

## Eingriffsfreie Massen- und Volumenstrommessung von Satttdampf mit Ultraschall

### Merkmale

- Eingriffsfreie Messung von Satttdampf bis 180 °C ohne Fluidkontakt, kein Auftrennen des Rohrs
- Temperaturkompensierte Massenstromberechnung über Satttdampfkurve möglich
- Sehr hohe Messdynamik von 0.01...60 m/s – keine Rohrreduzierung notwendig
- Kosteneffizient durch Inbetriebnahme im laufenden Betrieb und ohne Druck-/Energieverlust im Dampfnetz
- Drift- und wartungsfrei, da kein Verschleiß
- Kompakte Sensoren – einfach zu isolieren – kein Energieverlust an der Messstelle
- Smart Meter/IoT ready durch Ethernet-Schnittstelle mit entsprechenden IP-Datenprotokollen (z.B. Modbus TCP)
- Umfangreiche Begleitsoftware für Parametrierung, Fernsteuerung, Protokollierung und automatische Zustandsdiagnose (FluxDiagReader, FluxDiag, Advanced Meter Verification)

### Applikationen

Für folgende Messaufgaben in Pharma- und Lebensmittelindustrie, produzierender Industrie, Gebäudetechnik und Krankenhäusern:

- Energiemanagement und Energieeffizienz
- Mengenbilanzierung und Kostenverteilung
- Verbrauchsmessung
- Prozessoptimierung/Kesseloptimierung

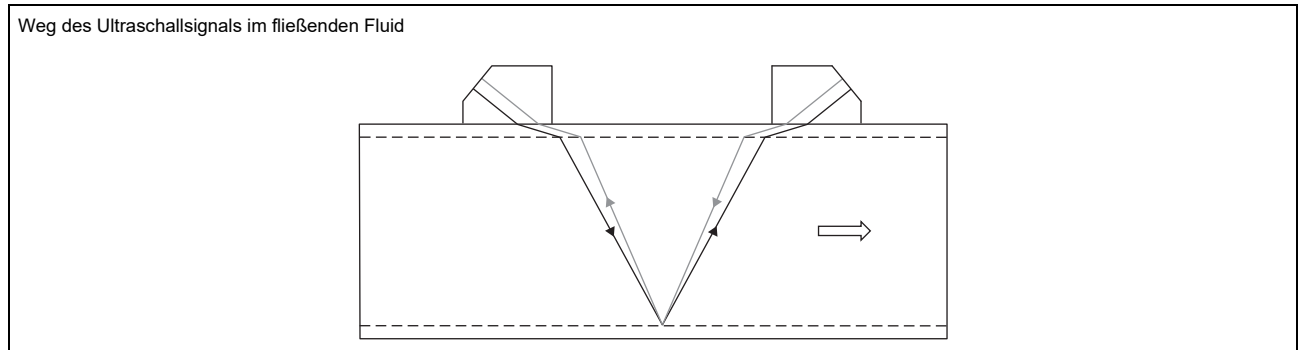


<b>Funktion</b> .....	3
Messprinzip .....	3
Berechnung des Volumenstroms .....	3
Berechnung des Massenstroms .....	4
Anzahl der Schallwege .....	4
Typische Messanordnung .....	5
<b>Messumformer</b> .....	6
Technische Daten .....	6
Sättigungsdampfdruckkurve .....	7
Abmessungen .....	8
2"-Rohrmontagesatz (Option) .....	8
Lagerung .....	8
Klemmenbelegung .....	9
<b>Sensoren</b> .....	10
Sensorauswahl .....	10
Technische Daten .....	11
<b>Sensorbefestigung</b> .....	12
<b>Koppelmittel für Sensoren</b> .....	12
<b>Dämpfungsanstrich</b> .....	13
<b>Anschlussysteme</b> .....	14
<b>Klemmgehäuse</b> .....	15
Technische Daten .....	15
Abmessungen .....	15
2"-Rohrmontagesatz .....	16
<b>Clamp-on-Temperaturfühler (Option)</b> .....	17
Technische Daten .....	17
Befestigung .....	18
Klemmgehäuse .....	19

## Funktion

### Messprinzip

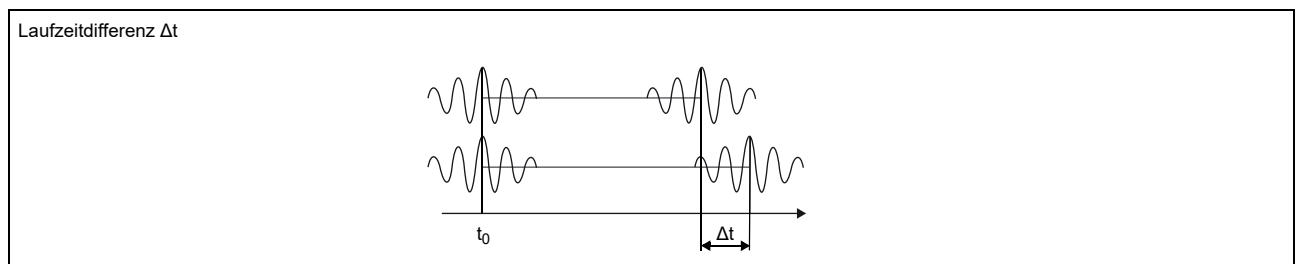
Ultraschallsensoren sind auf einem Rohr montiert, das vollständig mit dem Fluid gefüllt ist. Ultraschallsignale werden abwechselnd von einem Sensor ausgesendet und vom anderen Sensor empfangen. Die Messgrößen werden aus den Laufzeiten der Ultraschallsignale ermittelt.



Da das Fluid, in dem sich der Ultraschall ausbreitet, fließt, ist die Laufzeit des Ultraschallsignals in Flussrichtung kürzer als entgegen der Flussrichtung.

Die Laufzeitdifferenz  $\Delta t$  wird gemessen und erlaubt die Bestimmung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit auf dem von Ultraschallsignalen durchlaufenen Pfad. Durch eine Profilkorrektur kann das Flächenmittel der Strömungsgeschwindigkeit errechnet werden, das proportional zum Volumenstrom ist.

Der gesamte Messzyklus wird durch die integrierten Mikroprozessoren gesteuert. Die empfangenen Ultraschallsignale werden auf Verwendbarkeit für die Messung geprüft und ihre Verlässlichkeit bewertet. Störsignale werden eliminiert.



### Berechnung des Volumenstroms

$$\dot{V} = k_{Re} \cdot A \cdot k_a \cdot \frac{\Delta t}{2 \cdot t_{\gamma}}$$

mit

- $\dot{V}$  - Volumenstrom
- $k_{Re}$  - strömungsmechanischer Kalibrierfaktor
- $A$  - Rohrquerschnittsfläche
- $k_a$  - akustischer Kalibrierfaktor
- $\Delta t$  - Laufzeitdifferenz
- $t_{\gamma}$  - Mittelwert der Laufzeiten im Fluid

### Berechnung des Massenstroms

Der Massenstrom wird aus der Betriebsdichte und dem Volumenstrom berechnet:

$$\dot{m} = \rho \cdot \dot{V}$$

Die Betriebsdichte des Fluids wird als Funktion des Drucks und der Temperatur des Fluids berechnet:

$$\rho = f(p, T)$$

mit

- $\rho$  - Betriebsdichte
- $p$  - Fluiddruck
- $T$  - Fluidtemperatur
- $\dot{m}$  - Massenstrom
- $\dot{V}$  - Volumenstrom

Die temperaturkompensierte Massenstromberechnung über die Sattdampfkurve ist möglich.

### Anzahl der Schallwege

Die Anzahl der Schallwege ist die Anzahl der Durchläufe des Ultraschallsignals durch das Fluid im Rohr. Abhängig von der Anzahl der Schallwege gibt es die folgenden Montagearten:

• **Reflexanordnung**

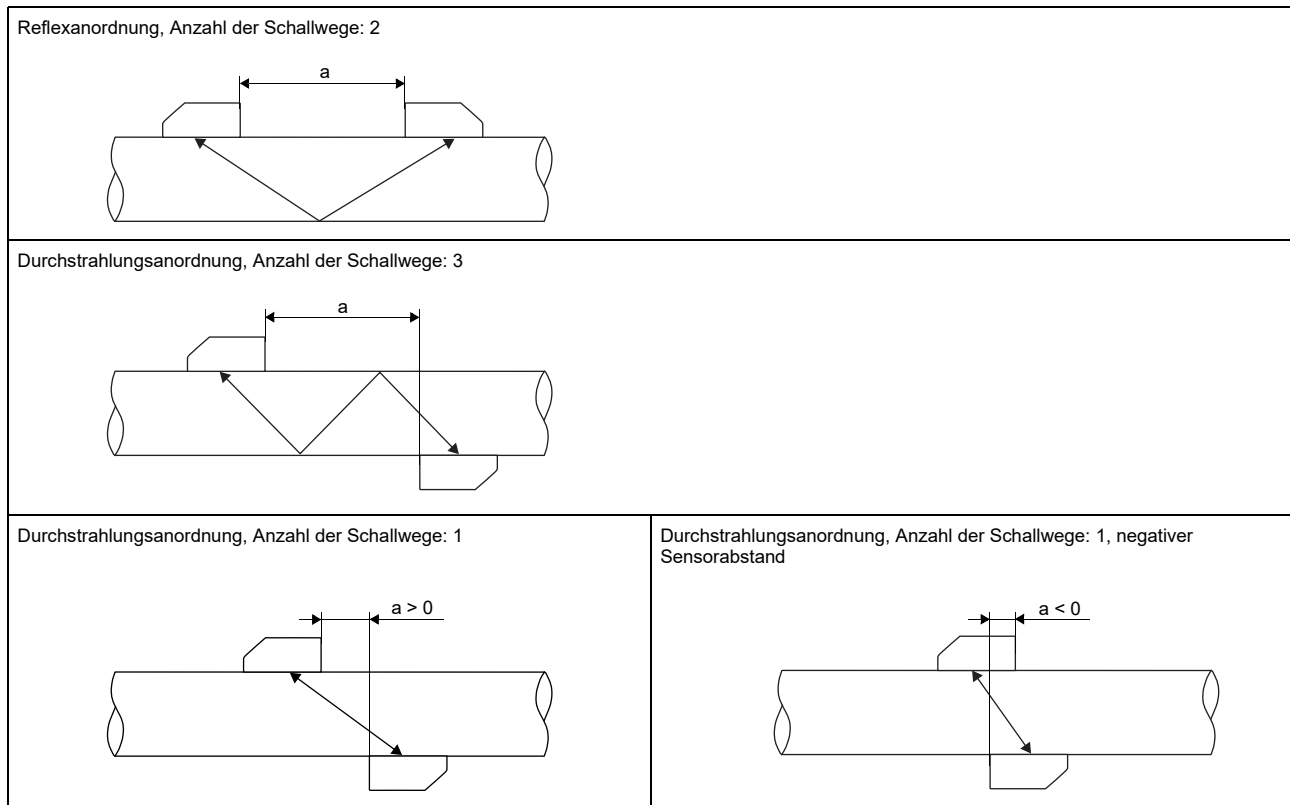
Die Anzahl der Schallwege ist gerade. Die Sensoren werden auf derselben Seite des Rohrs montiert. Eine korrekte Positionierung der Sensoren ist einfach zu realisieren.

• **Durchstrahlungsanordnung**

Die Anzahl der Schallwege ist ungerade. Die Sensoren werden auf gegenüberliegenden Seiten des Rohrs montiert. Im Fall einer hohen Signaldämpfung durch Fluid, Rohr oder Beläge wird die Durchstrahlungsanordnung mit 1 Schallweg verwendet.

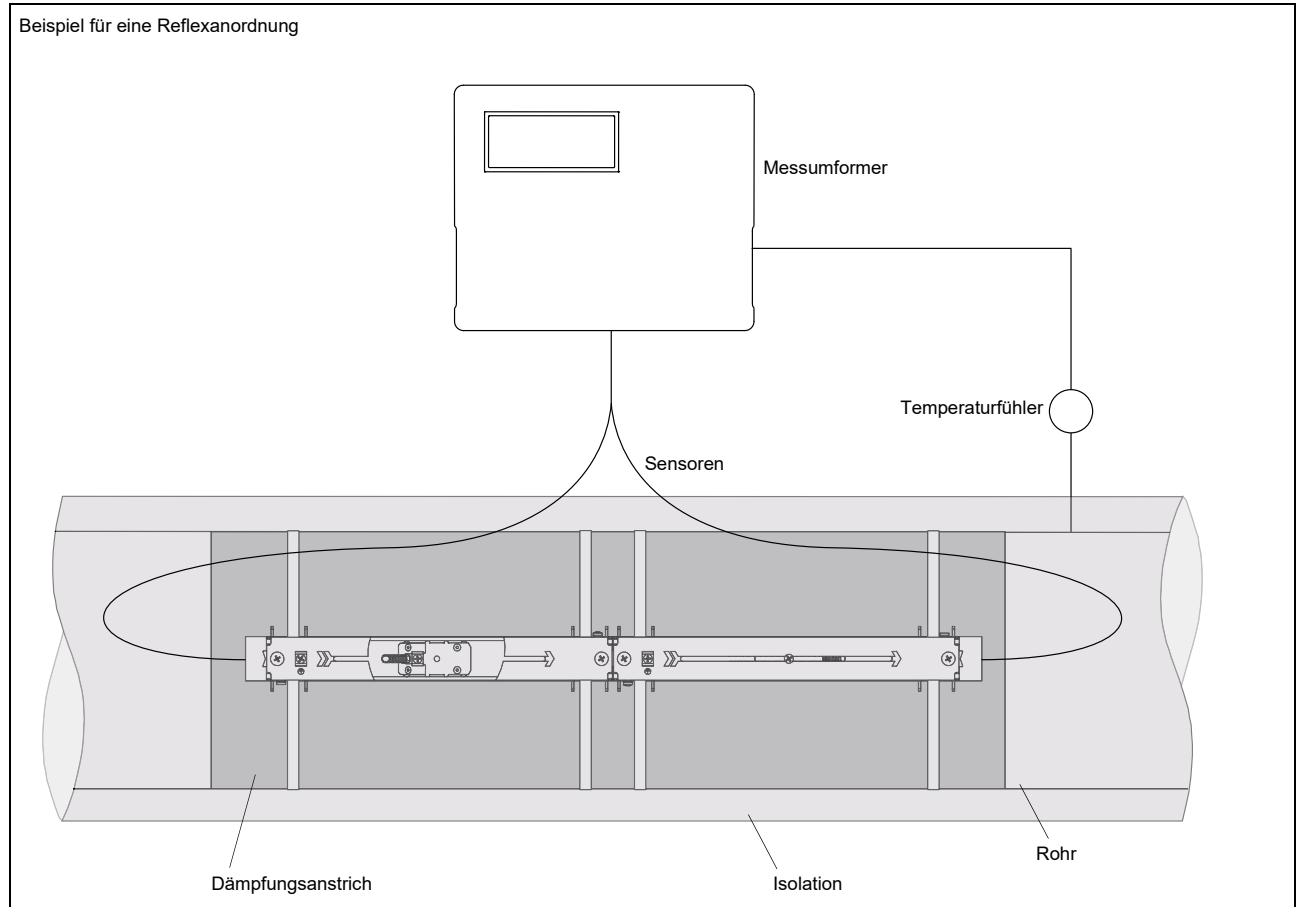
Die gewählte Montageart hängt von der Applikation ab. Wenn die Anzahl der Schallwege erhöht wird, nimmt die Genauigkeit der Messung zu, aber die Signaldämpfung steigt. Die optimale Anzahl der Schallwege für die Parameter der Applikation wird vom Messumformer automatisch ermittelt.

Die Sensoren können mit der Sensorbefestigung in Reflex- und Durchstrahlungsanordnung am Rohr befestigt werden. Somit kann die Anzahl der Schallwege optimal auf die Applikation eingestellt werden.




a - Sensorabstand

## Typische Messanordnung



# Messumformer

## Technische Daten

	FLUXUS G532ST-LT (Analogausgänge)	FLUXUS G532ST-LT (Prozessschnittstelle)
		
Ausführung	Feldgerät mit 1 Messkanal	
Applikation	Dampfmessung <sup>2</sup>	
<b>Messung</b>		
Messprinzip	Ultraschall-Laufzeitdifferenz-Korrelationsverfahren	
Strömungsgeschwindigkeit	abhängig von Rohrdurchmesser und Sensor, siehe Diagramme	
Wiederholbarkeit	0.15 % v. MW ±0.005 m/s	
Fluid	Satteldampf, überhitzter Dampf	
Fluiddruck	bar (a)	3...10
Fluidtemperatur	°C	135...180
Temperaturkompensation	entsprechend den Empfehlungen in ANSI/ASME MFC-5.1-2011	
<b>Messunsicherheit (Volumenstrom)</b>		
Messunsicherheit des Messsystems <sup>1</sup>	±0.3 % v. MW ±0.005 m/s	
Messunsicherheit an der Messstelle	±1...3 % v. MW ±0.005 m/s, applikationsabhängig	
<b>Messumformer</b>		
Spannungsversorgung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 90...250 V/50...60 Hz oder</li> <li>• 11...32 V DC</li> </ul>	
Leistungsaufnahme	W	< 10
Anzahl der Messkanäle		1
Dämpfung	s	0...100 (einstellbar)
Messzyklus	Hz	100...1000
Ansprechzeit	s	1
Gehäusematerial	Aluminium, pulverbeschichtet	
Schutzart	IP66	
Abmessungen	mm	siehe Maßzeichnung
Gewicht	kg	2.25
Befestigung	Wandmontage, Option: 2"-Rohrmontage	
Umgebungstemperatur	°C	-20...+60
Anzeige	128 x 64 Pixel, Hintergrundbeleuchtung	
Menüsprache	englisch, deutsch, französisch, spanisch, niederländisch, russisch, polnisch, türkisch, italienisch, chinesisch	
<b>Messfunktionen</b>		
Messgrößen	Betriebsvolumenstrom, Massenstrom, Strömungsgeschwindigkeit	
Mengenzähler	Volumen, Masse	
Diagnosefunktionen	Schallgeschwindigkeit, Signalamplitude, SNR, SCNR, Standardabweichung der Amplituden und Laufzeiten	
<b>Kommunikationsschnittstellen</b>		
Serviceschnittstellen	Messwertübertragung, Parametrierung des Messumformers: <ul style="list-style-type: none"> <li>• USB</li> <li>• LAN</li> </ul>	Messwertübertragung, Parametrierung des Messumformers: <ul style="list-style-type: none"> <li>• USB</li> <li>• LAN</li> </ul>
Prozessschnittstellen	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modbus RTU oder</li> <li>• BACnet MS/TP oder</li> <li>• M-Bus oder</li> <li>• Modbus TCP oder</li> <li>• BACnet IP</li> </ul>
<b>Zubehör</b>		
Datenübertragungs-kit	USB-Kabel	
Software	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FluxDiagReader: Auslesen von Messwerten und Parametern, grafische Darstellung</li> <li>• FluxDiag (Option): Auslesen der Messdaten, grafische Darstellung, Erstellung von Reports, Parametrierung des Messumformers</li> </ul>	
<b>Messwertspeicher</b>		
speicherbare Werte	alle Messgrößen und totalisierten Messgrößen	
Kapazität	max. 800 000 Messwerte	

<sup>1</sup> bei Aperturkalibrierung der Sensoren

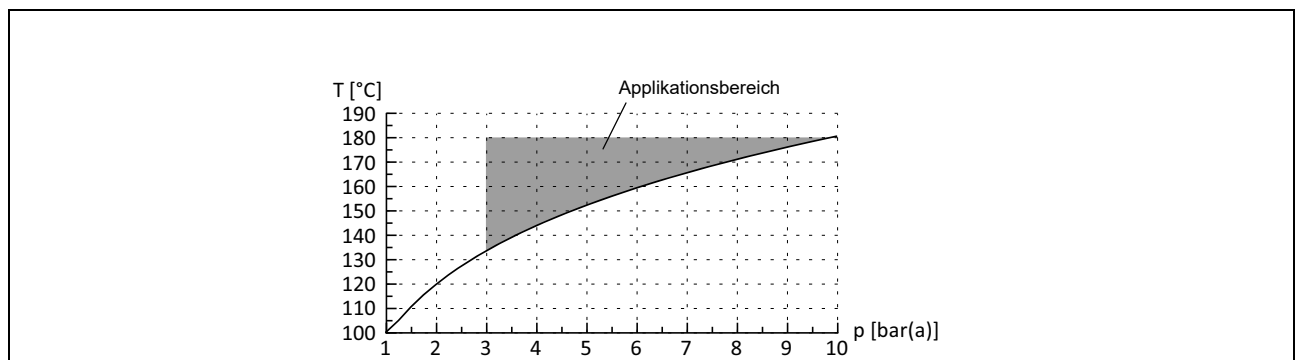
<sup>2</sup> Testmessung zur Validierung der Applikation vorab erforderlich

		FLUXUS G532ST-LT (Analogausgänge)	FLUXUS G532ST-LT (Prozessschnittstelle)
<b>Ausgänge</b>			
Die Ausgänge sind galvanisch vom Messumformer getrennt.			
<b>• schaltbarer Stromausgang</b>			
		konfigurierbar laut NAMUR NE43 Alle schaltbaren Stromausgänge werden gemeinsam auf aktiv oder passiv geschaltet.	
Anzahl		1	-
Bereich	mA	4...20 (3.2...24)	-
Messgenauigkeit		0.04 % v. MW $\pm 3 \mu\text{A}$	-
aktiver Ausgang		$R_{\text{ext}} < 530 \Omega$	-
passiver Ausgang		$U_{\text{ext}} = 9...30 \text{ V}$ , abhängig von $R_{\text{ext}}$ ( $R_{\text{ext}} < 458 \Omega$ bei 20 V)	-
<b>• Digitalausgang</b>			
Anzahl		2	-
Funktionen		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frequenzausgang</li> <li>• Binärausgang</li> <li>• Impulsausgang</li> </ul>	-
Betriebsparameter		$U_{\text{ext}} = (8.2 \pm 0.1) \text{ V DC}$	-
<b>Frequenzausgang</b>			
• Bereich	kHz	0...10	-
<b>Binärausgang</b>			
• Binärausgang als Alarmausgang		Grenzwert, Flussrichtungsänderung oder Fehler	-
<b>Impulsausgang</b>			
• Impulswertigkeit	Einheiten	0.01...1000	-
• Impulsbreite	ms	0.05...1000	-
<b>Eingänge</b>			
Die Eingänge sind galvanisch vom Messumformer getrennt.			
<b>• Temperatureingang</b>			
Anzahl		1	
Typ		Pt100/Pt1000	
Anschluss		4-Leiter	
Bereich	$^{\circ}\text{C}$	-150...+560	
Auflösung	K	0.01	
Messgenauigkeit		$\pm 0.01 \%$ v. MW $\pm 0.03 \text{ K}$	

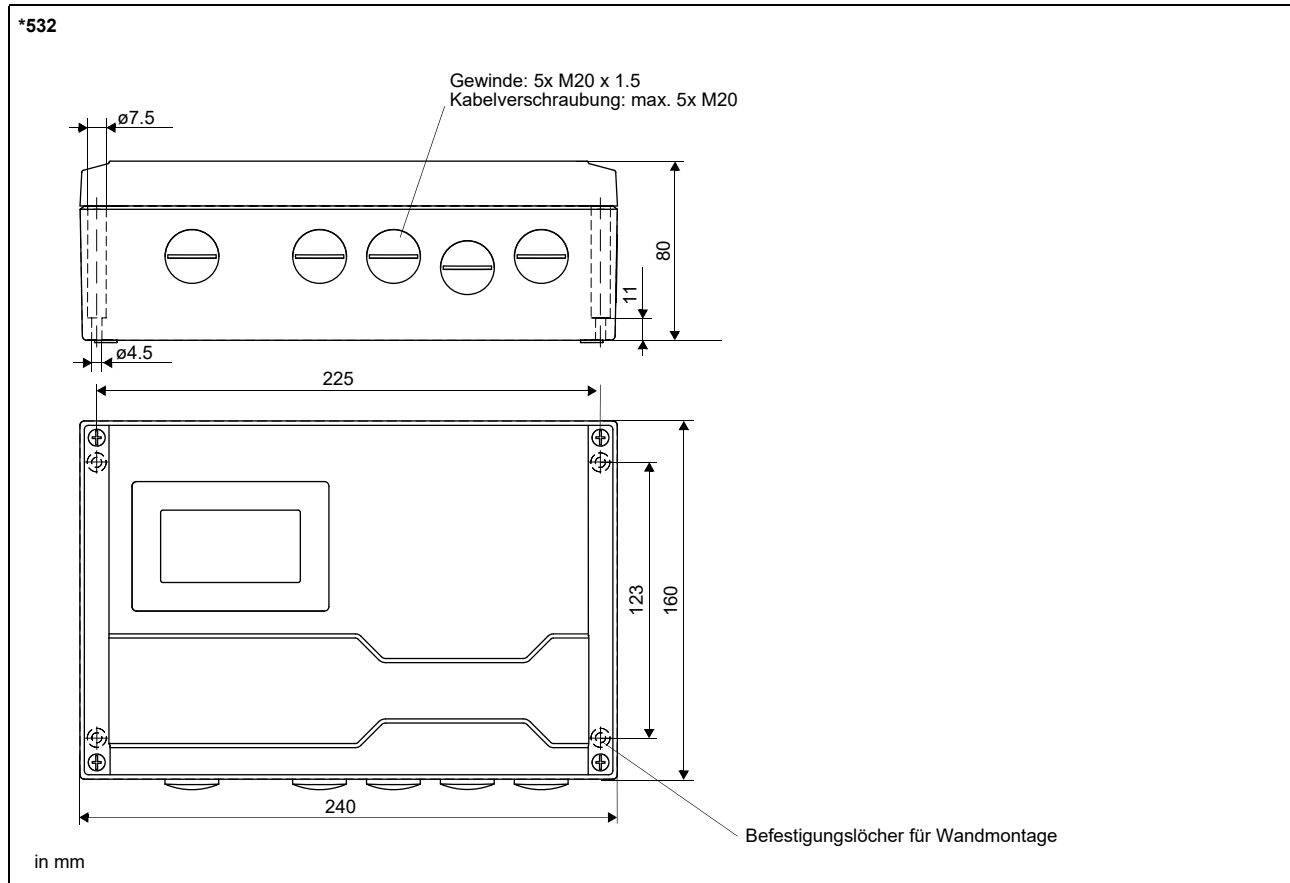
<sup>1</sup> bei Aperturkalibrierung der Sensoren

<sup>2</sup> Testmessung zur Validierung der Applikation vorab erforderlich

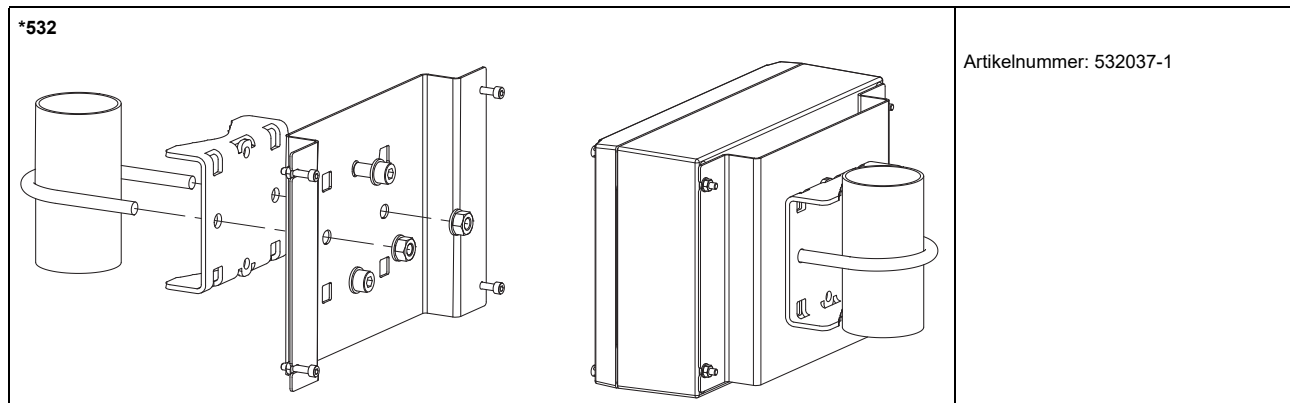
## Sättigungsdampfdruckkurve



## Abmessungen



## 2"-Rohrmontagesatz (Option)

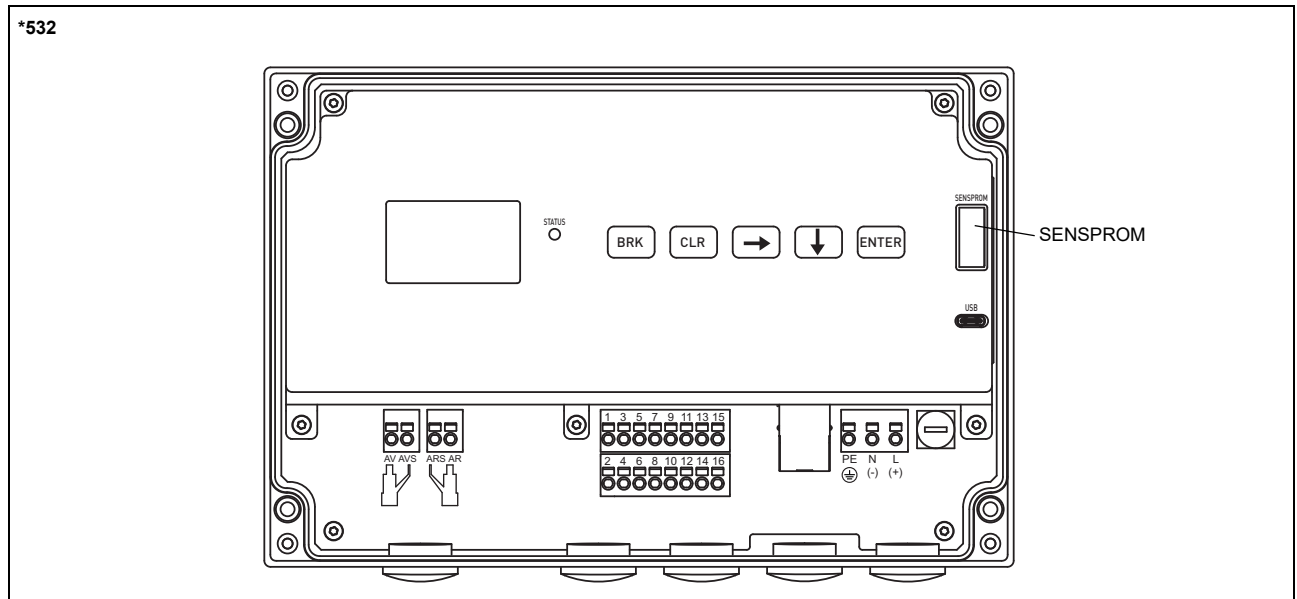


## Lagerung

- nicht im Freien lagern
- in Originalverpackung lagern
- trocken und staubfrei lagern
- vor Sonneneinstrahlung schützen
- alle Öffnungen verschlossen halten
- Lagertemperatur: -20...+60 °C



## Klemmenbelegung



Spannungsversorgung <sup>1</sup>			
Klemme	Anschluss (AC)	Klemme	Anschluss (DC)
PE	Erde	PE	Erde
N	Null	(-)	-
L	Phase	(+)	+

Sensoren			
Klemme	Anschluss	Sensor	
AV	Signal	↑	
AVS	innerer Schirm		
ARS	innerer Schirm	↕	
AR	Signal		
Kabelverschraubung	äußerer Schirm	↑ ↕	

Ausgänge, Eingänge <sup>1, 2</sup>	
Klemme	Anschluss
13+, 14-	passiver Stromausgang
13-, 14+	aktiver Stromausgang
9+, 10-, 11+, 12-	Digitalausgang
1, 2, 3, 4	Temperatureingang

Temperaturfühler		
Klemme	Direktanschluss	Anschluss mit Verlängerungskabel
1	rot	rot
2	weiß	weiß
3	rot/blau	grau
4	weiß/blau	blau

Kommunikationsschnittstellen		
Klemme	Anschluss	Kommunikationsschnittstelle
15	Signal +	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modbus RTU<sup>1</sup></li> <li>• BACnet MS/TP<sup>1</sup></li> <li>• M-Bus<sup>1</sup></li> </ul>
16	Signal -	
USB	Typ C Hi-Speed USB 2.0 Device	Service (FluxDiag/FluxDiagReader)
LAN	RJ45 10/100 Mbps Ethernet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Service (FluxDiag/FluxDiagReader)</li> <li>• Modbus TCP</li> <li>• BACnet IP</li> </ul>

<sup>1</sup> Kabel (vom Kunden): z.B. flexible Adern, mit isolierten Aderendhülsen, Aderquerschnitt: 0.25...2.5 mm<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Die Anzahl, der Typ und die Klemmenbelegung sind auftragspezifisch.

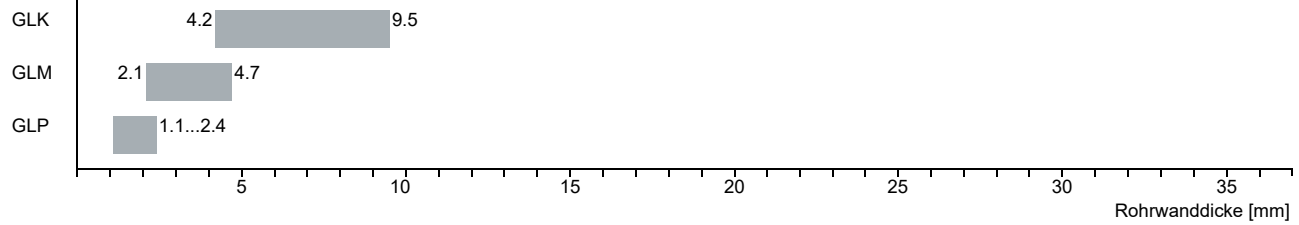
# Sensoren

## Sensorauswahl

### Schritt 1

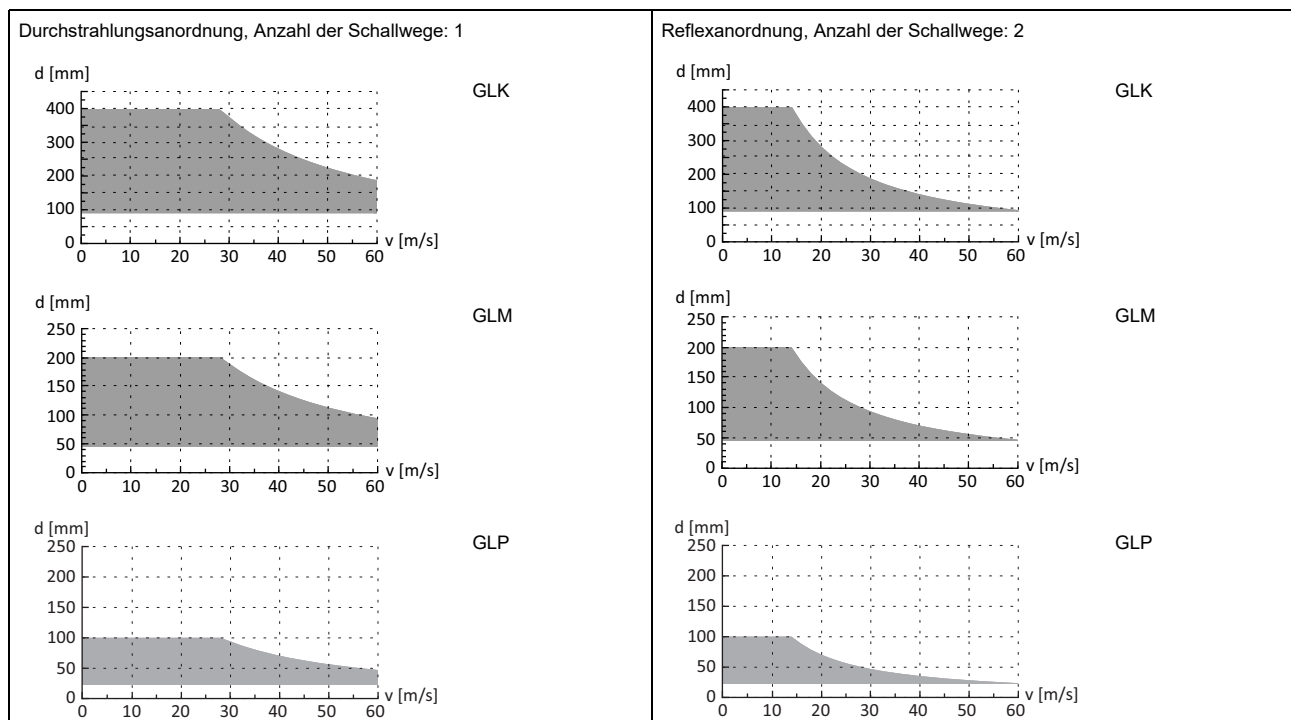
Rohrwanddicke

Sensor-Bestell-Code



### Schritt 2

Rohrinnendurchmesser d in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit v des Fluids im Rohr



Rohrinnendurchmesser und max. Strömungsgeschwindigkeit für eine Dampfapplikation

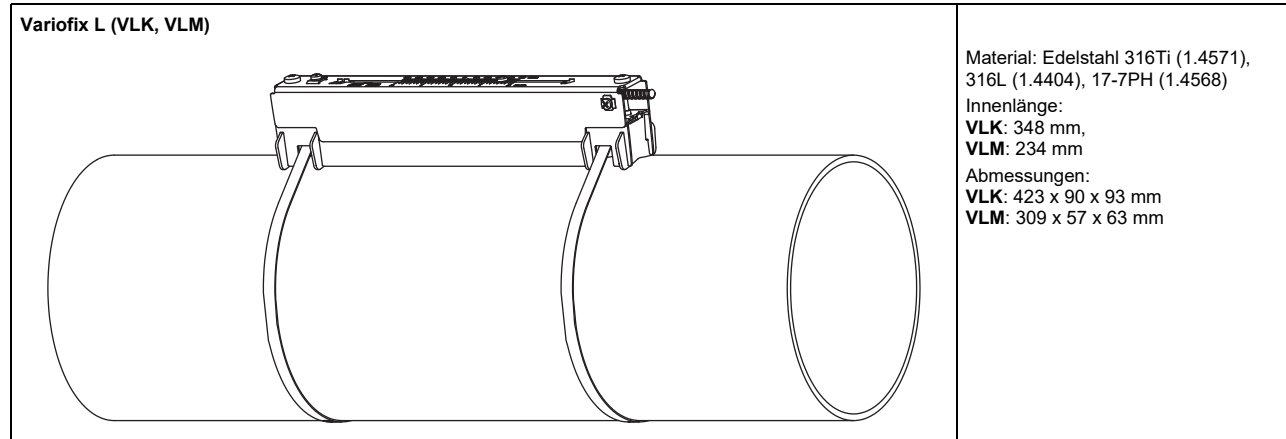
## Technische Daten

### Lambwellen-Sensoren

Bestell-Code		GLK-SNNN-**T1	GLM-SNNN-**T1	GLP-SNNN-**T1
technischer Typ		G(RT)K1S53	G(RT)M1S53	G(RT)P1S53
Sensorfrequenz	MHz	0.5	1	2
Fluiddruck		siehe Sättigungsdampfdruckkurve		
<b>Rohrinnendurchmesser d</b>				
min.	mm	90	45	23
max.	mm	400	200	100
<b>Rohrwanddicke</b>				
min.	mm	4.2	2.1	1.1
max.	mm	9.5	4.7	2.4
<b>Material</b>				
Gehäuse		PPSU mit Edelstahlabdeckung 316Ti (1.4571)		
Kontaktfläche		PPSU		
Schutzart		IP66		
<b>Sensorkabel</b>				
Typ		1699		
Länge	m	5	4	
<b>Abmessungen</b>				
Länge l	mm	128.5	74	
Breite b	mm	51	32	
Höhe h	mm	67.5	40.5	
Maßzeichnung				
Gewicht (ohne Kabel)	kg	0.8	0.16	
<b>Lagertemperatur</b>				
Lagertemperatur	°C	-40...+180		
Betriebstemperatur	°C	100...180		
Anwärmzeit	h	3	1	
Temperaturkompensation		x		

vollständige thermische Isolierung der Sensorinstallation erforderlich

## Sensorbefestigung



## Koppelmittel für Sensoren

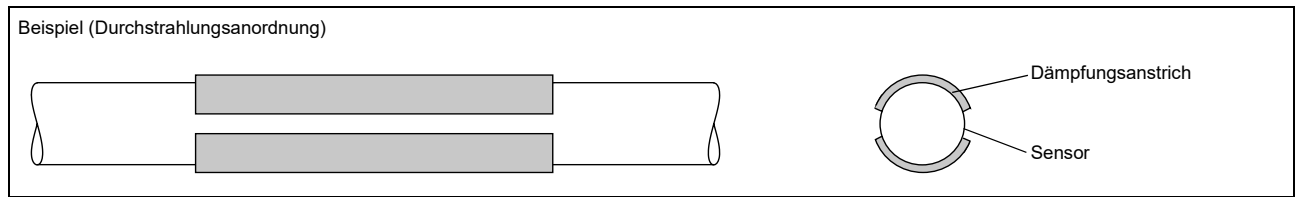
Typ	Umgebungstemperatur °C
Koppelfolie Typ VT <sup>1</sup>	-10...+200
Koppelpaste Typ E <sup>2</sup>	-30...+200

<sup>1</sup> Fluidtemperatur 200 °C: min. 2 Jahre

<sup>2</sup> nur in Kombination mit Typ VT

## Dämpfungsanstrich

Der Dämpfungsanstrich wird verwendet, um den Einfluss von Störschall auf die Messung zu reduzieren.



### Technische Daten

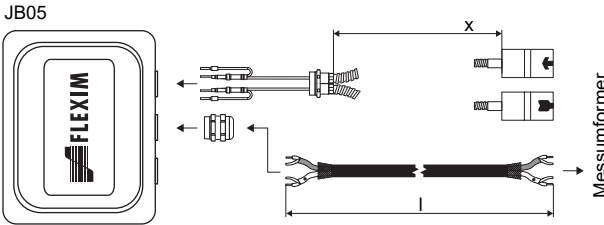
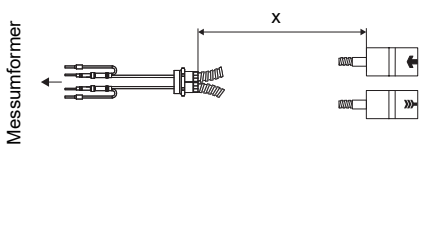
Artikelnummer		992080-13
Material		Dickschicht-Multipolymere-Matrix/anorganische Keramik-Beschichtung
Gebinde	I	1
Eigenschaften		hitzebeständig, inert
Fluidtemperatur beim Auftragen	°C	10...200
Trocknungszeit (Beispiel)		ca. 3 h bei 20 °C ca. 15 min bei 150 °C
Temperaturbeständigkeit im getrockneten Zustand	°C	max. 650
Haltbarkeit Gebinde (ungeöffneter Zustand)		2 Jahre

Montageanleitung einhalten (TI\_DampingCoat).

### Dimensionierung

Sensorfrequenz	Anzahl der Gebinde	
	Rohraußendurchmesser	
	≤300	≤500
	mm	
K	2	2
M	2	-
P	1	-

## Anschlussysteme

Anschlussystem T1		
Anschluss mit Verlängerungskabel	Direktanschluss	Sensoren technischer Typ *****53
		

### Kabel

Sensorkabel		
Typ		1699
Gewicht	kg/m	0.094
Umgebungs-temperatur	°C	-55...+200
Kabelmantel		
Material		PTFE
Außendurchmesser	mm	2.9
Dicke	mm	0.3
Farbe		braun
Schirm		x
Ummantelung		
Material		Edelstahl 316Ti (1.4571)
Außendurchmesser	mm	8

Verlängerungskabel		
Typ		2615
Gewicht	kg/m	0.18
Umgebungs-temperatur	°C	-30...+70
Kabelmantel		
Material		PUR
Außendurchmesser	mm	max. 12
Dicke	mm	2
Farbe		schwarz
Schirm		x

### Kabellänge

Sensordfrequenz	K		M, P	
Sensoren technischer Typ	x	l	x	l
*R***5*	m	5 ≤ 300	4	≤ 300
*T***5*	m	9 ≤ 300	9	≤ 300

x - Länge des Sensorkabels

l - max. Länge des Verlängerungskabels (applikationsabhängig)

# Klemmgehäuse

## Technische Daten

JB05		
Gewicht	kg	1.2 kg
Befestigung		Wandmontage Option: 2"-Rohrmontage
Material		
Gehäuse		Edelstahl 316L (1.4404)
Dichtung		Silikon
Schutzart		IP67
Umgebungs-temperatur	°C	-40...+80

**Anschluss**

**Sensoren**

Klemmenleiste	Klemme	Anschluss	Sensor
KL1	V	Signal	↑
	VS	innerer Schirm	
	RS	innerer Schirm	⌋
	R	Signal	

**Verlängerungskabel**

Klemmenleiste	Klemme	Anschluss
KL2	TV	Signal
	TVS	innerer Schirm
	TRS	innerer Schirm
	TR	Signal

## Abmessungen

**JB0\*, JBP\***

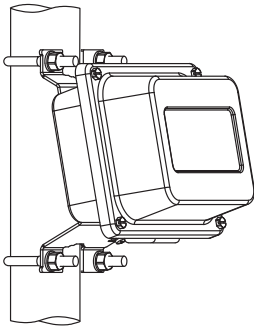
in mm

Halter für Wandmontage

Gewinde: 3x M20 x 1.5  
Kabelverschraubung: max. 2x M20

## 2"-Rohrmontagesatz

JB\*\*



Artikelnummer: 751035-2

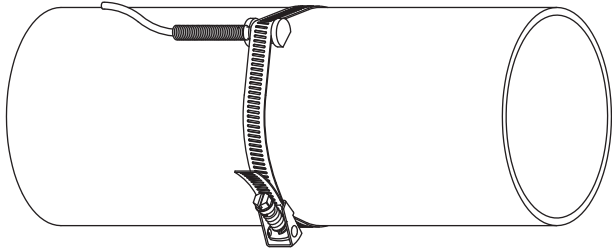


# Clamp-on-Temperaturfühler (Option)

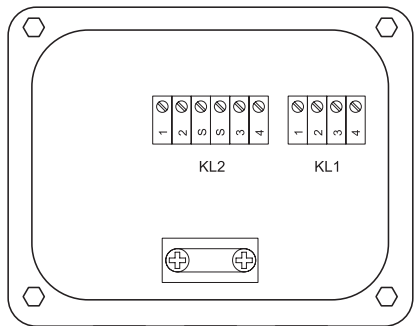
## Technische Daten

PT12N, PT12N-LC			
Artikelnummer	<b>PT12N:</b> • 770415-1 <b>PT12N-LC:</b> • 770415-4		
Ausführung	Clamp-on Option: mit langem Kabel		
Typ	Pt100		
Anschluss	4-Leiter		
Messbereich	°C -30...+250		
Messgenauigkeit T	$\pm(0.15 \text{ °C} + 2 \cdot 10^{-3} \cdot  T \text{ [°C]} )$ Klasse A		
Ansprechzeit	s 50		
Gehäusematerial	Aluminium		
Schutzart	IP54		
<b>Abmessungen</b>			
Länge l	mm 20		
Breite b	mm 15		
Höhe h	mm 13		
Maßzeichnung			
Gewicht	kg 0.25		
<b>Zubehör</b>			
Wärmeleitfolie 250 °C	x		
<b>Anschlussystem</b>			
<b>Anschluss mit Verlängerungskabel</b>	<b>Direktanschluss</b>		
<b>Anschluss</b>			
<b>Temperaturfühler</b>	rot rot/blau weiß/blau weiß		
<b>Kabel</b>			
	<b>PT12N</b>	<b>PT12N-LC</b>	<b>Verlängerungskabel</b>
Typ	4 x 0.22 mm <sup>2</sup>		LIYCY 8 x 0.14 mm <sup>2</sup> grau
Standardlänge	m 3	15	5/10/25
max. Länge	m -		200
Umgebungs-temperatur	°C -30...+250		-25...+80
min. Biegeradius	mm 27		68
<b>Kabelmantel</b>			
Material	PFA		PVC
Außendurchmesser	mm 3.8 ±0.15		4.8 ±2
Farbe	schwarz		grau

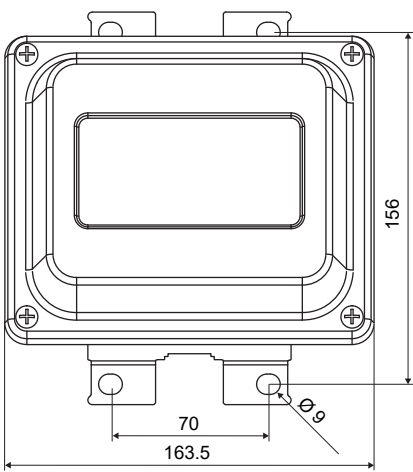
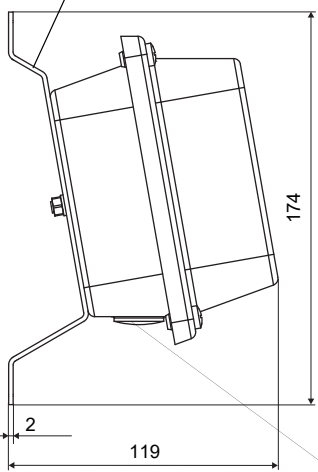
### Befestigung

<p><b>Spannband PT12N</b></p> 	<p>Material: Edelstahl 301 (1.4310), 410 (1.4006) thermische Isolation erforderlich</p>
---	---

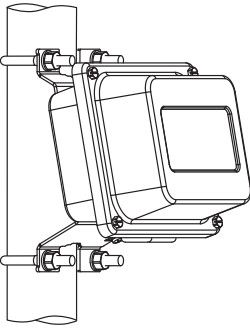
### Klemmgehäuse

<b>JBT3</b>			<b>Anschluss</b>														
Artikelnummer	751040-36																
Gewicht	kg	1.2 kg															
Befestigung	Wandmontage Option: 2"-Rohrmontage																
<b>Material</b>																	
Gehäuse	Edelstahl 316L (1.4404)		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Klemmenleiste</th> <th>Klemme</th> <th>Anschluss</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">KL1</td> <td>1</td> <td>rot</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>rot/blau</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>weiß</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>weiß/blau</td> </tr> </tbody> </table>			Klemmenleiste	Klemme	Anschluss	KL1	1	rot	2	rot/blau	3	weiß	4	weiß/blau
Klemmenleiste	Klemme	Anschluss															
KL1	1	rot															
	2	rot/blau															
	3	weiß															
	4	weiß/blau															
Dichtung	Silikon																
Schutzart	IP67																
<b>Umgebungstemperatur</b>			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Klemmenleiste</th> <th>Klemme</th> <th>Anschluss</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">KL2</td> <td>1</td> <td>rot</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>grau</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>weiß</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>blau</td> </tr> </tbody> </table>			Klemmenleiste	Klemme	Anschluss	KL2	1	rot	2	grau	3	weiß	4	blau
Klemmenleiste	Klemme	Anschluss															
KL2	1	rot															
	2	grau															
	3	weiß															
	4	blau															
min.	°C	-40															
max.	°C	+80															

### Abmessungen

<p><b>JBT*</b></p>  <p style="text-align: center;">in mm</p>	<p style="text-align: center;">Halter für Wandmontage</p> 	<p>Gewinde: 3x M20 x 1.5 Kabelverschraubung: max. 2x M12</p>
---	---	--

## 2"-Rohrmontagesatz

<p>JB**</p> 	<p>Artikelnummer: 751035-2</p>
---	--------------------------------