

4.4.4 Ermittlung der spezifischen Entropie s für inkompressible (ideale) Flüssigkeiten

Funktionale Abhängigkeit

$$s^{\text{if}} = f(p, T)$$

Berechnung mit Gleichungen $c_p^{\text{if}} = f(T)$ und $v^{\text{if}} = f(T)$

$$s^{\text{if}} = s_0^{\text{if}} + \int_{T_0}^T \frac{c_p^{\text{if}}(T)}{T} \cdot dT - \frac{dv^{\text{if}}}{dT}(T) \cdot (p - p_0)$$

s^{if} spezifische Entropie der idealen Flüssigkeit bei p und T

s_0^{if} spezifische Entropie im Bezugszustand,

Empfehlung: $s_0^{\text{if}} = 0$ bei $T_0 = 273,15$ K wählen

$c_p^{\text{if}}(T)$ Gleichung für die spezifische isobare Wärmekapazität der idealen Flüssigkeit ↗ 4.1.4, ↗ [S4]

$\frac{dv^{\text{if}}}{dT}(T)$ Ableitung des spezifischen Volumens $v^{\text{if}}(T)$ der idealen Flüssigkeit nach der Temperatur T

$$\frac{dv^{\text{if}}}{dT}(T) = v^{\text{if}}(T) \cdot \beta^{\text{if}}(T) \approx \frac{v^{\text{if}}(T_b) - v^{\text{if}}(T_a)}{T_b - T_a}$$

$v^{\text{if}}(T)$ spezifische Volumen der idealen Flüssigkeit bei der Temperatur

T ↗ 3.3.4, ↗ A6 Werte für Wasser

$\beta^{\text{if}}(T)$ isobarer Volumenausdehnungskoeffizient

$$\beta = \alpha_v = \frac{1}{v} \cdot \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p \quad \text{↗ A6 Werte für Wasser}$$

T_a, T_b benachbarte Tabellenwerte zur Temperatur T
 $v^{\text{if}}(T_a), v^{\text{if}}(T_b)$ zugehörige Tabellenwerte zu T_a und T_b
 ↗ A6 Werte für Wasser

T_0 Temperatur des Bezugszustands, Empfehlung: $T_0 = 273.15 \text{ K}$
 wählen

p_0 Druck des Bezugszustands,
 Empfehlung: $p_0 = 0,101325 \text{ MPa}$ wählen
 (Ausnahme Wasserdampf: $p_0 = 0,61121 \text{ kPa}$)

Ermittlung mit Tabellen für den temperaturabhängigen

Anteil $s_T^{\text{if}} = f(T)$ und für $v^{\text{if}} = f(T)$

$$s^{\text{if}} = s_T^{\text{if}}(T) - \frac{dv^{\text{if}}}{dT}(T) \cdot (p - p_0)$$

s^{if} spezifische Entropie der idealen Flüssigkeit bei p und T
 $s_T^{\text{if}}(T)$ Tabellenwert für den temperaturabhängigen Anteil der
 spezifischen Entropie (↗ A6), berechnet mit

$$s_T^{\text{if}}(T) = s_0^{\text{if}} + \int_{T_0}^T \frac{c_p^{\text{if}}(T)}{T} \cdot dT$$

T, p Temperatur, Druck

$\frac{dv^{\text{if}}}{dT}(T)$ Ableitung des spezifischen Volumens $v^{\text{if}}(T)$ der idealen
 Flüssigkeit nach der Temperatur T

$$\frac{dv^{\text{if}}}{dT}(T) = v^{\text{if}}(T) \cdot \beta^{\text{if}}(T) \approx \frac{v^{\text{if}}(T_b) - v^{\text{if}}(T_a)}{T_b - T_a}$$

$v^{\text{if}}(T)$ spezifische Volumen der idealen Flüssigkeit bei der Temperatur
 T ↗ 3.3.4, ↗ A6 Werte für Wasser

$\beta^{\text{if}}(T)$ isobarer Volumenausdehnungskoeffizient

$$\beta = \alpha_v = \frac{1}{v} \cdot \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p \quad \nearrow \text{A6 Werte für Wasser}$$

T_a, T_b benachbarte Tabellenwerte zur Temperatur T

$v^{\text{if}}(T_a), v^{\text{if}}(T_b)$ zugehörige Tabellenwerte zu T_a und T_b

\nearrow A6 Wertefür Wasser

T_0 Temperatur des Bezugszustands, Empfehlung: $T_0 = 273.15$ K wählen

p_0 Druck des Bezugszustands,

Empfehlung: $p_0 = 0,101325$ MPa wählen

(Ausnahme Wasserdampf: $p_0 = 0,61121$ kPa)

Berechnung mit Mittelwerten $c_p^{\text{if}} \Big|_{T_0}^T$ zwischen T_0 und T und Gleichungen für $v^{\text{if}} = f(T)$

$$s^{\text{if}} = s_0^{\text{if}} + c_p^{\text{if}} \Big|_{T_0}^T \cdot \ln \frac{T}{T_0} - \frac{dv^{\text{if}}}{dT}(T) \cdot (p - p_0)$$

s^{if} spezifische Entropie der idealen Flüssigkeit bei p und T

s_0^{if} spezifische Entropie im Bezugszustand \nearrow A6 für Wasser,

Empfehlung: $s_0^{\text{if}} = 0$ bei $T_0 = 273,15$ K wählen

$c_p^{\text{if}} \Big|_{T_0}^T$ mittlere spezifische isobare Wärmekapazität der idealen Flüssigkeit zwischen T_0 und T

T, p Temperatur, Druck

T_0 Temperatur des Bezugszustands

$\frac{dv^{\text{if}}}{dT}(T)$ Ableitung des spezifischen Volumens $v^{\text{if}}(T)$ der idealen Flüssigkeit nach der Temperatur T

$$\frac{dv^{\text{if}}}{dT}(T) = v^{\text{if}}(T) \cdot \beta^{\text{if}}(T) \approx \frac{v^{\text{if}}(T_b) - v^{\text{if}}(T_a)}{T_b - T_a}$$

$v^{\text{if}}(T)$ spezifische Volumen der idealen Flüssigkeit bei der Temperatur
 T ↗ 3.3.4, ↗ A6

$\beta^{\text{if}}(T)$ isobarer Volumenausdehnungskoeffizient

$$\beta = \alpha_v = \frac{1}{v} \cdot \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p \quad \text{↗ A6 Werte für Wasser}$$

T_a, T_b benachbarte Tabellenwerte zur Temperatur T

$v^{\text{if}}(T_a), v^{\text{if}}(T_b)$ zugehörige Tabellenwerte zu T_a und T_b
 ↗ A6 für Wasser

T_0 Temperatur des Bezugszustands, Empfehlung: $T_0 = 273.15$ K
 wählen

p_0 Druck des Bezugszustands,
 Empfehlung: $p_0 = 0,101325$ MPa wählen
 (Ausnahme Wasserdampf: $p_0 = 0,61121$ kPa)

Mittelwertbildung für spezifische isobare Wärmekapazität von inkompressiblen (idealen) Flüssigkeiten

Näherung für kleine Differenz $(T - T_0)$ aus Tabellen $c_p^{\text{if}} = f(T)$

$$c_p^{\text{if}} \Big|_{T_0}^T \approx \frac{1}{2} \cdot [c_p^{\text{if}}(T_0) + c_p^{\text{if}}(T)]$$

$c_p^{\text{if}} \Big|_{T_0}^T$ mittlere spezifische isobare Wärmekapazität der idealen
 Flüssigkeit zwischen T_0 und T

T Temperatur

T_0 Temperatur des Bezugszustands

$c_p^{\text{if}}(T_0)$, $c_p^{\text{if}}(T)$ Tabellenwerte für die spezifische isobare Wärmekapazität der idealen Flüssigkeit bei T_0 und T ↗ A6

Ermittlung der spezifischen Entropie mit Tabellen für $s' = f(T)$ und $v' = f(T)$ von siedender Flüssigkeit:

Für $T \leq 0,8 \cdot T_c$ sind Näherungen $s^{\text{if}} = s'(T)$ und $v^{\text{if}} = v'(T)$ möglich:

$$s^{\text{if}} = s'(T) - \frac{dv'}{dT}(T) \cdot [p - p_s(T)]$$

T_c kritische Temperatur des Fluids ↗ 2.1

s^{if} spezifische Entropie der idealen Flüssigkeit bei p und T

$s'(T)$ spezifische Entropie der siedenden Flüssigkeit bei T
↗ A4 Werte für Wasser

T, p Temperatur, Druck

$\frac{dv'}{dT}(T)$ Ableitung des spezifischen Volumens $v'(T)$ der siedenden Flüssigkeit nach der Temperatur T

Flüssigkeit nach der Temperatur T

$$\frac{dv'}{dT}(T) = v'(T) \cdot \beta'(T) \approx \frac{v'(T_b) - v'(T_a)}{T_b - T_a}$$

$v'(T)$ spezifische Volumen der siedenden Flüssigkeit bei der Temperatur T ↗ 3.3.5, ↗ A4 Werte für Wasser

$\beta'(T)$ isobarer Volumenausdehnungskoeffizient

$$\beta' = \alpha'_v = \frac{1}{v'(T)} \cdot \left(\frac{dv'}{dT}(T) \right)_p \text{ bei der Temperatur } T$$

T_a, T_b benachbarte Tabellenwerte zur Temperatur T

$v'(T_a), v'(T_b)$ zugehörige Tabellenwerte zu T_a und T_b
↗ A4 Werte für Wasser

$p_s(T)$ Dampfdruck bei der Temperatur T ↗ A4 Werte für Wasser