

Druckluftmessung mit Ultraschall

Neuer Verdichterprüfstand mit vereinfachter Durchflussmessstrecke

Als zusätzliche qualitätssichernde Maßnahme wurde bei der Firma ALUP KOMPRESSOREN GmbH in Köngen ein neuer Verdichterprüfstand zur Volumenstrommessung von Schraubenverdichteranlagen über 90 kW Anschlussleistung in Betrieb genommen. Da bei jeder Anlage in diesem Leistungsbereich eine Volumenstrommessung nach ISO 1217 durchgeführt wird, ist es notwendig, ein wartungsarmes, robustes und genaues Messgerät einzusetzen. Aus diesem Grund entschied man sich für das Ultraschallmeter USM 80 von Elster.

Neben der elektrischen Leistung des Verdichtermotors, dem Druck und der Temperatur ist der Durchfluss am Ausgang des Verdichters die wichtigste Größe zur Wirkungsgradermittlung. Zur Durchflussmessung werden hauptsächlich Blenden, Wirbelzähler, Turbinenradgaszähler und Drehkolbengaszähler eingesetzt. Alle diese Messverfahren zeigen aber auch Nachteile, entweder in der Robustheit oder in der Weite des Messbereichs. Der Ultraschallmeter USM 80 von Elster ist eine robuste Alternative mit großem Messbereich und hoher Genauigkeit. Da das Ultraschallmessgerät keine beweglichen Teile besitzt, kann es auch durch stark überhöhte Durchflüsse nicht beschädigt werden. Die Handhabung ist somit unproblematisch. Der Druckverlust ist gering, da der volle Rohrquerschnitt zur Verfügung steht. Der Messbereich von 2,5 bis 350 Betriebskubikmeter pro Stunde (1 : 140) ermöglicht die Überprüfung von Verdichteranlagen verschiedener Leistungsbereiche.

Mit vier Nennweiten DN50 – DN150 (Abb. 1) deckt das Ultraschallmeter einen Messbereich von 2,5 bis 32.000 Normkubikmetern pro Stunde ab.



Abb. 1:
Ultraschallmeter
der Nennweiten
DN50, DN80,
DN100 und DN150

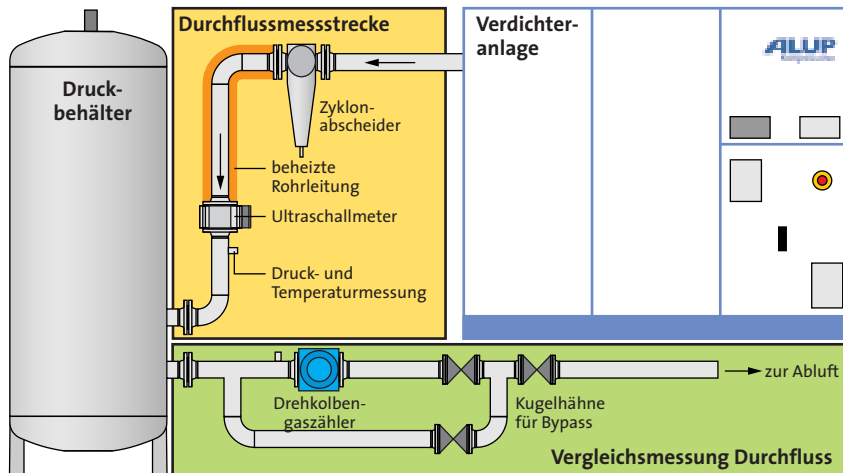


Abb. 2: Verdichterprüfstand mit Vergleichsmessung für den Durchfluss



Abbildung 2 zeigt den Aufbau der neuen Durchflussmessstrecke (gelb unterlegt). Der Druckluftausgang des Kompressors wird über einen Druckschlauch mit dem Zyklonabscheider verbunden. Der Zyklonabscheider hat die Aufgabe, ausfallende flüssige Wasseranteile aus der Druckluft zu entfernen. Eine beheizte Stahlrohrleitung zwischen Zyklonabscheider und Ultraschallmeter verhindert ein weiteres Abkühlen der Druckluft und damit die Kondensatbildung bei der Messung. Im normalen Prüfbetrieb wird der Durchfluss am Ausgang des Druckbehälters eingestellt. Zur Kontrolle des Durchflusses kann am Ausgang des Druckbehälters zusätzlich ein Drehkolbengaszähler installiert werden. Um den Drehkolbengaszähler in diesem Fall vor Druckstößen bzw. vor einem Überfahren im Messbereich zu schützen, wird er mit einem Bypass umfahren. Erst wenn der Ausgangsdruck den eingestellten Wert erreicht hat, wird der Kugelhahn am Ausgang des Drehkolbengaszählers geöffnet und der Bypasskugelhahn geschlossen. In der Durchflussmessstrecke sind Druck- und Temperaturmessstellen zur Umwertung auf Normkubikmeter integriert.

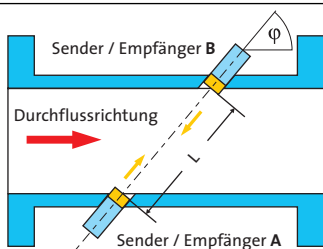
Die Erstinbetriebnahme des neuen Prüfstandes erfolgte im Zusammenhang mit einem Auftrag von acht wassergekühlten Schraubenverdichtern SCG mit jeweils 250 kW Anschlussleistung (Abb. 3). Diese Anlagen wurden nach den Richtlinien von BUREAU VERITAS für Arbeitsluft im Schiffsbetrieb abgenommen.

Zur Kontrolle wurde, wie oben beschrieben, nach der Messstrecke des Ultraschallmeters USM 80 zusätzlich ein Drehkolbengaszähler installiert, um mit einem anderen physikalischen Verfahren eventuell mögliche Messfehler zu erkennen (grün hinterlegter Bereich in Abb. 2). Bei dem direkten Vergleich war die Abweichung des USM 80 gegenüber dem Drehkolbengaszähler $\leq 1\%$. Damit wurde bestätigt, dass der Ultraschallmeter mit dieser Anordnung die geforderte Genauigkeit einhält und in der Fertigungsendkontrolle eingesetzt werden kann.

Durch den Einsatz des Ultraschallmeters konnte der Aufbau vereinfacht und die Handhabung des Verdichterprüfstandes wesentlich erleichtert werden.



Abb. 3: Schraubenverdichter SCG



Das Messprinzip

Als Ultraschall bezeichnet man Schallschwingungen mit Frequenzen, die jenseits der Hörgrenze (20 kHz) des menschlichen Ohrs liegen.

Das Messprinzip des Ultraschalldurchflussmessers USM von Elster basiert auf der Messung von Signallaufzeiten. Ein Ultraschallmesspfad besteht aus zwei am Messrohr gegenüberliegenden Ultraschallwandlern A und B. Die Zeit, die der Schall benötigt, um die Distanz L zwischen den beiden Wandlern zu durchlaufen, wird als Schallaufzeit bezeichnet. Da die Wandler sowohl als Sender als auch als Empfänger betrieben werden können, kann die Schallaufzeit in Mitfluss- und Gegenflussrichtung gemessen werden.

Schallpfadanordnung

$$1) \quad t_{AB} = \frac{L}{c + v_m \cos \varphi}$$

$$t_{BA} = \frac{L}{c - v_m \cos \varphi}$$

$$2) \quad v_m = \frac{L}{2 \cos \varphi} \cdot \frac{t_{AB} - t_{BA}}{t_{AB} \cdot t_{BA}}$$

Wird die Laufzeit in Richtung des Gasflusses gemessen (t_{AB}), so wird sie aufgrund des Mitföhreffektes kürzer, bzw. entgegen der Richtung des Gasflusses (t_{BA}) länger sein (1). Durch die Differenzbildung der reziproken Werte der Schallaufzeit und unter Berücksichtigung des Einstrahlwinkels sowie der Länge L berechnet sich die mittlere Geschwindigkeit v_m des Gasdurchflusses. Die Laufzeitdifferenz ist somit ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit bzw. den Durchfluss (2).

Da die Laufzeiten voneinander subtrahiert werden, wird dieses Messprinzip Laufzeitdifferenzverfahren genannt.

NORBERT GUGGOLZ, ALUP /
WOLFGANG LÖBER, ELSTER