

Sonderdokumentation

Proline Prowirl 200

Anwendungspaket Luft + Industriegase

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Hinweise zum Dokument | 4 |
| 1.1 | Dokumentfunktion | 4 |
| 1.2 | Umgang mit dem Dokument | 4 |
| 1.3 | Verwendete Symbole | 4 |
| 1.4 | Dokumentation | 5 |
| 2 | Produktmerkmale und Verfügbar- | |
| | keit | 7 |
| 2.1 | Produktmerkmale | 7 |
| 2.2 | Verfügbarkeit | 7 |
| 3 | Inbetriebnahme | 9 |
| 3.1 | Messgerät konfigurieren | 9 |
| 3.2 | Messstoff und Gasart wählen | 9 |
| 3.3 | Messstoffeigenschaften und Gaszusammen- | |
| | setzung festlegen | 12 |
| 4 | Grundlagen | 24 |
| 4.1 | Luft und Industriegase | 24 |
| 4.2 | Gasarten | 24 |
| 4.3 | Maßeinheiten | 28 |
| 4.4 | Durchflussrechner | 29 |

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 gemäß der Menüstruktur Menü **Betrieb**, Menü **Setup**, Menü **Diagnose** mit Kurzbeschreibungen: Betriebsanleitung zum Gerät

 Zur Bedienphilosophie: Betriebsanleitung zum Gerät, Kapitel "Bedienphilosophie"

1.3 Verwendete Symbole

1.3.1 Symbole für Informationstypen

| Symbol | Bedeutung |
|---|---|
|  | Tipp Kennzeichnet zusätzliche Informationen. |
|  | Verweis auf Dokumentation Verweist auf die entsprechende Dokumentation zum Gerät. |
|  | Verweis auf Seite Verweist auf die entsprechende Seitenzahl. |
|  | Verweis auf Abbildung Verweist auf die entsprechende Abbildungsnummer und Seitenzahl. |
|  | Bedienung via Vor-Ort-Anzeige Kennzeichnet die Navigation zum Parameter via Vor-Ort-Anzeige. |
|  | Bedienung via Bedientool Kennzeichnet die Navigation zum Parameter via Bedientool. |
|  | Schreibgeschützter Parameter 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

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:

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
 - 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 → 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
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

| Messgerät | Dokumentationscode | | |
|---------------|--------------------|---------------------|-------------|
| | HART | FOUNDATION Fieldbus | PROFIBUS PA |
| Prowirl C 200 | BA01152D | BA01215D | BA01220D |
| Prowirl D 200 | BA01153D | BA01216D | BA01221D |
| Prowirl F 200 | BA01154D | BA01217D | BA01222D |

| Messgerät | Dokumentationscode | | |
|---------------|--------------------|---------------------|-------------|
| | HART | FOUNDATION Fieldbus | PROFIBUS PA |
| Prowirl O 200 | BA01155D | BA01218D | BA01223D |
| Prowirl R 200 | BA01156D | BA01219D | BA01224D |

1.4.3 Inhalt und Umfang

Diese Sonderdokumentation beinhaltet die Beschreibungen der zusätzlichen Parameter und technische Daten, die mit dem Anwendungspaket **Luft + Industriegase (Rein + Gemische)** zur Verfügung stehen. Alle nicht für Luft und Industriegase relevanten Parameter werden in der Betriebsanleitung beschrieben.

Allgemeine Informationen zu Luft und Industriegasen befinden sich im Kapitel Grundlagen (→  24).

2 Produktmerkmale und Verfügbarkeit

2.1 Produktmerkmale

2.1.1 Anwendungspaket Luft + Industriegase (Rein + Gemische)

Das Anwendungspaket **Luft + Industriegase (Rein + Gemische)** ermöglicht die Dichte- und Energieberechnung von Luft und Industriegasen (Reine Gase und Gemische). Die Berechnungen basieren auf bewährten Standardberechnungsmethoden.

Der Einfluss von Druck und Temperatur kann automatisch kompensiert werden:

- Über einen eingelesenen Wert (über Stromeingang/HART/PROFIBUS PA)
- Über einen festen Wert
(Navigation: Menü **Setup** → Untermenü **Erweitertes Setup** → Untermenü **Externe Kompensation** → Parameter **Fester Prozessdruck**/Parameter **Feste Temperatur**)

Mit diesem Anwendungspaket ist es möglich, die Messgrößen Energie-, Normvolumen- und Massefluss der folgenden Messtoffe auszugeben:

- Reines Gas
- Gasgemisch
- Luft
- Anwenderspezifisches Gas

Die Berechnungen werden nach folgenden Standards durchgeführt:

- Enthalpie-Berechnung:
ISO 6976 (beinhaltet GPA 2172)
- Dichteberechnung:
NEL 40

2.2 Verfügbarkeit

Das Anwendungspaket **Luft + Industriegase (Rein + Gemische)** ist ausschließlich verfügbar für:

- Für Prowirl D, F, R:
Bestellmerkmal "Sensorausführung", Option 3 "Massefluss (integrierte Temperaturmessung)"
- Für Prowirl C, O:
Bestellmerkmal "Sensorausführung", Option 6 "Massefluss Alloy 718"

Wurde das Anwendungspaket **Luft + Industriegase (Rein + Gemische)** für das Durchflussmessgerät ab Werk mitbestellt, so ist dieses bei Auslieferung im Messgerät verfügbar. Der Zugriff erfolgt über die Bedienschnittstellen des Messgeräts oder die Endress+Hauser Asset Management Software FieldCare. Es sind grundsätzlich keine besonderen Vorkehrungen nötig, um das Anwendungspaket in Betrieb zu nehmen.

Möglichkeiten der Verfügbarkeitsprüfung im Messgerät:

Anhand der Seriennummer:

W@M Device viewer ¹⁾ → Bestellmerkmal "Anwendungspaket", Option ET "Luft + Industriegase (Rein+Gemische)"

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

1) www.endress.com/deviceviewer

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

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.

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

3.1 Messgerät konfigurieren

Mithilfe des Wizard **Messstoffwahl** können alle Parameter eingestellt werden, die benötigt werden, um das Messgerät für die Anwendung mit Luft und Industriegasen zu konfigurieren.

Zur Konfiguration des Messgeräts folgende Schritte ausführen:

1. Messstoff und Gasart wählen (→  9).
2. Messstoffeigenschaften und Gaszusammensetzung festlegen (→  12).

3.2 Messstoff und Gasart wählen

Reines Gas

Zur Konfiguration der Gasart **Reines Gas** folgende Schritte ausführen:

1. Den Wizard **Messstoffwahl** aufrufen.
2. Im Parameter **Messstoff wählen** (→  11) die Option **Gas** wählen.
3. Im Parameter **Gasart wählen** (→  11) die Option **Reines Gas** wählen.
 - ↳ Die Dichte wird nach NEL 40 bestimmt.
Die Enthalpie (Energie) wird nach ISO 6976 bestimmt.
4. Im Parameter **Fester Prozessdruck** (→  11) den Wert des vorhandenen Prozessdrucks eingeben.
 - ↳ **HINWEIS!**
Es muss ein Wert > 0 eingegeben werden.

Gasgemisch

Zur Konfiguration der Gasart **Gasgemisch** folgende Schritte ausführen:

1. Den Wizard **Messstoffwahl** aufrufen.
2. Im Parameter **Messstoff wählen** (→  11) die Option **Gas** wählen.
3. Im Parameter **Gasart wählen** (→  11) die Option **Gasgemisch** wählen.
 - ↳ Die Dichte wird nach NEL 40 bestimmt.
Die Enthalpie (Energie) wird nach ISO 6976 bestimmt.
4. Im Parameter **Fester Prozessdruck** (→  11) den Wert des vorhandenen Prozessdrucks eingeben.
 - ↳ **HINWEIS!**
Es muss ein Wert > 0 eingegeben werden.

Luft

Zur Konfiguration der Gasart **Luft** folgende Schritte ausführen:

1. Den Wizard **Messstoffwahl** aufrufen.
2. Im Parameter **Messstoff wählen** (→  11) die Option **Gas** wählen.
3. Im Parameter **Gasart wählen** (→  11) die Option **Luft** wählen.
 - ↳ Die Dichte wird nach NEL 40 bestimmt.
4. Im Parameter **Fester Prozessdruck** (→  11) den Wert des vorhandenen Prozessdrucks eingeben.
 - ↳ **HINWEIS!**

Es muss ein Wert > 0 eingegeben werden.

Anwenderspezifisches Gas

Zur Konfiguration der Gasart **Anwenderspezifisches Gas** folgende Schritte ausführen:

1. Den Wizard **Messstoffwahl** aufrufen.
2. Im Parameter **Messstoff wählen** (\rightarrow  11) die Option **Gas** wählen.
3. Im Parameter **Gasart wählen** (\rightarrow  11) die Option **Anwenderspezifisches Gas** wählen.
4. Im Parameter **Enthalpie-Art** (\rightarrow  11) eine der folgenden Optionen wählen:
 - \rightarrow Option **Wärme** (Für die Berechnung des thermischen Wärmeflusses)
 - Option **Brennwert** (Für die Berechnung des Energieflusses der potentiellen Verbrennungsenergie)
5. Im Parameter **Fester Prozessdruck** (\rightarrow  11) den Wert des vorhandenen Prozessdrucks eingeben.

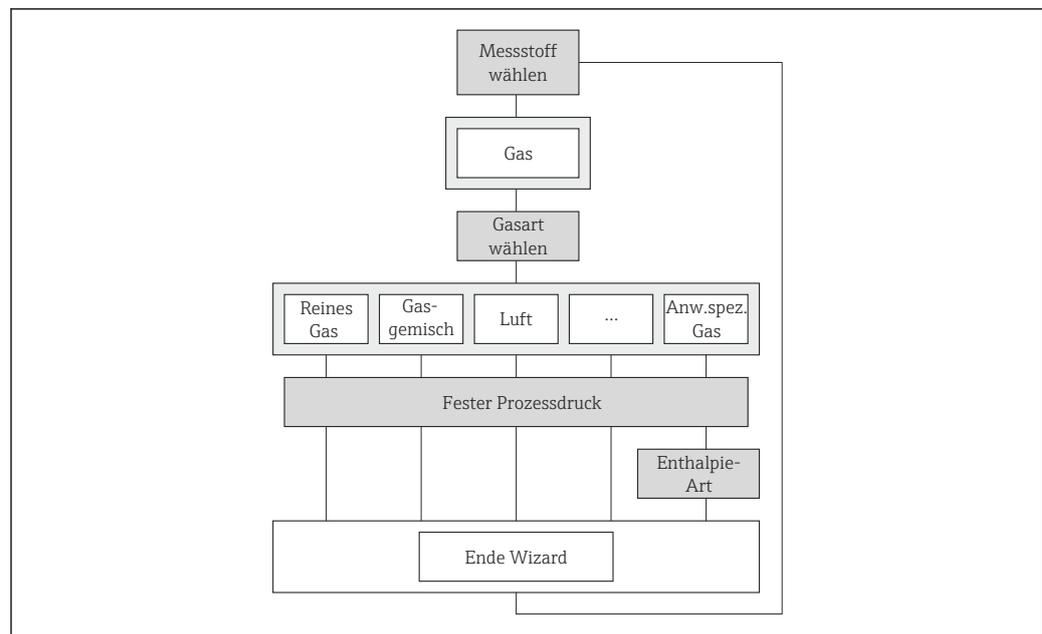
\rightarrow **HINWEIS!**

Es muss ein Wert > 0 eingegeben werden.

 Endress+Hauser empfiehlt die Verwendung einer aktiven Druckkompensation. So können Abweichungen durch Druckschwankungen und Fehleingaben sicher ausgeschlossen werden (\rightarrow  12).

Navigation

Menü "Setup" \rightarrow Messstoffwahl \rightarrow Gasart wählen



A0021922-DE

Parameterübersicht mit Kurzbeschreibung

| Parameter | Voraussetzung | Beschreibung | Auswahl / Eingabe | Werkseinstellung |
|---------------------|---|---|--|--------------------------|
| Messstoff wählen | – | Messstoffart wählen. | Gas | Dampf |
| Gasart wählen | Bei folgenden Bestellmerkmalen: <ul style="list-style-type: none"> ▪ "Sensorausführung", Option "Massefluss" ▪ "Anwendungspaket", Option "Luft + Industriegase" oder Option "Erdgas" Im Parameter Messstoff wählen muss die Option Gas gewählt sein. | Gasart für Messanwendung wählen. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Reines Gas ▪ Gasgemisch ▪ Luft ▪ Anwenderspezifisches Gas | Anwenderspezifisches Gas |
| Fester Prozessdruck | – | Festen Wert für Prozessdruck eingeben. <i>Abhängigkeit</i> Die Einheit wird übernommen aus: Parameter Druckeinheit | 0...250 bar abs. | 0 bar abs. |
| Enthalpie-Art | Wenn im Parameter Gasart wählen die Option Anwenderspezifisches Gas gewählt ist. | Definieren, welche Enthalpie benutzt wird. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wärme ▪ Brennwert | Wärme |

3.2.1 Druckkompensation aktivieren

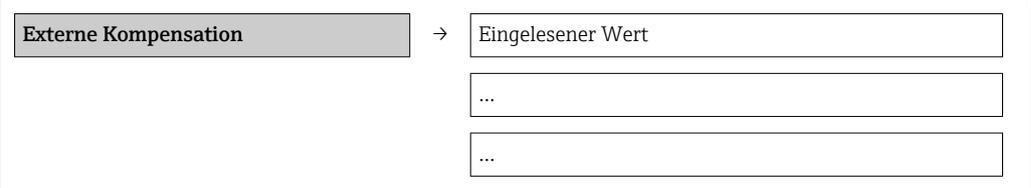
 Die aktive Druckkompensation kann wahlweise zusätzlich durchgeführt werden, um den Einfluss von Druckschwankungen zu minimieren. Der Druck kann eingelesen werden über Stromeingang oder Feldbusse.

 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



The screenshot shows a menu titled "Externe Kompensation" with a right-pointing arrow. To the right of the arrow is a list of options for the "Eingelesener Wert" parameter. The first option is "Druck", and the following two options are represented by ellipses "...".

Parameterübersicht mit Kurzbeschreibung

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

3.3 Messstoffeigenschaften und Gaszusammensetzung festlegen

Messstoffeigenschaften für ein reines Gas festlegen

1. Im Parameter **Heizwertart** (→  18) die Basis für die Brennwertart wählen.
 - ↳ Der Heizwert beschreibt die maximal nutzbare Wärmemenge bei einer Verbrennung des gewählten Gases, ohne die Kondensation des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes. Der Heizwert ist deshalb kleiner als der Brennwert.
 - Eine der folgenden Optionen ist gewählt:
 - Option **Brennwert Volumen** (Brennwert des Fluids bezogen auf Normvolumen)
 - Option **Heizwert Volumen** (Heizwert des Fluides bezogen auf Normvolumen)
 - Option **Brennwert Masse** (Brennwert des Fluides bezogen auf Masse)
 - Option **Heizwert Masse** (Heizwert des Fluides bezogen auf Masse)
2. Im Parameter **Referenz-Verbrennungstemperatur** (→  18) den Wert zur Berechnung vom Erdgas-Energiewert eingeben.
 - ↳ Temperatur, die als statische Referenz für die Verbrennung genutzt wird. Diese ermöglicht den Vergleich von Verbrennungsvorgängen bei unterschiedlichen Temperaturen.
3. Im Parameter **Referenzdruck** (→  18) den Referenzdruck für die Berechnung der Normdichte eingeben.
 - ↳ Druck, der als statische Referenz für die Verbrennung genutzt wird. Dieser ermöglicht den Vergleich von Verbrennungsvorgängen bei unterschiedlichen Drücken.

4. Im Parameter **Referenztemperatur** (→  18) die Temperatur für die Berechnung der Normdichte eingeben.
5. Im Untermenü **Gaszusammensetzung** den Parameter **Gasart** (→  19) auswählen.
6. Im Parameter **Gasart** (→  19) die Gasart für die Messanwendung wählen.
 - ↳ Auswahlmöglichkeit unter 21 Gasen:
 - Option **Wasserstoff H₂** ²⁾
 - Option **Helium He** ³⁾
 - Option **Neon Ne** ³⁾
 - Option **Argon Ar** ³⁾
 - Option **Krypton Kr** ²⁾
 - Option **Xenon Xe** ²⁾
 - Option **Stickstoff N₂** ³⁾
 - Option **Sauerstoff O₂** ³⁾
 - Option **Chlor Cl₂** ³⁾
 - Option **Ammoniak NH₃** ³⁾
 - Option **Kohlenmonoxid CO** ²⁾
 - Option **Kohlendioxid CO₂** ³⁾
 - Option **Schwefeldioxid SO₂** ³⁾
 - Option **Hydrosulfid H₂S** ²⁾
 - Option **Chlorwasserstoff HCl** ³⁾
 - Option **Methan CH₄** ²⁾
 - Option **Ethan C₂H₆** ²⁾
 - Option **Propan C₃H₈** ²⁾
 - Option **Butan C₄H₁₀** ²⁾
 - Option **Ethylen C₂H₄** ³⁾
 - Option **Vinyl Chloride C₂H₃Cl** ³⁾

Die Gasart für die Messanwendung wurde gewählt.

Messstoffeigenschaften für ein Gasgemisch festlegen

Ein Gasgemisch kann aus maximal acht Gasen definiert werden.

1. Im Parameter **Heizwertart** (→  18) die Basis für die Brennwertart wählen.
 - ↳ Der Heizwert beschreibt die maximal nutzbare Wärmemenge bei einer Verbrennung des gewählten Gases, ohne die Kondensation des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes. Der Heizwert ist deshalb kleiner als der Brennwert (Kondensationsenergie wird in Berechnung berücksichtigt).
 - Eine der folgenden Optionen ist gewählt:
 - Option **Brennwert Volumen** (Brennwert des Fluids bezogen auf Normvolumen)
 - Option **Heizwert Volumen** (Heizwert des Fluides bezogen auf Normvolumen)
 - Option **Brennwert Masse** (Brennwert des Fluides bezogen auf Masse)
 - Option **Heizwert Masse** (Heizwert des Fluides bezogen auf Masse)

2) Die Berechnung der potentiellen Verbrennungsenergie und die Angabe des Energieflusses ist möglich.

3) Die Berechnung der potentiellen Verbrennungsenergie und die Angabe des Energieflusses ist nicht möglich.

2. Im Parameter **Referenz-Verbrennungstemperatur** (→  18) den Wert zur Berechnung vom Erdgas-Energiewert eingeben.
 - ↳ Temperatur, die als statische Referenz für die Verbrennung genutzt wird. Diese ermöglicht den Vergleich von Verbrennungsvorgängen bei unterschiedlichen Temperaturen.
3. Im Parameter **Referenzdruck** (→  18) den Referenzdruck für die Berechnung der Normdichte eingeben.
 - ↳ Druck, der als statische Referenz für die Verbrennung genutzt wird. Dieser ermöglicht den Vergleich von Verbrennungsvorgängen bei unterschiedlichen Drücken.
4. Im Parameter **Referenztemperatur** (→  18) die Temperatur für die Berechnung der Normdichte eingeben.
5. Im Untermenü **Gaszusammensetzung** den Parameter **Gasgemisch** (→  19) auswählen.
6. Im Parameter **Gasgemisch** (→  19) das Gasgemisch für die Messanwendung wählen.
 - ↳ Aus den gelisteten Gasen die Bestandteile des Gasgemisches mit der Taste  auswählen:
 - Option **Wasserstoff H2** ⁴⁾
 - Option **Helium He** ⁵⁾
 - Option **Neon Ne** ³⁾
 - Option **Argon Ar** ³⁾
 - Option **Krypton Kr** ²⁾
 - Option **Xenon Xe** ²⁾
 - Option **Stickstoff N2** ³⁾
 - Option **Sauerstoff O2** ³⁾
 - Option **Chlor Cl2** ³⁾
 - Option **Ammoniak NH3** ³⁾
 - Option **Kohlenmonoxid CO** ²⁾
 - Option **Kohlendioxid CO2** ³⁾
 - Option **Schwefeldioxid SO2** ³⁾
 - Option **Hydrosulfid H2S** ²⁾
 - Option **Chlorwasserstoff HCl** ³⁾
 - Option **Methan CH4** ²⁾
 - Option **Ethan C2H6** ²⁾
 - Option **Propan C3H8** ²⁾
 - Option **Butan C4H10** ²⁾
 - Option **Ethylen C2H4** ³⁾
 - Option **Vinyl Chloride C2H3Cl** ³⁾
 - Option **Andere** ⁶⁾

Am Ende der Liste die getroffene Auswahl mit **Übernehmen** bestätigen

4) Die Berechnung der potentiellen Verbrennungsenergie und die Angabe des Energieflusses ist möglich.

5) Die Berechnung der potentiellen Verbrennungsenergie und die Angabe des Energieflusses ist nicht möglich.

6) Sobald eine Komponente des Gasgemisches durch die Option **Andere** ausgewählt wurde, können die Messwerte für Viskosität, Schallgeschwindigkeit und Z-Faktor nicht mehr errechnet werden. Es erscheinen die Parameter **Heizwertart**, Parameter **Referenz-Verbrennungstemperatur**, Parameter **Normdichte**, Parameter **Referenzdruck**, Parameter **Referenztemperatur**, Parameter **Referenz-Z-Faktor**, Parameter **Brennwert**, Parameter **Z-Faktor** und Parameter **Dynamische Viskosität**.

Nach der Auswahl der Gasbestandteile die prozentualen Anteile der gewählten Gase in Mol% eingeben (z.B. im Parameter **Mol% Ar**).

WICHTIG: Die Summe der Gasbestandteile darf 100 % nicht über- oder unterschreiten!

Die Definition des Gasgemisches ist beendet.

Messstoffeigenschaften für Luft festlegen

1. Im Parameter **Referenzdruck** (→  18) den Referenzdruck für die Berechnung der Normdichte eingeben.
 - ↳ Druck, der als statische Referenz für die Verbrennung genutzt wird. Dieser ermöglicht den Vergleich von Verbrennungsvorgängen bei unterschiedlichen Drücken.
2. Im Parameter **Referenztemperatur** (→  18) die Temperatur für die Berechnung der Normdichte eingeben.
3. Im Untermenü **Gaszusammensetzung** den Parameter **Relative Feuchte** (→  23) auswählen.
 - ↳ Eingabe der relativen Feuchte in % möglich. Die relative Feuchte wird intern in absolute Feuchte umgerechnet und fließt anschließend als Mischungsanteil in die Dichteberechnung nach NEL 40 ein.

Die Messstoffeigenschaften für Luft sind festgelegt.

Messstoffeigenschaften für anwenderspezifisches Gas festlegen

1. Im Parameter **Enthalpie-Art** (→  11) definieren, welche Enthalpie benutzt wird.
 - ↳ Eine der folgenden Optionen ist gewählt:
 - Option **Wärme**: Für die Berechnung des thermischen Wärmeflusses.
 - Option **Brennwert**: Für die Berechnung des Energieflusses der potentiellen Verbrennungsenergie.
2. Wenn im Parameter **Enthalpie-Art** (→  11) die Option **Brennwert** gewählt wurde, dann im Parameter **Heizwertart** die Basis für die Brennwertart wählen.
 - ↳ Der Heizwert beschreibt die maximal nutzbare Wärmemenge bei einer Verbrennung des gewählten Gases, ohne die Kondensation des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes. Der Heizwert ist deshalb kleiner als der Brennwert (Kondensationsenergie wird in Berechnung berücksichtigt).
Eine der folgenden Optionen ist gewählt:
 - Option **Brennwert Volumen** (Brennwert des Fluids bezogen auf Normvolumen)
 - Option **Heizwert Volumen** (Heizwert des Fluides bezogen auf Normvolumen)
 - Option **Brennwert Masse** (Brennwert des Fluides bezogen auf Masse)
 - Option **Heizwert Masse** (Heizwert des Fluides bezogen auf Masse)
3. Im Parameter **Normdichte** (→  18) einen festen Wert für die Normdichte eingeben.
4. Im Parameter **Referenzdruck** (→  18) den Referenzdruck für die Berechnung der Normdichte eingeben.
 - ↳ Druck, der als statische Referenz für die Verbrennung genutzt wird. Dieser ermöglicht den Vergleich von Verbrennungsvorgängen bei unterschiedlichen Drücken.
5. Im Parameter **Referenztemperatur** (→  18) die Temperatur für die Berechnung der Normdichte eingeben.
6. Im Parameter **Referenz-Z-Faktor** (→  18) den Z-Faktor für das Gas unter Normbedingungen eingeben.

7. Wenn im Parameter **Enthalpie-Art** (→  11) die Option **Wärme**, dann weiter mit Schritt **a**. Wenn im Parameter **Enthalpie-Art** die Option **Brennwert**, dann weiter mit Schritt **b**
 - ↳ **a:** Im Parameter **Spezifische Wärmekapazität** (→  18) die spezifische Wärmekapazität vom Messstoff definieren.
 - b:** Im Parameter **Brennwert** (→  18) den Brennwert zur Berechnung vom Energiefluss eingeben.
8. Im Parameter **Z-Faktor** (→  18) den Z-Faktor für Gas unter Betriebsbedingungen eingeben.
9. Im Parameter **Dynamische Viskosität** (→  19) den Wert für die dynamische Viskosität eingeben.

Die Messstoffeigenschaften für anwenderspezifisches Gas sind festgelegt.

Navigation

Menü "Setup" → Erweitertes Setup → Messstoffeigenschaften

-  Abhängig von der gewählten Gasart (→  9) sind nicht alle Parameter verfügbar. Einzelheiten dazu sind bei der Beschreibung der Parameter jeweils unter der Kategorie "**Voraussetzung**" angegeben.

▶ **Messstoffeigenschaften**

Enthalpie-Art

Heizwertart

Referenz-Verbrennungstemperatur

Normdichte

Referenzdruck

Referenztemperatur

Referenz-Z-Faktor

Spezifische Wärmekapazität

Brennwert

Z-Faktor

Dynamische Viskosität

▶ **Gaszusammensetzung**

Gasart

Gasgemisch

| |
|------------------|
| Mol% Ar |
| Mol% C2H3Cl |
| Mol% C2H4 |
| Mol% C2H6 |
| Mol% C3H8 |
| Mol% CH4 |
| Mol% Cl2 |
| Mol% CO |
| Mol% CO2 |
| Mol% H2 |
| Mol% H2S |
| Mol% HCl |
| Mol% He |
| Mol% Kr |
| Mol% N2 |
| Mol% n-C4H10 |
| Mol% Ne |
| Mol% NH3 |
| Mol% O2 |
| Mol% SO2 |
| Mol% Xe |
| Mol% anderes Gas |
| Relative Feuchte |

Parameterübersicht mit Kurzbeschreibung

| Parameter | Voraussetzung | Beschreibung | Auswahl / Eingabe | Werkseinstellung |
|---------------------------------|--|--|--|-------------------------|
| Enthalpie-Art | Wenn im Parameter Gasart wählen die Option Anwenderspezifisches Gas gewählt ist. | Definieren, welche Enthalpie benutzt wird. | <ul style="list-style-type: none"> ■ Wärme ■ Brennwert | Wärme |
| Heizwertart | Wenn der Parameter Heizwertart sichtbar ist. | Berechnung auf Basis von Heizwert oder Brennwert wählen. | <ul style="list-style-type: none"> ■ Brennwert Volumen ■ Heizwert Volumen ■ Brennwert Masse ■ Heizwert Masse | Brennwert Masse |
| Referenz-Verbrennungstemperatur | Wenn der Parameter Referenz-Verbrennungstemperatur sichtbar ist. | Referenz-Verbrennungstemperatur zur Berechnung vom Erdgas-Energiewert eingeben. | -200...450 °C | 20 °C |
| Normdichte | Wenn im Parameter Gasart wählen die Option Anwenderspezifisches Gas gewählt ist. | Festen Wert für Normdichte eingeben. | 0,01...15 000 kg/m ³ | 1 000 kg/m ³ |
| Referenzdruck | Wenn alle der folgenden Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> ■ Bestellmerkmal "Sensorausführung", Option "Massefluss (integrierte Temperaturmessung)" ■ Wenn im Parameter Messstoff wählen die Option Gas gewählt ist. | Referenzdruck für Berechnung der Normdichte eingeben. <i>Abhängigkeit</i> Die Einheit wird übernommen aus: Parameter Druckeinheit | 0...250 bar | 1,01325 bar |
| Referenztemperatur | Wenn im Parameter Messstoff wählen die Option Gas gewählt ist. | Referenztemperatur für Berechnung der Normdichte eingeben. | -200...450 °C | 20 °C |
| Referenz-Z-Faktor | Wenn im Parameter Gasart wählen die Option Anwenderspezifisches Gas gewählt ist. | Realgaskonstante Z für Gas unter Normbedingungen eingeben. | 0,1...2 | 1 |
| Spezifische Wärmekapazität | Wenn folgende Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> ■ Gewählter Messtoff: Im Parameter Gasart wählen ist die Option Anwenderspezifisches Gas gewählt. ■ Im Parameter Enthalpie-Art ist die Option Wärme gewählt. | Spezifische Wärmekapazität vom Messtoff definieren. | 0...50 kJ/(kgK) | 4,187 kJ/(kgK) |
| Brennwert | Wenn folgende Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> ■ Gewählter Messtoff: Im Parameter Gasart wählen ist die Option Anwenderspezifisches Gas gewählt. ■ Im Parameter Enthalpie-Art ist die Option Brennwert gewählt. ■ Im Parameter Heizwertart ist die Option Brennwert Volumen oder die Option Brennwert Masse gewählt. | Brennwert zur Berechnung vom Energiefluss eingeben. | Positive Gleitkommazahl | 50 000 kJ/kg |
| Z-Faktor | Wenn im Parameter Gasart wählen die Option Anwenderspezifisches Gas gewählt ist. | Realgaskonstante Z für Gas unter Betriebsbedingungen eingeben. | 0,1...2,0 | 1 |

| Parameter | Voraussetzung | Beschreibung | Auswahl / Eingabe | Werkseinstellung |
|-----------------------|---|--|--|------------------|
| Dynamische Viskosität | Wenn folgende Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bestellmerkmal "Sensorausführung", Option "Volumenfluss" ▪ Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. ▪ Oder im Parameter Gasart wählen die Option Anwenderspezifisches Gas gewählt ist. | Wert der dynamischen Viskosität eingeben für ein anwenderspezifisches Gas. | Positive Gleitkommazahl | 0,015 cP |
| Gasart | Wenn alle der folgenden Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. ▪ Im Parameter Gasart wählen ist die Option Reines Gas gewählt. | Gasart für Messanwendung wählen. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wasserstoff H2 ▪ Helium He ▪ Neon Ne ▪ Argon Ar ▪ Krypton Kr ▪ Xenon Xe ▪ Stickstoff N2 ▪ Sauerstoff O2 ▪ Chlor Cl2 ▪ Ammoniak NH3 ▪ Kohlenmonoxid CO ▪ Kohlendioxid CO2 ▪ Schwefeldioxid SO2 ▪ Hydrogensulfid H2S ▪ Chlorwasserstoff HCl ▪ Methan CH4 ▪ Ethan C2H6 ▪ Propan C3H8 ▪ Butan C4H10 ▪ Ethylen C2H4 ▪ Vinyl Chloride C2H3Cl | Methan CH4 |
| Gasgemisch | Wenn alle der folgenden Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. ▪ Im Parameter Gasart wählen ist die Option Gasgemisch gewählt. | Gasgemisch für Messanwendung wählen. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wasserstoff H2 ▪ Helium He ▪ Neon Ne ▪ Argon Ar ▪ Krypton Kr ▪ Xenon Xe ▪ Stickstoff N2 ▪ Sauerstoff O2 ▪ Chlor Cl2 ▪ Ammoniak NH3 ▪ Kohlenmonoxid CO ▪ Kohlendioxid CO2 ▪ Schwefeldioxid SO2 ▪ Hydrogensulfid H2S ▪ Chlorwasserstoff HCl ▪ Methan CH4 ▪ Ethan C2H6 ▪ Propan C3H8 ▪ Butan C4H10 ▪ Ethylen C2H4 ▪ Vinyl Chloride C2H3Cl ▪ Andere | Methan CH4 |

| Parameter | Voraussetzung | Beschreibung | Auswahl / Eingabe | Werkseinstellung |
|-------------|---|---|-------------------|------------------|
| Mol% Ar | Wenn folgende Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. Im Parameter Gasart wählen ist die Option Gasgemisch gewählt. Im Parameter Gasgemisch ist die Option Argon Ar gewählt. | Stoffmenge des Gasbestandteils vom Gasgemisch eingeben. | 0...100 % | 0 % |
| Mol% C2H3Cl | Wenn alle der folgenden Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. Im Parameter Gasart wählen ist die Option Gasgemisch gewählt. Im Parameter Gasgemisch ist die Option Vinyl Chloride C2H3Cl gewählt. | Stoffmenge des Gasbestandteils vom Gasgemisch eingeben. | 0...100 % | 0 % |
| Mol% C2H4 | Wenn alle der folgenden Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. Im Parameter Gasart wählen ist die Option Gasgemisch gewählt. Im Parameter Gasgemisch ist die Option Ethylen C2H4 gewählt. | Stoffmenge des Gasbestandteils vom Gasgemisch eingeben. | 0...100 % | 0 % |
| Mol% C2H6 | Wenn folgende Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. Im Parameter Gasart wählen ist die Option Gasgemisch gewählt. Im Parameter Gasgemisch ist die Option Ethan C2H6 gewählt. | Stoffmenge des Gasbestandteils vom Gasgemisch eingeben. | 0...100 % | 0 % |
| Mol% C3H8 | Wenn folgende Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. Im Parameter Gasart wählen ist die Option Gasgemisch gewählt. Im Parameter Gasgemisch ist die Option Propan C3H8 gewählt. | Stoffmenge des Gasbestandteils vom Gasgemisch eingeben. | 0...100 % | 0 % |
| Mol% CH4 | Wenn folgende Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. Im Parameter Gasart wählen ist die Option Gasgemisch gewählt. Im Parameter Gasgemisch ist die Option Methan CH4 gewählt. | Stoffmenge des Gasbestandteils vom Gasgemisch eingeben. | 0...100 % | 100 % |

| Parameter | Voraussetzung | Beschreibung | Auswahl / Eingabe | Werkseinstellung |
|-----------|--|---|-------------------|------------------|
| Mol% Cl2 | Wenn alle der folgenden Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. ▪ Im Parameter Gasart wählen ist die Option Gasgemisch gewählt. ▪ Im Parameter Gasgemisch ist die Option Chlor Cl2 gewählt. | Stoffmenge des Gasbestandteils vom Gasgemisch eingeben. | 0...100 % | 0 % |
| Mol% CO | Wenn folgende Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. ▪ Im Parameter Gasart wählen ist die Option Gasgemisch gewählt. ▪ Im Parameter Gasgemisch ist die Option Kohlenmonoxid CO gewählt. | Stoffmenge des Gasbestandteils vom Gasgemisch eingeben. | 0...100 % | 0 % |
| Mol% CO2 | Wenn folgende Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. ▪ Im Parameter Gasart wählen ist die Option Gasgemisch gewählt. ▪ Im Parameter Gasgemisch ist die Option Kohlendioxid CO2 gewählt. | Stoffmenge des Gasbestandteils vom Gasgemisch eingeben. | 0...100 % | 0 % |
| Mol% H2 | Wenn folgende Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. ▪ Im Parameter Gasart wählen ist die Option Gasgemisch gewählt. ▪ Im Parameter Gasgemisch ist die Option Wasserstoff H2 gewählt. | Stoffmenge des Gasbestandteils vom Gasgemisch eingeben. | 0...100 % | 0 % |
| Mol% H2S | Wenn folgende Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. ▪ Im Parameter Gasart wählen ist die Option Gasgemisch gewählt. ▪ Im Parameter Gasgemisch ist die Option Hydrogensulfid H2S gewählt. | Stoffmenge des Gasbestandteils vom Gasgemisch eingeben. | 0...100 % | 0 % |
| Mol% HCl | Wenn alle der folgenden Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. ▪ Im Parameter Gasart wählen ist die Option Gasgemisch gewählt. ▪ Im Parameter Gasgemisch ist die Option Chlorwasserstoff HCl gewählt. | Stoffmenge des Gasbestandteils vom Gasgemisch eingeben. | 0...100 % | 0 % |

| Parameter | Voraussetzung | Beschreibung | Auswahl / Eingabe | Werkseinstellung |
|--------------|---|---|-------------------|------------------|
| Mol% He | Wenn folgende Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> ■ Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. ■ Im Parameter Gasart wählen ist die Option Gasgemisch gewählt. ■ Im Parameter Gasgemisch ist die Option Helium He gewählt. | Stoffmenge des Gasbestandteils vom Gasgemisch eingeben. | 0...100 % | 0 % |
| Mol% Kr | Wenn alle der folgenden Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> ■ Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. ■ Im Parameter Gasart wählen ist die Option Gasgemisch gewählt. ■ Im Parameter Gasgemisch ist die Option Krypton Kr gewählt. | Stoffmenge des Gasbestandteils vom Gasgemisch eingeben. | 0...100 % | 0 % |
| Mol% N2 | Wenn folgende Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> ■ Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. ■ Im Parameter Gasart wählen ist die Option Gasgemisch gewählt. ■ Im Parameter Gasgemisch ist die Option Stickstoff N2 gewählt. | Stoffmenge des Gasbestandteils vom Gasgemisch eingeben. | 0...100 % | 0 % |
| Mol% n-C4H10 | Wenn folgende Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> ■ Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. ■ Im Parameter Gasart wählen ist die Option Gasgemisch gewählt. ■ Im Parameter Gasgemisch ist die Option Butan C4H10 gewählt. | Stoffmenge des Gasbestandteils vom Gasgemisch eingeben. | 0...100 % | 0 % |
| Mol% Ne | Wenn alle der folgenden Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> ■ Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. ■ Im Parameter Gasart wählen ist die Option Gasgemisch gewählt. ■ Im Parameter Gasgemisch ist die Option Neon Ne gewählt. | Stoffmenge des Gasbestandteils vom Gasgemisch eingeben. | 0...100 % | 0 % |
| Mol% NH3 | Wenn alle der folgenden Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> ■ Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. ■ Im Parameter Gasart wählen ist die Option Gasgemisch gewählt. ■ Im Parameter Gasgemisch ist die Option Ammoniak NH3 gewählt. | Stoffmenge des Gasbestandteils vom Gasgemisch eingeben. | 0...100 % | 0 % |

| Parameter | Voraussetzung | Beschreibung | Auswahl / Eingabe | Werkseinstellung |
|----------------------|--|---|-------------------|------------------|
| Mol% O ₂ | Wenn folgende Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. ▪ Im Parameter Gasart wählen ist die Option Gasgemisch gewählt. ▪ Im Parameter Gasgemisch ist die Option Sauerstoff O₂ gewählt. | Stoffmenge des Gasbestandteils vom Gasgemisch eingeben. | 0...100 % | 0 % |
| Mol% SO ₂ | Wenn alle der folgenden Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. ▪ Im Parameter Gasart wählen ist die Option Gasgemisch gewählt. ▪ Im Parameter Gasgemisch ist die Option Schwefeldioxid SO₂ gewählt. | Stoffmenge des Gasbestandteils vom Gasgemisch eingeben. | 0...100 % | 0 % |
| Mol% Xe | Wenn alle der folgenden Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. ▪ Im Parameter Gasart wählen ist die Option Gasgemisch gewählt. ▪ Im Parameter Gasgemisch ist die Option Xenon Xe gewählt. | Stoffmenge des Gasbestandteils vom Gasgemisch eingeben. | 0...100 % | 0 % |
| Mol% anderes Gas | Wenn alle der folgenden Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. ▪ Im Parameter Gasart wählen ist die Option Gasgemisch gewählt. ▪ Im Parameter Gasgemisch ist die Option Andere gewählt. | Stoffmenge des Gasbestandteils vom Gasgemisch eingeben. | 0...100 % | 0 % |
| Relative Feuchte | Wenn alle der folgenden Bedingungen erfüllt sind: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Im Parameter Messstoff wählen ist die Option Gas gewählt. ▪ Im Parameter Gasart wählen ist die Option Luft gewählt. | Feuchtigkeitsgehalt der Luft in % eingeben. | 0...100 % | 0 % |

4 Grundlagen

4.1 Luft und Industriegase

4.1.1 Definition

Industriegase sind reine Gase und definierte Mischungen, die als Edukte, in der Prozessoptimierung oder als Endprodukte und als Brennstoff verwendet werden. In der Hauptsache sind dies Luft, Sauerstoff, Stickstoff, Argon, Wasserstoff, Kohlendioxid und Kohlenwasserstoffe sowie andere Gase und Mischungen.

4.1.2 Anwendungen

Sauerstoff wird in der Stahlherstellung und in der Kohleverflüssigung eingesetzt. Stickstoff wird verwendet um Produkte vor Oxidation zu schützen und Behälter inert zu halten.

Die Hauptanwendungen finden sich in den folgenden Industrien:

- Chemische Industrie
- Umwelt
- Lebensmittel
- Grundstoffe
- Metalle
- Kunststoffe
- Halbleiter
- Wasser/Abwasser

4.1.3 Verteilung

Industriegase werden in Pipelines und in Gebinden für Straßen, Schienen und Schiffe transportiert.

Gase können in sämtlichen Aggregatzuständen (gasförmig, flüssig oder fest im Fall von Trockeneis) gehandelt und transportiert werden. Industrielle Gashersteller produzieren die benötigten Gase auch beim Endkunden, wobei diese Anlagen teilweise auch von diesen Herstellern betrieben werden.

4.2 Gasarten

4.2.1 Reine Gase

Herstellungsverfahren

Luft wird gekühlt bis sie flüssig wird, die einzelnen Gasbestandteile werden dann durch fraktionierende Destillation aufgetrennt. Dieses Verfahren ist sehr energieintensiv. Beim Joule-Thomson-Kühlkreislauf werden Expansionsturbinen verwendet um die niedrigen Temperaturen im Luftzerleger zu erzeugen. Diese treiben aus Effizienzgründen auch den Luftkompressor am Einlass an.

Der kryogene Prozess besteht aus folgenden Hauptschritten:

- Staubfiltration
- Kompression auf typischerweise 6...11 bar abs. (87,02...159,54 psi abs.)⁷⁾ unter Abtrennung des Kondenswassers
- Filtration mit Molsieben zur Abtrennung von Wasserdampf, Kohlendioxid und Kohlenwasserstoff
- Kühlung, Verflüssigung, Destillation und Gasanreicherung
- Heizung oder Kühlung und Verteilung

Luftzerlegeranlagen erzeugen Stickstoff, Sauerstoff und Argon, häufig als kryogene Flüssigkeiten, unter Verwendung des Joule-Thomson-Effekts. Auf diese Weise können auch Neon (Beleuchtung, Laser, Plasmabildschirme), Krypton (Beleuchtung), Xenon (Beleuchtung, Laser, Computertomographie, Anästhesie), und Helium (Supraleiter, Schweißen, Ballons, Luftfahrt).

Die nicht-kryogene Luftzerlegung umfasst folgende Hauptverfahren. Abtrennung von Sauerstoff und Stickstoff aus Luft bei Umgebungsbedingungen (und Vakuum) durch PSA (Druckwechseladsorption). Unter hohem Druck werden Gase an die Oberfläche von Feststoffen gebunden. Wird der Druck wieder reduziert, wird das Gas wieder gelöst. Unterschiedliche Gase werden an unterschiedliche Oberflächen gebunden. Ein Teil des Gases wird an der Oberfläche bleiben und das verbleibende Gas wird angereichert. Ist die Fähigkeit, das gewünschte Gas aufzunehmen, erschöpft, wird der Druck reduziert wodurch das gewünschte Gas freigesetzt wird und ein neuer Zyklus beginnt. Zwei Behälter werden alternierend eingesetzt und speisen einander, um eine kontinuierliche Herstellung des gewünschten Gases zu ermöglichen.

Membranverfahren bieten alternative Niedrigenergieansätze zur Luftzerlegung um z.B. Sauerstoff herzustellen. Polymermembranen werden bei Umgebungstemperatur eingesetzt um mit Sauerstoff angereicherte Luft herzustellen (25...50 % Sauerstoff). Bei höheren Temperaturen können Keramikmembrane (Ionentransportmembrane) und Sauerstofftransportmembrane eingesetzt werden, um Sauerstoff höherer Reinheit (90 %) herzustellen.

Weitere Verfahren zur Herstellung von Gasen umfassen Dampfreformierung, Elektrolyse (z.B. Wasserstoff), Kompression (z.B. Luft) und Cracking.

Argon und Stickstoff

Argon ist völlig inert, daher ist es das beste Gas für die Herstellung von Stahl- und Schweißanwendungen, die eine hohe Qualität erfordern. In der Stahlherstellung wird Sauerstoff eingeblasen, um den Kohlenstoffanteil zu reduzieren. Hierbei werden Inertgase (Argon oder Stickstoff) eingeblasen, um das geschmolzene Metall zu rühren und Unreinheiten auszutreiben. Ein großer Anteil der Edelstähle und Legierungen wird mit Argon und Sauerstoff „gefrischt“. Argon (oder Stickstoff) wird mit Sauerstoff gemischt und in den Ofen injiziert. In Pfannenöfen werden dem Stahl durch Zufügen von Legierungsmaterialien und Injektion von Argon oder Stickstoff andere Eigenschaften beigebracht. Argon wird zum Spülen von Formen beim Gießen verwendet und um Re-Oxidation zu verhindern. Aufgrund seiner hohen Kosten wird Argon oft durch Stickstoff und Kohlendioxid ersetzt.

4.2.2 Gasgemische

Viele andere Gase werden in industriellen Prozessen eingesetzt, z.B. Druckluft, Erdgas oder Biogas. Sämtliche genannte Beispiele ändern ihre Dichte, ihr Volumen und weitere Eigenschaften (z.B. Kompressibilität) in Abhängigkeit von Druck und Temperatur. Dies stellt eine besondere Herausforderung für die Durchflussmessung dar.

7) abs. = absolut

4.2.3 Inertgase

Kohlendioxid CO₂

Eigenschaften - Gas

- Farb- und geruchlos
- Erstickend, toxisch in hohen Konzentrationen
- Schwerer als Luft
- Wasserlöslich, korrosiv
- Reagiert bei hohen Temperaturen

Eigenschaften - Flüssigkeit

Kochpunkt: 78,5 °C (173,3 °F)

Vorteile

- Gut geeignet als Gasschutzvorlage
- Daher Verwendung in chemischen Prozessen
- Kryogene Speicherung
- Flüssiger Supraleiter

Anwendungen

- Nahrungs- und Genussmittel: Kühlung, Karbonisierung, Schankanlagen, Verpackung, Spülen, Gasschutzvorlage
- Chemische Industrie: Ersatz für FCKW
- Elektronikreinigung
- Landwirtschaft: Produktion, Schädlingsbekämpfung
- Umwelt, Wasser und Abwasser: Behandlung, pH-Steuerung
- Metalle: MIG-Schweißen, Schweißen von Kohlenstoffstahl und Edelstahl, Schutzgas beim Plasmaschneiden, inerte Umgebungen

Stickstoff N₂

Eigenschaften - Gas

- Farb- und geruchlos
- Erstickend
- Schwerer als Luft
- Inert
- Leicht wasserlöslich
- Reagiert bei sehr hohen Temperaturen

Eigenschaften - Flüssigkeit

Kochpunkt: -196 °C (-320,8 °F)

Vorteile

- Gut geeignet als Gasschutzvorlage
- Bildet bei sehr hohen Temperaturen Nitride
- Reduziert Oxidation

Anwendungen

- Schutzgas für Metallbearbeitung
- Spülen oder Intertisieren von Reaktoren oder Speicherbehältern um Entzündung und Produktalterung vorzubeugen
- Schutzatmosphäre für Getränke, Verpackung und schnelles Kühlen oder Trocknen von verderblichen Gütern
- Inertatmosphäre für Leiterplatten und Floatglasverfahren
- Metalle: Rühren, Spülen, Entgasen, Entschwefeln und Wärmebehandlung von Metallen
- Transfer von Flüssigkeiten
- Aufschumpfen von Teilen

Argon Ar**Eigenschaften - Gas**

- Farb- und geruchlos
- Erstickend
- Schwerer als Luft
- Inert
- Niedrige thermische Leitfähigkeit

Eigenschaften - Flüssigkeit

Kochpunkt: -186 °C ($-302,8\text{ °F}$)

Vorteile

- Geringeres Ionisierungspotenzial (Lichtbogenöfen)
- Inert und nicht reaktiv mit flüssigen Metallen

Anwendungen

- Schutzgas mit großer Dichte für MIG- oder WIG-Schweißen und Laser, Plasma-Schweißen, Schneiden
- Isolation von Fenstern
- Elektronik: Herstellung von Halbleiter Kristallen
- Metalle: Entkohlung, Entgasung, Entschwefelung

4.2.4 Oxidierende Gase**Druckluft**

Durchschnittlich 10...15 % des Stromverbrauchs eines Industriebetriebs werden für die Erzeugung von Druckluft verwendet. Druckluft ist eine sehr teure Energiequelle: Sie kann mehr als 20 mal so teuer wie Strom sein.

Eigenschaften

- Farb- und geruchlos
- Nicht toxisch
- Unterhält die Verbrennung

Anwendungen

- Löten und Hartlöten
- Plasma-Schneiden
- Metallurgische Prozesse wie Druckguss- und Hochöfen
- Pneumatische Ausrüstung
- Kohlenstoff-Beschichtungsverfahren, z.B. Aluminium-Extrusion und Glasherstellung

Sauerstoff O₂**Eigenschaften - Gas**

- Farb- und geruchlos
- Unterhält die Verbrennung
- Nicht toxisch bei Luftdruck

Eigenschaften - Flüssigkeit

- Kochpunkt: -183 °C ($-297,4\text{ °F}$)
- Hoch reaktiv

Vorteile

- Erhöhte Flammentemperatur
- Bogenstabilisierung und Verringerung der Oberflächenspannung
- Erhöhte Plasma-Schnittgeschwindigkeit

Anwendungen

- Hochtemperatur-Schneiden, Schweißen und Löten
- Metalle: Bearbeitung mit großer Effizienz und hoher Geschwindigkeit
- Halbleiter-Herstellung
- Chemie: Erhöhung Reaktionsgeschwindigkeiten und Ausbeuten

- Lebensmittel: Belüftung und aerobe Fermentation
- Stahl: Erhöhte Temperatur, Produktion und Effizienz
- Wasseraufbereitung: Sauerstoffinjektion

4.2.5 Reaktives Gas oder Brenngas

Wasserstoff H₂

Eigenschaften - Gas

- Komprimiertes Gas
- Farb- und geruchlos
- Höchst entzündlich
- Hoch reaktiv

Eigenschaften - Flüssigkeit

Kochpunkt: -253 °C (-423,4 °F)

Anwendungen

- Lebensmittel: Hydrierung von pflanzlichen Speiseölen
- Chemie: Hydrierung von nicht essbaren Pflanzenölen
- Pharma: Herstellung von Vitaminen
- Elektronik: Halbleiterherstellung
- Energie: Turbinenkühlung und Brennstoffzellen
- Luft- und Raumfahrt: Brennstoff
- Eisen und Stahl: Wärmebehandlung, Plasma-Schweißen und -Schneiden
- Öl und Gas: Entschwefelung
- Glas: Schutzatmosphäre

4.3 Maßeinheiten

Der Prowirl 200 misst primär den Betriebsvolumenfluss unabhängig davon, ob es sich beim verwendeten Messstoff um eine Flüssigkeit, Gas oder Dampf handelt. Das gemessene Betriebsvolumen bezieht weder den Druck noch die Temperatur des Messstoffs mit ein. Handelt es sich beim verwendeten Messstoff jedoch um ein Gas - und speziell ein Erdgas -, so ist der Anwender an der Messung des Normvolumens oder der Masse interessiert. Die Ausgabe des Messwerts soll in Masse-, Normvolumen- oder Energieeinheiten erfolgen.

Eine Zusammenstellung von internationalen Norm- und Standardbedingungen sind in folgender Tabelle gegeben:

| Bedingungen | Druck | Temperatur |
|-------------|--------------------------|-------------------|
| Normal | 1,01325 bar (14,696 psi) | 0 °C (+32 °F) |
| Standard | 1,01325 bar (14,696 psi) | +15 °C (+59 °F) |
| Standard | 1,01325 bar (14,696 psi) | +15,6 °C (+60 °F) |
| Standard | 1,01008 bar (14,65 psi) | +20 °C (+68 °F) |

Ein Normkubikmeter (Standard Cubic Feet) eines Gases ist das Volumen korrigiert auf Norm- oder Standardbedingungen gemäß obiger Bedingungen. Das Normvolumen ist somit die Masse des Gases geteilt durch seine Referenzdichte bei obigen Bedingungen. Daher handelt es sich beim Normvolumen um eine Masseinheit. Die Temperatur hat hierbei den größten Einfluss auf die Festlegung des Normvolumens.

Beispiel

In den Vereinigten Staaten ist die Standardtemperatur typischerweise als 60 °F oder 70 °F definiert, aber nicht immer. Wird die Referenztemperatur falsch angesetzt, so ergibt sich eine signifikante Änderung des Volumens bei gleicher Masse.

So ergibt z.B. ein Massefluss von 1 000 kg/h Luft bei 1,01325 bar (14,696 psi) und 0 °C (+32 °F) einen Normvolumenfluss von 773,4 m³ i.N./h (455 SCFM)⁸⁾.

Wird jedoch die Referenztemperatur bei gleichen Bedingungen auf die in den USA üblichen +60 °F (+15,6 °C) angesetzt, so ergibt sich ein Normvolumenfluss von 836,8 m³ i.N./h (481 SCFM), d.h. mehr als 8 % Abweichung.

In Europäischen Ländern spricht man typischerweise von m³ i.N. bei 0 °C (+32 °F) (z.B. in Deutschland, Frankreich und Großbritannien), aber auch in manchen Ländern von m³ i.N. bei +15 °C (+59 °F) und Sm³ bei +15 °C (+59 °F) (z.B. in den USA).

HINWEIS

Es gibt keinen international anerkannten Standard an Referenzbedingungen.

Daher deckt der Prowirl 200 mit seinen Wahlmöglichkeiten den Großteil der weltweit unterschiedlichen Möglichkeiten ab.

- ▶ Stets die national geltenden Standardbedingungen überprüfen. Weltweit gilt für den Druck ein Referenzwert für den Absolutdruck von 1,01325 bar abs. (14,696 psi abs.) oder 1,0 bar abs. (14,504 psi abs.).

abs. = absolut

4.4 Durchflussrechner

Wirbelzähler messen das Betriebsvolumen. Für die Messung von Gasen sind daher Kompensationsberechnungen notwendig, um den Betriebszustand zu Norm- oder Standardbedingungen umzurechnen (z.B. 0 °C (+32 °F) und 1,01325 bar abs. (14,696 psi abs.)). Prowirl 200 kombiniert einen integrierten Durchflussrechner mit einem eingebauten Temperaturfühler. Der Prowirl 200 kann einen externen Druckwert über den optionalen Stromeingang/HART/PROFIBUS PA einlesen. Hierdurch werden beste Ergebnisse bei wechselnden Prozessbedingungen sichergestellt.

Der Durchflussrechner korrigiert die Gaseigenschaften gemäß Druck und Temperatur für reine Gase und Gasmischungen. Der Durchflussrechner von Endress+Hauser stellt eine Software-basierte Datenbank typischer Industriegase mit ihren Eigenschaften zur Verfügung. Sie berechnet die Eigenschaften von Gasmischungen basierend auf der prozentualen Zusammensetzung des Gases. Dies erlaubt eine genaue Berechnung von Normvolumen, Masse und Energie von reinen Gasen und ihren Mischungen (Der Durchflussrechner basiert auf der Datenbank des UK National Engineering Laboratory (NEL); Endress+Hauser ist Lizenznehmer dieser Datenbank).

Standardgase sind:

- Wasserstoff H₂
- Helium He
- Neon Ne
- Argon Ar
- Krypton Kr
- Xenon Xe
- Stickstoff N₂
- Sauerstoff O₂
- Chlor Cl₂
- Ammoniak NH₃
- Kohlenmonoxid CO
- Kohlendioxid CO₂
- Schwefeldioxid SO₂
- Hydrogensulfid H₂S
- Chlorwasserstoff HCl
- Methan CH₄
- Ethan C₂H₆

8) m³ i.N. = m³ im Normzustand (SCFM = Standard Cubic Feet per Minute)

- Propan C₃H₈
- Butan C₄H₁₀
- Ethylen C₂H₄
- Vinyl Chloride C₂H₃Cl

Sämtliche mögliche Mischungen der obigen Gase können einfach und schnell durch den Anwender durch Eingabe der prozentualen Mischung eingegeben werden.

www.addresses.endress.com
