

Kritische-Düsen-Gaskalibrator vs. Glockenkalibrator - Durchfluss-Kalibriertechnologien im Vergleich

Bei der Kalibrierung von Gasdurchflussmessern ist höchste Präzision gefragt. Zwei Technologien stehen dabei besonders im Fokus: der **klassische Glockenkalibrator als primäres Referenzsystem** und die **Kritische Düsen Gas Kalibratoren, die auf modernen strömungstechnischen Prinzipien** basieren.

Obwohl Glockenkalibratoren in der Gasdurchfluss-Messtechnik lange als Standard galten, stellt sich zunehmend die Frage: Sind sie heute noch zeitgemäß, insbesondere in industriellen Anwendungen, wo es auf hohe Flexibilität, geringe Wartung und Kosteneffizienz ankommt?

Vor- und Nachteile eines Glockenkalibrators?

Ein Durchflusskalibrator ist ein Gerät, das als Primärnormal zur Kalibrierung von Gasdurchflussmessern verwendet wird. Es misst die Auslenkung einer kalibrierten Glocke in einem geschlossenen, typischerweise mit Flüssigkeit gefüllten Behälter über einen bestimmten Zeitraum präzise. Diese Auslenkung ermöglicht zusammen mit Temperatur- und Druckmessungen die genaue Berechnung des Gasdurchflusses.

Als rein mechanisches System weist es gewisse praktische Einschränkungen auf. Aufgrund der begrenzten Hublänge eignen sich Glockenkalibratoren nur für zeitlich begrenzte Kalibrierläufe. Der Kalibrierpunkt muss vor dem Ende des Glockenhubs erreicht werden. Die beweglichen Bauteile erfordern zudem regelmäßige Wartung, was den Betrieb aufwändiger macht. Hinzu kommt der hohe Platzbedarf und die vergleichsweise hohen Anschaffungskosten. Auch der nutzbare Durchflussbereich ist begrenzt: Der typische Messbereich liegt bei etwa 100:1 bis maximal 150:1.

Vor- und Nachteile eines Kritische Düsen Prüfstands?

Kritische Düsen Prüfstände nutzen das Prinzip der kritischen Strömung für eine hochgenaue Durchflussbestimmung.

Dabei wird in einer exakt konstruierten Düse der Vor- und Nachdruck in ein Verhältnis von mindestens 1,4:1 gebracht, bei dem im Drosselbereich Schallgeschwindigkeit (MACH1) erreicht wird. Dies nennt man den „choked flow“. Nun kann die Strömungsgeschwindigkeit nicht weiter erhöht werden, auch wenn der Nachdruck geringer wird. Die Strömungsgeschwindigkeit ist somit nur noch vom Vordruck und von der Temperatur abhängig. Bei konstanter Temperatur ist der Durchfluss linear zum Vordruck.

Durch die Kombination mehrerer Düsen lässt sich ein außergewöhnlich **großer Durchflussbereich** realisieren, mit einer Turn-down Ratio von bis zu 2.000:1 oder 4.000:1 oder sogar höher. Da kein mechanischer Hubmechanismus vorhanden ist, ist ein **kontinuierlicher Betrieb** ohne Unterbrechungen möglich.

Ein weiterer Vorteil liegt in der **Druckunabhängigkeit**: Die Kalibrierung kann auch bei unterschiedlichem Systemdruck präzise durchgeführt werden. Da keine beweglichen Teile vorhanden sind, entfallen typische Wartungsmaßnahmen und **mechanischer Verschleiß** vollständig.

Auch wirtschaftlich überzeugt die Technologie, denn im Vergleich zu einem Glockenkalibrator mit ähnlichem Messbereich ist die **Investition** in einen Kritische Düsen Prüfstand deutlich geringer.

Kalibrierung und Betriebssicherheit

Ein häufiges Argument gegen Kritischen Düsen ist, dass sie keine primären Standards sind und daher eine Rückführung benötigen. In der Praxis ist dies jedoch unproblematisch. Dank ihrer hohen mechanischen Stabilität benötigen Kritische Düsen eine Rückführung nur in sehr langen Intervallen, typischerweise alle 5 bis 10 Jahre. Bei

ordnungsgemäßer Rückführung erreicht die **Messunsicherheit** das gleiche Niveau wie bei einem Primärstandard wie dem Glockenkalibrator.

Aufgrund der vergleichsweise geringen Anschaffungskosten ist es wirtschaftlich sinnvoll, ein zweites Düsen-set bereitzuhalten. Auf diese Weise kann ein Satz kalibriert werden, während der andere im Betrieb bleibt.

Kalibrierpausen oder Ausfallzeiten lassen sich so vollständig vermeiden, was die Betriebssicherheit zusätzlich erhöht.

Fazit: Was ist die richtige Wahl?

Kriterium	Bell Prover	Sonic Nozzle
Primärstandard	✓ Ja	✗ Nein
Durchflussbereich	100:1–150:1	Bis über 4.000:1
Kontinuierliche Kalibrierung ohne Zeitbegrenzung	✗ Nein	✓ Ja
Kalibrierung bei hohem Druck	✗ Nein	✓ Ja
Wartungskosten	✗ Hoch	✓ Sehr gering
Investitionskosten	✗ Hoch	✓ Niedrig
Messunsicherheit	✓ Sehr gering	✓ Sehr gering (nach Kalibrierung)

✦ **Empfehlung:**

Wenn gesetzlich oder normativ ein Primärstandard gefordert ist, bleibt der Glockenkalibrator die richtige Wahl. In allen anderen Fällen, insbesondere in industriellen Kalibrierprozessen, bietet die Kritische-Düsen-Technologie eine effizientere, wirtschaftlichere und wartungsärmere Alternative.