

Fachbericht

„Dampfabrechnung – ein heikles Thema!“



Dampfabrechnung - ein heikles Thema!

Wasserdampf hat speziell in der Energiewirtschaft eine enorme Bedeutung. Geringe Mengen Wasserdampf können eine große Menge Wärme und damit Energie transportieren.

- Arbeitsmittel in Dampfturbinen
- für Heizzwecke
- Prozessdampf

- Nassdampf (Wasser und Dampfanteile)
- Sattdampf (Druck und Temperatur haben eine eindeutige Zuordnung)
- überhitzter Dampf (keine eindeutige Zuordnung von Druck und Temperatur)

Die Messung von dampfförmigen Medien bedeutet nach wie vor einen Eingriff in die Rohrleitung. Die möglichen, verlässlichen Messmethoden beschränken sich auf die Messung der Druckdifferenz und der Wirbelablösung. Der steigende Bedarf dieser Verrechnungsmessungen ist dadurch erklärbar, dass der Erzeuger der diversen Stoffströme nicht auch gleichzeitig der Verbraucher ist.

Die zunehmende Entflechtung und Dezentralisierung der Firmen macht es notwendig an den Schnittstellen entsprechende Zähleinrichtungen zu installieren.

Die Nachfrage nach solchen Verrechnungsmessungen ist deutlich gestiegen, wobei die Grundlage, speziell bei Dampfmessungen, für viele sehr undurchsichtig ist. Es entstehen immer wieder Fragen nach Eichbarkeit, Vertrauensbereich, Messunsicherheit und nach dem Aufbau der entsprechenden Messketten.

Dampfmessungen sind nicht eichfähig!!

Dies ist eindeutig in der Eichordnung definiert (EO 22 Anhang A)

Und somit fangen die Probleme für den Dampferzeuger und den Dampfbezieher an. Beide haben naturgemäß großes Interesse an einer genauen und vor allem vertrauenswürdigen und nachvollziehbaren Messeinrichtung. Es gibt eine beschränkte Anzahl von messtechnischen Verfahren, die prinzipiell für Dampfanwendungen geeignet sind.

Die wichtigsten sind:

- **klassische Wirkdruckmesstechnik nach DIN EN ISO 5167 (kurz ISO 5167)**
- **Wirbelzähler**
- **Stausondenmessung**

Wirkdruck nach DIN EN ISO 5167:

METRA Energie - Messtechnik ist seit 25 Jahren als Lieferant für Dampfdurchfluss- bzw. Dampfenergiezähler tätig. Aufgrund unserer großen Erfahrung auf dem Gebiet der Dampfmessungen haben wir festgestellt, dass die Messung nach dem Wirkdruckprinzip (Blenden, Düsen, Venturi ISO 5167) für Abrechnungsmessungen und hochwertige Bilanzierungs-/ Kontrollmessungen am besten geeignet ist.



Dampfverrechnungsmessung mit Venturirohr nach DIN EN ISO 5167

METRA Energie-Messtechnik Speyer

Medium Dampf, Massestrom 65 t/h, Dampfdruck 21 bar(abs), Dampftemperatur 280 °C

Um dies zu begründen muss man sich in die Lage eines Dampflieferanten oder eines Dampfbeziehers versetzen. Die Anforderungen an eine Dampfverrechnungsmessung aus Sicht des Betreibers sind:

- kleine Messunsicherheit bei großer Messdynamik
- großer Vertrauensbereich und hohe Verfügbarkeit
- Überprüfbarkeit vor Ort, Plausibilitätskontrolle
- Rechtssicherheit bzw. Rückführbarkeit auf international gültige Regelwerke

Diese Anforderungen sind nur mit genormten Wirkdruckgebern (ISO 5167) und einer darauf abgestimmten Gerätetechnik erfüllbar. Die Wirkdruckgebernorm ISO 5167 ist bis auf kleine Änderungen weltweit gültig. Es gibt kein anderes Messverfahren, das so ausgiebig untersucht und durch zahlreiche Kalibrierungen auf verschiedenen Prüfständen untermauert wurde.

Die weitverbreitete irriige Meinung, dass mit der Wirkdruckmesstechnik nur eine sehr geringe Messdynamik bei gleichzeitig hoher Messunsicherheit gefahren werden kann ist schon lange nicht mehr gültig. Die heutige Gerätetechnik erlaubt auch in der klassischen Wirkdruckmesstechnik Messbereiche von bis zu 50:1 bei einer Messunsicherheit von 0,5 % vom Momentanwert bezogen auf den Massedurchfluss und Energiedurchfluss.

Um solch große Messbereiche bei gleichzeitiger minimaler Messunsicherheit zu realisieren, werden an die einzelnen Komponenten und an das Prüfverfahren einer Wirkdruckmesskette hohe Anforderungen gestellt.

Dies betrifft die richtige Auswahl des Wirkdruckgebers, der Umformertechnik (Differenzdruck, Absolutdruck, Temperatur) bis hin zum Dampfdurchfluss- bzw. Dampfenergierechner.



**Universeller Durchfluss- und Energierechner ERW 700
(EG-Baumusterprüfbescheinigung DE-08-MI004-PTB004)
METRA Energie-Messtechnik Speyer**

Wichtig für eine korrekte Auslegung ist immer die richtige Einschätzung und Berücksichtigung der Ein- und Auslaufsituation sowie des Dampfzustandes (Nassdampf, Sattdampf, überhitzter Dampf).

Ganz entscheidend für die Qualität einer Dampfmessung ist die richtige Auswahl des Kalibrier-Institutes. Die Wahl des Kalibrier-Institutes wird vom Strömungszustand beim tatsächlichen Einsatz der Dampfmessung bestimmt (Kennzahl hierfür ist die Reynoldszahl Re_D).

Ein entscheidender Vorteil liegt in der einfachen Überprüfbarkeit einer bereits in Betrieb befindlichen Dampfmessung. Bei der richtigen anwendungsorientierten Auswahl des Wirkdruckgebers ist ein Verschleiß der messrelevanten Teile des Wirkdruckgebers auch über Jahre nicht zu befürchten. Die zugehörige Umformertechnik wie Differenzdruck, Temperatur, Absolutdruck oder Durchfluss / Energierechner lassen sich mit entsprechenden Normalen einfach vor Ort überprüfen.

Nur wenn alle oben beschriebenen Anforderungen ausreichend berücksichtigt werden, ist eine vertrauenswürdige, nachvollziehbare Dampfmessung, die vergleichbar mit einer geeichten Messeinrichtung ist, zu realisieren.

Bei der nachfolgenden Beispielrechnung sieht man sehr anschaulich, dass der Dampflieferer sowie der Dampfbezieher, ein großes Interesse an einer genauen und nachvollziehbaren Dampfmessung haben sollten:

Beispiel:

Kostenrechnung Dampfmessung

Annahme

Dampfmassenstrom / Stunde	=	80 t/h
Dampfpreis / Tonne	=	25 €/t
Betriebszeit / Jahr	=	7.200 h/a
Abzurechnender Betrag/Jahr		
80 t/h x 7200 h/a x 25 €/t	=	14,4 Mio. Euro

Messunsicherheiten der Dampfmessung und daraus resultierende

Eurobeträge

Messunsicherheit + - 5% >	+ - 720.000 Euro/a
Messunsicherheit + - 3% >	+ - 432.000 Euro/a
Messunsicherheit + - 2% >	+ - 288.000 Euro/a
Messunsicherheit + - 1% >	+ - 144.000 Euro/a
Messunsicherheit + - 0,5% >	+ - 72.000 Euro/a

Wirbelzähler:

Die Wirbelzählertechnik ist für Dampfapplikationen geeignet. Der direkte lineare Zusammenhang zwischen Wirbelablösung und Strömungsgeschwindigkeit in einem bestimmten Reynoldszahl-Bereich erlauben eine vergleichsweise einfache Weiterverarbeitung der Signale. Eine Dampfmesseinrichtung besteht aus dem Wirbelzähler, Druck- und Temperatursensoren und einem Durchfluss- bzw. Energierechner. Der Einsatzbereich beläuft sich auf Temperaturen $\leq 300^{\circ}\text{C}$ und Nennweiten $\leq \text{DN } 300$.

Für eine Dampfabrechnungsmessung sind jedoch weitere Maßnahmen erforderlich. Wie bei der bereits beschriebenen Wirkdruckmessung sind Ein- und Auslaufstrecken als fester Bestandteil der Gesamtmessung erforderlich. Der Wirbelzähler bildet mit der Ein- und Auslaufstrecke eine feste Einheit (Messstrecke). Eine Druck- und Temperaturerfassung ist in der Messstrecke integriert.

Für die notwendigen Ein- und Auslaufstrecken sind nur Herstellerangaben verfügbar. Allgemein anwendbare Untersuchungen oder gar Normen, wie bei der Wirkdruckmessung, existieren nicht. Für die Festlegung der erforderlichen Einbaulängen sollte man sich an die ISO 5167 anlehnen. Eine Herstellerkalibrierung der Einzelkomponenten (Wirbelzähler, Temperatur, Druck) ist bei weitem nicht ausreichend. Die komplette Messeinrichtung, bestehend aus Wirbelzählermessstrecke, Druck- und Temperaturerfassung sowie Durchfluss- bzw. Energierechner ist auf einem geeigneten, dem späteren Arbeitsbereich abdeckenden, akkreditierten Prüfstand realitätsnah zu prüfen. Hier gilt dasselbe wie bei der Wirkdruck-messung! Nur die Prüfung und das Zusammenspiel der kompletten Messkette lässt eine vertrauenswürdige Aussage über die zu erwartende Messunsicherheit zu.

Betriebszustände die durch die Kalibrierung nicht abgedeckt werden können, wie zum Beispiel hohe Mediumstemperaturen, sind über eine theoretische Messunsicherheitsbetrachtung mit zu berücksichtigen.



Dampfverrechnungsmessung mit Wirbelzähler

METRA Energie-Messtechnik Speyer

Medium Dampf, Massestrom 50 t/h, Dampfdruck 16 bar(abs), Dampftemperatur 230 °C

Stausonde:

Die Stausondenmessung gehört zur Familie der Wirkdruckmessungen. Die Vorteile einer Stausondenmessung liegen auf der Hand. Die Stausonde wird über eine Bohrung in der Rohrleitung in das vorhandene Rohr eingeführt. Die Installation der Staudrucksonde in ein Rohrsystem ist verglichen mit anderen Verfahren recht einfach.

Über entsprechende Druckentnahmen in der Sonde wird der durchflussproportionale Differenzdruck erfasst und wie bei der klassischen Wirkdruckmessung (DIN EN ISO 5167) mit Hilfe von Druck- und Temperatur in Verbindung mit einem Rechner zu einem Durchfluss- bzw. Energiestrom weiterverarbeitet.

Der Zusammenhang zwischen gemessenem Differenzdruck und der Mediumsgeschwindigkeit ist wie bei allen Wirkdruckverfahren quadratisch. Die vergleichsweise einfache Montage wird jedoch durch eine ganze Reihe von Nachteilen überschattet:

Die Montage in ein bereits vorhandenes Rohrsystem berücksichtigt keine Fertigungstoleranzen, Oberflächenbeschaffenheit, Exzentrizität sowie Herstellungsort des Rohres. Der vielgepriesene geringe Druckverlust wird durch ein sehr kleines Differenzdrucksignal und somit durch sehr geringe Messdynamik erkauft (ca. 3:1 bezogen auf Massestrom).

Die von den meisten Stausonden-Herstellern geforderten Einlaufstrecken sind für ein Wirkdruckverfahren sehr gering. Hier sind jedoch gewisse Zweifel angebracht:

Das Öffnungsverhältnis (Geometrieverhältnis, Sonde / Rohrinne Durchmesser, d/D) ist bei diesen Sonden sehr groß. Das heißt, eine Beeinflussung der Strömung findet faktisch nicht statt.

Bei der genormten Wirkdruckmessung (ISO 5167) wird z.B. bei Blenden mit großem Öffnungsverhältnis ($d/D = 0,7$) je nach Einlaufstörung eine Einlaufstrecke von $40xD$ - $50xD$ gefordert. Bei kleinerem Öffnungsverhältnis ($d/D = 0,4$) reduziert sich die geforderte Einlaufstrecke erheblich auf $7xD$ - $15xD$.

Dies lässt den Schluss zu, dass mit einer Stausondenmessung, bei der das Öffnungsverhältnis noch deutlich größer als 0,7 ist, mindestens dieselben großen Einlaufstrecken erforderlich sind. Die Stausonde erfasst aufgrund der sehr kleinen Versperrung nur einen kleinen Teil des vorhandenen Strömungsprofils. Störungen bzw. Unsymmetrien im Strömungsprofil werden gar nicht oder nur zum Teil von der Sonde erfasst.

Fazit:

Für Dampfabrechnungsmessungen ist die klassische Wirkdruckmesstechnik nach ISO 5167 am besten geeignet. Überall, wo es auf Grund der bestehenden Platzverhältnisse möglich ist, sollte man dieses Verfahren bevorzugen.

Es ist nach wie vor das einzige Verfahren, das auf international gültige Regelwerke (ISO 5167) rückführbar ist. Der große Vertrauensbereich und die mögliche Plausibilitätskontrolle vor Ort geben dem Betreiber die nötige Sicherheit.

Die weitverbreitete irrige Meinung, dass mit der Wirkdruckmessung nur sehr kleine Messbereiche bei großer Messunsicherheit gefahren werden können, gehört der Vergangenheit an.



**Durch die PTB anerkannte Prüfstation (2-Wege Rohrschleife)
METRA Energie-Messtechnik Speyer**

Geeignet ist sicherlich auch das Wirbelzählerverfahren. Der Einsatzbereich ist bei Nennweiten \leq DN 300 und bei Dampftemperaturen \leq 300°C.

Wichtig hierbei ist, dass die komplette Messkette als Einheit betrachtet und geprüft werden muss. Die Einzelprüfung der Komponenten ist bei weitem nicht ausreichend.

Die Stausondenmessung ist als Abrechnungsmessung nur bedingt geeignet. Die geringe Messdynamik, die Unsicherheiten bezüglich der erforderlichen geraden Einlaufstrecken, die fehlende Rückführbarkeit auf gültige Regelwerke lassen den Einsatz von Stausonden als Abrechnungssystem nur in Ausnahmefällen zu.

Manfred König, Produktmanager