

| SPEBA® Serie | | Nachweis | | | |
|--|--------|------------------------------|---|--------------------------|-------------------|
| Auftraggeber | | | | | |
| Objekt | | | | | |
| Position | | | | | |
| Stückzahl | | Datum: | | | |
| Elastomerlager Abmessungen | | | Leistungsdaten Verformungslager | | |
| 1.) Seite a | | mm | Formfaktor $S =$ | | / |
| 2.) Seite b | | | Druckfestigkeit $R_{\perp,d} =$ | | N/mm ² |
| 3.) Nenndicke t | | | Tragfähigkeit $\sigma_{z,Rd} =$ | | N/mm ² |
| 4.) Bohrung | Anzahl | Durchmesser | | Faktor $K_{te} =$ | |
| | | | mm | Konzeptanpassung $K_c =$ | |
| wirksam geschlossen | | | Temperaturfaktor $K_T =$ | | / |
| Einwirkungen auf das Lager | | | Momentenvergr. $K_M =$ | | |
| <u>Beanspruchung senkrecht zur Lagerebene</u> | | | Verdrehsteife $K_{\alpha R} =$ | | |
| 5.) $F_{z,max,d}$ | | kN | Flächenbeiwert $K_v =$ | | |
| $\sigma_{z,Ed} =$ | | N/mm ² | Lagerfläche $A_{eff} =$ | | |
| 6.) $F_{z,min,d}$ | | kN | <u>reduzierte Teilfläche A_{red}</u> | | |
| $\sigma_{z,min,Ed} =$ | | N/mm ² | Lagerfläche $A_{red} =$ | | |
| 7.) $\alpha_{a,d}$ | | ‰ | <u>Zuschläge auf Bemessungswerte der Verdrehung</u> | | |
| 8.) $\alpha_{b,d}$ | | | $\alpha_{imp,a,d}$ | | ‰ |
| <u>Beanspruchung parallel zur Lagerebene</u> | | | $\alpha_{imp,b,d}$ | | |
| 9.) u_{ad} | | mm | <u>Rotation</u> | | |
| 10.) u_{bd} | | | Verdrehwiderstand $\alpha_{\alpha,Rd} =$ | ‰ | |
| 11.) $F_{a,qd}$ | | kN | Verdrehung $\alpha_{\alpha,Ed} =$ | | |
| 12.) $F_{b,qd}$ | | | Verdrehwiderstand $\alpha_{b,Rd} =$ | ‰ | |
| $F_{x,y,qd} =$ | | | Verdrehung $\alpha_{b,Ed} =$ | ‰ | |
| 13.) Ausführung: | | Nutzungsgrad $\eta\alpha =$ | | | |
| Berücksichtigung der Unebenheit: | | Rotationsfaktor K_{α} | | -axial | |
| 14.) Bewitterung: | | <u>Schubverformung</u> | | | |
| | | $\tan\gamma_{xyRd} =$ | | $u_{xyRd} =$ | mm |
| | | $\tan\gamma_{xyEd} =$ | | $u_{xyEd} =$ | mm |
| <u>Reaktionskräfte parallel zur Lagerebene</u> | | | | | |
| $F_{a,d} =$ | | kN | $F_{b,d} =$ | | kN |
| $F_{x,y,d} =$ | | kN | $0,2 \times F_{z,min,d} =$ | | kN |
| Last-Exzentrizität | | | Querzugkräfte -> $A_{s2} =$ | | |
| $e_{ad} =$ | mm | $e_{bd} =$ | mm | $Z_a =$ | kN |
| $M_{b,d} =$ | kNm | $M_{a,d} =$ | kNm | <u>Stützensenkung</u> | |
| Spannung angrenzender Bauteile | | | $u_{zd,inf} =$ | mm | $u_{zd,sup} =$ |
| Lasteinleitungsfläche $A_{c0} =$ | | mm ² | $G_{d,inf} =$ | | N/mm ² |
| $\sigma_d =$ | | N/mm ² | $G_{d,sup} =$ | | N/mm ² |

Haftungsausschluss:

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Funktionsweise des Lagers | 3 |
| 2 | Anwendungsbereich | 3 |
| 3 | Einwirkungen | 3 |
| 3.1 | Temperatur und klimatische Einwirkungen..... | 4 |
| 3.2 | Kriechen, Schwinden und Rissbildung | 4 |
| 3.3 | Abweichungen von der Planparallelität | 4 |
| 3.4 | Stützensenkung | 4 |
| 4 | Beanspruchbarkeit | 5 |
| 4.1 | Zentrische Beanspruchbarkeit..... | 5 |
| 4.2 | Formfaktor | 5 |
| 4.3 | Tragfähigkeit | 6 |
| 4.4 | Widerstand gegen Verdrehung..... | 6 |
| 4.5 | Schubverformung | 7 |
| 4.6 | Lagesicherheit | 8 |
| 4.6.1 | Lagesicherheit bei Horizontalkräften..... | 8 |
| 4.6.2 | Nachweis der Gleitsicherheit in der Lagerfuge | 8 |
| 4.6.3 | Lagesicherheit bei Lastwechsel | 9 |
| 5 | Angrenzende Bauteile..... | 9 |
| 5.1 | Kräfte parallel zur Lagerebene | 9 |
| 5.2 | Lastausmitte | 9 |
| 5.3 | Druckfestigkeitsnachweis..... | 10 |
| 5.4 | Querzugkraft in angrenzenden Bauteilen | 10 |
| 6 | Bauliche Durchbildung | 11 |
| 6.1 | Geometrische Grenzbedingungen | 11 |
| 6.2 | Bewegungskapazität der Lagerung..... | 11 |
| 7 | Einbau..... | 12 |

1 Funktionsweise des Lagers

Die Verformungslager SPEBA Serie 4500 werden bei Lagerungen im Hochbau verwendet, bei denen neben Vertikalkräften auch Horizontalverschiebungen bzw. Horizontalkräfte und Verdrehungen bzw. Biegemomente auftreten. Unverankerte Lager sind nur in geringem Maße in der Lage Horizontallasten zu übertragen. Bei größeren Horizontalkräften ist es daher in der Regel erforderlich, das Lager zu verankern oder sonstige konstruktive Maßnahmen vorzusehen.

Die daraus resultierenden Beanspruchungen sind aufzunehmen und in die angrenzenden Bauteile weiterzuleiten. Das gute elastische Verhalten von SPEBA Serie 4500 trägt maßgeblich dazu bei, über die Lebensdauer des Bauwerks Verformungen ohne Schaden zu ermöglichen.

Es liegt folgendes Koordinatensystem zu Grunde:

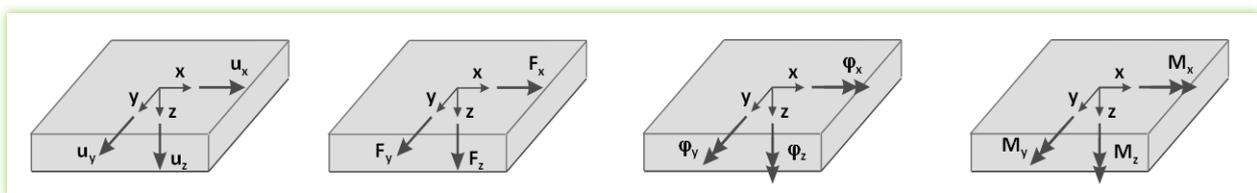


Abbildung 1 Definition des Koordinatensystems, der Lagerverschiebungen, der Lagerkräfte, Lagerverdrehungen und Lagermomente

Das Verformungsverhalten von SPEBA Serie 4500 wird von vielen Parametern, wie z.B. der konstruktiven Durchbildung des Lagers, der Lagergeometrie, der Belastungsart, der Materialeigenschaften (wie z.B. Schubmodul, Zugfestigkeit, Elastizität) der Temperatur, dem Querdehnungsverhalten und der Reibung der angrenzenden Kontaktflächen beeinflusst. Die vertikale Stauchung eines Lagers kann zu einer seitlichen Ausdehnung (Ausbreitung) führen.

2 Anwendungsbereich

Die an das Verformungslager SPEBA Serie 4500 angrenzenden Bauteilflächen sollen aus Stahl, Stahlbeton, Holz, Mauerwerk oder Aluminium bestehen.

Die Verformungslager können im Innen- und Außenbereich verwendet werden.

Die geplante Nutzungsdauer der Verformungslager im Bauwerk beträgt, in Anlehnung an EN 1990:2010 2.3 Tabelle 2.1 Klasse 4, bis zu 50 Jahre.

Eine Auswechselbarkeit ist in der Regel nicht vorgesehen, es ist im Einzelfall zu prüfen, ob eine Möglichkeit zur Lagerauswechslung vorgesehen werden muss.

3 Einwirkungen

Bei der Ermittlung der Bewegungen und Lagerkräfte ist die DIN EN 1990 in Verbindung mit dem Nationalen Anhang zu beachten.

Die Bemessung der Lager erfolgt in Abhängigkeit vom Sicherheitsniveau für den Grenzzustand der Tragfähigkeit und/oder für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit ergeben sich die Bemessungswerte der Bewegungen und Lagerkräfte aus der charakteristischen Kombination nach DIN EN 1990:2010-12, 6.5.3 (2), wobei die aus den einzelnen Einwirkungen resultierenden Kräfte und Bewegungen mit dem Teilsicherheitsbeiwert für die jeweilige Einwirkung nach DIN EN 1990:2010-12, Anhang A1 (Anwendung im Hochbau), zu vergrößern sind.

3.1 Temperatur und klimatische Einwirkungen

Bei der Ermittlung der Lagerkräfte und Lagerbewegungen sind die Temperatureinwirkungen auf Gebäude infolge klimatischer und betriebsbedingter Temperaturwechsel auf der Grundlage von DIN EN 1991 1-5 zu berücksichtigen.

Im Inneren von Hochbauten mit gedämmter Gebäudehülle sollte der konstante Temperaturanteil ΔT_u eines tragenden Bauteils bei der Ermittlung der Lagerkräfte und Lagerverschiebungen mit ± 15 K angesetzt werden. Im Einzelfall ist zu prüfen, ob aufgrund der baulichen oder örtlichen Gegebenheiten, nutzungsbedingt oder bei Bauzuständen ungünstigere Bedingungen zu berücksichtigen sind.

3.2 Kriechen, Schwinden und Rissbildung

Die Bemessungswerte der Bewegungen an Lagern aus Kriechen und Schwinden von angrenzenden Betonbauteilen ergeben sich durch Vergrößerung der in DIN EN 1992-1-1 bzw. DIN EN 1994-1-1 angegebenen Mittelwerte mit dem Faktor 1,35. Die Bauteilverformungen aus dem Kriechen des Betons sind mit der quasi-ständigen Einwirkungskombination zu ermitteln.

Bei der Ermittlung der Lagebewegungen ist die Rissbildung bei Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen nach DIN EN 1992 und bei Verbundtragwerken nach DIN EN 1994 ausreichend genau zu erfassen.

3.3 Abweichungen von der Planparallelität

Abweichungen von der Planparallelität der Kontaktflächen anliegender Bauteile müssen für den Nachweis der Lager berücksichtigt und rechnerisch wie planmäßige Verdrehungen behandelt werden.

Geometrische Imperfektionen und Abweichungen von der Planparallelität von Kontaktflächen müssen mit mindestens 0,01 rad (entspricht 0,57°) angesetzt und dem Rechenwert der Lagerverdrehung hinzuaddiert werden.

Wenn kein genauerer Nachweis erbracht wird, müssen Unebenheiten der Kontaktflächen mit 0,625mm/Lagerseite(mm) [rad] berücksichtigt und rechnerisch wie planmäßige Verdrehungen behandelt werden. Wenn ein Ortbetonbauteil auf das Lager betoniert wird, oder bei der Verwendung von Stahlkontaktflächen, kann dieser Wert halbiert werden.

3.4 Stützensenkung

Der Einfluss der Stauchung u_{zd} des Lagers auf die Geometrie und die Schnittgrößen der angrenzenden Bauteile ist erforderlichenfalls zu berücksichtigen. Dies gilt jedoch nur für davon ungünstig beeinflusste Schnittgrößen.

$$u_{z,d,inf} = t \times \left(1 - K_{te} + 0,2 \times \frac{E_{min,d}}{R_{\perp d}} \times K_{te} \right) \geq 0 \quad \text{Formel 1}$$

$$u_{z,d,sup} = t \times (1 - K_{te} + 0,5 \times K_{te}) + 1\text{mm} < t \quad \text{Formel 2}$$

Der Zuschlag von 1 mm berücksichtigt eine Anpassungssetzung

K_{te} Faktor für Profilierung und Bewehrung. Für SPEBA Serie 4500 ist $K_{te}=1$

Günstig wirkende Auswirkungen einer Lagerstauchung $u_{z,d,inf}$ dürfen nur in Rechnung gestellt werden, wenn ihr Auftreten zweifelsfrei nachgewiesen wird. Sofern keine Werte vorliegen, gilt: $u_{z,d,inf}=1$

4 Beanspruchbarkeit

4.1 Zentrische Beanspruchbarkeit

Die zentrische Beanspruchbarkeit $R_{\perp d}$ eines Verformungslagers leitet sich in der Regel vom Formfaktor S ab. Für SPEBA Serie 4500 ist $R_{\perp d} = 0,315 \times S^2 + 4,035 \times S \leq 28,05 \text{ N/mm}^2$

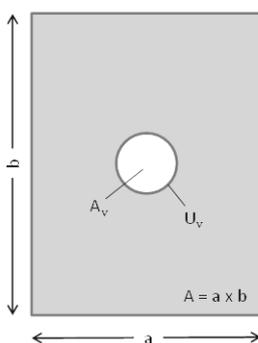
4.2 Formfaktor

Der Formfaktor beschreibt das Verhältnis von wirksamer Lagerfläche A_{eff} zur Lagermantelfläche. Die wirksame Lagerfläche ist die Lagergrundfläche A abzüglich der Fläche von Aussparungen A_v . Wenn diese als wirksam geschlossen angenommen werden können, so wird bei der Berechnung des Formfaktors nur die Fläche der Aussparungen A_v mitberücksichtigt. Wenn diese nicht als wirksam geschlossen angenommen werden können, muss darüber hinaus auch der Umfang der Aussparungen U_v berücksichtigt werden. Der Anteil der Aussparungen von der Lagergrundfläche darf 20 % nicht übersteigen. Bei der Berechnung des Formfaktors darf die längere Seite b höchstens mit 1000 mm oder dem dreifachen Wert der kürzeren Lagerseite a angenommen werden ($3 \times a \geq b \leq 1000\text{mm}$). Für ein rechteckiges Lager errechnet sich der Formfaktor im Fall wirksam geschlossener Aussparungen wie folgt:

$$S = \frac{A_{eff}}{t \times 2(a+b)} \quad \text{Formel 3}$$

A_{eff} wirksame Lagerfläche $A_{eff} = K_v \times A$

K_v $K_v=1$ für Lager ohne Bohrung und $K_v=0,80$ für den vereinfachten Nachweis (max. 20% Bohrung)



4.3 Tragfähigkeit

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit sind folgende Nachweise zu führen:

$$E_{\perp d} \leq \sigma_{z,Rd} \leq R_{\perp d} \quad \text{Formel 4}$$

$E_{\perp d}$ Bemessungswert der Einwirkung senkrecht zur Lagerebene: $E_{\perp d} = \frac{F_{z,max,d}}{A_{eff}}$

$R_{\perp d}$ Der Lagerwiderstand bei rein zentrischer Druckbeanspruchung (siehe Anmerkung)

A_{eff} Wirksame Lagerfläche mit: $A_{eff} = K_v \times A$

K_v Faktor für die Berücksichtigung von Bohrungen. Beschreibt das Verhältnis der Lagerfläche mit Bohrung zur Lagerfläche ohne Bohrung. $K_v=1$ für Lager ohne Bohrung.

$\sigma_{z,Rd}$ Tragfähigkeit des Lagers unter Berücksichtigung der Rotation und der Horizontalverformungen: $\sigma_{z,Rd} = R_{\perp d} \times \frac{A_{red}}{A}$

A_{red} Die reduzierte Teilfläche $A_{red} = K_v \times (a - 2e_{a,d}) \times (b - 2e_{b,d})$ Formel 5

$$e_{a,d} = K_c \times K_T \times K_M \times \frac{a^2}{2t_e} \times \tan \alpha_{ad} + u_{ad}$$

$$e_{b,d} = K_c \times K_T \times K_M \times \frac{b^2}{2t_e} \times \tan \alpha_{bd} + u_{bd}$$

Bei der Berechnung Lastausmitt e_d infolge Verdrehung α_d und Schubverzerrung u_d wird die Schubverzerrung des Verformungslagers immer ungünstig angesetzt.

K_c Faktor zur Anpassung des Nachweiskonzeptes basierend auf dem Stauchungswert $u_{z,grenz}$, bei dem der Lagerwiderstand der Produkte ermittelt wurde.
Für SPEBA Serie 4500 ist $K_c=1,1$

K_T Temperaturfaktor des Materials. Bei frei bewitterten Bauteilen kann für SPEBA Serie 4500 mit $K_T = 1,8$ gerechnet werden. Darüber hinaus darf mit $K_T = 1,0$ gerechnet werden. (Steigerung des Schubmoduls bei tiefen Temperaturen)

K_M Faktor der Querdehnung: Für die Berechnung der Tragfähigkeit und der Teilflächenbelastung wird $K_M = 1,0$ angenommen (Idealisierung: bezogen auf unverformtes Lager).

t_e Wirksame Elastomerdicke. $t_e = K_{te} \times t$.

K_{te} Für SPEBA Serie 4500 ist $K_{te} = 1,0$

4.4 Widerstand gegen Verdrehung

Die Verdrehung eines Lagers ist begrenzt. Eine einaxiale Verdrehung darf $\tan \alpha \leq 45 \%$ nicht überschreiten. Im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist folgender Nachweis zu führen:

$$\alpha_{a,Ed} \leq \alpha_{a,Rd} \quad \alpha_{b,Ed} \leq \alpha_{b,Rd} \quad \text{Formel 6}$$

Im Fall eines einaxialen Verdrehzustandes wird für rechteckige Punktlager der Nachweis der Verdrehung des Lagers im Grenzzustand der Tragfähigkeit (Grundkombination) jeweils wie folgt geführt:

$$\alpha_{a,Ed} = \frac{0,01}{K_{\alpha}} + \frac{0,625\text{mm}}{K_{\alpha} \times a} + \alpha_{a,d}$$

$$\alpha_{b,Ed} = \frac{0,01}{K_{\alpha}} + \frac{0,625\text{mm}}{K_{\alpha} \times b} + \alpha_{b,d}$$

$$\alpha_{a,Rd} = K_{\alpha R} \times \frac{K_{te} \times t}{a} \leq 0,040 \text{ rad}$$

$$\alpha_{b,Rd} = K_{\alpha R} \times \frac{K_{te} \times t}{b} \leq 0,040 \text{ rad}$$

K_{α} Für einaxiale Verdrehung $K_{\alpha}=1$. Für zweiaxiale Verdrehung $K_{\alpha}=2$

$K_{\alpha R}$ Für SPEBA Serie 4500 ist $K_{\alpha R}=0,450$

Ferner muss zusätzlich folgende Interaktionsbedingung erfüllt werden:

$$\frac{\alpha_{a,Ed}}{\alpha_{a,Rd}} + \frac{\alpha_{b,Ed}}{\alpha_{b,Rd}} \leq 1 \quad \text{Formel 7}$$

Anmerkung:

Werden keine Angaben zu $\alpha_{a,Ed}$ und $\alpha_{b,Ed}$ gegeben oder als vernachlässigbar klein angenommen, so muss zwei axial gerechnet werden. Der Wert 0,625mm darf halbiert werden, wenn das aufliegende Bauteil in Ort beton frisch aufbetoniert wird, oder die angrenzenden Bauteilflächen aus Stahl bestehen

4.5 Schubverformung

Parallel zur Lagerebene darf das Lager nur infolge von Zwang und veränderlichen Einwirkungen beansprucht werden. Einwirkungen aus ständigen äußeren Lasten einschließlich des Erddrucks sind unzulässig. Die Schubverformung $\tan \gamma_{x,y,Ed}$ des Lagers infolge Relativverschiebungen in der Lagerfuge oder infolge parallel zur Lagerebene einwirkenden veränderlichen Kräften, ist durch vektorielle Addition von $\tan \gamma_{x,d}$ und $\tan \gamma_{y,d}$ zu ermitteln. Die Versteifung des Lagers bei niedrigen Temperaturen darf nicht berücksichtigt werden. Im Grenzzustand der Tragfähigkeit wird folgender Nachweis geführt:

$$\tan \gamma_{x,y,Ed} \leq \tan \gamma_{x,y,Rd} \quad \text{Formel 8}$$

$$\tan \gamma_{x,y,Rd} = 0,60 \times \frac{K_{te} \times t - 2}{K_{te} \times t}$$

$$\tan \gamma_{x,y,Ed} = \sqrt{\tan^2 \gamma_{x,Ed} + \tan^2 \gamma_{y,Ed}}$$

$$\tan \gamma_{x,d} = \frac{u_{x,d}}{K_{te} \times t} + \frac{F_{x,q,d}}{G_{d,inf} \times A_{eff}}$$

$$\tan \gamma_{y,d} = \frac{u_{y,d}}{K_{te} \times t} + \frac{F_{y,q,d}}{G_{d,inf} \times A_{eff}}$$

$u_{x,d}$ & $u_{y,d}$ Bemessungswerte der Horizontalverschiebung

$F_{x,q,d}$ & $F_{y,q,d}$ Veränderliche Horizontallasten in X- und Y-Richtung

$G_{d,inf}$ Der untere Bemessungswert des Schubmoduls eines Lagers. $G_{d,inf} = 0,80 \text{ N/mm}^2$ für SPEBA Serie 4500

4.6 Lagesicherheit

Bei Überwindung der Haftung zwischen dem Lager und den angrenzenden Bauteilen durch Einwirkungen parallel zur Lagerebene, kann das Lager verrutschen. Dies ist in der außergewöhnlichen Bemessungssituation zulässig, wenn ein durch das Verrutschen mögliches Versagen der Lagerung planmäßig durch konstruktive Maßnahmen verhindert wird. Der kleinste Bemessungswert der Lagerpressung muss größer NULL sein.

$$\sigma_{z,min,Ed} \geq 0 \quad \text{Formel 9}$$

$\sigma_{z,min,d}$ Der kleinste Bemessungswert der Lagerpressung $\sigma_{z,min,Ed} = \frac{E_{z,min,d}}{A_{eff}}$

A_{eff} Die effektive Lagerfläche abzüglich vorhandener Bohrungen

4.6.1 Lagesicherheit bei Horizontalkräften

Wenn das Lager nicht verrutschen darf oder äußere veränderliche Kräfte durch das Lager übertragen werden müssen, ist folgende Bedingung zu erfüllen:

$$\frac{F_{x,y,qd}}{K_v} \leq 0,07 \times F_{z,min,Ed} \quad \text{Formel 10}$$

$$F_{x,y,qd} = \sqrt{F_{x,q,d}^2 + F_{y,q,d}^2} \quad \text{bzw.} \quad F_{x,y,qd} = \sqrt{F_{a,q,d}^2 + F_{b,q,d}^2}$$

$F_{x,y,qd}$ Vektorsumme der Bemessungswerte der veränderlichen Einwirkungen parallel zur Lagerebene

4.6.2 Nachweis der Gleitsicherheit in der Lagerfuge

Bei Beanspruchungen des Lagers von $\geq 7,0 \text{ N/mm}^2$ ist die Gleitsicherheit durch Einhalten des Verformungskriteriums nach 4.5 (Schubverformung) gegeben. Bei zentrischer Beanspruchung des Lagers von $< 7 \text{ N/mm}^2$ muss ein zusätzlicher Nachweis geführt werden:

$$F_{xy,d} \leq 0,20 \times F_{z,d} \quad \text{Formel 11}$$

$F_{xy,d}$ Vektorsumme der Bemessungswerte der veränderlichen Einwirkungen und der Rückstellkräfte infolge der Zwangsverformungen parallel zur Lagerebene.

F_{zd} Bemessungswert der zugehörigen einwirkenden Vertikalkraft senkrecht zur Lagerebene

$$F_{xy,d} = \sqrt{F_{x,d}^2 + F_{y,d}^2}$$

$$F_{x,d} = F_{x,q,d} + u_{x,d} \times K_T \times \frac{G_{d,inf} \times A_{eff}}{K_{te} \times t}$$

$$F_{y,d} = F_{y,q,d} + u_{y,d} \times K_T \times \frac{G_{d,inf} \times A_{eff}}{K_{te} \times t}$$

$G_{d,inf}$ Der untere Bemessungswert des Schubmoduls eines Lagers. $G_{d,inf} = 0,80 \text{ N/mm}^2$ für SPEBA Serie 4500

4.6.3 Lagesicherheit bei Lastwechsel

Durch das Querdehnungsverhalten von unbewehrten Elastomerlagern, wie dem SPEBA Serie 4500, können sich die Lager bei größeren Lastwechseln, auf Grund des Ausbreitens und Zusammenziehens in der Lagerfuge, aus ihrer planmäßigen Lage herausbewegen. Auf eine Lagesicherung kann verzichtet werden, wenn im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit in der seltenen Kombination nach DIN EN 1990-1-1 der Anteil der ständigen Belastung größer ist als 75%.

$$\text{Bedingung: } \frac{\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P}{Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}} < 3 \quad \text{Formel 12}$$

$$\text{Vereinfachend: } F_{z,min,Ed} / F_{z,max,Ed} \geq 0,55$$

5 Angrenzende Bauteile

5.1 Kräfte parallel zur Lagerebene

Die Reaktionskräfte parallel zur Lagerebene infolge Schub und Kräfte aus äußeren Einwirkungen dürfen bei der Bemessung angrenzender Bauteile nicht angesetzt werden, wenn sie günstig wirken. Ansonsten dürfen die Kräfte wie folgt ermittelt werden:

$$F_{ad} = u_{ad} \times K_T \times \frac{G_{d,sup} \times A_{eff}}{K_{te} \times t} + F_{aqd} \quad \text{Formel 13}$$

$$\Leftrightarrow \tan \gamma_{ad} \times K_T \times G_{d,sup} \times A_{eff} + F_{aqd}$$

$$F_{bd} = u_{bd} \times \frac{G_d \times A_{eff}}{K_{te} \times t} + F_{bqd} \quad \text{Formel 14}$$

$$\Leftrightarrow \tan \gamma_{bd} \times K_T \times G_{d,sup} \times A_{eff} + F_{bqd}$$

$G_{d,sup}$ der obere Bemessungswert des Schubmoduls eines Lagers. $G_{d,sup} = 1,75 \text{ N/mm}^2$ für SPEBA Serie 4500

5.2 Lastausmitte

Die durch Verdrehung α_d und Schubverzerrung u_d des Lagers entstehende Lastausmitte e_d muss bei der Bemessung der angrenzenden Bauteile berücksichtigt werden. Sie darf nicht berücksichtigt werden, wenn sie günstig wirkt. Die Lastausmitte darf, sofern kein genauere Nachweis geführt wird, wie folgt ermittelt werden:

$$e_{ad} = K_c \times K_T \times K_M \times \frac{a^2}{2t_e} \times \tan \alpha_{ad} + u_{ad} \quad \text{Formel 15}$$

$$e_{bd} = K_c \times K_T \times K_M \times \frac{b^2}{2t_e} \times \tan \alpha_{bd} + u_{bd} \quad \text{Formel 16}$$

K_c Für SPEBA Serie 4500 ist $K_c = 1,1$

- K_T Temperaturfaktor des Materials. Bei frei bewitterten Bauteilen ist für SPEBA Serie 4500 $K_T = 1,80$ Darüber hinaus darf mit $K_T = 1,0$ gerechnet werden. (Steigerung des Schubmoduls bei tiefen Temperaturen)
- K_M Faktor der Momentenvergrößerung infolge Querdehnung: Für die Berechnung der Lastausmitte für die angrenzenden Bauteile wird für Serie 4500 $K_M = 1,40$ angenommen.

5.3 Druckfestigkeitsnachweis

Vereinfacht darf für Serie 4500 (aufgrund der ungleichmäßigen Lastverteilung unter dem unbewehrten Elastomerlager und vorwiegend zentrischer Belastung) $3\sigma_{z,Ed}$ dem Nachweis der angrenzenden Bauteile zugrunde gelegt werden. Den genaueren Spannungsnachweis der anliegenden Bauteile darf man mit der um $2e_d$ (Kapitel 5.2 Formel 15 & 16) reduzierten Lasteinleitungsfläche A_{c0} führen. Beim Nachweis der Einleitung der Kräfte über eine Teilflächenbelastung darf für Betonbauteile als rechnerische Verteilungsfläche A_{c1} nur die Fläche in Ansatz gebracht werden, die sich innerhalb der Bügelbewehrung befindet.

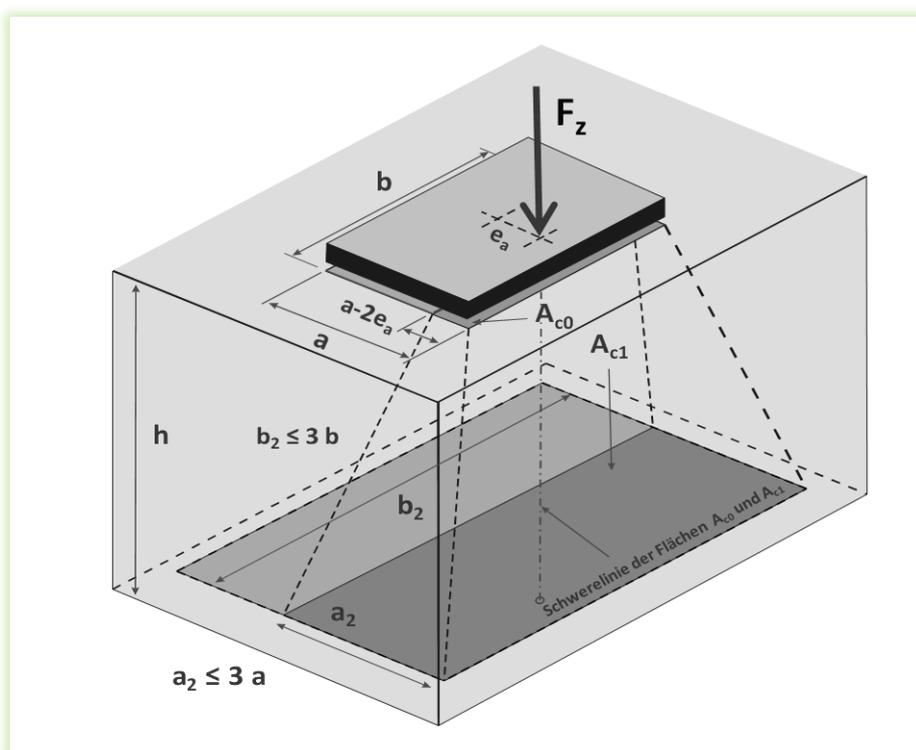


Abbildung 2 nicht maßstäbliche Druckspannungsverteilung infolge einaxialer Ausmitte

5.4 Querzugkraft in angrenzenden Bauteilen

Die infolge der Dehnungsbehinderung des unbewehrten Elastomerlagers in den angrenzenden Bauteilen entstehenden Querzugkraft Z ist nachzuweisen und durch entsprechende Maßnahmen aufzunehmen: [Stahlbetonbau: z.B. durch oberflächennahe Bewehrung / Holzbau: z.B. durch Stahlplatte / Mauerwerksbau: z.B. durch bewehrte Mörtelfugen].

Die Querzugkraft infolge der Querdehnung darf vereinfacht wie folgt ermittelt werden:

$$Z_{ad} = \max\left(\frac{1,5}{\text{mm}^2} \times 10^{-5} \times F_{z,\max,d} \times a \times t; 0,03 F_{z,\max,d}\right) \quad \text{Formel 17}$$

$$Z_{bd} = \max\left(\frac{1,5}{\text{mm}^2} \times 10^{-5} \times F_{z,\text{max},d} \times b \times t; 0,03 F_{z,\text{max},d}\right) \leq 3 \times Z_{ad} \quad \text{Formel 18}$$

Z_d Bemessungswert der Querkraft

Für Stahlbetonbauteile darf alternativ der Nachweis in Anlehnung an Heft 339 DAfStB erfolgen.

6 Bauliche Durchbildung

Die Lagerungsbereiche sind gemäß den bauartspezifischen technischen Spezifikationen und Normen auszubilden. Allgemein sollten Randabstände vorgesehen werden. Das Elastomerlager sollte innerhalb der Bewehrung liegen.

Bei der Verwendung der Lager mit Stahlkontaktflächen sollten, wenn nicht genauer geregelt, die Stahlflächen umlaufend mindestens 25 mm größer sein als das Lager.

Die Seitenflächen der Lager dürfen nicht in Ihrer planmäßigen Verformung behindert werden.

Jedes Bauteil ist in horizontaler und vertikaler Richtung durch Fugen derart von den angrenzenden Bauteilen zu trennen, dass die vorgesehene Lagerung (Statik) wirksam werden kann. Zu beachten ist, dass durch Fugenfüllungen, wie z.B. Fugenmassen, Profile aus Schaumstoff oder Platten aus Mineralwolle oder Schaumstoffen, die Verformbarkeit beeinträchtigt werden kann. Bei Ortbetonausführung muss die ordnungsgemäße Herstellung der Lagerfuge sichergestellt werden.

Bei horizontal verschiebbar gelagerten Bauteilen ist zu prüfen, ob Festpunkte oder Festzonen angeordnet werden müssen, durch die der Bewegungsnullpunkt des zu lagernden Bauteils festgelegt wird. Zu beachten ist, dass durch unbeabsichtigte Festpunkte die Bauteillagerung nachteilig beeinflusst werden kann.

6.1 Geometrische Grenzbedingungen

Für das Verformungslager SPEBA Serie 4500 sind bezogen auf die Lagerabmessungen folgende Bedingungen einzuhalten:

$$a \geq 70 \text{ mm}$$

$$b \geq 70 \text{ mm}$$

$$t > a/30$$

$$t \leq a/5$$

6.2 Bewegungskapazität der Lagerung

Durch die Stauchung, die Verdrehung und die Schubverformung des Lagers bewegen sich die Bauteilkanten aus ihrer planmäßigen Lage heraus. Ein Kantenkontakt muss vermieden werden. Die Winkelverdrehung am Auflager kann, durch die Geometrie der Konstruktion bedingt, zudem eine erhebliche Schubverformung des Lagers verursachen. Für die Überprüfung der Bewegungskapazität der Lagerung sollte ein Mindestabstand der verformten Bauteile zueinander von $\geq 3,0\text{mm}$ angenommen werden.

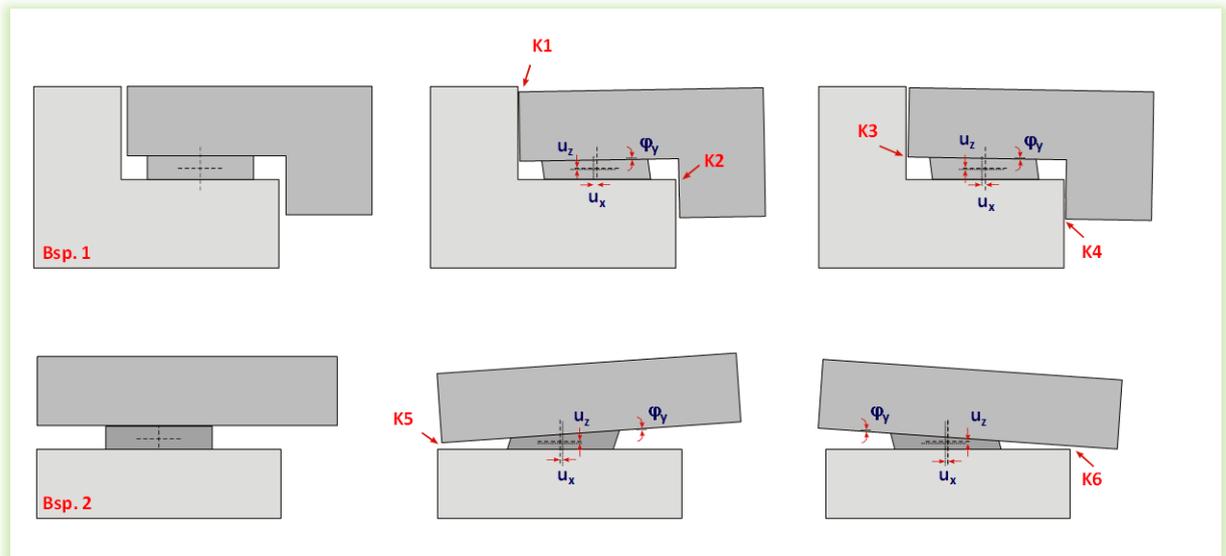


Abbildung 3 maßgebliche Stellen einer Kollisionsprüfung

7 Einbau

Die Umgebungseinflüsse müssen im Hinblick auf mögliche Schädigungen der Lager geprüft werden.

Elastomerlager und Auflagerflächen müssen frei von Verschmutzung sein.

Lose Teilchen auf den Auflagerflächen sind unzulässig.

Die Auflagerflächen müssen frei von Eis und Schnee, Fetten, Lösemitteln, Ölen oder Trennmitteln sein. Dies ist durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen.

Die Auflagerflächen sind zum Schutz des Lagers sorgfältig zu entgraten.

Die Seitenflächen der Lager dürfen nicht in ihrer planmäßigen Verformung behindert werden.