

# Sonderdokumentation

## **Proline Prowirl F 200**

Anwendungspaket Nassdampferkennung



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Hinweise zum Dokument</b> .....	<b>4</b>
1.1	Dokumentfunktion .....	4
1.2	Umgang mit dem Dokument .....	4
1.3	Verwendete Symbole .....	4
1.4	Dokumentation .....	5
<b>2</b>	<b>Produktmerkmale und Verfügbar-</b>	
	<b>keit</b> .....	<b>7</b>
2.1	Produktmerkmale .....	7
2.2	Verfügbarkeit .....	7
<b>3</b>	<b>Inbetriebnahme</b> .....	<b>9</b>
3.1	Einbaulage .....	9
3.2	Messgerät konfigurieren .....	9
<b>4</b>	<b>Betrieb</b> .....	<b>13</b>
4.1	Nassdampfwarnung .....	13
4.2	Korrektur der Ausgangsgrößen .....	14
<b>5</b>	<b>Technische Daten</b> .....	<b>15</b>
5.1	Messabweichung der Prozessgrößen .....	15
<b>6</b>	<b>Grundlagen</b> .....	<b>16</b>
6.1	Einleitung .....	16
6.2	Dampfqualität .....	16
6.3	Zweiphasenströmung .....	17
6.4	Anlageneffizienz .....	18
6.5	Sicherheitsrisiko .....	18
6.6	Nassdampferkennung mit dem Prowirl F 200 .....	19
<b>7</b>	<b>Anwendungsbeispiel</b> .....	<b>20</b>

# 1 Hinweise zum Dokument

## 1.1 Dokumentfunktion

Dieses Dokument ist Teil der Betriebsanleitung und dient als Nachschlagewerk für anwendungsspezifische Parameter und Hinweise.

Es liefert detaillierte Erläuterungen zu:

- Jedem einzelnen Parameter des Bedienmenüs
- Erweiterten technischen Spezifikationen
- Grundlagen und Anwendungshinweisen

## 1.2 Umgang mit dem Dokument

### 1.2.1 Informationen zum Dokumentaufbau










Zur Anordnung der Parameter mit Kurzbeschreibung gemäß Menü **Betrieb**, Menü **Setup**, Menü **Diagnose**: Betriebsanleitung zum Gerät



Zur Bedienphilosophie: Betriebsanleitung zum Gerät, Kapitel "Bedienphilosophie"

## 1.3 Verwendete Symbole

### 1.3.1 Symbole für Informationstypen


Symbol	Bedeutung
	<b>Tipp</b> Kennzeichnet zusätzliche Informationen.
	<b>Verweis auf Dokumentation</b> Verweist auf die entsprechende Dokumentation zum Gerät.
	<b>Verweis auf Seite</b> Verweist auf die entsprechende Seitenzahl.
	<b>Verweis auf Abbildung</b> Verweist auf die entsprechende Abbildungsnummer und Seitenzahl.
	<b>Bedienung via Vor-Ort-Anzeige</b> Kennzeichnet die Navigation zum Parameter via Vor-Ort-Anzeige.
	<b>Bedienung via Bedientool</b> Kennzeichnet die Navigation zum Parameter via Bedientool.
	<b>Schreibgeschützter Parameter</b> Kennzeichnet einen Parameter, der sich mit einem anwenderspezifischen Freigabecode gegen Änderungen sperren lässt.

### 1.3.2 Symbole in Grafiken

Symbol	Bedeutung
1, 2, 3 ...	Positionsnummern
A, B, C, ...	Ansichten
A-A, B-B, C-C, ...	Schnitte

## 1.4 Dokumentation


### 1.4.1 Gerätedokumentation

 Alle Geräte werden mit einer Kurzanleitung ausgeliefert. Diese Kurzanleitung ersetzt nicht die zugehörige Betriebsanleitung!

Ausführliche Informationen zu dem Gerät können der Betriebsanleitung und den weiteren Dokumentationen entnommen werden:

- Auf der mitgelieferten CD-ROM (nicht bei allen Geräteausführungen Bestandteil des Lieferumfangs).
- Für alle Geräteausführungen verfügbar über:
  - Internet: [www.endress.com/deviceviewer](http://www.endress.com/deviceviewer)
  - Smartphone/Tablet: *Endress+Hauser Operations App*

Die benötigten Informationen zum Abruf der Dokumentationen befinden sich auf dem Typenschild des Geräts .

 Technische Dokumentationen sind auch über den Download Bereich der Endress +Hauser Internetseite verfügbar: [www.endress.com](http://www.endress.com) → Download. Diese sind jedoch nicht spezifisch einem Gerät zugeordnet sondern gelten für die jeweilige Gerätefamilie.

#### W@M Device Viewer

1. W@M Device Viewer aufrufen: [www.endress.com/deviceviewer](http://www.endress.com/deviceviewer)
2. Seriennummer (Ser. no.) des Geräts eingeben: siehe Typenschild .
  - ↳ Alle zugehörigen Dokumentationen werden angezeigt.

#### Endress+Hauser Operations App

 Die *Endress+Hauser Operations App* ist für Android (Google play) und iOS (App Store) verfügbar.

Über die Seriennummer:

1. *Endress+Hauser Operations App* aufrufen.
2. Seriennummer (Ser. no.) des Geräts eingeben: siehe Typenschild .
  - ↳ Alle zugehörigen Dokumentationen werden angezeigt.

Über den 2-D-Matrixcode (QR-Code):

1. *Endress+Hauser Operations App* aufrufen.
2. Den 2-D-Matrixcode (QR-Code) auf dem Typenschild scannen .
  - ↳ Alle zugehörigen Dokumentationen werden angezeigt.

### 1.4.2 Standarddokumentation

Diese Anleitung ist eine Sonderdokumentation. Sie ersetzt nicht die zum Lieferumfang gehörende Betriebsanleitung. Ausführliche Informationen der Betriebsanleitung und den weiteren Dokumentationen entnehmen.

Die Sonderdokumentation ist fester Bestandteil der folgenden Betriebsanleitungen:

Messgerät	Dokumentationscode	
	HART	PROFIBUS PA
Prowirl F 200	BA01154D	BA01222D

### 1.4.3 Inhalt und Umfang

Diese Sonderdokumentation beinhaltet die Beschreibungen der zusätzlichen Parameter und technische Daten, die mit dem Anwendungspaket **Nassdampferkennung** zur Verfügung stehen. Alle für die Nassdampferkennung nicht relevanten Parameter werden in der Betriebsanleitung beschrieben.

Das "Kapitel Grundlagen" erläutert allgemeine Informationen zur Nassdampferkennung  
→  16.


## 2 Produktmerkmale und Verfügbarkeit

### 2.1 Produktmerkmale

#### 2.1.1 Anwendungspaket Nassdampferkennung

Das Anwendungspaket **Nassdampferkennung** besitzt eine zusätzliche Funktion, die eine Überwachung der Dampfqualität ermöglicht.

Das Anwendungspaket bietet:

- Eine Diagnoseinformation, die bei einer Unterschreitung eines Grenzwerts der Dampfqualität →  16 im Bereich zwischen 80...100 % eine Warnmeldung liefert.
- Eine Korrektur des Volumen<sup>1)</sup>, des Masse- und Energieflusses.
- Einen zusätzlichen Indikator zur Funktionskontrolle von Kondensatableitern.

### 2.2 Verfügbarkeit

Das Anwendungspaket **Nassdampferkennung** ist ausschließlich verfügbar für:

- Prowirl F 200
- Nennweiten: DN 25...100 (1...4")
- Bestellmerkmal "Sensorausführung", Option 3 "Massefluss (integrierte Temperaturmessung)"

Wurde das Anwendungspaket **Nassdampferkennung** für das Durchflussmessgerät ab Werk mitbestellt, so ist dieses bei Auslieferung im Messgerät verfügbar. Der Zugriff erfolgt über die Bedienschnittstellen des Messgeräts oder via Endress+Hauser Asset Management Software FieldCare.

Möglichkeiten der Verfügbarkeitsprüfung im Messgerät:


Anhand der Seriennummer:


W@M Device viewer<sup>2)</sup> → Bestellmerkmal "Anwendungspaket", Option ES "Nassdampferkennung"

Sollte das Anwendungspaket im Messgerät nicht abrufbar sein, besteht die Möglichkeit, dieses im Lebenszyklus des Messgeräts freizuschalten. Bei den meisten Durchflussmessgeräten ist eine Freischaltung ohne Firmware-Upgrade möglich.

Die Freischaltung ohne Firmware-Upgrade ist ab folgenden Firmware-Versionen möglich:

- HART: 01.02.zz
- PROFIBUS DP: 01.01.zz
- FOUNDATION Fieldbus: 01.00.zz

 Bei allen vorherigen Firmware-Versionen ist eine Freischaltung mit Firmware-Upgrade erforderlich.

 Zusätzlich ist das Anwendungspaket **Nassdampfmessung** für Dampfanwendungen als optionales Bestellmerkmal "Anwendungspaket", Option EU "Nassdampfmessung" erhältlich. Es ergänzt das Anwendungspaket **Nassdampferkennung** um eine quantitative Messung der Dampfqualität.

#### 2.2.1 Freischaltung ohne Firmware-Upgrade

Für die Freischaltung ohne Upgrade benötigen Sie einen Umbausatz von Endress+Hauser. Dieser beinhaltet unter anderem einen Freigabecode, der über das Bedienmenu eingegeben werden muss, um das Anwendungspaket zu aktivieren.

1) Korrektur des Volumenfluss = Korrektur des primären Volumenstroms gegen Kondensate in einer Dampfanwendung (nicht zu verwechseln mit Normvolumenfluss); Normvolumenfluss = Volumenfluss bezogen auf Referenzbedingungen

2) [www.endress.com/deviceviewer](http://www.endress.com/deviceviewer)

Nach der einmaligen Aktivierung ist das Anwendungspaket permanent im Messgerät verfügbar.

### **2.2.2 Freischaltung mit Firmware-Upgrade**

Besitzen Sie ein Messgerät, bei dem ein Firmware Upgrade vor Freischaltung erforderlich ist, kontaktieren Sie bitte ihre Endress+Hauser Serviceorganisation.

Diese Funktion erfordert einen Servicezugriff zum Messgerät.

 Für weitere Informationen betreffend Verfügbarkeit und Firmware-Upgrade bestehender Messgeräte kontaktieren Sie bitte ihre Endress+Hauser Service- oder Verkaufsorganisation.



## 3 Inbetriebnahme

### HINWEIS

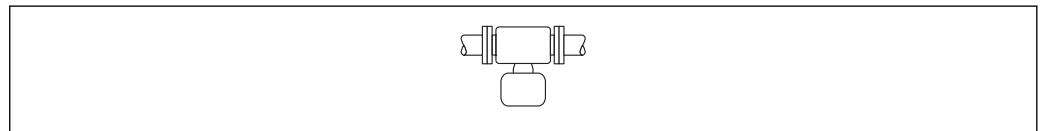
Vor der Inbetriebnahme des Anwendungspakets **Nassdampferkennung** sind folgende Punkte zu beachten:

- ▶ Nicht in Kombination mit der Funktion **Einlaufstreckenkorrektur** verwenden.
- ▶ Die spezifizierten Einlaufstrecken berücksichtigen.
- ▶ Nicht in Kombination mit einem Strömungsgleichrichter verwenden.

- Der Parameter **Dampfqualität** ist bereits im Gerät sichtbar, die Zuordnung des Parameters hat noch keine Funktionalität.
  - Das Anwendungspaket **Nassdampfmesung** muss im Gerät verfügbar und aktiviert sein, damit der Parameter in vollem Umfang zugeordnet und verwendet werden kann.
  - Das Anwendungspaket **Nassdampfmesung** ist als optionales Bestellmerkmal erhältlich → 7.

### 3.1 Einbaulage

Das Messgerät muss wie folgt in die Rohrleitung eingebaut werden:



1 Horizontale Einbaulage Messumformerkopf unten

A0015590

### 3.2 Messgerät konfigurieren

Mithilfe des Wizard **Messstoffwahl** können alle Parameter eingestellt werden, die benötigt werden, um das Messgerät für die Nassdampferkennung zu konfigurieren.

Zur Konfiguration des Messgeräts folgende Schritte ausführen:

1. Messstoff einstellen → 9.
2. Prozessdruck einstellen → 10.
3. Druckkompensation aktivieren → 12.

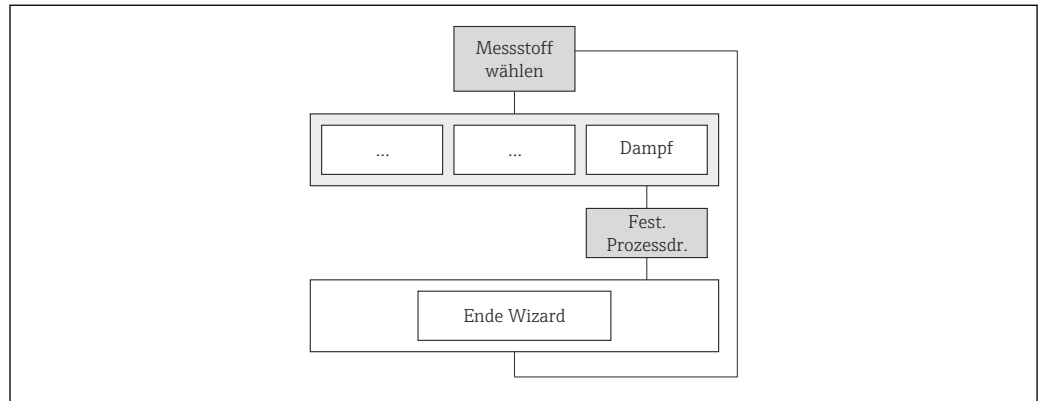
#### 3.2.1 Messstoff einstellen

1. Den Wizard **Messstoffwahl** aufrufen.
2. Im Parameter **Messstoff wählen** (→ 10) die Option **Dampf** wählen.

**Navigation**

Menü "Setup" → Messstoffwahl

**Verlauf des Wizards**



A0021362-DE

**Parameterübersicht mit Kurzbeschreibung**

Parameter	Beschreibung	Auswahl	Werkseinstellung
Messstoff wählen	Messstoffart wählen.	Dampf	Dampf

**3.2.2 Prozessdruck einstellen**

**Umstellen des Prozessdrucks zur Aktivierung der Nassdampferkennung**

Nachdem der Messstoff "**Dampf**" ausgewählt wurde, muss der vorhandene Prozessdruck in der Anlage fest eingestellt werden. Der Parameter **Fester Prozessdruck** ist auf den Wert **0 bar abs.** (ab Werk) eingestellt<sup>3)</sup>. In diesem Fall rechnet das Messgerät nur temperaturkompensiert auf der Sattdampfkurve. Die Nassdampferkennung wird erst ermöglicht, wenn der Parameter **Fester Prozessdruck** auf einen Wert ≠ 0 bar abs. eingestellt wird.

1. Den Wizard **Messstoffwahl** aufrufen.
2. Im Parameter **Fester Prozessdruck** (→ 11) den in der Anlage vorhandenen Prozessdruck oder einen Wert ≠ 0 eingeben.



**i** Endress+Hauser empfiehlt die Verwendung einer aktiven Druckkompensation. So können Abweichungen durch Druckschwankungen und Fehleingaben sicher ausgeschlossen werden → 12.

**Navigation**


Menü "Setup" → Messstoffwahl



3) Diese Werkseinstellung ermöglicht eine Rückwärtskompatibilität für bestehende Messstellen, die mit dem Vorgängergerät Prowirl 73 ausgestattet sind.


**Parameterübersicht mit Kurzbeschreibung**

Parameter	Voraussetzung	Beschreibung	Eingabe	Werkseinstellung
Fester Prozessdruck	<p>Folgende Bedingungen sind erfüllt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bestellmerkmal "Sensorausführung", Option "Massefluss (integrierte Temperaturmessung)"</li> <li>▪ In Parameter <b>Eingelesener Wert</b> (→ 12) ist die Option <b>Druck</b> nicht ausgewählt.</li> </ul>	<p>Festen Wert für Prozessdruck eingeben.</p> <p><i>Abhängigkeit</i> Die Einheit wird übernommen aus: Parameter <b>Druckeinheit</b></p> <p> Detaillierte Angaben zur Berechnung der Messgrößen bei Dampf:</p> <p> Detaillierte Angaben zur Einstellung des Parameters in Dampfanwendungen: Sonderdokumentation Anwendungspaket <b>Nassdampferkennung</b> und <b>Nassdampfmessung</b></p>	0...250 bar abs.	0 bar abs.

### 3.2.3 Druckkompensation aktivieren

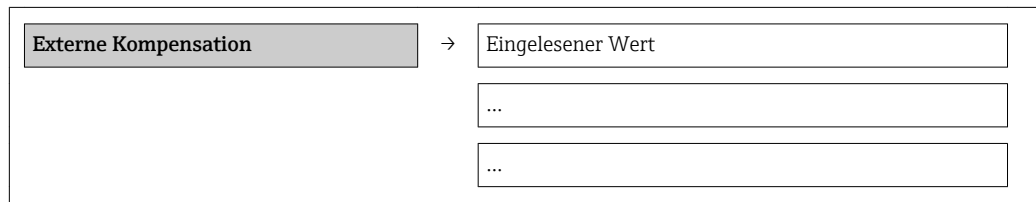
 Die aktive Druckkompensation kann wahlweise zusätzlich durchgeführt werden, um den Einfluss von Druckschwankungen zu minimieren. Der Druck kann eingelesen werden über Stromeingang oder Feldbusse.

 Detaillierte Angaben zum Einlesen des Druckes: Betriebsanleitung →  5

1. Das Untermenü **Externe Kompensation** aufrufen.
2. Im Parameter **Eingelesener Wert** (→  12) die Option **Druck** wählen.

#### Navigation

Menü "Setup" → Erweitertes Setup → Externe Kompensation



#### Parameterübersicht mit Kurzbeschreibung

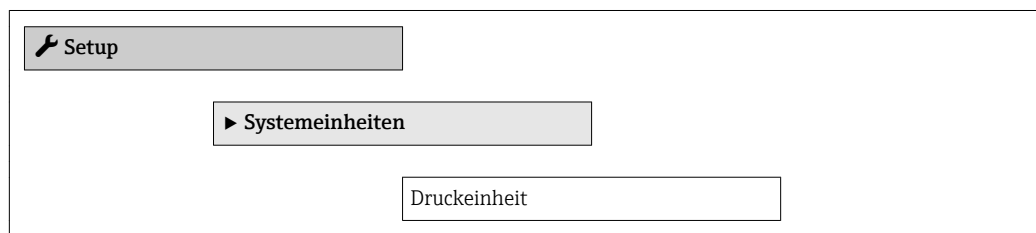
Parameter	Beschreibung	Auswahl	Werkseinstellung
Eingelesener Wert	Prozessgröße zuordnen, die von externem Gerät eingelesen wird.	Druck	Aus

#### Hinweis für PROFIBUS PA

Wird bei Messgeräten mit PROFIBUS PA ein externer Drucktransmitter zum Einlesen des Drucks verwendet, im Parameter Druckeinheit die Einheit Pascal einstellen.

#### Navigation

Menü "Setup" → Systemeinheiten





#### Parameterübersicht mit Kurzbeschreibung

Parameter	Voraussetzung	Beschreibung	Auswahl	Werkseinstellung
Druckeinheit	Bei folgendem Bestellmerkmal: "Sensorausführung", Option "Massefluss"	Einheit für Rohrdruck wählen. <i>Auswirkung</i> Die Einheit wird übernommen von: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Berechneter Sattdampfdruck</li> <li>▪ Umgebungsdruck</li> <li>▪ Maximaler Wert</li> <li>▪ Fester Prozessdruck</li> <li>▪ Druck</li> <li>▪ Referenzdruck</li> </ul>	Einheiten-Auswahl-liste	Abhängig vom Land: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ bar</li> <li>▪ psi</li> </ul>

## 4 Betrieb

Die Dampfqualität wird stets im Hintergrund berechnet.

Nach erfolgreicher Inbetriebnahme des Anwendungspakets **Nassdampferkennung** können folgende Funktionen des Messgerätes genutzt werden:

- Nassdampfwarnung bei Dampfqualität  $\leq 80 \dots 100 \%$  →  13
- Korrektur des Volumen-, Masse- und Energieflusses →  14

### 4.1 Nassdampfwarnung

Die im Messgerät implementierte Nassdampfwarnung bietet die Möglichkeit, eine konfigurierbare Diagnosemeldung auszugeben. Der Schwellenwert zum Auslösen der Diagnosemeldung ist ab Werk auf 80 % Dampfqualität festgelegt, kann aber durch den Kunden angepasst werden.

Sobald die Dampfqualität unter 80 % sinkt, erscheint auf dem Display die Diagnosemeldung **△S872 Nassdampf vorhanden**. Sobald die Dampfqualität über 85 % steigt, verschwindet diese Warnmeldung wieder. Die Hysterese ist auf einen festen Wert von 5 % eingestellt (Werkseinstellung) und kann nicht verändert werden.

#### Anpassung des Schwellenwerts


Der einstellbare Bereich dieses Schwellenwerts liegt bei 80...100 %.

#### HINWEIS!



Als Voraussetzung für die Einstellung gilt: Im Parameter **Dampfqualität** (7605) muss die Option **Berechneter Wert** gewählt sein.

Navigation:

Menü "Setup" → Erweitertes Setup → Externe Kompensation → Dampfqualität

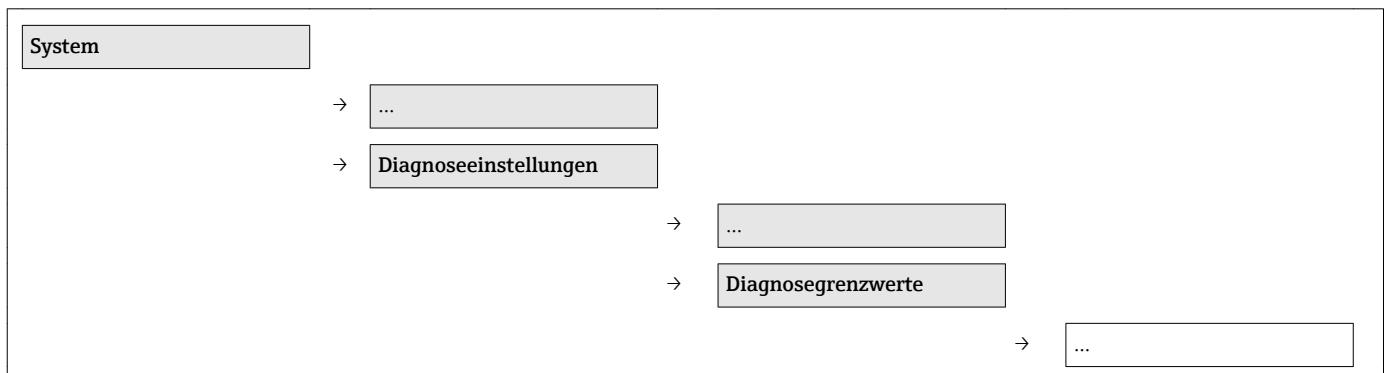
1. Das Untermenü **Diagnosegrenzwerte** aufrufen.
2. Im Parameter **Grenzwert Dampfqualität** (→  14) einen Wert von 80...100 % eingeben.

Standardmäßig ist der Diagnosemeldung **△S872 Nassdampf vorhanden** das Diagnoseverhalten **Warnung** zugeordnet. Eine Warnung wird auf dem Display angezeigt und kann über die digitale Schnittstelle ausgewertet werden. Dieses Diagnoseverhalten kann auf **Alarm** angepasst werden. Als Folge geht bei aktiver Diagnosemeldung **△S872 Nassdampf vorhanden** der Stromausgang auf das definierte Fehlverhalten.

 Detaillierte Angaben zur Anpassung des Diagnoseverhaltens: Betriebsanleitung →  5

#### Navigation

Menü "Experte" → System → Diagnoseeinstellungen → Diagnosegrenzwerte



	Grenzwert Dampfqualität
	...

**Parameterübersicht mit Kurzbeschreibung**


Parameter	Voraussetzung	Beschreibung	Eingabe	Werkseinstellung
Grenzwert Dampfqualität	Folgende Bedingungen sind erfüllt: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ In Parameter <b>Messstoff wählen</b> ist die Option <b>Dampf</b> ausgewählt.</li> <li>▪ In Parameter <b>Dampfqualität</b> ist die Option <b>Berechneter Wert</b> ausgewählt.</li> </ul>		80...100 %	80 %

## 4.2 Korrektur der Ausgangsgrößen

Folgende Messgrößen werden mit dem Anwendungspaket **Nassdamperkennung/-messung** dampfqualitätsabhängig korrigiert:

- Volumenfluss
- Massefluss
- Energiefluss

Die Korrektur ist abhängig von der Eingabe im Parameter **Dampfqualität** (7605). Wenn die Option **Fester Wert** gewählt wird, korrigiert der Prowirl 200 die oben genannten Messgrößen mit dem Parameter **Wert Dampfqualität** (Werkseinstellung 100 %). Wenn die Option **Berechneter Wert** gewählt wird, korrigiert der Prowirl 200 anhand der aktuell im Prozess gemessenen Dampfqualität.

 Angaben zur Messabweichung bei gewählter Option **Berechneter Wert**: Kapitel "Technische Daten" →  15

## 5 Technische Daten

Das Anwendungspaket **Nassdampferkennung** ist für folgende Bereiche gültig:

*SI-Einheiten*

DN [mm]	Geschwindigkeitsbereich im Messrohr [m/s]	Temperaturbereich [°C]	Druckbereich [bar abs.]
25	$5 \leq u \leq 35$	120 < T < 185	2 < p < 11
40	$5 \leq u \leq 50$		
50	$5 \leq u \leq 45$		
80	$5 \leq u \leq 50$		
100	$5 \leq u \leq 30$		

*US-Einheiten*

DN [in]	Geschwindigkeitsbereich [ft/s]	Temperaturbereich [°F]	Druckbereich [psi abs.]
1	$16,4 \leq u \leq 114,83$	248 < T < 365	29,0 < p < 159,5
1½	$16,4 \leq u \leq 164,0$		
2	$16,4 \leq u \leq 147,64$		
3	$16,4 \leq u \leq 164,0$		
4	$16,4 \leq u \leq 98,43$		

### HINWEIS

**Außerhalb der gültigen Bereiche wird der Volumen-, Masse- und Energiefluss nicht mehr korrigiert.**

Ausserhalb der gültigen Bereiche werden diese Ausgangsgrößen mit dem hinterlegten Wert im Parameter Wert Dampfqualität (Werkseinstellung 100 %) korrigiert. (Navigation: Menü Setup → Untermenü Erweitertes Setup → Untermenü Externe Kompensation → Parameter Wert Dampfqualität)

- Dies kann mithilfe der konfigurierbaren Diagnosemeldung **△S874 X%-Spec ungültig** (Werkseinstellung **Aus**) angezeigt werden.

### 5.1 Messabweichung der Prozessgrößen

Bei Nassdampf im Bereich von 80...100 % Dampfqualität:

Prozessgröße	Messabweichung <sup>1)</sup>
Volumenfluss	$\pm 3 \% ^{2)}$
Massefluss	$\pm 4 \%$
Energiefluss	$\pm 4 \%$

- 1) Alle Angaben sind bezogen auf ein Vertrauensintervall von 95 % und auf die Dampfphase (ohne Kondensat).
- 2) Wenn der Volumenfluss nicht anhand der gemessenen Dampfqualität korrigiert wird, wie z.B. bei Geräten ohne Anwendungspaket Nassdampfmessung, ist mit einer Messabweichung von bis zu 7 % zu rechnen.



Zusätzliche Angaben zur Messabweichung: Technische Information, Kapitel "Maximale Messabweichung" → 5

## 6 Grundlagen

### 6.1 Einleitung

Das Wirbeldurchfluss-Messprinzip ist ein universelles Messprinzip: Es erlaubt die Messung von Flüssigkeiten, Gasen und Dämpfen. Durch das sehr robuste Design des Prowirl F 200 ist es das bevorzugte Durchflussmessgerät in Dampfanwendungen. Zur industriellen Dampferzeugung werden Dampfkessel verwendet. Dampf ist das effizienteste Energietransfermedium. Die zwei Hauptanwendungen sind die Übertragung von thermischer Energie (Gebäudeheizung, Koch- und Heizprozesse) und kinetischer Energie (Turbinen in Kraftwerken). Der Dampf direkt am Auslass eines Kessels ohne Überhitzer ist in gesättigter Form vorhanden und wird als Sattdampf bezeichnet. Diese Dampfart hat eine theoretische Dampfqualität von 100 % ( $x = 1$ ). Bezogen auf ein geschlossenes Volumen beschreibt Sattdampf den Zustand, an dem der letzte Wassertropfen gasförmig geworden ist. Sobald diesem Dampf Energie entzogen wird, bildet sich Kondensat. In diesem Wärmeübergang ist eine große Menge Energie (latente Enthalpie  $h_{fg}$ ) enthalten. Überhitzter Dampf bildet sich aus Sattdampf, wenn bei konstantem Druck die Temperatur erhöht wird oder bei konstanter Temperatur ein Druckabfall stattfindet.

### 6.2 Dampfqualität

Nassdampf beschreibt ein Zweiphasengemisch. Es besteht ein thermodynamisches Gleichgewicht zwischen Sattdampf und Kondensat. Eine Dampfqualität von z.B. 80 % bedeutet, dass 80 % des Masseflusses in gasförmigen Zustand und 20 % des Masseflusses in flüssigem Zustand vorliegen.

Die Dampfqualität  $x$  wird auf den Massefluss bezogen. Eine Dampfqualität von 50 % bedeutet nicht, dass das halbe Rohr mit Wasser gefüllt ist.

#### 6.2.1 Volumetrischer Vergleich

Dampfqualität ist ein Massenverhältnis:

$$x = \dot{m}_{\text{Dampf}} : (\dot{m}_{\text{Dampf}} + \dot{m}_{\text{Kondensat}})$$

##### Beispiel 1

In einem geschlossenen Volumen sind 80 % des Massenanteils in Form von Sattdampf und 20 % des Massenanteils in Form von Kondensat vorhanden (= 80 % Dampfqualität). Dies entspricht bei 10 bar (145 psi) Absolutdruck im Volumen 99,9 Volumen-Prozent Sattdampf und 0,1 Volumen-Prozent Kondensat, da die Dichte des Kondensats um den Faktor 200 größer als die von Dampf ist.

##### Beispiel 2

Durch eine Rohrleitung (DN 100 (4")) fließen bei einem Druck von 8 bar (116 psi) und einer Temperatur von +170 °C (+338 °F), 4 000 kg (8 818,5 lb) Dampf pro Stunde. Die Dampfqualität beträgt 80 %. Der Dampf strömt mit einer Geschwindigkeit von 36 m/s (118,1 ft/s). Unter der Annahme, dass es sich um eine Ringströmung handelt → ☞ 17 und die Geschwindigkeit des Kondensats 2 m/s (6,6 ft/s) beträgt, kann eine volumetrische Vergleichsgröße berechnet werden. Bei einer Dampfqualität von 80 % würde die entstehende Ringströmung eine Dicke von 0,5 mm (0,02 in) haben.

#### 6.2.2 Massekompensation

Das primäre Messsignal beim Wirbelzähler-Messprinzip ist der Volumenstrom. Der Volumenstrom der gasförmigen Phase (primäre Phase) kann mit konventionellen Wirbeldurchfluss-Messgeräten hinreichend genau gemessen werden. Meistens ist der Anwender



jedoch am Massefluss oder am Energiefluss des Dampfes interessiert, da die Hauptaufgabe in Dampfanwendungen die Übertragung oder Abgabe von Energie ist. Moderne Wirbel-durchfluss-Messgeräte bieten für diesen Fall eine Kompensation der gasförmigen Phase an. Im vorherigen Beispiel bedeutet die Massekompensation der gasförmigen Phase, dass nur 80 % des Gesamtmasseflusses erfasst werden.

Daraus resultierende Fehler in der Energiebetrachtung des Kunden:

- Der Kunde hat keine Aussage über die Qualität des Dampfes oder Prozesses.
- Der Prozess ist ineffizient, da nur der Massefluss der primären Phase in Effizienzberechnungen berücksichtigt werden kann.
- Der Prozess ist unsicher, denn ohne einen Indikator über die Qualität des Dampfes muss eine Effizienz- oder Sicherheitsbetrachtung auf Grundlage von Annahmen durchgeführt werden.

## 6.3 Zweiphasenströmung

In der Durchflussmessung spricht man bei dem gleichzeitigen Vorhandensein von einer flüssigen und einer gasförmigen Phase von einer Zweiphasenströmung.

### 6.3.1 Klassifikationen

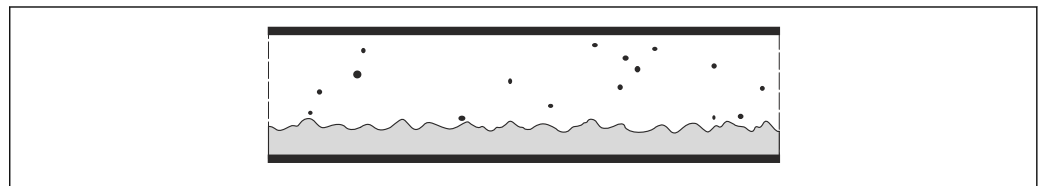
Klassifikationen für Zweiphasenströmungen (abhängig von Dampfqualität, Geschwindigkeit der primären Phase, Druck und Temperatur):

#### Gerinneströmung

Die flüssige Phase befindet sich auf der Unterseite der Rohrleitung und wird von der gasförmigen Phase mit höherer Strömungsgeschwindigkeit überströmt.

#### Wellenströmung

Die flüssige Phase befindet sich auf der Unterseite der Rohrleitung und wird von der gasförmigen Phase in eine Wellenströmung versetzt (Erhöhtes Risiko von Dampf- und Wasserschlägen).

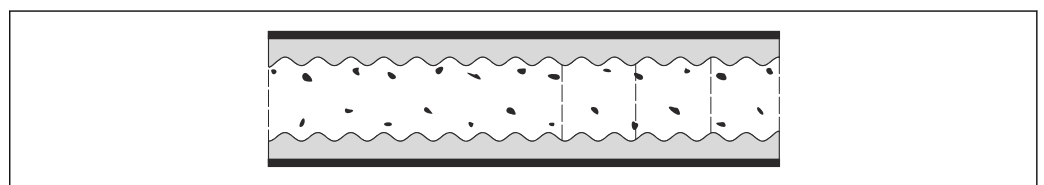


2 Wellenströmung - Dampf, Kondensat

A0021813

#### Ringströmung

Die flüssige Phase (Kondensat) legt sich ringförmig an die Rohrleitung. Die gasförmige Phase strömt in der Mitte der Rohrleitung.



3 Ringströmung - Dampf, Kondensat

A0021814

## 6.4 Anlageneffizienz

Für eine effiziente Energieübertragung muss sichergestellt werden, dass der optimale Dampfzustand für die jeweilige Anwendung vorhanden ist:

- Übertragung von Energie durch ein Verteilsystem: leicht Überhitzter Dampf  
Der Wärmeübergangskoeffizient ist kleiner als bei Satttdampf → Weniger Wärmeverluste
- Betrieb einer Turbine (die kinetische Energie von Gas verrichtet Arbeit): stark Überhitzter Dampf  
Trockener Dampf → Keine flüssigen Bestandteile, dadurch ein verringertes Risiko, dass Abrasion der Turbinenschaufeln stattfindet.
- Übertragung von Energie an den Prozess: Satttdampf  
Der Wärmeübergangskoeffizient ist höher als bei Überhitztem Dampf → Ein Großteil der Energie kann an den Prozess abgegeben werden.

Nach der Erzeugung wird Dampf durch Rohrleitungen an die verschiedenen Prozesse verteilt. Während dieser Verteilung darauf achten, dass die Wärmeverluste möglichst gering gehalten werden.

Gründe für Wärmeverluste:

- Mangelnde Isolierung
- Lange Verteilstrecken

Der Anteil an verlorener Wärme hat direkten Einfluss auf die Anlageneffizienz. Falsch betriebene Dampfkessel führen zu einer schlechteren Anlageneffizienz. Der produzierte Dampf hat eine schlechtere Qualität und kann deshalb nicht mehr die gleiche Energiemenge wie Satttdampf (100 % Dampfqualität) speichern. Wenn die Dampfqualität unter 100 % sinkt, spricht man von Nassdampf. Dieser enthält eine reduzierte latente Enthalpie  $h_{fg}$  proportional zur Dampfqualität, die an den Prozess abgegeben werden kann.

**Daraus resultiert: Je geringer die Dampfqualität, desto geringer ist die Anlageneffizienz.**

## 6.5 Sicherheitsrisiko

Des Weiteren stellt Nassdampf ein empfindliches Sicherheitsrisiko dar. Größere Mengen an Kondensat können zu erheblichen Schäden in Anlagen führen.

Typische Gefahren bei schlechter Dampfqualität:

- Wasserschlag
- Dampfschlag
- Übersäumen in der Startphase

Gefahr	Beschreibung	Wirkung
Wasserschlag	Kondensat füllt für kurze Zeit komplette Rohrleitung und schießt mit der Geschwindigkeit des Dampfes durch die Rohrleitung.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zerstörung der Rohrleitung, Ventile, Messtechnik</li> <li>▪ Laute Schläge</li> </ul>
Dampfschlag	Ein gewisses Dampfvolumen wird für kurze Zeit von beiden Seiten zwischen Kondensat eingeschlossen → Schlagartiger Phasenwechsel von eingeschlossenem Dampf führt zu lokalem Vakuum und beschleunigt die Kondensatfronten aufeinander zu → Schockwelle mit bis zu 160 bar (2 320,6 psi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zerstörung der Rohrleitung, Ventile, Messtechnik</li> <li>▪ Laute Schläge</li> </ul>
Übersäumen in der Startphase (priming oder carryover)	In der Startphase eines Dampfsystems ist darauf zu achten, dass die angeschlossenen Verbrauchsprozesse nicht mehr Dampf beziehen, als erzeugt werden kann. Passiert das dennoch, wird der Kesseldruck sinken. Ein zu niedriger Kesseldruck führt zu einem Sog über der Wasseroberfläche → Teile des flüssigen Wassers gelangen in die Dampfströmung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Häufiges An- und Abfahren des Kessels</li> <li>▪ In Extremfällen Explosion des Kessels (bei freiliegenden Heizrohren bei gleichzeitig defektem Niedrigwasseralarm)</li> <li>▪ Zerstörung der Rohrleitung, Ventile, Messtechnik durch übergeschäumtes korrosives Kesselwasser</li> <li>▪ Laute Schläge</li> </ul>

**Daraus resultiert: Je geringer die Dampfqualität, desto höher ist das Sicherheitsrisiko.**

Das Risiko von Wasser- oder Dampfschlägen erhöht sich mit sinkender Dampfqualität, deshalb kommen in modernen Dampfsystemen Kondensatabscheider zum Einsatz. Ein Kondensatabscheider entfernt das Kondensat aus der Rohrleitung und erhöht die Qualität des vorliegenden Dampfes.

## 6.6 Nassdampferkennung mit dem Prowirl F 200

Der Prowirl F 200 ist aufgrund seiner speziellen Signalverarbeitung in der Lage, das Vorhandensein einer zweiten Phase (flüssigen Phase bzw. Kondensat) zu erkennen. Auf Grundlage allgemein anerkannter, dimensionsloser Strömungsgrößen konnte Endress+Hauser eine Funktion zur Nassdampferkennung entwickeln. Die Nassdampferkennung ist im Prowirl 200 so umgesetzt, dass sie bei der Unterschreitung eines Schwellenwerts der Dampfqualität anspricht. Der Schwellenwert zum Auslösen der Diagnosemeldung ist ab Werk auf 80 % Dampfqualität festgelegt, kann aber durch den Kunden angepasst werden. Der einstellbare Bereich dieses Schwellenwerts liegt bei 80...100 %. So kann der Prowirl F 200 mit Nassdampferkennung helfen, Sicherheitsrisiken zu erkennen (z.B. defekte Kondensatabscheider, Überschäumen).

### 6.6.1 Vorteile gegenüber herkömmlichen Verfahren zur Bestimmung der Dampfqualität

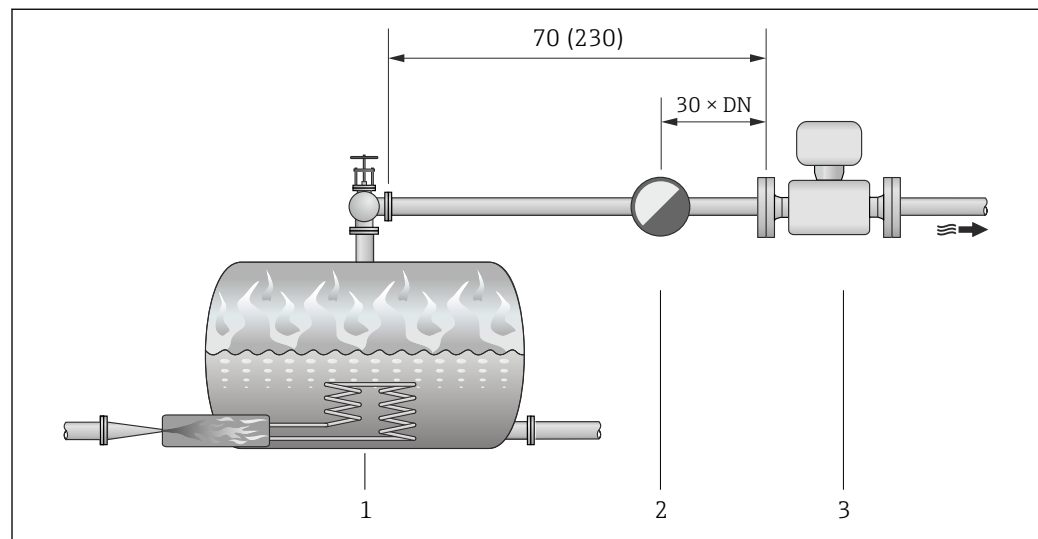
Der heutige Stand der Technik zur Bestimmung der Dampfqualität besteht in extraktiven Methoden, meist mit Drosselkalorimetern. Dieses Verfahren wurde bereits 1888 von Cecil Hobart Peabody vorgestellt.

Die Nassdampferkennung mit dem Prowirl F 200 bietet gegenüber diesem Verfahren mehrere eindeutige Vorteile:

- Kontinuierliche Überwachung der Dampfqualität und Auslösung einer Nassdampferkennung bei Unterschreitung von 80 % Dampfqualität
- Ohne zusätzlichen Arbeitsaufwand (bei herkömmlichen Verfahren benötigt es in der Regel für eine einzige Probenahme 2 Personen und ca. 3 h Arbeitsaufwand)
- Wesentlich geringeres Sicherheitsrisiko, da es keine Öffnung des Prozesses benötigt.

## 7 Anwendungsbeispiel

Im Folgenden ist ein Anwendungsbeispiel zum Anwendungspaket **Nassdampferkennung** aufgeführt, um die Vorteile dieses Anwendungspaketes zu verdeutlichen:



4 Maßeinheit m (ft)

- 1 Dampfboiler
- 2 Kondensatabscheider
- 3 Prowirl 200 mit Anwendungspaket Nassdampferkennung

Erhöhte Sicherheit in der chemischen Industrie

- Kunde: Chemieindustrie
- Anwendung: Verteilung von Satttdampf an Verbraucher zur Prozessheizung
- Prozessdaten:
  - Nennweite: DN 80 (3")
  - Prozessdruck: 5 bar abs. (72,52 psi abs.)
  - Prozesstemperatur: 152 °C (305,6 °F)
  - Durchflussbereich: 800...1800 kg/h (29,39...66,14 lb/min)

Es besteht eine Verbindung über eine 70-Meter-Rohrleitung (230 ft) zwischen Boiler und Verbraucher. Am Verbraucher wird trockener Satttdampf benötigt, dies wird durch einen Kondensatabscheider, der sich 30 × DN vor der Messstelle befindet, sichergestellt. Kondensatabscheider haben eine typische Ausfallquote von ca. 10 % pro Jahr in einer Industrieanlage.

Bei Ausfall des Kondensatabscheiders werden größere Mengen Kondensat durch die Rohrleitung bewegt. Unkontrollierte Kondensatbildung stellt ein erhöhtes Sicherheits- und Prozessrisiko dar. Das Durchflussmessgerät Prowirl F 200 mit Anwendungspaket **Nassdampferkennung** kann diesen Anlagenzustand erkennen. Dadurch ist eine rechtzeitige Warnmeldung an das Leitsystem möglich und Ausfälle von Kondensatabscheidern können rechtzeitig erkannt und mögliche Folgeschäden vermieden werden.

In diesem Anwendungsbeispiel erhöht die patentierte, innovative Lösung von Endress+Hauser die Sicherheit durch das Anwendungspaket **Nassdampferkennung**.

Endress+Hauser hat in dieser Anwendung folgende Lösung verkauft:

- Prowirl F 200
- Bestellmerkmal "Nennweite", Option 80 "DN80 3"
- Bestellmerkmal "Sensorausführung", Option 3 "Massefluss (intergrierte Temperaturmessung)"
- Bestellmerkmal "Anwendungspaket", Option ES "Nassdampferkennung"







[www.addresses.endress.com](http://www.addresses.endress.com)

---