



Bemessung von Verformungs-Gleitlagern

Verformungsgleitlager sind die Kombination von bewehrten Elastomerlagern, die heute nach DIN 4141-14 bemessen werden, und Gleitelementen, die nach bauaufsichtlichen Zulassungen auszuführen sind. Auch in Zukunft werden nach der europäischen Norm EN 1337 Gleitelemente in Teil 2 und Elastomerlager in Teil 3 geregelt. Die Berücksichtigung zweier Regelwerke führt teilweise zu Fehlinterpretationen in der Bemessung und Überwachung.

Durch die Verwendung eines Gleiteils wird der Anwendungsbereich von Verformungslagern erweitert. Gleichzeitig darf deren zulässige Pressung um 50 % angehoben werden. Dies, obwohl bei einem Reibbeiwert von $\mu = 0,03$ und einem Mindestwert des Schubmoduls bei Raumtemperatur von $G = 0,8 \text{ N/mm}^2$ die zulässige Verzerrung von $\tan(\gamma) = 0,7$ mit $15 \times 1,5 \times 0,03 / 0,8 = 0,84$ bereits überschritten wird, bevor der Gleitvorgang einsetzt. Begünstigend wirkt hier die Relaxation des Werkstoffs sowie die Rückstellung bei geringeren Reibbeiwerten. Der Reibbeiwert von 3 % für PTFE gilt für eine häufige Lager-temperatur von ca. -10°C . Nach DIN 4141-14 (A1):2003 ist für veränderliche Einwirkungen mit Ausnahme der Verformungen aus Bauwerkstemperaturen nach DIN V 4141-1:2003 die zugehörige Lagertemperatur zur Ermittlung der Rückstellkräfte zu berücksichtigen. Nach DIN 4141-140 erreicht der Schubmodul bei -30°C den 3fachen, bei -15°C den 2fachen Raumtemperaturwert, der normgemäß zwischen $0,8$ und $1,2 \text{ N/mm}^2$ liegt.

Das folgende Beispiel eines Verformungs-Gleitlagers vom Typ VG2 einer Eisenbahnbrücke dient der Verdeutlichung von fehlerhaften Anwendungen:

$$F_{z,\max} = 36,5 \text{ MN}; F_{z,\min} = 0,5 \times 36,5 \text{ MN};$$

$$v_x = \bullet 170 \text{ mm}; e_{v_x} = 85 \text{ mm}; v_y = \bullet 2 \text{ mm}; e_{v_y} = 0$$

$$L_x \times B_y \times H = 1200 \text{ mm} \times 1350 \text{ mm} \times 125 \text{ mm};$$

$$n = 5; s = 18 \text{ mm}; T = 95 \text{ mm}$$

$$p = 36,5 \times 10^6 / (1200 \times 1350) = 22,53 \sim 22,5 \text{ N/mm}^2$$

DIN 4141-14 legt die Regellagergrößen so fest, dass $T > a/10$ eingehalten wird. In Eggert/Kauschke, 2. Auflage wird dies auf S. 223 interpretiert. Im vorliegenden Fall wird diese Bedingung nicht erfüllt, da $95 < 135 \text{ mm}$. Die Verdrehungen müssen bei Ansatz der Pressungserhöhung kleiner als 0,5 % sein! Bei einer Bahnbrücke ist dieser Wert unrealistisch niedrig. Angenommen wird 0,5 % um die y-Achse und 0,3 % um die x-Achse. Diese

Werte sind bereits durch Einbauungenauigkeiten nahezu erreicht. 0,3 % ist der Mindestwert nach DIN 4141-1. Regellager sind Elastomerlager mit Grundrissabmessungen von $900 \times 900 \text{ mm}$. Laut DIN 4141-14 (A1) sind für größere Lager Sonderprüfungen erforderlich, Größen über $1200 \times 1200 \text{ mm}$ sind außerhalb des Geltungsbereichs!



Annahme: PTFE-Abmessung $1330 \times 1180 \text{ mm}^2$,
Dicke der PTFE-Aufnahme 60 mm
 $\mu = 1,2 / (10 + p[\text{N/mm}^2])$
Schubmodul (Raumtemperatur) $1,0 \text{ N/mm}^2$

$$M_y = \frac{1200^5 \times 1350 \times 1,0}{50 \times 18^3} \times \frac{0,005}{5} = 1,152 \times 10^{10} \text{ Nmm}$$

$$M_x = \frac{1350^5 \times 1200 \times 1,0}{50 \times 18^3} \times \frac{0,003}{5} = 1,107 \times 10^{10} \text{ Nmm}$$

$$p_{\max} = \frac{36,5 \times 10^6}{1330 \times 1180} + \frac{1,107 \times 10^{10} \times 6}{1330^2 \times 1180} +$$

$$\frac{1,152 \times 10^{10} \times 6 + 0,036 \times 36,5 \times 10^6 \times (60 + \frac{125}{2}) \times 6}{1330 \times 1180^2}$$

$$= 23,26 + 31,82 + 37,32 + 0,52 = 92,92 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{\min} = \frac{0,5 \times 36,5 \times 10^6}{1330 \times 1180} - \frac{1,107 \times 10^{10} \times 6}{1330^2 \times 1180}$$

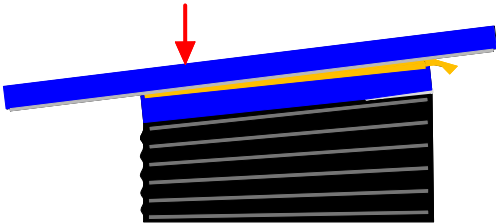
$$- \frac{(1,152 \times 10^{10} + 0,055 \times 0,5 \times 36,5 \times 10^6 \times (60 + \frac{125}{2})) \times 6}{1330 \times 1180^2}$$

$$= 11,63 - 31,82 - 37,32 - 0,40 = -57,91 \text{ N/mm}^2$$



Nr. 40
GB
10/2003
2 / 2

Bemessung von Verformungsgleitlagern



Bei Raumtemperatur: Die zulässige PTFE-Pressung von 60 N/mm^2 wird um 50% überschritten! Erst bei einer PTFE-Abmessung von $1550 \times 1400 \text{ mm}^2$ oder bei vernachlässigbaren Verdrehungen um die x- Achse wäre der Pressungsnachweis erfüllt. Bei geringsten Verdrehungen tritt eine klaffende Fuge im PTFE auf! Zur Vermeidung wäre eine Plattengröße von $7,0 \times 7,0 \text{ m}^2$, bei vernachlässigbaren Verdrehungen um die x-Achse von $4,0 \times 1,35 \text{ m}^2$, erforderlich. Auch bei Ansatz der zulässigen Zusammenbauungenauigkeiten von 0,1 % ist bereits eine klaffende Fuge zu erwarten. **Es wird darauf hingewiesen, dass bei Eisenbahnbrücken für Topflager grundsätzlich Verdrehungen aus Verkehr von $0,0025 \text{ rad}$ angenommen werden.**

Folgende Nachweise sind zusätzlich nach DIN 4141-14(A1) im Grenzzustand der Tragfähigkeit zu führen:

$$\varepsilon_{N,d} + \varepsilon_{V,d} + \varepsilon_{ab,d} < 6,5$$

$$\varepsilon_{N,k} = 1,5 \times \frac{N_{Sk}}{G_d \times A' \times S}$$

$$= 1,5 \times \frac{36,5 \times 10^6 \times 2 \times (1200 + 1350) \times 18}{0,6 \times 1345 \times 1195 \times 1350 \times 1200} = 3,22$$

$\varepsilon_{V,k} = 0$... ein unsicherer Ansatz

$$\varepsilon_{a,k} = \frac{\delta_{a,k}}{2 \times n} \times \left(\frac{a}{t}\right)^2 = \frac{0,005}{2 \times 5} \times \left(\frac{1200}{18}\right)^2 = 2,22$$

$$\varepsilon_{b,k} = \frac{\delta_{b,k}}{2 \times n} \times \left(\frac{b}{t}\right)^2 = \frac{0,003}{2 \times 5} \times \left(\frac{1350}{18}\right)^2 = 1,69$$

$$\varepsilon_{N,d} + \varepsilon_{V,d} + \varepsilon_{ab,d} = 1,3 \times (3,22 + 2,22) = 7,07 > 6,5$$

Der Gleitwiderstand führt zu einer zusätzlichen Überschreitung des Grenzwerts.



Folge klaffender Fugen ist das Austreten des PTFE

Bei tiefen Temperaturen steigt der Verdrehwiderstand entsprechend ($G \leq 3 \text{ N/mm}^2$). Pressungen im PTFE von ca. -195 bis $+230 \text{ N/mm}^2$ auf Basis des alten globalen Sicherheitskonzeptes sind die Folge.

An der Anschlussfläche des Elastomerlagers ist ebenfalls das Nichtklaffen der Fuge im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit nachzuweisen.

$$v_{z,d} = \left(\frac{1}{5 \times G_d \times S^2} + E_b^{-1} \right) \times n \times t_i \times N_{sd} / A' =$$

$$= \left(\left(5 \times 3,0 \times \left(\frac{1350 \times 1200}{2 \times (1350 + 1200) \times 18} \right)^2 \right)^{-1} + \frac{1}{2000} \right) \times$$

$$\times 5 \times 18 \times \frac{36,5 \times 10^6}{1345 \times 1195} = 1,46 \text{ mm}$$

$$(a \times \delta_{a,d} + b \times \delta_{b,d}) / 3 =$$

$$(1195 \times 0,005 + 1345 \times 0,003) / 3 = 3,34 \text{ mm} > 1,46 \text{ mm}$$

Auch die auf der unsicheren Seite liegende Nachweisführung mit $f=1/3$ statt $1/2$ ergibt ein Klaffen der Fuge auch bei den gering angesetzten Verdrehungswinkeln!

Das Lager erfüllt die Gebrauchstauglichkeits- und Tragsicherheitsanforderungen nicht.