

MSI-Technik

Sicherheitsnachweis von PE-Rundstahlbügeln DN 100 und DN 250 unter quasistatischer Beanspruchung

13.08.2016

Prof. Dr.-Ing. Peter Häfele



**Sicherheitsnachweis von PE-Rundstahlbügeln DN 100 und DN 250
unter quasistatischer Beanspruchung**

Akkreditiertes Prüflabor nach
DIN EN ISO/IEC 17025:2005

Auftraggeber	MSI Technik Viehhausen 7 D-83224 Grassau
Berichtsempfänger	Herr Martin Starzengruber Geschäftsleitung E-Mail: Martin.Starzengruber@MSI-Technik.de
Berichtsdatum	14.08.2016
Probeneingang	April 2016
Bearbeitungszeitraum	06.2016 –13.08.2016
Projektnummer	BWF 6557

Prof. Dr.-Ing. Peter Häfele

George Kiefer, B. Eng.

Probenaufbewahrungsfristen:

Um Rücknahme der Prüfgegenstände wird gebeten. Lagerfähige Prüfgegenstände werden für 1 Monat, metallographische Schlitte für 3 Jahre aufbewahrt. Rücksendung oder längere Aufbewahrung nur auf Vereinbarung möglich.

Berichte dürfen ohne ausdrückliche Zustimmung der BWF-Leitung nur in voller Länge, nicht aber auszugsweise reproduziert werden. Falls im Bericht Prüfergebnisse enthalten sind, beziehen sich diese nur auf das untersuchte Probenmaterial. Sämtliche Prüfungen unterliegen einem Qualitätssicherungsprogramm gemäß EN ISO/IEC 17025. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände.

Nicht akkreditierte Verfahren werden in Prüfberichten als solche gekennzeichnet. Beratungstätigkeiten (Untersuchungen, Gutachten) sowie Forschung und Entwicklung liegen außerhalb der Akkreditierung.

1 Hintergrund und Zielsetzung	4
2 Versuchsumfang	6
3 Untersuchte Bauteile	8
4 Versuchstechnik	10
5 Versuchsergebnisse	18
5.1 Rundstahlbügel DN 100	19
5.2 Rundstahlbügel DN 250	24
6 Zusammenfassung, Fazit	28

1

Hintergrund und Zielsetzung

Hintergrund

- Im betrieblichen Einsatz von Rundstahlbügel kann zusätzlich zu einer Belastung in x- und in z-Richtung eine Zusatzbelastung in y-Richtung auftreten.
- Für eine Zulassung der Rundstahlbügel ist der Tragfähigkeitsnachweis unter definierten Belastungen zu erbringen.

Zielsetzung

- Ziel der Untersuchung ist der Nachweis der Traglast von Rundstahlbügel DN 100 und DN 250 unter quasistatischer Beanspruchung.
- Zusätzlich zu einer Vorlast in x- und z-Richtung müssen die Rundstahlbügel eine Zusatzbelastung $F_y = 1 \text{ kN}$ in Querrichtung ohne Gewaltbruchversagen aufnehmen können.

2

Versuchsumfang

Versuchsmatrix PE Rundstahlbügel							
Ausführung Rundstahlbügel	Vorlast				Kraft F_y [kN]		Anzahl
	F_x [kN]	F_z [kN]	$F_{res, x-z}$ [kN]	Winkel φ [°]	Mindestkraft $F_{y, min}$	Prüfkraft $F_{y, Prüf}$	
DN 100	1,00	4,00	4,12	14	> 1	7,6	3
DN 250	1,00	8,00	8,06	7	> 1	8,0	2

3

Untersuchte Bauteile

Untersuchte Rundstahlbügel

DN 100



DN 250

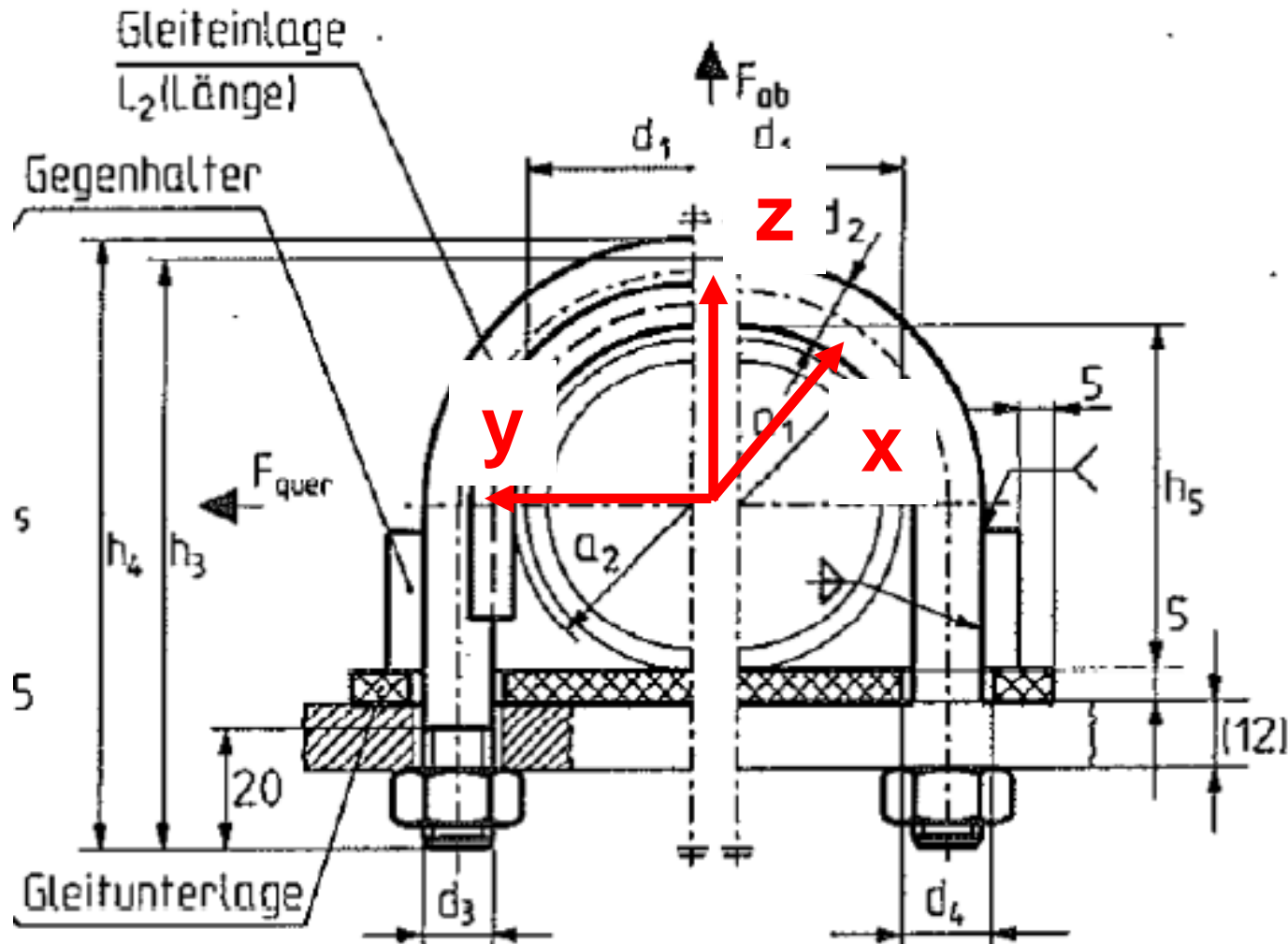


Nenn- maß DN	Durchmesser		für rohr d ₁	d ₂	Ge- winde d _s	Bügelhöhe				lichte Höhe		Konterblech		Gegen- halter	Gleiteinlage			
	a ₁	a ₂				h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	h ₅	h ₆	L ₁	d ₄ ¹⁾		Flach	L ₂	Nut	
																	m	Ø n
15	25	29	21,3	8,8	M10	116	118	63	65	23	25	75	12	Flach 5 x 20 x 40	30 x 6	67	4	10
20	30	34	26,9			121	123	68	70	28,5	30,5	80				78		
25	38	42	33,7			129	131	76	78	36	39	88				97		
32	46	50	42,4			137	139	84	86	44	47	96				115		
40	52	56	48,3			143	145	90	92	50	53	102				129		
50	64	68	60,3			155	157	102	104	62	65	114				156		
65	82	86	76,1			173	175	120	122	79	82	132				198		
80	94	98	88,9			185	187	132	134	91,5	95	144				225		
100	120	124	114			211	213	158	160	117	120	170				285		
125	148	154	140			244	247	191	194	144	147	208				354		
150	176	182	168	272	275	219	222	175	175	236	420							
200	228	234	219	324	327	271	273	227	227	288	540							
250	282	288	273	378	381	325	328	281	281	342	664							

Quelle: MSI Technik

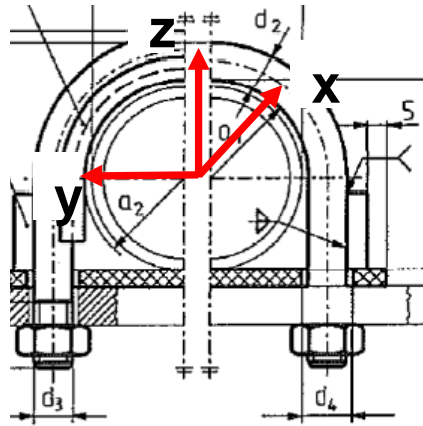
4

Versuchstechnik



4.1

DN 100



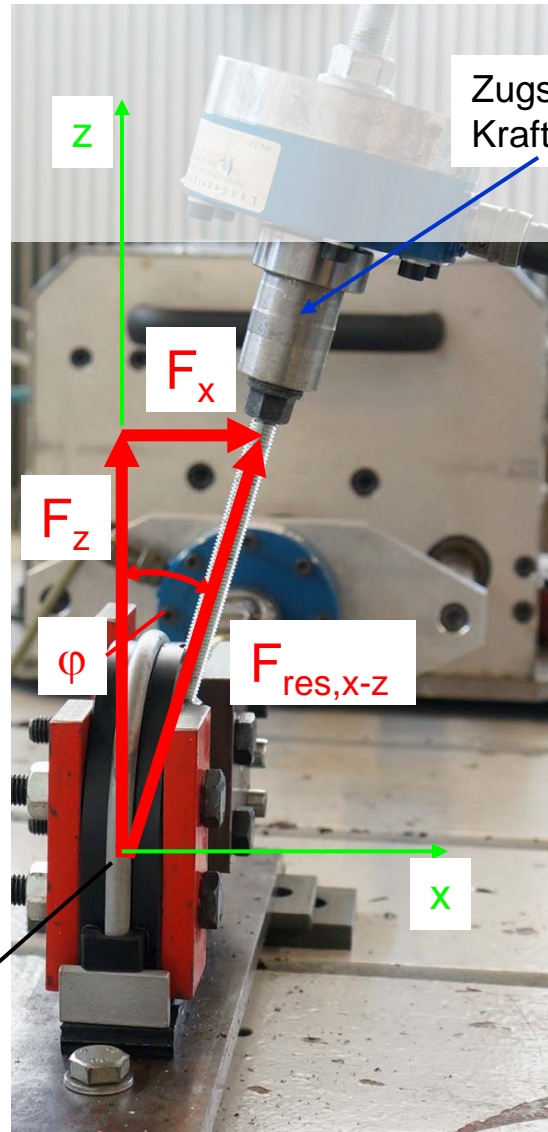
$$F_x = 1,0 \text{ kN}$$

$$F_z = 4,0 \text{ kN}$$

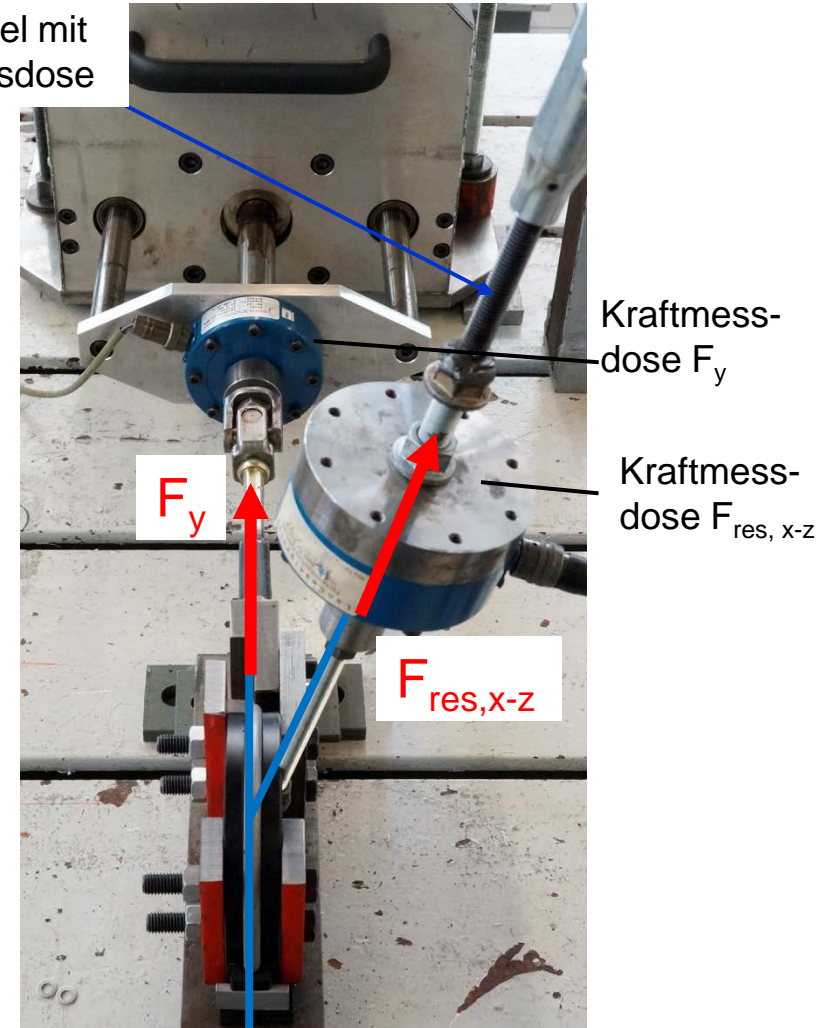
$$F_{res,x-z} = \sqrt{F_x^2 + F_z^2} = 4,12 \text{ kN}$$

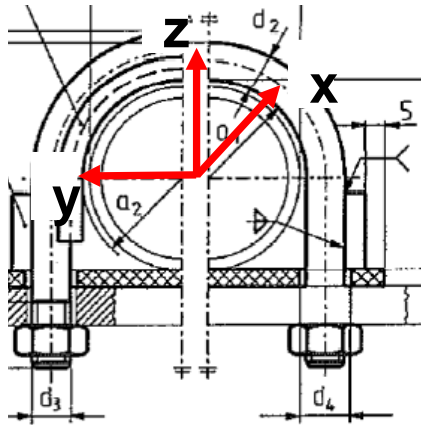
$$\varphi = \arctan\left(\frac{F_x}{F_z}\right) = 14^\circ$$

Rohrbügel
DN 100



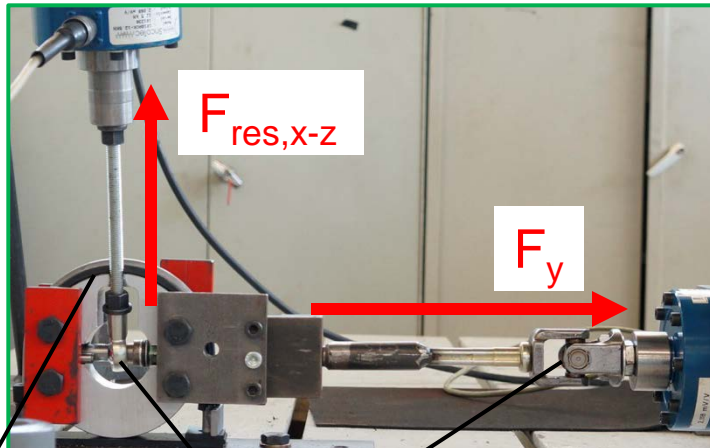
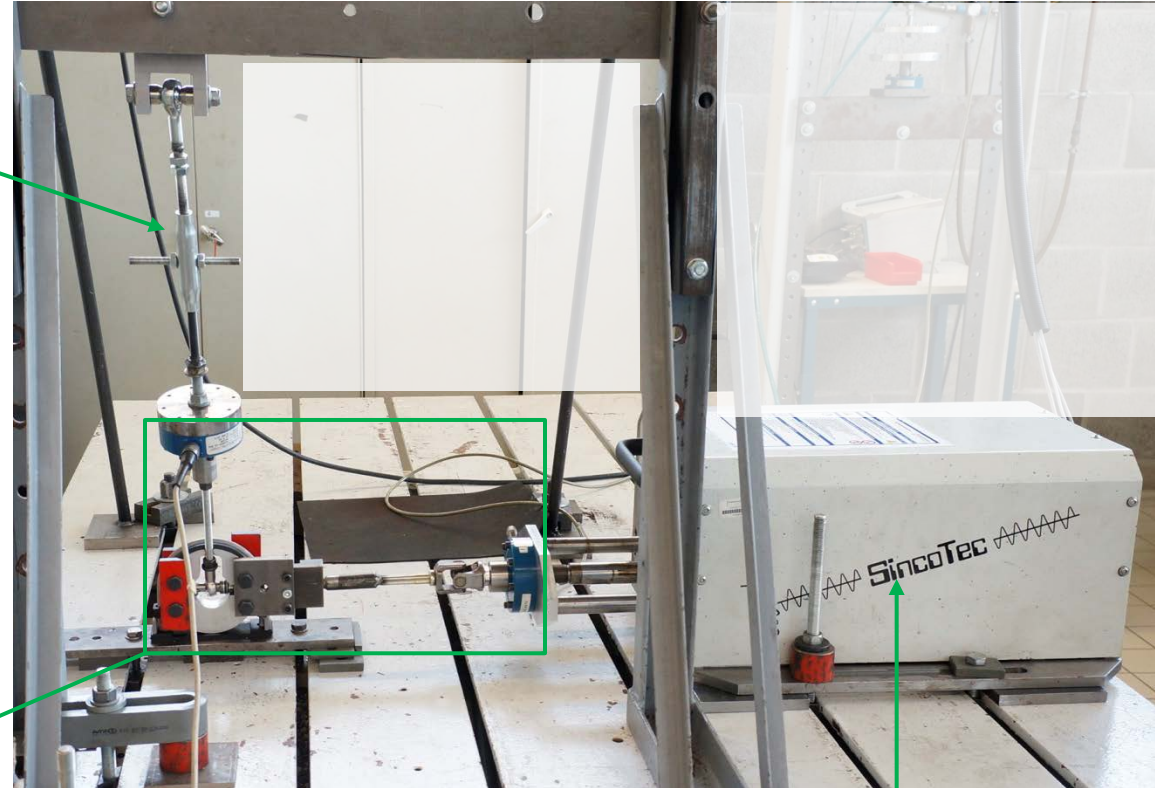
Pneumatischer Prüfzylinder Sincotec 10kN





Zugspindel mit Kraftmessdose beidseitig gelenkig gelagert

Gesamtansicht Prüfaufbau



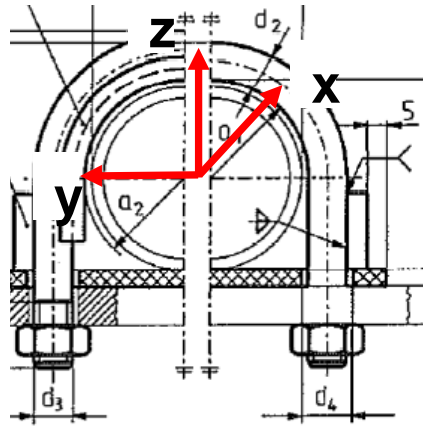
Rohrbügel
DN 100

Gelenkige
Lasteinleitung

Pneumatischer Prüfzylinder Sincotec 10 kN

4.2

DN 250

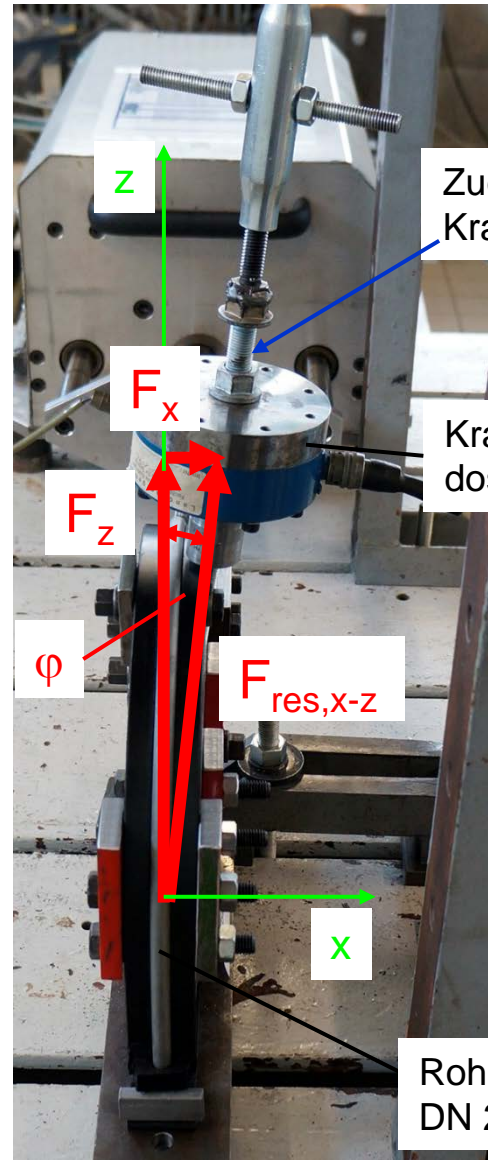


$$F_x = 1,0 \text{ kN}$$

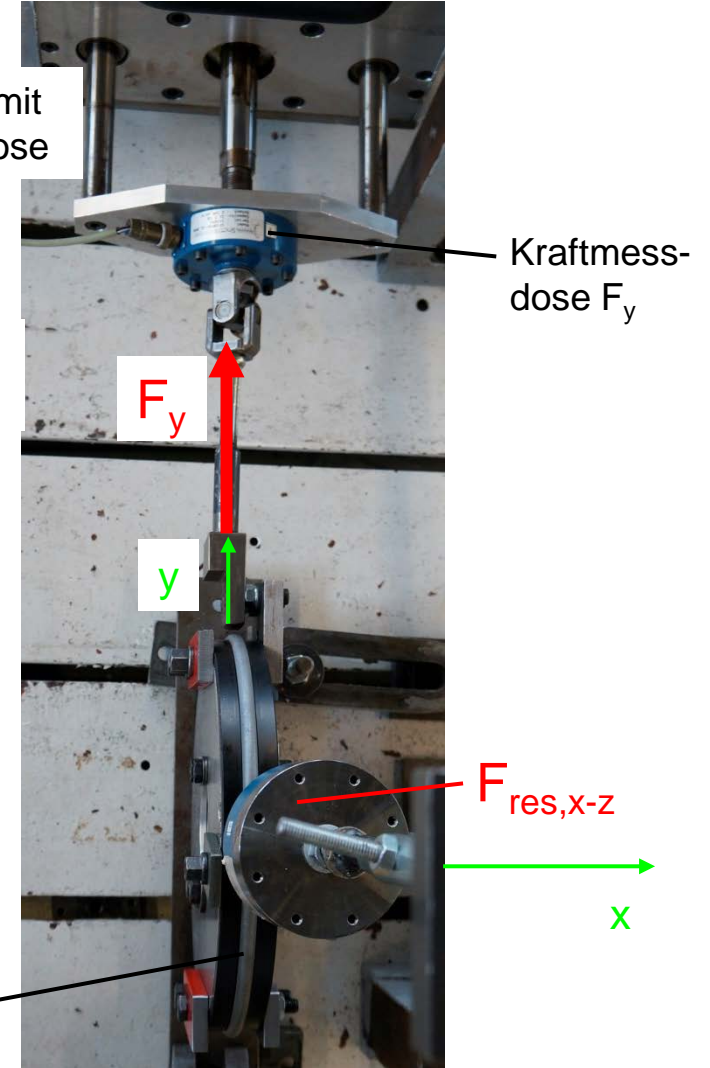
$$F_z = 8,0 \text{ kN}$$

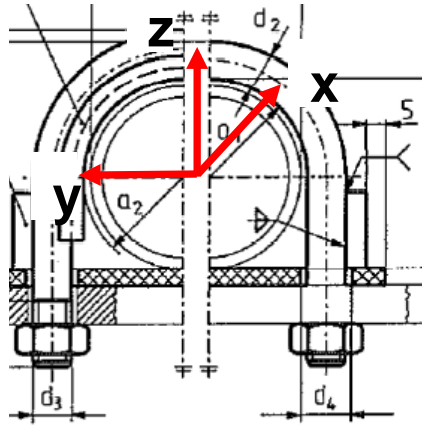
$$F_{res,x-z} = \sqrt{F_x^2 + F_z^2} = 8,06 \text{ kN}$$

$$\varphi = \arctan\left(\frac{F_x}{F_z}\right) = 7^\circ$$

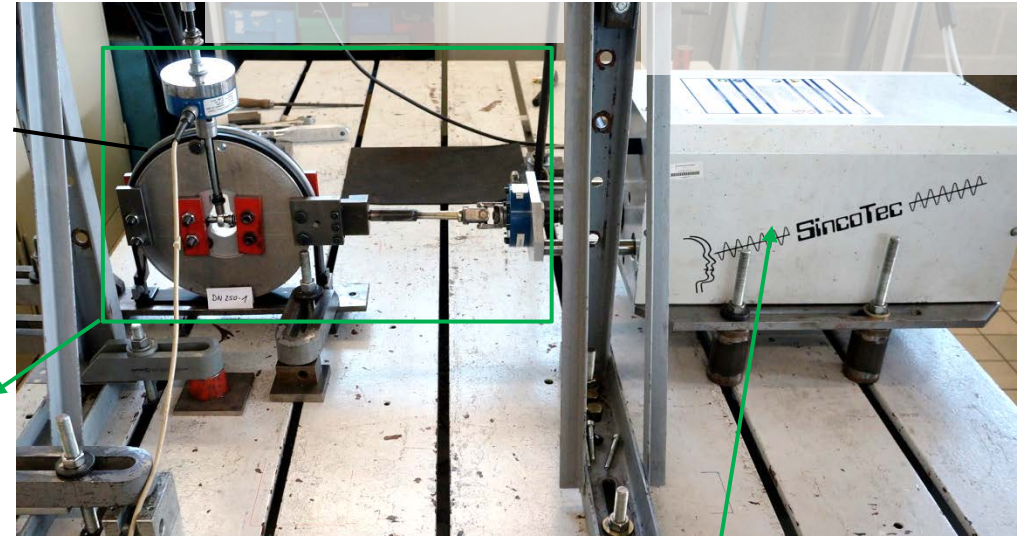


Pneumatischer Prüfzylinder
Sincotec 10 kN



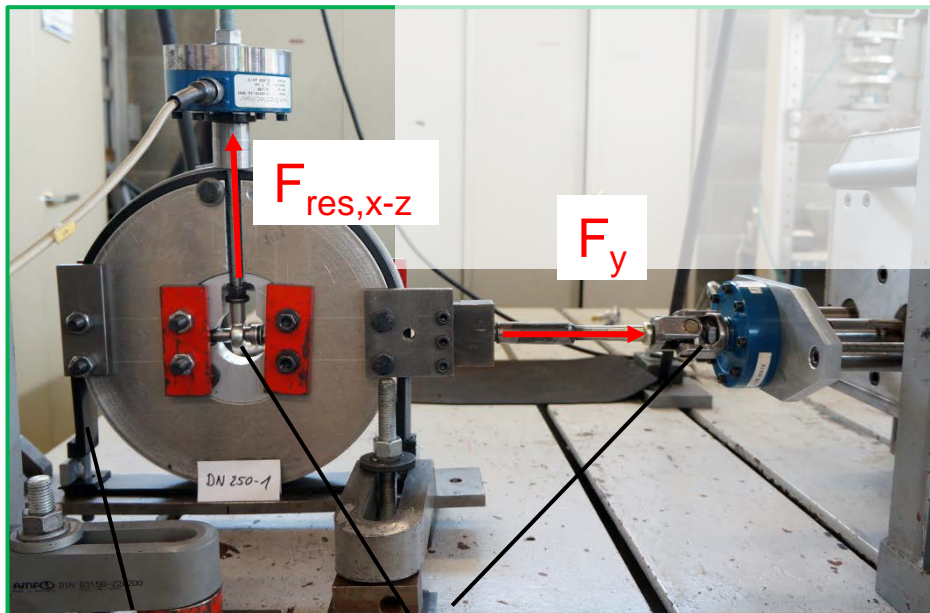


Gesamtansicht Prüfaufbau



Rohrbügel
DN 250

Pneumatischer Prüfzylinder
Sincotec 10 kN



Rohrbügel
DN 250

Gelenkige
Lasteinleitung

5

Versuchsergebnisse

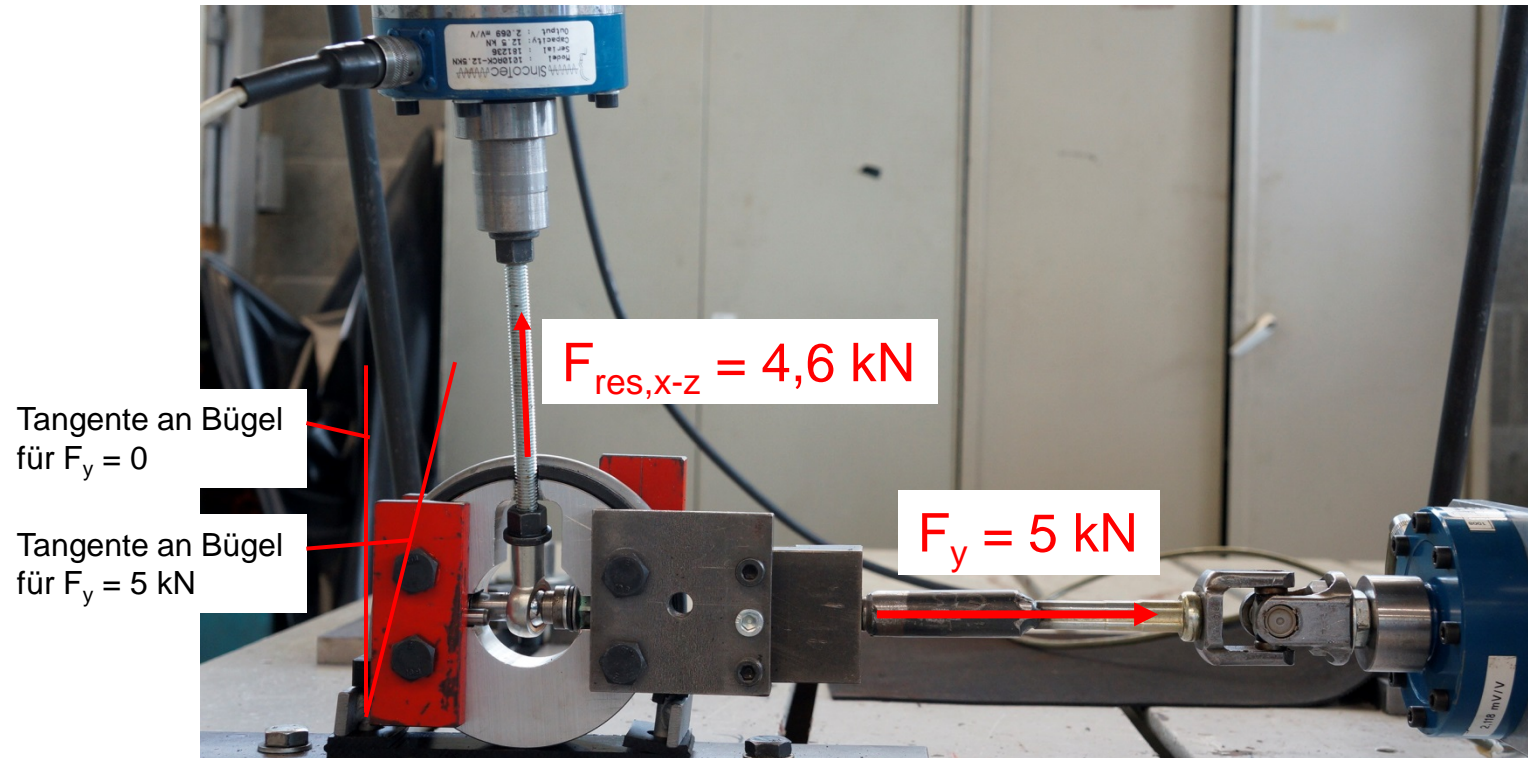
5.1

Rundstahlbügel DN 100

Versuchsergebnisse Rundstahlbügel DN 100

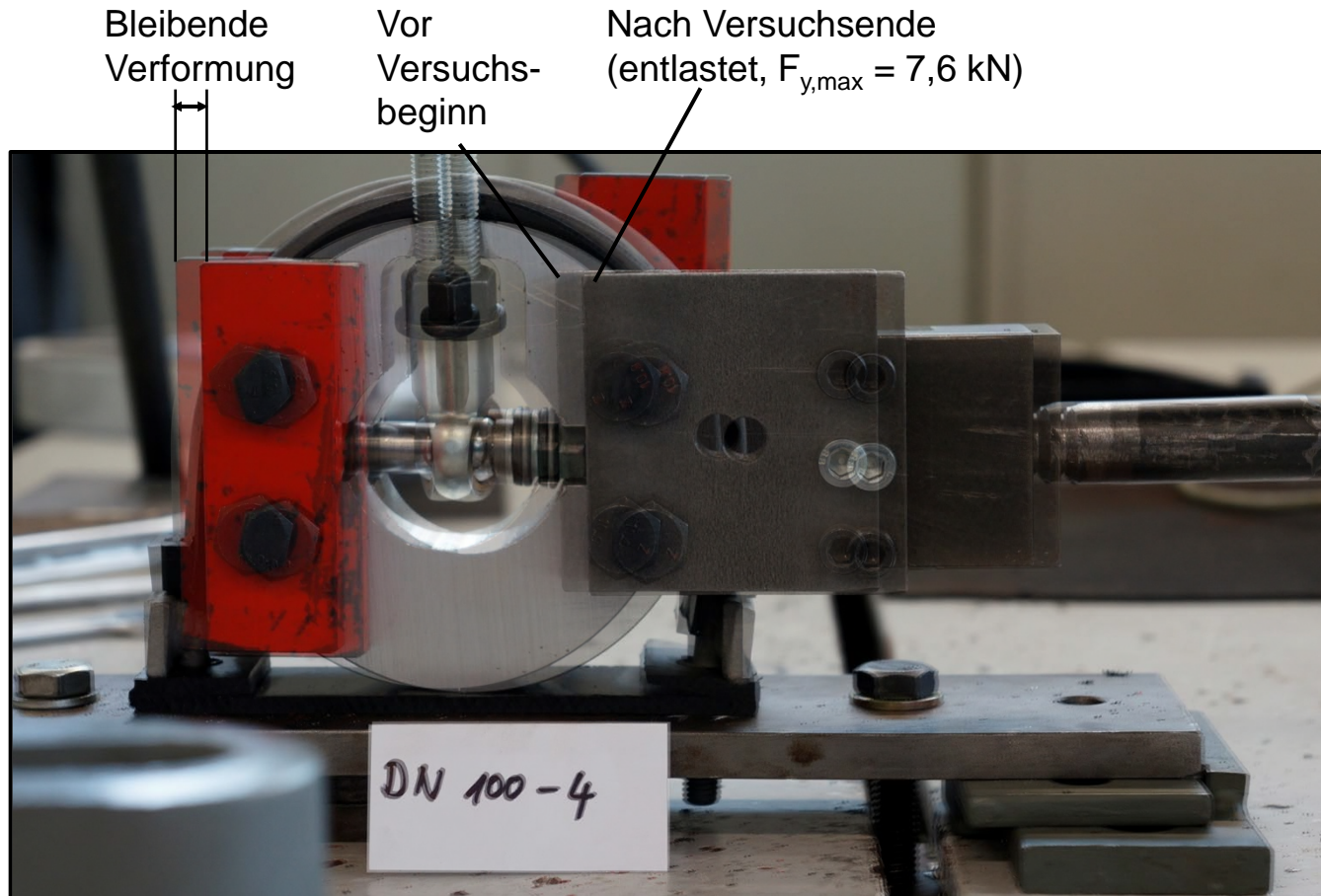
Versuchsergebnisse Rundstahlbügel DN 100 Lastenheftanforderung: $F_x = 1 \text{ kN}, F_z = 4 \text{ kN}, F_{\text{res}, x-y} = 4,1 \text{ kN}; F_y > 1 \text{ kN}$				
Bauteilbez.	$F_{\text{res}, x-z}$ [kN]	F_y [kN]	Verlängerung l_y [mm]	Bemerkung
Vorversuch				
DN 100-1	4,1	0		überelastische Beanspruchung des Rohrbügels, kein Bruchversagen
	5,2	5		
	3,3	0		
Hauptversuche				
DN 100-2	4,1	0	0	überelastische Beanspruchung des Rohrbügels, kein Bruchversagen
	4,6	5	6,4	
	3,7	0	2,7	
DN 100-3	4,1	0	0	überelastische Beanspruchung des Rohrbügels, kein Bruchversagen
	4,1	1,1	2,2	
	4,1	2	2,5	
	4,1	3	3,1	
	4,1	4	4	
	4,3	5	5,3	
	5,3	7,6	12,1	
	3,6	0	7,4	bleibende Verlängerung
DN 100-4	4,1	0	0	überelastische Beanspruchung des Rohrbügels, kein Bruchversagen
	4,6	1	0,6	
	4,0	2	1,9	
	4,0	3	3,5	
	4,1	4	5	
	4,3	5	6,7	
	5,3	7,6	12,8	
	3,5	0	8,3	bleibende Verlängerung

Hinweis:
 Die Verformung des Bügels durch die Belastung in y-Richtung führt zu einer geringfügigen Änderung der Krafrichtung der Kraft $F_{\text{res}, x-z}$ und damit zu einer Erhöhung der Sollkraft $F_{\text{res}, x-z} = 4,1 \text{ kN}$. Für den geforderten Sicherheitsnachweis entspricht dies einer konservativen Vorgehensweise.



Rundstahlbügel DN 100 bei $F_y = 5 \text{ kN}$

Schadensbilder im Aufbauzustand DN 100



Rohrbügel DN 100: Aufnahmen bei Start und Ende (entlastet) überlagert

Rundstahlbügel nach Ausbau
DN 100-4

$$F_{\text{res, x-y, max}} = 5,3 \text{ kN}$$
$$F_{y, \text{max}} = 7,6 \text{ kN}$$



Abdruck in der
Gleitunterlage



5.2

Rundstahlbügel DN 250

Versuchsergebnisse Rundstahlbügel DN 250

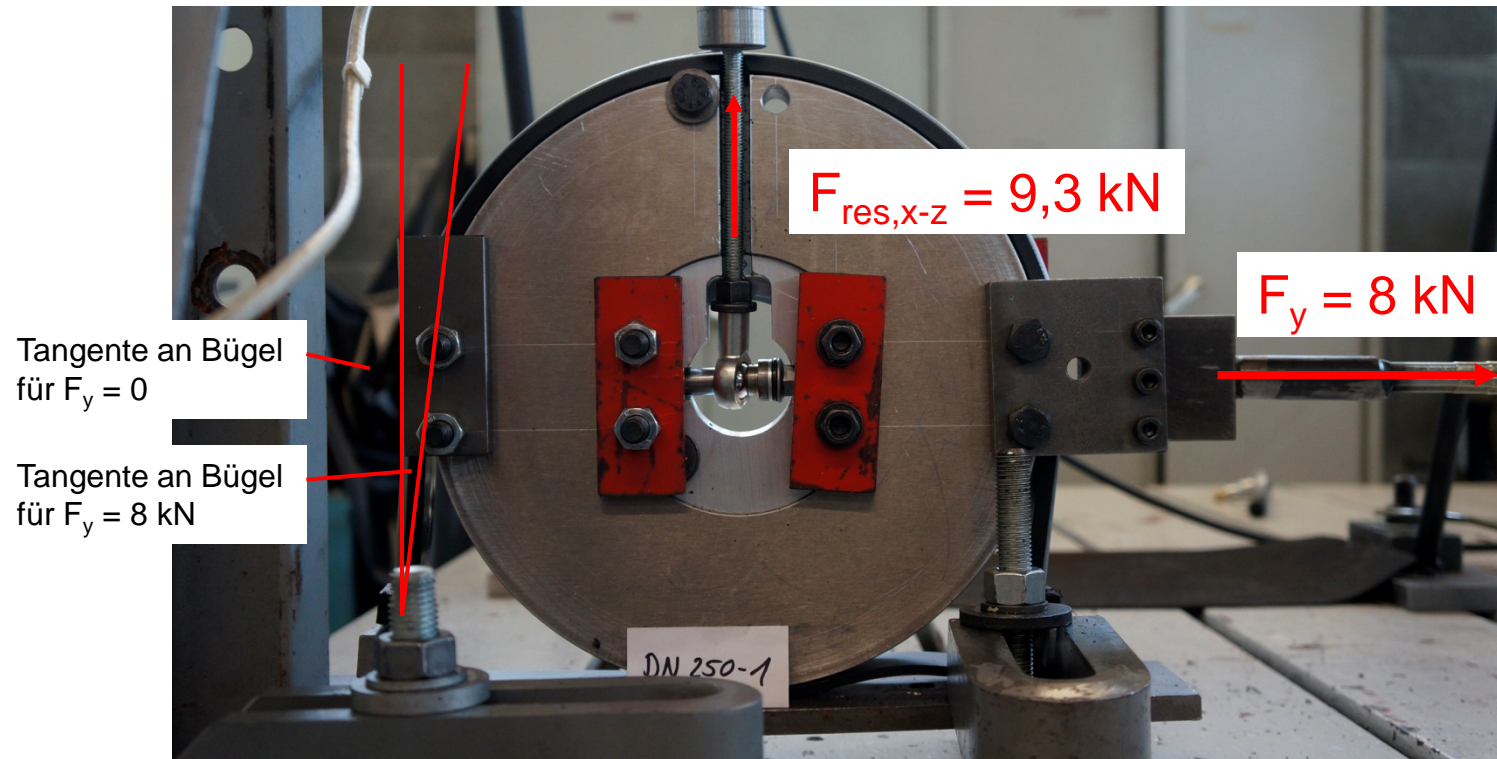
Versuchsergebnisse
Rundstahlbügel DN 250
Lastenheftanforderung:

$$F_x = 1 \text{ kN}, F_z = 8 \text{ kN}, F_{\text{res}, x-y} = 8,1 \text{ kN}; F_y > 1 \text{ kN}$$

Bauteilbez.	$F_{\text{res}, x-z}$ [kN]	F_y [kN]	Verlängerung l_y [mm]	Bemerkung
DN 250-1	8,8	0	0	überelastische Beanspruchung des Rohrbügels, kein Bruchversagen
	8,7	2	1	
	8,6	3	2,3	
	8,6	4	4,1	
	8,6	5	6,4	
	9,3	8	17,3	
	8	0	11	bleibende Verlängerung
DN 250-2	8,4	0	0	überelastische Beanspruchung des Rohrbügels, kein Bruchversagen
	8,3	1	1	
	8,3	2,5	1,4	
	8,3	3	1,9	
	8,2	4	3,7	
	8,2	5	6,5	
	8,8	7,4	13,7	
	7,9	0	7	bleibende Verlängerung

Hinweis:

Die Verformung des Bügels durch die Belastung in y-Richtung führt zu einer geringfügigen Änderung der Krafrichtung der Kraft $F_{\text{res}, x-z}$ und damit zu einer Erhöhung der Sollkraft $F_{\text{res}, x-z} = 8,1 \text{ kN}$. Für den geforderten Sicherheitsnachweis entspricht dies einer konservativen Vorgehensweise.



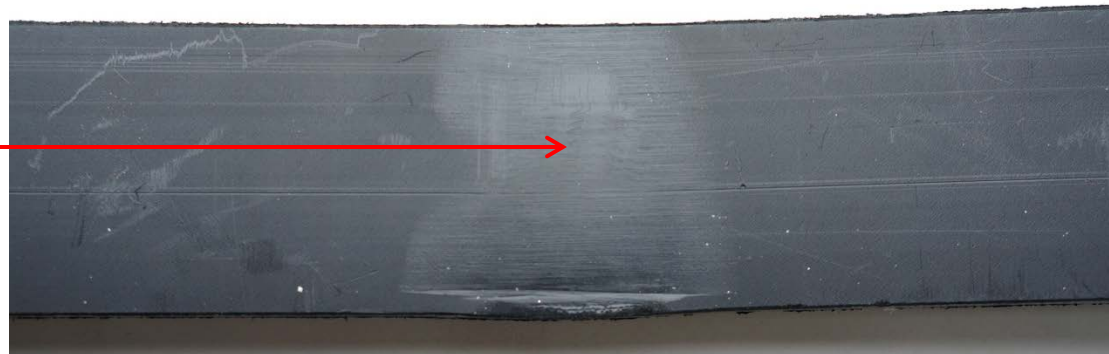
Rundstahlbügel DN 250-1 bei Maximallast ($F_{res,x-z} = 9,3 \text{ kN}$ $F_y = 8 \text{ kN}$)

Rundstahlbügel nach Ausbau
DN 250-1

$$F_{\text{res, x-y, max}} = 9,3 \text{ kN}$$
$$F_{y, \text{max}} = 8,0 \text{ kN}$$



Abdruck in der
Gleitunterlage



6

Zusammenfassung, Fazit

1. Rundstahlbügel DN 100

- Bei einer Vorbelastung von $F_x = 1$ kN und $F_z = 4$ kN kann bei allen drei geprüften Rundstahlbügel DN 100 die geforderte Zusatzbelastung $F_y = 1$ kN in y-Richtung ohne Bruchversagen aufgebracht werden.
- Eine Erhöhung der Kraft in y-Richtung auf bis zu $F_y = 7,6$ kN führt zu einer weiteren überelastischen Beanspruchung der Bügel, ohne dass ein Gewaltbruchversagen eintritt.

2. Rundstahlbügel DN 250

- Bei einer Vorbelastung von $F_x = 1$ kN und $F_z = 8$ kN kann bei beiden geprüften Rundstahlbügel DN 250 die geforderte Zusatzbelastung $F_y = 1$ kN in y-Richtung ohne Bruchversagen aufgebracht werden. Der Bügel erfährt eine Gesamtverformung in y-Richtung von etwa 1 mm.
- Eine Erhöhung der Kraft in y-Richtung auf bis zu $F_y = 8$ kN führt zu einer weiteren überelastischen Beanspruchung der Bügel, ohne dass ein Gewaltbruchversagen eintritt.

- Bei beiden untersuchten Rundstahlbügel DN 100 und DN 250 kann zusätzlich zu der Vorlast in x- und z-Richtung die geforderte Zusatzbelastung in Querrichtung $F_y = 1$ kN ohne Gewaltbruchversagen aufgebracht werden.
- Bei einer Erhöhung der Kraft in Querrichtung auf bis zum nahezu Achtfachen der Mindestanforderung ($F_y \approx 8$ kN) ist die statische Traglast der Bügel immer noch gewährleistet. Die Überlast wird durch eine überelastische Verformung der Bügel aufgenommen, ohne dass ein Gewaltbruchversagen eintritt.