

Physikalisch Technische Bundesanstalt

Technische Richtlinien

Messgeräte für thermische Energie	Ausgabe: 11/2010	K 2
	Ersatz für: TR K2/W2 9/1984	

Herausgegeben von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Einvernehmen mit den Eichaufsichtsbehörden.

Magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte als Gebrauchsnormale für die Prüfung von Durchflusssensoren von Kälte- / Wärmezählern

Vorbemerkung:

Diese Technische Richtlinie wurde im Vollversammlungs-Arbeitsausschuss Wärmezähler gemeinsam mit den darin vertretenden Verbänden erarbeitet.

Inhaltsübersicht		Seite
1	Geltungsbereich	2
2	Grundlagen	2
2.1	Allgemein	2
2.2	Anforderungen an MID's.....	2
2.3	Aufbau und Betrieb der Prüfstände (Empfehlungen)	2
2.3.1	Anordnung der Gebrauchsnormale.....	2
2.3.2	Betriebsweise.....	3
2.4.	Beschreibung des mathematischen Verfahrens zur Messwertbildung	3
3	Überprüfung der Gebrauchsnormale	4
3.1	Einlaufstrecken/Auslaufstrecken	4
3.2	Strömungsgeschwindigkeiten	5
3.3	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).....	5
3.4	Kalibrierung	5
3.5	Ausgangssignale.....	5
3.6	Richtigkeitsüberprüfungen während der Gebrauchsdauer.....	5
3.6.1	Kurzfristige Überprüfung	5
3.6.2	Mittelfristige Überprüfung	6
3.6.3	Ausführliche Überprüfung	6
3.7	Prüfungsunterlagen.....	6

1 Geltungsbereich

Dieses Arbeitsblatt gilt für die Verwendung von magnetisch-induktiven Durchflusssensoren als Gebrauchsnormale in Prüfständen zur eichtechnischen Prüfung für Durchflusssensoren von Kälte- / Wärmezählern.

2 Grundlagen

2.1 Allgemein

Die magnetisch-induktiven Durchflusssensoren, kurz MID genannt, sind in den rechnergesteuerten Prüfständen für Volumenmessteile als Referenzgerät fest integriert. Sie bilden das Gebrauchsnormal (GN). Die Messabweichung eines MID, wird mit Hilfe einer Präzisionswaage (Normal nächst höherer Ordnung) ermittelt. Die Weiterverarbeitung der Ausgangssignale des MID erfolgt durch das Steuerungs- u. Auswerteprogramm des Prüfstandes incl. Korrektur der ermittelten Abweichungen. Bedingt durch den vorgegebenen Durchflussbereich sind MID's als Gebrauchsnormale verschiedener Größen je nach Art und Größe der zu prüfenden Zähler erforderlich.

Der Messbereich eines Prüfstandes wird daher üblicherweise in einzelne Messstrecken gegliedert, für die je ein auf den Messbereich angepasster MID eingesetzt wird. Durch Umschaltung von einer Messstrecke auf eine andere mit sich anschließendem Messbereich kann die Prüfung durchgeführt werden.

Es wird empfohlen dass die Messbereiche der MID's in den einzelnen Messstrecken im Prüfstand so zu wählen sind, dass deren Messbereiche sich um etwa 10 % überlappen. Hierdurch lassen sich die Gebrauchsnormale gegenseitig kontrollieren.

Die besonderen Vorzüge des Einsatzes von MID als Gebrauchsnormale liegen zum einen im großen Dynamikbereich, was die Prüfung unterschiedlich großer Volumenmessteile am gleichen Prüfstand ermöglicht. Zum anderen reduziert der Einsatz dieser Gebrauchsnormale die Gesamtmessunsicherheit, da bei jeder Einzelmessung das bekannte thermodynamische Problem des veränderlichen „Zwischenraumvolumens“ eliminiert wird.

Gegenwärtig sind MID's mit Keramikauskleidung die Bewährtesten.

2.2 Anforderungen an MID's

Soweit nicht im Einzelfall besondere Festlegungen der PTB bzw. ggf. abweichend gemäß des Messunsicherheitsbudgets gelten, sind die Volumenmessabweichungen der Gebrauchsnormale bei den Prüfdurchflüssen und der Mediumstemperatur jeweils zehnmal zu bestimmen.

Dabei muss die relative Standardunsicherheit der MID's als GN mindestens gleich oder kleiner 0,15 % für Durchflusssensoren der Klasse 3 bzw. 0,1 % für Durchflusssensoren der Klasse 2 sein.

2.3 Aufbau und Betrieb der Prüfstände (Empfehlungen)

2.3.1 Anordnung der Gebrauchsnormale

Es ist günstig, die Gebrauchsnormale in Fließrichtung nach den Prüflingen vorzugsweise in einem ansteigenden Rohrstrang anzuordnen. Als Einbauort eignet sich

das Zwischenrohr in Richtung zur „Abrisskante“. Hierdurch werden Probleme durch Gas- u. Schmutzablagerungen vermieden.

2.3.2 Betriebsweise

Aus Stabilitätsgründen empfiehlt sich, die Gebrauchsnormale so zu betreiben, dass unter allen Betriebsbedingungen auch die nicht aktiven Gebrauchsnormale stromdurchflossen in Betrieb bleiben. Das Messrohr muss dauerhaft benetzt bleiben.

Besondere Beachtung sollte auf die elektrische Leitfähigkeit des Prüfmediums gelegt werden. Die Leitfähigkeit sollte mind. 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ betragen, empfohlener Praxiswert 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bis 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Zur Begrenzung der Verschmutzung ist eine Feinfiltration des Prüfwassers empfehlenswert. Zur Einstellung der Leitfähigkeit sollten Stoffe verwendet werden, welche die Dichte des Prüfmediums nicht beeinflussen.

2.4. Beschreibung des mathematischen Verfahrens zur Messwertbildung

Der Sollwert der Messung beruht auf dem während der Prüfzeit in die Waage geflossenen Wassers. Das Sollvolumen wird entsprechend der Richtlinie für die Eichung von Volumenmessgeräten für strömendes Wasser und Anforderungen an Normale Teil 3, Pkt. 6.2.3.2. wie folgt berechnet:

$$V_N = \frac{W}{\rho_W(\vartheta_W)} \cdot K_{LA} \cdot K_{RA}$$

Formel 1

Dabei bedeuten:

V_N = Abgegebenes Volumen (Sollwert)

W = Wägewert der Wassermenge

(Anzeige der Waage)

$\rho_W(\vartheta_W)$ = Wasserdichte bei der Temperatur ϑ_W des Wassers im Prüfling während der Messung

K_{LA} = Faktor der Luftauftriebskorrektur

K_{RA} = Faktor der Korrektur für den Tauchrohrtrieb

Die Luftauftriebskorrektur berechnet sich aus folgender Formel:

$$K_{LA} = \frac{1 - \frac{\rho_L}{\rho_G}}{1 - \frac{\rho_{LB}}{\rho_W(\vartheta_W)}}$$

Formel 2

Dabei bedeuten:

ρ_L = Luftdichte außerhalb des Wägebekälters (i.a. bei 20 °C)

ρ_{LB} = Luftdichte im Wägebekälter

$\rho_W(\vartheta_W)$ = Wasserdichte bei ϑ_W

ρ_G = konventionelle Dichte der Normalgewichtsstücke, $\rho_G = 8000 \text{ kg/m}^3$

Für die Berechnung der Luftauftriebskorrektur ist es ausreichend, folgende Näherungswerte einzusetzen

ρ_L = $1,20 \text{ kg/m}^3$

ρ_{LB} = $1,04 \text{ kg/m}^3$ (bei 50°C mit 100% relativer Feuchte) bis $1,20 \text{ kg/m}^3$ (bei 20°C mit 0 % relativer Feuchte)

$\rho_{W(50^\circ\text{C})}$ = 988 kg/m^3

und damit

$K_{LA} = 1,0010$

als konstant anzunehmen.

Die Tauchrohr-Auftriebskorrektur ist

$$K_{RA} = 1 - \frac{A_{TR}}{A_B}$$

Formel 3

wenn A_{TR} und A_B über die Fallhöhe konstant sind.

Dabei bedeuten:

A_{TR} = Querschnitt der Tauchrohrwand

A_B = freier Behälterquerschnitt (abzüglich der Fläche eventueller Einbaute, aber einschließlich aller A_{TR})

Ist kein außen befestigtes Tauchrohr vorhanden beträgt $K_{RA} = 1$.

3 Überprüfung der Gebrauchsnormale

3.1 Einlaufstrecken/Auslaufstrecken

Vor jedem Gebrauchsnormal muss eine störungsfreie, gerade Rohrstrecke von der Nennweite des Aufnehmers mit einer Länge von mind. dem 10-fachen dieser Nennweite eingebaut sein. Hinter dem Gebrauchsnormal muss eine störungsfreie, gerade Rohrstrecke von der Nennweite des Aufnehmers mit einer Länge mind. dem 5-fachen dieser Nennweite eingebaut sein. Der Einsatz von Passsitzen incl. der exakten Halterung von Dichtungen ist empfehlenswert.

Müssen Querschnitte angepasst werden ($< 7^\circ$, halber Öffnungswinkel), so sind zusätzliche Abstände zu Strömungsstörern (z.B. Einziehungen, Rohrbögen e.t.c) vorzusehen.

Das Feinregulierventil für den Durchfluss muss in Fließrichtung nach der Auslaufstrecke angeordnet werden, z. B. hinter den MID's.

3.2 Strömungsgeschwindigkeiten

Unabhängig von Herstellerangaben ist die Nutzung hoher maximaler Fließgeschwindigkeiten in den Gebrauchsnormalen empfehlenswert, da hierdurch der Dynamikbereich erweitert und die Messbeständigkeit erhöht wird. Fließgeschwindigkeiten zwischen 0,5 m/s und 20 m/s haben sich bewährt.

3.3 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Die Netzeinspeisung für Gebrauchsnormale muss von leistungsstärkeren Verbrauchern abgekoppelt sein, der Klirrfaktor der Versorgungsspannung sollte nicht mehr als 3 % betragen. Eine unterbrechungsfreie Stromversorgung mit Netztrennung ist empfehlenswert.

3.4 Kalibrierung

Die Kalibrierung der Gebrauchsnormale wird mit „fliegendem“ Start und Stopp durchgeführt. Für die Richtigkeit im Rahmen des Gesamtmessunsicherheitsbudgets sind die besonderen Eigenschaften der Umschalteneinrichtung und der Abrisskante (Abtropfzeit e.t.c.) zu beachten.

Alternativ dazu kann die Kalibrierung auch mit stehendem Start/Stop durchgeführt werden. Dabei ist die Messunsicherheit durch die Öffnungs- u. Schließzeit der Absperrereinrichtung zu beachten.

3.5 Ausgangssignale

Aus Gründen der max. Auflösung ist ein HF-Signal (z. B. 10 kHz optischer Ausgang) zu nutzen. Vorteilhaft ist die Verwendung von Lichtleiteranschlüssen.

3.6 Richtigkeitsüberprüfungen während der Gebrauchsdauer

Die Gebrauchsnormale in den einzelnen Messstrecken des Prüfstandes bedürfen der regelmäßigen Überprüfung. Die Intervalle für die einzelnen Messstrecken können gegliedert werden in kürzerfristiges, punktuell sicherstellen, damit Drifterscheinungen erkannt werden, sowie in größeren Zeitabständen (z. B. quartalsweise) Überprüfungen an den jeweiligen Eckpunkten der MID's und einer jährlich durchzuführenden engschichtigen Kontrolle des Gesamtverlaufes der Kurve der Messabweichungen.

Treten bei diesen beschriebenen Messvorgängen Messabweichungen auf, die hinsichtlich des Messunsicherheitsbudgets nicht akzeptiert werden können, so sind die o. g. Intervalle zu verkürzen. Die Prüfvolumen sind so groß zu wählen, dass die Bedingungen des Messunsicherheitsbudgets einhalten werden.

3.6.1 Kurzfristige Überprüfung

Unmittelbar vor Beginn einer Prüfschicht ist am Punkt $Q = 0$ oder die bei einem bestimmten simulierten Durchfluss die Richtigkeit zu überprüfen bzw. die Gebrauchsnormale bei mindestens 20 % des größten Prüfdurchflusses mit einem Messgefäß oder einer Behälterwaage zu überprüfen.

Alternativ dazu kann auf Nachweis, in kurzfristigen Abständen (z. B. wöchentlich) der jeweils kritischste Punkt einer Messstrecke (der Punkt des geringsten Durchflusses) auf Richtigkeit geprüft werden. Hierdurch kann sichergestellt werden, dass die Gebrauchsnormale keine (im Sinne des festgelegten Messunsicherheitsbudgets) unzulässigen Drifterscheinungen aufweisen.

Die ermittelten Werte dürfen dabei die im Messunsicherheitsbudget festgelegten Werte nicht überschreiten. Werden die Werte überschritten müssen weitere Prüfungen gemäß Nr. 3.6.2 oder Nr. 3.6.3 durchgeführt werden.

3.6.2 Mittelfristige Überprüfung

In mittelfristigen Abständen (z. B. quartalsweise) erfolgt die Überprüfung des Kurvenverlaufes an mind. 3 Prüfpunkten, um festzustellen ob ein Justagebedarf der abgespeicherten Messabweichungswerte besteht, um das festgelegte Messunsicherheitsbudget nicht zu überschreiten. Als Prüfpunkte eignen sich Werte $< 10 \%$, 40% bis 60% sowie $> 90 \%$ vom jeweils größten zulässigen Prüfdurchfluss des MID's.

Die Prüfungen sind bei jeder Einstellung einmal zu wiederholen.

Bei Überschreitung der im Messunsicherheitsbudget festgelegten Werte sind Prüfungen gemäß Nr. 3.6.3 durchzuführen.

3.6.3 Ausführliche Überprüfung

Um den gesamten Messbereich der Gebrauchsnormale mit den zugeordneten Messabweichungen in größeren Abständen neu abzuspeichern (zur internen Korrektur der Messabweichungswerte des Prüfstandsprogramms) ist mindestens einmal pro Halbjahr die Aufnahme des Verlaufs der Kurve der Messabweichungen notwendig. Hierfür sind vom minimalen bis zum maximalen Durchfluss mindestens 8 Prüfpunkte zu ermitteln.

Die Prüfungen sind mindestens einmal zu wiederholen.

3.7 Prüfungsunterlagen

Über die Überprüfung der Gebrauchsnormale sind auswertbare Aufzeichnungen zu erstellen und mindestens 6 Jahre aufzubewahren.

Bibliografie:

Die TR K 2 wird gleichlautend im Regelwerk der AGFW, dem Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., als Arbeitsblatt Nr. FW 216 geführt.