

Appendix to the Operating Manual

Graphic Data Manager RSG40 Memograph M

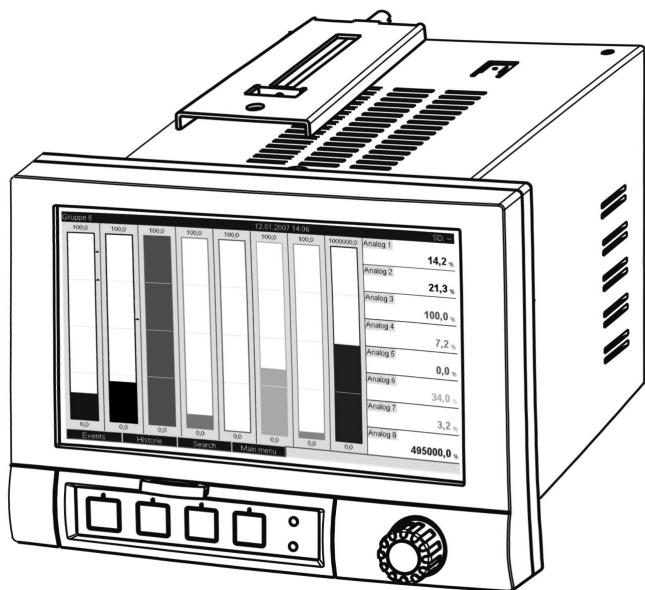
Option Energy

Mass flow and energy calculation for water and steam

(de) 2

(en) 21

(fr) 39



Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Beschreibung der Funktionalität	4
2	Beschreibung der Anwendungen	5
2.1	Wasser-Anwendungen	5
2.2	Wasser/Glykol Anwendungen	7
2.3	Dampf Anwendungen	8
3	Einstellung (Setup) der Anwendungen	10
3.1	Allgemeiner Leitfaden zur Programmierung	10
3.2	Auswahl der Einheiten	10
3.3	Beispiele für Wasser und Dampf Energiemessung ..	11
3.4	Bilanzierung (Verknüpfung von Anwendungen) ...	16
3.5	Fehlerverhalten	18
4	Technische Daten.	19

1 Allgemeine Beschreibung der Funktionalität

Das Energiepaket bietet die Möglichkeit den Masse- und Energiefloss in Wasser- und Dampfanwendungen auf Grundlage der Eingangsgrößen

- Durchfluss
- Druck
- Temperatur (bzw. Temperaturdifferenz)

zu berechnen.

Ferner sind Energieberechnungen unter Verwendung von Kälteträgermedien auf Glykolbasis möglich.

Durch Verrechnung der Ergebnisse untereinander oder durch Verknüpfung mit weiteren Eingangsgrößen (z.B. Gasdurchfluss, elektr. Energie) lassen sich Gesamtbilanzierungen, Wirkungsgradberechnungen etc. durchführen. Diese Kennzahlen sind wichtige Indikatoren für die Qualität des Prozesses bzw. bilden die Grundlage für Prozessoptimierungen, Wartung, etc.

Zur Berechnung der thermodynamischen Zustandsgrößen von Wasser und Dampf wird der international anerkannte Berechnungsstandard IAPWS-IF 97 verwendet.

2 Beschreibung der Anwendungen

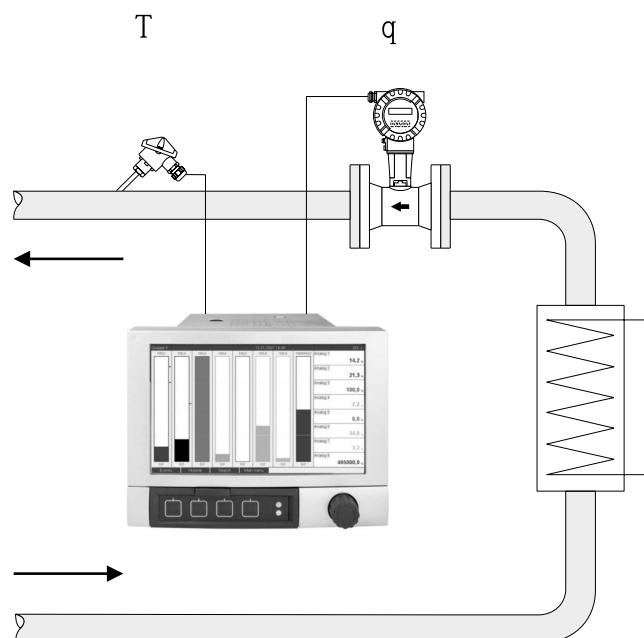
2.1 Wasser-Anwendungen

2.1.1 Wasser-Wärmemenge

Berechnung der Wärmemenge in einem Wasserstrom. Beispiel: Ermittlung der Restwärme im Rücklauf eines Wärmetauschers.

Eingangsgrößen: Betriebsvolumen und Temperatur

Der mittlere Druck wird auf Grundlage der gemessenen Temperatur automatisch berechnet.



$$E = q \cdot \rho(T,p) \cdot h(T)$$

a0009703

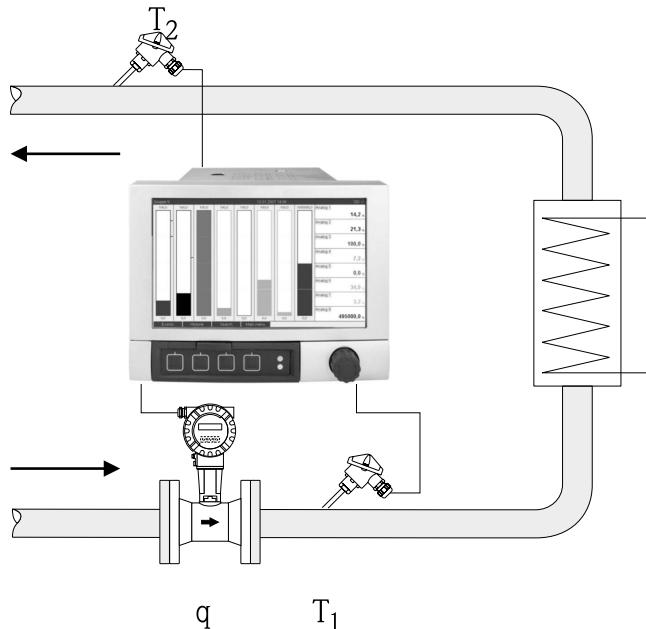
- E: Wärmemenge
- q: Betriebsvolumen
- ρ : Dichte
- T: Betriebstemperatur
- h: Spezifische Enthalpie v. Wasser (bezogen auf 0°C)

2.1.2 Wasser Wärmedifferenz

Berechnung der Wärmemenge, welche von einem Wasserstrom in einem Wärmetauscher abgegeben oder aufgenommen wird. Typische Anwendung zur Energiemessung in Heiz- oder Kühlkreisläufen.

Eingangsgrößen: Messung des Betriebsvolumens und der Temperatur unmittelbar vor und nach einem Wärmetauscher (im Vorlauf bzw. Rücklauf).

Der Durchflusssensor kann auf der Warm- oder Kaltseite eingebaut werden.



$$E = q \cdot \rho(T_1) \cdot [h(T_1) - h(T_2)]$$

a0009704

E:	Wärmemenge
q:	Betriebsvolumen
ρ :	Dichte
T_1 :	T warm
T_2 :	T kalt
$h(T_1)$:	Spezifische Enthalpie von Wasser bei Temperatur 1
$h(T_2)$:	Spezifische Enthalpie von Wasser bei Temperatur 2

2.2 Wasser/Glykol Anwendungen

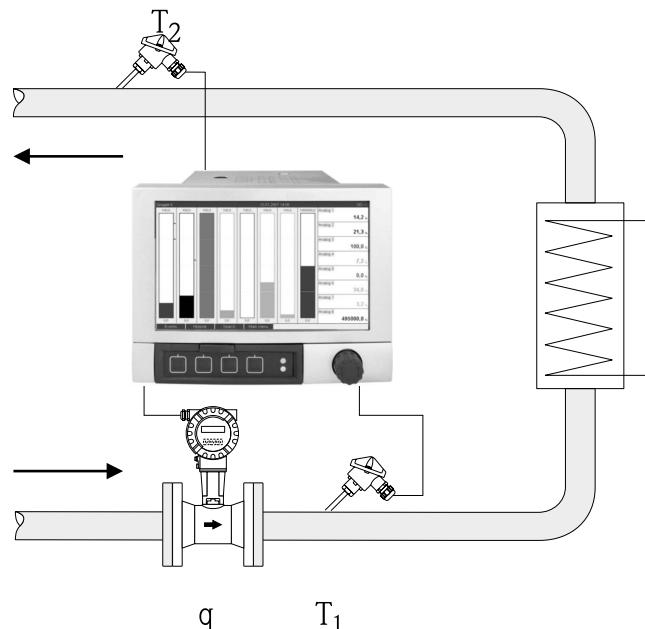
2.2.1 Wasser/Glykol Wärmedifferenz

Berechnung der Wärmemenge, welche von einem Kälteträgermedium (Wasser-Glykol Gemisch) in einem Wärmetauscher abgegeben oder aufgenommen wird. Typische Anwendung zur Energiemessung in Heiz- oder Kühlkreisläufen.

Eingangsgrößen: Messung des Betriebsvolumens und der Temperatur unmittelbar vor und nach einem Wärmetauscher (im Vorlauf bzw. Rücklauf).

Die Dichte und Wärmeleitfähigkeit des Kälteträgers werden auf Grund des Mischungsverhältnisses (Konzentration) berechnet.

Der Durchflusssensor kann auf der Warm- oder Kaltseite eingebaut werden.



$$E = q \cdot \rho(T_1) \cdot c_m \cdot (T_2 - T_1)$$

$$c_m = \frac{c(T_1) + c(T_2)}{2}$$

a0009705

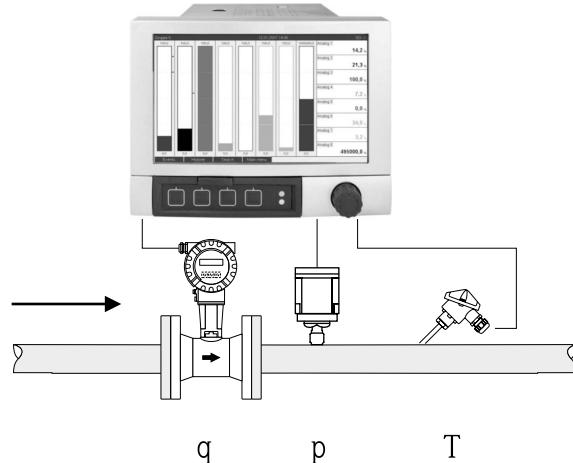
E:	Wärmemenge
q:	Betriebsvolumen
ρ :	Dichte
T_1 :	T warm
T_2 :	T kalt
$c(T_1)$:	Spezifische Wärmekapazität bei Temperatur 1
$c(T_2)$:	Spezifische Wärmekapazität bei Temperatur 2
cm	Mittlere spezifische Wärmekapazität

2.3 Dampf Anwendungen

2.3.1 Dampf Wärmemenge

Berechnung des Massestroms (Massemittel) und der darin enthaltenen Wärmemenge am Ausgang eines Dampferzeugers oder bei einzelnen Verbrauchern.

Eingangsgrößen: Betriebsvolumenstrom, Temperatur und/oder Druck



$$E = q \cdot \rho(p, T) \cdot h_D(p, T_D)$$

a0009709

E:	Wärmemenge
q:	Betriebsvolumen
ρ :	Dichte
T_D :	Temperatur Dampf
p:	Druck (Dampf)
h_D	Spezifische Enthalpie von Dampf

Zur vereinfachten Messung von Sattdampf kann auf die Druck- oder Temperaturmessung verzichtet werden. Die fehlende Eingangsgröße wird anhand der hinterlegten Sattdampfkurve ermittelt. Bei Messung von Druck und Temperatur wird der Dampfzustand exakt ermittelt und überwacht. Bei Erreichen der Sattdampfttemperatur = Kondensattemperatur wird ein Nassdampfalarm ausgegeben. (siehe Fehlerverhalten 3.5)

2.3.2 Dampf Wärmendifferenz

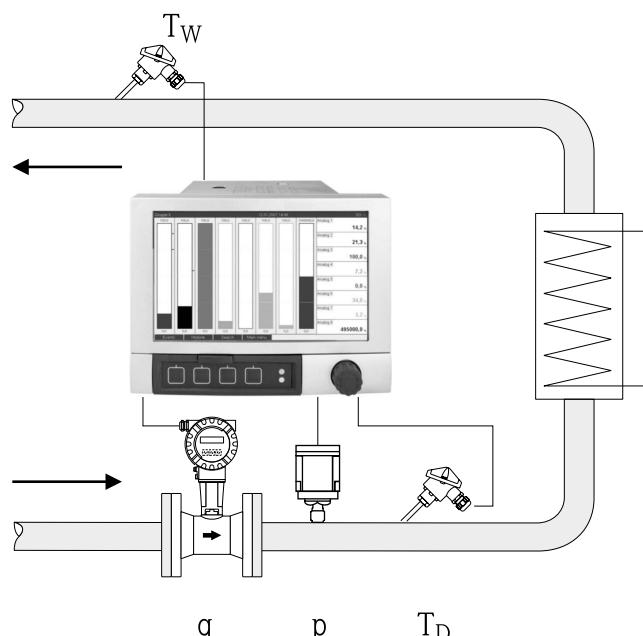
Berechnung der Wärmemenge, die beim Kondensieren des Dampfes in einem Wärmetauscher abgegeben wird.

Alternativ auch Berechnung der Wärmemenge (Energie), die zur Erzeugung von Dampf aufgewendet wird.

Eingangsgrößen: Messung des Drucks und der Temperaturen unmittelbar vor und nach einem Wärmetauscher (oder Dampferzeuger).

Der Durchflusssensor kann entweder in der Dampfleitung oder der Wasserleitung (Kondensat oder Speisewasser) eingebaut werden.

Falls sowohl in der Dampf- als auch in der Wasserleitung eine Durchflussmessung erwünscht ist (z.B. aufgrund von Dampfverbrauch bzw. Verlusten) müssen zwei Anwendungen eingestellt werden, nämlich Dampf Wärmemenge und Wasser Wärmemenge. Die Bilanzierung der Masse- und Energiemengen kann dann in einem Mathematikkanal mit Hilfe des Formeleditors durchgeführt werden (siehe 3.4.1).



$$E = q \cdot \rho(p, T_D) \cdot [h_D(p, T_D) - h_W(T_W)]$$

a0009710

E:	Wärmemenge
q:	Betriebsvolumen
ρ :	Dichte
T_D :	Temperatur Dampf
T_W :	Temperatur Wasser (Kondensat)
p:	Druck (Dampf)
h_D :	Spezifische Enthalpie von Dampf
h_W :	Spezifische Enthalpie von Wasser

3 Einstellung (Setup) der Anwendungen

3.1 Allgemeiner Leitfaden zur Programmierung

1. Einstellung der Durchfluss-, Druck- und Temperatureingänge
Hierfür werden die standardmäßigen Eingänge verwendet. Die Einheiten zur Skalierung der Messbereiche sollten vorzugsweise nachstehender Tabelle (siehe 3.2) entnommen werden. Andernfalls müssen bei Definition der Anwendung Koeffizienten zur Umrechnung definiert werden (siehe 3.2).
2. Mathematikkanal öffnen. Funktion zur Energie oder Masseberechnung aktivieren und Anwendung auswählen. Eingänge zuordnen und Einheiten definieren. Einheiten für Summenzähler im Menü Integration auswählen.
Für Dampfanwendungen ggf. Einstellung des Fehlerverhaltens bei Nassdampfalarm.
3. Konfiguration der Anzeige, d.h. Zusammenstellen von Werten zur Anzeige und Auswahl der Darstellungsart.

3.2 Auswahl der Einheiten

Die Einheiten für die Eingänge und die Anwendung werden im Rahmen der Einstellung der Anwendung (im Mathematikkanal) ausgewählt. Bitte beachten Sie dabei, dass die hier gewählten Einheiten identisch mit den Einheiten sind, die für die Skalierung der Eingänge verwendet wurden. Sollten Sie andere Einheiten zur Parametrierung der Eingänge bevorzugen, muss ein Mathematikkanal ausgewählt werden, wo eine Umrechnung auf eine in der Tabelle genannten Einheiten durchgeführt werden muss. Dieser Mathematikkanal wird dann als Durchflusseingang in einem anderen Mathematikkanal zur Energie- oder Masseberechnung verwendet.

Einheiten im Energiepaket

Durchfluss	m^3/h	ft^3/h	gal/h			
Druck	bar(a)(g)	Psi(a)(g)	MPa(a)(g)	inH2O(a)(g)		
Temperatur	$^{\circ}\text{C}$	K	$^{\circ}\text{F}$			
Wärmefluss	kW	MW	kBTU/h	MBTU/h	ton	
Wärmeenergie	kWh	MWh	MJ	MBTU	tonh	therm
Massefluss	kg/h	t/h	lbs/h	ton/h		
Massesumme	kg	t	lbs	ton		

gal = Gallons liquid: $1 \text{ ft}^3 = 7,48051948 \text{ gal}$

ton = ton (short) US: $1 \text{ ton} = 907,184 \text{ kg}$

ton = ton refrigeration: $1 \text{ ton} = 3,516 \text{ 852 } 84 \text{ kW}$

BTU = International [Steam] Table (IT): $1 \text{ Btu} = 1055,056 \text{ kJ}$

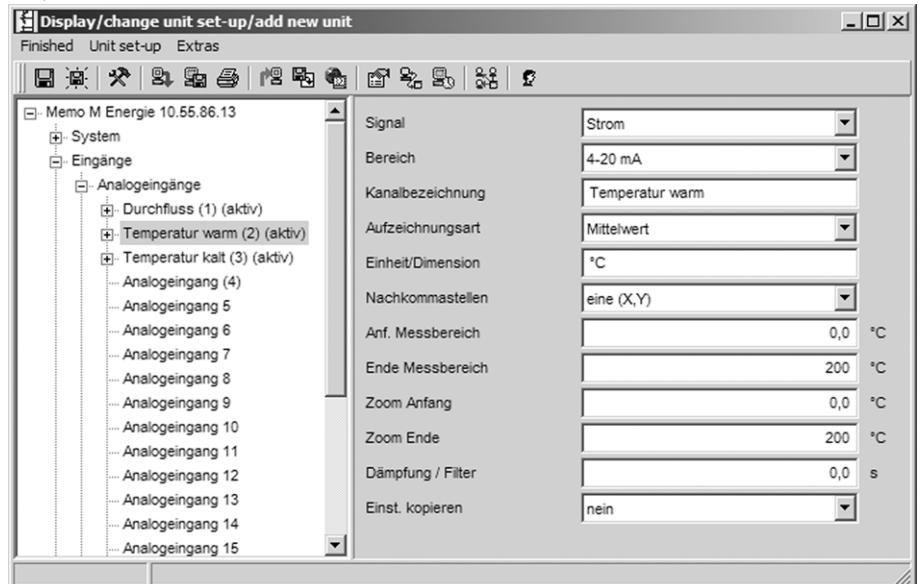
therm = therm US (basierend auf BTU59 $^{\circ}\text{F}$): $1 \text{ therm} = 105 \text{ 480,4 kJ}$

3.3 Beispiele für Wasser und Dampf Energiemessung

3.3.1 Beispiel Wasser Wärmedifferenz

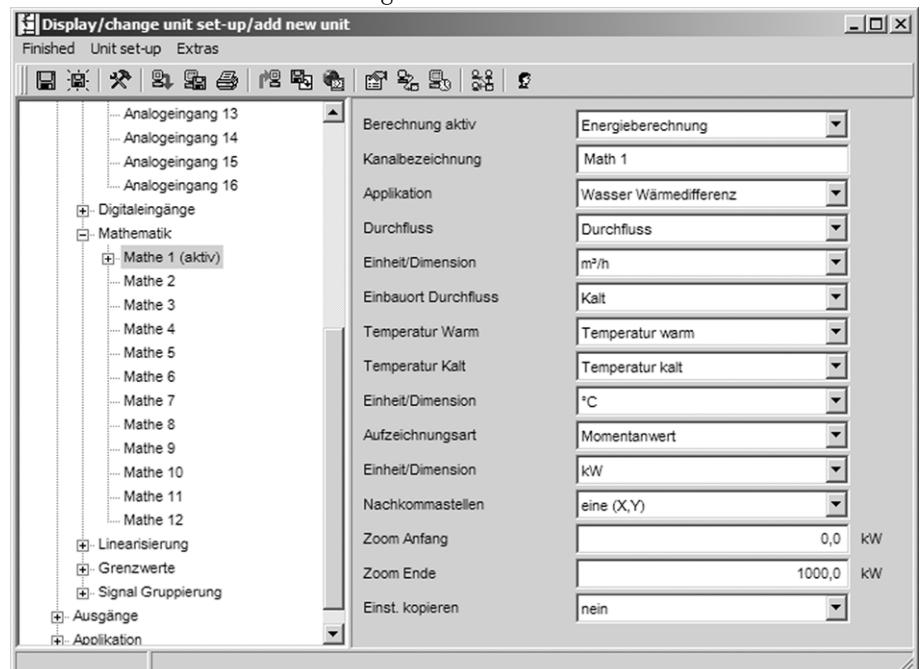
1. Einstellung der Durchfluss-, Druck- und Temperatureingänge.

Signal auswählen, Name für Kanalbezeichnung eingeben, Einheit definieren (siehe Tabelle 3.2) und Messbereich einstellen.



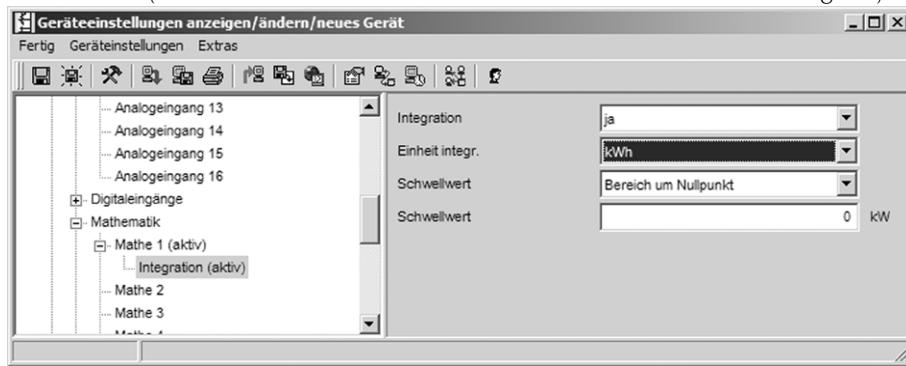
2. Einstellung der Energieberechnung.

2.1 Mathekanal öffnen, Energieberechnung wählen, Sensoren und Einheiten zuordnen, Einbauort des Durchflusssensors festlegen und Zoombereich einstellen.

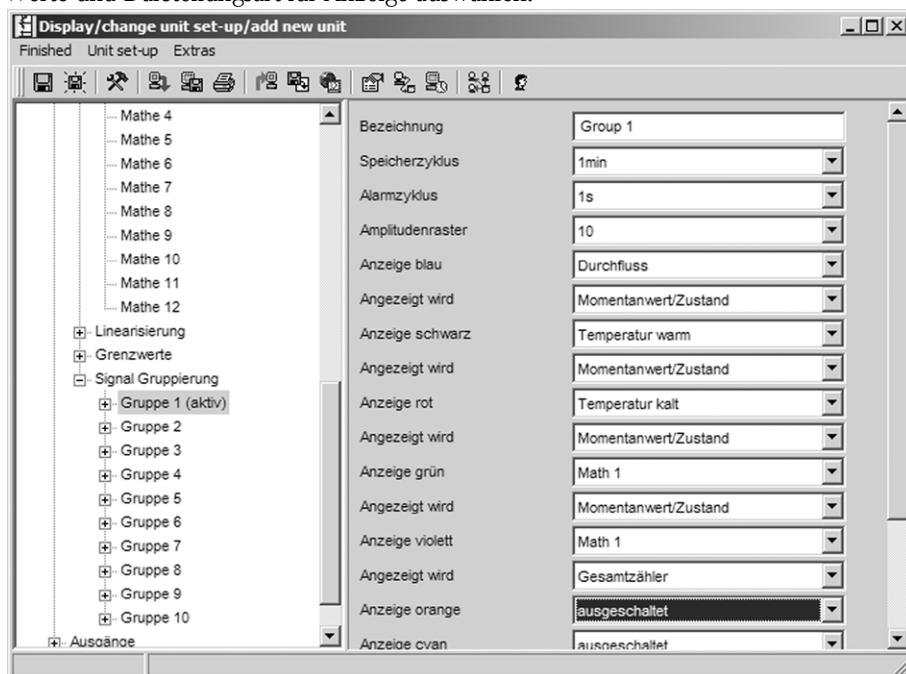


2.2 Einheit für die Zähler auswählen.

Integration aktiv schalten, Einheit auswählen und ggf. Schwellenwert (Schleichmenge) einstellen (Werte die kleiner als der Schwellenwert sind werden nicht integriert).

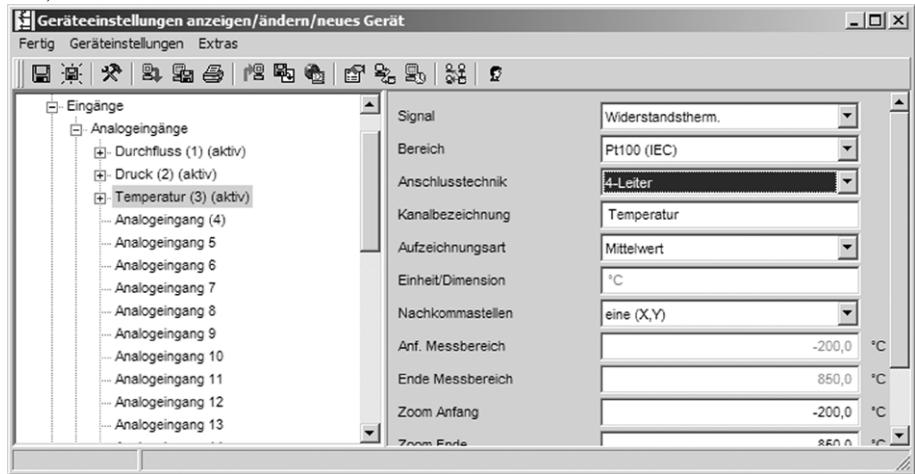


3. Einstellung der Anzeige.
Werte und Darstellungsart für Anzeige auswählen.

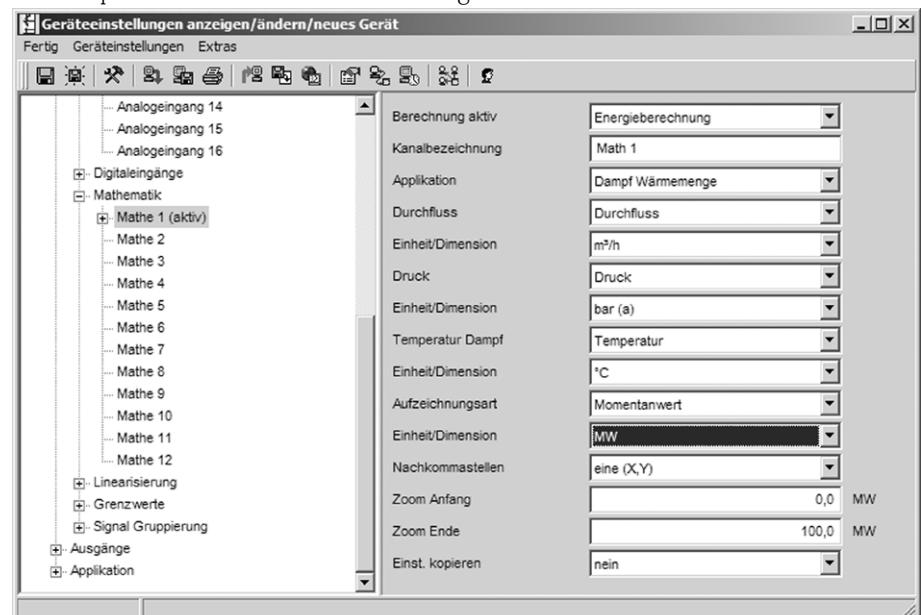


3.3.2 Beispiel Dampf Wärmemenge / Masse

- Einstellung der Durchfluss-, Druck und Temperatureingänge.
Signal auswählen, Name für Kanalbezeichnung eingeben, Einheit definieren (siehe Tabelle 3.2) und Messbereich einstellen.



- Einstellung der Energieberechnung.
2.1 Mathekanal öffnen, Energie- oder Masseberechnung wählen, Sensoren und Einheiten zuordnen.
Falls Sie Energie und Masse berechnen und anzeigen wollen, Einstellungen in Mathekanal 2 kopieren und dort "Masseberechnung" auswählen.

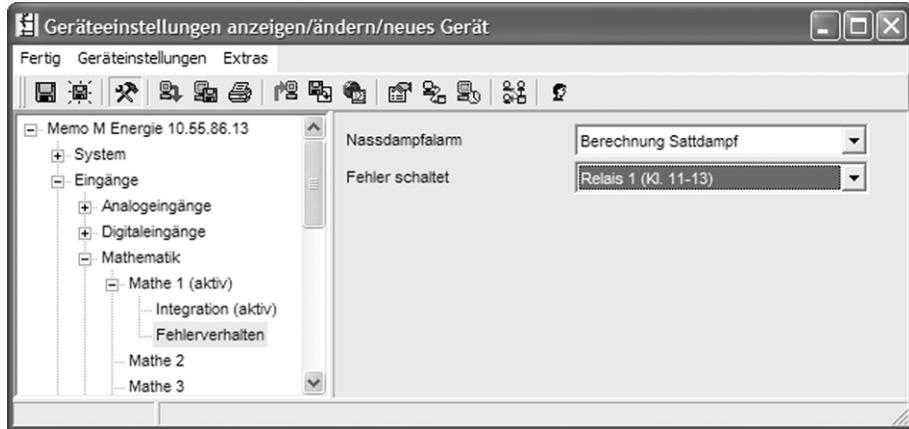


- 2.2 Einheit für die Zähler auswählen.
Integration aktiv schalten, Einheit auswählen und ggf. Schwellenwert (Schleichmenge) einstellen (siehe Beispiel 3.2.2, Nr. 2.2)

2.3 Verhalten bei Nassdampfalarm einstellen.

(Nur möglich, wenn Druck- und Temperatureingänge verwendet werden.)

Geräteeinstellung/Experte aktivieren, Fehlerverhalten Nassdampfalarm einstellen (Zählerstopp bei Nassdampfalarm oder Berechnung mit Sattdampfbedingung fortsetzen und Integration fortführen, d.h. Zähler laufen normal weiter. Einstellung ob Nassdampfalarm via Relais signalisiert werden soll).



3. Einstellung der Anzeige.

Werte und Darstellungsart für Anzeige auswählen (Bedienposition: Signal Gruppierung (siehe Beispiel 3.2.2, Nr. 3)

3.3.3 Durchflussmessung nach dem Differenzdruckverfahren

Durchflussmessungen nach dem Differenzdruckverfahren (z.B. Blende, Staudrucksonde) sind nur im Auslegepunkt genau. Temperatur- und Druckschwankungen haben erheblichen Einfluss auf die Messgenauigkeit. Beispielsweise führt eine Druckschwankung von 1 bar bei einem Auslegedruck von 10 bar zu einem Messfehler von ca. 11 %.

Bei Einsatz dieses Messverfahrens empfehlen wir deshalb, einen Mathematikkanal zur Kompensation der Masse- und Energiemessung zu verwenden. Hierfür benötigen Sie das Auslegedatenblatt der Messstelle, insbesondere folgende Daten:

- Druck im Auslegezustand
- Temperatur im Auslegezustand
- Dichte im Auslegezustand

Beispiel: Auslegezustand Dampfmessung:

P(a): 145 psi (10 bar) - Absolutdruck

T(a): 392 °F (200 °C)

Dichte(a): 0,3028 lb/ft³ (4,85 kg/m³)

Max. Flow 10 tons/h (9,07 t/h)

Einstellung in Einzelschritten.

1. Ausgang des Differenzdrucktransmitters (DP) auf Betriebsvolumen oder Masse skalieren, 10 tons/h (Kennlinie radiziert).
2. Eingang am Graphic Data Manager auswählen und auf Betriebsvolumen skalieren, d.h. ft³/h (m³/h). Falls der Ausgang des DP-Transmitter, wie im Beispiel, auf Masse skaliert ist, muss das Betriebsvolumen im Auslegezustand berechnet werden.
 $10 \text{ tons/h} * 2000 : 0,3028 \text{ lb/ft}^3 = 66050,2 \text{ ft}^3/\text{h}$
 $9,07 \text{ t/h} * 1000 : 4,85 \text{ kg/m}^3 = 1870,10 \text{ m}^3/\text{h}$
(Der DP-Transmitter Ausgang kann auf Masse skaliert bleiben).
3. In Mathekanal (1-8), Masse- oder Energiemessung auswählen. Dann Dampfanwendung einstellen. (siehe Beispiel 3.3.2)
4. Mathekanal (9-12) auswählen und dort folgende Formel eingeben (M1 gegebenenfalls durch den in Schritt 3 ausgewählten Mathekanal ersetzen):
 $M1 * (P/P(a))^{0,5} * (T(a)/T)^{0,5}$
P: Betriebsdruck (gemessen)
Pa: Druck im Auslegezustand
T: Betriebstemperatur (gemessen)
Ta: Temperatur im Auslegezustand

Ta und T sind absolute Temperaturen in Kelvin, das heißt, die Formel muss ggf. noch zur Umrechnung der Temperatur ergänzt werden. Achten Sie ferner darauf, dass die Druckeinheiten identisch sind (z.B. nicht Absolut- und Relativdruck mixen!).

- a. Beispiel: Temperaturrelung in °F (Druckmessung psi absolut)

$$M1 * ((P/10) * (32 + 200 * 1,8) / (32 + T * 1,8))^{0,5}$$

- b. Beispiel: Temperaturmessung in °C (Druckmessung bar absolut)

$$M1 * ((P/10) * (200 + 273,15) / (T + 273,15))^{0,5}$$

Als Ergebnis erhalten Sie den kompensierten Masse- oder Energiefloss.

3.4 Bilanzierung (Verknüpfung von Anwendungen)

3.4.1 Allgemein

Um Masse- oder Energiemengen miteinander zu verrechnen (bilanzieren) oder Kennzahlen zu berechnen, kann ein beliebiger Mathematikkanal verwendet werden.

Beispiel: Bilanzierung eines Dampfkessels.

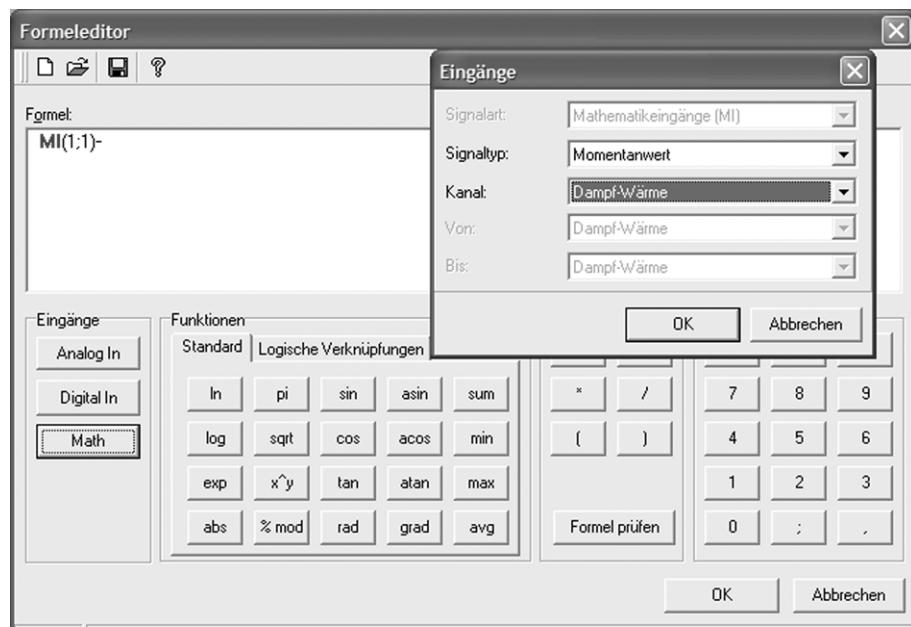
- In Mathekanal 1 wird die Wärmemenge des erzeugten Dampfs berechnet.
- Mathekanal 2 wird zur Berechnung der Restenergie im Kondensatstrom (Wasser Wärmemenge) verwendet.

Gesucht:

Energie, die zwischen Dampfvorlauf und Kondensatrücklauf abgegeben wurde.

Lösung:

Mathekanal 3 öffnen, Formeleditor auswählen und dort die Energieströme (Momentanwerte) von einander subtrahieren und aufsummieren (Integration). Alternativ können die Zähler auch direkt subtrahiert werden.



a0009724

3.4.2 Überwachung von Dampfkesseln

Die Überwachung eines Dampfkessels dient der Anlagensicherheit und zur Prozessoptimierung und dadurch zur Einsparung von Kosten.

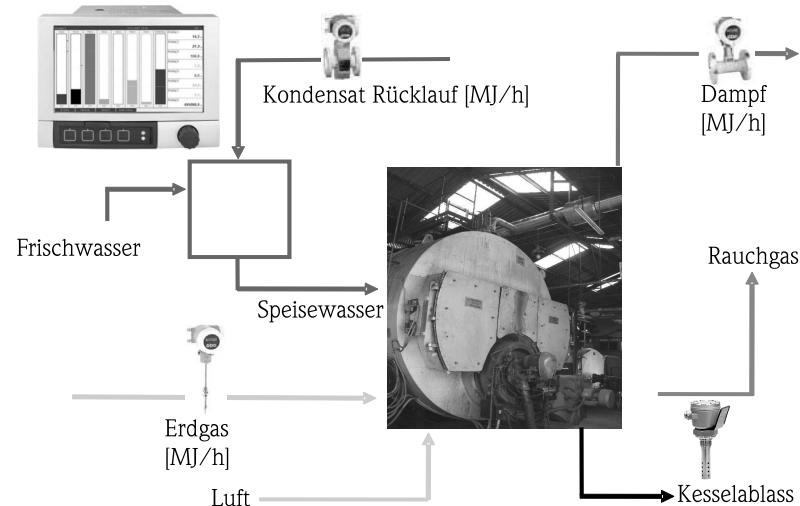
Messgrößen zur Überwachung der Anlagensicherheit:

- Füllstand
- Kesseldruck
- Kesseltemperatur

Messgrößen und Kennwerte zur Prozessoptimierung:

- Energie Dampfstrom
- Energie Kondensatstrom
- Energie Speisewasser oder Frischwasser
- Energie Kesselablass (Blow Down)
- Energie Brennstoff (z.B. Erdgas, Heizöl)
- Energie, Sauerstoffgehalt und Temperatur des Abgasstroms
- Massenfluss Verbrennungsluft (inkl. O₂ Gehalt und Temperatur)
- Chemische Analyse: PH, gelöster Sauerstoff, Leitfähigkeit

Wirkungsgrad



a0009725-de

Programmierung zur Berechnung des Dampfkessel Wirkungsgrads (Boilereffizienz)

Zur Berechnung des Wirkungsgrads in einem Mathematikkanal werden immer die Summenzähler (integrierte Werte) verwendet! Eine Momentaufnahme des Wirkungsgrads besitzt nur wenig Aussagekraft.

a) offenes System (Dampfverbrauch)

- Mathekanal 1 (M1): Dampf Wärmemenge
- Mathekanal 2 (M2): Speisewasser Wärmemenge
- Mathekanal 3 (M3): Verbrennungsenergie des Erdgas zur Dampferzeugung*
- Mathekanal 4 (M4): Berechnung des Kesselwirkungsgrads

$$\text{Formel (M4)} = (M1-M2)/M3$$

b) geschlossenes System (d.h. Kondensatrücklauf)

- Mathekanal 1 (M1): Dampf Wärmemenge
- Mathekanal 2 (M2): Wasser Wärmemenge im Kondensat
- Mathekanal 3 (M3): Verbrennungsenergie des Erdgas zur Dampferzeugung*
- Mathekanal 4 (M4): Berechnung Kesselwirkungsgrads

$$\text{Formel (M4)} = (M1-M2)/M3$$

c) geschlossenes System unter Einbeziehung des Kesselablass

- M1: Dampfwärmedifferenz (Dampfdurchfluss, T Dampf, (P Dampf), T Speisewasser)
- M2: Dampfwärmedifferenz (Speisewasserdurchfluss, T Dampf, T Speisewasser)
- M3: Energieverlust durch Kesselablass: (M2-M1)
- M4: Verbrennungsenergie des Erdgas zur Dampferzeugung*
- M5: Berechnung des Kesselwirkungsgrads (M2/M4)

Der Energieverlust aufgrund von Kesselablass (Blow Down) kann auch mit einer Dampf Wärmedifferenzanwendung näherungsweise berechnet werden.

Annahme: Masse Kesselablass = Masse Frischwasser

- M1: Dampf Wärmemenge
- M2: Wasser Wärmemenge im Kondensat
- M3: Energieverlust Kesselablass, Wasserwärmedifferenz (V, T Frischwasser; T, P Dampf)
- M4: Verbrennungsenergie des Erdgas zur Dampferzeugung*
- M5: Berechnung Kesselwirkungsgrads

$$\text{Formel (M5)} = (M1-M2+M3)/M4$$

*Der Erdgasmassenstrom wird von einem Durchflussgerät gemessen und an den Graphic Data Manager übertragen. Im Mathekanal 3 wird der Erdgasstrom in Energie umgerechnet (unterer Heizwert Erdgas*Massenstrom Erdgas)

3.5 Fehlerverhalten

Das Fehlerverhalten kann nur im Expertenmodus eingestellt werden.

Die Einstellungen für das Fehlerverhalten der Eingänge sind in der Betriebsanleitung des Graphic Data Managers im Kapitel 6.4 beschrieben (siehe mitgelieferte CD-ROM).

Im Fehlerfall wird die Energie- und Masseberechnung mit einem Ersatzwert fortgesetzt oder die Berechnung ist ungültig.

Bei Dampfanwendungen wird bei Erreichen der Kondensattemperatur (Nassdampfalarm) der gesättigte Dampfzustand auf Grundlage von T berechnet und der Wärmefluss (Leistung) berechnet. Für die Zähler kann in Menüposition Fehlerverhalten/Nassdampfalarm definiert werden, wie diese reagieren sollen:

- Anhalten der Integration (Zählerstopp)
- Integration wird fortgesetzt, d.h. Zähler laufen weiter (Berechnung Sattdampf)

4 Technische Daten

	Wasser	Wasser/Glykol	Dampf
Messbereich	0 bis 350 °C (32 bis 662 °F)	-40 bis 200 °C (-40 bis 392 °F)	
Messbereich überhitzter Dampf			0 bis 1000 bar (0 bis 14503,7 psi) 0 bis 800 °C (32 bis 1472 °F)
Messbereich Sattdampf			0 bis 165 bar (0 bis 2393 psi) 0 bis 350 °C (32 bis 662 °F)
Min. Temperaturdifferenz	0 °C (32 °F)		
Konzentration		0 bis 60 Vol %	
Fehlergrenzen (Universaleingänge)	3 bis 20 °C (37,4 to 68°F) < 1,0 % v. Mw. 20 bis 250 °C (68 to 482°F) < 0,3 % v. Mw.		
Berechnungszyklus		500 ms	
Berechnungsstandard	IAPWS-IF 97	Polynomfunktionen (Ungenauigkeit: max. 0,6 %)	IAPWS-IF 97

Table of contents

1	General description of the function . .	22
2	Description of the applications	23
2.1	Water applications	23
2.2	Water/glycol applications	25
2.3	Steam applications	26
3	Application setup	28
3.1	General guidelines on programming	28
3.2	Selecting the units	28
3.3	Examples for water and steam energy measurement	29
3.4	Balancing (linking applications)	34
3.5	Failsafe mode	36
4	Technical data	37

1 General description of the function

The energy package provides users with the possibility of calculating the mass and energy flow in water and steam applications on the basis of the following input variables:

- Flow
- Pressure
- Temperature (or temperature differential)

Furthermore, energy calculations are also possible using glycol-based refrigerant media.

By balancing the results against one another or by linking the results to other input variables (e.g. gas flow, electr. energy), users can perform overall balances, calculate efficiency levels etc. These values are important indicators for the quality of the process and form the basis for process optimization efforts, maintenance, etc.

The internationally recognized IAPWS-IF 97 standard is used to calculate the thermodynamic state variables of water and steam.

2 Description of the applications

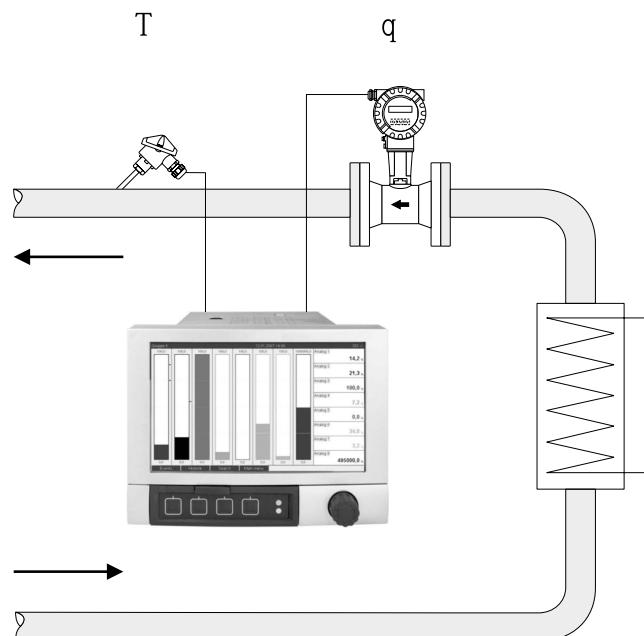
2.1 Water applications

2.1.1 Water heat quantity

Calculation of the quantity of heat in a flow of water. Example: Determining the residual heat in the return line of a heat exchanger.

Input variables: Operating volume and temperature.

The average pressure is calculated automatically based on the temperature measured.



$$E = q \cdot \rho(T,p) \cdot h(T)$$

a0009703

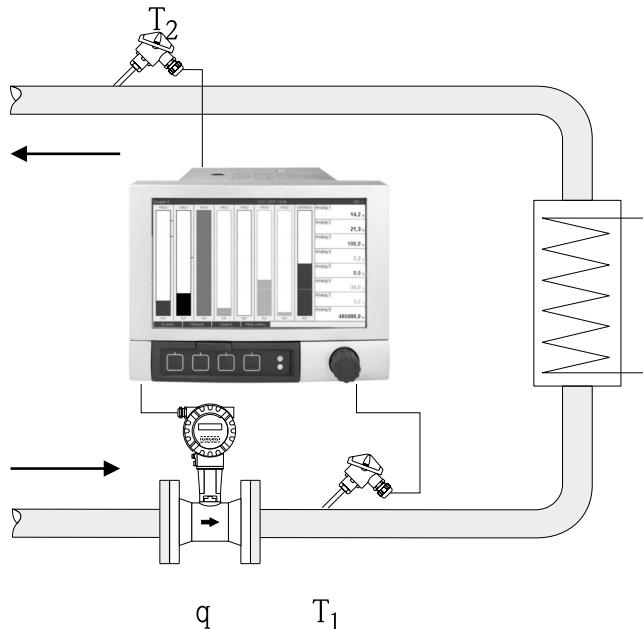
E:	Quantity of heat
q:	Operating volume
ρ :	Density
T:	Operating temperature
h:	Specific enthalpy of water (in relation to 0 °C)

2.1.2 Water heat difference

Calculation of the quantity of heat which is given off, or taken in, by a flow of water in a heat exchanger. Typical application for measuring energy in heating and cooling circuits.

Input variables: Measurement of the operating volume and the temperature directly upstream and downstream from a heat exchanger (in the feed line or return line).

The flow sensor can be installed on the warm or cold side.



$$E = q \cdot \rho(T_1) \cdot [h(T_1) - h(T_2)]$$

a0009704

- E: Quantity of heat
- q: Operating volume
- ρ : Density
- T_1 : T warm
- T_2 : T cold
- $h(T_1)$: Specific enthalpy of water at temperature 1
- $h(T_2)$: Specific enthalpy of water at temperature 2

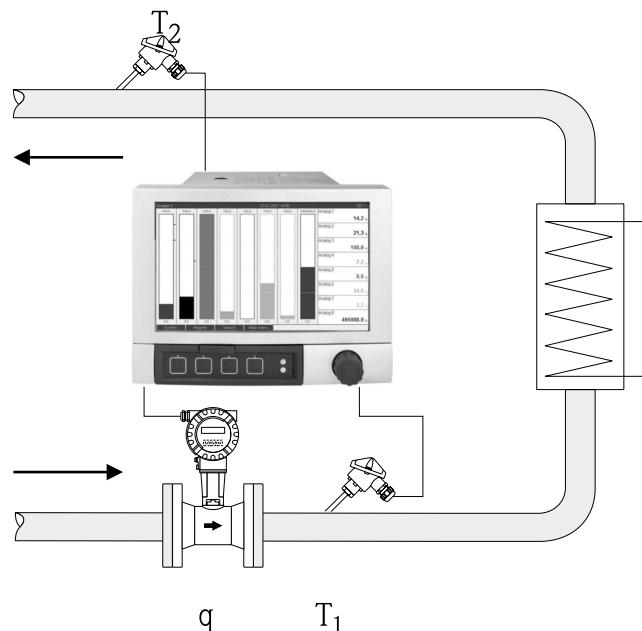
2.2 Water/glycol applications

2.2.1 Water/glycol heat difference

Calculation of the quantity of heat which is given off, or taken in, by a refrigerant medium (water/glycol mixture) in a heat exchanger. Typical application for measuring energy in heating and cooling circuits.

Input variables: Measurement of the operating volume and the temperature directly upstream and downstream from a heat exchanger (in the feed line or return line).

The flow sensor can be installed on the warm or cold side.



$$E = q \cdot \rho(T_1) \cdot c_m \cdot (T_2 - T_1)$$

$$c_m = \frac{c(T_1) + c(T_2)}{2}$$

a0009705

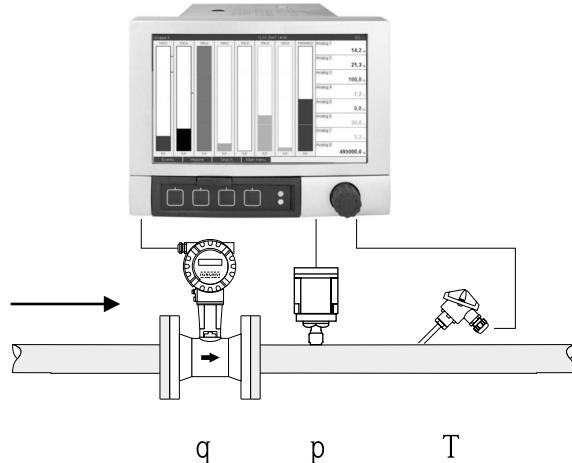
E:	Quantity of heat
q:	Operating volume
ρ :	Density
T_1 :	T warm
T_2 :	T cold
$c(T_1)$:	Specific heat capacity at temperature 1
$c(T_2)$:	Specific heat capacity at temperature 2
cm	Average specific heat capacity

2.3 Steam applications

2.3.1 Steam quantity of heat

Calculation of the mass flow and the quantity of heat it contains at the output of a steam generator or for individual consumers.

Input variables: operating volume flow, temperature and/or pressure



$$E = q \cdot \rho(p, T) \cdot h_D(p, T_D)$$

a0009709

E:	Quantity of heat
q:	Operating volume
ρ :	Density
T_D :	Temperature of steam
p:	Pressure (steam)
h_D	Specific enthalpy of steam

For simplified saturated steam measurement, you can refrain from measuring the pressure or temperature. The missing input variable is determined using the saturated steam curve stored in the system.

When measuring pressure and temperature, the steam state is determined exactly and monitored. A wet steam alarm is output when the saturated steam temperature = condensate temperature. (See failsafe mode 3.5)

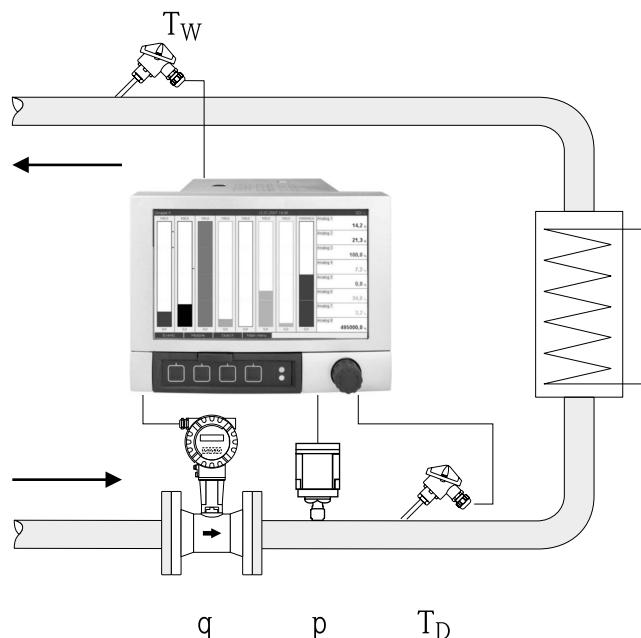
2.3.2 Steam heat difference

Calculation of the quantity of heat given off when the steam condenses in a heat exchanger. Alternatively also the calculation of the quantity of heat (energy) used for steam generation.

Input variables: Measurement of the pressure and temperatures directly upstream and downstream from a heat exchanger (or steam generator).

The flow sensor can either be integrated in the steam pipe or the water pipe (condensate or feed water).

If flow measurement is required in both the steam pipe and the water pipe (e.g. due to steam consumption or loss), two applications have to be set up, namely steam heat quantity and water heat quantity. The quantities of mass and energy can then be balanced in a mathematics channel with the aid of the formula editor (see 3.4.1).



$$E = q \cdot \rho(p, T_D) \cdot [h_D(p, T_D) - h_W(T_W)]$$

a0009710

E:	Quantity of heat
q:	Operating volume
ρ :	Density
T_D :	Temperature of steam
T_W :	Temperature of water (condensate)
p:	Pressure (steam)
h_D :	Specific enthalpy of steam
h_W :	Specific enthalpy of water

3 Application setup

3.1 General guidelines on programming

1. Set the flow, pressure and temperature inputs:
The standard inputs are used here. Preferably, the units for scaling the measuring ranges should be taken from the table below (see 3.2).
Otherwise, conversion coefficients must be defined when defining the application (see 3.2).
2. Open the mathematics channel. Activate the function for calculating the energy or mass and select the application. Assign inputs and define units. Select units for the totalizers in the Totalization menu.
For steam applications, configure the failsafe mode in the event of a wet steam alarm, if applicable.
3. Configure the display, i.e. group the values for displaying and selecting the display mode.

3.2 Selecting the units

The units for the inputs and the application are selected within the context of configuring the application (in the mathematics channel). Please ensure that the units selected here are identical to the units that were used to scale the inputs.

If you prefer other units for configuring the inputs, a mathematics channel must be selected where the unit has to be converted to a unit indicated in the table. This mathematics channel is then used as a flow input in another mathematics channel to calculate the energy or mass.

Units in the energy package

Flow	m^3/h	ft^3/h	gal/h			
Pressure	bar(a)(g)	Psi(a)(g)	MPa(a)(g)	inH2O(a)(g)		
Temperature	$^{\circ}\text{C}$	K	$^{\circ}\text{F}$			
Heat flow	kW	MW	kBTU/h	MBTU/h	ton	
Heat energy	kWh	MWh	MJ	MBTU	tonh	therm
Mass flow	kg/h	t/h	lbs/h	ton/h		
Mass sum	kg	t	lbs	ton		

gal = gallons liquid: $1 \text{ ft}^3 = 7.48051948 \text{ gal}$

ton = ton (short) US: $1 \text{ ton} = 907.18474 \text{ kg}$

ton = ton refrigeration: $1 \text{ ton} = 3.51685284 \text{ kW}$

BTU = International [Steam] Table (IT): $1 \text{ Btu} = 1055.056 \text{ kJ}$

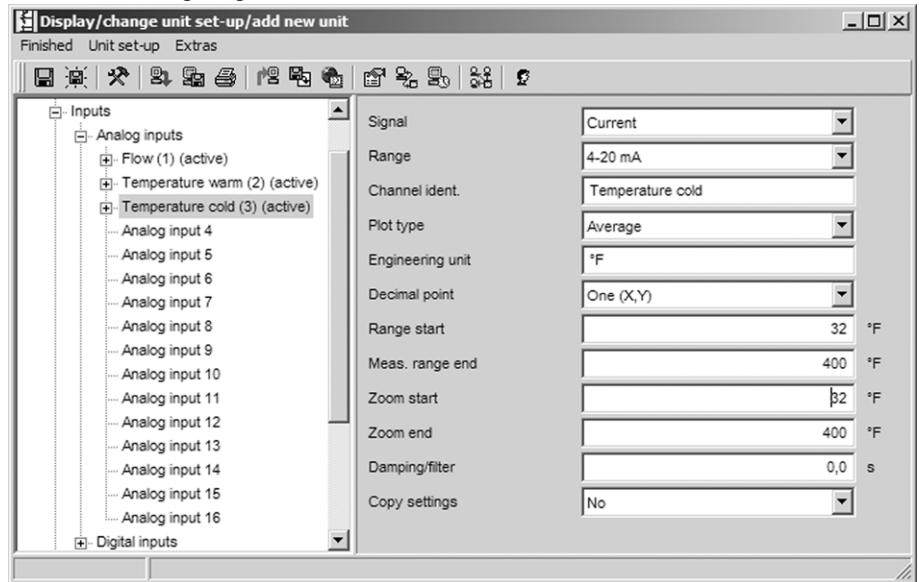
therm = therm US (based on BTU59 $^{\circ}\text{F}$): $1 \text{ therm} = 105480.4 \text{ kJ}$

3.3 Examples for water and steam energy measurement

3.3.1 Example of water heat difference

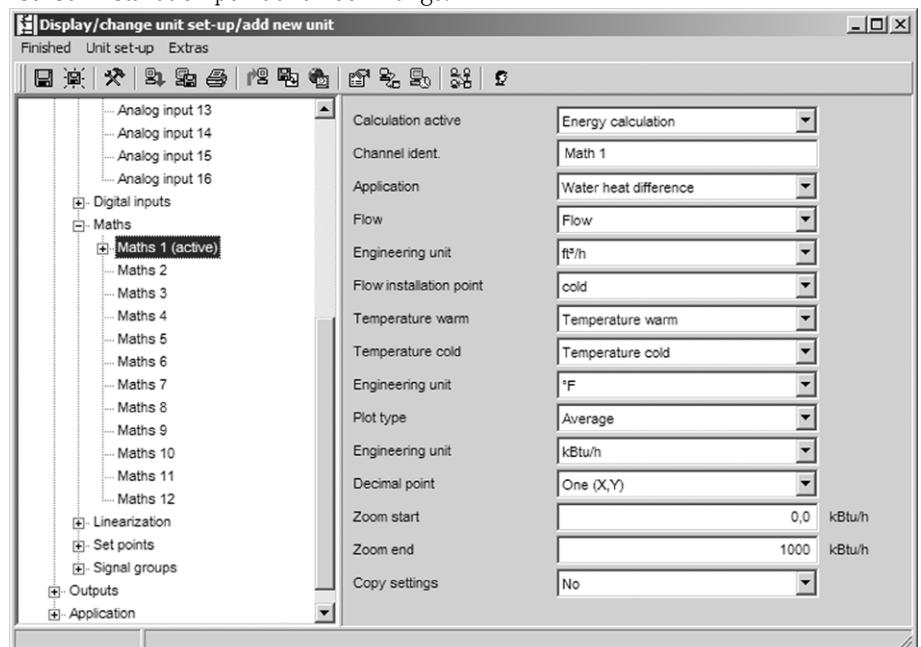
1. Set the flow, pressure and temperature inputs.

Select the signal, enter a name for channel identification, define the unit (see Table 3.2) and set the measuring range.



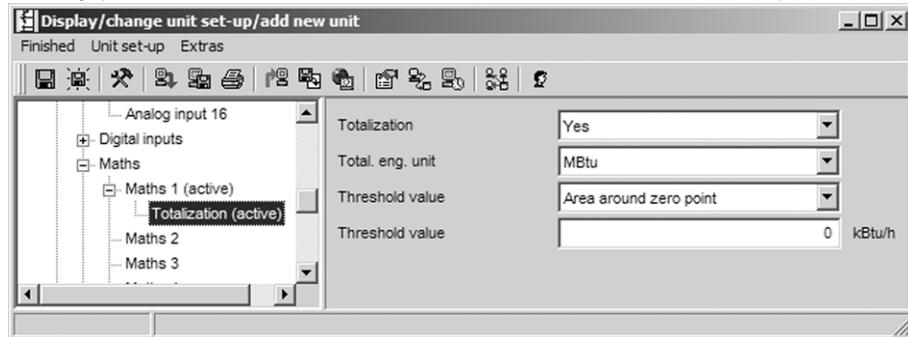
2. Configure energy calculation.

2.1 Open the math channel, select energy calculation, assign sensors and units, specify the flow sensor installation point and zoom range.



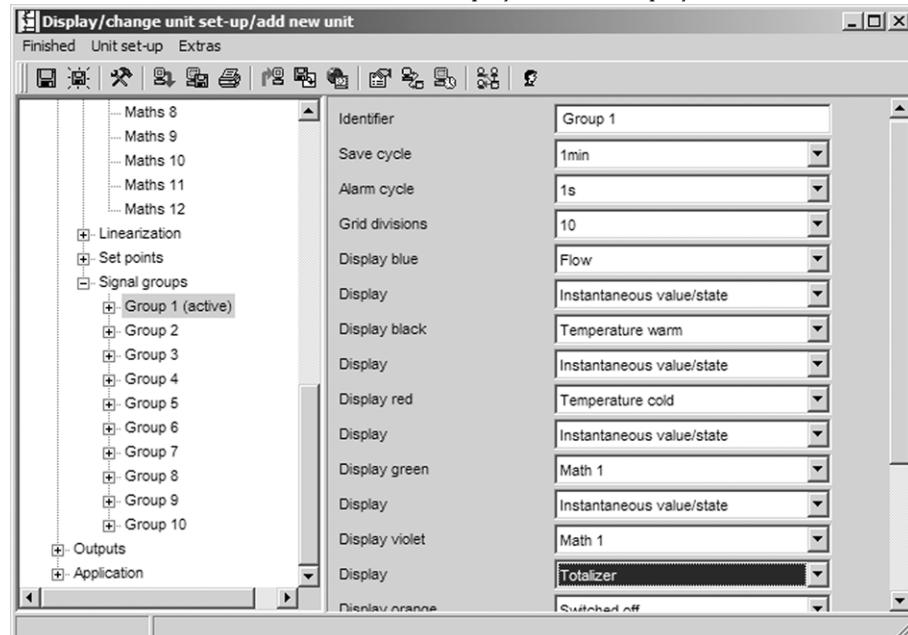
2.2 Select the unit for the totalizers.

Activate totalization, select the unit and set the threshold value (low flow cutoff) if necessary (values that are smaller than the threshold value are not totalized).



3. Configure the display.

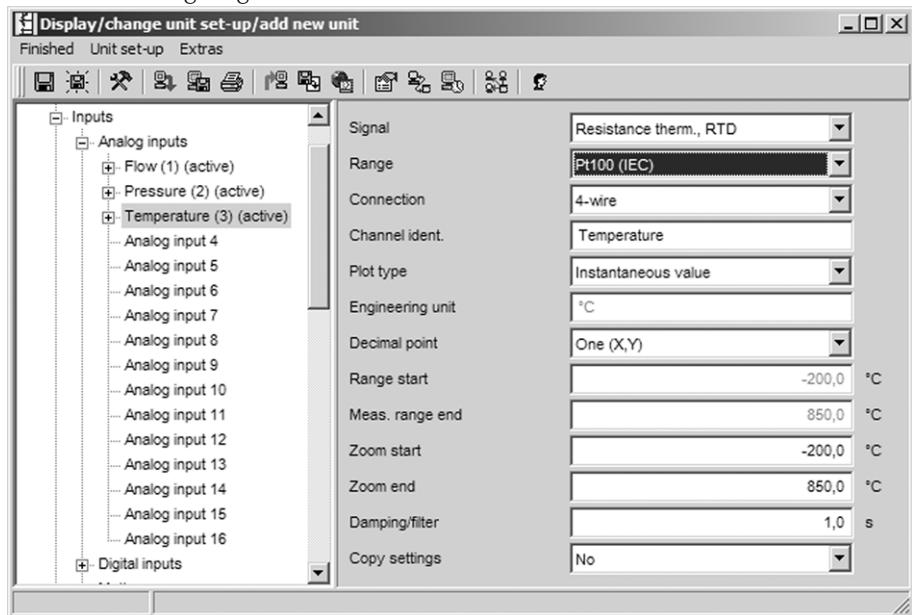
Select the values and how information is displayed on the display.



3.3.2 Example for steam quantity of heat / mass

- Set the flow, pressure and temperature input.

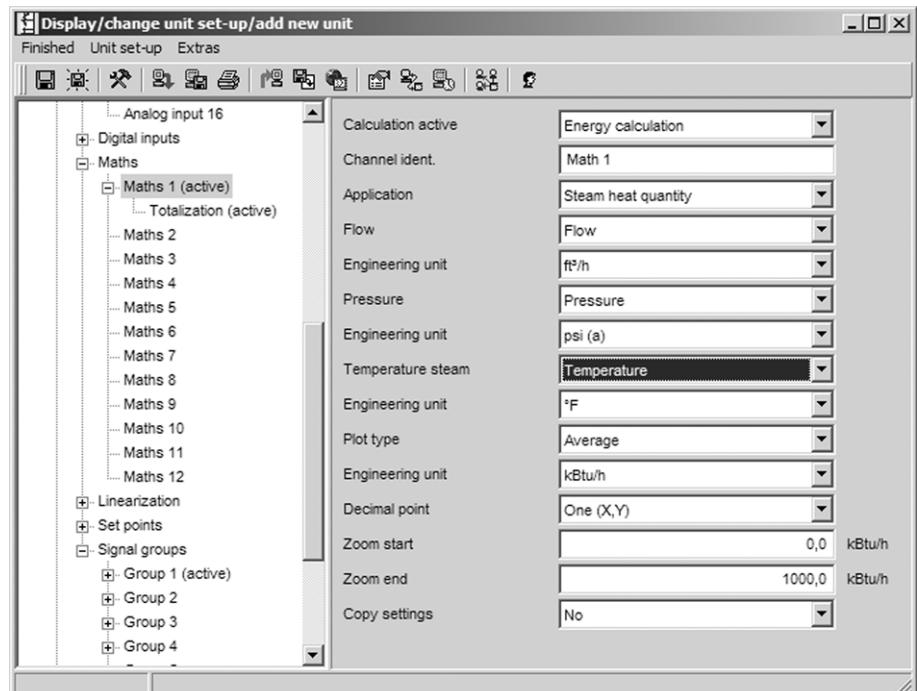
Select the signal, enter a name for channel identification, define the unit (see Table 3.2) and set the measuring range.



- Configure energy calculation.

2.1 Open the math channel, select energy or mass calculation, assign sensors and units.

If energy and mass are to be calculated and displayed, copy the settings to maths channel 2 and select "Mass calculation" there.



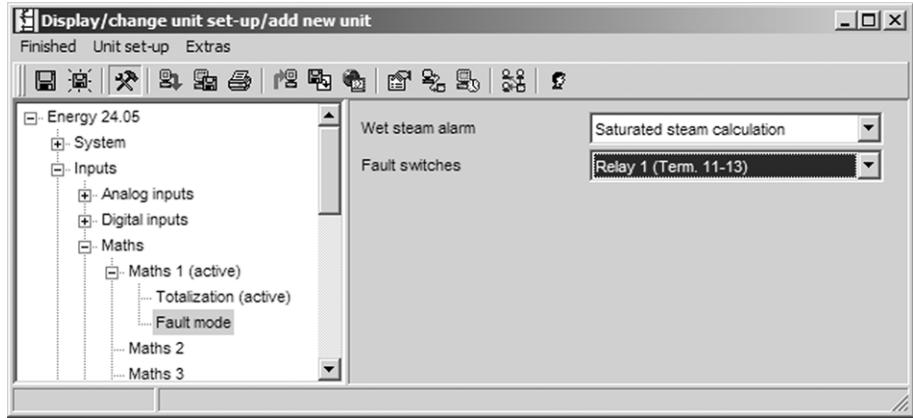
2.2 Select the unit for the totalizers.

Activate totalization, select the unit and set the threshold value (low flow cutoff) where necessary (see example 3.2.2, no. 2.2).

2.3 Configure behavior for wet steam alarm.

(Only possible if pressure and temperature input used.)

Activate Unit setup/Expert, set the wet steam alarm fault mode (totalizer stop in event of wet steam alarm or continue calculation under saturated steam conditions and continue totalization, i.e. totalizers continue to operate normally. Configure whether the wet steam alarm should be signaled via a relay).



3. Configure the display.

Select the values and display mode for the display (operating item: signal groups (see example 3.2.2, no. 3)).

3.3.3 Differential pressure flow measurement

Flow measurements based on the differential pressure method (e.g. orifice plate, Pitot tube) are only accurate at the design point. Fluctuations in temperature and pressure impact the accuracy considerably. For example, pressure fluctuations of 1 bar can cause a measuring error of approx. 11% at a design pressure of 10 bar.

Therefore, when deploying this measurement method we recommend using a mathematics channel to compensate the mass and energy measurement. For this purpose, you need the design datasheet of the measuring point, particularly:

- Pressure in design conditions
- Temperature in design conditions
- Density in design conditions

Example: steam measurement design conditions:

P(a): 145 psi (10 bar) - absolute pressure

T(a): 392 °F (200 °C)

Density(a): 0.3028 lb/ft³ (4.85 kg/m³)

Max. flow 10 tons/h (9.07 t/h)

Step-by-step configuration.

1. Scale the output of the differential pressure (DP) transmitter to operating volume or mass, 10 tons/h (curve square root).
2. Select the input at the Graphic Data Manager and scale to operating volume i.e. ft³/h (m³/h), for example. If the output of the DP transmitter is scaled to mass as in the example, the operating volume must be calculated in the design conditions. Example:
 $10 \text{ tons/h} * 2000 : 0.3028 \text{ lb/ft}^3 = 66050.2 \text{ ft}^3/\text{h}$
 $9.07 \text{ t/h} * 1000 : 4.85 \text{ kg/m}^3 = 1870.10 \text{ m}^3/\text{h}$
(The DP transmitter output can remain scaled to mass).
3. In the math channel (1-8), select mass or energy measurement. Then configure the steam application. (See example 3.3.2)
4. Select the math channel (9-12) and enter the following formula (if applicable, change M1 to the math channel selected in step 3.):

$$M1 * (P/P(a))^{0.5} * (T(a)/T)^{0.5}$$

P: operating pressure (measured)
Pa: pressure in design conditions
T: operating temperature (measured)
Ta: temperature in design conditions

Ta and T are absolute temperatures in Kelvin which means that the formula may have to be altered to include temperature conversion. Furthermore, make sure that the pressure units are identical (e.g. do not mix absolute pressure and relative pressure!).

- a. Example: temperature measurement in °F (psi absolute pressure measurement)

$$M1 * ((P/10) * (32+200*1.8)) / (32+T*1.8))^{0.5}$$
- b. Example: temperature measurement in °C (bar absolute pressure measurement)

$$M1 * ((P/10) * (200+273.15)) / (T+273.15))^{0.5}$$

The result is the compensated mass or energy flow.

3.4 Balancing (linking applications)

3.4.1 General

To balance mass or energy amounts against one another or to calculate characteristic values, any mathematics channel can be used.

Example: balancing a steam boiler.

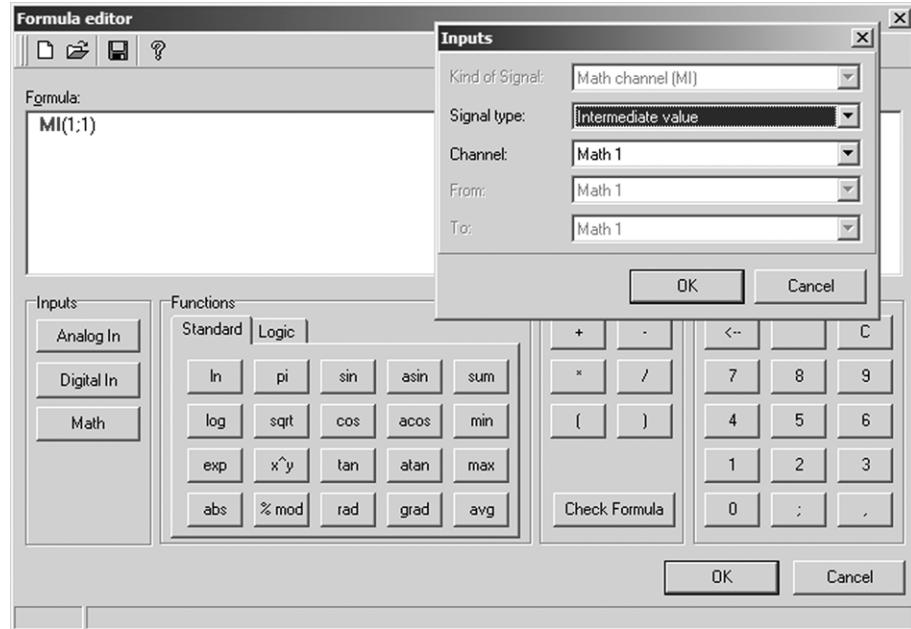
- Steam heat quantity is calculated in math channel 1.
- Math channel 2 is used to calculate the water heat quantity (residual energy in the flow of condensate in a steam system).

Looking for:

Energy that was given off between the steam feed line and the condensate return line.

Solution:

Open math channel 3, select the formula editor and subtract the quantities of energy from one another (math channel 1 - math channel 2).



a0009905

3.4.2 Monitoring steam boilers

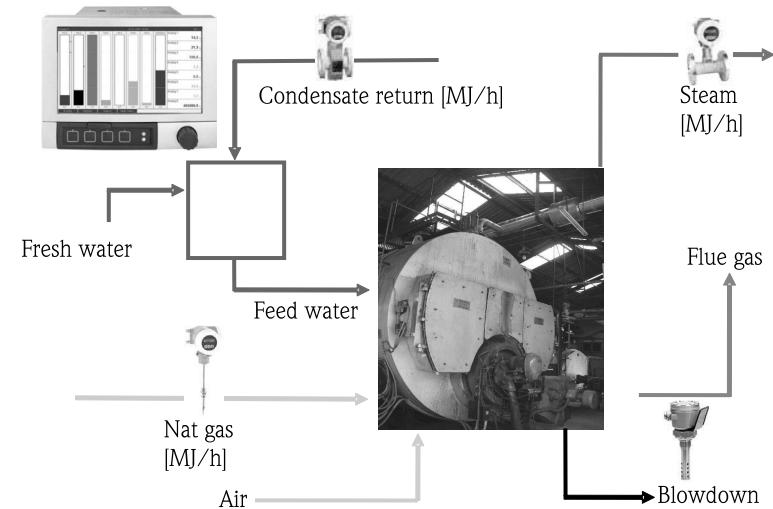
A steam boiler is monitored to ensure plant safety and to optimize processes and thus save costs. The measured variables for monitoring the safety of the plant are:

- Level
- Boiler pressure
- Boiler temperature

Measured variables and characteristic values for process optimization:

- Energy of steam flow
- Energy of condensate flow
- Energy of feed water or fresh water
- Energy of blowdown
- Energy of fuel (e.g. natural gas, heating oil)
- Energy, oxygen content and temperature of the flow of flue gas
- Mass flow combustion air (incl. O₂ contents and temperature)
- Chemical analysis: PH, dissolved oxygen, conductivity

Efficiency



a0009725-en

Programming the Graphic Data Manager to calculate boiler efficiency

The totalizer values (integrated values) are always used to calculate the efficiency in a maths channel! A snap-shot of the efficiency has hardly any significance.

a) Open system

- Math channel 1 (M1): steam heat quantity
- Math channel 2 (M2): feed water heat quantity
- Math channel 3 (M3): combustion energy of natural gas for steam generation*
- Math channel 4 (M4): calculation of boiler efficiency

$$\text{Formula (M4)} = (M1-M2)/M3$$

b) Closed system (i.e. condensate return)

- Math channel 1 (M1): steam heat quantity
- Math channel 2 (M2): water heat quantity in condensate
- Math channel 3 (M3): combustion energy of natural gas for steam generation*
- Math channel 4 (M4): calculation of boiler efficiency

$$\text{Formula (M4)} = (M1-M2)/M3$$

c) Closed system taking blowdown into account

- M1: steam heat difference (steam flow, T steam, (P steam), T feed water)
- M2: steam heat difference (feed water flow, T steam, T feed water)
- M3: energy loss caused by blowdown: (M2-M1)
- M4: combustion energy of natural gas for steam generation*
- M5: calculation of boiler efficiency (M2/M4)

The energy loss caused by blowdown can also be calculated approximately using a steam heat difference application.

Assumption: mass blowdown = mass fresh water

- M1: steam heat quantity
- M2: water heat quantity in condensate
- M3: energy loss caused by blowdown, water heat difference (V, T fresh water; T, P steam)
- M4: combustion energy of natural gas for steam generation*
- M5: calculation of boiler efficiency

$$\text{Formula (M5)} = (M1-M2+M3)/M4$$

*Natural gas mass flow is measured by the flowmeter and transmitted to the Graphic Data Manager. In math channel 3, the flow of natural gas is converted to energy (lower heating value for natural gas*natural gas mass flow rate).

3.5 Failsafe mode

The failsafe mode can only be set up in expert mode.

The settings for the failsafe mode of inputs are described in the operating instructions of the Graphic Data Manager in section 6.4 (delivered on CD-ROM).

In the case of a fault, energy and mass calculation is either continued using a substitute value or becomes invalid.

In steam applications, when the condensate temperature is reached (wet steam alarm), the saturated steam state is determined using T and the heat flow is calculated. The behavior of the totalizers can be defined in the menu item "Failsafe mode/wet steam alarm":

- Integration stop (totalizer stop)
- Continue integration, i.e. totalizers continue to run (saturated steam calculation)

4 Technical data

	Water	Water/glycol	Steam
Measuring range	0 to 350 °C (32 to 662 °F)	-40 to 200 °C (-40 to 392 °F)	
Measuring range for superheated steam			0 to 1000 bar (0 to 14503.7 psi) 0 to 800 °C (32 to 1472 °F)
Measuring range for saturated steam			0 to 165 bar (0 to 2393 psi) 0 to 350 °C (32 to 662 °F)
Min. temperature differential	0 °C (32 °F)		
Concentration		0 to 60 vol %	
Error limits (universal inputs)	3 to 20 °C (37.4 to 68°F) < 1.0 % of meas. v. 20 to 250 °C (68 to 482°F) < 0.3 % of meas. v.		
Scan rate	500 ms		
Calculation standard	IAPWS-IF 97	Polynomial functions (Inaccuracy: max. 0.6 %)	IAPWS-IF 97

Sommaire

1	Description générale des fonctionnalités	40
2	Description des applications	41
2.1	Applications eau	41
2.2	Applications eau/glycol	43
2.3	Application vapeur	44
3	Réglage des applications (Setup)	46
3.1	Fil conducteur pour la programmation	46
3.2	Sélection des unités	46
3.3	Exemples pour la mesure d'énergie dans l'eau et la vapeur	47
3.4	Bilan (combinaison d'applications)	52
3.5	Mode défaut	54
4	Caractéristiques techniques	55

1 Description générale des fonctionnalités

Le pack énergie permet de calculer le débit massique et d'énergie sur la base des grandeurs d'entrée suivantes :

- Débit
- Pression
- Température (ou différence de température)

Par ailleurs il est possible de réaliser des calculs d'énergie en utilisant des produits cryogéniques sur base glycol pour les applications de refroidissement.

La compensation des résultats entre eux ou leur combinaison avec d'autres grandeurs d'entrée (par ex. débit de gaz, énergie électrique) permet d'établir des bilans généraux, des calculs de rendement etc. Ces caractéristiques sont d'importants indicateurs pour la qualité des process ou servent de base à l'optimisation des process, à la maintenance etc

Pour le calcul des grandeurs d'état thermodynamiques de l'eau et de la vapeur, on utilise le standard de calcul international IAPWS-IF 97.

2 Description des applications

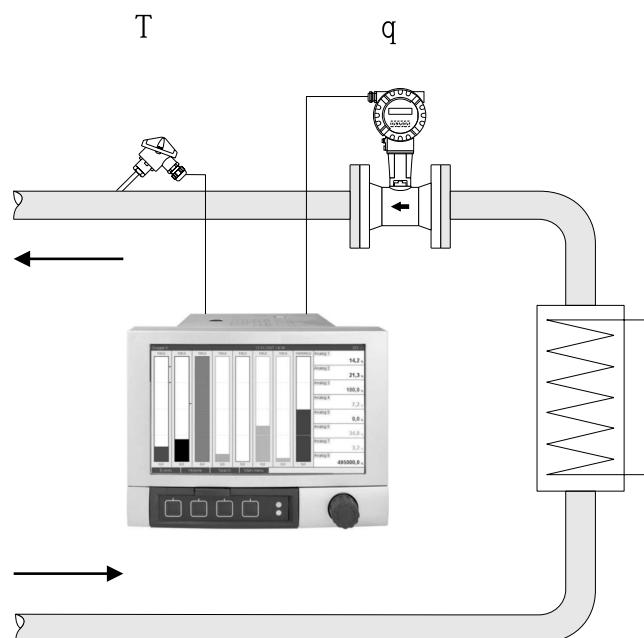
2.1 Applications eau

2.1.1 Quantité de chaleur dans l'eau

Calcul de la quantité de chaleur dans un flux d'eau. Exemple : détermination de la chaleur résiduelle dans le retour d'un échangeur thermique, etc.

Grandeurs d'entrée : volume de service et température

La pression moyenne est automatiquement calculée sur la base de la température mesurée.



$$E = q \cdot \rho(T,p) \cdot h(T)$$

a0009703

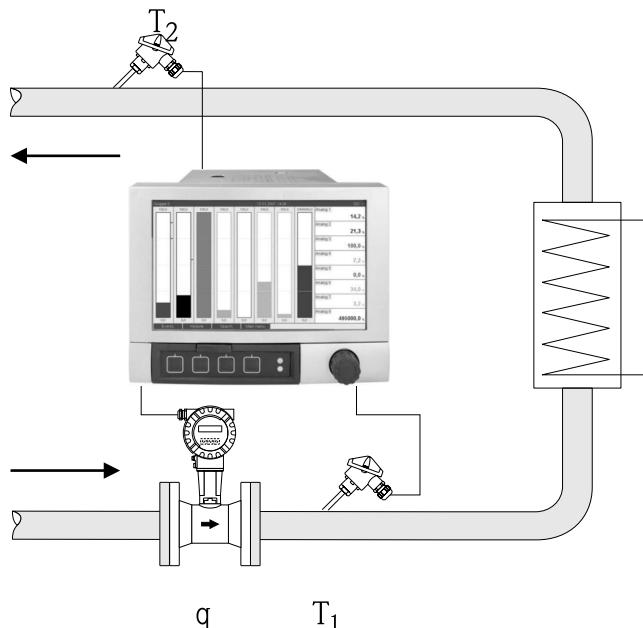
- E : Quantité de chaleur
- q : Volume de service
- ρ : Masse volumique
- T : Température de service
- h : Enthalpie spécifique de l'eau (rapportée à 0 °C)

2.1.2 Eau/différence de chaleur

Calcul de la quantité de chaleur restituée ou absorbée par un flux d'eau dans un échangeur thermique. Application typique pour la mesure d'énergie dans les circuits de chauffage ou de réfrigération.

Grandeurs d'entrée : mesure du volume de service et de la température immédiatement avant et après un échangeur thermique (entrée ou sortie).

Le capteur de débit peut être implanté côté chaud ou froid.



$$E = q \cdot \rho(T_1) \cdot [h(T_1) - h(T_2)]$$

a0009704

- E : Quantité de chaleur
- q : Volume de service
- ρ : Masse volumique
- T₁: T chaud
- T₂: T froid
- h (T₁) : Enthalpie spécifique de l'eau pour température 1
- h (T₂) : Enthalpie spécifique de l'eau pour température 2

2.2 Applications eau/glycol

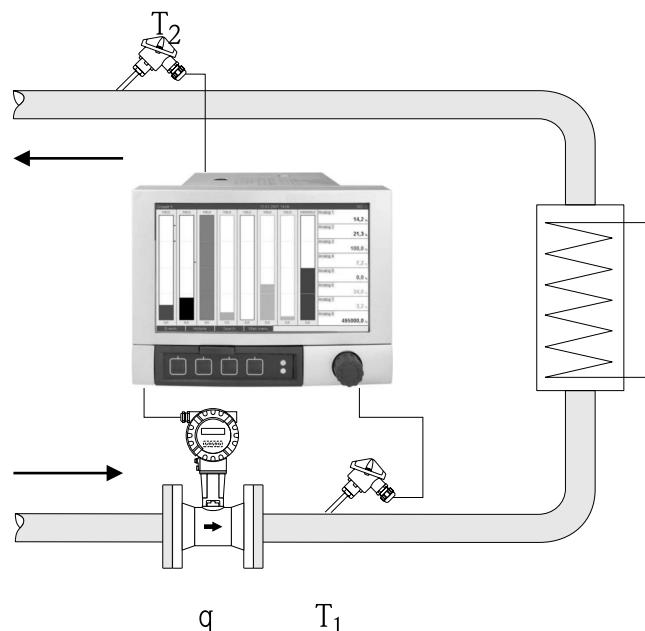
2.2.1 Eau-glycol/différence de chaleur

Calcul de la quantité de chaleur restituée ou absorbée par un produit cryogénique (mélange eau-glycol) dans un échangeur thermique. Application typique pour la mesure d'énergie dans les circuits de chauffage ou de réfrigération.

Grandeurs d'entrée : mesure du volume de service et de la température immédiatement avant et après un échangeur thermique (entrée ou sortie).

La masse volumique et la conductivité thermique du support cryogénique sont calculées sur la base du rapport de concentration.

Le capteur de débit peut être implanté côté chaud ou froid.



$$E = q \cdot \rho(T_1) \cdot c_m \cdot (T_2 - T_1)$$

$$c_m = \frac{c(T_1) + c(T_2)}{2}$$

a0009705

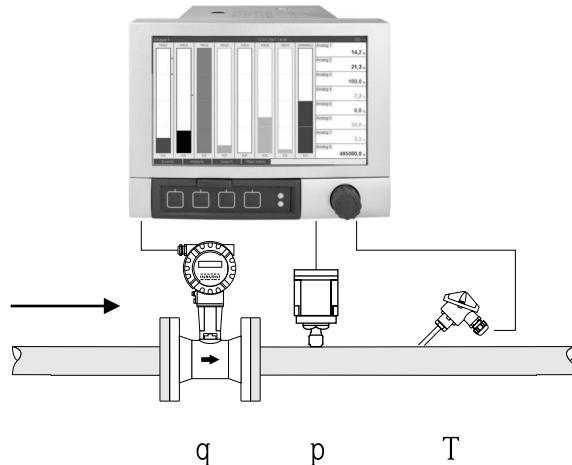
E :	Quantité de chaleur
q :	Volume de service
ρ :	Masse volumique
T_1 :	T chaud
T_2 :	T froid
$c(T_1)$:	Capacité de chaleur spécifique pour température 1
$c(T_2)$:	Capacité de chaleur spécifique pour température 2
cm	Capacité de chaleur spécifique moyenne

2.3 Application vapeur

2.3.1 Quantité de chaleur vapeur

Calcul du débit massique et de la quantité de chaleur à la sortie d'un générateur de vapeur ou chez certains consommateurs.

Grandeurs d'entrée : débit volumique de service, température et/ou pression



$$E = q \cdot \rho(p, T) \cdot h_D(p, T_D)$$

a0009709

E :	Quantité de chaleur
q :	Volume de service
ρ :	Masse volumique
T_D :	Température vapeur
p :	Pression (vapeur)
h_D	Enthalpie spécifique de la vapeur

Pour une mesure simplifiée de la vapeur saturée, il est possible de renoncer à la mesure de pression ou de température. La grandeur de mesure manquante est déterminée sur la base de la courbe de vapeur saturée mémorisée.

Lors de la mesure de pression et de température, on détermine de manière précise et on surveille l'état de vapeur. Lorsque température de vapeur saturée = température de condensat, une alarme vapeur humide est émise (voir mode défaut 3.5)

2.3.2 Vapeur/différence de chaleur

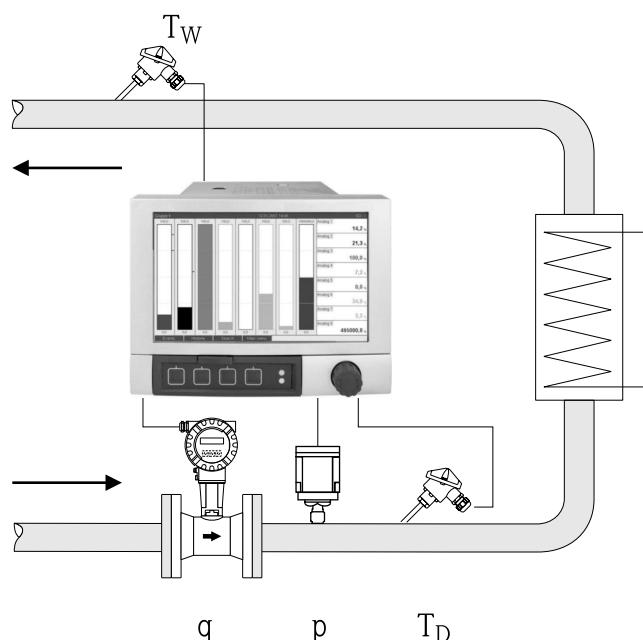
Calcul de la quantité de chaleur restituée lors de la condensation de la vapeur dans un échangeur thermique.

En alternative il est également possible de calculer la quantité de chaleur (énergie) nécessaire à la génération de vapeur.

Grandeurs d'entrée : Mesure de la pression et de la température immédiatement en amont et en aval d'un échangeur thermique (ou générateur de vapeur).

Le capteur de débit peut être implanté dans la conduite vapeur ou eau (condensat ou eau d'alimentation).

Si l'on souhaite effectuer une mesure de débit tant sur la conduite de vapeur que dans celle d'eau (par ex. consommation ou perte de vapeur), il faut régler deux applications, à savoir quantité de chaleur eau et vapeur. Le bilan de la masse et de l'énergie peut être réalisé dans une voie mathématique à l'aide d'un éditeur de formule (voir page 3.4.1).



$$E = q \cdot \rho(p, T_D) \cdot [h_D(p, T_D) - h_W(T_W)]$$

a0009710

E :	Quantité de chaleur
q :	Volume de service
ρ :	Masse volumique
T_D :	Température vapeur
T_W :	Température eau (condensat)
p :	Pression (vapeur)
h_D :	Enthalpie spécifique de la vapeur
h_W :	Enthalpie spécifique de l'eau

3 Réglage des applications (Setup)

3.1 Fil conducteur pour la programmation

1. Réglage des entrées débit, pression et température
Pour ce faire on utilise les entrées standard. Les unités pour la mise à l'échelle des gammes de mesure devraient de préférence être reprises du tableau suivant (voir 3.2).
Dans le cas contraire il faut, lors de la définition de l'application, déterminer des facteurs de conversion (voir 3.2).
2. Ouvrir la voie mathématique. Activer la fonction de calcul de l'énergie ou de la masse et sélectionner l'application. Affecter les entrées et définir les unités. Sélectionner les unités pour les totalisateurs dans le menu Intégration.
Pour les applications vapeur, configurer le réglage du mode défaut en cas d'alarme vapeur humide.
3. Configuration de l'affichage, c'est à dire préparation des valeurs pour l'affichage et sélection du mode de représentation.

3.2 Sélection des unités

Les unités pour les entrées et l'application sont sélectionnées dans le cadre de l'application traitée (dans la voie mathématique). Veuillez noter que les unités sélectionnées ici sont identiques aux unités utilisées pour la mise à l'échelle des entrées.

Si vous préférez d'autres unités pour le paramétrage des entrées, il faut sélectionner une voie mathématique dans laquelle devra avoir lieu la conversion dans une unité figurant dans le tableau. Cette voie mathématique est utilisée comme entrée débit dans une autre voie mathématique pour le calcul d'énergie ou de masse.

Unités dans le pack énergie

Débit	m ³ /h	ft ³ /h	gal/h			
Pression	bar(a)(g)	Psi(a)(g)	MPa(a)(g)	inH2O(a)(g)		
Température	°C	K	°F			
Débit de chaleur	kW	MW	kBTU/h	MBTU/h	ton	
Energie thermique	kWh	MWh	MJ	MBTU	tonh	therm
Débit massique	kg/h	t/h	lbs/h	ton/h		
Somme de la masse	kg	T	lbs	ton		

gal = Gallons liquid: 1 ft³ = 7,48051948 gal

ton = ton (short) US: 1 ton = 907,184 74 kg

ton = ton refrigeration: 1 ton = 3,516 852 84 kW

BTU = International [Steam] Table (IT): 1 Btu = 1055,056 kJ

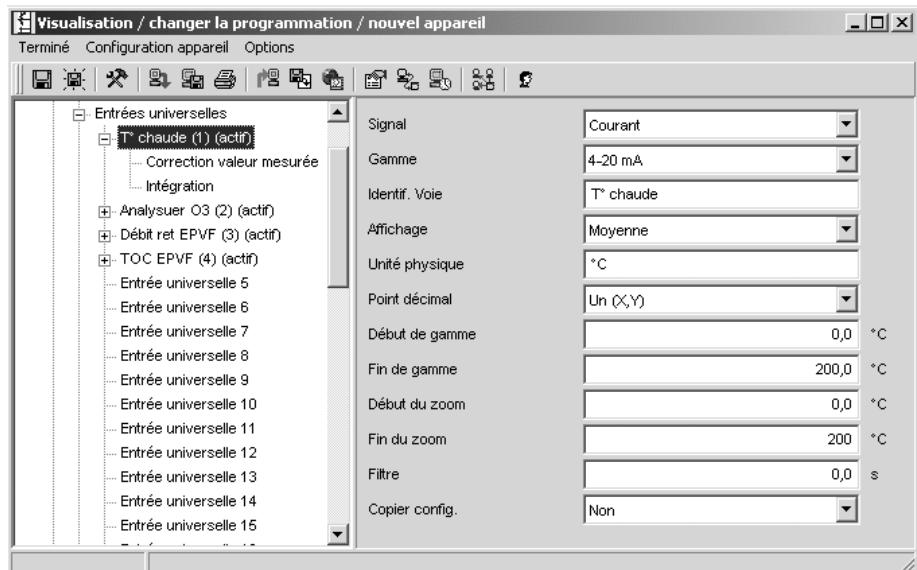
therm = therm US (sur la base de BTU59 °F): 1 therm = 105 480,4 kJ

3.3 Exemples pour la mesure d'énergie dans l'eau et la vapeur

3.3.1 Exemple eau/ différence de chaleur

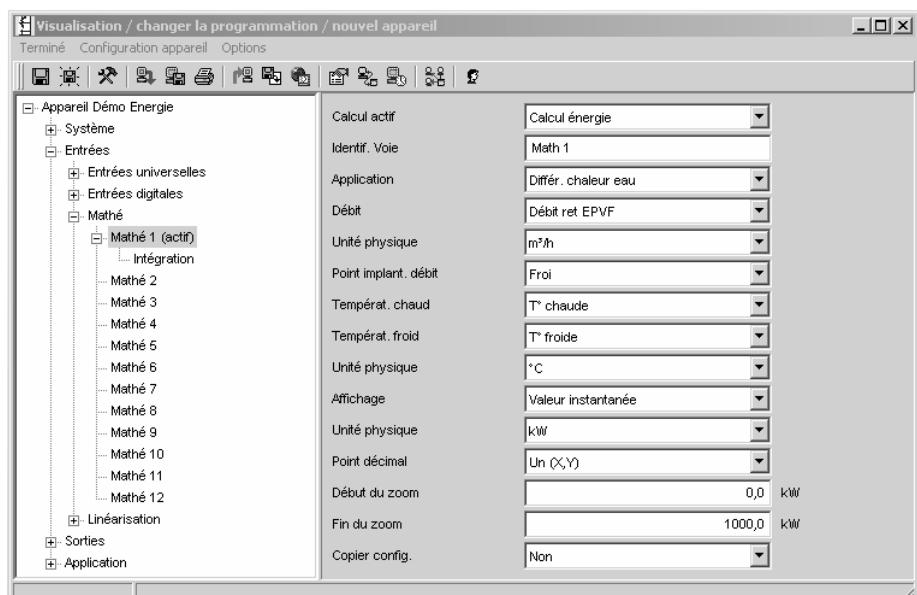
1. Configuration des entrées débit, pression et température

Sélectionner le signal, entrer le nom pour la désignation de voie, définir une unité (voir tableau 3.2) et régler la gamme de mesure.



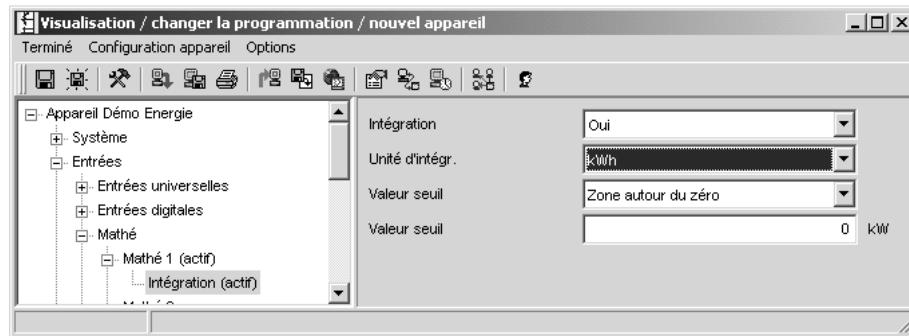
2. Configuration du calcul d'énergie

2.1 Ouvrir la voie mathématique, sélectionner calcul d'énergie, affecter les capteurs et unités, spécifier les points de montage du capteur de débit et régler la gamme zoom.



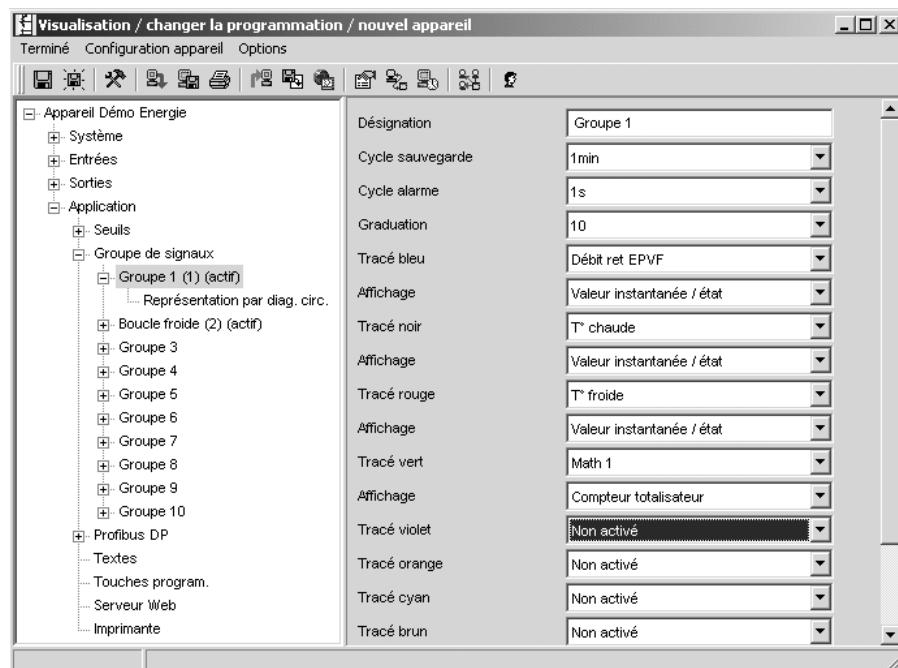
2.2 Sélectionner l'unité pour les compteurs.

Activer l'intégration, sélectionner l'unité et régler le cas échéant une valeur de seuil (débit de fuite). Les valeurs inférieures au seuil ne sont pas intégrées.



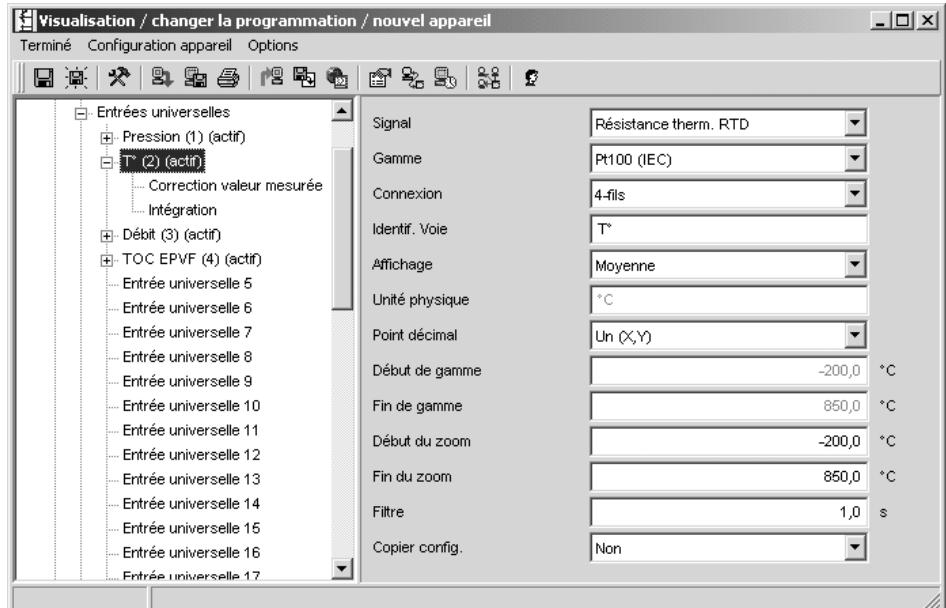
3. Configuration de l'affichage.

Sélectionner les valeur et le mode de représentation pour l'affichage.



3.3.2 Exemple quantité de chaleur vapeur / masse

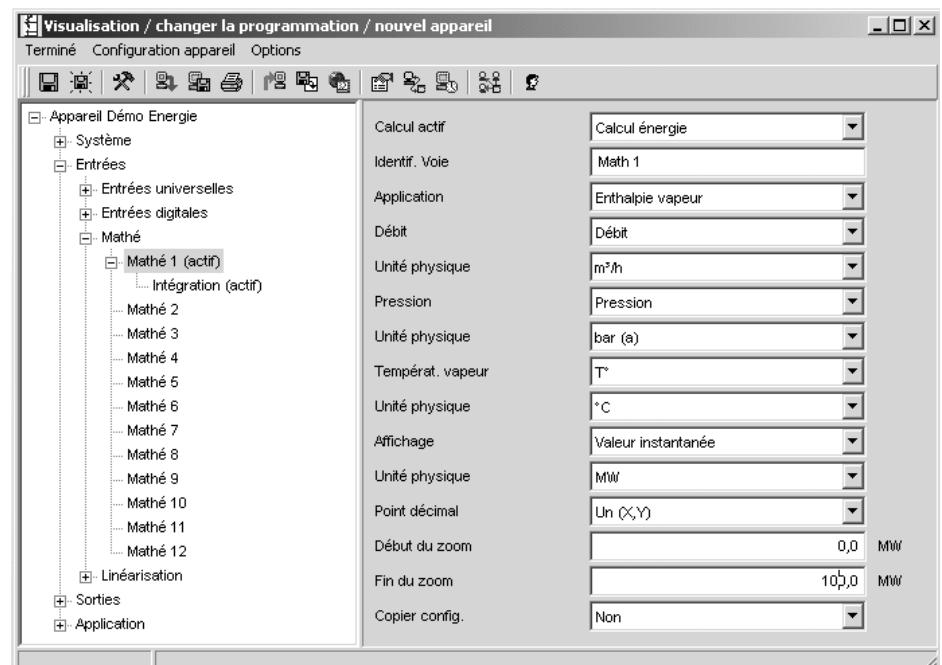
1. Configuration des entrées débit, pression et température
Sélectionner le signal, entrer le nom pour la désignation de voie, définir une unité (voir tableau 3.2) et régler la gamme de mesure.



2. Configuration du calcul d'énergie

2.1 Ouvrir la voie mathématique, sélectionner le calcul d'énergie ou de masse, affecter les capteurs et les unités.

Si vous souhaitez calculer et afficher l'énergie et la masse, copiez les réglages sur la voie mathématique 2 et sélectionnez "calcul de masse".



2.2 Sélectionner l'unité pour les compteurs.

Activer l'intégration, sélectionner les unités et régler le cas échéant la valeur de seuil (voir exemple 3.2.2, N°. 2.2)

2.3 Régler le mode en cas d'alarme vapeur humide.

(Seulement possible si on utilise des entrées pression et température)

Passer en mode configuration appareil/Experts, régler le mode en cas d'alarme vapeur humide (les compteurs s'interrompent en cas d'alarme humide) ou poursuivre le calcul en conditions de vapeur saturée et continuer l'intégration, c'est à dire le compteur continue de fonctionner normalement). Réglage si l'alarme vapeur humide doit être signalée via relais).



3. Configuration de l'affichage.

Sélectionner les valeurs et le type de représentation (position : groupe de signaux (voir exemple 3.2.2, N°. 3)

3.3.3 Mesure de débit par pression différentielle

Les mesures de débit par pression différentielle (par ex. diaphragme, tube de pitot) ne sont précises qu'au point de réglage. Les variations de température et de pression ont une influence considérable sur la précision de mesure. Par exemple une variation de pression de 1 bar engendre, pour une pression réglée de 10 bar, une erreur de mesure d'env. 11 %.

Aussi, lors de l'application de ce principe de mesure, nous recommandons d'utiliser une voie mathématique pour la compensation de la mesure de masse ou d'énergie. Pour ce faire il vous faut la fiche technique du point de mesure, notamment les données suivantes :

- Pression au point de réglage
- Température au point de réglage
- Densité au point de réglage

Exemple : point de réglage mesure de vapeur :

P(a) : 145 psi (10 bar) - pression absolue

T(a) : 392 °F (200 °C)

Densité (a) : 0,3028 lb/ft³ (4,85 kg/m³)

Max. Flow 10 tons/h (9,07 t/h)

Configuration par étapes :

1. Mettre la sortie du transmetteur de pression différentielle (DP) à l'échelle pour travailler en volume de service ou masse, 10 tons/h (caractéristique à extraction de racine carrée).
2. Sélectionner l'entrée du Graphic Data Manager et mettre le volume de service à l'échelle, c'est à dire ft³/h (m³/h). Si la sortie du transmetteur DP est mise à l'échelle comme dans l'exemple, il faut calculer le volume de service au point de réglage.
 $10 \text{ tons/h} * 2000 : 0,3028 \text{ lb/ft}^3 = 66050,2 \text{ ft}^3/\text{h}$
 $9,07 \text{ t/h} * 1000 : 4,85 \text{ kg/m}^3 = 1870,10 \text{ m}^3/\text{h}$
 (La sortie du transmetteur DP peut rester à l'échelle pour la masse).
3. Dans la voie mathématique (1-8), sélectionner mesure de masse ou d'énergie. Puis configurer l'application vapeur. (voir exemple 3.3.2)
4. Sélectionner la voie mathématique (9-12) et y entrer la formule suivante (remplacer le cas échéant M1 par la voie mathématique sélectionnée au pas 3) :
 $M1 * (P/P(a))^{0,5} * (T(a)/T)^{0,5}$
 p : pression de service (mesurée)
 Pa : pression au point de réglage
 T : température de service (mesurée)
 Ta : température au point de réglage

Ta et T sont des températures absolues en Kelvin, c'est à dire que la formule doit si nécessaire être complétée pour une conversion de la température. Veillez aussi à ce que les unités de pression soient identiques (par ex. attention au mix pression absolue et relative !).

- a. Exemple : Mesure de température en °F (mesure de pression en psi absolu)
 $M1 * ((P/10) * (32 + 200 * 1,8) / (32 + T * 1,8))^{0,5}$
- b. Exemple : Mesure de température en °C (mesure de pression bar absolu)
 $M1 * ((P/10) * (200 + 273,15) / (T + 273,15))^{0,5}$

Comme résultat vous obtenez le débit de masse ou d'énergie compensé.

3.4 Bilan (combinaison d'applications)

3.4.1 Généralités

Pour compenser entre elles les masses ou énergies calculées (bilan) ou pour calculer des rendements, on pourra utiliser une voie mathématique quelconque.

Exemple : bilan énergétique d'une chaudière.

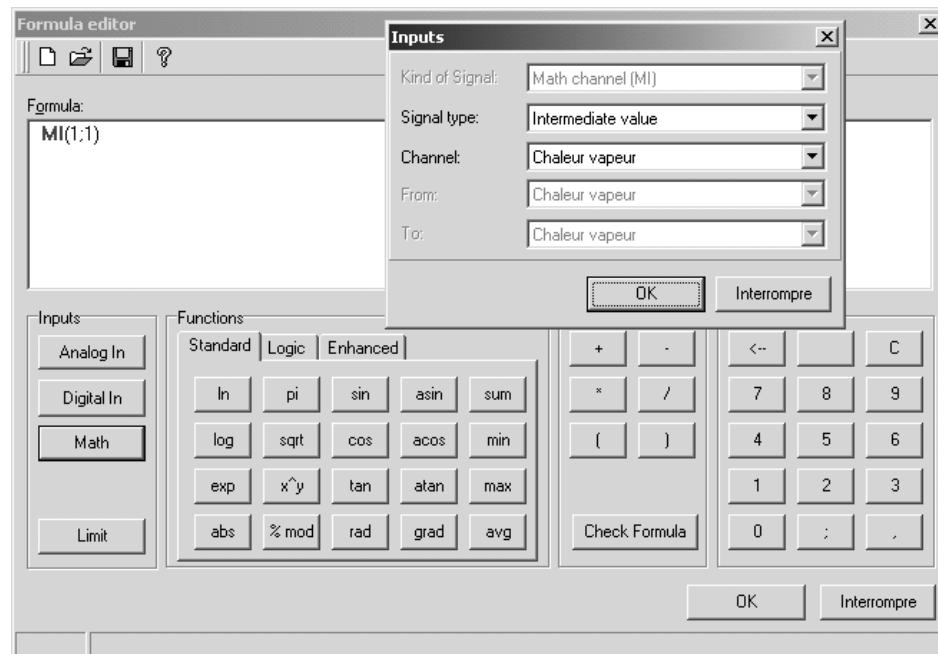
- Dans la voie mathématique 1 on calcule la quantité de chaleur de la vapeur générée.
- La voie 2 est utilisé pour le calcul de l'énergie restante dans le flux de condensat (quantité de chaleur résiduelle des condensats).

On recherche :

l'énergie restituée entre l'entrée vapeur et la sortie condensat.

Solution :

ouvrir la voie mathématique 3, sélectionner l'éditeur de formule et soustraire les flux énergétiques des voies 1 et 2.



a0009724

3.4.2 Surveillance de chaudières

La surveillance d'une chaudière contribue à la sécurité d'une installation et à l'optimisation de process et de ce fait à la réduction de coûts.

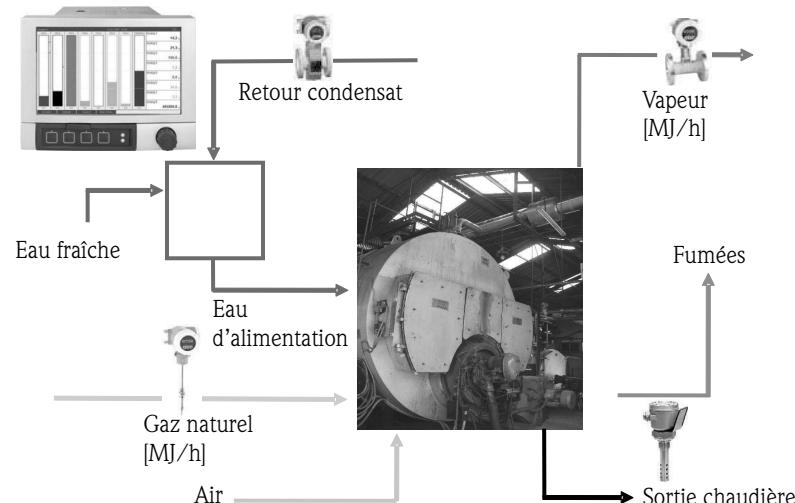
Grandeur de mesure pour la surveillance de la sécurité d'une installation :

- Niveau
- Pression de chaudière
- Température de chaudière

Grandeur de mesure et valeurs nominales pour l'optimisation de process :

- Energie débit de vapeur
- Energie débit de condensat
- Energie eau d'alimentation ou eau fraîche
- Energie sortie chaudière (Blow Down)
- Energie carburant (par ex. gaz naturel, fuel)
- Energie, teneur en oxygène et température du débit ou flux de gaz émis
- Débit massique air de combustion (y compris teneur en O₂ et température)
- Analyse chimique : pH, oxygène dissous, conductivité

Rendement



a0009725-de

Programmation pour le calcul du rendement de la chaudière

Ce sont toujours les compteurs (valeurs intégrées) qui sont utilisés pour le calcul de rendement dans une voie mathématique ! La valeur momentanée du rendement est très peu explicite.

a) Système ouvert (consommation de vapeur)

- Voie mathématique 1 (M1) : Quantité de chaleur de la vapeur
- Voie mathématique 2 (M2) : Quantité de chaleur de l'eau d'approvisionnement
- Voie mathématique 3 (M3) : Energie de combustion du gaz naturel pour génération de vapeur*
- Voie mathématique 4 (M4) : Calcul du rendement de la chaudière

Formule (M4) = $(M1-M2)/M3$

b) Système fermé (par ex. retour de condensat)

- Voie mathématique 1 (M1) : Quantité de chaleur de la vapeur
- Voie mathématique 2 (M2) : Quantité de chaleur de l'eau dans le condensat
- Voie mathématique 3 (M3) : Energie de combustion du gaz naturel pour la génération de vapeur*
- Voie mathématique 4 (M4) : Calcul du rendement de la chaudière

Formule (M4) = $(M1-M2)/M3$

c) Système fermé avec prise en compte de la sortie de chaudière

- M1 : Différence de chaleur de vapeur (débit de vapeur, T vapeur, (P vapeur), T eau alimentation)
- M2 : Différence de chaleur de la vapeur (débit d'eau d'alimentation, T vapeur, (P vapeur), T eau d'alimentation)
- M3 : Energie résiduelle en sortie de chaudière : $(M2-M1)$
- M4 : Energie de combustion du gaz naturel pour la génération de vapeur*
- M5 : Calcul du rendement de chaudière $(M2/M4)$

La perte énergétique en sortie de chaudière (résidus) peut aussi être calculée par approximation avec une application différence de chaleur.

Hypothèse : masse sortie de chaudière = masse eau fraîche

- M1 : Quantité de chaleur vapeur
- M2 : Quantité de chaleur de l'eau dans le condensat
- M3 : Energie résiduelle en sortie de chaudière, différence de chaleur eau (V, T eau fraîche; T, P vapeur)
- M4 : Energie de combustion du gaz naturel pour génération de vapeur*
- M5 : Calcul du rendement de la chaudière

Formule (M5) = $(M1-M2+M3)/M4$

*le débit massique de gaz naturel est mesuré par un débitmètre et transmis au Graphic Data Manager. Dans la voie mathématique 3 le débit de gaz naturel est converti en énergie (pouvoir calorifique gaz naturel x débit massique gaz naturel)

3.5 Mode défaut

Le mode défaut peut uniquement être configuré dans le mode expert.

Les réglages du mode défaut des entrées sont décrits dans le manuel de mise en service du Graphic Data Managers au chapitre 6.4 (voir CD-ROM fourni).

En cas de défaut, le calcul d'énergie et de masse est poursuivi soit avec une valeur de remplacement ou le calcul devient invalide.

Pour les applications de vapeur, lorsque la température de condensation est atteinte (alarme vapeur humide), on calcule l'état de vapeur saturée sur la base de T° ainsi que le débit de vapeur (puissance). Le comportement des compteurs en cas de défaut peut être défini sous "Mode défaut/ Alarme vapeur humide" :

- Arrêt de l'intégration (stop des compteurs)
- L'intégration est poursuivie, c'est à dire les compteurs continuent de tourner en mode calcul vapeur saturée.

4 Caractéristiques techniques

	Eau	Eau/glycol	Vapeur
Gamme de mesure	0 à 350 °C (32 à 662 °F)	-40 à 200 °C (-40 à 392 °F)	
Gamme de mesure vapeur surchauffée			0 à 1000 bar (0 à 14503,7 psi) 0 à 800 °C (32 à 1472 °F)
Gamme de mesure vapeur saturée			0 à 165 bar (0 à 2393 psi) 0 à 350 °C (32 à 662 °F)
Différence de température min.	0 °C (32 °F)		
Concentration		0 à 60 Vol %	
Tolérances (entrées universelles)	3 à 20 °C (37,4 à 68°F) < 1,0 % de la valeur mesurée 20 à 250 °C (68 à 482°F) < 0,3 % de la valeur mesurée		
Cycle de calcul	500 ms		
Standard de calcul	IAPWS-IF 97	Fonctions polynomes (Incertitude de mesure : max. 0,6 %)	IAPWS-IF 97

www.endress.com/worldwide

Endress+Hauser 
People for Process Automation