

# ImproveIT by systemec Controls

## Durchflussmessung ohne Beruhigungsstrecke

Wenn keine ausreichenden Einlaufstrecken vorhanden sind, wird die genaue Durchflussmessung schwierig. Mit der neuen Datenbank ImproveIT bietet systemec Controls jetzt die Möglichkeit, die deltaflow Durchflusssonde auch bei verkürzter Einlaufstrecke mit guten Genauigkeiten einzusetzen.

### 1 Zusammenfassung

Nicht an allen Rohrleitung, an denen der Durchfluss gemessen werden soll, sind die notwendigen Einlauf- und Beruhigungsstrecken vorhanden. Bei praktisch allen Durchflussmesssystemen muss aber mit z.T. erheblichen Messfehlern gerechnet werden, wenn die Einlaufstrecken zu kurz gewählt werden. Mit den Daten aus über 2000 Einzelversuchen hat systemec Controls die ImproveIT-Datenbank aufgebaut, in der der Einfluss von Vorlaufstörungen auf die deltaflow Staudrucksonde beschrieben ist. Hiermit ist es möglich, für verschiedene Messsituationen eine Vorhersage über Art und Größe der Abweichung zu treffen und dem Anwender eine Korrekturgröße zur Verfügung zu stellen.

### 2 Durchflussmessung mit der deltaflow Staudrucksonde

Die deltaflow ist eine robuste und einfach einzusetzende Durchflussmessung nach dem Differenzdruckprinzip. Sie kommt für die Gas-, Flüssigkeits- und Dampfmenngemessung zum Einsatz und weist einen geringen, bleibenden Druckverlust auf. Die deltaflow ist eine kapillarfreie Staudrucksonde, die unempfindlich gegenüber Verschmutzung

und Kondensation ist. Durch die Optimierung des Strömungsprofils ist es gelungen, eine Messunsicherheit von besser 0,5% zu erreichen. Dies wurde u.A. auch schon von der PtB in Braunschweig untersucht und bestätigt.

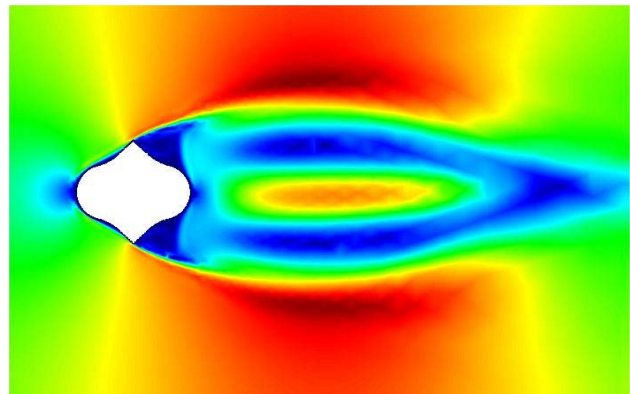


Bild 1: Strömungsoptimiertes Profil der deltaflow



Bild 2: deltaflow-Staudrucksonde

Staudrucksonden, im Englischen „integrating pitot tubes“ genannt, ermitteln die Strömungsgeschwindigkeit integral über den Messquerschnitt. Deshalb sind die Anforderungen an beruhigte Einlaufstrecken gering. Bei korrektem Einbau kann bereits 7D nach einem einfachen Krümmer mit guten Genauigkeiten gerechnet werden. Sind die Vorlaufstörungen komplexer, z.B. mehrfache Rohrbögen, Armaturen, Reduzierungen oder Erweiterungen, so sind die notwendigen Einlaufstrecken z.T. wesentlich länger.

Bei der Nachrüstung in existierenden Anlagen oder bei besonders großen Querschnitten kommen deltaflow Staudrucksonden häufig zum Einsatz. Gerade hier sind die notwendigen Einlaufstrecken aber oft nicht vorhanden. Die Zahl der Einflussgrößen auf den zu erwartenden Messfehler sind groß:

- Art der Vorlaufstörung
- Tatsächlich vorhandene Einlaufstrecke bis zur Staudrucksonde
- Relative Position (Einbauwinkel) der Staudrucksonde zur Störung
- Rohrdurchmesser, Mediumviskosität und Strömungsgeschwindigkeit (Reynolds)



**Bild 3: Typische Einbausituation – Staudrucksonde nach Raumkrümmer mit kurzer Einlaufstrecke**

### 3 ImproveIT-Datenbank

Betrachtet man die Vielzahl der möglichen Einbausituationen für Staudrucksonden, so wird klar, dass eine quantitative Aussage nur dann möglich ist, wenn umfangreiche Reihenuntersuchungen durchgeführt werden. Solche Reihenuntersuchungen für unterschiedliche Einbausituationen mit der deltaflow wurden für den Aufbau der ImproveIT-Datenbank durchgeführt. Bislang mehr als 2000 Einzelkalibrierungen bilden die Datenbasis dieses einzigartigen Korrekturwerkzeuges. Weitere Versuche sind in der Durchführung.

### 4 Teststand

Am Teststand der systemec Controls GmbH in Puchheim wurden bislang folgende Vorlaufstörungen untersucht:



**Bild 4: ImproveIT-Prüfstand der systemec Controls GmbH in Puchheim**

- Einfacher Rohrbogen, doppelter Rohrboden in einer und in zwei Achsen, Reduzierung auf 50%, Erweiterung auf 200%, Schieber mit 25%, 50% und 75% Stellung
- Einlaufstrecke 1D, 2D, 3D, 5D, 7D, 10D, 15D, 20D
- Relative Position der Sonde zur Vorlaufstörung 0°, 30°, ..., 330°

- Strömungsgeschwindigkeit 2m/s, 5m/s, 10m/s, 20m/s
- Durchmesser DN100 und DN200

Als Referenz dient eine deltaflow DF25EM-Messstrecke, die von der PtB in Braunschweig kalibriert wurde. Die Genauigkeit der Referenzmessung ist inkl. Auswertung 0,25% v.E. .

## 5 Ergebnisse

Die Ergebnisse entsprechen qualitativ den langjährigen Erfahrungswerten. Erstaunlich war die quantitative Betrachtung. So war der Einfluss von massiven Vorlaufstörungen wie z.B. doppelten Raumkrümmern, geringer als erwartet. Bereits nach 5D ist bei den allermeisten Vorlaufstörungen die Unsicherheit bereits <2%. Dies ist für viele Anwendungen ausreichend.

### 5.1 Einfluss der zur Verfügung stehenden Einlaufstrecke

In manchen Herstellerrichtlinien werden, abhängig von der Vorlaufstörung, Einlaufstrecken von bis zu 28D vorgeschrieben. Andere Hersteller sind mutiger und empfehlen bei denselben Einlaufbedingungen ihren Kunden bereits nach 10D den Einbau ihrer Sonden, ohne die Angabe einer Zusatzabweichung. Beides konnte bei den Versuchen nicht reproduziert werden.

Das Bild 5 zeigt die Abweichung einer Staudrucksonde beim Einbau hinter zwei Rohrbögen. Die Sonde war in der Vorzugseinbaulage (siehe weiter unten, Absatz 5.2) eingebaut. Bei diesem Versuch ist zu erkennen, dass die Abweichung nach 10D ca. +1,6% beträgt. Die selbe Genauigkeit erreicht die Sonde aber ebenfalls bereits nach weniger als 2D. Die Spezifikationsgenauigkeit von +/- 1% wurde ab ca. 13D erreicht.

Bei den meisten Versuchen hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die deltaflow im Abstand 5D–7D zu den Vorlaufstörungen einzubauen. Unabhängig von der Art der Vorstörung und der relativen Sondenposition sind die Abweichungen hier klein

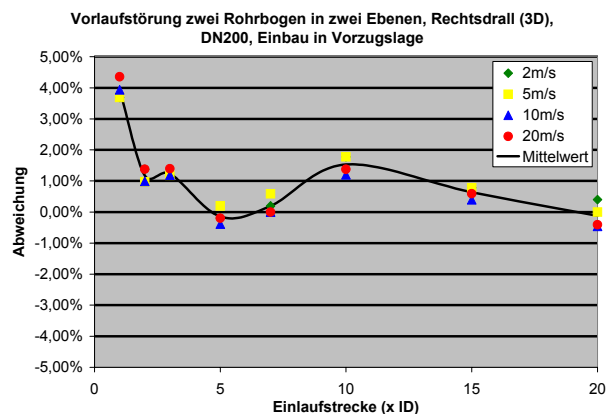


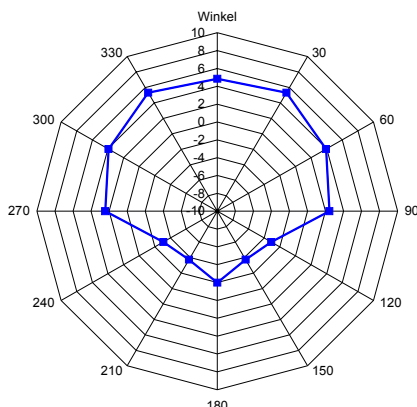
Bild 5. Grafische Auswertung Versuchsreihe „variable Einlaufstrecke“

und stabil. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte sein, dass die Strömungsassymmetrien in diesem Bereich zur anderen Rohrseite kippen und in diesem Abstandsfenster die Rohrmitte passieren. Die integrative Funktion der deltaflow funktioniert hier offensichtlich optimal.

### 5.2 Einfluss der relativen Position der Sonde zur Vorlaufstörung

In den Einbauanleitungen wird empfohlen, Staudrucksonden nach Rohrbögen von der in Strömungsrichtung außenliegenden Rohrseite her zu installieren. Diese **Vorzugseinbaulage** erwies sich in den Versuchen ab ca. 5D Einlauf tatsächlich als vorteilhaft. Bei kürzeren Einlaufstrecken werden auch in dieser Lage die Fehler z.T. beachtlich. Da der Einbau in dieser Lage häufig nicht möglich ist, ist der Einfluss der Einbaulage auf das Messergebnis in jeder Position von Interesse. Hierzu wurden die Sonden aus der Vorzugslage verdreht eingebaut und die Abweichungen dokumentiert.

Abweichung DN200, 3D Einlauf, abhängig von der Einbaulage



**Bild 6: Graphische Auswertung einer Versuchsreihe „variabler Einbauwinkel“**

Das Bild 6 zeigt die Abweichung einer deltaflow, eingebaut 3D nach einem einfachen Rohrbogen. Die 0° -Position entspricht der Vorzugseinbaulage. Erwartungsgemäß zeigen Sonden die zwischen 270° und 90° eingebaut werden eine positive Abweichung, Sonden zwischen 120° und 240° eine negative Abweichung. Zwischen 90° und 120° bzw. zwischen 240° und 270° ändert sich das Vorzeichen, die Gradienten werden hier steil. Um sicher zu stellen, dass eine Korrektur der Durchflusswerte sichere Ergebnisse liefert, sollte diese Einbauposition vermieden werden.

### 5.3 Einfluss der Strömungsgeschwindigkeit

Alle Versuche zeigten eine geringe Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit. Zwischen 1D und 2D waren die Streuung der Ergebnisse um den Mittelwert bei durchschnittlich 0,6%, ab 3D 0,3%. Für niederviskose Medien kann daher von einer geringen Abhängigkeit der Ergebnisse von der Strömungsgeschwindigkeit ausgegangen werden. Für diesen Anwendungsbereich ist eine Durchflusskorrektur mit einer einfachen

Konstante daher möglich und liefert gute Genauigkeiten. Für höher viskose Medien liegen keine Ergebnisse vor. Der Einsatz von Staudrucksonden für z.B. zähe Kohlenwasserstoffe (Öle etc.) sollte daher mit systemec Controls diskutiert werden.

### 5.4 Einfluss des Rohrleitungsdurchmessers

Am Prüfstand wurden Versuche mit Rohren DN200 und DN100 durchgeführt. Die Breite der geprüften deltaflow-Staudrucksonde ist in beiden Fällen 21mm. Bei den Versuchen hat sich gezeigt, dass die Abweichungen bei den kleineren Durchmessern im Mittel um ca. ein Drittel geringer ist. Dies entspricht den Erwartungen. Bei DN100 beträgt der Überdeckungsgrad der Sonde ca. 29% des Rohrquerschnittes. Durch die Sonde wird also eine Reduzierung der Querschnittsfläche und somit eine Konditionierung der Strömungsverhältnisse erzielt. Der Einfluss von Vorlaufstörungen wird hierdurch verringert. Bei der DN 200er-Sonde beträgt der Überdeckungsgrad nur noch ca. 14%, die Strömung wird weniger konditioniert, die Abweichungen werden stärker.

Versuche für größere Durchmesser sind bislang nicht durchgeführt worden. Es wird allerdings vermutet, dass die Abweichungen gegenüber DN200 nur noch geringfügig größer werden, da auch die Überdeckung des Querschnittes durch die Sonde weniger abnimmt. Versuche für kleinere Durchmesser sind ebenfalls noch nicht durchgeführt worden. Der minimale Durchmesser für den geprüften Sondentyp ist DN65. Es wird angenommen, dass bei DN65 die Abweichungen durch Vorlaufstörungen nochmals deutlich geringer sein werden.

Versuche für kleinere und größere Durchmesser sind geplant und sollen später in die Datenbasis einfließen

## 6 Zusammenfassung

Mit den gesammelten Daten ist es möglich, für individuelle Einbausituationen bei deutlich verkürzten Einlaufstrecken eine einfache Korrektur der Durchflussmessung durchzuführen. Im Durchmesserbereich DN100 bis DN200 und bei einer Einlaufstrecke von  $\geq 3D$  kann dies heute mit einer Zusatzunsicherheit von 0,5% geschehen. Bei Einlaufstrecken  $< 3D$  beträgt die Zusatzunsicherheit 1%.

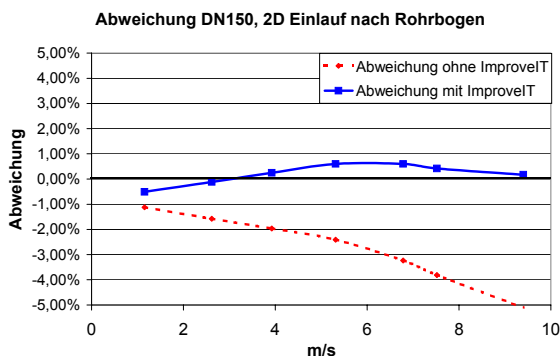


Bild7: Abweichung einer deltaflow-Durchflusssonde mit und ohne ImproveIT-Korrektur

Für Durchmesser  $< DN100$  und  $> DN200$  sollen bald Verifikationsversuche durchgeführt werden, die die Übertragbarkeit auf die entsprechenden Durchmesser sicher stellen sollen.

Die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Staudrucksonden als die deltaflow wurde ebenfalls bislang nicht untersucht. Bei Staudrucksonden mit ähnlicher Außengeometrie wird vor allem bei den größeren Durchmessern eine weitgehende Übertragbarkeit vermutet. Bei kleineren Durchmessern wird das Sondenprofils

wahrscheinlich die Konditionierung der Strömung beeinflussen.

Für den Anwender eröffnet die ImproveIT-Datenbank die Möglichkeit, Durchflussmessungen mit geringem baulichen Aufwand und guter Genauigkeit zu realisieren.

## 7 Der Weg zum Ziel

Anwender der deltaflow können die ImproveIT-Datenbank kostenlos nutzen. Nutzen Sie hierfür den umseitigen Fragebogen.

Auch Anwender anderer Staudrucksonden als der deltaflow steht ImproveIT gegen eine geringe Bearbeitungsgebühr zur Verfügung. Auf Wunsch übernimmt unser Außendienst die Datenaufnahme bei Ihnen vor Ort. Ein Angebot für eine Ortsbegehung mit ImproveIT Datenaufnahme machen wir Ihnen gerne.

Spezielle Vorlaufsituationen können wir auf Wunsch auch auf unserem Prüfstand nachbilden. Auch diese Dienstleistung bieten wir Ihnen auf Wunsch gerne an.

**Fragen?**

+49-(0)89-809060



systemec Controls  
Mess- und Regeltechnik GmbH  
Lindberghstraße 4  
82178 Puchheim  
Germany

Fon: +49-(0)89-809060  
Fax: +49-(0)89-80906-200  
Email: [info@systemec-controls.de](mailto:info@systemec-controls.de)  
Web: [www.systemec-controls.de](http://www.systemec-controls.de)

# ImproveIT-Fragebogen an Fax 089-80906-

## Firmendaten:

Firma:

Straße:

PLZ/Ort:

Ansprechpartner:

Tel.:

Fax.:

## Rohrleitungsdaten:

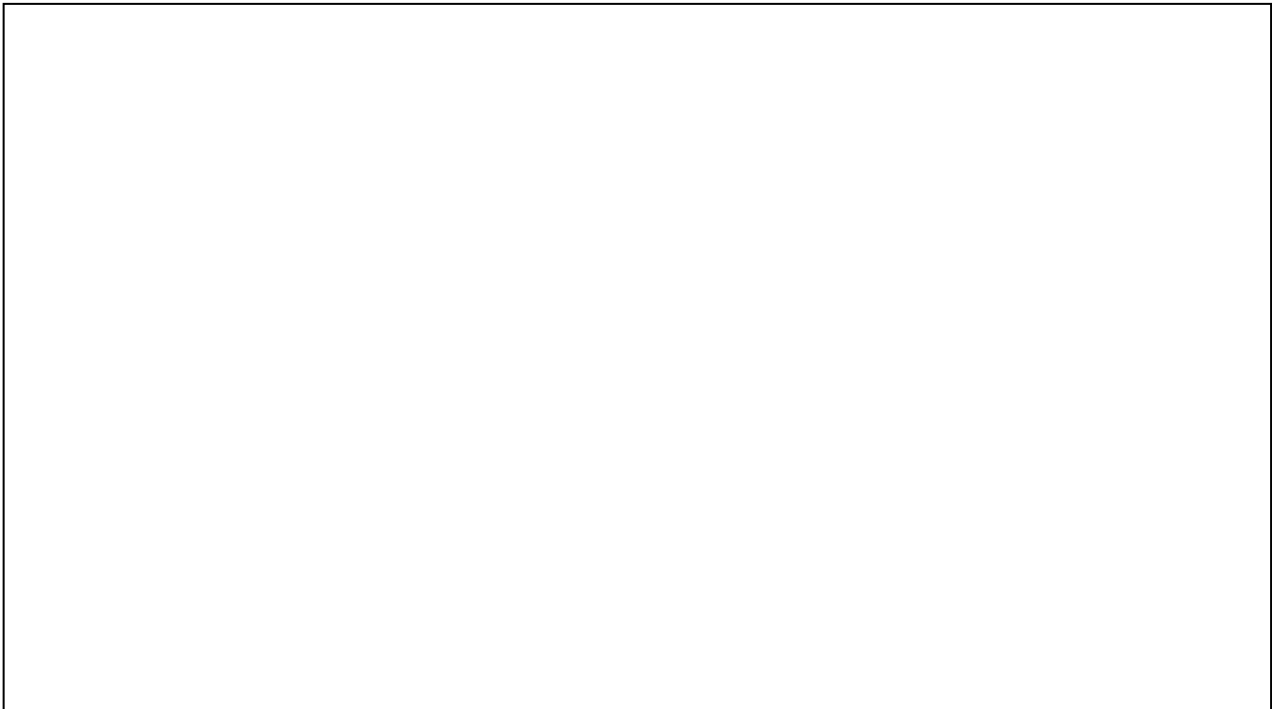
Rohraußendurchmesser:

Wandstärke:

Ungestörte Einlaufstrecke:

Ungestörte Auslaufstrecke:

Skizze mit Einbauort und Einbaulage der Staudrucksonde:



## Staudrucksondendaten:

Typ:

Hersteller:

Auftragsnummer:

Seriennummer:

Momentane Messgüte bzw. Probleme:

**Anlagen:**

1. Auslegungsblatt Staudrucksonde
2. Maßzeichnung der Sonde (bei anderen Herstellern als systemec Controls)
3. Isometrie / Rohrleitungszeichnung (wenn Skizzenfeld nicht ausreichend)