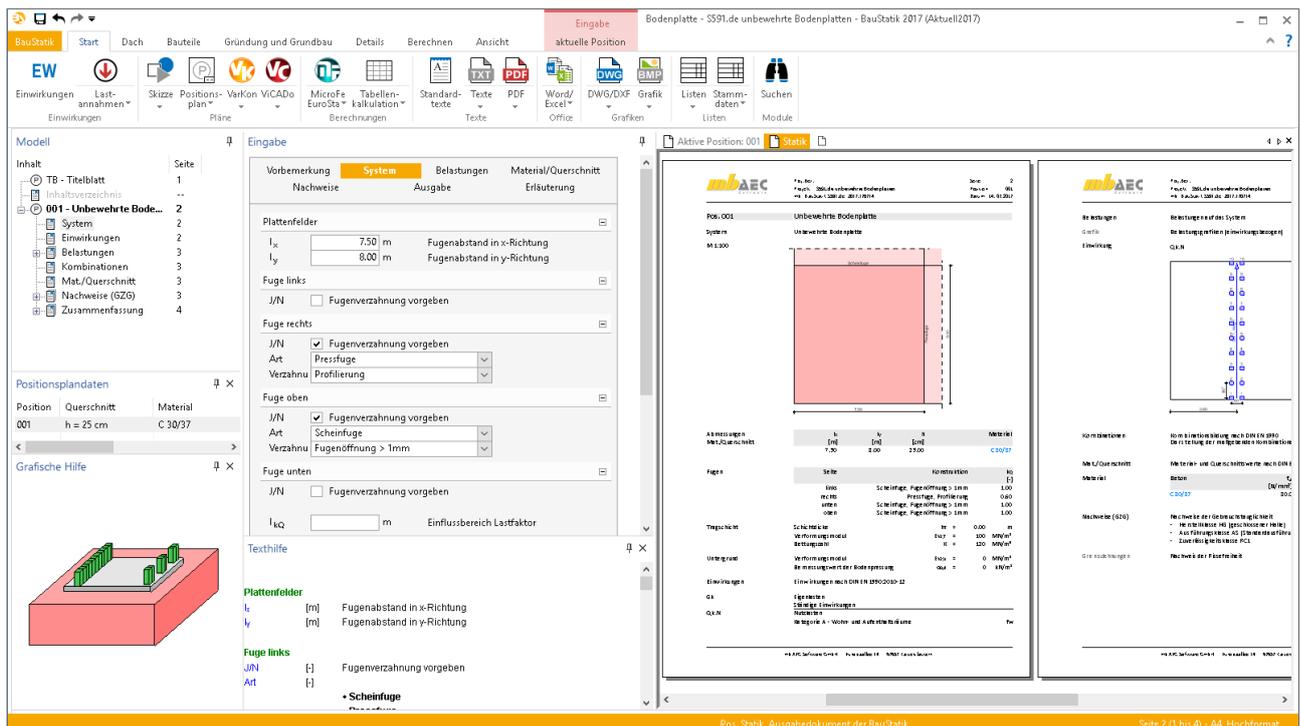


Dipl.-Ing. Sascha Heuß

Betonböden für Produktions- und Lagerhallen

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls S591.de Unbewehrte Betonplatte im Industriebau

Bei Hallenböden im Industriebau handelt es sich in der Regel um nicht tragende Bauteile mit hohen Gebrauchstauglichkeitsanforderungen. Aufgrund des hohen Schadenpotenzials, ausgelöst durch Produktionsausfälle, ist eine sorgfältige Planung unabdingbar. Das Modul S591.de dient der Dimensionierung von unbewehrten Bodenplatten auf Grundlage des Bemessungskonzeptes von Lohmeyer/Ebeling [1]. Hierbei wird in maßgebenden Beanspruchungssituationen die Einhaltung von Grenzdehnungen nachgewiesen.



Allgemeines

Betonbodenplatten sind in der Regel von den übrigen tragenden Bauteilen der Halle durch Randfugen getrennt. Unbewehrte Bodenplatten sind daher keine Tragwerke im Sinne der Normen und fallen nicht in den Gültigkeitsbereich der Normen wie EC 0, EC 1 oder EC 2 [2]. Die Bemessung unbewehrter Betonplatten erfolgt größtenteils im Grenz-

zustand der Gebrauchstauglichkeit mit der Zielsetzung einer rissfreien bzw. möglichst rissarmen Konstruktion. Die Planung der Fugenabstände und Betonzusammensetzung sind daher von zentraler Bedeutung. Lohmeyer/Ebeling [1] haben ein Bemessungskonzept erarbeitet, das Grundlage für die Berechnungen im Modul S591.de ist.

System

Plattenfelder und Fugenausbildung

In einer Position wird grundsätzlich ein repräsentatives Feld einer Bodenplatte nachgewiesen. Die Größe und die Anordnung des Feldes werden durch den Abstand und die Beschaffenheit von Fugen definiert. Wird keine Fuge angegeben, handelt es sich um einen freien Rand.

Folgende Fugenarten stehen zur Auswahl:

- Scheinfugen mit Fugenöffnung $\leq 1\text{ mm}$, mit Fugenöffnung $> 1\text{ mm}$ oder Verdübelung
- Pressfugen mit rauer Stirnseite, Profilierung oder Verdübelung
- manuelle Vorgabe der Fugenausbildung

Die unterschiedlichen Fugenarten und Verzahnungen sind in der Lage einen Teil der Querkräfte auf das Nachbarfeld zu übertragen. Nach dem Bemessungskonzept von Lohmeyer/Ebeling [1] kann dieser Effekt über den Lastfaktor κ_Q erfasst werden.

Die Biegemomente am Plattenrand und in der Plattenecke werden mit dem Lastfaktor κ_Q multipliziert und damit reduziert. Der Wirkungsbereich der Querkraftübertragung und damit der Abstand vom Plattenrand, bis zu dem der Lastfaktor wirksam sein soll, wird über die Eingabe der Länge l_{κ_Q} anwenderseitig definiert.

Soll keine Lastübertragung in Rechnung gestellt werden, ist der Lastfaktor mit $\kappa_Q = 1,0$ vorzugeben.

Fugenart und Verzahnung		Lastfaktor κ_Q
Schein-fugen	in unbewehrten Platten mit Rissverzahnung bei Plattendicken $h \leq 200\text{ mm}$, Fugenöffnung: $> 1\text{ mm}$ $\leq 1\text{ mm}$	$\approx 1,00$ $\approx 0,90$
	in unbewehrten Platten mit Rissverzahnung bei Plattendicken $h \geq 240\text{ mm}$, Fugenöffnung: $> 1\text{ mm}$ $\leq 1\text{ mm}$	$\approx 0,90$ $\approx 0,80$
Press-fugen	mit rauen Stirnseiten (z.B. Streckmetall) bis 7,5 m Fugenabstand	$\approx 0,75$
	mit Profilierung für Verzahnung (z.B. nach Bild 4.11)	$\approx 0,60$
ohne Fugen	mit freier Rissbildung bei Rissverzahnung in bewehrten Platten mit Stahlquerschnitten $a_s \geq 8,0\text{ cm}^2/\text{m}$	$\approx 0,70$
alle Fugen	mit Verdübelung Dübel $\varnothing 25\text{ mm}$, Länge 500 mm	$\approx 0,60$

Tabelle 1. Lastfaktoren κ_Q nach Lohmeyer/Ebeling, Tafel 7.13 [1]

Unbewehrte Bodenplatte

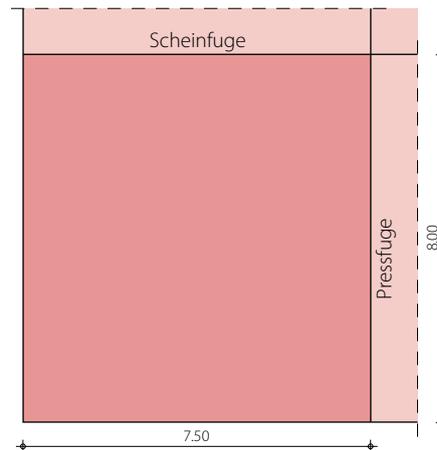


Bild 1. Grafische Ausgabe Eckfeld mit Dokumentation der Fugenausführung

Unterbau

Von entscheidender Bedeutung für die Gesamtkonstruktion ist der Unterbau der Bodenplatte. Im Modul S591.de werden die für die Bemessung relevanten Informationen zu Untergrund und Tragschicht abgefragt. Dies sind im Einzelnen:

- die Dicke und der Verformungsmodul $E_{V2,T}$ der Tragschicht
- der Verformungsmodul $E_{V2,U}$ und der Bemessungswert der Sohlpressung $\sigma_{0,d}$ des Untergrundes

Die Angaben dienen der Festlegung des Bettungsmoduls der Bodenplatte und der Überprüfung der lastabhängigen Mindestanforderungen an den Unterbau.

Der Bettungsmodul K errechnet sich zu:

$$K = \frac{E_{V2,T}}{0,83 \cdot h \cdot \sqrt[3]{E_{cm}/E_{V2,T}}} \text{ [N/mm}^3\text{]}$$

mit

- h Dicke der Bodenplatte [mm]
- $E_{V2,T}$ Verformungsmodul der Tragschicht [N/mm²]
- E_{cm} E-Modul des Betons [N/mm²]

Belastungen

Hauptanwendungsgebiet unbewehrter Betonbodenplatten ist der Einsatz in Lager- und Produktionshallen. Dementsprechend wurden die zur Verfügung gestellten Lasttypen ausgewählt.

Gleichlasten

Das Eigengewicht der Bodenplatte wird automatisch ermittelt. Zusätzlich können gleichmäßig über die Bodenplatte verteilte Lasten in beliebigen Einwirkungen vorgegeben werden.

Punktlasten

Punktlasten können unter der Angabe der Aufstandsfläche an beliebiger Stelle auf der Bodenplatte angeordnet werden. Da die Größe der Aufstandsfläche nicht beschränkt ist, können hiermit auch flächig verteilte Lasten abgebildet werden.

Regallasten

Regallasten bestehen aus einer Schar von Punktlasten mit Aufstandsfläche. Neben der Lastvorgabe erfolgt die Eingabe über folgende Parameter:

- Startpunkt
- Aufstandsfläche
- Abstand der Stiele in Längs- und Querrichtung
- Anzahl der Stiele in Längs- und Querrichtung
- Laufrichtung der Regale

Somit werden wiederholte Eingaben gleicher Stiellasten vermieden.

Lasteingabe 01

Art: Regallast

Regallast

Korn	Typ R1	Kommentar
a _x	0.50 m	Startpunkt x-Richtung
a _y	0.50 m	Startpunkt y-Richtung
b ₁	20.0 cm	Aufstandsfläche in Laufrichtung
b ₂	20.0 cm	Aufstandsfläche senkrecht zur Laufrichtung
l ₁	2.50 m	Abstand der Stiele in Laufrichtung
l ₂	1.25 m	Abstand der Stiele senkrecht zur Laufrichtung
n ₁	3 St.	Anzahl der Stiele in Laufrichtung
n ₂	2 St.	Anzahl der Stiele senkrecht zur Laufrichtung
Richt.	y-Achse	Laufrichtung

EW	F _z [kN]
1 Qk.E - Regal	52.000

Lasteingabe 02

Art: Gabelstapler

Gabelstapler

EW: Qk.E - Regal

Einwirkung: nach Norm manuell vorgeben

Klasse: FL 4

Gabelstaplerklasse: Lastwechselzahl

n_{ges}: 5000

Fahrspur

Richt.	a _x [m]	a _y [m]	l ₁ [m]	n ₁
1 y-Achse	3.50	0.10	7.80	10

Bild 2. Eingabe Regal- und Gabelstaplerlasten

Gabelstapler

Gabelstapler werden durch ihr Lastbild und die Fahrspur definiert. Die Lastbilder der Gabelstaplerklassen FL1 bis FL6 sind im Modul S591.de hinterlegt. Davon abweichende Lastbilder können im Modul manuell definiert werden. Die Fahrspur wird über Anfangspunkt, Richtung, Länge und Anzahl der zu untersuchenden Laststellungen definiert. Über die Kombinatorik wird für jede Nachweisstelle die ungünstigste Laststellung ermittelt.

Einem Stapler können beliebig viele Fahrspuren zugeordnet werden. Es wirkt immer nur ein Stapler über alle Fahrspuren gleichzeitig.

Sollen mehrere Stapler auf einer Platte gleichzeitig wirken so sind mehrere Stapler vorzugeben.

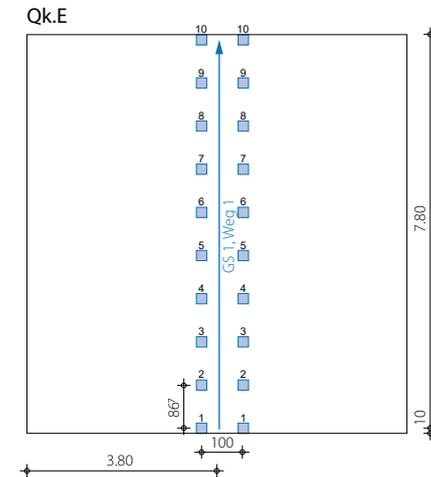


Bild 3. Grafische Ausgabe der Lastspur eines Gabelstaplers

Material/Querschnitt

Als Materialien stehen Normalbetone aller Festigkeitsklassen nach EC 2 [2] zur Verfügung. Zusätzlich ist der Zementtyp vorzugeben, der wesentlichen Einfluss auf die Festigkeitsentwicklung hat.

Liegen Erkenntnisse über den Elastizitätsmodul der Gesteinskörnung vor, so kann dessen Einfluss auf den Elastizitätsmodul des Betons ebenfalls berücksichtigt werden. Der modifizierte Elastizitätsmodul wird entsprechend Lohmeyer/Ebeling, Gl.7.26 [1] berechnet.

$$E_{c,g} = \alpha_{E,g} \cdot E_{cm}$$

$\alpha_{E,g}$ Beiwert nach Lohmeyer/Ebeling, Tafel 7.9 [1]

Teilsicherheitsbeiwerte

Lastseite

Die Teilsicherheitsbeiwerte auf der Lastseite können entweder nach dem Vorschlag von Lohmeyer/Ebeling, Tafel 7.10 (siehe Tabelle 2) festgelegt oder manuell vorgegeben werden. Die Teilsicherheitsbeiwerte hängen von der Einwirkungsart und bei Gabelstaplerbetrieb von der Anzahl der Lastwechsel ab.

Zusätzlich ist ein Korrekturbeiwert k_{RC} für die Nutzung abhängig von der geforderten Zuverlässigkeitsklasse (siehe Tabelle 3) anzusetzen. Damit ergibt sich ein Bemessungswert der Beanspruchung von:

$$E_d = k_{RC} \cdot (\gamma_Q \cdot \varphi_n) \cdot E_k$$

Widerstandsseite

Der Bemessungswert der Dehnfähigkeit wird aus der charakteristischen Dehnfähigkeit des Betons abgeleitet, indem er durch den Teilsicherheitsbeiwert γ_{ct} geteilt wird.

$$\epsilon_{ct,d} = \frac{\epsilon_{ct,k}}{\gamma_{ct}}$$

Nach einem Vorschlag von Lohmeyer/Ebeling können die Teilsicherheitsbeiwerte γ_{ct} in Abhängigkeit von der Herstellklasse, der Ausführungsklasse und des zu führenden Nachweises festgelegt werden (siehe Tabelle 4). Alle Teilsicherheitsbeiwerte können optional auch manuell abweichend festgelegt werden.

Teilsicherheitsbeiwerte für Dehnungen

Art nach Lohmeyer manuell vorgeben

HKL Herstellungsklasse

AKL Ausführungsklasse

Teilsicherheitsbeiwerte für Lasten

Art nach Lohmeyer manuell vorgeben

Korrekturbeiwert für Nutzung

Art nach Lohmeyer manuell vorgeben

RC Zuverlässigkeitsklasse

Bild 4. Eingabe der Teilsicherheitsbeiwerte im Kapitel „Nachweise“

Teilsicherheitsbeiwerte γ_G und γ_Q für ständige und veränderliche Einwirkungen	
bei ständigen Lasteinwirkungen G_k	$\gamma_G = 1,20$
bei veränderlichen Lasteinwirkungen Q_{1k}	$\gamma_Q = 1,35$
bei Kleinförderfahrzeugen < FL1 für Radlasten Q_{2k}	$\gamma_Q \cdot \varphi = 1,40$

Teilsicherheitsbeiwert γ_Q mit Lastwechsellzahl φ_n bei Gabelstaplern Kategorie FL1 bis FL6 für Radlast Q_{2k}	$\gamma_Q \cdot \varphi_n$
$n \leq 1 \cdot 10^3$	1,45
$n \leq 5 \cdot 10^3$	1,50
$n \leq 1 \cdot 10^4$	1,55
$n \leq 5 \cdot 10^4$	1,60
$n \leq 1 \cdot 10^5$	1,65
$n \leq 1 \cdot 10^6$	1,70
$n \leq 1 \cdot 10^6$ ¹⁾	1,75

¹⁾ Für Ausnahmefälle bei größerer Lastwechsellzahl sehr schwerer Fahrzeuge mit Radlasten $Q_k > 85$ kN ist zu empfehlen, eigene höhere Teilsicherheitsbeiwerte als $(\gamma_Q \cdot \varphi_n) = 1,75$ festzulegen.

Tabelle 2. Teilsicherheitsbeiwerte nach Lohmeyer/Ebeling, Tafel 7.10 [1]

Zuverlässigkeitsklasse (RC)	Merkmale der Schadensfolgeklasse bzw. der Versagensklasse (CC)		Beispiele für Betonbodenplatten	Korrekturfaktor k_{RC} für Einwirkungen
RC1	CC1	kleine oder vernachlässigbare wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen; niedrige Folgen für Menschenleben	Betonbodenplatten für Produktionshallen und Lagerhallen mit geringeren Versagensfolgen	0,9
RC2	CC2	beträchtliche wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen; mittlere Folgen für Menschenleben	Betonbodenplatten für Produktionshallen und Lagerhallen mit beträchtlichen Versagensfolgen	1,0
RC3	CC3	sehr große wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen; hohe Folgen für Menschenleben	Betonbodenplatten für den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen nach Wasserhaushaltsgesetz §19g	1,1

Tabelle 3. Korrekturfaktor nach Lohmeyer/Ebeling, Tafel 1.3 [1]

Teilsicherheitsbeiwerte γ_{ct} für Beton bei Zugbeanspruchungen		Herstellklasse ¹⁾					
		HG		HO		HF	
		Ausführungsklasse ²⁾					
		AS	AE	AS	AE	AS	AE
$\gamma_{ct,Q}$	für Zug- und Biegezugbeanspruchung infolge Lasteinwirkung	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6
$\gamma_{ct,H}$	für Zwang beim Abfließen der Hydratationswärme	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5
$\gamma_{ct,S}$	für Zwang durch Temperaturänderungen und Schwinden	1,0	1,2	1,1	1,3	1,2	1,4

¹⁾ Herstellklassen entsprechend Abschnitt 4,3:
 HG: Herstellung in geschlossener Halle
 HO: Herstellung am offenen Tor oder in offener Halle
 HF: Herstellung im Freien

²⁾ Ausführungsklassen nach Abschnitt 4,3:
 AS: Standard-Ausführung mit schwindarmem Beton
 AE: Einfach-Ausführung für kurze Plattenlängen $L_P \leq 7,5$ m (Tafel 4.9)

Tabelle 4. Teilsicherheitsbeiwerte für Dehnungen nach Lohmeyer/Ebeling, Tafel 7.5 [1]

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Nachweis des Unterbaus

Von zentraler Bedeutung für die einwandfreie Funktion der Bodenplatte ist ein ausreichend tragfähiger Unterbau. Abhängig vom Bemessungswert der größten Punktlast ergeben sich Anforderungen an die Verformungsmoduln von Tragschicht und Untergrund, die den Grenzwerten gemäß Lohmeyer/Ebeling [1] gegenübergestellt werden können.

Bemessungswert Einzellast Q_d [kN]	Untergrund $E_{V2,U}$ [MN/m ²]	Tragschicht $E_{V2,T}$ [MN/m ²]
≤ 40	≥ 40	≥ 100
≤ 80	≥ 50	≥ 120
≤ 100	≥ 65	≥ 150
≤ 140	≥ 80	≥ 180

Tabelle 5. Erforderliche Verformungsmoduln nach Lohmeyer/Ebeling, Tafel 4.4 [1]

Hydratation

Die Dehnbeanspruchung der Bodenplatte infolge Hydratation ergibt sich aus der Behinderung der Gleitbewegung auf dem Untergrund. Die Dehnfähigkeit ist zum Zeitpunkt der maximalen Beanspruchung zu bestimmen. Die maximale Beanspruchung liegt vor, wenn der Beton die maximale Temperatur während des Aushärtungsvorgangs erreicht hat. Lohmeyer/Ebeling [1] geben Anhaltswerte für den Zeitpunkt der maximalen Temperatur in Abhängigkeit von der Zementsorte und der Bauteildicke an. Zu diesem Zeitpunkt sind der E-Modul und die Dehnfähigkeit des Betons zu bestimmen und der Dehnungsnachweis zu führen. Im Modul S591.de kann der Zeitbeiwert nach EC 2 [2] oder nach dem Vorschlag von Lohmeyer/Ebeling [1] bestimmt werden.

Die Dehnung infolge Reibung ergibt sich zu:

$$\epsilon_{ct,H,max} = \frac{\mu_d \cdot p_0 \cdot L/2}{h \cdot E_{cm(t)}}$$

mit

- μ_d Bemessungswert des Reibungsbeiwertes
- p_0 Sohlpressung unter der Bodenplatte zum Zeitpunkt der maximalen Temperatur;
- L in der Regel infolge Eigenlast der Bodenplatte Länge der Bodenplatte
- h Plattendicke
- $E_{cm(t)}$ E-Modul zum Zeitpunkt der maximalen Temperatur

Die Dehnfähigkeit zum Zeitpunkt der maximalen Temperatur berechnet sich zu:

$$\epsilon_{ct,H,k} = \beta_{C\epsilon(t)} \cdot \epsilon_{ct(28d)} = \beta_{C\epsilon(t)} \cdot \frac{f_{ctm}}{E_{cm}}$$

mit

- $\beta_{C\epsilon(t)}$ Zeitbeiwert für das Abschätzen der zeitabhängigen Dehnfähigkeit
- f_{ctm} Mittlere Betonzugfestigkeit nach 28 Tagen
- E_{cm} E-Modul nach 28 Tagen
- $E_{cm(t)}$ E-Modul zum Zeitpunkt der maximalen Temperatur

Der Nachweis erfolgt durch Gegenüberstellung der maximal möglichen Dehnung und der Dehnfähigkeit des Betons.

$$\epsilon_{ct,H,max} \leq \frac{\epsilon_{ct,H,k}}{\gamma_{ct,H}}$$

Schwinden

Der Nachweis auf Schwinden wird nach dem gleichen Prinzip wie infolge Hydratation geführt. Der Unterschied besteht darin, dass E-Modul und Dehnfähigkeit zum Zeitpunkt $t = 28d$ bestimmt werden und für die Berechnung der Sohlpressung die Belastungen zum Zeitpunkt $t = \infty$ angesetzt werden.

$$\epsilon_{ct,S,max} \leq \frac{\epsilon_{ct,S,k}}{\gamma_{ct,S}}$$

Temperatur

Bei Bodenplatten im Freien kann es aufgrund der Sonneneinstrahlung bzw. Abkühlung im Winter zu Aufwölbungen bzw. Aufschüsselungen kommen. Der bei oberseitigen Erwärmung entstehenden Aufwölbung wirkt das Platteneigengewicht entgegen. In Abhängigkeit der Plattenabmessungen stellen sich unterschiedliche Verformungsbilder ein.

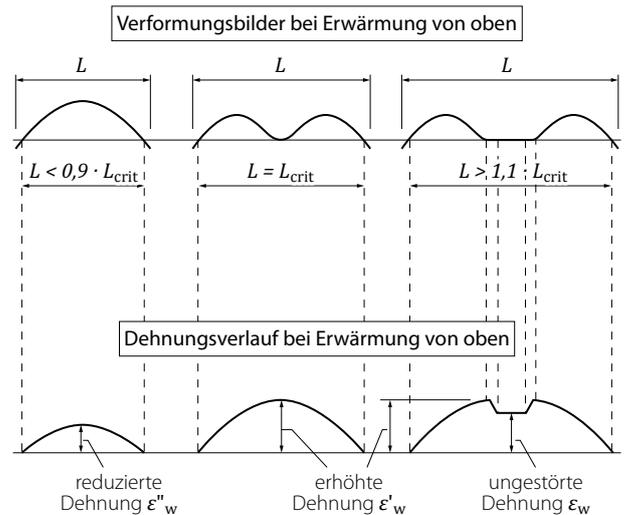


Bild 5. Verformungen von Bodenplatten und Beanspruchungsverlauf nach Lohmeyer/Ebeling Bild 7.9 [1].

Die ungestörte Dehnung bei Aufwölbung errechnet sich zu:

$$\epsilon_{ct,\beta,w} = \frac{1}{1 - \mu_c} \cdot \frac{h \cdot \Delta t}{2} \cdot \alpha_t$$

mit

- μ_c Querdehnzahl Beton
- h Plattendicke
- Δt Temperaturgradient $\Delta t \approx 0,08K/mm$
- α_T Temperaturdehnzahl

In Abhängigkeit der kritischen Länge kann die ungestörte Dehnung reduziert werden oder muss erhöht werden. Für Einzelheiten hierzu sei auf Lohmeyer/Ebeling [1] verwiesen.

Last

Dehnungen infolge Bauteilbelastung werden mittels einer FE-Berechnung bestimmt. Modelliert wird eine elastisch gebettete Platte nach dem Bettungsmodulverfahren. Der Bettungsmodul wird wie oben angegeben aus dem Verformungsmodul der Tragschicht in Verbindung mit der Steifigkeit der Bodenplatte ermittelt. Es werden die Hauptspannungen an der Plattenober- und -unterseite ausgewertet. Die Dehnungen ergeben sich damit zu:

$$\varepsilon = \frac{\sigma_{1,2}}{E_{cm}}$$

Die so ermittelten Dehnungen werden der Biegedehnfähigkeit gegenübergestellt.

Die Dehnfähigkeit unter Biegebeanspruchung ist abhängig von der Dicke des Bauteils und errechnet sich zu:

$$\varepsilon_{ct,fl,k} = k_{fl} \cdot \varepsilon_{ct,k}$$

mit

$$k_{fl} \quad \text{Biegezug-Beiwert } k_{fl} = 1,6 - h \geq 1,0$$

$$\varepsilon_{ct,k} \quad \text{zentrische Dehnfähigkeit}$$

Kombinierte Beanspruchung

Die Lastbeanspruchungen können sowohl gleichzeitig mit den Schwind- als auch mit dem Temperaturbeanspruchungen auftreten. Daher sind die beiden Anteile zu überlagern:

Last + Schwinden

$$\frac{\varepsilon_{ct,fl,max}}{\varepsilon_{ct,fl,d}} + \frac{\varepsilon_{ct,s,max}}{\varepsilon_{ct,s,d}} \leq 1,0$$

Last + Temperatur

$$\frac{\varepsilon_{ct,fl,max}}{\varepsilon_{ct,fl,d}} + \frac{\varepsilon_{ct,fl,w,max}}{\varepsilon_{ct,fl,d}} \leq 1,0$$

Grenzzustand der Tragfähigkeit

Durchstanzen

Werden die Bodenplatten z.B. durch schwere Regale belastet, deren Standsicherheit von der Funktionstüchtigkeit der Bodenplatte abhängt, ist zusätzlich ein Durchstanznachweis zu führen. Nach Lohmeyer/Ebeling [1] kann dazu auf den Querkraftwiderstand für unbewehrten Beton gemäß EC 2, Abschnitt 12.6.3 [2] zurückgegriffen werden. Für den Lastausbreitungswinkel β gilt folgender Zusammenhang:

$$1 \leq \tan \beta = \frac{a_c}{h_c} = \frac{\sqrt{3 \cdot p_{g,d} / f_{cv,d}}}{0,85} \leq 2$$

mit

- h_c Dicke der Betonplatte
- a_c Breite der Lastverteilung in der Bodenplatte
- $f_{cv,d}$ Bemessungswert der Betonfestigkeit bei Querkraft und Druck
- $p_{g,d}$ Bemessungswert der Sohlpressung

Zusätzlich gilt folgende Bedingung für die Breite der Lastverteilung:

$$a_c \leq \frac{L_e - b}{2}$$

mit

- L_e elastische Länge der Bodenplatte
- b Breite der Lasteinleitungsfläche

Damit ergibt sich ein Durchstanzwiderstand von:

$$V_{Rd} = A_{c,m} \cdot f_{cv,d}$$

mit

- $A_{c,m}$ Durchstanzfläche der Bodenplatte
 $A_{c,m} = u_{c,m} \cdot h_{cv}$
- $f_{cv,d}$ Betonfestigkeit $f_{cv,d} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctc,0.05} / \gamma_c$

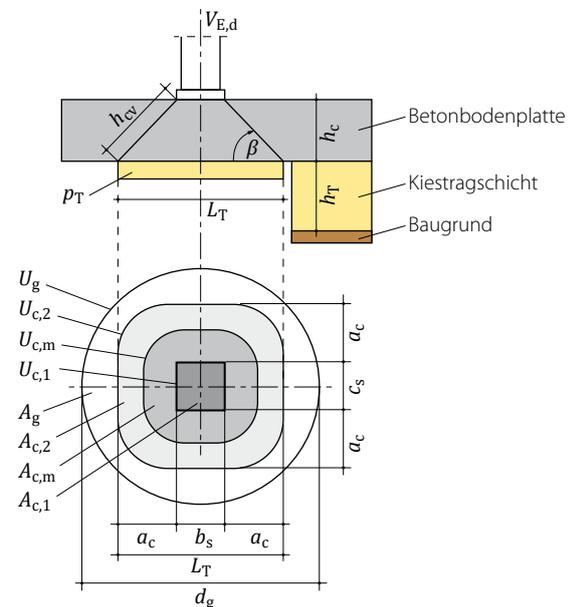


Bild 6. Lastverteilung Durchstanzen nach Lohmeyer/Ebeling, Bild 7.4 [1]

Bodenpressungen

In der Grenzschicht zwischen Tragschicht und Untergrund werden die Bodenpressungen auf den Baugrund nachgewiesen. Unter einer angenommenen Lastausbreitung von $\beta_T = 60^\circ$ ergibt sich eine kreisförmige Lastverteilungsfläche von:

$$A_g = \left(L_T + 2 \cdot \frac{h_T}{\tan \beta_T} \right)^2 \cdot \frac{\pi}{4}$$

mit

- L_T Lastverteilungsbreite $L_T = b + 2 \cdot a_c \leq l_e$
- h_T Höhe der Tragschicht

Nachweis der Bodenpressungen:

$$\frac{p_g}{p_{g,d}} \leq 1$$

mit

- p_g Bodenpressung $p_g = \frac{V_{E,d}}{A_g}$
- $p_{g,d}$ Bemessungswert der Bodenpressungen

		Proj. Bez. 5591.de unbewehrte Bodenplatten Projekt mb BauStatik 5591.de 2017.080	Seite 4 Position 001 Datum 14.07.2017
Nachweise (GZG)	Nachweise der Gebrauchstauglichkeit - Herstellklasse HG (geschlossener Halle) - Ausführungsklasse AS (Standardausführung) - Zuverlässigkeitsklasse RC2		
Grenzdehnungen	Nachweis der Rissefreiheit		
Hydratation	Zentrische Dehnungen infolge Hydratation		
	Zeitpunkt der max. Temperatur	$t_{max,T} = 21.00$	h
	E-Modul	$E_{EM(1)} = 18700$	N/mm ²
	Teilsicherheitsbeiwert	$\gamma_{c,H} = 1.30$	
Betondehnungen (Reibung)	Richt.	q_d	l/z
		[kN/m ²]	[m]
		[%]	[%]
		$\epsilon_{cl,w,Ed}$	$\epsilon_{cl,s,Ed}$
		[%]	[%]
		η	[-]
	x	5.30	3.75
	y	5.30	4.10
Schwinden	Zentrische Dehnungen infolge Schwinden		
	Zeitpunkt	$t = \infty$	h
	E-Modul	$E_{EM(1)} = 33000$	N/mm ²
	Teilsicherheitsbeiwert	$\gamma_{c,S} = 1.20$	
Betondehnungen (Reibung)	Richt.	q_d	l/z
		[kN/m ²]	[m]
		[%]	[%]
		$\epsilon_{cl,w,Ed}$	$\epsilon_{cl,s,Ed}$
		[%]	[%]
		η	[-]
	x	14.60	3.75
	y	14.60	4.10
Last	Maximale Dehnungen infolge Plattenbiegung		
	Zeitpunkt	$t = \infty$	h
	E-Modul	$E_{EM(1)} = 33000$	N/mm ²
	Teilsicherheitsbeiwert	$\gamma_{c,Q} = 1.30$	
Betondehnungen	Seite	x	y
		[m]	[m]
		$\epsilon_{cl,w,Ed}$	$\epsilon_{cl,s,Ed}$
		[%]	[%]
		η	[-]
	oben	3.24	3.50
	unten	1.80	1.25
Temperatur	Maximale Dehnungen infolge Temperaturdifferenz		
	Zeitpunkt	$t = \infty$	h
	E-Modul	$E_{EM(1)} = 33000$	N/mm ²
	Temperaturgradient	$\Delta t = 0.08$	K
	kritische Plattenlänge	$l_{crit} = 9.34$	m
	Teilsicherheitsbeiwert	$\gamma_{c,W} = 1.50$	
Betondehnungen	Richt.	$l/crit$	
		[m]	
		$\epsilon_{cl,w,Ed}$	$\epsilon_{cl,s,Ed}$
		[%]	[%]
		η	[-]
	x	0.80	0.029
	y	0.86	0.031

		Proj. Bez. 5591.de unbewehrte Bodenplatten Projekt mb BauStatik 5591.de 2017.080	Seite 5 Position 001 Datum 14.07.2017
komb. Beanspruchung	Maximale Dehnungen infolge kombinierter Beanspruchung		
Schwinden + Last	x	y	$\epsilon_{cl,w,Ed}$
	[m]	[m]	[%]
	$\epsilon_{cl,s,Ed}$	$\epsilon_{cl,w,Ed}$	$\epsilon_{cl,s,Ed}$
	[%]	[%]	[%]
	η	[-]	[-]
	oben	3.24	3.50
	unten	1.80	1.25
Temperatur + Last	x	y	$\epsilon_{cl,w,Ed}$
	[m]	[m]	[%]
	$\epsilon_{cl,s,Ed}$	$\epsilon_{cl,w,Ed}$	$\epsilon_{cl,s,Ed}$
	[%]	[%]	[%]
	η	[-]	[-]
	oben	3.24	3.50
	unten	1.80	1.25
Durchstanzen	nach Lohmeyer: Betonböden		
	Lastausbreitungswinkel Boden	$\beta = 60.00$	°
	Lastausbreitungswinkel Bodenplatte	$\beta_{BSP} = 52.20$	°
	Betonfestigkeit bei Querkraft	$f_{ct,d} = 0.78$	N/mm ²
	Teilsicherheitsbeiwert	$\gamma_{c,W} = 1.80$	
Bodenplatte	x	y	A_{ct}
	[m]	[m]	[m ²]
	V_{Ed}	V_{Ed}	η
	[kN]	[kN]	[-]
	1.25	3.15	0.365
Bodenpressungen	x	y	σ_{Ed}
	[m]	[m]	[kN/m ²]
	σ_{Ed}	σ_{Ed}	η
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]
	1.25	3.15	0.608
Zusammenfassung	Zusammenfassung der Nachweise		
Nachweise (GZG)	Nachweise im Grenzzust. der Gebrauchstauglichkeit		
	Nachweis	η	
	Hydratation	OK	0.20
	Schwinden	OK	0.14
	Last	OK	0.40
	Temperatur	OK	0.42
	Kombinierte Beanspruchung	OK	0.80
Durchstanzen	Durchstanzen	OK	0.37
	Bodenpressungen	OK	0.77

Bild 7. Beispielausgabe Nachweise GZT und GZG

Nachweis- und Ausgabesteuerung

Nahezu alle in den vorangegangenen Kapiteln erwähnten Optionen zur Nachweisführung können nach Bedarf zu- oder abgeschaltet werden, um flexibel den unterschiedlichsten Anforderungen gerecht zu werden. Alle Nachweise werden vollständig und prüffähig ausgegeben.

Dipl.-Ing. Sascha Heuß
mb AEC Software GmbH
mb-news@mbaec.de

Literatur

- [1] Lohmeyer, G.; Ebeling, K.: Betonböden für Produktions- und Lagerhallen, Verlag Bau+Technik GmbH, 3. überarbeitete u. erweiterte Auflage, Düsseldorf, 2012
- [2] DIN EN 1992-1-1:2011-01, Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.
- [3] DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04, Eurocode 2: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.

! Aktuelle Angebote

S591.de Unbewehrte Betonplatte im Industriebau **399,- EUR**

Leistungsbeschreibung siehe nebenstehenden Fachartikel

Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Alle Preise zzgl. Versandkosten und MwSt. – Hardlock für Einzelplatzlizenzen je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Folgelizenz-/Netzwerkbedingungen auf Anfrage. – Stand: August 2017
Unterstütztes Betriebssysteme: Windows 10 (64)

Preisliste: www.mbaec.de