

## BEDIENUNGSANLEITUNG

### LFE-LDS *Durchflusselement*



\*\*\* VERSION 2.0 \*\*\*  
Stand: 30.03.2012

### ALLGEMEINE INFORMATIONEN

#### Typographische Vereinbarungen

##### *Darstellungsmittel*



markiert einen Arbeitsschritt, den Sie ausführen müssen.



**ACHTUNG!**

kennzeichnet Hinweise, bei deren Nichtbeachtung Ihre Gesundheit oder die Funktionsfähigkeit des Gerätes gefährdet ist.



**HINWEIS**

kennzeichnet wichtige Zusatzinformationen, Tipps und Empfehlungen.



**ACHTUNG!**

kennzeichnet Hinweise auf Vorsichtsmaßnahmen bei der Handhabung elektrostatisch entladungsgefährdeter Bauelemente oder Baugruppen.

##### *Darstellungsarten*

###### Menüpunkte

Texte aus Bildschirmdarstellungen werden kursiv dargestellt (z. B.: Programm beenden).

###### Voreingestellte Parameter

Parameter, die bei Auslieferung des Gerätes bereits eingestellt sind, werden unterstrichen. (z. B.: 0 ... 9999)

### SICHERHEITSHINWEISE



Bitte beachten Sie die Hinweise dieser Betriebsanleitung sowie die Einsatzbedingungen und zulässigen Daten, die im Datenblatt des Gerätes spezifiziert ist, damit es einwandfrei funktioniert und lange einsatzfähig bleibt:

Halten Sie sich bei der Einsatzplanung und dem Betrieb des Gerätes an die allgemeinen Regeln der Technik!

Installation und Wartungsarbeiten dürfen nur durch Fachpersonal und mit geeignetem Werkzeug erfolgen!

Beachten Sie die geltenden Unfallverhütungs- und Sicherheitsbestimmungen für elektrische Geräte während des Betriebes und der Wartung des Gerätes!

Schalten Sie vor Eingriffen in das System in jedem Fall die Spannung ab!

Treffen Sie geeignete Maßnahmen, um unbeabsichtigtes Betätigen oder unzulässige Beeinträchtigung auszuschließen!

Gewährleisten Sie nach einer Unterbrechung der elektrischen Versorgung einen definierten und kontrollierten Wiederanlauf des Prozesses!

<b>ALLGEMEINE INFORMATIONEN .....</b>	<b>2</b>
<b>SICHERHEITSHINWEISE .....</b>	<b>2</b>
<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>4</b>
<b>FUNKTIONSPRINZIP .....</b>	<b>5</b>
<b>BETRIEB .....</b>	<b>7</b>
<b>WARTUNG .....</b>	<b>8</b>
<b>SPEZIFIKATIONEN.....</b>	<b>9</b>
<b>ABMESSUNGEN.....</b>	<b>10</b>

### **EINLEITUNG**

Diese Bedienungsanleitung beschreibt die Spalt-LFE's der Modellreihe LFE-LDS für alle Arten des Spaltaufbaus. Die Spalt-LFE's können mit beliebigen Druckauswertegeräten verwendet werden um den Durchfluss von Luft oder Gasen zu ermitteln. Kalibriert sind die LFE's für Luft bei Raumtemperatur zwischen 16 - 26°C. Eine einfache Umrechnung für andere Gasarten erfolgt mit dem Viskositätsverhältnis der dynamischen Viskositäten von Luft und Betriebsgas nach der Formel von Hagen-Poiseuille. LFE's messen den aktuellen Volumenstrom über den Druckabfall, der durch Rohrreibung entsteht! Der gesamte Druckabfall beträgt ca. 1.5 – 2-fache der Mess-Druckdifferenz. Die Durchflussrichtung ist bevorzugt unidirektional ist aber prinzipiell auch in beide Richtungen möglich. Die LFE-LDS sind für atmosphärischen Druck (1 bar absolut) kalibriert. Sie können aber auch in einem Einsatzbereich von 0,1 bis 2 bar abs. betrieben werden. Höhere statische Drücke sind ggf. mit eingeschränktem DP-Messbereich auf Anfrage möglich.

### **Lieferbare LFE-LDS Laminardurchflussmesser**

Das Lieferprogramm umfasst die Typenreihen „LDS-ES“, den Laminar-Durchflussmessern komplett aus Edelstahl, sowie „LDS-AL“, Laminar-Durchflussmessern aus Aluminium-Legierung. Die Serie „ES“ ist mit Volumendurchfluss-Endwerten zwischen 0,01 l/min bis 5 l/min lieferbar. Die Serie „AL“ ist mit Volumendurchflüssen zwischen 10 l/min und 150 l/min Endwert lieferbar. Die nominale Druckdifferenz am LFE-LDS beträgt bei allen Nenndurchflüssen 10 mbar, kann aber ohne weiteres auf 20 mbar erweitert werden. Neben den LFE-LDS des Standard-Programms bieten wir auf Kundenwunsch auch Sondergrößen und Zwischengrößen an.

### **Spezielle Vorsichtsmaßnahmen zur sachgemäßen Handhabung der LFE-LDS Elemente:**

Der sehr kleine Durchmesser des Durchflusskanals ist sehr empfindlich gegen Verschmutzung. Achten Sie bitte darauf, dass das LFE nur mit reinem, trockenem Gas betrieben wird. Wenn der Durchflusskanal teilweise verstopft, wird sich die Kennlinie ändern und die originale Kalibrierung u.U. nicht mehr gültig sein. In diesem Fall muss das LFE-LDS beim Hersteller gereinigt und neu kalibriert werden.

### **Kontrollieren** Sie bei der Anlieferung

- Das LFE-LDS wird mit Betriebsanleitung und Kalibrierdatenblatt geliefert.
- Die LFEs werden mit Verschlusskappen an den Anschlussgewinden geliefert. Entfernen Sie diese und schauen Sie durch den Querschnitt gegen das Licht. Dieser darf nicht im Durchflusskanal verstopft sein.

### **Installationsanforderungen**

Versichern Sie sich vor dem Einbau, dass sich in der Rohrleitung kein Schmutz oder andere Feststoffe befinden. Vorsichtshalber ist die Verwendung von Filtern vor dem LFE-LDS anzuraten.

Die Druckabgriffsleitungen zum Drucktransmitter sollten nach Möglichkeit gleiche Länge und gleichen Durchmesser haben, und müssen absolut dicht sein.

Es ist ein Temperaturfühler in einer Distanz von etwa 2 Rohrdurchmessern vor dem LFE-Eingang zu installieren. Falls ein statischer Druckaufnehmer notwendig ist, sollte dieser am Plusanschluss des Differenzdrucks installiert werden.

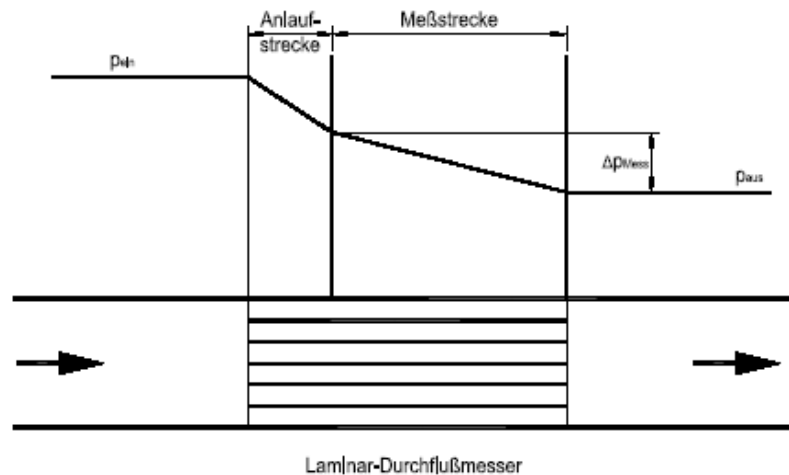
Das LFE-LDS kann mit Gewindeanschlüssen an den Prozess angeschlossen werden. Beachten Sie jedoch bei der Montage die Durchflussrichtung des LFE's. Sie ist mit einer Pfeilmarkierung gekennzeichnet. Hinsichtlich der Einbaulage gibt es keinerlei Einschränkungen, jedoch ist eine horizontale Ausrichtung etwas vorteilhafter, da die Temperatur mit ca. 1°C/m Höhe steigen kann. Um ein gutes Messergebnis zu erzielen, muss darauf geachtet werden, dass der freie Querschnitt im Bereich der Prozessanschlüsse möglichst wenig reduziert wird, d. h. die Wandstärke von Verschraubungen oder direkt eingeschraubten Rohren sollte 2 mm nicht wesentlich überschreiten. Ist es jedoch nicht möglich diese Empfehlungen einzuhalten, sollte das LFE-LDS im Werk den Gegebenheiten entsprechend kalibriert werden. Zu diesem Zweck sollten bei der Kalibrierung die gleichen Rohrleitungsgegebenheiten verwendet werden. Dies ermöglicht maximale Genauigkeit für Ihre Anwendung.

**FUNKTIONSPRINZIP**

Bei der Durchflussmessung ist prinzipiell zu unterscheiden zwischen Massendurchfluss  $q_M [kg/s]$  und Volumendurchfluss  $q_V [m^3/s]$ . Beide Größen sind über die Dichte  $\rho$  des Mediums verbunden.

$$q_M = \rho \cdot q_V$$

Die Laminar - Durchflussmesser benutzen den Druckverlust  $\Delta p$  in einer laminaren Rohr- oder Spaltströmung als Maß für den Volumendurchfluss  $q_V$ .

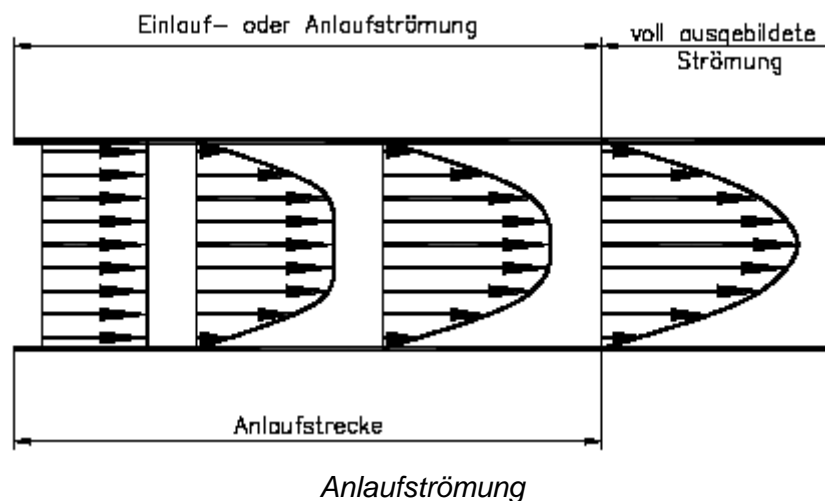


Der Volumendurchfluss ergibt sich dabei zu:

$$q_V = \frac{k}{\eta} * \Delta p$$

Hierbei ist  $k$  eine gerätespezifische Konstante und  $\eta$  die dynamische Viskosität oder Zähigkeit des Gases. Da die dynamische Viskosität  $\eta$  der Gase in einem weiten Bereich (bis 6 bar) nicht vom Druck abhängt, ist mit den Laminar - Durchflussmessern eine vom Betriebsdruck nahezu unabhängige Volumendurchflussmessung möglich.

Voraussetzung hierfür sind: Aufrechterhaltung der laminaren Durchströmung, d. h. eine obere Druck-, bzw. Durchsatzgrenze darf nicht überschritten werden. Die untere Grenze der Empfindlichkeit wird jedoch nur durch die Genauigkeit des verwendeten Druckmessgerätes bestimmt. Bei der Auslegung von Laminar-Durchflussmessern ist zwischen dem Anlaufbereich der Strömung und dem Bereich des ausgebildeten Laminarprofils zu unterscheiden.



# Bedienungsanleitung

## LFE-LDS

Eine lineare Gerätefunktion kann nur erreicht werden, wenn die Einlaufänge vor der Messstrecke hinreichend lang ist. Bei der Entwicklung der Laminar - Durchflussmesser wurde daher streng darauf geachtet, alle störenden strömungsmechanischen Einflüsse zu vermeiden (z. B. Anlaufeffekte, Transition). Um die Verschmutzungsgefahr zu minimieren, werden rechteckige Spalte oder zylindrische Ringspalte mit Spaltbreiten zwischen 0,5 bis 1 mm benutzt.

### Vorteile der Laminar-Durchflussmesser.

Laminar-Durchflussmesser besitzen keine bewegten Teile und sind deshalb wenig stör anfällig. Das zeitliche Ansprechverhalten der Laminar – Durchflussmesser ist sehr schnell. So werden noch Volumendurchflussschwankungen im Bereich unter 10 Hz aufgelöst. Sie sind unabhängig vom Systemdruck, solange das Produkt

$$P_{System} * q_V$$

unter einer gewissen Grenze bleibt, die noch laminare Strömung gewährleistet. Der Messwert  $\Delta P$  ist im laminaren Bereich direkt proportional dem Volumendurchfluss  $q_v$ , was die Auswertung erheblich erleichtert. Der Messwert  $\Delta P$  kann sowohl mit direkt anzeigenden Geräten wie einfache U-Rohre, Betz-Manometer und Mikromanometer oder aber mit elektronischen Differenzdruckaufnehmern angezeigt werden.

Der bleibende Druckverlust ist mit  $1.5-2 * \Delta P$  sehr gering. Der rel. Fehler liegt unter ein Prozent vom Messwert, die Auflösung ist nur vom verwendeten Druckaufnehmer abhängig. Die Laminar – Durchflussmesser werden mit Luft bei 20°C kalibriert. Bei bekannten Gasdaten kann der Kalibrierfaktor leicht auf andere Gase und andere Temperaturen umgerechnet werden. Zur Umrechnung auf den Massendurchfluss  $q_M$  wird nur die Gasdichte  $\rho$  benötigt (Kontinuitätsgesetz).

Ideale Laminarelemente messen den Volumendurchsatz  $q_v$  unabhängig von der Gasdichte  $\rho$ . Der Messwert  $\Delta P$  ist im laminaren Bereich nur von der dynamischen Viskosität des Mediums abhängig. Bei der Steuerung eines Prozesses sollte die Art der Durchflussmessung den spezifischen Gegebenheiten angepasst werden. Die folgende Tabelle zeigt die primäre Messgröße von unterschiedlichen Durchflussmessern und ihre Abhängigkeit dieser Messgröße von Durchfluss und den Gaseigenschaften.

Durchflussmesser	primäre Messgröße	
Volumetrische Zähler	Frequenz	$\sim q_V$
Laminarrohre	$\Delta p$	$\sim \eta q_V$
Therm. Massendurchflussmesser	$\Delta T$	$\sim c_p \eta q_V$ bzw. $\sim c_p q$
Venturi-Durchflussmesser	$\Delta p$	$\sim \rho q_V^2$
Normblenden	$\Delta p$	$\sim \rho q_V^2$

Bei den volumetrischen Laminarrohren gilt für die primäre Messgröße

$$\Delta p \sim \eta q_V$$

wobei  $\eta$  die dynamische Viskosität des Mediums und  $q_v$  der Volumendurchsatz ist.

Bei thermischen Massendurchflussmessern gilt:

$$\Delta T \sim q_M c_p$$

wobei  $c_p$  die spezifische Wärme und  $q_M$  der Massendurchfluss ist. Für Venturi-Durchflussmesser und Normblenden gilt:

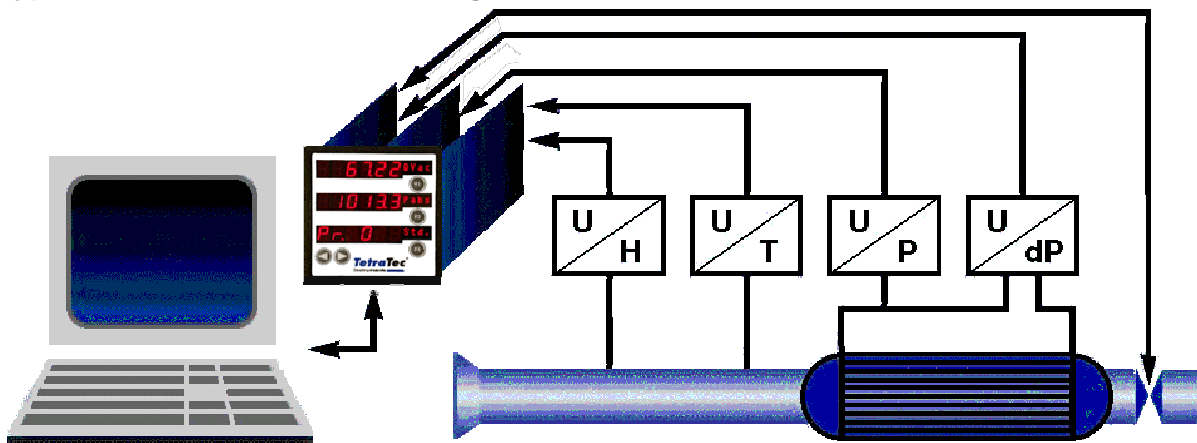
$$\Delta p \sim \rho q_V^2$$

Die Kennlinie ist demnach in  $q_v$  quadratisch und zur Ermittlung von  $q_v$  muss zusätzlich die Gasdichte bekannt sein.

## LFE-LDS

**BETRIEB****Vorgehensweise**

- Inbetriebnahme der Messstrecke
- Messen des Differenzdruckes an den Druckabgriffen.
- Messen der Gastemperatur ggf. der Luftfeuchte.
- Für die Ermittlung der Normdurchflussmenge oder des Massenstromes ist der statische Druck in der Leitung zu erfassen, um die Dichte und Viskosität des Mediums bestimmen zu können.
- Mit den ermittelten Daten kann anschließend die Auswertung vorgenommen werden. Der Durchfluss kann entweder rechnerisch oder per Durchflussrechner ermittelt werden.

**Typische Sensorik zur Auswertung**

H = Rel. Feuchte / T = Temperatur / P = Absolutdruck / dP = Differenzdruck

**Kalibrierungskurven / -tabellen**

Jedes LFE-LDS ist mit einem "Mastergerät" kalibriert, das auf die PTB (höchste deutsche Eichbehörde) rückführbar ist. Standardmäßig wird das LFE-LDS mit trockener Luft kalibriert und auf Kalibrierbedingungen von 21,1°C und 1013,25 mbar abs. und 0% rel. Feuchte.

Für jedes LFE-LDS wird bei der Kalibrierung ein eigenes Kalibrierungsdatenblatt erstellt. Zu diesem Zweck müssen bei der Bestellung die vom Kunden gewünschten Einheiten angegeben werden. Mit Hilfe der Kalibrierungsdaten kann der aktuelle Durchfluss Q ermittelt werden:

$$Q = (B \times dP + C \times dP^2) \times F = Q_{cal} \times F$$

**B, C = Kalibrierfaktoren; werden für jedes LFE-LDS im Kalibrierungsdatenblatt angegeben**

**F = Viskositätskorrekturfaktor = Kalibrierviskosität / aktuelle Viskosität**

**Q<sub>cal</sub> = Durchfluss zu Kalibrierbedingung**

Vergewissern Sie sich, ob Sie das richtige Kalibrierdatenblatt für das LFE-LDS verwenden. (Prüfen Sie die Seriennummer).

**Ermittlung des Durchflusses**

anhand der beiliegenden Kalibriertabellen und -diagramms, kann der "Kalibriervolumenstrom" ermittelt werden.

**Luft-Durchflussmessung**

Vorgehensweise:

- Ablesen des Differenzdruckes.
- Anhand der Formel den Durchfluss ermitteln.

$$Q_{cal} = B \times dP + C \times dP^2$$

Dieser Wert muss für die Berechnung des aktuellen Volumenstroms mit dem Korrekturfaktor für die Viskosität und bei Umrechnung auf Massenstrom mit der Dichte korrigiert werden!

# Bedienungsanleitung

## LFE-LDS

### Gas-Durchflussmessung (andere Gase als Luft)

Prinzipiell ist bei einem anderen Gas als Luft die gleiche Vorgehensweise wie oben beschrieben vorzunehmen. Jedoch ist im Korrekturfaktor für die Viskosität, die aktuelle Viskosität des jeweiligen Mediums einzusetzen. Dieses Verfahren ist aber nur innerhalb des gleichen Reynoldszahlbereichs des Betriebszustandes zulässig, in dem auch die Kalibrierung durchgeführt wurde!

### WARTUNG

Da das LFE-LDS keine bewegten Teile besitzt, ist es nahezu wartungsfrei. Jedoch empfehlen wir das LFE-LDS regelmäßig zu reinigen und durch eine geeignete Filtration (besser 5 µm) des Mediums den Spalt des LFE-LDS vor Staub und Schmutz Eintrag zu schützen.

### Reinigung

Vorgehensweise:

- Ausbau des LFE-LDS aus der Leitung
- Kontrolle des Spaltes auf mechanische Beschädigungen und auf Verstopfung
- Ausblasen des LFE-LDS mit sauberer und ölfreier Druckluft gegen die Durchflussrichtung.
- Bei öligen oder klebrigen Verschmutzungen darf das LFE-LDS nur mit rückstandsfreien Lösungsmitteln gereinigt werden. In diesem Fall wenden Sie sich bitte an unsere Firma, da ein unzulässiges Lösungsmittel zu Beschädigung des LFE-LDS führen kann.



**HINWEIS** Zur Pflege und Instandsetzung bieten wir einen speziellen Reinigungs- und Rekalibrierservice an.

### Fehlersuche, Behebung

Problem	mögliche Ursache	Fehlerbehebung
Anzeige unreell Differenzdruck oder Durchflusswert falsch	Vorgeschriebene Einlauf- und Auslaufstrecke nicht vorhanden	Einlaufstrecke 10 x D Auslaufstrecke 5 x D z. B.: D = 100 mm Einlaufstrecke 1 m, Auslauf 0,5 m
	LFE-LDS Spalt verschmutzt	Reinigen oder LFE-LDS ersetzen
	Anschluss und Impulsleitungen kontrollieren auf: Unterbrechung, Knick, Dichtigkeit, Verlegung, Vorhandensein etc.	Beheben Sie den gefundenen Fehler
	Impulsleitungen sind unterschiedlich lang, haben unterschiedlichen Durchmesser oder sind in unterschiedlichen Positionen verlegt	Beheben Sie den gefundenen Mangel
	Reduzierungen am LFE-LDS verengen den Ein-/Austritt zu sehr.	Angemessene Anschlussnennweite verwenden.
Differenzdruck-Anzeige pulsiert	Turbulentes Strömungsprofil für LFE-LDS ungeeignet. Leck in der Systemleitung.	Gerade Einlauf-/Auslaufstrecken schaffen, Abdichten der defekten Stelle.



## LFE-LDS

**SPEZIFIKATIONEN****Serie ES**

Typ LDS-ES-	qv		Druckdifferenz $\Delta p$ [mbar]
	[ml/min]	[l/h]	
0.01	10	0.6	10
0.025	25	1.5	10
0.05-10	50	3	10
0.1-10	100	6	10
0.25-10	250	15	10
0.5-10	500	30	10
1-10	1000	60	10
2.5-10	2500	150	10
5-10	5000	300	10

**Messbereichsbreite:**  
0 – Nennvolumenstrom  
Die Auflösung wird durch den verwendeten Druckaufnehmer bestimmt.

**Serie AL**

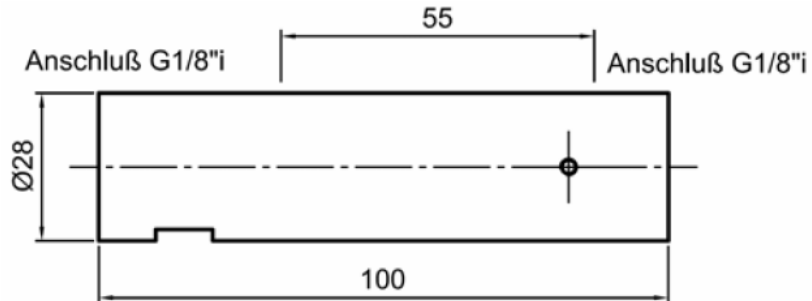
Typ LDS-AL-	qv		Druckdifferenz $\Delta p$ [mbar]
	[l/min]	[m³/h]	
10	10	0.6	10
25	25	1.5	10
50	50	3	10
75	75	4.5	10
125	125	7.5	10
150	150	9	10

**Messbereichsbreite:**  
0 – Nennvolumenstrom  
Die Auflösung wird durch den verwendeten Druckaufnehmer bestimmt.

**ABMESSUNGEN**

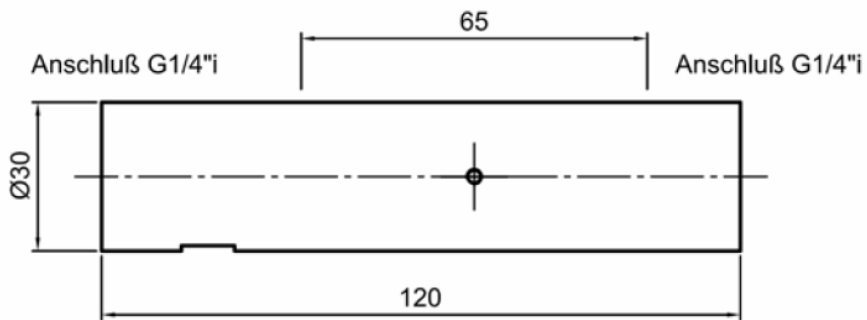
**Serie ES**

**LDS-ES-0.01-10 bis LDS-ES-1-10**



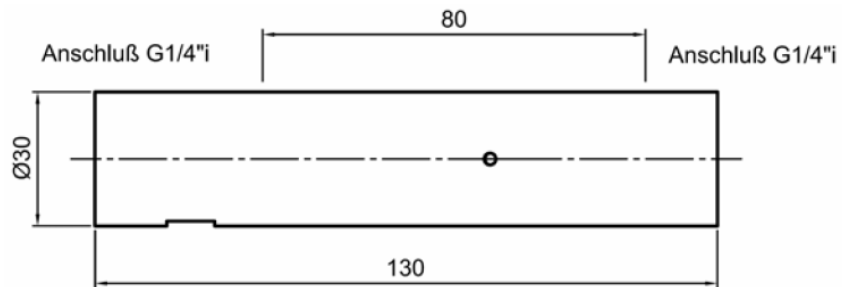
Masse: 480g

**LDS-ES-2.5-10**



Masse: 630g

**LDS-ES-5-10**

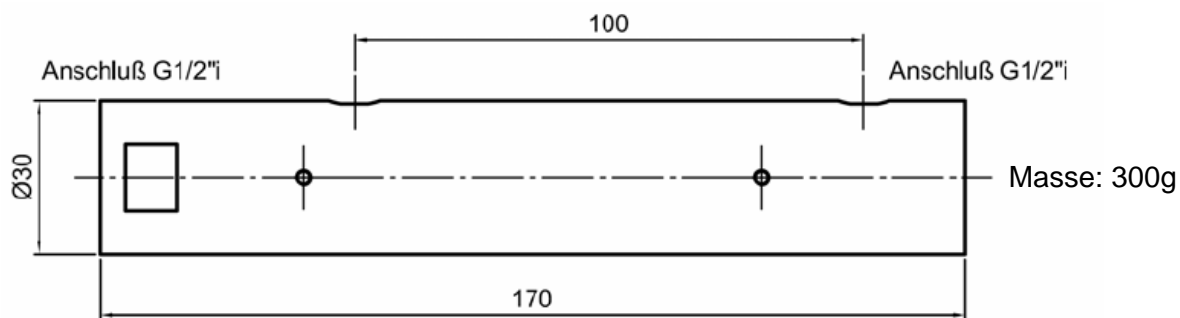


Masse: 690g

LFE-LDS

Serie AI

LDS-AL-10-10 bis LDS-AL-25-10



LDS-AL-50-10 bis LDS-AL-150-10

