.0012
7-A	0.0000	0.2130	0.0012	7-E	0.0000	0.2256	0.0009
8-A	0.0000	0.2256	0.0009	8-E	0.0000	0.2328	0.0003
9-A	0.0000	0.2328	0.0003	9-E	0.0000	0.2328	-0.0003
10-A	0.0000	0.2328	-0.0003	10-E	0.0000	0.2256	-0.0009
11-A	0.0000	0.2256	-0.0009	11-E	0.0000	0.2130	-0.0012
12-A	0.0000	0.2130	-0.0012	12-E	0.0000	0.1965	-0.0015
13-A	0.0000	0.1965	-0.0015	13-E	0.0000	0.1775	-0.0017
14-A	0.0000	0.1775	-0.0017	14-E	0.0000	0.1570	-0.0018
15-A	0.0000	0.1570	-0.0018	15-E	0.0000	0.1357	-0.0018
16-A	0.0000	0.1357	-0.0018	16-E	0.0000	0.1140	-0.0018
17-A	0.0000	0.1140	-0.0018	17-E	0.0000	0.0922	-0.0018

Lokale Schnittgrößen Estrich 40 mm dick

STAB	N-A	N-E	Q-A	Q-E	M-A	M-E
1	0.00	0.00	0.00	0.15	-0.00	0.86
2	0.00	0.00	0.15	0.33	0.86	3.69
3	0.00	0.00	0.33	0.54	3.69	8.86
4	0.00	0.00	0.54	0.78	8.86	16.74
5	0.00	0.00	0.78	1.05	16.74	27.69
6	0.00	0.00	1.05	1.34	27.69	42.04
7	0.00	0.00	1.34	1.66	42.04	60.05
8	0.00	0.00	1.66	1.99	60.05	81.96
9	0.00	0.00	1.99	-1.99	81.96	81.96
10	0.00	0.00	-1.99	-1.66	81.96	60.05
11	0.00	0.00	-1.66	-1.34	60.05	42.04
12	0.00	0.00	-1.34	-1.05	42.04	27.69
13	0.00	0.00	-1.05	-0.78	27.69	16.74
14	0.00	0.00	-0.78	-0.54	16.74	8.86
15	0.00	0.00	-0.54	-0.33	8.86	3.69
16	0.00	0.00	-0.33	-0.15	3.69	0.86
17	0.00	0.00	-0.15	-0.00	0.86	-0.00

ERGEBNISSE für 5 cm Estrichdicke, $c = 1,2 \text{ kN/cm}$ und hohe Wandlast

Globale Verschiebungsgrößen

STAB	U-X	U-Z	U-R	STAB	U-X	U-Z	U-R
1-A	0.0000	0.1283	0.0010	1-E	0.0000	0.1408	0.0010
2-A	0.0000	0.1408	0.0010	2-E	0.0000	0.1533	0.0010
3-A	0.0000	0.1533	0.0010	3-E	0.0000	0.1655	0.0010
4-A	0.0000	0.1655	0.0010	4-E	0.0000	0.1772	0.0009
5-A	0.0000	0.1772	0.0009	5-E	0.0000	0.1880	0.0008
6-A	0.0000	0.1880	0.0008	6-E	0.0000	0.1973	0.0007
7-A	0.0000	0.1973	0.0007	7-E	0.0000	0.2043	0.0005
8-A	0.0000	0.2043	0.0005	8-E	0.0000	0.2083	0.0002
9-A	0.0000	0.2083	0.0002	9-E	0.0000	0.2083	-0.0002
10-A	0.0000	0.2083	-0.0002	10-E	0.0000	0.2043	-0.0005
11-A	0.0000	0.2043	-0.0005	11-E	0.0000	0.1973	-0.0007
12-A	0.0000	0.1973	-0.0007	12-E	0.0000	0.1880	-0.0008
13-A	0.0000	0.1880	-0.0008	13-E	0.0000	0.1772	-0.0009
14-A	0.0000	0.1772	-0.0009	14-E	0.0000	0.1655	-0.0010
15-A	0.0000	0.1655	-0.0010	15-E	0.0000	0.1533	-0.0010
16-A	0.0000	0.1533	-0.0010	16-E	0.0000	0.1408	-0.0010
17-A	0.0000	0.1408	-0.0010	17-E	0.0000	0.1283	-0.0010

Lokale Schnittgrößen Estrich 50 mm dick

STAB	N-A	N-E	Q-A	Q-E	M-A	M-E
1	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	1.14
2	0.00	0.00	0.19	0.41	1.14	4.72
3	0.00	0.00	0.41	0.64	4.72	10.95
4	0.00	0.00	0.64	0.88	10.95	20.04
5	0.00	0.00	0.88	1.15	20.04	32.18
6	0.00	0.00	1.15	1.42	32.18	47.58
7	0.00	0.00	1.42	1.71	47.58	66.38
8	0.00	0.00	1.71	2.01	66.38	88.70
9	0.00	0.00	2.01	-2.01	88.70	88.70
10	0.00	0.00	-2.01	-1.71	88.70	66.38
11	0.00	0.00	-1.71	-1.42	66.38	47.58
12	0.00	0.00	-1.42	-1.15	47.58	32.18
13	0.00	0.00	-1.15	-0.88	32.18	20.04
14	0.00	0.00	-0.88	-0.64	20.04	10.95
15	0.00	0.00	-0.64	-0.41	10.95	4.72
16	0.00	0.00	-0.41	-0.19	4.72	1.14
17	0.00	0.00	-0.19	0.00	1.14	0.00

ERGEBNISSE für 6 cm Estrichdicke, $c = 1,2 \text{ kN/cm}$ und hohe Wandlast

GLOBALE VERSCHIEBUNGSGRÖSSEN							
STAB	U-X	U-Z	U-R	STAB	U-X	U-Z	U-R
1-A	0.0000	0.1471	0.0006	1-E	0.0000	0.1548	0.0006
2-A	0.0000	0.1548	0.0006	2-E	0.0000	0.1624	0.0006
3-A	0.0000	0.1624	0.0006	3-E	0.0000	0.1698	0.0006
4-A	0.0000	0.1698	0.0006	4-E	0.0000	0.1770	0.0006
5-A	0.0000	0.1770	0.0006	5-E	0.0000	0.1835	0.0005
6-A	0.0000	0.1835	0.0005	6-E	0.0000	0.1891	0.0004
7-A	0.0000	0.1891	0.0004	7-E	0.0000	0.1934	0.0003
8-A	0.0000	0.1934	0.0003	8-E	0.0000	0.1958	0.0001
9-A	0.0000	0.1958	0.0001	9-E	0.0000	0.1958	-0.0001
10-A	0.0000	0.1958	-0.0001	10-E	0.0000	0.1934	-0.0003
11-A	0.0000	0.1934	-0.0003	11-E	0.0000	0.1891	-0.0004
12-A	0.0000	0.1891	-0.0004	12-E	0.0000	0.1835	-0.0005
13-A	0.0000	0.1835	-0.0005	13-E	0.0000	0.1770	-0.0006
14-A	0.0000	0.1770	-0.0006	14-E	0.0000	0.1698	-0.0006
15-A	0.0000	0.1698	-0.0006	15-E	0.0000	0.1624	-0.0006
16-A	0.0000	0.1624	-0.0006	16-E	0.0000	0.1548	-0.0006
17-A	0.0000	0.1548	-0.0006	17-E	0.0000	0.1471	-0.0006

LOKALE SCHNITTGRÖSSEN Estrich 60 mm dick

STAB	N-A	N-E	Q-A	Q-E	M-A	M-E
1	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	1.29
2	0.00	0.00	0.22	0.45	1.29	5.26
3	0.00	0.00	0.45	0.68	5.26	12.03
4	0.00	0.00	0.68	0.93	12.03	21.74
5	0.00	0.00	0.93	1.19	21.74	34.50
6	0.00	0.00	1.19	1.46	34.50	50.44
7	0.00	0.00	1.46	1.74	50.44	69.64
8	0.00	0.00	1.74	2.02	69.64	92.18
9	0.00	0.00	2.02	-2.02	92.18	92.18
10	0.00	0.00	-2.02	-1.74	92.18	69.64
11	0.00	0.00	-1.74	-1.46	69.64	50.44
12	0.00	0.00	-1.46	-1.19	50.44	34.50
13	0.00	0.00	-1.19	-0.93	34.50	21.74
14	0.00	0.00	-0.93	-0.68	21.74	12.03
15	0.00	0.00	-0.68	-0.45	12.03	5.26
16	0.00	0.00	-0.45	-0.22	5.26	1.29
17	0.00	0.00	-0.22	0.00	1.29	0.00

ERGEBNISSE für 3 cm Estrichdicke, $c = 0.6 \text{ kN/cm}$ und hohe Wandlast

=====
 GLOBALE VERSCHIEBUNGSGRÖSSEN

STAB	U-X	U-Z	U-R	STAB	U-X	U-Z	U-R
1-A	0.0000	0.1609	0.0041	1-E	0.0000	0.2104	0.0041
2-A	0.0000	0.2104	0.0041	2-E	0.0000	0.2598	0.0041
3-A	0.0000	0.2598	0.0041	3-E	0.0000	0.3083	0.0040
4-A	0.0000	0.3083	0.0040	4-E	0.0000	0.3551	0.0038
5-A	0.0000	0.3551	0.0038	5-E	0.0000	0.3985	0.0034
6-A	0.0000	0.3985	0.0034	6-E	0.0000	0.4362	0.0028
7-A	0.0000	0.4362	0.0028	7-E	0.0000	0.4652	0.0020
8-A	0.0000	0.4652	0.0020	8-E	0.0000	0.4819	0.0007
9-A	0.0000	0.4819	0.0007	9-E	0.0000	0.4819	-0.0007
10-A	0.0000	0.4819	-0.0007	10-E	0.0000	0.4652	-0.0020
11-A	0.0000	0.4652	-0.0020	11-E	0.0000	0.4362	-0.0028
12-A	0.0000	0.4362	-0.0028	12-E	0.0000	0.3985	-0.0034
13-A	0.0000	0.3985	-0.0034	13-E	0.0000	0.3551	-0.0038
14-A	0.0000	0.3551	-0.0038	14-E	0.0000	0.3083	-0.0040
15-A	0.0000	0.3083	-0.0040	15-E	0.0000	0.2598	-0.0041
16-A	0.0000	0.2598	-0.0041	16-E	0.0000	0.2104	-0.0041
17-A	0.0000	0.2104	-0.0041	17-E	0.0000	0.1609	-0.0041

LOKALE SCHNITTGRÖSSEN Estrich 30mm dick

STAB	N-A	N-E	Q-A	Q-E	M-A	M-E
1	0.00	0.00	0.00	0.13	-0.00	0.77
2	0.00	0.00	0.13	0.30	0.77	3.35
3	0.00	0.00	0.30	0.51	3.35	8.18
4	0.00	0.00	0.51	0.75	8.18	15.67
5	0.00	0.00	0.75	1.02	15.67	26.23
6	0.00	0.00	1.02	1.32	26.23	40.22
7	0.00	0.00	1.32	1.64	40.22	57.98
8	0.00	0.00	1.64	1.99	57.98	79.75
9	0.00	0.00	1.99	-1.99	79.75	79.75
10	0.00	0.00	-1.99	-1.64	79.75	57.98
11	0.00	0.00	-1.64	-1.32	57.98	40.22
12	0.00	0.00	-1.32	-1.02	40.22	26.23
13	0.00	0.00	-1.02	-0.75	26.23	15.67
14	0.00	0.00	-0.75	-0.51	15.67	8.18
15	0.00	0.00	-0.51	-0.30	8.18	3.35
16	0.00	0.00	-0.30	-0.13	3.35	0.77
17	0.00	0.00	-0.13	-0.00	0.77	-0.00

ERGEBNISSE für 3 cm Estrichdicke, $c = 1.2 \text{ kN/cm}$ und normale Wandlast

=====

Globale Verschiebungsgrößen

STAB	U-X	U-Z	U-R	STAB	U-X	U-Z	U-R
1-A	0.0000	0.0123	0.0018	1-E	0.0000	0.0335	0.0018
2-A	0.0000	0.0335	0.0018	2-E	0.0000	0.0546	0.0018
3-A	0.0000	0.0546	0.0018	3-E	0.0000	0.0755	0.0017
4-A	0.0000	0.0755	0.0017	4-E	0.0000	0.0959	0.0017
5-A	0.0000	0.0959	0.0017	5-E	0.0000	0.1150	0.0015
6-A	0.0000	0.1150	0.0015	6-E	0.0000	0.1319	0.0013
7-A	0.0000	0.1319	0.0013	7-E	0.0000	0.1452	0.0009
8-A	0.0000	0.1452	0.0009	8-E	0.0000	0.1529	0.0003
9-A	0.0000	0.1529	0.0003	9-E	0.0000	0.1529	-0.0003
10-A	0.0000	0.1529	-0.0003	10-E	0.0000	0.1452	-0.0009
11-A	0.0000	0.1452	-0.0009	11-E	0.0000	0.1319	-0.0013
12-A	0.0000	0.1319	-0.0013	12-E	0.0000	0.1150	-0.0015
13-A	0.0000	0.1150	-0.0015	13-E	0.0000	0.0959	-0.0017
14-A	0.0000	0.0959	-0.0017	14-E	0.0000	0.0755	-0.0017
15-A	0.0000	0.0755	-0.0017	15-E	0.0000	0.0546	-0.0018
16-A	0.0000	0.0546	-0.0018	16-E	0.0000	0.0335	-0.0018
17-A	0.0000	0.0335	-0.0018	17-E	0.0000	0.0123	-0.0018

Lokale Schnittgrößen Estrich 30mm dick

STAB	N-A	N-E	Q-A	Q-E	M-A	M-E
1	0.00	0.00	0.00	0.03	-0.00	0.17
2	0.00	0.00	0.03	0.10	0.17	0.91
3	0.00	0.00	0.10	0.19	0.91	2.60
4	0.00	0.00	0.19	0.31	2.60	5.59
5	0.00	0.00	0.31	0.47	5.59	10.24
6	0.00	0.00	0.47	0.64	10.24	16.87
7	0.00	0.00	0.64	0.84	16.87	25.78
8	0.00	0.00	0.84	1.06	25.78	37.19
9	0.00	0.00	1.06	-1.06	37.19	37.19
10	0.00	0.00	-1.06	-0.84	37.19	25.78
11	0.00	0.00	-0.84	-0.64	25.78	16.87
12	0.00	0.00	-0.64	-0.47	16.87	10.24
13	0.00	0.00	-0.47	-0.31	10.24	5.59
14	0.00	0.00	-0.31	-0.19	5.59	2.60
15	0.00	0.00	-0.19	-0.10	2.60	0.91
16	0.00	0.00	-0.10	-0.03	0.91	0.17
17	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.17	0.00

ERGEBNISSE für 3 cm Estrichdicke, $c = 0.6 \text{ kN/cm}$ und normale Wandlast

=====

Globale Verschiebungsgrößen

STAB	U-X	U-Z	U-R	STAB	U-X	U-Z	U-R
1-A	0.0000	0.0872	0.0022	1-E	0.0000	0.1140	0.0022
2-A	0.0000	0.1140	0.0022	2-E	0.0000	0.1407	0.0022
3-A	0.0000	0.1407	0.0022	3-E	0.0000	0.1670	0.0022
4-A	0.0000	0.1670	0.0022	4-E	0.0000	0.1923	0.0020
5-A	0.0000	0.1923	0.0020	5-E	0.0000	0.2158	0.0018
6-A	0.0000	0.2158	0.0018	6-E	0.0000	0.2363	0.0015
7-A	0.0000	0.2363	0.0015	7-E	0.0000	0.2520	0.0011
8-A	0.0000	0.2520	0.0011	8-E	0.0000	0.2610	0.0004
9-A	0.0000	0.2610	0.0004	9-E	0.0000	0.2610	-0.0004
10-A	0.0000	0.2610	-0.0004	10-E	0.0000	0.2520	-0.0011
11-A	0.0000	0.2520	-0.0011	11-E	0.0000	0.2363	-0.0015
12-A	0.0000	0.2363	-0.0015	12-E	0.0000	0.2158	-0.0018
13-A	0.0000	0.2158	-0.0018	13-E	0.0000	0.1923	-0.0020
14-A	0.0000	0.1923	-0.0020	14-E	0.0000	0.1670	-0.0022
15-A	0.0000	0.1670	-0.0022	15-E	0.0000	0.1407	-0.0022
16-A	0.0000	0.1407	-0.0022	16-E	0.0000	0.1140	-0.0022
17-A	0.0000	0.1140	-0.0022	17-E	0.0000	0.0872	-0.0022

=====

Lokale Schnittgrößen Estrich 30mm dick

STAB	N-A	N-E	Q-A	Q-E	M-A	M-E
1	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.42
2	0.00	0.00	0.07	0.16	0.42	1.82
3	0.00	0.00	0.16	0.27	1.82	4.43
4	0.00	0.00	0.27	0.40	4.43	8.49
5	0.00	0.00	0.40	0.55	8.49	14.21
6	0.00	0.00	0.55	0.71	14.21	21.79
7	0.00	0.00	0.71	0.89	21.79	31.41
8	0.00	0.00	0.89	1.08	31.41	43.20
9	0.00	0.00	1.08	-1.08	43.20	43.20
10	0.00	0.00	-1.08	-0.89	43.20	31.41
11	0.00	0.00	-0.89	-0.71	31.41	21.79
12	0.00	0.00	-0.71	-0.55	21.79	14.21
13	0.00	0.00	-0.55	-0.40	14.21	8.49
14	0.00	0.00	-0.40	-0.27	8.49	4.43
15	0.00	0.00	-0.27	-0.16	4.43	1.82
16	0.00	0.00	-0.16	-0.07	1.82	0.42
17	0.00	0.00	-0.07	0.00	0.42	0.00

ERGEBNISSE für 4 cm Estrichdicke, $c = 0.6 \text{ kN/cm}$ und hohe Wandlast

=====

Globale Verschiebungsgrößen

STAB	U-X	U-Z	U-R	STAB	U-X	U-Z	U-R
1-A	0.0000	0.2586	0.0020	1-E	0.0000	0.2831	0.0020
2-A	0.0000	0.2831	0.0020	2-E	0.0000	0.3075	0.0020
3-A	0.0000	0.3075	0.0020	3-E	0.0000	0.3315	0.0020
4-A	0.0000	0.3315	0.0020	4-E	0.0000	0.3544	0.0018
5-A	0.0000	0.3544	0.0018	5-E	0.0000	0.3755	0.0017
6-A	0.0000	0.3755	0.0017	6-E	0.0000	0.3937	0.0014
7-A	0.0000	0.3937	0.0014	7-E	0.0000	0.4076	0.0009
8-A	0.0000	0.4076	0.0009	8-E	0.0000	0.4154	0.0003
9-A	0.0000	0.4154	0.0003	9-E	0.0000	0.4154	-0.0003
10-A	0.0000	0.4154	-0.0003	10-E	0.0000	0.4076	-0.0009
11-A	0.0000	0.4076	-0.0009	11-E	0.0000	0.3937	-0.0014
12-A	0.0000	0.3937	-0.0014	12-E	0.0000	0.3755	-0.0017
13-A	0.0000	0.3755	-0.0017	13-E	0.0000	0.3544	-0.0018
14-A	0.0000	0.3544	-0.0018	14-E	0.0000	0.3315	-0.0020
15-A	0.0000	0.3315	-0.0020	15-E	0.0000	0.3075	-0.0020
16-A	0.0000	0.3075	-0.0020	16-E	0.0000	0.2831	-0.0020
17-A	0.0000	0.2831	-0.0020	17-E	0.0000	0.2586	-0.0020

Lokale Schnittgrößen Estrich 40mm dick

STAB	N-A	N-E	Q-A	Q-E	M-A	M-E
1	0.00	0.00	-0.00	0.20	0.00	1.15
2	0.00	0.00	0.20	0.41	1.15	4.75
3	0.00	0.00	0.41	0.64	4.75	11.01
4	0.00	0.00	0.64	0.88	11.01	20.12
5	0.00	0.00	0.88	1.15	20.12	32.30
6	0.00	0.00	1.15	1.42	32.30	47.72
7	0.00	0.00	1.42	1.71	47.72	66.54
8	0.00	0.00	1.71	2.01	66.54	88.88
9	0.00	0.00	2.01	-2.01	88.88	88.88
10	0.00	0.00	-2.01	-1.71	88.88	66.54
11	0.00	0.00	-1.71	-1.42	66.54	47.72
12	0.00	0.00	-1.42	-1.15	47.72	32.30
13	0.00	0.00	-1.15	-0.88	32.30	20.12
14	0.00	0.00	-0.88	-0.64	20.12	11.01
15	0.00	0.00	-0.64	-0.41	11.01	4.75
16	0.00	0.00	-0.41	-0.20	4.75	1.15
17	0.00	0.00	-0.20	-0.00	1.15	0.00

ERGEBNISSE für 4 cm Estrichdicke, $c = 1.2 \text{ kN/cm}$ und normale Wandlast

GLOBALE VERSCHIEBUNGSGRÖSSEN							
STAB	U-X	U-Z	U-R	STAB	U-X	U-Z	U-R
1-A	0.0000	0.0499	0.0010	1-E	0.0000	0.0617	0.0010
2-A	0.0000	0.0617	0.0010	2-E	0.0000	0.0735	0.0010
3-A	0.0000	0.0735	0.0010	3-E	0.0000	0.0850	0.0009
4-A	0.0000	0.0850	0.0009	4-E	0.0000	0.0962	0.0009
5-A	0.0000	0.0962	0.0009	5-E	0.0000	0.1064	0.0008
6-A	0.0000	0.1064	0.0008	6-E	0.0000	0.1154	0.0007
7-A	0.0000	0.1154	0.0007	7-E	0.0000	0.1222	0.0005
8-A	0.0000	0.1222	0.0005	8-E	0.0000	0.1261	0.0002
9-A	0.0000	0.1261	0.0002	9-E	0.0000	0.1261	-0.0002
10-A	0.0000	0.1261	-0.0002	10-E	0.0000	0.1222	-0.0005
11-A	0.0000	0.1222	-0.0005	11-E	0.0000	0.1154	-0.0007
12-A	0.0000	0.1154	-0.0007	12-E	0.0000	0.1064	-0.0008
13-A	0.0000	0.1064	-0.0008	13-E	0.0000	0.0962	-0.0009
14-A	0.0000	0.0962	-0.0009	14-E	0.0000	0.0850	-0.0009
15-A	0.0000	0.0850	-0.0009	15-E	0.0000	0.0735	-0.0010
16-A	0.0000	0.0735	-0.0010	16-E	0.0000	0.0617	-0.0010
17-A	0.0000	0.0617	-0.0010	17-E	0.0000	0.0499	-0.0010

LOKALE SCHNITTGRÖSSEN Estrich 40mm dick						
STAB	N-A	N-E	Q-A	Q-E	M-A	M-E
1	0.00	0.00	0.00	0.08	-0.00	0.47
2	0.00	0.00	0.08	0.18	0.47	2.00
3	0.00	0.00	0.18	0.29	2.00	4.80
4	0.00	0.00	0.29	0.42	4.80	9.07
5	0.00	0.00	0.42	0.57	9.07	15.00
6	0.00	0.00	0.57	0.73	15.00	22.77
7	0.00	0.00	0.73	0.90	22.77	32.53
8	0.00	0.00	0.90	1.08	32.53	44.39
9	0.00	0.00	1.08	-1.08	44.39	44.39
10	0.00	0.00	-1.08	-0.90	44.39	32.53
11	0.00	0.00	-0.90	-0.73	32.53	22.77
12	0.00	0.00	-0.73	-0.57	22.77	15.00
13	0.00	0.00	-0.57	-0.42	15.00	9.07
14	0.00	0.00	-0.42	-0.29	9.07	4.80
15	0.00	0.00	-0.29	-0.18	4.80	2.00
16	0.00	0.00	-0.18	-0.08	2.00	0.47
17	0.00	0.00	-0.08	-0.00	0.47	0.00

ERGEBNISSE für 4 cm Estrichdicke, $c = 0.6 \text{ kN/cm}$ und normale Wandlast

GLOBALE VERSCHIEBUNGSGRÖSSEN							
STAB	U-X	U-Z	U-R	STAB	U-X	U-Z	U-R
1-A	0.0000	0.1401	0.0011	1-E	0.0000	0.1533	0.0011
2-A	0.0000	0.1533	0.0011	2-E	0.0000	0.1666	0.0011
3-A	0.0000	0.1666	0.0011	3-E	0.0000	0.1795	0.0011
4-A	0.0000	0.1795	0.0011	4-E	0.0000	0.1920	0.0010
5-A	0.0000	0.1920	0.0010	5-E	0.0000	0.2034	0.0009
6-A	0.0000	0.2034	0.0009	6-E	0.0000	0.2133	0.0007
7-A	0.0000	0.2133	0.0007	7-E	0.0000	0.2208	0.0005
8-A	0.0000	0.2208	0.0005	8-E	0.0000	0.2250	0.0002
9-A	0.0000	0.2250	0.0002	9-E	0.0000	0.2250	-0.0002
10-A	0.0000	0.2250	-0.0002	10-E	0.0000	0.2208	-0.0005
11-A	0.0000	0.2208	-0.0005	11-E	0.0000	0.2133	-0.0007
12-A	0.0000	0.2133	-0.0007	12-E	0.0000	0.2034	-0.0009
13-A	0.0000	0.2034	-0.0009	13-E	0.0000	0.1920	-0.0010
14-A	0.0000	0.1920	-0.0010	14-E	0.0000	0.1795	-0.0011
15-A	0.0000	0.1795	-0.0011	15-E	0.0000	0.1666	-0.0011
16-A	0.0000	0.1666	-0.0011	16-E	0.0000	0.1533	-0.0011
17-A	0.0000	0.1533	-0.0011	17-E	0.0000	0.1401	-0.0011

LOKALE SCHNITTGRÖSSEN Estrich 40mm dick						
STAB	N-A	N-E	Q-A	Q-E	M-A	M-E
1	0.00	0.00	-0.00	0.11	0.00	0.62
2	0.00	0.00	0.11	0.22	0.62	2.57
3	0.00	0.00	0.22	0.35	2.57	5.96
4	0.00	0.00	0.35	0.48	5.96	10.90
5	0.00	0.00	0.48	0.62	10.90	17.50
6	0.00	0.00	0.62	0.77	17.50	25.85
7	0.00	0.00	0.77	0.93	25.85	36.04
8	0.00	0.00	0.93	1.09	36.04	48.14
9	0.00	0.00	1.09	-1.09	48.14	48.14
10	0.00	0.00	-1.09	-0.93	48.14	36.04
11	0.00	0.00	-0.93	-0.77	36.04	25.85
12	0.00	0.00	-0.77	-0.62	25.85	17.50
13	0.00	0.00	-0.62	-0.48	17.50	10.90
14	0.00	0.00	-0.48	-0.35	10.90	5.96
15	0.00	0.00	-0.35	-0.22	5.96	2.57
16	0.00	0.00	-0.22	-0.11	2.57	0.62
17	0.00	0.00	-0.11	-0.00	0.62	0.00

ERGEBNISSE für 5 cm Estrichdicke, $c = 0.6 \text{ kN/cm}$ und hohe Wandlast

=====

Globale Verschiebungsgrößen

STAB	U-X	U-Z	U-R	STAB	U-X	U-Z	U-R
1-A	0.0000	0.3017	0.0011	1-E	0.0000	0.3150	0.0011
2-A	0.0000	0.3150	0.0011	2-E	0.0000	0.3283	0.0011
3-A	0.0000	0.3283	0.0011	3-E	0.0000	0.3414	0.0011
4-A	0.0000	0.3414	0.0011	4-E	0.0000	0.3538	0.0010
5-A	0.0000	0.3538	0.0010	5-E	0.0000	0.3652	0.0009
6-A	0.0000	0.3652	0.0009	6-E	0.0000	0.3751	0.0007
7-A	0.0000	0.3751	0.0007	7-E	0.0000	0.3825	0.0005
8-A	0.0000	0.3825	0.0005	8-E	0.0000	0.3867	0.0002
9-A	0.0000	0.3867	0.0002	9-E	0.0000	0.3867	-0.0002
10-A	0.0000	0.3867	-0.0002	10-E	0.0000	0.3825	-0.0005
11-A	0.0000	0.3825	-0.0005	11-E	0.0000	0.3751	-0.0007
12-A	0.0000	0.3751	-0.0007	12-E	0.0000	0.3652	-0.0009
13-A	0.0000	0.3652	-0.0009	13-E	0.0000	0.3538	-0.0010
14-A	0.0000	0.3538	-0.0010	14-E	0.0000	0.3414	-0.0011
15-A	0.0000	0.3414	-0.0011	15-E	0.0000	0.3283	-0.0011
16-A	0.0000	0.3283	-0.0011	16-E	0.0000	0.3150	-0.0011
17-A	0.0000	0.3150	-0.0011	17-E	0.0000	0.3017	-0.0011

Lokale Schnittgrößen Estrich 50mm dick

STAB	N-A	N-E	Q-A	Q-E	M-A	M-E
1	0.00	0.00	-0.00	0.22	0.00	1.32
2	0.00	0.00	0.22	0.45	1.32	5.37
3	0.00	0.00	0.45	0.69	5.37	12.25
4	0.00	0.00	0.69	0.95	12.25	22.08
5	0.00	0.00	0.95	1.20	22.08	34.96
6	0.00	0.00	1.20	1.47	34.96	51.01
7	0.00	0.00	1.47	1.74	51.01	70.29
8	0.00	0.00	1.74	2.02	70.29	92.87
9	0.00	0.00	2.02	-2.02	92.87	92.87
10	0.00	0.00	-2.02	-1.74	92.87	70.29
11	0.00	0.00	-1.74	-1.47	70.29	51.01
12	0.00	0.00	-1.47	-1.20	51.01	34.96
13	0.00	0.00	-1.20	-0.95	34.96	22.08
14	0.00	0.00	-0.95	-0.69	22.08	12.25
15	0.00	0.00	-0.69	-0.45	12.25	5.37
16	0.00	0.00	-0.45	-0.22	5.37	1.32
17	0.00	0.00	-0.22	-0.00	1.32	-0.00

ERGEBNISSE für 5 cm Estrichdicke, $c = 1.2 \text{ kN/cm}$ und normale Wandlast

=====

Globale Verschiebungsgrößen

STAB	U-X	U-Z	U-R	STAB	U-X	U-Z	U-R
1-A	0.0000	0.0695	0.0006	1-E	0.0000	0.0763	0.0006
2-A	0.0000	0.0763	0.0006	2-E	0.0000	0.0830	0.0006
3-A	0.0000	0.0830	0.0006	3-E	0.0000	0.0897	0.0005
4-A	0.0000	0.0897	0.0005	4-E	0.0000	0.0960	0.0005
5-A	0.0000	0.0960	0.0005	5-E	0.0000	0.1018	0.0005
6-A	0.0000	0.1018	0.0005	6-E	0.0000	0.1069	0.0004
7-A	0.0000	0.1069	0.0004	7-E	0.0000	0.1107	0.0003
8-A	0.0000	0.1107	0.0003	8-E	0.0000	0.1128	0.0001
9-A	0.0000	0.1128	0.0001	9-E	0.0000	0.1128	-0.0001
10-A	0.0000	0.1128	-0.0001	10-E	0.0000	0.1107	-0.0003
11-A	0.0000	0.1107	-0.0003	11-E	0.0000	0.1069	-0.0004
12-A	0.0000	0.1069	-0.0004	12-E	0.0000	0.1018	-0.0005
13-A	0.0000	0.1018	-0.0005	13-E	0.0000	0.0960	-0.0005
14-A	0.0000	0.0960	-0.0005	14-E	0.0000	0.0897	-0.0005
15-A	0.0000	0.0897	-0.0005	15-E	0.0000	0.0830	-0.0006
16-A	0.0000	0.0830	-0.0006	16-E	0.0000	0.0763	-0.0006
17-A	0.0000	0.0763	-0.0006	17-E	0.0000	0.0695	-0.0006

Lokale Schnittgrößen Estrich 50mm dick

STAB	N-A	N-E	Q-A	Q-E	M-A	M-E
1	0.00	0.00	0.00	0.10	-0.00	0.62
2	0.00	0.00	0.10	0.22	0.62	2.56
3	0.00	0.00	0.22	0.34	2.56	5.93
4	0.00	0.00	0.34	0.48	5.93	10.85
5	0.00	0.00	0.48	0.62	10.85	17.43
6	0.00	0.00	0.62	0.77	17.43	25.77
7	0.00	0.00	0.77	0.93	25.77	35.95
8	0.00	0.00	0.93	1.09	35.95	48.05
9	0.00	0.00	1.09	-1.09	48.05	48.05
10	0.00	0.00	-1.09	-0.93	48.05	35.95
11	0.00	0.00	-0.93	-0.77	35.95	25.77
12	0.00	0.00	-0.77	-0.62	25.77	17.43
13	0.00	0.00	-0.62	-0.48	17.43	10.85
14	0.00	0.00	-0.48	-0.34	10.85	5.93
15	0.00	0.00	-0.34	-0.22	5.93	2.56
16	0.00	0.00	-0.22	-0.10	2.56	0.62
17	0.00	0.00	-0.10	-0.00	0.62	-0.00

ERGEBNISSE für 5 cm Estrichdicke, c = 0.6 kN/cm und normale Wandlast

=====

Globale Verschiebungsgrößen

STAB	U-X	U-Z	U-R	STAB	U-X	U-Z	U-R
1-A	0.0000	0.1634	0.0006	1-E	0.0000	0.1706	0.0006
2-A	0.0000	0.1706	0.0006	2-E	0.0000	0.1778	0.0006
3-A	0.0000	0.1778	0.0006	3-E	0.0000	0.1849	0.0006
4-A	0.0000	0.1849	0.0006	4-E	0.0000	0.1917	0.0005
5-A	0.0000	0.1917	0.0005	5-E	0.0000	0.1978	0.0005
6-A	0.0000	0.1978	0.0005	6-E	0.0000	0.2032	0.0004
7-A	0.0000	0.2032	0.0004	7-E	0.0000	0.2072	0.0003
8-A	0.0000	0.2072	0.0003	8-E	0.0000	0.2095	0.0001
9-A	0.0000	0.2095	0.0001	9-E	0.0000	0.2095	-0.0001
10-A	0.0000	0.2095	-0.0001	10-E	0.0000	0.2072	-0.0003
11-A	0.0000	0.2072	-0.0003	11-E	0.0000	0.2032	-0.0004
12-A	0.0000	0.2032	-0.0004	12-E	0.0000	0.1978	-0.0005
13-A	0.0000	0.1978	-0.0005	13-E	0.0000	0.1917	-0.0005
14-A	0.0000	0.1917	-0.0005	14-E	0.0000	0.1849	-0.0006
15-A	0.0000	0.1849	-0.0006	15-E	0.0000	0.1778	-0.0006
16-A	0.0000	0.1778	-0.0006	16-E	0.0000	0.1706	-0.0006
17-A	0.0000	0.1706	-0.0006	17-E	0.0000	0.1634	-0.0006

Lokale Schnittgrößen Estrich 50mm dick

STAB	N-A	N-E	Q-A	Q-E	M-A	M-E
1	0.00	0.00	0.00	0.12	-0.00	0.72
2	0.00	0.00	0.12	0.25	0.72	2.91
3	0.00	0.00	0.25	0.38	2.91	6.63
4	0.00	0.00	0.38	0.51	6.63	11.96
5	0.00	0.00	0.51	0.65	11.96	18.94
6	0.00	0.00	0.65	0.80	18.94	27.63
7	0.00	0.00	0.80	0.94	27.63	38.07
8	0.00	0.00	0.94	1.09	38.07	50.30
9	0.00	0.00	1.09	-1.09	50.30	50.30
10	0.00	0.00	-1.09	-0.94	50.30	38.07
11	0.00	0.00	-0.94	-0.80	38.07	27.63
12	0.00	0.00	-0.80	-0.65	27.63	18.94
13	0.00	0.00	-0.65	-0.51	18.94	11.96
14	0.00	0.00	-0.51	-0.38	11.96	6.63
15	0.00	0.00	-0.38	-0.25	6.63	2.91
16	0.00	0.00	-0.25	-0.12	2.91	0.72
17	0.00	0.00	-0.12	-0.00	0.72	0.00

ERGEBNISSE für 6 cm Estrichdicke, $c = 0.6 \text{ kN/cm}$ und hohe Wandlast

=====

Globale Verschiebungsgrößen

STAB	U-X	U-Z	U-R	STAB	U-X	U-Z	U-R
1-A	0.0000	0.3224	0.0007	1-E	0.0000	0.3304	0.0007
2-A	0.0000	0.3304	0.0007	2-E	0.0000	0.3383	0.0007
3-A	0.0000	0.3383	0.0007	3-E	0.0000	0.3461	0.0006
4-A	0.0000	0.3461	0.0006	4-E	0.0000	0.3535	0.0006
5-A	0.0000	0.3535	0.0006	5-E	0.0000	0.3603	0.0005
6-A	0.0000	0.3603	0.0005	6-E	0.0000	0.3661	0.0004
7-A	0.0000	0.3661	0.0004	7-E	0.0000	0.3705	0.0003
8-A	0.0000	0.3705	0.0003	8-E	0.0000	0.3730	0.0001
9-A	0.0000	0.3730	0.0001	9-E	0.0000	0.3730	-0.0001
10-A	0.0000	0.3730	-0.0001	10-E	0.0000	0.3705	-0.0003
11-A	0.0000	0.3705	-0.0003	11-E	0.0000	0.3661	-0.0004
12-A	0.0000	0.3661	-0.0004	12-E	0.0000	0.3603	-0.0005
13-A	0.0000	0.3603	-0.0005	13-E	0.0000	0.3535	-0.0006
14-A	0.0000	0.3535	-0.0006	14-E	0.0000	0.3461	-0.0006
15-A	0.0000	0.3461	-0.0006	15-E	0.0000	0.3383	-0.0007
16-A	0.0000	0.3383	-0.0007	16-E	0.0000	0.3304	-0.0007
17-A	0.0000	0.3304	-0.0007	17-E	0.0000	0.3224	-0.0007

Lokale Schnittgrößen Estrich 60mm dick

STAB	N-A	N-E	Q-A	Q-E	M-A	M-E
1	0.00	0.00	0.00	0.24	-0.00	1.40
2	0.00	0.00	0.24	0.48	1.40	5.66
3	0.00	0.00	0.48	0.72	5.66	12.85
4	0.00	0.00	0.72	0.97	12.85	23.02
5	0.00	0.00	0.97	1.23	23.02	36.24
6	0.00	0.00	1.23	1.49	36.24	52.58
7	0.00	0.00	1.49	1.76	52.58	72.08
8	0.00	0.00	1.76	2.03	72.08	94.78
9	0.00	0.00	2.03	-2.03	94.78	94.78
10	0.00	0.00	-2.03	-1.76	94.78	72.08
11	0.00	0.00	-1.76	-1.49	72.08	52.58
12	0.00	0.00	-1.49	-1.23	52.58	36.24
13	0.00	0.00	-1.23	-0.97	36.24	23.02
14	0.00	0.00	-0.97	-0.72	23.02	12.85
15	0.00	0.00	-0.72	-0.48	12.85	5.66
16	0.00	0.00	-0.48	-0.24	5.66	1.40
17	0.00	0.00	-0.24	0.00	1.40	0.00

ERGEBNISSE für 6 cm Estrichdicke, $c = 1.2 \text{ kN/cm}$ und normale Wandlast

=====

Globale Verschiebungsgrößen

STAB	U-X	U-Z	U-R	STAB	U-X	U-Z	U-R
1-A	0.0000	0.0797	0.0003	1-E	0.0000	0.0838	0.0003
2-A	0.0000	0.0838	0.0003	2-E	0.0000	0.0879	0.0003
3-A	0.0000	0.0879	0.0003	3-E	0.0000	0.0920	0.0003
4-A	0.0000	0.0920	0.0003	4-E	0.0000	0.0959	0.0003
5-A	0.0000	0.0959	0.0003	5-E	0.0000	0.0994	0.0003
6-A	0.0000	0.0994	0.0003	6-E	0.0000	0.1025	0.0002
7-A	0.0000	0.1025	0.0002	7-E	0.0000	0.1048	0.0002
8-A	0.0000	0.1048	0.0002	8-E	0.0000	0.1061	0.0001
9-A	0.0000	0.1061	0.0001	9-E	0.0000	0.1061	-0.0001
10-A	0.0000	0.1061	-0.0001	10-E	0.0000	0.1048	-0.0002
11-A	0.0000	0.1048	-0.0002	11-E	0.0000	0.1025	-0.0002
12-A	0.0000	0.1025	-0.0002	12-E	0.0000	0.0994	-0.0003
13-A	0.0000	0.0994	-0.0003	13-E	0.0000	0.0959	-0.0003
14-A	0.0000	0.0959	-0.0003	14-E	0.0000	0.0920	-0.0003
15-A	0.0000	0.0920	-0.0003	15-E	0.0000	0.0879	-0.0003
16-A	0.0000	0.0879	-0.0003	16-E	0.0000	0.0838	-0.0003
17-A	0.0000	0.0838	-0.0003	17-E	0.0000	0.0797	-0.0003

Lokale Schnittgrößen Estrich 60 mm dick

STAB	N-A	N-E	Q-A	Q-E	M-A	M-E
1	0.00	0.00	0.00	0.12	-0.00	0.70
2	0.00	0.00	0.12	0.24	0.70	2.85
3	0.00	0.00	0.24	0.37	2.85	6.52
4	0.00	0.00	0.37	0.51	6.52	11.78
5	0.00	0.00	0.51	0.65	11.78	18.69
6	0.00	0.00	0.65	0.79	18.69	27.32
7	0.00	0.00	0.79	0.94	27.32	37.72
8	0.00	0.00	0.94	1.09	37.72	49.93
9	0.00	0.00	1.09	-1.09	49.93	49.93
10	0.00	0.00	-1.09	-0.94	49.93	37.72
11	0.00	0.00	-0.94	-0.79	37.72	27.32
12	0.00	0.00	-0.79	-0.65	27.32	18.69
13	0.00	0.00	-0.65	-0.51	18.69	11.78
14	0.00	0.00	-0.51	-0.37	11.78	6.52
15	0.00	0.00	-0.37	-0.24	6.52	2.85
16	0.00	0.00	-0.24	-0.12	2.85	0.70
17	0.00	0.00	-0.12	0.00	0.70	0.00

ERGEBNISSE für 6 cm Estrichdicke, $c = 0.6 \text{ kN/cm}$ und normale Wandlast

GLOBALE VERSCHIEBUNGSGRÖSSEN							
STAB	U-X	U-Z	U-R	STAB	U-X	U-Z	U-R
1-A	0.0000	0.1747	0.0004	1-E	0.0000	0.1790	0.0004
2-A	0.0000	0.1790	0.0004	2-E	0.0000	0.1833	0.0004
3-A	0.0000	0.1833	0.0004	3-E	0.0000	0.1875	0.0003
4-A	0.0000	0.1875	0.0003	4-E	0.0000	0.1915	0.0003
5-A	0.0000	0.1915	0.0003	5-E	0.0000	0.1951	0.0003
6-A	0.0000	0.1951	0.0003	6-E	0.0000	0.1983	0.0002
7-A	0.0000	0.1983	0.0002	7-E	0.0000	0.2007	0.0002
8-A	0.0000	0.2007	0.0002	8-E	0.0000	0.2020	0.0001
9-A	0.0000	0.2020	0.0001	9-E	0.0000	0.2020	-0.0001
10-A	0.0000	0.2020	-0.0001	10-E	0.0000	0.2007	-0.0002
11-A	0.0000	0.2007	-0.0002	11-E	0.0000	0.1983	-0.0002
12-A	0.0000	0.1983	-0.0002	12-E	0.0000	0.1951	-0.0003
13-A	0.0000	0.1951	-0.0003	13-E	0.0000	0.1915	-0.0003
14-A	0.0000	0.1915	-0.0003	14-E	0.0000	0.1875	-0.0003
15-A	0.0000	0.1875	-0.0003	15-E	0.0000	0.1833	-0.0004
16-A	0.0000	0.1833	-0.0004	16-E	0.0000	0.1790	-0.0004
17-A	0.0000	0.1790	-0.0004	17-E	0.0000	0.1747	-0.0004

LOKALE SCHNITTGRÖSSEN Estrich 60 mm dick

STAB	N-A	N-E	Q-A	Q-E	M-A	M-E
1	0.00	0.00	0.00	0.13	-0.00	0.76
2	0.00	0.00	0.13	0.26	0.76	3.07
3	0.00	0.00	0.26	0.39	3.07	6.96
4	0.00	0.00	0.39	0.53	6.96	12.47
5	0.00	0.00	0.53	0.67	12.47	19.63
6	0.00	0.00	0.67	0.81	19.63	28.48
7	0.00	0.00	0.81	0.95	28.48	39.04
8	0.00	0.00	0.95	1.10	39.04	51.34
9	0.00	0.00	1.10	-1.10	51.34	51.34
10	0.00	0.00	-1.10	-0.95	51.34	39.04
11	0.00	0.00	-0.95	-0.81	39.04	28.48
12	0.00	0.00	-0.81	-0.67	28.48	19.63
13	0.00	0.00	-0.67	-0.53	19.63	12.47
14	0.00	0.00	-0.53	-0.39	12.47	6.96
15	0.00	0.00	-0.39	-0.26	6.96	3.07
16	0.00	0.00	-0.26	-0.13	3.07	0.76
17	0.00	0.00	-0.13	-0.00	0.76	0.00

Auswertung der Ergebnisse für Estrichdicke:

Fall	Estrichdicke Durchsenkung		M	Biegegrandspannung
	cm	cm		
hohe Wand c = 1200 kN/m ³	3	0,28	69	4,6
	4	0,23	82	3,1
	5	0,21	89	2,1
	6	0,20	92	1,5
hohe Wand c = 600 kN/m ³	3	0,48	80	5,3
	4	0,42	89	3,3
	5	0,39	93	2,2
	6	0,37	95	1,6
normale Wand c = 1200 kN/m ³	3	0,15	37	2,5
	4	0,13	44	1,6
	5	0,11	48	1,2
	6	0,11	50	0,8
normale Wand c = 600 kN/m ³	3	0,26	43	2,9
	4	0,23	48	1,8
	5	0,21	50	1,2
	6	0,20	51	0,9

Berechnung für die Verkehrslast

Eine gleichmäßig verteilte Verkehrslast von 2,0 kN/m² führt bei c = 1200 kN/m³ zu einer Durchsenkung des Estrichs von maximal $2/1200 = 0,0017 \text{ m} = 0,17 \text{ cm}$ und bei c = 600 kN/m³ zu einer Durchsenkung des Estrichs von maximal $2/600 = 0,0033 \text{ m} = 0,33 \text{ cm}$.

Auswertung der Ergebnisse

Für die aufnehmbare Biegezugspannung im Estrich gibt es keine Angaben. Hier kann nur auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden. Je nach Hersteller hat der Estrich Körnung von 0-2 mm; 0-4 mm und 0-8 mm. Die größere Körnung liefert höhere Festigkeitswerte, daher wird aus Sicherheitsgründen mit der kleineren Körnung gerechnet. Ein Vergleich des Zementestrichs mit Zementmörtel der Mörtelgruppe III führt zu einer Druckfestigkeit von 10 N/mm² nach Güteprüfung. Die Zugfestigkeit liegt etwa bei 1/10 der Druckfestigkeit. Die Biegezugfestigkeit bei etwa 1/5 der Druckfestigkeit. Hieraus kann auf eine Biegezugfestigkeit des Estrichs von ca. 2 N/mm² (Versagenszustand) geschlossen werden.

Nach DIN 18560 Teil 2 Tabelle 7 wird ein Mittelwert von $\geq 6 \text{ N/mm}^2$ für die Biegezugfestigkeit von Estrich ZE40 angegeben. Hieraus folgt nach Eurocode 2 (Beton) ein Fraktile 5%-Wert von $0,7 \times 6 = 4,2 \text{ N/mm}^2$ und mit dem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M = 1,5$ ein Bemessungswert von $4,2/1,5 = 2,8 \text{ N/mm}^2$ für Bemessungslasten. Zurückgerechnet auf charakteristische Werte nach nationaler Norm (ständige Einwirkungen $\gamma_G = 1,35$) kann hiernach mit $2,8/1,35 = 2,07 \text{ N/mm}^2$ gerechnet werden.

Heizestrich

Estrich mit Fußbodenheizung wird nach DIN 18560 Teil 2 in verschiedener Weise ausgeführt: (d Außendurchmesser der Heizelemente)

- Bauart A1: nassverlegte Systeme, Heizelemente im Estrich eingebettet, Unterkante Heizelement mit Unterkante Estrich bündig.
Estrichdicke mindestens 45 mm + d
- Bauart A2: nassverlegte Systeme, Heizelemente im Estrich eingebettet, Zwischen Unterkante Heizelement und Unterkante Estrich sind 5 bis 15 mm Estrich
Estrichdicke mindestens 50 mm + d
- Bauart A3: nassverlegte Systeme, Heizelemente im Estrich eingebettet, Zwischen Unterkante Heizelement und Unterkante Estrich sind Mehr als 15 mm Estrich
Estrichdicke mindestens 45 mm + d und mind. 25 mm über dem Heizelement
- Bauart B: trockenverlegte Systeme, das Heizelemente liegt unter dem Estrich
In profilierter Dämmschicht
Estrichdicke wie beim schwimmenden Estrich
- Bauart C: trockenverlegte Systeme, das Heizelemente liegt unter dem Estrich
In einem Ausgleichestrich. Estrichdicke wie beim schwimmenden Estrich

Für die in diesem Gutachten formulierten Anforderungen fallen Bauart A1 und A2 aus. Die Bauarten A3 und B sind problemlos, wenn die Gesamtdicke von 6 cm eingehalten wird. Bei der Bauart C ist darauf zu achten, dass zwischen Estrich und Ausgleichsestrich eine 2-lagige Folie als Gleitschicht eingebaut wird.

Beispiel für die Kennzeichnung: Estrich DIN 18560 – ZE20- S75- H45

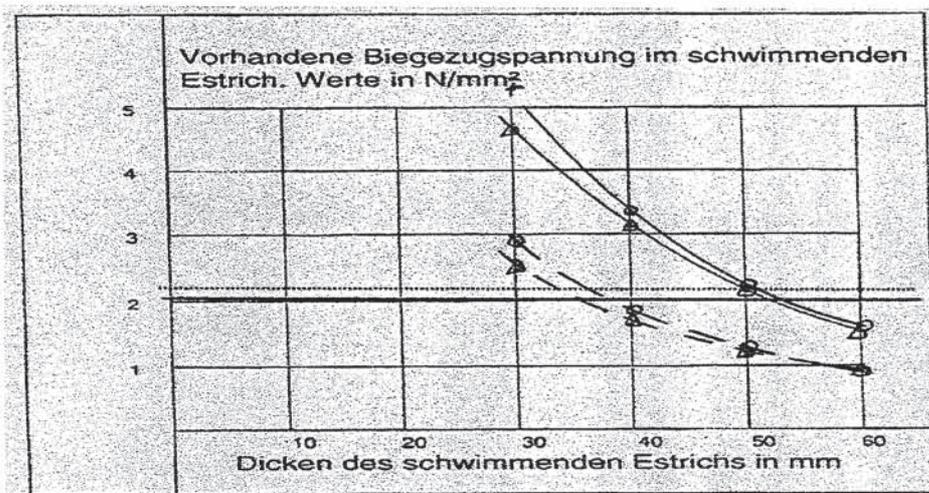
ZE	Zementestrich
20	Mindestfestigkeit 20 N/mm ² in der Güteprüfung
S	schwimmender Estrich, Verlegung auf Dämmschicht
75	Nenndicke 75 mm
H	Heizestrich
45	Estrichüberdeckung der Heizelemente 45 mm

D - Empfehlung für die Estrichdicke

bei schwimmendem Estrich mit einer Biegezugfestigkeit des Estrichs von ca. 2 N/mm^2 (Versagenszustand) ist entsprechend der genannten Definition für hohe Wandlasten mit einer **Estrichdicke von mindestens 6 cm** und für normale Wandlasten mit einer **Estrichdicke von mindestens 4 cm** zu rechnen.

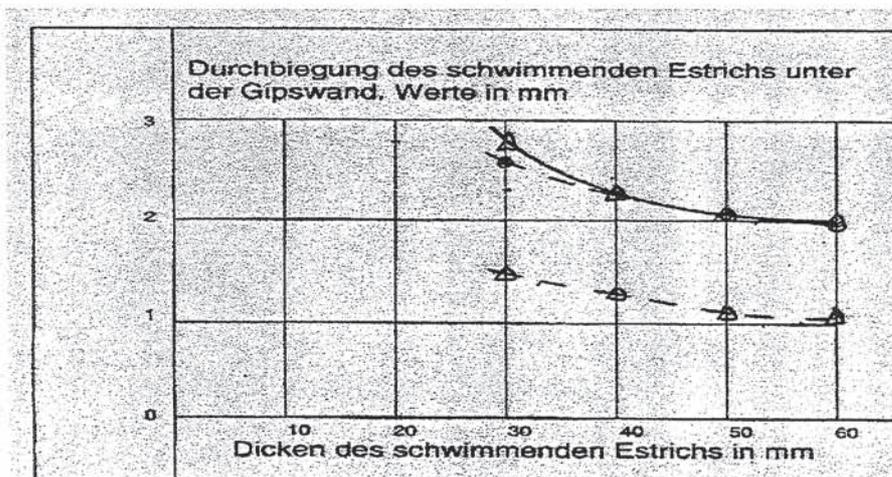
Die Kriterien für Heizestrich bleiben unverändert.

E - Diagramme



zul. σ DIN 18560

zul. σ nach Abschätzung



- | | | |
|---------|------------------|---|
| —▲— | hohe Wandlast | $c = 1,2 \text{ kN/cm}$ (1200 kN/m^3) |
| —○— | hohe Wandlast | $c = 0,6 \text{ kN/cm}$ (600 kN/m^3) |
| - -▲- - | normale Wandlast | $c = 1,2 \text{ kN/cm}$ (1200 kN/m^3) |
| - -○- - | normale Wandlast | $c = 0,6 \text{ kN/cm}$ (600 kN/m^3) |

F. Folgerungen / Kommentar / Empfehlungen

Vorgenannte Untersuchungen zeigen, dass Gipswandbauplatten auf schwimmenden Estrichen unkritisch eingebaut werden können. Dabei sind definierte Gewichte, Wandhöhen und Wandabstände zu berücksichtigen. Werden diese eingehalten, ist eine Verwendung sowohl in kurzfristig umzusetzende Primärnutzung, bei schnellem Einbau und Berücksichtigung von Kundenwünschen, als auch bei späterer Sekundärnutzung im Rahmen von Umbau / Umnutzung geeignet. Hierbei wirkt zusätzlich positiv der geringe Eintrag von Feuchte bzw. die hohe Qualität der Plattenoberflächen.

F1 Voraussetzungen

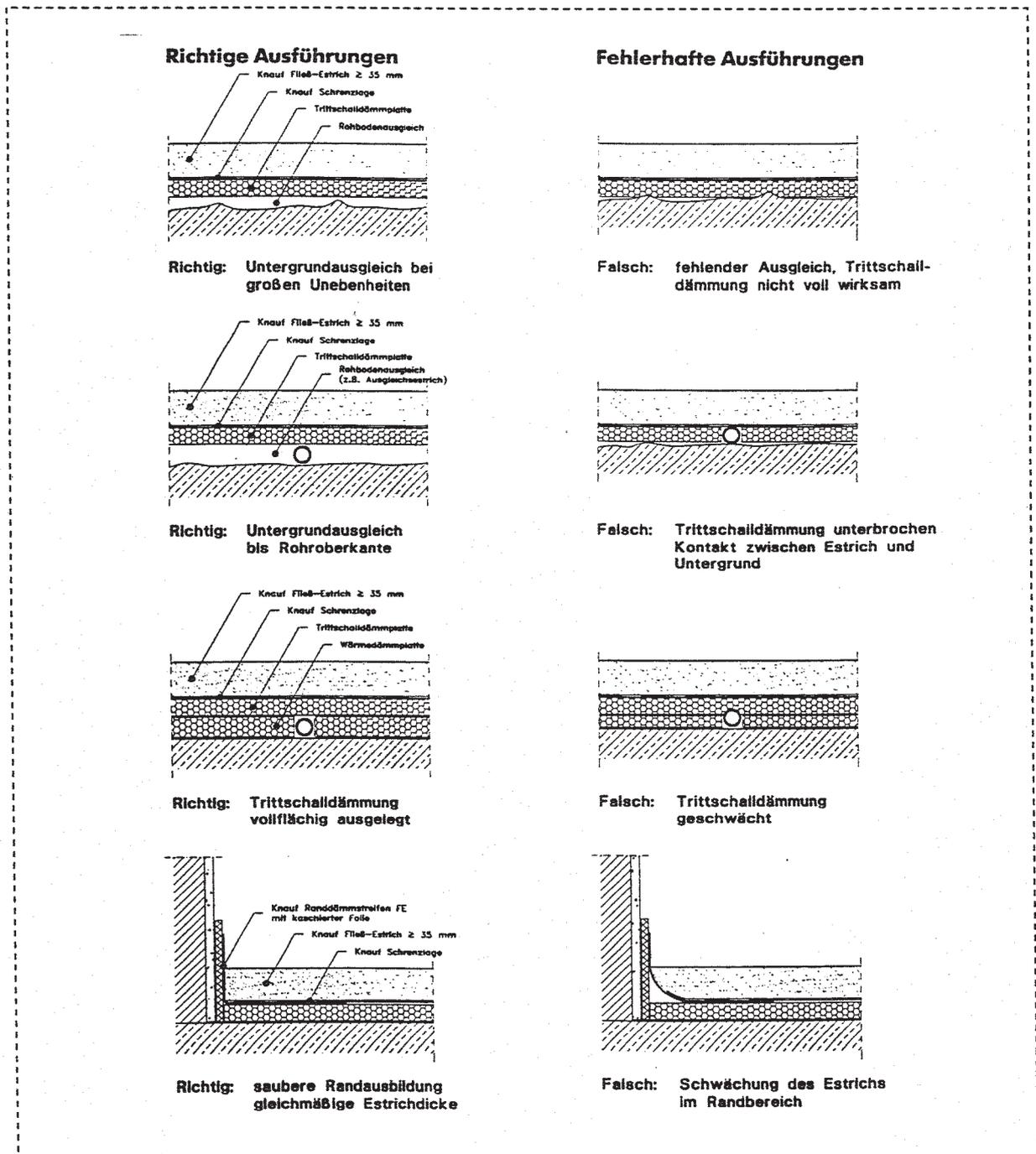
Wesentliche Voraussetzung ist der Basis der Wände zu widmen, dem mehrteiligen Schichtenaufbau des schwimmenden Estrichs mit den Bauteilschichten Trittschall-dämmung, Trennlage und Estrich und deren Abstimmung aufeinander.

Von zunächst entscheidender Bedeutung ist die Ebenheit des tragenden Substrates, d. h. die Oberfläche der in den Untersuchungen unterstellten massiven Deckenplatte. Liegt die Dämmung nur partiell auf den Oberkanten von großen Unebenheiten auf, hier ist ein stoffbedingter harter Dämmstoff besonders kritisch, werden durch sich dann addierende Belastungen aus den Eigengewichten bzw. auch später durch zusätzliche Verkehrslasten die Dämmplatten ungleichmäßig verformt bis sie dann zu einem flächigen Aufliegen führen, was jedoch in einem Dimensionsverlust ablesbar ist.

Spalte	1	2	3	4	5	6
Zeile	Bezug	Stichmaße als Grenzwerte in mm bei Meßpunktabständen in m bis				
		0,1	1 ¹⁾	4 ¹⁾	10 ¹⁾	15 ^{1) 2)}
1	Nichtflächenfertige Oberseiten von Decken, Unterbeton und Unterböden	10	15	20	25	30
2	Nichtflächenfertige Oberseiten von Decken, Unterbeton und Unterböden mit erhöhten Anforderungen, z. B. zur Aufnahme von schwimmenden Estrichen, Industrieböden, Fliesen- und Plattenbelägen, Verbundestrichen. Fertige Oberflächen für untergeordnete Zwecke, z. B. in Lagerräumen, Kellern	5	8	12	15	20
3	Flächenfertige Böden, z. B. Estriche als Nutzestriche, Estriche zur Aufnahme von Bodenbelägen Bodenbeläge, Fliesenbeläge, gespachtelte und geklebte Beläge	2	4	10	12	15
4	Wie Zeile 3, jedoch mit erhöhten Anforderungen	1	3	9	12	15
5	Nichtflächenfertige Wände und Unterseiten von Rohdecken	5	10	15	25	30
6	Flächenfertige Wände und Unterseiten von Decken, z. B. geputzte Wände, Wandbekleidungen, untergehängte Decken	3	5	10	20	25
7	Wie Zeile 6, jedoch mit erhöhten Anforderungen	2	3	8	15	20

1) Zwischenwerte sind den Bildern 1 und 2 zu entnehmen und auf ganze mm zu runden.
 2) Die Ebenheitstoleranzen der Spalte 6 gelten auch für Meßpunktabstände über 15 m.

Auszug aus DIN 18202, 4/97, Tabelle 3: Ebenheitstoleranzen



Auszug aus F 20 / 10 M / 5.95 / FB

Besondere Aufmerksamkeit ist der ganzflächigen Verlegung der wirksamen Trittschalldämmung über der Ebene von Rohr- oder Kabelführungen zu widmen. Es kann somit wirtschaftlich und gleichzeitig konstruktiv richtiger sein, diese Installationsebene unterhalb des Bodenaufbaus zu verlassen.

Bei groben, die Toleranzen überschreitenden, Unebenheiten sind zum kraftschlüssigen Aufliegen der Dämmmatten bzw. der Dämmplatten flächige Spachtelungen oder gar Ausgleichsestriche einzubauen.

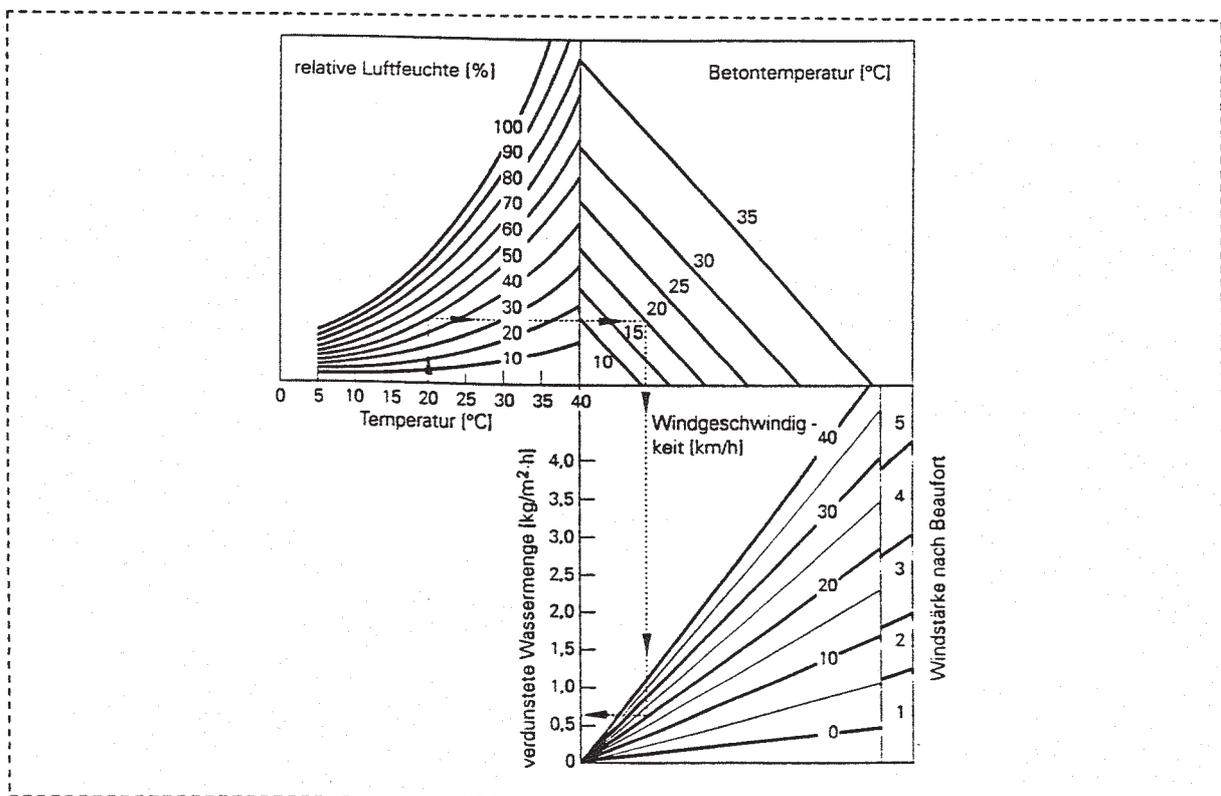
F2 Estrichgüte

Lokalspezifisch werden die Korngrößen der Zuschläge unterschiedlich gesiebt, wobei in der Regel die drei Korngrößen 0-2mm, 0-4mm oder 0-8mm zur Verfügung stehen können. Bei den errechneten Estrichdicken gilt neben der Folgerung zu möglichst großen Estrichdicken gleichzeitig auch die dringende Empfehlung, vornehmlich große Körnungen, also 0-8mm, zum Einsatz zu bringen. Dies gilt für Zementestriche.

Estrichdicken bei schwimmendem Estrich mit einer Biegezugfestigkeit des Estrichs mit ca. 2 N/mm^2 (Versagenszustand) ist entsprechend der genannten Definition für normale Wandlasten mit einer Estrichdicke von mindestens 4cm und für hohe Wandlasten mit einer Estrichdicke von mindestens 6cm zu rechnen. Die Kriterien für Heizestriche bleiben unverändert.

F3 Nachpflege

Sofort nach Einbringen des Estrichs ist, in der Intensität abhängig von den Randbedingungen, mit der Nachpflege des Estrichs zu beginnen. Das unten angeführte Diagramm zeigt den Wasserverlust von Beton-/ Estrichoberflächen in kg/m^2 Oberfläche pro Stunde. Je nach eingestelltem Wasser / Zement / Faktor ergibt sich ein Austrocknen der Oberfläche, welche sowohl die Festigkeit des hydraulisch abbindenden Estrichs reduziert und gleichzeitig zu kritischem Aufschüsseln der Ränder führt. Spätere Rückstellungen mit klaffenden Fugen im Übergangsbereich zur Wand oder darauf gestellte Wände aus Gipswandbauplatten mit derselben Auswirkung würden für den Deckenanschluss und die seitlichen Wandanschlüsse zu Fugenbildungen führen.



F4 Empfehlungen für die Trittschalldämmung

Der Qualität der einzubauenden Trittschalldämmung in den Gruppen T (Verkehrslast bis 2kN bei Zusammendrückbarkeit bis 5mm) und TK (Verkehrslast 3,5 kN bei Zusammendrückbarkeit bis 3mm) sollte große Aufmerksamkeit geschenkt werden. Die aufgeführten Produkte geben Hinweise auf die anzustrebenden Qualitäten und verstehen sich als Empfehlung der Produkte selbst oder gleichwertiger Produkte:

Hersteller:

Heraklith, Simbach/Inn

Algo-stat, Celle

Heralan – TPE 42/40

20 / 18

Heralan – TPE 27/26

25 / 23

Heralan – TPE 12/10

30 / 27

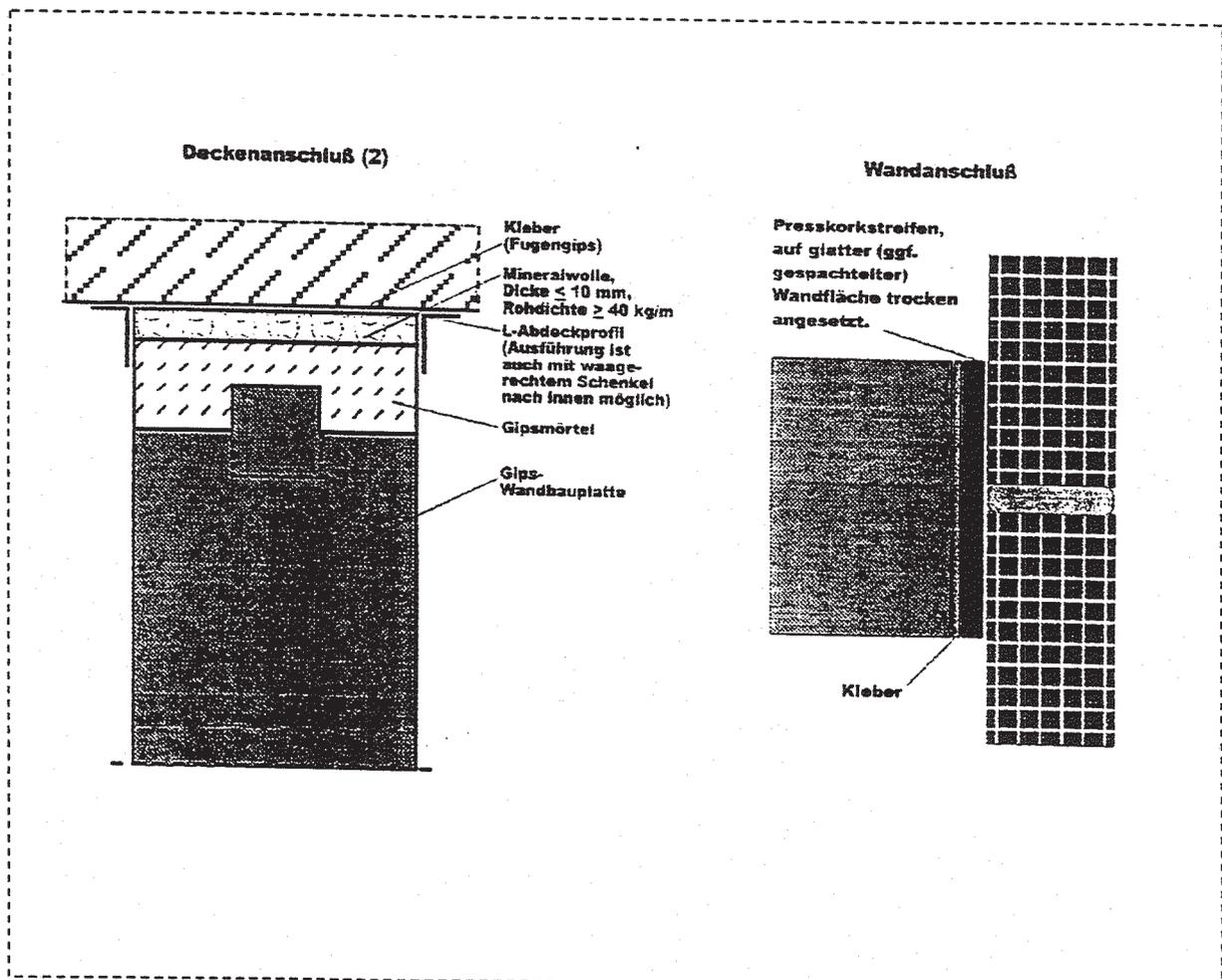
30 / 37

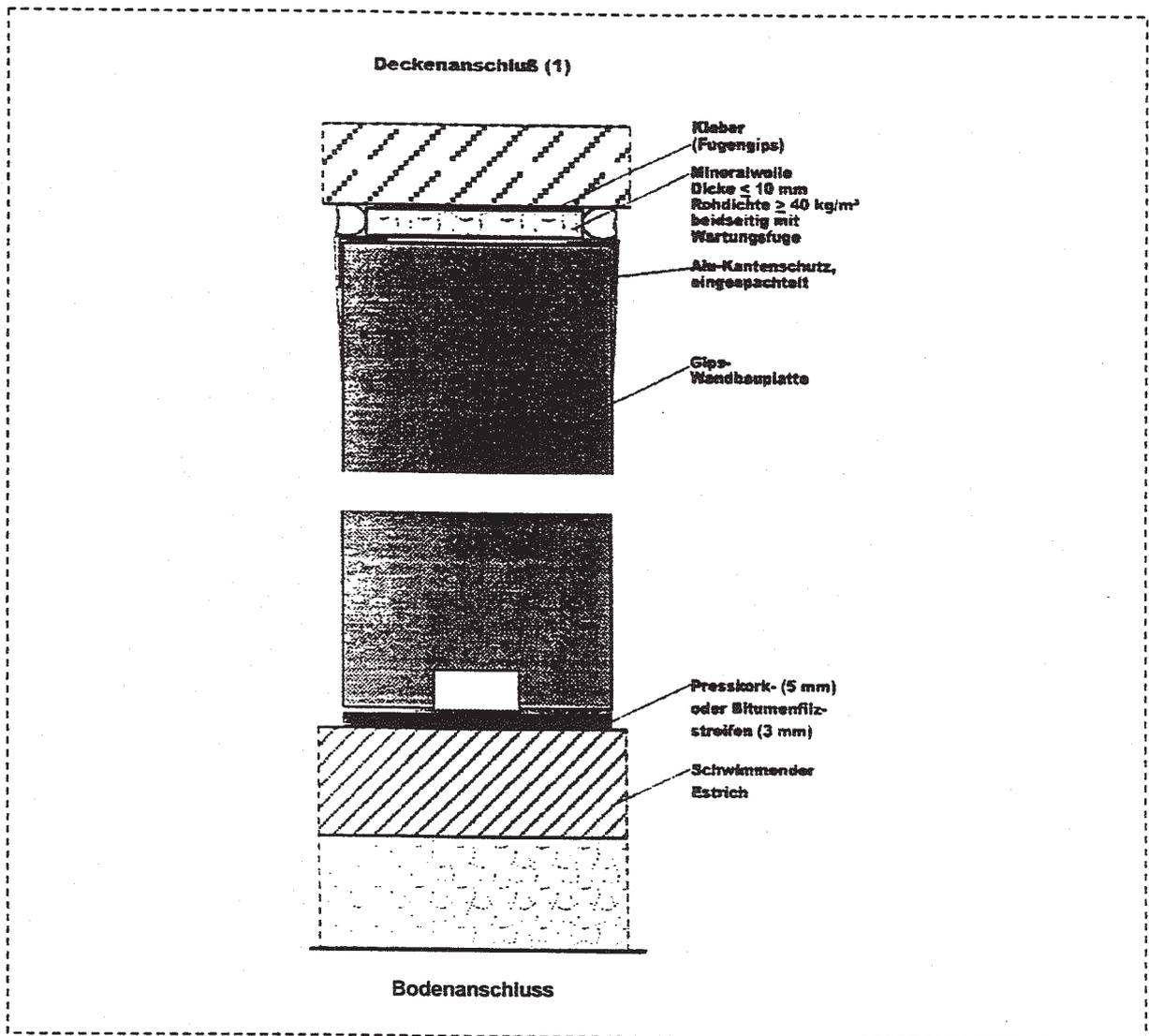
Mineralfaser

Polystyrol-Hartschaum

F5 Detailausbildung

Um einen rissefreien Anschluss an Wänden und Decken sicherzustellen, wird durch die Industriegruppe Gipswandbauplatten eine Empfehlung für elastische Randanschlüsse ausgesprochen.





Abschließend: bei geeigneten Estriche sind Wände aus Gipswandbauplatten problemlos geeignet, auch nachträglich als raumbildende Innenwände zerstörungsarm eingesetzt werden.

Holzminden, den 15.04.2002

Prof. Dipl.-Ing. R. Möhring

Prof. Dr.-Ing. habil. J. Paulun