
BEMESSUNG VON BODENKONSTRUKTIONEN

Merkblatt 8-1

Stand 18.02.2021
ersetzt

Stand 21.01.2021

Teil 1: Allgemeine Anforderungen

1 Vorwort

Dieses Merkblatt erweitert den Anwendungsbereich des Merkblattes „Hoch belastete Beläge – Mechanisch hoch belastbare keramische Bodenbeläge –, des Fachverbandes Deutsches Fliesengewerbes auf die Lastermittlung, auf verschiedene Lastverteilungsschichten, Beläge auf Entkopplungen und Beläge mit freien Rändern und Hohllagen. Das Merkblatt besteht aus folgenden Teilen:

- Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- Teil 2: Lastverteilungsschichten
- Teil 3: Bemessung von Belägen (vereinfachter Nachweis)
- Teil 4: Bemessung von Belägen (allgemeiner Nachweis)

Die Teile 2 bis 4 gelten immer in Verbindung mit Teil 1

2 Anwendungsbereich

Dieses Merkblatt regelt die Belastung von Bodenkonstruktionen und gibt Hinweise für mögliche Belastungen. Aus einer Zusammenstellung von Belastungsarten, die sich aus einer Nutzung der Bodenkonstruktion ergeben, kann die Bemessung der Bodenkonstruktion erfolgen.

Beim Einsatz von einer Entkopplung von Belägen ist die Angabe der technischen Eigenschaften erforderlich. Die technischen Eigenschaften dienen zur Bemessung von Lastverteilungsschicht und Belag.

3 Nutzungskonzept

Für die Bemessung von gewerblich genutzten Bodenkonstruktionen ist die Erstellung eines Nutzungsplanes bzw. –konzeptes erforderlich. Der Nutzungsplan sollte die zu erwartende Belastung enthalten, die sich aus der Nutzung und der Unterhaltung des Gebäudes ergibt. Diese Belastung sollte als Grundlage für die Bemessung der Bodenkonstruktion dienen.

4 Belastung

4.1 Allgemeines

DIN EN 1991-1-1 und DIN EN 1991-1-1/NA regeln die Belastung von Gebäuden und Bauteilen. Für die in DIN EN 1991-1-1 vorgegebenen Nutzungen von Flächen werden Flächenlasten und Punktlasten vorgegeben. Diese Belastungen sind nicht die einzigen Beanspruchungen von Bodenkonstruktionen. Durch die vielfache Nutzung der Bodenkonstruktion als Heizung und durch die materialspezifischen Eigenschaften der eingesetzten Materialien treten noch zusätzlich Beanspruchungen der Bodenkonstruktionen auf, die bei der Bemessung der Bodenkonstruktionen zu berücksichtigen sind.

4.1.1 Stationäre Belastungen

Stationäre (ortsfeste) Belastungen sind im Allgemeinen unproblematisch und stellen keine besonderen Anforderungen an den keramischen Oberbelag.

Die zu erwartende Belastung muss jedoch bei der Bemessung des tragenden Untergrundes, der Dämmschicht und Lastverteilungsplatte durch den Statiker und Planer entsprechend der angenommenen Verkehrslasten nach DIN EN 1991-1-1/NA festgelegt und berücksichtigt werden.

4.1.2 Instationäre Belastungen

Instationäre Belastungen, wie z. B. durch Befahren, müssen nicht nur bei der Bemessung des Untergrundes, sondern auch hinsichtlich der Anforderungen an die Belagskonstruktion und die einzusetzenden Stoffe bei der Planung berücksichtigt werden. Dies gilt vor allem für solche, die über die im Wohnungsbau üblichen hinausgehen.

Die dynamische Belastung nimmt – in Abhängigkeit von der Beschaffenheit der bewegten Fahrzeuge – zu mit der

- Härte des Rollenmaterials,
- Verringerung des Rollendurchmessers und der Rollenbreite,
- Zunahme der Belastung pro Rolle, wie z. B. auch durch Beschleunigungs-, Bremsvorgänge oder Kurvenfahrt.

Als „hoch belastet“ sind solche Bodenbeläge anzusehen, die durch Transportvorgänge mit Flurförderfahrzeugen oder vergleichbare beansprucht werden, wie dies z. B. in Geschäften des Lebensmittel-Einzel- oder -Großhandels, in Baumärkten, sonstigen gewerblichen Flächen, Großküchen, industriellen Produktions- oder Lagerstätten usw. der Fall ist.

Die Häufigkeit eines Befahrens stellt hierbei kein Kriterium dar. Flurfördergeräte erzeugen in Abhängigkeit von ihrem Gewicht einschließlich Nutzlast, der Art der Rollen und ihrer Werkstoffe auf Bodenbelägen unterschiedliche Pressungen; diese erreichen entsprechend einer Untersuchung des Otto-Graf-Instituts der TU Stuttgart [7] die in Bild 1 dargestellten Werte.

Auf die Verwendung von Flurförderfahrzeugen mit Stahlrollen sollte grundsätzlich verzichtet werden, da die hierbei entstehenden Pressungen $> 100 \text{ N/mm}^2$ in der Regel zu Schäden führen.

Den Erfahrungen zufolge kann man die gesamte Bandbreite mechanischer Beanspruchung von „gering“ bis „hoch“ entsprechend Bild 2 definieren: Die Gruppen I und II umfassen hierbei die Anwendungsbereiche mit geringerer Belastung und die Gruppen III bis V „mechanisch hoch belastete“ Beläge.

Die Gruppeneinteilung ermöglicht eine Zuordnung der erforderlichen Fliesen- und Plattendicke in Abhängigkeit von der Festigkeit der keramischen Fliesen oder Platten zu der zu erwartenden mechanischen Beanspruchung.

Bei öffentlichen oder gewerblich genutzten Gebäuden muss in der Regel nach DIN EN 1991-1-1/NA mit höheren Punkt- oder Radlasten gerechnet werden, die bei Bemessung von Lastverteilungsplatten zu berücksichtigen sind.

4.1.3 Systembedingte Beanspruchung (Schwinden, Quellen, Temperatur)

Ungünstige klimatische Verhältnisse können bei Zementestrichen zu einem ungleichmäßigen Schwinden (von der Unterseite des Estrichs bis zur Oberseite nimmt das Schwindmaß zu) über die Estrichdicke führen. Hieraus können sich Biegespannungen im Estrich ergeben.

Bei Estrichen mit Belägen ergibt sich eine Verbundkonstruktion, bei der die unterschiedlichen mechanischen und thermischen Eigenschaften zu zentrischen Zug- bzw. Druckspannungen führen können.

4.2 Eigengewicht Konstruktion

Flächenhafte Gewichtslasten haben bei kontinuierlicher Bettung als alleinige Belastung keinen Einfluss auf die Bemessung von Estrichen. Lediglich bei ungleichmäßiger Temperatur und/oder ungleichmäßigem Schwinden wird der Estrich beansprucht. Bei Längenänderungen von Estrichen ergeben sich aufgrund der Reibung zwischen Estrich und Dämmung Zug- oder Druckspannungen im Estrich.

4.3 Verkehrslasten (veränderliche Lasten)

Belastungen auf Deckenkonstruktionen werden nach DIN EN 1991-1-1 entsprechend der Nutzung des Gebäudes vielfach durch Flächenlasten beschrieben. So betragen die Lasten für ein Wohnhaus mindestens 1,50 kN/m². Für öffentliche Gebäude können die Belastungen bis auf 7,50 kN/m² anwachsen. Diese Belastungsangabe ist für den Standsicherheitsnachweis des Gebäudes im Regelfall ausreichend und beschreibt nur eine durchschnittliche Belastung auf einer Deckenkonstruktion. Diese Belastung einer Deckenkonstruktion kann jedoch lokal wesentlich größer sein und auch als Einzellast mit kleiner Aufstandsfläche auftreten.

Die in der DIN EN 1991-1-1 mitaufgeführten Einzellasten beschreiben nicht die real möglichen Einzellasten, die eine Bodenkonstruktion belasten können.

Kategorie		Nutzung	Beispiele	q _k kN/m ²	Q _k kN
A	A1	Spitzboden	Für Wohnzwecke nicht geeigneter, aber zugänglicher Dachraum bis 1,80 m lichter Höhe	1,0	1,0
	A2	Wohn- und Aufenthaltsräume	Räume mit ausreichende Querverteilung der Lasten. Räume und Flure in Wohngebäuden, Bettenräume in Krankenhäusern, Hotelzimmer einschl. zugehöriger Küchen und Bäder.	1,5	---
	A3		wie A2, aber ohne ausreichende Querverteilung der Lasten	2,0	1,0
B	B1	Büroflächen, Arbeitsflächen, Flure	Flure in Bürogebäuden, Büroflächen, Arztpraxen, Stationsräume, Aufenthaltsräume einschl. der Flur, Kleinviehstelle	2,0	2,0
	B2		Flure in Krankenhäusern, Hotels, Altenheimen, Internaten usw.; Küchen und Behandlungsräume einschl. Operationsräume ohne schweres Gerät	3,0	3,0
	B3		wie B2, jedoch mit schwerem Gerät	5,0	4,0
C	C1	Räume, Versammlungs-räume und Flächen, die der Ansammlung von Personen dienen können (mit Ausnahme von unter A, B, D und E festgelegten Kategorien)	Flächen mit Tischen; z.B. Schulräume, Cafes, Restaurants, Speisesäle, Lesesäle, Empfangsräume.	3,0	4,0
	C2		Flächen mit fester Bestuhlung; z.B. Flächen in Kirchen, Theatern oder Kinos, Kongresssäle, Hörsäle, Versammlungsräume, Wartesäle	4,0	4,0
	C3		Frei begehbare Flächen; z.B. Museumsflächen, Ausstellungsflächen usw. und Eingangsbereiche in öffentlichen Gebäuden und Hotels, nicht befahrbare Hofkellerdecken	5,0	4,0
	C4		Sport- und Spielflächen; z.B. Tanzsäle, Sporthallen, Gymnastik- und Kraftsporträume, Bühnen.	5,0	7,0
	C5		Flächen für große Menschenansammlungen; z.B. in Gebäuden wie Konzertsälen, Terrassen und Eingangsbereiche sowie Tribünen mit fester Bestuhlung	5,0	4,0
D	D1	Verkaufsräume	Flächen von Verkaufsräumen bis 50 m ² Grundfläche in Wohn-, Büro und vergleichbaren Gebäuden.	2,0	2,0
	D2		Flächen in Einzelhandelsgeschäften und Warenhäusern.	5,0	4,0
	D3		Flächen wie D2, jedoch mit erhöhten Einzellasten infolge hoher Lagerregale.	5,0	7,0

Tabelle 1a: DIN EN 1991-1-1

Ob eine hohe Belastung für einen Bodenbelag, Estrich oder Systemboden vorliegt, kann aus der Angabe der Flächenlast alleine nicht hergeleitet werden. Aus der Größe der Belastung und der

Nutzungsbeschreibung des Gebäudes kann indirekt auf die für den Bodenaufbau zu erwartenden Belastungen geschlossen werden.

Die DIN EN 1991-1-1 (siehe Tabelle 3.1b) weist darauf hin, dass bei Sonderlasten, z.B. Flurförderfahrzeuge Hubbühnen usw. die Lasten gesondert zu ermitteln sind. Dies setzt ein Nutzungskonzept für eine Bodenkonstruktion voraus, dass vom Fachplaner zu ermitteln oder zusammengestellt werden muss. Die Beschreibung der Belastung über die Festlegung von Flächenlasten ist für die konstruktive Ausführung nicht ausreichend.

Kategorie		Nutzung	Beispiele	q _k kN/m ²	Q _k kN
E	E1	Fabriken und Werkstätten, Ställe, Lager- räume und Zugänge, Flächen mit erheblichen Menschenansammlungen	Flächen in Fabriken und Werkstätten mit leichtem Betrieb und Flächen in Großviehställen	5,0	4,0
	E2		Lagerflächen, einschließlich Bibliotheken	6,0	7,0
	E3		Flächen in Fabriken und Werkstätten mit mittlerem oder schwerem Betrieb, Flächen mit regelmäßiger Nutzung durch erhebliche Menschenansammlungen, Tribünen ohne feste Bestuhlung.	7,5	10,0
T	T1	Treppen und Treppenpodeste	Treppen und Treppenpodeste der Kategorie A und B1 ohne nennenswerten Publikumsverkehr	3,0	2,0
	T2		Treppen und Treppenpodeste der Kategorie B1 mit erheblichen Publikumsverkehr, B2 bis E sowie alle Treppen, die als Fluchtweg dienen	5,0	2,0
	T3		Zugänge und Treppen von Tribünen ohne feste Sitzplätze, die als Fluchtweg dienen	7,5	3,0
Z		Zugänge, Balkone und Ähnliches	Dachterrassen, Laubengänge, Loggien usw., Balkone und Ausstiegspodest.	4,0	2,0

Falls der Nachweis der örtlichen Mindesttragfähigkeit erforderlich ist (z.B. bei Bauteilen ohne ausreichende Querverteilung der Lasten), so ist er mit den charakteristischen Werten für die Einzellast Q_k ohne Überlagerung mit der Flächenlast q_k zu führen. Die Aufstandsfläche für Q_k umfasst ein Quadrat mit einer Seitenlänge von 5 cm.

Wenn konzentrierte Lasten aus Lagerregalen, Hubeinrichtungen, Tresoren usw. zu erwarten sind, muss die Einzellast für diesen Fall gesondert ermittelt und zusammen mit den gleichmäßig verteilten Nutzlasten beim Tragsicherheitsnachweis berücksichtigt werden.

Tabelle 1b: DIN 1991-1-1 (Fortsetzung)

Kategorie	Nutzung	A m ²	q _k kN/m ²		2·Q _k kN
F1	Verkehrs- und Parkflächen für leichte Fahrzeuge (Gesamtlast ≤ 25 kN)	≤ 20	3,5	oder	20
F2		≤ 50	2,5		20
F3		> 50	2,0		20
F4	Zufahrtsrampen	≤ 20	5,0		20
F5		> 20	3,5		20

Maße für die Anwendung von Achslasten

Tabelle 2: DIN 1991-1-1

Beim Einsatz von Flurförderfahrzeugen oder Hubbühnen treten wesentlich größere Punktlasten auf als in der allgemeinen Definition der Belastung (siehe Tabelle 3.1) beschrieben wird. Einen Anhalt der Größe der Belastung liefert die DIN EN 1991-1-1 für die Kategorie F. Hier wird für ein Fahrzeug

mit einem Gesamtgewicht bis 25 kN eine Achslast von 20 kN vorgegeben. Dies entspricht der Belastung der hinteren Achse eines kleinen Flurförderfahrzeugs, jedoch mit kleineren Aufstandsflächen. Hubbühnen und Fahrgerüste können je nach Gerätetyp deutlich höhere Punktlasten aufweisen.

Grundsätzlich muss bei öffentlichen oder gewerblich genutzten Gebäuden mit deutlich höheren Punkt- bzw. Radlasten gerechnet werden. So wird bei Garagen und Parkhäusern, die mit Fahrzeugen befahren werden, eine Verkehrsbelastung von 3,5 kN/m² als Bemessungsgrundlage angegeben. Diese Verkehrsbelastung kann auch aus Fahrzeugen mit einem Gesamtgewicht von 2,5 t. (25 kN) bestehen. Das bedeutet eine Radlast von ca. 7,5 kN.

Bei mit Fahrzeugen zugänglichen Flächen können folgende Punktlasten erwartet werden:

$$F \approx 1,0 \text{ bis } 2,0 \times \text{Flächenlast}$$

Der obere Grenzwert sollte für gewerblich genutzte Flächen oder durch Förderfahrzeuge zugängliche Flächen angesetzt werden. Dies gibt eine Planungssicherheit und führt dazu, dass die oftmals vorgebrachten Bedenken in der Endphase des Projektes auch technisch ausgeräumt werden können. In der folgenden Tabelle ist der Unterschied der zwischen den Lastangaben in DIN 18 560 [5] und den zu erwartenden Lasten aufgeführt.

Verkehrsbelastung	Belastung nach DIN 18 560	Zu erwartende Belastung
2,0 kN/m ²	2,0	4,0
3,5 kN/m ²	3,0	7,0
5,0 kN/m ²	4,0	10,0

Tabelle 3

Die Tragfähigkeit von Hohlböden und Doppelböden wird über die Elementklasse definiert. Die Elementklasse wird nach DIN EN 13213 (Hohlböden) oder nach DIN EN 12825 (Doppelböden) ermittelt. Die Belastung in den Versuchen erfolgt mit einer Punktbelastung und einer Aufstandsfläche von 25 mm x 25 mm. Die Elementklasse ergibt sich aus der minimalen Last aus den Stellungen Rand, Mitte und Ecke. Die Stützen der Systemböden sind im Regelfall nicht maßgebend für die Einstufung der Elementklasse. Die Tabelle 4 gibt Hinweise für die Elementklassen in Abhängigkeit von der Nutzung der Fläche.

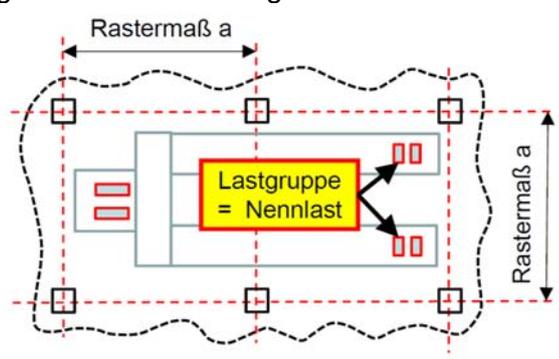


Bild 1: Flurförderfahrzeug

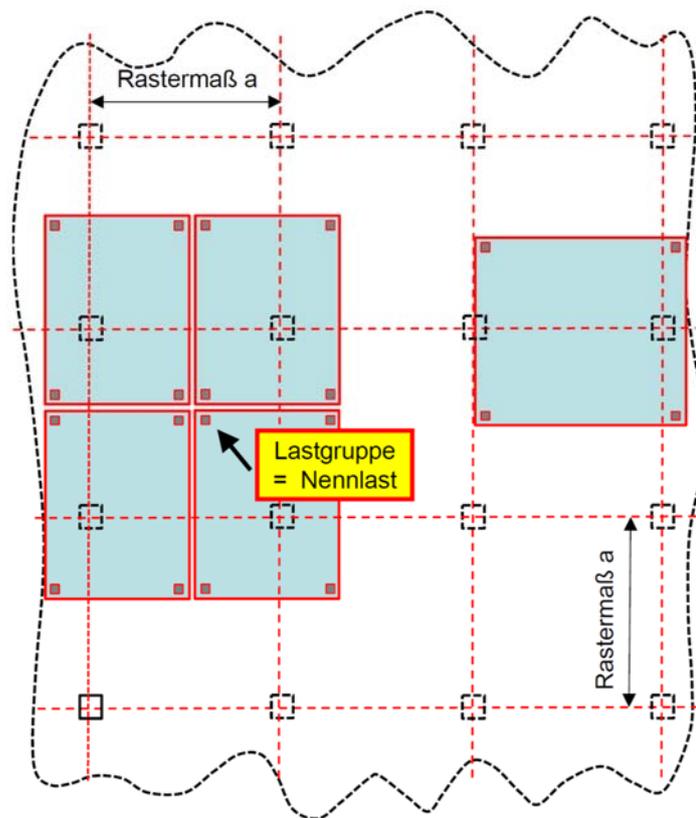


Bild 2: Regallasten

Treten mehrere Lasten innerhalb einer Rasterfläche auf, so sind die Lasten (siehe Bilder 1 und 2) zu addieren. Die Summe muss kleiner als die Punktlast der entsprechenden Elementklasse sein.

Lfd. Nr.	Nutzung	Beispiele für die Nutzung	Elementklasse gemäß DIN EN 12825 / 13213	Punktlast gemäß Laststufe
1	Wohnräume	Räume und Fluren und Wohngebäuden, Hotelzimmer	1	2000 N
2	Büroflächen, Arbeitsflächen, Flure	Flure in Bürogebäuden, Büroflächen, Arztpraxen, Stationsräume, Aufenthaltsräume einschließlich der Flure, Bettenräume in Krankenhäusern	2	3000 N
3		Flure in Krankenhäusern, Hotels, Altenheimen, Internaten, usw.; Küchen u. Behandlungsräume	5	5000 N
4		Flächen wie laufende Nr. 1 bis 3, jedoch mit schwerem Gerät	≥ 3	Im Einzelnen zu bemessen
5	Technikräume	Rechenzentren, Elektroverteilerräume und Schalt-schrankräume	≥ 2	Im Einzelnen zu bemessen
6	Flächen für die Versammlung von Personen	Flächen mit Tischen; z.B. Schulräume, Cafes, Restaurants, Speisesäle, Leseräume	2	3000 N
7	Versammlungs-räume und Flächen für die Versammlung von Personen	Flächen mit Tischen; z.B. Schulräume, Cafes, Restaurants, Speisesäle, Leseräume, Empfangsräume	3	4000 N
8		Flächen mit fester Bestuhlung, z.B. Flächen in Kirchen, Theatern oder Kinos, Kongresssäle, Hörsäle, Versammlungsräume, Wartesäle	5	5000 N
9		Frei begehbare Flächen, z.B. Museumsflächen, Ausstellungsflächen usw. und Eingangsbereiche in öffentlichen Gebäuden und Hotels	5	5000 N
10		Sport- und Spielflächen, z.B. Tanzsäle, Sporthallen, Gymnastik- und Kraftsporträume, Bühnen	≥ 3	Im Einzelnen zu bemessen
11		Flächen für große Menschenansammlungen; z.B. Konzertsäle, Terrassen und Eingangsbereiche sowie Tribünen mit fester Bestuhlung	≥ 3	4000 N
12	Verkaufsräume	Flächen von Verkaufsräumen bis 50 m ² Grundfläche in Wohn-, Büro und vergleichbaren Gebäuden	3	5000 N
13		Flächen von Verkaufsräumen	5	Im Einzelnen zu bemessen
14		Flächen in Einzelhandelsgeschäften und Warenhäusern	≥ 5	Im Einzelnen zu bemessen
15		Flächen wie laufende Nr. 12 bis 14 jedoch mit erhöhten Einzellasten, z.B. infolge hoher Lagerregale	6	Im Einzelnen zu bemessen
16	Fabriken, Werkstätten und Lager-räume	Flächen in Fabriken und Werkstätten mit leichtem Betrieb	≥ 3	Im Einzelnen zu bemessen
17		Lagerflächen, einschließlich Bibliotheken	6	Im Einzelnen zu bemessen
18	Sonderbereiche	Räume mit Nutzung von Transportgeräten	≥ 5	Im Einzelnen zu bemessen

Tabelle 4 Elementklassen für Hohl- und Doppelböden

Bei Hubwagen und Gabelstaplern sind entsprechend der Anwendungsrichtlinie Hohlböden bzw. Doppelböden zusätzlich Schwingbeiwerte zu berücksichtigen. Für handbetriebene Fahrgeräte

beträgt der Schwingbeiwert $\varphi = 1,3$ und für motorisch betriebenen $\varphi = 1,5$. Dies bedeutet für einen handbetriebenen Hubwagen eine zulässige Punktbelastung von ca. 26 kN und für einen motorisch betriebenen eine zulässige Punktbelastung von ca. 30 kN. Die Größe dieser Belastung setzt eine Rücksprache mit dem Systembodenhersteller voraus.

4.4 Temperaturbelastung

4.4.1 Gleichmäßige Temperatur

Eine gleichmäßige Erwärmung ergibt sich z.B. durch eine Fußbodenheizung. Gleichmäßig bedeutet, dass die Oberfläche des Estrichs und die Unterseite die gleiche Temperatur aufweisen. Die gleichmäßige Erwärmung bzw. das gleichmäßige Abkühlen eines Estrichs führt zu einer Längenänderung, die bei der konstruktiven Ausbildung der Fugen zu berücksichtigen ist.

Durch die Längenänderung des Estrichs ergeben sich Reibungskräfte an der Unterseite des Estrichs. Die Größe der Kräfte ist abhängig vom Reibwiderstand. Die Reibkräfte nehmen mit dem Dehnweg zu und werden durch die Gleitreibung in der Größe begrenzt. Da es keine dokumentierte Abhängigkeit zwischen Dehnweg und Reibung gibt, wird stets von einer Gleitreibung über die gesamte Estrichfläche ausgegangen. Die Größe der Reibungskräfte ist abhängig von der ständigen Belastung des Estrichs. Reibungskräfte aus Temperaturdehnung und aus Schwinden sind nicht zu überlagern.

Durch Heizkreise in Teilbereichen von Estrichflächen oder durch Sonneneinstrahlung auf Teilflächen (siehe Bild 3.6) können sich wesentliche Beanspruchungen im Estrich ergeben. Diese Beanspruchungen können durch konstruktive Maßnahmen, wie z.B. Ausbildung von Dehnfugen, vermieden bzw. reduziert werden.

4.4.2 Ungleichmäßige Temperatur

Belastungen infolge Temperaturunterschiede zwischen Ober- und Unterseite des Estrichs sowie aus dem Schwindverhalten des Estrichs werden bei der Berechnung von Estrichen im Regelfall nicht berücksichtigt. Die Beanspruchungen aus diesen Belastungen können eine maßgebliche Größe erreichen.

4.5 Schwinden. Quellen und thermische Ausdehnung

Anhaltswerte für das Schwinden und Quellen und die thermische Ausdehnung sind in der Tabelle 5 aufgeführt.

Werden Baustoffe, die unterschiedliches Verformungsverhalten bei Feuchte und Temperatur aufweisen, mit einander Verbunden, so ergeben sich Zwängungskräfte bzw. Zwängungsspannungen, die maßgebend für die Bemessung der Bauteile sein können. Zwängungskräfte entstehen durch die Behinderung von Verformungen. Die Kräfte sind abhängig vom elastischen Verformungsverhalten der Baustoffe und somit von deren Elastizitätsmodul. Anhaltswerte für den Elastizitätsmodul verschiedener Materialien finden sich in Tabelle 6.

Material	Thermische Dehnung bei 100K Temp.-Differenz mm/m	Quellung und Kontraktion mm/m
Sandstein	1,20	0,30 - 0,70
Basalt	0,90	0,35
Gabbro	0,88	0,13
Granit, Syenit	0,80	0,06 - 0,18
Kalkstein	0,70	0,10 - 0,16
Dicht Kalksteine und Dolomite	0,75	0,10
Travertine	0,68	0,10 - 0,12
Quarzit, Quarzporphyr, Porphyrit	1,25	0,08
Trachyte	1,00	0,10
Diabas	0,75	0,09
Schiefer	---	0,10 - 0,13
Andesite	0,53	0,10
Diorit	0,88	0,12
Stahlbeton	1,00	0,14 - 0,16
Beton	1,20	0,14 - 0,16
Zementmörtel	1,00	0,20
Betonwerkstein	1,20	0,16 - 0,20
Calciumsulfatestrich	1,00 - 1,60	0,15
Keramikfliese	0,52	---
Feinsteinzeug	0,62	---

Tabelle 5

Material	Elastizitätsmodul N/mm ²
Sandstein	8000 - 18000
Basalt	58000 - 103000
Gabbro	112000 - 125000
Granit	38000 - 76000
Syenit	64000
Kalkstein (mesozoisch)	40000 - 74000
Kalkstein (paläozoisch)	62000 - 92000
Quarzite, Grauwacken	74000 - 77000
Porphyr	25000 - 65000
Diabas	78000 - 115000
Karbon-Tonschiefer (II z. Schieferung)	30000 - 38000
Gneis (II z. Schieferung)	36000
Beton	28000 - 45000
Zementmörtel	2000 - 7000
Betonwerkstein	28000 - 45000
Calciumsulfatestrich	15000 - 25000
Keramikfliese	40000 - 70000
Feinsteinzeug	40000 - 70000

Tabelle 6

4.5.1 Gleichmäßiges Schwinden und Quellen

Das Schwinden bzw. Quellen von Belägen und Lastverteilungsschichten kann zu Zwängungsspannungen in beiden verbundenen Bauteilen führen. Entscheidend für die Größe der Spannung sind der Unterschied des Schwindens bzw. Quellens beider verbundenen Bauteile und die Größe des Elastizitätsmoduls beider Bauteile.

Verformung	Belag	Lastverteilungsschicht
Schwinden Belag	Zugspannung	Druckspannung
Schwinden Estrich/Beton	Druckspannung	Zugspannung
Quellen Belag	Druckspannung	Zugspannung
Quellen Estrich/Beton	Zugspannung	Druckspannung

Tabelle 7

Die Auswirkung von Schwinden und Quellen auf die verbundenen Bauteile ist in Tabelle 7 dargestellt. Die Behinderung der Verformung von Bauteilen kann zur Verwölbung der Bodenkonstruktion führen. In diesem Fall wird das Gewicht der Bodenkonstruktion als Belastung aktiviert und kann zum Bruch der Bodenkonstruktion führen.

Enkopplungsmatten zwischen Belag und Lastverteilungsschicht können die Einflüsse aus Schwinden und Quellen reduzieren. Eine Entkopplung von Belägen führt zu einer verminderten Tragfähigkeit der Beläge für Einzellasten.

Material	Thermische Ausdehnung bei 100 K (mm/m)	Thermische Ausdehnung bei 20 K (mm/m)
Zementestrich	1,0	0,20
Calciumsulfatestrich	1,5	0,30
Betonwerkstein	1,2	0,24
Naturwerkstein	0,8	0,16
Feinsteinzeug	0,6	0,12

Tabelle 8

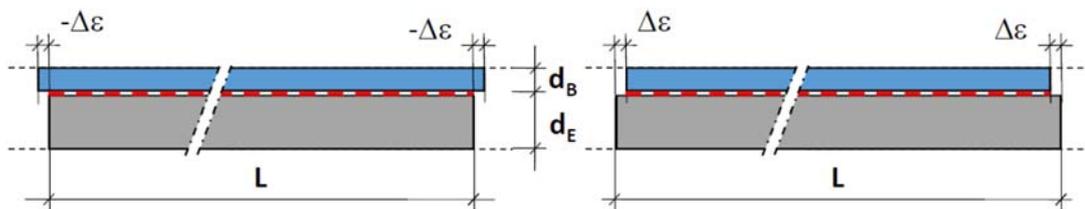


Bild 3: Differenzverformung Belag – Lastverteilungsschicht

Für eine Temperaturdifferenz zwischen Herstellung der Bodenkonstruktion und der Nutzung sind die Verformungen am Rand der Fuge in der Tabelle 9 angegeben. Es ist ersichtlich, dass die maximale Differenzverformung deutlich unterhalb eines Millimeters liegt. Große Verformungen von Entkopplungsmatten bis zur Scherfestigkeit können daher nicht genutzt werden.

Dehnfugen- abstand (m)	Zementestrich $\Delta\varepsilon$ (mm/m)			Calciumsulfatestrich $\Delta\varepsilon$ (mm/m)			Schwinden Lastverteilungs- schicht -0,2 mm/m
	Betonwerk- stein	Naturwerk- stein	Feinstein- zeug	Betonwerk- stein	Naturwerk- stein	Feinstein- zeug	
4,0	-0,08	0,08	0,16	0,12	0,28	0,36	-0,40
5,0	-0,10	0,10	0,20	0,15	0,35	0,45	-0,50
6,0	-0,12	0,12	0,24	0,18	0,42	0,54	-0,60
7,0	-0,14	0,14	0,28	0,21	0,49	0,63	-0,70
8,0	-0,16	0,16	0,32	0,24	0,56	0,72	-0,80

Tabelle 9: Verformungsdifferenz bei 20 K Temperaturunterschied und Schwinden

4.5.2 Ungleichmäßiges Schwinden

Während der Trocknungsphase des Estrichs kann über die Querschnittsdicke die Feuchte eines Zementestrichs von unten nach oben abnehmen. Dieses ungleichmäßige Schwinden über die Querschnittsdicke führt zu einer Verwölbung des Estrichs in der Form, dass sich die Ecken anheben. Das Maß für das ungleiche Schwinden ist von der Rezeptur und Nachbehandlung des Estrichs abhängig. Einzelne Hersteller geben ein Maß von $\Delta\varepsilon \leq 0,2$ mm/m an. Das ungleichmäßige Schwinden ist ein vorübergehender Zustand bis zum Erreichen der Ausgleichsfeuchte des Estrichs. Die Verformungen der Estrichecken gehen nicht vollständig zurück. Das ungleiche Schwinden führt zu Zwängungsspannungen im Estrich.

4.5.3 Thermische Ausdehnung

Verschiedenes thermisches Ausdehnungsverhalten von Teilen einer Verbundkonstruktion führt bei einer Temperaturbeanspruchung zu Zwängungsspannungen in den einzelnen Bauteilen. Die Wirkung entspricht der von Teilen einer Verbundkonstruktion mit unterschiedlichem Schwinden bzw. Quellen.

4.6 Kriechen

Das Kriechen führt bei einer dauerhaften Druckbeanspruchung von Zementestrichen zu einer Verkürzung. Das Kriechen wirkt einer Verwölbung aus Schwinden entgegen und reduziert die Beanspruchung aus einer Verwölbung aus Schwinden. Das Kriechen läuft affin zum Verlauf des Schwindens. Der Einfluss des Kriechens ist schwierig zu berechnen und zu quantifizieren. Die zu erwartende Kriechzahl φ liegt etwa im Bereich von 0,5 bis 2,0. Das Kriechen kann durch die Reduzierung des Elastizitätsmoduls bei ständiger Belastung berücksichtigt werden. Der Reduzierungsfaktor liegt je nach Alter des Zementestrichs im Bereich 0,65 bis 0,35.

4.7 Verformung Tragkonstruktion

4.7.1 Längenänderung Tragkonstruktion

Längenänderungen in der Tragkonstruktion bewirken Reibungskräfte an der Unterseite des Estrichs. Eine Verkürzung der Tragkonstruktion erzeugt Druckspannungen im Estrich und hat die gleiche Wirkung wie eine gleichmäßige Erwärmung des Estrichs. Eine Ausdehnung der Tragkonstruktion führt zu Zugspannungen im Estrich.

Einflüsse der Längenänderung der Tragkonstruktion sind nicht mit den Einflüssen aus gleichmäßiger Temperatur und Schwinden im Estrich zu überlagern. Bei der konstruktiven Ausbildung der Fugen sind die Einflüsse, soweit sie maßgeblich sind, zu berücksichtigen.

4.7.2 Durchbiegung Tragkonstruktion

Die Verformung der Tragkonstruktion als Durchbiegung von Decken überträgt sich auf den Estrich. Durch die Ausbildung einer Mulde oder Kuppe ergeben sich Beanspruchungen im Estrich. Die Größe der Beanspruchung ist abhängig von der Steifigkeit des Estrichs und der Krümmung ($K =$

1/R) der Mulde. Je kleiner der Radius in der Mulde bzw. Kuppe ist, umso größer ist die Beanspruchung des Estrichs. Die Bestimmung der Mulde bzw. Kuppe stellt sich schwierig dar, da eine Unterscheidung von Bautoleranzen und Durchbiegung der Decken nur mit Erfahrung möglich ist.

4.8 Sicherheitskonzept

Die Bemessung von Bodenkonstruktionen erfolgt nach einem globalen Sicherheitskonzept. Die Sicherheiten für die Belastung und für die Materialeigenschaften sind zu einem Wert γ_G zusammengeführt. Dieser Faktor setzt sich zusammen aus der Teilsicherheit für die Belastung γ_F und der Materialsicherheit γ_M . Die Bemessung erfolgt nur für Punktlasten und eine Kombination von Belastungen ist nicht vorgesehen.

Bauteilart		γ_M	γ_F	γ_G
Belag		1,00 ¹⁾	1,50	1,50 ¹⁾
Estrich	ständig	1,20	1,35	1,62 ²⁾
	variabel	1,20	1,50	1,80 ³⁾
Systemboden		1,33	1,50	2,00
γ_M	Materialsicherheit			
γ_F	Sicherheitsfaktor für Belastung			
γ_G	globaler Sicherheitsfaktor			

Tabelle 10: Teilsicherheitsbeiwerte und globaler Sicherheitsfaktor

- 1) Der Sicherheitsfaktor ist bei der Berücksichtigung vom Mittelwert der Biegefestigkeit auf 1,20 zu erhöhen. Der globale Sicherheitsfaktor erhöht sich somit auf 1,80
- 2) Der Sicherheitsfaktor kann bei Zementestrichen ohne Berücksichtigung des Kriechens auf den Wert 1,00 reduziert werden.
- 3) Der Sicherheitsfaktor kann in Absprache mit dem Bauherrn aus konstruktiven Gründen reduziert

Für die Beläge erfolgt die Bemessung mit einem globalen Sicherheitsfaktor von $\gamma_G = 1,50$. Bei Estrichen wird bei dem globalen Sicherheitsfaktor unterschieden in ständig wirkende Lasten ($\gamma_G = 1,35$) und variablen Lasten ($\gamma_G = 1,50$). Die Bemessung von Bodenkonstruktionen erfolgt bei Systemböden durch den Hersteller. Die Tragfähigkeit wird für Punktblastungen auf dem Systemboden durch Versuche ermittelt. Die Sicherheit gegenüber dem Versagen des Systems ergibt sich aus einer globalen Sicherheit von $\gamma_G = 2,0$. Versuche erfolgen ohne Berücksichtigung des Belages.

5 Entkoppelung von Belägen

Das restliche Schwinden von Belägen oder Lastverteilungsschichten nach der Verlegung führt zu Zwängungsspannungen in der Bodenkonstruktion. Ebenfalls können Zwängungen durch das unterschiedliche thermische Ausdehnungsverhalten von Belag und tragenden Untergrund entstehen. Die Zwängungsspannungen sind abhängig von der Größe der Verformungsdifferenz von Belag und tragendem Untergrund.

Die Verformungsdifferenz kann minimiert werden, wenn bei dem tragenden Untergrund die Belegreife gegeben ist und quell- und schwindfähige Beläge die Ausgleichsfeuchte des Klimas der Nutzung aufweisen. Diese Bedingungen sind durch den Bauablauf oder durch die klimatischen Verhältnisse nicht immer zu erfüllen. Zur Reduzierung der Zwängungsspannungen kommen Entkopplungsmatten oder entkoppelnde Mörtelsysteme zwischen Belag und tragendem Untergrund zum Einsatz.

Die Entkopplungsmatten werden im Verbund oder lose auf der Lastverteilungsschicht bzw. auf der Dämmung verlegt. Zusätzlich können Entkopplungsmatten die Oberfläche des Estrichs abdichten und reduzieren bzw. verzögern hierdurch die Schwindverformung.

Entkopplungen ohne Verbund mit der Lastverteilungsschicht können kleine Risse ohne Höhenversatz überbrücken.

Entkoppelungssysteme bestehen in der Regel aus aufeinander abgestimmten Materialien z.B. aus Polyethylen, Polypropylen, Polypropylen-Vliese Kombinationen, Polyesterfaserplatten, Glasfasergewebe oder Gummigranulaten und gegebenenfalls mit den dazugehörigen Verlegemörtel der Systemhersteller.

Strukturierte bahnenförmige Systeme

Strukturierte bahnenförmige Systeme sind profilierte Kunststoffbahnen die im Verbund oder lose zum Untergrund verlegt werden und die auftretenden Scherspannungen im System abbauen.

Glatte bahnenförmige Systeme und bahnenförmige Vliese

Glatte bahnenförmige Systeme sind Kunststoffbahnen mit beidseitiger Vliesoberfläche als Kontaktschicht zum Verlegemörtel und /oder im Verlegemörtel eingebettete Vliese,

Plattenförmige Systeme

Plattenförmige Systeme sind Verlegeelemente, die zur direkten Belagsaufnahme verwendet.

Entkoppelnde Mörtelsysteme

Beim Einsatz von Mörtelsystemen als Entkopplung sind die technischen Eigenschaften und die Dicke des Mörtels von entscheidender Bedeutung. Je größer die Mörteldicke ist, umso besser ist die entkoppelnde Wirkung des Systems.

6 Planung von Bodenkonstruktionen

6.1 Lastverteilungsschicht

Die Lastverteilungsschicht ist für die vorgesehene Belastung zu bemessen. Maßgebend sind in der Regel Punktlasten, die sich aus der vorgesehenen Nutzung oder Wartung ergeben. Die Ausführung von Estrichen erfolgt nach DIN 18560. Systemböden werden nach den Vorgaben der Hersteller ausgeführt.

6.2 Verlegung der Fliesen und Platten

Die Verlegung von Fliesen und Platten erfolgt nach DIN 18157 [4]. Die erforderliche Belegreife der Lastverteilungsschicht ist den Hinweisen der Berufsverbände zu entnehmen. Bezüglich der Untergründe ist das Merkblatt [9] zu beachten.

Bei Werksteinbelägen erfolgt aufgrund der Fertigungstoleranzen vielfach eine Verlegung im Dickbett. An die Festigkeitswerte des Dickbettmörtels sollten keine zu großen Anforderungen gestellt werden, da die eingesetzten Fertigmörtel mit zu wenig Wasser (erdfeuchte Mischung) hergestellt werden.

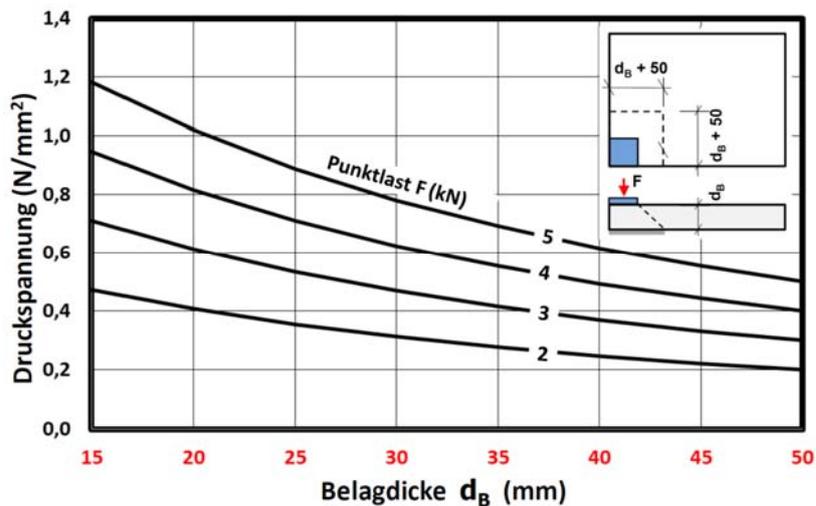


Bild 4: Mörteldruckspannung unter Belag

Es ist davon auszugehen, dass die vom Hersteller angegebenen Festigkeitswerte nur zu 30% bis 50% erreicht werden. Dies ist nicht in der handwerklichen Ausführung begründet, sondern ergibt sich aus dem zu geringen Wasser in der Mörtelmischung und der aufgrund der Verlegetechnik zu geringen Verdichtung des Mörtels. Die real auftretenden Druckspannungen (Bild 4) des Verlegemörtels sind sehr gering.

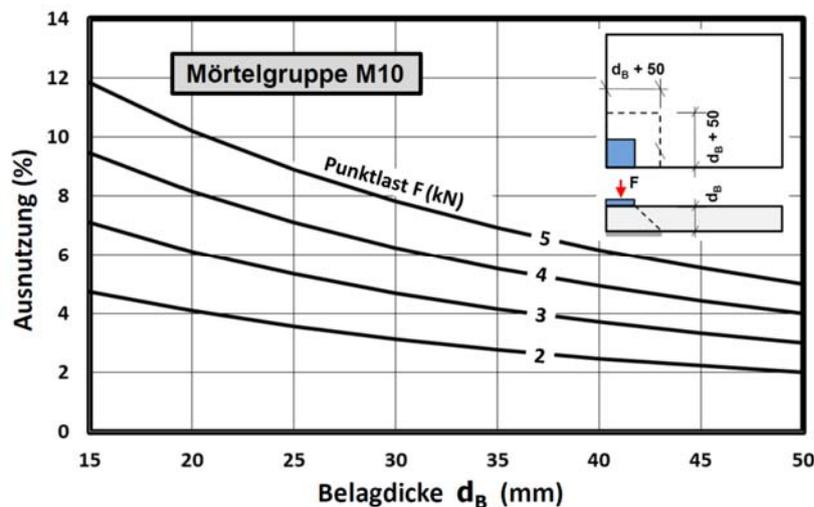


Bild 5: Ausnutzung Verlegemörtel

Der Verlegemörtel ist durch die Belastung lediglich zu 5% bis 12% (Bild 5) ausgenutzt. Auch bei einer auf 33% verminderten Festigkeit des Mörtels M10 ergibt sich noch ein Sicherheitsfaktor von 3 bis 6 und ist somit ausreichend sicher.

Beim Einsatz von Entkopplungen sind die technischen Eigenschaften der Entkopplung [11] bei der Bestimmung der erforderlichen Belagdicke zu beachten.

6.3 Bewegungsfugen

Bestimmend ist die gewählte Belagskonstruktion (Verbundbelag oder Belag auf Trenn- oder Dämmschicht) sowie die zu erwartende Nutzung und Formänderung. Letztere sind durch die Anordnung von Bewegungsfugen zu begrenzen. Deren Anordnung und Ausbildung ist vom Planer vorzugeben. Im Allgemeinen sind Bewegungsfugen vorzusehen.

- über Gebäudetrennfugen an gleicher Stelle wie in der tragenden Konstruktion (Bauwerksfugen);
- an Wandanschlüssen, Pfeilern, Stützen, festen Einbauteilen und anderen, den Boden durchdringenden Bauteilen (Randfugen);
- bei Belägen auf Trenn- und Dämmschichten in Abständen von ca. 8 m (Feldbegrenzungsfugen).

Die Fugen sind so anzulegen, dass Felder in möglichst gedrungener Form entstehen. Pfeiler und Mauervorlagen sollten in der Flucht der Feldbegrenzungen liegen. Feldbegrenzungsfugen sind durch - entsprechend der Belastung und Nutzung dimensionierte- Kantenschutzprofile zu sichern. Die Empfehlungen der Hersteller zu deren Einbau sind zu beachten

Besondere Bedeutung kommt der Ausbildung der Bewegungsfugen in Belägen zu, welche rollenden Lasten (ab Beanspruchungsgruppe III) ausgesetzt sind. In diesem Fall stellen Feldbegrenzungsfugen und Bauwerksfugen "Schwachstellen" dar und begünstigen die Entstehung von Schäden. Deshalb sind hier geeignete Kantenschutzprofile aus Metall zu empfehlen; diese sind in Abhängigkeit von der zu erwartenden dynamischen Beanspruchung des Belags auszuwählen und einzubauen.

Entlang profilgesicherter Feldbegrenzungsfugen ist die Anordnung jeweils einer Reihe ungeschnittener Fliesen oder Platten zu empfehlen; sich dennoch ergebende Zuschnitte sollten nicht kleiner als 1/2-Fliese sein.

Bei Systemböden sind die Vorgaben des Herstellers zu beachten.

7 Nutzung und Inbetriebnahme

Die Belagsflächen dürfen nicht vor ausreichender Erhärtung des Bettungs- und Fugenmörtels in Benutzung genommen werden. Als Richtwerte können gelten:

- begehbar nach 7 Tagen,
- volle mechanische Belastung nach Ablauf von 28 Tagen.

Voraussetzung für einen wirksamen Schutz der Belagsflächen ist ein zutreffender Bauzeitenplan, der die erforderlichen Ausführungs-, Abbinde- und Erhärtungszeiten berücksichtigt.

8 Literatur

- [1] DIN EN ISO 10545-4
Keramische Fliesen und Platten; Bestimmung der Biegefestigkeit und der Bruchlast
- [2] DIN EN 12004
Mörtel und Klebstoffe für Fliesen und Platten – Definitionen und Spezifikationen
- [3] DIN EN 14411
Keramische Fliesen und Platten – Begriffe, Klassifizierung, Gütemerkmale und Kennzeichnung
- [4] DIN 18157
Ausführung von Bekleidungen und Belägen im Dünnbettverfahren
Teil 1: Zementhaltige Mörtel
Teil 2: Dispersionsklebstoffe
Teil 3: Reaktionsharzklebstoffe
- [5] DIN 18560
Estriche im Bauwesen
Teil 1: Begriffe, Allgemeine Anforderungen, Prüfung
Teil 2: Estriche und Heizestriche auf Dämmschichten (schwimmende Estriche)
Teil 3: Verbundestriche
Teil 4: Estriche auf Trennschicht

- [6] Manns, W.; Zeus, K.
Zum Tragverhalten von Estrichen auf Dämmschichten
Otto-Graf-Institut der TU Stuttgart
(Bericht: F 1686 IRB)
- [7] Merkblatt
Großformatige Fliesen und Platten
Herausgeber: Fachverband des Deutschen Fliesengewerbes
im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V. (ZDB), Berlin
- [8] Merkblatt
Planung und Ausführung von entkoppelten Belägen im Innenbereich
Herausgeber: Fachverband des Deutschen Fliesengewerbes
im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V. (ZDB), Berlin
- [9] Merkblatt
Fliesen und Platten aus Keramik, Naturwerkstein und Betonwerkstein auf beheizten und
unbeheizten zementgebundenen Fußbodenkonstruktionen
Herausgeber: Fachverband des Deutschen Fliesengewerbes
im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V. (ZDB), Berlin
- [10] Merkblatt
Keramische Fliesen und Platten, Naturwerkstein und Betonwerkstein auf
calciumsulfatgebundenen Estrichen
Herausgeber: Fachverband des Deutschen Fliesengewerbes
im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V. (ZDB), Berlin
- [11] Merkblatt
Bewegungsfugen in Bekleidungen und Belägen aus Fliesen und Platten
Herausgeber: Fachverband des Deutschen Fliesengewerbes
im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V. (ZDB), Berlin
- [12] Merkblatt 7
Ermittlung der technischen Eigenschaften von Entkopplungen
Herausgeber: DEUTSCHE NATURSTEIN AKADEMIE e.V.