

Kalibriermessungen für SDF-Durchflußsonden

1. Bei deutlicher Unterschreitung der nach DIN 1946 empfohlenen Ein- und Auslaufstrecken ist eine Kalibriermessung vor Ort die zuverlässigste Methode, die tatsächliche Strömungsgeschwindigkeit in Gaskanälen zu bestimmen. Diese Messung verfolgt das Ziel, die Einstellung des angeschlossenen Meßumformers den konkreten Strömungsverhältnissen anzupassen. Der Meßumformer wird nach Angabe der Betriebsverhältnisse eingestellt. Diese Einstellung kann unter den genannten Bedingungen unzureichend sein. Abzuraten ist von Korrekturen der Auslegung aufgrund von Differenzdruck-Messungen über Klappen o.ä. oder aufgrund von Gebläse-Kennlinien.
2. Bei Verwendung von Wirkdruckgebern wird die Auswertungs-prozedur wesentlich vereinfacht, da hier der Dichteinfluß für beide Messungen gleich ist und somit direkt die Differenz-drücke verglichen werden können.
3. Bei jedem Meßdurchgang ist auf konstante und stabile Betriebsverhältnisse zu achten. Sich während der Messung verändernde Betriebsgrößen machen deren Aussagekraft zunichte.
4. Bei rechteckigen Kanälen ist für die Fläche das geometrische Maß $A = B \times H$ heranzuziehen. Die Betrachtung des äquivalenten hydraulischen Durchmesser ist in diesem Zusammenhang unzulässig.
5. Die beste Erfassungsmethode ist die Überkreuzmessung in zwei Achsen. Der kreisförmige Querschnitt ist in eine Zahl flächengleicher Kreisringe aufzuteilen. In den Schwereradien dieser Kreise müssen jeweils die Geschwindigkeiten bzw. die Differenzdrücke aufgenommen und protokolliert werden. Die Schwerpunktradien sind bei einem Durchmesser von $2xR$:

Anzahl der Kreisringe	r1	r2	r3	r4	r5	r6	r7	r8	r9	r10
3	0,91	0,71	0,41							
4	0,94	0,79	0,61	0,35						
5	0,95	0,84	0,71	0,55	0,31					
10	0,98	0,92	0,87	0,81	0,75	0,67	0,59	0,50	0,39	0,22

Beispiel:

bei 5 Kreisringen wird pro Meßachse in 10 Punkten gemessen. Die Eintauchtiefe des Meßpunktes relativ zur Rohrwand beträgt pro Kreisring: $l_{1/2} = 0,5 \cdot D \cdot (1 \pm r_i)$
 Bei rechteckigen Kanälen wird der Querschnitt in 9 - 16 Quadrate unterteilt, die Geschwindigkeit in der Mitte jedes Quadrates gemessen und daraus das arithmetische Mittel gebildet.

6. Bei der Messung ist neben dem Meßwert der Vergleichsmessung auch jeweils der Differenzdruck der SDF-Durchflußsonde bzw. der Ausgangsstrom des Meßumformers zu messen. Aus den so gewonnenen Wertepaaren ist jeweils der Mittelwert zu bestimmen. Soll eine mittlere Geschwindigkeit ermittelt werden so ist zu beachten, daß bei Differenzdruckmessungen nur das arithmetische Mittel der radizierten Differenzdruckwerte herangezogen werden darf.

7. Müssen Dichteschwankungen berücksichtigt werden, so sind zu Beginn und Ende der Meßreihe die zur Dichtemessung erforderlichen Parameter zu messen und hieraus die mittlere Dichte zu ermitteln.

8. Bei nennenswerten Abweichungen zwischen dem angezeigten mit der SDF-Sonde ermittelten Durchfluß (Q_{disp}) von den ermittelten Mittelwerten (Q_{real}) muß die Einstellung des Differenzdruck-Meßumformers entsprechend verändert werden. Der neue Meßbereichsendwert des Meßumformers wird folgendermaßen bestimmt:

$$\Delta p_{max,neu} = \left(\frac{Q_{real}}{Q_{disp}} \right)^2 \times \Delta p_{max,alt}$$

9. Bei einer Vergleichsmessung mit einem Prandtl'schen Staurohr können wie bereits erwähnt direkt die Differenzdrücke verglichen werden. Grundsätzlich gilt der Zusammenhang:

$$\Delta p_{prandtl} = k^2 \times \Delta p_{SDF}$$

Mit diesem Zusammenhang kann aus den Meßwerten der richtige k-Faktor ermittelt werden. Weicht dieser vom ursprünglichen Wert ab, so kann der neue max. Differenzdruck nach folgender Formel bestimmt werden:

$$\Delta p_{max neu} = \left(\frac{k_{alt}}{k_{neu}} \right)^2 \times \Delta p_{max alt}$$

In der Anlage finden Sie ein typisches Meßprotokoll (hier für eine Rauchgasmengenmessung) sowie eine Aufstellung der zur Berechnung der Volumenströme erforderlichen Gleichungen.

Auswertung:

$$Q_N = 5091 \times A \times \sqrt{\frac{p_{Gm} \times T_N}{p_N \times T_{Gm}} \times \frac{1}{\rho_N}} \times \sqrt{\Delta p_{Gm}} \quad \text{oder} \quad Q_N = 3600 \times \frac{p_{Gm} \times T_N}{p_N \times T_{Gm}} \times A \times w_m$$

Anmerkung: $[Q_N] = \text{m}^3/\text{h}$

Rechengang:

Basisgleichungen	$Q_N = \frac{T_N}{p_N} * \frac{p}{T} * Q \quad (1)$ $Q = w * A \quad (2)$ $w = k * \sqrt{\frac{2 * \Delta p}{\rho}} \quad (3)$ $\rho = \frac{T_N}{p_N} * \frac{p}{T} * \rho_N \quad (4)$	<p>Gasgleichung I</p> <p>Bernoulli</p> <p>Gasgleichung II</p>
Auflösung der Gleichungen		
(4) in (3)	$w = k * \sqrt{\frac{2 * \Delta p * p_N * T}{p * T_N * \rho_N}}$	
(5) in (2)	$Q = A * k * \sqrt{\frac{2 * \Delta p * p_N * T}{p * T_N * \rho_N}}$	Betriebsgröße
(6) in (1)	$Q_N = \frac{p}{T} * \frac{T_N}{p_N} * A * k * \sqrt{\frac{2 * \Delta p * p_N * T}{p * T_N * \rho_N}} =$ $= A * k * \sqrt{\frac{p^2 * T_N^2 * 2 * \Delta p * p_N * T}{T^2 * p_N^2 * p * T_N * \rho_N}} =$ $= A * k * \sqrt{\frac{p * T_N * 2 * \Delta p}{T * p_N * \rho_N}} =$ $= \sqrt{2} * A * k * \sqrt{\frac{p * T_N}{T * p_N} * \frac{1}{\rho_N}} * \sqrt{\Delta p}$	Normgröße

<p>Multiplikation mit 3600 s, da mit Einheit m³/h gerechnet wird</p>	$Q_N = 3600 * \sqrt{2} * A * k * \sqrt{\frac{p * T_N}{T * p_N} * \frac{1}{\rho_N} * \sqrt{\Delta p}} =$ $= 5091 * A * k * \sqrt{\frac{p * T_N}{T * p_N} * \frac{1}{\rho_N} * \sqrt{\Delta p}}$	<p>Für Prandtl- oder Pitot-Rohr gilt: k=1 !!!</p>
---	--	--