

Merkblätter

DEUTSCHER BETON- UND BAUTECHNIK-VEREIN E.V.

Bautechnik

Industrieböden aus Beton
Industrial Concrete Floors

Fassung Februar 2017



Nutzungsgerechte Anforderungen an Industrieböden

- **Nutzung**
- **Planung / Konstruktion**
- **Dimensionierung**
- **Bemessung (unbewehrt)**
- **Ausführung**
- **Nachbehandlung**

Dr.-Ing. Gerhard Stenzel

Bedarfsplanung entsprechend der geplanten Nutzung:



- Der Industrieboden ist keine „einfache“ Bodenplatte.
- Eine sorgfältige Bedarfsplanung ist unbedingt erforderlich.

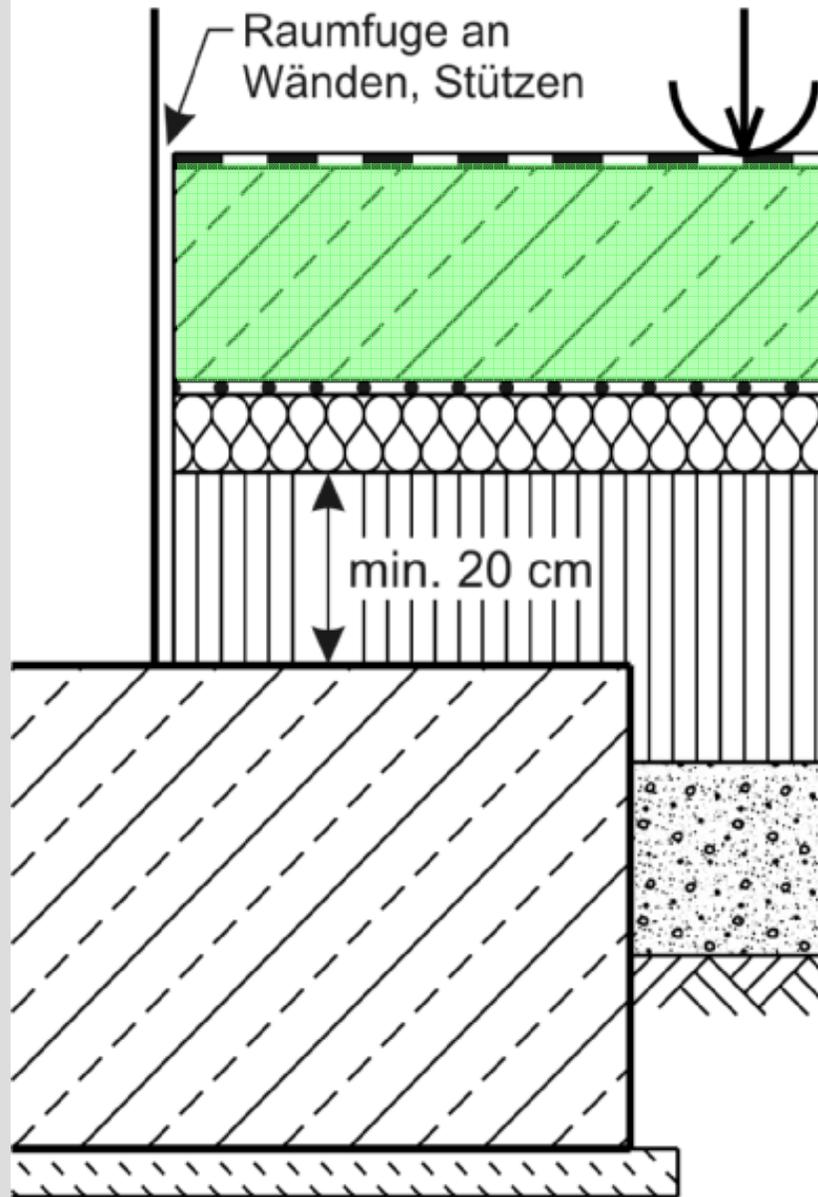
Wesentliche Anforderungen aus der geplanten Nutzung:

- **Rutschfestigkeit**
- **Ebenheit, keine Höhenversätze an Fugen**
- **Einwandfreie Entwässerung in Nassbereichen**
- **Verschleißfestigkeit**
- **Widerstand gegen chemischen Angriff**
- **Elektrische Ableitfähigkeit**
- **Wärmedämmung zum Erdreich (selten: Beheizung)**
- **Geringe Unterhaltskosten**
- **Leicht zu pflegen und zu reinigen**

Nicht, nicht vollständig, nicht zielsicher erfüllbare Anforderungen:

- Eine fugenlose und zugleich rissfreie Ausführung
- Rissfreie Betonflächen mit großen Fugenabständen
- Besondere Anforderungen an die Ebenheit, die über die in **Zeile 2b**, Tabelle 3, nach DIN 18202 (**12 mm bei 4-m-Messlatte**) definierten Anforderungen hinaus gehen
- Die Einhaltung der **VDMA-Richtlinie (vormals DIN 15185-1)** für Schmalgang-Flurförderzeuge ohne nachträgliches Schleifen oder den zusätzlichen Einbau eines Verbundestrichs
- Eine schadensfreie maschinelle Glättung von Beton mit Luftporenbildner
- Optisch einheitliche Betonflächen ohne beton- und glätttypische Marmorierungen, ohne Krakeléesrisse und/oder ohne teilflächige Unterschiede in der Farbtönung

Prinzipieller Aufbau einer Beton-Bodenplatte:



Beschichtung *

Betonplatte (min. 18 cm)

Gleit- oder Trennschicht *
Wärmedämmung *

Tragschicht

Frostschutzschicht *

Untergrund

* bei Bedarf

Erfahrungsgemäß geeignete Oberflächenbearbeitung bei Anforderungen an die Rutschhemmung:

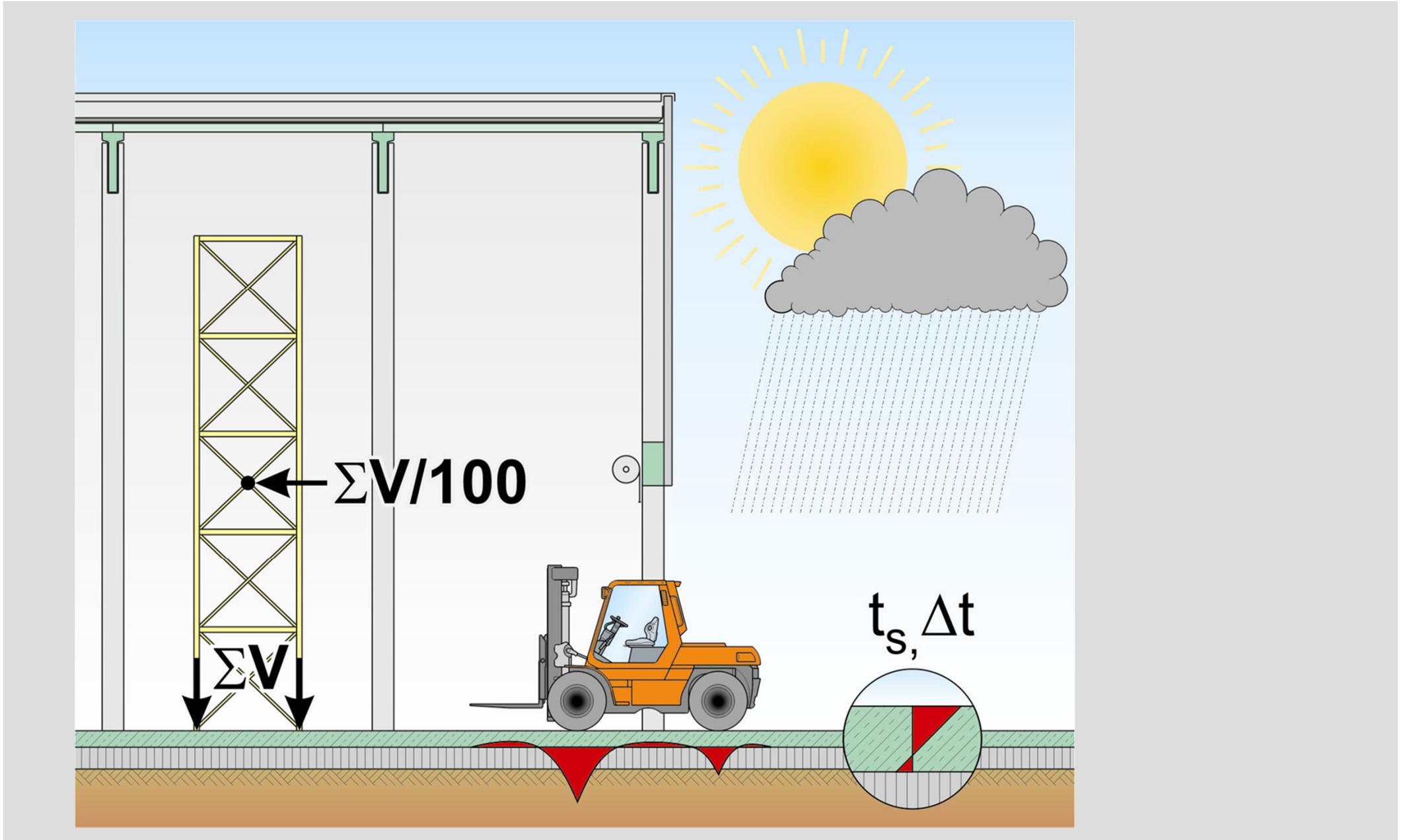
Klasse der Rutschhemmung	Korrigierter mittlerer Gesamtakzeptanzwinkel gemäß DIN 51130	Erfahrungsgemäß geeignete Oberflächenbearbeitung
R 9	6° bis 10°	mit Flügelglätter geglättet (viele Überfahrungen)
R 10	10° bis 19°	
R 11	19° bis 27°	feingriffig geglättet (wenige Überfahrungen)
R 12	27° bis 35°	abgerieben abgescheibt
R 13	über 35°	z. B. Besenstrich oder aufgerauter Beton

Praxisbewährte Anforderungen und Eigenschaften zur Sicherstellung des Verschleißwiderstands von Industrieböden:

S	1	2	3
Z	Beanspruchung (Beispiele)	Mindestdruck- festigkeitsklasse	Anforderungen und Eigenschaften zur Sicherstellung des Verschleißwiderstands ¹⁾
1a	luftbereifte Fahrzeuge (keine Gabelstapler)	C25/30	w/z ≤ 0,55
1b	luftbereifte Gabelstapler und Fahrzeuge mit Reifen aus Elastik-Vollgummi (Shore-Härte ≤ 75A) ²⁾	C25/30	w/z ≤ 0,55; mit Hartstoffeinstreuung (Gruppe A, 4 bis 5 kg/m ²)
		C30/37	w/z ≤ 0,50
2	Fahrzeuge mit Reifen aus Vollgummi, Polyurethan oder vergleichbarem Kunststoff (Shore-Härte 80A – 98A) ²⁾	C30/37	w/z ≤ 0,55; mit Hartstoffeinstreuung (Gruppe A, 4 bis 5 kg/m ²)
		C30/37	w/z ≤ 0,55; mit Hartstoffestrichschicht nach DIN 18560-7 [R18]
		C35/45	w/z ≤ 0,45
3	Fahrzeuge mit Reifen aus Stahl, Grauguss, Polyamid, oder vergleichbarem Kunststoff; stark schleifende Bean- spruchung	C30/37	w/z ≤ 0,55; mit Hartstoffestrichschicht ³⁾ nach DIN 18560-7 [R18] oder w/z ≤ 0,55; mit Hartstoffeinstreuung (Gruppe KS, 4 bis 5 kg/m ²)

Hinweis: Bei tragenden oder aussteifenden Industrieböden ist DIN EN 1992-1-1 [R8], 4.4.1.2 (13) zu beachten.

Vielseitige Beanspruchungen des Industriefußbodens:



In der Praxis vorkommende Beanspruchungen (Bedarfsplanung):

- Gabelstapler- und LKW-Verkehr
- Lagerlasten (Paletten, Schüttgüter)
- Regallasten (inkl. Aussteifungen)
- Belastung durch tragende/ nichttragende Wände
- Aufstellung von Maschinen
- Mechanische und chemische Beanspruchungen
- Wasserdruck (von unten oder oben)
- Setzungen und Bergsenkungen
- Gleichmäßige Temperaturänderungen t_s
- Temperaturgradienten Δt
- Schwinden und Quellen des Betons
- Kriechverformungen des Betons
- Frost

Beton-Bodenplatten im Freien (Herstellung im Winter):

Beispiel:

+ 20° C

Herstelltemperatur = Frischbetontemperatur + 10 K

6,250 m

+ 20° C

Nach dem Schwinden (35 K)

6,248 m

- 24° C

Im Winter

Fugenbewegung = $6,249 - 6,245 = 0,004$ m
Erforderlicher Fugenspalt = $4 * 4 = 16$ mm

6,245 m

+ 37° C

Im Sommer

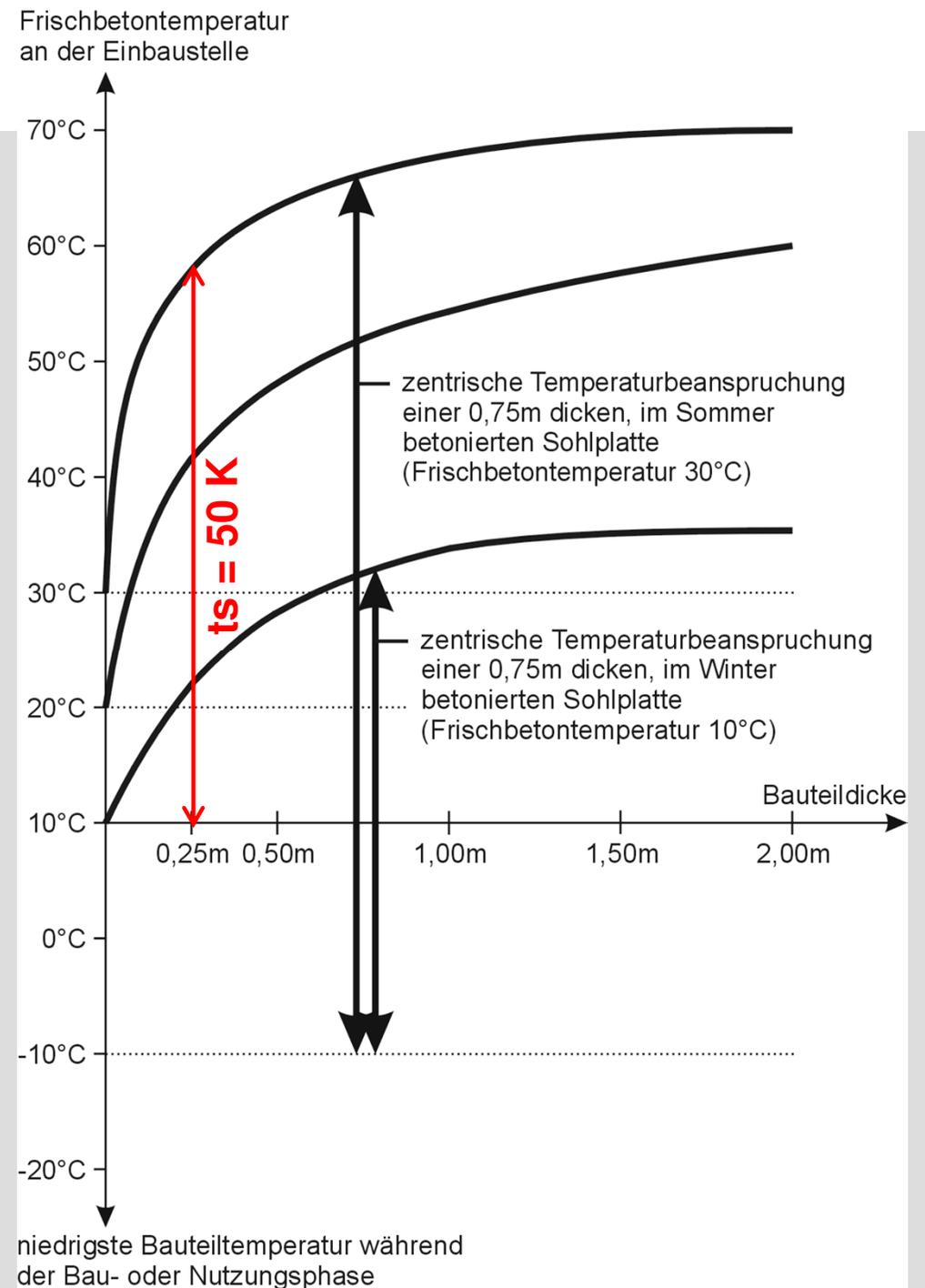
6,249 m

Einfluss der Frischbetontemperatur auf die Zwangbeanspruchung

Eine Verringerung der Zwangbeanspruchung aus abfließender Hydratationswärme bzw. Temperaturverkürzung ist im Sommer und Herbst nur mit einer planmäßigen Begrenzung der Frischbetontemperatur möglich !

Eine Abstimmung mit dem Planer/Tragwerksplaner ist erforderlich, wenn im Sommer „gemäß DIN EN“ mit 30°C Frischbetontemperatur betoniert werden soll !

Industrieböden:
Frischbetontemperatur max. 25°C !



Beton-Bodenplatten in Hallen (Herstellung im Sommer):

Beispiel:

+ 60° C

Herstelltemperatur = Frischbetontemperatur + 30 K

8,000 m

+ 20° C

Nach der Abkühlung

7,997 m

+ 10° C

Nach dem Schwinden (50 K)

7,992 m

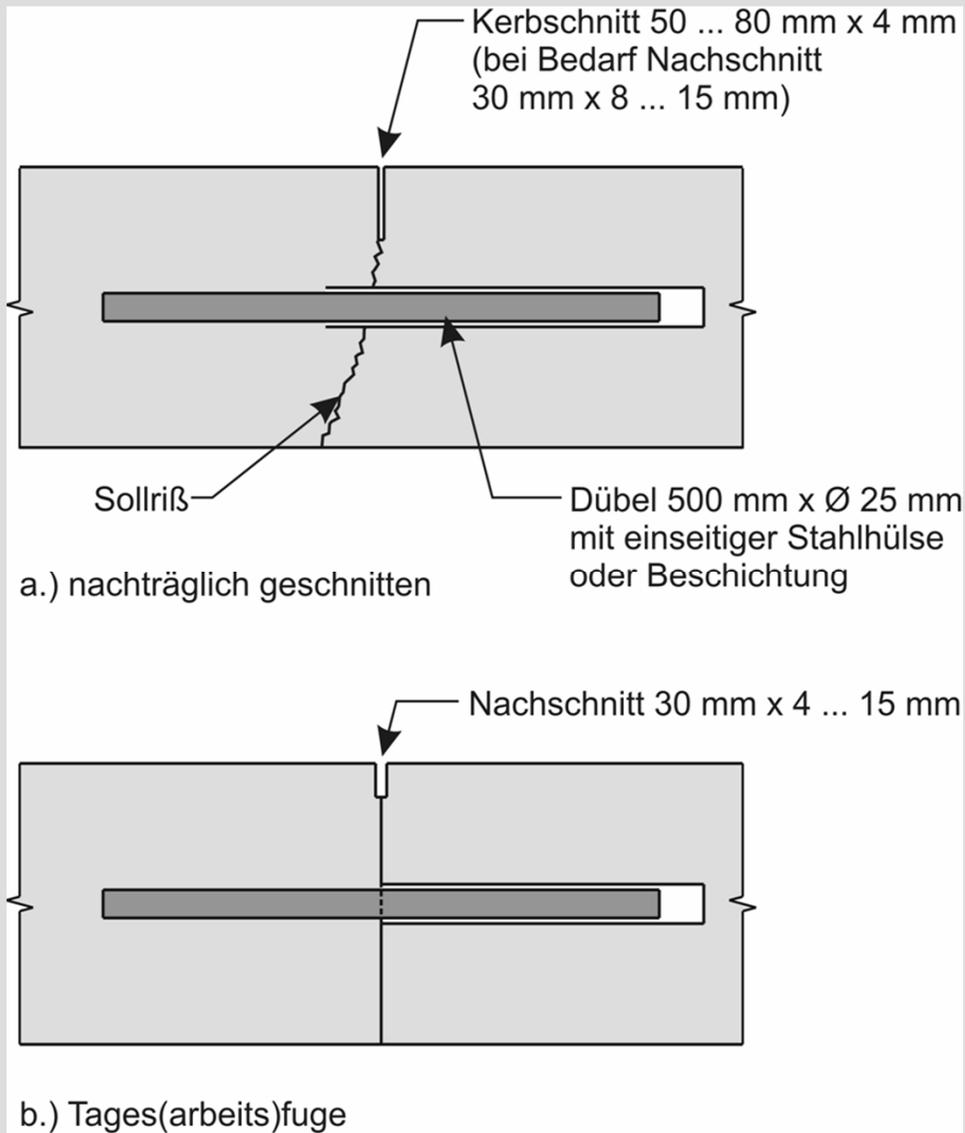
Fugenbewegung = $7,997 - 7,992 = 0,005 \text{ m}$
Erforderlicher Fugenspalt = $4 * 5 = 20 \text{ mm}$

+ 30° C

Im Betrieb

7,994 m

Scheinfugen mit Verdübelung:

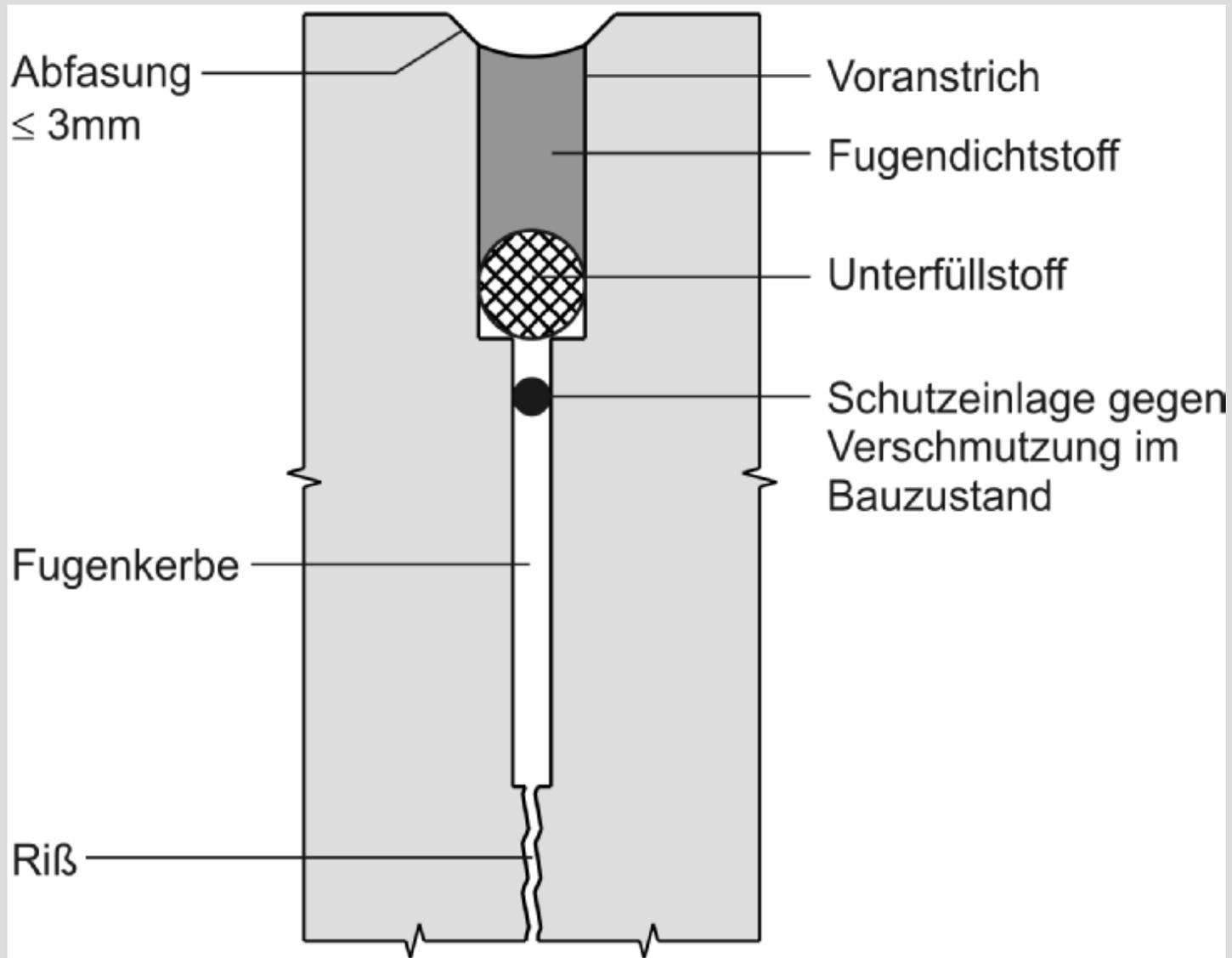


**Scheinfugen gemäß
Fugenplan!**

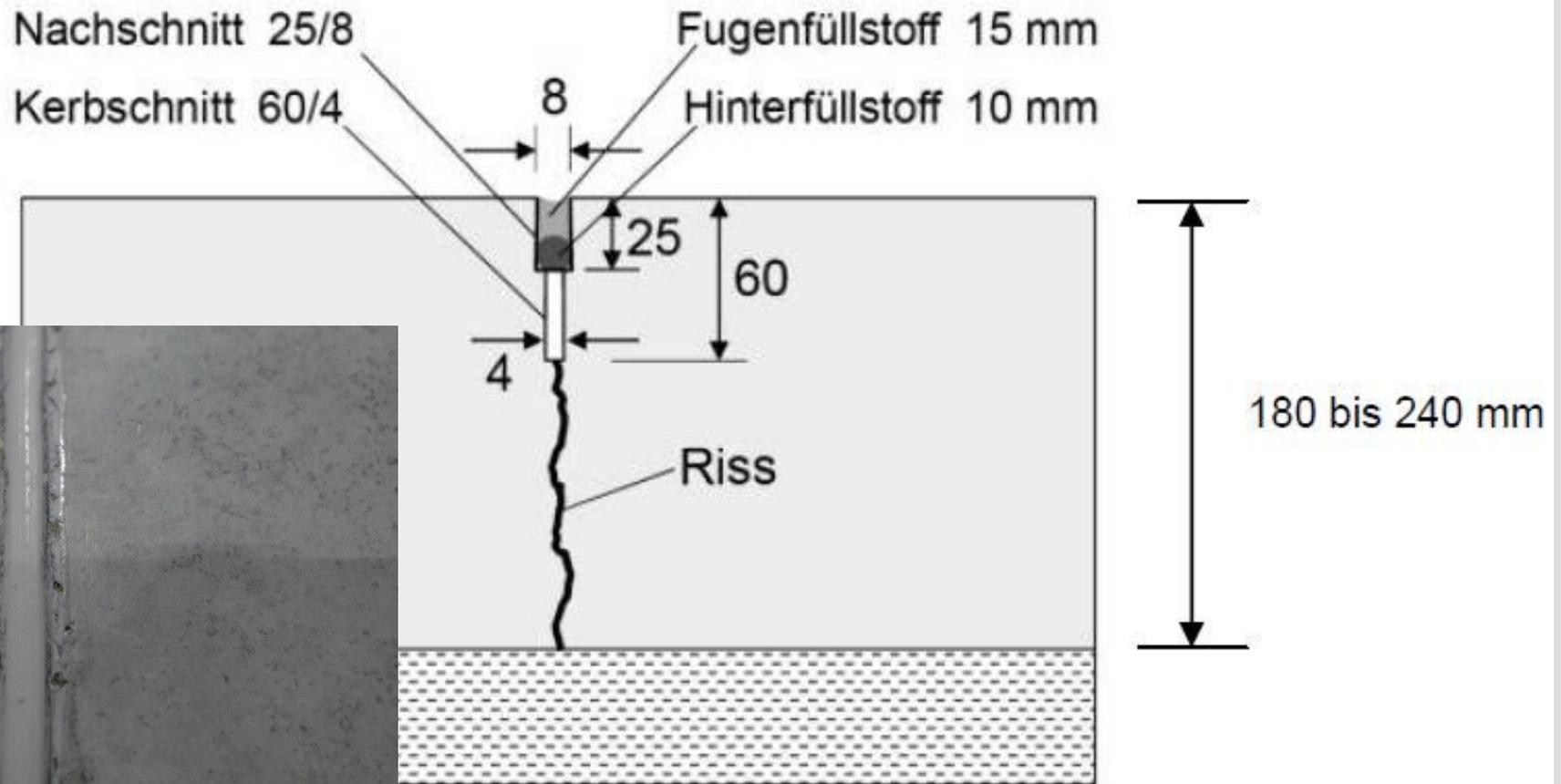
**Fugenabstand in Hallen:
max. 35*h bzw. 8,50 m
im Freien:
max. 25*h bzw. 7,50 m**

**Seitenverhältnis der
Plattenfelder < 1,5**

Schließen von Scheinfugen im Freien gemäß ZTV Fug-StB 15:



Schließen von Scheinfugen in Hallen gemäß DBV-Merkblatt 2017:



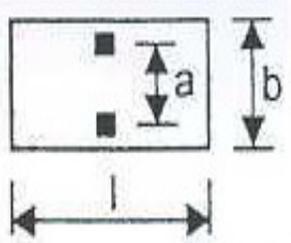
ACHTUNG: Die Fugenbreite 8 mm gilt nur bei optimalen Randbedingungen, sie muss vom Planer im Einzelfall ermittelt werden.
Die Fugenflanken müssen angefast oder mit einem Korundstein gebrochen werden.

So soll es nicht aussehen:



Charakt. Lasten für Gabelstaplerbetrieb nach DIN EN 1991-1-1:

ACHTUNG: $\phi = 1,2$ darf nur für reine Beton-Bodenplatten angewendet werden, auf Bodenkanälen und Keller- oder Geschossdecken gilt 1,4 bzw. 2,0

Gabelstaplerklasse	Zulässige Gesamtlast (Summe aus Eigengewicht und Hublast)	Nenntragfähigkeit (Hublast)	Flächenlast q_k (siehe NA Tab. 4.6 DE)	Einzelradlast $Q_k/2$ (inkl. $\phi = 1,2$) (auf 0,20 m x 0,20 m)			
				[kN]	Achse a [m]	Länge l [m]	Breite b [m]
FL 1	31	10	12,5	16	0,85	2,60	1,00
FL 2	46	15	15,0	24	0,95	3,00	1,10
FL 3	69	25	17,5	38	1,00	3,30	1,20
FL 4	100	40	20,0	54	1,20	4,00	1,40
FL 5	150	60	20,0	84	1,50	4,60	1,90
FL 6	190	80	20,0	100	1,80	5,10	2,30

Dimensionierung: Untergrund / Tragschicht / Betonplatte

- Die richtige Dimensionierung und der sorgfältige Einbau der Tragschicht sind für die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit des Gesamtpakets genauso wichtig, wie die fachgerechte Herstellung der darüber liegenden Beton-Bodenplatte.
- Der Untergrund muss annähernd gleichmäßig sein, er muss ggf. verbessert oder nachverdichtet werden und mindestens einen Verformungsmodul (EV2-Wert) von 45 MN/m² aufweisen.
- Die Tragschicht muss gleichmäßig vorhanden sein, sie muss verdichtet werden und mindestens einen Verformungsmodul (EV2-Wert) von 100 MN/m² aufweisen.
- Bei richtig dimensionierter Tragschicht und gleichmäßigem Untergrund hängt die Nutzungsdauer bzw. Lebensdauer einer Beton-Bodenplatte ausschließlich von ihrer Festigkeit und ihrer Dicke ab.

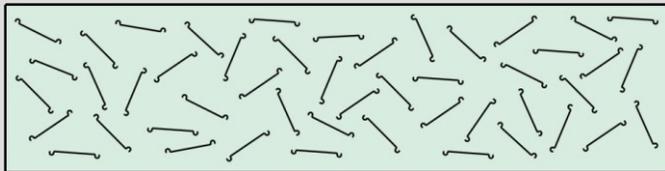
Mindestdicken für Tragschichten d_T in cm und zugehörige erforderliche Verformungsmoduln der Tragschicht und des Untergrunds (nach Lohmeyer / Ebeling: Betonböden im Industriebau) :

Mindestdicken d_T [cm]		Radlast (Einzelrad) $Q_k/2$ [kN] (ohne Schwingbeiwert ϕ)							
		20	30	45	60	100	120	150	200
Kies R3		30	35						
Kies R2		20	25	30	35				
Kies R1			20	25	30	35			
Schotter B2					20	30	35		
Schotter B1						20	25	30	
Bodenverfestigung mit Zement, baugemischt						20	25	30	
Bodenverfestigung mit Zement, zentralgemischt						15	20	25	
Hydraulisch gebundene Kiestragschicht						15	20	25	
Hydraulisch gebundene Schottertragschicht								15	20
Beton C 8/10								15	20
erf E_{V2} [N/mm ²]	der Tragschicht	100	100	100	100	120	130	150	180
	des Untergrunds	45	45	45	45	60	70	80	100

Vergleich verschiedener Konstruktionsarten:



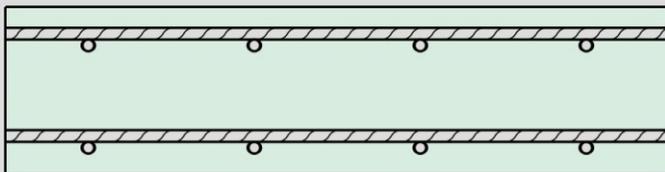
unbewehrter Beton* **Fugen erforderlich**



Stahlfaserbeton* **Fugen erforderlich**

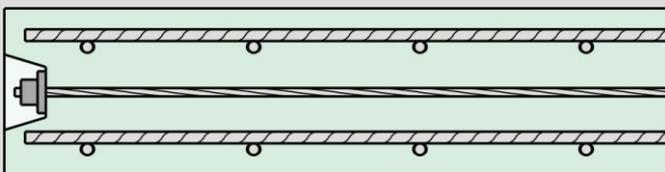
*** i. d. R. nur für baurechtlich nichttragende Beton-Bodenplatten wirtschaftlich**

Kunststofffasern bewirken eine Verschlechterung der Tragfähigkeit



Stahlbeton

Rißbreitenvereinbarung erforderlich



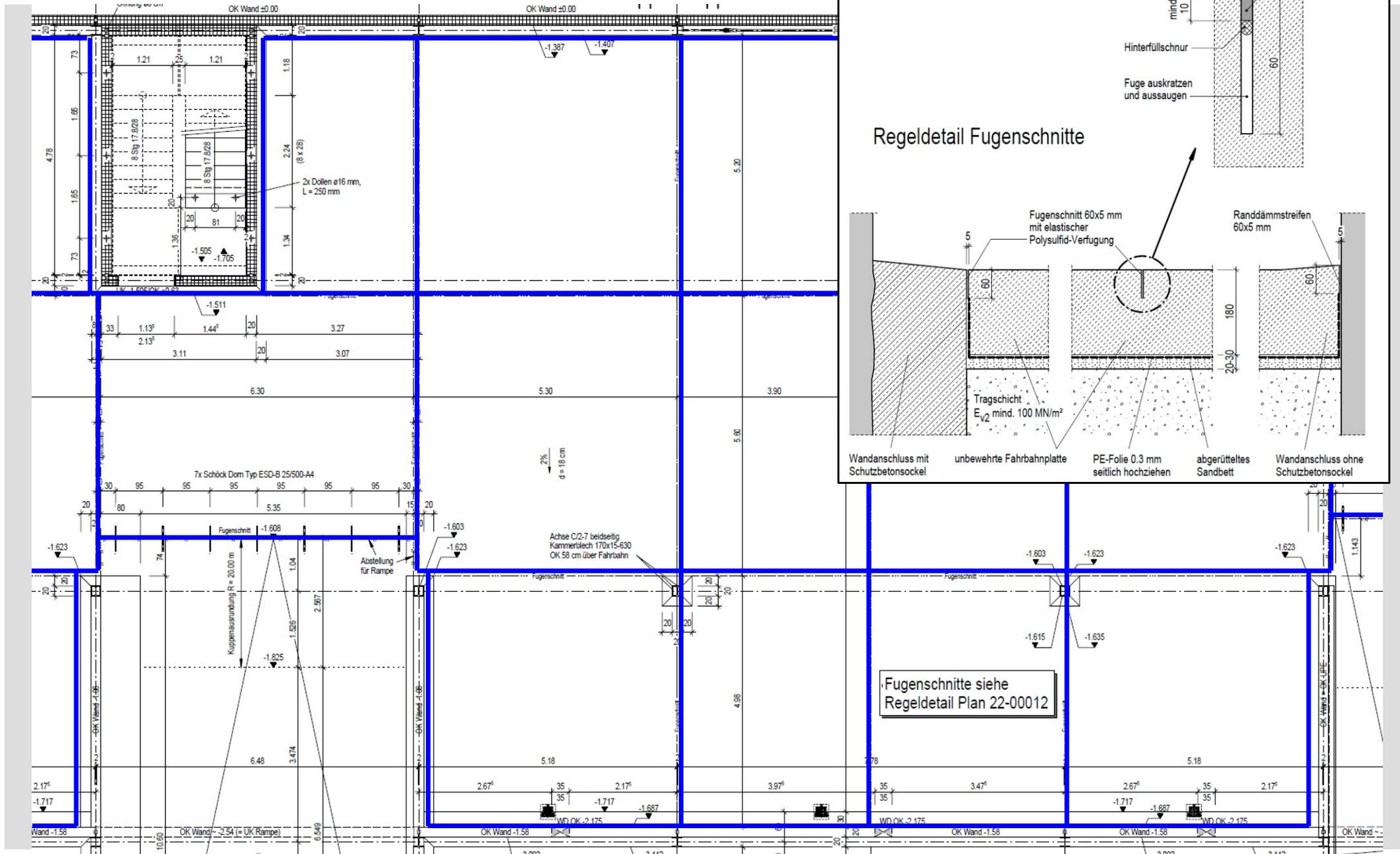
Spannbeton

bei besonders hohen Anforderungen, z. B. an die Dichtigkeit

Fugenplanung:

- **Fugenabstände und Rissbreiten sind immer im Zusammenhang zu betrachten.**
- **Fugen sind bezüglich ihrer Lage, dem Zeitpunkt der Ausführung und der Art der Ausführung zu planen.**
- **Es ist in Abhängigkeit von der Nutzung zu planen, ob und wie Fugen geschlossen werden sollen.**
- **Die Anordnung und die Detailausbildung von Fugen in Industrieböden sind bereits bei der Planung entsprechend des gewählten Entwurfsgrundsatzes (a, b oder c) zu berücksichtigen und in einem Fugenplan darzustellen.**
- **In Abhängigkeit von den zu erwartenden Bewegungen ist die Breite der Randfugen (zu angrenzenden Bauteilen wie z. B. Stützen und Wänden) vom Planer festzulegen (mind. 5 mm). Die Randfugen sollten in die Tragschicht eingreifen.**

Beispiel für Fugenplan und -details:

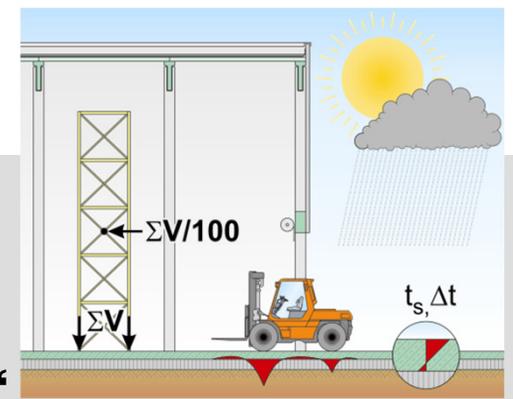


**Negativbeispiel:
Fuge direkt unter dem
Oberlichtband:**



Vereinfachte Ermittlung des Bettungsmoduls:

- Für Einzellasten kann der Bettungsmodul k_s mit hinreichender Genauigkeit als sogenanntes Zweischichtensystem: „Betonplatte auf Untergrund“ nach Eisenmann/Leykauf ermittelt werden:



$$k_s = \frac{E_{V2}}{0,83 \cdot h \cdot \sqrt[3]{(E_{cm} / E_{V2})}}$$

mit

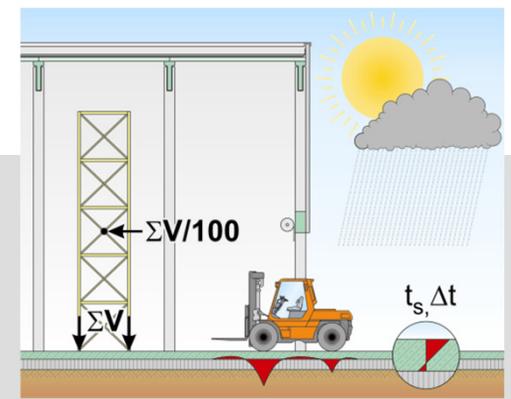
h Dicke der Betonplatte mit dem E-Modul E_{cm}

E_{cm} Elastizitätsmodul Beton

E_{V2} Verformungsmodul des Untergrundes

Ermittlung des Bettungsmoduls als Flächenfeder:

- Die vereinfachte Ermittlung gilt nur für Einzellasten mit einer Lastverteilung im Untergrund.
- Die Tragschicht und ggf. vorhandene Wärmedämmschichten haben nur einen geringfügigen Einfluss auf den Bettungsmodul, weil sie wesentlich steifer als übliche Untergründe sind.
- Falls gleichmäßig verteilte Flächenlasten bzw. Regallasten vorhanden sind, die zu einer überwiegend flächigen Sohlpressung unter der Betonplatte führen, muss der Bettungsmodul als „Flächenfeder“ über eine Setzungsberechnung ermittelt werden:



$$k_s = q/s$$

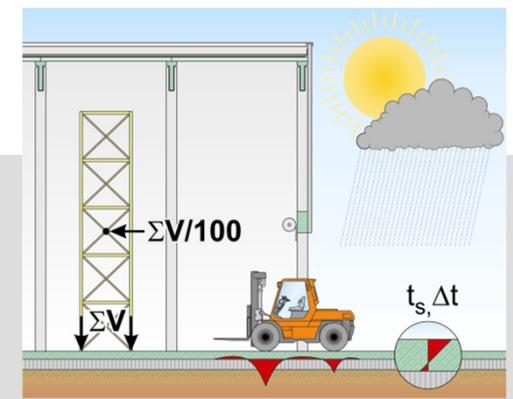
mit

q Flächenlast (Sohlpressung)

s zugehörige Setzung

Hinweise zur Größe des Bettungsmoduls:

- Der Bettungsmodul sinkt mit steigender Plattendicke bzw. Plattensteifigkeit.
- Bei der Berücksichtigung von gebundenen Tragschichten als „Dreischichtensystem“ bleibt dennoch der Untergrund maßgebend. Der Bettungsmodul sinkt, weil die Steifigkeit des Oberbaus zunimmt.
- Der bei üblichem und gleichmäßigem Baugrund ermittelte Bettungsmodul hat einen eher geringen Einfluss auf das Berechnungsergebnis der Schnittgrößen / Betonspannungen.
- Die vereinfacht nach Eisenmann/Leykauf ermittelten Bettungsmoduln sind grundsätzlich nicht für Verformungsberechnungen geeignet. In solchen Fällen, wie auch beim Einsatz von FEM- bzw. nichtlinearen Berechnungsverfahren, ist der Bettungsmodul als „Flächenfeder“ oder mit dem Steifezifferverfahren zu ermitteln.



Anwendungsgebiete und Teilsicherheitsbeiwerte γ_{ct} für unbewehrte Beton-Bodenplatten gemäß Fassung 2004:

Anwendungsgebiet	Beschreibung	Beispiel	γ_{ct}
A	Normale wirtschaftliche Bedeutung und keine Anforderungen bezüglich der Rissbildung	Lagerflächen für unempfindliche Schüttgüter	1,00
B	Erhöhte wirtschaftliche Bedeutung und übliche Anforderungen bezüglich der Rissbildung	Lagerflächen mit Gabelstaplerverkehr und Warenumschlag	1,33
C	Hohe wirtschaftliche Bedeutung und erhöhte Anforderungen bezüglich der Rissbildung	Lagerflächen für organische Abfälle, Industrieböden für Hochregallager	1,67
Für den Sonderfall von baurechtlich relevanten (tragenden) unbewehrten Betonbauteilen für die ständige und vorübergehende Bemessungssituation gemäß DIN 1045-1 im Grenzzustand der Tragfähigkeit.			1,80

Wurde in der Praxis nicht angewendet!

Bemessung mit Teilsicherheitsbeiwerten:

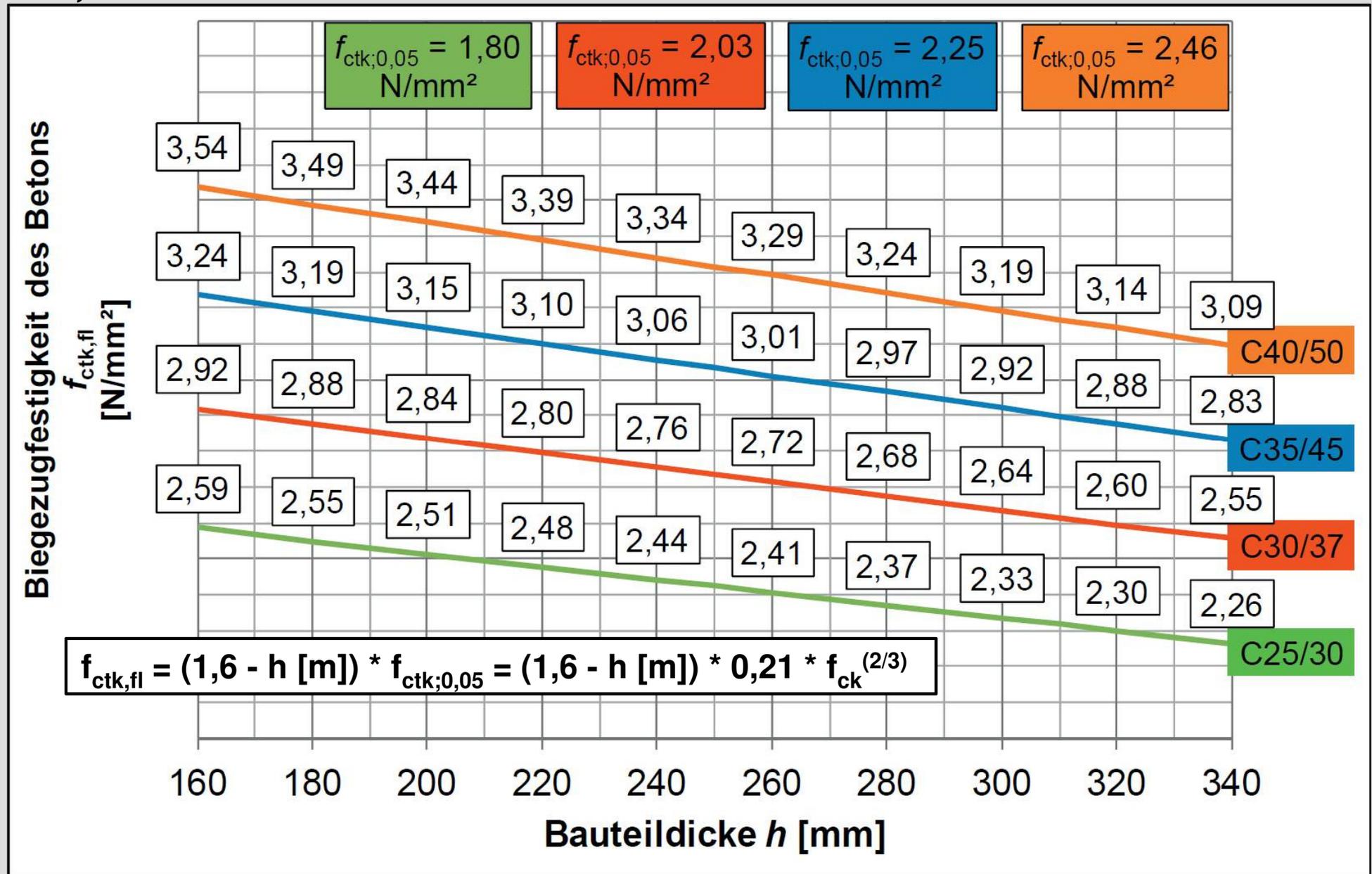
- Für Industrieböden, welche gemäß DIN EN 1992-1-1 keine tragende oder aussteifende Funktion besitzen, lässt sich eine Reduzierung der Teilsicherheitsbeiwerte im Grenzzustand der Tragfähigkeit mit geringen Schadensfolgen begründen:
Zuverlässigkeitsklasse RC1 nach DIN EN 1990 verknüpft mit Schadensfolgeklasse CC1

S	1	2
Z	Teilsicherheitsbeiwert für	Industrieböden aus Beton
1	Ständige Einwirkungen γ_G	1,30
2	Veränderliche Einwirkungen γ_Q	1,30
3	Indirekte Einwirkungen $\gamma_{Q,T}$	1,00
4	Beton γ_C	1,35
5	Betonstahl γ_S	1,15

Hinweis: Für tragende oder aussteifende Industrieböden gilt DIN EN 1992-1-1, 2.4

- Schwingbeiwerte aus Nutzlasten (z. B. aus Gabelstaplerverkehr) dürfen wegen der elastischen Bettung des Industriebodens für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit auf $\varphi \leq 1,2$ begrenzt werden.

Rechenwerte für die charakteristische Biegezugfestigkeit $f_{ctk,fl}$ in [N/mm²] für übliche Plattendicken h in [mm]:



Biegung mit oder ohne Normalkraft (Zustand I = EGS a):

Das Nachweisformat für unbewehrte Beton-Bodenplatten lautet:

$$\sigma = k_N \cdot \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{W} \leq 0,85 \cdot \frac{f_{ctk,fl}}{\gamma_C}$$

Mit:

$$\begin{aligned} k_N = k_h = 1,6 - h \text{ [m]} & \quad \text{für } N_{Ed} > 0 \text{ (Zugkraft)} \\ k_N = 1,0 & \quad \text{für } N_{Ed} < 0 \text{ (Druckkraft)} \end{aligned}$$

Der Beiwert k_N berücksichtigt, dass die zentrische Zugfestigkeit f_{ctk} geringer als die Biegezugfestigkeit $f_{ctk,fl}$ ist.

Ermittlung der Schnittgrößen / Betonspannungen (Zustand I):

z. B. nach
Westergaard:

Laststellung Plattenmitte (Biegezug unten):

$$\sigma_i = \frac{0,275 \cdot Q}{h^2} \cdot (1 + \mu) \cdot \left[\lg \left(\frac{E_c \cdot h^3}{k \cdot b^4} \right) - 0,436 \right] \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Laststellung Plattenrand (Biegezug unten):

$$\sigma_r = \frac{0,529 \cdot Q}{h^2} \cdot (1 + 0,54 \cdot \mu) \cdot \left[\lg \left(\frac{E_c \cdot h^3}{k \cdot b^4} \right) + \lg \left(\frac{b}{1 - \mu^2} \right) - 2,48 \right] \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

Laststellung Plattenecke (Biegezug oben):

$$\sigma_e = \frac{3 \cdot Q}{h^2} \cdot \left[1 - \left(\frac{12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot k}{E_c \cdot h^3} \right)^{0,3} \cdot (a \cdot \sqrt{2})^{1,2} \right] \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

mit

E_c = Elastizitätsmodul des Betons in [N/mm²]

h = Dicke der Betondecke in [mm]

$a = \sqrt{\frac{Q}{\pi \cdot p}}$ = Belastungskreisradius in [mm]

p = Kontaktdruck in [N/mm²]

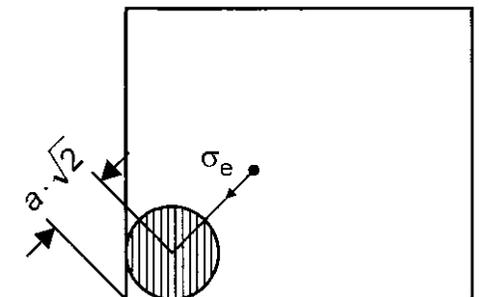
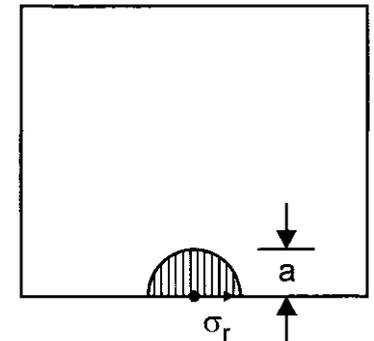
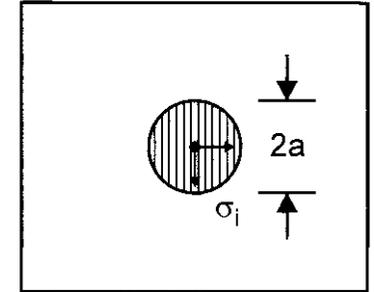
Q = Radlast in [N]

$b = \sqrt{1,6 \cdot a^2 + h^2} - 0,675 \cdot h$ für $a < 1,724 \cdot h$ in [mm]

$b = a$ für $a > 1,724 \cdot h$ in [mm]

k = Bettungsmodul in [N/mm³]

μ = Querdehnzahl des Betons = 0,17



Unbewehrte Beton-Bodenplatte :

(nach Westergaard und Eisenmann/Leykauf,
entnommen aus BK 1987/II: Bau von Verkehrsflächen)

1.) Konstruktion :

für Einzelräder	mit $\phi^* Q_k$	
$h = 280$ (mm)	Plattendicke	
C 30/37	Betongüte	
RC1	Anwendungsgebiet (RC1 oder RC2)	
$L = 8,00$ (m)	Fugenabstand:	
	im Freien $25^*h < 7,50m$	
	in geschl. Hallen $35^*h < 8,50m$	

2.) Bettungsmodul :

$$k = 20000 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$k = 0,02 \text{ (N/mm}^3\text{)}$$

3.) Beanspruchungen :

$Q_k = 31,5$ (kN)	Radlast/Regallast ohne ϕ
$\phi = 1,20$	Schwingbeiwert
$\gamma_Q = 1,30$	Teilsicherheitsbeiwert
$Q = Q_{Ed} = \phi^* \gamma_Q \cdot Q_k = 49.140$ (N)	Bemessungslast
$\Delta t = 0,02$ (K/mm)	Temperaturgradient (oben wärmer)

4.) Systemwerte :

$E = E_c = 33.000$ (N/mm ²)	Elastizitätsmodul des Betons
$\mu = 0,17$ (-)	Querdehnzahl
$F = 49.140$ (mm ²)	Lastaufstandsfläche
$p = 1,0$ (N/mm ²)	($F=Q/p$ mit $p=$ Reifeninnendruck)
$a = 125$ (mm)	Radius der Kreisfläche F: $a = (F/\pi)^{0,5}$
$b = (1,6^*a^2+h^2)^{0,5} - 0,675^*h$	für $a < 1,724^*h$
$b = a$	für $a > 1,724^*h$
$b = 133$ (mm)	

5.) Lastspannungen (Grenzzustand der Tragfähigkeit):

$$\sigma_1 = (0,275^*Q/h^2)^*(1+\mu)^*(\lg(E^*h^3/k^*b^4) - 0,436) = 0,93 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ für Einzellast in Plattenmitte}$$

$$\sigma_r = (0,529^*Q/h^2)^*(1+0,54^*\mu)^*(\lg(E^*h^3/k^*b^4) + \lg(b/(1-\mu^2)) - 2,48) = 1,71 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ für Einzellast am Plattenrand}$$

$$\sigma_e = (3^*Q/h^2)^*(1 - ((12^*(1-\mu^2)^*k)/E^*h^3)^{0,3^*} * (a^2)^{0,5})^{1,2} = 1,71 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ für Einzellast auf der Plattenecke}$$

6.) Temperaturspannungen ($\gamma_{Zwang} = 1,0$):

$$red\sigma_w = 1/((1-\mu)^*\Delta t^*0,5^*h^*10^{-5^*} * E_c^*(L-400)^2/(0,9^*37^*h)^2) = 0,74 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

7.) Überlagerung Plattenmitte

$$\sigma_1 + red\sigma_w = 1,67 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

8.) zul. Biegezugspannung : (gemäß DBV-Merkblatt Industrieböden 2017)

$$f_{ctk,fl} = 2,68 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

9.) Ausnutzungsgrad: (für $\gamma_{ct} = 1,35/0,85 = 1,59$)

$$vorh \eta = (\max \sigma) * \gamma_{ct} / f_{ctk,fl} = 1,02 \text{ FL 3}$$

Unbewehrte Beton-Bodenplatte :

(nach Westergaard und Eisenmann/Leykauf,
entnommen aus BK 1987/II: Bau von Verkehrsflächen)

1.) Konstruktion :

für Einzelräder	mit $\phi^* Q_k$	
$h = 280$ (mm)	Plattendicke	
C 30/37	Betongüte	
RC1	Anwendungsgebiet (RC1 oder RC2)	
$L = 8,00$ (m)	Fugenabstand:	
	im Freien $25^*h < 7,50m$	
	in geschl. Hallen $35^*h < 8,50m$	

2.) Bettungsmodul :

$$k = 40000 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$k = 0,04 \text{ (N/mm}^3\text{)}$$

3.) Beanspruchungen :

$Q_k = 31,5$ (kN)	Radlast/Regallast ohne ϕ
$\phi = 1,20$	Schwingbeiwert
$\gamma_Q = 1,30$	Teilsicherheitsbeiwert
$Q = Q_{Ed} = \phi^* \gamma_Q \cdot Q_k = 49.140$ (N)	Bemessungslast
$\Delta t = 0,02$ (K/mm)	Temperaturgradient (oben wärmer)

4.) Systemwerte :

$E = E_c = 33.000$ (N/mm ²)	Elastizitätsmodul des Betons
$\mu = 0,17$ (-)	Querdehnzahl
$F = 49.140$ (mm ²)	Lastaufstandsfläche
$p = 1,0$ (N/mm ²)	($F=Q/p$ mit $p=$ Reifeninnendruck)
$a = 125$ (mm)	Radius der Kreisfläche F: $a = (F/\pi)^{0,5}$
$b = (1,6^*a^2+h^2)^{0,5} - 0,675^*h$	für $a < 1,724^*h$
$b = a$	für $a > 1,724^*h$
$b = 133$ (mm)	

5.) Lastspannungen (Grenzzustand der Tragfähigkeit):

$$\sigma_1 = (0,275^*Q/h^2)^*(1+\mu)^*(\lg(E^*h^3/k^*b^4) - 0,436) = 0,87 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ für Einzellast in Plattenmitte}$$

$$\sigma_r = (0,529^*Q/h^2)^*(1+0,54^*\mu)^*(\lg(E^*h^3/k^*b^4) + \lg(b/(1-\mu^2)) - 2,48) = 1,60 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ für Einzellast am Plattenrand}$$

$$\sigma_e = (3^*Q/h^2)^*(1 - ((12^*(1-\mu^2)^*k)/E^*h^3)^{0,3^*} * (a^2)^{0,5})^{1,2} = 1,67 \text{ (N/mm}^2\text{)} \text{ für Einzellast auf der Plattenecke}$$

6.) Temperaturspannungen ($\gamma_{Zwang} = 1,0$):

$$red\sigma_w = 1/((1-\mu)^*\Delta t^*0,5^*h^*10^{-5^*} * E_c^*(L-400)^2/(0,9^*37^*h)^2) = 0,74 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

7.) Überlagerung Plattenmitte

$$\sigma_1 + red\sigma_w = 1,61 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

8.) zul. Biegezugspannung : (gemäß DBV-Merkblatt Industrieböden 2017)

$$f_{ctk,fl} = 2,68 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

9.) Ausnutzungsgrad: (für $\gamma_{ct} = 1,35/0,85 = 1,59$)

$$vorh \eta = (\max \sigma) * \gamma_{ct} / f_{ctk,fl} = 0,99 \text{ FL 3}$$

Vergleich von verschiedenen Rechenverfahren (Zustand I):

Infolge einer Toplast auf elastisch gebetteter Platte:

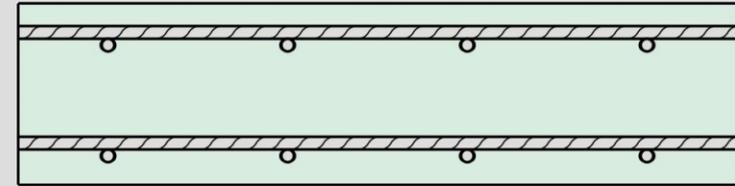
Verfahren	Biegezugspannungen Plattenmitte [N/mm ²]	Vergleich	Biegezugspannungen Plattenrand [N/mm ²]	Vergleich
Bercea	3,21	100 %	-	-
Westergaard	3,51	109 %	7,28	125 %
Niemann	3,21	100 %	-	-
CUR 36 (NL)	3,18	99 %	7,05	121 %
Französ. Lit.	-	-	6,10	105 %
FEM elastisch	3,09	96 %	5,61	96 %
NN	2,06	64 %	5,55	95 %

Bemessungsergebnis für unbewehrte Beton-Bodenplatte C 30/37:

Zeile	Gabelstaplerlast			Regallast	Erforderliche Plattendicke [mm]			
	Gabelstaplerklasse DIN EN 1991-1-1	Zulässige Gesamtlast Gabelstapler [kN]	Radlast $Q_k/2$ (inkl. $\varphi = 1,2$) [kN]		Regallast Q_k (Aufstandsfläche 100 cm ²) [kN]	Ohne Fugenverdübelung		
						DBV 2004 „A“	DBV 2017 (RC1)	DIN EN 1992-1-1 (RC2)
1	FL 1	31	16	15	160	180	220	
2	FL 2	46	24	23	200	220	280	
3	FL 3	69	38	35	260	280	360	
4	FL 4	100	54	50	320	340	-	

Fugenlose Stahlbeton-Bodenplatten (EGS b oder c):

**Zweilagig bewehrte,
fugenlose Bodenplatten
sind immer dann zweckmäßig,
wenn:**



- Die Bodenplatte beschichtet werden soll,
- die Bodenplatte wasserundurchlässig sein soll,
- hohe Regallasten aufzunehmen sind,
- Gabelstapler der Kategorie FL 4 und schwerer verkehren,
- ungleichmäßige Baugrundsetzungen erwartet werden oder
- wenn der Bauherr eine fugenlose Ausführung bestellt hat.

Bauausführung:



Hinweise für die Bauausführung (1):

- **Überprüfung der Tragfähigkeit des Untergrunds**
- **Kontrolle des Verdichtungsgrads der Tragschicht, insbesondere im Bereich von verfüllten Rohrleitungsgräben**
- **bei Freiflächen: wirksame Entwässerung der Tragschicht/Frostschutzschicht**
- **Ebenheit des Untergrunds (± 30 mm gegenüber der Soll-Höhenlage)**
- **Ebenheit der Tragschicht (± 20 mm gegenüber der Soll-Höhenlage)**
- **sorgfältiges und faltenfreies Verlegen von Trennschichten**
- **lagegenaues Einbringen der Bewehrung bzw. der Fugenverdübelung auf ausreichend dimensionierten, stabilen Abstandhaltern**

Hinweise für die Bauausführung (2):

- rechtzeitige Abstimmung mit dem Lieferwerk und Bestellung der vom Planer vorgegebenen Betonsorte (mind. C 25/30, besser C 30/37) mit folgenden Zusatzeigenschaften („Beschaffenheiten“):

Geeignet für maschinelle Glättung, ohne Fremdeinschlüsse (z.B. Altholz)

- Frischbetontemperatur max. 25° C (20° C sind anzustreben)
- sorgfältiger Einbau und gewissenhaftes Verdichten des Betons
- profilgerechtes Abziehen und Abscheiben/Glätten der Oberfläche
- bei Bedarf Ausführung einer Zwischennachbehandlung
- rechtzeitiges Einarbeiten einer Hartstoffeinstreuung (bei Bedarf)
- rechtzeitiger Beginn der Nachbehandlung
- ggf. Einschneiden von Scheinfugen zum frühestmöglichen Zeitpunkt
- volle Belastung der Bodenplatte frühestens nach 14 Tagen

Planum der Tragschicht:



Betonieren:



- Wo sind die Rüttelflaschen?
- Wo wurde die Pumpenschmiere entsorgt?
- Warum ist die Folie dünner als 0,3 mm?

Abziehen und ggf. Zwischennachbehandlung:



Industrieböden aus Beton

10./11./12. April 2018

Definierte Hartstoffeinstreuung:

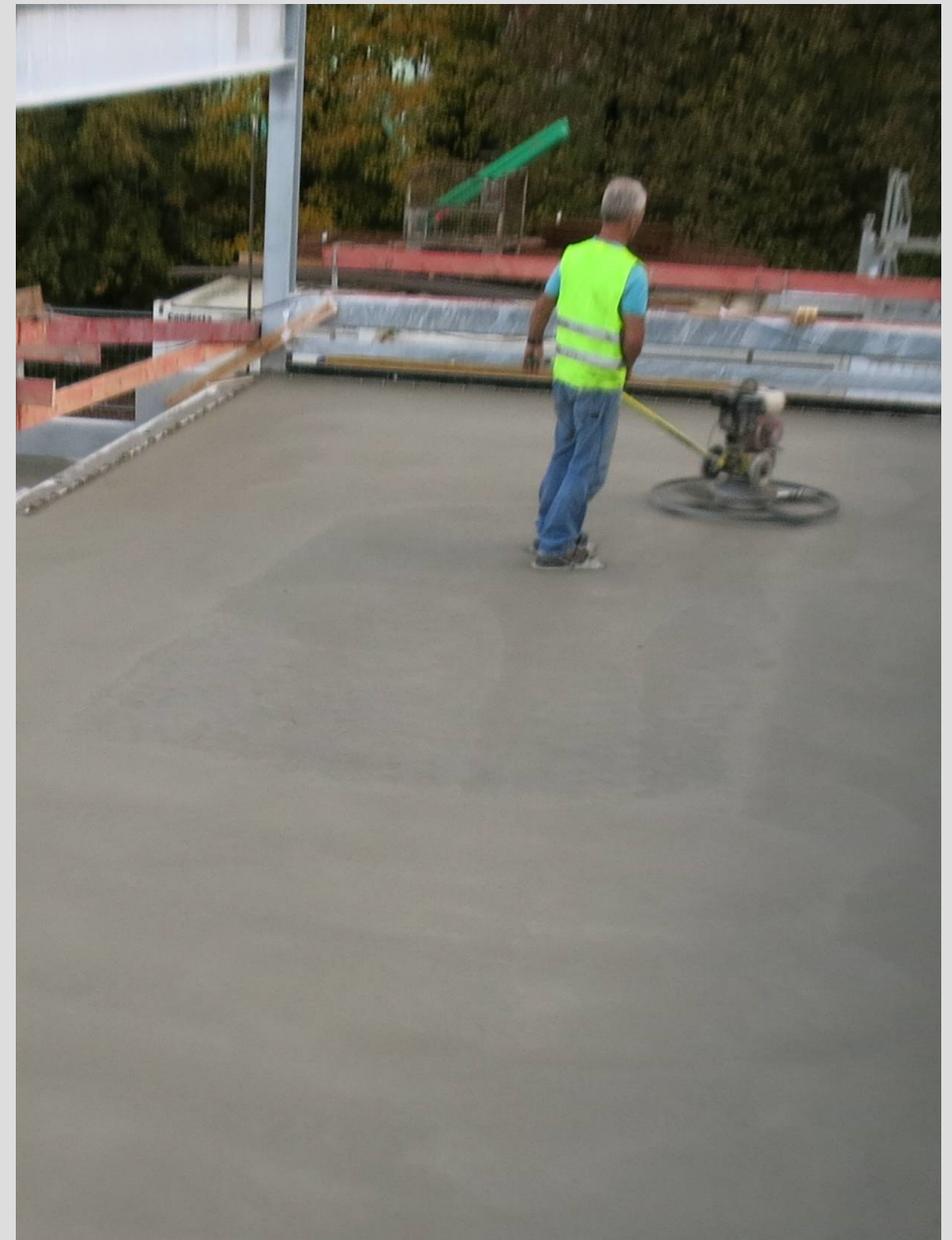
- Vor dem Einarbeiten mit der Tellerscheibe
- 4 bis 5 kg/m²
- gleichmäßig
- Zeitpunkt abhängig von Betonsorte, Frischbetontemperatur und Tagestemperatur



Mangel: Abgelöste Hartstoffeinstreuung neben einer Fuge:



Hartstoff Einarbeiten / Abscheiben und Glätten:



Nachbehandlung und Fugen schneiden (spätestens am Folgetag):



Altholzeinschlüsse:



Eine Alternative zur Hartstoffeinstreuung: Führt zu terrazzoähnlicher Oberfläche

Das Schleifen:



Fugenloser, polierter Hallenboden:



Verantwortlichkeit der am Bau Beteiligten:

- **Der vom Bauherrn ermittelte und festgelegte Bedarf ist die Grundlage für die Planung des Industriebodens.**
- **Der Planer haftet für die Funktionstauglichkeit.**
- **Anforderungen an das Erscheinungsbild von Industrieböden sind besonders zu vereinbaren.**
- **Maßnahmen für das Behandeln von unerwarteten Rissen (Entwurfsgrundsätze a, b und c) bzw. für das Behandeln von Rissen mit unplanmäßig großen Rissbreiten (Entwurfssatz b), die die Gebrauchstauglichkeit beeinträchtigen können, sind im Rahmen der Planung festzulegen und ins Leistungsverzeichnis aufzunehmen.**
- **Bei ungenauen Vorgaben oder unsicheren Annahmen wird allen am Bau Beteiligten empfohlen, die „Sichere Seite“ zu wählen.**
- **Wer als Bauunternehmer ohne Plan baut, wird automatisch zum Mitplaner des Bauwerks/Bauglieds und haftet für die Planung mit !**

Bitte in Zukunft nicht mehr:

