



**Universelles  
Durchfluss-  
Mess-System**

**LAMINAR  
MASTER FLOW  
LMF**

*Precise Flow · Calibration · Test Equipment*

**TetraTec<sup>®</sup>**  
**Instruments**

# LAMINAR MASTER FLOW LMF

## Durchfluss-Mess-System für Luft Die Lösung für Kalibration und Q



### Produktmerkmale

- Durchfluss-Mess-System mit hoher Genauigkeit für Luft- und Gasströme
- Bestimmung der Massen- und Volumenströme von Luft sowie von mehr als ein Dutzend Gasarten
- Messbereichs-Endwerte mit Laminar Flow Elementen (LFE): 5 ml/min bis 64000 l/min
- Lineare Kennlinie mit einer Messspanne von 1:10, erweitert 1:100
- 10 frei konfigurierbare Prüfprogramm-speicher
- Auswertung von bis zu zwei Mess-Strecken gleichzeitig
- Verwendbare Messelementtypen: Laminar Flow Elemente, Gaszähler, überkritische Düsen, Staurohre, Blenden, unterkritische Düsen und kalorimetrische Massefluss-Sensoren
- Messgenauigkeit besser  $\pm 0,85\%$  vom Messwert bei Durchflüssen  $< 0,5$  l/min  $\pm 0,65\%$  vom Messwert bei Durchflüssen  $> 0,5$  l/min
- Prüfdruck bis 10 bar, optional elektronisch geregelt
- Prüftemperatur -10 bis  $+70^{\circ}\text{C}$ , optional mit Luftfeuchtemessung
- Schnittstellen: 1x RS232, 2x RS485 und Ethernet TCP/IP
- Digitale Ein-/Ausgänge zur SPS-Kommunikation, und zur Ansteuerung von Aktoren (z. B. Magnetventile)

Das Laminar Master Flow LMF ist ein universelles und hochautomatisierbares Mess-System für die präzise Messung von Durchflüssen und weiteren Parametern von Luft und Gasen. Anwendungsgebiete sind beispielsweise das Ausmessen von Durchfluss-Stellgliedern (z. B. Düsen im Motorenbau) und Dichtheitsprüfungen.

Dank des geringen Druckabfalls der Mess-Strecke können Mess-Anordnungen und verschiedene Prüfdrücke beliebig kombiniert werden. Dabei ist es unerheblich, ob die Mess-Strecke in der Zuluft oder der Abluft von luftführenden Bauteilen oder mit Über- oder Unterdruck betrieben wird.

Das System ist konfigurierbar und bietet höchsten Automatisierungsgrad. Trotz extrem kurzer Prüfzyklen wird eine unübertroffene Genauigkeit erzielt. Es besteht aus kompakten, modularen Einheiten und kann leicht an unterschiedlichste Einsatzbedingungen adaptiert werden. Das LMF Laminar Master Flow wird als voll funktionsfähiges, autonom arbeitendes Mess-System geliefert. Ein interner Rechner sowie Schnittstellen zu übergeordneten Steuerungs-Rechnern (SPS) ermöglichen eine einfache Integration.

In der Fertigung, der Entwicklung oder im Labor lassen sich mit dem System viele verschiedene Anwendungen effektiv automatisieren:

- Ermittlung von Durchgangskennlinien von Bauteilen und Messgeräten mittels Durchfluss-Kalibrierung optional mit elektronischer Regelung.
- Geometrieprüfung von Bauteilen mittels Durchfluss-Messung.
- Funktionsprüfung von Komplettgeräten, Teilen oder Aggregaten.
- Prüfung von Durchgang und Dichtheit als Qualitätskontrolle in der Fertigung.

Anwendungen für die Geometrieprüfung ergeben sich z. B. bei der Herstellung von Diesel-Hochdruckpumpen. Anhand der Durchfluss-Messung können Bohrungen und Passungen im Bereich 0,05 bis 2 mm geprüft werden. Größere Bohrungen lassen sich durch die Querschnittsreduzierung mittels Passstiften prüfen.



### Exemplarische Aufgabenstellung

Bei Einheiten für die Diesel-Direkteinspritzung ist z. B. die Qualität der Spielpassung von einem Kolben in einer zugehörigen Platte für die Gesamtfunktion wesentlich. Um hohe Qualitätsanforderungen an die Spielpassung zu erfüllen, werden die beiden Teile in 20 Klassen mit einer Bandbreite von jeweils 0,3 Mikrometern eingeteilt und anschließend gepaart. Diese Paarung ist vor der Montage mit einer Genauigkeit von weniger als 1 Mikrometer zu überprüfen.

# und Gase – präzise, schnell, rückführbar! Qualitätssicherung in der Serienproduktion.

## Realisierung

Nach der Fertigung der Einzelteile werden Kolben und Gehäuse zuerst mit Durchfluss-Messung gegen Referenzmaster nach Größe klassifiziert. Im Anschluss werden Kolben und Gehäuse gepaart und so kombiniert, dass beide zusammengesteckt, innerhalb der zulässigen Passungstoleranzen liegen.

Zur Prüfung mittels Volumenstrom wird die Mess-Strecke des Prüfgeräts an das Pumpengehäuse der Teilepaarung adaptiert und der Mess-Luftstrom aktiviert. Der Eingangsdruck ist dabei so gewählt, dass ein überkritischer Zustand, sprich Schallgeschwindigkeit im Ringspalt eintritt. Durch den direkten Zusammenhang von Volumenstrom, Schallgeschwindigkeit und Ringspaltfläche im überkritischen Zustand kann das Spiel mit einer Genauigkeit von weniger als einem Mikrometer geprüft werden. Der notwendige Eingangsdruck zum Herstellen des überkritischen Strömungszustandes im Prüfling wird in Laboruntersuchungen ermittelt. Nach einer Gesamtprüfzeit von wenigen Sekunden wird die Teilepaarung entsprechend dem Prüfentscheid in die Montage weitergegeben oder ausgeschleust.

## Zusätzlicher Kundennutzen

Die Anwendung der Schallgeschwindigkeits-Durchfluss-Messung am Prüfling im überkritischen Strömungszustand ist weitgehend unabhängig von atmosphärischen oder Witterungsbedingungen. Voraussetzung dafür ist, dass der absolute Eingangsdruck am Prüfling mindestens doppelt so hoch wie der Ausgangsdruck sein muss. Die Geometrie des Prüflings sollte loch- oder kantenartig sein. In der Anwendung wird damit eine hohe Langzeitstabilität und Reproduzierbarkeit erreicht. Das DKD-Labor im eigenen Haus rundet das Leistungsspektrum bezüglich des präzisen und rückführbaren Systemabgleichs ab.

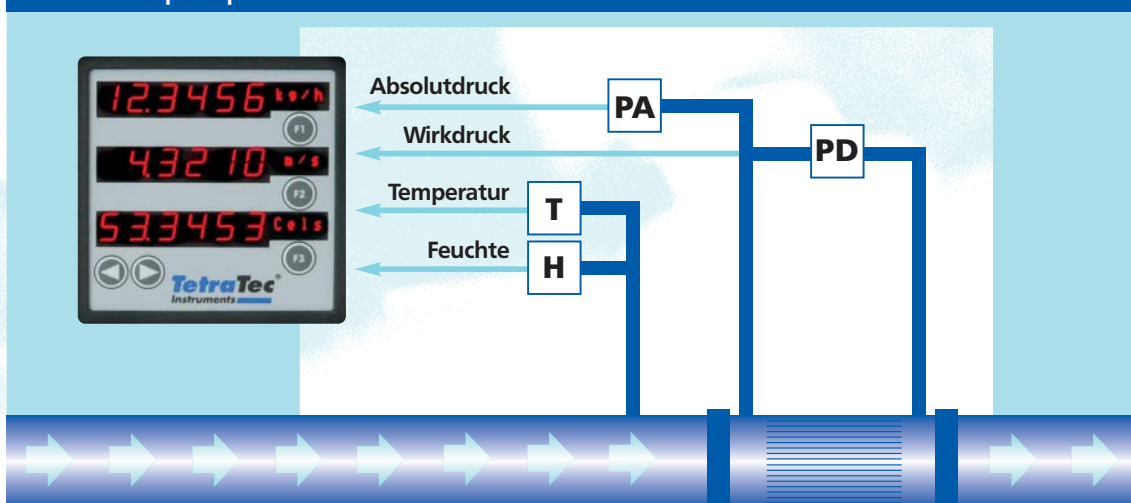
## Funktionsumfang

Zur Durchfluss-Messung von Gasströmen bietet das LMF-Mess-System eine Auswahl von Sensoren mit unterschiedlichen Funktionsprinzipien. Abhängig von der Messaufgabe können die Mess-Strecken des Gerätes mit Laminar Flow Elementen (LFE), Gaszählern, unter- oder überkritischen Düsen, Staurohren, Blenden sowie kalorimetrischen Massefluss-Sensoren ausgerüstet werden. Neben Luft lassen sich die Massen- bzw. Volumenströme von mehr als einem

Dutzend Gasarten bestimmen. Dabei kann über eine Mess-Spanne von 1:10, eine Messgenauigkeit von besser 0,65% vom Messwert erreicht werden. Optional kann das Gerät mit einer elektronischen Prüfdruckregelung ausgerüstet und die Mess-Spanne bis zu 1:100 mit fast gleich bleibender Genauigkeit erweitert werden.

Zur Bedienung ist das Messgerät mit Fronttasten und einer Folientastatur ausgerüstet. Die Steuer- und Prüfsoftware kann frei programmiert werden und wird vom Anbieter applikationsspezifisch eingerichtet. Dadurch können auch kundenspezifische Anforderungen, beispielsweise für die Erstellung und Dokumentation von Messwertprotokollen, umgesetzt werden. Für die Anbindung an die SPS stehen spezielle digitale Ein-/Ausgangskarten und die RS232-Schnittstelle zur Verfügung. Über eine serielle RS485-Schnittstelle können bis zu 32 Mess-Systeme und praktisch beliebig viele über die Ethernet-Schnittstelle mit TCP/IP-Protokoll miteinander vernetzt bzw. an ein Leitsystem angeschlossen werden.

## Das Messprinzip:



# Kompakter Aufbau – Modulares Design

Systemkomponenten	Funktionen und Varianten
<b>Programmierte und konfigurierte Auswerteelektronik</b>	Modular aufgebaute Auswerteelektronik Controller S320 applikations-spezifisch bestückt mit verschiedenen Analog- und Frequenzein- und -ausgangskarten, bis zu 10 Kanäle in 24 bit Auflösung und mit entsprechend anwendungsspezifisch konfigurierter Software
<b>Gehäuse- und Messaufbau</b>	Standard-19"-Gehäuse, IP54- oder kundenspezifische Gehäuse mit Netzversorgung, Steckbuchsen für Sensorik und Analogausgänge, serielle und digitale Schnittstelle, manuelle Bedientasten sowie ggf. Einbau von Regelventilen und Durchfluss-Sensorik mit Anschlüssen
<b>Druck-Sensorik</b>	Präzise und überlastfeste Drucksensoren für Differenzdruck, Absolutdruck als Einzelsensoren oder kombinierter Transmitter PDP
<b>Temperatur- und Feuchte-Sensorik</b>	Präzise und schnelle Temperatur- und Feuchte-Sensoren für Temperatur, relative Luftfeuchte als Einzelsensoren oder kombinierter Transmitter Humitter UX
<b>Durchfluss-Messelemente</b>	Applikationsspezifische Auswahl des Messelementes: hauptsächlich Laminar Flow Elemente, aber auch Gaszähler, überkritische Düsen, Staurohre, Blenden, unterkritische Düsen, thermische Massendurchfluss-Sensoren entsprechend optimal angepasst auf die Messaufgabe
<b>Mess-Streckenzubehör</b>	Ein-Auslaufstrecken, Filter, Strömungsgleichrichter, Sensorblöcke, Fittings etc. zum optimalen Aufbau der Messtechnik
<b>Kalibriertechnik</b>	Kalibriergeräte auf Basis unterschiedlicher Primärelemente vom Kalibrierleck bis zu kritischen Düsen für die Überprüfung von Mess-Systemen für Durchfluss und Dichtheit
<b>Elektronische Regelventile</b>	Applikationsspezifische Auswahl des mechanischen oder elektronischen Regelventils: mechanische Vordruckregler, Wartungseinheiten, Feindruckregler, Nadelventil, PWM-modulierte Ventile, Prallplatten- oder Gleitschieberventil je nach Durchfluss- und Druckregelbereich
<b>Schalt- und Prüfbankventile</b>	Applikationsspezifische Auswahl der Schalt- oder hochdichten Prüfbankventile mit geringem Druckstoß und Temperaturentwicklung zur Um- und Aufschaltung der Messtechnik

Um den wechselnden Anforderungen von der Kalibrierung bis zur hochautomatisierten Fertigungsprüfung gerecht zu werden, bieten wir einen variablen, modularen Messaufbau an. Der Gehäuseaufbau der Auswerteeinheiten und der Aufbau der Messtechnik ist zum schnellen Einbau und Austausch für Wartung und Rekalibrierzwecke konzipiert. Die Software bietet vielfältige benutzerspezifische Einstellmöglichkeiten und Berechnungs- und Korrekturverfahren. Die Durchfluss-Mess-Strecke ist mit einer großen Bandbreite

an Nennweiten und Messbereichen, sowie unterschiedliche Typen von Flow Elementen und mit den zur Auswertung benötigten Sensoren an fast jede erdenkliche Messaufgabe anpassbar.

Kleine Tot-Volumina für schnelle Ansprechzeiten – definierte Messaufbauten für die sichere Auswertung, optional mit Regelventilen zur automatisierten Einregelung von Druck und Durchfluss oder Schaltventilen zur Mess-Strecken- und Sensorumschaltung.