

Inhaltsverzeichnis

Längenbezogene Masse und Stützweiten für Stahlrohr im Anlagenbau (Richtwerte)	18.1
Stützweiten in der Haustechnik für Rohre aus Stahl, Kupfer, Kunststoff (Richtwerte)	18.2
Stützweiten für Kunststoffrohre (Richtwerte nach Herstellerangaben)	18.3
Gewichte je Halterung (Berechnung, Simulation und Sicherheitsbeiwert S)	18.4
Längenänderung von Rohrleitungen und Längenausdehnungskoeffizient	18.5
Mindestlänge für Biegeschenkel L_A bei warmgehenden Leitungen (Richtwerte)	18.6
Festpunktkraft für Rohrleitungen aus Stahl (Näherungswerte)	18.7
Werkstoffkennwerte und Restriktionen für statische Belastung	18.8
Korrosionsschutz	18.9

Quellenangaben

- [1] Wagner, Walter: Rohrleitungstechnik, Vogel-Buchverlag, 10. Auflage, 2008
 [2] Wagner, Walter: Planung im Anlagenbau, Vogel-Buchverlag, 2. Auflage, 2003
 [3] Wagner, Walter: Festigkeitsberechnungen im Apparate und Rohrleitungsbau, Vogel-Buchverlag, 7. Auflage, 2007
 [4] DVS 2210-01: Industrierohrleitungen aus thermoplastischen Kunststoffen
 für weiterführende Hinweise zur Stützweitenbestimmung von Kunststoffrohren

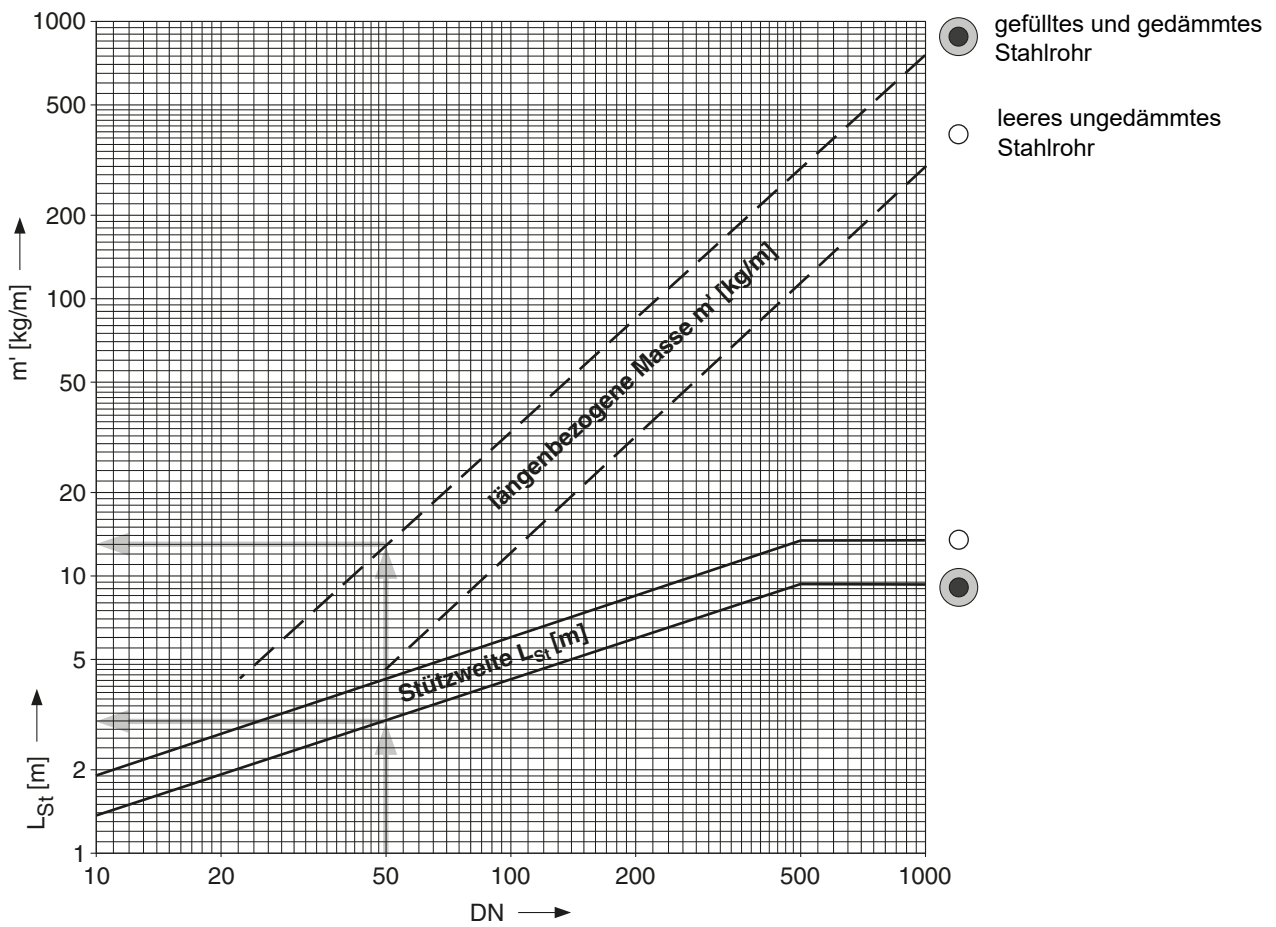
Formelzeichen

C	Werkstoffkonstante	[-]
D_a	Außendurchmesser	[mm]
D_i	Innendurchmesser	[mm]
DN	Nennendurchmesser	[mm]
e	Wanddicke	[mm]
E	Elastizitätsmodul	[kN/mm ²]
FB	Festpunktkraft aus Biegung	[kN]
FF	Federkraft (am Kompensator)	[kN]
FH	hydrostatische Kraft	[kN]
FP	Festpunktkraft (gesamt)	[kN]
FR	Reibungskraft (in Gleitlagern)	[kN]
G	Gewicht	[kN]
G'	längenbezogenes Gewicht	[kN/m]
KM	Korrekturfaktor = f (Medium)	[-]
KR	Korrekturfaktor = f (Rohrreihe)	[-]
L	Länge des Dehnschenkels	[m]
L_A	Länge des Biegeschenkels	[m]
L_{St}	Stützweite der Rohrleitung	[m]
m'	längenbezogene Masse	[kg/m]
p	Innen(über)druck	[bar]
R_e	Streckgrenze	[N/mm ²]
S	Sicherheitsbeiwert	[-]
T	Temperatur	[°C]
β	Längenausdehnungskoeffizient	[mm/(m·K)]

Werkstoffe

A	austenitischer Stahl
Cu	Kupfer
F (Fe)	ferritischer Stahl
HDPE	Polyethylen hoher Dichte
M	martensitischer Stahl
PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
PVC	Polyvinylchlorid
PVDF	Polyvinylidenfluorid
St	Stahl
VA	nichtrostender Stahl

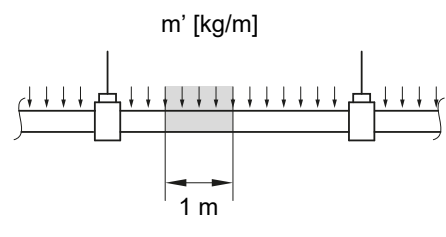
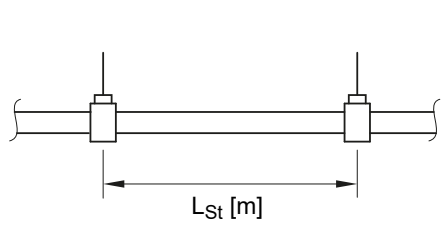
Längenbezogene Masse und Stützweiten für Stahlrohr im Anlagenbau (Richtwerte)



Beispiel:
Stahlrohr DN 50 mit Isolierung (100 %)

Stützweite (Richtwert) $L_{St} \approx 3 \text{ m}$

Längenbezogene Masse $m' \approx 13 \text{ kg/m}$



Anmerkungen

- (1) Die angegebenen Richtwerte gelten für Stahlrohre mit Normalwanddicke und Mediumtemperatur bis 400°C. Bei größeren Wanddicken nimmt die längenbezogene Masse zu. Bei kleineren Wanddicken (häufig im VA-Bereich) nimmt die zulässige Stützweite ab.
- (2) Die Zulässigkeit einer gewählten Stützweite ist durch eine Elastizitätsanalyse begründet. Bei Überschreitung der angegebenen Richtwerte und/oder besonderen Randbedingungen (z.B. hohe Temperatur, Schwingungseinfluss o.ä.) ist ein gesonderter ingenieurtechnischer Nachweis inkl. Elastizitätsanalyse erforderlich.

Quellenangaben

Wagner, Walter: Rohrleitungstechnik, Vogel-Buchverlag, 10. Auflage, 2008;
DIN EN 13480-3: Metallische industrielle Rohrleitungen, 2002

Stützweiten in der Haustechnik für Rohre aus Stahl, Kupfer, Kunststoff (Richtwerte)

Nennweite [DN]	Nennweite [Zoll]	Außen-Ø [mm]	SIKLA - Empfehlungen Rohre wassergefüllt mit Isolierung ¹⁾			DIN 1988-2 (zurückgezogen) Rohre wassergefüllt			
			Stahlrohr EN 10220 DIN 2448 DIN 2458	Stahlrohr EN 10255 DIN 2440	Cu-Rohr EN 1057 DIN 1786	Stahlrohr EN 10255 DIN 2440	Cu-Rohr EN 1057 DIN 1786	PVC-Rohr	
								bei 20°C	bei 40°C
		12,0			1,00		1,25		
10		13,5	1,00						
		15,0			1,10		1,25		
		16,0						0,80	0,50
10	3/8"	17,2		1,20		2,25			
		18,0			1,20		1,50		
15		20,0	1,20					0,90	0,60
15	1/2"	21,3		1,50		2,75			
		22,0			1,30		2,00		
20		25,0	1,40					0,95	0,65
20	3/4"	26,9		2,00		3,00			
		28,0			1,50		2,25		
25		30,0	1,80						
		32,0						1,05	0,70
25	1"	33,7		2,50		3,50			
		35,0			1,60		2,75		
32		38,0	2,20						
		40,0						1,05	0,70
		42,0			1,80		3,00		
32	1 1/4"	42,4		2,90		3,75			
40		44,5	2,40						
40	1 1/2"	48,3		3,30		4,25			
		50,0						1,40	1,10
		54,0			2,00		3,50		
50		57,0	3,10						
50	2"	60,3		4,00		4,75			
		63,0						1,50	1,20
		64,0					4,00		
		75,0						1,65	1,35
65		76,1	3,30				4,25		
65	2 1/2"	76,1		4,75		5,50			
80		88,9	4,20				4,75		
80	3"	88,9		5,25		6,00			
		90,0						1,80	1,50
100		108,0	4,50				5,00		
100	4"	114,3		5,80		6,00			
		110,0						2,00	1,70
125		133,0	5,10				5,00		
125	5"	139,7		6,50		6,00			
		140,0						2,25	1,95
150		159,0	5,80				5,00		
		160,0						2,40	2,10
150	6"	168,3		7,20					
200	8"	219,1	7,80						

¹⁾ 100 % - Isolierung mit 100 kg/m³ und 1 mm Stahlblechmantel für Rohre in Normalwanddicke

Stützweiten für Kunststoffrohre (Richtwerte nach Herstellerangaben)

Rohrleitungen aus PVC - hart

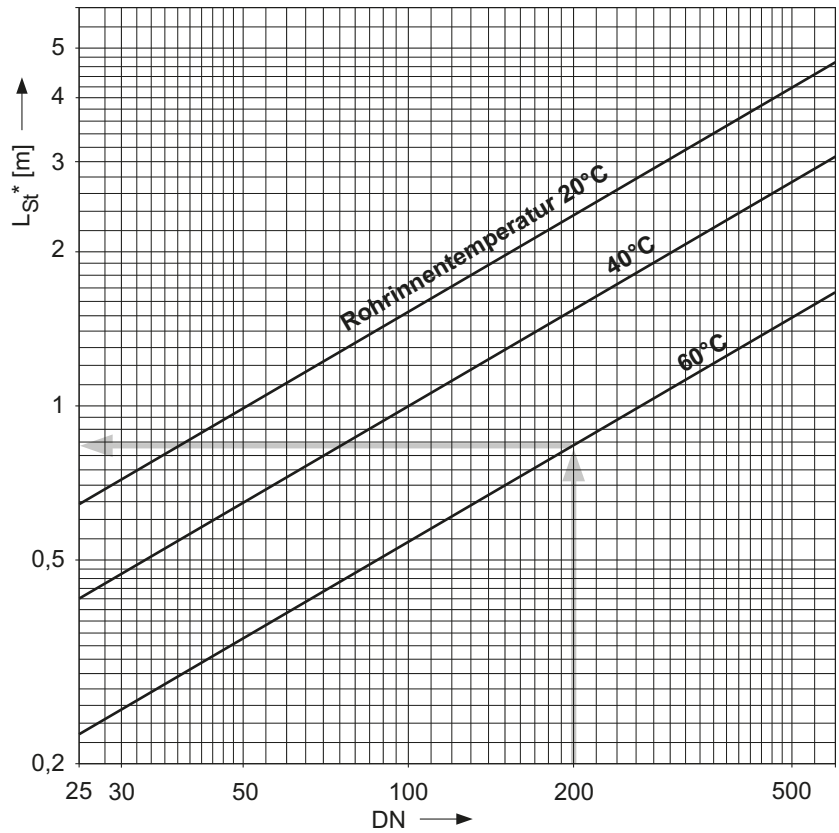
Medium	KM
Gas	1,3
$1 < \text{Dichte [g/cm}^3] \leq 1,8$	0,8

Rohrreihe DIN 8062	KR
1	1,0
2	1,3
3	1,6
4	1,8
5	2,0
6	2,3

$$L_{St} = L_{St}^* \cdot KM \cdot KR$$

Beispiel:
DN 200; T = 60°C; Gas; Rohrreihe 5

$$L_{St} = 0,83 \text{ m} \cdot 1,3 \cdot 2,0 \approx 2,1 \text{ m}$$



Rohrleitungen aus HDPE oder PP

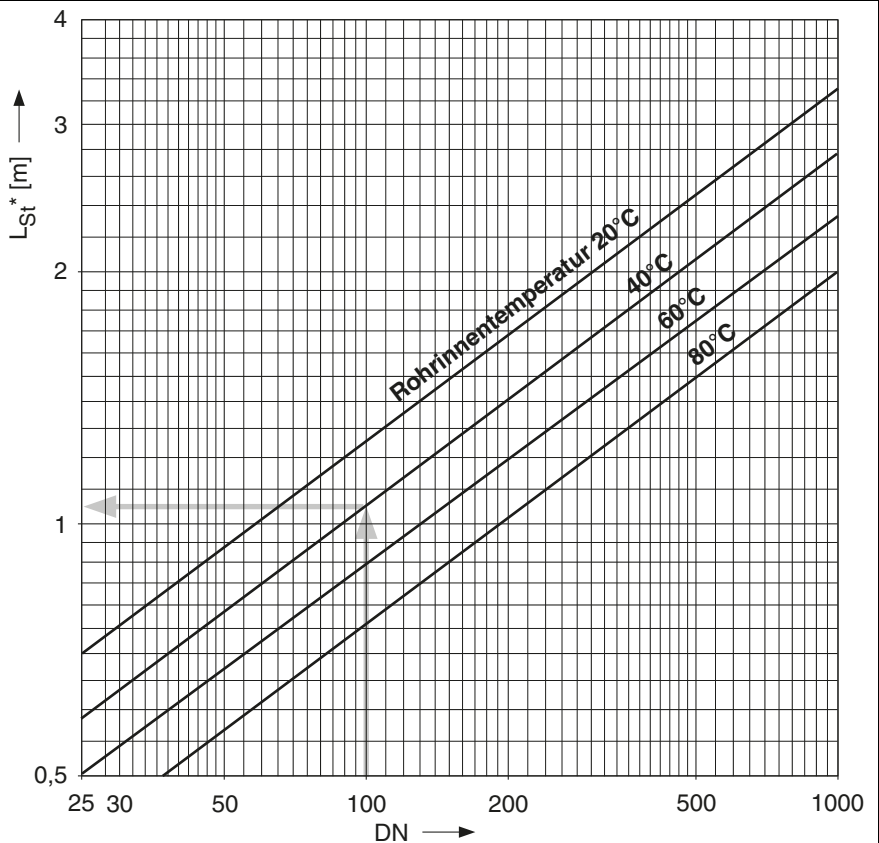
Medium	KM
Gas	1,3
$1 < \text{Dichte [g/cm}^3] \leq 1,8$	0,8

Rohrreihe	KR	
	HDPE	PP
1 und 2	1,0	1,1
3	1,1	1,45
4	1,25	1,65
5	1,45	

$$L_{St} = L_{St}^* \cdot KM \cdot KR$$

Beispiel:
HDPE; DN 100; T = 40°C; Schüttgut;
Rohrreihe 3

$$L_{St} = 1,05 \text{ m} \cdot 0,8 \cdot 1,1 \approx 0,9 \text{ m}$$



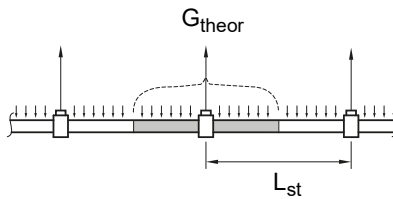
Gewichte je Halterung (Berechnung, Simulation und Sicherheitsbeiwert S)

Theorie

$$G_{\text{theor}} = G' \cdot L_{\text{st}}$$

Beispiel:

$D_a = 168,3 \text{ mm}$, DIN 2448, $L_{\text{st}} = 4 \text{ m}$
 $m' = 38 \text{ kg/m} \approx 0,38 \text{ kN/m} = G'$
 $G_{\text{theor}} = 0,38 \text{ kN/m} \cdot 4 \text{ m} \approx 1,5 \text{ kN}$



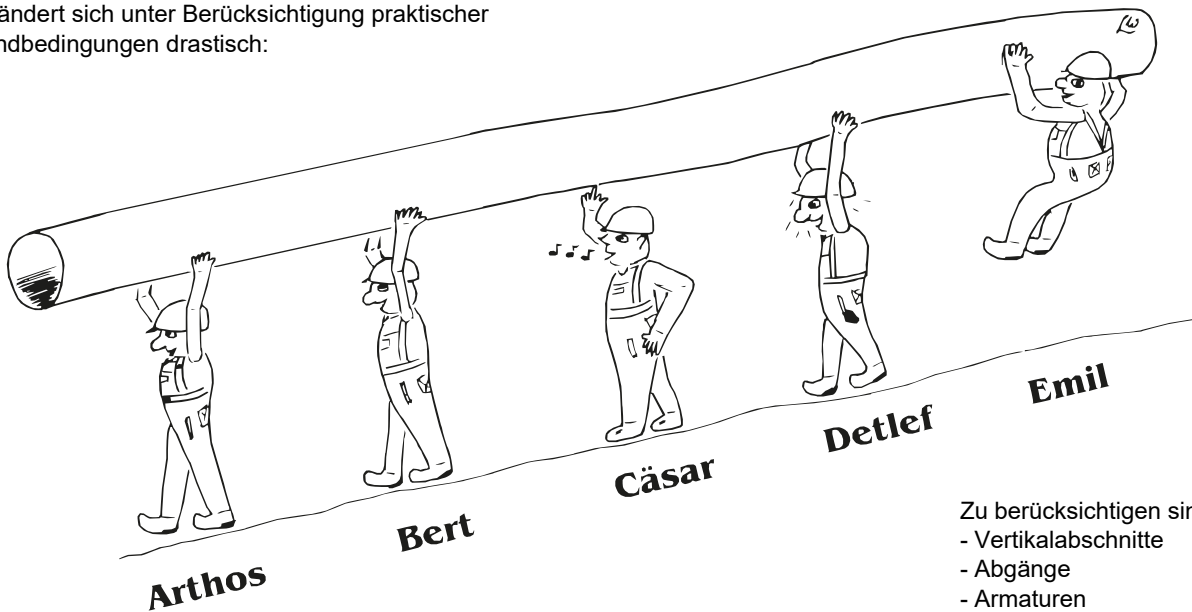
Erläuterung:

Zur statischen Dimensionierung einer Rohrhalterung ist das von der Rohrschelle aufzunehmende Gewicht zu ermitteln.

Die Länge der theoretisch zugeordneten Rohrabschnitte entspricht dabei der Stützweite L_{st} .

Praxis

Die theoretische Belastungsverteilung am Durchlaufträger (Belastungsfall 1) verändert sich unter Berücksichtigung praktischer Randbedingungen drastisch:



Zu berücksichtigen sind:

- Vertikalabschnitte
- Abgänge
- Armaturen
- Isoliergewicht
- Montagebesonderheiten.

Belastungsfall	Belastung je "Halter" (kN)					max. "Übergewicht"	Bewertung
	Arthos	Bert	Cäsar	Detlef	Emil		
1) alle 5 Halter tragen	1,6	1,4	1,5	1,4	1,6	7 %	Theorie
2) Cäsar pfeift, 4 Halter tragen	1,3	2,5	-	2,5	1,3	67 %	Normalfall
3) Cäsar pfeift + Emil freut sich	1,7	1,2	-	4,6	-	207 %	Extremfall

In der Praxis sollte deshalb bei der Auslegung ein Sicherheitsbeiwert S berücksichtigt werden. Ausgehend von den Simulationsbetrachtungen wird S je nach Einsatzfall mit $S = 1,5 \dots 2,5$ zu bemessen sein.

$$G_{\text{prakt}} = G' \cdot L_{\text{st}} \cdot S$$

Beispiel:

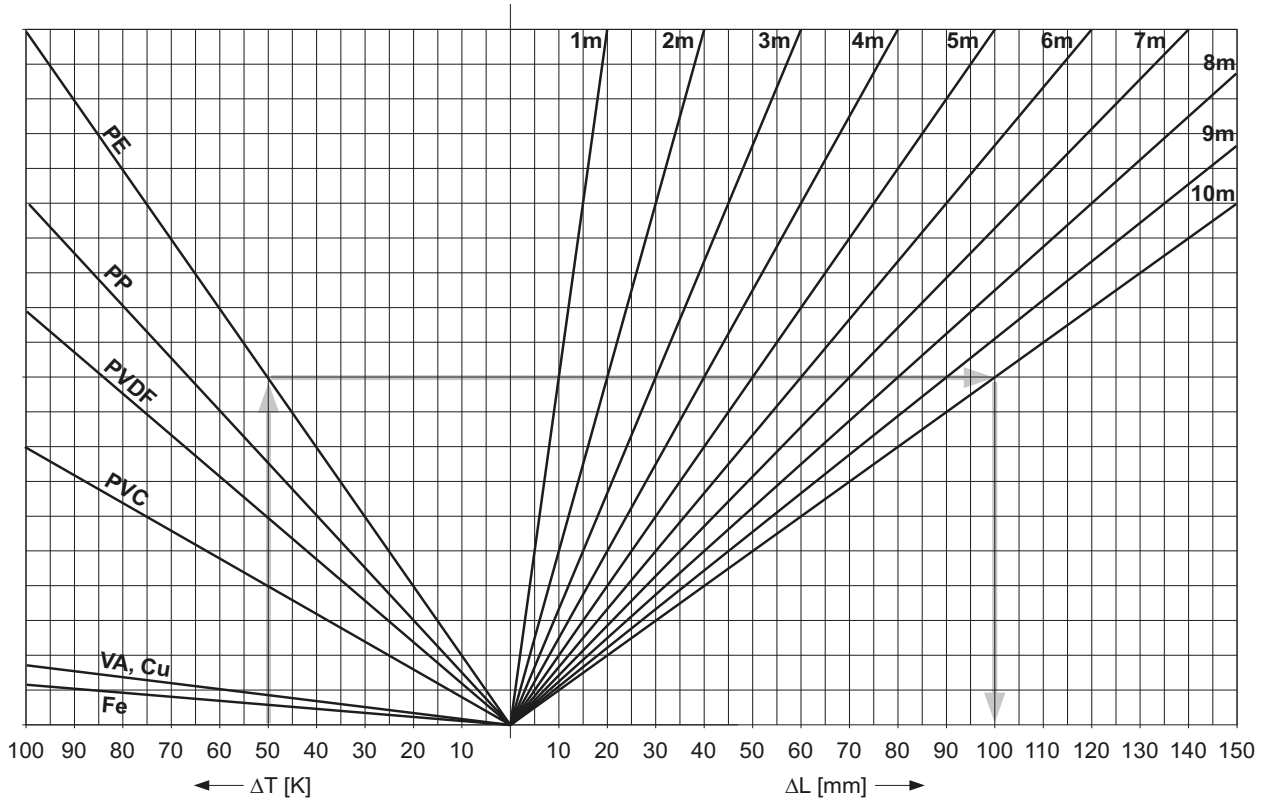
$D_a = 168,3 \text{ mm}$, DIN 2448
 $L_{\text{st}} = 4 \text{ m}$, $G' = 0,38 \text{ kN/m}$
 $S = 2,0$
 $G_{\text{prakt}} = 0,38 \text{ kN/m} \cdot 4 \text{ m} \cdot 2 \approx 3 \text{ kN}$

Hinweis:

- Nach EN 13480 sind bei Lastkonzentrationen (Ventile, senkrechte Leitungsabschnitte u.a.) zusätzliche Abstützungen vorzusehen.

Längenänderung von Rohrleitungen und Längenausdehnungskoeffizient

Grafische Bestimmung der Längenänderung



$$\Delta T = T_{\text{Betrieb}} - T_{\text{Einbau}}$$

Beispiel:
PE-Rohr; $L = 10 \text{ m}$; $T_{\text{Betrieb}} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$; $T_{\text{Einbau}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\Delta T = 70 \text{ }^\circ\text{C} - 20 \text{ }^\circ\text{C} = 50 \text{ K}$$

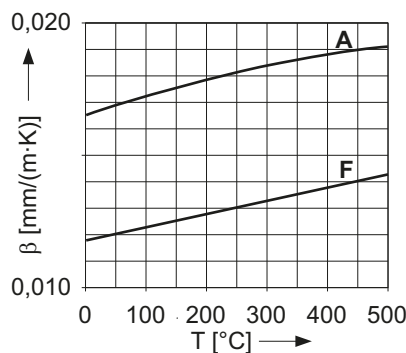
grafische Bestimmung:
 $\Delta T = 50 \text{ K} \rightarrow \text{PE} \rightarrow L = 10 \text{ m} \rightarrow \Delta L = 100 \text{ mm}$

$$\Delta L = L \cdot \beta \cdot \Delta T$$

rechnerische Lösung:
 $\Delta L = 10 \text{ m} \cdot 0,2 \frac{\text{mm}}{\text{m} \cdot \text{K}} \cdot 50 \text{ K} = 100 \text{ mm}$

Längenausdehnungskoeffizient

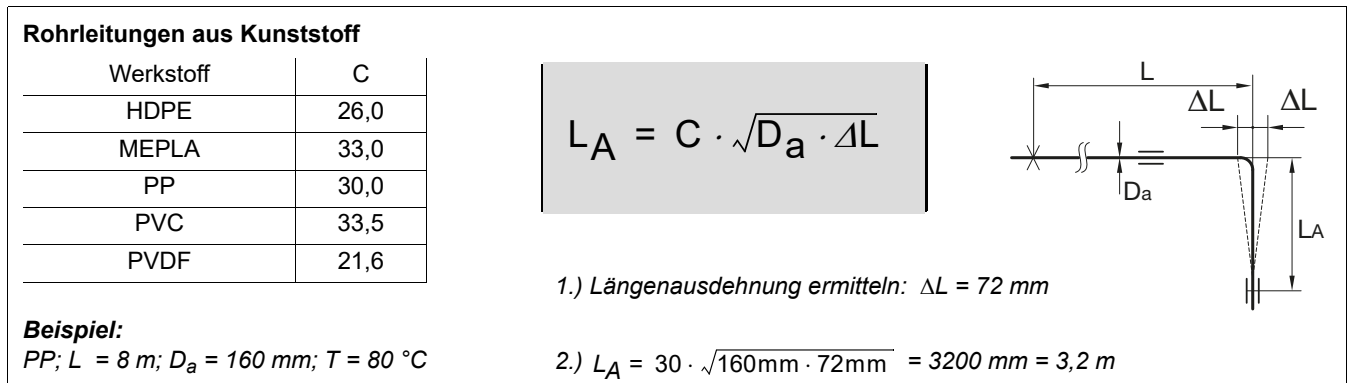
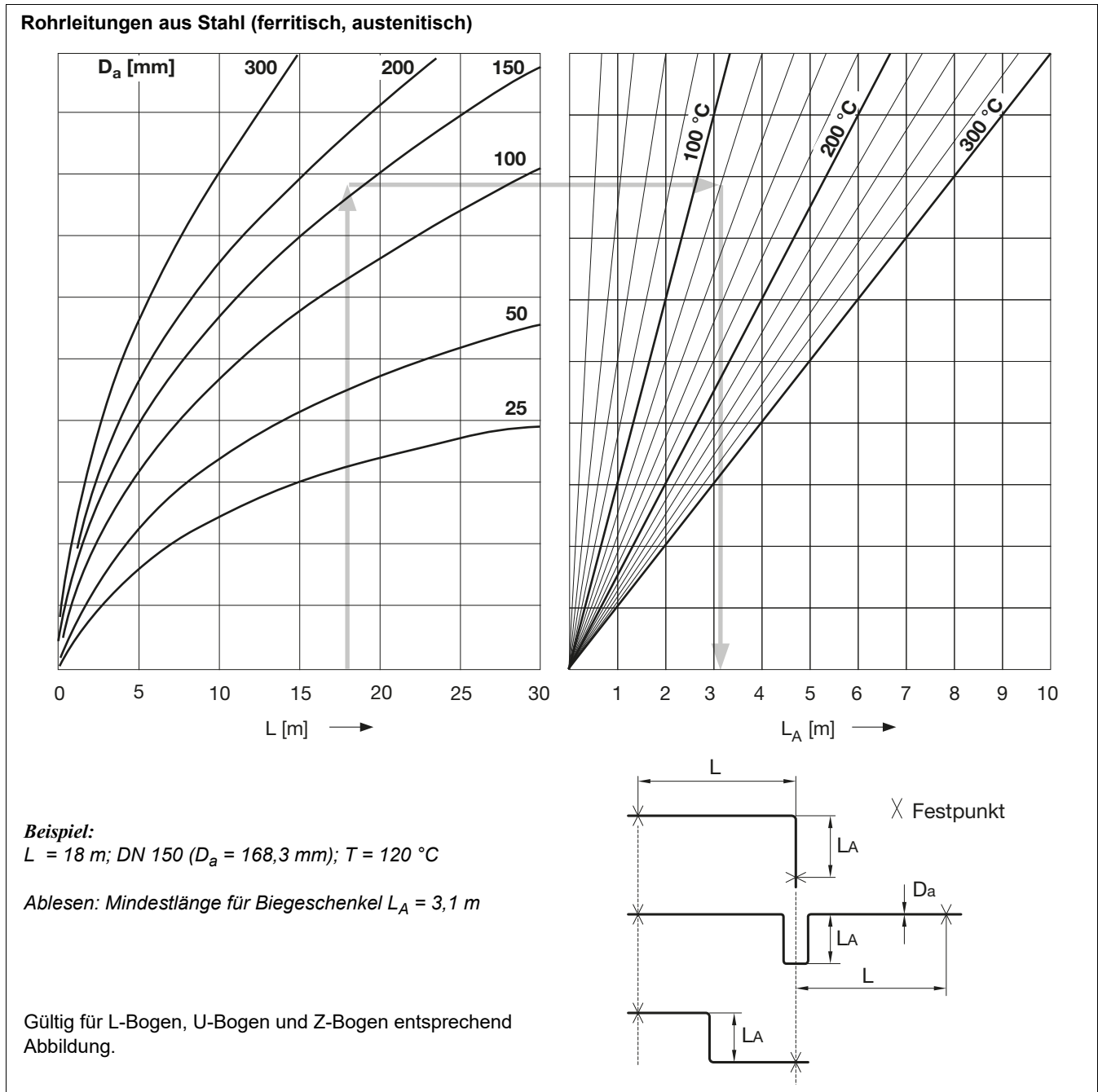
Material	β [mm/(m·K)]
HDPE, PE	0,200
PB, PP	0,150
PVDF	0,12 ... 0,18
PVC	0,080
A = Stahl (VA), Cu	0,017
F = Stahl (ferr.)	0,012



Hinweis:

► Mit steigender Temperatur steigt der Längenausdehnungskoeffizient weiter an. Für Berechnungen ab $200 \text{ }^\circ\text{C}$ ist deshalb die rechnerische Lösung mit integrelem Längenausdehnungskoeffizienten anzuwenden.

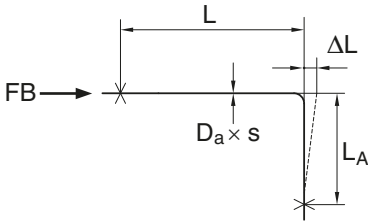
Mindestlänge für Biegeschenkel L_A bei warmgehenden Leitungen (Richtwerte)



Festpunktkraft für Rohrleitungen aus Stahl (Näherungswerte)

Festpunktkraft aus Biegung (Rohrausdehnung bewegt den Biegeschenkel)

$$FB = \frac{\Delta L}{10 \text{ mm}} \cdot FB_{10}$$



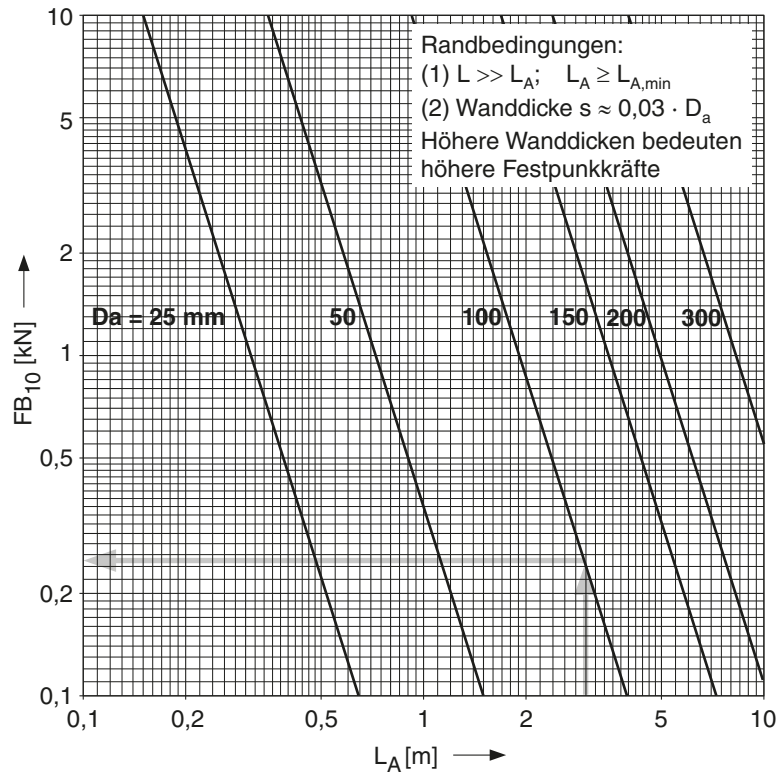
Beispiel:
 Stahlrohr DIN 2458, $L = 15 \text{ m}$
 $L_A = 3 \text{ m}$; $D_a = 101,6 \text{ mm}$; $T = 120^\circ\text{C}$

$\rightarrow \Delta T = 100 \text{ K} \rightarrow \Delta L = 18 \text{ mm}$

$$FB = \frac{18 \text{ mm}}{10 \text{ mm}} \cdot 0,25 \text{ kN} = 0,45 \text{ kN}$$

Anmerkung:

Die Festpunktkraft FP ist größer als FB, da die Reibungskräfte der Gleitlager zu addieren sind: $FP = FB + FR$



Festpunktkraft bei Axialkompensatoren

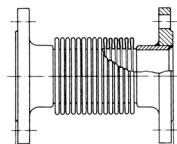
$$FP = FH + FF + FR$$

Beispiel:
 Axialkompensator DN 100; $p = 16 \text{ bar}$
 \rightarrow hydrostatische Kraft $FH \approx 15 \text{ kN}$

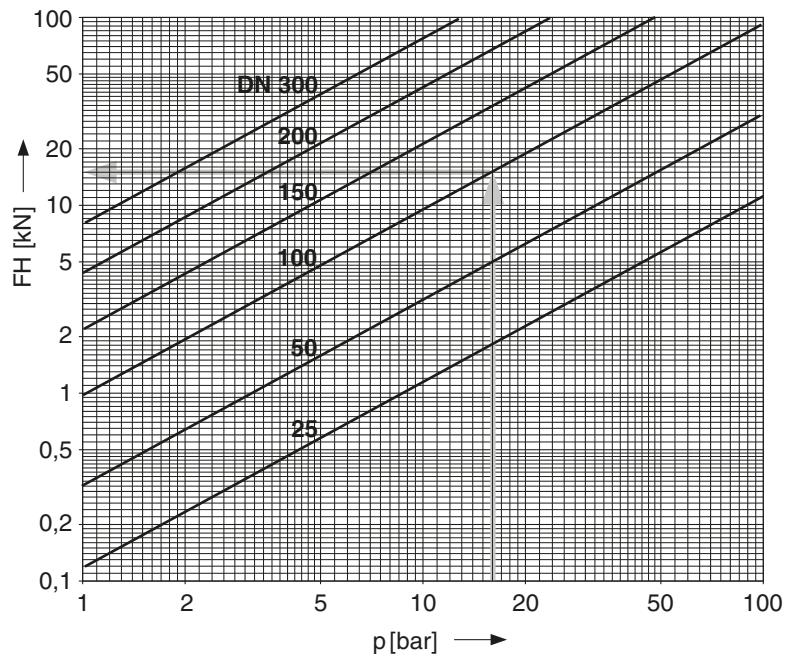
Anmerkung:

FH bildet in der Regel den Hauptanteil an der Festpunktkraft. Die gesamte Festpunktkraft FP ist jedoch größer, da die Federkraft des Kompensators (FF) und die Reibungskräfte der Gleitlager (FR) zu addieren sind.

Ausführungsform eines Axialkompensators mit Flansch.

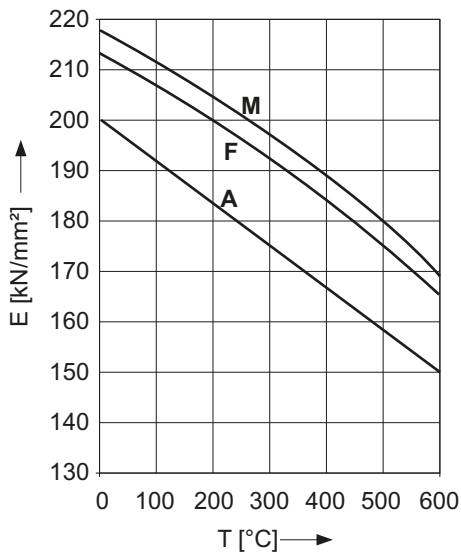


Für eine exakte Berechnung der hydrostatischen Kraft FH ist der Balgquerschnitt nach Herstellerangabe zu beachten. Auf Basis Nenndurchmesser DN sind aus dem Diagramm Näherungswerte ableitbar.



Werkstoffkennwerte und Restriktionen für statische Belastung

Werkstoffkennwerte



Werkstoff	Streckgrenze Re [N/mm²] bei					Temperatur [°C]			
	50	200	250	300	350	400	450	500	
S235JR (St 37)	235	161	143	122	-	-	-	-	
1.4301	177	127	118	110	104	98	95	92	
1.4401	196	147	137	127	120	115	112	110	
1.4571	202	167	157	145	140	135	131	129	

M = martensitisch
 F = ferritisch
 A = austenitisch

Die Streckgrenzwerte für S235JR gelten für Wanddicken bis 16 mm, lt. AD 2000 MB W1.

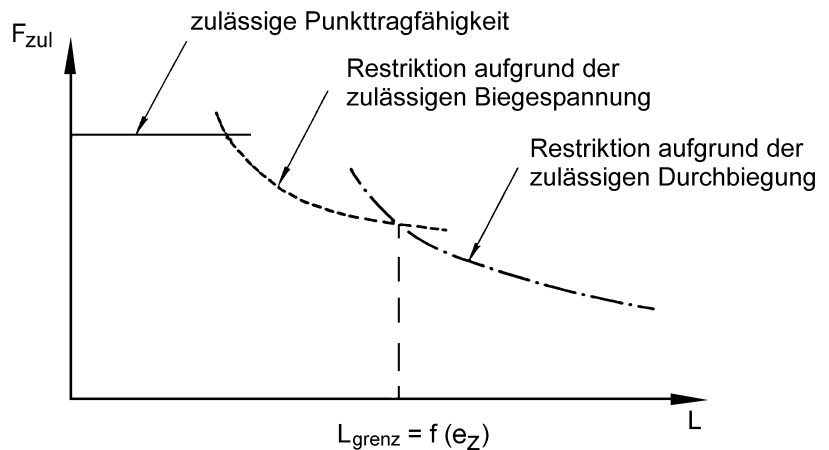
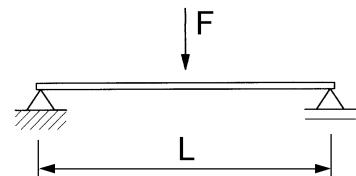
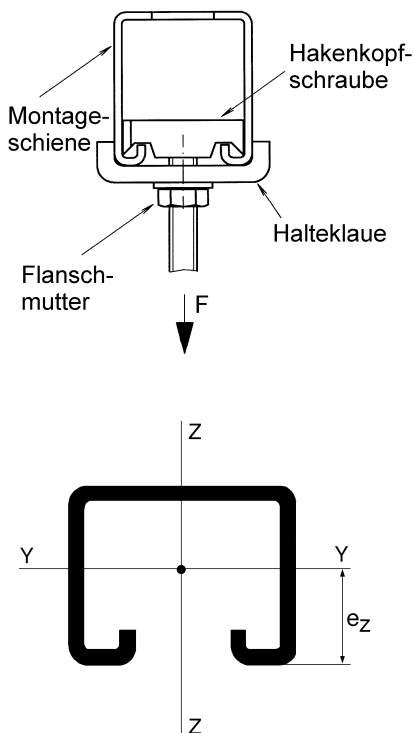
Achtung!

► Da die Festigkeitseigenschaften von Stahl bei höheren Temperaturen deutlich abnehmen, müssen die abgeminderten Werte bei Berechnungen unbedingt beachtet werden. Zwischenwerte sind linear zu interpolieren.

Anmerkung:

Die angegebenen Werte für Re sind Werkstoffkennwerte. Sicherheitsfaktoren sind zusätzlich zu berücksichtigen. Für feuerverzinkte Produkte liegt die Temperaturobergrenze bei 250 °C. S235JR (St 37) sollte über 300 °C nicht mehr eingesetzt werden. Bei besonders hohen Temperaturen ist bei der Werkstoffauswahl die Zeitstandfestigkeit zu berücksichtigen.

Restriktionen zur Dimensionierung einer Traverse

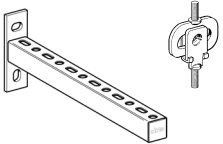
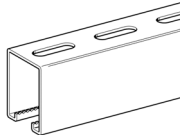
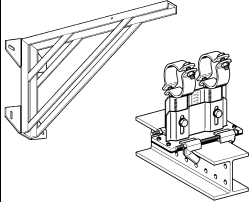
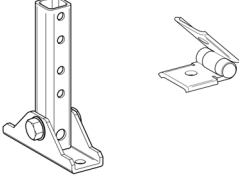


Korrosionsschutz

1. Korrosivitätskategorie nach DIN EN ISO 12944-2

Korrosivitäts-kategorie	Korrosions-belastung	Außenbereich (typische Beispiele)	Innenbereich (typische Beispiele)
C1	unbedeutend	unzutreffend für Mitteleuropa (im Freien mindestens C 2, d.h. geringe Anforderungen)	geheizte Gebäude mit neutralen Atmosphären, z. B. Büros, Läden, Schulen, Hotels
C2	gering	Atmosphären mit geringer Verunreinigung; meist ländliche Bereiche	ungeheizte Gebäude, wo Kondensation auftreten kann, z. B. Lager, Sporthallen.
C3	mäßig	Stadt- und Industriatmosphäre, mäßige Verunreinigungen durch Schwefeldioxid; Küstenbereiche mit geringer Salzbelastung	Produktionsräume mit hoher Feuchte und etwas Luftverunreinigung, z. B. Anlagen zur Lebensmittelherstellung, Wäschereien, Brauereien, Molkereien
C4	stark	industrielle Bereiche und Küstenbereiche mit mäßiger Salzbelastung	Chemieanlagen, Schwimmbäder, Bootsschuppen über Meerwasser
C5-I (Industrie)	sehr stark	industrielle Bereiche mit hoher Feuchte und aggressiver Atmosphäre	Gebäude oder Bereiche mit nahezu ständiger Kondensation und mit starker Verunreinigung
C5-M (Meer)	sehr stark	Küsten- und Offshorebereiche mit hoher Salzbelastung	Gebäude oder Bereiche mit nahezu ständiger Kondensation und mit starker Verunreinigung

2. Verfahrensauswahl in Abhängigkeit von Korrosivitätskategorie und vorgesehener Nutzungsdauer

HCP = High Corrosion Protection = HCP Beständigkeit mind. wie beim Schmelztauchverzinken				
Verfahren	galv. Verzinken	Feuerverzinken		Zinklamellenbeschichtung
Medium	elektrolytische Übertragung von Zinkionen	mittels Temperatur ($\geq 450\text{ °C}$): Eintauchen in flüssiges Zink		anorganischer Überzug aus Zink- und Alu-Lamellen
Ablauf	Galvanisieren, diskontinuierlich, Einhängen	Bandverzinken , kontinuierlich, Sendzimirverfahren	Stückverzinken , diskontinuierlich, Eintauchen (tZn)	Beschichten und Einbrennen bei ca. 200 °C
Normen	DIN 50961	DIN EN 10346	DIN EN ISO 1461 (Großteile), DIN EN ISO 10684 (Verbindungselemente)	DIN EN 13858 (Großteile), DIN EN ISO 10683 (Verbindungselemente)
Schichtdicke (Richtwerte)	Blechteile 8 ... 12 µm Norm- und Gewindeteile: 5 ... 8 µm	schmelztauchveredeltes Stahlband ca. 15 µm	Kleinteile 55 µm, Großteile 70 µm, Verbindungselemente $\geq M8$ ca. 40 µm	höchster Korrosionsschutz, bis zu mehr als 1200 h Beständigkeit im Salzsprühnebeltest *) lt. MPA-Prüfbericht 901 2659 000.
Beispiele				

*) Salzsprühnebeltest nach DIN EN ISO 9227

Bei außergewöhnlicher Korrosionsbelastung empfehlen wir zusätzlich zum HCP-Programm:

- ◆ **KTL-Beschichtung** - kratzfest, beständig gegen Schlag und Salzwasser
- ◆ **Pulver-Beschichtung** - chemikalien- und witterungsbeständig, RAL-Farbpalette oder
- ◆ unser abgestimmtes Sortiment in rostfreiem Edelstahl **V4A**.

Sprechen Sie uns an - wir beraten Sie.



