
BEMESSUNG VON BODENKONSTRUKTIONEN

Merkblatt 8-3

Stand 22.01.2020
ersetzt

Stand 04.10.2019

Teil 3: Bemessung von Belägen (vereinfachter Nachweis)

1 Vorwort

Dieses Merkblatt erweitert den Anwendungsbereich des Merkblattes „Hoch belastete Beläge – Mechanisch hoch belastbare keramische Bodenbeläge –,“ des Fachverbandes Deutsches Fliesengewerbes um die Lastermittlung, um verschiedene Lastverteilungsschichten, um 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)

Verweis

Grundlage für die Bemessung der Beläge sind die Schub- und Drucksteifigkeit des Verlegemörtels bzw. der Entkopplung auf der Basis des Merkblattes Nr. 7 der Deutschen Natursteinakademie (www.denak.de) „Ermittlung der technischen Eigenschaften von Entkopplungen“

2 Anwendungsbereich

Dieses Merkblatt gilt in Verbindung mit Teil 1 und regelt die Bemessung von Bodenbelägen auf der Basis der Bruchlast. Das Berechnungsverfahren dieses Merkblattes stellt ein vereinfachtes Verfahren dar. Eine Ingenieurmäßige Berechnung von Bodenkonstruktionen kann zu Konstruktionen mit geringeren Bauteildicken führen.

3 Bruchlasten von Belägen

3.1 Beläge auf Klebebett

Beläge von Bodenkonstruktionen werden im Regelfall im Verbund verlegt. Im Gegensatz zu "weichen" Belägen bilden "starre" Beläge einen tragenden Verbundquerschnitt mit der Lastverteilungsschicht. In diesem Verbundquerschnitt werden die Beläge beansprucht. Diese Beanspruchung kann aus mechanischen, klimatischen und materialspezifischen Belastungen resultieren. Die Beläge sind für diese Beanspruchung zu bemessen oder handwerklich so auszuführen, dass Schäden vermieden werden können.

Für Bodenbeläge mit punktförmiger Belastung werden Keramik-, Betonwerkstein- und Naturwerksteinplatten eingesetzt. Die Dicke dieser Beläge ist abhängig von der Biegefestigkeit des Material und der Verlegetechnik. Die Bemessung der Beläge erfolgt im Regelfall ohne Berücksichtigung des Einflusses der Lastverteilungsschicht.

Entsprechend Tabelle 1 erfolgt eine Einstufung der Belastung in Beanspruchungsgruppen. Diese Einstufung dient zur Bestimmung der erforderlichen Bruchlast der Beläge.

So werden Fahrzeuge mit Vulkollanrädern der Beanspruchungsgruppe III und Fahrzeuge mit Stahlrädern der Beanspruchungsgruppe V zugewiesen. Die zugehörige erforderliche Bruchlast der Platten kann der Tabelle 2 entnommen oder nach Gleichung (2) ermittelt werden.

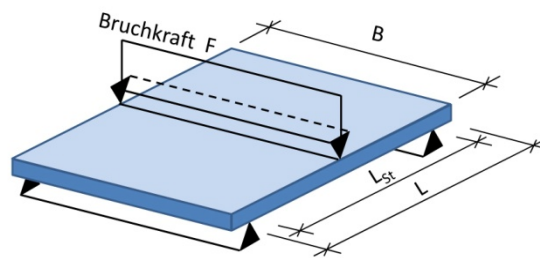


Bild 1: System zur Ermittlung der Bruchlast

$$F \approx \frac{\beta_{BZ} \cdot d_B^2 \cdot B}{1,35 \cdot L} \quad (1)$$

Für $B = L$ ergibt sich

$$F \approx \frac{\beta_{BZ} \cdot d_B^2}{1,35} \quad (2)$$

β_{BZ} (N/mm ²)	Biegefestigkeit der Fliese oder Platte
d_B (mm)	Fliesen- oder Plattendicke
B (mm)	Fliesen- oder Plattenbreite
L (mm)	Fliesen- oder Plattenlänge
L_{St} (mm)	Stützweite der Fliese oder Platte

Die Bemessung von Belägen auf der Basis der Bruchlast ist nur für eine hohlraumarme Verlegung, wie z.B. Beläge im Dünn- und Mittelbett geeignet. Bei Belägen mit Hohllagen, wie sie z.B. bei einer Verlegung im Dickbett vorkommen können, sind gesonderte Überlegungen zur Bestimmung der erforderlichen Belagdicken erforderlich.

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, Räume des Gesundheitsdienstes
II	1500 - 3000	Verwaltung, 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 1

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	42	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	
II	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	
	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				
III	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												

Tabelle 2: Abhängigkeit Biegefestigkeit und Beanspruchungsgruppe

Die Ermittlung der Belagdicke auf der Basis der Bruchlast ist nur für quadratische Formate erforderlich. Die ermittelten Belagdicken weisen eine globale Sicherheit von $\gamma_G = 1,50$ auf.

3.2 Beläge auf Entkopplung verlegt

Unter Berücksichtigung der vertikalen Bettungsziffer von Entkopplungsmatten kann für eine technisch vollflächige Verlegung von Belägen die Bruchlast angegeben werden, die einer Punktbelastung mit einer Aufstandsfläche von 50 mm x 50 mm entspricht. Hierbei ist das Moment aus einer Linienbelastung dem Moment aus einer Punktbelastung auf einer gebetteten Platte gleich. Für den Belag wird von einem Sicherheitsbeiwert von $\gamma_G = 1,50$ ausgegangen.

Mindestbruchlast F (N)									
vertikale Bettung k_v (MN/m ³)	Punktbelastung 2 kN			Punktbelastung 3 kN			Punktbelastung 4 kN		
	Betonwerkstein	Naturwerkstein	Feinsteinzeug	Betonwerkstein	Naturwerkstein	Feinsteinzeug	Betonwerkstein	Naturwerkstein	Feinsteinzeug
≥ 1500	4100	3600	2800	6900	6300	5400	9800	9100	7800
≥ 2500	3600	3200	2400	6200	5400	4500	9100	8100	6900
≥ 5000	3000	2400	1800	5400	4500	3600	7800	6600	5400
≥ 10000	2400	1800	900	4200	3600	2600	6300	5400	4200
≥ 15000	1800	<i>1800</i>	<i>900</i>	3600	3000	1800	5700	4500	3400
≥ 20000	1600	<i>1800</i>	<i>900</i>	3200	2600	1400	5100	4200	2800
≥ 25000	<i>1600</i>	<i>1800</i>	<i>900</i>	3000	2200	<i>900</i>	4800	3600	2200

Tabelle 3

In der Tabelle 3 sind die Bruchlasten für verschiedene Belagmaterialien und verschiedene Bettungsziffern angegeben. Die Mindestanforderungen an die Biegefestigkeit der Materialien sind:

Betonwerkstein: ≥ 5 N/mm², Naturwerkstein: ≥ 10 N/mm², Feinsteinzeug: ≥ 20 N/mm².

Die kursiv dargestellten Werte stellen konstruktive Mindestbruchlasten dar. Bei vorgegebener Bruchlast kann die erforderliche Belagdicke nach folgender Beziehung ermittelt werden:

$$d_{\text{erf.}} \geq \sqrt{\frac{1,35 \cdot F}{\beta_{\text{BZ}}}} \tag{3}$$

F (N) Mindestbruchlast
 β_{BZ} (N/mm²) Biegefestigkeit der Fliese oder Platte
 $d_{\text{erf.}}$ (mm) erforderliche Fliesen- oder Plattendicke

Konstruktiv sollte jedoch für verschiedene Materialien ein Mindestmaß für die Belagdicke eingehalten werden.

$d_{\text{erf.}}$	≥ 20 mm (Betonwerkstein)
	≥ 15 mm (Naturwerkstein)
	≥ 7,5 mm (Feinsteinzeug)

Eine Abweichung vom Mindestmaß der Belagdicke kann durch einen rechnerischen Nachweis unter Berücksichtigung der Aufstandsfläche der Belastung und der Systembeanspruchung erfolgen.

Eine einfache Ermittlung der Belagdicke kann mit Hilfe der Tabelle 6.3 durchgeführt werden. In Abhängigkeit von der Biegefestigkeit und der Bruchlast kann die erforderliche Belagdicke der Tabelle 4 entnommen werden.

		Mindestplattendicke (mm)																	
		Biegefestigkeit (N/mm ²)																	
F (N)		5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	27	32	37	42	47	52	57	62
900	15,6	14,2	13,2	12,3	11,0	10,1	9,3	8,7	8,2	7,8									
1400	19,4	17,7	16,4	15,4	13,7	12,5	11,6	10,9	10,2	9,7	8,4	7,7							
1600	20,8	19,0	17,6	16,4	14,7	13,4	12,4	11,6	11,0	10,4	8,9	8,2	7,6						
1800	22,0	20,1	18,6	17,4	15,6	14,2	13,2	12,3	11,6	11,0	9,5	8,7	8,1	7,6					
2000	23,2	21,2	19,6	18,4	16,4	15,0	13,9	12,2	11,6	11,0	10,0	9,2	8,5	8,0	7,6				
2200	24,4	22,2	20,6	19,3	17,2	15,7	14,6	13,6	12,8	12,2	10,5	9,6	9,0	8,4	7,9	7,6			
2400	25,5	23,2	21,5	20,1	18,0	16,4	15,2	14,2	13,4	12,7	11,0	10,1	9,4	8,8	8,3	7,9	7,5		
2600	26,5	24,2	22,4	20,9	18,7	17,1	15,8	14,8	14,0	13,2	11,4	10,5	9,7	9,1	8,6	8,2	7,8	7,5	
2800	27,5	25,1	23,2	21,7	19,4	17,7	16,4	15,4	14,5	13,7	11,8	10,9	10,1	9,5	9,0	8,5	8,1	7,8	
3000	28,5	26,0	24,1	22,5	20,1	18,4	17,0	15,9	15,0	14,2	12,2	11,3	10,5	9,8	9,3	8,8	8,4	8,1	
3200	29,4	26,8	24,8	23,2	20,8	19,0	17,6	16,4	15,5	14,7	12,6	11,6	10,8	10,1	9,6	9,1	8,7	8,3	
3400	30,3	27,7	25,6	24,0	21,4	19,6	18,1	16,9	16,0	15,1	13,0	12,0	11,1	10,5	9,9	9,4	9,0	8,6	
3600	31,2	28,5	26,3	24,6	22,0	20,1	18,6	17,4	16,4	15,6	13,4	12,3	11,5	10,8	10,2	9,7	9,2	8,9	
3800	32,0	29,2	27,1	25,3	22,6	20,7	19,1	17,9	16,9	16,0	13,8	12,7	11,8	11,1	10,4	9,9	9,5	9,1	
4000	32,9	30,0	27,8	26,0	23,2	21,2	19,6	18,4	17,3	16,4	14,1	13,0	12,1	11,3	10,7	10,2	9,7	9,3	
4200	33,7	30,7	28,5	26,6	23,8	21,7	20,1	18,8	17,7	16,8	14,5	13,3	12,4	11,6	11,0	10,4	10,0	9,6	
4500	34,9	31,8	29,5	27,6	24,6	22,5	20,8	19,5	18,4	17,4	15,0	13,8	12,8	12,0	11,4	10,8	10,3	9,9	
4800	36,0	32,9	30,4	28,5	25,5	23,2	21,5	20,1	19,0	18,0	15,5	14,2	13,2	12,4	11,7	11,2	10,7	10,2	
5100	37,1	33,9	31,4	29,3	26,2	24,0	22,2	20,7	19,6	18,6	16,0	14,7	13,6	12,8	12,1	11,5	11,0	10,5	
5400	38,2	34,9	32,3	30,2	27,0	24,6	22,8	21,3	20,1	19,1	16,4	15,1	14,0	13,2	12,5	11,8	11,3	10,8	
5700	39,2	35,8	33,2	31,0	27,7	25,3	23,4	21,9	20,7	19,6	16,9	15,5	14,4	13,5	12,8	12,2	11,6	11,1	
6000	40,2	36,7	34,0	31,8	28,5	26,0	24,1	22,5	21,2	20,1	17,3	15,9	14,8	13,9	13,1	12,5	11,9	11,4	
6300	41,2	37,6	34,9	32,6	29,2	26,6	24,6	23,1	21,7	20,6	17,7	16,3	15,2	14,2	13,5	12,8	12,2	11,7	
6600	42,2	38,5	35,7	33,4	29,8	27,2	25,2	23,6	22,2	21,1	18,2	16,7	15,5	14,6	13,8	13,1	12,5	12,0	
6900	43,2	39,4	36,5	34,1	30,5	27,9	25,8	24,1	22,7	21,6	18,6	17,1	15,9	14,9	14,1	13,4	12,8	12,3	
7800	45,9	41,9	38,8	36,3	32,4	29,6	27,4	25,7	24,2	22,9	19,7	18,1	16,9	15,8	15,0	14,2	13,6	13,0	
8100	46,8	42,7	39,5	37,0	33,1	30,2	27,9	26,1	24,6	23,4	20,1	18,5	17,2	16,1	15,3	14,5	13,9	13,3	
9100	49,6	45,2	41,9	39,2	35,0	32,0	29,6	27,7	26,1	24,8	21,3	19,6	18,2	17,1	16,2	15,4	14,7	14,1	
9800	51,4	47,0	43,5	40,7	36,4	33,2	30,7	28,8	27,1	25,7	22,1	20,3	18,9	17,7	16,8	16,0	15,2	14,6	

Tabelle 4: Ermittlung der erforderlichen Belagdicke