

Forschungsbericht

Genauigkeit und Prozeßtauglichkeit, Zulassungen und Prüfungen der deltaflow Staudrucksonde TA-Luft, 13. und 17. BImSchV / TRD / VdTÜV

systemec
Messen & Regeln
Controls

LSTM
Erlangen

TÜV
AMU

deltaflow
made by systemec

Inhalt	Seite
deltaflow hat eine Vielzahl von Vorteilen gegenüber der Meßblende	2
Meßprinzip der deltaflow-Staudrucksonde	3
Arbeitsweise bei der Entwicklung des Sondenprofils für die deltaflow	5
Das Sondenprofil wird mit umfangreichen Tests abgestimmt	6
Die Technische Universität Erlangen prüft die Genauigkeit der deltaflow	10
Zusammenfassung der Meßergebnisse der deltaflow DF25	19
Prüfung im Detail: die konstruktiven Besonderheiten der deltaflow	21
Reine Zulassung nach TA-Luft, 13. u. 17. BImSchV nach Prüfung ÜV-Bayern/Sachsen	23
Die PC-Software für Windows vereinfacht den Einsatz der deltaflow	27
Das reichhaltige Info-Material ist selbstverständlich	28
Beispiele	29
Anwendungsbeispiele	32

systemec
Messen & Regeln
Controls GmbH
Puchheim
Tel.: 089 - 809 06-0
Fax: 089 - 809 06-200

1

Genauigkeit und Prozeßtauglichkeit der deltaflow-Staudrucksonde

Die deltaflow hat eine Vielzahl von Vorteilen gegenüber der Meßblende

Ca. 30 % aller Durchflußmessungen im Anlagenbau basieren auf dem Differenzdruckprinzip. Trotz des hohen Druckverlustes und den damit verbundenen Energieverlusten und Montagenachteilen gegenüber Staudrucksonden kommen in diesem Bereich hauptsächlich Blenden zum Einsatz.

Der bleibende Druckverlust durch Staudrucksonden ist wesentlich geringer als der von Blenden. Trotzdem sind diese Wirkdruckgeber vergleichsweise selten in Anlagen zu finden. Steigende Energiekosten, strengere Umweltauflagen und ein immer größerer Wettbewerbsdruck zwingen zu stetiger Prozeßoptimierung im Anlagenbau. Neue Kohlekraftwerke erreichen heute Wirkungsgrade von bis zu 46 %, bei Gaskraftwerken liegt der Wirkungsgrad zum Teil schon über 58 %. Die Durchflußsensorik steht dieser Entwicklung oftmals nach.

Die mangelhafte Genauigkeit sowie ungenügende Prozeßtauglichkeit haben in der Vergangenheit den Einsatz von Staudrucksonden meist auf „unkritische“ Meßstellen beschränkt, an die geringe Genauigkeitsanforderungen gestellt wurden. Ungenügende Dokumentation, das Fehlen zuverlässiger Kalibrierdaten sowie moderner Projektierungshilfen haben den Einsatz von Staudrucksonden zusätzlich erschwert.

Die system Controls GmbH, Puchheim, hat seit ihrer Gründung enormen Aufwand betrieben, um durch eigene Forschung und die Hinzuziehung unabhängiger Dritter diese Mängel zu beheben. Fundiertes Grundlagenmaterial, leicht verständliche Dokumentation und moderne Projektierungshilfen für den Einsatz von Staudrucksonden sind hier selbstverständlich.

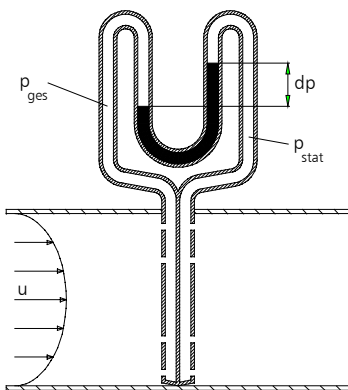
Das Ergebnis dieser Arbeit repräsentiert die deltaflow-Staudrucksonden-Serie. Die deltaflow zeichnet sich gegenüber Blenden durch eine höhere Genauigkeit und eine sehr gute Prozeßtauglichkeit auch unter extremen Bedingungen aus.

2

Das Meßprinzip der deltaflow Stau- drucksonde

Ähnlich wie beim Prandtl-Meßrohr, mißt die deltaflow den Durchfluß nach dem Differenzdruckprinzip. Durch Wirkdrucköffnungen im Zweikammerprofil in und gegen die Strömungsrichtung entsteht zwischen den beiden Meßkammern ein Differenzdruck, der ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit des Mediums ist. Anders als beim Prandtl-Meßrohr wird die Mittelung des Strömungsprofils nicht durch das Verschieben des Meßkopfes und die anschließende Mittelwertberechnung gebildet, sondern durch die vorteilhafte Anordnung mehrerer Wirkdrucköffnungen über dem Rohrquerschnitt. Für den anstehenden Differenzdruck findet man somit:

$$dp = \zeta \rho \frac{\bar{u}^2}{2}$$



ζ ist der sondenspezifische Widerstandsbeiwert, der normalerweise experimentell ermittelt wird. ρ ist die Dichte des Mediums, dp der Differenzdruck und \bar{u} die mittlere Strömungsgeschwindigkeit. Der Einfluß der Prozeßbedingungen $\zeta = f(\text{Re})$ auf diesen Widerstandsbeiwert beschreibt den Fehler der Staudrucksonde. Re ist hierbei die dimensionslose Kennzahl Reynolds, die die Strömungsverhältnisse in Rohrleitungen beschreibt. Es gilt:

$$\text{Re} = \frac{D\bar{u}}{\nu}$$

D ist der Innendurchmesser der Rohrleitung, \bar{u} die mittlere Mediumsgeschwindigkeit und ν die kinematische Viskosität.

Eine ideale Staudrucksonde hätte einen konstanten Widerstandsbeiwert, reale Sonden weichen von einem Mittelwert ab. Da diese Abweichung mathematisch nur schwer beschreibbar ist und der Widerstandsbeiwert in der Regel als konstant angesetzt wird, geht sie als Fehler in die Durchflußberechnung ein.

Dieser Fehler wird häufig mit „marktüblichen Pauschalwerten“ angegeben. Woher die Kalibrier- und Fehlerdaten stammen, welche Referenzdurch-

flußmeßgeräte verwendet wurden, welche Nennweiten untersucht wurden und welche unabhängige Dritte Untersuchungen durchgeführt haben, wird allzu häufig verschwiegen.

Der Fehler des Widerstandsbeiwertes beschreibt lediglich den Anteil der Staudrucksonde am Gesamtfehler der Meßstrecke. Generelle Aussagen über den Gesamtfehler einer Messung können hier nicht getroffen werden. Hier spielen vor allem Asymmetrien des Strömungsprofils in der Rohrleitung sowie Fehler durch den Differenzdrucktransmitter und die Auswerteelektronik eine Rolle. Solche Betrachtungen müssen gegebenenfalls getrennt angestellt werden.

3

Präzision bei der Entwicklung des Sondenprofils für die deltaflow

Ähnlich wie bei Blenden, läßt sich nur schwer eine Aussage über die Gesamtgenauigkeit einer Differenzdruck-Durchflußmessung machen. Seriöse Aussagen können lediglich über den Wirkdruckgeber selbst getroffen werden. Die Gesamtgenauigkeit im Feld wird vom jeweiligen Strömungsprofil, dem Meßverhältnis sowie der weiteren Meßstrecke abhängen. Dennoch kommt dem Fehler der Staudrucksonde selbst große Bedeutung zu, da durch das quadratische Meßverhalten dieser Fehler bei großen Meßverhältnissen stark in die Gesamtgenauigkeit eingeht.

Die Genauigkeit der Staudrucksonde wird über den Widerstandsbeiwert ζ definiert. Dessen Abweichung von einem experimentell aufgrund unterschiedlicher Betriebsbedingungen ermittelten Mittelwert erlaubt eine Aussage über die Qualität der Staudrucksonde.

Der Einfluß der Strömungsgeschwindigkeit auf den Widerstandsbeiwert

Der Ablösepunkt der Strömung an Störkörpern ändert sich mit den Strömungsverhältnissen im Rohr. Gängige Kenngröße für solche Strömungsänderungen im Rohr ist die dimensionslose Kennzahl Re (Reynolds), die sich ergibt aus:

$$\text{Re} = \frac{D\bar{u}}{\nu}$$

D ist der Innendurchmesser der Rohrleitung, \bar{u} die mittlere Mediumsgeschwindigkeit und ν die kinematische Viskosität.

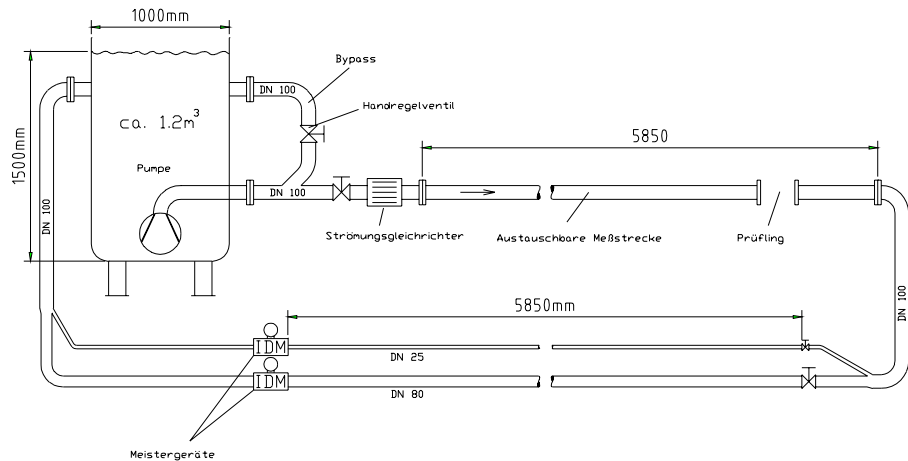
Eigene Versuche an Rundprofilen haben gezeigt, daß der Einfluß der Ablösung auf den gemessenen Differenzdruck mit der räumlichen Ausdehnung der Wirkdrucköffnungen zusammenhängt.

Der Einfluß der Größe der Wirkdrucköffnungen wurde bei systec Controls in aufwendigen Testreihen im Labor ermittelt, die Ergebnisse sind im folgenden dokumentiert.

4

Das Sondenprofil wird mit umfangreichen Tests abgestimmt

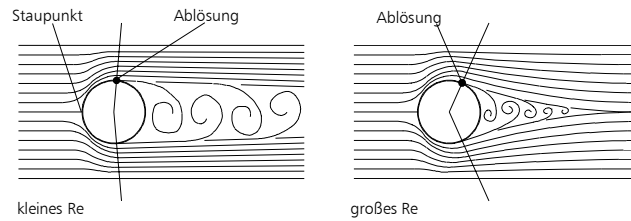
Als Prüfling wurde eine ID105 mm-Sonde aus Rundprofil, Außendurchmesser 22 mm, verwendet. Sowohl auf der angeströmten als auch auf der strömungsabgewandten Seite waren jeweils 4 Wirkdrucköffnungen, die von zuerst 2 mm auf zuletzt 8 mm aufgebohrt wurden.



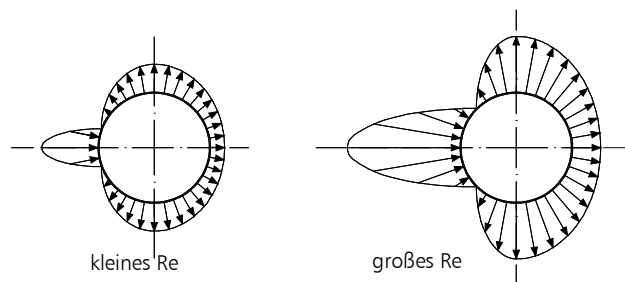
Als Prüfstand wurde der systec Controls Wasserkalibrierstand eingesetzt. Referenz war ein feinkalibrierter magnetisch-induktiver Durchflußmesser mit einer vom Hersteller angegebenen Meßgenauigkeit von 0,1 %. Zur Messung des Differenzdruckes kam der SYS4420 Differenzdrucktransmitter mit 60 mbar Meßzelle zum Einsatz, der eine Genauigkeit von 0,1 % des Meßbereichsendwertes und eine Kennlinienabweichung von 0,05 % des Meßbereichsendwertes aufweist.

Ergebnis der Messung

Aus der Literatur ist bekannt, daß bei Rundprofilen der Ablösepunkt mit der Strömungsgeschwindigkeit driftet (siehe folgende Abbildung). Am Staupunkt selbst wirkt trotz der Drift immer der maximal mögliche Gesamtdruck $p_{ges} = p_{stat} + p_{dyn}$, da an dieser Stelle die Mediumsgeschwindigkeit zu 0 wird. Links und rechts des Staupunkts wird sich jedoch das Strömungsprofil aufgrund der Drift des Ablösepunkts ändern.



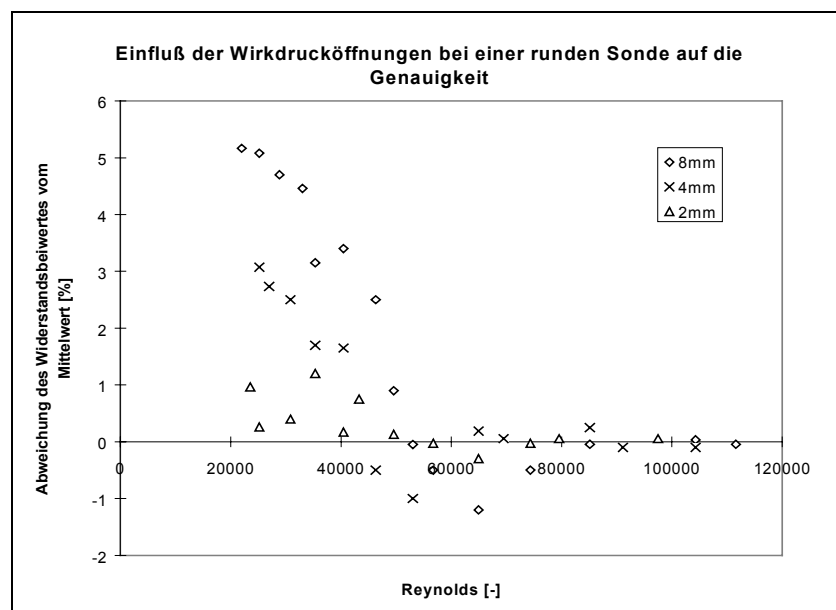
Ablösung am umströmten Rundprofil



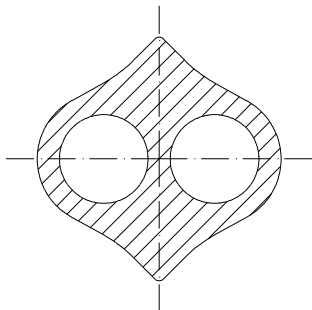
Verteilung des dynamischen Druckes am umströmten Rundprofil

Da Wirkdrucköffnungen eine räumliche Ausdehnung haben, wird die Drift des Ablösepunktes also Einfluß auf den Widerstandsbeiwert nehmen.

Wie die folgende Grafik zeigt, nimmt der Einfluß der Drift des Ablösepunktes auf den Widerstandsbeiwert bei größeren Wirkdrucköffnungen zu. Besonders im unteren Reynoldsbereich macht sich das veränderte Strömungsprofil bei großen Wirkdrucköffnungen deutlich bemerkbar.



Prinzipiell erscheinen also kleine Wirkdrucköffnungen als wünschenswert. Vom Standpunkt der Prozeßtauglichkeit sind kleine Wirkdrucköffnungen allerdings problematisch. Aus dieser Kenntnis heraus erschien es notwendig, das Sondenprofil dahingehend zu optimieren, daß trotz räumlicher Ausdehnung der Wirkdrucköffnungen der Einfluß der Strömungsgeschwindigkeit auf den Widerstandsbeiwert klein bleibt. Auf folgende Merkmale wurde bei der Entwicklung dieses Profils besonders geachtet:

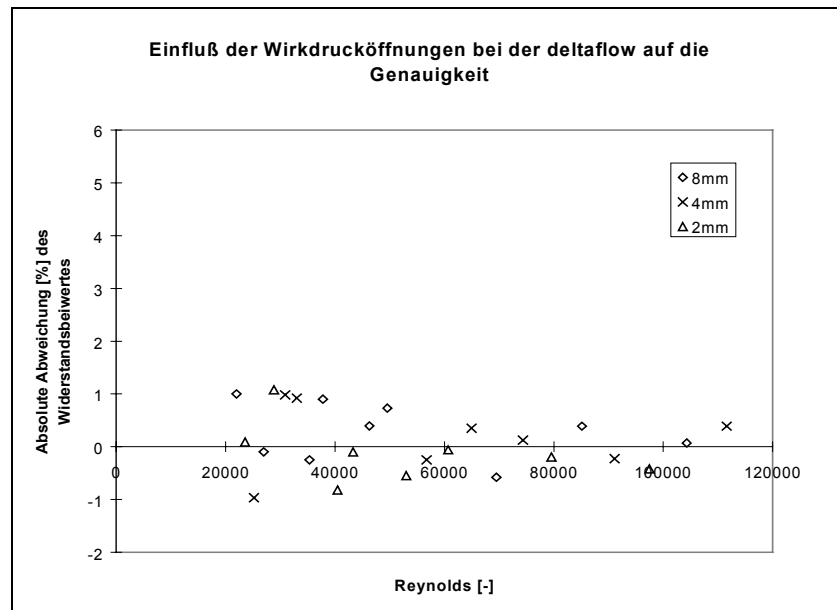


Strömungsoptimiertes Sondenprofil der deltaflow DF25

- Breiter Frontradius, um eine möglichst lineare Kraftverteilung über der Wirkdrucköffnungsbreite zu erreichen.
- Seitliche Beschleunigungskehren, um das Medium bei niedriger Strömungsgeschwindigkeit zum Sondenrand hin zu beschleunigen.
- Im Ergebnis wird dadurch an den scharfen Abrißkanten eine definierte Strömungsablösung gewährleistet.

Die Abbildung oben zeigt das optimierte Profil der deltaflow-Staudrucksonde

Mit diesem Profil wurde der oben beschriebene Versuch nochmals durchgeführt. Hierbei konnte im Rahmen der Meßgenauigkeit kein Unterschied bei Wirkdrucköffnungen zwischen 2 und 8 mm festgestellt werden.



Die obige Grafik zeigt die Meßergebnisse am Wasserprüfstand.

Zwar zeigte sich bei diesem Versuch noch ein geringer Einfluß auf den Widerstandsbeiwert im unteren Meßbereich, es läßt sich aber kein Unterschied mehr feststellen zwischen 2, 4 und 8 mm großen Wirkdrucköffnungen.

Der verstärkte Einfluß im unteren Reynoldsbereich ist wohl darauf zurückzuführen, daß der Fehler des Differenzdrucktransmitters bei den kleinen Differenzdrücken deutlich zunimmt und dadurch die Streuung der Meßfehler größer wird.

5

Technische Universität Erlangen prüft die Ge- nauigkeit der deltaflow

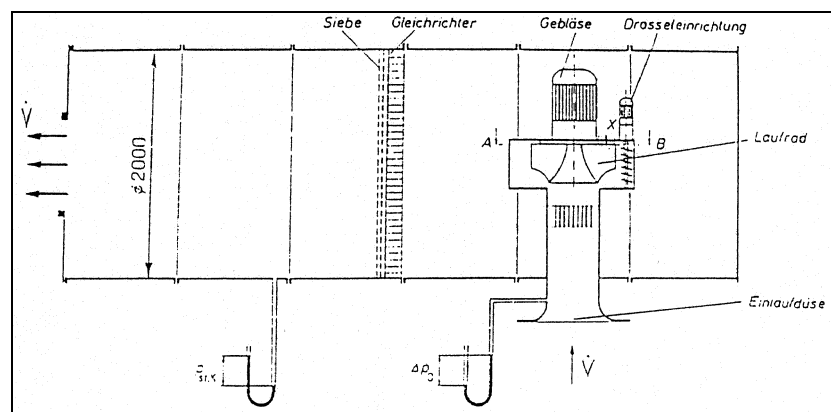
Zitat aus dem Forschungsbericht der Universität Erlangen:

„Aufgrund der Kalibrierergebnisse kann die Aussage getroffen werden, daß die deltaflow-Durchflußsonde sowohl einen geringeren Druck- und Energieverlust in Rohrleitungen verursacht, als auch genauere Messungen ermöglicht als die früher in Rohrleitungen häufig verwendete Meßblende.“

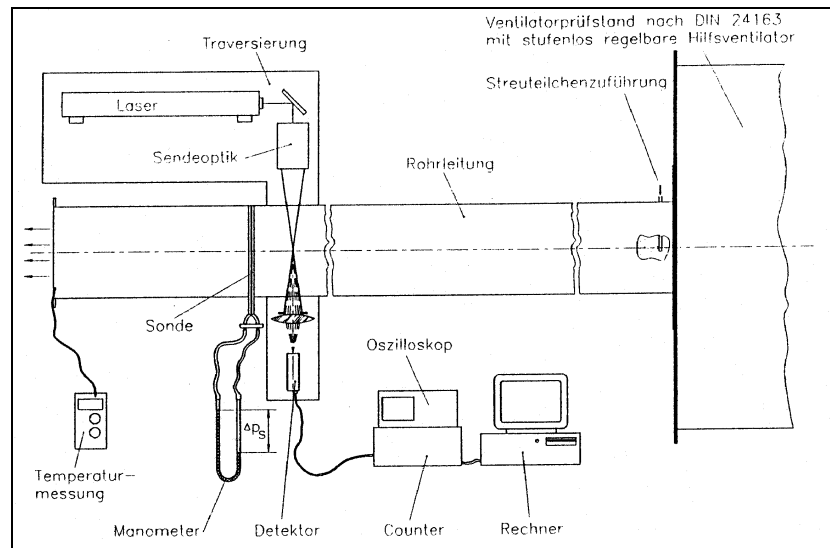
Um exakte Kalibrierdaten über einen weiten Meßbereich und für große Nennweiten zu erhalten und um eigene Meßergebnisse zu verifizieren, hat die systec Controls GmbH den Lehrstuhl für Strömungsmechanik der Universität Erlangen mit der Untersuchung der deltaflow-Staudrucksonden beauftragt. Dieser Lehrstuhl ist mit einem Ventilator-Kammerprüfstand nach DIN24163 ausgerüstet. Er wird durch Referenzdurchflußmeßgeräte ergänzt, die eine deutlich höhere Genauigkeit und Auflösung erlauben, als dies bei gängiger Industriemeßtechnik der Fall ist.

Es wurden Untersuchungen an Sonden mit DN100, DN200, DN300 und DN500 durchgeführt. Als Referenz für die Sonden DN100 und DN200 kam die feinkalibrierte Einlaufdüse des Ventilator-Kammerprüfstandes in Verbindung mit einem Betz-Manometer zum Einsatz, für die deltaflow DN300 und DN500 wurde zusätzlich ein Laser-Doppler-Anemometer (LDA) zur örtlichen Auflösung der Strömungsgeschwindigkeit verwendet.

Die folgenden Abbildungen zeigen den Ventilatorprüfstand und die für die deltaflow-Staudrucksonden entwickelte Meßstrecke.

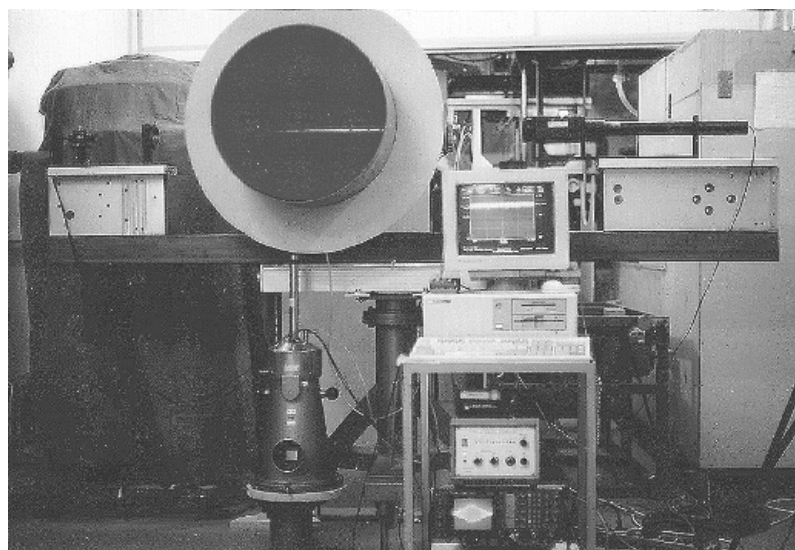


Ventilator-Kammerprüfstand nach DIN24163



Der Differenzdruck an den deltaflow-Durchflußsonden wurde ebenfalls über Betz-Manometer aufgenommen, um Fehler durch Differenzdrucktransmitter auszuschalten.

Die Versuche wurden bei Umgebungsbedingungen mit einer Strömungsgeschwindigkeit zwischen 3 und 30 m/s für alle vier Sonden durchgeführt. Das Strömungsprofil vor der Sonde wurde mittels Laser-Doppler-Anemometrie über 40-60 Meßpunkte aufgelöst, um exakte Aussagen über die mittlere Strömungsgeschwindigkeit im Rohr machen zu können.



Die Einlaufstrecke für die DN100-Sonde betrug $47 \times ID$, für die DN200 $30 \times ID$, für die DN300 $24 \times ID$ und für die DN500 $18 \times ID$.

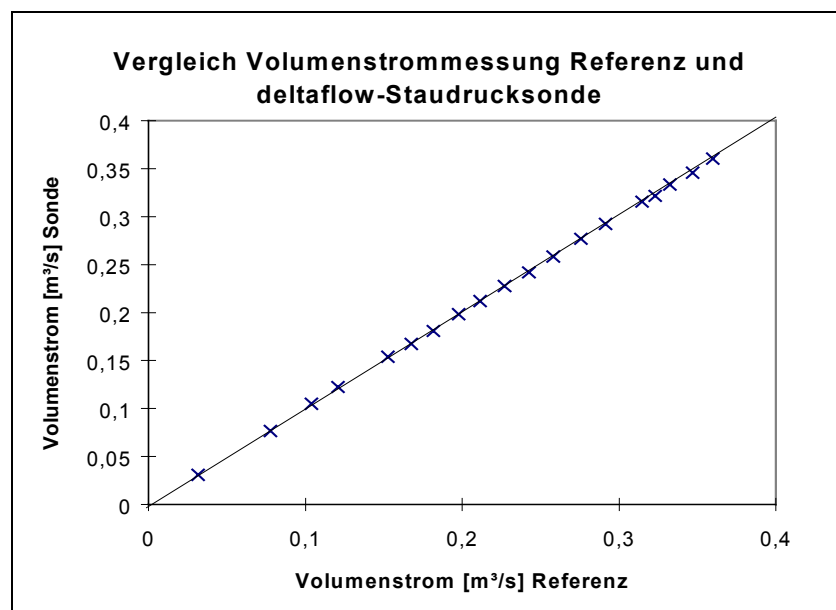
Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Genauigkeit

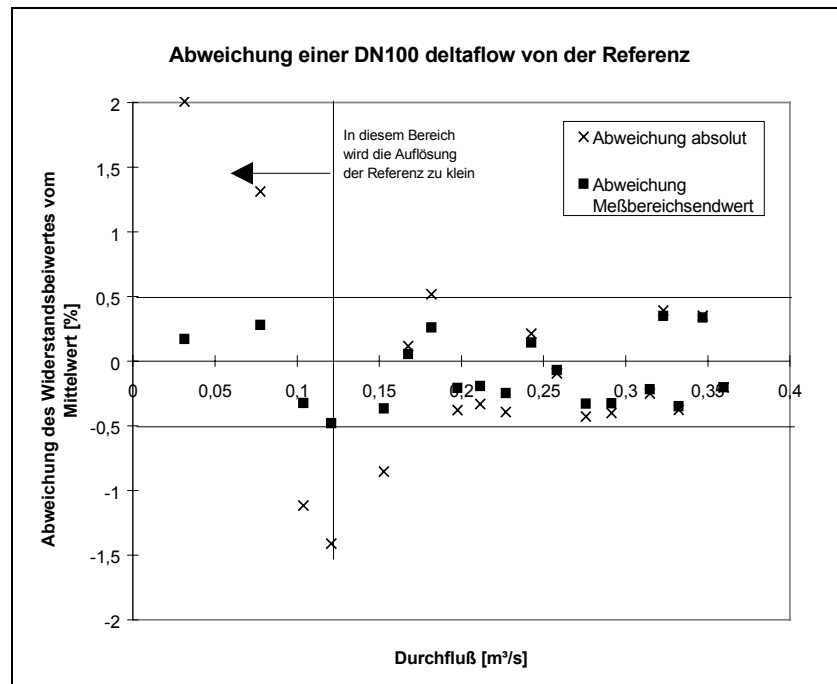
Die durchschnittliche Hallenfeuchtigkeit am Windkammer-Prüfstand lag bei 50% rh und verursachte bei den vorliegenden Meßtemperaturen eine Dichteänderung von ca. 2 g/Nm^3 . Da der Einfluß auf die Genauigkeit sich nur im unteren Promillebereich auswirkte, war es nicht notwendig die Hallenfeuchtigkeit in die Genauigkeitsbetrachtung einzubeziehen.

Testergebnisse der deltaflow DN 100

Die Ergebnisse an der DN100-Sonde streuten am stärksten. Dies ist wohl damit zu erklären, daß die Einlaufmeßdüse bei den relativ kleinen Volumenströmen nur sehr geringe Differenzdrücke lieferte und daß Drehzahlschwankungen am Ventilator sich im unteren Bereich stärker auswirken als im höheren Drehzahlbereich. Zwar streuen die Meßwerte deutlich um einen Mittelwert, der zur Kalibrierung sehr gut geeignet ist, jedoch sind die Genauigkeitsangaben im unteren Meßbereich mit etwas höherer Unsicherheit anzusetzen, als dies bei den größeren Durchmessern der Fall war.

Der exakte Innendurchmesser der Meßstrecke betrug 105 mm. Der Umgebungsdruck war konstant 977,9 mbar, die Temperatur stieg während des Versuchs von $18,3 \text{ }^\circ\text{C}$ auf $26,8 \text{ }^\circ\text{C}$.





Die Abbildung zeigt, daß die Abweichung bezogen auf den Meßbereichsendwert immer kleiner 0,5 % war. Die absolute Abweichung ist bei den kleinen Strömungsgeschwindigkeiten etwas höher, hier war allerdings der Differenzdruck der Düse so klein, daß eine aussagekräftige Auflösung nicht mehr möglich war.

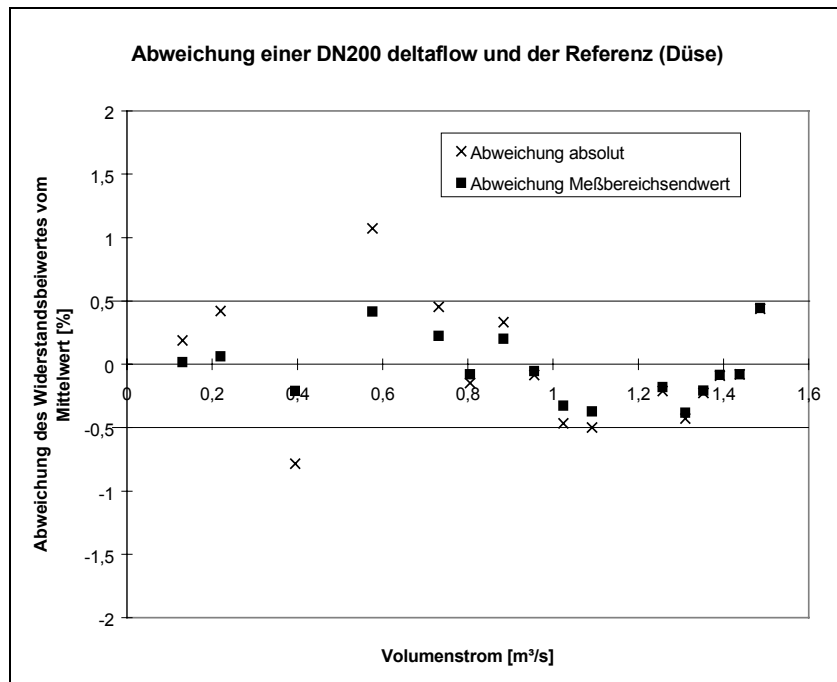
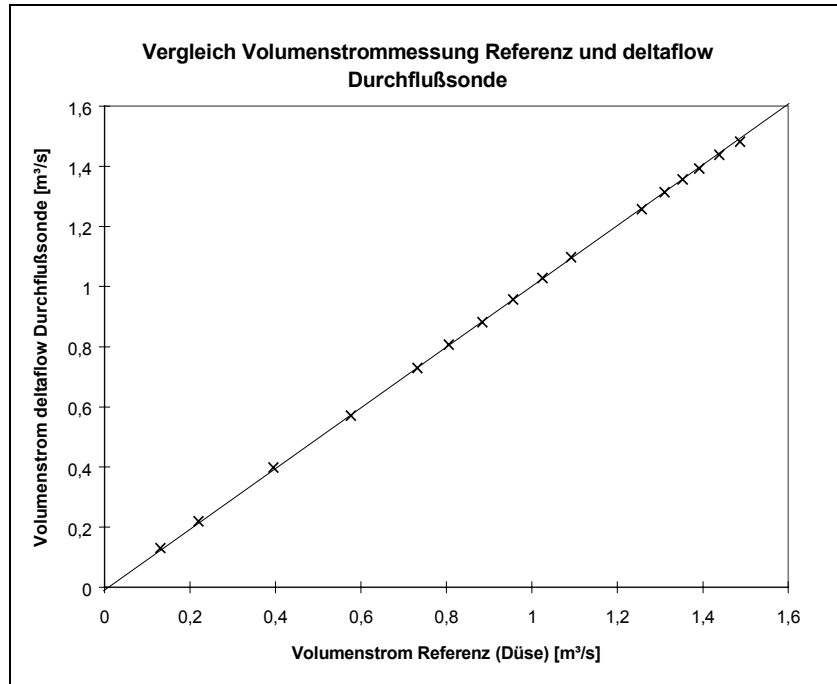
Bei den 0,13 m³/s betrug der Differenzdruck an der Düse nur noch 19 mmWS. Die Sonde lieferte hier 45 mmWS, kann also als auflösungsstärker als die Düse bezeichnet werden. In dem Bereich, der eine entsprechende Auflösung der Referenz gewährleistet, war auch die absolute Abweichung immer besser 1 %.

Als Mittelwert des Widerstandsbeiwertes ergab sich 3,0142.

Testergebnisse der deltaflow DN200

Bei der Kalibrierung der deltaflow-Staudrucksonde DN200 ergaben sich deutlich reproduzierbare und aussagekräftigere Ergebnisse. Der Ventilator arbeitet hier in einem günstigen Betriebsfeld, die Düse liefert hohe Differenzdrücke.

Der genaue Innendurchmesser der Meßstrecke betrug 210 mm, die Lufttemperatur stieg während des Versuchs von 16,8 °C auf 22,2 °C, der Barometerstand war konstant 999,3 mbar.



Sowohl die Abweichung bezogen auf den Meßbereichsendwert als auch die absolute Abweichung waren bei der 210 mm langen Sonde fast immer

Testergebnisse der deltaflow DN300

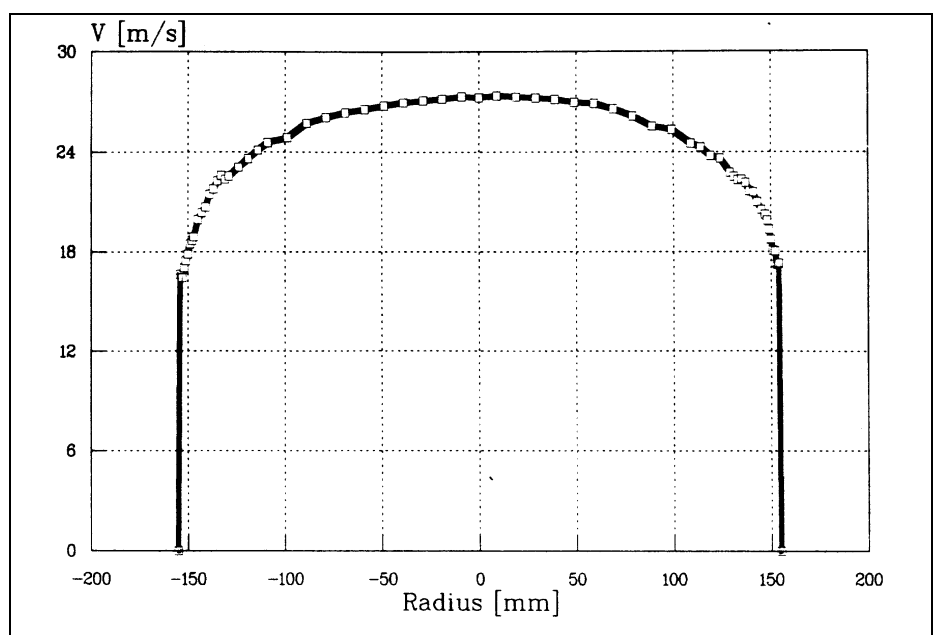
<0,5 % bei einem Meßbereich zwischen 0,13 und 1,488 m³/s (=3,78 bis 42,9 m/s). Lediglich die absolute Abweichung war an zwei Meßpunkten über 0,5 %.

Der Mittelwert des Widerstandsbeiwertes lag bei diesem Versuch bei 2,685.

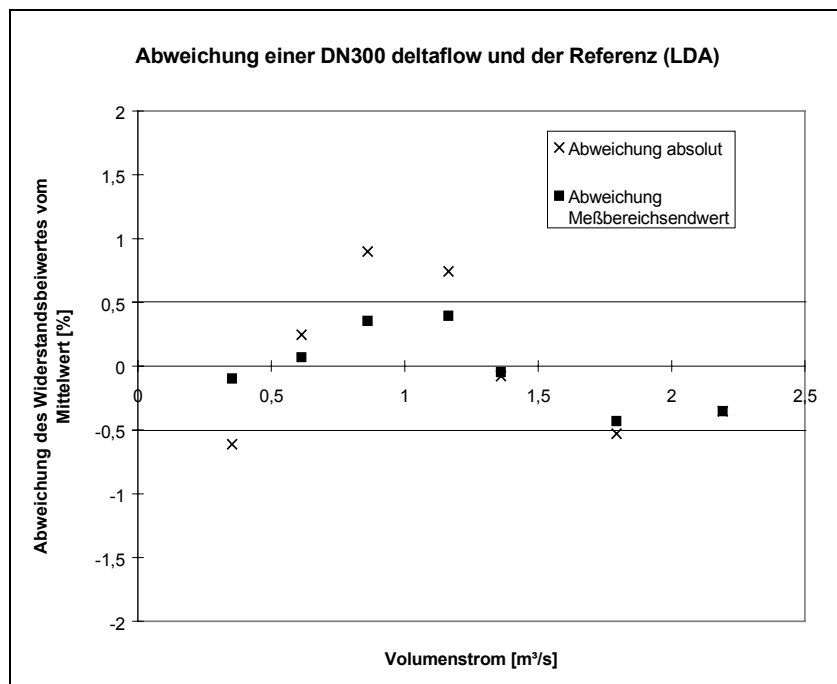
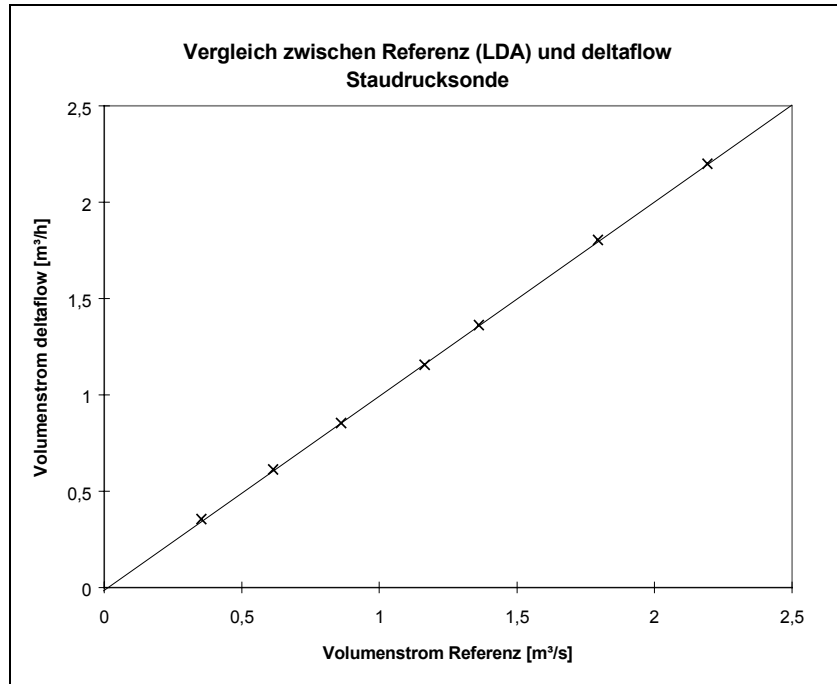
Bei der Kalibrierung der DN300 Sonde kam neben der Düse auch das Laser-Doppler-Anemometer zur genauen lokalen Untersuchung des Geschwindigkeitsprofils vor der Sonde zum Einsatz. Es wurden ca. 40-60 Punkte des Strömungsprofils ermittelt. Die Ergebnisse wurden dann nochmals mit den Werten der Düse verglichen, um somit die in den vorigen Versuchen gewonnen Werte noch einmal nachträglich zu verifizieren.

Durch die hohe Auflösung des Strömungsprofils kann von einer äußerst hohen Genauigkeit der Referenz ausgegangen werden. Die ermittelten Werte haben eine entsprechend hohe Aussagekraft.

Die folgende Abbildung zeigt ein solches mittels LDA ermitteltes Geschwindigkeitsprofil vor der Sonde.



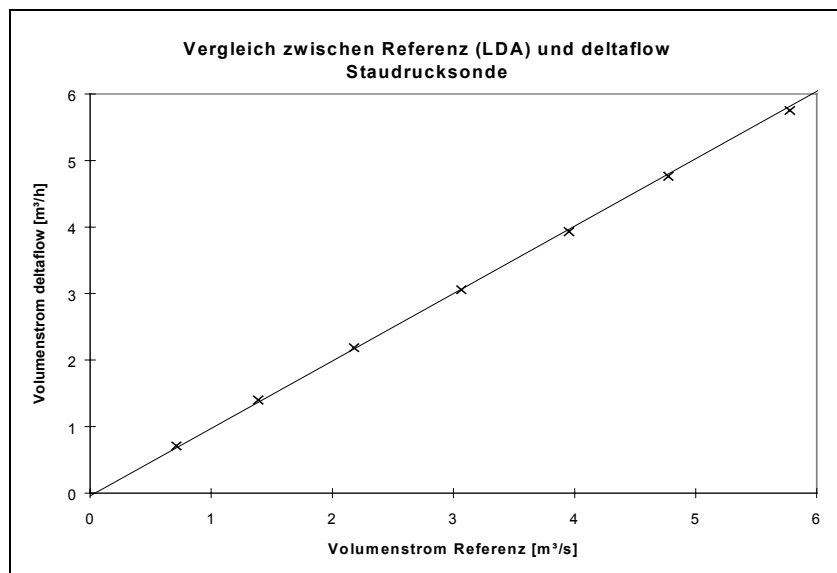
Der exakte Innendurchmesser betrug 309,8 mm, die Temperatur variierte bei diesem Versuch zwischen 24,5 °C und 29 °C, der Barometerstand zwischen 979 und 982 mbar.



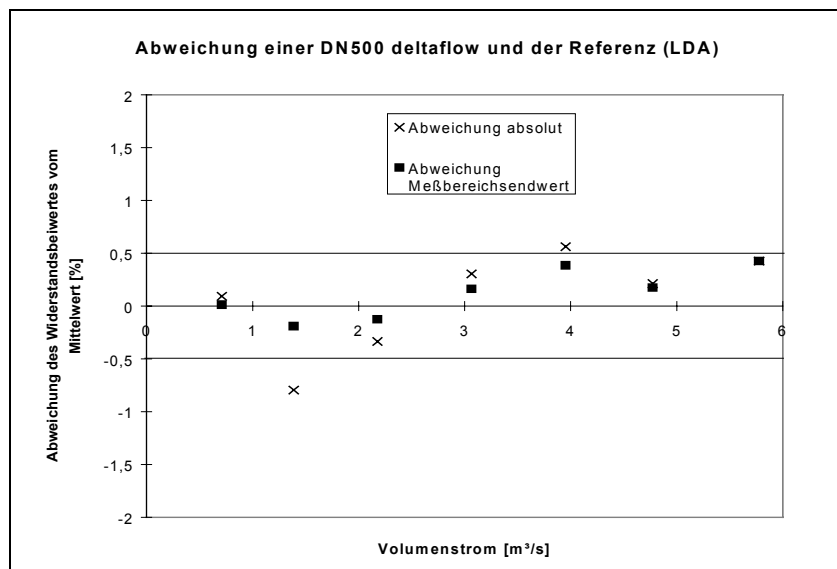
Auch bei der DN300 deltaflow-Sonde liegt der relative Fehler immer besser 0,5 %, der Fehler absolut ist immer kleiner 1 %. Der mittlere Widerstandsbeiwert wurde für diese Sonde als 2,4395 ermittelt.

Testergebnisse der deltaflow DN500

Wie bei der DN300 Sonde, kamen auch bei der DN500 sowohl LDA als auch Düse zum Einsatz. Der exakte Innendurchmesser betrug 492 mm, die Temperatur variierte bei diesem Versuch zwischen 22,2 °C und 29 °C, der Barometerstand zwischen 987 und 989 mbar.



Auch hier zeigt sich wieder eine exzellente Übereinstimmung zwischen Laser-Doppler-Anemometer und deltaflow-Staudrucksonde.

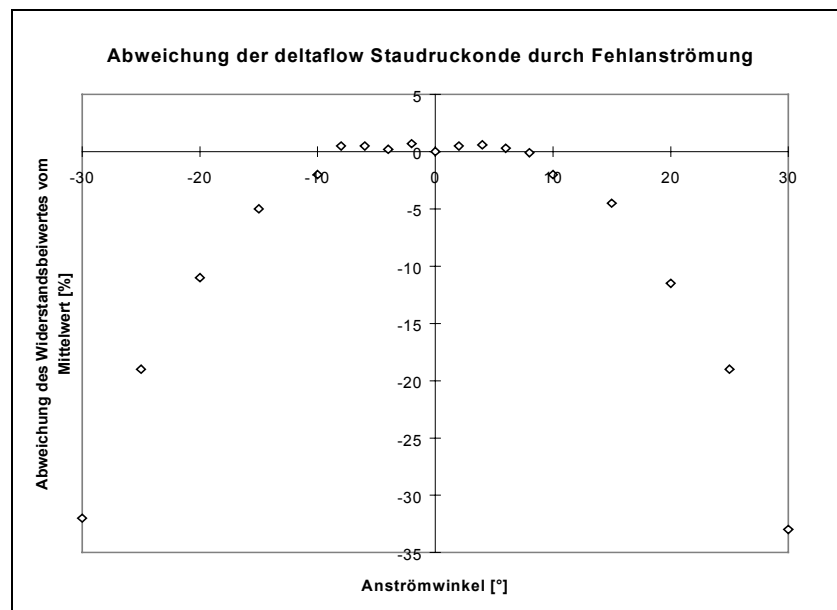


Die Abweichung vom Meßbereichsendwert war immer $<0,5\%$, die absolute Abweichung immer $<0,8\%$.

Der Widerstandsbeiwert der Sonde wurde als 2,4096 ermittelt.

Geringer Einfluß durch Fehleinbau

Neben der im Labor ermittelten Genauigkeit, ist für den Anwender vor allem auch der Einfluß eines Fehleinbaus von Interesse. Im Feld ist der laborgerechte Einbau der Sonden nicht immer zu gewährleisten, zum unkomplizierten Handling gehört auch die Aussage über erlaubte Einbautoleranzen. Um den Einfluß eines Fehleinbaus zu dokumentieren, wurde die deltaflow am LSTM im Testkanal verdreht eingebaut, und der Einfluß auf den gemessenen Differenzdruck bzw. auf den daraus ermittelten Widerstandsbeiwert dokumentiert. Die folgende Grafik zeigt das Versuchsergebnis.



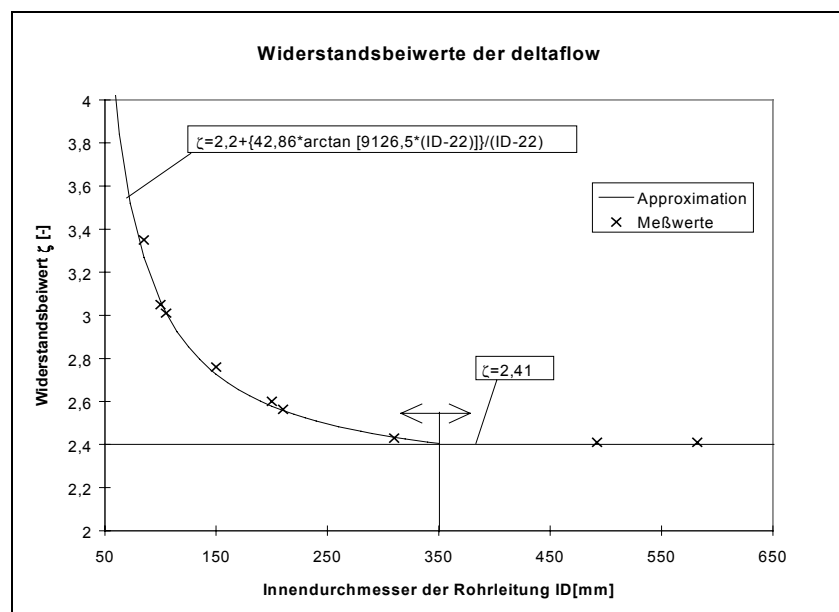
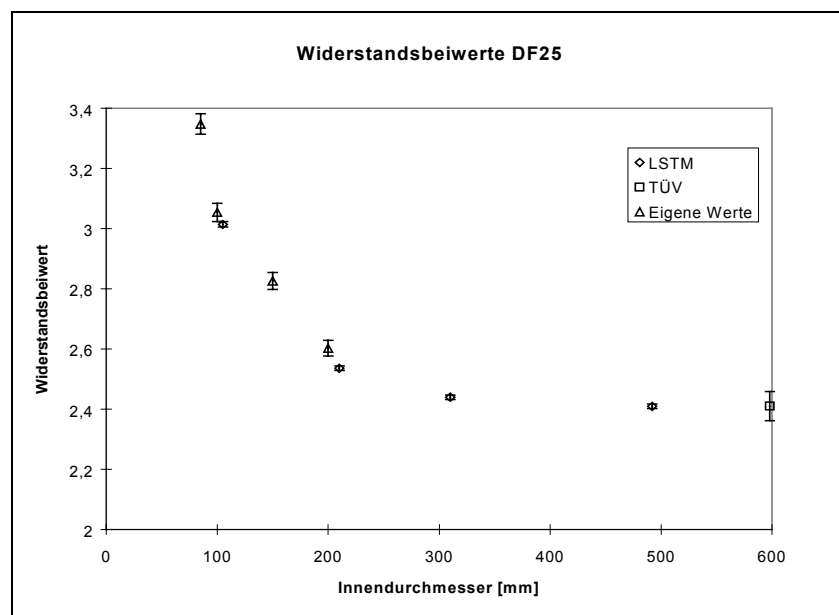
Der Einfluß durch verdrehten Einbau bleibt bei Winkeln $<10^\circ$ immer deutlich kleiner 1 %, kann also weitgehend vernachlässigt werden.

6

Zusammenfassung der Meßergebnisse für die deltaflow DF25

Die Abbildung unten zeigt die experimentell ermittelten Widerstandsbeiwerte mit den Unsicherheiten der Referenzmessung. Die Ergebnisse haben gezeigt, daß ab Innendurchmessern von 350 mm der Widerstandsbeiwert mit guter Genauigkeit als konstant angenommen werden kann.

Die nächste Grafik zeigt die Meßwerte und die Kurve einer halbempirischen Approximationsvorschrift für die Ermittlung der Widerstandsbeiwerte.



Für Innendurchmesser <350 mm kann folgende Approximationsvorschrift verwendet werden:

$$\zeta = 2,20 + \frac{42,86 \arctan(9126,5(ID - 22))}{ID - 22}$$

[80mm < ID < 350mm]

ID ist hierin der Innendurchmesser der Rohrleitung in mm. Für Innendurchmesser ID > 350 mm kann angesetzt werden:

$$\zeta = 2,41 \quad [ID \geq 350\text{mm}]$$

7

Perfektion im Detail: die konstruktiven Besonderheiten der deltaflow

✓ Große Wirkdruck- öffnungen

In technischen Prozessen liegen Medien selten völlig rein vor. Feststoffanteile, Kondensationsphänomene und daraus resultierende Ablagerungen sind die Regel. Die meisten Staudrucksonden weisen hier Mängel auf, die Verfügbarkeit wird klein oder der Wartungsaufwand groß.

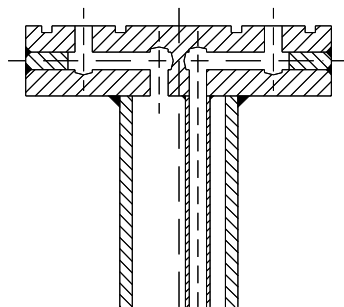
Die deltaflow unterscheidet sich konstruktiv in einigen, für die Prozeßtauglichkeit wesentlichen Punkten.

Zu kleine Wirkdrucköffnungen beeinträchtigen die Prozeßtauglichkeit in zweierlei Hinsicht negativ. Bei feststoffbeladenen Medien setzen sich einzelne oder alle Wirkdrucköffnungen zu und machen dadurch eine genaue Messung unmöglich. Bei kondensierenden Medien können einzelne Wirkdrucköffnungen durch Tropfen belegt sein. Die daraus resultierenden Effekte lassen sich schwer beschreiben, entstehende Fehler bleiben in aller Regel unbemerkt.

Die deltaflow besitzt 8 mm große Wirkdrucköffnungen. Diese bleiben bei üblicher Feststoffbeladung frei, Tropfen besitzen kleinere Durchmesser und können die Wirkdrucköffnungen daher nicht belegen.

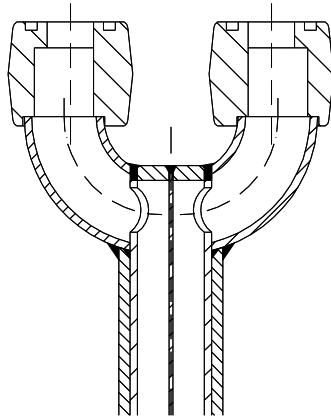
✓ Kapillarfrie Konstruktion

Kapillare als Wirkdruckkanäle bereiten bei gasbeladenen Flüssigkeiten sowie bei kondensierenden oder flüssigkeitsbeladenen Gasen Probleme. In den Kapillaren verfängt sich eine Wasser- bzw. Gassäule, die durch ihre Kapillarwirkung den Differenzdruck am Transmitter verfälscht.



Herkömmliche Anschlußgeometrie bekannter Staudrucksonden mit Wirkdruckkapillare und Winkelbohrungen im Montageblock (Prinzipische Skizze).

Besonders bei der Messung von Gasen macht dieser Einfluß die Messung praktisch unmöglich, da hier oft nur Differenzdrücke von wenigen mbar anliegen.



Verbesserte Anschlußgeometrie mit durchgeführtem Zweikammerprofil, 1/2" Rohrbögen und Ovaladaptern zum Transmitteranschluß.

Die deltaflow besitzt eine völlig kapillarfrie Konstruktion. Bei kondensierenden Medien wird die Sonde mit einem stetigen Gefälle zur Sondenspitze hin eingebaut, entstehendes Kondensat kann frei ablaufen. Bei gasbeladenen Flüssigkeiten wird die Sonde von unten montiert. Dank der großen Wirkdruckkanäle funktioniert hierbei die Zwangsentlüftung problemlos.

✓ **Keine Winkelbohrungen im Anschlußkopf (Montageblock)**

Winkelbohrungen im Montagekopf sind bevorzugte Kristallisationsherde. Wenn bei Medien mit Versalzung bzw. Kristallisation zu rechnen ist, wie z. B. bei Dampf, so zeigten sich diese Punkte in der Vergangenheit als besonders anfällig. Bei Dampfapplikationen fielen Staudrucksonden oft aus und waren teilweise irreparabel verstopft.

Die deltaflow kommt ohne Winkelbohrungen aus und führt die Wirkdruckkanäle als 1/2" Rohrbögen aus der Sonde. Bei Dampf werden die Wirkdruckleitungen bis zu den Kondensationstöpfen 1/2"ig weitergeführt. Als Erstabspernung kommen 1/2" Dampfschieber zum Einsatz.

8

Erfolgreiche Zulassung nach TA-Luft, 13. u. 17. BImSchV nach Prü- fung beim TÜV- Bayern/Sachsen

Um die Prozeßtauglichkeit der deltaflow unter Beweis zu stellen, hat die system Controls GmbH den TÜV Bayern mit ausführlichen Feld- und Labortests beauftragt. Zum Einsatz kamen hierbei die Typen DF25 und DF50.

- Zulassung nach TA-Luft, 13. und 17. BImSchV
- Zulassung UAL, Bundesminister des Inneren, Prüf.Nr. 24013115
- Zugelassen für 100% wasserdampfgesättigtes Ab- und Rauchgas.

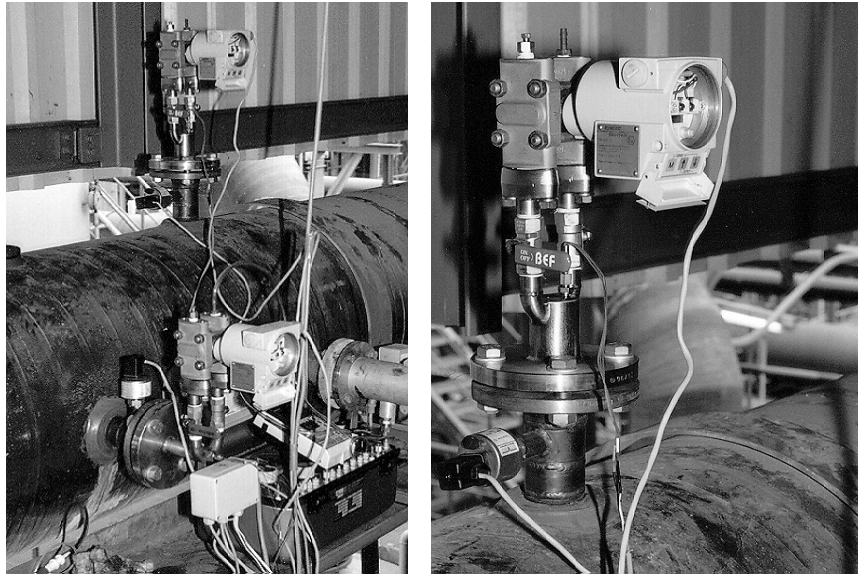


deltaflow DF25FF für wasserdampfgesättigte und trockene Rauchgase (horizontaler Einbau)

Die Meßstelle beim Feldtest

Der Feldtest wurde in einer ID598 mm GFK-Leitung der Reststoffverbrennung bei der Wacker-Chemie AG, Burghausen, im Juni, Juli und August 1995 durchgeführt. Das Medium war 100 % wasserdampfgesättigtes, verschmutztes und säurehaltiges Rauchgas. Im Abstand von ca. 1 m kamen zwei voneinander unabhängige deltaflow-Staudrucksonden, eine zum Einsatz. Eine Sonde war horizontal, eine Sonde vertikal eingebaut.

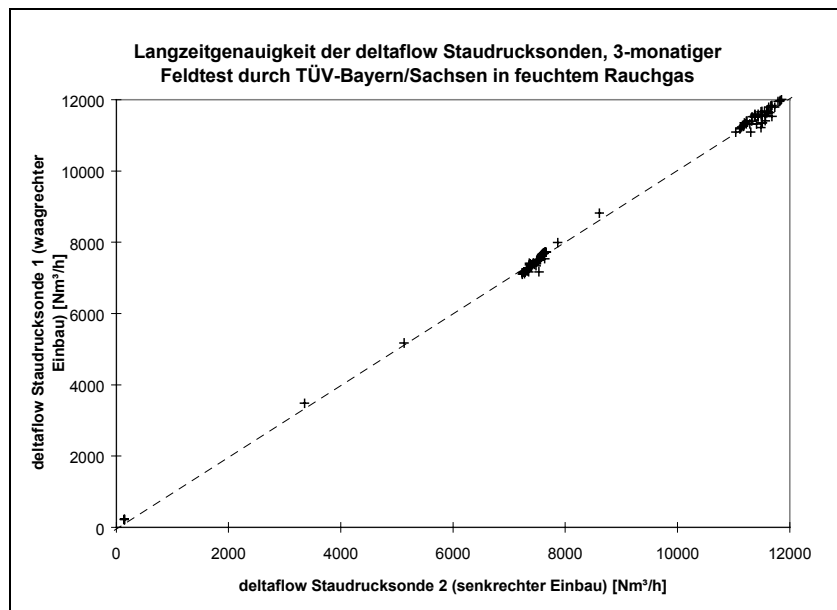
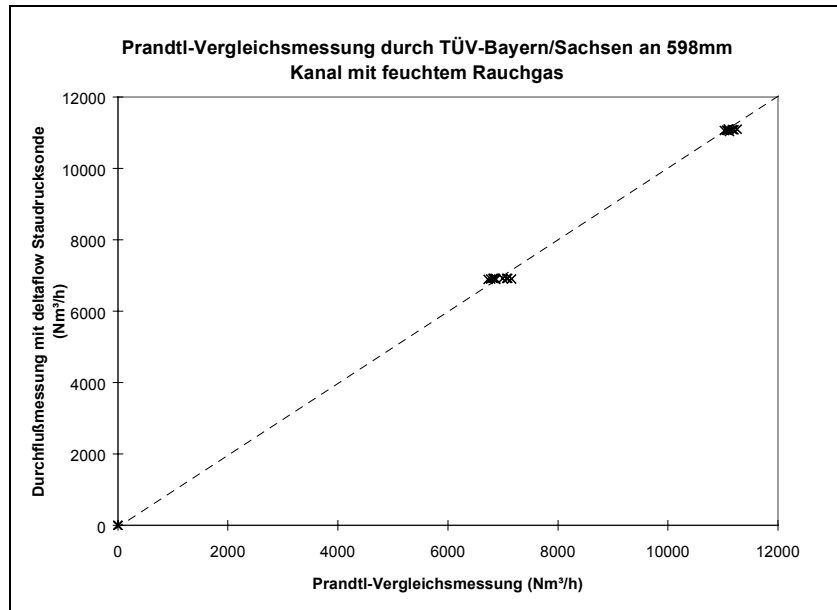
Beide Sonden waren mit integrierten Druck- und Temperaturenfühnern zur Kompensation ausgerüstet. Als Differenzdrucktransmitter kamen zwei SYS4420 zum Einsatz. Die mittlere Rauchgastemperatur betrug 45 °C, der Druck war nahe dem atmosphärischen Außendruck, im Mittel ca. 98 kPa. Die Messung wurde auf max. 15000 Nm³/h ausgelegt. Tatsächlich war der max. Durchfluß ca. 11000 Nm³/h. Der Differenzdruck bei Auslegungsdaten betrug ca. 3,1 mbar, bei 11000 Nm³/h betrug der Differenzdruck ca.1,7 mbar.



Die beiden deltaflow DF25FF und DF50FF bei der Abschlußuntersuchung durch den TÜV Bayern/Sachsen.

Sowohl die DF25 als auch die DF50 erfüllten die Anforderungen des TÜV mit Bravour, Lohn der Anstrengung ist die Zulassung nach TA-Luft, 13. und 17. BImSchV.

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen zum einen die hohe Übereinstimmung mit der durchgeführten Prandtl-Vergleichsmessung und zum anderen die exzellente Langzeitgenauigkeit der Meßergebnisse während des 3-monatigen Betriebs. Sämtliche Daten wurden vom TÜV Bayern ermittelt.



**TÜV-geprüfte
Sicherheit mit
system Controls**



system Controls ist TÜV-zugelassener Hersteller von Hochdruck/Hochtemperatur-Dampfsonden. Darüber hinaus haben wir die Zulassung von Dampf- und Speisewasser Staudrucksonden für Temperaturen bis 650°C und Drücken bis zu 400 bar. Unsere TÜV-Prüfnummer ist die AW5/7794. Beim TÜV-Bayern-Sachsen wurde die Verfahrensprüfung nach AD-Merkblatt HP2/1 in Verbindung mit DIN EN 288-3 durchgeführt. Die BAM Prüf.Nr. ist DAP-P02-722-03-93-01.

Die Prüfung gilt für folgende Materialien:

1.5415	15 Mo 3
1.7380	10 Cr Mo 910
1.7353	13 Cr Mo 44
1.4922	X 20 Cr Mo V121
1.4903	P 91 (in Vorbereitung)

9

deltacalc-Software unter Windows vereinfacht den Einsatz der deltaflow

Um den Einsatz der deltaflow-Staudrucksonden zu vereinfachen, hat systec Controls ein komfortables Auslegungsprogramm entwickelt. Das Programm deltacalc ist weitgehend selbsterklärend unter Windows 3.1 oder höher. Das Programm berechnet für verschiedenste Medien und Betriebsbedingungen den zu erwartenden Differenzdruck an der Sonde. Die Ergebnisse können in Form eines Protokolls ausgedruckt und abgelegt werden.

deltaFlow DF25

Medium: Luft

Betriebsdruck: 1013.2 mbar/abs

Betriebstemperatur: 20 °C

Maximaler Durchfluß: 15000 Nm³/h

Normdurchfluß: 7500 Nm³/h

Minimaler Durchfluß: 3750 Nm³/h

Rohrleitungsquerschnitt: rond rechteckig

Innendurchmesser: 489 mm

Calc ! Abbrechen

Die Ergebnisse werden in übersichtlicher Form dargestellt und enthalten eine Vielzahl zusätzlicher Informationen wie zum Beispiel Dichte, Viskosität und Mediumsgeschwindigkeit in der Rohrleitung.

Ergebnisse

deltaCalc 1.1c

Medium: Luft

Betriebsdruck: 1013,2000 mbar/abs

Betriebstemperatur: 20,0000 °C

Dichte: 1,2048 kg/m³

Viskosität: 0,0181 cP

Kunde: Irgendwo KG, Gabriele Mustermann, Hans-Dampf-Gasse 7, 89898 Woimner, 0123-456/789

Meßstellenbezeichnung: TAG FIQ455856

Anfertigung/Auftrag: 02345

deltaflow DF25

Rohr: rond, ID=489,00mm

	Q min	Q norm	Q max
Durchfluß Nm³/h	3750,0000	7500,0000	15000,0000
Reynolds	194924,56	389849,12	779698,24
SYS-BlockageFaktor	2,457E-05	2,464E-05	2,464E-05
Differenzdruck mbar	0,53195	2,13427	8,53735

Kopfdaten bearbeiten Drucken Details Abbrechen

10

Umfangreiches Info-Material ist selbstverständlich

Neben der vorliegenden Information gibt es noch weitere nützliche Infos, die Einbau und Betrieb der deltaflow-Staudrucksonde vereinfachen.

Produktinfo deltaflow

Produktinfo mit Formelwerk zur Übersicht über das Produktspektrum und die möglichen Applikationsfelder. In deutscher und englischer Sprache.

Auswahlkatalog deltaflow

Auswahlkatalog mit den verschiedenen Bauformen der deltaflow. In deutscher und englischer Sprache.

Einbau- und Betriebsanleitung deltaflow

Einbau- und Betriebsvorschriften beim Einsatz der deltaflow. In deutscher und englischer Sprache.

Engineering, Service, Hotline

Darüber hinaus steht Ihnen jederzeit unser Service-Team zur Verfügung. Gerne helfen wir Ihnen bei der Projektierung im Detail weiter. Unsere Hotline ist für Sie da, 24 Stunden an 365 Tagen im Jahr.

systeme Controls

Meß- und Regeltechnik GmbH

Lindberghstraße 8

82178 Puchheim

Tel. 089 - 809 06 - 0

Fax 089 - 809 06 - 200

Hotline 089 - 809 06 - 108