



Fachbereich
MASCHINENWESEN

Fachgebiet
TECHNISCHE THERMODYNAMIK

Stoffwertberechnung für R134a

**LibR134a
FluidMAT
für Mathcad®**

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

Stoffwert-Programmbibliothek für R134a

R134a

FluidMAT für Mathcad®

Inhalt

- 0 Lieferumfang
- 1 Stoffwertfunktionen der Bibliothek "LibR134a"
- 2 Nutzung von FluidMAT in Mathcad®
 - 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 - 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: 03583-61-1846
E-mail: hj.kretzschmar@hs-zigr.de
Internet: www.thermodynamik-zittau.de

0 Lieferumfang

CD "FluidMAT mit LibR134a für Mathcad®"

Stoffwert-Berechnungsprogramm für R134a 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

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

Gültigkeitsbereich

Temperaturbereich: von – 103.30 °C bis 181.85 °C
 Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 700 bar

Erläuterung zum Dampfanteil x

Das Nassdampfgebiet wird von den Unterprogrammen automatisch behandelt. Hierfür sind folgende Festlegungen für den Dampfanteil x zu beachten:

Falls der zu berechnende Zustandspunkt im Einphasengebiet (Flüssigkeit oder überhitzter Dampf) liegt, ist für x formal der Wert $x = -1$ einzugeben. Die Umkehrfunktionen liefern in diesem Fall ebenfalls den Wert $x = -1$ als Ergebnis.

Im Falle, dass Nassdampf vorliegt, hat x Werte zwischen 0 und 1 (den Wert $x = 0$ bei siedender Flüssigkeit, den Wert $x = 1$ bei Sattedampf). Die Umkehrfunktionen liefern in diesem Fall den entsprechenden Wert für x zwischen 0 und 1 als Ergebnis.

Im Fall Nassdampf genügt es, entweder den gegebenen Wert für t und $p = -1000$ oder den gegebenen Wert für p und $t = -1000$ sowie einen Wert für x zwischen 0 und 1 einzugeben. Wird bei Nassdampf sowohl t als auch p eingegeben, geht das Programm davon aus, dass die beiden Parameter zusammenpassen, d. h. der Dampfdruckkurve genügen. Ist dies nicht der Fall, wird für die zu berechnende Größe der gewählten Funktion der Wert -1000 als Ergebnis ausgegeben.

Nassdampfgebiet: Temperaturbereich von $t = -103.30^\circ\text{C}$ bis $t_c = 101.03^\circ\text{C}$

Druckbereich von $p = 0.0609422$ bar bis $p_c = 40.56$ bar

Hinweis!

Erscheint als berechnetes Ergebnis der Wert -1000 , deutet dies darauf hin, dass Eingabewerte außerhalb des Gültigkeitsbereiches gewählt wurden. Genauere Angaben zu jeder Funktion und zu ihrem Gültigkeitsbereich können der Programmdokumentation im Abschnitt 3 entnommen werden.

2 Nutzung von FluidMAT in Mathcad®

Zur komfortablen Stoffwertberechnung in Mathcad® 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:"

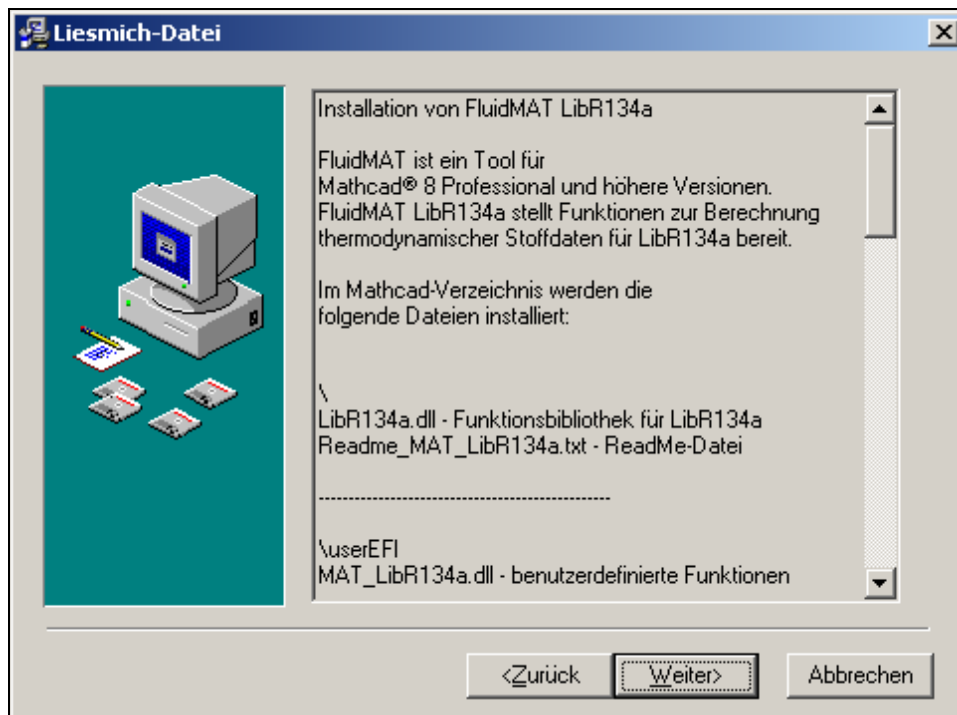
D : \ FluidMAT_R134A_Setup.EXE.

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.

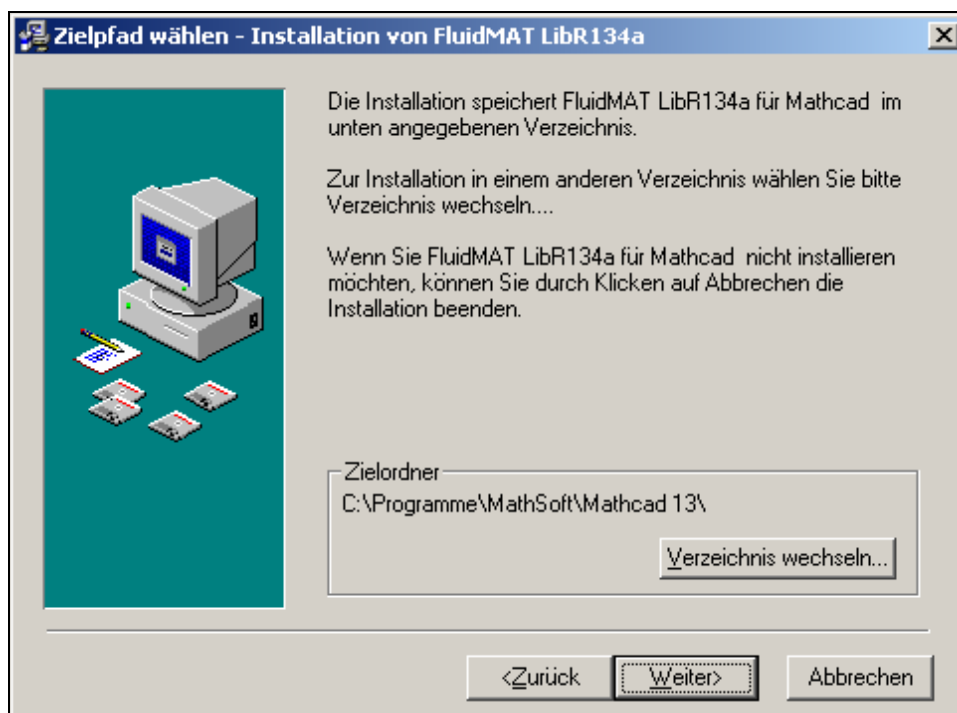


Ist dies der Fall, kann durch Anklicken der Taste "Weiter>" die Installation fortgesetzt werden.

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 13 oder höher befindet.

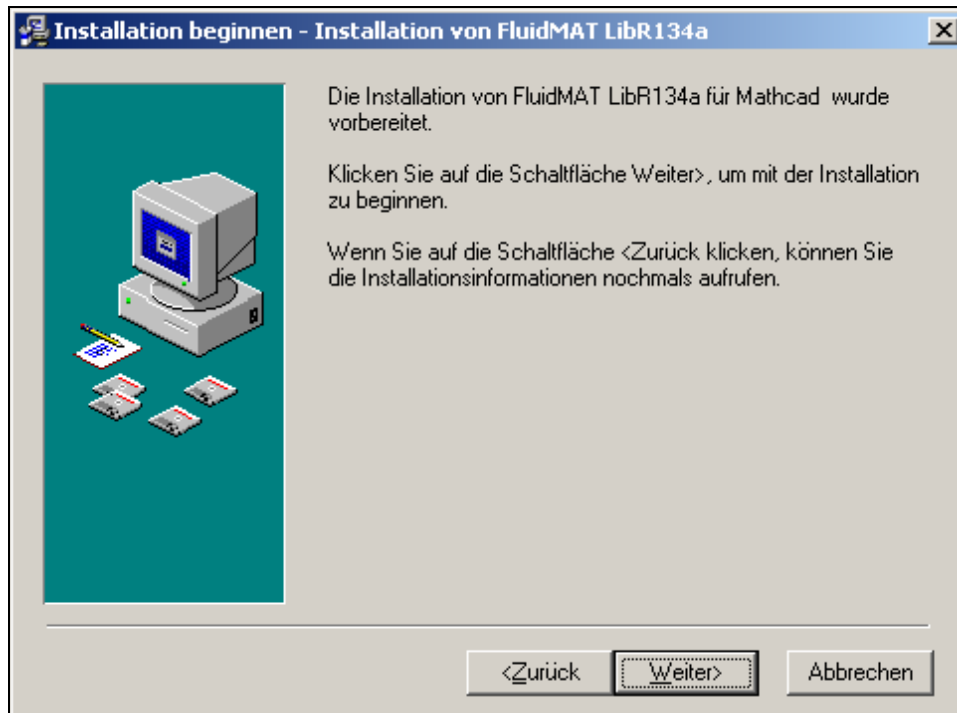


Durch das Installationsprogramm ist der korrekte Pfad für das Mathcad-Verzeichnis bereits ermittelt und eingetragen. Sollte dies nicht der Fall sein, beispielsweise wenn zwei Versionen von Mathcad auf Ihrem System vorhanden sind, dann korrigieren Sie dies bitte, indem Sie auf die Schaltfläche "Verzeichnis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

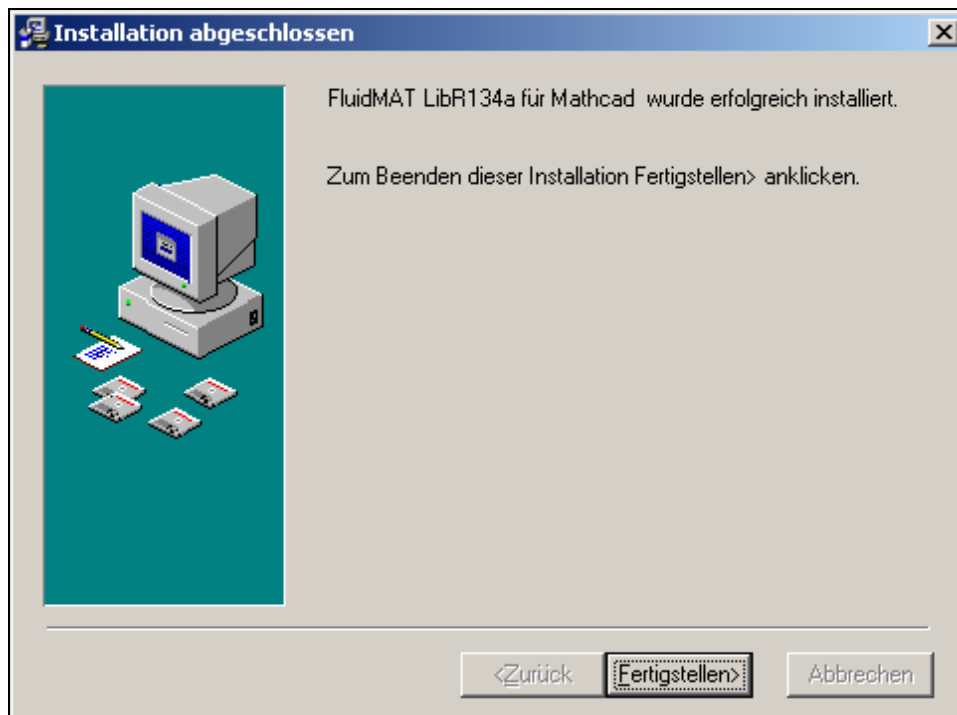
Die richtige Einstellung des Programmverzeichnis von Mathcad ist von entscheidender Bedeutung für die korrekte Installation von FluidMAT.

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
------------------	---

Nun ist die Datei "LibR134a.dll" im Mathcad-Verzeichnis mit der gleichnamigen Datei "LibR134a.dll", die sich auf der mitgelieferten CD befindet, zu überschreiben.

Öffnen Sie hierzu im Arbeitsplatz die CD mit FluidMAT und klicken Sie auf die Datei "LibR134a.dll", um sie zu markieren. Klicken Sie in der Explorerleiste auf "Bearbeiten" und danach auf "Kopieren". Öffnen Sie nun das Mathcad-Verzeichnis (der Standardpfad ist C:\Programme\MathSoft\Mathcad 13) und fügen Sie die Datei "LibR134a.dll" ein, indem Sie in der Explorerleiste auf "Bearbeiten" und danach auf "Einfügen" klicken. Beantworten Sie die Frage, ob die Datei ersetzt werden soll mit einem Klick auf "Ja".

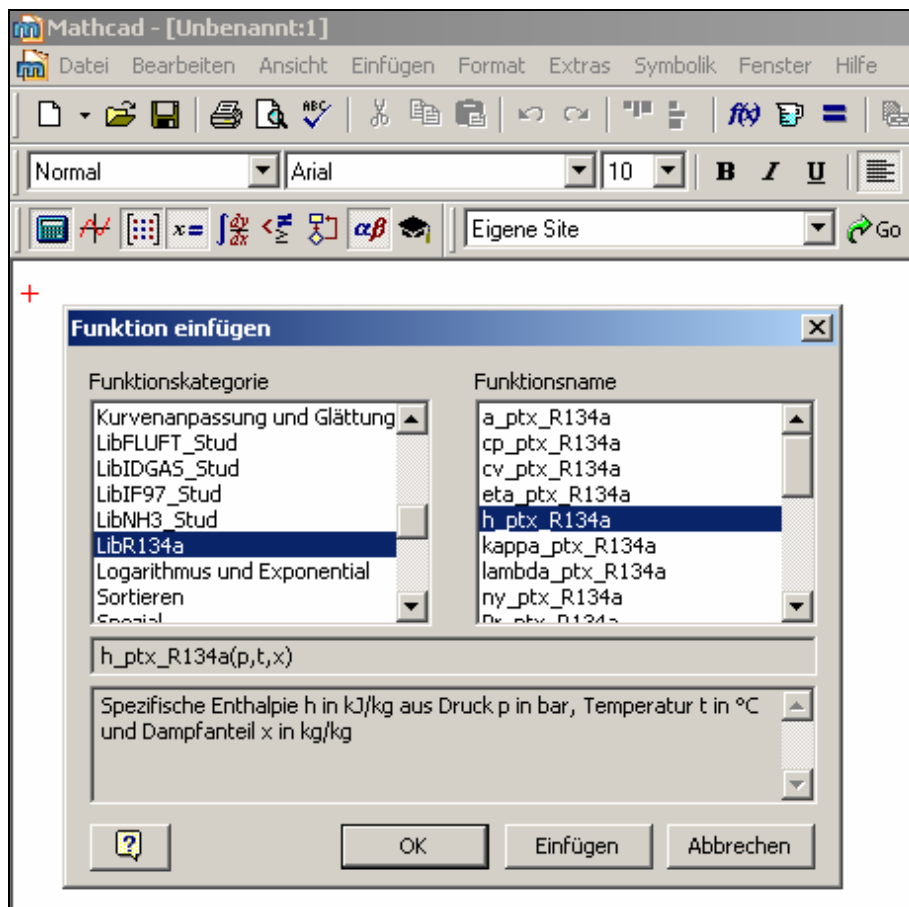
Die Datei "LibR134a.dll" wurde erfolgreich überschrieben.

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:

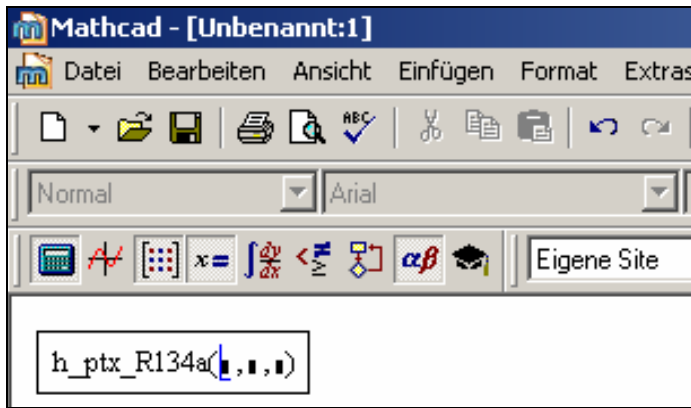
- Starten von Mathcad® (falls noch nicht geschehen).
- Schreiben von "h:" in das Arbeitsfenster. Es erscheint **h := ■**.
- Anklicken von "Einfügen" in der oberen Menüleiste und darin "Funktion...". Das folgende Dialogfenster erscheint.



- 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.

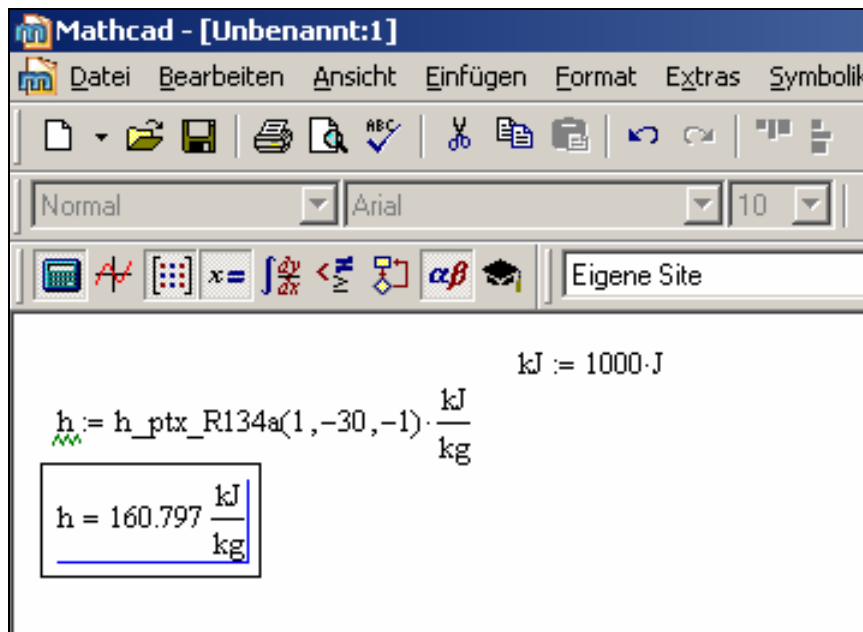
- Anklicken der Taste "OK", es erscheint **h := h_ptx_R134a (■, ■, ■)** im Arbeitsfenster von Mathcad (vgl. folgendes Bild).



- Der Cursor steht beim ersten Operanden.
- Für den ersten Operanden: Eintragen des Wertes für p in bar - mit Punkt als Dezimaltrennzeichen
(Zustandsbereich: $p = 0.0609422 \text{ bar} \dots 700 \text{ bar}$)
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: $-103.30 \dots 181.85 \text{ °C}$)
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: $h=160.797 \text{ kJ/kg}$.



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 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 "De-Installation 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 $t_c = 101.03$ °C

Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 40.56$ 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 $t > 101.03$ °C oder $t < -65.0$ °C
 bei $t = -1000$ und $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 bei $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 101.03$ °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 – 103.30 °C bis 181.85 °C
 Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 700 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 $t_t = -103.30$ °C bis $t_c = 101.03$ °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: ($x = -1$)	$p > 700$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder $t > 181.85$ °C oder $t < -103.30$ °C
Siede- oder Taulinie:	bei $p = -1000$ und $t > 101.03$ °C oder $t < -103.30$ °C bei $t = -1000$ und $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder bei $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und $t > 101.03$ °C oder $t < -103.30$ °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 - 103.30 °C bis 181.85 °C
 Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 700 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 $t_t = -103.30$ °C bis $t_c = 101.03$ °C

Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 40.56$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

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

Einphasengebiet: $p > 700$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 ($x = -1$) $t > 181.85$ °C oder $t < -103.300$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p = -1000$ und $t > 101.03$ °C oder $t < -103.30$ °C
 bei $t = -1000$ und $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 bei $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 101.03$ °C oder $t < -103.30$ °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 – 103.30 °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 $t_t = -103.30$ °C bis $t_c = 101.03$ °C

Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 40.56$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

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

Einphasengebiet: $p > 5000$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 ($x = -1$) $t > 406.85$ °C oder $t < -103.300$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p = -1000$ und $t > 101.03$ °C oder $t < -103.30$ °C
 bei $t = -1000$ und $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 bei $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 101.03$ °C oder $t < -103.30$ °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 - 103.30 °C bis 181.85 °C
 Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 700 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 $t_t = -103.30$ °C bis $t_c = 101.03$ °C

Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 40.56$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

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

Einphasengebiet:
($x = -1$) $p > 700$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 $t > 181.85$ °C oder $t < -103.300$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p = -1000$ und $t > 101.03$ °C oder $t < -103.30$ °C
 bei $t = -1000$ und $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 bei $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 101.03$ °C oder $t < -103.30$ °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 – 103.30 °C bis 181.85 °C
 Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 700 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 $t_t = -103.30$ °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: $p > 700$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 ($x = -1$) $t > 181.85$ °C oder $t < -103.300$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p = -1000$ und $t > 101.03$ °C oder $t < -103.30$ °C
 bei $t = -1000$ und $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 bei $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 101.03$ °C oder $t < -103.30$ °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 $t_t = -103.30$ °C bis $t_c = 101.03$ °C

Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 40.56$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

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

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

Siede- oder Taulinie: bei $p = -1000$ und $t > 101.03$ °C oder $t < -65.0$ °C
 bei $t = -1000$ und $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 bei $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 101.03$ °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 – 103.30 °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 $t_t = -103.30$ °C bis $t_c = 101.03$ °C

Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 40.56$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

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

Einphasengebiet:
($x = -1$) $p > 5000$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 $t > 406.85$ °C oder $t < -103.300$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p = -1000$ und $t > 101.03$ °C oder $t < -103.30$ °C
 bei $t = -1000$ und $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 bei $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 101.03$ °C oder $t < -103.30$ °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 $t_c = 101.03$ °C

Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 40.56$ 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 $t > 101.03$ °C oder $t < -65.0$ °C
 bei $t = -1000$ und $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 bei $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 101.03$ °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

Rückgabewert

PS_T_R134a, PS bzw. **ps_t_R134a** – Dampfdruck p_s in bar

Gültigkeitsbereich

Temperaturbereich: von – 103.30 °C bis 101.03 °C

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Ergebnis **PS_T_R134a, PS = - 1000** bzw. **ps_t_R134a = - 1000** für Eingabewerte:

$t < - 103.30$ °C oder $t > 101.03$ °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 – 103.30 °C bis 181.85 °C
 Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 700 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 Sattedampf) 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 $t_t = -103.30$ °C bis $t_c = 101.03$ °C

Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 40.56$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

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

Einphasengebiet: $p > 700$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 ($x = -1$) $t > 181.85$ °C oder $t < -103.300$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p = -1000$ und $t > 101.03$ °C oder $t < -103.30$ °C
 bei $t = -1000$ und $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 bei $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 101.03$ °C oder $t < -103.30$ °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 - 103.30 °C bis 181.85 °C
 Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 700 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 $t_t = -103.30$ °C bis $t_c = 101.03$ °C

Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 40.56$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

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

Einphasengebiet: $p > 700$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 ($x = -1$) $t > 181.85$ °C oder $t < -103.300$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p = -1000$ und $t > 101.03$ °C oder $t < -103.30$ °C
 bei $t = -1000$ und $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 bei $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 101.03$ °C oder $t < -103.30$ °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 – 103.30 °C bis 181.85 °C

Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 700 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 $p_c = 40.56$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

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

Einphasengebiet:
($x = -1$) $p > 700$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
bei Berechnungsergebnis $t > 181.85$ °C oder $t < -103.300$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609$ bar oder
bei Berechnungsergebnis $t > 101.03$ °C oder $t < -103.30$ °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 – 103.30 °C bis 181.85 °C
 Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 700 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 $p_c = 40.56$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

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

Einphasengebiet:
($x = -1$) $p > 700$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 bei Berechnungsergebnis $t > 181.85$ °C oder $t < -103.300$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 bei Berechnungsergebnis $t > 101.03$ °C oder $t < -103.30$ °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 40.56 bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

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

$p < 0.0609422$ bar oder $p > 40.56$ 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 - 103.30 °C bis 181.85 °C
 Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 700 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 $t_t = -103.30$ °C bis $t_c = 101.03$ °C

Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 40.56$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

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

Einphasengebiet:
($x = -1$) $p > 700$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 $t > 181.85$ °C oder $t < -103.300$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p = -1000$ und $t > 101.03$ °C oder $t < -103.30$ °C
 bei $t = -1000$ und $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 bei $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 101.03$ °C oder $t < -103.30$ °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_PTX_R134a(P,T,X)**
REAL*8 P,T,X

Unterprogramm mit Parameter:
für Aufruf aus DLL **INTEGER*4 FUNCTION C_V_PTX_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_PTX_R134a, V bzw. **v_ptx_R134a** - spezifisches Volumen v in m³/kg

Gültigkeitsbereich

Temperaturbereich: von – 103.30 °C bis 181.85 °C
 Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 700 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 $t_t = -103.30$ °C bis $t_c = 101.03$ °C

Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 40.56$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

Ergebnis **V_PTX_R134a, V = -1000** bzw. **v_ptx_R134a = -1000** für Eingabewerte:

Einphasengebiet:
($x = -1$) $p > 700$ bar oder $p < 0.0604229$ bar oder
 $t > 181.85$ °C oder $t < -103.300$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p = -1000$ und $t > 101.03$ °C oder $t < -103.30$ °C
 bei $t = -1000$ und $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 bei $p > 113.36114$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 101.03$ °C oder $t < -103.30$ °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 – 103.30 °C bis 181.85 °C
 Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 700 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 $t_t = -103.30$ °C bis $t_c = 101.03$ °C

Druckbereich von $p_t = 0.0609422$ bar bis $p_c = 40.56$ bar

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

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

Einphasengebiet: $p > 700$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 ($x = -1$) $t > 181.85$ °C oder $t < -103.30$ °C

Siede- oder Taulinie: bei $p = -1000$ und $t > 101.03$ °C oder $t < -103.30$ °C
 bei $t = -1000$ und $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar oder
 bei $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar und
 $t > 101.03$ °C oder $t < -103.30$ °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 – 103.30 °C bis 181.85 °C

Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 700 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 $p_l = 0.0609422$ bar bis $p_c = 40.56$ 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
 $p > 40.56$ 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 – 103.30 °C bis 181.85 °C

Druckbereich: von 0.0609422 bar bis 700 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 $p_l = 0.0609422$ bar bis $p_c = 40.56$ 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
 $p > 40.56$ bar oder $p < 0.0609422$ bar

Literatur: [16]



4 Property Libraries for Calculating Heat Cycles, Boilers, Turbines, and Refrigerations

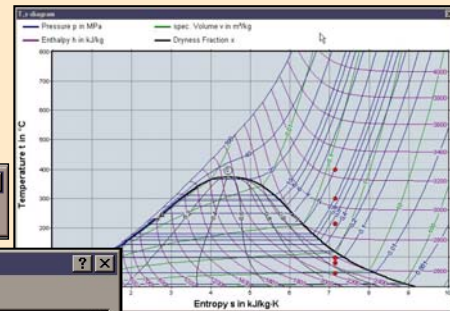
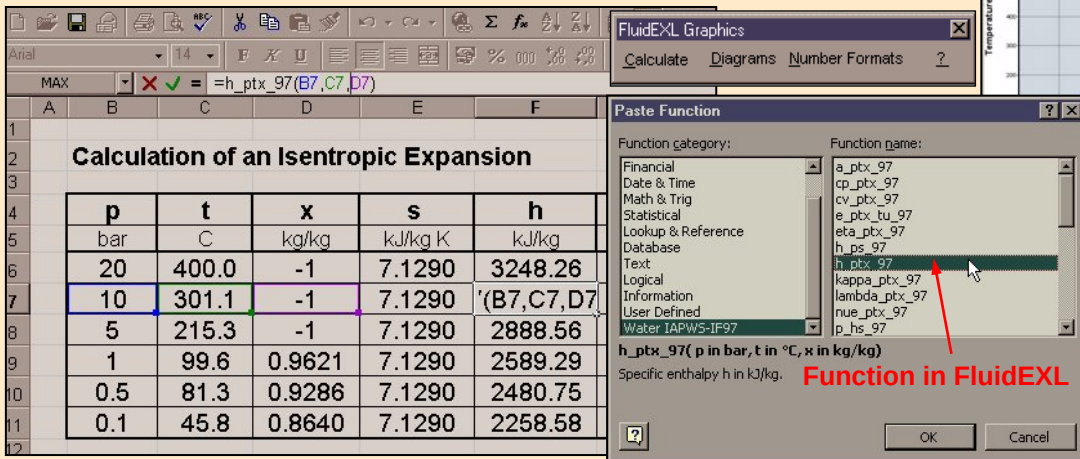
Water and Steam	Humid Combustion Gas Mixtures	Humid Air
Library LibIF97 - Industrial Formulation IAPWS-IF97 - Supplementary Standards - IAPWS-IF97-S01 - IAPWS-IF97-S03rev - IAPWS-IF97-S04 - IAPWS-IF97-S05 - IAPWS Advisory Note No. 3 (2007) on Thermodynamic Derivatives	Library LibHuGas Ideal mixture of the real fluids: CO ₂ - Span and Wagner O ₂ - Schmidt and Wagner H ₂ O - IAPWS-95 Ar - Tegeler et al. N ₂ - Span et al. and of the ideal gases: SO ₂ , CO, Ne (scientific equations of Bückner et al.) Consideration of Dissociation from VDI 4670 and Poynting effect Library LibIDGAS Ideal gas mixture (VDI-Guideline 4670)	Library LibHuAir Ideal mixture of the real fluids: - dry air: Lemmon et al. - steam and water: IAPWS-95 Consideration of - Dissociation from VDI-Guideline 4670 - Poynting effect Library LibIdAir Ideal gas mixture (VDI-Guideline 4670)

Carbon Dioxide	Ideal Gas Mixture	Refrigerants
Library LibCO2 Formulation of Span and Wagner (1994)	Library LibIdGasMix Ideal mixture of the ideal gases: Ar SO ₂ Methane Ne H ₂ Ethane N ₂ H ₂ S Ethylene O ₂ OH Propylene CO He Propane CO ₂ F ₂ Iso-Butane Air NH ₃ n-Butane NO Benzene H ₂ O Methanol Consideration of - Dissociation from VDI-Guideline 4670	Library LibNH3 Refrigerant NH₃ Formulation of Tillner-Roth (1995)
Hydrogen		Library LibR134a Refrigerant R134a Formulation of Tillner-Roth and Baehr (1994)
Library LibH2 Formulation of Leachman et al. (2007)		
Helium		
Library LibHe Formulation of McCarty and Arp (1990)		
Methanol		
Library LibCH3OH Formulation of de Reuck and Craven		

ORC Working Fluids	Mixtures for Absorption Processes	Refrigerants
Library LibMM Siloxane C₆H₁₈OSi₂ (MM) Formulation of Colonna et al. (2006)	Library LibAmWa Ammonia/Water Mixtures IAPWS Guideline 2005 of Tillner-Roth and Friend (1998) Helmholtz energy formulation for the mixing term	Library LibPropan Refrigerant Propane Formulation of Lemmon et al. (2006)
Library LibD4 Siloxane C₈H₂₄O₄Si₄ (D4) Formulation of Colonna et al. (2006)		Library LibButan_Iso Refrigerant Iso-Butane Formulation of Bückner et al. (2003)
Library LibD5 Siloxane C₁₀H₃₀O₅Si₅ (D5) Formulation of Colonna et al. (2006)	Library LibWaLi Water/Lithium Bromide Mixtures Formulation of Kim and Infante Ferrera (2004) Gibbs energy equation for the mixing term	Library LibButan_n Refrigerant n-Butane Formulation of Bückner et al. (2003)
Library LibMD4M Siloxane C₁₄H₄₂O₅Si₆ (MD4M) Formulation of Colonna et al. (2006)		

Add-In FluidEXL^{Graphics} for Excel[®]

The Add-In FluidEXL^{Graphics} has been developed for calculating thermophysical properties in Excel[®]. Using the Add-In, a direct call of the property functions is possible in Excel[®]. The calculated property values can be shown in thermodynamic charts.

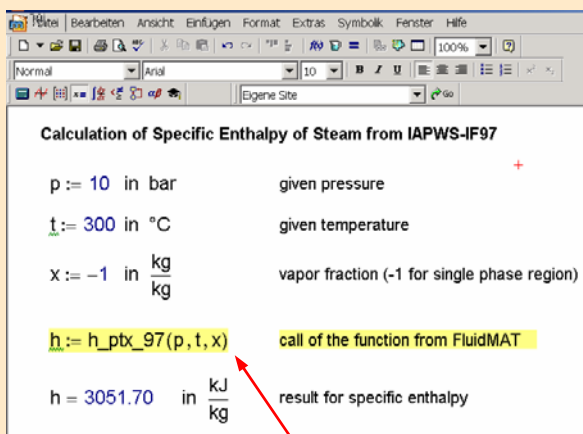


Thermodynamic Charts:

- h-s diagram
- T-s diagram
- log p-h diagram
- log p-log v diagram
- log p-T diagram
- p-T diagram
- T-h diagram
- T-log v diagram
- log p-s diagram
- h-log v diagram
- s-log v diagram
- h-x diagram for humid air

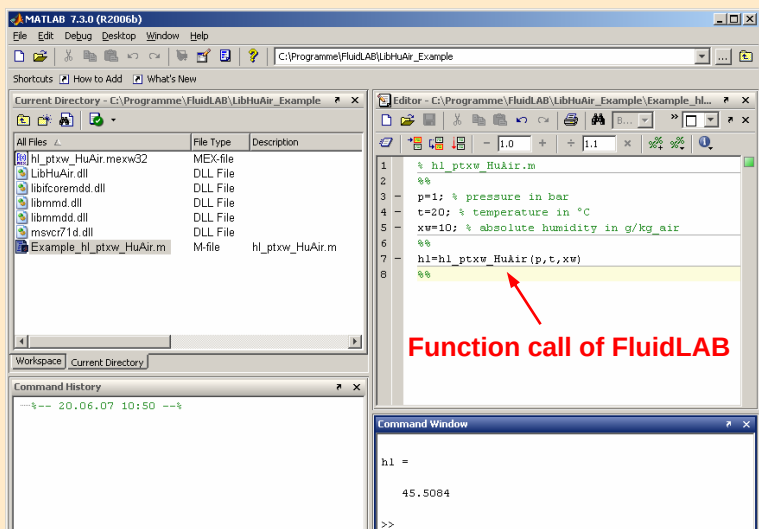
Add-On FluidMAT for Mathcad[®]

Using the Add-on FluidMAT, the functions of property libraries can be used in Mathcad[®].



Function call of FluidMAT

Add-On FluidLAB for MATLAB[®]



Function call of FluidLAB

The following thermodynamic and transport properties can be calculated:

Thermodynamic Properties

- Saturation pressure p_s
- Saturation temperature T_s
- Density ρ
- Specific volume v
- Enthalpy h
- Internal energy u
- Entropy s
- Exergy e
- Isobaric heat capacity c_p

- Isochoric heat capacity c_v
- Isentropic exponent κ
- Speed of sound w
- Surface tension σ

Thermodynamic Derivatives

- All partial derivatives can be calculated

Transport Properties

- Dynamic viscosity η
- Kinematic viscosity ν
- Thermal conductivity λ
- Prandtl-number Pr

Backward Functions

- $T, v, s(p, h)$
- $T, v, h(p, s)$
- $p, T, v(h, s)$
- $p, T(v, h)$
- $p, T(v, u)$

For information please contact:

Zittau/Goerlitz University of Applied Sciences
 Department of Technical Thermodynamics
 Prof. Hans-Joachim Kretschmar
 Dr. Ines Stoecker
 Theodor-Koerner-Allee 16
 D-02763 Zittau, Germany

E-mail: hj.kretschmar@hs-zigr.de
 Internet: www.thermodynamics-zittau.de
 Tel. : +49-3583-61-1846
 Fax : +49-3583-61-1846

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: 12/2008

Folgende Unternehmen und Institutionen nutzen die Stoffwert-Bibliotheken FluidEXL für Excel®, FluidLAB für MATLAB® und/oder FluidMAT für Mathcad®:

1997

Gerb Dresden	06/1997
Siemens Power Generation Görlitz	07/1997

1998

TU Cottbus, Lehrstuhl für Kraftwerkstechnik	05/1998
CADIS Informationssysteme Stuttgart (Generallizenz für Programm KPRO)	05/1998
M&M Turbinentechnik Bielefeld	06/1998
B+H Ingenieursoftware Stuttgart	08/1998
Alfa Ingenieurbüro, Schweiz	09/1998
VEAG Berlin (Konzern-Lizenzen)	09/1998
NUTEC Engineering Bisikon, Schweiz	10/1998
SCA Hygiene Products München	10/1998
RWE Energie Neurath	10/1998
FH Wilhelmshaven	10/1998
BASF Ludwigshafen (Konzern-Lizenz)	11/1998
Energieversorgung Offenbach	11/1998

1999

Bayernwerk München	01/1999
DREWAG Dresden (Unternehmenslizenz)	02/1999
KEMA IEV Dresden	03/1999
FH Regensburg	04/1999
Fichtner Consulting & IT Stuttgart (Unternehmenslizenzen und Vertrieb)	07/1999
TU Cottbus, Lehrstuhl für Kraftwerkstechnik	07/1999
TU Graz, Institut für Wärmetechnik, Österreich	11/1999
Ingenieurbüro Ostendorf Gummersbach	12/1999

2000

SOFBID Zwingenberg (Generallizenz für Programm EBSILON)	01/2000
AG KKK - PGW Turbo Leipzig	01/2000

PREUSSAG NOELL Würzburg	01/2000
M&M Turbinentechnik Bielefeld	01/2000
IBR Ingenieurbüro Reis Nittendorf-Undorf	02/2000
GK Hannover	03/2000
KRUPP-UHDE Dortmund (Unternehmenslizenz)	03/2000
UMAG W. UDE Husum	03/2000
VEAG Berlin (Konzern-Lizenzen)	03/2000
Ingenieurbüro Thinius Erkrath	04/2000
SaarEnergie Saarbrücken	05/2000, 08/2001
DVO Datenverarbeitungs-Service Oberhausen	05/2000
FH Aachen	06/2000
VAUP Prozessautomation Landau	08/2000
Knürr-Lommatec Lommatzsch	09/2000
AVACON Helmstedt	10/2000
Compania Electrica Bogota, Columbien	10/2000
G.U.N.T. Gerätebau Barsbüttel (Generallizenz Lehrversuchstände)	11/2000
Steinhaus Informationssysteme Datteln (Generallizenz für Prozessdatensoftware)	12/2000

2001

ALSTOM Power Baden, Schweiz	01/2001, 06/2001, 12/2001
KW2 B. V. Amersfoot, Niederlande	01/2001, 11/2001
Eco Design Saitamaken, Japan	01/2001
M&M Turbinentechnik Bielefeld	01/2001, 09/2001
MVV Energie Mannheim	02/2001
TU Dresden, Institut für Energiemaschinen und Maschinenlabor	02/2001
PREUSSAG NOELL Würzburg	03/2001
Fichtner Consulting & IT Stuttgart (Unternehmenslizenzen und Vertrieb)	04/2001
Münstermann GmbH Telgte-Westbevern	05/2001
SaarEnergie Saarbrücken	05/2001
Siemens Karlsruhe (Generallizenz für Informationssystem WinIS)	08/2001
Neusiedler AG Ulmerfeld, Österreich	09/2001
h s energieanlagen Freising	09/2001

Electrowatt-EKONO Zürich, Schweiz	09/2001
IPM Zittau (Generallizenz)	10/2001
eta Energieberatung Pfaffenhofen	11/2001
ALSTOM Power Baden, Schweiz	12/2001
VEAG Berlin (Konzern-Lizenzen)	12/2001,

2002

Hamilton Medical AG Rhäzüns, Schweiz	01/2002
Fachhochschule Bochum, Institut für Thermo- und Fluidodynamik	01/2002
SAAS Possendorf/Dresden	02/2002
Siemens Karlsruhe (Generallizenz für Informationssystem WinIS)	02/2002
FZR Forschungszentrum Rossendorf/Dresden	03/2002
CompAir Simmern	03/2002
GKS Gemeinschaftskraftwerk Schweinfurt	04/2002
ALSTOM Power Baden, Schweiz (Konzernlizenzen)	05/2002
InfraServ Gendorf	05/2002
SoftSolutions Mühlhausen (Unternehmenslizenz)	05/2002
DREWAG Dresden (Unternehmenslizenz)	05/2002
SOFBID Zwingenberg (Generallizenz für Programm EBSILON)	06/2002
Ingenieurbüro Kleemann Dresden	06/2002
Caliqua Basel, Schweiz (Unternehmenslizenz)	07/2002
PCK Raffinerie Schwedt (Konzernlizenz)	07/2002
Ingenieurbüro Fischer-Uhrig Berlin	08/2002
Fichtner Consulting & IT Stuttgart (Unternehmenslizenzen und Vertrieb)	08/2002
Stadtwerke Duisburg	08/2002
Stadtwerke Hannover	09/2002
Siemens Power Generation Görlitz	10/2002
Energieversorgung Halle (Unternehmenslizenz)	10/2002
Bayer Leverkusen	11/2002
Dillinger Hütte Dillingen	11/2002
G.U.N.T. Gerätebau Barsbüttel (Generallizenz Lehrversuchstände)	12/2002
VEAG Berlin (Konzern-Lizenzen)	12/2002

2003

Papierfabrik Utzenstorf, Schweiz	01/2003
MAB Anlagenbau Wien, Österreich	01/2003
Wulff Energiesysteme Husum	01/2003
Technip Benelux BV Zoetermeer, Niederlande	01/2003
ALSTOM Power Baden, Schweiz	01/2003, 07/2003
VER Dresden	02/2003
Rietschle Energieplaner Winterthur, Schweiz	02/2003
DLR Leupholdhausen	04/2003
FH Emden, Fachbereich Technik	05/2003
Pettersson+Ahrends Ober-Mörlen	05/2003
SOFBID Zwingenberg (Generallizenz für Programm EBSILON)	05/2003
Ingenieurbüro Ostendorf Gummersbach	05/2003
TÜV Nord Hamburg	06/2003
Münstermann GmbH Telgte-Westbevern	06/2003
Universität Cali, Kolumbien	07/2003
Atlas-Stord Rodovre, Dänemark	08/2003
ENERKO Aldenhoven	08/2003
STEAG RKB Leuna	08/2003
eta Energieberatung Pfaffenhofen	08/2003
exergie Dresden	09/2003
AWTEC Zürich, Schweiz	09/2003
Energie Timelkam, Österreich	09/2003
Electrowatt-EKONO Zürich, Schweiz	09/2003
LG Annaberg-Buchholz	10/2003
FZR Forschungszentrum Rossendorf/Dresden	10/2003
EnviCon & Plant Engineering Nürnberg	11/2003
Visteon Kerpen	11/2003
VEO Vulkan Energiewirtschaft Oderbrücke Eisenhüttenstadt	11/2003
Stadtwerke Hannover	11/2003
SaarEnergie Saarbrücken	11/2003
Fraunhofer Gesellschaft München	12/2003
FH Erfurt, FB Versorgungstechnik	12/2003
SorTech Freiburg	12/2003
Mainova Frankfurt	12/2003

Energieversorgung Halle (Unternehmenslizenz)	12/2003
2004	
Vattenfall Europe (Konzernlizenz)	01/2004
TÜV Nord Hamburg	01/2004
Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik	02/2004
MAN B&W Diesel A/S Kopenhagen, Dänemark	02/2004
Siemens AG Power Generation Erlangen	02/2004
Fachhochschule Ulm	03/2004
Visteon Kerpen	03/2004, 10/2004
TU Dresden, Professur für Thermische Energemaschinen und -anlagen	04/2004
Rerum Cognitio Zwickau	04/2004
Universität Saarbrücken	04/2004
Grenzebach BSH Bad Hersfeld	04/2004
SOFBID Zwingenberg (Generallizenz für Programm EBSILON)	04/2004
EnBW Energy Solutions Stuttgart	05/2004
HEW-Kraftwerk Tiefstack	06/2004
h s energieanlagen Freising	07/2004
FCIT Stuttgart	08/2004
Physikalisch Technische Bundesanstalt Braunschweig	08/2004
Mainova Frankfurt	08/2004
Rietschle Energieplaner Winterthur, Schweiz	08/2004
MAN Turbomaschinen Oberhausen	09/2004
TÜV Süd Dresden	10/2004
STEAG Kraftwerk Herne	10/2004, 12/2004
Universität Weimar	10/2004
energeticals (e-concept) München	11/2004
SorTech Halle	11/2004
Enertech EUT Radebeul (Unternehmenslizenz)	11/2004
Fachhochschule München	12/2004
STORA ENSO Sachsen Eilenburg	12/2004
TU Cottbus, Lehrstuhl für Kraftwerkstechnik	12/2004
Freudenberg Service Weinheim	12/2004

2005

TÜV NORD Hannover	01/2005
J.H.K Anlagenbau und Service Bremerhaven	01/2005
Electrowatt-EKONO Zürich, Schweiz	01/2005
FCIT Stuttgart	01/2005
Energietechnik Leipzig (Unternehmenslizenz)	02/2005, 04/2005, 07/2005
eta Energieberatung Pfaffenhofen	02/2005
FZR Forschungszentrum Rossendorf/Dresden	04/2005
Universität Saarbrücken	04/2005
TU Dresden, Professur für Thermische Energemaschinen und -anlagen	04/2005
Grenzebach BSH Bad Hersfeld	04/2005
TÜV Nord Hamburg	04/2005
Technische Universität Dresden, Abfallwirtschaft	05/2005
Siemens Power Generation Görlitz	05/2005
FH Düsseldorf Fachbereich Maschinenbau u. Verfahrenstechnik	05/2005
Redacom Nidau Schweiz	06/2005
Dumas Verfahrenstechnik Hofheim	06/2005
Alensys Engineering Erkner	07/2005
Stadtwerke Leipzig	07/2005
SaarEnergie Saarbrücken	07/2005
ALSTOM ITC Rugby, Großbritannien	08/2005
BTU Cottbus, Lehrstuhl für Kraftwerkstechnik	08/2005
Vattenfall Europe Berlin (Konzernlizenz)	08/2005
BTC Berlin	10/2005
FH Basel, Abteilung für Maschinenbau, Schweiz	10/2005
Midiplan Bietigheim-Bissingen	11/2005
TU Freiberg, Lehrstuhl für Hydrogeologie	11/2005
STORA ENSO Sachsen Eilenburg	12/2005
Energieversorgung Halle (Unternehmenslizenz)	12/2005
KEMA IEV Dresden	12/2005

2006

STORA ENSO Sachsen Eilenburg	01/2006
TU München, Lehrstuhl für Energiesysteme	01/2006

NUTEC Engineering Bisikon, Schweiz	01/2006, 04/2006
Conwel eco Bochoy, Tschechische Republik	01/2006
FH Offenburg	01/2006
KOCH Transporttechnik Wadgassen	01/2006
BEG Bremerhavener Entsorgungsgesellschaft	02/2006
FH Deggendorf, Fachbereich Maschinenbau und Mechatronik	02/2006
Universität Stuttgart, Fachbereich Thermische Strömungsmaschinen	02/2006
TU München, Lehrstuhl für Apparate- und Anlagenbau	02/2006
Energietechnik Leipzig (Unternehmenslizenz)	02/2006
Siemens Power Generation Erlangen	02/2006, 03/2006
RWE Power Essen	03/2006
WÄTAS Poberschau	04/2006
Siemens Power Generation Görlitz	04/2006
TU Braunschweig, Institut für Thermodynamik	04/2006
EnviCon & Plant Engineering Nürnberg	04/2006
Ingenieurbüro Brassel Dresden	05/2006
Universität Halle-Merseburg, Institut USET Merseburg e.V.	05/2006
TU Dresden, Professur für Thermische Energiemaschinen und -anlagen	05/2006
Fichtner Consulting & IT Stuttgart (Unternehmenslizenzen und Vertrieb)	05/2006
Südzucker Ochsenfurt	06/2006
M&M Turbinentechnik Bielefeld	06/2006
Ingenieurbüro Feistel Volkach	07/2006
ThyssenKrupp Marine Systems Kiel	07/2006
Caliqua Basel, Schweiz (Unternehmenslizenz)	09/2006
Atlas-Stord Rodovre, Dänemark	09/2006
FH Konstanz, Studiengang Konstruktion und Entwicklung	10/2006
Siemens Power Generation Duisburg	10/2006
FH Hannover, Fachbereich Maschinenwesen	10/2006
Siemens Power Generation Berlin	11/2006
Zikesch Armaturentechnik Essen	11/2006
FH Wismar, Fachbereich Seefahrt	11/2006
BASF Schwarzheide	12/2006
Enertech Energie und Technik Radebeul	12/2006

2007

Audi Ingolstadt	02/2007
ANO Abfallbehandlung Nord Bremen	02/2007
TÜV NORD SysTec Hamburg	02/2007
VER Dresden	02/2007
TU Dresden, Lehrstuhl für Strahlantriebe	02/2007
Redacom Nidau, Schweiz	02/2007
Universität der Bundeswehr München	02/2007
Maxxtec Sinsheim	03/2007
Universität Rostock, Lehrstuhl für Technische Thermodynamik	03/2007
AGO Kulmbach	03/2007
Universität Stuttgart, Lehrstuhl für Luftfahrtantriebe	03/2007
Siemens Power Generation Duisburg	03/2007
ENTHAL Haustechnik Rees	05/2007
AWECO Neukirch	05/2007
ALSTOM Rugby, Großbritannien	06/2007
SAAS Possendorf	06/2007
Grenzebach BSH Bad Hersfeld	06/2007
Ingenieurbüro Reichel Haan	06/2007
TU Cottbus, Lehrstuhl für Kraftwerkstechnik	06/2007
Voith Paper Air Systems Bayreuth	06/2007
Egger Holzwerkstoffe Wismar	06/2007
Tissue Europe Technologie Mannheim	06/2007
Dometic Siegen	07/2007
RWTH Aachen, Institut für Elektro-Physik e.V.	09/2007
National Energy Technology Laboratory Pittsburg, USA	10/2007
Energieversorgung Halle	10/2007
AL-KO Jettingen	10/2007
Grenzebach BSH Bad Hersfeld	10/2007
FH Wiesbaden, Fachbereich Ingenieurwissenschaften	10/2007
Endress+Hauser Messtechnik Hannover	11/2007
FH München, Fakultät Maschinenbau	11/2007
Rerum Cognitio Zwickau	12/2007
Siemens Power Generation Erlangen	11/2007
Universität Rostock, Lehrstuhl für Technische Thermodynamik	11/2007, 12/2007

2008

Pink Langenwang	01/2008
Fischer-Uhrig Berlin	01/2008
Universität Karlsruhe	01/2008
MAAG Küsnacht, Schweiz	02/2008
M&M Turbinentechnik Bielefeld	02/2008
Lentjes Ratingen	03/2008
Siemens Power Generation Görlitz	04/2008
Evonik Zwingenberg (Generallizenz für EBSILON)	04/2008
WEBASTO Neubrandenburg	04/2008
CFC Solutions München	04/2008
RWE IT Essen	04/2008
Rerum Cognitio Zwickau	04/2008, 05/2008
ARUP Berlin	05/2008
Forschungszentrum Karlsruhe	07/2008
AWECO Neukirch	07/2008
TU Dresden, Professur für Technische Gebäudeausrüstung	07/2008
BTU Cottbus, Lehrstuhl für Kraftwerkstechnik	07/2008, 10/2008
Ingersoll-Rand Unicov, Tschechische Republik	08/2008
Technip Benelux BV Zoetermeer, Niederlande	08/2008
Fennovoima Oy Helsinki, Finnland	08/2008
Fichtner Stuttgart	09/2008
PEU Espenhain	09/2008
Poyry Dresden	09/2008
WINGAS Kassel	09/2008
TÜV Süd Dresden	10/2008
TU Dresden, Professur für Thermische Energiemaschinen und -anlagen	10/2008, 11/2008
AWTEC Zürich, Schweiz	11/2008
Siemens Power Generation Erlangen	12/2008