



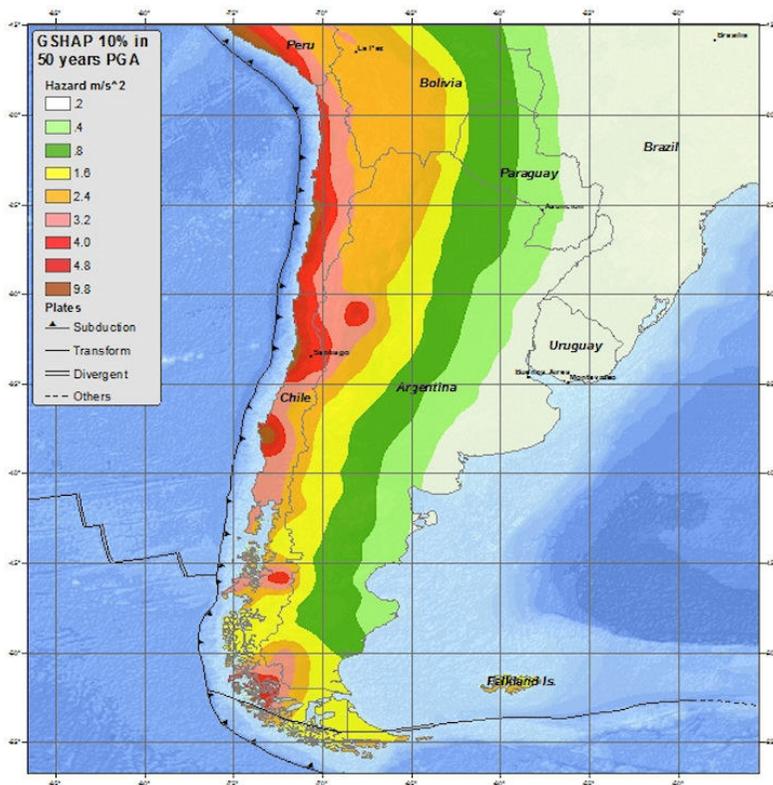
**A tough guy for Good Vibrations –  
Reach best vibration isolation performance in earthquake Prone Areas**

**The new SIP- V**

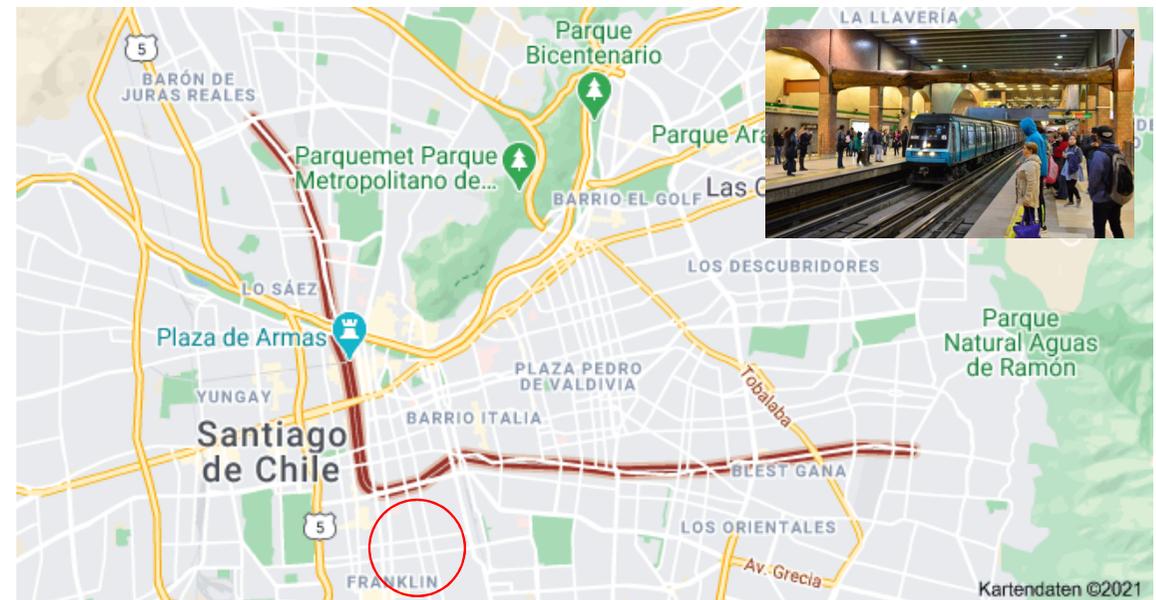
---

## SIP-V Zielsetzung

Entwicklung eines Gleitpendellagers für die Erdbebenisolation kombiniert mit Erschütterungs- und Schallschutz



Erdbebengefährdete Region



Linea 3 / Metro Santiago de Chile

## SIP-V Zielsetzung

Entwicklung eines Gleitpendellagers für die Erdbebenisolation kombiniert mit Erschütterungs- und Schallschutz

Zwei Anforderungen in einer Lösung zusammenführen:

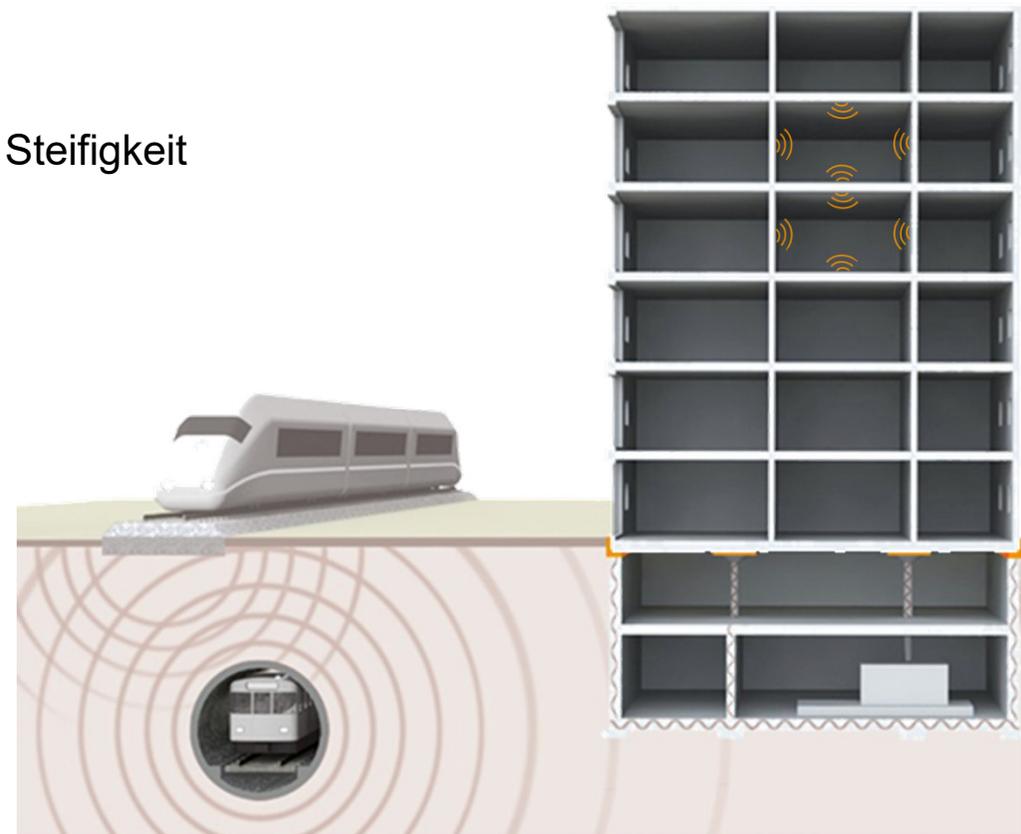
- große horizontale Verformungskapazität bei geringer Steifigkeit zur Isolation von Erdbebenkräften

→ Gleitpendellager von  MAURER

- geringe vertikale Steifigkeit zur Dämmung von Erschütterungen und sekundärem Luftschall (sehr geringe Verformungen)

→ Schwingungsisolation von

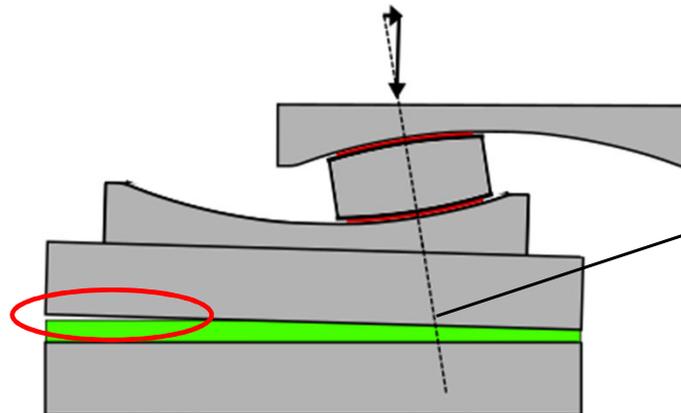
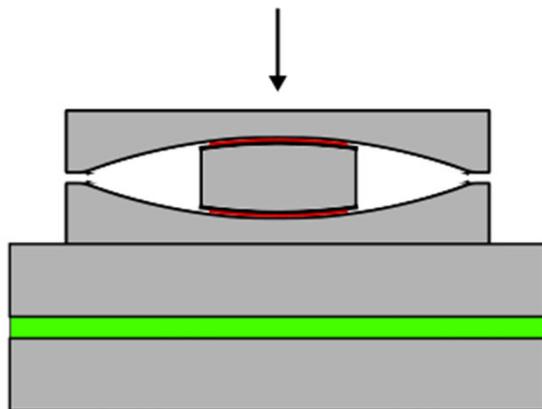
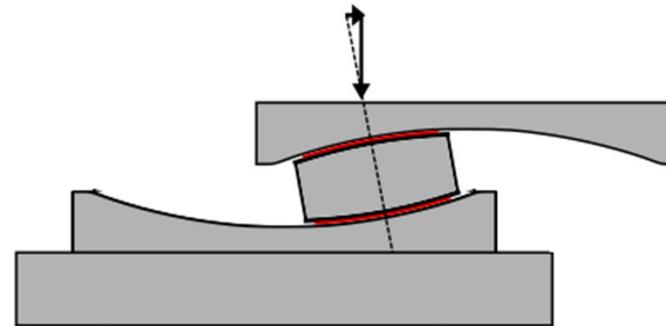
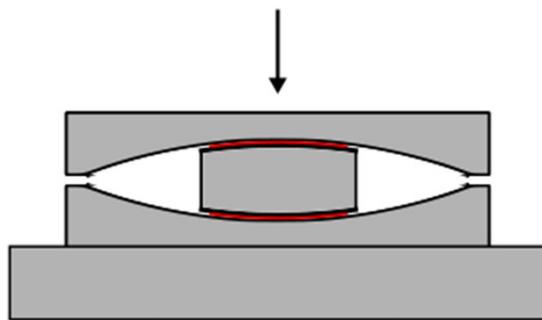
  
engineering a quiet future





## SIP-V Lösungsansätze

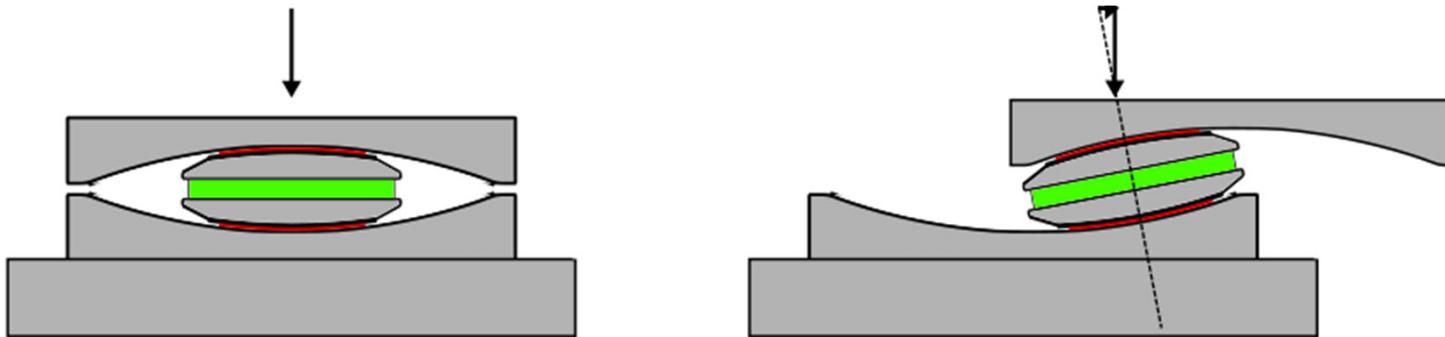
Schwingungsisolationslager unterhalb des Erdbebenlagers



klaffende Fuge, wenn  
Resultierende ausserhalb  
der Kernweite

## SIP-V Lösungsansätze

Schwingungsisolationslager integriert im Erdbebenlager (patentierte Lösung)



### Vorteile

- das PU-Lager wird immer nahezu zentrisch belastet → keine klaffende Fuge
- die Lastverteilungsplatte kann entfallen
- das PU-Lager wird nur auf Druck beansprucht, nicht auf Schub

## SIP-V Einsatzbereich der kombinierten Erdbeben- und Vibrationslager

- Lasten

Mit **8 MN** können etwa 70% der Gebäude abgedeckt werden.

Höhere Lasten könnten dann durch 2 nebeneinander positionierte Lager abgetragen werden.

- Hauptsächlicher Isolationsfrequenzbereichs **8 – 12 Hz**
- Amplitudenbereich **bis 0,6 m**

## SIP-V Spezifikation des Prototyps

### Lasten

quasiständige Last

$$N_{qs} = 4'500 \text{ kN}$$

Traglast auf Designniveau

$$N_{R,d} = 6'500 \text{ kN}$$

Durchmesser MSM

$$D_{MSM} = 400 \text{ mm}$$

Durchmesser PU

$$D_{PU} = 650 \text{ mm}$$

### Pressungen

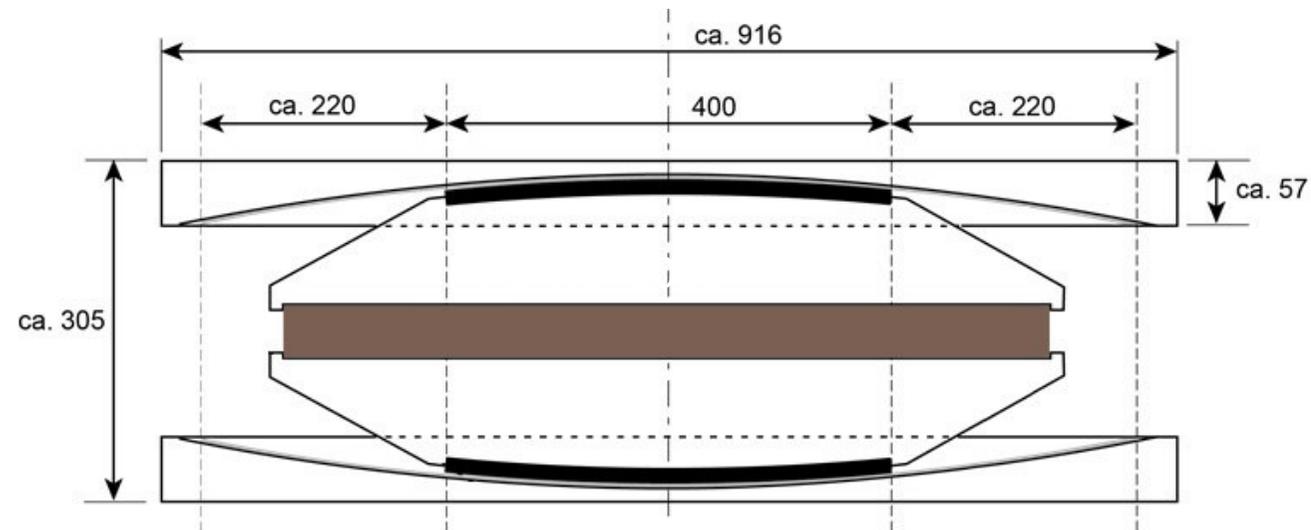
$$\sigma_{MSM,qs \text{ bzw. } sd} = 35 \text{ N/mm}^2 \text{ bzw. } 52 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{PU,qs \text{ bzw. } sd} = 14 \text{ N/mm}^2 \text{ bzw. } 20 \text{ N/mm}^2$$

### Eigenfrequenzen

$$f_{0,h} = 0.25 \text{ Hz}$$

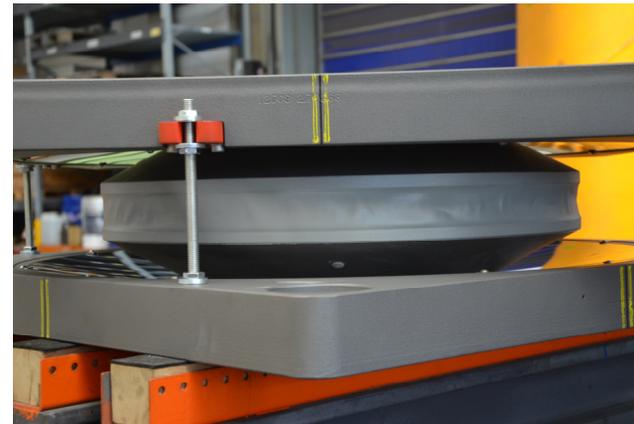
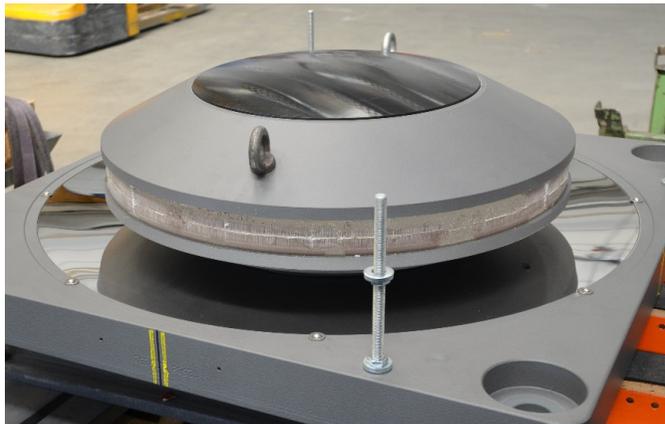
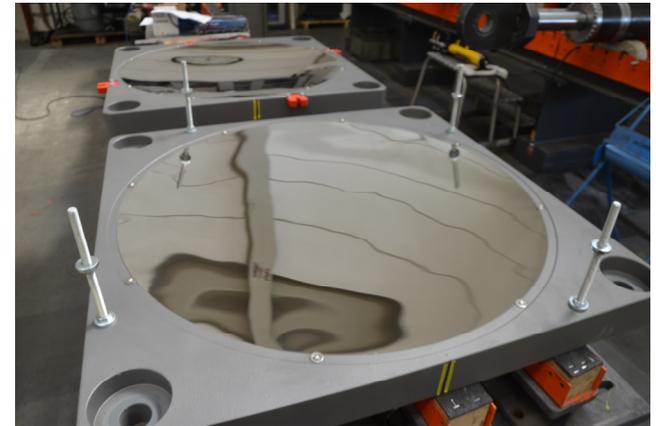
$$f_{0,v} = 11.8 \text{ Hz}$$



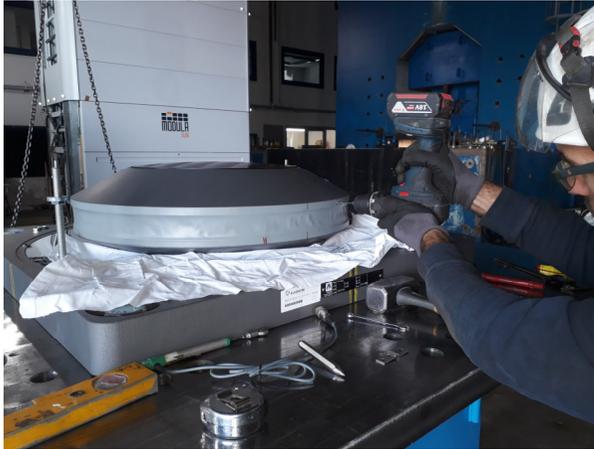
## SIP-V Herstellung des Prototyps



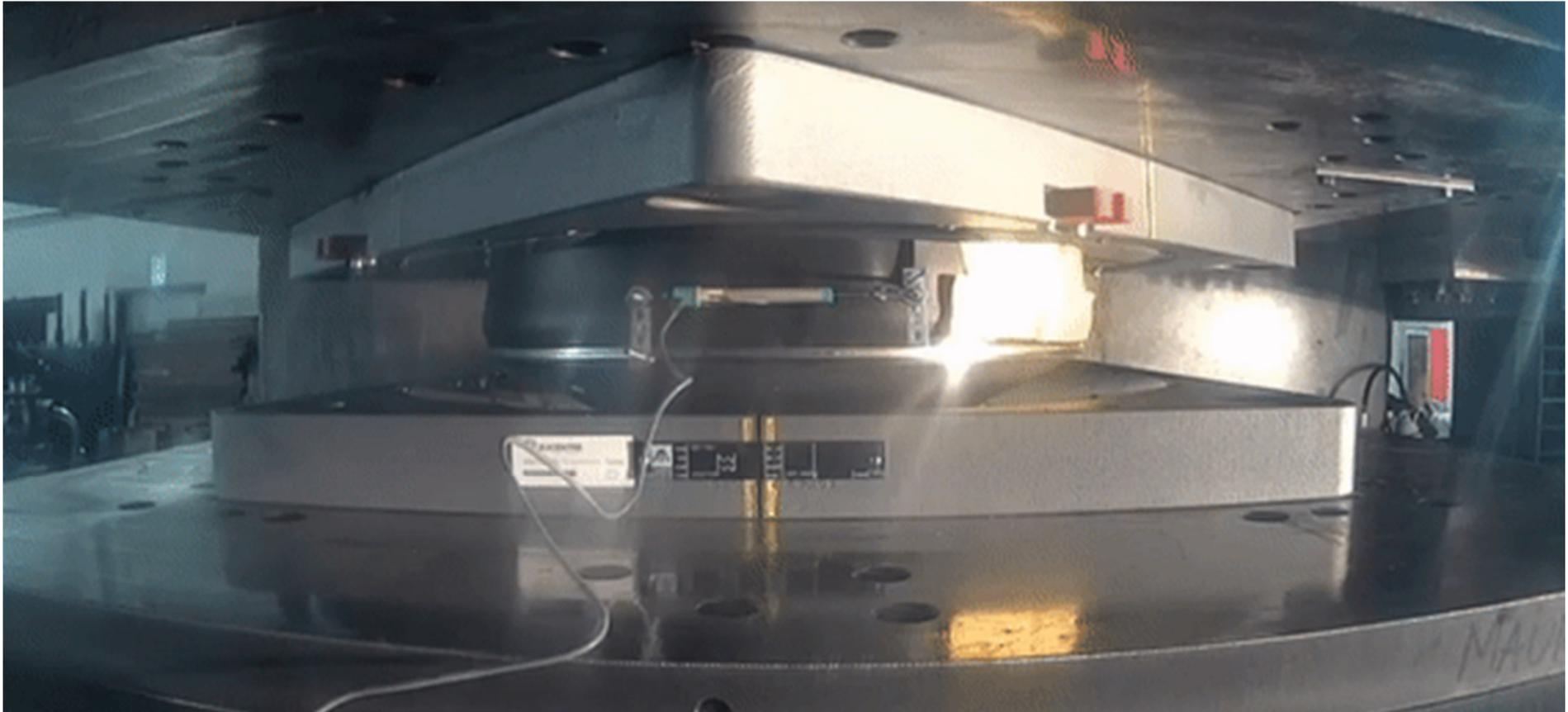
## SIP-V Herstellung des Prototyps



# SIP-V Belastungsversuche nach EN 15129 am EUCENTRE



## SIP-V Belastungsversuche nach EN 15129 am EUCENTRE

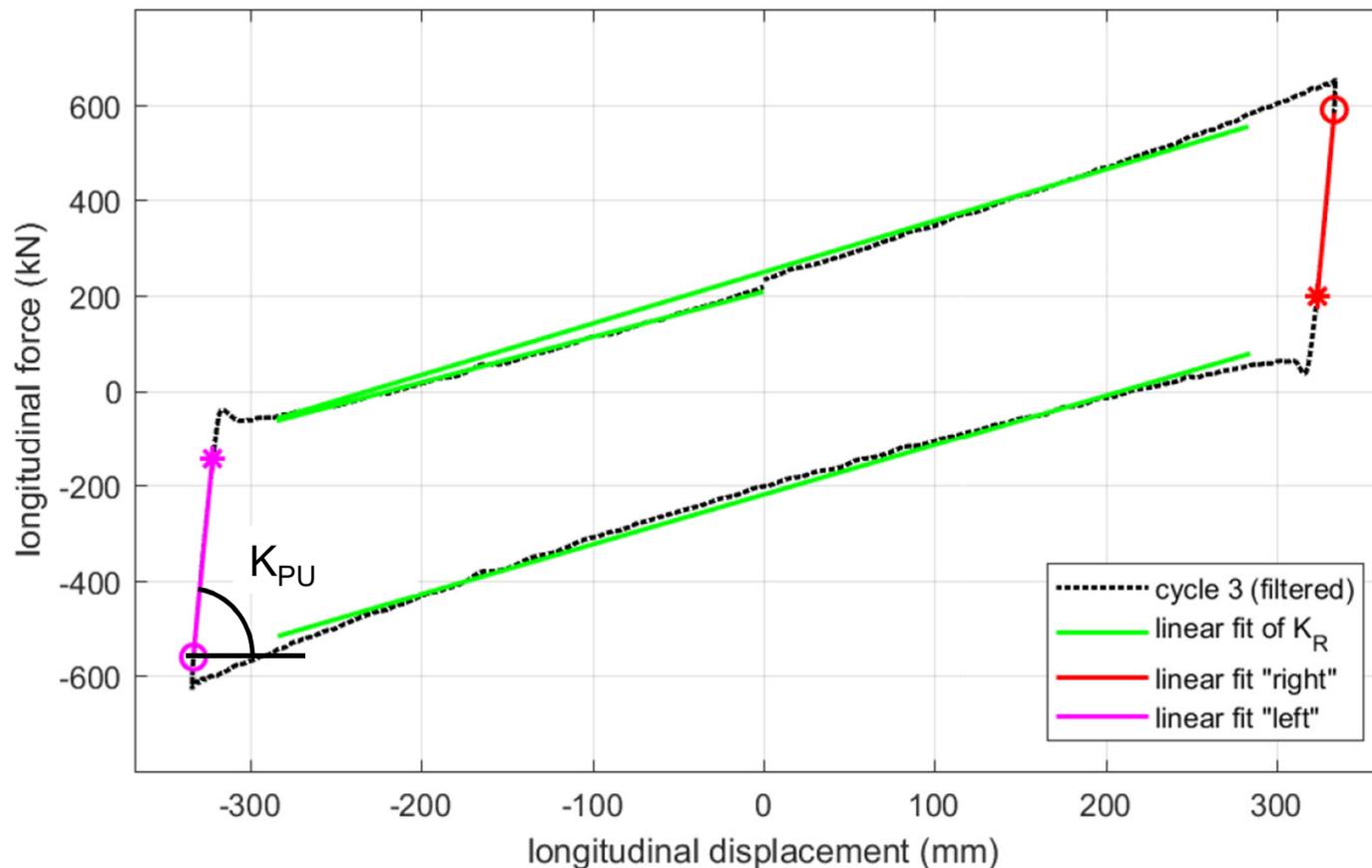


## SIP-V Belastungsversuche nach EN 15129

Bezeichnung	Label	Verformungs- amplitude [m]	Geschwindigkeit [m/s]	Vertikallast [kN]	Zielsetzung
<b>Charakterisierung</b>	CH-1 bis 5	0.2 – 0.4	0.2 – 0.4	4500	<b>Vortest, voller Weg, max Geschw.</b>
Pre-Test	PT1	0	0	4500	Gleitspalthöhe
Friction Resistance	FR	0.008 – 0.018	0.0001	4500	Reibungszahl bei kleinen Amplituden
Service	S	0.02	0.005	4500	Verhalten im Gebrauchszustand
<b>Benchmark</b>	P1	0.33	<b>0.05</b>	4500	<b>Produktionsbegleitenden Prüfungen</b>
<b>Dynamik</b>	D1 bis 3	0.08 – <b>0.33</b>	<b>0.4</b>	<b>4500</b>	<b>Erdbebenfall bei mittlerer Vertikalast</b>
<b>Seismic</b>	E1 und E2	0.33	0.4	<b>2813 / 7200</b>	<b>Erdbebenfall bei min/max Vertikalast</b>
<b>Property Verification</b>	P2	<b>0.33</b>	<b>0.4</b>	<b>4500</b>	<b>Schäden durch Seismic Test?</b>
Bi-Directional	B	0.33	0.4	4500	90° Verdrehung
<b>Load Bearing Capacity</b>	BC	0	0	<b>9000</b>	<b>200 % Gebrauchslast</b>
Post-Test	PT2	0	0	4500	Gleitspalthöhe
<b>Vertical dynamic Stiffness</b>		0	0	<b>4500</b>	<b>Messung der vertikalen dynamischen Steifigkeit für den Erschütterungsschutz</b>

## SIP-V Versuchsergebnisse

Schubsteifigkeit PU (Dynamic D3,  $x_{\max} = 0.33$  m,  $v_{\max} = 0.4$  m/s)



Versuche D3, P2 und B:

$$K_{PU, \text{mean}} = 36.2 \text{ kN/mm}$$

$$K_{PU, \text{min}} = 35.5 \text{ kN/mm}$$

$$K_{PU, \text{max}} = 38.0 \text{ kN/mm}$$

Berechnung mit Schubmodul:

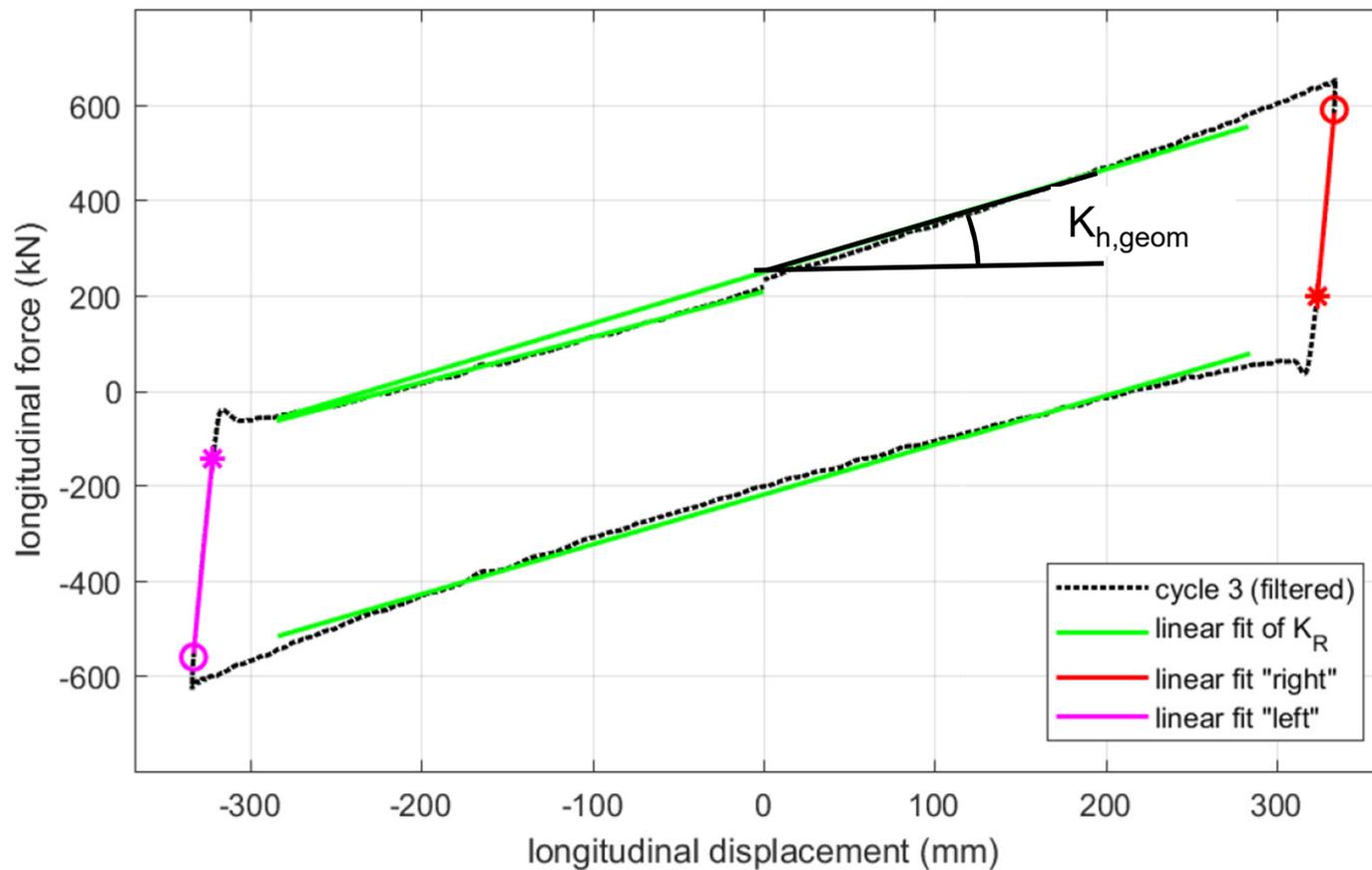
$$G = 5.9 \text{ N/mm}^2$$

$$K_{PU} = 39.2 \text{ kN/mm}$$

Steifigkeit des PU-Lagers hat kaum Einfluss auf die horizontale Steifigkeit des Gleitlagers.

## SIP-V Versuchsergebnisse

Geometrische Steifigkeit (Dynamic D3,  $x_{\max} = 0.33$  m,  $v_{\max} = 0.4$  m/s)



Versuche D3, P2 und B:

$$K_{h,geom,mean} = 1.07 \text{ kN/mm}$$

$$K_{h,geom,min} = 1.03 \text{ kN/mm}$$

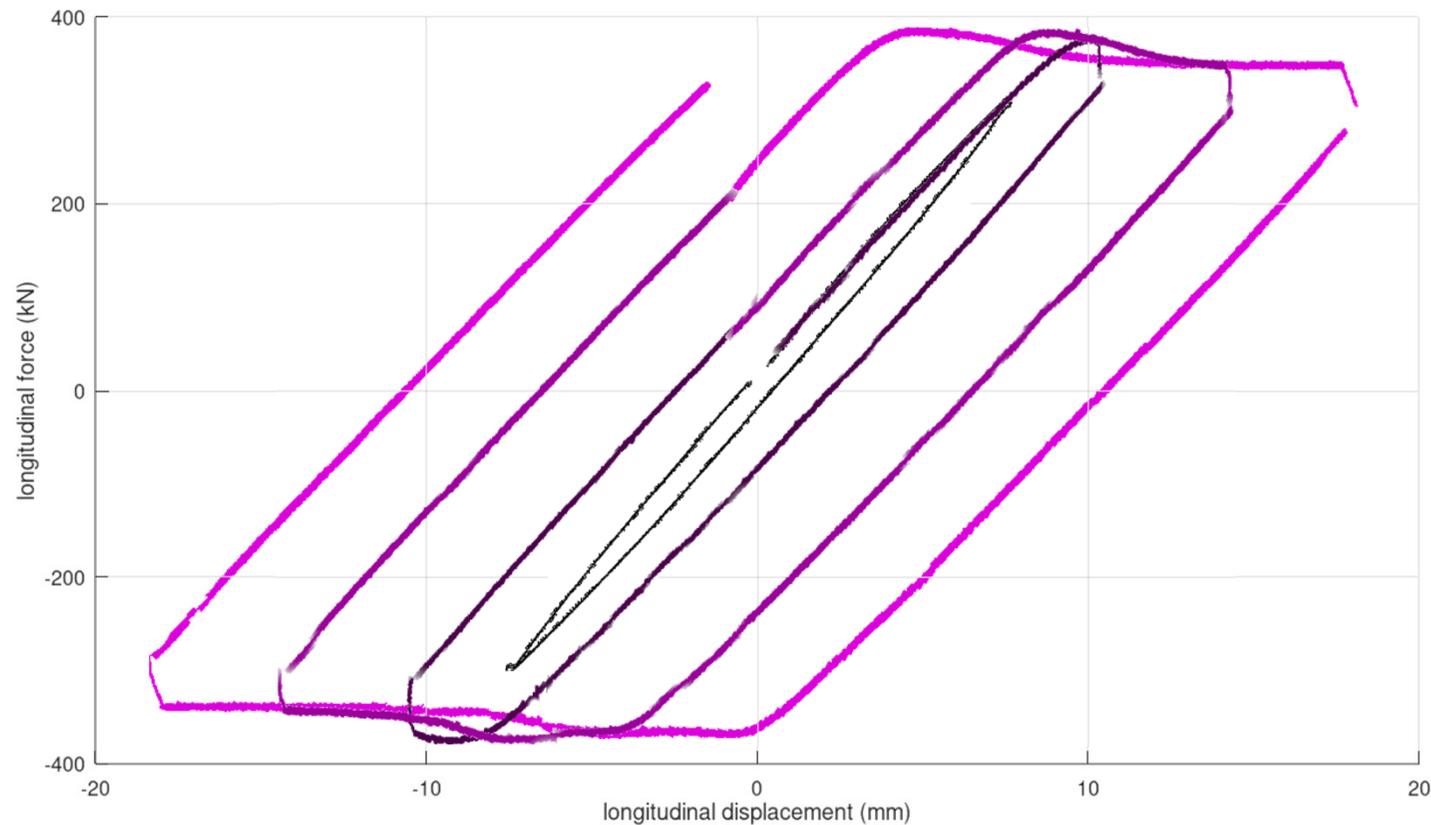
$$K_{h,geom,max} = 1.12 \text{ kN/mm}$$

Geometrische Berechnung:

$$K_{h,geom,ber} = 1.13 \text{ kN/mm}$$

## SIP-V Versuchsergebnisse

Frictional Resistance Test, unterschiedliche Amplituden,  $v = 0.1 \text{ mm/s}$



FR-1  $K_{PU} = 40.5 \text{ kN/mm}$   
 FR-2  $K_{PU} = 34.2 \text{ kN/mm}$   
 FR-3  $K_{PU} = 37.0 \text{ kN/mm}$   
 FR-4  $K_{PU} = 36.3 \text{ kN/mm}$

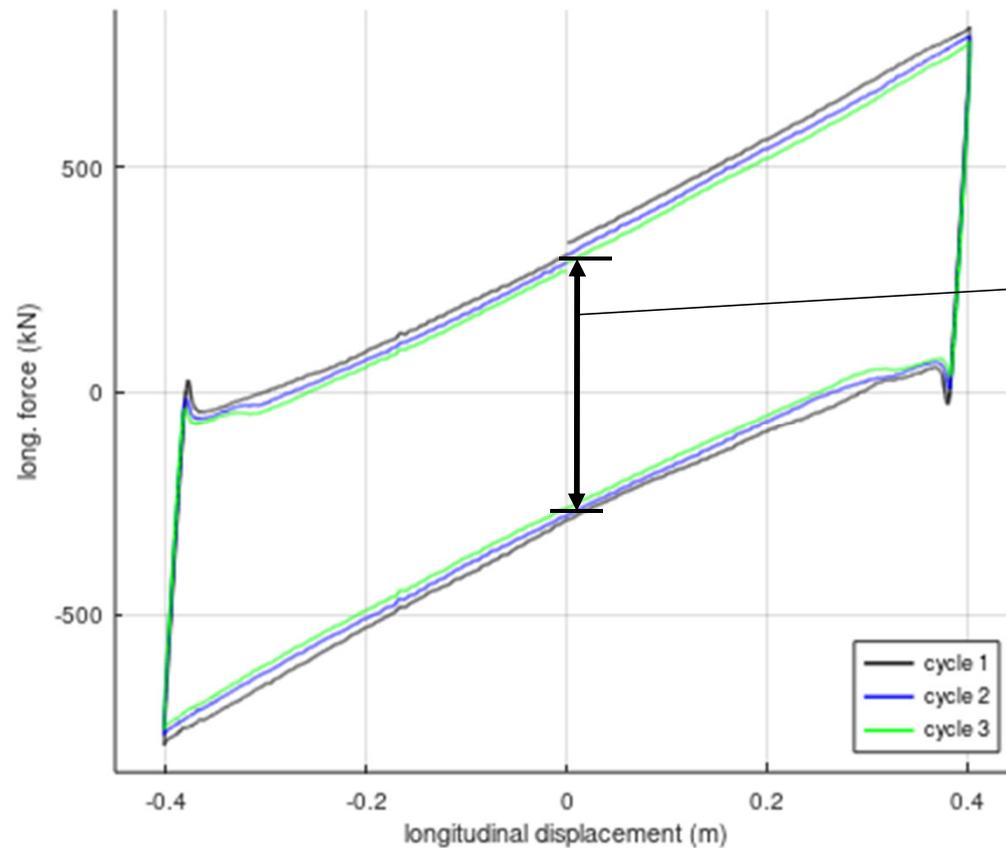
Vergleich D3, P2 und B:  
 $K_{PU} = 36.2 \text{ kN/mm}$

FR-1  $\mu_{dyn} = /$   
 FR-2  $\mu_{dyn} = /$   
 FR-3  $\mu_{dyn} = 7.68$   
 FR-4  $\mu_{dyn} = 7.63$

Vergleich D3, P2 und B:  
 $\mu_{dyn} = 5.7$

## SIP-V Versuchsergebnisse

Reibungszahl (Charakt. Test,  $x_{\max} = 0.4 \text{ m}$ ,  $v_{\max} = 0.2 \text{ m/s}$ ,  $F_{\text{vert}} = 4500 \text{ kN}$ )

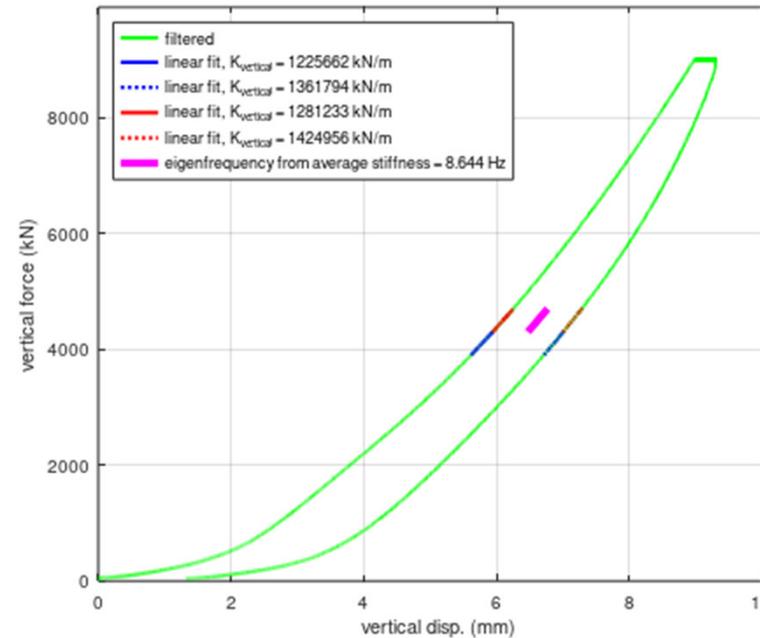
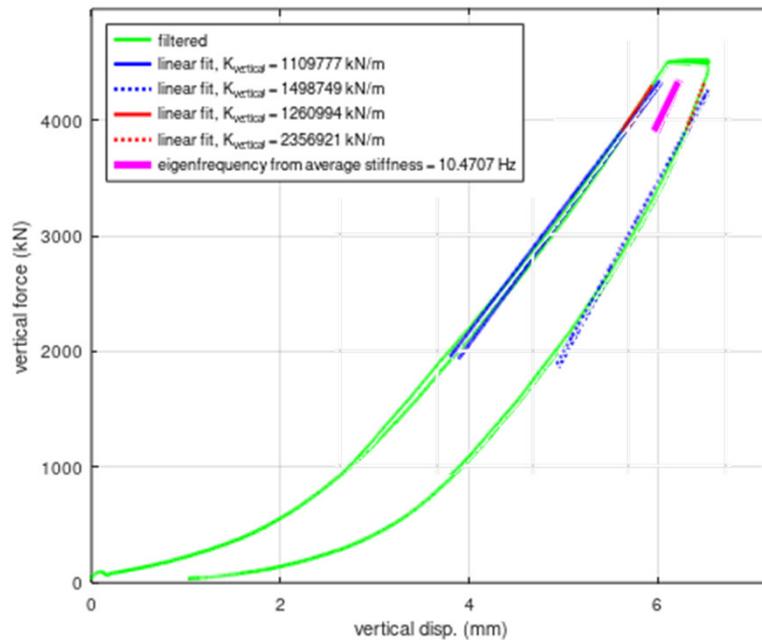


mittlere Gleitreibung bei relevanten Tests  
 $\mu_{\text{dyn}} = 5.45 \% \text{ bis } 5.78 \%$   
d.h. + 9 % bis +16 % über Sollwert

Durch zunehmende Temperatur infolge  
Reibung nimmt die Reibungszahl leicht ab.

# SIP-V Versuchsergebnisse

Vertikale Lagersteifigkeit bei geringen Verformungsgeschwindigkeiten



Nur sehr geringe  
Änderung der vertikalen  
Steifigkeit des PU-Lagers  
durch den Bearing Capacity  
Test bis 9000 kN

Tangentensteifigkeit des  
Belastungsastes bei ca.  
4500 kN Vertikallast

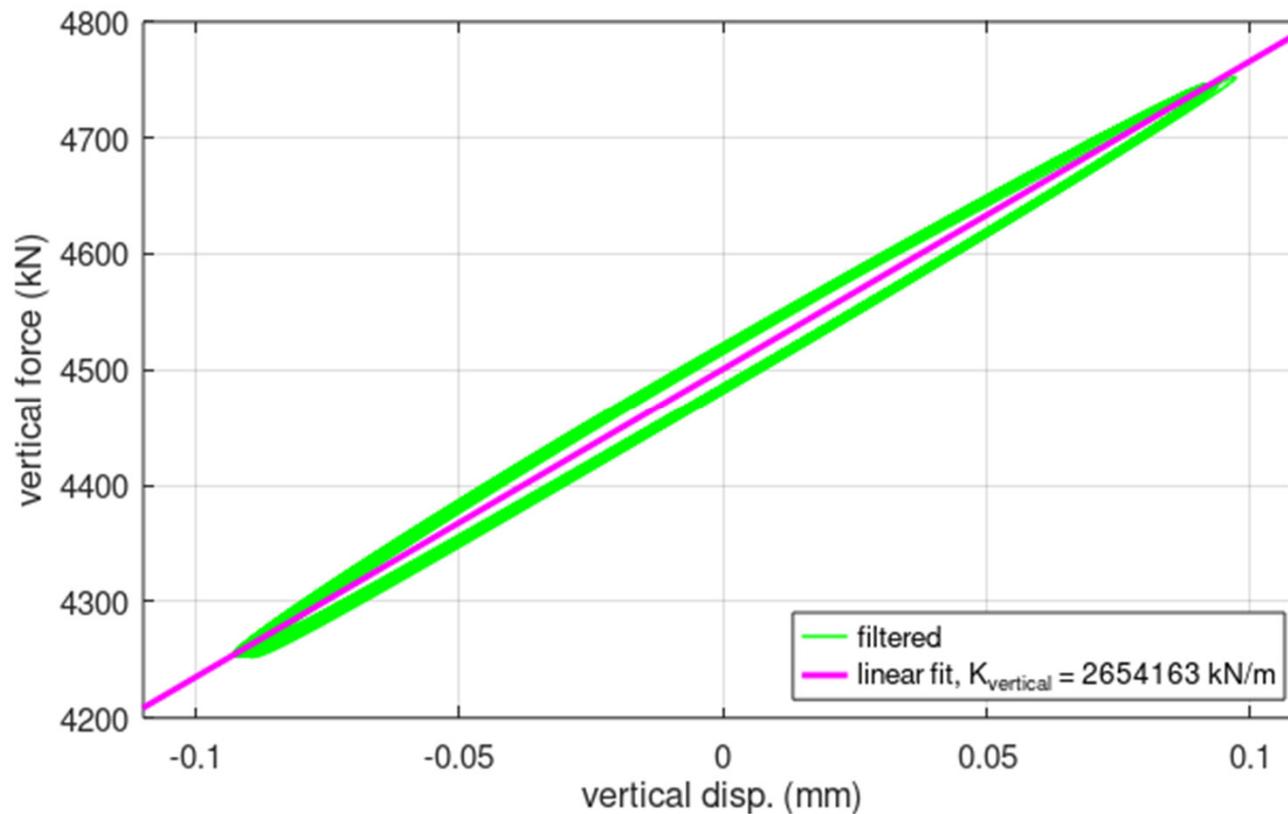
PT1  $K_{\text{vert}} = 1.26 \text{ MN/mm}$

BC  $K_{\text{vert}} = 1.28 \text{ MN/mm}$

PT2  $K_{\text{vert}} = 1.24 \text{ MN/mm}$

## SIP-V Versuchsergebnisse

Dynamische Vertikalbelastung ( $f = 2.5, 5.0$  und  $10$  Hz bei  $100$  dBv =  $\pm 0.1$  mm bei  $10$  Hz)



$K_{v,\text{dyn}} = 2.65$  MN/mm bei  $10$  Hz

$\rightarrow f_0 \approx 12.1$  Hz  $\approx f_{0,\text{soll}} = 11.8$  Hz

## SIP-V Fazit

Erfolgreiche Entwicklung einer wirtschaftlichen Kombination aus Erdbeben- und Schwingungsschutz vor allem für den innerstädtischen Bereich

Von „entweder / oder“ zu einer Lösung ohne Kompromisse:

- keine zusätzlichen Kosten
- keine zusätzlichen Bedingungen für das Lagerdesign
- gleiche Abmessungen wie konventionelles Gleitpendellager
- durchgehend optimale Belastung des PU-Lagers
- Volle Performance bzgl. Sicherheit und Komfort