

Dynamische Belastungen von Estrichen

Was ist zu beachten?

Prof. Dr.-Ing.
Karl-Heinz Wiegrink



Dynamische Lasten in einem Fitnessstudio



Dynamische Lasten in einem Fitnessstudio



Dynamische (stoßende) Lasten



Kurzhandelbänke



Wer ist Schuld?

- Bauherr
- Architekt
- Statiker
- Nutzer

Normative Vorgaben SIA 251:2008

Tabelle 1 Beanspruchungskategorien für Estriche

Kategorie	Art der Nutzfläche	Beispiel	q_k kN/m ²	Q_k kN
A	Wohnflächen	Räume in Wohngebäuden und	2	2 ¹⁾
C	Versammlungsflächen	C1: Flächen mit Tischen und Bestuhlung	3	4 ¹⁾
		C2: Flächen mit fester Bestuhlung	4	4 ¹⁾
		C3: Frei begehbare Flächen, Sport- und Spielflächen, Flächen für mögliche Menschenansammlungen	5	4 ¹⁾
D	Verkaufsflächen	Warenhäuser, Ladengeschäfte, Ausstellungsflächen	5	4 ¹⁾

Tabelle 3 Minimale Nenndicken in Abhängigkeit von der Festigkeitsklasse, der Einwirkung und der Zusammendrückbarkeit der Dämmschicht

Beanspruchung		Nenndicke Zementestrich ohne Fussbodenheizung		
Einzellast Q_k	$d_L - d_B$	C16-F3	C20-F4	C30-F5
2 kN	Trennschicht	55 mm	50 mm	45 mm
	≤ 3 mm	70 mm	60 mm	50 mm
	≤ 5 mm	80 mm	65 mm	55 mm
4 kN	Trennschicht	70 mm	60 mm	55 mm
	≤ 3 mm	-	75 mm	65 mm

Normative Vorgaben – DIN EN 1991-1-1; DIN 18560:2022

Tabelle 1 — Lotrechte Nutzlasten für Decken, Treppen und Balkone

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile	Kategorie	Nutzung	Beispiele	q_k kN/m ²	Q_k kN
8	C2	Räume, Versammlungsräume und Flächen, die der Ansammlung von Personen dienen können (mit Ausnahme von unter A, B, D und E festgelegten Kategorien)	Flächen mit fester Bestuhlung; z. B. Flächen in Kirchen, Theatern oder Kinos, Kongresssäle, Hörsäle, Versammlungsräume, Wartesäle	4,0	4,0
9	C3		Frei begehbare Flächen; z. B. Museumsflächen, Ausstellungsflächen usw. und Eingangsbereiche in öffentlichen Gebäuden und Hotels, nicht befahrbare Hofkellerdecken.	5,0	4,0
10	C4		Sport- und Spielflächen; z. B. Tanzsäle, Sporthallen, Gymnastik- und Kraftsporträume, Bühnen.	5,0	7,0
11	C5		Flächen für große Menschenansammlungen; z. B. in Gebäuden wie Konzertsäle, Terrassen und Eingangsbereiche sowie Tribünen mit fester Bestuhlung.	5,0	4,0

Estrichart	Biegezugfestigkeitsklasse nach DIN EN 13813	Estrichennendicken ^a in mm			
		EL=Einzellasten ^d FL=Flächenlasten			
		bei einer Zusammendrückbarkeit der Dämmschicht C ≤ 5 mm ^c		≤ 3 mm	
		EL ≤ 1 kN FL ≤ 2 kN/m ²	EL ≤ 2 kN FL ≤ 3 kN/m ²	EL ≤ 3 kN FL ≤ 4 kN/m ²	EL ≤ 4 kN FL ≤ 5 kN/m ²
Calciumsulfat-Fließestrich CAF	F4	≥ 35	≥ 50	≥ 60	≥ 65
	F5	≥ 35	≥ 45	≥ 50	≥ 55
	F7	≥ 35	≥ 40	≥ 45	≥ 50
Calciumsulfat-estrich CA	F4	≥ 45	≥ 65	≥ 70	≥ 75
	F5	≥ 40	≥ 55	≥ 60	≥ 65
	F7	≥ 35	≥ 50	≥ 55	≥ 60
Kunstharzestrich SR	F7	≥ 35	≥ 50	≥ 55	≥ 60
	F10	≥ 30	≥ 40	≥ 45	≥ 50
Magnesiaestrich ^b MA	F4	≥ 45	≥ 65	≥ 70	≥ 75
	F5	≥ 40	≥ 55	≥ 60	≥ 65
	F7	≥ 35	≥ 50	≥ 55	≥ 60
Zementestrich CT	F4	≥ 45	≥ 65	≥ 70	≥ 75
	F5	≥ 40	≥ 55	≥ 60	≥ 65

^d Bei Einzellasten sind für deren Aufstandsflächen im Allgemeinen zusätzliche planerische Überlegungen erforderlich. Das Gleiche gilt für Fahrbeanspruchung.

SIA 251:2008 Fußnoten

¹⁾ Die **Aufstandfläche der Einzellast Q_k beträgt $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$.** Die Einzellast Q_k muss nicht mit der Flächenlast q_k kombiniert werden. Für schwimmende Estriche auf Dämmschichten ist die **massgebende Einzellast am Rand** und bei Estrichen auf Trennfolien an der Ecke massgebend.

2.1.3 Sind von der **Tabelle 1** abweichende Beanspruchungen vorgesehen, müssen q_k und Q_k aufgrund der **tatsächlichen Beanspruchung und Nutzung festgelegt** werden (z.B. Befahren mit Fahrzeugen, temporäre Nutzungen, Beanspruchungen bei Installationen).

2.1.4 Estriche, auf denen eine **höhere Einzellast Q_k als in den Beanspruchungskategorien C und D einwirkt**, sind **nach den Regeln der Tragwerksnormen zu bemessen.**

Sicherheitsbetrachtung des Architekten

Normative, statische Punktlast von 4 kN (~400 kg):

150 kg Langhantel -> Sicherheitsfaktor von **5,3**

50 kg Kurzhantel -> Sicherheitsfaktor von **8**

Normative, statische Punktlast von 7 kN (~ 700 kg):

150 kg Langhantel -> Sicherheitsfaktor von **9,3** = 700/75

50 kg Kurzhantel -> Sicherheitsfaktor von **14** = 700/50

Befragung Auditorium

Ist eine **Sicherheit von 14** ausreichend für das dyn. Absetzen?

- Ja
- Nein

Dynamische Lasten (Video)



Grundlagen am Beispiel Fußball

Trägheitssatz: Kraft = 0 \leftrightarrow $v = 0$ oder $v = \text{constant}$

Kraft [N] $F = \text{Masse [kg]} \cdot \text{Beschleunigung [m/s}^2] = m \cdot g$

Herunterfallen auf der Erde:

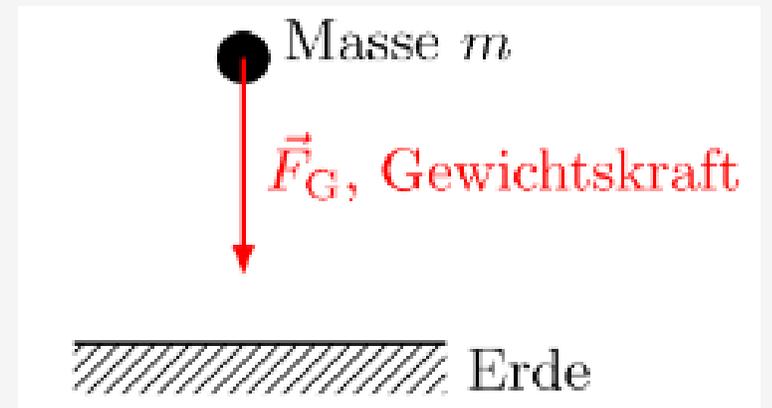
Geschwindigkeit nimmt stetig zu

Erdbeschleunigung $[9,81 \text{ m/s}^2] \sim [10 \text{ m/s}^2] \rightarrow 10 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2$

Anziehungskraft

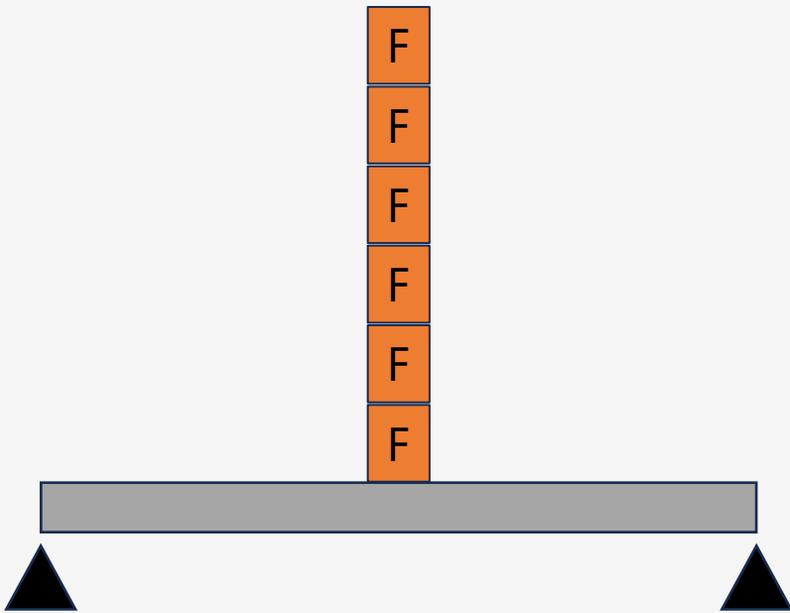
Masse und Gewichtskraft bleiben gleich

Änderung der Energie

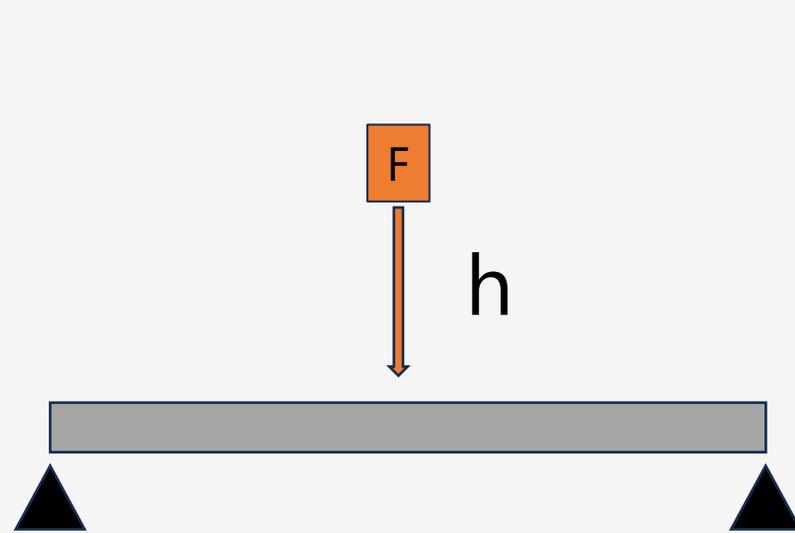


Versuch

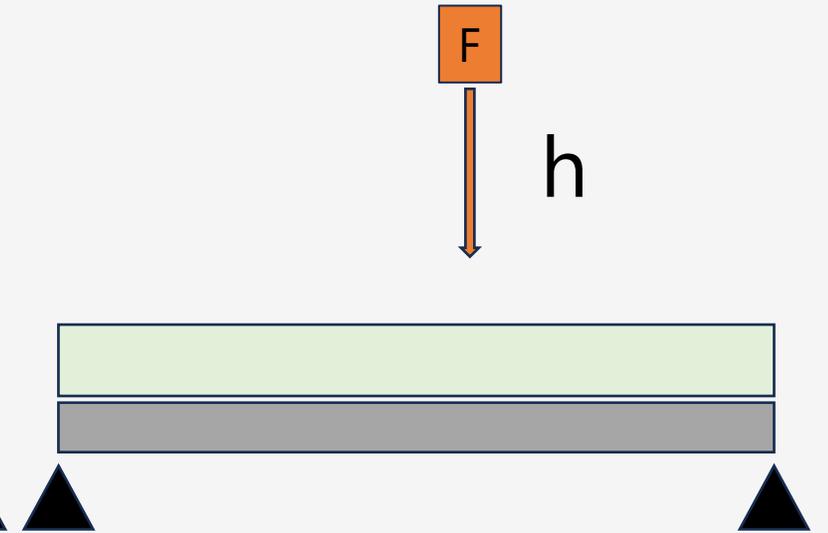
Statische Belastung



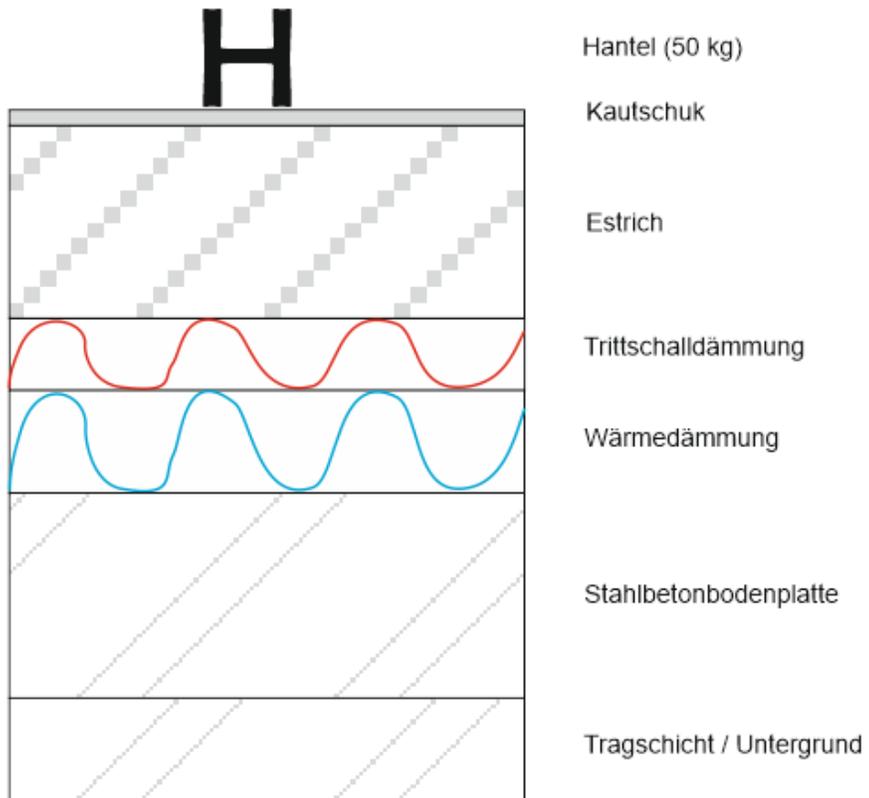
Stoßende Belastung



Stoßende Belastung
Dämmschicht



Statische Last



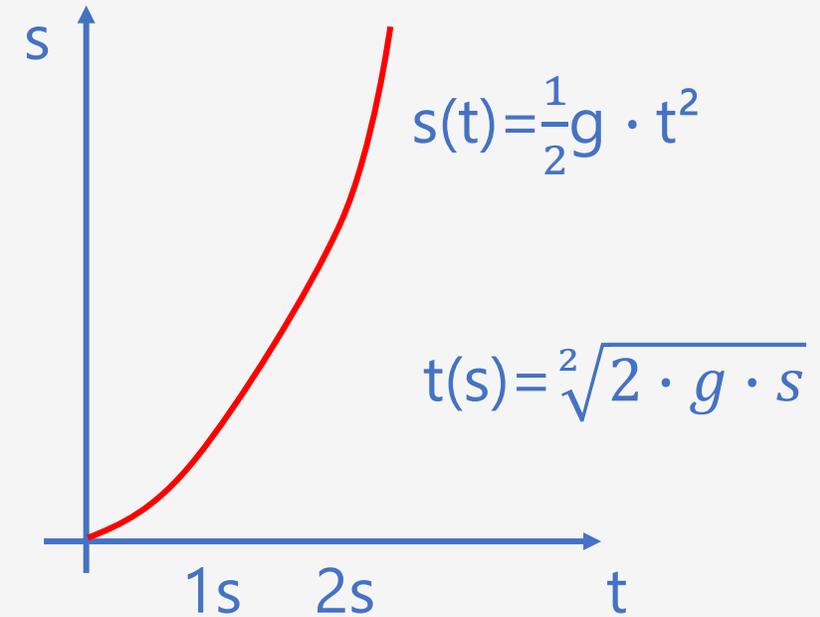
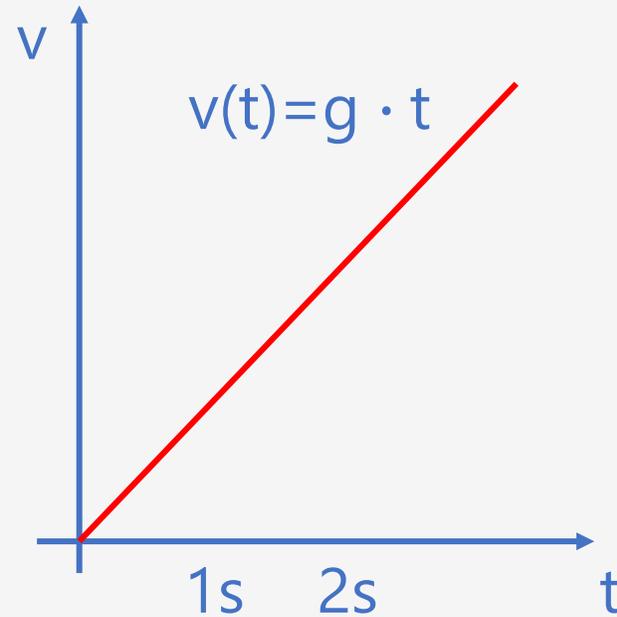
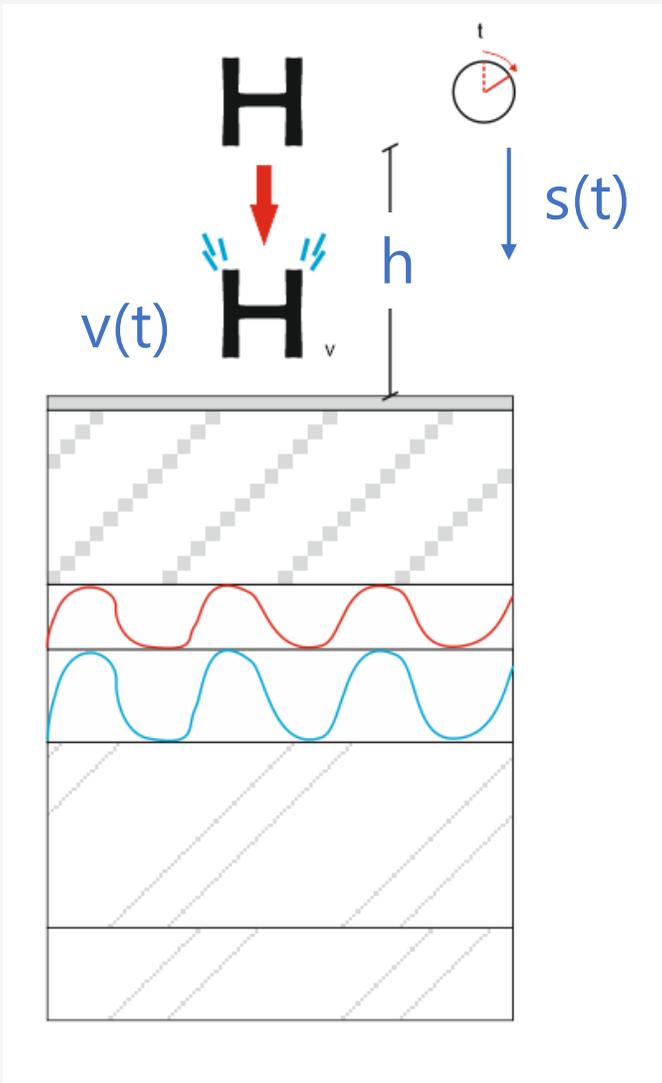
$$G = m \cdot g$$

$$G = 50 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$G = 490,5 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

$$G = 490,5 \text{ N}$$

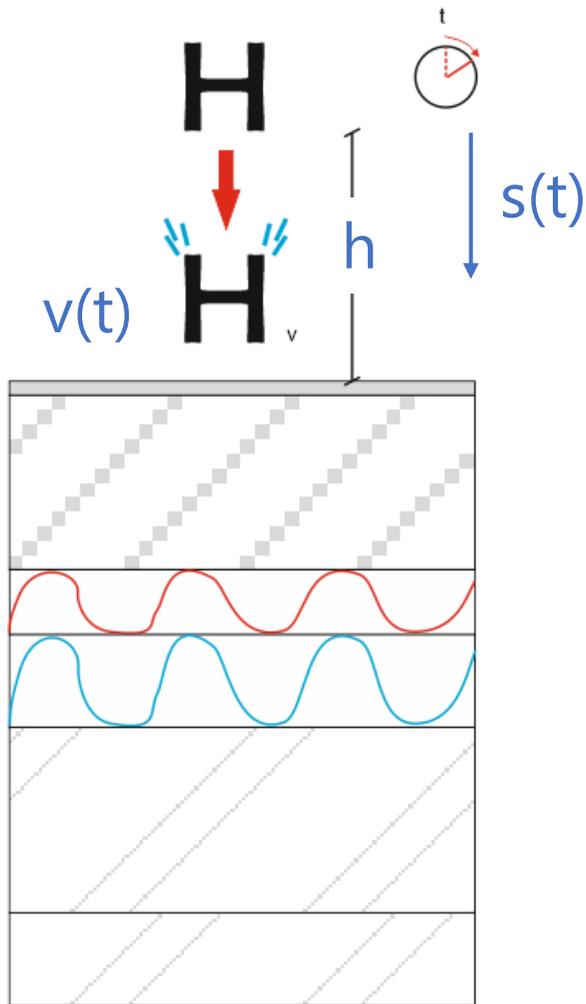
Geschwindigkeit und Fallstrecke -> Energie



$$E_{kin_v} = 0,5 \cdot m \cdot v^2$$

v = Geschwindigkeit [m/s]
 s = Fallstrecke [m]
 t = Zeit [s]
 g = Beschleunigung [m/s²]

Energie einer fallenden Last (50 kg; 1,5 m Höhe)



$$E_{kin_v} = 0,5 \cdot m \cdot v^2$$

$$t_{1,5m} = \left(\frac{2 \cdot h}{g}\right)^{0,5} = \left(\frac{2 \cdot 1,5m}{9,81 \frac{m}{s^2}}\right)^{0,5} = 0,553 \text{ s}$$

$$v(t) = g \cdot t = 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,553 \text{ s} = 5,425 \frac{m}{s} \sim 19,5 \frac{km}{h}$$

$$E_{kin_v} = 0,5 \cdot m \cdot v^2 = 0,5 \cdot 50 \text{ kg} \cdot \left(5,425 \frac{m}{s}\right)^2 = 735,75 \text{ [Nm]}$$

$$E_{kin_h} = G \cdot g \cdot h = 50 \text{ kg} \cdot \frac{9,81m}{s^2} \cdot 1,5m = 735,75 \text{ [Nm]}$$

E_{kin} [Nm] ?????? Zulässige Punktlast [kN] [1000 N]

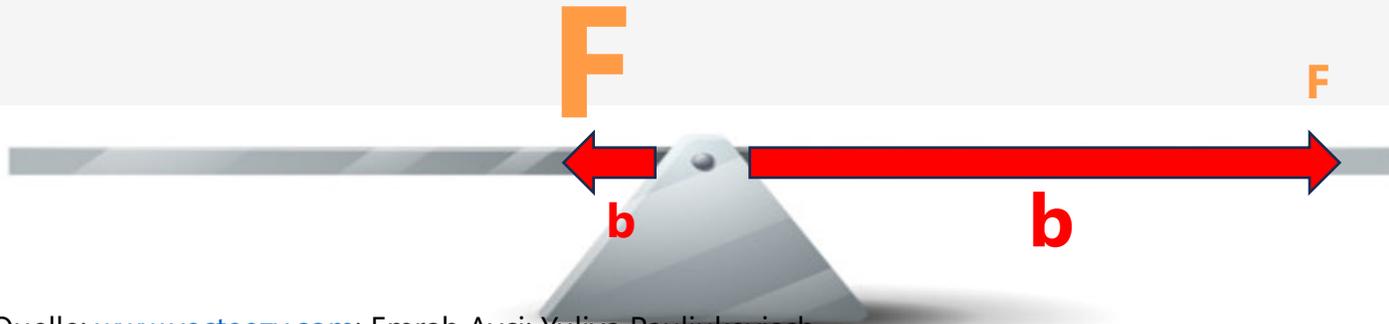
Änderung der Energie

Bewegungsenergie

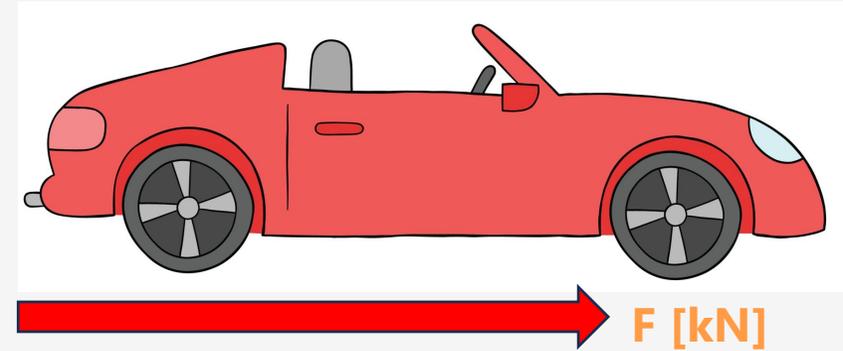
$$E_{kin_v} = 0,5 \cdot m \cdot v^2 \text{ [N} \cdot \text{m]}$$



$$E_{Brems} = F \cdot b \text{ [kN} \cdot \text{m]}$$

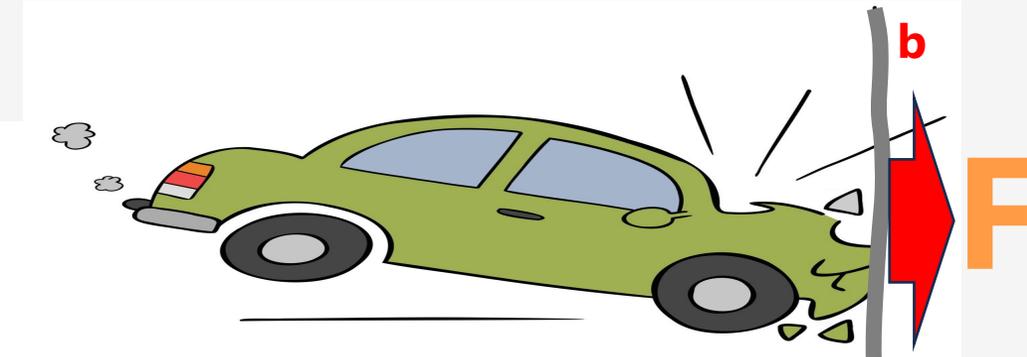


Bremskraft/-energie

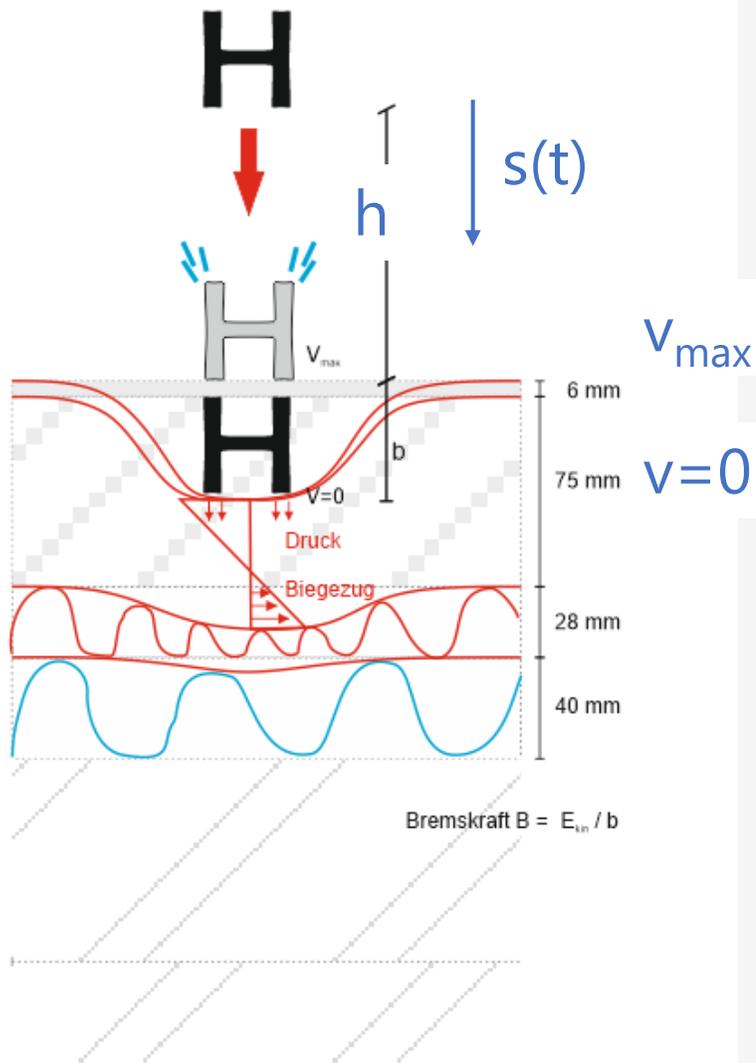


$$E_{Brems} = \text{[N} \cdot \text{m]}$$

Verformungskraft/-energie



Bremsenergie und erforderlicher Bremsweg



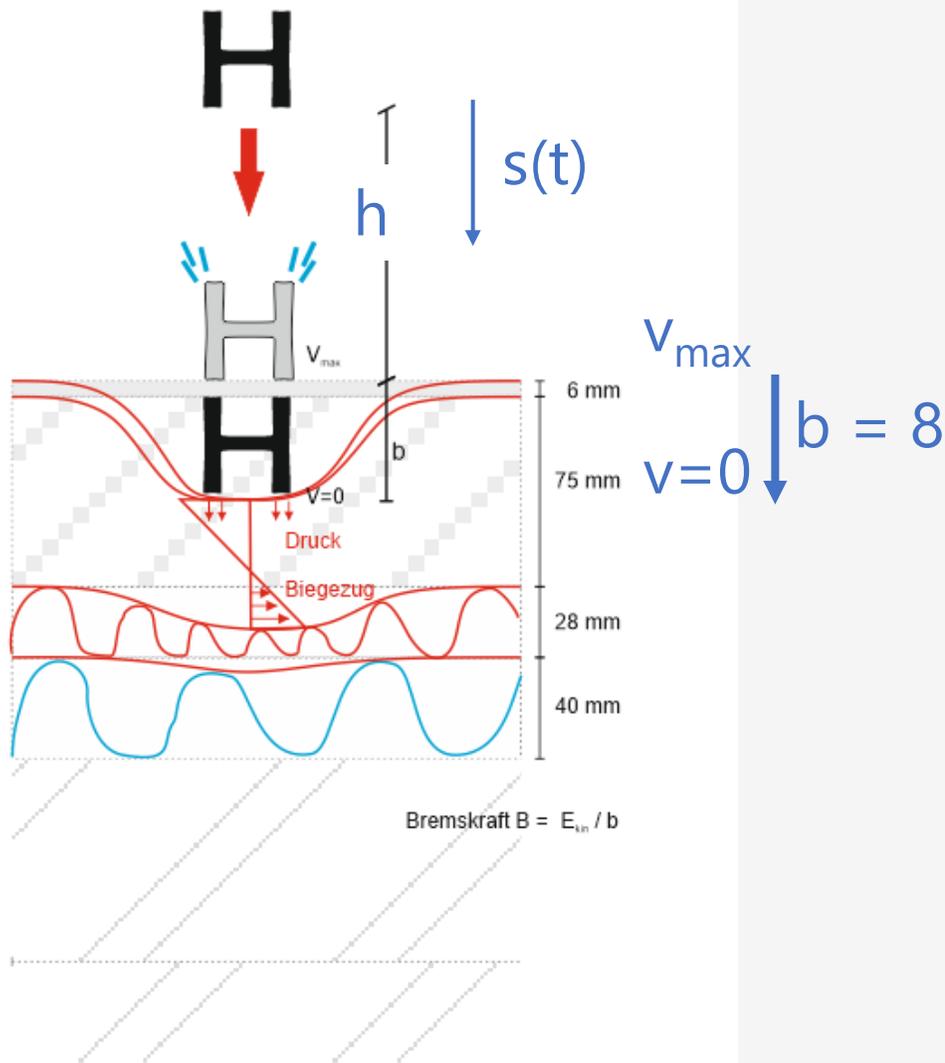
$$B = \frac{E_{kin}}{b} \text{ mit: } \quad B: \text{ Bremskraft [kN]}$$
$$b: \text{ Bremsweg [m]}$$

$$B_{zul} = F_{kin} = F_{Ges} - G$$
$$B_{zul} = 7,0 - 0,49 = 6,51 \text{ kN}$$

$$b^* \geq E_{kin} / B_{zul}$$
$$b^* \geq 735,75 \text{ Nm} / 6,51 \text{ kN}$$
$$b^* \geq 0,11 \text{ m}$$

Erf. Durchbiegung bei Estrich nicht möglich

Bremsenergie und Bremskraft für 8 mm Bremsweg



$$B = \frac{E_{kin}}{b} \text{ mit: } \quad B: \text{ Bremskraft [N]}$$
$$b: \text{ Bremsweg [m]}$$

$b = \text{Stauchung Kautschuk} + \text{Durchbiegung } E.$
 $b = 6 \text{ mm} + 2 \text{ mm}$

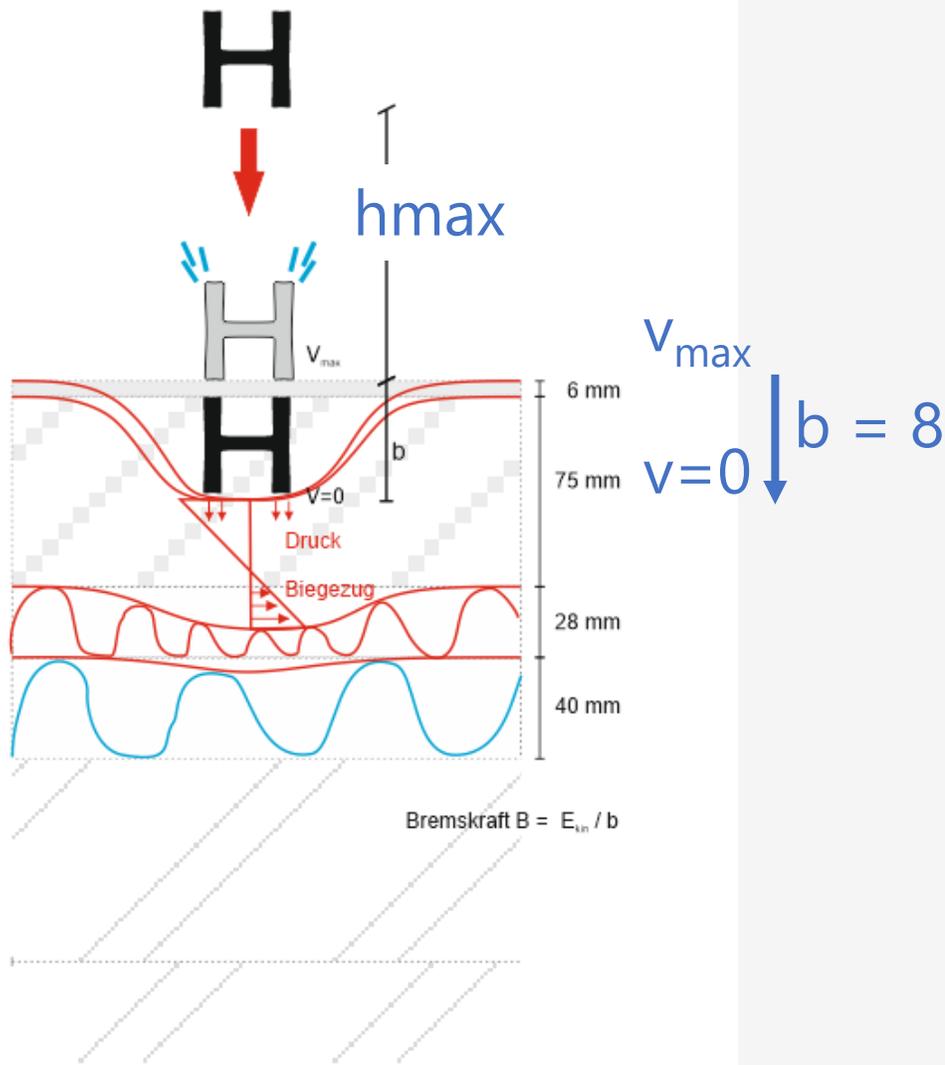
$$B = E_{kin} / b$$

$$B = 735,75 \text{ Nm} / 8 \text{ mm}$$

$$B = 91,9 \text{ kN} \sim \mathbf{9.375 \text{ kg}} \gg \mathbf{7 \text{ kN}}$$

Bremskraft ist viel zu groß

Bremsenergie und maximale Fallhöhe



$$B = \frac{E_{kin}}{b} \text{ mit: } \quad B: \text{ Bremskraft [N]}$$
$$b: \text{ Bremsweg [m]}$$

$$b = \text{ Stauchung Kautschuk + Durchbiegung E.}$$
$$b = 6\text{ mm} + 2\text{ mm}$$

$$B_{zul} = E_{kin} / b \leq 6,51\text{ kN} = 7,0 - 0,49\text{ kN}$$

$$E_{kin} \leq B_{zul} \cdot b = 6,51\text{ kN} \cdot 8\text{ mm} = 52,1\text{ Nm}$$

$$E_{kin} = G \cdot g \cdot h$$

$$h \leq E_{kin} / G \cdot g = 52,1\text{ Nm} / (490,5\text{ N}) \leq \mathbf{0,11\text{ m}}$$

Dämpfer
Lastverteilerplatten
Beton, bewehrt

Normative Aufstandsfläche

1) Die Aufstandsfläche der Einzellast Q_k beträgt 50 mm × 50 mm.



Biegezugspannung

Druckspannung



Dämpfer
Lastverteilerplatten
Beton, bewehrt

Gesamteinflüsse sind kaum überschaubar

Biegezugspannung

Ermüdung durch wiederholte Lastfälle

Druckspannung

Oberflächenfestigkeit (Druck)

Schlagfestigkeit-/Ermüdung

Stauchung der Dämmschicht

Trägheit der Massen und Impulserhaltung

Dämpfer

Lastverteilerplatten

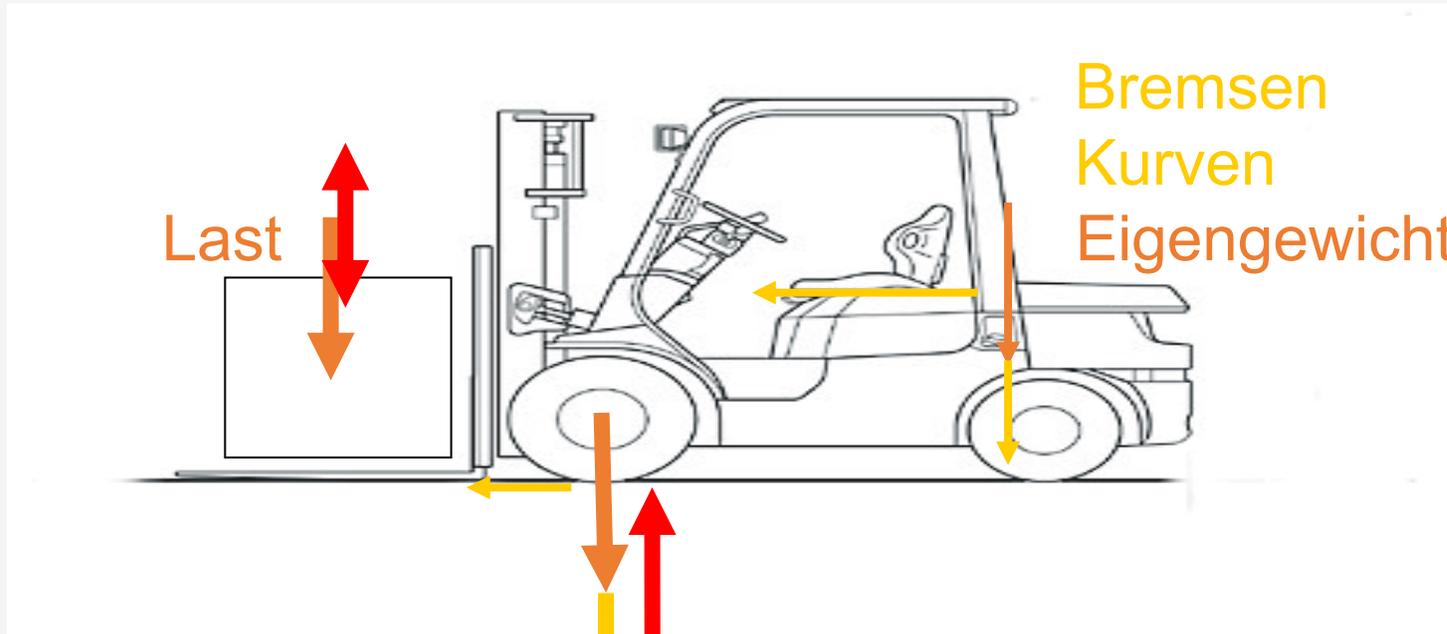
Beton, bewehrt

**Spezialisten
mit
Erfahrung**

Dynamische Lasteinflüsse durch Flurförderzeuge



Dynamische Lasteinflüsse



Radlast, stat. $\times \varphi$ = Radlast, dynamisch

Schwingbeiwert φ : 1,2 bis 2,0

DIN EN 1991-1-1:2010-12

6.3.2.3 Einwirkungen infolge von Gabelstaplern

(3) Der statische Wert der senkrechte Achslast Q_k sollte mit dem dynamischen Vergrößerungsfaktor φ nach Ausdruck 6.3 vergrößert werden.

$$Q_{k,dyn} = \varphi \cdot Q_k$$

$$\varphi = 1,40$$

für Luftbereifung

$$\varphi = 2,00$$

für Vollgummiräder

DBV-Merkblatt

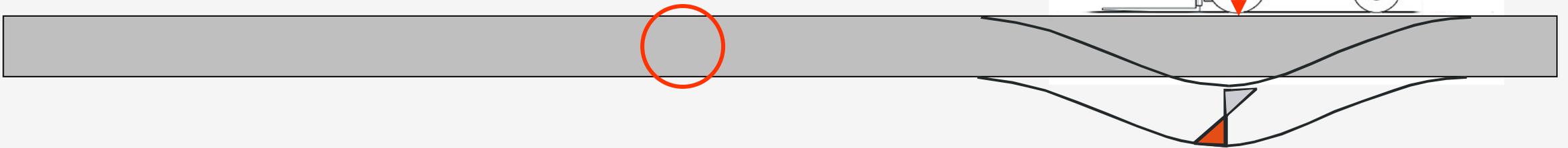
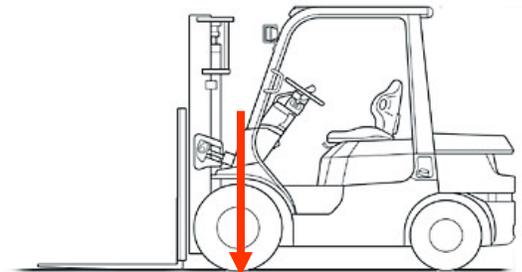
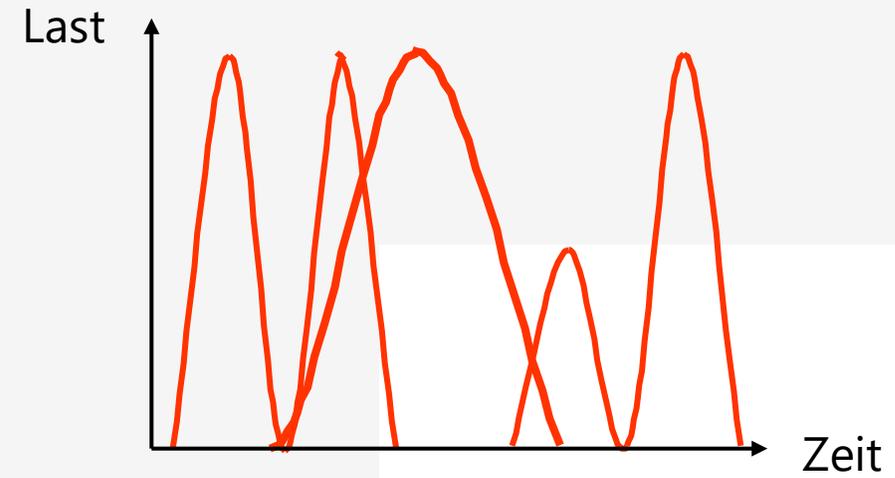
Industrieböden aus Beton

$$\varphi = 1,4$$

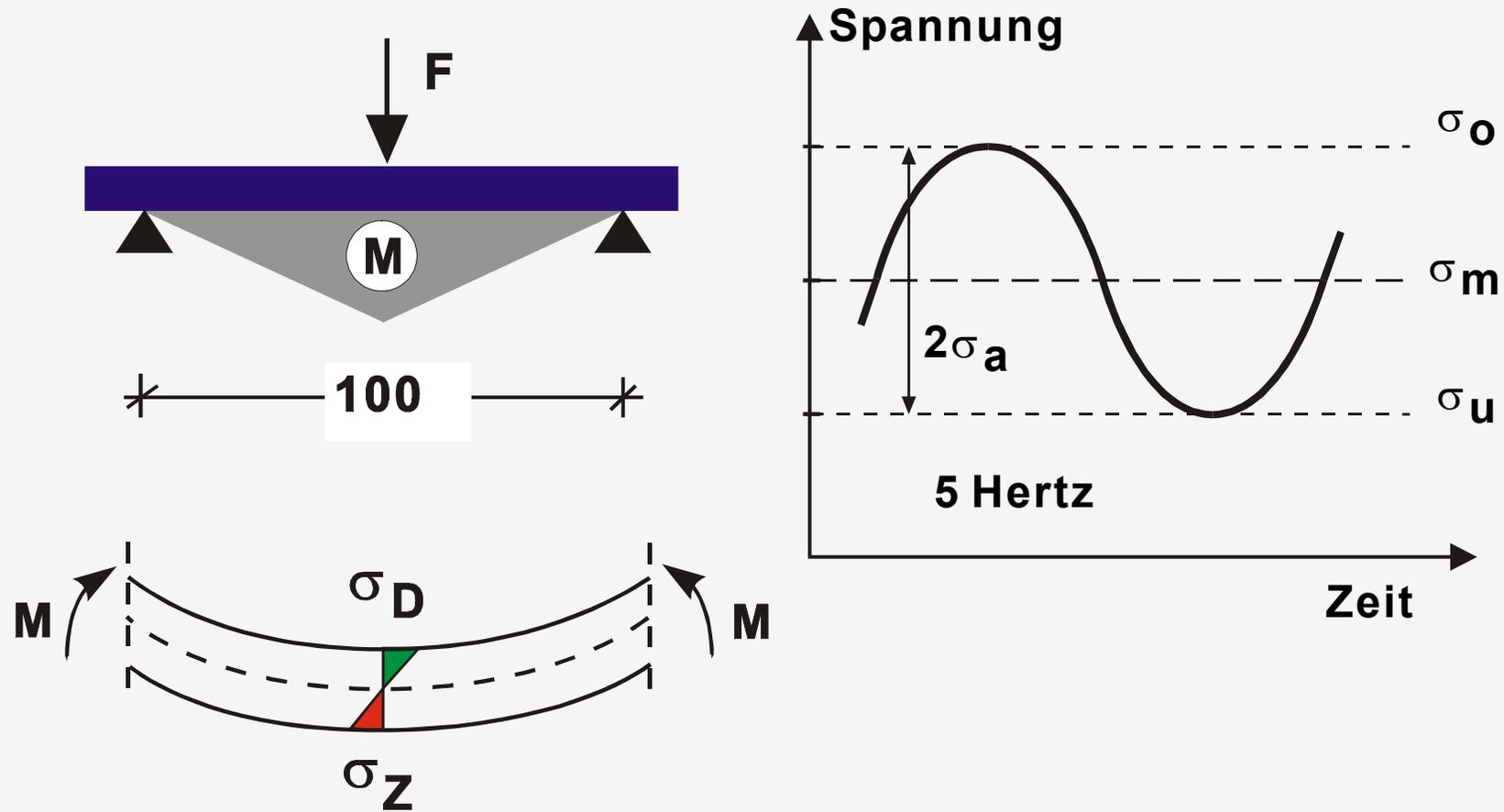
Industrieböden aus Stahlfaserbeton

$$\varphi_{ult} = 1,2$$

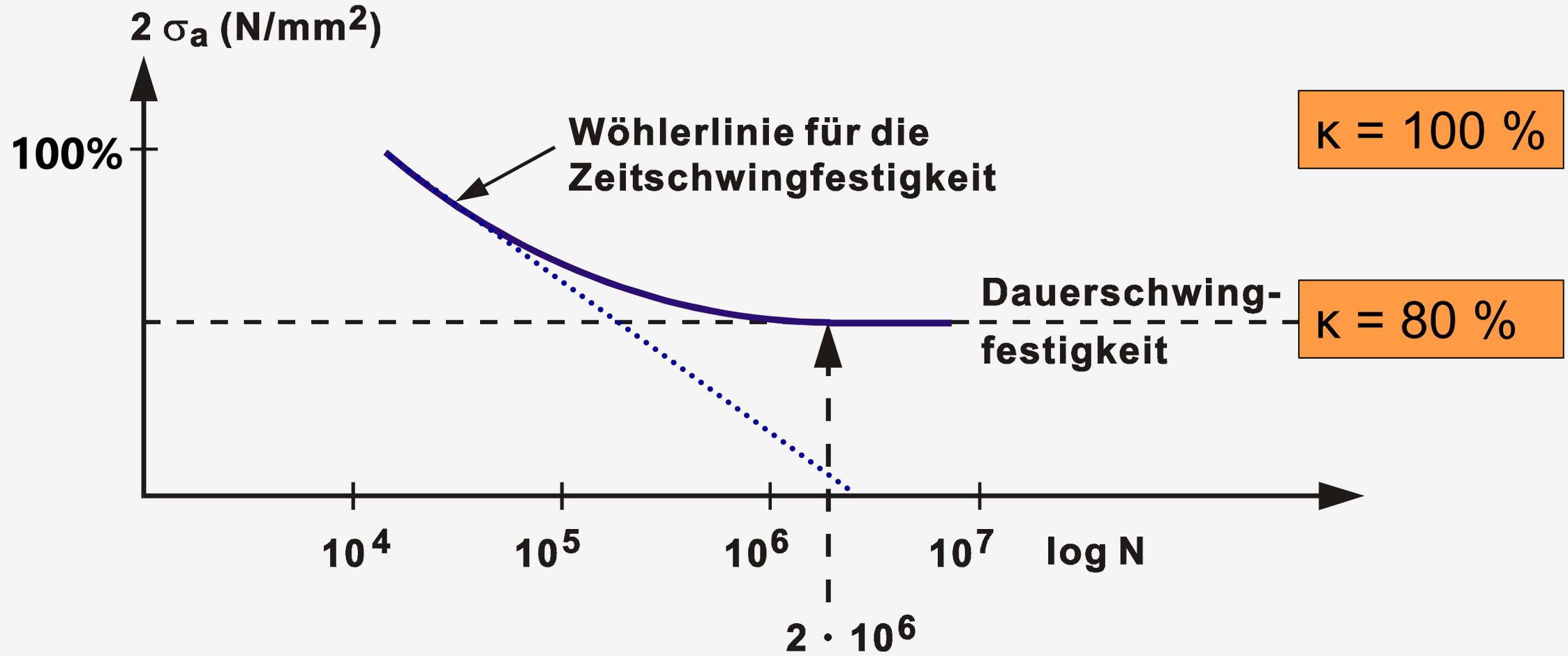
Beanspruchung durch äußere dynamische Lasten



Dynamische Belastung im Versuch



Darstellung im Wöhlerdiagramm



Abschätzung der zulässigen dyn. Lasten, Beispiel CAF F7

	Statische B CAF F7 statisch	Wenig Verkehr CAF F7 dyn*	Viel Verkehr CAF F7 dyn	
Materialdaten	Nenndicke [mm]	75	75	75
	Biegezugfestigkeit [N/mm ²]	7	7	7
	Dauerschwingeinfluss, κ	100 %	100 %	80 %
Bemessung	Zul. Last, statisch	10 kN	10 kN	8 kN
	Schwingbeiwert φ	-	1,4	1,4
	Zul. Last, dynamisch	-	7,1 kN	5,7 kN

Dynamische Belastungen von Estrichen

Was ist zu beachten?

Stoßende Belastungen:

Nur für Spezialisten

Dynamische Belastungen:

- Statische Last mit Schwingbeiwert erhöhen $\varphi = 1,2$ bis $2,0$
- Dauerschwingbiegezugfestigkeit verringern $\kappa = 1,0$ bis $0,8$
- Fugenkonstruktionen bemessen

Dynamische Belastungen von Estrichen

Was ist zu beachten?

Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Wiegrink

- IU Internationale Hochschule Duales Studium München
- Sachverständigenbüro Dr. Wiegrink
- Wiegrink concrete concepts GmbH

info@wiegrink.com
+49 8158 926082-0