

Statt Blende, Venturi oder Vortex

Durchflussmessung mit moderner Staudrucksonde

Der niedrige Druckverlust einer modernen Staudrucksonde führt in vielen Fällen zu erheblichen Einsparungen bei den Energiekosten. Auch hinsichtlich der Messgenauigkeit müssen keinerlei Kompromisse eingegangen werden. Fragen zur Messgenauigkeit und unter welchen Bedingungen wie viel einzusparen ist, beantwortet dieser Beitrag von Systec Controls.

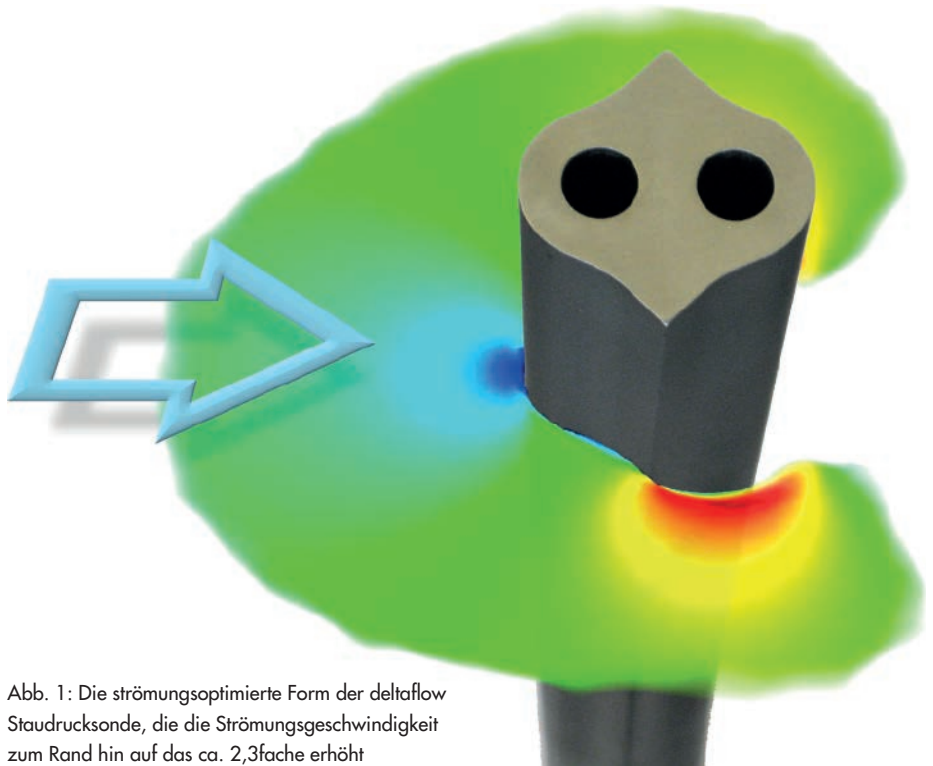


Abb. 1: Die strömungsoptimierte Form der deltaflow Staudrucksonde, die die Strömungsgeschwindigkeit zum Rand hin auf das ca. 2,3fache erhöht

Die Durchflussmessung mit Blenden oder Venturis führt zu vergleichsweise erheblichen Druckverlusten, deren Ausgleich wiederum einen erhöhten Energieeinsatz verlangt. Der selbst im Vergleich zu Vortex-Messgeräten niedrige Druckverlust einer modernen Staudrucksonde führt in vielen Fällen zu erheblichen Energiekosteneinsparungen. Auch hinsichtlich der Messgenauigkeit sind keinerlei Kompromisse einzugehen. Unter welchen Bedingungen wie viel einzusparen ist, ließ sich in Vergangenheit nicht auf Anhieb beantworten. Auch zur tatsächlichen Messgenauigkeit gab es keine „amtliche“ Aussage.

Blenden und Venturis schnüren die Rohrleitung ein, was für Druckverluste sorgt. Dampfdruck in Leitungen soll Turbinen antreiben, die Druckluft Aggregate und Werkzeuge und nicht die Messung. Die deltaflow Staudrucksonde hat eine strömungsoptimierte Form die nur sehr geringe Druckverluste erzeugt, so dass selbst Vortex- oder Wirbeldurchflusszähler oft deutlich höhere Druckverluste haben. Die deltaflow ist eine Staudrucksonde, die den Durchfluss in Rohrleitungen nach dem Differenzdruckprinzip misst. Sie kommt in Gasen, Dämpfen und Flüssigkeiten

zum Einsatz. Ein entscheidender Vorteil der deltaflow gegenüber klassischen Differenzdruckelementen ist ihre strömungsdynamische günstige Bauform. Sie erzeugt eine wesentlich geringere Einschnürung und bewirkt dadurch signifikant niedrigere Druckverluste als ISO 5167-Elemente wie Blende, Venturi oder Düse. Der geringe Druckverlust ermöglicht den Einsatz schlanker Pumpen, Gebläse und Kompressoren.

In Chemie und Petrochemie zuhause

Nicht nur in der Energiewirtschaft ist die deltaflow eine kostensparende Lösung. Die Staudrucksonde übernimmt in der Verfahrenstechnik Messungen in Produktströmen, in Abluft oder Rauchgasen, in reinen oder verschmutzten, inerten oder aggressiven Medien. So hat die deltaflow bereits 1996 einen mehrmonatigen Härtetest bei der Wacker-Chemie in Burghausen in 100% wasserdampfgesättigten, aggressivem und verschmutzten Rauchgas erfolgreich bestanden.

Für „Problemmessungen“ z.B. im Rahmen der Pyrolyse kann die deltaflow aus säurebe-

ständigen Werkstoffen gefertigt werden, die im Dauerbetrieb bei Temperaturen bis jenseits 1200°C einsetzbar sind. Weder Ex-Gefährdung noch Hochdruckanwendungen sind ein Hindernis. Die Messumformer sind Ex-sicher, eine TÜV Baumuster-Prüfzulassung bis 690 bar liegt vor.

Druckverluste berechnen!

Ob sich die Investition in den Umbau einer bestehenden Blenden- oder Venturi-Messung lohnt, beantwortet ein von systec Controls entwickeltes, ganz einfach zu nutzendes Online-Berechnungs-Tool. Anhand weniger Eingabegrößen liefert die Website eine grobe Abschätzung der Wirtschaftlichkeit des Einsatzes der deltaflow Staudrucksonde. Abbildung 2 zeigt eine Überschlagsrechnung zum Vergleich einer Blende versus einer deltaflow-Anwendung in einem Stahlwerk. Unter realistischen Bedingungen lassen sich in diesem Fall durch den Wechsel des Messsystems jährlich mehr als 10.000 € an Energiekosten einsparen. Dass selbst geringste prozentuale Einsparungen gewaltige

Kostenauswirkungen haben können, zeigt ein Kraftwerksbeispiel.

Sparbüchse für Dampfturbinen

Generell ist der Einsatz der deltaflow dank des besonders geringen Druckverlusts dort interessant, wo der Druck des Mediums zum Betrieb einer Maschine oder eines Aggregats verwendet wird. Typische Beispiele sind Dampfturbinen oder Druckluftanlagen. Im Gemeinschaftskraftwerk Kraftwerk Hannover wurden im Frischdampf die zuvor eingesetzten Blenden- Durchflussmessungen gegen deltaflow Hochdruckdampfsonden ausgetauscht. Die Blenden hatten bei den gegebenen Dampfparametern einen maximal bleibenden Druckverlust von 789 mbar verursacht. Durch den Einsatz der von systec Controls entwickelten deltaflow Staudrucksonden, konnte der bleibende Druckverlust in diesem Messsystem auf 17 mbar reduziert werden.

Mit Hilfe von Kreisprozessberechnungen stellten die Kraftwerksbetreiber fest, dass sich der elektrische Wirkungsgrad der Anlage durch den deutlich verringerten Druckverlust um 0,5% erhöhte. Was sich nach wenig anhört, bedeutet in konkreten Zahlen eine Ersparnis von 800 t Kohle bzw. 1.500 t CO₂ pro Jahr. Bei Preisen von zwischenzeitlich um die 100 €/t Kohle spart die deltaflow damit jährlich rund 80.000 € an Primärenergie. Die 1.500 t CO₂ sind im Zertifikatshandel darüber hinaus rd. 7.500 € wert. Der Austausch einer Venturi gegen eine Hochdruck-deltaflow amortisierte sich in Hannover binnen weniger Monate. Nicht nur in Dampfleitungen arbeitet deltaflow zuverlässig: Sie misst z.B. in Stahlwerken (Abbildungen 4 und 5) exakt die Verbrennungsluftmengen um Ausbrand, Schlackebildung und Wirkungsgrad von Kesseln nachhaltig optimieren zu können. Die TÜV-geprüfte deltaflow übernimmt auch die Abgasmessung und ist für den Einsatz bei Höchsttemperaturen bis über 1.200 °C geeignet.

Bei Druckluftanwendung besser als Vortex

Dass thermische Durchflussmesser wegen langfristiger Drift für Druckluft nicht gut geeignet sind, hat sich bei vielen Anwendern herumgesprochen. Zweifel gibt es für Staudruckmessungen bei Druckluftanwendungen im Vergleich zu Wirbeldurchflussmessern auch Vortex Messsystem genannt. Mit diesen Zweifeln räumt die deltaflow auf: Im Gegensatz zur Vortex-Messung ist die deltaflow un-

Berechnungsblatt Energieeinsparung deltaflow (Überschlag)			
	Deltaflow	Anderes Primärelement	
Typ	DF25	Blende	
Dp bei Qmax	16,20	60,00	KPa (1mbar=0,1kPa)
Dp bleibend	1,78	17,80	KPa
Q max	8,90		Kg/s
Betriebsdichte p	9,54		Kg/m ³
Betriebsstunden t pro Jahr	4.500,00		h/a
Energiepreis k	0,15		Eur/kWh
Leistungsverlust	$P = \frac{Q_{max}}{\rho} \cdot dp_{bleibend}$ $P = \frac{8,90 \frac{kg}{s}}{9,54 \frac{kg}{m^3}} \cdot 1,78 \text{ kPa}$ $P = 1,6563 \text{ kW}$	$P = \frac{Q_{max}}{\rho} \cdot dp_{bleibend}$ $P = \frac{8,90 \frac{kg}{s}}{9,54 \frac{kg}{m^3}} \cdot 17,80 \text{ kPa}$ $P = 16,6094 \text{ kW}$	KW
Energiekosten	S=P*t*k € 1.117,98	S=P*t*k € 11.211,31	Eur/a
Kosteneinsparung pro Jahr		Kosten S (anderes Primärelement) minus Kosten S (deltaflow)	11.211,31 EUR/a 1.117,98 EUR/a
		Gespart	10.093,33 EUR/a

Abb. 2: Berechnungsblatt Stahlwerk

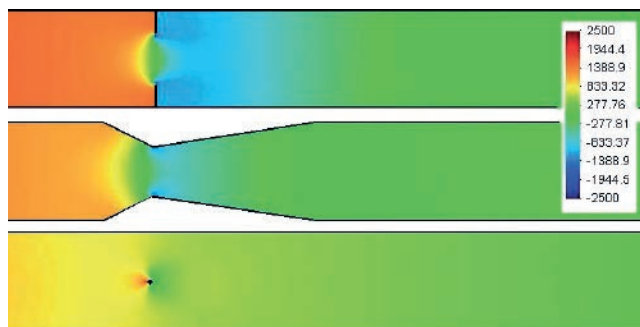


Abb. 3: Druckverluste im Vergleich: oben Blende, Mitte Venturi, unten deltaflow

empfindlich gegenüber Pulsationen und Vibrationen der Rohrleitung.

Meist ist sogar der Druckverlust der deltaflow kleiner. Das in Abbildung 4 gezeigte Beispiel macht deutlich, dass der Wirbelzähler im Vergleich zur deltaflow alleine durch Druckverluste pro Jahr zusätzliche Energiekosten in Höhe eines vierstelligen Betrags verursacht, in diesem Beispiel z.B. über 3.000 €/a. Auch hinsichtlich der Messgenauigkeit verbucht die Staudrucksonde Pluspunkte: Schwankungen in Druck und Temperatur gehen bei der deltaflow-Messung nur unter der Wurzel ein, sprich mit der Ordnung 0,5 – im Gegensatz zum Vortex wo die – Druck- und Temperaturschwankungen linear auf die Durchflussberechnung eingehen.

Deshalb kann für viele deltaflow-Messungen auf eine Druck- und Temperaturkompensation verzichtet werden. Der Wegfall dieser „Kompensationstechnik“ spart um die 2.000 € an Investitionskosten. Hinzukommt, dass die Anschaffungskosten für eine deltaflow – insbesondere bei den größeren Durchmessern – oft deutlich niedriger sind.

Geringe Montagezeiten und -kosten

Zur Montage der deltaflow Staudrucksonde ist nur das Einschweißen eines Stutzens erforderlich. Das Trennen der Rohrleitung und das aufwändige Einschweißen von Flanschen entfällt. Bei vielen Anwendungen ist die del-

Berechnungsblatt Energieeinsparung deltaflow (Überschlag)			
	Deltaflow	Anderes Primärelement	
Typ			
Dp bei Qmax			KPa (1mbar=0,1kPa)
Dp bleibend			KPa
Q max	3,98		Kg/s
Betriebsdichte ρ	9,54		Kg/m³
Betriebsstunden t pro Jahr	2.000,00		h/a
Energiepreis k	0,21		Eur/kWh
Leistungsverlust	$P = \frac{Q_{max}}{\rho} dp_{bleibend}$ $P = \frac{3,98 \frac{kg}{s}}{9,54 \frac{kg}{m^3}} 1,78 \text{ kPa}$ $P = 0,7407 \text{ kW}$	$P = \frac{Q_{max}}{\rho} dp_{bleibend}$ $P = \frac{3,98 \frac{kg}{s}}{9,54 \frac{kg}{m^3}} 21,38 \text{ kPa}$ $P = 8,9214 \text{ kW}$	KW
Energiekosten	$S = P * t * k$ € 311,08	$S = P * t * k$ € 3.746,99	Eur/a
Kosteneinsparung pro Jahr		Kosten S (anderes Primärelement) 3.746,99 EUR/a minus Kosten S (deltaflow) 311,08 EUR/a Gespart 3.435,91 EUR/a	

Abb. 4: Berechnungs-Vergleich deltaflow 12 zu Vortex

taflow binnen einer bis zwei Stunden fertig eingebaut. Weil die deltaflow außerdem kompakt und leicht ist, kann sie selbst bei großen Dimensionen von einem einzigen Monteur ohne große Hilfsmittel eingebaut werden. Da eine Schräganströmung zwischen ±7° zu praktisch keinen Veränderungen in der erzielten Genauigkeit führt, kann auch ein kompliziertes Ausrichten entfallen.

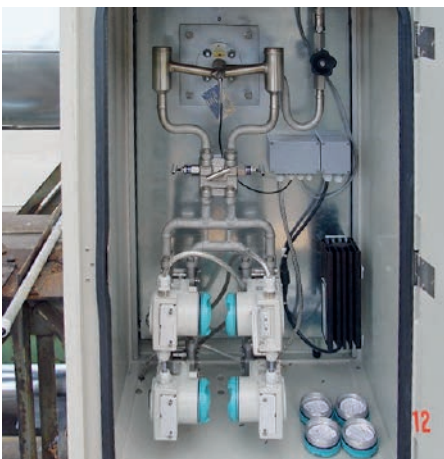


Abb. 5: Bidirektionale deltaflow Messstelle in einem Stahlwerk

Präzise gefertigt, exakt kalibriert, genau gemessen

Die meisten Staudrucksonden werden aus zwei Außenwänden und einer Trennwand zwischen den beiden Kammern zusammengeschweißt. Bei herkömmlichen Verfahren werden sie seitlich verschweißt und manuell bearbeitet. Die Folge sind Fertigungstoleranzen von 1 bis 2 mm in der Stirnbreite, wodurch der Widerstandsbeiwert und damit das Messergebnis verfälscht werden. Bereits eine Fertigungstoleranz von lediglich 1 mm kann bei einem Rohrdurchmesser von 100 mm einen Messfehler von 10% erzeugen, der sich bei kleineren Durchmessern sogar noch erhöht. Deshalb hat systec Controls ein Fertigungsverfahren entwickelt, bei dem die deltaflow nicht am messkritischen Sondenquerschnitt, sondern in den unkritischen Kehren verschweißt wird. Bei der deltaflow kommen heißgewalzte Präzisionsprofile zum Einsatz, deren Maßtoleranz der Stirnbreite ±0,025 mm nicht überschreitet.

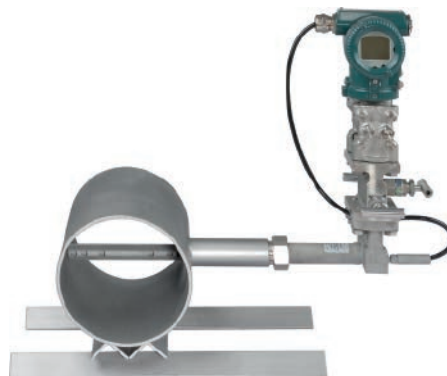


Abb. 6: Druckluftmessung mit integrierter Druck- und Temperaturkompensation.

Sparrechner

Bei welcher Anwendung durch den Einsatz der Staudrucksonde deltaflow überschlagsmäßig wie viel gespart werden kann, lässt sich auf dieser Webseite herausfinden: www.systec-controls.de/95-0-Energieeinsparung-berechnen.html

Eine präzise Berechnung (Verlust an kinetischer Energie, Austauschkosten der alten Durchflussmessung) erfolgt auf Wunsch.

Die Form des Sondenprofils sowie die Fertigungsgüte haben entscheidenden Einfluss auf die Qualität der Messung und damit auf die Güte des Prozesses. systec Controls hat die deltaflow über viele Jahre kontinuierlich weiterentwickelt und sich dabei wissenschaftlicher Unterstützung bedient. So wurden umfangreiche Untersuchungen am Lehrstuhl für Strömungsmechanik der Universität Erlangen durchgeführt und die Genauigkeiten am bundesweit genauesten Gasprüfstand der PtB in Braunschweig bescheinigt.

Die Form des Sondenprofils sowie die Fertigungsgüte haben entscheidenden Einfluss auf die Qualität der Messung und damit auf die Güte des Prozesses. systec Controls hat die deltaflow über viele Jahre kontinuierlich weiterentwickelt und sich dabei wissenschaftlicher Unterstützung bedient. So wurden umfangreiche Untersuchungen am Lehrstuhl für Strömungsmechanik der Universität Erlangen durchgeführt und die Genauigkeiten am bundesweit genauesten Gasprüfstand der PtB in Braunschweig bescheinigt.



Abb. 7: Kalibrierung einer Dampfmesstrecke bei der PtB

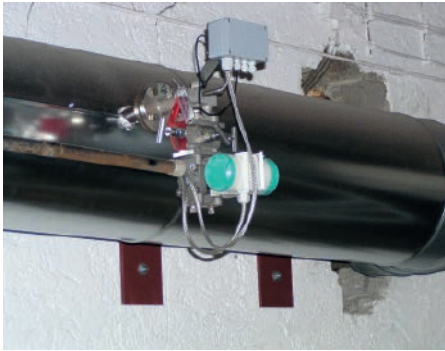


Abb. 8: deltaflow mit Transmitter, 3-Wegeblock, PT100 und Anschlussbox

Dampf und Druckluft sind energiereiche und „teure“ Medien, für deren Einsatz und Abrechnung sich der Einsatz hochwertiger Messtechnik lohnt. Einen amtlich zugelassenen Prüfstand für Dampf gibt es nicht, deshalb muss mit anderen Medien kalibriert werden. Wasserprüfstände sind ungeeignet, weil Wasser als inkompressibles Medium auf den Einfluss der Expansionszahl auf das Messergebnis keinen Rückschluss zulässt. Gasprüfstände sind geeignet, für Luft gibt es sowohl bei der PtB als auch bei diversen DKD-Laboren zugelassene Prüfstände, die Ergebnisse von Luftkalibrierung können auf Dampf umgerechnet werden. Hierzu werden die Durchflusszahl K (Widerstandsbeiwert ähnlich cw-Wert beim Auto) sowie die Expansionszahl präzise ermittelt. Da diese Werte konstant und dimensionslos sind, können Sie auf die Berechnung des Dampfdurchflusses übertragen werden.

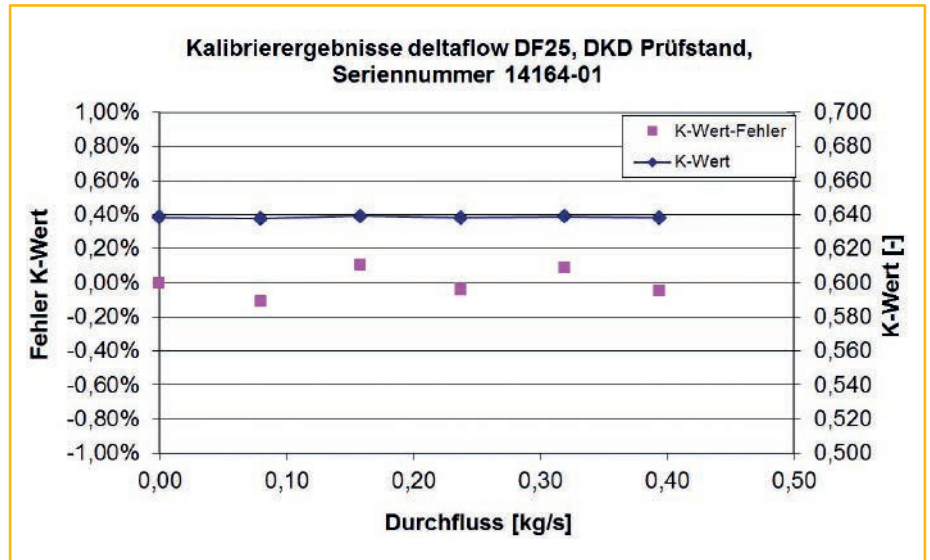


Abb. 9: deltaflow Kalibrierergebnisse auf DKD-Prüfstand

Wie das Abbildung 9 beweist, lassen sich Staudrucksonden auf geeigneten Prüfständen auf Genauigkeiten deutlich besser als 0,5% vom Messwert kalibrieren. Im hier dargestellten Fall waren alle Werte innerhalb $\pm 0,2\%$. Durch die Kalibrierung auf DKD-Prüfständen bekommt der Anwender ein belastbares Messinstrument für Abrechnungszwecke.

Die Staudrucksonde deltaflow ist selbst für sehr anspruchsvolle Messungen eine sowohl von der Installations- als auch von der Betriebsseite her eine kostensparende Alternative zu Blenden, Venturis. In vielen Fäl-

len ist sie sogar Vortex-Messungen vorzuziehen. Geringe Druckverluste, einfache Installation und die insbesondere bei größeren Rohrdurchmessern vergleichsweise niedrige Investition für das deltaflow Messsystem sorgen oft für sehr schnelle Amortisation. Dass auch die Messgenauigkeit hohen Anforderungen entspricht, erleichtert in vielen Fällen zusätzlich die Entscheidung für den Austausch vorhandener Messsysteme.

Autor: Dipl.Betriebswirt(FH) Reinhold Kuchenmeister, Höchberg