

13 Ideale Gasgemische

Inhaltsverzeichnis des Kapitels 13

13.1	Zusammensetzung von Gemischen.....	13/2
13.2	Thermische Zustandsgleichung idealer Gasgemische.....	13/4
13.3	Spezifisches Volumen und Dichte	13/7
13.4	Wärmekapazitäten	13/8
13.5	Isentropenexponent und isentrope Schallgeschwindigkeit.	13/9
13.6	Enthalpie und innere Energie.....	13/9
13.7	Entropie	13/12
13.8	Exergie.....	13/17
13.8.1	Exergie (der Enthalpie).....	13/17
13.8.2	Exergie der inneren Energie.....	13/18
	Sachwortverzeichnis zum Kapitel 13	13/20

Symbolik im Kapitel 13

Gemisch, bestehend aus N Komponenten (Gemischgasen)

- * Zeiger für Größen des idealen Gasgemisches
- i Index für Größen der Komponente i im Gemisch
- i_g Zeiger für ideales Gas

Bezüge im Text

Die mit dem Pfeil "↗" gekennzeichneten Bezüge beziehen sich auf weitere Kapitel der sechsten Auflage des Buches

Kretzschmar, H.-J.; Kraft, I.:
Kleine Formelsammlung Technische Thermodynamik.
Carl Hanser Verlag München
Internet: www.thermodynamik-formelsammlung.de

13.1 Zusammensetzung von Gemischen

Masseanteile

$$\xi_i = \frac{m_i}{m^*} \quad \text{wobei} \quad \sum_i \xi_i = 1$$

i Nummer der Komponente, $i = 1 \dots N$

ξ_i Masseanteil der Komponente i

m_i Masse der Komponente i

m^* Gesamtmasse des Gemisches $m^* = \sum_i m_i$

Molanteile

$$\psi_i = \frac{n_i}{n^*} \quad \text{wobei} \quad \sum_i \psi_i = 1$$

i Nummer der Komponente, $i = 1 \dots N$

ψ_i Molanteil der Komponente i

n_i Stoffmenge (Molmenge) der Komponente i

n^* Gesamtstoffmenge des Gemisches $n^* = \sum_i n_i$

Gegenseitige Umrechnungen von Masse- und Molanteilen

$$\psi_i = \frac{R_i}{R^*} \cdot \xi_i \quad \text{bzw.} \quad \xi_i = \frac{M_i}{M^*} \cdot \psi_i$$

wobei

$$\frac{R_i}{R^*} = \frac{M^*}{M_i}$$

i Nummer der Komponente, $i = 1 \dots N$

ψ_i	Molanteil der Komponente i
ξ_i	Masseanteil der Komponente i
R_i	spezifische Gaskonstante der Komponente i ↗ A2
R^*	spezifische Gaskonstante des Gemisches
M_i	molare Masse der Komponente i ↗ A2
M^*	molare Masse des Gemisches

Molare Masse des Gemisches

$$M^* = \sum_i (\psi_i \cdot M_i) = \frac{m^*}{n^*}$$

i	Nummer der Komponente, $i = 1 \dots N$
M^*	molare Masse (Molmasse) des Gemisches
ψ_i	Molanteil der Komponente i
M_i	molare Masse (Molmasse) der Komponente i ↗ A2
m^*	Gesamtmasse des Gemisches
n^*	Gesamtstoffmenge des Gemisches

Spezifische Gaskonstante des Gemisches

$$R^* = \sum_i (\xi_i \cdot R_i) = \frac{\bar{R}}{M^*}$$

i	Nummer der Komponente, $i = 1 \dots N$
R^*	spezifische Gaskonstante des Gemisches
ξ_i	Masseanteil der Komponente i
R_i	spezifische Gaskonstante der Komponente i ↗ A2
\bar{R}	molare (universelle) Gaskonstante ↗ A1
M^*	molare Masse (Molmasse) des Gemisches

Spezifische Gaskonstante der Komponente i

$$R_i = \frac{\bar{R}}{M_i}$$

R_i spezifische Gaskonstante der Komponente i ↗ A2

\bar{R} molare (universelle) Gaskonstante ↗ A1

M_i molare Masse (Molmasse) der Komponente i ↗ A2

13.2 Thermische Zustandsgleichung idealer Gasgemische**Thermische Zustandsgleichung des idealen Gasgemisches**

$$p^* \cdot V^* = m^* \cdot R^* \cdot T \quad \text{und} \quad p^* \cdot V^* = n^* \cdot \bar{R} \cdot T$$

p^* Gesamtdruck des idealen Gasgemisches

V^* Gesamtvolumen des idealen Gasgemisches

m^* Gesamtmasse des idealen Gasgemisches

R^* spezifische Gaskonstante des Gemisches ↗ 13.1

T Kelvin-Temperatur des idealen Gasgemisches

n^* Gesamtstoffmenge (Gesamtmolmenge) des idealen Gasgemisches

\bar{R} molare (universelle) Gaskonstante ↗ A1

spezifische Form**molare Form**

$$p^* \cdot v^* = R^* \cdot T$$

$$p^* \cdot \bar{v}^* = \bar{R} \cdot T$$

p^* Gesamtdruck des idealen Gasgemisches

v^* spezifisches Volumen des idealen Gasgemisches

R^* spezifische Gaskonstante des Gemisches ↗ 13.1

T Kelvin-Temperatur des idealen Gasgemisches

\bar{v}^* molares Volumen des idealen Gasgemisches
 \bar{R} molare (universelle) Gaskonstante \nearrow A1

Berechnungsmodell a)

Alle Komponenten nehmen das gesamte Volumen V^* des Gemisches ein und stehen jeweils unter Partialdruck p_i .

Thermische Zustandsgleichung für die Komponente i

$$p_i \cdot V^* = m_i \cdot R_i \cdot T \quad \text{und} \quad p_i \cdot V^* = n_i \cdot \bar{R} \cdot T$$

i Nummer der Komponente, $i = 1 \dots N$
 p_i Partialdruck der Komponente i
 V^* Gesamtvolumen des idealen Gasgemisches
 m_i Masse der Komponente i
 R_i spezifische Gaskonstante der Komponente $i \nearrow$ A2
 T Kelvin-Temperatur des idealen Gasgemisches
 n_i Stoffmenge (Molmenge) der Komponente i
 \bar{R} molare (universelle) Gaskonstante \nearrow A1

Gesamtdruck des Gemisches (DALTONsches Gesetz)

$$p^* = \sum_i p_i$$

i Nummer der Komponente, $i = 1 \dots N$
 p^* Gesamtdruck des idealen Gasgemisches
 p_i Partialdruck der Komponente i

Partialdruck (Teildruck) der Komponente i

$$p_i = \psi_i \cdot p^*$$

- i Nummer der Komponente, $i = 1 \dots N$
 p_i Partialdruck (Teildruck) der Komponente i
 ψ_i Molanteil der Komponente i
 p^* Gesamtdruck des idealen Gasgemisches

Berechnungsmodell b)

Alle Komponenten stehen unter dem Gesamtdruck p^* und nehmen jeweils das Partialvolumen V_i ein

Thermische Zustandsgleichung der Komponente i

$$p^* \cdot V_i = m_i \cdot R_i \cdot T \quad \text{und} \quad p^* \cdot V_i = n_i \cdot \bar{R} \cdot T$$

spezifische Form

$$p^* \cdot v_i = R_i \cdot T$$

molare Form

$$p^* \cdot \bar{v}_i = \bar{R} \cdot T$$

- i Nummer der Komponente, $i = 1 \dots N$
 p^* Gesamtdruck des idealen Gasgemisches
 V_i Partialvolumen der Komponente i
 m_i Masse der Komponente i
 R_i spezifische Gaskonstante der Komponente i \nearrow A2
 T Kelvin-Temperatur des idealen Gasgemisches
 n_i Stoffmenge (Molmenge) der Komponente i
 \bar{R} molare (universelle) Gaskonstante \nearrow A1
 v_i spezifisches Volumen der Komponente i
 \bar{v}_i molares Volumen der Komponente i

Raumanteil (Volumenanteil) der Komponente i

$$r_i = \frac{V_i}{V^*} = \psi_i$$

- i Nummer der Komponente, $i = 1 \dots N$
 r_i Raumanteil (Volumenanteil) der Komponente i
 V_i Partialvolumen der Komponente i
 V^* Gesamtvolumen des idealen Gasgemisches
 ψ_i Molanteil der Komponente i

13.3 Spezifisches Volumen und Dichte**Spezifisches Volumen und Dichte des idealen Gasgemisches****Berechnung mit der Gaskonstante des Gemisches**

$$v^* = \frac{R^* \cdot T}{p^*} \quad \text{und} \quad \rho^* = \frac{p^*}{R^* \cdot T}$$

- v^* spezifisches Volumen des idealen Gasgemisches
 ρ^* Dichte des idealen Gasgemisches
 R^* spezifische Gaskonstante des Gemisches ↗ 13.1
 T Kelvin-Temperatur des idealen Gasgemisches
 p^* Gesamtdruck des idealen Gasgemisches ↗ 13.2

Berechnung mit spezifischen Volumina und Dichten der Komponenten

$$v^* = \sum_i \left(\xi_i \cdot v_i^{\text{ig}} \right) = \frac{1}{\rho^*} \quad \text{und} \quad \rho^* = \frac{1}{\sum_i \left(\xi_i \cdot \frac{1}{\rho_i^{\text{ig}}} \right)} = \frac{1}{v^*}$$

- i Nummer der Komponente, $i = 1 \dots N$

v^*	spezifisches Volumen des idealen Gasgemisches
ρ^*	Dichte des idealen Gasgemisches
ξ_i	Masseanteil der Komponente i
v_i^{ig}	spezifisches Volumen der Komponente i
ρ_i^{ig}	Dichte der Komponente i

Spezifisches Volumen und Dichte der Komponente i

$$v_i^{\text{ig}} = \frac{R_i \cdot T}{p^*} = \frac{1}{\rho_i^{\text{ig}}} \quad \text{und} \quad \rho_i^{\text{ig}} = \frac{p^*}{R_i \cdot T} = \frac{1}{v_i^{\text{ig}}}$$

i	Nummer der Komponente, $i = 1 \dots N$
v_i^{ig}	spezifisches Volumen der Komponente i
ρ_i^{ig}	Dichte der Komponente i
R_i	spezifische Gaskonstante der Komponente i ↗ A2
T	Kelvin-Temperatur des idealen Gasgemisches
p^*	Gesamtdruck des idealen Gasgemisches

13.4 Wärmekapazitäten

Spezifische isobare und spezifische isochore Wärmekapazität des idealen Gasgemisches

$$c_p^* = \sum_i (\xi_i \cdot c_{pi}^{\text{ig}}) \quad \text{daraus} \quad c_v^* = c_p^* - R^*$$

i	Nummer der Komponente, $i = 1 \dots N$
c_p^*	spezifische isobare Wärmekapazität des idealen Gasgemisches
ξ_i	Masseanteil der Komponente i
c_{pi}^{ig}	spezifische isobare Wärmekapazität der Komponente i ↗ Berechnung in 4.1.3, ↗ Werte in A3
c_v^*	spezifische isochore Wärmekapazität des idealen Gasgemisches

R^* spezifische Gaskonstante des Gemisches ↗ 13.1

13.5 Isentropenexponent und isentrope Schallgeschwindigkeit

Isentropenexponent und isentrope Schallgeschwindigkeit des idealen Gasgemisches

$$\kappa^* = \frac{c_p^*}{c_v^*} = \frac{c_p^*}{c_p^* - R^*}, \quad w^* = \left(R^* \cdot T \cdot \kappa^* \right)^{0,5}$$

κ^* Isentropenexponent des idealen Gasgemisches
 w^* isentrope Schallgeschwindigkeit des idealen Gasgemisches
 c_p^* spezifische isobare Wärmekapazität des idealen Gasgemisches ↗ 13.4
 c_v^* spezifische isochore Wärmekapazität des idealen Gasgemisches ↗ 13.4
 R^* spezifische Gaskonstante des Gemisches ↗ 13.1
 T Kelvin-Temperatur des idealen Gasgemisches

13.6 Enthalpie und innere Energie

Spezifische Enthalpie und spezifische innere Energie des idealen Gasgemisches

$$h^* = \sum_i \left(\xi_i \cdot h_i^{\text{ig}} \right) \quad \text{und} \quad u^* = h^* - R^* \cdot T$$

i Nummer der Komponente, $i = 1 \dots N$
 h^* spezifische Enthalpie des idealen Gasgemisches
 ξ_i Masseanteil der Komponente i

- h_i^{ig} spezifische Enthalpie der Komponente i ↗ Berechnung in 4.3.3,
 ↗ Werte in A3
 u^* spezifische innere Energie des idealen Gasgemisches
 R^* spezifische Gaskonstante des Gemisches ↗ 13.1
 T Kelvin-Temperatur des idealen Gasgemisches

Berechnung von h^* mit Mittelwerten c_p^* zwischen T_0 und T

$$h^* = h_0^* + c_p^* \Big|_{T_0}^T \cdot (T - T_0)$$

mit

$$c_p^* \Big|_{T_0}^T = \sum_i \left(\xi_i \cdot c_{pi}^* \Big|_{T_0}^T \right) \quad \text{und} \quad h_0^* = \sum_i \left(\xi_i \cdot h_{0i}^{\text{ig}} \right)$$

- i Nummer der Komponente, $i = 1 \dots N$
 h^* spezifische Enthalpie des idealen Gasgemisches
 h_0^* spezifische Enthalpie des idealen Gasgemisches bei der
 Bezugstemperatur T_0
 $c_p^* \Big|_{T_0}^T$ mittlere spezifische isobare Wärmekapazität des idealen Gas-
 gemisches zwischen T_0 und T
 T Temperatur des idealen Gasgemisches
 T_0 Temperatur des Bezugszustands,
 Empfehlung: $T_0 = 273,15 \text{ K}$ wählen
 ξ_i Masseanteil der Komponente i ↗ 13.1
 $c_{pi}^{\text{ig}} \Big|_{T_0}^T$ mittlere spezifische isobare Wärmekapazität der Komponente i
 zwischen T_0 und T ↗ Berechnung in 4.1.3

h_{0i}^{ig} spezifische Enthalpie der Komponente i im Bezugszustand
bei T_0 ↗ A3

Differenzen der spezifischen Enthalpie für eine Zustandsänderung von 1 nach 2

Für konstante Zusammensetzungen $\xi_i = \text{const}$ während der Zustandsänderung gilt:

$$h_2^* - h_1^* = \sum_i \left[\xi_i \cdot (h_{i2}^{\text{ig}} - h_{i1}^{\text{ig}}) \right]$$

und

$$u_2^* - u_1^* = h_2^* - h_1^* - R^* \cdot (T_2 - T_1)$$

i Nummer der Komponente, $i = 1 \dots N$

$h_2^* - h_1^*$ Differenz der spezifischen Enthalpie des idealen Gasgemisches
zwischen den Zuständen 2 und 1

ξ_i Masseanteil der Komponente i

$h_{i2}^{\text{ig}} - h_{i1}^{\text{ig}}$ Differenz der spezifischen Enthalpie der Komponente i
zwischen den Zuständen 2 und 1 ↗ Berechnung in 6.3.2,
↗ Werte in A3

$u_2^* - u_1^*$ Differenz der spezifischen inneren Energie des idealen
Gasgemisches zwischen den Zuständen 2 und 1

R^* spezifische Gaskonstante des Gemisches ↗ 13.1

T_1, T_2 Temperaturen des idealen Gasgemisches in den
Zuständen 1 und 2

Berechnung von $h_2^* - h_1^*$ mit Mittelwerten $c_{pm}^* = \text{const}$ des idealen Gasgemisches zwischen T_1 und T_2

$$h_2^* - h_1^* = c_{pm}^* \cdot (T_2 - T_1)$$

mit

$$c_{pm}^* = \sum_i (\xi_i \cdot c_{pmi}^{ig})$$

i Nummer der Komponente, $i = 1 \dots N$

$h_2^* - h_1^*$ Differenz der spezifischen Enthalpie des idealen Gasgemisches zwischen den Zuständen 2 und 1

$c_{pm}^* = c_p^*$ mittlere spezifische isobare Wärmekapazität des idealen Gasgemisches zwischen den Temperaturen T_1 und T_2

T_1, T_2 Temperaturen des idealen Gasgemisches in den Zuständen 1 und 2

ξ_i Masseanteil der Komponente i

$c_{pmi}^{ig} = c_{pi}^{ig} \Big|_{T_1}^{T_2}$ mittlere spezifische isobare Wärmekapazität der Komponente i zwischen den Temperaturen T_1 und T_2
 ↗ Berechnung in 6.3.2

13.7 Entropie

Spezifische Entropie des idealen Gasgemisches

$$s^* = \sum_i (\xi_i \cdot s_i^{ig}) + \Delta s_{irr}^*$$

i Nummer der Komponente, $i = 1 \dots N$

s^* spezifische Entropie des idealen Gasgemisches

s_i^{ig} spezifische Entropie der Komponente i

↗ Berechnung in 4.4.3

Δs_{irr}^* spezifische irreversible Mischungsentropie

Spezifische irreversible Mischungsentropie

$$\Delta s_{\text{irr}}^* = - \sum_i (\xi_i \cdot R_i \cdot \ln \psi_i) = -R^* \cdot \sum_i (\psi_i \cdot \ln \psi_i)$$

i Nummer der Komponente, $i = 1 \dots N$

Δs_{irr}^* spezifische irreversible Mischungsentropie

ξ_i Masseanteil der Komponente i ↗ 13.1

R_i spezifische Gaskonstante der Komponente i ↗ A2

ψ_i Molanteil der Komponente i ↗ 13.1

R^* spezifische Gaskonstante des Gemisches ↗ 13.1

Ermittlung mit Tabellen für die temperaturabhängigen Anteile $s_{Ti}^{\text{ig}} = f(T)$ der Komponenten

$$s^* = \sum_i \left[\xi_i \cdot s_{Ti}^{\text{ig}}(T) \right] - R^* \cdot \ln \left(\frac{p^*}{p_0} \right) + \Delta s_{\text{irr}}^*$$

i Nummer der Komponente, $i = 1 \dots N$

s^* spezifische Entropie des idealen Gasgemisches

ξ_i Masseanteil der Komponente i

$s_{Ti}^{\text{ig}}(T)$ Tabellenwert für den temperaturabhängigen Anteil der spezifischen Entropie der Komponente i ↗ 4.4.3, ↗ A3

T Temperatur des idealen Gasgemisches

R^* spezifische Gaskonstante des Gemisches ↗ 13.1

p^* Gesamtdruck des idealen Gasgemisches

p_0 Druck des Bezugszustands,

Empfehlung: $p_0 = 0,101325 \text{ MPa}$ wählen

Δs_{irr}^* spezifische irreversible Mischungsentropie

Berechnung mit Mittelwerten $c_p^{\text{ig}} \Big|_{T_0}^T$ des idealen Gasgemisches zwischen T_0 und T

$$s^* = s_0^* + c_p^* \Big|_{T_0}^T \cdot \ln\left(\frac{T}{T_0}\right) - R^* \cdot \ln\left(\frac{p^*}{p_0}\right) + \Delta s_{\text{irr}}^*$$

mit

$$c_p^* \Big|_{T_0}^T = \sum_i \left(\xi_i \cdot c_{pi}^{\text{ig}} \Big|_{T_0}^T \right) \quad \text{und} \quad s_0^* = \sum_i \left(\xi_i \cdot s_{0i}^{\text{ig}} \right)$$

i Nummer der Komponente, $i = 1 \dots N$

s^* spezifische Entropie des idealen Gasgemisches

$c_p^* \Big|_{T_0}^T$ mittlere spezifische isobare Wärmekapazität des idealen Gasgemisches zwischen T_0 und T

s_0^* spezifische Entropie des idealen Gasgemisches im Bezugszustand (p_0, T_0)

T Kelvin-Temperatur des idealen Gasgemisches

T_0 Kelvin-Temperatur des Bezugszustands,
Empfehlung: $T_0 = 273,15 \text{ K}$ wählen

R^* spezifische Gaskonstante des Gemisches $\nearrow 13.1$

p^* Gesamtdruck des idealen Gasgemisches

p_0 Bezugsdruck, Empfehlung: $p_0 = 0,101325 \text{ MPa}$ wählen

Δs_{irr}^* spezifische irreversible Mischungsentropie

ξ_i Masseanteil der Komponente i

$c_{pi}^{\text{ig}} \Big|_{T_0}^T$ mittlere spezifische isobare Wärmekapazität der Komponente i
zwischen T_0 und T \nearrow Berechnung in 4.4.3

s_{0i}^{ig} spezifische Entropie der Komponente i im
 Bezugszustand (p_0, T_0) ↗ 4.4.3,
 Empfehlung: $p_0 = 0,101325 \text{ MPa}$, $T_0 = 273,15 \text{ K}$ wählen

Differenzen der spezifischen Entropie für eine Zustandsänderung von 1 nach 2

Für konstante Zusammensetzungen $\xi_i = \text{const}$ während der Zustandsänderung gilt:

$$s_2^* - s_1^* = \sum_i \left[\xi_i \cdot (s_{i2}^{\text{ig}} - s_{i1}^{\text{ig}}) \right]$$

i Nummer der Komponente, $i = 1 \dots N$

$s_2^* - s_1^*$ Differenz der spezifischen Entropie des idealen Gasgemisches zwischen den Zuständen 2 und 1

ξ_i Masseanteil der Komponente i

$s_{i2}^{\text{ig}} - s_{i1}^{\text{ig}}$ Differenz der spezifischen Entropie der Komponente i zwischen den Zuständen 2 und 1 ↗ Berechnung in 7.3.2

Ermittlung mit Tabellen für die temperaturabhängigen

Anteile $s_{Ti}^{\text{ig}} = f(T)$ der Komponenten

$$s_2^* - s_1^* = \sum_i \left\{ \xi_i \cdot [s_{Ti}^{\text{ig}}(T_2) - s_{Ti}^{\text{ig}}(T_1)] \right\} - R^* \cdot \ln \left(\frac{p_2^*}{p_1^*} \right)$$

i Nummer der Komponente, $i = 1 \dots N$

$s_2^* - s_1^*$ Differenz der spezifischen Entropie des idealen Gasgemisches zwischen den Zuständen 2 und 1

ξ_i Masseanteil der Komponente i

$s_{Ti}^{\text{ig}}(T_1)$, $s_{Ti}^{\text{ig}}(T_2)$ Tabellenwerte für die temperaturabhängigen Anteile der spezifischen Entropie der Komponente i ↗ 4.4.3, ↗ A3

T_1, T_2 Temperaturen des idealen Gasgemisches in den Zuständen 1 und 2

R^* spezifische Gaskonstante des Gemisches ↗ 13.1

p_1^*, p_2^* Gesamtdrücke des idealen Gasgemisches in den Zuständen 1 und 2

Berechnung mit Mittelwerten $c_{pm}^* = \text{const}$ des idealen Gasgemisches zwischen T_1 und T_2

$$s_2^* - s_1^* = c_{pm}^* \cdot \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - R^* \cdot \ln\left(\frac{p_2^*}{p_1^*}\right)$$

mit

$$c_{pm}^* = \sum_i \left(\xi_i \cdot c_{pmi}^{\text{ig}} \right)$$

i Nummer der Komponente, $i = 1 \dots N$

$s_2^* - s_1^*$ Differenz der spezifischen Entropie des idealen Gasgemisches zwischen den Zuständen 2 und 1

T_1, T_2 Kelvin-Temperaturen des idealen Gasgemisches in den Zuständen 1 und 2

$c_{pm}^* = c_p^* \Big|_{T_1}^{T_2}$ mittlere spezifische isobare Wärmekapazität des idealen Gasgemisches zwischen den Temperaturen T_1 und T_2

R^* spezifische Gaskonstante des Gemisches ↗ 13.1

p_1^*, p_2^* Gesamtdrücke des idealen Gasgemisches in den Zuständen 1 und 2

ξ_i Masseanteil der Komponente i

$c_{pmi}^{\text{ig}} = c_{pi}^{\text{ig}} \Big|_{T_1}^{T_2}$ mittlere spezifische isobare Wärmekapazität der Komponente i zwischen den Temperaturen T_1 und T_2
↗ Berechnung in 7.3.2

13.8 Exergie

13.8.1 Exergie (der Enthalpie)

Spezifische Exergie (der Enthalpie) des idealen Gasgemisches

$$e^* = (h^* - h_U^*) - T_U \cdot (s^* - s_U^*)$$

e^* spezifische Exergie (der Enthalpie) des idealen Gasgemisches

h^* spezifische Enthalpie des idealen Gasgemisches ↗ 13.6

h_U^* spezifische Enthalpie des idealen Gasgemisches im Umgebungszustand bei T_U ↗ 13.6

T_U Kelvin-Temperatur der Umgebung des Systems

s^* spezifische Entropie des idealen Gasgemisches ↗ 13.7

s_U^* spezifische Entropie des idealen Gasgemisches im Umgebungszustand (p_U, T_U) ↗ 13.7

Differenz für Zustandsänderung von 1 nach 2

$$e_2^* - e_1^* = (h_2^* - h_1^*) - T_U \cdot (s_2^* - s_1^*)$$

$e_2^* - e_1^*$ Differenz der spezifischen Exergie (der Enthalpie) des idealen Gasgemisches zwischen den Zuständen 2 und 1

$h_2^* - h_1^*$ Differenz der spezifischen Enthalpie des idealen Gasgemisches zwischen den Zuständen 2 und 1 ↗ 13.6

T_U Kelvin-Temperatur der Umgebung des Systems

$s_2^* - s_1^*$ Differenz der spezifischen Entropie des idealen Gasgemisches zwischen den Zuständen 2 und 1 ↗ 13.7

13.8.2 Exergie der inneren Energie

Spezifische Exergie der inneren Energie des idealen Gasgemisches

$$e_{(u)}^* = (u^* - u_U^*) - T_U \cdot (s^* - s_U^*) + p_U \cdot (v^* - v_U^*)$$

- $e_{(u)}^*$ spezifische Exergie der inneren Energie des idealen Gasgemisches
- u^* spezifische innere Energie des idealen Gasgemisches ↗ 13.6
- u_U^* spezifische innere Energie des idealen Gasgemisches im Umgebungszustand bei T_U ↗ 13.6
- T_U Kelvin-Temperatur der Umgebung des Systems
- s^* spezifische Entropie des idealen Gasgemisches ↗ 13.7
- s_U^* spezifische Entropie des idealen Gasgemisches im Umgebungszustand (p_U, T_U) ↗ 13.7
- p_U Druck der Umgebung des Systems
- v^* spezifisches Volumen des idealen Gasgemisches ↗ 13.3
- v_U^* spezifisches Volumen des idealen Gasgemisches im Umgebungszustand (p_U, T_U) ↗ 13.3

Differenz für Zustandsänderung von 1 nach 2

$$e_{(u)2}^* - e_{(u)1}^* = (h_2^* - h_1^*) - T_U \cdot (s_2^* - s_1^*) + p_U \cdot (v_2^* - v_1^*)$$

- $e_{(u)2}^* - e_{(u)1}^*$ Differenz der spezifischen Exergie der inneren Energie des idealen Gasgemisches zwischen den Zuständen 2 und 1
- $h_2^* - h_1^*$ Differenz der spezifischen Enthalpie des idealen Gasgemisches zwischen den Zuständen 2 und 1 ↗ 13.6
- T_U Kelvin-Temperatur der Umgebung des Systems
- $s_2^* - s_1^*$ Differenz der spezifischen Entropie des idealen Gasgemisches zwischen den Zuständen 2 und 1 ↗ 13.7

p_U Druck der Umgebung des Systems

$v_2^* - v_1^*$ Differenz des spezifischen Volumens des idealen Gasgemisches
zwischen den Zuständen 2 und 1 ↗ 13.3

Sachwortverzeichnis zum Kapitel 13

Sachwort	Seite
DALTONsches Gesetz	13/5
Dichte, siehe spezifisches Volumen	
Druck	13/4ff
Gesamtdruck idealer Gasgemische	13/5
Partialdruck der Komponente i	13/6
Enthalpie idealer Gasgemische, spezifische	13/9ff
Differenzen für Zustandsänderungen	13/10f
Entropie idealer Gasgemische, spezifische	13/12ff
Differenzen für Zustandsänderungen	13/14ff
irreversible Mischungsentropie	13/12
temperaturabhängige Anteile	13/13
Exergie idealer Gasgemische, spezifische	13/16
spezifische Exergie (der Enthalpie)	13/16
Differenzen für Zustandsänderungen	13/16
spezifische Exergie der inneren Energie	13/17
Differenzen für Zustandsänderungen	13/17
Gasgemisch, ideales	13/1ff
Thermische Zustandsgleichung idealer Gasgemische	13/4
Zusammensetzung	13/2
Gaskonstante, spezifische der Komponente i	13/4
Gaskonstante, spezifische des Gemisches	13/3
Gesamtdruck des idealen Gasgemisches	13/5
Ideales Gasgemisch	13/1ff
Innere Energie des idealen Gasgemisches, spezifische	13/9ff
Differenzen für Zustandsänderungen	13/11f
Isentropenexponent des idealen Gasgemisches	13/9
Masseanteil der Komponente i	13/2
Umrechnung in Molanteil	13/2
Mischungsentropie, irreversible	13/12
Molanteil der Komponente i	13/2
Umrechnung in Masseanteil	13/2

Ideale Gasgemische	13/21
Molare Masse des Gemisches	13/3
Partialdruck der Komponente i	13/5f
Partialvolumen der Komponente i	13/6
Raumanteil der Komponente i	13/7
Schallgeschwindigkeit des idealen Gasgemisches, isentrop	13/9
Thermische Zustandsgleichung idealer Gasgemische	13/4f
Thermische Zustandsgleichung für Komponente i	13/5f
Volumen, spezifisches, Dichte	13/7f
Partialvolumen der Komponente i	13/6
spezifisches Volumen, Dichte idealer Gasgemische	13/7f
spezifisches Volumen und Dichte der Komponente i	13/8
Volumenanteil der Komponente i	13/7
Wärmekapazität idealer Gasgemische, isobare und isochore	13/8
Zustandsgleichung für Komponente i , thermische	13/5f
Zustandsgleichung idealer Gasgemische, thermische	13/4f