

HOCHSCHULE
University
of
Applied Sciences
ZITTAU/GÖRLITZ

**Stoffwertberechnung für
R134a**

**LibR134a
FluidMAT
für Mathcad® Professional**

Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Kretzschmar
Dr.-Ing. I. Stöcker
Dipl.-Ing. (FH) A. Bläser
Dipl.-Inf. (FH) I. Jähne

FB Maschinenwesen

Technische Thermodynamik

Stoffwert-Programmbibliothek für R134a

R134a

FluidMAT für Mathcad® Professional

Inhalt

- 0 Lieferumfang
- 1 Stoffwertfunktionen der Bibliothek "LibNH3"
- 2 Nutzung von FluidMAT in Mathcad® Professional
 - 2.1 Installation von FluidMAT
 - 2.2 Beispiel: Berechnung von $h = f(p,t,x)$ in FluidMAT
 - 2.3 De-Installation von FluidMAT
- 3 Programmdokumentation
- 4 Übersicht über weitere Stoffwert-Programmbibliotheken
- 5 Literaturverzeichnis
- 6 Referenzliste

© Hochschule Zittau/Görlitz (FH) - University of Applied Sciences
Fachbereich Maschinenwesen
Fachgebiet Technische Thermodynamik
Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Kretzschmar
Dr.-Ing. I. Stöcker
Tel.: 03583-61-1846 oder -1881
Fax: 03583-61-1847
E-mail: hj.kretzschmar@hs-zigr.de
Internet: <http://thermodynamik.hs-zigr.de>

0 Lieferumfang

CD "FluidMAT mit LibR134a für Mathcad Professional"

Stoffwertprogramme für Ammoniak

mit folgenden Dateien:

FluidMAT_LibR134a_Setup.exe Selbstentpackende Installationsdatei

FluidMAT_LibR134a_Doku.pdf Dokumentation

Dokumentation als gedrucktes Exemplar (bei Versand)

1 Stoffwertfunktionen der Bibliothek "LibR134a"

Funktionale Abhängigkeit	Funktionsname in FluidMAT	Stoffwert bzw. Funktion	Maßeinheit berechneter Wert
$a = f(p,t,x)$	a_ptx_R134a	Temperaturleitfähigkeit	m ² /s
$c_p = f(p,t,x)$	cp_ptx_R13a	Spezifische isobare Wärmekapazität	kJ/(kg K)
$c_v = f(p,t,x)$	cv_ptx_R134a	Spezifische isochore Wärmekapazität	kJ/(kg K)
$\eta = f(p,t,x)$	eta_ptx_R134a	Dynamische Zähigkeit	μPa s
$h = f(p,t,x)$	h_ptx_R134a	Spezifische Enthalpie	kJ/kg
$\kappa = f(p,t,x)$	kappa_ptx_R134a	Isentropenexponent	-
$\lambda = f(p,t,x)$	lambda_ptx_R134a	Wärmeleitfähigkeit	mW/m K
$\nu = f(p,t,x)$	ny_ptx_R134a	Kinematische Viskosität	m ² /s
$p_s = f(t)$	ps_t_R134a	Dampfdruck aus Temperatur	bar
$Pr = f(p,t,x)$	Pr_ptx_R134a	<i>Prandtl</i> -Zahl	-
$\rho = f(p,t,x)$	rho_ptx_R134a	Dichte	kg/m ³
$s = f(p,t,x)$	s_ptx_R134a	Spezifische Entropie	kJ/(kg K)
$t = f(p,h)$	t_ph_R134a	Umkehrfunktion: Temperatur aus Druck und Enthalpie	°C
$t = f(p,s)$	t_ps_R134a	Umkehrfunktion: Temperatur aus Druck und Entropie	°C
$t_s = f(p)$	ts_p_R134a	Siedetemperatur aus Druck	°C
$u = f(p,t,x)$	u_ptx_R134a	Spezifische innere Energie	kJ/kg
$v = f(p,t,x)$	v_ptx_R134a	Spezifisches Volumen	m ³ /kg
$w = f(p,t,x)$	w_ptx_R134a	Isentrope Schallgeschwindigkeit	m/s
$x = f(p,h)$	x_ph_R134a	Umkehrfunktion: Dampfanteil aus Druck und Enthalpie	kg/kg
$x = f(p,s)$	x_ps_R134a	Umkehrfunktion: Dampfanteil aus Druck und Entropie	kg/kg

2 Nutzung von FluidMAT in Mathcad® Professional

Zur komfortablen Stoffwertberechnung in Mathcad Professional steht FluidMAT zur Verfügung. Es ermöglicht den direkten Aufruf von Funktionen innerhalb von Mathcad aus der Stoffwert-Bibliothek LibR134a.

2.1 Installation von FluidMAT

Für die Ausführung der folgenden Anweisungen wird vorausgesetzt, dass Mathcad 8 Professional oder höher bereits installiert ist. Mathcad sollte vor der Installation geschlossen werden.

Anschließend ist die CD mit FluidMAT einzulegen.

FluidMAT wird mit Hilfe eines selbstentpackenden Programms installiert. Um die Installation zu starten, ist innerhalb von Windows in der unteren Task-Leiste die Taste "Start", darin "Einstellungen" und darin "Systemsteuerung" anzuklicken. Im sich öffnenden Fenster muss anschließend "Software" doppelt angeklickt werden.

Im folgenden Dialogfenster ist die Taste "Installieren..." und im nächsten die Taste "Weiter>" anzuklicken. Im sich öffnenden Dialogfenster "Installationsprogramm ausführen" erscheint jetzt automatisch unter "Befehlszeile für das Installationsprogramm:"

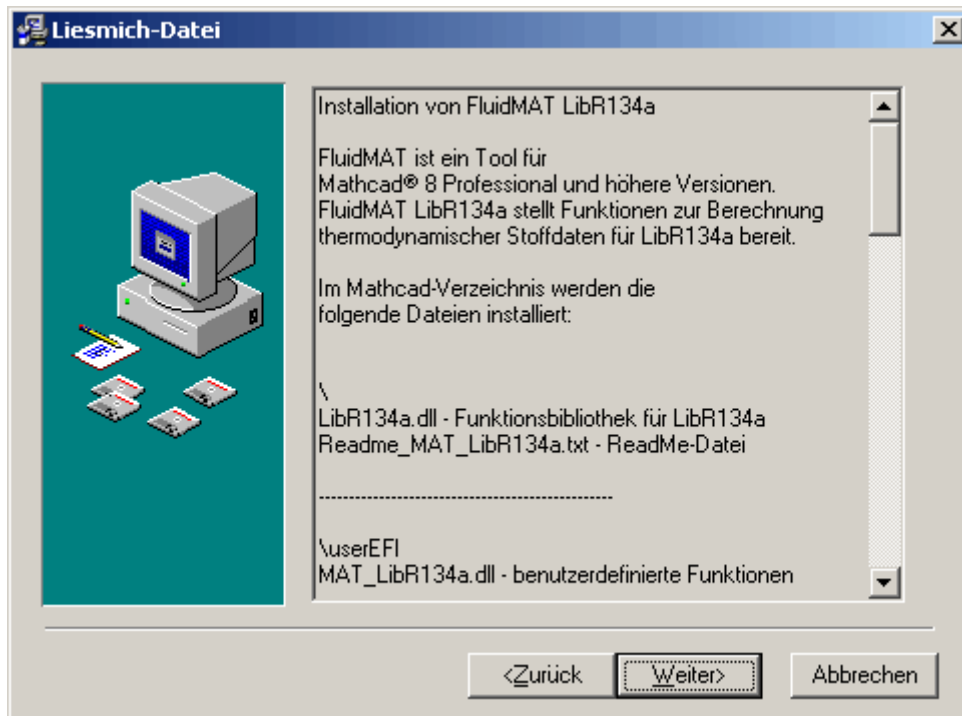
D : \ FluidMAT_R134A_Setup.EXE.

Die Installation wird nun durch Anklicken der Taste "Fertig stellen" begonnen. Es erscheint das folgende Fenster mit dem Hinweis, dass alle Windows-Programme beendet sein sollten.

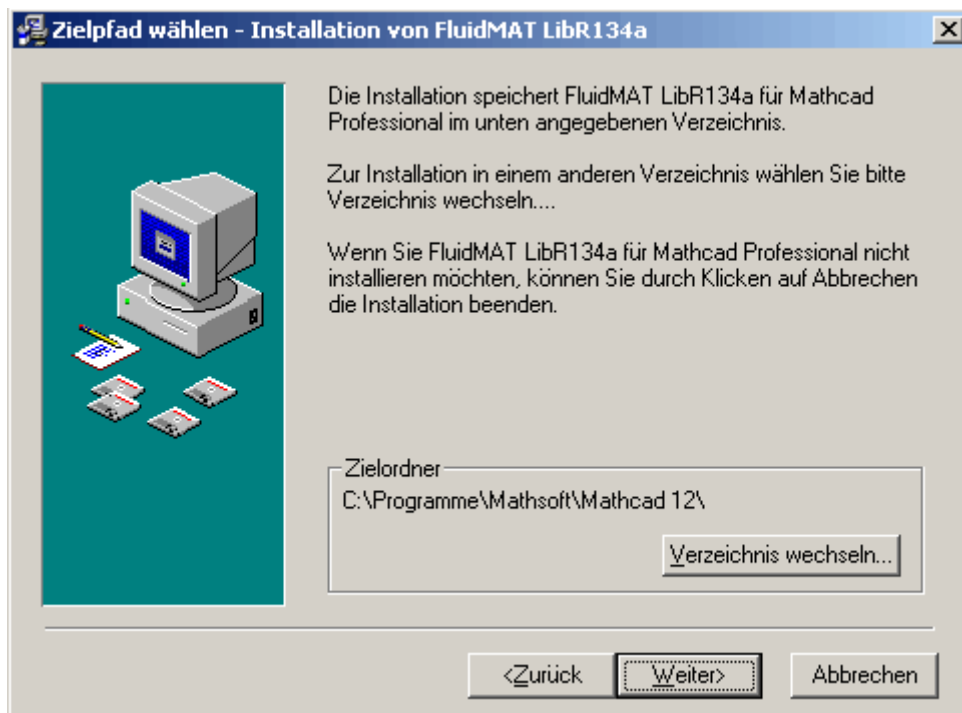


Ist dies der Fall, kann durch Anklicken der Taste "Weiter>" die Installation fortgesetzt werden.

Im folgenden Fenster "Liesmich-Datei" werden Sie über das Produkt FluidMAT informiert. Klicken Sie auf "Weiter>" um dieses Fenster zu verlassen.



Im folgenden Menü wird die Festplatte bzw. Partition und das Verzeichnis angeboten, auf der sich das Programm Mathcad 8 Professional oder höher befindet.

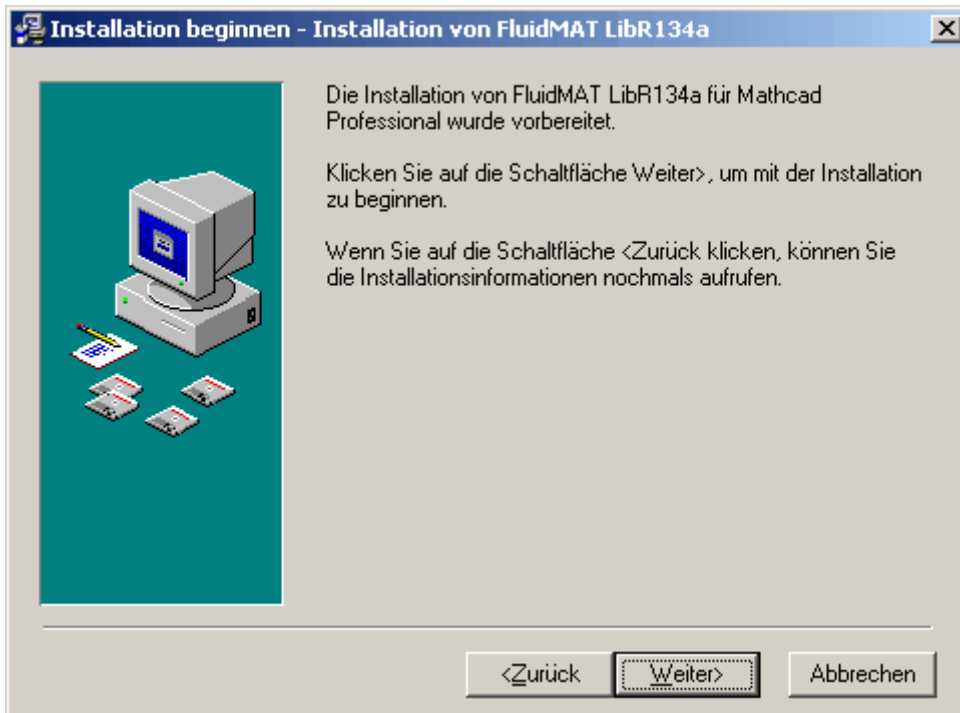


Durch das Installationsprogramm ist der korrekte Pfad für das Mathcad-Verzeichnis bereits ermittelt und eingetragen. Sollte dies nicht der Fall sein, beispielsweise wenn zwei Versionen von Mathcad auf Ihrem System vorhanden sind, dann korrigieren Sie dies bitte, indem Sie auf die Schaltfläche "Verzeichnis wechseln" klicken und das Verzeichnis auswählen, indem sich Mathcad befindet.

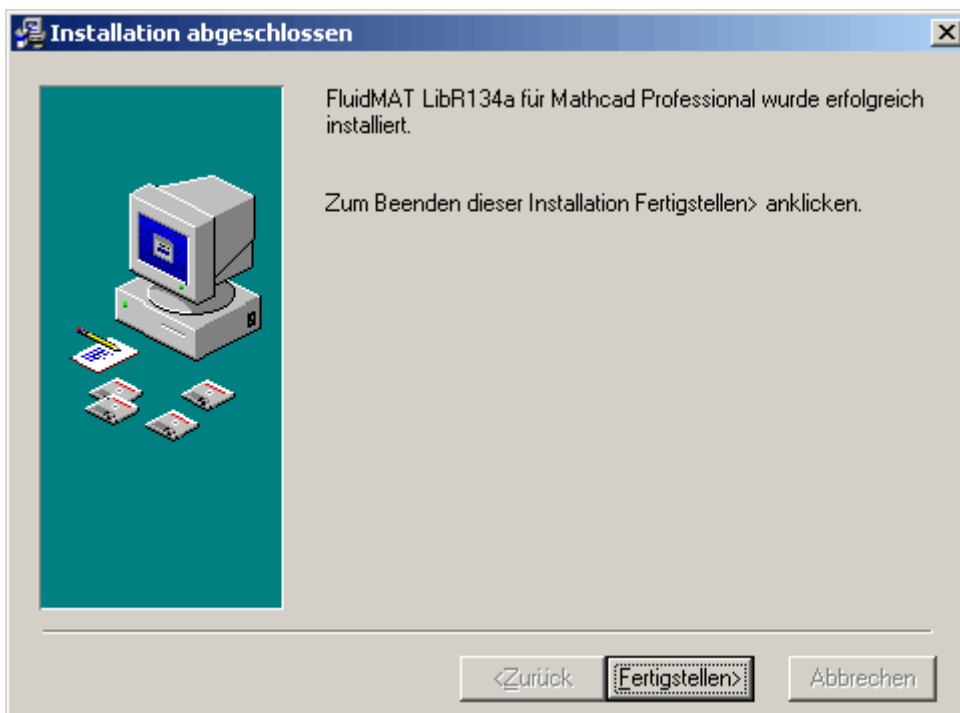
Die richtige Einstellung des Programmverzeichnis von Mathcad ist von entscheidender Bedeutung für die korrekte Installation von FluidMAT.

Wenn der richtige Pfad eingetragen ist, können Sie dieses Fenster mittels "Weiter>" verlassen und die Installation fortsetzen.

Es erscheint das nächste Dialogfenster "Installation beginnen – Installation von FluidMAT LibR134a". Dieses verlassen Sie mit "Weiter>".



Die Dateien von FluidMAT werden nun auf Ihrer Festplatte installiert. Im Dialog "Datei wird installiert" können Sie den Installationsvorgang verfolgen. Wenn dieser beendet ist, erscheint das Fenster "Installation abgeschlossen".



Klicken Sie auf "Fertigstellen>", um die Installation zu beenden. Schließen Sie das Menü "Systemsteuerung".

Ab sofort stehen Ihnen die Stoffwertfunktionen in Mathcad zur Verfügung.

Durch das Installationsprogramm wurden die folgenden Änderungen an Ihrem System vorgenommen:

Im Mathcad-Verzeichnis wurden die folgenden Dateien installiert:

LibR134a.dll	Funktionsbibliothek für Ammoniak
Readme_MAT_LibR134a.txt	ReadMe-Datei

Im Mathcad-Unterverzeichnis \userEFI wurde die folgende Datei installiert:

MAT_LibR134a.dll	benutzerdefinierte Funktionen für Ammoniak in Mathcad
------------------	---

Im Mathcad-Unterverzeichnis \doc wurde die folgende Datei installiert:

MAT_LibR134a.chm	Hilfeinformationen zu FluidMAT mit LibR134a
------------------	---

Im Mathcad-Unterverzeichnis \doc\funcdoc wurde die folgende Datei installiert:

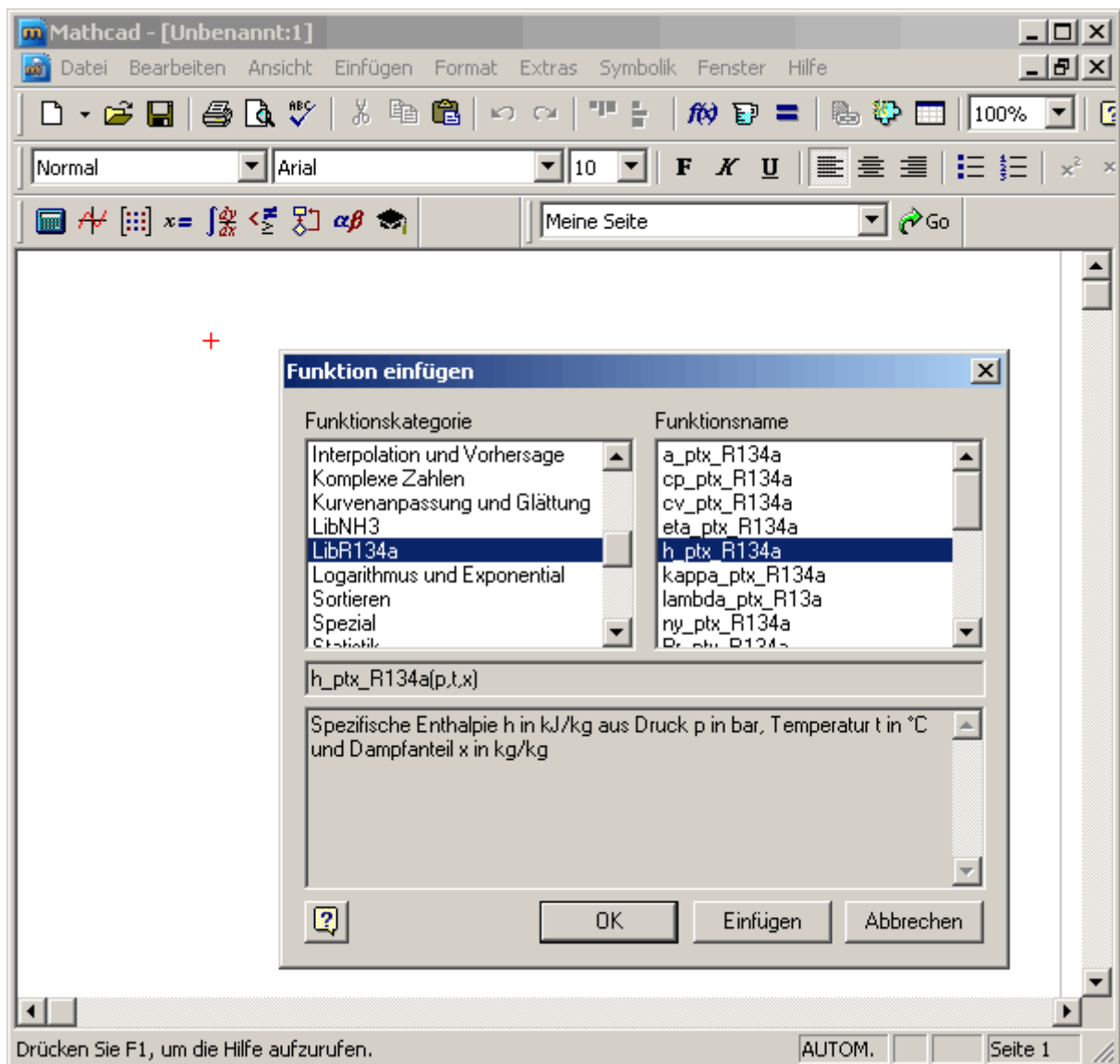
MAT_LibR134a.xml	Registrierung der Funktionen im Dialog "Funktion einfügen" für LibR134a
------------------	---

2.2 Beispiel: Berechnung der Enthalpie $h = f(p,t,x)$ für R134a

Berechnet werden soll die spezifische Enthalpie h aus gegebenem Druck p , gegebener Temperatur t und gegebenem Dampfanteil x für Ammoniak.

Folgende Anweisungen sind auszuführen:

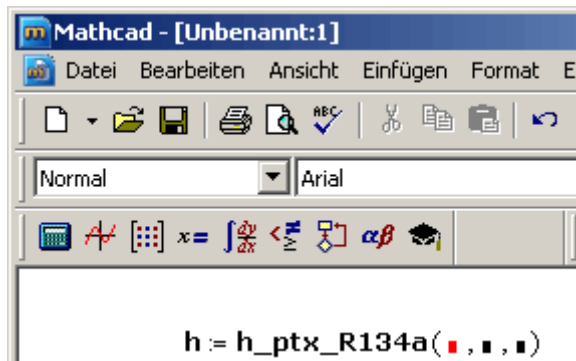
- Starten von Mathcad (falls noch nicht geschehen).
- Schreiben von "h:" in das Arbeitsfenster. Es erscheint $h := \blacksquare$.
- Anklicken von "Einfügen" in der oberen Menüleiste und darin "Funktion...". Das folgende Dialogfenster erscheint.



- Mit Hilfe des Scroll-Balkens unter Funktionskategorie die Bibliothek "LibR134a" auswählen und anklicken. Danach unter Funktionsname die Funktion "h_ptx_R134a" auswählen und anklicken.

Die Funktionskategorie und der Funktionsname werden invertiert, farblich unterlegt und die Beschreibung der Funktion sowie die Maßeinheiten der Variablen eingeblendet.

- Anklicken der Taste "OK", es erscheint $h := h_{\text{ptx_R134a}}(\bullet, \bullet, \bullet)$ im Arbeitsfenster von Mathcad (vgl. folgendes Bild).



- Der Cursor steht beim ersten Operanden.
- Für den ersten Operanden: Eintragen des Wertes für p in bar - mit Punkt als Dezimaltrennzeichen
(Zustandsbereich: $p = 0.0609422 \text{ bar} \dots 10000 \text{ bar}$)
z.B. Eintragen des Wertes 1 für den ersten Operanden
- Mit dem Cursor zum zweiten Operanden gehen.
- Für den zweiten Operanden: Eintragen des Wertes für t in °C - mit Punkt als Dezimaltrennzeichen
(Zustandsbereich: $- 77.65 \dots 446.85 \text{ °C}$)
z. B.: Eintragen des Wertes -30 für den zweiten Operanden.
- Mit dem Cursor zum dritten Operanden gehen.
- Eintragen eines Wertes für x in kg/kg in den verbliebenen Platzhalter.
Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder überhitzter Dampf) liegt, ist für x formal der Wert $x = - 1$ einzugeben.
Im Falle, dass Nassdampf vorliegt, muss für x ein Wert zwischen 0 und 1 (der Wert $x = 0$ bei siedender Flüssigkeit, der Wert $x = 1$ bei Sattdampf) eingegeben werden.
Tragen Sie als Beispiel den Wert - 1 ein, da der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet liegen soll.

Bestätigung der Eingabe mit Taste "ENTER".

- Nun kann die berechnete Variable h weiter verwendet oder beispielsweise das Ergebnis abgefragt werden. Hierfür ist im Arbeitsfenster auf die folgende Zeile "h =" zu schreiben.
Es erscheint: $h=1426.053784 \text{ kJ/kg}$.

Mathcad - [Unbenannt:1]

Datei Bearbeiten Ansicht Einfügen Format Extras Symbolik Fenster

Normal Arial 10 **F** *K*

Meine Seite

$kJ := 1000J$

$h := h_{ptx_R134a}(1, -30, -1) \frac{kJ}{kg}$

$h = 160.797 \frac{kJ}{kg}$ +

Die Darstellung des Ergebnisses ist dabei von der eingestellten Stellenanzahl und der Anzahl der eingestellten Nachkommastellen abhängig. Die Maßeinheit des Ergebnisses kann zur Funktionsgleichung hinzumultipliziert werden, so dass auch das Ergebnis mit Maßeinheit erscheint. Vorher ist diese Einheit (im Beispiel kJ) noch zu definieren.

Damit ist die Berechnung von $h = f(p, t, x)$ ausgeführt. Jetzt können die Werte für p , t oder x verändert werden. Die Enthalpie wird bei jeder Änderung neu berechnet und aktualisiert, das heißt, der Datenfluss von Mathcad bleibt erhalten.

2.3 De-Installation von FluidMAT

Um FluidMAT aus Mathcad und von der Festplatte zu entfernen, ist innerhalb von MS-Windows in der unteren Task-Leiste "Start", darin "Einstellungen" und darin "Systemsteuerung" anzuklicken. Anschließend muss "Software" doppelt angeklickt werden. In der Listbox des sich öffnenden Menüs "Eigenschaften von Software" ist "FluidMAT LibR134a" durch Anklicken auszuwählen und danach auf die Taste "Hinzufügen/Entfernen..." zu klicken. Im folgenden Dialog ist "Automatisch" zu markieren und anschließend die Taste "Weiter >" anzuklicken. Das folgende Menü "Deinstallation durchführen" ist durch Anklicken der Taste "Ende" zu bestätigen. Schließlich müssen die Fenster "Eigenschaften von Software" und danach "Systemsteuerung" geschlossen werden. Damit ist die De-Installation von FluidMAT beendet.

3 Programmdokumentation

Temperaturleitfähigkeit $a = f(p,t,x)$

Name in FluidEXL und FluidMAT: **a_ptx_R134a**

Unterprogramm mit Funktionswert:
für Aufruf aus Fortran **REAL*8 FUNCTION A_PTX_R134a(P,T,X)**
REAL*8 P,T,X

Unterprogramm mit Parameter:
für Aufruf aus DLL **INTEGER*4 FUNCTION C_A_PTX_R134a(A,P,T,X)**
REAL*8 A,P,T,X

Eingabewerte

P - Druck p in bar
T - Temperatur t in °C
X - Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf)/(kg Nassdampf)

Rückgabewert

A_PTX_R134a, A bzw. **a_ptx_R134a** – Temperaturleitfähigkeit $a = \frac{\lambda \cdot v}{c_p}$ in m²/s

Gültigkeitsbereich

Temperaturbereich: von – 65.0 °C bis 400.0 °C
 Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 800 bar

Erläuterung zum Dampfanteil x und zur Berechnung für siedende Flüssigkeit und gesättigten Dampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Hierfür sind die folgenden Festlegungen für den Dampfanteil x zu beachten:

Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder überhitzter Dampf) liegt, ist für x formal $x = -1$ einzugeben.

Im Falle, dass der zu berechnende Zustandspunkt auf der Siedelinie liegt, ist für x der Wert $x = 0$ und im Fall gesättigten Dampfes (Taulinie) der Wert $x = 1$ einzugeben. Eine Berechnung für Werte von x zwischen 0 und 1 ist nicht möglich.

Bezüglich Druck und Temperatur genügt es bei siedender Flüssigkeit oder gesättigtem Dampf, entweder den gegebenen Wert für t und p = -1000 oder den gegebenen Wert für p und t = -1000 sowie den Wert für x ($x = 0$ oder $x = 1$) vorzugeben. Wird sowohl t als auch p und x eingegeben, geht das Programm davon aus, dass p und t die Dampfdruckkurve repräsentieren.

Siede- und Taulinie: Temperaturbereich von $t_t = -65.0$ °C bis $t_c = 132.36$ °C
 Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 113.6114$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Ergebnis **A_PTX_R134a, A = -1000** bzw. **a_ptx_R134a = -1000** für Eingabewerte:

Einphasengebiet: $p > 800$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 ($x = -1$) $t > 400.0$ °C oder $t < -65.0$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p = -1000$ und $t > 132.36$ °C oder $t < -65.0$ °C
 bei $t = -1000$ und $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 bei $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 132.36$ °C oder $t < -65.0$ °C

Literatur: [16], [18]

Spezifische isobare Wärmekapazität $c_p = f(p,t,x)$

Name in FluidEXL und FluidMAT: **cp_ptx_R134a**

Unterprogramm mit Funktionswert:
für Aufruf aus Fortran: **REAL*8 FUNCTION CP_PTX_R134a(P,T,X)**
REAL*8 P,T,X

Unterprogramm mit Parameter:
für Aufruf aus DLL: **INTEGER*4 FUNCTION C_CP_PTX_R134a(CP,P,T,X)**
REAL*8 CP,P,T,X

Eingabewerte

P - Druck p in bar
T - Temperatur t in °C
X - Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf)/(kg Nassdampf)

Rückgabewert

CP_PTX_R134a, **CP** bzw. **cp_ptx_R134a** - spezifische isobare Wärmekapazität c_p in kJ/(kg K)

Gültigkeitsbereich

Temperaturbereich: von - 77.65 °C bis 446.85 °C
 Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 10000 bar

Erläuterung zum Dampfanteil x und zur Berechnung für siedende Flüssigkeit und gesättigten Dampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Hierfür sind die folgenden Festlegungen für den Dampfanteil x zu beachten:

Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder überhitzter Dampf) liegt, ist für x formal $x = -1$ einzugeben.

Im Falle, dass der zu berechnende Zustandspunkt auf der Siedelinie liegt, ist für x der Wert $x = 0$ und im Fall gesättigten Dampfes (Taulinie) der Wert $x = 1$ einzugeben. Eine Berechnung für Werte von x zwischen 0 und 1 ist nicht möglich.

Bezüglich Druck und Temperatur genügt es bei siedender Flüssigkeit oder gesättigtem Dampf, entweder den gegebenen Wert für t und $p = -1000$ oder den gegebenen Wert für p und $t = -1000$ sowie den Wert für x ($x = 0$ oder $x = 1$) vorzugeben. Wird sowohl t als auch p und x eingegeben, geht das Programm davon aus, dass p und t die Dampfdruckkurve repräsentieren.

Siede- und Taulinie: Temperaturbereich von $t_t = -77.65$ °C bis $t_c = 132.36$ °C
 Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 113.6441$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Ergebnis **CP_PTX_R134a**, **CP = -1000** bzw. **cp_ptx_R134a = -1000** für Eingabewerte:

Einphasengebiet: $p > 10000$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 ($x = -1$) $t > 446.85$ °C oder $t < -77.65$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p = -1000$ und $t > 132.36$ °C oder $t < -77.65$ °C
 bei $t = -1000$ und $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 bei $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 132.36$ °C oder $t < -77.65$ °C

Literatur: [16]

Spezifische isochore Wärmekapazität $c_v = f(p,t,x)$

Name in FluidEXL und FluidMAT: **cv_ptx_R134a**

Unterprogramm mit Funktionswert:
für Aufruf aus Fortran: **REAL*8 FUNCTION CV_PTX_R134a(P,T,X)**
REAL*8 P,T,X

Unterprogramm mit Parameter:
für Aufruf aus DLL: **INTEGER*4 FUNCTION C_CV_PTX_R134a(CV,P,T,X)**
REAL*8 CV,P,T,X

Eingabewerte

P - Druck p in bar
T - Temperatur t in °C
X - Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf)/(kg Nassdampf)

Rückgabewert

CV_PTX_R134a, **CV** bzw. **cv_ptx_R134a** - spezifische isochore Wärmekapazität c_v in kJ/(kg K)

Gültigkeitsbereich

Temperaturbereich: von - 77.65 °C bis 446.85 °C
 Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 10000 bar

Erläuterung zum Dampfanteil x und zur Berechnung für siedende Flüssigkeit und gesättigten Dampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Hierfür sind die folgenden Festlegungen für den Dampfanteil x zu beachten:

Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder überhitzter Dampf) liegt, ist für x formal $x = -1$ einzugeben.

Im Falle, dass der zu berechnende Zustandspunkt auf der Siedelinie liegt, ist für x der Wert $x = 0$ und im Fall gesättigten Dampfes (Taulinie) der Wert $x = 1$ einzugeben. Eine Berechnung für Werte von x zwischen 0 und 1 ist nicht möglich.

Bezüglich Druck und Temperatur genügt es bei siedender Flüssigkeit oder gesättigtem Dampf, entweder den gegebenen Wert für t und $p = -1000$ oder den gegebenen Wert für p und $t = -1000$ sowie den Wert für x ($x = 0$ oder $x = 1$) vorzugeben. Wird sowohl t als auch p und x eingegeben, geht das Programm davon aus, dass p und t die Dampfdruckkurve repräsentieren.

Siede- und Taulinie: Temperaturbereich von $t_t = -77.65$ °C bis $t_c = 132.36$ °C
 Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 113.6114$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Ergebnis **CV_PTX_R134a**, **CV = -1000** bzw. **cv_ptx_R134a = -1000** für Eingabewerte:

Einphasengebiet: $p > 10000$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 ($x = -1$) $t > 446.85$ °C oder $t < -77.650$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p = -1000$ und $t > 132.36$ °C oder $t < -77.65$ °C
 bei $t = -1000$ und $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 bei $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 132.36$ °C oder $t < -77.65$ °C

Literatur: [16]

Dynamische Zähigkeit $\eta = f(p,t,x)$

Name in FluidEXL und FluidMAT: **eta_ptx_R134a**
 Unterprogramm mit Funktionswert:
 für Aufruf aus Fortran **REAL*8 FUNCTION ETA_PTX_R134a(P,T,X)**
 REAL*8 P,T,X
 Unterprogramm mit Parameter:
 für Aufruf aus DLL **INTEGER*4 FUNCTION C_ETA_PTX_R134a(ETA,P,T,X)**
 REAL*8 ETA,P,T,X

Eingabewerte

P - Druck p in bar
T - Temperatur t in °C
X - Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf)/(kg Nassdampf)

Rückgabewert

ETA_PTX_R134a, ETA bzw. **eta_ptx_R134a** – dynamische Zähigkeit η in $\mu\text{Pa s}$

Gültigkeitsbereich

Temperaturbereich: von -77.65 °C bis 406.85 °C
 Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 5000 bar

Erläuterung zum Dampfanteil x und zur Berechnung für siedende Flüssigkeit und gesättigten Dampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Hierfür sind die folgenden Festlegungen für den Dampfanteil x zu beachten:

Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder überhitzter Dampf) liegt, ist für x formal $x = -1$ einzugeben.

Im Falle, dass der zu berechnende Zustandspunkt auf der Siedelinie liegt, ist für x der Wert $x = 0$ und im Fall gesättigten Dampfes (Taulinie) der Wert $x = 1$ einzugeben. Eine Berechnung für Werte von x zwischen 0 und 1 ist nicht möglich.

Bezüglich Druck und Temperatur genügt es bei siedender Flüssigkeit oder gesättigtem Dampf, entweder den gegebenen Wert für t und $p = -1000$ oder den gegebenen Wert für p und $t = -1000$ sowie den Wert für x ($x = 0$ oder $x = 1$) vorzugeben. Wird sowohl t als auch p und x eingegeben, geht das Programm davon aus, dass p und t die Dampfdruckkurve repräsentieren.

Siede- und Taulinie: Temperaturbereich von $t_t = -77.65\text{ °C}$ bis $t_c = 132.36\text{ °C}$

Druckbereich von $p_t = 0.0609422\text{ bar}$ bis $p_c = 113.6114\text{ bar}$

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Ergebnis **ETA_PTX_R134a, ETA = -1000** bzw. **eta_ptx_R134a = -1000** für Eingabewerte:

Einphasengebiet: $p > 5000\text{ bar}$ oder $p < 0.0609422\text{ bar}$ oder
 ($x = -1$) $t > 406.85\text{ °C}$ oder $t < -77.650\text{ °C}$

Siede- oder Taulinie: bei $p = -1000$ und $t > 132.36\text{ °C}$ oder $t < -77.65\text{ °C}$
 bei $t = -1000$ und $p > 113.6114\text{ bar}$ oder $p < 0.0609422\text{ bar}$ oder
 bei $p > 113.6114\text{ bar}$ oder $p < 0.0609422\text{ bar}$ und
 $t > 132.36\text{ °C}$ oder $t < -77.65\text{ °C}$

Literatur: [17]

Spezifische Enthalpie $h = f(p,t,x)$

Name in FluidEXL und FluidMAT: **h_ptx_R134a**

Unterprogramm mit Funktionswert:
für Aufruf aus Fortran: **REAL*8 FUNCTION H_PTX_R134a(P,T,X)**
REAL*8 P,T,X

Unterprogramm mit Parameter:
für Aufruf aus DLL: **INTEGER*4 FUNCTION C_H_PTX_R134a(H,P,T,X)**
REAL*8 H,P,T,X

Eingabewerte

- P** - Druck p in bar
- T** - Temperatur t in °C
- X** - Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf)/(kg Nassdampf)

Rückgabewert

H_PTX_R134a, H bzw. **h_ptx_R134a** - spezifische Enthalpie h in kJ/kg

Gültigkeitsbereich

Temperaturbereich: von - 77.65 °C bis 446.85 °C
Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 10000 bar

Erläuterung zum Dampfanteil x und zur Berechnung für siedende Flüssigkeit und gesättigten Dampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Hierfür sind die folgenden Festlegungen für den Dampfanteil x zu beachten:

Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder überhitzter Dampf) liegt, ist für x formal $x = -1$ einzugeben.

Im Falle, dass der zu berechnende Zustandspunkt im Nassdampfgebiet vorliegt, ist für x ein Wert zwischen 0 und 1 (der Wert $x = 0$ bei siedender Flüssigkeit, der Wert $x = 1$ bei Sattdampf) einzugeben.

Bezüglich Druck und Temperatur genügt es bei Nassdampf, entweder den gegebenen Wert für t und $p = -1000$ oder den gegebenen Wert für p und $t = -1000$ sowie den Wert für x ($x = 0$ oder $x = 1$) vorzugeben. Wird sowohl t als auch p und x eingegeben, geht das Programm davon aus, dass p und t die Dampfdruckkurve repräsentieren.

Siede- und Taulinie: Temperaturbereich von $t_t = -77.65$ °C bis $t_c = 132.36$ °C
Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 113.6114$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Ergebnis **H_PTX_R134a, H = -1000** bzw. **h_ptx_R134a = -1000** für Eingabewerte:

Einphasengebiet: $p > 10000$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
($x = -1$) $t > 446.85$ °C oder $t < -77.650$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p = -1000$ und $t > 132.36$ °C oder $t < -77.65$ °C
bei $t = -1000$ und $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
bei $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 132.36$ °C oder $t < -77.65$ °C

Literatur: [16]

Isentropenexponent $\kappa = f(p,t,x)$
--

Name in FluidEXL und FluidMAT:	kappa_ptx_R134a
Unterprogramm mit Funktionswert: für Aufruf aus Fortran	REAL*8 FUNCTION KAP_PTX_R134a(P,T,X) REAL*8 P,T,X
Unterprogramm mit Parameter: für Aufruf aus DLL	INTEGER*4 FUNCTION C_KAP_PTX_R134a(KAP,P,T,X) REAL*8 KAP,P,T,X

Eingabewerte

P - Druck p in bar
T - Temperatur t in °C
X - Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf)/(kg Nassdampf)

Rückgabewert

KAP_PTX_R134a, **KAP** bzw. **kappa_ptx_R134a** – Isentropenexponent $\kappa = \frac{w^2}{p \cdot v}$

Gültigkeitsbereich

Temperaturbereich: von - 77.65 °C bis 446.85 °C
Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 10000 bar

Erläuterung zum Dampfanteil x und zur Berechnung für siedende Flüssigkeit und gesättigten Dampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Hierfür sind die folgenden Festlegungen für den Dampfanteil x zu beachten:

Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder überhitzter Dampf) liegt, ist für x formal x = - 1 einzugeben.

Im Falle, dass der zu berechnende Zustandspunkt auf der Siedelinie liegt, ist für x der Wert x = 0 und im Fall gesättigten Dampfes (Taulinie) der Wert x = 1 einzugeben. Eine Berechnung für Werte von x zwischen 0 und 1 ist nicht möglich.

Bezüglich Druck und Temperatur genügt es bei siedender Flüssigkeit oder gesättigtem Dampf, entweder den gegebenen Wert für t und p = - 1000 oder den gegebenen Wert für p und t = - 1000 sowie den Wert für x (x = 0 oder x = 1) vorzugeben. Wird sowohl t als auch p und x eingegeben, geht das Programm davon aus, dass p und t die Dampfdruckkurve repräsentieren.

Siede- und Taulinie: Temperaturbereich von $t_t = - 77.65$ °C bis $t_c = 132.25$ °C
Druckbereich von $p_t = 0.0609$ bar bis $p_c = 113.39$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Ergebnis **KAP_PTX_R134a**, **KAP = - 1000** bzw. **kappa_ptx_R134a = - 1000** für Eingabewerte:

Einphasengebiet: $p > 10000$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
(x = - 1) $t > 446.85$ °C oder $t < - 77.650$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p = -1000$ und $t > 132.36$ °C oder $t < - 77.65$ °C
bei $t = -1000$ und $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
bei $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 132.36$ °C oder $t < - 77.65$ °C

Literatur: [16]

Wärmeleitfähigkeit $\lambda = f(p,t,x)$

Name in FluidEXL und FluidMAT:	lambda_ptx_R134a
Unterprogramm mit Funktionswert: für Aufruf aus Fortran	REAL*8 FUNCTION LAM_PTX_R134a(P,T,X) REAL*8 P,T,X
Unterprogramm mit Parameter: für Aufruf aus DLL	INTEGER*4 FUNCTION C_LAM_PTX_R134a(LAM,P,T,X) REAL*8 LAM,P,T,X

Eingabewerte

P - Druck p in bar
T - Temperatur t in °C
X - Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf)/(kg Nassdampf)

Rückgabewert

LAM_PTX_R134a, **LAM** bzw. **lambda_ptx_R134a** – Wärmeleitfähigkeit λ in mW/m K

Gültigkeitsbereich

Temperaturbereich: von – 65.0 °C bis 400.0 °C
Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 800 bar

Erläuterung zum Dampfanteil x und zur Berechnung für siedende Flüssigkeit und gesättigten Dampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Hierfür sind die folgenden Festlegungen für den Dampfanteil x zu beachten:

Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder überhitzter Dampf) liegt, ist für x formal $x = -1$ einzugeben.

Im Falle, dass der zu berechnende Zustandspunkt auf der Siedelinie liegt, ist für x der Wert $x = 0$ und im Fall gesättigten Dampfes (Taulinie) der Wert $x = 1$ einzugeben. Eine Berechnung für Werte von x zwischen 0 und 1 ist nicht möglich.

Bezüglich Druck und Temperatur genügt es bei siedender Flüssigkeit oder gesättigtem Dampf, entweder den gegebenen Wert für t und p = - 1000 oder den gegebenen Wert für p und t = - 1000 sowie den Wert für x ($x = 0$ oder $x = 1$) vorzugeben. Wird sowohl t als auch p und x eingegeben, geht das Programm davon aus, dass p und t die Dampfdruckkurve repräsentieren.

Siede- und Taulinie: Temperaturbereich von $t_t = -77.65$ °C bis $t_c = 132.36$ °C

Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 113.6114$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Ergebnis **LAM_PTX_R134a**, **LAM = - 1000** bzw. **lambda_ptx_R134a = - 1000** für Eingabewerte:

Einphasengebiet: $p > 800$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
($x = -1$) $t > 400.0$ °C oder $t < -65.0$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p = -1000$ und $t > 132.36$ °C oder $t < -65.0$ °C
bei $t = -1000$ und $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
bei $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 132.36$ °C oder $t < -65.0$ °C

Literatur: [18]

Kinematische Viskosität $\nu = f(p,t,x)$

Name in FluidEXL und FluidMAT: **ny_ptx_R134a**

Unterprogramm mit Funktionswert:
für Aufruf aus Fortran: **REAL*8 FUNCTION NY_PTX_R134a(P,T,X)**
REAL*8 P,T,X

Unterprogramm mit Parameter:
für Aufruf aus DLL: **INTEGER*4 FUNCTION C_NY_PTX_R134a(NY,P,T,X)**
REAL*8 NY,P,T,X

Eingabewerte

- P** - Druck p in bar
- T** - Temperatur t in °C
- X** - Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf)/(kg Nassdampf)

Rückgabewert

NY_PTX_R134a, NY bzw. **ny_ptx_R134a** – Kinematische Viskosität $\nu = \eta * \nu$ in m²/s

Gültigkeitsbereich

Temperaturbereich: von - 77.65 °C bis 406.85 °C
Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 5000 bar

Erläuterung zum Dampfanteil x und zur Berechnung für siedende Flüssigkeit und gesättigten Dampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Hierfür sind die folgenden Festlegungen für den Dampfanteil x zu beachten:

Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder überhitzter Dampf) liegt, ist für x formal $x = - 1$ einzugeben.

Im Falle, dass der zu berechnende Zustandspunkt auf der Siedelinie liegt, ist für x der Wert $x = 0$ und im Fall gesättigten Dampfes (Taulinie) der Wert $x = 1$ einzugeben. Eine Berechnung für Werte von x zwischen 0 und 1 ist nicht möglich.

Bezüglich Druck und Temperatur genügt es bei siedender Flüssigkeit oder gesättigtem Dampf, entweder den gegebenen Wert für t und p = - 1000 oder den gegebenen Wert für p und t = - 1000 sowie den Wert für x ($x = 0$ oder $x = 1$) vorzugeben. Wird sowohl t als auch p und x eingegeben, geht das Programm davon aus, dass p und t die Dampfdruckkurve repräsentieren.

Siede- und Taulinie: Temperaturbereich von $t_t = - 77.65$ °C bis $t_c = 132.36$ °C

Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 113.6114$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Ergebnis **NY_PTX_R134a, NY = - 1000** bzw. **ny_ptx_R134a = - 1000** für Eingabewerte:

Einphasengebiet: $p > 5000$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
($x = - 1$) $t > 406.85$ °C oder $t < - 77.650$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p = - 1000$ und $t > 132.36$ °C oder $t < - 77.65$ °C
bei $t = - 1000$ und $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
bei $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 132.36$ °C oder $t < - 77.65$ °C

Literatur: [16], [17]

Prandtl-Zahl $Pr = f(p,t,x)$
--

Name in FluidEXL und FluidMAT: **Pr_ptx_R134a**

Unterprogramm mit Funktionswert:
für Aufruf aus Fortran **REAL*8 FUNCTION PR_PTX_R134a(P,T,X)**
REAL*8 P,T,X

Unterprogramm mit Parameter:
für Aufruf aus DLL **INTEGER*4 FUNCTION C_PR_PTX_R134a(PR,P,T,X)**
REAL*8 PR,P,T,X

Eingabewerte

P - Druck p in bar
T - Temperatur t in °C
X - Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf)/(kg Nassdampf)

Rückgabewert

PR_PTX_R134a, PR bzw. **Pr_ptx_R134a** – Prandtl-Zahl $Pr = \frac{\eta^* c_p}{\lambda}$

Gültigkeitsbereich

Temperaturbereich: von – 65.0°C bis 400.0 °C
Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 800 bar

Erläuterung zum Dampfanteil x und zur Berechnung für siedende Flüssigkeit und gesättigten Dampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Hierfür sind die folgenden Festlegungen für den Dampfanteil x zu beachten:

Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder überhitzter Dampf) liegt, ist für x formal $x = -1$ einzugeben.

Im Falle, dass der zu berechnende Zustandspunkt auf der Siedelinie liegt, ist für x der Wert $x = 0$ und im Fall gesättigten Dampfes (Taulinie) der Wert $x = 1$ einzugeben. Eine Berechnung für Werte von x zwischen 0 und 1 ist nicht möglich.

Bezüglich Druck und Temperatur genügt es bei siedender Flüssigkeit oder gesättigtem Dampf, entweder den gegebenen Wert für t und $p = -1000$ oder den gegebenen Wert für p und $t = -1000$ sowie den Wert für x ($x = 0$ oder $x = 1$) vorzugeben. Wird sowohl t als auch p und x eingegeben, geht das Programm davon aus, dass p und t die Dampfdruckkurve repräsentieren.

Siede- und Taulinie: Temperaturbereich von $t_t = -65.0$ °C bis $t_c = 132.36$ °C
Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 113.6114$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Ergebnis **PR_PTX_R134a, PR = -1000** bzw. **Pr_ptx_R134a = -1000** für Eingabewerte:

Einphasengebiet: $p > 800$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
($x = -1$) $t > 400.0$ °C oder $t < -65.0$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p = -1000$ und $t > 132.36$ °C oder $t < -65.0$ °C
bei $t = -1000$ und $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
bei $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 132.36$ °C oder $t < -65.0$ °C

Literatur: [16], [17], [18]

Dampfdruck $p_s = f(t)$

Name in FluidEXL und FluidMAT:	ps_t_R134a
Unterprogramm mit Funktionswert: für Aufruf aus Fortran	REAL*8 FUNCTION PS_T_R134a(T) REAL*8 T
Unterprogramm mit Parameter: für Aufruf aus DLL	INTEGER*4 FUNCTION C_PS_T_R134a(PS,T) REAL*8 PS,T

Eingabewerte

T - Temperatur t in °C

RückgabewertPS_T_R134a, PS bzw. ps_t_R134a – Dampfdruck p_s in bar**Gültigkeitsbereich**

Temperaturbereich: von – 77.65 °C bis 132.36 °C

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Ergebnis **PS_T_R134a, PS = - 1000** bzw. **ps_t_R134a = - 1000** für Eingabewerte:
t < - 77.65 °C oder t > 132.36 °C

Literatur: [16]

Dichte $\rho = f(p,t,x)$

Name in FluidEXL und FluidMAT: **rho_ptx_R134a**

Unterprogramm mit Funktionswert:
für Aufruf aus Fortran: **REAL*8 FUNCTION RHO_PTX_R134a(P,T,X)**
REAL*8 P,T,X

Unterprogramm mit Parameter:
für Aufruf aus DLL: **INTEGER*4 FUNCTION C_RHO_PTX_R134a(RHO,P,T,X)**
REAL*8 RHO,P,T,X

Eingabewerte

P - Druck p in bar
T - Temperatur t in °C
X - Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf)/(kg Nassdampf)

Rückgabewert

RHO_PTX_R134a, **RHO** bzw. **rho_ptx_R134a** - Dichte ρ in kg/m³

Gültigkeitsbereich

Temperaturbereich: von - 77.65 °C bis 446.85 °C
 Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 10000 bar

Erläuterung zum Dampfanteil x und zur Berechnung für siedende Flüssigkeit und gesättigten Dampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Hierfür sind die folgenden Festlegungen für den Dampfanteil x zu beachten:

Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder überhitzter Dampf) liegt, ist für x formal $x = - 1$ einzugeben.

Im Falle, dass der zu berechnende Zustandspunkt im Nassdampfgebiet vorliegt, ist für x ein Wert zwischen 0 und 1 (der Wert $x = 0$ bei siedender Flüssigkeit, der Wert $x = 1$ bei Sattdampf) einzugeben.

Bezüglich Druck und Temperatur genügt es bei Nassdampf, entweder den gegebenen Wert für t und $p = - 1000$ oder den gegebenen Wert für p und $t = - 1000$ sowie den Wert für x ($x = 0$ oder $x = 1$) vorzugeben. Wird sowohl t als auch p und x eingegeben, geht das Programm davon aus, dass p und t die Dampfdruckkurve repräsentieren.

Siede- und Taulinie: Temperaturbereich von $t_t = - 77.65$ °C bis $t_c = 132.36$ °C
 Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 113.6114$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Ergebnis **RHO_PTX_R134a**, **RHO= - 1000** bzw. **rho_ptx_R134a = - 1000** für Eingabewerte:

Einphasengebiet: $p > 10000$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 ($x = - 1$) $t > 446.85$ °C oder $t < - 77.650$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p = - 1000$ und $t > 132.36$ °C oder $t < - 77.65$ °C
 bei $t = - 1000$ und $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 bei $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 132.36$ °C oder $t < - 77.65$ °C

Literatur: [16]

Spezifische Entropie $s = f(p,t,x)$

Name in FluidEXL und FluidMAT: **s_ptx_R134a**

Unterprogramm mit Funktionswert:
für Aufruf aus Fortran: **REAL*8 FUNCTION S_PTX_R134a(P,T,X)**
REAL*8 P,T,X

Unterprogramm mit Parameter:
für Aufruf aus DLL: **INTEGER*4 FUNCTION C_S_PTX_R134a(S,P,T,X)**
REAL*8 S,P,T,X

Eingabewerte

P - Druck p in bar
T - Temperatur t in °C
X - Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf)/(kg Nassdampf)

Rückgabewert

S_PTX_R134a, S bzw. **s_ptx_R134a** - spezifische Entropie s in kJ/kg K

Gültigkeitsbereich

Temperaturbereich: von - 77.65 °C bis 446.85 °C
 Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 10000 bar

Erläuterung zum Dampfanteil x und zur Berechnung für siedende Flüssigkeit und gesättigten Dampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Hierfür sind die folgenden Festlegungen für den Dampfanteil x zu beachten:

Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder überhitzter Dampf) liegt, ist für x formal $x = -1$ einzugeben.

Im Falle, dass der zu berechnende Zustandspunkt im Nassdampfgebiet vorliegt, ist für x ein Wert zwischen 0 und 1 (der Wert $x = 0$ bei siedender Flüssigkeit, der Wert $x = 1$ bei Sattdampf) einzugeben.

Bezüglich Druck und Temperatur genügt es bei Nassdampf, entweder den gegebenen Wert für t und $p = -1000$ oder den gegebenen Wert für p und $t = -1000$ sowie den Wert für x ($x = 0$ oder $x = 1$) vorzugeben. Wird sowohl t als auch p und x eingegeben, geht das Programm davon aus, dass p und t die Dampfdruckkurve repräsentieren.

Siede- und Taulinie: Temperaturbereich von $t_t = -77.65$ °C bis $t_c = 132.36$ °C
 Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 113.6114$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Ergebnis **S_PTX_R134a, S = -1000** bzw. **s_ptx_R134a = -1000** für Eingabewerte:

Einphasengebiet: $p > 10000$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 ($x = -1$) $t > 446.85$ °C oder $t < -77.650$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p = -1000$ und $t > 132.36$ °C oder $t < -77.65$ °C
 bei $t = -1000$ und $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 bei $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 132.36$ °C oder $t < -77.65$ °C

Literatur: [16]

Umkehrfunktion: Temperatur $t = f(p,h)$

Name in FluidEXL und FluidMAT: **t_ph_R134a**

Unterprogramm mit Funktionswert:
für Aufruf aus Fortran **REAL*8 FUNCTION T_PH_R134a(P,H)**
REAL*8 P,H

Unterprogramm mit Parameter:
für Aufruf aus DLL **INTEGER*4 FUNCTION C_T_PH_R134a(T,P,H)**
REAL*8 T,P,H

Eingabewerte

P - Druck p in bar
H - Spezifische Enthalpie h in kJ/kg

Rückgabewert

T_PH_R134a, T bzw. **t_ph_R134a** – Temperatur t in °C

Gültigkeitsbereich

Temperaturbereich: von -77.65 °C bis 446.85 °C
Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 10000 bar

Erläuterung zur Berechnung von Nassdampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Das heißt, ausgehend von den gegebenen Werten für p und h wird innerhalb des Unterprogramms ermittelt, ob der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder Dampf) oder im Nassdampfgebiet liegt. Anschließend erfolgt die Berechnung für das betreffende Zustandsgebiet.

Nassdampfgebiet: Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 113.6114$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Ergebnis **T_PH_R134a, T = - 1000** bzw. **t_ph_R134a = - 1000** für Eingabewerte:

Einphasengebiet: $p > 10000$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
($x = - 1$) bei Berechnungsergebnis $t > 446.85$ °C oder $t < - 77.650$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609$ bar oder
bei Berechnungsergebnis $t > 132.36$ °C oder $t < - 77.65$ °C

Literatur: [16]

Umkehrfunktion: Temperatur $t = f(p,s)$

Name in FluidEXL und FluidMAT: **t_ps_R134a**

Unterprogramm mit Funktionswert:
für Aufruf aus Fortran **REAL*8 FUNCTION T_PS_R134a(P,S)**
REAL*8 P,S

Unterprogramm mit Parameter:
für Aufruf aus DLL **INTEGER*4 FUNCTION C_T_PS_R134a(T,P,S)**
REAL*8 T,P,S

Eingabewerte

- P** - Druck p in bar
- S** - Spezifische Entropie s in kJ/kg K

Rückgabewert

T_PS_R134a, T bzw. **t_ps_R134a** – Temperatur t in °C

Gültigkeitsbereich

Temperaturbereich: von – 77.65 °C bis 446.85 °C
Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 10000 bar

Erläuterung zur Berechnung von Nassdampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Das heißt, ausgehend von den gegebenen Werten für p und s wird innerhalb des Unterprogramms ermittelt, ob der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder Dampf) oder im Nassdampfgebiet liegt. Anschließend erfolgt die Berechnung für das betreffende Zustandsgebiet.

Nassdampfgebiet: Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 113.6114$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Ergebnis **T_PS_R134a, T = -1000** bzw. **t_ps_R134a = -1000** für Eingabewerte:

Einphasengebiet: $p > 10000$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
(x = - 1) bei Berechnungsergebnis $t > 446.85$ °C oder $t < - 77.650$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
bei Berechnungsergebnis $t > 132.36$ °C oder $t < - 77.65$ °C

Literatur: [16]

Siedetemperatur $t_s = f(p)$

Name in FluidEXL und FluidMAT: **ts_p_R134a**
Unterprogramm mit Funktionswert:
für Aufruf aus Fortran **REAL*8 FUNCTION TS_P_R134a(P)**
REAL*8 P
Unterprogramm mit Parameter:
für Aufruf aus DLL **INTEGER*4 FUNCTION C_TS_P_R134a(TS,P)**
REAL*8 TS,P

Eingabewerte

P - Druck p in bar

Rückgabewert

TS_P_R134a, TS bzw. **ts_p_R134a** – Siedetemperatur t_s in °C

Gültigkeitsbereich

Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 113.6114 bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Ergebnis **TS_P_R134a, TS = - 1000** bzw. **ts_p_R134a = - 1000** für Eingabewerte:

$p < 0.0609422$ bar oder $p > 113.6114$ bar

Literatur: [16]

Spezifische innere Energie $u = f(p,t,x)$

Name in FluidEXL und FluidMAT: **u_ptx_R134a**

Unterprogramm mit Funktionswert:
für Aufruf aus Fortran: **REAL*8 FUNCTION U_PTX_R134a(P,T,X)**
REAL*8 P,T,X

Unterprogramm mit Parameter:
für Aufruf aus DLL: **INTEGER*4 FUNCTION C_U_PTX_R134a(U,P,T,X)**
REAL*8 U,P,T,X

Eingabewerte

- P** - Druck p in bar
- T** - Temperatur t in °C
- X** - Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf)/(kg Nassdampf)

Rückgabewert

U_PTX_R134a, U bzw. **u_ptx_R134a** - spezifische innere Energie u in kJ/kg

Gültigkeitsbereich

Temperaturbereich: von - 77.65 °C bis 446.85 °C
Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 10000 bar

Erläuterung zum Dampfanteil x und zur Berechnung für siedende Flüssigkeit und gesättigten Dampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Hierfür sind die folgenden Festlegungen für den Dampfanteil x zu beachten:

Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder überhitzter Dampf) liegt, ist für x formal $x = -1$ einzugeben.

Im Falle, dass der zu berechnende Zustandspunkt im Nassdampfgebiet vorliegt, ist für x ein Wert zwischen 0 und 1 (der Wert $x = 0$ bei siedender Flüssigkeit, der Wert $x = 1$ bei Sattdampf) einzugeben.

Bezüglich Druck und Temperatur genügt es bei Nassdampf, entweder den gegebenen Wert für t und $p = -1000$ oder den gegebenen Wert für p und $t = -1000$ sowie den Wert für x ($x = 0$ oder $x = 1$) vorzugeben. Wird sowohl t als auch p und x eingegeben, geht das Programm davon aus, dass p und t die Dampfdruckkurve repräsentieren.

Siede- und Taulinie: Temperaturbereich von $t_t = -77.65$ °C bis $t_c = 132.36$ °C

Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 113.6114$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Ergebnis **U_PTX_R134a, U = -1000** bzw. **u_ptx_R134a = -1000** für Eingabewerte:

Einphasengebiet: $p > 10000$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
($x = -1$) $t > 446.85$ °C oder $t < -77.650$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p = -1000$ und $t > 132.36$ °C oder $t < -77.65$ °C
bei $t = -1000$ und $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
bei $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 132.36$ °C oder $t < -77.65$ °C

Literatur: [16]

Spezifisches Volumen $v = f(p,t,x)$

Name in FluidEXL und FluidMAT: **v_ptx_R134a**

Unterprogramm mit Funktionswert:
für Aufruf aus Fortran **REAL*8 FUNCTION V_PT_X_R134a(P,T,X)**
REAL*8 P,T,X

Unterprogramm mit Parameter:
für Aufruf aus DLL **INTEGER*4 FUNCTION C_V_PT_X_R134a(V,P,T,X)**
REAL*8 V,P,T,X

Eingabewerte

- P** - Druck p in bar
- T** - Temperatur t in °C
- X** - Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf)/(kg Nassdampf)

Rückgabewert

V_PT_X_R134a, V bzw. **v_ptx_R134a** - spezifisches Volumen v in m³/kg

Gültigkeitsbereich

Temperaturbereich: von - 77.65 °C bis 446.85 °C
Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 10000 bar

Erläuterung zum Dampfanteil x und zur Berechnung für siedende Flüssigkeit und gesättigten Dampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Hierfür sind die folgenden Festlegungen für den Dampfanteil x zu beachten:

Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder überhitzter Dampf) liegt, ist für x formal $x = -1$ einzugeben.

Im Falle, dass der zu berechnende Zustandspunkt im Nassdampfgebiet vorliegt, ist für x ein Wert zwischen 0 und 1 (der Wert $x = 0$ bei siedender Flüssigkeit, der Wert $x = 1$ bei Sattdampf) einzugeben.

Bezüglich Druck und Temperatur genügt es bei Nassdampf, entweder den gegebenen Wert für t und $p = -1000$ oder den gegebenen Wert für p und $t = -1000$ sowie den Wert für x ($x = 0$ oder $x = 1$) vorzugeben. Wird sowohl t als auch p und x eingegeben, geht das Programm davon aus, dass p und t die Dampfdruckkurve repräsentieren.

Siede- und Taulinie: Temperaturbereich von $t_t = -77.65$ °C bis $t_c = 132.36$ °C
Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 113.6114$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Ergebnis **V_PT_X_R134a, V = -1000** bzw. **v_ptx_R134a = -1000** für Eingabewerte:

Einphasengebiet: $p > 10000$ bar oder $p < 0.0604229$ bar oder
($x = -1$) $t > 446.85$ °C oder $t < -77.650$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p = -1000$ und $t > 132.36$ °C oder $t < -77.65$ °C
bei $t = -1000$ und $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
bei $p > 113.36114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 132.36$ °C oder $t < -77.65$ °C

Literatur: [16]

Schallgeschwindigkeit $w = f(p,t,x)$
--

Name in FluidEXL und FluidMAT:	w_ptx_R134a
Unterprogramm mit Funktionswert: für Aufruf aus Fortran	REAL*8 FUNCTION W_PTX_R134a(P,T,X) REAL*8 P,T,X
Unterprogramm mit Parameter: für Aufruf aus DLL	INTEGER*4 FUNCTION C_W_PTX_R134a(W,P,T,X) REAL*8 W,P,T,X

Eingabewerte

- P** - Druck p in bar
- T** - Temperatur t in °C
- X** - Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf)/(kg Nassdampf)

Rückgabewert

W_PTX_R134a, W bzw. **w_ptx_R134a** – Schallgeschwindigkeit w in m/s

Gültigkeitsbereich

Temperaturbereich: von - 77.65 °C bis 446.85 °C
Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 10000 bar

Erläuterung zum Dampfanteil x und zur Berechnung für siedende Flüssigkeit und gesättigten Dampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Hierfür sind die folgenden Festlegungen für den Dampfanteil x zu beachten:

Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder überhitzter Dampf) liegt, ist für x formal $x = -1$ einzugeben.

Im Falle, dass der zu berechnende Zustandspunkt auf der Siedelinie liegt, ist für x der Wert $x = 0$ und im Fall gesättigten Dampfes (Taulinie) der Wert $x = 1$ einzugeben. Eine Berechnung für Werte von x zwischen 0 und 1 ist nicht möglich.

Bezüglich Druck und Temperatur genügt es bei siedender Flüssigkeit oder gesättigtem Dampf, entweder den gegebenen Wert für t und $p = -1000$ oder den gegebenen Wert für p und $t = -1000$ sowie den Wert für x ($x = 0$ oder $x = 1$) vorzugeben. Wird sowohl t als auch p und x eingegeben, geht das Programm davon aus, dass p und t die Dampfdruckkurve repräsentieren.

Siede- und Taulinie: Temperaturbereich von $t_t = -77.65$ °C bis $t_c = 132.36$ °C

Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 113.6114$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Ergebnis **W_PTX_R134a, W = -1000** bzw. **w_ptx_R134a = -1000** für Eingabewerte:

Einphasengebiet: $p > 10000$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
($x = -1$) $t > 446.85$ °C oder $t < -77.65$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p = -1000$ und $t > 132.36$ °C oder $t < -77.65$ °C
bei $t = -1000$ und $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
bei $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 132.36$ °C oder $t < -77.65$ °C

Literatur: [16]

Umkehrfunktion: Dampfanteil $x = f(p,h)$

Name in FluidEXL und FluidMAT: **x_ph_R134a**

Unterprogramm mit Funktionswert:
für Aufruf aus Fortran **REAL*8 FUNCTION X_PH_R134a(P,H)**
REAL*8 P,H

Unterprogramm mit Parameter:
für Aufruf aus DLL **INTEGER*4 FUNCTION C_X_PH_R134a(T,P,H)**
REAL*8 X,P,H

Eingabewerte

P - Druck p in bar
H - Spezifische Enthalpie h in kJ/kg

Rückgabewert

X_PH_R134a, **X** bzw. **x_ph_R134a** – Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf/kg Nassdampf)

Gültigkeitsbereich

Temperaturbereich: von – 77.65 °C bis 446.85 °C
Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 10000 bar

Erläuterung zur Berechnung von Nassdampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Das heißt, ausgehend von den gegebenen Werten für p und h wird innerhalb des Unterprogramms ermittelt, ob der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder Dampf) oder im Nassdampfgebiet liegt. Liegt Nassdampf vor, erfolgt die Berechnung des Wertes für x. Liegt der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet, wird für x das Ergebnis $x = -1$ gesetzt.

Nassdampfgebiet: Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 113.6114$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Ergebnis **X_PH_R134a**, **X = -1** bzw. **x_ph_R134a = -1** für Eingabewerte:

Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet liegt
 $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar

Literatur: [16]

Umkehrfunktion: Dampfanteil $x = f(p,s)$

Name in FluidEXL und FluidMAT: **x_ps_R134a**

Unterprogramm mit Funktionswert:
für Aufruf aus Fortran **REAL*8 FUNCTION X_PS_R134a(P,S)**
REAL*8 P,S

Unterprogramm mit Parameter:
für Aufruf aus DLL **INTEGER*4 FUNCTION C_X_PS_R134a(X,P,S)**
REAL*8 X,P,S

Eingabewerte

- P** - Druck p in bar
- S** - Spezifische Entropie s in kJ/kg K

Rückgabewert

X_PS_R134a, T bzw. **x_ps_R134a** – Dampfanteil x in (kg gesättigter Dampf/kg Nassdampf)

Gültigkeitsbereich

Temperaturbereich: von – 77.65 °C bis 446.85 °C
Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 10000 bar

Erläuterung zur Berechnung von Nassdampf

Das Nassdampfgebiet wird automatisch behandelt. Das heißt, ausgehend von den gegebenen Werten für p und s wird innerhalb des Unterprogramms ermittelt, ob der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder Dampf) oder im Nassdampfgebiet liegt. Liegt Nassdampf vor, erfolgt die Berechnung des Wertes für x. Liegt der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet, wird für x das Ergebnis $x = -1$ gesetzt.

Nassdampfgebiet: Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 113.6114$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Ergebnis **X_PS_R134a, X = -1** bzw. **x_ps_R134a = -1** für Eingabewerte:

Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet liegt
 $p > 113.6114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar

Literatur: [16]

4 Übersicht über Stoffwert-Programmbibliotheken

Das Fachgebiet Technische Thermodynamik der Hochschule Zittau/Görlitz (FH) bietet Stoffwert-Berechnungsbibliotheken als

- DLL-XLA-Bibliotheken für MS-Excel
- DLL-Bibliotheken für Mathcad
- DLL-Bibliotheken für weitere Windows-Anwendungen
- Quellmodule
- Stoffdaten-Auskunftsprogramme (elektronische Wasserdampftafel)

für folgende Arbeitsfluide an :

Wasser und Wasserdampf nach IAPWS-IF97

- Industrie-Standard IAPWS-IF97 , verbindlich seit September 1997 [1,2,3,4]
- Funktionen in Tabelle 4-1

Wasser und Wasserdampf nach IFC-67

- bis September 1997 verbindlicher Industrie-Standard IFC-67 [12]
- Funktionen analog zu IAPWS-IF97 (vgl. Tabelle 4-1)

Verbrennungsgasgemische als ideales Gasgemisch nach VDI-Richtlinie 4670

- Industrie-Standard VDI-Richtlinie 4670 [14]
- Funktionen in Tabelle 4-2

Verbrennungsgasgemische als reales Gemisch realer Fluide

- Funktionen in analog Tabelle 4-2

Feuchte Luft als ideales Gasgemisch nach VDI-Richtlinie 4670

- Industrie-Standard VDI-Richtlinie 4670 [14]
- Funktionen in Tabelle 4-3

Feuchte Luft als ideales Gemisch realer Fluide nach *Lemmon et al.* und IAPWS-IF97

- NIST-Standard nach *Lemmon et al.* [15] für trockene Luft und Industrie-Standard IAPWS-IF97 [1,2,3,4] für Wasser und Wasserdampf
- Funktionen in Tabelle 4-4 .

Ammoniak

- Thermodynamische Eigenschaften nach Baehr und Tillner-Roth [16]
- Funktionen in Tabelle 4-5.

Kohlendioxid

- Thermodynamische Eigenschaften nach Span und Wagner [19]
- Transporteigenschaften nach Vesovic et al. [20]
- Funktionen in Tabelle 4-6.

R134a

- Thermodynamische Eigenschaften nach Baehr und Tillner-Roth [16]
- Funktionen in Tabelle 4-7.

Tabelle 4-1 Wasser und Wasserdampf nach IAPWS-IF97

Funktionsname	Stoffwert	Funktionale Abhängigkeit	Maßeinheit Ergebnis
a_ptx_97	Temperaturleitfähigkeit	$a = f(p,t,x)$	m ² /s
cp_ptx_97	Spezifische isobare Wärmekapazität	$c_p = f(p,t,x)$	kJ/(kg K)
cv_ptx_97	Spezifische isochore Wärmekapazität	$c_v = f(p,t,x)$	kJ/(kg K)
e_ptx_tu_97	Spezifische Exergie	$e = f(p,t,x,t_U)$	kJ/kg
eta_ptx_97	Dynamische Zähigkeit	$\eta = f(p,t,x)$	Pa s = kg/(m s)
h_ps_97	Umkehrfunktion: Enthalpie aus Druck und Entropie	$h = f(p,s)$	kJ/kg
h_ptx_97	Spezifische Enthalpie	$h = f(p,t,x)$	kJ/kg
kappa_ptx_97	Isentropenexponent	$\kappa = f(p,t,x)$	-
lambda_ptx_97	Wärmeleitfähigkeit	$\lambda = f(p,t,x)$	W/(m K)
nue_ptx_97	Kinematische Viskosität	$\nu = f(p,t,x)$	m ² /s
p_hs_97	Umkehrfunktion: Druck aus Enthalpie und Entropie	$p = f(h,s)$	bar
Pr_ptx_97	<i>Prandtl</i> -Zahl	$Pr = f(p,t,x)$	-
ps_t_97	Dampfdruck aus Temperatur	$p_s = f(t)$	bar
rho_ptx_97	Dichte	$\rho = f(p,t,x)$	kg/m ³
s_ph_97	Umkehrfunktion: Entropie aus Druck und Enthalpie	$s = f(p,h)$	kJ/(kg K)
s_ptx_97	Spezifische Entropie	$s = f(p,t,x)$	kJ/(kg K)
sigma_p_97	Oberflächenspannung aus Druck	$\sigma = f(p)$	MN/m = mPa m
sigma_t_97	Oberflächenspannung aus Temperatur	$\sigma = f(t)$	MN/m = mPa m
t_hs_97	Umkehrfunktion: Temperatur aus Enthalpie und Entropie	$t = f(h,s)$	°C
t_ph_97	Umkehrfunktion: Temperatur aus Druck und Enthalpie	$t = f(p,h)$	°C
t_ps_97	Umkehrfunktion: Temperatur aus Druck und Entropie	$t = f(p,s)$	°C
ts_p_97	Siedetemperatur aus Druck	$t_s = f(p)$	°C
u_ptx_97	Spezifische innere Energie	$u = f(p,t,x)$	kJ/kg

Funktionsname	Stoffwert	Funktionale Abhängigkeit	Maßeinheit Ergebnis
v_ph_97	Umkehrfunktion: Spezifisches Volumen aus Druck und Enthalpie	$v = f(p,h)$	m ³ /kg
v_ps_97	Umkehrfunktion: Spezifisches Volumen aus Druck und Entropie	$v = f(p,s)$	m ³ /kg
v_ptx_97	Spezifisches Volumen	$v = f(p,t,x)$	m ³ /kg
w_ptx_97	Isentrope Schallgeschwindigkeit	$w = f(p,t,x)$	m/s
x_hs_97	Umkehrfunktion: Dampfanteil aus Enthalpie und Entropie	$x = f(h,s)$	kg/kg
x_ph_97	Umkehrfunktion: Dampfanteil aus Druck und Enthalpie	$x = f(p,h)$	kg/kg
x_ps_97	Umkehrfunktion: Dampfanteil aus Druck und Entropie	$x = f(p,s)$	kg/kg

Maßeinheiten: t in °C
 p in bar
 x in kg gesättigter Dampf / kg Nassdampf

Gültigkeitsbereich der IF97

Temperaturbereich: t von 0 °C bis 800 °C
 Druckbereich: p von 0.00611 bar bis 1000 bar
 Hochtemperaturgebiet: t bis 2000 °C bei Drücken p bis 100 bar

Tabelle 4-2 Verbrennungsgasgemische nach VDI- Richtlinie 4670

Funktionsname	Stoffwert	Funktionale Abhängigkeit	Maßeinheit Ergebnis
a_pt_ig	Temperaturleitfähigkeit des Gemisches	$a = f(p, t, \xi_1 \dots \xi_{10} \text{ oder } \psi_1 \dots \psi_{10})$	m ² /s
cp_t_ig	Spezifische isobare Wärmekapazität des Gemisches	$c_p = f(t, \xi_1 \dots \xi_{10} \text{ oder } \psi_1 \dots \psi_{10})$	kJ/(kg K)
cv_t_ig	Spezifische isochore Wärmekapazität des Gemisches	$c_v = f(t, \xi_1 \dots \xi_{10} \text{ oder } \psi_1 \dots \psi_{10})$	kJ/(kg K)
eta_t_ig	Dynamische Zähigkeit des Gemisches	$\eta = f(t, \xi_1 \dots \xi_{10} \text{ oder } \psi_1 \dots \psi_{10})$	Pa*s = kg/(m s)
h_t_ig	Spezifische Enthalpie des Gemisches	$h = f(t, \xi_1 \dots \xi_{10} \text{ oder } \psi_1 \dots \psi_{10})$	kJ/kg
kappa_t_ig	Isentropenexponent des Gemisches	$\kappa = f(t, \xi_1 \dots \xi_{10} \text{ oder } \psi_1 \dots \psi_{10})$	-
lambda_t_ig	Wärmeleitfähigkeit des Gemisches	$\lambda = f(t, \xi_1 \dots \xi_{10} \text{ oder } \psi_1 \dots \psi_{10})$	W/(m K)
M_ig	Molare Masse des Gemisches	$M = f(\xi_1 \dots \xi_{10} \text{ oder } \psi_1 \dots \psi_{10})$	kg/kmol
nue_pt_ig	Kinematische Viskosität des Gemisches	$\nu = f(p, t, \xi_1 \dots \xi_{10} \text{ oder } \psi_1 \dots \psi_{10})$	m ² /s
p_ts_ig	Umkehrfunktion: Gesamtdruck aus Temperatur und Entropie des Gemisches	$p = f(t, s, \xi_1 \dots \xi_{10} \text{ oder } \psi_1 \dots \psi_{10})$	bar
p_tv_ig	Umkehrfunktion: Gesamtdruck aus Temperatur und spezif. Volumen des Gemisches	$p = f(t, v, \xi_1 \dots \xi_{10} \text{ oder } \psi_1 \dots \psi_{10})$	bar
Pr_pt_ig	<i>Prandtl</i> -Zahl des Gemisches	$Pr = f(p, t, \xi_1 \dots \xi_{10} \text{ oder } \psi_1 \dots \psi_{10})$	-
psi_igas_xsi_ig	Molanteil des Gemischgases i aus den Masseanteilen aller Gemischgase	$\psi_i = f(i, \xi_1 \dots \xi_{10})$	kmol/kmol
R_ig	Spezifische Gaskonstante des Gemisches	$R = f(\xi_1 \dots \xi_{10} \text{ oder } \psi_1 \dots \psi_{10})$	kJ/(kg K)
rho_pt_ig	Dichte des Gemisches	$\rho = f(p, t, \xi_1 \dots \xi_{10} \text{ oder } \psi_1 \dots \psi_{10})$	kg/m ³
s_pt_ig	Spezifische Entropie des Gemisches	$s = f(p, t, \xi_1 \dots \xi_{10} \text{ oder } \psi_1 \dots \psi_{10})$	kJ/(kg K)
t_h_ig	Umkehrfunktion: Temperatur aus Enthalpie des Gemisches	$t = f(h, \xi_1 \dots \xi_{10} \text{ oder } \psi_1 \dots \psi_{10})$	°C
t_ps_ig	Umkehrfunktion: Temperatur aus Druck und Entropie des Gemisches	$t = f(p, s, \xi_1 \dots \xi_{10} \text{ oder } \psi_1 \dots \psi_{10})$	°C
t_pv_ig	Umkehrfunktion: Temperatur aus Gesamtdruck und spezif. Volumen des Gemisches	$t = f(p, v, \xi_1 \dots \xi_{10} \text{ oder } \psi_1 \dots \psi_{10})$	°C
u_t_ig	Spezifische innere Energie des Gemisches	$u = f(t, \xi_1 \dots \xi_{10} \text{ oder } \psi_1 \dots \psi_{10})$	kJ/kg
v_pt_ig	Spezifisches Volumen des Gemisches	$v = f(p, t, \xi_1 \dots \xi_{10} \text{ oder } \psi_1 \dots \psi_{10})$	m ³ /kg
w_t_ig	Isentrope Schallgeschwindigkeit des Gemisches	$w = f(t, \xi_1 \dots \xi_{10} \text{ oder } \psi_1 \dots \psi_{10})$	m/s
xsi_igas_psi_ig	Masseanteil des Gemischgases i aus den Molanteilen aller Gemischgase	$\xi_i = f(i, \psi_1 \dots \psi_{10})$	kg/kg

Gemischgase

Gas-Nr.	Gemischgas	
1	Argon	Ar
2	Neon	Ne
3	Stickstoff	N ₂
4	Sauerstoff	O ₂
5	Kohlenmonoxid	CO
6	Kohlendioxid	CO ₂
7	Wasserdampf	H ₂ O
8	Schwefeldioxid	SO ₂
9	Luft (trocken)	Zusammensetzung in Masseanteilen: 75.520 % N ₂ , 23.142 % O ₂ , 0.049 % CO ₂ , 1.288 % Ar, 0.001 % Ne
10	Luftstickstoff	Zusammensetzung in Masseanteilen: 98.775 % N ₂ , 0.040 % CO ₂ , 1.677 % Ar, 0.002 % Ne

Maßeinheiten:

Formelzeichen	Bezeichnung	Maßeinheit
t	Temperatur	°C
p	Gesamtdruck	bar
$\xi_1 \dots \xi_{10}$	Masseanteile der Gemischgase	kg/kg
$\psi_1 \dots \psi_{10}$	Molanteile bzw. Volumenanteile der Gemischgase	kmol/kmol
art	Eingabeparameter: art = 1 für Eingabe der Zusammensetzung in Masseanteilen ξ_1, \dots, ξ_{10} art = 0 für Eingabe der Zusammensetzung in Molanteilen ψ_1, \dots, ψ_{10}	
zu1 ... zu10 für art = 1	Zusammensetzung als Masseanteile $\xi_1 \dots \xi_{10}$	kg/kg
zu1 ... zu10 für art = 0	Zusammensetzung als Molanteile $\psi_1 \dots \psi_{10}$	kmol/kmol

Gültigkeitsbereich der Programme:

Temperaturbereich:	t = - 73.15 °C ... 2226.85 °C
Druck:	p = 0.01 mbar ... 50 bar
Spezifisches Volumen:	v = 5.1 m ³ /kg ... 2.9 * 10 ⁹ m ³ /kg
Spezifische Enthalpie:	h = - 136 kJ/kg ... 5550 kJ/kg
Spezifische Entropie:	s = 2.8 KJ/kg K ... 20.7 KJ/kg K

Tabelle 4-3 Feuchte Luft nach der VDI- Richtlinie 4670

Funktionsname	Stoffwert	Funktionale Abhängigkeit	Maßeinheit Ergebnis
a_ptxw_FLT	Temperaturleitfähigkeit	$a = f(p, t, x_w)$	m^2/s
cp_ptxw_FLT	Spezifische isobare Wärmekapazität	$c_p = f(p, t, x_w)$	$kJ/(kg K)$
Eta_ptxw_FLT	Dynamische Zähigkeit	$\eta = f(p, t, x_w)$	$Pa s$
hl_ptxw_FLT	Luftmasse-spezifische Enthalpie	$h_l = f(p, t, x_w)$	kJ/kg
Lambda_ptxw_FLT	Wärmeleitfähigkeit	$\lambda = f(p, t, x_w)$	$W/(m K)$
Ny_ptxw_FLT	Kinematische Viskosität	$\nu = f(p, t, x_w)$	m^2/s
pd_ptxw_FLT	Wasserdampfpartialdruck	$p_d = f(p, t, x_w)$	bar
pds_pt_FLT	Sättigungsdampfdruck von Wasser	$p_{ds} = f(p, t)$	bar
Phi_ptxw_FLT	Relative Feuchte	$\varphi = f(p, t, x_w)$	$\%$
pl_ptxw_FLT	Luftpartialdruck	$p_l = f(p, t, x_w)$	bar
Pr_ptxw_FLT	PRANDTL-Zahl	$Pr = f(p, t, x_w)$	-
Psil_xw_FLT	Molanteil - Luft	$\psi_l = f(x_w)$	$kmol/kmol$
Psiw_xw_FLT	Molanteil - Wasser	$\psi_w = f(x_w)$	$kmol/kmol$
Rho_ptxw_FLT	Dichte	$\rho = f(p, t, x_w)$	kg/m^3
sl_ptxw_FLT	Luftmasse-spezifische Entropie	$s_l = f(p, t, x_w)$	$kJ/(kg K)$
t_phlxw_FLT	Umkehrfunktion: Temperatur aus Luftmasse-spezifischer Enthalpie und Wassergehalt	$t = f(p, h_l, x_w)$	$^{\circ}C$
t_pslxw_FLT	Umkehrfunktion: Temperatur aus Luftmasse-spezifischer Entropie und Wassergehalt	$t = f(p, s_l, x_w)$	$^{\circ}C$
tf_ptxw_FLT	Feuchtkugeltemperatur	$t_f = f(p, t, x_w)$	$^{\circ}C$
tTau_ptxw_FLT	Taupunkttemperatur	$t_{\tau} = f(p, t, x_w)$	$^{\circ}C$
ul_ptxw_FLT	Luftmasse-spezifische innere Energie	$u_l = f(p, t, x_w)$	kJ/kg
vl_ptxw_FLT	Luftmasse-spezifisches Volumen	$v_l = f(p, t, x_w)$	m^3/kg
Xil_xw_FLT	Masseanteil – Luft	$\xi_l = f(x_w)$	kg/kg
Xiw_xw_FLT	Masseanteil – Wasser	$\xi_w = f(x_w)$	kg/kg

Funktionsname	Stoffwert	Funktionale Abhängigkeit	Maßeinheit Ergebnis
xw_ptPhi_FLT	Wassergehalt aus Temperatur und relativer Feuchte	$x_w = f(p, t, \varphi)$	g/kg
xw_ptpd_FLT	Wassergehalt aus Wasserdampfpartialdruck	$x_w = f(p, t, p_d)$	g/kg
xw_ptTau_FLT	Wassergehalt aus Taupunkttemperatur	$x_w = f(p, t_\tau)$	g/kg
xw_pttf_FLT	Wassergehalt aus Temperatur und Feuchtkugeltemperatur	$x_w = f(p, t, t_f)$	g/kg
xw_ptvl_FLT	Umkehrfunktion: Wassergehalt aus Temperatur und Luftmassespezifischem Volumen	$x_w = f(p, t, v_l)$	g/kg
xws_pt_FLT	Sättigungswassergehalt	$x_{ws} = f(p, t)$	g/kg

Zusammensetzung der trockenen Luft (nach VDI 4670 [14]):

Stoff		Molanteile
Stickstoff	N ₂	0.781109
Sauerstoff	O ₂	0.209548
Argon	Ar	0.009343

Parameter

p - Gesamtdruck (Luftdruck) in bar

t - Temperatur in °C

x_w - Absolute Luftfeuchtigkeit in g Wasser(dampf) / kg trockene Luft

φ - Relative Luftfeuchtigkeit in % (nur bei ungesättigter feuchter Luft definiert)

Gültigkeitsbereich

Temperatur t = - 30 °C ... 1726.85 °C

Gesamtdruck p = 0.006112 bar ... 20 (50) bar

Tabelle 4-4 Feuchte Luft als reales Gemisch nach *Lemmon et al.* und IAPWS-IF97

Funktionsname	Stoffwert	Funktionale Abhängigkeit	Maßeinheit Ergebnis
a_ptxw_FLR	Temperaturleitfähigkeit	$a = f(p, t, x_w)$	m^2/s
cp_ptxw_FLR	Spezifische isobare Wärmekapazität	$c_p = f(p, t, x_w)$	$kJ/(kg\ K)$
Eta_ptxw_FLR	Dynamische Zähigkeit	$\eta = f(p, t, x_w)$	$Pa\ s$
hl_ptxw_FLR	Luftmasse-spezifische Enthalpie	$h_l = f(p, t, x_w)$	kJ/kg_{Luft}
Lambda_ptxw_FLR	Wärmeleitfähigkeit	$\lambda = f(p, t, x_w)$	$W/(m\ K)$
Ny_ptxw_FLR	Kinematische Viskosität	$\nu = f(p, t, x_w)$	m^2/s
pd_ptxw_FLR	Wasserdampfpartialdruck	$p_d = f(p, t, x_w)$	bar
pds_pt_FLR	Sättigungsdampfdruck von Wasser	$p_{ds} = f(p, t)$	bar
Phi_ptxw_FLR	Relative Feuchte	$\varphi = f(p, t, x_w)$	%
pl_ptxw_FLR	Luftpartialdruck	$p_l = f(p, t, x_w)$	bar
Pr_ptxw_FLR	PRANDTL-Zahl	$Pr = f(p, t, x_w)$	-
Psil_xw_FLR	Molanteil - Luft	$\psi_l = f(x_w)$	$kmol/kmol$
Psiw_xw_FLR	Molanteil - Wasser	$\psi_w = f(x_w)$	$kmol/kmol$
Rho_ptxw_FLR	Dichte	$\rho = f(p, t, x_w)$	kg/m^3
sl_ptxw_FLR	Luftmasse-spezifische Entropie	$s_l = f(p, t, x_w)$	$kJ/(kg_{Luft}\ K)$
t_phlxw_FLR	Umkehrfunktion: Temperatur aus Luftmasse-spezifischer Enthalpie und Wassergehalt	$t = f(p, h_l, x_w)$	$^{\circ}C$
t_pslxw_FLR	Umkehrfunktion: Temperatur aus Luftmasse-spezifischer Entropie und Wassergehalt	$t = f(p, s_l, x_w)$	$^{\circ}C$
tf_ptxw_FLR	Feuchtkugelttemperatur	$t_f = f(p, t, x_w)$	$^{\circ}C$
tTau_pxw_FLR	Taupunkttemperatur	$t_{\tau} = f(p, x_w)$	$^{\circ}C$
ul_ptxw_FLR	Luftmasse-spezifische innere Energie	$u_l = f(p, t, x_w)$	kJ/kg_{Luft}
vl_ptxw_FLR	Luftmasse-spezifisches Volumen	$v_l = f(p, t, x_w)$	m^3/kg_{Luft}
Xil_xw_FLR	Masseanteil – Luft	$\xi_l = f(x_w)$	kg/kg
Xiw_xw_FLR	Masseanteil – Wasser	$\xi_w = f(x_w)$	kg/kg
xw_ptPhi_FLR	Wassergehalt aus Temperatur und relativer Feuchte	$x_w = f(p, t, \varphi)$	g/kg_{Luft}
xw_ptpd_FLR	Wassergehalt aus Wasserdampfpartialdruck	$x_w = f(p, t, p_d)$	g/kg_{Luft}

Funktionsname	Stoffwert	Funktionale Abhängigkeit	Maßeinheit Ergebnis
xw_ptTau_FLR	Wassergehalt aus Taupunkttemperatur	$x_w = f(p, t_\tau)$	g/kgLuft
xw_pttf_FLR	Wassergehalt aus Temperatur und Feuchtkugeltemperatur	$x_w = f(p, t, t_f)$	g/kgLuft
xw_ptvl_FLR	Umkehrfunktion: Wassergehalt aus Temperatur und Luftmassespezifischem Volumen	$x_w = f(p, t, v_l)$	g/kgLuft
xws_pt_FLR	Sättigungswassergehalt	$x_{ws} = f(p, t)$	g/kgLuft

Zusammensetzung der trockenen Luft (nach Lemmon et al. [16], [17]) :

Stoff		Molanteil
Stickstoff	N ₂	0.7812
Sauerstoff	O ₂	0.2096
Argon	Ar	0.0092

Parameter

p - Gesamtdruck in bar

t - Temperatur in °C

x_w - Absolute Luftfeuchtigkeit in g Wasser(dampf) / kg trockene Luft

φ - Relative Luftfeuchtigkeit in % (nur bei ungesättigter feuchter Luft definiert)

Gültigkeitsbereich

Temperatur $t = -30 \text{ °C} \dots 1726.85 \text{ °C}$

Gesamtdruck $p = 6.112 \text{ mbar} \dots 165.29 \text{ bar}$

Tabelle 4-5 Ammoniak nach H.D.Baehr und R.Tillner- Roth

Funktionsname	Stoffwert	Funktionale Abhängigkeit	Maßeinheit Ergebnis
a_ptx_NH3	Temperaturleitfähigkeit	$a = f(p,t,x)$	m ² /s
cp_ptx_NH3	Spezifische isobare Wärmekapazität	$c_p = f(p,t,x)$	kJ/(kg K)
cv_ptx_NH3	Spezifische isochore Wärmekapazität	$c_v = f(p,t,x)$	kJ/(kg K)
eta_ptx_NH3	Dynamische Zähigkeit	$\eta = f(p,t,x)$	μPa s
h_ptx_NH3	Spezifische Enthalpie	$h = f(p,t,x)$	kJ/kg
kappa_ptx_NH3	Isentropenexponent	$\kappa = f(p,t,x)$	-
lambda_ptx_NH3	Wärmeleitfähigkeit	$\lambda = f(p,t,x)$	mW/m K
ny_ptx_NH3	Kinematische Viskosität	$\nu = f(p,t,x)$	m ² /s
ps_t_NH3	Dampfdruck aus Temperatur	$p_s = f(t)$	bar
Pr_ptx_NH3	<i>Prandtl</i> -Zahl	$Pr = f(p,t,x)$	-
rho_ptx_NH3	Dichte	$\rho = f(p,t,x)$	kg/m ³
s_ptx_NH3	Spezifische Entropie	$s = f(p,t,x)$	kJ/(kg K)
t_ph_NH3	Umkehrfunktion: Temperatur aus Druck und Enthalpie	$t = f(p,h)$	°C
t_ps_NH3	Umkehrfunktion: Temperatur aus Druck und Entropie	$t = f(p,s)$	°C
ts_p_NH3	Siedetemperatur aus Druck	$t_s = f(p)$	°C
u_ptx_NH3	Spezifische innere Energie	$u = f(p,t,x)$	kJ/kg
v_ptx_NH3	Spezifisches Volumen	$v = f(p,t,x)$	m ³ /kg
w_ptx_NH3	Schallgeschwindigkeit	$w = f(p,t,x)$	m/s
x_ph_NH3	Umkehrfunktion: Dampfanteil aus Druck und Enthalpie	$x = f(p,h)$	kg/kg
x_ps_NH3	Umkehrfunktion: Dampfanteil aus Druck und Entropie	$x = f(p,s)$	kg/kg

Parameter

- p - Druck in bar
- t - Temperatur in °C
- x - Dampfanteil kg trockengesättigter Dampf / kg Nassdampf

Gültigkeitsbereich

- Temperatur: $t = -77.65 \text{ °C} \dots 446.85 \text{ °C}$
- Druck: $p = 0.0609422 \text{ bar} \dots 10000 \text{ bar}$

Tabelle 4-6 Kohlendioxid nach Span und Wagner

Funktionsname	Stoffwert	Funktionale Abhängigkeit	Maßeinheit Ergebnis
a_ptx_CO2	Temperaturleitfähigkeit	$a = f(p,t,x)$	m ² /s
cp_ptx_CO2	Spezifische isobare Wärmekapazität	$c_p = f(p,t,x)$	kJ/(kg K)
eta_ptx_CO2	Dynamische Zähigkeit	$\eta = f(p,t,x)$	μPa s
h_ptx_CO2	Spezifische Enthalpie	$h = f(p,t,x)$	kJ/kg
kappa_ptx_CO2	Isentropenexponent	$\kappa = f(p,t,x)$	-
lambda_ptx_CO2	Wärmeleitfähigkeit	$\lambda = f(p,t,x)$	mW/m K
ny_ptx_CO2(P,T,X)	Kinematische Viskosität	$\nu = f(p,t,x)$	m ² /s
ps_t_CO2	Dampfdruck aus Temperatur	$p_s = f(t)$	bar
pmel_t_CO2	Schmelzdruck aus Temperatur	$p_{mel} = f(t)$	bar
psub_t_CO2	Sublimationsdruck aus Temperatur	$p_{sub} = f(t)$	bar
Pr_ptx_CO2	<i>Prandtl</i> -Zahl	$Pr = f(p,t,x)$	-
rho_ptx_CO2	Dichte	$\rho = f(p,t,x)$	kg/m ³
s_ptx_CO2	Spezifische Entropie	$s = f(p,t,x)$	kJ/(kg K)
t_ph_CO2	Umkehrfunktion: Temperatur aus Druck und Enthalpie	$t = f(p,h)$	°C
t_ps_CO2	Umkehrfunktion: Temperatur aus Druck und Entropie	$t = f(p,s)$	°C
ts_p_CO2	Siedetemperatur aus Druck	$t_s = f(p)$	°C
tmel_p_CO2	Schmelztemperatur aus Druck	$t_{mel} = f(p)$	°C
tsub_p_CO2	Sublimationstemperatur aus Druck	$t_{sub} = f(p)$	°C
v_ptx_CO2	Spezifisches Volumen	$v = f(p,t,x)$	m ³ /kg
w_ptx_CO2	Schallgeschwindigkeit	$w = f(p,t,x)$	m/s
x_ph_CO2	Umkehrfunktion: Dampfanteil aus Druck und Enthalpie	$x = f(p,h)$	kg/kg
x_ps_CO2	Umkehrfunktion: Dampfanteil aus Druck und Entropie	$x = f(p,s)$	kg/kg

Parameter

- p - Druck in bar
- t - Temperatur in °C
- x - Dampfanteil kg trockengesättigter Dampf / kg Nassdampf

Gültigkeitsbereich

Temperaturbereich: von t_{mel} bis 826.85 °C bei $p \geq p_t = 5.1795$ bar

von t_{sub} bis 826.65 °C bei $p < p_t = 5.1795$ bar

Druckbereich: von 0.001 bar bis 8000 bar

Tabelle 4-7 R134a nach H.D.Baehr und R.Tillner- Roth

Funktionsname	Stoffwert	Funktionale Abhängigkeit	Maßeinheit Ergebnis
a_ptx_R134a	Temperaturleitfähigkeit	$a = f(p,t,x)$	m ² /s
cp_ptx_R134a	Spezifische isobare Wärmekapazität	$c_p = f(p,t,x)$	kJ/(kg K)
cv_ptx_R134a	Spezifische isochore Wärmekapazität	$c_v = f(p,t,x)$	kJ/(kg K)
eta_ptx_R134a	Dynamische Zähigkeit	$\eta = f(p,t,x)$	μPa s
h_ptx_R134a	Spezifische Enthalpie	$h = f(p,t,x)$	kJ/kg
kappa_ptx_R134a	Isentropenexponent	$\kappa = f(p,t,x)$	-
lambda_ptx_R134a	Wärmeleitfähigkeit	$\lambda = f(p,t,x)$	mW/m K
ny_ptx_R134a	Kinematische Viskosität	$\nu = f(p,t,x)$	m ² /s
ps_t_R134a	Dampfdruck aus Temperatur	$p_s = f(t)$	bar
Pr_ptx_R134a	<i>Prandtl</i> -Zahl	$Pr = f(p,t,x)$	-
rho_ptx_R134a	Dichte	$\rho = f(p,t,x)$	kg/m ³
s_ptx_R134a	Spezifische Entropie	$s = f(p,t,x)$	kJ/(kg K)
t_ph_R134a	Umkehrfunktion: Temperatur aus Druck und Enthalpie	$t = f(p,h)$	°C
t_ps_R134a	Umkehrfunktion: Temperatur aus Druck und Entropie	$t = f(p,s)$	°C
ts_p_R134a	Siedetemperatur aus Druck	$t_s = f(p)$	°C
u_ptx_R134a	Spezifische innere Energie	$u = f(p,t,x)$	kJ/kg
v_ptx_R134a	Spezifisches Volumen	$v = f(p,t,x)$	m ³ /kg
w_ptx_R134a	Schallgeschwindigkeit	$w = f(p,t,x)$	m/s
x_ph_R134a	Umkehrfunktion: Dampfanteil aus Druck und Enthalpie	$x = f(p,h)$	kg/kg
x_ps_R134a	Umkehrfunktion: Dampfanteil aus Druck und Entropie	$x = f(p,s)$	kg/kg

Parameter

- p - Druck in bar
- t - Temperatur in °C
- x - Dampfanteil kg trockengesättigter Dampf / kg Nassdampf

Gültigkeitsbereich

- Temperatur: $t = -77.65 \text{ °C} \dots 446.85 \text{ °C}$
- Druck: $p = 0.0609422 \text{ bar} \dots 10000 \text{ bar}$

5 Literaturverzeichnis

- [1] Release on the IAPWS Industrial Formulation 1997 for the Thermodynamic Properties of Water and Steam IAPWS-IF97.
IAPWS Sekretariat, Dooley, B, EPRI, Palo Alto CA (1997)
- [2] Wagner, W.; Kruse, A.:
Zustandsgrößen von Wasser und Wasserdampf.
Springer-Verlag, Berlin (1998)
- [3] Wagner, W.; Cooper, J.R.; Dittmann, A.; Kijima, J.; Kretzschmar, H.-J.; Kruse, A.; Mareš, R.; Oguchi, K.; Sato, H.; Stöcker, I.; Šifner, O.; Takaishi, Y.; Tanishita, I.; Trübenbach, J.; Willkommen, Th.:
The IAPWS Industrial Formulation 1997 for the Thermodynamic Properties of Water and Steam.
ASME Journal of Eng. for Gas Turbines and Power 122 (2000) Nr. 1, S. 150-182
- [4] Kretzschmar, H.-J.; Stöcker, I.; Klinger, J.; Dittmann, A.:
Calculation of Thermodynamic Derivatives for Water and Steam Using the New Industrial Formulation IAPWS-IF97.
in: Steam, Water and Hydrothermal Systems: Physics and Chemistry Meeting the Needs of Industry, Proceedings of the 13th International Conference on the Properties of Water and Steam, Eds. P.G. Hill et al., NRC Press, Ottawa, 2000
- [5] Kretzschmar, H.-J.:
Mollier h,s-Diagramm.
Springer-Verlag, Berlin (1998)
- [6] Revised Release on the IAPS Formulation 1985 for the Thermal Conductivity of Ordinary Water Substance.
IAPWS Sekretariat, Dooley, B., EPRI, Palo Alto CA, (1997)
- [7] Revised Release on the IAPS Formulation 1985 for the Viscosity of Ordinary Water Substance.
IAPWS Sekretariat, Dooley, B., EPRI, Palo Alto CA, (1997)
- [8] IAPWS Release on Surface Tension of Ordinary Water Substance 1994.
IAPWS Sekretariat, Dooley, B., EPRI, Palo Alto CA, (1994)
- [9] Kretzschmar, H.-J.; Stöcker, I.; Willkommen, Th.; Trübenbach, J.; Dittmann, A.:
Supplementary Equations $v(p, T)$ for the Critical Region to the New Industrial Formulation IAPWS-IF97 for Water and Steam.
in: Steam, Water and Hydrothermal Systems: Physics and Chemistry Meeting the Needs of Industry, Proceedings of the 13th International Conference on the Properties of Water and Steam, Eds. P.G. Hill et al., NRC Press, Ottawa, 2000
- [10] Kretzschmar, H.-J.; Cooper, J.R.; Dittmann, A.; Friend, D.G.; Gallagher, J.; Knobloch, K.; Mareš, R.; Miyagawa, K.; Stöcker, I.; Trübenbach, J.; Willkommen, Th.:
Supplementary Backward Equations for Pressure as a Function of Enthalpy and Entropy $p(h,s)$ to the Industrial Formulation IAPWS-IF97 for Water and Steam.
ASME Journal of Engineering for Gas Turbines and Power - in Vorbereitung

- [11] Release on the IAPWS Formulation 1995 for the Thermodynamic Properties of Ordinary Water Substance for General and Scientific Use.
IAPWS Sekretariat, Dooley, B., EPRI, Palo Alto CA, (1995)
- [12] Grigull, U.:
Properties of Water and Steam in SI Units.
Springer-Verlag, Berlin (1989)
- [13] Kretzschmar, H.-J.:
Zur Aufbereitung und Darbietung thermophysikalischer Stoffdaten für die Energietechnik.
Habilitation, TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen (1990)
- [14] VDI Richtlinie 4670
Thermodynamische Stoffwerte von feuchter Luft und Verbrennungsgasen.
VDI-Handbuch Energietechnik (2000)
- [15] Lemmon, E. W.; Jacobsen, R. T.; Penoncello, S. G.; Friend, D. G.:
Thermodynamic Properties of Air and Mixtures of Nitrogen, Argon and Oxygen from 60 to 2000 K at Pressures to 2000 MPa.
Journal of Physical Chemical Reference Data 29 (2000) Nr. 3, S. 331-385
- [16] Baehr, H.D.; Tillner- Roth, R.:
Thermodynamische Eigenschaften umweltverträglicher Kältemittel,
Zustandsgleichungen und Tafeln für Ammoniak, R22, R134a, R152a und R 123.
Springer-Verlag, Berlin Heidelberg (1995)
- [17] Fenghour, A.; Wakeham, W. A.; Vesovic, V.; Watson, J. T. R.; Millat, J.; Vogel, E.:
The Viskosity of Ammonia.
J. Phys. Chem. Ref. Data, 24, (1995) Nr. 5, S. 1649-1667
- [18] Tufeu, R.; Ivanov, D. Y.; Garrabos, Y.; Le Neindre, B.:
Thermal Conductivity of Ammonia in a Large Temperature and Pressure Range Including the Critical Region.
Ber. Bunsenges. Phys. Chem. 88 (1984) S. 422-427

6 Referenzliste

Stand: Juni 2004

Folgende Unternehmen und Institutionen nutzen die DLL-XLA-Stoffwertbibliotheken und/oder das Stoffdaten-Dialogprogramm:

TU Cottbus	Mai 1998, Juli 1999
CADIS Informationssysteme, Stuttgart (Generallizenz für Programm KPRO)	Mai 1998
M&M Turbinentechnik, Bielefeld	Juni 1998, Januar 2000, Januar 2001, September 2001
B+H Ingenieursoftware, Stuttgart	August 1998
VEAG, Berlin (Konzern-Lizenzen)	September 1998, März 2000, Dezember 2001, Dezember 2002
RWE Energie, Neurath	Oktober 1998
FH Wilhelmshaven	Oktober 1998
BASF Ludwigshafen (Konzern-Lizenz)	November 1998
Energieversorgung Offenbach	November 1998
Bayernwerk München	Januar 1999
DREWAG Dresden (Unternehmenslizenz)	Februar 1999, Mai 2002
KEMA IEV Dresden	März 1999
FH Regensburg	April 1999
Fichtner Energieconsult, Stuttgart (Unternehmenslizenz)	Juni 1999
TU Graz, Institut für Wärmetechnik	November 1999
Ingenieurbüro Ostendorf, Gummersbach	Dezember 1999, Mai 2003
SOFBID Zwingenberg (Generallizenz für Programm EBSILON)	Januar 2000, Juni 2002, Mai 2003 April 2004
AG KKK - PGW Turbo, Leipzig	Januar 2000
PREUSSAG NOELL, Würzburg	Januar 2000, März 2001
IBR Ingenieurbüro Reis, Nittendorf-Undorf	Februar 2000
KRUPP-UHDE, Dortmund (Unternehmenslizenz)	März 2000
UMAG W. UDE, Husum	März 2000
Ingenieurbüro Thinius, Erkrath	April 2000
SaarEnergie, Saarbrücken	Mai 2000, August 2000, Mai 2001, November 2003
DVO Datenverarbeitungs-Service, Oberhausen	Mai 2000
FH Aachen	Juni 2000

VAUP Prozessautomation, Landau	August 2000
Knürr-Lommatec, Lommatzsch	September 2000
AVACON AG, Helmstedt	Oktober 2000
Compania Electrica, Bogota, Columbien	Oktober 2000
G.U.N.T. Gerätebau, Barsbüttel (Generallizenz Lehrversuchstände)	November 2000, Dezember 2002
Steinhaus Informationssysteme, Datteln (Generallizenz für Prozessdatensoftware)	Dezember 2000
ALSTOM Power, Baden, Schweiz (Konzernlizenzen)	Januar 2001, Juni 2001 Dezember 2001, Mai 2002 Januar 2003, Juli 2003
KW2 B. V., Amersfoot, Niederlande	Januar 2001, November 2001
Eco Design, Saitamaken, Japan	Januar 2001
MVV Energie, Mannheim	Februar 2001
TU Dresden, Institut für Energiemaschinen und Maschinenlabor	Februar 2001
Münstermann GmbH, Telgte-Westbevern	Mai 2001, Juni 2003
Siemens AG, I&S IS, Karlsruhe (Generallizenz für Informationssystem WinIS)	August 2001, Februar 2002
Neusiedler AG, Ulmerfeld, Österreich	September 2001
h s energieanlagen, Freising	September 2001
Electrowatt-EKONO, Zürich, Schweiz	September 2001, September 2003
IPM, Zittau (Generallizenz)	Oktober 2001
eta Energieberatung, Pfaffenhofen	November 2001, August, 2003
Hamilton Medical AG, Rhäzüns, Schweiz	Januar 2002
Fachhochschule Bochum, Institut für Thermo- und Fluidynamik	Januar 2002
SAAS, Possendorf/Dresden	Februar 2002
FZR Forschungszentrum Rossendorf/Dresden	März 2002, September 2003
CompAir, Simmern	März 2002
GKS Gemeinschaftskraftwerk, Schweinfurt	April 2002
InfraServ, Gendorf	Mai 2002
SoftSolutions, Mühlhausen (Unternehmenslizenz)	Mai 2002
Ingenieurbüro Kleemann, Dresden	Juni 2002

Caliqua AG, Basel (Unternehmenslizenz)	Juli 2002
PCK Raffinerie, Schwedt (Konzernlizenz)	Juli 2002
Ingenieurbüro Fischer-Uhrig, Berlin	August 2002
Stadtwerke Duisburg	August 2002
Stadtwerke Hannover	September 2002, November 2003
Siemens AG, Power Generation, Görlitz	Oktober 2002
Energieversorgung Halle (Unternehmenslizenz)	Oktober 2002, Dezember 2003
Bayer AG, Leverkusen	November 2002
Dillinger Hütte, Dillingen	November 2002
Papierfabrik Utzenstorf AG, Schweiz	Januar 2003
MAB Anlagenbau, Wien, Österreich	Januar 2003
Wulff Energiesysteme, Husum	Januar 2003
Technip Benelux BV, Zoetermeer, Niederlande	Januar 2003
VER Dresden	Februar 2003
Rietschle Energieplaner, Winterthur, Schweiz	Februar 2003
DLR Leupholdhausen	April 2003
FH Emden, Fachbereich Technik	Mai 2003
Pettersson+Ahrends, Ober-Mörlen	Mai 2003
TÜV Nord, Hamburg	Juni 2003, Januar 2004
Universität Cali, Kolumbien	Juli 2003
Atlas-Stord, Rodovre, Dänemark	August 2003
ENERKO, Aldenhoven	August 2003
Steag RKB, Leuna	August 2003
exergie, Dresden	September 2003
AWTEC, Zürich	September 2003
Energie AG, Timelkam, Österreich	September 2003
LG, Annaberg-Buchholz	Oktober 2003
EnviCon & Plant Engineering, Nürnberg	November 2003
Visteon, Kerpen	November 2003, März 2004
VEO Vulkan Energiewirtschaft Oderbrücke Eisenhüttenstadt	November 2003
Fraunhofer Gesellschaft, München	Dezember 2003
FH Erfurt, FB Versorgungstechnik, Erfurt	Dezember 2003

SorTech, Freiburg	Dezember 2003
Mainova AG, Frankfurt	Dezember 2003
Vattenfall Europe (Konzernlizenz)	Januar 2004
Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik	Februar 2004
MAN B&W Diesels A/S, Copenhagen	Februar 2004
Siemens AG, Power Generation, Erlangen	Februar 2004
Fachhochschule Ulm	März 2004
EnBW Energy Solutions, Stuttgart	Mai 2004.