

Industrieböden aus Beton: „Bemessung“

3. Betonplatte – Einwirkungen

Industrieböden werden sowohl durch flächig wirkende Lasten (Paletten, Maschinen, ...) als auch punktförmig wirkende Lasten (Regale oder Container) beansprucht. Neben den Einwirkungen aus praktisch ruhenden Lasten können durch Fahrverkehr erhebliche dynamische Beanspruchungen ausgelöst werden. Charakteristische Radlasten und Bemessungswerte für Gabelstapler, Lastkraftwagen und Fahrzeuge sind aus den folgenden Tabellen ersichtlich.

3.1 Einwirkungen durch Gabelstapler

Gabelstapler: Einwirkungen infolge von Gabelstaplern (angelehnt an DIN EN 1991-1-1)

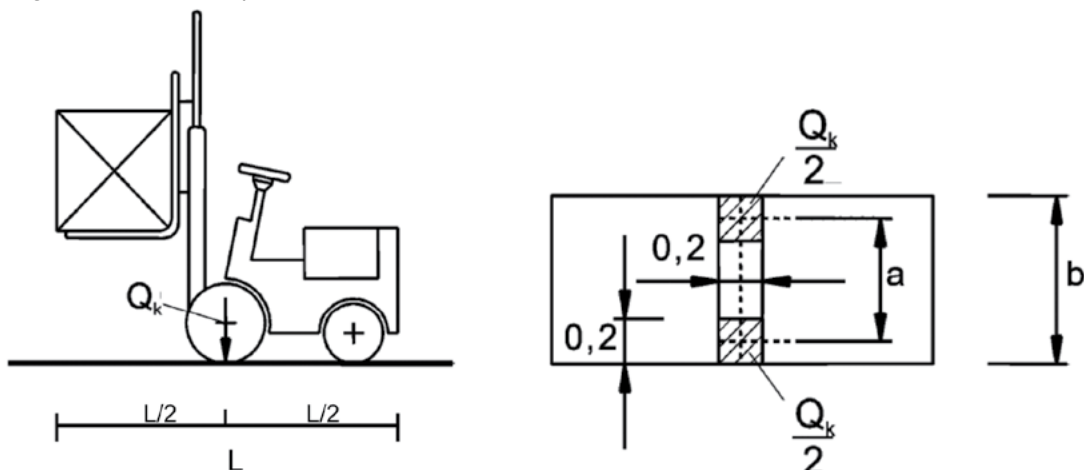
Tab. 1: Charakteristische Werte und lotrechte Verkehrslasten bei Gabelstaplern

Gabelstapler Klasse	Eigen-gewicht [kN]	Nenn-trag-fähigkeit [kN]	Achslast $2 \times Q_k$ [kN]	Radlast ⁽¹⁾ Q_k [kN]	Bemes-sungswert Q_d ⁽²⁾ [kN]	Rad-abstand a [m]	Fahr-zeug Länge L [m]	Fahr-zeug-breite b [m]
FL1	21	10	26	13	25	0,85	2,60	1,00
FL2	31	15	40	20	38	0,95	3,00	1,10
FL3	44	25	63	32	61	1,00	3,30	1,20
FL4	60	40	90	45	85	1,20	4,00	1,40
FL5	90	60	140	70	133	1,50	4,60	1,90
FL6	110	80	170	85	161	1,80	5,10	2,30

(1) Radaufstandsfläche 20 x 20 cm

(2) Der Bemessungswert Q_d ergibt sich aus der charakteristischen Radlast Q_k unter Berücksichtigung von Teilsicherheitsbeiwert und Schwingbeiwert: $Q_d \approx 1,9 \times Q_k$

Abmessungen von Gabelstaplern (nach DIN EN 1991-1-1):



Nach Eurocode 0 sind zum Nachweis der Tragfähigkeit die charakteristischen Werte der auftretenden Lasten mit dem entsprechenden Teilsicherheitsbeiwert γ_Q (nach EN 1990) zu berechnen.

$$Q_d = \gamma_Q \times Q_k$$

Zum Nachweis der Gebrauchstauglichkeit kann generell der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_Q = 1$ angenommen werden.

Zur Sicherstellung der Tragfähigkeit wird jedoch bei nicht tragenden Betonplatten und hoch belasteten Estrichen für ständig einwirkende Lasten ein Teilsicherheitsbeiwert von $\gamma_Q = 1,35$ empfohlen.

Bei häufiger Beanspruchung durch Gabelstapler sollte zusätzlich zum Teilsicherheitsbeiwert γ_Q ein entsprechender Schwingbeiwert φ_n berücksichtigt werden.

Der Schwingbeiwert bzw. der dynamische Vergrößerungsfaktor φ_n für Gabelstapler berücksichtigt die Trägheitswirkung infolge von Beschleunigung und Abbremsen sowie vertikaler Beanspruchung.

Für Gabelstapler beträgt der dynamische Schwingbeiwert nach EN 1991-1-1/NA:

$$\varphi_n = 1,4 \text{ (sofern kein genauere Nachweis geführt wird).}$$

$$Q_{k,dyn} = \varphi_n \times Q_k$$

Für die Beanspruchung durch Gabelstapler kann aus dem Teilsicherheitsbeiwert γ_Q und dem Schwingbeiwert φ_n ein Gesamtfaktor ermittelt werden.

$$\gamma_Q \times \varphi_n = 1,35 \times 1,4 \approx 1,9 \quad Q_d = (\gamma_Q \times \varphi_n) \times Q_k \approx 1,9 \times Q_k$$

In Abhängigkeit vom Kontaktdruck der Räder und der Anzahl der Lastwechsel kann bei Bodenplatten, die als nicht tragendes Bauteil betrachtet werden, der dynamische Schwingbeiwert φ_n für die Radlasten von Flurförderzeugen von 1,2 bis 1,4 angenommen werden. (Quelle siehe Kompass S. 86)

$$Q_d = (\gamma_Q \times \varphi_n) \times Q_k \quad Q_d : 1,5 \text{ bis } 1,9 \times Q_k$$

Tab. 2: Nutzlasten auf Lagerflächen mit Gabelstaplern nach DIN EN 1991-1-1/NA

Nutzungskategorie	Lagerflächen, die mit Gabelstaplern folgender Klasse befahren werden	Q_k [kN]	q_k [kN/m ²]
Kategorie gemäß E 2.2	FL1	13	12,5
Kategorie gemäß E 2.3	FL2	20	15,0
Kategorie gemäß E 2.4	FL3	32	17,5
Kategorie gemäß E 2.5	FL4	45	20,0
	FL5	70	20,0
	FL6	85	20,0

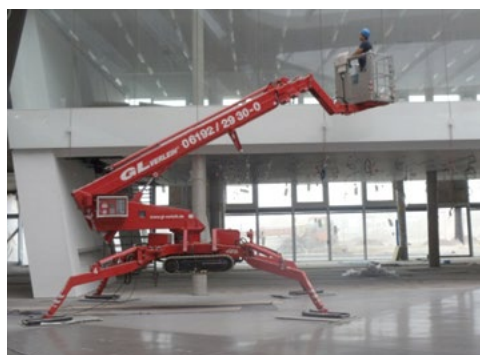
3.2 Einwirkungen durch Arbeitsbühnen

Während der Bauphase und im Unterhalt werden für Montage-, Reparatur-, und Reinigungsarbeiten oftmals schwere Arbeitsbühnen eingesetzt. Die hierbei entstehenden lotrechten Einwirkungen sind objektspezifisch zu ermitteln. Einige typische Beispiele sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Tab. 3: Einige Beispiele für Einwirkungen infolge von Arbeitsbühnen

Arbeitsbühne Typ	Arbeitshöhe max. [m]	Eigen-gewicht [kN]	Stütz-last max. Q_k [kN]	Ketten-last q_k [kN/m ²]	Radlast Q_k [kN]	Fahr-zeug-höhe h [m]	Fahr-zeug-länge L [m]	Fahr-zeug-breite b [m]
Teleskoparbeitsbühnen: (Teupen)								
Leo 13 GT	12,75	14	11,7	33	-	1,99	4,75	0,78
Leo 23 GT	23,00	30	22,4	54	-	1,97	6,20	0,98
Leo 30 T Plus	30,00	45	32,0	47	-	1,98	7,50	1,58
Scherenarbeitsbühnen: (Genie/PB)								
GS TM -1530	6,60	12,6			3,8	2,06	1,83	0,76
GS TM -3246	11,75	27,8			7,8	2,39	2,41	1,17
S151 – 12 E	15,00	54,0			15	1,86	2,95	1,20
S225 – 12 E	22,50	97,5			26	2,89	3,89	1,20
Gelenkteleskop: (Haulotte/Genie)								
STAR 10	10,00	27,6			17,4	2,00	2,70	1,00
Z-45/25J DC	15,94	74,0			34	2,00	6,83	1,79

Die genannten Hersteller und Modelle stellen nur eine beispielhafte Auswahl dar. Neben den beschriebenen Herstellern und Modellen gibt es weitere.



Teleskoparbeitsbühne



Gelenkteleskopbühne



Scherenarbeitsbühne

3.3 Einwirkungen durch Lastkraftwagen und Fahrzeuge

Tab. 4: Lastkraftwagen: lotrechte Verkehrslasten bei Flächen mit LKW-Verkehr (nach DIN EN 1072)

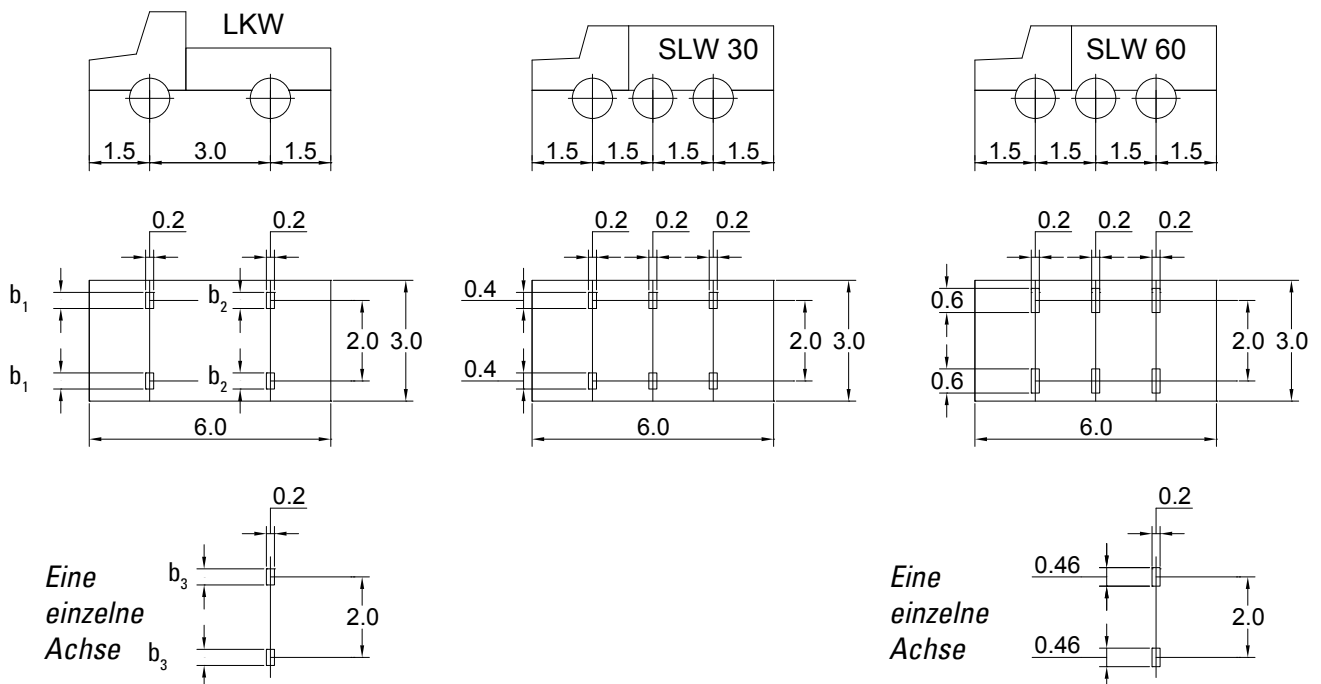
Fahrzeugart	Gesamtlast [kN]	Achslast			Einzelachse [kN]	Radlast max. Q_k [kN]	Bemessungswert $Q_d^{(1)}$ [kN]
		Vorne [kN]	Mitte [kN]	Hinten [kN]			
Lastkraftwagen	LKW 6	60	20		60	30	45
	LKW 9	90	30		90	45	68
	LKW 12	120	40		110	55	83
	LKW 16	160	60		110	55	83
Schwerlastwagen	SLW 30	300	100	100	130	65	98
	SLW 60	600	200	200	200	100	150

⁽¹⁾ Der Bemessungswert Q_d wird mit dem jeweils zugehörigen Teilsicherheitsbeiwert γ_Q ermittelt:
(nach EN 1990) $Q_d = \gamma_Q \times Q_k = 1,5 \times Q_k$

⁽²⁾ Aufstandsweite $b_1/b_2/b_3$ in [cm]: LKW 6 $b_1 = 14$; $b_2 = 20$; $b_3 = 26$ / LKW 9 $b_1 = 18$; $b_2 = 26$; $b_3 = 30$
LKW 12 $b_1 = 20$; $b_2 = 30$; $b_3 = 40$ / LKW 16 $b_1 = 26$; $b_2 = 40$; $b_3 = 40$

Lastkraftwagen

Schwerlastkraftwagen SLW



Tab. 5: **Fahrzeuge:** Lotrechte Nutzlasten für Parkhäuser und Flächen mit Fahrzeugverkehr
Gesamtgewicht $\leq 3,0$ t (nach DIN EN 1991-1-1/NA)

Fahrzeug- kategorie	Nutzung:	Achslast $2 \times Q_k$ [kN]	Rad- last ^(b) Q_k [kN]		Flächen- last q_k [kN/m
F1	Verkehrs- und Parkflächen für leichte Fahrzeuge ≤ 30 kN Gesamtgewicht	≤ 20	≤ 10	oder	3,0
F2		> 20	> 10	oder	2,5
F3	Zufahrtsrampen für leichte Fahrzeuge ≤ 30 kN Gesamtgewicht	≤ 20	≤ 10	oder	5,0
F4		> 20	> 10	oder	3,5

a) In den Kategorien F2 und F4 können die Achslast ($2 \times Q_k = 20$ kN) oder die Radlasten ($Q_k = 10$ kN) für den Nachweis örtlicher Beanspruchungen (z. B. Querkraft am Auflager oder Durchstanzen unter einer Radlast) maßgebend werden.

b) Für Q_k ist das Lastmodell aber mit einer Seitenlänge der quadratischen Radaufstandsfläche von $a = 200$ mm und einem Radabstand von 1,80 m anzunehmen.

Zur Ermittlung der Bemessungslasten sind die in den Tabellen angegeben charakteristischen Lasten mit den jeweils zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerten γ_Q entsprechend Eurocode EC 0 (EN 1990) zu multiplizieren.

$$Q_d = \gamma_Q \times Q_k$$

Schriftum:

G. Lohmeyer - K. Ebeling

Betonböden für Produktions- und Lagerhallen. Planung, Bemessung, Ausführung

Verlag: Bau + Technik GmbH, Düsseldorf 2019

Die vorstehenden Tabellen sind teilweise Auszüge aus dem o. g. Buch und teilweise aus dem Eurocode; sie sollen lediglich eine Arbeitshilfe bei Planung Bemessung und Ausführung für eine sachgerechte und wirtschaftliche Herstellung von Betonböden sein. Hinsichtlich der Anwendung der Inhalte kann jedoch keine Gewähr übernommen werden, da sie weder eine projektbezogene Planungsleistung ersetzen, noch von der Pflicht zur Prüfung von Normvorgaben und ihrer Gültigkeit für den jeweiligen Anwendungsfall befreien.

Die Anwendung der Tabellen berechtigt zu keinerlei Regressansprüchen gegenüber der CHEMOTECHNIK Abstatt GmbH.

3.4. Betonplattendicke

Für die Bemessung der Betonplattendicke sind aufwendige Berechnungsverfahren entwickelt worden. Die folgende Tabelle dient zur Abschätzung erforderlicher Plattendicken bei unbewehrten Bodenplatten aus Normalbeton unter Berücksichtigung der auftretenden Belastungsklassen aus Rad- und Stützlasten, der Nutzungsintensität sowie der Betonfestigkeit.

Tab. 6: Anhaltswerte ¹⁾ für unbewehrte Betonplatte in Hallen, abhängig von der Belastungsklasse mit begrenzter Anzahl von Lastwechseln (Vorschlag Lohmeyer/Ebeling)

Belastungs- klasse ⁽²⁾	maximale Radlast Bemes- sungswert $Q_d^{(3)}$ [kN]	Regallast am Fahr- bereich Bemes- sungswert $G_{d,S}^{(4)}$ [kN]	Beton- festigkeits- klasse ⁽⁵⁾	w/z-Wert des Betons ⁽⁶⁾	Dicke h der Betonplatte ⁽⁷⁾ [cm] Nutzungsintensität ⁽⁸⁾		
					$n \leq 10/d$	$n \leq 50/d$	$n \leq 100/d$
RF10 LR15	10	15	C25/30	$\leq 0,55$	≥ 16	≥ 16	≥ 16
RF20 LR15	20				≥ 16	≥ 18	≥ 20
RF30 LR25	30	25	C30/37	$\leq 0,50$	≥ 16	≥ 18	≥ 20
RF40 LR25	40				≥ 18	≥ 20	≥ 22
RF60 LR35	60	35		$\leq 0,45$	≥ 20	≥ 22	≥ 24
RF80 LR35	80				≥ 22	≥ 24	≥ 26
RF100 LR50	100	50	C35/45	$\leq 0,45$	≥ 24	≥ 26	≥ 28
RF120 LR50	120				≥ 26	≥ 28	≥ 30
RF140 LR50	140			$\leq 0,42$	≥ 28	≥ 30	≥ 32

- 1) Die Anhaltswerte der Tabelle können bei unbewehrten Betonbodenplatten zur Festlegung der Betonfestigkeitsklasse sowie zur Abschätzung der Plattendicke im Rahmen der Vorplanung verwendet werden.
- 2) Belastungsklassen für Fahrzeuge LF z.B. Einwirkung aus Radlast durch Flurförderzeuge (Tabelle 1) Klassen LS Einzellast aus Stützlast
- 3) Der Bemessungswert $Q_{d,F}$ der maximalen Radlast ergibt sich aus der charakteristischen Radlast $Q_{k,F}$ unter Berücksichtigung des Teilsicherheitsbeiwerts γ_Q sowie dem dynamischen Schwingbeiwert φ_n .
- 4) Der Bemessungswert $Q_{d,S}$ der maximalen Regallast am Fahrbereich ergibt sich aus der charakteristischen Regallast $Q_{k,LS}$ unter Berücksichtigung des Teilsicherheitsbeiwerts $\gamma_S = 1,3$. Regallasten von Mittelstützen, die nicht am Fahrbereich stehen, dürfen doppelt so groß sein.
- 5) Mittlere Festigkeitsentwicklung des Betons. Erforderlichenfalls sind die Betondruckfestigkeitsklassen aus den Expositionsklassen nach DIN EN 1992-1-1 zu berücksichtigen.
- 6) Der w/z-Wert kann z. B. durch Fließmittel eingehalten werden.
- 7) Die angegebenen Plattendicken ergeben sich bei Berücksichtigung der zulässigen Betondehnung im ungerissenen Zustand.
- 8) Die Lastwechsel der Flurförderzeuge pro Tag ergeben die Nutzungsintensität.
- 9) Eine Mindest-Plattendicke von 16 cm sollte auch bei gering beanspruchten Betonbodenplatten nicht unterschritten werden.