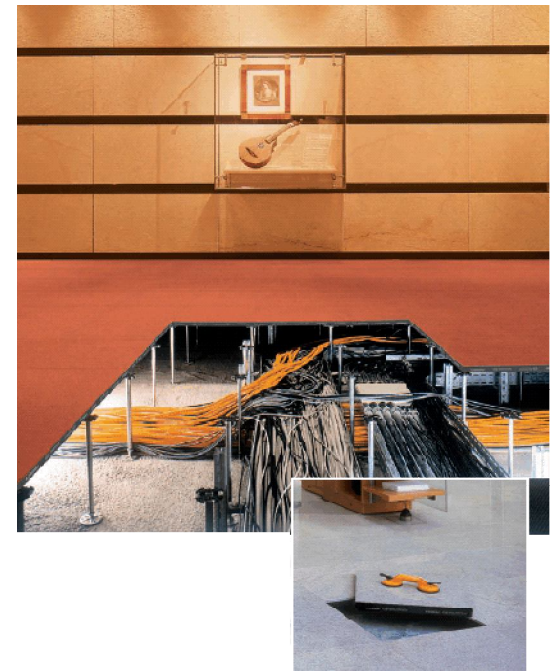


Bundesverband Systemböden e.V.
17. Februar 2017

Verlegung von Keramik- und Naturwerksteinbelägen auf Trockenhohlböden



Dipl.-Ing. Burkhard Prechel
MAPEI GmbH Anwendungstechnik



Bundesverband Systemböden e.V.
17. Februar 2017

Verlegung von Keramik- und Naturwerksteinbelägen auf Trockenhohlböden

1. Systemverformung und starre Beläge
2. Hinweise zur Belagsauswahl
3. Einfluss der Qualität der Stoßausbildung
4. Keramik- und Naturwerksteinbeläge - Verlegesysteme



Dipl.-Ing. Burkhard Prechel

MAPEI GmbH Anwendungstechnik

Durchbiegung

Prüfung am Plattenrand und in der Plattenmitte mit Nutzlast

Achtung!

**Eine Durchbiegung von 2 mm führt bei
starren Stein- und Keramikbelägen zu
Schäden!**



Erfahrungen mit Stein- und Keramikbelägen

- Hohllagen und Rissbildungen in den Belägen
- Rissbildungen im Belag meist über den Fugen der Hohlbodenelemente

Ursachen

- Verformungen der vorhandenen Hohlbodenkonstruktion
- größere Formate – abnehmende Verformungswilligkeit des Belages
- Einsatz von Naturwerksteinen in geringeren Materialdicken
- Verlegung im Verband
- angewandte Verlegetechnik
- Auswahl ungeeigneter Verlegewerkstoffe – Grundierungen, Klebemörtel



Das Verformungsverhalten der Tragschicht ist abhängig von der **Materialzusammensetzung und der Dicke** der Hohlbodenelemente

E·I

Widerstandsfähigkeit eines Baustoffes gegenüber Formänderungen - Verformungswilligkeit
Materialkonstante - Ermittlung in Materialprüfungen

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

I – Trägheitsmoment

Kenngroße des Querschnittes - abhängig von Form und Größe der Fläche sowie ihrer Lage zur Bezugsachse
unabhängig vom Baustoff

h - wirksame Querschnittshöhe

hier die Plattendicke



Das Verformungsverhalten der Tragschicht ist abhängig von der **Materialzusammensetzung und der Dicke** der Hohlbodenelemente

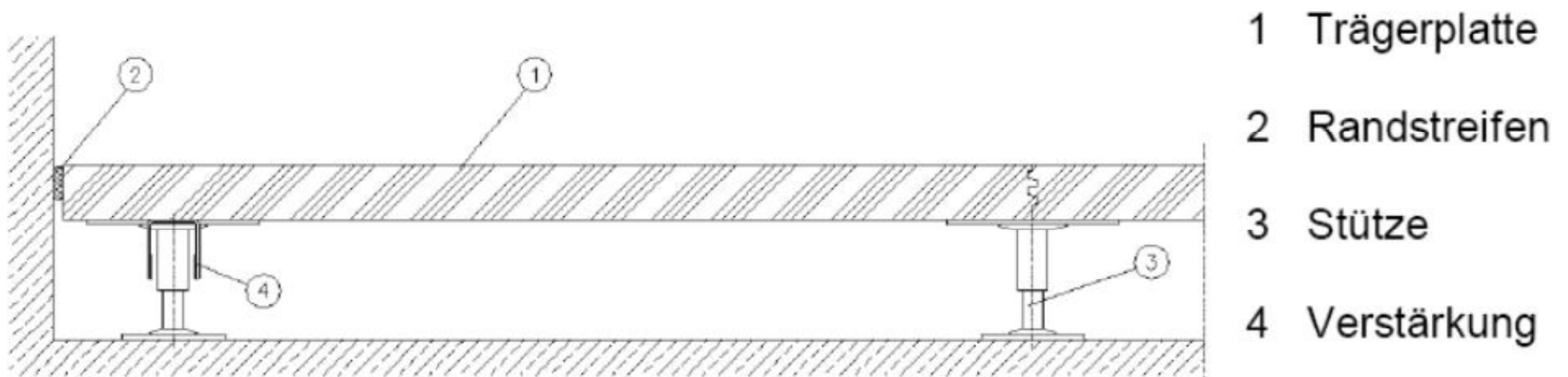
Der Eignungsnachweis für den jeweiligen Einsatzbereich ist vom Systembodenhersteller zu erbringen !



Hohlböden in Trockenbauweise

- Auswahl der Hohlbodenanlage für die jeweilige Belastungsklasse erfolgt häufig **ohne Berücksichtigung** des Nutzbelages
- Festlegung des Nutzbelages oft erst zu einem späteren Zeitpunkt
- spätere Wechsel des Nutzbelages im Rahmen von Renovierungen **ohne Eignungsnachweis** der vorhandenen Hohlbodenkonstruktion
- Ausführung als unbeheizte oder beheizte Konstruktion

Planung in der Verantwortung !



Hohlböden

Welche Verformungen können in
Verbindung mit Stein- und
Keramikbelägen schadensfrei
aufgenommen werden ?



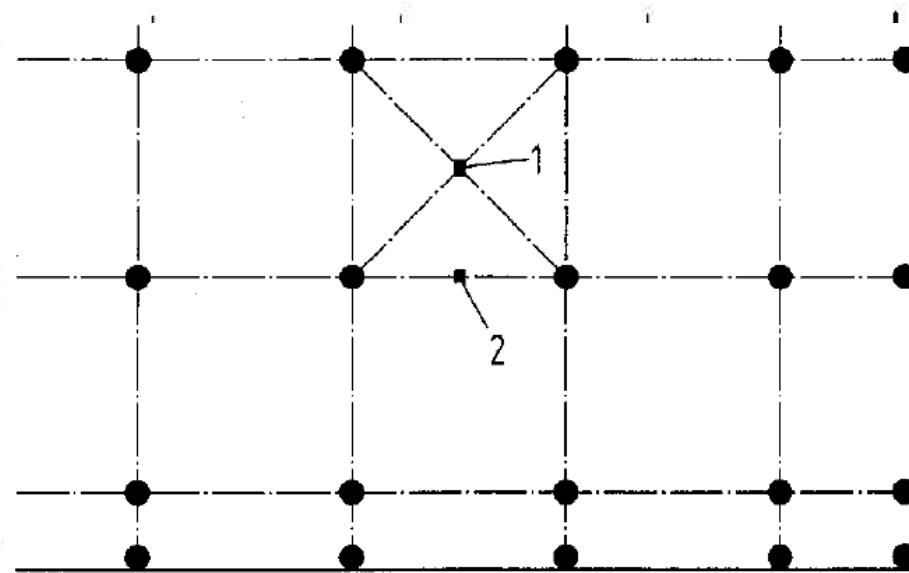
Hohlböden - in Trockenbauweise

Lasteintragungspunkte

Prüfung nach EN 13213

Laststempel Kantenlänge 25 mm

Zusatzprüfungen 3 und 5



- 1 Plattenmitte
- 2 Plattenrandmitte - Lasteintrag auf Plattenstoß
- 3 Plattenrandmitte - Lasteintrag auf Plattenstoß in zwei benachbarten Felder
- 4 Prüffeldrand - Plattenrand mit Stützenabstand 300 mm
- 5 Plattenmitte - Lasteintrag in zwei benachbarten Feldern

Bild 1 — Prüfanordnung für die Belastungs- und Durchbiegungsprüfung

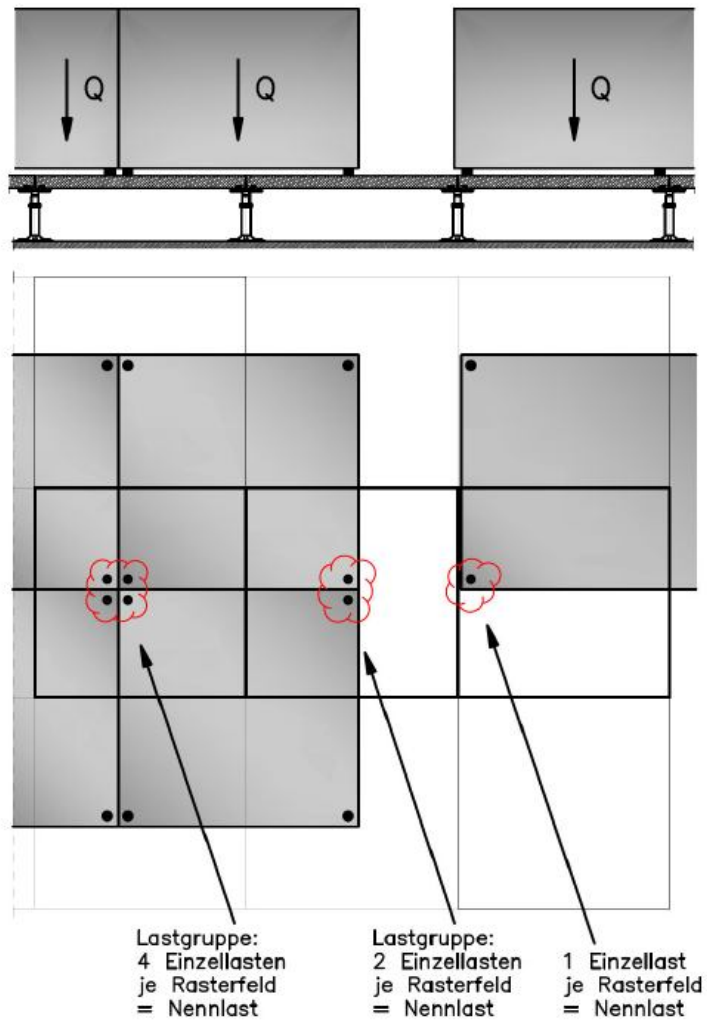


Abbildung 2: Beispiele möglicher Lastkonfigurationen bei Hohlböden

2.5 Beispiel einer praxisnahen Lastanordnung

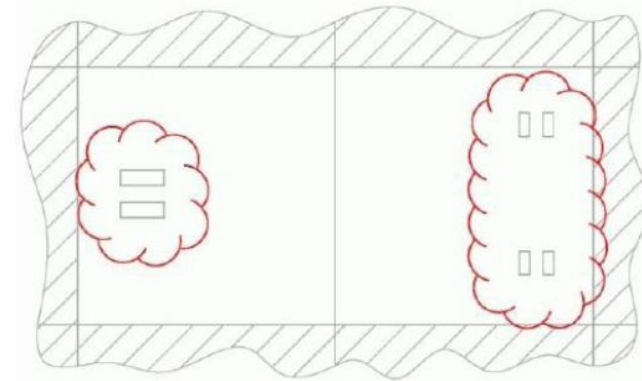
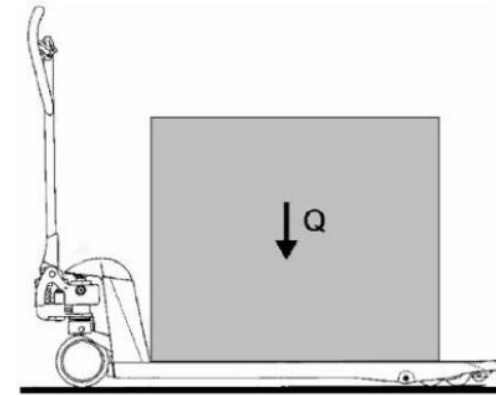
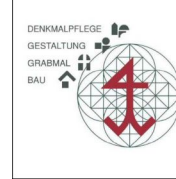


Abbildung 3: Typisches Nutzungsbeispiel eines Hohlbodens durch Hubwagen (dynamisch, mehrere Einzellasten)



BIV Merkblatt 1.06

Naturwerkstein auf Trocken-Hohlböden



BUNDESVERBAND
DEUTSCHER STEINMETZE

BIV Bundesinnungsverband des Deutschen Steinmetz- und Steinbildhauerhandwerks
Weißkirchener Weg 16 · 60439 Frankfurt am Main · Tel.: 069-576098 · Fax 069-576090



Begrenzung der Durchbiegung bei Nutzlasteinwirkung

$$f \leq l/650$$

bei Stützenraster 600 mm

$$f \leq 0,92 \text{ mm}$$

Entwurf DIN 18157 - Ausführung von Bekleidungen und Belägen im Dünnbettverfahren (Stand 2016-01)

5.2.16 Trockenhohlböden

Trockenhohlböden müssen DIN EN 13213 entsprechen. Abweichend davon ist eine **maximale Durchbiegung von $l/650$ zulässig.**



Mechanisch beanspruchte Beläge

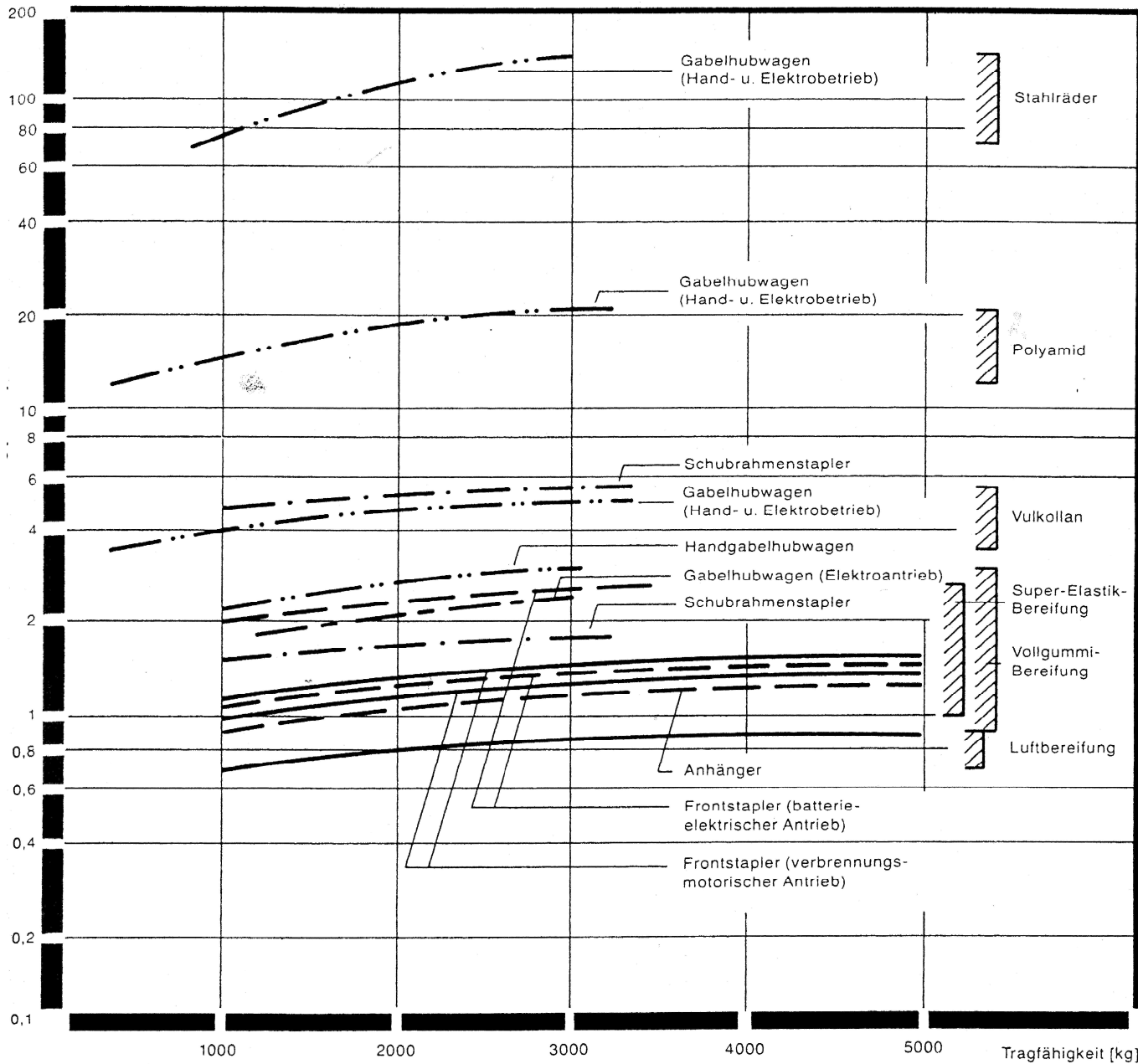
Belastungsgruppen

Beanspruchungsgruppe	Bruchkraft F(N) DIN EN ISO 10545-4	Anwendungsbereiche Mechanische Beanspruchung
I	< 1.500	Wohnungsbau und Bodenbeläge mit vergleichbarer mechanischer Beanspruchung, z. B. Hotelbadezimmer, Räume des Gesundheitsdienstes
II	1.500–3.000	Verwaltung, Gewerbe und Industrie (befahrbar mit luftbereiften Fahrzeugen), z. B. Großküchen, Kantinen, Verkehrszonen, KFZ-Ausstellungs- und Wartungsräume, Verkaufsräume, jeweils ohne Flurförderfahrzeugverkehr Pressungen bis 2 N/mm²
III	3.000–5.000	Gewerbe und Industrie (Flurförderfahrzeugverkehr mit Superelastik-, Vollgummi- und Vulkollanbereifung), z. B. im Lebensmittel-Einzel- und -Großhandel, Nonfood-Einzel- und -Großhandel, Ladenpassagen Pressungen von 2 bis 6 N/mm²
IV	5.000–8.000	Gewerbe und Industrie; Anwendungsbereiche wie Gruppe III, jedoch befahrbar mit Polyamidrollen Pressungen von 6 bis 20 N/mm²
V	> 8.000	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

Bild 2: Mechanische Belastung nach Gruppen



Mechanisch beanspruchte Beläge



Beanspruchungsgruppe

V

IV

III

II

Pressung aus Flurförderungsmitteln



(Gesamtgewicht)

Belastungs-Gruppe	Dicke (mm)	Bruchkraft F (N)															
		Fliesen oder Platten (quadratisches Format)															
		Biegefestigkeiten in N/mm ²															
		8	10	12	14	16	18	20	27	32	37	43	47	52	57	62	69
I	6,0	214	267	321	374	428	481	535	722	855	989	1123	1256	1390	1523	1657	1844
	7,0	291	364	437	509	582	655	728	982	1164	1346	1528	1710	1892	2074	2255	2510
	8,0	380	475	570	665	760	855	950	1283	1520	1758	1996	2233	2471	2708	2946	3279
	8,5	429	536	644	751	858	966	1073	1448	1716	1985	2253	2521	2789	3057	3326	3701
	9,0	481	601	722	842	962	1082	1203	1624	1924	2225	2526	2826	3127	3428	3728	4149
	9,5	536	670	804	938	1072	1206	1340	1809	2144	2479	2814	3149	3484	3819	4154	4623
	10,0	594	742	891	1039	1188	1336	1485	2005	2376	2747	3118	3489	3861	4232	4603	5123
	10,5	655	819	982	1146	1310	1473	1637	2210	2619	3029	3438	3847	4256	4666	5075	5648
	11,0	719	898	1078	1258	1437	1617	1797	2425	2875	3324	3773	4222	4671	5120	5570	6198
	11,5	785	982	1178	1375	1571	1767	1964	2651	3142	3633	4124	4615	5106	5597	6087	6775
	12,0	855	1069	1283	1497	1711	1924	2138	2887	3421	3956	4490	5025	5559	6094	6628	7377
	12,5	928	1160	1392	1624	1856	2088	2320	3132	3712	4292	4872	5452	6032	6612	7192	8004
	13,0	1004	1255	1506	1757	2008	2258	2509	3388	4015	4642	5270	5897	6524	7152	7779	8657
	13,5	1082	1353	1624	1894	2165	2436	2706	3653	4330	5006	5683	6359	7036	7712	8389	9336
	14,0	1164	1455	1746	2037	2328	2619	2910	3929	4656	5384	6112	6839	7567	8294	9022	10040
15,0	1336	1670	2005	2339	2673	3007	3341	4510	5345	6181	7016	7851	8686	9522	10357	11526	
II	16,0	1520	1901	2281	2661	3041	3421	3801	5132	6082	7032	7982	8933	9883	10833	11784	13114
	18,0	1924	2405	2887	3368	3849	4330	4811	6495	7697	8900	10103	11306	12508	13711	14914	16598
	20,0	2376	2970	3564	4158	4751	5345	5939	8018	9503	10988	12473	13957	15442	16927	18412	
	22,0	2875	3593	4312	5031	5749	6468	7187	9702	11499	13295	15092	16889	18685			
	24,0	3421	4276	5132	5987	6842	7697	8553	11546	13684	15822	17961					
	26,0	4015	5019	6023	7026	8030	9034	10038	13551	16060	18569						
	28,0	4656	5821	6985	8149	9313	10477	11641	15716	18626							
IV	30,0	5345	6682	8018	9354	10691	12027	13364	18041								
	35,0	7276	9095	10914	12733	14551	16370	18189									
	40,0	9503	11879	14254	16630	19006											

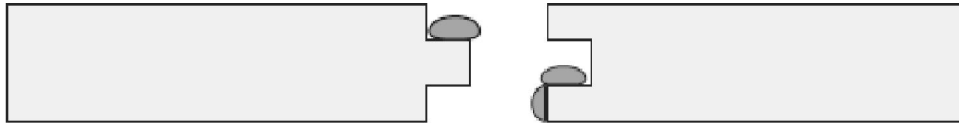


Hohlböden – in Trockenbauweise

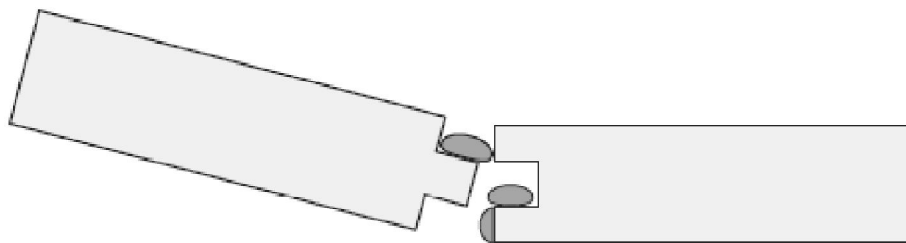
Stoßausbildungen:

mit einfacher Nut- Federausbildung

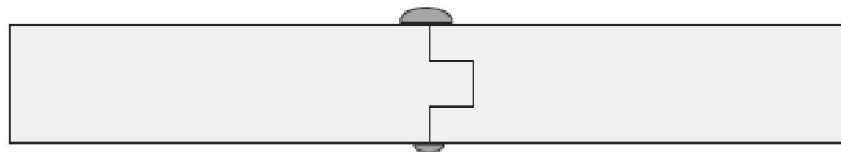
Klebstoffauftrag auf die Feder **und** an die Nutvorderkante



Verlegereihenfolge: Feder in die liegende Nut einfügen



Austretender Klebstoff zeigt ausreichende Menge



Hohlböden – in Trockenbauweise

Stoßausbildungen:

mit Zinkenverbindungen der Plattenkanten

Kleberauftrag

A 6.9.1



Der Stoß liegt bei einlagigen Hohlbodensystemen immer im Stützenraster !



Abbildung 18 Kleberauftrag 3-fach Verzahnung



Abbildung 19 Kleberauftrag 2-fach Verzahnung



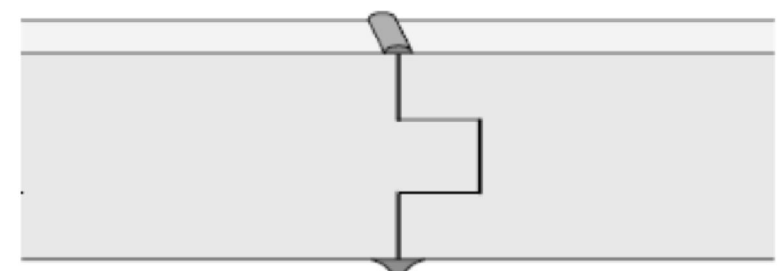
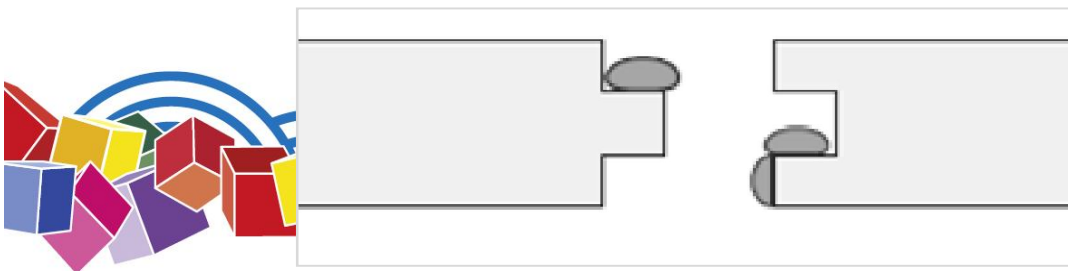
Hohlböden - in Trockenbauweise

Bei nicht fachgerecht ausgeführter Stoßverleimung ist keine Kraftschlüssigkeit gegeben



⇒ *der Stoß wirkt als Gelenk*

Folge: Zugkräfte im Belag über der sich öffnenden Fuge führen zu Rissbildungen



Hohlböden - in Trockenbauweise

Einfluss der Qualität der Stoßverklebung

- Der Plattenstoß ist der Schwachpunkt des Gesamtsystems.
- Die Qualität der Stoßverklebung hat entscheidenden Einfluss auf das Tragverhalten der Bodenkonstruktion.
- Durch mehrlagige Ausführung der Tragschicht kann die Tragfähigkeit der Bodenkonstruktion erhöht werden.
Aber: Großflächige Verklebungen erfordern eine technologische Planung und sorgfältige Ausführung, die unter Baustellenbedingungen nicht unproblematisch ist!



Begrenzung der Feuchteparameter auf unschädliche Werte

Lieferfeuchte der Systembodenelemente

Einbauklima

Klimabedingungen während der Nutzung

Bei gipsgebundenen Baustoffen kann sich bei einem erhöhten Restfeuchtegehalt die Biegezugfestigkeit um bis zu 30% reduzieren !

Reduzierung der Tragfähigkeit !

Erhöhung der Durchbiegung !



DIN EN 13213 Hohlböden

BIV Merkblatt 1.06 Naturwerkstein auf Trocken-Hohlböden

klare Definition der bauklimatischen Bedingungen

Temperaturen: 15 – 25 ° C

rel. Luftfeuchte 40 - 65%



Verlegung von Keramik- oder Naturwerksteinbelägen



Wirkungsmechanismus von Rohstoffen/ Bindemittel

Rohstoffe	Funktion	Positive Eigenschaften	Negative Eigenschaften
Portlandzement (Silikatbasierend)	Bindemittel	Hohe Festigkeit, Wasserbeständigkeit, anwendergerechtes Abbindeverhalten	Freisetzung von Ca(OH)_2 langsame Trocknung → Auslösen von Verfärbungen und Verformungen bei sensiblen Belagsmaterialien
Binäres Zementsystem (Aluminatbasierend)	Reaktion mit PZ	Beschleunigung des Erstarrungsverhaltens und der Festigkeitsbildung	Erhöhung des Schwindverhaltens langsame Trocknung
Ternäres Zementsystem (Portlandz. / Tonerdeschmelzz. / Gips)	Ettringitbildung im Zusammenwirke n von PZ/TEZ und Gips mit Wasser	Schnelle Abnahme der Restfeuchtigkeit und Schwundkompensator	Evtl. Verminderung der Wasserfestigkeit in Anhängigkeit der Formulierung



Die Europeanorm DIN EN 12004

Klassifizierung der Klebersysteme

Kennzeichnungsvarianten für zementäre Dünnbettmörtel

C1 = Normal cementitious adhesive

(normal erhärtender, zementärer Klebemörtel
mit Haftfestigkeit $\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$ und Offenzeit $\geq 20 \text{ min}$)

C2 = Improved cementitious adhesive with additional characteristics

(verbesserter zementärer Klebemörtel mit zusätzlichen
Eigenschaften - Haftfestigkeit $\geq 1,0 \text{ N/mm}^2$)

E = Extended open time (längere Offenzeit $\geq 30 \text{ min}$)

F = Fast (schnell erhärtender Klebemörtel; Früh-Haftzugfestigkeit
nach 6 h $\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$)

T = Thixotrop (standfester Klebemörtel; Abrutschen $\leq 0,5 \text{ mm}$)

S1 = (verformbare Mörtel; Durchbiegung $\geq 2,5 \text{ mm}$ und $\leq 5 \text{ mm}$)

S2 = (stark verformbare Mörtel; Durchbiegung $\geq 5 \text{ mm}$)

Verlegung großformatiger Platten

Überschusswasseranteil:

25 kg Gebinde wird angemischt mit ca. 7 l Wasser
30% des Gebindes: Bindemittel 7,5 kg
Portlandzement kann etwa 40% des Eigengewichts an
Wasser chemisch und physikalisch binden.

- ⇒ **3 l Wasser werden gebunden**
- ⇒ **ca. 4 l Wasser müssen pro Gebinde trocknen**
- ⇒ **Verlegeleistung ca. 6 m² pro Gebinde**
(10 mm Kammspachtel → ca. 4 kg/m²)
- ⇒ **670 ml Überschusswasser pro m²**



Verlegung großformatiger Platten

Plattenformat	Fugenanteil pro m ² Fläche	Feuchtigkeitsabgabe pro Tag	Trocknungsdauer
30 / 30 cm	0,033 m ²	24 ml	28 Tage
60 / 60 cm	0,017 m ²	12 ml	56 Tage
90 / 90 cm	0,011 m ²	9 ml	74 Tage
120 / 120 cm	0,008 m ²	6 ml	112 Tage

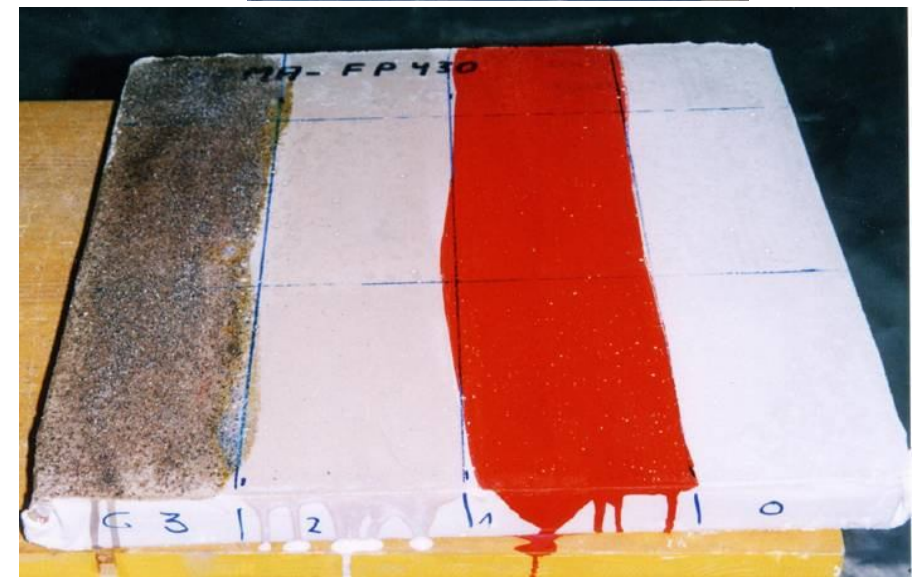
Vorsicht bei feuchtigkeitsempfindlichen Untergründen !

Vorsicht bei zu früher mechanischer Belastung!



Einfluss von Grundierungen auf die Wasseraufnahme

Kennzeich- -nung	Grundierung
0	keine
1	Acrylatdispersion (rot eingefärbt)
2	Copolymer (gelb eingefärbt)
3	Epoxydharz (zweikomponentig)



Einfluss von Grundierungen auf die Wasseraufnahme

Grundierung	Wasseraufnahme 45 min. ml	Wasseraufnahme 60 min. ml
keine	40	> 40
Acrylat	32	40
Copolymer	25	36
Epoxydharz	0	0



Hohlböden – Quellverhalten, calciumsulfatgebundene Trägerplatte

Feuchtigkeitsschutz der Trägerplatten in Abhängigkeit des zu erwartenden Wasserpotentials, möglich durch :

- **Epoxidharzgrundierung**
- **Verbundabdichtung**
- **Einsatz schnelltrocknender Klebemörtel mit effektiver kristalliner Wasserbindung**
- **Schutz vor Feuchte aus der Konstruktion und aus der Raumluft**



Zusammenfassung

Die Abstimmung der Hohlbodenkonstruktion auf den zu verlegenden Belag und die Nutzungsbedingungen ist unbedingt erforderlich!

Merkblatt des Bundesverband Systemböden e.V.

Nr. 016-Natur-und-Betonbelaege-002; Februar 2013

- Feuchtegehalt der Oberbelagsmaterialien, Überschusswasser der Verlegematerialien,
- Vorgesehene Beanspruchung und die Art der Lasteinwirkung,
- Verhältnis der Steifigkeiten von Tragschicht des Hohlbodens und des Steinbelages,
- Formbeständigkeiten von Steinbelägen und Hohlbodentragsschicht,
- Steinart, Dicken und Abmessungen; insbesondere großformatige Steine bedürfen der Überprüfung der Eignung,
- Feldgrößen und Fugenausbildungen,
- Art der Verklebung der Steinbeläge und Vorbereitung der Klebung.
- Nässe- und Feuchtebeanspruchungen der Tragschicht beim Einbau und während der Nutzung sind konstruktiv zu verhindern,
- Umgebende Klimabedingungen bei Einbau und während der Nutzung der Böden und Reaktion der Materialien auf Klimaeinflüsse.