



Fachbereich  
MASCHINENWESEN

Fachgebiet  
TECHNISCHE THERMODYNAMIK

# **Stoffwertberechnung für trockene Luft, berechnet als reales Fluid**

**LibAir  
FluidMAT  
für Mathcad<sup>®</sup>  
Version für Studierende**

Prof. Dr.-Ing. habil. H.-J. Kretzschmar  
Dr.-Ing. I. Stöcker  
Dipl.-Inf. (FH) I. Jähne  
Dipl.-Ing. (FH) K. Knobloch  
Dipl.-Ing. (FH) T. Hellriegel  
Dipl.-Ing. (FH) L. Kleemann  
Dipl.-Ing. (FH) D. Seibt

**Stoffwertberechnung für  
trockene Luft, berechnet als reales Fluid  
Version für Studierende**

**FluidMAT**  
für Mathcad®

**Inhalt**

- 0 Lieferumfang
- 1 Übersicht über die Berechnungsprogramme
- 2 Nutzung von FluidMAT in Mathcad®
  - 2.1 Installation von FluidMAT
  - 2.2 Beispiel: Berechnung der luftspezifischen Enthalpie  $h_1 = f(p, t)$  für trockene Luft
  - 2.3 De-Installation von FluidMAT
- 3 Programmdokumentation
- 4 Literaturverzeichnis

## 0 Lieferumfang

### CD "FluidMAT mit LibAir\_Stud für Mathcad"

#### Trockene Luft als ideales Gemisch realer Fluide

mit folgenden Dateien:

FluidMAT_LibAir_Stud_Setup.exe	- Selbstentpackende Installationsdatei
LibAir_Stud.dll	- DLL mit Funktionen der "LibAir_Stud" Bibliothek
MAT_LibAir_Stud.xml	- Registrierung der Funktionen für trockene Luft im Dialogfenster "Funktion einfügen"
MAT_LibAir_Stud_EN.xml	- Registrierung der Funktionen für trockene Luft im Dialogfenster "Funktion einfügen"
MAT_LibAir_Stud_DE.xml	- Registrierung der Funktionen für trockene Luft im Dialogfenster "Funktion einfügen"
FluidMAT_LibAir_Stud_Doku.pdf	- Programmdokumentation

#### Dokumentation als gedrucktes Exemplar (bei Versand)

# 1 Berechnungsprogramme

## Bibliothek: "trockene Luft - reales Gas"

Funktionale Abhängigkeit	Funktionsname in FluidMAT	Stoffwert bzw. Funktion	Maßeinheit Funktionswert	Quelle bzw. Algorithmus	Infos auf Seite
$c_p = f(p, t)$	cp_pt_Air	Spezifische isobare Wärmekapazität	$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	[21], [22]	3/2
$\eta = f(p, t)$	Eta_pt_Air	Dynamische Zähigkeit	$\text{Pa} \cdot \text{s}$	[15], [22]	3/3
$h_l = f(p, t)$	hl_pt_Air	Luftmasse-spezifische Enthalpie	$\text{kJ}/\text{kg}_{\text{Luft}}$	[22], [25]	3/4
$\lambda = f(p, t)$	Lambda_pt_Air	Wärmeleitfähigkeit	$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	[15], [23]	3/5
$s_l = f(p, t)$	sl_pt_Air	Luftmasse-spezifische Entropie	$\text{kJ}/(\text{kg}_{\text{Luft}} \text{K})$	[21], [22]	3/6
$t = f(p, h_l)$	t_phl_Air	Umkehrfunktion: Temperatur aus Luftmasse-spezifischer Enthalpie und Wassergehalt	$^{\circ}\text{C}$	[21], [22]	3/7
$t = f(p, s_l)$	t_psl_Air	Umkehrfunktion: Temperatur aus Luftmasse-spezifischer Entropie und Wassergehalt	$^{\circ}\text{C}$	[21], [22]	3/8
$v_l = f(p, t)$	vl_pt_Air	Luftmasse-spezifisches Volumen	$\text{m}^3/\text{kg}_{\text{Luft}}$	[22]	3/9

### Zusammensetzung der trockenen Luft (nach *Lemmon et al.* [22], [23] ) :

Stoff		Molanteil
Stickstoff	N <sub>2</sub>	0,7812
Sauerstoff	O <sub>2</sub>	0,2096
Argon	Ar	0,0092

### Bezugszustände

thermodyn. Größe	trockene Luft
Druck	1,01325 bar
Temperatur	0,01 °C
Enthalpie	0 kJ/kg
Entropie	0,161802887 kJ/(kg K)

### Parameter

- p - Gesamtdruck in bar
- t - Temperatur in °C

### Gültigkeitsbereich

- Temperatur t = - 30 °C ... 1700 °C
- Gesamtdruck p = 6,112 mbar ... 50 bar

### Berechnungsalgorithmen

- $v_l$ ,  $h_l$ ,  $s_l$   $c_p$  nach *Lemmon et al.* [22]
- $\lambda$ ,  $\eta$  nach *Lemmon et al.* [23]

## 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 den Stoffwert-Bibliotheken. Die vorliegende Version enthält die Bibliothek LibAir\_Stud.

### 2.1 Installation von FluidMAT

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

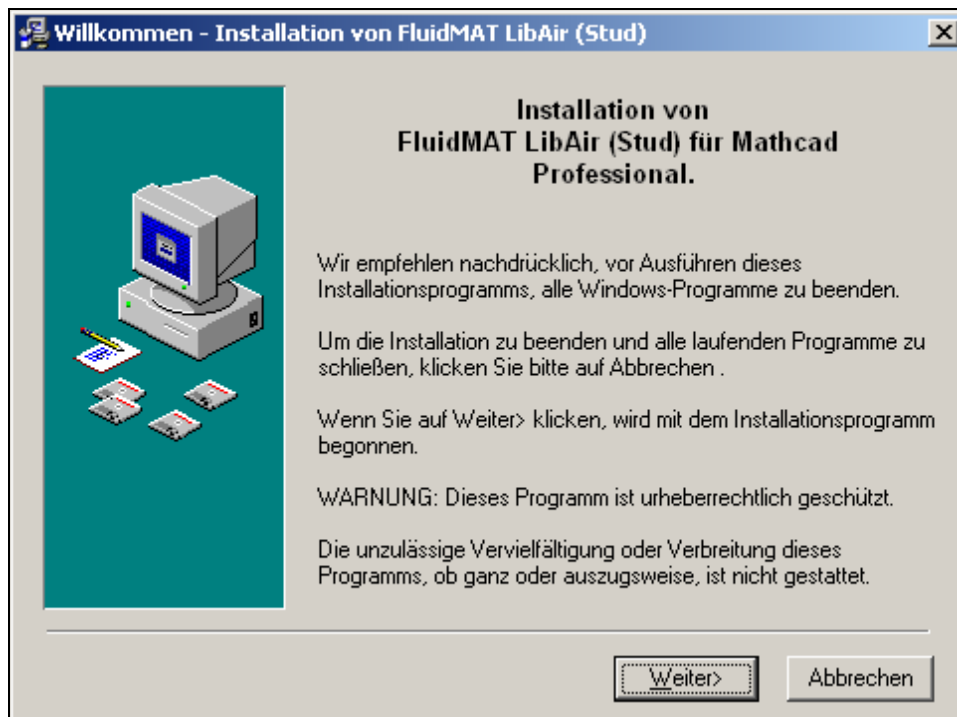
Anschließend ist die CD mit FluidMAT einzulegen.

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:

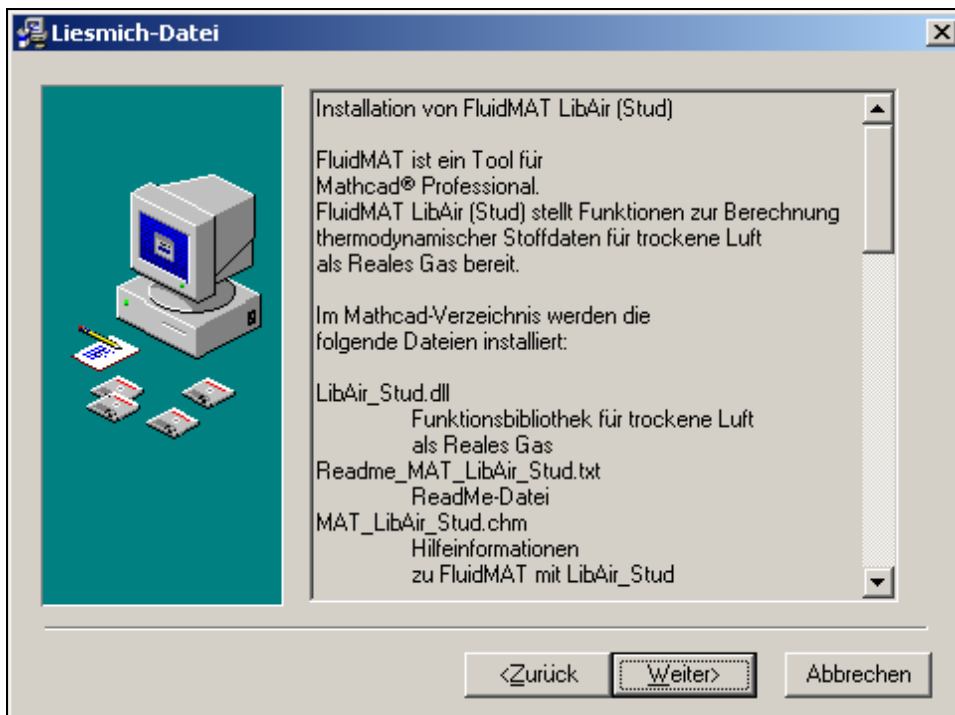
D:\FluidMAT\_LibAir\_Stud\_Setup.EXE.

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.

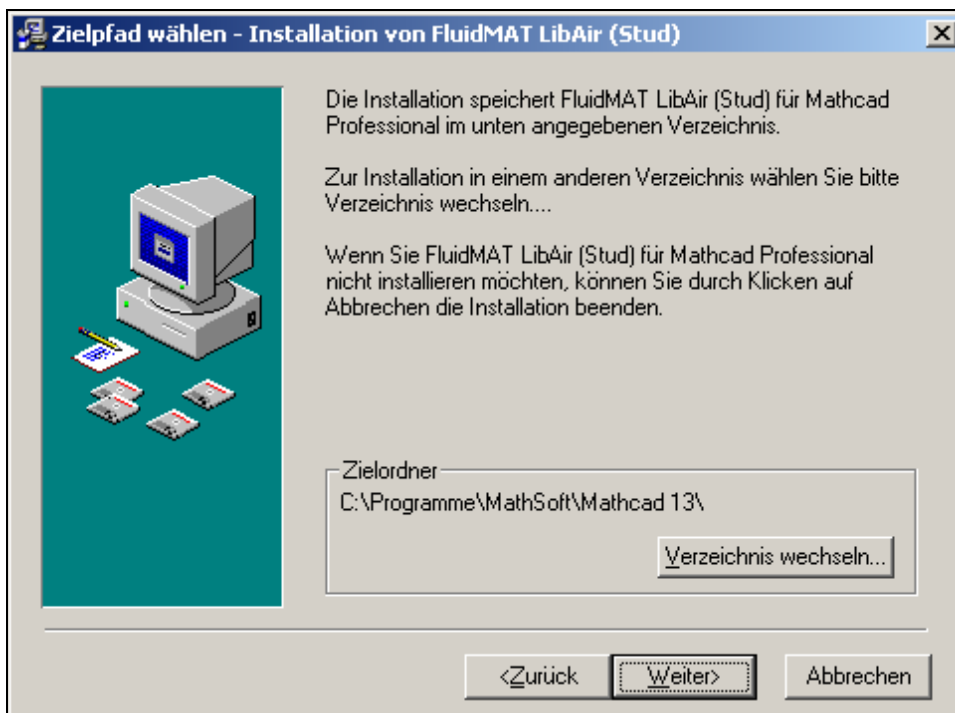


Ist dies der Fall, kann durch Anklicken der Taste "Weiter>" die Installation fortgesetzt werden.

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.

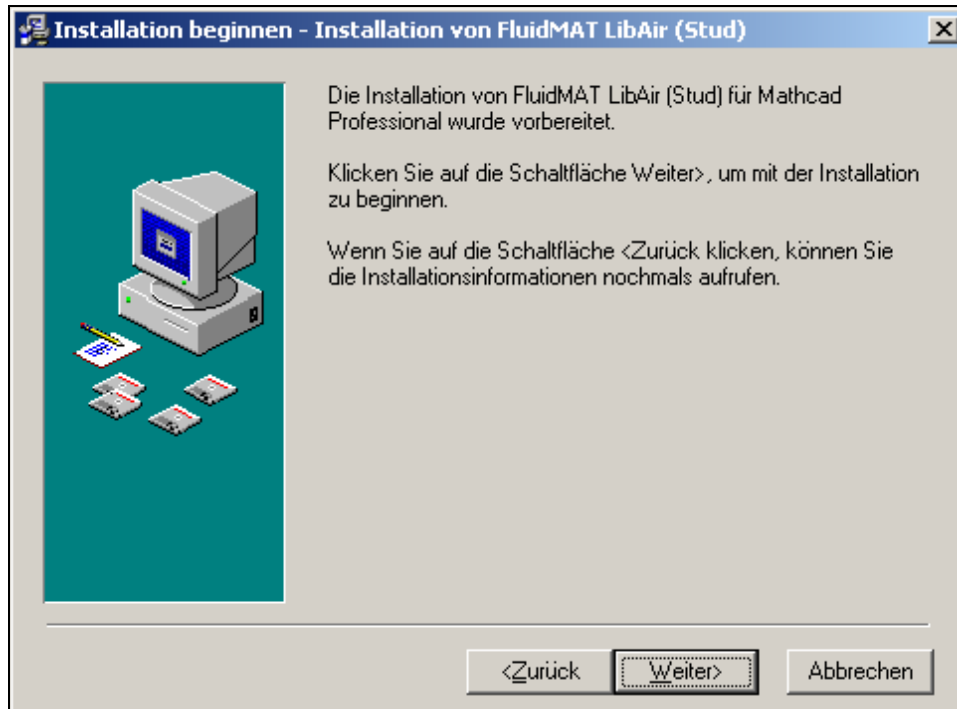


Durch das Installationsprogramm ist der korrekte Pfad für das Mathcad-Verzeichnis bereits ermittelt und eingetragen. Sollte dies nicht der Fall sein, beispielsweise wenn zwei Versionen von Mathcad auf Ihrem System vorhanden sind, dann korrigieren Sie dies bitte, indem Sie auf die Schaltfläche "Verzeichnis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

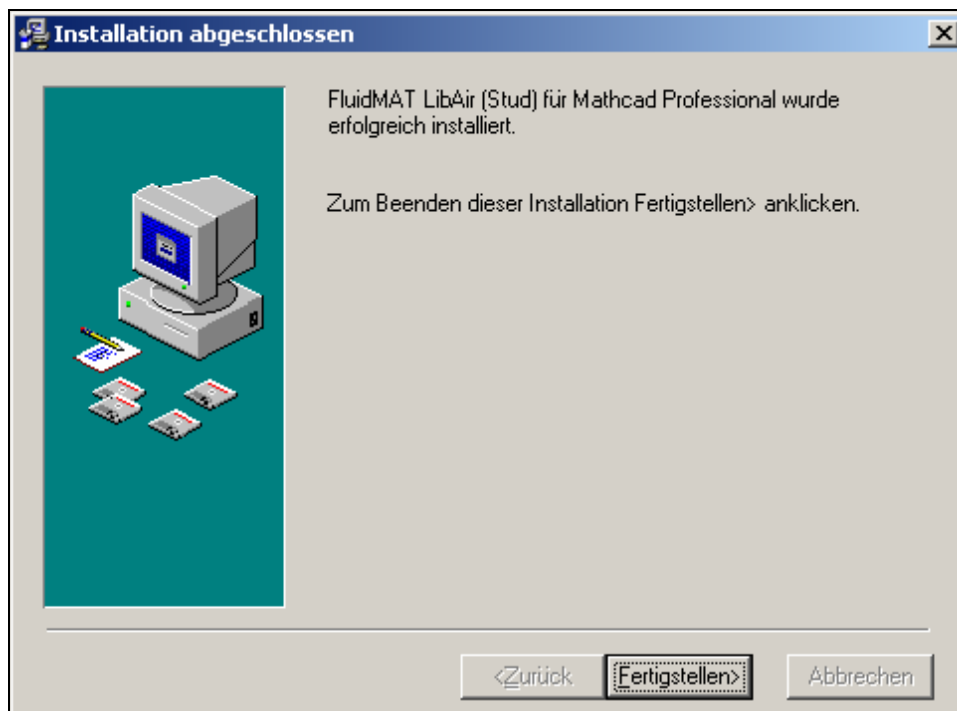
Die richtige Einstellung des Programmverzeichnisses von Mathcad ist von entscheidender Bedeutung für die korrekte Installation von FluidMAT.

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 LibAir (Stud)". 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".

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

Im Mathcad-Verzeichnis wurden die folgenden Dateien installiert:

LibAir_Stud.dll	Funktionsbibliothek für trockene Luft
Readme_MAT_LibAir_Stud.txt	ReadMe-Datei
MAT_LibAir_Stud.chm	Hilfeinformationen zu FluidMAT mit LibAir_Stud

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

MAT_LibAir_Stud.dll	benutzerdefinierte Funktionen für trockene Luft in Mathcad
---------------------	--

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

MAT_LibAir_Stud.xml	- Registrierung der Funktionen im Dialog "Funktion einfügen" für LibAir
---------------------	---

Nun ist die Datei "LibAir\_Stud.dll" im Mathcad-Verzeichnis mit der gleichnamigen Datei "LibAir\_Stud.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 "LibAir\_Stud.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 "LibAir\_Stud.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 "LibAir\_Stud.dll" wurde erfolgreich überschrieben.

Hiernach ist die Datei "MAT\_LibAir\_Stud.xml" in das Mathcad-Unterverzeichnis \DOC\FUNCDOC zu kopieren. Öffnen Sie hierzu im Arbeitsplatz die CD mit FluidMAT und klicken Sie auf die Datei "MAT\_LibAir\_Stud.xml", um sie zu markieren. Klicken Sie in der Explorerleiste auf "Bearbeiten" und danach auf "Kopieren". Öffnen Sie nun das Mathcad-Unterverzeichnis FUNCDOC (der Standardpfad lautet hierbei C:\Programme\MathSoft\Mathcad 13\DOC\FUNCDOC) und fügen Sie die Datei "MAT\_LibAir\_Stud.xml" ein, indem Sie in der Explorerleiste auf "Bearbeiten" und danach auf "Einfügen" klicken. Die Datei "MAT\_LibAir\_Stud.xml" wurde erfolgreich kopiert.

Anschließend ist die Datei "MAT\_LibAir\_Stud\_DE.xml" in das Mathcad-Unterverzeichnis \DOC\FUNCDOC zu kopieren. Öffnen Sie hierzu im Arbeitsplatz die CD mit FluidMAT und klicken Sie auf die Datei "MAT\_LibAir\_Stud\_DE.xml", um sie zu markieren. Klicken Sie in der Explorerleiste auf "Bearbeiten" und danach auf "Kopieren". Öffnen Sie nun das Mathcad-Unterverzeichnis FUNCDOC (der Standardpfad lautet hierbei C:\Programme\MathSoft\Mathcad 13\DOC\FUNCDOC) und fügen Sie die Datei "MAT\_LibAir\_Stud\_DE.xml" ein, indem Sie in der Explorerleiste auf "Bearbeiten" und danach auf "Einfügen" klicken. Die Datei "MAT\_LibAir\_Stud\_DE.xml" wurde erfolgreich kopiert.

Nun ist die Datei "MAT\_LibAir\_Stud\_EN.xml" in das Mathcad-Unterverzeichnis \DOC\FUNCDOC zu kopieren. Öffnen Sie hierzu im Arbeitsplatz die CD mit FluidMAT und klicken Sie auf die Datei "MAT\_LibAir\_Stud\_EN.xml", um sie zu markieren. Klicken Sie in der Explorerleiste auf "Bearbeiten" und danach auf "Kopieren". Öffnen Sie nun das Mathcad-Unterverzeichnis FUNCDOC (der Standardpfad lautet hierbei C:\Programme\MathSoft\Mathcad 13\DOC\FUNCDOC) und fügen Sie die Datei "MAT\_LibAir\_Stud\_EN.xml" ein, indem Sie in der Explorerleiste auf "Bearbeiten" und danach auf "Einfügen" klicken.

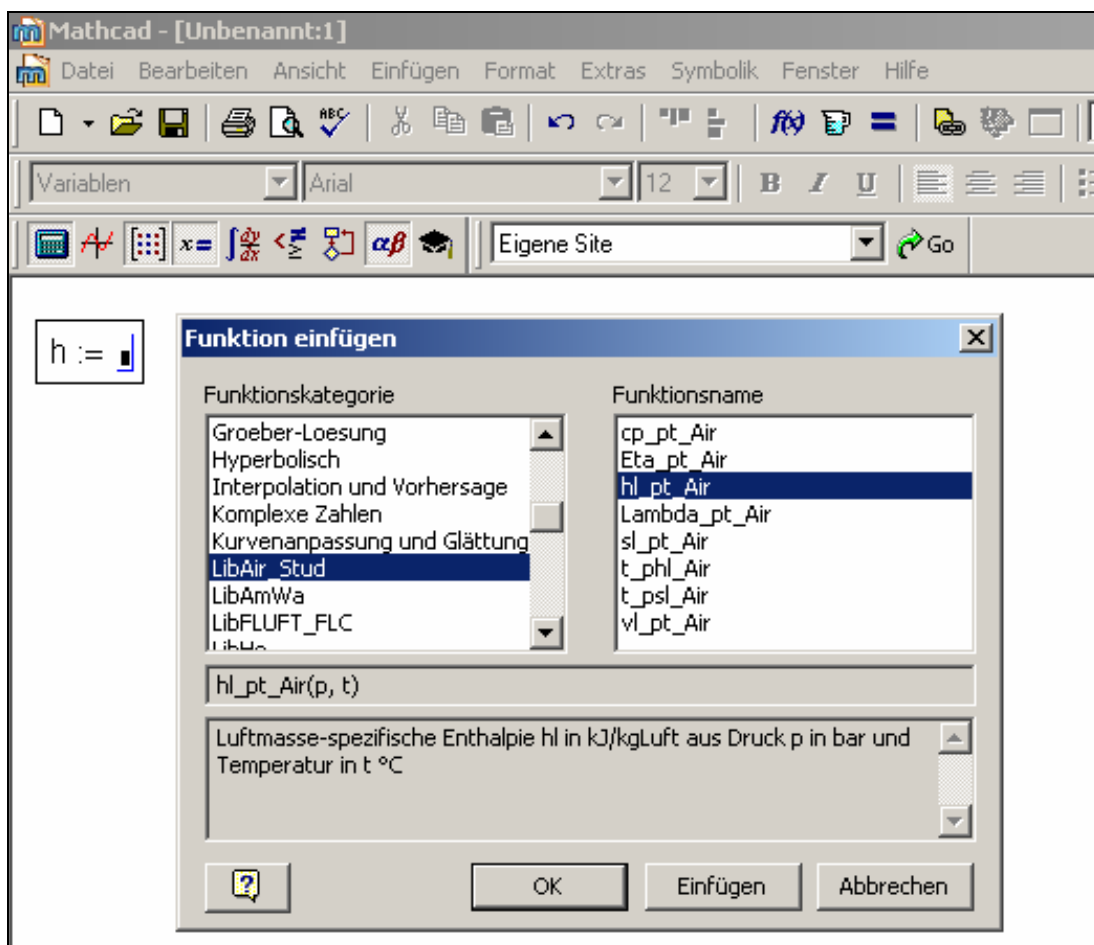
Ab sofort stehen Ihnen die Stoffwertfunktionen in Mathcad zur Verfügung.

## 2.2 Beispiel: Berechnung der luftspezifischen Enthalpie $h_l = f(p, t)$ für trockene Luft

Berechnet werden soll die luftspezifische Enthalpie  $h_l$  aus gegebenem Druck  $p$  und gegebener Temperatur  $t$  für trockene Luft.

Folgende Anweisungen sind auszuführen:

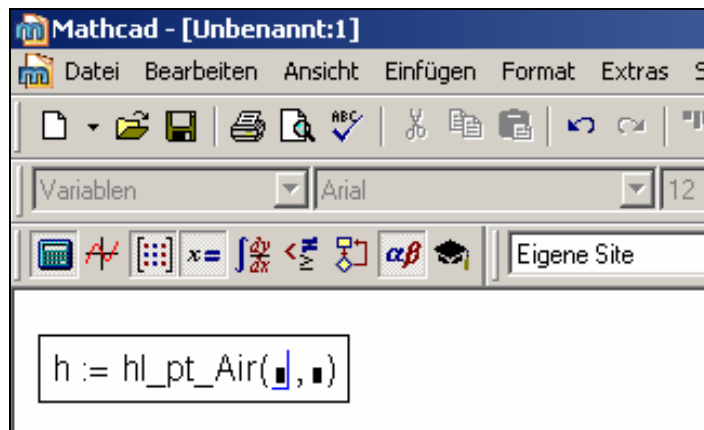
- Starten von Mathcad (falls noch nicht geschehen).
- Schreiben von "h:" in das Arbeitsfenster. Es erscheint  $h := \blacksquare$ .
- Anklicken von "Einfügen" in der oberen Menüleiste und darin "Funktion...". Das folgende Dialogfenster erscheint.



- Mit Hilfe des Scroll-Balkens unter Funktionskategorie die Bibliothek "LibAir" auswählen und anklicken. Danach unter Funktionsname die Funktion "hl\_pt\_Air" 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  $h := hl\_pt\_Air(\blacksquare, \blacksquare, \blacksquare)$  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:  $p = 6,112 \text{ mbar} \dots 50 \text{ bar}$ )

z.B. Eintragen des Wertes 1 für den ersten Operanden

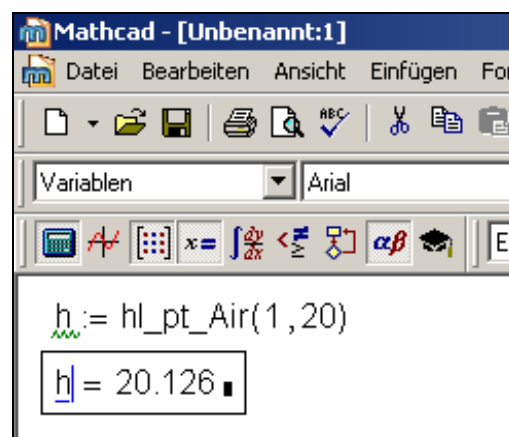
- Mit dem Cursor zum zweiten Operanden gehen.
- Für den zweiten Operanden: Eintragen des Wertes für t in °C - mit Punkt als Dezimaltrennzeichen  
(Zustandsbereich:  $t = -30 \text{ °C} \dots 1700 \text{ °C}$ )

z. B.: Eintragen des Wertes 20 für den zweiten Operanden

- 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:  $h=20.126$  .

Die Darstellung des Ergebnisses ist dabei von den eingestellten Stellenanzahl und der Anzahl der eingestellten Nachkommastelle abhängig.



## 2.3 De-Installation von FluidMAT

Um FluidMAT aus Mathcad und von der Festplatte zu entfernen, ist innerhalb von Windows<sup>®</sup> 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 LibAir Student" 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

**Spezifische isobare Wärmekapazität  $c_p = f(p, t)$** **Name in FluidEXL und FluidMAT:**

cp\_pt\_Air

**Eingabewerte:**p - Gesamtdruck  $p$  in bart - Temperatur  $t$  in °C**Rückgabewert:**

cp\_pt\_Air bzw. cp - spezifische isobare Wärmekapazität in kJ/(kg K)

**Gültigkeitsbereich:**Temperatur  $t$ : von - 30 °C bis 1700 °CGesamtdruck  $p$ : von 6,112 mbar bis 50 bar**Erläuterungen:**

ab 500 °C Einflüsse durch Dissoziation berücksichtigt

**Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten:**

cp\_pt\_Air bzw. cp = -1

**Literatur:***Lemmon et al. [22]*

**Dynamische Zähigkeit  $\eta = f(p, t)$** **Name in FluidEXL und FluidMAT:**

Eta\_pt\_Air

**Eingabewerte:**p - Gesamtdruck  $p$  in bart - Temperatur  $t$  in °C**Rückgabewert:**

Eta\_pt\_Air bzw. Eta - dynamische Zähigkeit in Pa s

**Gültigkeitsbereich:**Temperatur  $t$ : von - 30 °C bis 1700 °CGesamtdruck  $p$ : von 6,112 mbar bis 50 bar**Erläuterungen:**

- Modell der idealen Mischung realer Fluide über Volumenanteile

**Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten:**

Eta\_pt\_Air bzw. Eta = -1

**Literatur:***Lemmon et al. [22]*

**Luftmasse-spezifische Enthalpie  $h_l = f(p, t)$** **Name in FluidEXL und FluidMAT:**

hl\_pt\_Air

**Eingabewerte:**p - Gesamtdruck  $p$  in bart - Temperatur  $t$  in °C**Rückgabewert:**hl\_pt\_Air bzw. hl - luftmasse-spezifische Enthalpie in kJ/kg<sub>Luft</sub>**Gültigkeitsbereich:**Temperatur  $t$ : von - 30 °C bis 1700 °CGesamtdruck  $p$ : von 6,112 mbar bis 50 bar**Erläuterungen:**

ab 500 °C Einflüsse durch Dissoziation berücksichtigt

**Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten:**

hl\_pt\_Air bzw. hl = -1000

**Literatur:***Lemmon et al. [22]*



**Wärmeleitfähigkeit Lambda  $\lambda = f(p,t)$** **Name in FluidEXL und FluidMAT:**

Lambda\_pt\_Air

**Eingabewerte:**p - Gesamtdruck  $p$  in bart - Temperatur  $t$  in °C**Rückgabewert:**

Lambda\_pt\_Air bzw. Lambda - Wärmeleitfähigkeit in W/(m K)

**Gültigkeitsbereich:**Temperatur  $t$ : von - 30 °C bis 1700 °CGesamtdruck  $p$ : von 6,112 mbar bis 50 bar**Erläuterungen:**

- Modell der idealen Mischung realer Fluide über Volumenanteile

**Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten:**

Lambda\_pt\_Air bzw. Lambda = -1

**Literatur:***Lemmon et al. [23]*

**Luftmasse-spezifische Entropie  $s_l = f(p, t)$** **Name in FluidEXL und FluidMAT:**

sl\_pt\_Air

**Eingabewerte:**p - Gesamtdruck  $p$  in bart - Temperatur  $t$  in °C**Rückgabewert:**sl\_pt\_Air bzw. sl - Luftmasse-spezifische Entropie in kJ/(kg<sub>Luft</sub> K)**Gültigkeitsbereich:**Temperatur  $t$ : von - 30 °C bis 1700 °CGesamtdruck  $p$ : von 6,112 mbar bis 50 bar**Erläuterungen:**

ab 500 °C Einflüsse durch Dissoziation berücksichtigt

**Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten:**

sl\_pt\_Air bzw. sl = - 1000

**Literatur:***Lemmon et al. [22]*

**Umkehrfunktion: Temperatur  $t = f(p, h_1)$** **Name in FluidEXL und FluidMAT:**

t\_phl\_Air

**Eingabewerte:**p - Gesamtdruck  $p$  in bar $h_1$  - luftmasse-spezifische Enthalpie  $h_1$  in kJ/kg<sub>Luft</sub>**Rückgabewert:**

t\_phl\_Air bzw. t - Temperatur in °C

**Gültigkeitsbereich:**Temperatur  $t$ : von - 30 °C bis 1700 °CGesamtdruck  $p$ : von 6,112 mbar bis 50 bar**Erläuterungen:**Iteration von  $t$  aus  $h_1(p, t)$ 

ab 500 °C Einflüsse durch Dissoziation berücksichtigt

**Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten:**

t\_phl\_Air bzw. t = - 1000

**Literatur:**

Lemmon et al. [22]

**Umkehrfunktion:  $t = f(p, s_l)$** **Name in FluidEXL und FluidMAT:**

t\_psl\_Air

**Eingabewerte:**p - Gesamtdruck  $p$  in bars<sub>l</sub> - luftmasse-spezifische Entropie s<sub>l</sub> in kJ/(kg<sub>Luft</sub> K)**Rückgabewert:**

t\_psl\_Air bzw. t - Temperatur in °C

**Gültigkeitsbereich:**Temperatur  $t$ : von - 30 °C bis 1700 °CGesamtdruck  $p$ : von 6,112 mbar bis 50 bar**Erläuterungen:**Iteration von  $t$  aus s<sub>l</sub>(p,t)

ab 500 °C Einflüsse durch Dissoziation berücksichtigt

**Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten:**

t\_psl\_Air bzw. t = -1000

**Literatur:**

Lemmon et al. [22]

**Luftmasse-spezifisches Volumen  $v_l = f(p, t)$** **Name in FluidEXL und FluidMAT:**

vl\_pt\_Air

**Eingabewerte:**p - Gesamtdruck  $p$  in bart - Temperatur  $t$  in °C**Rückgabewert:**vl\_pt\_Air bzw. vl - Luftmasse-spezifisches Volumen in  $\text{m}^3/\text{kg}_{\text{Luft}}$ **Gültigkeitsbereich:**Temperatur  $t$ : von - 30 °C bis 1700 °CGesamtdruck  $p$ : von 6,112 mbar bis 50 bar**Erläuterungen:****keine****Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten:**

vl\_pt\_Air bzw. vl = -1

**Literatur:***Lemmon et al. [22]*

## 4 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.; Mares, R.; Oguchi, K.; Sato, H.; Stöcker, I.; Sifner, 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] Wagner, W.; Rukes, B.:  
IAPWS-IF97: Die neue Industrie-Formulation.  
BWK 50 (1998) Nr. 3, S. 42-97
- [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.; Stöcker, I.; Knobloch, K.; Trübenbach, J.; Willkommen, Th.; Dittmann, A.; Friend, D.:  
Supplementary Backward Equations  $\rho(h,s)$  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] Baehr, H.D.; Diederichsen, Ch.:  
Berechnungsgleichungen für Enthalpie und Entropie der Komponenten von Luft und  
Verbrennungsgasen.  
BWK 40 (1988) Nr. 1/2, S. 30-33
- [15] Brandt, F.:  
Wärmeübertragung in Dampferzeugern und Wärmetauschern.  
FDBR-Fachbuchreihe, Bd. 2, Vulkan Verlag Essen (1985)
- [18] Release on Surface Tension of Ordinary Water Substance 1975.  
IAPWS Sekretariat, Dooley, B., EPRI, Palo Alto CA, (1975)
- [19] VDI-Wärmeatlas, 7. Auflage.  
VDI-Verlag, Düsseldorf (1995)
- [20] Blanke, W.:  
Thermophysikalische Stoffgrößen.  
Springer-Verlag, Berlin (1989)
- [21] VDI Richtlinie 4670  
Thermodynamische Stoffwerte von feuchter Luft und Verbrennungsgasen. (2000)
- [22] 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.  
International Journal of Thermophysics, (2000), submitted
- [23] Lemmon, E. W.; Jacobsen, R. T:  
Transport Properties of Air.  
National Institute of Standards and Technology, Boulder CO, (2000),  
private communication
- [24] Revised Supplementary Release on Saturation Properties of Ordinary Water  
Substance.  
IAPWS Sekretariat, Dooley, B, EPRI, Palo Alto CA (1992)
- [25] Wexler, A.  
National Bureau of Standards, Washigton, D.C. (1976)