

Vorabzug

Einschichtiger Betonwerkstein

Risse, Farbunterschiede, Maßtoleranzen

Gutachterbüro

Dipl. Ing.

Steinmetzmeister

Lothar Felkel

Niederhelsum 11

D-47652 Weeze

Tel.: +49 (0)2837 663417

Fax: +49 (0)2837 663418

Handy: +49 (0)173 5426010

Email: lothar.felkel@monokorn.de

Internet: www.monokorn.de



Normative Einordnung

DIN EN 13748-1 (2):2005-08

...**unbewehrte**, zementgebundene Terrazzoplatten.

Anwendungsbereich:

DIN 18500:2022-10

..Elemente aus **bewehrten** und **unbewehrten** Beton, deren Sichtflächen werksmäßig bearbeitet oder gestaltet werden.

Anhang A Beispielhafte Produkte für den Anwendungsbereich

Bodenplatten, die nicht in Einzelform gepresst oder nicht gerüttelt werden, **ggf. unter Vakuum oder Halbzeugen wie Blöcke oder Rohtafeln herausgeschnitten werden** (z.B. aus selbstverdichtenden Beton SVB).

Gliederung:

1. Herstellung von einschichtigem Betonwerkstein

- 1.1 Zuschlagsstoffe
- 1.2 Produktionsablauf

2. Baustellenbedingungen

- 2.1 Untergründe, Vor- und Nachteile
- 2.2 Verlegearten
- 2.3 Verlegereife Betonwerkstein
- 2.4 Schadenspotential Baustelle

3. Risse im Betonwerkstein

- 3.1 Rissursache
- 3.2 Rissarten und normative Einordnung
- 3.3 Risse durch Schwindung
- 3.4 Risse durch Ausdehnung
- 3.5 Risse durch mechanische Belastung
- 3.6 Rissvermeidung

4. Farbunterschiede bei Betonwerkstein

- 4.1 Produktionsbedingt
- 4.2 Verlegetechnisch
- 4.3 Durch Nachbehandlung
- 4.4 Mögliche „Sanierungen“
- 4.5 Vermeidung von Farbunterschieden

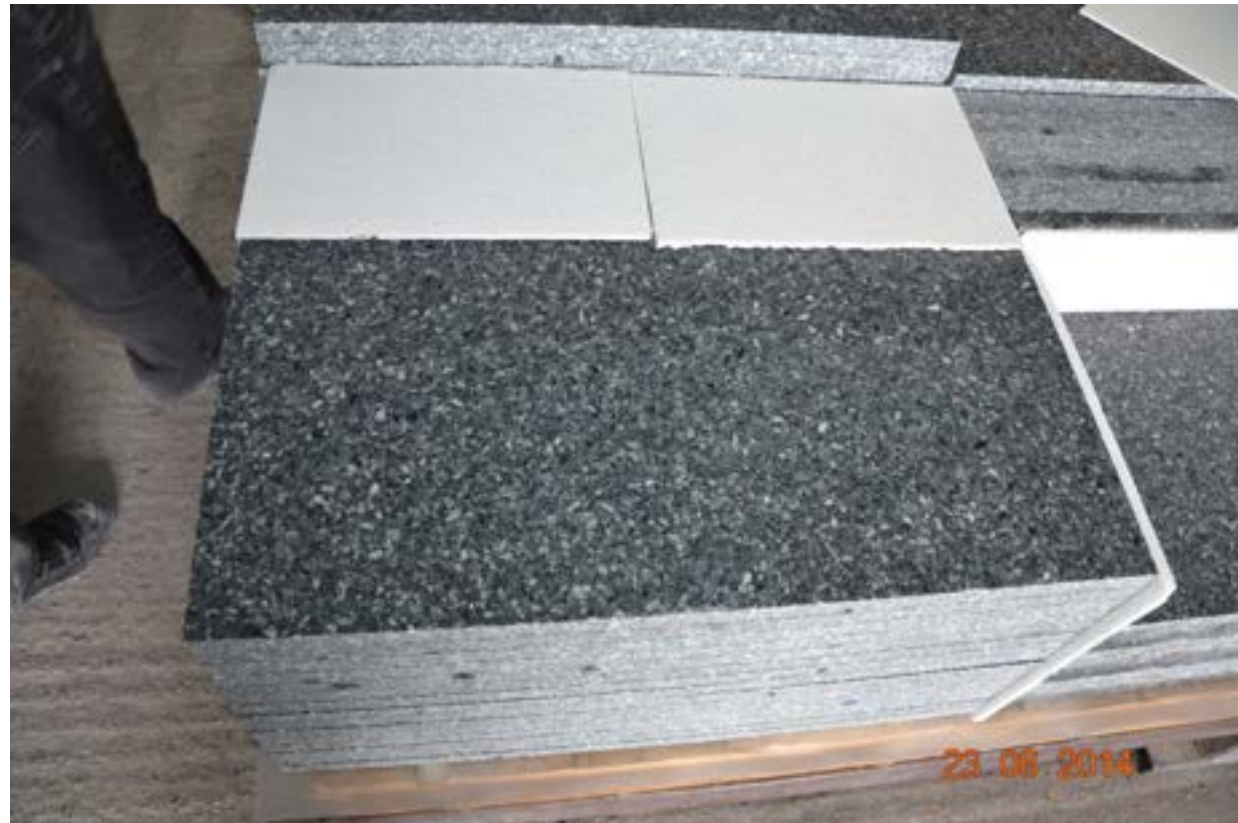
5. Maßtoleranzen

- 5.1 Erlaubte Herstellungstoleranzen
- 5.2 Verlegung von DIN konformer Ware

6. Geeignet für den Verwendungszweck

- 6.1 Technischer Verwendungszweck
- 6.2 Optischer Verwendungszweck

1. Herstellung von einschichtigem Betonwerkstein



1.1 Zuschlagsstoffe

Betonwerkstein Grundzuschlagsstoffe:

- Natursteinkörnungen
- Wasser
- Zement

Sonstige Zusatzstoffe:

- Farben
- Korund
- Chemische Zusatzmittel
- Hydrophobiermittel
- **und die Spucke vom Hersteller**



Zuschlagsstoffe:
teils offene Lagerung,
teils überdacht
teil in Bigpacks
Zement in Silos



1.2 Produktionsablauf

Die verschiedenen Komponenten werden im „Mischer“ zusammengeführt
und
in Blöcke gegossen





Die Blöcke werden mind.
28 Tage gelagert, bevor sie
weiterverarbeitet werden
z.B. als Roh tafeln





Blöcke im Gatter
gesät zu Roh tafeln

23.06.2014



Roh tafeln werden
geschliffen

23.06.2014



Geschliffene Roh tafeln
werden zugeschnitten

23.06.2014



Zugeschnittene Platten
werden verpackt

23.06.2014

Was ist bei der gesamten Produktion immer mit dabei und wird auch verpackt?



Der größte Feind beim bauen (neben dem Architekt):

Wasser



Restfeuchte bei Anlieferung **4,2%**
(nach entfernen der Schrumpffolie)

Die Bundesfachgruppe Betonwerkstein
will 2,5 % Restfeuchte als Verlegereife festlegen?
Wie soll das gehen bei Lieferungen mit über 4%?

2. Baustellenbedingungen



2.1 Untergründe

Die **häufigsten** Verlegeuntergründe für Betonwerkstein sind:

- **Rohbeton**
- **Verbundestrich**
- **Schwimmender Estrich**

Nicht so häufige Verlegeuntergründe für Betonwerkstein sind:

- **Gussasphalt**
- **Trockenestrich**

Vor- und Nachteile der häufigsten schwimmenden Estrichuntergründe

- **Schwimmender Zementestrich (nach DIN 18560)**
- Vorteil: gute Tritt- und Wärmedämmung
- Nachteil: hohes, langfristiges Schwindpotential bei klassischen Zementestrichen
geringe Feldgrößen möglich
dickerer Werkstein nötig als bei Verbundverlegungen
schadensanfällig bei nicht exakter Beachtung der Verlegerichtlinien
- **Schwimmender CAF Estrich (Vor- und Nachteil gegenüber Zementestrich)**
- Vorteil: höhere Traglasten möglich bei geringeren Dicken, größerer Feldgrößen möglich,
idealer Untergrund für Betonwerkstein
- Nachteil: längere Trocknungszeiten und dadurch längere Gesamtbauzeiten
- **Monokornestrich (zementär)**
- Vorteil: sehr kurze Trocknungszeiten, kaum Schwindpotential, auch als frisch in frisch Estrichverlegung möglich,
idealer Untergrund für Betonwerkstein, vor allem für kleine Flächen (Podeste)
- Nachteil: Größere Tragschichten als bei anderen Estrichen, kaum pumpfähig

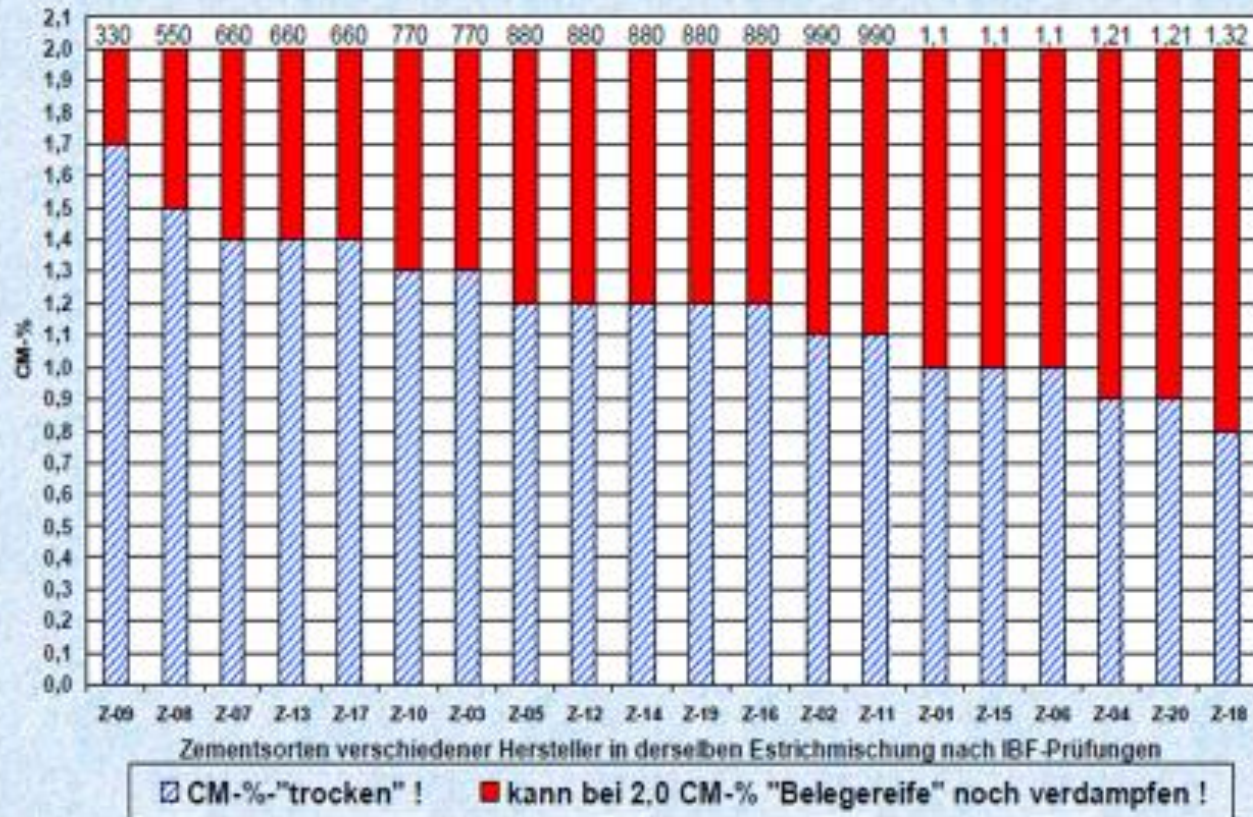
Risiko Zuschlagsstoff „Zement“

Da wir nicht wissen, welche Zement bei der Estrichherstellung verwendet wurde, ist dieser **nur bedingt empfehlenswert** als Verlegeuntergrund für harte Beläge!

In jedem Fall muss der Estrichleger Ihnen die „**Verlegereife**“ mit einem **CM Wert** angeben!

Belegereife 2,0 CM-% ?

... dann wollen bei 23°C / 50 % r.F. aus 1 m² / 5-cm -Estrich noch ...Gramm „freies“ Wasser verdampfen !



Zementestrich nach Abtrocknung gerissen wird mittels Dübeln und Kunstharz „geflickt“. Sie verlegen auf einen restaurierten Untergrund! **Besser nicht!**



2.2 Verlegearten

- Verlegung im Kleberbett
Dünn- oder Mittelbett
- Verlegung in Mörtelbett (klassisch)
in Zement- oder Kalkmörtel
- Verlegung in erdfeuchter Mischung und Puderung (oder Abziehen mit Kleber) der Betonwerksteinrückseite (ital. Methode) als zementäre Verlegung
- Verlegung frisch in frisch mit Monokorn und Abspachtelung der Betonwerksteinrückseite mit Kleber
- Verlegung in Kies oder Splitt (lose)

2.3 Verlegereife Betonwerkstein

Um Betonwerkstein schadensfrei zu verlegen muss der Verlegeuntergrund „verlegereif“ sein.

Hierzu muss er ausreichend **getrocknet** sein!

Eine Zeitvorgabe hierbei ist schlichtweg falsch, es hängt immer vom Klima ab!

Gleiches gilt für den Betonwerkstein selbst!

Was wenn die Räume, in denen eine Abtrocknung erfolgen soll, dies nicht zulässt?

Anmerkung:

Nur wenn die Temperatur ca. 3 Grad° über dem Taupunkt liegt, und eine Luftbewegung vorhanden ist trocknet es!

Lufttemperatur 20 °C, rel. Luftfeuchtigkeit 50 % erfordert eine Oberflächentemperatur von mindestens 12,3 °C

Lufttemperatur °C	Relative Luftfeuchtigkeit									
	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
5	-21,0	-12,9	- 8,2	- 4,6	- 1,6	0,8	2,9	4,8	6,5	8,0
6	-20,1	-12,0	- 7,3	- 3,6	- 0,7	1,7	3,8	5,8	7,5	9,0
7	-19,3	-11,2	- 6,4	- 2,7	0,2	2,6	4,8	6,8	8,5	10,0
8	-18,6	-10,5	- 5,5	- 1,8	1,2	3,6	5,8	7,8	9,5	11,0
9	-18,0	- 9,8	- 4,6	- 0,8	2,2	4,6	6,8	8,8	10,4	12,0
10	-17,2	- 9,0	- 3,7	0,1	3,1	5,5	7,8	9,8	11,4	13,0
11	-16,5	- 8,1	- 2,9	1,0	3,9	6,5	8,7	10,8	12,4	14,0
12	-15,7	- 7,2	- 2,0	1,8	4,7	7,4	9,6	11,7	13,4	15,0
13	-14,9	- 6,4	- 1,2	2,7	5,6	8,3	10,5	12,7	14,4	16,0
14	-14,2	- 5,6	- 0,3	3,6	6,5	9,2	11,5	13,6	15,3	17,0
15	-13,4	- 4,8	0,6	4,5	7,5	10,2	12,5	14,6	16,3	18,0
16	-12,7	- 3,9	1,5	5,4	8,5	11,1	13,5	15,6	17,3	19,0
17	-11,9	- 3,0	2,3	6,3	9,5	12,1	14,5	16,5	18,3	20,0
18	-11,1	- 2,2	3,2	7,2	10,4	13,1	15,4	17,5	19,3	21,0
19	-10,2	- 1,5	4,0	8,1	11,3	14,0	16,4	18,4	20,3	22,0
20	- 9,5	- 0,6	4,9	9,0	12,3	15,0	17,3	19,4	21,3	23,0
21	- 8,7	0,2	5,7	9,8	13,2	15,9	18,3	20,4	22,3	24,0
22	- 8,0	1,0	6,6	10,7	14,1	16,9	19,3	21,3	23,3	25,0
23	- 7,3	1,8	7,5	11,6	15,1	17,7	20,2	22,3	24,2	26,0
24	- 6,6	2,7	8,4	12,5	15,9	18,7	21,2	23,3	25,2	27,0
25	- 5,8	3,5	9,3	13,4	16,8	19,7	22,2	24,3	26,2	28,0
26	- 5,0	4,3	10,1	14,3	17,8	20,7	23,2	25,3	27,2	29,0
27	- 4,3	5,1	10,9	15,2	18,8	21,5	24,0	26,2	28,2	30,0
28	- 3,5	6,0	11,7	16,1	19,7	22,5	25,0	27,2	29,2	31,0
29	- 2,7	6,8	12,6	17,0	20,5	23,4	26,0	28,2	30,2	32,0
30	- 2,0	7,6	13,5	17,9	21,4	24,4	27,0	29,2	31,2	33,0

2.4 Schadenspotential Baustelle



Hersteller Verlegehinweise

Nach Erhalt des Materials und vor Beginn der Verlegung müssen die Werkstücke sorgfältig auf Farben, Größen oder Mängeln überprüft werden. Mangelansprüche an verlegten Materialien für Mangel vor der Verlegung sichtbar können nicht akzeptiert werden. Bevor Sie mit der Verlegung beginnen, empfehlen wir, die Materialien in Innenräumen zu akklimatisieren. Vor dem Verlegen können die Teile ausgepackt und an der Wand trocknen gelassen werden. Die Materialien sollten trocken und ohne Feuchtigkeit verlegt werden. Das Untergrund muss sauber, trocken, frei von Feuchtigkeit, Öl und Eis sein, und weiter darf das Untergrund keine Risse aufweisen. Wir empfehlen, das Material wenn möglich innerhalb von 4 Wochen ab Herstellungsdatum zu verlegen.

**Wie lange dauert eine Abtrocknung bis zur Verlegereife?
Schüsseln die Werkstücke nicht bei der Trocknung?**

**Wo lege ich eine Tagesleistung von 10-30qm aus
zum trocknen, bei welcher Trocknungszeit?**

Nach der Verlegung

Es wird empfohlen, die Werkstücke bis zur Abbindung des Mörtelbetts mit einer Polyethylen-Folie abzudecken. Dadurch wird verhindert, dass der Belag einseitig austrocknet und sich Spannungen und Risse bilden. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass die Treppen und Böden keiner Zugluft ausgesetzt werden. Nach der Verlegung müssen die Oberflächen sauber und frei von Materialien sein, die die Oberflächen beschädigen könnten. Wenn andere Arbeiten von Malern, Elektrikern o.ä. ausgeführt werden, empfehlen wir, die Oberflächen vor möglichen Beschädigungen zu schützen.

Das notwendige Abtrocknen von Betonwerkstein ist an der Baustelle Wunschenken, und die Bauleitung interessiert es nicht, die Verlegebetriebe müssen ja den Schutz bis zur Abnahme gewährleisten! Auch zu frühe Belastungen sind üblich und werden nicht unterbunden!

Dokumentieren Sie solche nicht zu gestattenden Belastungen der Flächen genau (Datum, Ort)! Auch demontierter Schutz sollte fotografisch festgehalten werden. Senden Sie es per Mail oder per Fax an die Bauleitung mit Ihrem Bedenkenhinweis.

Auf der Baustelle siehts dann so aus



Dies alles soll bei Verlegung von Betonwerkstein von Lieferanten und Merkblättern der Verleger einhalten bzw. prüfen:

1. Untergrund muss verlegereif sein
2. Betonwerkstein muss soweit abtrocknen bis er verlgereif ist
3. Nach der Verlegung sollen die Fugen eine Woche offen bleiben
4. Es sollen keine Materialien nach der Verlegung auf dem Betonwerkstein gelagert werden

Die heutigen Baustellen lassen dies nicht oder nur mit erheblichen Aufwand zu.

Die Normenausschüsse haben es versäumt Richtlinien für die Ausführenden vorzugeben, damit eine Verlegung ohne Schäden bei üblichem Aufwand erfolgen kann. Dies wegen mehrheitlichen Einsprüchen der Hersteller, die im Normenausschuss bestimmend sind! Auch unsere Kammern und Verbände haben ihren Einfluss nicht durchgesetzt!

So hätte man folgendes normativ festlegen können:

- 1. Es dürfen nur verlegreife Materialien werksseitig ausgeliefert werden mit max. 2,5% Restfeuchte**
- 2. Verlegte Flächen dürfen erst nach der Verlegung begangen werden (Baustellenaufsicht)**
- 3. Den Verlegungszeitpunkt nach der Verlegung bestimmt der Auftragnehmer**
- 4. Verlegter Betonwerkstein darf erst nach Freigabe durch den Verleger belastet werden**

Deshalb, bestellen Sie ihren Betonwerkstein „**verlegereif**“.

Teilen Sie der Bauleitung die Notwendigkeiten zur erfolgreichen Betonwerksteinverlegung mit, und zwar **vor** der Verlegung!

3. Risse im Betonwerkstein



3.1 Rissursache

Risse sind immer Entladung von Spannungen.

Diese entstehen durch Veränderungen der Längen von Baukörpern und/oder deren Belägen.

Ursachen der Längenänderung sind Wärme, Kälte, Schwinden und Kriechen.

Fehlstellen im Verlegemörtel (Hohlstellen) sind häufig Ursachen für Risse (Ecken, die abbrechen).

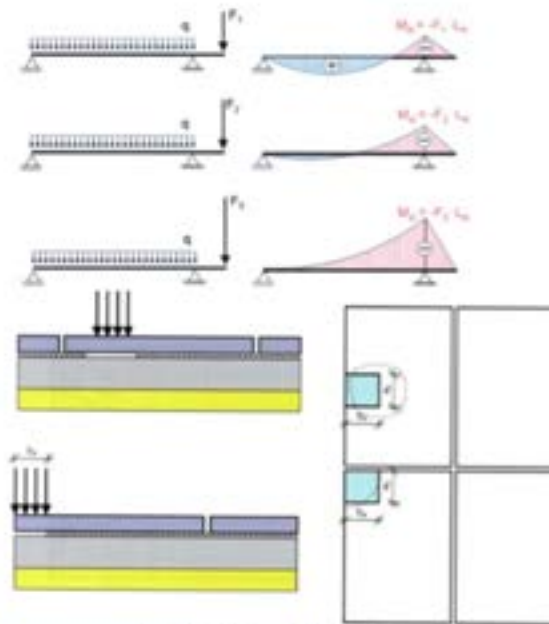


Bild 5.18: Hohlage bei Dickbetterlegung

Hohlagen Beispiel 5x5cm, $F = 1,0$ kN (ca. 100 kg Gewicht)
9cm Hohlage

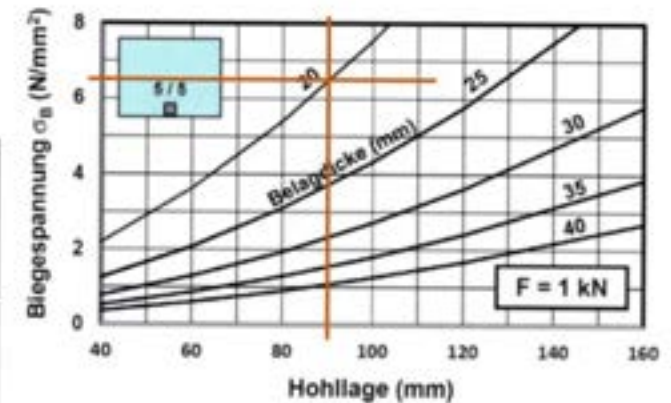


Bild 5.19: Spannungen infolge Hohlagerung (Aufstandsfläche 5 x 5 cm)

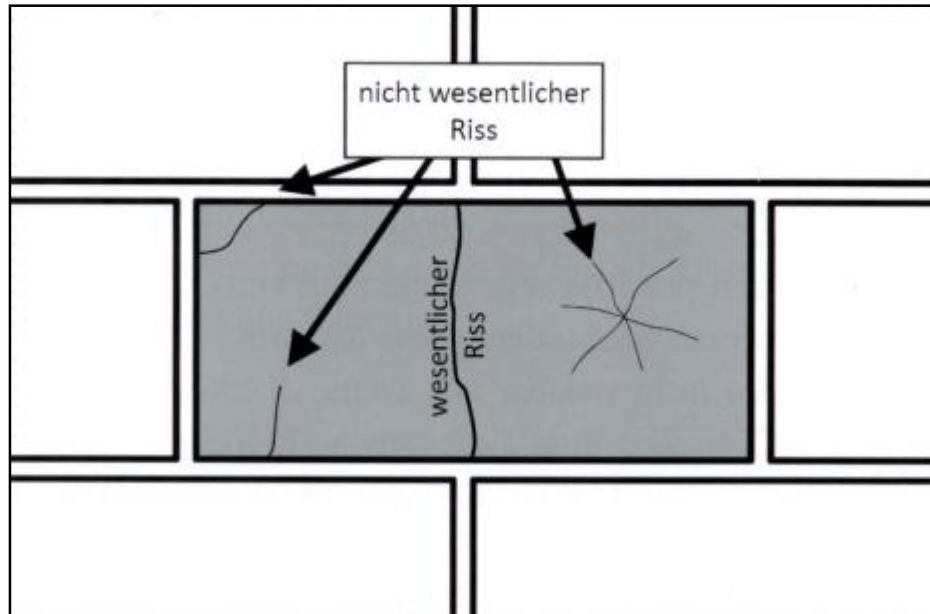
Beläge im Kleberbett mit Fehlstellen,
die zu Rissen führen können, sind einzelne Verlegefehler
und kein Mangel der Gesamtverlegung!
Sie sind im Rahmen der Gewährleistung zu beheben.



3.2 Rissarten und normative Einordnung

Bei Betonwerkstein werden zwei Arten von Rissen unterschieden:

- a) Wesentlicher Riss
- a) Nicht wesentlicher Riss



Wesentlicher Riss



Nicht wesentlicher Riss



Auszug DIN V 18500

5.2.3 Beurteilung (Aussehen) von Oberflächen

Bei der Prüfung nach 6.1 dürfen keine wesentlichen Vorsprünge, Vertiefungen, Risse oder Abplatzung an den Bauteilen erkennbar sein

6.1 Oberflächenbeschaffenheit

Die Oberflächenbeschaffenheit ist an mindestens 3 Werkstücken bei üblichen Lichtverhältnissen (kein Streiflicht) und trockenen, sauberen Flächen durch Augenschein aus einer Entfernung von 2 m zu prüfen.

Auszug DIN 18500-1:2022-10

4.10.3 Beurteilung (Aussehen) von Oberflächen

Bei Prüfung nach 5.1 dürfen keine wesentliche Vorsprünge, Vertiefungen, Risse oder Abplatzungen den Bauteile erkennbar sein

DIN EN 13748-1(2):2004-05 Terrazzoplatten innen (außen)

4.2.3 Oberflächenbeschaffenheit und Oberflächenbild

Aus einer Entfernung von 2 m dürfen bei natürlichem Tageslicht und trockenen Bedingungen keine Vorsprünge, Vertiefungen, Abplatzungen und Risse sichtbar sein.

Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e.V.

Auszug Merkblatt Nr. 1

Über Sichtbetonflächen von Fertigteilen aus Beton und Stahlbeton (12/2012)

5.2 Einzelkriterien

Bei der Beurteilung der Sichtbetonflächen ist der Gesamteindruck aus dem üblichen Betrachtungsabstand maßgebend. Einzelkriterien werden nur geprüft, wenn der Gesamteindruck der Ansichtsfläche den vereinbarten Anforderungen nicht entspricht.

Folgende Forderungen sind technisch nicht oder nicht zielsicher herstellbar:

- gleichmäßiger Farbton aller Ansichtsflächen am Bauwerk
- porenfreie Ansichtsflächen
- gleichmäßige Porenstruktur (Porengröße und -verteilung)
- Oberflächen ohne Haarrisse

Wesentlicher Riss bis 0,3mm:

Nach DIN V 18500 = **nicht zulässig**

Nach DIN 18500-1:2022-10 = **nicht sichtbar (üblich $\geq 2m$) = zulässig**

Nach DIN EN 13758-1(2) = **2m nicht sichtbar = zulässig**

Nach FDB Merkblatt = **nicht zulässig (nur Haarrisse)**

Unwesentlicher Riss

Nach DIN V 18500 = **zulässig**

Nach DIN 18500-1:2022-10 = **zulässig**

Nach DIN EN 13758-1(2) = **2m nicht sichtbar = zulässig ansonsten nicht**

Nach FDB Merkblatt = **nicht zulässig (nur Haarrisse)**



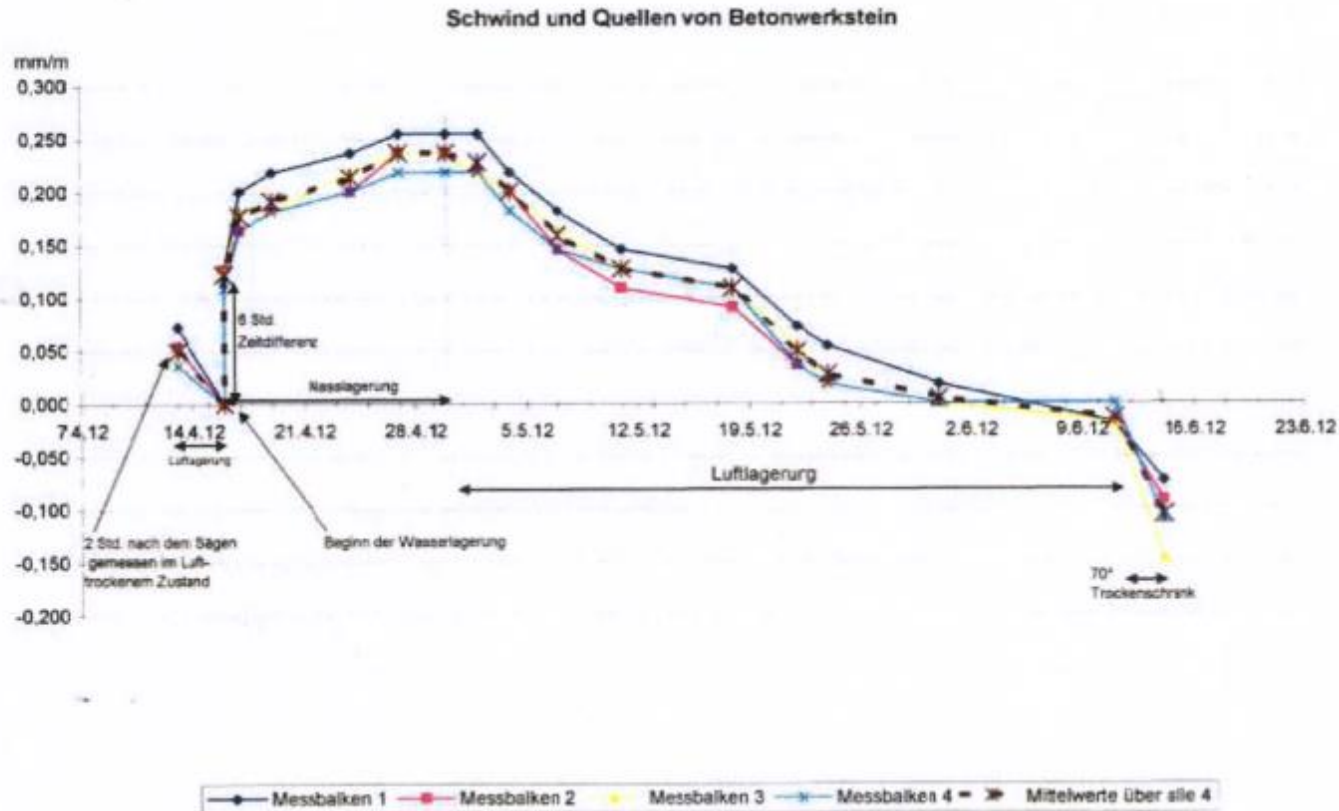
3.3 Risse durch Schwindung

Die Ursache von Rissen durch Schwindung sind gleich der durch Abkühlung eines Belages!

Die Ware kommt in „folienverpacktem“, **nassen** Zustand an die Baustelle!



Es kann von einem Restschwindmaß an der Baustelle von 0,1-0,15 mm/m ausgegangen werden, was eine Trocknungszeit von ca. 2 Wochen bedeutet (hier bei 2cm dickem Material).



Es ist bekannt, dass durch bestimmte Herstellungsverfahren schnellere Abtrocknungen möglich sind!

Bei Kreuzfugen „entläd“ sich die Spannung in den Fugen, wenn sie nicht eine höhere Haftzugfestigkeit haben wie der Stein.

Genau das soll passieren!

Und sind Dehnungsfugen richtig geplant, sind die Risse in den Fugen gering und bei „üblicher Betrachtungsweise“, so wie es die Norm verlangt, nicht zu beanstanden!

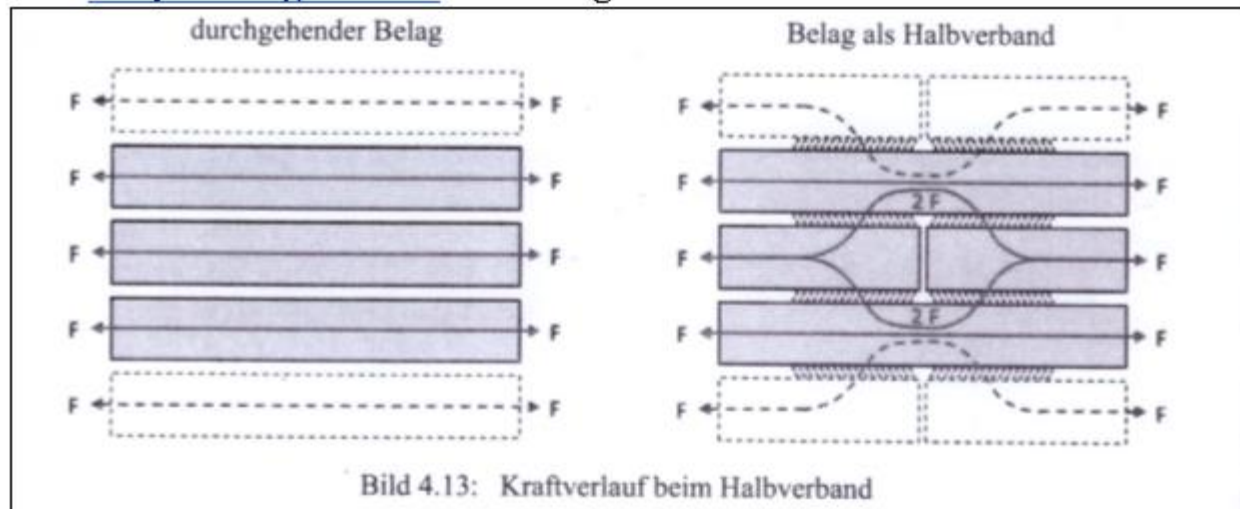


Einflüsse aus Verlegeformen

Um eine Rissbildung sicher zu verhindern ist eine Kreuzfugenverlegung zwingend vorgegeben. In mehreren Fachmerkblättern für Betonwerkstein wird deshalb | ausgeführt, dass eine Verlegung **mit Kreuzfuge** herzustellen ist!

Dies wird auch klar, wenn man die auftretende Spannung zwischen einer Kreuzverlegung und einer versetzten Verlegung berechnet. So ist diese bei einem Halbverband doppelt so hoch wie bei einer Kreuzfugenverlegung. Bei einer um $\frac{1}{4}$ versetzten Verlegung immer noch um 50% höher!

Bild 4 Spannungsverlauf Kreuzfuge zu Halbverband



Kreuzfuge Zugfestigkeit = σ
Biegezug/ $2 \times$ Teilsicherheitsbeiwert γ
Platten = $10,0 / (2 \times 1,5) = 3,33 \text{ N/mm}^2$
Fugen = $8,0 / (2 \times 1,5) = 2,67 \text{ N/mm}^2$
bei Platten mit **Kreuzfuge** = Risse in der Fuge

Halbverband Zugfestigkeit = σ
Biegezug/ $2 \times$ Teilsicherheitsbeiwert γ
Platten = $10,0 / (2 \times 1,5) = 3,33 \text{ N/mm}^2 / 2 = 1,67 \text{ N/mm}^2$
Fugen = $8,0 / (2 \times 1,5) = 2,67 \text{ N/mm}^2$
bei Platten im **Halbverband** = Risse in der Platte





Bei konfektionierte Fugen mit hoher Biegezug- bzw. Haftzugfestigkeit sind eher Risse in der Platte zu erwarten, auch bei einer Kreuzfugenverlegung!



Kreuzfuge Zugfestigkeit = σ
Biegezug/ $2 \times$ Teilsicherheitsbeiwert γ
Platten = $8,5 / (2 \times 1,5) = 2,83 \text{ N/mm}^2$
Fugen = $12,0 / (2 \times 1,5) = 4,00 \text{ N/mm}^2$
bei Platten mit Kreuzfuge = Risse in der Platte

Bei versetzten Fugen dagegen, „entläd“ sich die Spannung meist im Stein.
Bei überlangen Platten (>75cm) sind **Zwängungen** zu berücksichtigen,
weswegen normativ (DIN 18333 Betonwerksteinarbeiten ATV)
dann eine „zwängungsfreie Verlegung“ verlangt wird!

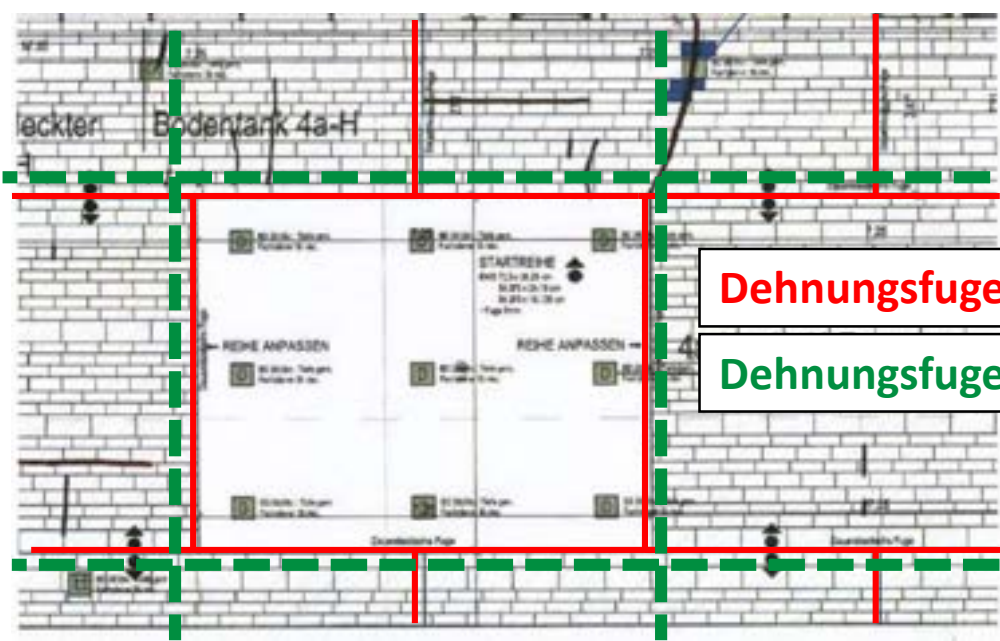
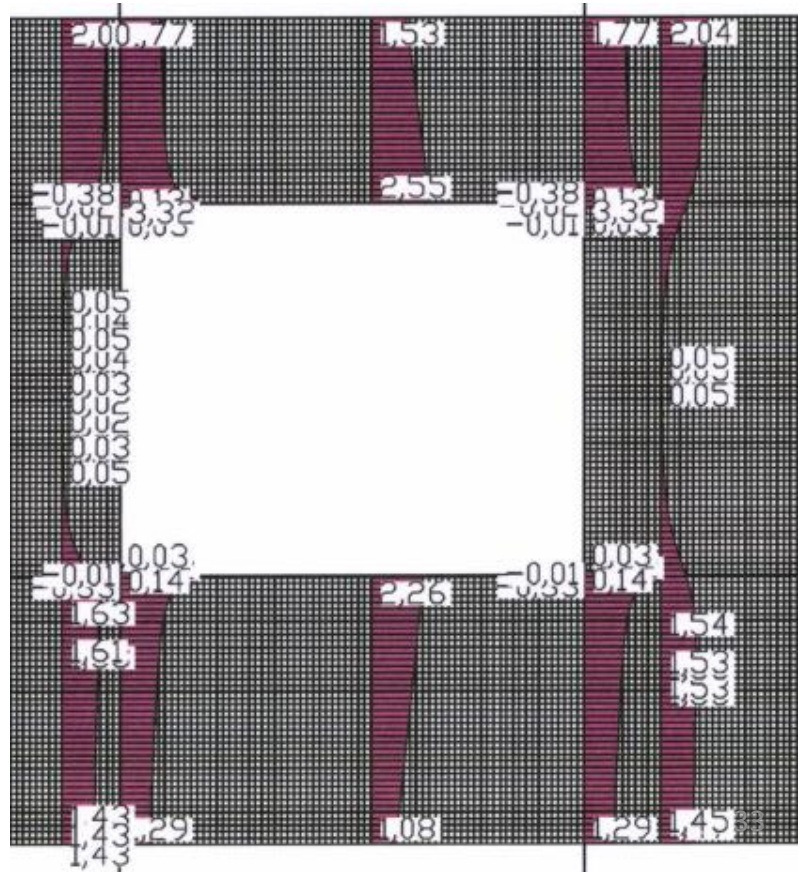


Falsche Dehnungsfugenanordnung

Zwischen verschiedenen Aufbauten ergeben sich Zwängungsspannungen, die zu Rissbildungen führen.

Hier durchgehender Estrich mit Aussparung, Oberbelag mit Dehnungsfugen.

Biegespannung bei einer **Aussparung** im Estrich



Dehnungsfugen vorhanden

Dehnungsfugen notwendig



Rissbildungen bei Platten, die „zwängungsfrei“ verlegt werden, sind eher selten.

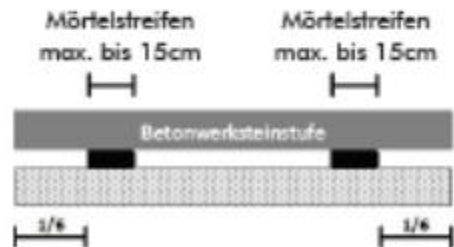
Häufig sind dann Risse vorhanden, wenn:

- Die Auflager zu groß sind
- Der Unterbau sich bei sehr gutem Haftverbund zwischen Platte und diesem bewegt (Betonlauf schwindet oder kriecht)
- Wenn ein drittes Auflager vorhanden ist
- Zu hohe Lasten aufgetragen wurden

Mörtelauflager max. 15cm



Bei Laubbreite bis 110cm



Bei Laubbreite über 110cm

Risse durch Bewegung des Untergrundes

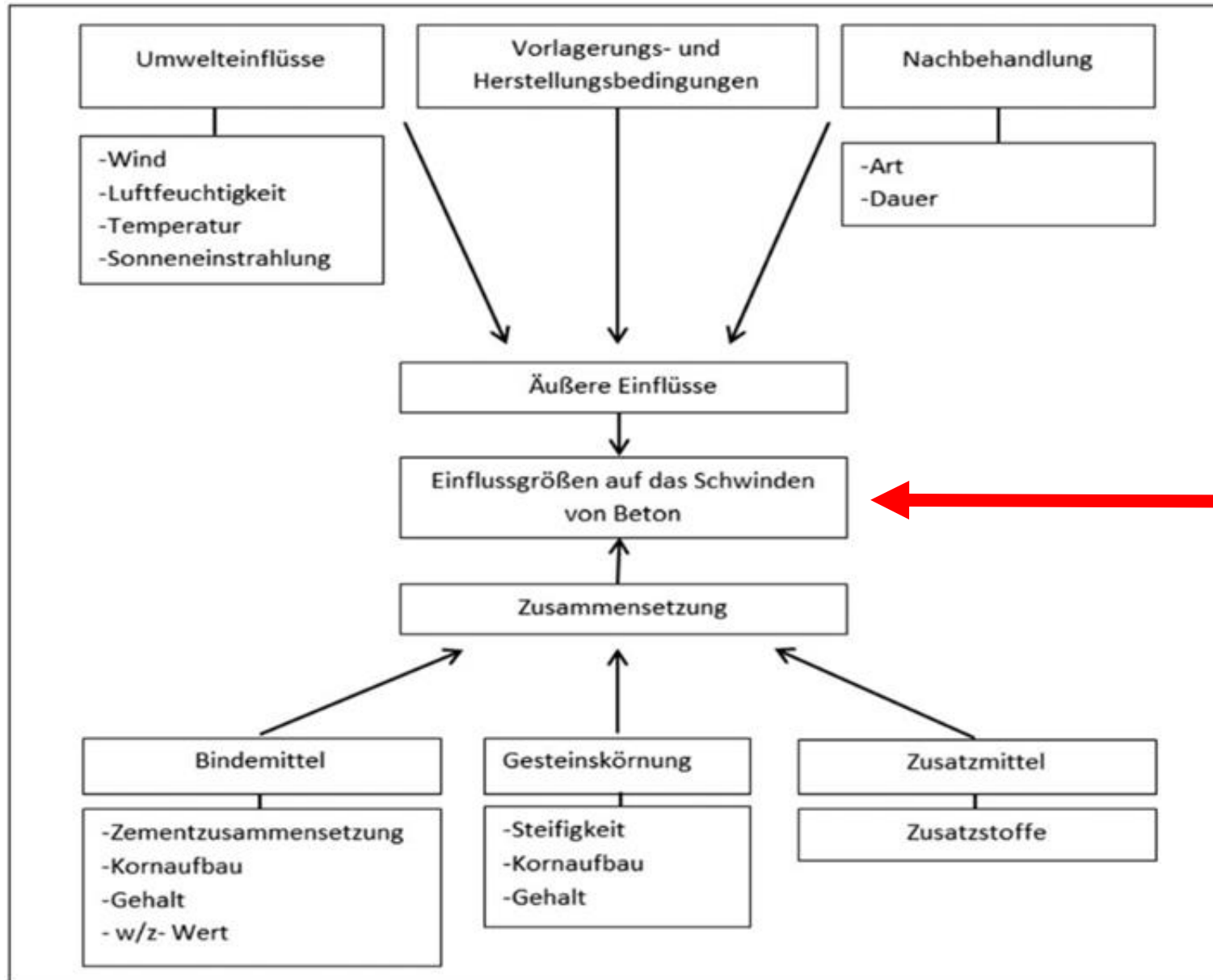


Siehe Merkblatt BIV 2.01:
Naturwerksteinbeläge auf
Fertigteiltreppen aus
Stahlbeton

Zugeputzte Wangen bis unter die Stufe = drittes Auflager!

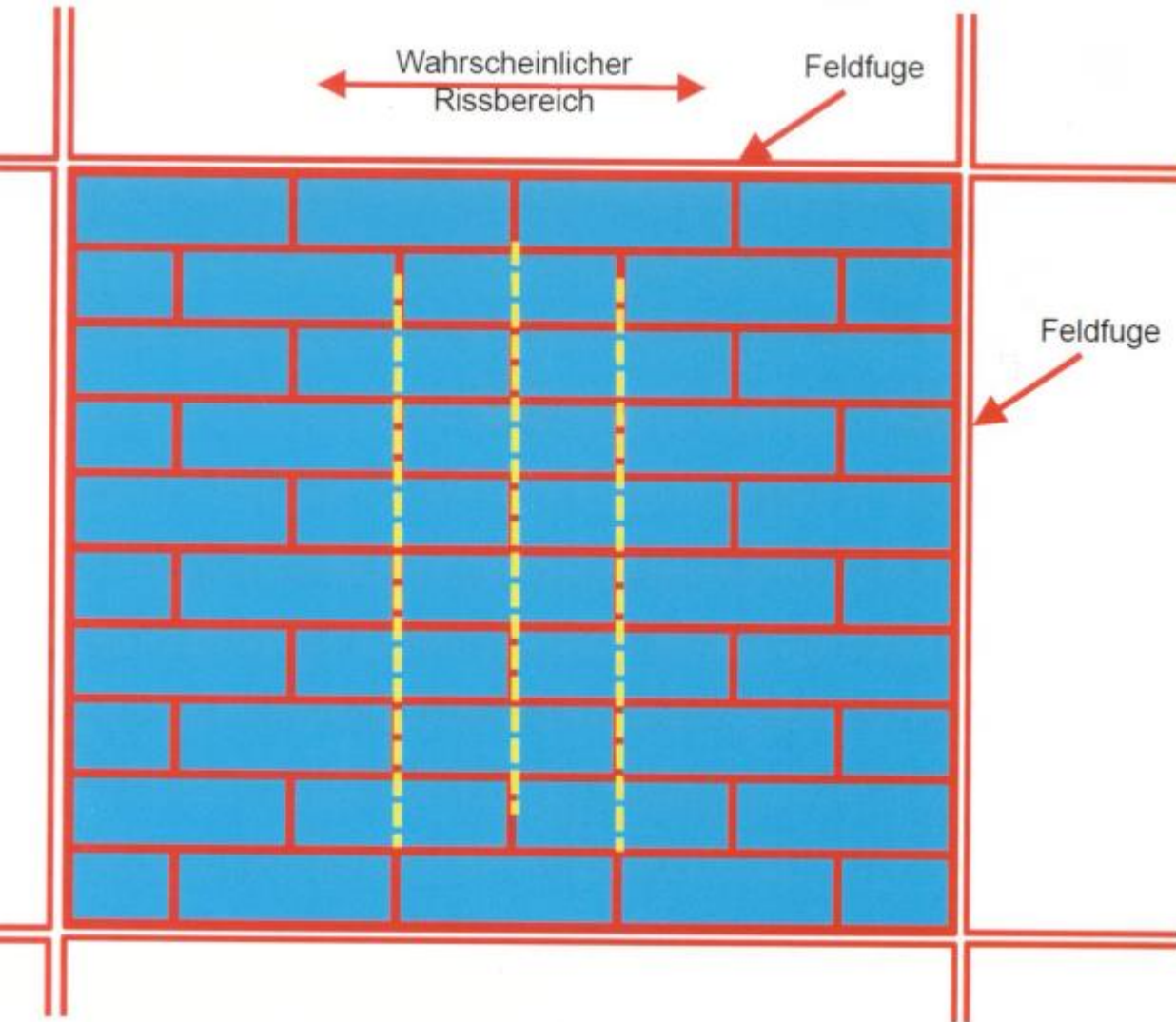


Sonstige Einflüsse neben der Restfeuchte

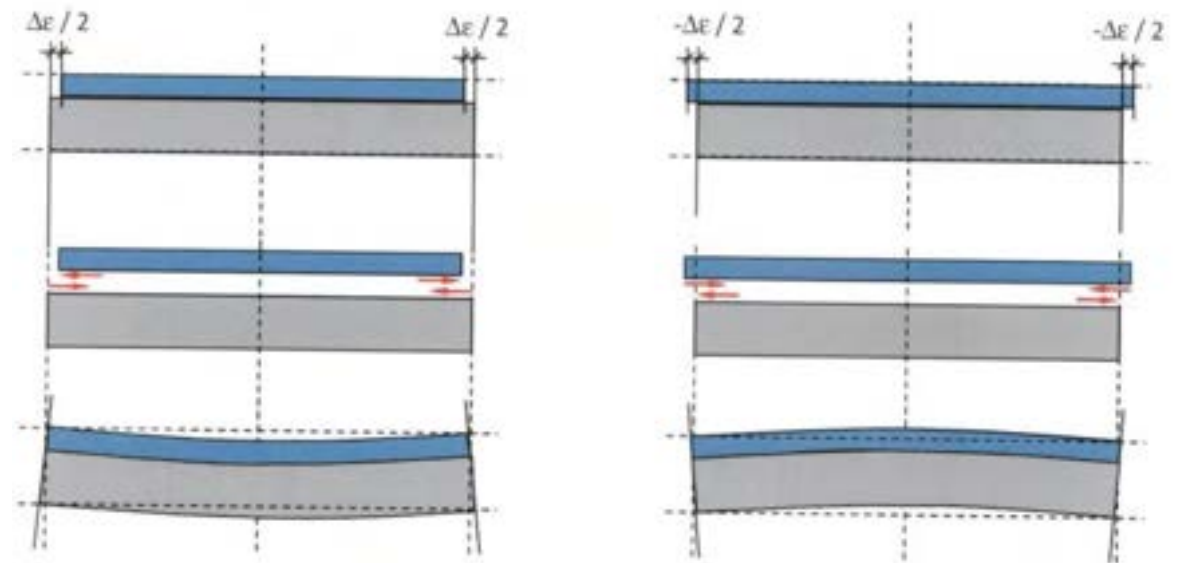


Schwinden und **Kriechen** sind gleichermaßen zu beachten

3.4 Risse durch Ausdehnung (Wärme/Kälte)

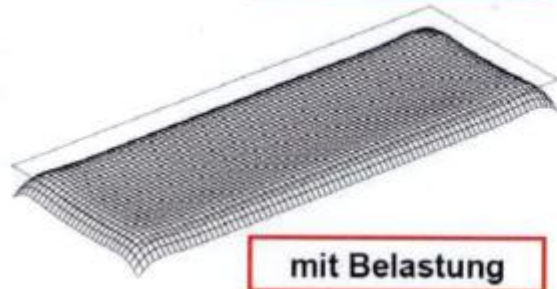


Durch erwärmen und abkühlen wird der Boden gedehnt oder gestaucht.
Beim Ausdehnen können Risse durch „Behinderung der Dehnung“ erfolgen.

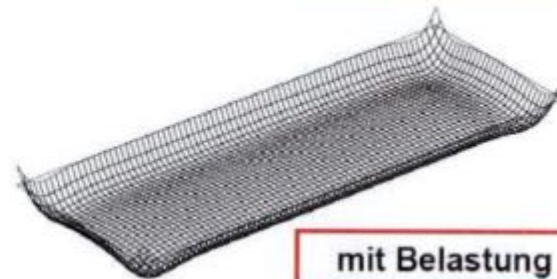


Spannungsszenarien durch Temperatureinflüsse

ungleichmäßiges Erwärmen
fehlende Belegreife



ungleichmäßiges Abkühlen
schnelle Trocknung



Halle mit 60x60x3cm Betonwerkstein



Ausdehnung des Hallenbodens durch Wärme
(Fuge wurde nachgearbeitet, da rausgequollen)
durch Druck Platte teilweise abgeplatzt

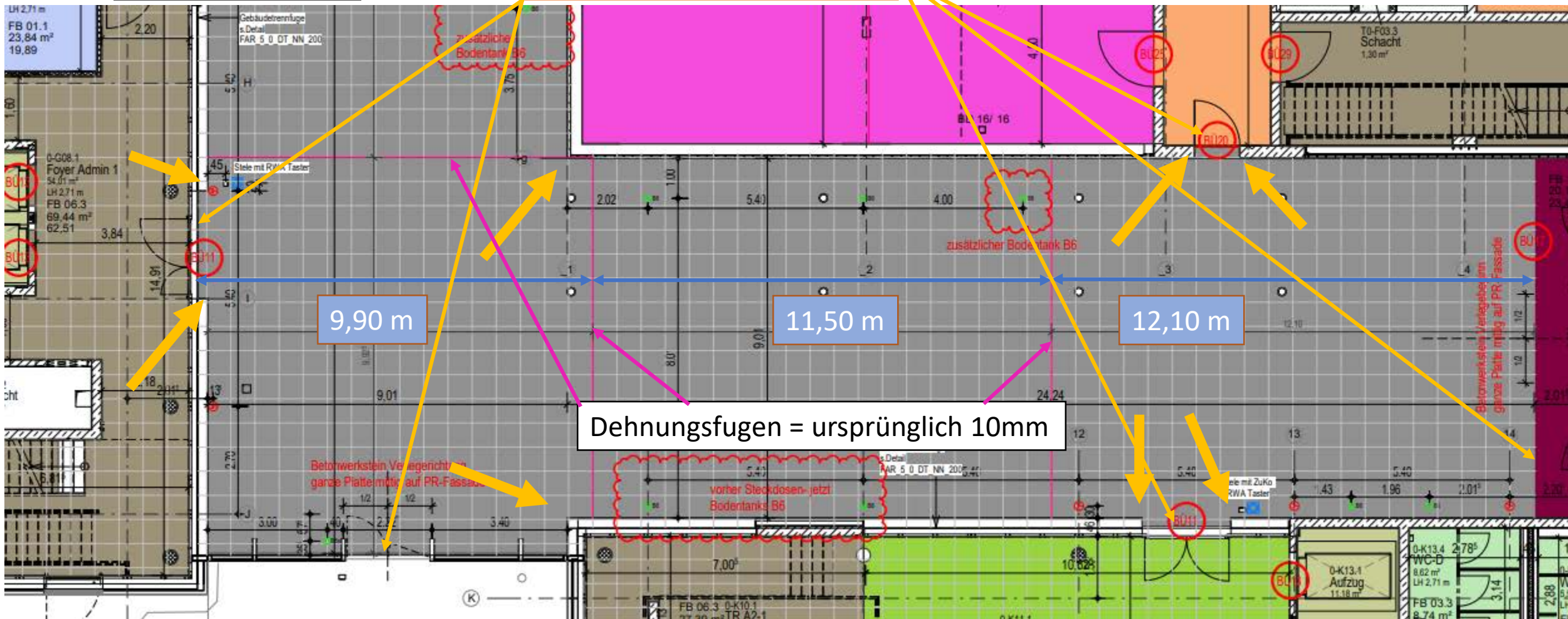


Die Halle hat eine Fußbodenheizung und –kühlung. Das Dach ist als Glasdach ausgebildet!

Fußbodenheizung

Boden zusammengespresst

Glasdach = Sonneneinstrahlung



Max Ausdehnung bei ΔT mind. = $40^\circ \times 33,5\text{m} \times 0,012\text{mm/m} = 16,1\text{mm}$, bei Feldlänge 12,1m immer noch ca. 6mm!

➔ Kritische Stauchung in Eckbereichen (Behinderung der Dehnung)

Gem. IVD Merkblatt 23 sind bei 25% Gesamtverformung und 6m = 15mm Dehnungsfugenbreite vorzusehen, dies hieße bei 12m = 30mm! Der Verleger hat 10mm angelegt gem. den LV Forderung 5-10mm.

Warum brauchte der Verleger hier keine Bedenken anzumelden,
trotz Fußbodenheizung, trotz Feldgrößen über 12 m und nur 10mm
angelegten Dehnungsfugen, trotz Sonneneinstrahlung beim Glasdach
(Wärme)?

Lt. LV war eine Dehnungsfuge von 5-10mm anzulegen, gleiches im
Architektenplan!

1. Da die vorgegebenen Feldgrößen deutlich über denen von Regelwerken liegen musste er davon ausgehen, dass gesonderte Einflüsse vom Planer berechnet wurden.
2. Er konnte von einer Beschattung und Klimatisierung ausgehen, denn dann sind keine nennenswerte Temperaturschwankungen vorhanden.
3. Auch ist es üblich, dass Fußbodenheizungen mit max. 35° begrenzt sind, ausreichend für eine Beheizung, auch davon ist er ausgegangen.

Die **Vorgewerküberprüfung** des Unternehmers ergab bei seiner **gemeldeten Einbautemperatur** von 20° und angenommener Fußbodentemperatur (FB Heizung) von 35°:

**$35-20 = 15^\circ \text{ Kelvin} \times 0,012 = 0,18\text{mm/m} \times 12,10\text{m} = 2,16\text{mm} < 2,5\text{mm}$ (25% der Fugenbreite)
erlaubte Dehnungsfugenbreitenänderung bei geplanter 10mm Dehnungsfuge!**

Kein Aufheizen, keine Wartezeit, kein Belegreifheizen



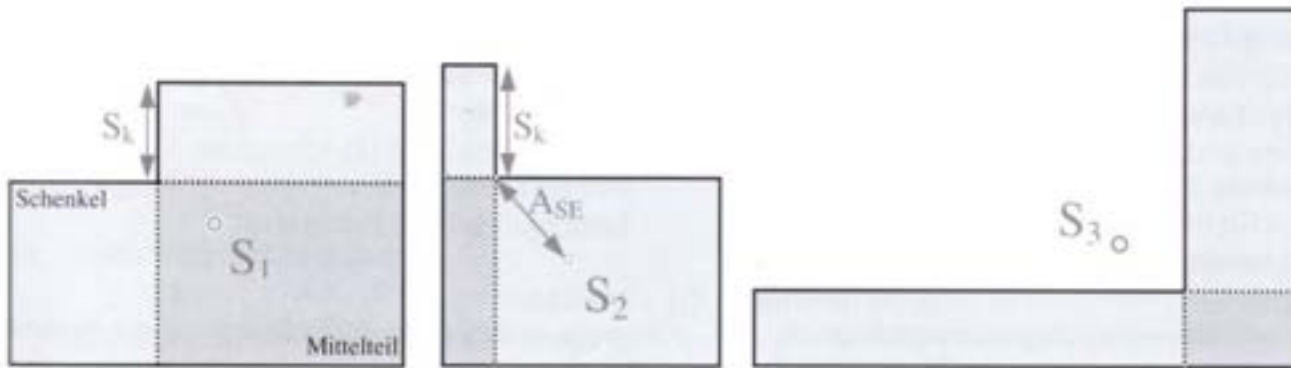
Hochtief HV Essen, Heizestrich (Wärme + Kälte)

Es geht auch schnell mit großen Feldern

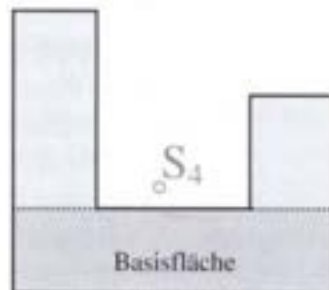
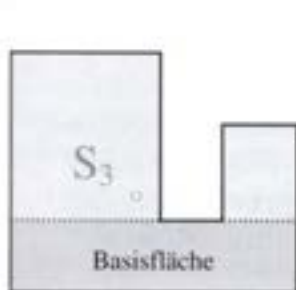
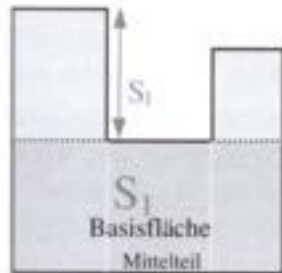
- WD + Trittschalldämmung
- 10cm Monokornheizestrich
- Werkstein **nach 7 Tagen** (Restfeuchte 2%) verlegt in kristallisierenden Mittelebtkleber
- Feldgrößen 10x10m = 100qm
- Einbau bei 20° Celsius
- Heizen und Kühlen $\Delta 20^\circ = +10^\circ/-10^\circ$
- Vorlauftemperatur = 10-30°
- 20 x 10,00 m x 0,012 mm/m = 2,4 mm < 2,5 mm
- **Dehnungsfugen 10mm**

Risse an Ecken von Feldern, U- oder L-förmig





Beispiel L-Flächen



Beispiel U-Flächen

Beispiel U-Flächen

Zur Beurteilung der Notwendigkeit einer Fuge benötigt man die Lage des Schwerpunktes der Estrichfläche. Im Anhang wird ein einfaches Verfahren zur Bestimmung des Schwerpunktes angegeben. Hinsichtlich der Fugenanordnung gelten folgende Empfehlungen:

- Schwerpunkt S_1 im Mittelteil:
Fuge, wenn der längere Schenkel $S_1 > 3$ m
- Schwerpunkt S_2 im Seitenteil der Basisfläche:
Fuge, wenn der gegenüberliegende Schenkel $S_8 > 3$ m
- Schwerpunkt S_3 im Schenkel:
Fuge generell
- Schwerpunkt S_4 außerhalb der Fläche:
Fuge generell

Beispiel L-Flächen

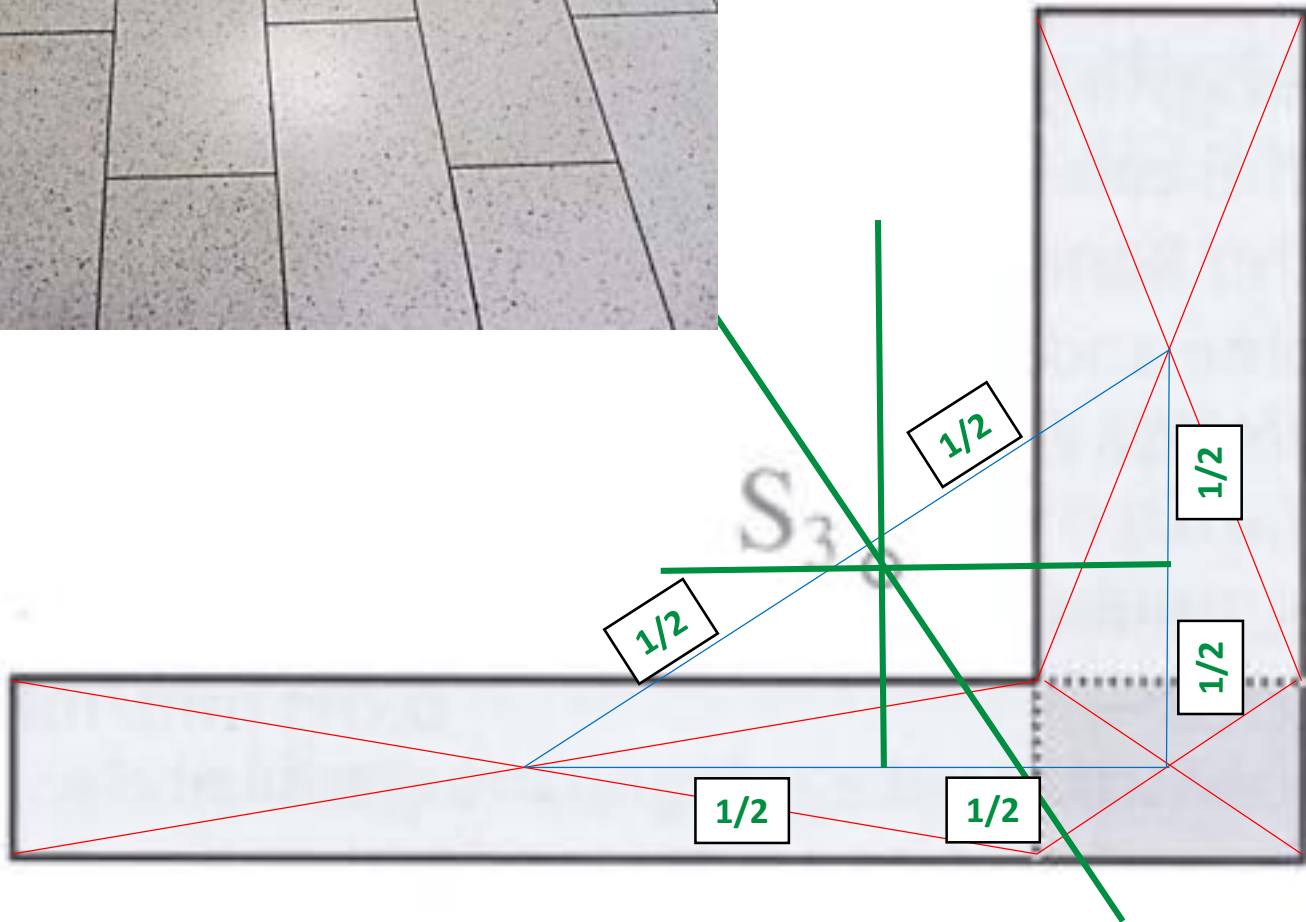
Zur Beurteilung der Notwendigkeit einer Fuge benötigt man die Lage des Schwerpunktes der Estrichfläche. Im Anhang wird ein einfaches Verfahren zur Bestimmung des Schwerpunktes angegeben. Hinsichtlich der Fugenanordnung gelten folgende Empfehlungen:

- Schwerpunkt S_1 im Mittelteil:
Fuge, wenn der kürzere Schenkel $S_k > 6$ m
- Schwerpunkt S_2 im Schenkel:
Fuge, wenn der kürzere Schenkel $S_k > 3$ m
Fuge, wenn Abstand Schwerpunkt/Ecke $A_{SE} > 3$ m
- Schwerpunkt S_3 außerhalb der Fläche:
Fuge generell

Aus ZDB Merkblatt:
Beläge auf CAF Estrichen



Berechnung des Schwerpunktes



3.5 Risse durch mechanische Beanspruchung

Die Belastbarkeit eines Belages hängt maßgeblich ab von:

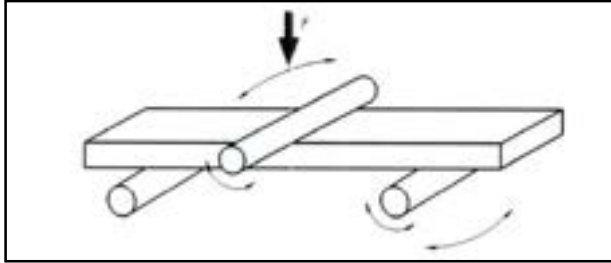
- der Biegezugfestigkeit des Betonwerksteins
- der Tragfähigkeit des Untergrundes

Zu unterscheiden sind Aufbauten

- geklebt
- in Mörtelbett
- zwängungsfrei auf Mörtelstreifen

Bei den weiteren Betrachtungen wird ein Untergrund angenommen, der den Regelwerken entspricht. Dies bedeutet bei Betonuntergründen ein **Mindestalter von 6 Monaten und bei Estrichen die Einhaltung der normativen Vorgaben für das Belegen mit Werkstein.**

Vorgaben der Normprüfung Biegezug



Normative Vorgaben sind nicht gleich a.a.R.d.T. und schon gar nicht durch statische Nachweise zu ersetzen!

5.5.3 Durchführung

Der Abstand zwischen den Auflagern muss 2/3 der Plattenlänge mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5\%$ betragen.

5.5.4 Prüfung von nicht rechteckigen Platten

Nicht rechteckige Platten sind so zu schneiden, dass sie eine rechteckige Form erhalten.

5.5.5 Berechnung der Prüfergebnisse

Die Biegezugfestigkeit T der geprüften Platte (in MPa) ist nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$T = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times t^2}$$

Nach P (Bruchlast) aufgelöst
 $P = T \times 2 \times b \times t^2 / L \times 3$

Nach deutscher
Schreibweise

Nach F (Bruchlast) aufgelöst
 $F = \beta \times 2 \times b \times d^2 / L \times 3$

Dabei ist

T die Biegezugfestigkeit, in MPa;

P die Bruchlast, in N;

L der Abstand zwischen den Auflagern, in mm;

b die Breite der Platte an der Bruchfläche, in mm;

t die Dicke der Platte an der Bruchfläche, in mm.

Je größer die Biegezugfestigkeit, desto größer die Bruchlast
Je dicker der Prüfkörper, je größer die Bruchlast!

Normative Vorgaben der DIN EN 13748 Terrazzoplatten in Bezug auf Biegezug und Bruchlast

4.2.4.2 Anforderungen an die Biegezugfestigkeit

Die Biegezugfestigkeit wird als ausreichend angesehen, wenn die Platten bei Prüfung nach 5.5 folgende Anforderungen erfüllen:

- die mittlere Biegezugfestigkeit aus vier Probekörpern muss $\geq 5,00$ MPa betragen und
- kein Einzelergebnis der Biegezugfestigkeit darf 4,00 MPa unterschreiten.

4.2.4.3 Anforderungen an die Bruchlast

- Bei Prüfung nach dem in 5.5 beschriebenen Prüfverfahren müssen die Platten die in Tabelle 2 angegebenen Anforderungen erfüllen.

Tabelle 2 — Anforderungen an die Bruchlast

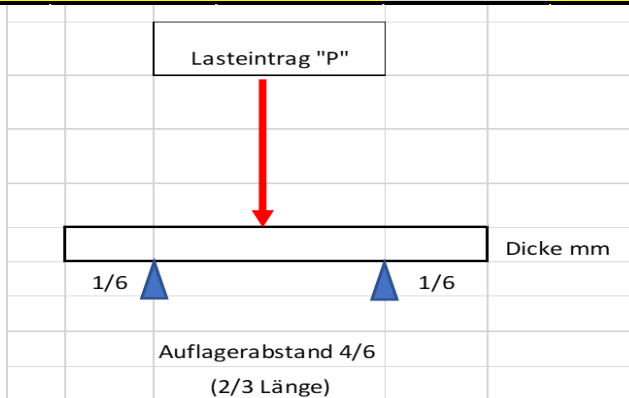
Klasse	Kennzeichnung	Anforderung	
1 ^a	BL I	Keine Anforderung	
2	BL II	Oberfläche $\leq 1\ 100\ \text{cm}^2$	kein Einzelergebnis < 2,5 kN
3	BL III	Oberfläche > 1 100 cm ²	kein Einzelergebnis < 3,0 kN

^a Klasse 1-Produkte dürfen nur verwendet werden, wenn die Platten auf starrem Untergrund in einem vollflächigen Mörtelbett verlegt werden.

Normprüfung Platten 30x30 cm = 900cm² = Klasse BL2

Bruchlast mind. nach Norm = 2,5 kN vorhanden >3,97 kN (Biegezug = 9,4 N/mm²)

Probe	Stützweite l _s [mm]	Breite b [mm]	Höhe h [mm]	Bruchlast F [N]	Biegefestigkeit	
					R(tf) [MPa]	l _n []
1	200	300	20,6	3974	9,4	2,2369
2	200	300	20,6	4050	9,5	2,2559
3	200	300	20,6	4141	9,8	2,2781
4	200	300	20,6	4166	9,8	2,2841
Mittelwert R (tf)				4082,8	9,6	2,2638
Standardabweichung s					0,2	0,0216
Variationskoeffizient v					2,15	0,95
Quantilenfaktor K(s)						2,10
Unterer Erwartungswert E				nass	9,2	



Platte 30x30cm = 20cm (3/5) Stützweite

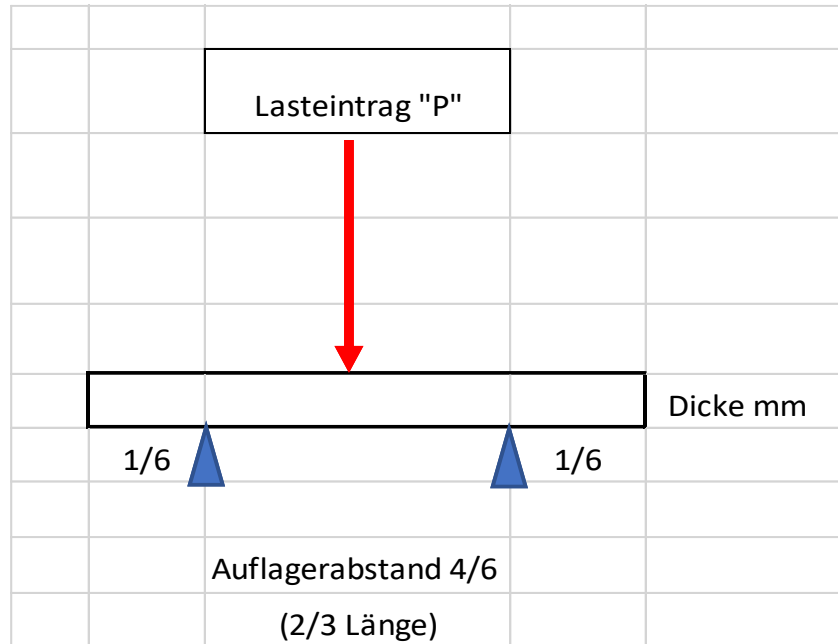
92.90 LEGREY



	NORM NORMA STANDARD	NORM VORGESCHRIEBENER WERTE VALORI PRESCRITTI DALLA NORMA NORM REQUIRED VALUES	EUVAL® WERTE VALORI EUVAL® EUVAL® VALUES
BIEGEZUGFESTIGKEIT RESISTENZA ALLA FLESSIONE FLEXION RESISTANCE	DIN EN 13748-1	≥ 5 N/mm ²	8,5 N/mm²

Vom Werk angegebene Biegezugfestigkeit (CE Deklaration)
gem. Typenblatt = **8,5 N/mm²**

Bei einer angegebenen CE Biezugfestigkeit von **8,5 N/mm²** ergeben sich für verschiedene Formate und Dicken zu berechnende Bruchlasten!



Biegezug N/mm ²	Breite mm	Länge mm	Auflager mm	Dicke mm	Bruchlast N	Bruchlast Klasse	Oberfläche cm ²	Mindest Bruchlast
8,5	300	300	200	20	3400	BL II	900	2,5 kN
8,5	300	300	200	15	1913	BL II	900	2,5 kN
8,5	300	600	400	20	1700	BL III	1800	3,0 kN
15,0	300	600	400	20	3000	BL III	1800	3,0 kN
8,5	300	600	400	30	3825	BL III	1800	3,0 kN
8,5	400	400	267	20	3396	BL III	1600	3,0 kN
8,5	400	600	400	20	2267	BL III	2400	3,0 kN
8,5	600	600	400	20	3400	BL III	3600	3,0 kN

Tabelle 2 — Anforderungen an die Bruchlast

Klasse	Kennzeichnung	Anforderung	
1 ^a	BL I	Keine Anforderung	
2	BL II	Oberfläche ≤ 1 100 cm ²	kein Einzelergebnis < 2,5 kN
3	BL III	Oberfläche > 1 100 cm ²	kein Einzelergebnis < 3,0 kN

^a Klasse 1-Produkte dürfen nur verwendet werden, wenn die Platten auf starrem Untergrund in einem vollflächigen Mörtelbett verlegt werden.

Ein bekanntes Regelwerk neben der Norm ist das Merkblatt des ZDB

„Mechanisch hoch belastete keramische Bodenbeläge 2005:10“

Hierbei sind die Angaben und Berechnungen dieses Merkblattes auch für nicht keramische harte Beläge wie Beton- und Naturwerkstein geeignet.

Aber auch hier sind Angaben gemacht, die rein rechnerisch statisch nicht korrekt sind.

Bodenbelag geklebt oder im Mörtelbettverbund nach
Tabelle 2 DIN EN 13748 Nr. 1a
(keine Anforderungen an die Bruchlast)

Bodenaufbauten, die auf Rohbeton oder Estrich **geklebt** oder im Mörtelbett mit Haftverbund verlegt werden, sind rissunempfindlich. Dabei ist es **bei einer Belastung egal** ob es sich um quadratische Platten oder rechteckige handelt.

Im Merkblatt:

„**Mechanisch hoch beanspruchte keramische Bodenbeläge**“
wird hier für **nicht** quadratische Platten eine größere Dicke gefordert!

Dünnere und hochwertige Mörtelsysteme führen zu größeren Bettungsziffern als die zugrunde gelegte.

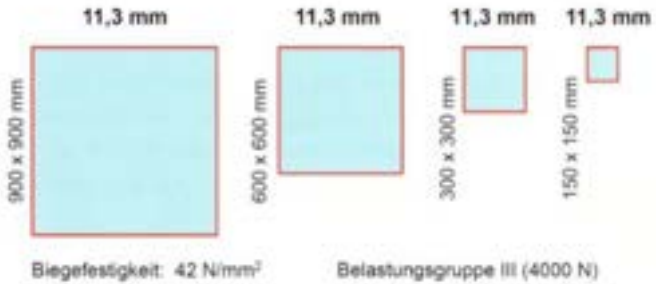


Bild 5.2: Plattendicke nach ZDB-Merkblatt für quadratische Formate

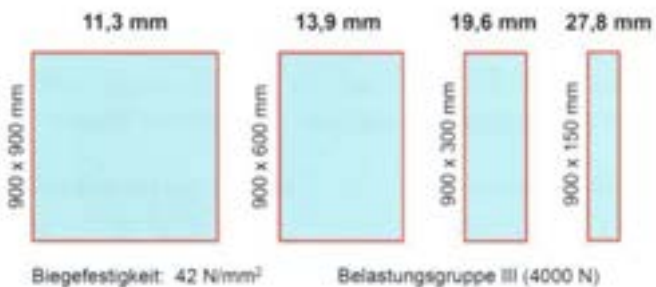


Bild 5.3: Plattendicke nach ZDB-Merkblatt für rechteckige Formate

Tatsächlich ist die auftretende Spannung gleich!

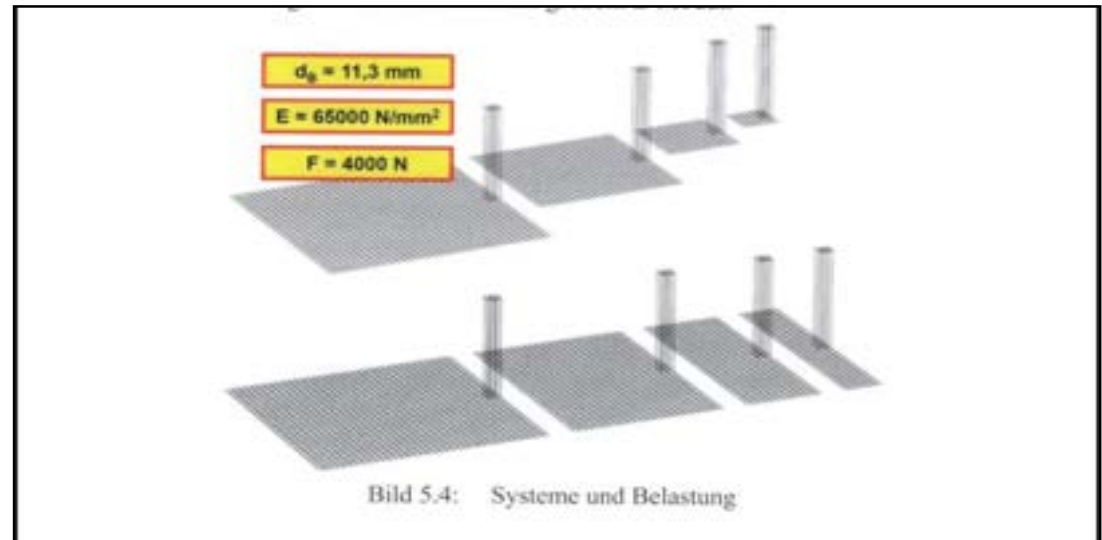


Bild 5.4: Systeme und Belastung

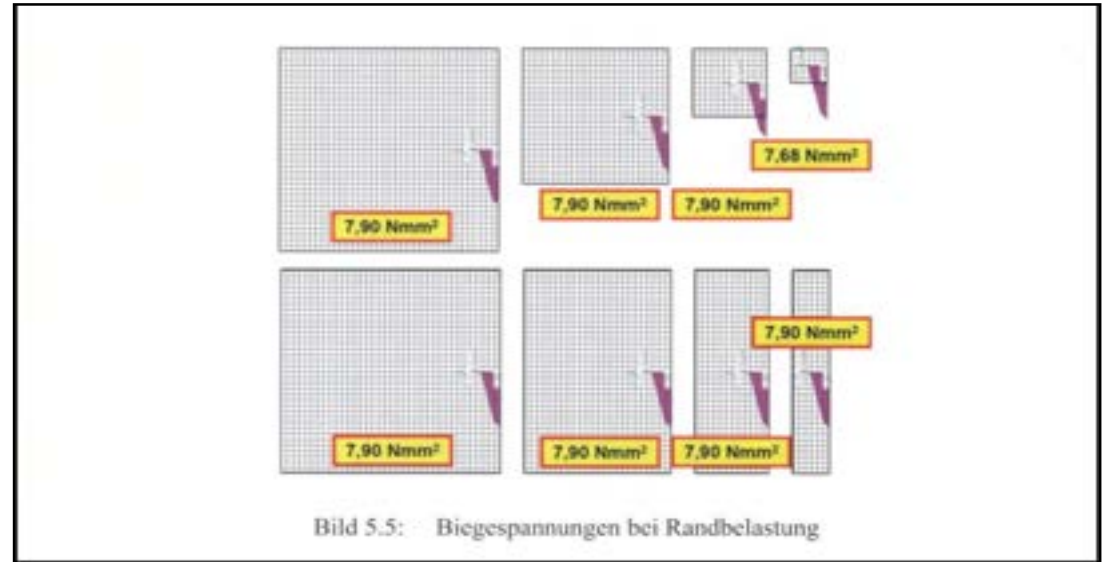


Bild 5.5: Biegespannungen bei Randbelastung

Bruchkraft Ansätze

Im **ZDB Merkblatt „Mechanisch hochbelastete keramischen Bodenbeläge“** werden Bruchlasten für quadratische Beläge nach der Formel $2 \times \beta \times d^2 \times b / 3 \times L$ berechnet, wobei $L = \text{Plattenlänge} - 2 \times 10 \text{mm}$ ist. Besser ist die modifizierte Formel: $F = \beta \times d^2 \times b / 1,35 \times L$, wobei $L = \text{die tatsächliche Länge der Platte}$ ist

Beanspr. Gruppe	Bruchkraft F DIN EN ISO 10545-4 N	Anwendungsbereich mechanische Beanspruchung
I	< 1500	Wohnungsbau und Bodenbeläge mit vergleichbarer mechanischer Beanspruchung, z.B. Hotelbadezimmer, <u>Räume des Gesundheitsdienstes</u>
II	1500 - 3000	<u>Verwaltung</u> , Gewerbe und Industrie (befahrbar mit luftbereiften Fahrzeugen), z.B. Großküchen, Kantinen, Verkehrszonen, KFZ-Ausstellungs- und Wartungsräume, Verkaufsräume, jeweils ohne Flurförderverkehr Pressungen bis 2 N/mm²
III	3000 - 5000	Gewerbe und Industrier (Flurförderfahrzeugverkehr mit superelastik-, Vollgummi- und Vulkollanbereifung) z.B. im Lebensmitteleinzel- und Großhandel, Nonfood-, Einzel- und Großhandel, Ladenpassagen Pressungen von 2 bis 6 N/mm²
IV	5000 - 8000	Gewerbe und Industrie; Anwendungsbereiche wie Gruppe III, jedoch befahrbar mit Polyamidrollen Pressungen von 6 bis 20 N/mm²
V	> 8000	Gewerbe und Industrie; Schwerlastbereiche mit Flurförderfahrzeugverkehr mit Polyamidrollen, Kollern von Metallteilen, wie z.B. in Fabrikations-, Montage- und Lagerhallen, Reparaturwerkstätten für Maschinen und schweres Gerät Pressungen > 20 N/mm²

Tabelle mit abgeleiteten Werten für übliche Biegezugwerte bei Betonwerkstein

quadratische Beläge		Bruchkraft F (N)												
Dicke mm	Belastungs-Gruppe	Biegefestigkeit N/mm ²												
		4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
10		296	333	370	407	444	481	519	556	593	630	667	704	741
15	I	667	750	833	917	1000	1083	1167	1250	1333	1417	1500	1583	1667
20		1185	1333	1481	1630	1778	1926	2074	2222	2370	2519	2667	2815	2963
30	II	2667	3000	3333	3667	4000	4333	4667	5000	5333	5667	6000	6333	6667
40	III	4741	5333	5926	6519	7111	7704	8296	8889	9481	10074	10667	11259	11852
50	IV	7407	8333	9259	10185	11111	12037	12963	13889	14815	15741	16667	17593	18519
60		10667	12000	13333	14667	16000	17333	18667	20000	21333	22667	24000	25333	26667
80	V	18963	21333	23704	26074	28444	30815	33185	35556	37926	40296	42667	45037	47407
100		29630	33333	37037	40741	44444	48148	51852	55556	59259	62963	66667	70370	74074

Hier die Original Werksprüfung bei **trockenen Platten (rote Pfeile)** und bei als bei **nassen (blaue Pfeile)** Prüfkörpern, was zu einer deutliche Abminderung des „Erwartungswerts“ der Biegefestigkeit führt.

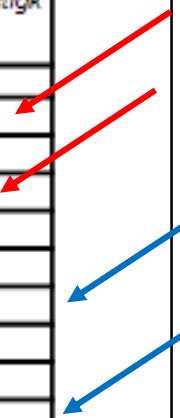


Via Domenico da Lugo 12, I-37023 Lugo di Grezzana
Tel. 045 880 1950 - Fax 045 881 9490 - info@euval.com



Registro dei controlli di resistenza alla flessione

Pr.	Data Datum	Materiale	Misure piastrella - Nennmaße										Planarità Ebenheit		P carico di rottura Bruchlast	L distanza assi Abstand zwischen Auflagern <small>(2/3 della lunghezza)</small>	T resistenza alla flessione Biegezugfestigk eit
			b Larghezza Breite			Lunghezza Länge			t Spessore Dicke				Diag 1	Diag. 2			
			mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kN	mm	MPa
1	10/03/21	LEGREY	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	20,3	20,3	20,3	20,3	424,0	424,0	3,934	200	9,6
2	10/03/21	LEGREY	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	20,3	20,3	20,3	20,3	424,0	424,0	3,595	200	8,8
3	10/03/21	LEGREY	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	20,3	20,3	20,3	20,3	424,0	424,0	3,058	200	7,5
4	10/03/21	LEGREY	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	20,3	20,3	20,3	20,3	424,0	424,0	3,476	200	8,5
5	10/03/21	LEGREY + H2O	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	20,6	20,6	20,6	20,6	424,0	424,0	3,974	200	9,4
6	10/03/21	LEGREY + H2O	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	20,6	20,6	20,6	20,6	424,0	424,0	4,050	200	9,5
7	10/03/21	LEGREY + H2O	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	20,6	20,6	20,6	20,6	424,0	424,0	4,141	200	9,8
8	10/03/21	LEGREY + H2O	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	20,6	20,6	20,6	20,6	424,0	424,0	4,166	200	9,8



Probe	Stützweite ls [mm]	Breite b [mm]	Höhe h [mm]	Bruchlast F [N]	Biegefestigkeit	
					R(tf) [MPa]	ln []
1	200	300	20,3	3934	9,5	2,2562
2	200	300	20,3	3595	8,7	2,1661
3	200	300	20,3	3058	7,4	2,0043
4	200	300	20,3	3476	8,4	2,1324
Mittelwert R (tf)				3515,8	8,5	2,8530
Standardabweichung s					0,9	0,1043
Variationskoeffizient v					10,29	3,66
Quantilfaktor K(s)						2,10
Unterer Erwartungswert E			trocken		6,7	

Prüfung trockener Betonwerkstein!

Probe	Stützweite ls [mm]	Breite b [mm]	Höhe h [mm]	Bruchlast F [N]	Biegefestigkeit	
					R(tf) [MPa]	ln []
1	200	300	20,6	3974	9,4	2,2369
2	200	300	20,6	4050	9,5	2,2559
3	200	300	20,6	4141	9,8	2,2781
4	200	300	20,6	4166	9,8	2,2841
Mittelwert R (tf)				4082,8	9,6	2,2638
Standardabweichung s					0,2	0,0216
Variationskoeffizient v					2,15	0,95
Quantilfaktor K(s)						2,10
Unterer Erwartungswert E			nass		9,2	

Normprüfung!

Tatsächliche Biegezugwerte im trockenen Zustand im Vergleich zur **Normprüfung**, bei der **nass** geprüft wird.

92.90 LEGREY



NORM NORMA STANDARD	NORM VORGESCHRIEBENER WERTE VALORI PRESCRITTI DALLA NORMA NORM REQUIRED VALUES	EUVAL® WERTE VALORI EUVAL® EUVAL® VALUES
BIEGEZUGFESTIGKEIT RESISTENZA ALLA FLESSIONE FLEXION RESISTANCE	DIN EN 13748-1 ≥ 5 N/mm²	8,5 N/mm²

Die vom Werk angegebene Biegezugfestigkeit (CE Deklaration) darf bei Nachprüfungen an ausgebauten Teilen (Normprüfung) nie unterschritten werden! Deshalb wird meist ein geringerer Wert als der geprüfte angegeben, um sicher zu sein! Für das in Verkehr bringen (CE) in der EU hätte man auch 5 N/mm² angeben können, dem vorgechriebenen Mindestwert!

Die Abminderung der Biegezugfestigkeit für statische Berechnungen ergibt sich **auch** aus der DIN 18516-5 Außenwandbekleidungen Betonwerkstein und dem Merkblatt „Nachweis der Eignung von Betonwerkstein nach DIN 18516-5“

DIN 18516-5 Außenwandbekleidungen Betonwerkstein

4.2.1 Charakteristische Biegezugfestigkeit σ_{Rk}

Die charakteristische Biegezugfestigkeit σ_{Rk} ergibt sich für Betonwerkstein wie folgt:

$$\sigma_{Rk} = \alpha_{exp,B} \cdot \sigma_{u5\%} \quad (1)$$

Dabei ist

- $\sigma_{u5\%}$ der untere Erwartungswert der Biegezugfestigkeit nach DIN V 18500 an 10 Probekörpern (5 %-Quantil, Vertrauensniveau 75 %, logarithmische Normalverteilung);
- $\alpha_{exp,B}$ der Faktor zur Berücksichtigung von Witterungseinflüssen nach 4.3.

Betonwerksteinplatten können konstruktiv mit für Beton bauaufsichtlich zugelassenen Fasern und Textilien bewehrt sein. Für die Ermittlung des Wertes $\sigma_{u5\%}$ ist die Last bis zum ersten Riss zu berücksichtigen. Für mit Betonstahl bewehrte Platten, soweit die Bewehrung statisch erforderlich ist, gilt DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA.

Der charakteristische Widerstand der Biegezugfestigkeit σ_{Rk} kann vereinfachend für Material mit einer Mindestrohddichte von 2 300 kg/m³ wie folgt siehe Tabelle 1 angenommen werden.

Tabelle 1 — Biegezugfestigkeitswerte

Festigkeitsklasse	Biegezugfestigkeit N/mm ²		charakteristischer Widerstand der Biegezugfestigkeit N/mm ²
	$\sigma_{u,min}$	$\sigma_{u,mittel}$	σ_{Rk}
1	≥ 4,0	≥ 5,0	3,2
2	≥ 4,8	≥ 6,0	3,6
3	≥ 4	≥ 8,0	4,1
4	≥ 8,0	≥ 10,0	4,5
5	≥ 9,6	≥ 12,0	4,9

Abminderung ca. 60%

Merkblatt Nachweis der Eignung von BWS nach DIN 18516-5

7.1 Faktor für die Biegezugfestigkeit

Die Prüfung der Biegezugfestigkeit erfolgt nach DIN V 18500 in Verbindung mit DIN EN 12390-5 mit Zweipunktlasteinleitung. Die Probekörperabmessungen ergeben sich in Abhängigkeit von der Plattendicke. Die Länge beträgt 5 x d, die Breite 2 x d. Die Prüfung erfolgt mit einer Stützweite von 4,5 x d.

Zur Ermittlung des Faktors $\alpha_{exp,B}$ ist jeweils die folgende Anzahl von Probekörpern herzustellen und unter folgenden klimatischen Bedingungen bis zur Prüfung zu lagern:

Serie	Anzahl Probekörper	Klimatische Bedingungen	Zeit (Tage)	Symbol
1	≥ 10	Wasserlagerung	28	$\sigma_{Um,Wasser}$
2	≥ 5	Wasserlagerung	28	$\sigma_{Um,1d}$
		Trocknung bei 70 °C	1	
3	≥ 5	Wasserlagerung	28	$\sigma_{Um,3d}$
		Trocknung bei 70 °C	3	
4	≥ 5	Wasserlagerung	28	$\sigma_{Um,7d}$
		Trocknung bei 70 °C	7	

Tabelle 1: Versuche zur Ermittlung der Biegezugfestigkeit

Der Faktor $\alpha_{exp,B}$ wird aus den Verhältnis der Mittelwerte der jeweiligen Prüfserien gewonnen. Als Referenzprüfung dient die Serie 1.

Der Faktor $\alpha_{exp,B}$ ist wie folgt zu ermitteln:

$$\alpha_{exp,B} = 1,25 \frac{\sigma_{Um,1d}}{\sigma_{Um,Wasser}} \leq 1 \quad (1)$$

$$= 1,25 \frac{\sigma_{Um,3d}}{\sigma_{Um,Wasser}} \leq 1 \quad (2)$$

$$= 1,25 \frac{\sigma_{Um,7d}}{\sigma_{Um,Wasser}} \leq 1 \quad (3)$$

Der kleinste Wert ist maßgebend.

quadratische Beläge		Bruchkraft F (N)												
Dicke	Belastungs-	Biegefestigkeit N/mm ²												
mm	Gruppe	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
10	I	296	333	370	407	444	481	519	556	593	630	667	704	741
15		667	750	833	917	1000	1083	1167	1250	1333	1417	1500	1583	1667
20		1185	1333	1481	1630	1778	1926	2074	2222	2370	2519	2667	2815	2963
30	II	2667	3000	3333	3667	4000	4333	4667	5000	5333	5667	6000	6333	6667
40	III	4741	5333	5926	6519	7111	7704	8296	8889	9481	10074	10667	11259	11852
50	IV	7407	8333	9259	10185	11111	12037	12963	13889	14815	15741	16667	17593	18519
60	V	10667	12000	13333	14667	16000	17333	18667	20000	21333	22667	24000	25333	26667
80		18963	21333	23704	26074	28444	30815	33185	35556	37926	40296	42667	45037	47407
100		29630	33333	37037	40741	44444	48148	51852	55556	59259	62963	66667	70370	74074

Nach Norm

40x40x2cm dick (BL III > 1100 cm²)
 $F = \beta \times 2 \times b \times d^2 / 3 \times L$
 $8,5 \times 2 \times 400 \times 20^2 / 267 \times 3$
 $F = 3396 \text{ N} > 3000 \text{ N}$

Nach Norm

60x30x2cm dick (BL III > 1100 cm²)
 $F = \beta \times 2 \times b \times d^2 / 3 \times L$
 $8,5 \times 2 \times 300 \times 20^2 / 400 \times 3$
 $F = 1700 \text{ N} < 3000 \text{ N}$

Nach Merkblatt (Prüfwert Norm)

Platte 40x40x2cm
 $F = \beta \times d^2 \times b / 1,35 \times L$
 $8,5 \times 20^2 \times 400 / 1,35 \times 400$
 $F = 2519 = \text{Gruppe II}$

Berechnung der Bruchkräfte
 Bei normativ ermittelter Bruchkraft **8,5 N/mm²**
 und bei tatsächlich zu erwartenden Bruchkraft
 bei trockener Steinprüfung mit **6,7 N/mm²**

Nach Merkblatt (Prüfwert Norm)

Platte 60x30x2cm
 $F = \beta \times d^2 \times b / 1,35 \times L$
 $8,5 \times 20^2 \times 300 / 1,35 \times 600$
 $F = 1260 = \text{Gruppe I}$

Nach Merkblatt (Erwartungswert)

Platte 40x40x2cm
 $F = \beta \times d^2 \times b / 1,35 \times L$
 $6,7 \times 20^2 \times 400 / 1,35 \times 400$
 $F = 1985 = \text{Gruppe II}$

Entspricht etwa 60% des
 normativen Wertes
 (siehe DIN 18516-5!)

Nach Merkblatt (Erwartungswert)

Platte 60x30x2cm
 $F = \beta \times d^2 \times b / 1,35 \times L$
 $6,7 \times 20^2 \times 300 / 1,35 \times 600$
 $F = 993 = \text{Gruppe I}$

Manchmal wird durch Sachverständige ein Verlegemörtel, der nicht der Mörtelgruppe III gem. DIN 1055 entspricht, als Ursache für Risse aufgeführt.

So wird 10 kN Druckfestigkeit als notwendig genannt!

Mörtelmischungen der Mörtelgruppe III nach DIN 1055 erreichen aber erfahrungsgemäß nur max. 30-50% der in der Norm genannten 10kN an der Baustelle, also ca. 3 - 5 kN.

**Rechnet man vernünftig, so ergeben sich ganz andere notwendige Druckfestigkeiten!
(Leider verlassen sich zu viele „Fachleute“ auf vorh. Vorgaben von Normen und Merkblättern anstatt zu rechnen!)**

Beispiel: 3 kN Einzellast

DIN EN 1991-1-1:2010-12

Nationaler Anhang –
National festgelegte Parameter –
Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke –
Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten,
Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau

Spalte	1	2	3	4	5	
Zeile	Kategorie	Nutzung	Beispiele	q_k kN/m ²	Q_k^* kN	
1	A1	Spitzböden	Für Wohnzwecke nicht geeigneter, aber zugänglicher Dachraum bis 1,80 m lichter Höhe	1,0	1,0	
2	A	Wohn- und Aufenthaltsräume	Decken mit ausreichender Querverteilung der Lasten, Räume und Flure in Wohngebäuden, Bettenräume in Krankenhäusern, Hotelzimmer einschl. zugehöriger Küchen und Bäder	1,5	—	
3			wie A2, aber ohne ausreichende Querverteilung der Lasten	1,0 ^c	1,0	
4			B1	Flure in Bürogebäuden, Büroflächen, Arztpraxen ohne schweres Gerät , Stationsräume, Aufenthaltsräume einschl. der Flure, Kleinviehställe	2,0	2,0
5	B	Büroflächen, Arbeitsflächen, Flure	Flure und Küchen in Krankenhäusern, Hotels, Altenheimen, Flure in Internaten usw.; Behandlungsräume in Krankenhäusern, einschl. Operationsräume ohne schweres Gerät; Kellerräume in Wohngebäuden	3,0	3,0	
6			B3	Alle Beispiele von B1 u. B2, jedoch mit schwerem Gerät	5,0	4,0
7			C1	Flächen mit Tischen; z. B. Kindertagesstätten, Kinderkrippen , Schulräume, Cafés, Restaurants, Speisesäle, Lesesäle, Empfangsräume, Lehrerzimmer	3,0	4,0
8	C2	Flächen mit fester Bestuhlung; z. B. Flächen in Kirchen, Theatern oder Kinos, Kongresssäle, Hörsäle, Wartesäle	4,0	4,0		
9	C	Räume, Versammlungsräume und Flächen, die der Ansammlung von Personen dienen können (mit Ausnahme von unter A, B, D und L festgelegten Kategorien).	Frei begehbare Flächen; z. B. Museumsflächen, Ausstellungsflächen, Eingangsbereiche in öffentlichen Gebäuden, Hotels, nicht befahrbare Hofkellerdecken, sowie die zur Nutzungskategorie C1 bis C3 gehörigen Flure	5,0	4,0	
10			C4	Sport- und Spielflächen; z. B. Tanzsäle, Sporthallen, Gymnastik- und Kraftsporträume, Bühnen	5,0	7,0
11			C5	Flächen für große Menschenansammlungen; z. B. in Gebäuden wie Konzertsäle, Terrassen und Eingangsbereiche sowie Tribünen mit fester Bestuhlung	5,0	4,0
12			C6	Flächen mit regelmäßiger Nutzung durch erhebliche Menschenansammlungen, Tribünen ohne feste Bestuhlung	7,5	10,0

Spalte	1	2	3	4	5	
Zeile	Kategorie	Nutzung	Beispiele	q_k kN/m ²	Q_k^* kN	
13	D	Verkaufsräume	Flächen von Verkaufsräumen bis 50 m ² Grundfläche in Wohn-, Büro- und vergleichbaren Gebäuden	2,0	2,0	
14			D2	Flächen in Einzelhandelsgeschäften und Warenhäusern	5,0	4,0
15			D3	Flächen wie D2, jedoch mit erhöhten Einzellasten infolge hoher Lagerregale	5,0	7,0
16	E	Lager, Fabriken und Werkstätten, Ställe, Lagerräume und Zugänge	Flächen in Fabriken ^a und Werkstätten ^a mit leichtem Betrieb und Flächen in Großviehställen	5,0	4,0	
17			E1.2	Allgemeine Lagerflächen, einschließlich Bibliotheken	6,0 ^b	7,0
18			E2.1	Flächen in Fabriken ^a und Werkstätten ^a mit mittlerem oder schwerem Betrieb	7,5 ^b	10,0
19	T1	Treppen und Treppenpodeste in Wohngebäuden, Bürogebäuden und von Arztpraxen ohne schweres Gerät	3,0	2,0		
20	T ^d	Treppen und Treppenpodeste	Alle Treppen und Treppenpodeste, die nicht in T1 oder T3 eingeordnet werden können	5,0	2,0	
21			T3	Zugänge und Treppen von Tribünen ohne feste Sitzplätze, die als Fluchtwege dienen	7,5	3,0
22	Z ^d	Zugänge, Balkone und ähnliches	Dachterrassen, Laubengänge, Loggien usw., Balkone, Ausstiegspodeste	4,0	2,0	

^a Nutzlasten in Fabriken und Werkstätten gelten als vorwiegend ruhend. Im Einzelfall sind sich häufig wiederholende Lasten je nach Gegebenheit als nicht vorwiegend ruhende Lasten einzuordnen.

^b Bei diesen Werten handelt es sich um Mindestwerte. In Fällen, in denen höhere Lasten vorherrschen, sind die höheren Lasten anzusetzen.

^c Für die Weiterleitung der Lasten in Räumen mit Decken ohne ausreichende Querverteilung auf stützende Bauteile darf der angegebene Wert um 0,5 kN/m² abgemindert werden.

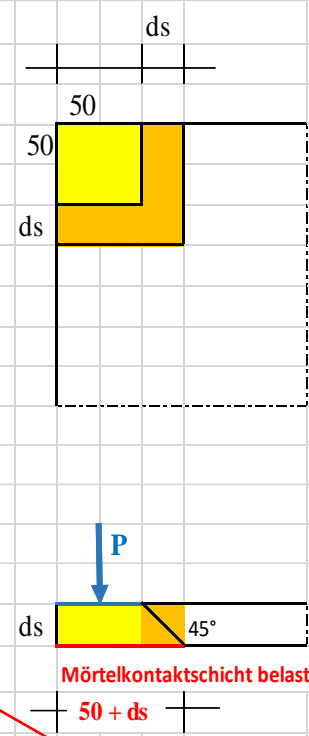
^d Hinsichtlich der Einwirkungskombinationen sind die Einwirkungen der Nutzungskategorie des jeweiligen Gebäudes oder Gebäudeteils zuzuordnen.

^e 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 50 mm.

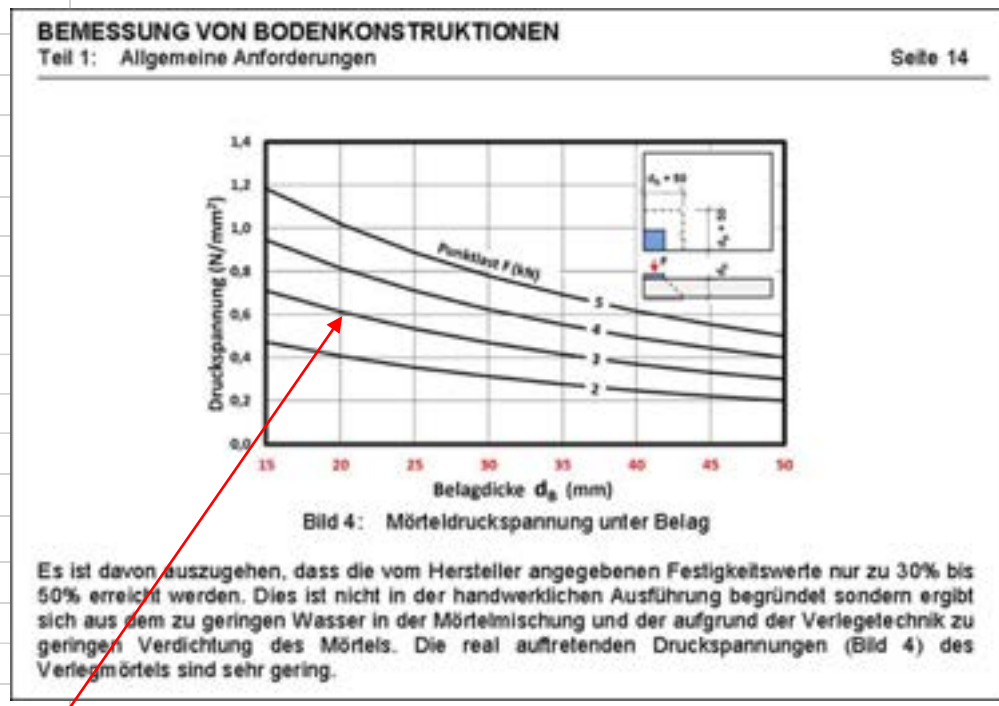
Bei Mörtelbettverlegungen sind die Belastungen für den Stein erst dann relevant, wenn die notwendige Druckfestigkeit des Mörtels unterhalb der notwendigen liegt. Diese liegt **deutlich unter** der von einigen Fachleuten und Merkblättern vorgeschriebenen Mörtelgruppe III nach DIN 1053!

Druckbelastung des Mörtels unterhalb von Bodenplatten
(ohne dynamische Belastung)

Steindicke	d_s	20 mm				
Belastung	P	3,0 kN	3000 N			
Belastung	q	5,0 kN/m ²	0,005 N/mm ²			
→	entspricht bei 50x50mm		13 N			
C₁	50 x 50 mm	2500 mm ²	1,20 N/mm ²	Druck		
C_{Rand}	$(50+(2*d_s)) * (50+d_s)$	6300 mm ²	0,48 N/mm ²	Druck		
C_{Ecke}	$(50+d_s)^2$	4900 mm ²	0,61 N/mm ²	Druck		
C_{Rand, sich.}	Globale Sicherheit 1,5		0,71 N/mm ²	Druck		
C_{Ecke, sich.}	Globale Sicherheit 1,5		0,92 N/mm ²	Druck		
			<			
C_{mörtel}	Mörtelgruppe M1 (DIN 18580)		1,00 N/mm ²	Druckfestigkeit		
	gefordert M10 (MG III DIN 1053-2)		10,00 N/mm ²	Druckfestigkeit		
	bzw. bei Betonwerkstein (Fachverband)		5,00 N/mm ²	Druckfestigkeit		
	(bis 2 kN Einzellast)					



aus: DENAK Merkblätter: Erläuterungen



Bei 20mm Platte ist 0,6 N/mm² Druckfestigkeit notwendig, incl. Sicherheit = 0,9 N/mm² und kein 10 N/mm²!

Prüfung eines Bodens in Mörtelbett auf Estrich verlegt (ital. Methode) mit geringen Mörtelfestigkeiten (teilweise nur 2 kN), was zum Gerichtsstreit führte



Belastungsprüfungen:

Stempel 5cm Durchmesser

Belastung bis 4,5 kN (3 kN + 1,5 Sicherheit)

zyklisch mit je 1 kN

Ausführungen des SV vom Materialprüfungsamts

4.1.3 Ergebnisse der Traglastversuche

Die nachfolgende Tabelle fasst die wesentlichen Ergebnisse der Traglastversuche zusammen. Hierbei sind:

- f_{des} Verformung bei der Nutzlast von 3 kN;
- Δf_{des} bleibende Verformung nach Aufbringen der Nutzlast von 3 kN;
- f_{max} Verformung bei der maximalen Belastung von 4,5 kN;
- Δf_{max} bleibende Verformung nach Aufbringen der maximalen Belastung von 4,5 kN;
- F_{Fliss} Last bei Erstrissbildung;
- F_{max} Bruchlast.

Keine Risse bei Prüfung

Tabelle 1: Übersicht über die Versuchsergebnisse

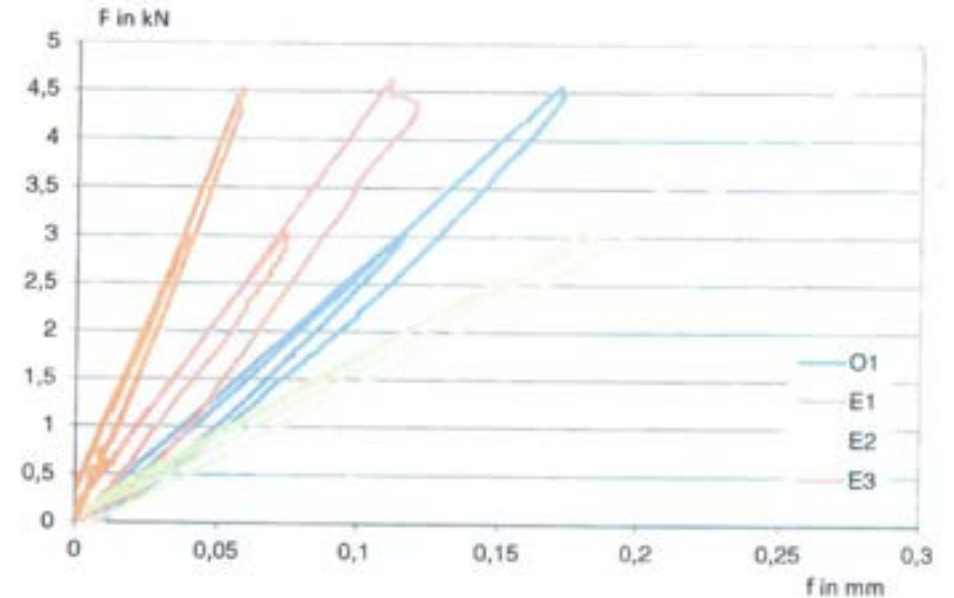
Messstelle	f_{des}	Δf_{des}	$f_{max}^{1)}$	$\Delta f_{max}^{1)}$	F_{Fliss}	F_{Bruch}
	Mm					
O1	0,12	0,005	0,17	0,002	--	> 4,5
E1	0,07	0,002	0,11	0	--	> 4,5
E2	0,18	0	0,27	0,001	--	> 4,5
E3	0,039	0	0,058	0	--	> 4,5

1) Abzüglich Verformung aus 1. Belastung Δf_{des}

An allen Untersuchungsstellen wurde ein typischer Verlauf der Last-Verformungskurven beobachtet. Die Last-Verformungslinien verlaufen weitestgehend linear und sind nahezu vollständig reversibel. Bei der Belastung sind keine Unstetigkeiten in den Kurvenverläufen erkennbar, die auf eine Schädigung hindeuten.

Das nachfolgende Bild zeigt eine vergleichende Darstellung der Last-Verformungskurven der Untersuchungsstellen.

Bild 13: Last-Verformungsdiagramm – alle Untersuchungsstellen



In der vergleichenden Darstellung ist erkennbar, dass die Verformungen an der Untersuchungsstelle E3 (nicht an einer Dehnungsfuge) am geringsten und an der Untersuchungsstelle E2 am höchsten sind.

Bei Belägen die auf Estrich geklebt oder in „estrichgerechtem Mörtelbett (ital. Methode)“ mit ordentlichem Haftverbund zwischen den einzelnen Tragschichten verlegt sind, trägt der Stein im Gesamtsystem anteilig mit!

Biegefestigkeit

Balken 60 cm x 20 cm

Probe Nr.	Biegefestigkeit N/mm ²
1	2,11
2	2,13
3	2,01



Biegefestigkeit

Balken 60 cm x 20 cm

Belag in der Zugzone

Probe Nr.	Biegefestigkeit N/mm ²
1	2,91
2	2,77
3	2,64

Die rechnerische Biegezugfestigkeit ist um ca. 30% höher als bei einer Nur-Monokornschicht



Bei Verlegungen in Mörtelbett mit nur geringen Hohlräumen oder eine Verlegung auf losem Kies sind ebenfalls kaum **Bruchrisse zu erwarten, ist der Stein ausreichend** in der Dicke bemessen!

Bemessung von Bodenbelägen

Merkblatt 7

Ermittlung der technischen Eigenschaften von Entkopplungen
(PDF-Dokument 525 KB / veröffentlicht am 22.09.2018)

Merkblatt 8

Bemessung von Bodenkonstruktionen

Teil 1: Allgemeine Anforderungen

Teil 2: Lastverteilungsschichten

Teil 3: Bemessung von Belägen (vereinfachter Nachweis)

Teil 4: Bemessung von Belägen (allgemeiner Nachweis)

Erläuterungen zu den Teilen 1 bis 4 des Merkblattes 8

Resttragverhalten von Entkopplungssystemen

Merkblatt 15

Beläge auf Stelzlagern



DENAK e.V.
Bahnhofstraße 47
56759 Kaisersesch

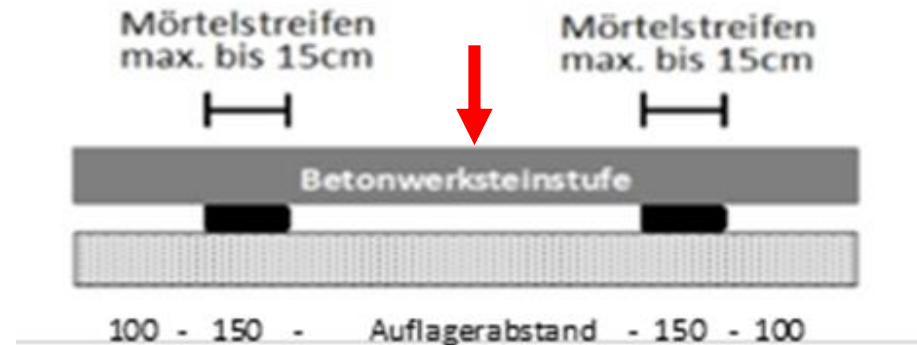
Telefon: 02653 9133409
Telefax: 02653 9168692
www.denak.de

Bei zwängungsfreien Verlegungen, z.B. Trittstufen auf 2 Streifen, ist die Bruchlast in Abhängigkeit von Biegezugfestigkeit, der Stützweite, der Breite und der Dicke des Belages entscheidend!

DIN EN 1991-1-1:2010-12

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile	Kategorie	Nutzung	Beispiele	q_k kN/m ²	Q_k ^e kN
19	T ^d	Treppen und Treppenpodeste	T1 Treppen und Treppenpodeste in Wohngebäuden, Bürogebäuden und von Arztpraxen ohne schweres Gerät	3,0	2,0
20			T2 Alle Treppen und Treppenpodeste, die nicht in T1 oder T3 eingeordnet werden können	5,0	2,0
21			T3 Zugänge und Treppen von Tribünen ohne feste Sitzplätze, die als Fluchtwege dienen	7,5	3,0
22	Z ^d	Zugänge, Balkone und ähnliches	Dachterrassen, Laubengänge, Loggien usw., Balkone, Ausstiegspodeste	4,0	2,0

Beispiel:
Treppen 2 kN Einzellast



TYP II Auflager rechts und links eingerückt



Trittstufe Betonwerkstein 1,10 m Länge

Stufenlänge	1100 mm
Einrückmaß	100 mm
Auflager	150 mm
Auflagerabstand	600 mm
Trittbreite	300 mm
Stufendicke	40 mm

Mittelwert Normprüfung (wenn vorhanden)
sonst = hier Wert **Typenblatt Hersteller** einfügen

Biegefestigkeit vorh. Eigenprüfung 9,6 N/mm²

Typenblatt Hersteller

Biegefestigkeit MW (DIN 18500) 8,5 N/mm²

char. Wert / Mittelwert 0,7

char. Biegefestigkeit 6,72 N/mm²

Herstellerangabe Typenblatt = **Faktor 1,0**

Faktor Bestätigung (0,9 oder **1,0**) 0,9

char. Widerstand Biegefestigkeit 6,05 N/mm²

Herstellerangabe Typenblatt = **Biegefestigkeit**

char. Widerstand Biegefestigkeit 5,95 N/mm²

alle Treppen DIN EN 1991-1-1:2010-12

Flächenbelastung q_k 5,0 kN/m²

Normale Treppen DIN EN 1991-1-1:2010-12 T1/T2

Punktbelastung Q_k 2,0 kN

Rohdichte Stufe 24,0 kN/m³

Eigenlast Stufe 0,29 kN/m

Biegemoment Eigenlast 13,0 Nm

Biegemoment Flächenbelastung 67,5 Nm

Biegemoment Punktbelastung 300,0 Nm

max. Biegespannung 3,91 N/mm²

vorhandene Sicherheit 1,52

erforderliche Sicherheit 1,50

Bei zwängungsfreien Verlegungen, z.B. Trittstufen auf 2 Streifen, ist die Bruchlast in Abhängigkeit von Biegezugfestigkeit, der Stützweite, der Breite und der Dicke des Belages entscheidend!

Biegezug = wie Trockenprüfung

Bei 3 kN Punktbelastung würde die 4cm Dicke **nicht** ausreichen!
(Vergleiche BWS Kalender)

Die 4cm Dicke reicht aus!

TYP II Auflager rechts und links eingerückt Trittstufe Betonwerkstein 1,40 m Länge



Stufenlänge	1400 mm	Stufenlänge	1400 mm
Einrückmaß	150 mm	Einrückmaß	150 mm
Auflager	150 mm	Auflager	150 mm
Auflagerabstand	800 mm	Auflagerabstand	800 mm
Trittbreite	300 mm	Trittbreite	300 mm
Stufendicke	40 mm	Stufendicke	50 mm

Mittelwert Normprüfung oder gem.

Typenblatt Hersteller

Biegefestigkeit vorh. Eigenprüfung	9,6 N/mm ²	Biegefestigkeit vorh. Eigenprüfung	9,6 N/mm ²
Biegefestigkeit MW (DIN 18500)	8,5 N/mm ²	Biegefestigkeit MW (DIN 18500)	8,5 N/mm ²
char. Wert / Mittelwert	0,7	char. Wert / Mittelwert	0,7
char. Biegefestigkeit	6,72 N/mm ²	char. Biegefestigkeit	6,72 N/mm ²
Herstellerangabe Typenblatt = Faktor 1,0	Faktor Bestätigung (0,9 oder 1,0)	Faktor Bestätigung (0,9 oder 1,0)	0,9

Herstellerangabe Typenblatt = **Biegefestigkeit**

char. Widerstand Biegefestigkeit	6,05 N/mm ²	char. Widerstand Biegefestigkeit	6,05 N/mm ²
char. Widerstand Biegefestigkeit	5,95 N/mm²	char. Widerstand Biegefestigkeit	5,95 N/mm²

alle Treppen DIN EN 1991-1-1:2010-12

Normale Treppen DIN EN 1991-1-1:2010-12 T1/T2

Flächenbelastung q _k	5,0 kN/m ²	Flächenbelastung q _k	5,0 kN/m ²
Punktbelastung Q _k	2,0 kN	Punktbelastung Q _k	2,0 kN
Rohdichte Stufe	24,0 kN/m ³	Rohdichte Stufe	24,0 kN/m ³
Eigenlast Stufe	0,29 kN/m	Eigenlast Stufe	0,36 kN/m

Biegemoment Eigenlast	23,0 Nm	Biegemoment Eigenlast	28,8 Nm
Biegemoment Flächenbelastung	120,0 Nm	Biegemoment Flächenbelastung	120,0 Nm
Biegemoment Punktbelastung	400,0 Nm	Biegemoment Punktbelastung	400,0 Nm

max. Biegespannung	5,29 N/mm ²	max. Biegespannung	3,43 N/mm ²
vorhandene Sicherheit	1,13	vorhandene Sicherheit	1,73
erforderliche Sicherheit	1,50	erforderliche Sicherheit	1,50

Die Sicherheit ist nicht mehr 1,5! Bedenken! Dicke = 5cm!

Müssen Fensterbänke zwängungsfrei verlegt werden?



Aber sicher, sind sie über 75cm lang!



3.6 Rissvermeidung

Geringe Restfeuchte durch offene Verpackung
Verlegereife Soll bei max. 2,5%



- Verwendung von dickerem Material (berechnen)
- Verwendung schwindarmer Mörtelsysteme
- Mörtelsysteme der Belastung angepasst (nicht zu starr)
- Bei hoher Belastung = Klebung auf tragfähigem Untergrund
- Zugluft vermeiden
- Keine Materialien auf frisch verlegten Belägen lagern
- Material mit geringer Restfeuchte verlegen
- Dehnungsfugenanordnung richtig vornehmen und berechnen (Planer)
- Fugenmaterial mit geringer Haftzugfestigkeit verwenden (Norm)
- Späte Verfugung
- Kreuzfugenverlegung
- Auf Rohrleitungen/Kabel achten (siehe ZDB Merkblatt)
- Zwängungsfrei = max. 2 Auflager mit max. 15cm Breite und Verfugung elastisch oder Normfugenmörtel oder offene Fugen
- **Hohe Belastungen während der Bauzeit, aber auch danach vermeiden**

Die Belastung von Hubsteigern wird häufig unterschätzt! Immer nachfragen, womit zu rechnen ist. Risse durch zu hohe Belastung sind häufig, da fast die gesamte Last sich auf einen Stützarm konzentrieren kann! Die Berechnung selbst ist vom **Planer** durchzuführen, **nicht** vom Unternehmer!



4. Farbunterschiede bei Betonwerkstein



4.1 Produktionsbedingt

Die Gründe für produktionsabhängigen Farbunterschieden sind vielfältig und meist nicht zu vermeiden!

- Temperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Sonneneinstrahlung (UV)
- Malfeinheit des Zementes
- Feuchtegehalt der Zuschlagsstoffe
- Farbzusätze mit Toleranzen
- Oberflächenschlifffdifferenzen

Drei verschiedene Optiken bei ein- und demselben Material



Normative Angaben

DIN EN 13748 Terrazzoplatten sagt in

§ 4.2.3 Oberflächeneigenschaften und Oberflächenbild:

...“Farbabweichungen **zwischen den Produktionschargen** können durch unvermeidliche Abweichungen des Farbtones bzw. der Eigenschaften des Zementes und der Gesteinskörnungen, durch Herstellungsverfahren oder durch Zeitabhängigkeiten hervorgerufen werden.“

d.h.:

Innerhalb von Produktionschargen ist **keine** Farbabweichung „produktionstechnisch“ erlaubt!

Deshalb ist wichtig die Chargen zu kennen!

DIN 18500-1 Betonwerkstein sagt in

§ 4.10.3 Oberflächeneigenschaften und Oberflächenbild:

...“Unregelmäßigkeiten in Farbe und Oberflächenstruktur der Bauteile und Elemente können durch unvermeidbare Schwankungen der Ausgangsstoffe sowie beim Herstellungsverfahren und beim Erhärten hervorgerufen werden und sind zulässig.“

d.h.:

auch innerhalb von Chargen sind Farbabweichung „produktionstechnisch“ erlaubt!

DIN 18333 Betonwerkstein sagt in

§ 2.3 Farb- und Strukturschwankungen:

„Farb- und Strukturschwankungen, die durch unterschiedliche Herstellungsverfahren, jedoch bei gleicher Betonzusammensetzung entstehen, sind zulässig. Hierzu gehören auch Farbschwankungen innerhalb des gleichen Zuschlages, die durch das naturbedingte Vorkommen gegeben sind.“

DIN EN 13748 sagt in
§ 4.2.3 Oberflächeneigenschaften und Oberflächenbild:

...“Der Hersteller muss festlegen, was er als Produktionscharge betrachtet.“

Hersteller geben unterschiedliche Angaben zu „Chargen“ an:

- Eine Charge ist ein Block (ergibt max. ca. 105qm 60x30x2cm Platten) = **geringste Farbabweichungen**
- Eine Charge sind ca. 20-25 Blöcke = **geringe Farbabweichungen**
- Eine Charge ist eine Mischfolge an einem Tag mit gleicher Rezeptur und gleichen Ausgangsstoffen = **Farbabweichungen wahrscheinlich**
- Eine Charge besteht aus gleichen Ausgangsstoffen (neue Lieferung von einem Zuschlagsstoff = neue Charge) = **Farbabweichungen sicher**

Aber egal wie ein Lieferant seine Chargen deklariert:

Auf der Palette und dem Lieferschein muss die Charge aufgeführt sein!

Dies wurde in der Rechtsprechung bereits so entschieden,
nämlich dass der Verleger wissen muss, welche Charge in der Palette ist!



Das Gericht schließt sich den überzeugenden Ausführungen des Sachverständigen an. Hiernach stellen die Farbabweichungen der Steine einen Mangel dar, da sie entgegen der Produktbeschreibung nicht homogen in der Farbgebung sind. Dies stellt insbesondere auch deshalb einen Mangel dar, weil die Klägerin die Beklagtenseite bei Lieferung nicht über die verschiedenen Chargen informiert hat. Dies wäre aber unter Zugrundelegung der Produktnorm für Betonwerkstein EN 13748 erforderlich gewesen. Aufgrund der Produktbeschreibung hatte die Beklagte keine Veranlassung, an der Homogenität der Steine zu zweifeln. Wie die Beweisaufnahme ergeben hat, hatten die zuständigen Bauleiter auch solche Zweifel nicht.

D.h.: der Verleger braucht nicht, wie z.B. bei Naturstein, die Homogenität (Farb- und Strukturgleichheit) zu prüfen. Auch normativ wird davon ausgegangen, da keine Bemusterung mit mehreren Proben (wie bei Naturstein) vorgeschrieben ist!



Wann ist hier der Farbunterschied zu beanstanden?

Nicht erlaubt bei mehreren Chargen im gleichen Objekt

Wenn eine Fläche so aussieht

Und die andere so





Völlig akzeptable Farbunterschiede, wenn sie bei ausgetrocknetem Zustand überall gleich vorkommen (jede einzelne Fläche).

Farbunterschiede bei unterschiedlichen Schlifffen



Zeitversetzte Lieferungen führen zu
Platten mit unterschiedlichem Feuchtegehalt
(Beurteilung frühestens nach 1 Jahr)



Unterschiedliche Chargen
(meist gleichen sich die Farben
nach einer gewissen Zeit an)



Bei Materialien mit wenig Feinstanteilen und dichtem Gesteinsgefüge sind Farbunterschiede kaum zu erkennen (suchen Sie die Fugen)



4.2 Verlegetechnisch

Farbunterschiede durch Ausblühungen,

Grund:

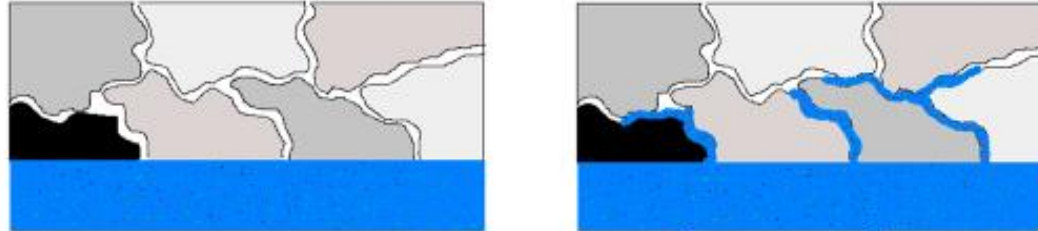
Entweder zu viel Wasser bei der Verlegung
und ev. dann noch den Boden abgedeckt,
oder nachträglich zu hohe Wasserbelastung



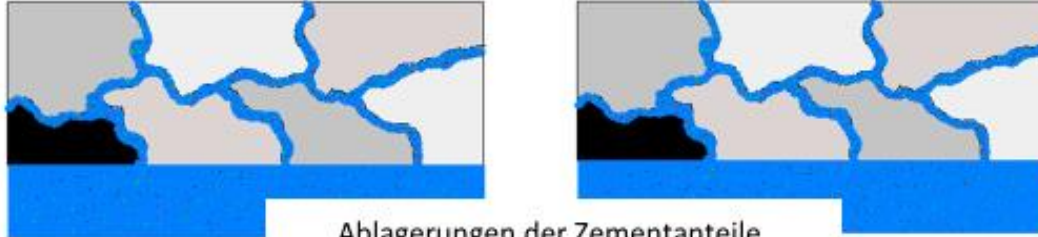
Farbunterschiede durch falsche Verlegematerialien: = **Totalschaden!**

Kapillarräume mit zementären Anteilen

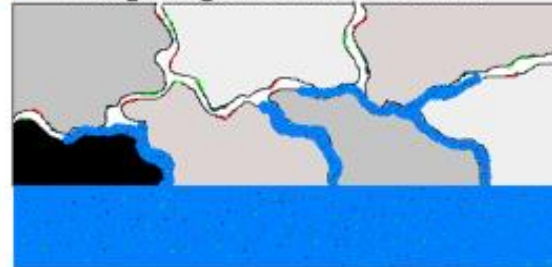
Füllen der Kapillarräume mit zementären Flüssigkeiten



Kapillarräume mit zementären Flüssigkeiten gefüllt, Flüssigkeit verdunstet



Ablagerungen der Zementanteile



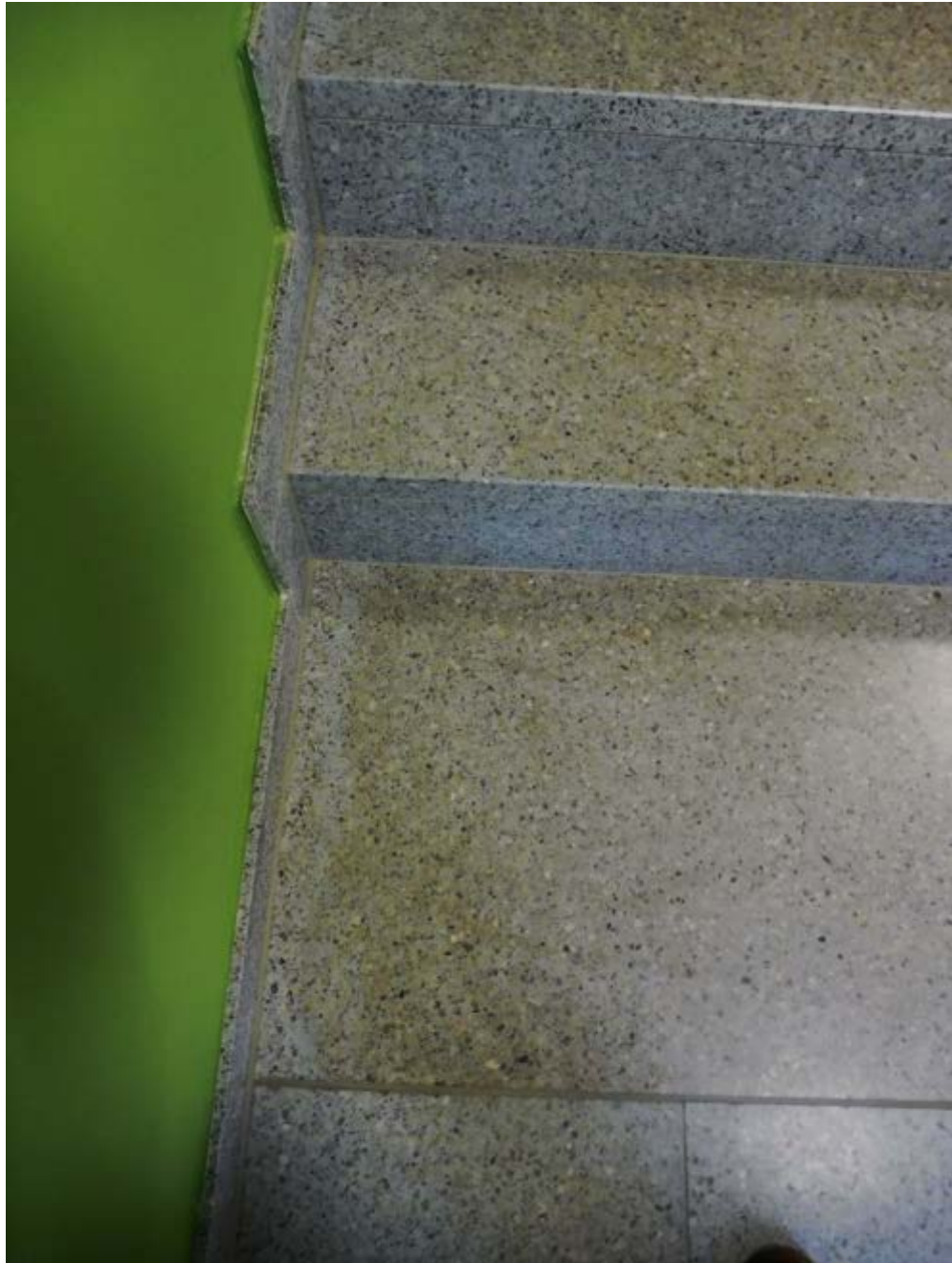
4.3 Durch Nachbehandlung

Versuche mit Imprägnierungen die Ausblühungen zu „kaschieren“.



Ein farbtonevertiefter Boden, glänzt wie eine Speckschwarte und wird auf Dauer fleckig!





Falsche Reinigungsmittel





Schlechte Reinigung



4.4 Mögliche Sanierung

Boden aus verschiedenen Chargen im gleichen Objekt
(nachträglich getwistert)



Mit langfristig richtiger Pflege erreicht man die besten Ergebnisse, **aber das dauert!**

1. Grundreinigung mit geeigneten Mitteln (Bauschmutz)
2. Danach nur ausgetrockneten Boden behandeln
3. Ansonsten nur feuchte Wischpflege mit klarem Wasser
4. Bei Ausblühungen geeigneten Entferner (keiner auf Salzsäurebasis!)
5. Unterhaltsreinigung mit rückfettenden Mitteln

Der Entferner wirkt sofort gegen Ausblühung





Findet man aber solch einen „zuimprägnierten“ Boden vor, muss alles neutralisiert werden (alles wieder runter!) und dann **langfristig** mittels Pflegekonzept, wie bereits geschildert, „gereinigt und gepflegt“ werden.

Auftraggeber verlangen zur Abnahme einen perfekten Boden, Dies ist bei machen Betonwerksteinen nur bedingt möglich! Vor allem bei schwarzen Werksteinen mit feiner Körnung, die keine Zeit hatten auszutrocknen, sind Ausblühungen lange Zeit die Folge. Da hilft auch keine „Gewaltbehandlung“. Dies sollte man jedem Kunden „**vor**“ Auftragsabwicklung zu bedenken geben (Hinweispflicht!).

3.5 Vermeidung von Farbunterschieden

Nicht vermeidbar sind produktionsbedingte Toleranzen

Vermeidbar sind Farbunterschiede durch richtige Verlegung:

- a) Mit Kleber der nicht durchschlägt
- b) Mit Mörtel, der geringe Feuchtigkeit an die Platte abgeben kann (Monokorn)
- c) Sperren der Rückseite mit geeignetem Material (z.B. 1x mit kristallisierendem Kleber abspachteln)
- d) Oder, die sicherste Verlegung : Calciumsulfatestrich(gesperrt) + kristallisierendem Kleber im Dünnbett

Vermeidbar sind Farbunterschiede durch andere Verpackung als mit Schrumpffolie (bessere Abtrocknung)



Vermeidbar sind Farbunterschiede durch späte Verlegung (Platten trocken genug)

Vermeidbar sind Farbunterschiede durch späte Verfugen

Vermeidbar sind Farbunterschiede durch Abdecken von nur ausgetrockneter Belägen und Schutz durch Baustellenverkehr

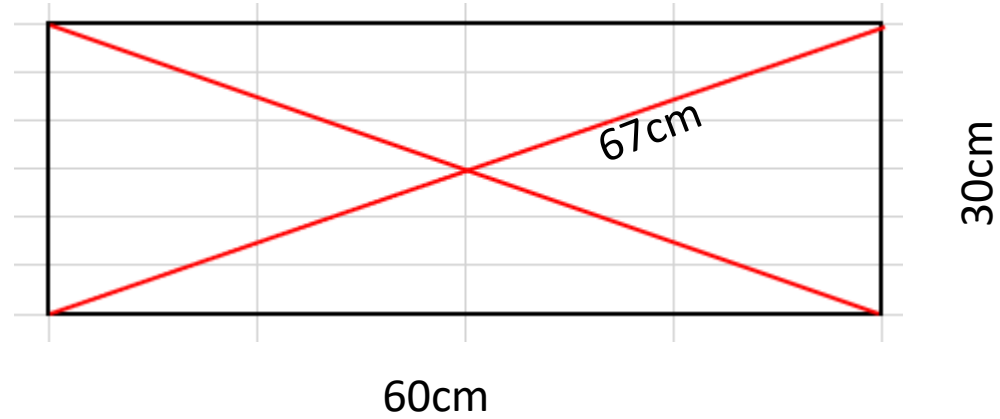
Vermeidbar sind Farbunterschiede durch späte (ausgetrocknete Böden) und richtige Imprägnierung

Vermeidbar sind Farbunterschiede durch richtige Reinigung und Pflege



Und wenn alles richtig gemacht wird und die Produktion auch mitspielt, dann ist das Ergebnis so wie der Bauherr es erwartet.

5. Maßtoleranzen



5.1 Erlaubte Herstellungstoleranzen

DIN EN 13748 Terrazzoplatten

4.2.2.3 Maßabweichungen

Die einzelnen Platten müssen bei Prüfung nach 5.2 den vom Hersteller angegebenen Nennmaßen unter Berücksichtigung der zulässigen Abweichungen entsprechen. Die zulässigen Abweichungen der Istmaße von den angegebenen Nennmaßen sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 — Abweichungen von den Istmaßen

Maß	zulässige Abweichung
Kantenlänge	$\pm 0,3 \%$
Dicke der Platte	$\pm 2 \text{ mm}$ (bei einer Dicke $< 40 \text{ mm}$)
	$\pm 3 \text{ mm}$ (bei einer Dicke $\geq 40 \text{ mm}$)

Toleranzen in Dicke oder Kantenlänge sind eher selten.

Der Unterschied zwischen zwei Messungen der Dicke einer einzelnen Platte muss $\leq 3 \text{ mm}$ betragen.

Kalibrierte Platten, die als solche ausgewiesen sind, dürfen eine zulässige Abweichung der Dicke von $\pm 1 \text{ mm}$ aufweisen.

4.2.2.4.3 Ebenheit der Oberseite

Bei der Messung nach 5.4 darf die Abweichung der Oberfläche an keinem Punkt mehr als 0,3 % der Länge der betrachteten Diagonale betragen. Dies gilt nicht für besonders gestaltete Oberflächen.

5.4.2 Prüfverfahren

Die maximale konvexe oder konkave Abweichung ist über beiden diagonalen Achsen der Oberseite zu bestimmen (siehe Bild 2).

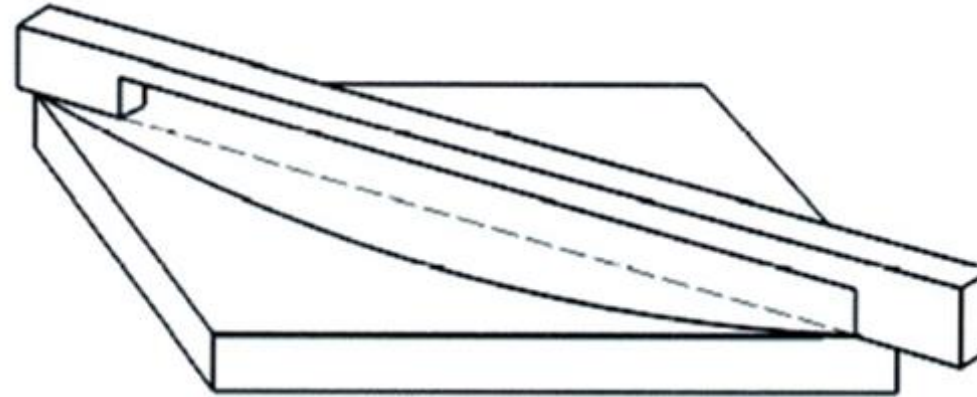


Bild 2 — Bestimmung der Ebenheit der Oberseite

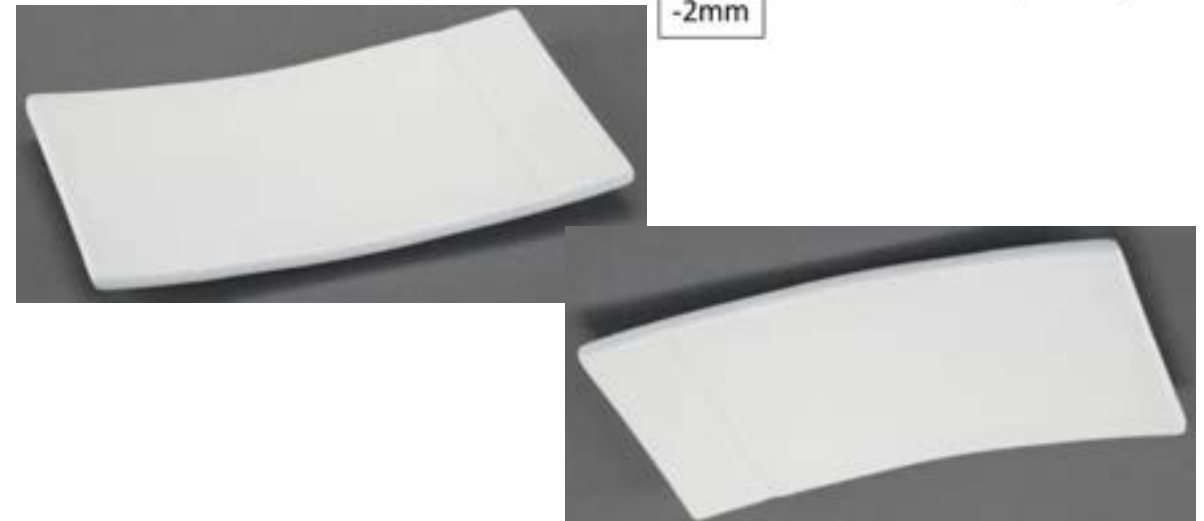
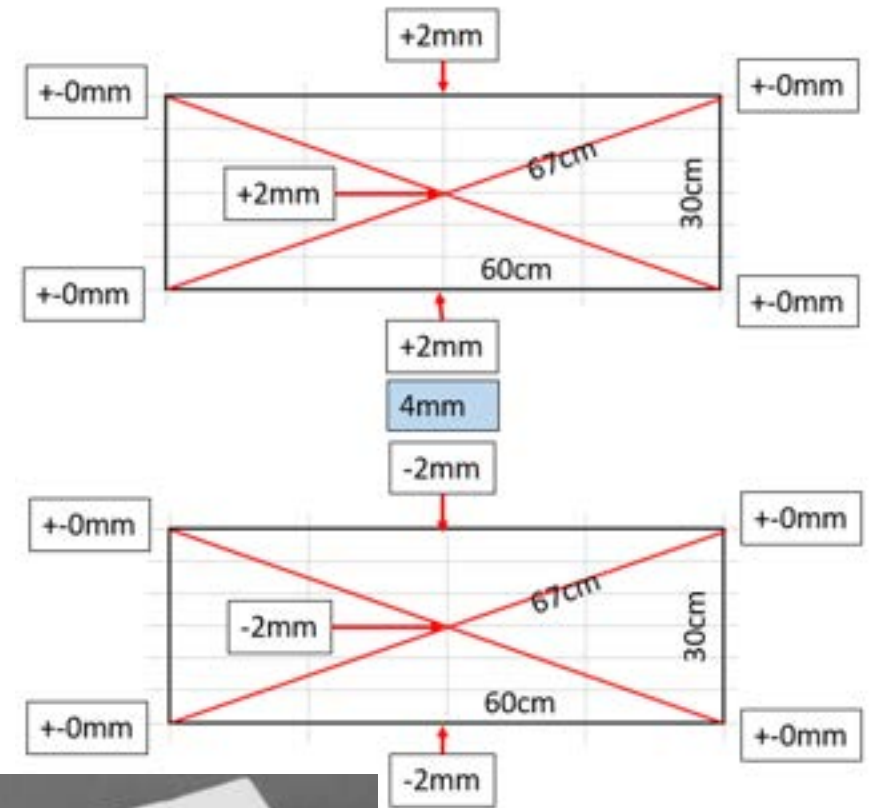
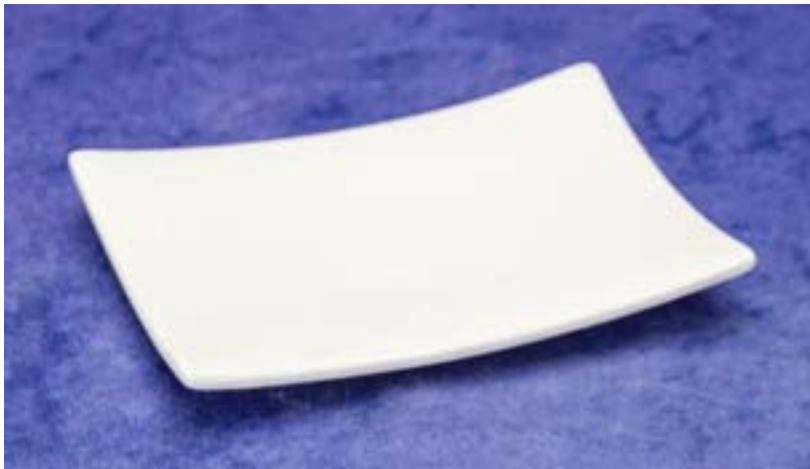
DIN 18500 und DIN V 18500 geben nicht die Diagonale an sondern die Seitenlänge, dies auch mit 0,3%

5.2 Verlegung von DIN konformer Ware

Bei 0,3% erlaubter Ebenheitstoleranz ergibt dies $\pm 2\text{mm}$ an der Längskante. Theoretisch könnten dann 4mm Differenz zwischen zwei Platten beim Verlegen entstehen.

Gem. DIN 18333 ATV sind aber nur „Überzähne“ von max. 1,5mm gestattet! D.h., der Verleger bekommt eine normgerechte Ware (Fertigung), kann sie aber nicht einbauen.

Eher seltene Verformung, aber möglich



DIN 820-1 Normungsarbeit Grundsätze

7.5 Das Deutsche Normenwerk bildet ein einheitliches Regelwerk. Deshalb müssen seine Normen inhaltlich aufeinander abgestimmt sein. Ein Normungsgegenstand darf nur an einer Stelle des Deutschen Normenwerkes behandelt werden. Die einzelnen Normen haben, wenn sie eine bereits an anderer Stelle des Deutschen Normenwerkes getroffene Festlegung übernehmen, auf die Fundstelle zu verweisen und sie nicht zu wiederholen.

7.6 Eine Norm ist bestimmt, klar, widerspruchsfrei und möglichst vollständig zu formulieren.

ANMERKUNG Hinweise und Empfehlungen zur sektor-, branchen- oder zielgruppenbezogenen Erarbeitung von Normen sind in Leitlinien und Grundsätzen enthalten.

Nach dem Normungsgrundsatz müsste in der DIN 18500 und DIN EN 13748 auf die DIN 18333 hingewiesen werden und eine max. Toleranz der Seitenlänge erlauben von $\pm 0,75\text{mm}$!

Deshalb wurde bei DIN Einspruch zur DIN 18500 durch den BIV Steinmetze gemacht
Es sollte eine „Klassifizierung“ wie unten aufgeführt in die Norm aufgenommen werden

Ebenheit	Größte Seitenlänge	Klasse E0	Klasse E1	Klasse E2
	≤ 1.000	$\leq 0,3 \%$	$\leq 0,3 \%$	$\leq 0,15 \%$
	> 1.000 bis 2.000	$\leq 0,3 \%$	max. $3,0 \text{ mm}$	max. $1,5 \text{ mm}$
	> 2.000 bis 6.000	$\leq 0,3 \%$	max. $4,0 \text{ mm}$	max. $2,0 \text{ mm}$
	> 6.000	$\leq 0,3 \%$	max. $5,0 \text{ mm}$	max. $2,5 \text{ mm}$

Satz: Ab einer Kantenlänge $> 500 \text{ mm}$ ist zur Einhaltung der erlaubten Überzähne gemäß DIN 18333 die Klasse 2 zu wählen.

Aber:

Der Verleger braucht m.E. eine Ware, bei der er die Verlegenorm nicht einhalten kann, dann **nicht** abzunehmen, wenn er die Ware bestellt „für eine Verlegung nach DIN 18333“, oder einfach: „Bodenplatten für Flächen“, oder „Stufen für Treppenhausbeläge“.

Hier ist die Forderung der DIN 18299 mit der Aussage dass „ein Produkt für den Verwendungszweck geeignet sein muss“ anzuwenden.

Die Rechtsprechung geht immer mehr in diese Richtung.

6. Geeignet für den Verwendungszweck

6.1 Technischer Verwendungszweck?

Technische Anforderung

Die technischen Eigenschaften bestimmen sich durch die Nutzung.
Wichtige Kennwerte sind hierbei:

- a) Biegezugfestigkeit
- b) das Format
- c) die Dicke
- d) die Verlegeart
- e) die Rutschfestigkeit

Die Angaben in der Ausschreibung müssen neben dem Materialtyp mind. folgende Daten enthalten:

- a) das Format
- b) die Dicke
- c) die Verlegeart
- d) die Rutschfestigkeitsklasse
- e) die Oberflächenbearbeitung
- f) die zu erwartenden physikalischen und chemischen Beanspruchungen (DIN 18333 § 0.2.21)**
(dies können z.B. Schwinden und Kriechen oder Durchbiegungen der Betonuntergründe sein
oder zu erwartende Absenkungen oder Schüsselungen bei Estrichen)

Bitte beachten:

Ein Bodenbelag, der als Wohnzimmerboden mit „geflammter Oberfläche“ ausgeschrieben wurde und es kein Hinweis durch den Ausführenden gab, dass dieser Boden zu Verletzungen führen kann, führt nach aktueller Rechtsprechung zum kostenpflichtigen Austausch des Bodenbelages!

Im vorliegendem Fall hatten die Bauherren geklagt, dass ihre Kinder sich die nackten Knie verletzten.

Das Gericht kam zu der Überzeugung, dass dieser Bodenbelag „**nicht geeignet für den Verwendungszweck**“ ist obwohl er so ausgeschrieben war und sogar als Muster besichtigt und freigegeben wurde!

Deshalb muss der Unternehmer immer dann Bedenken anmelden, wenn eine Ausführung nicht geeignet für den Verwendungszweck ist, **auch wenn** sie der **Norm** oder **dem Vertrag** (LV) entspricht!

6.2 Optischer Verwendungszweck

Bei einer Schule sollte die Nutzung und der Reinigungsaufwand im Vordergrund stehen (Kosten der Allgemeinheit)

Flecken auf hellem Boden sind sofort sichtbar
Eine tägliche Reinigung wäre erforderlich
Für eine Schule eher ungeeignet

Flecken auf dunklem, strukturiertem Boden sind kaum sichtbar.
Eine tägliche Reinigung wäre nicht erforderlich. Für eine Schule geeignet



Was bei der Übersicht noch einigermaßen gut aussieht, ist bei näherer Betrachtung eher unschön!



Größeres Format mit groberer Körnung und Standard grau Verfugung = optisch gutes Bild



Strukturiertere Körnung und Standard grau Verfugung = optisch gutes Bild



Bei Kenntnis über die zukünftige Nutzung sollte der Unternehmer **darauf hinweisen**, wenn ein erhöhter Reinigungsaufwand und eine kaum befriedigende Optik zu erwarten sind.

Betonwerksteinverlegungen
erfordern fundiertes Wissen.

Dass vernünftige Qualität und
fachlich richtige Ausführungen
teurer sind als Ausführungen durch
unqualifizierte Verleger ist Fakt.

Aber.....



Danke für Ihre Aufmerksamkeit



Literaturnachweis u.a.:

Fliesenlegerhandbuch 2001/2005/2008/2012/2019

Mapei-Bodennavigator „Tragfähigkeit von Bodenkonstruktionen“
von Prof. Dr. Alfred Stein ISBN 978-3-87188-255-5

DENAK Forum Ausgaben 2006-2018

Fachkunde für den Fliesenleger ISBN 978-3-663-10026-3

Hinzunehmende Unregelmäßigkeiten bei Gebäuden
ISBN 978-3-528-11689-7

Merkblätter des BIV Frankfurt