

HOCHSCHULE
University
of
Applied Sciences
ZITTAU/GÖRLITZ

Berechnung von Wärmeübertragern über Betriebscharakteristik

FluidMAT LibWUET
für Mathcad®

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

FB Maschinenwesen
Technische Thermodynamik

Berechnung von Wärmeübertragern über Betriebscharakteristik

FluidMAT LibWUET

Inhalt

- 0. Lieferumfang
- 1. Gültigkeitsbereich und Struktur der Programm-Bibliothek
- 2. Berechnungsprogramme
- 3. Installation von FluidMAT in Mathcad®
- 4. Beispiel: Berechnung der Betriebscharakteristik eines Gegenströmers in Mathcad®
- 5. Programmdokumentation
- 6. Literaturverzeichnis

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

0. Lieferumfang

CD "FluidMAT mit LibWUET für Mathcad® "

mit folgenden Dateien:

FluidMAT_LibWUET_Setup.exe - Selbstentpackende Installationsdatei

FluidMAT_LibWUET_Doku.pdf - Programmdokumentation

Programmdokumentation als gedrucktes Exemplar bei Versand

1. Gültigkeitsbereich und Struktur der Programm-Bibliothek

Die Bibliothek LibWUET dient zur Berechnung von Rekuperatoren, auch als Wärmetauscher bezeichnet. Rekuperatoren sind Wärmeübertrager, bei denen die Medien durch eine Wand voneinander getrennt sind. Die vorliegende Bibliothek LibWUET beschränkt sich dabei auf die drei grundlegenden Bautypen:

- Gleichströmer (gl)
- Gegenströmer (gg)
- Kreuzströmer (kr) .

In diesen Rekuperatoren gibt das Heizmedium (H) Wärme ab, welche das Kühlmedium (K) aufnimmt. Die Verlustwärme des Wärmeübertragers an die Umgebung wird vernachlässigt, d. h. der Wärmeübertrager wird als adiabat berechnet.

Aus dem I. Hauptsatz der Thermodynamik ergeben sich funktionale Zusammenhänge zwischen der Betriebscharakteristik Φ und der Übertragungszahl (Übertragungsfähigkeit) $\frac{k \cdot A}{\dot{c}_H}$, sowie dem Verhältnis der Wärmekapazitätsströme $\frac{\dot{c}_H}{\dot{c}_K}$

Die grundlegende Funktion lautet damit $\Phi = f\left(\frac{k \cdot A}{\dot{c}_H}; \frac{\dot{c}_H}{\dot{c}_K}\right)$.

Für die Übertragungszahl lässt sich daraus eine Funktion $\frac{k \cdot A}{\dot{c}_H} = f\left(\Phi; \frac{\dot{c}_H}{\dot{c}_K}\right)$ ableiten.

Die Funktion $\frac{\dot{c}_H}{\dot{c}_K} = f\left(\frac{k \cdot A}{\dot{c}_H}; \Phi\right)$ arbeitet hingegen iterativ.

Diagramme in der Formelsammlung

In der aktuellen Formelsammlung finden Sie Diagramme für die drei hier verwendeten Bautypen. In diesen Diagrammen sind Φ und $\frac{k \cdot A}{\dot{c}_H}$ als variable Werte auf den Achsen ablesbar.

Die eingetragenen Kurven gelten für konstante $\frac{\dot{c}_H}{\dot{c}_K}$ -Verhältnisse. Für eine genauere Darstellung wurde das Teildiagramm für $\frac{k \cdot A}{\dot{c}_H} = 0,2 \dots 2,0$ im oberen Bereich noch einmal dargestellt.

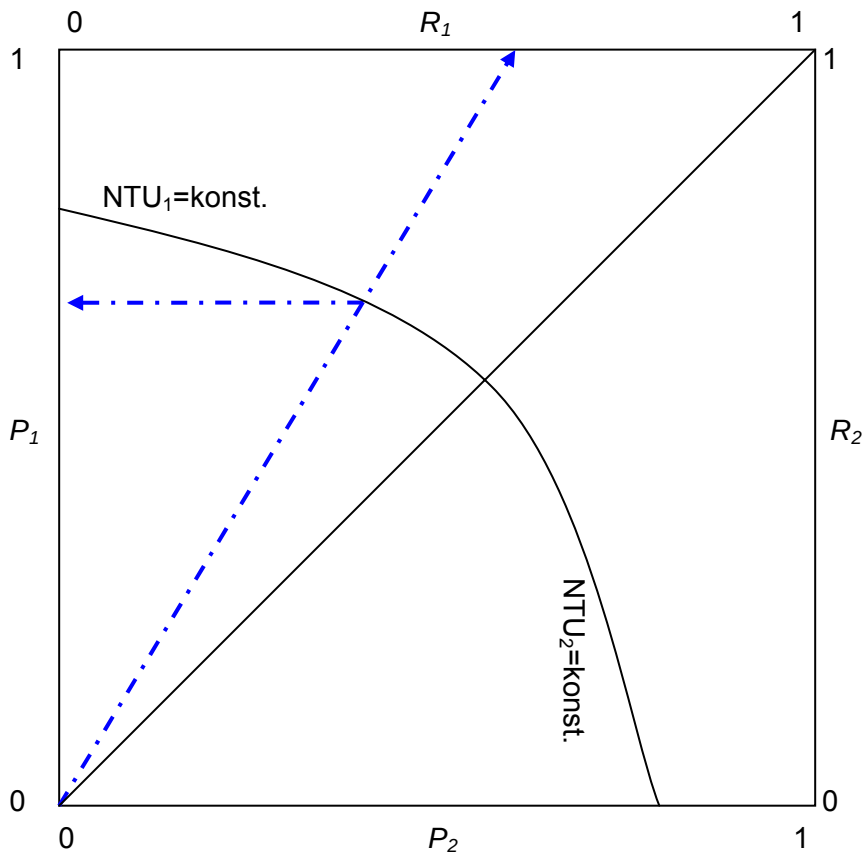
Diagramme im VDI-Wärmeatlas

Die dargestellten Zusammenhänge für diese und weitere Bauarten findet man auch im VDI-Wärmeatlas [2] als Diagramme. Diese sind jedoch in einer anderen Darstellungsform und mit anderen Bezeichnungen versehen. Die Übertragungszahl $\frac{k \cdot A}{\dot{c}_H}$ ist mit NTU , das Verhältnis

der Wärmekapazitätsströme $\frac{\dot{c}_H}{\dot{c}_K}$ mit R und die Betriebscharakteristik Φ mit P bezeichnet.

Hierbei ist zu beachten, dass die Indizierung 1, 2 den Indexen H, K entspricht, sowie dass

das Verhältnis der Wärmekapazitätsströme immer kleiner 1 ist. Für Verhältnisse größer 1 ist mit dem Reziprokwert die andere Hälfte des Diagramms zu nutzen. Es gilt $P_1 = 1 / P_2$. Zum Ablesen von P_1 in diesen Diagrammen legt man eine Gerade vom Nullpunkt, links unten, zum Skalenpunkt des gewünschten R_1 -Wertes, obere Achse. Jede Skale ist in diesen Diagrammen linear von 0 bis 1 unterteilt. Vom Schnittpunkt der Geraden mit der NTU -Kurve geht man nun Waagrecht nach links und liest den Skalenwert von P_1 ab. Analog wird P_2 im unteren Diagrammteil abgelesen. Nachfolgende Grafik dient zur Erläuterung.



$$P_1 \rightarrow \phi \qquad R_1 \rightarrow \frac{\dot{C}_H}{\dot{C}_K} \qquad NTU_1 \rightarrow \frac{k \cdot A}{\dot{C}_H}$$

$$P_2 \rightarrow \frac{1}{\phi} \qquad R_2 \rightarrow \frac{\dot{C}_K}{\dot{C}_H} \qquad NTU_2 \rightarrow \frac{k \cdot A}{\dot{C}_K}$$

2. Berechnungsprogramme

Funktionale Abhängigkeit	Funktionsname in FluidMAT	Aufruf in Deklaration für die DLL LibWUET	Funktion
$\Phi_{gl} = f\left(\frac{k \cdot A}{\dot{c}_H}; \frac{\dot{c}_H}{\dot{c}_K}\right)$	Phi_gl_WUET	_PHI_GL_WUET@8(KACH,CHCK)	Betriebscharakteristik des Gleichströmers
$\Phi_{gg} = f\left(\frac{k \cdot A}{\dot{c}_H}; \frac{\dot{c}_H}{\dot{c}_K}\right)$	Phi_gg_WUET	_PHI_GG_WUET@8(KACH,CHCK)	Betriebscharakteristik des Gegenströmers
$\Phi_{kr} = f\left(\frac{k \cdot A}{\dot{c}_H}; \frac{\dot{c}_H}{\dot{c}_K}\right)$	Phi_kr_WUET	_PHI_KR_WUET@8(KACH,CHCK)	Betriebscharakteristik des Kreuzströmers
$\frac{k \cdot A}{\dot{c}_H} = f\left(\Phi_{gl}; \frac{\dot{c}_H}{\dot{c}_K}\right)$	kACH_gl_WUET	_KACH_GL_WUET@8(PHI,CHCK)	Übertragungszahl für Gleichströmer
$\frac{k \cdot A}{\dot{c}_H} = f\left(\Phi_{gg}; \frac{\dot{c}_H}{\dot{c}_K}\right)$	kACH_gg_WUET	_KACH_GG_WUET@8(PHI,CHCK)	Übertragungszahl für Gegenströmer
$\frac{k \cdot A}{\dot{c}_H} = f\left(\Phi_{kr}; \frac{\dot{c}_H}{\dot{c}_K}\right)$	kACH_kr_WUET	_KACH_KR_WUET@8(PHI,CHCK)	Übertragungszahl für Kreuzströmer
$\frac{\dot{c}_H}{\dot{c}_K} = f\left(\frac{k \cdot A}{\dot{c}_H}; \Phi_{gl}\right)$	CHCK_gl_WUET	_CHCK_GL_WUET@8(PHI,KACH)	Verhältnis der Wärmekapazitätsströme für Gleichströmer
$\frac{\dot{c}_H}{\dot{c}_K} = f\left(\frac{k \cdot A}{\dot{c}_H}; \Phi_{gg}\right)$	CHCK_gg_WUET	_CHCK_GG_WUET@8(PHI,KACH)	Verhältnis der Wärmekapazitätsströme für Gegenströmer
$\frac{\dot{c}_H}{\dot{c}_K} = f\left(\frac{k \cdot A}{\dot{c}_H}; \Phi_{kr}\right)$	CHCK_kr_WUET	_CHCK_KR_WUET@8(PHI,KACH)	Verhältnis der Wärmekapazitätsströme für Kreuzströmer

Maßeinheiten: Die Größen Φ , $\frac{k \cdot A}{\dot{c}_H}$, $\frac{\dot{c}_H}{\dot{c}_K}$ sind dimensionslos.

Variablen im FluidMAT

Name	Definition	Bezeichnung in FluidMAT
Betriebscharakteristik	Φ	<i>Phi</i>
Übertragungszahl	$\frac{k \cdot A}{\dot{C}_H}$	<i>kACH</i>
Verhältnis der Wärmekapazitätsströme	$\frac{\dot{C}_H}{\dot{C}_K}$	<i>CHCK</i>

Berechnungsvorschriften:

Betriebscharakteristik	$\Phi = \text{Phi} = \frac{t_{H1} - t_{H2}}{t_{H1} - t_{K1}}$	<u>Festlegung:</u> H – Heizmedium → gibt Wärme ab K – Kühlmedium → nimmt Wärme auf 1 – jeweils Eintritt von H und K 2 – jeweils Austritt von H und K gl – Gleichströmer gg – Gegenströmer kr – Kreuzströmer j – Flächenbezug: j = i – innen j = a – außen
Übertragungszahl (engl.: NTU – Number of Transfer-Units)	$kACH = \frac{k_j \cdot A_j}{\dot{C}_H}$	
Verhältnis der Wärmekapazitätsströme	$CHCK = \frac{\dot{C}_H}{\dot{C}_K} = \frac{\Delta t_K}{\Delta t_H}$	
$\dot{C}_K$ - Wärmekapazitätsstrom Kühlmedium	$\dot{C}_K = \dot{m}_K \cdot c_{pK}^m$	
$\dot{C}_H$ - Wärmekapazitätsstrom Heizmedium	$\dot{C}_H = \dot{m}_H \cdot c_{pH}^m$	$\dot{m}$ – Massestrom
Δt_K - Temperaturdifferenz Kühlmedium	$\Delta t_K = t_{K1} - t_{K2}$	k – Wärmedurchgangskoeffizient
Δt_H - Temperaturdifferenz Heizmedium	$\Delta t_H = t_{H1} - t_{H2}$	A – Heizfläche (wärmeübertragende Fläche)

c_{pH}^m - mittlere Wärmekapazität von H	$c_{pH}^m = \frac{h_{H2} - h_{H1}}{t_{H2} - t_{H1}} \quad \text{für } p_H \approx \text{const.}$ Näherung : $c_{pH}^m \approx \frac{1}{2} [c_{pH}(t_{H1}) + c_{pH}(t_{H2})]$	h – Spezifische Enthalpie t – Temperatur von Heiz- und Kühlmedium c_p – mittlere Wärmekapazität p – Druck des Heiz- bzw. Kühlmediums
c_{pK}^m - mittlere Wärmekapazität von K	$c_{pK}^m = \frac{h_{K2} - h_{K1}}{t_{K2} - t_{K1}} \quad \text{für } p_K \approx \text{const.}$ Näherung : $c_{pK}^m \approx \frac{1}{2} [c_{pK}(t_{K1}) + c_{pK}(t_{K2})]$	

Weitere Zusammenhänge können aus der Formelsammlung unter dem Thema Rekuperatoren entnommen werden.

3. Installation von FluidMAT LibWUET

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 LibWUET einzulegen.

FluidMAT LibWUET 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:"

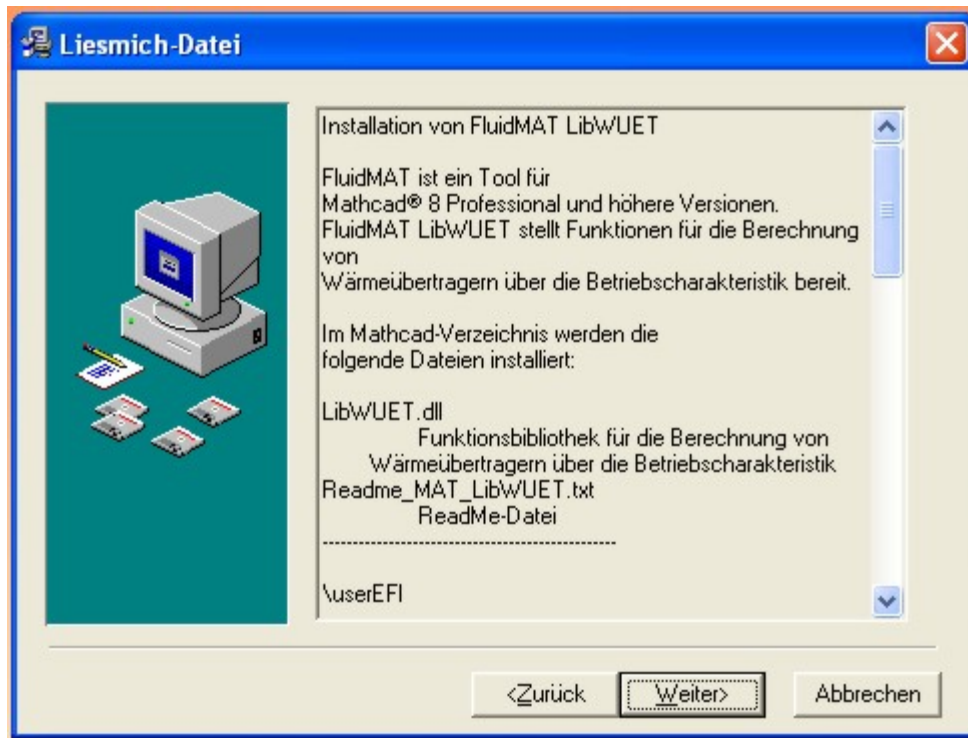
<CD-Laufwerksbuchstabe>:\ FluidMAT_LibWUET_Setup.EXE .

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.

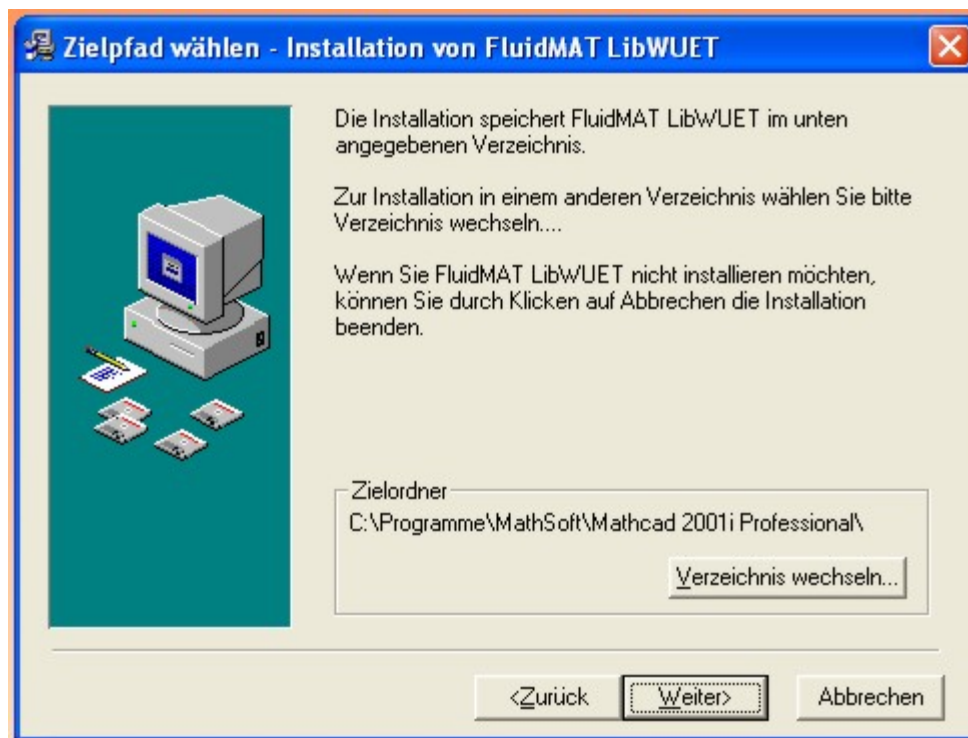
Im folgenden Fenster "Liesmich-Datei" werden Sie über das Produkt FluidMAT LibWUET informiert. Klicken Sie auf "Weiter>" um dieses Fenster zu verlassen.



Im folgenden Menü wird die Festplatte bzw. Partition und das Verzeichnis angeboten, auf der sich das Programm Mathcad befindet. Als Standard wird bei installiertem Mathcad 2001

C:\Programme\Mathsoft\Mathcad 2001 Professional

für die Installation von FluidMAT LibWUET angeboten, wobei gegebenenfalls statt C:\ ein anderer Laufwerksbuchstabe stehen kann.



Im Normalfall wurde durch das Installationsprogramm der korrekte Pfad für das Mathcad 2001-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 Anwenderverzeichnisses von Mathcad ist von entscheidender Bedeutung für die korrekte Installation von FluidMAT LibWUET.

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 LibWUET ". Dieses verlassen Sie mit "Weiter>".

Die Dateien von FluidMAT LibWUET 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:

LibWUET.dll - Funktionsbibliothek für instationäre Wärmeleitung bei symmetrischen Bedingungen nach LibWUET

ReadmeFluidMAT2000.txt - ReadMe-Datei

Im Mathcad-Unterverzeichnis \USEREFI wurden die folgenden Dateien installiert:

MAT_LibWUET.dll - benutzerdefinierte Funktionen für instationäre Wärmeleitung nach LibWUET in Mathcad

Im Mathcad-Unterverzeichnis \DOC\FUNCDOC wurden die folgenden Dateien installiert:

MAT_LibWUET.xml - Registrierung der Funktionen im Dialog "Funktion einfügen" für LibWUET

Sollte auf Ihrem Computer eine englische Version von Mathcad 11 oder höher installiert sein, ist die neu hinzugekommene Datei mit MAT_LibWUET_EN.xml, benannt.

4. Beispiel: Berechnung der Betriebscharakteristik eines Gegenströmers in Mathcad

$$\Phi_{gg} = f\left(\frac{k \cdot A}{\dot{c}_H}; \frac{\dot{c}_H}{\dot{c}_K}\right)$$

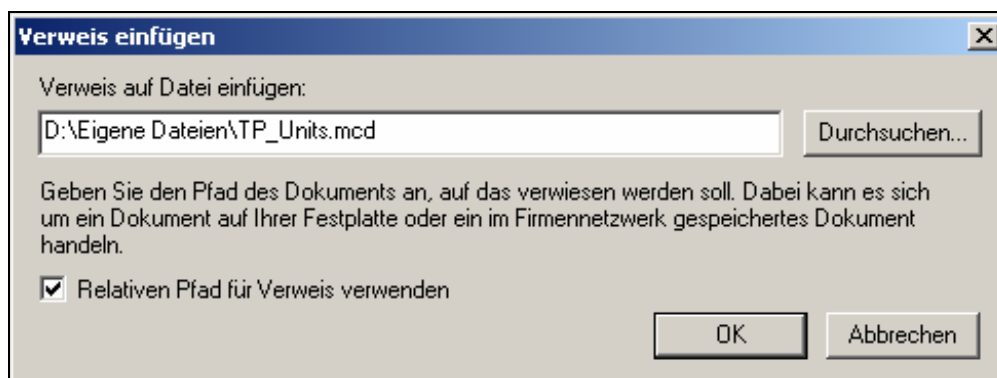
Berechnet werden soll die Betriebscharakteristik $\Phi = Phi$ aus gegebener Übertragungszahl $\frac{k \cdot A}{\dot{c}_H} = kACH$ und gegebenem Verhältnis der Wärmekapazitätsströme $\frac{\dot{c}_H}{\dot{c}_K} = CHCK$ für einen Gegenströmer (gg). Die Beschreibung erfolgt am Beispiel der Nutzung von FluidMAT in Mathcad 2001i Professional.

Beispiel: gegeben sind folgende Werte: $\frac{k \cdot A}{\dot{c}_H} = kACH = 1,00$ $\frac{\dot{c}_H}{\dot{c}_K} = CHCK = 0,5$

Folgende Anweisungen sind auszuführen:

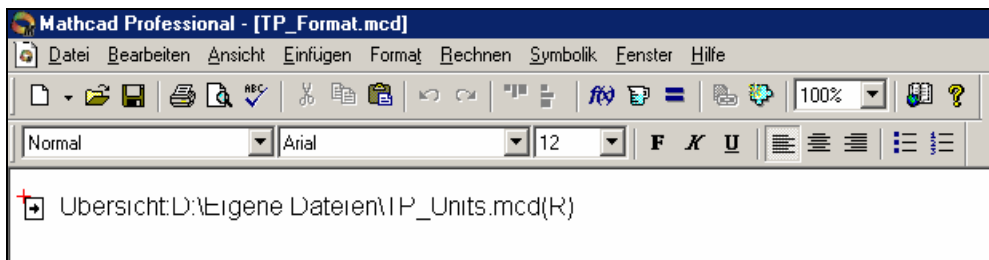
- Starten von Mathcad, falls noch nicht geschehen.
- Für das Lösen der Thermodynamik-Übungsaufgaben werden Einheiten benötigt. Diese befinden sich in der Datei "TP_Units.mcd", die zuvor heruntergeladen wurde. Um diese zusätzlichen Einheiten in Ihrem Mathcad-Arbeitsblatt verfügbar zu machen, muss ein Verweis auf die Datei eingefügt werden.
- Klicken Sie in der oberen Menüleiste auf "Einfügen" und darin auf "Verweis...". Im folgenden Fenster klicken Sie auf "Durchsuchen". Klicken Sie im Verzeichnis \Eigene Dateien die Datei "TP_Units.mcd" an und anschließend auf "Öffnen". Der Dateipfad erscheint jetzt in Ihrem Fenster.
- Klicken Sie auf "Relativen Pfad für Verweis verwenden". Ein Haken erscheint. Mit der Auswahl dieser Option wird erreicht, dass der Verweis auch dann gültig bleibt, wenn Sie die Dateien in ein anderes Verzeichnis, beispielsweise auf Ihren heimischen PC, überspielen. Dabei muss die relative Verzeichnisstruktur zwischen dem Mathcad-Arbeitsblatt und der Datei "TP_Units.mcd" beibehalten werden.

Das Fenster sollte jetzt analog, die im folgenden Bild dargestellte Ansicht zeigen:



- Bestätigen Sie mit "OK".

Der Dateipfad erscheint jetzt, wie im folgenden Bild dargestellt, analog auf Ihrem Arbeitsblatt. Damit sind die zusätzlich definierten Maßeinheiten verfügbar.



- Definieren sie nun die Eingabewerte wie folgt:

$$kACH := 1.00$$

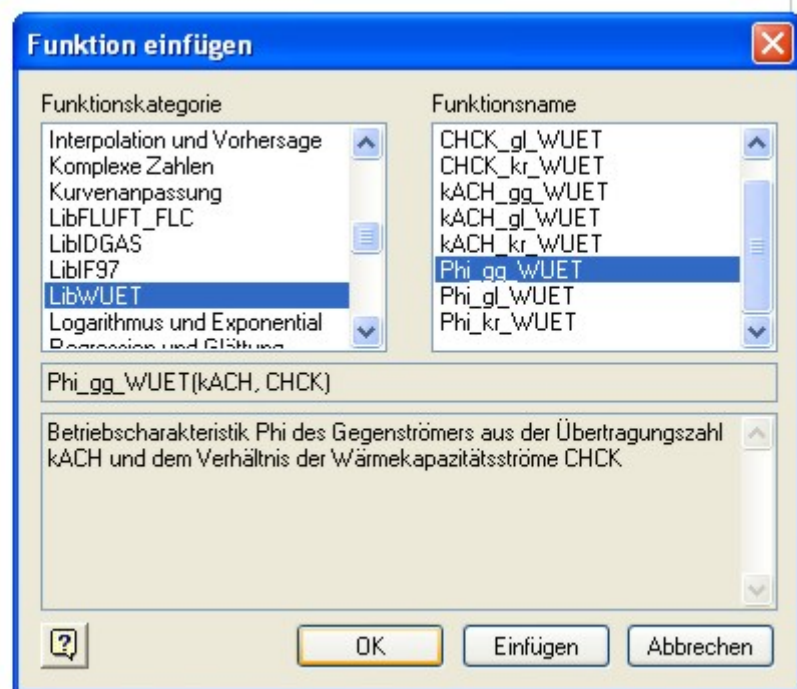
$$CHCK := 0.5$$

- Um die Betriebcharakteristik des Gegenströmers zu berechnen gehen sie wie folgt vor:
- Schreiben sie " θ_{gg} :" in das Arbeitsfenster. Es erscheint $\theta_{gg} := \blacksquare$.
- Anklicken von "Einfügen" in der oberen Menüleiste und darin "Funktion...". Das folgende Dialogfenster erscheint.

$$kACH := 1.00$$

$$CHCK := 0.5$$

$$\theta_{gg} := \blacksquare$$



- Mit Hilfe des Scroll-Balkens unter Funktionskategorie die Bibliothek "LibWUET" auswählen und anklicken. Danach unter Funktionsname die Funktion "Phi_gg_WUET" auswählen und anklicken.
- Die Funktionskategorie und der Funktionsname werden invertiert, farblich unterlegt und die Beschreibung der Funktion, sowie die Eingabewerte der Variablen eingeblendet.
- Anklicken der Taste "OK", es erscheint $\theta_{gg} := \text{Phi_gg_WUET}(\blacksquare, \blacksquare)$ im Arbeitsfenster von Mathcad (vgl. folgendes Bild).

kACH := 1.00

CHCK := 0.5

$\theta_{gg} := \text{Phi_gg_WUET}(\text{█}, \text{█})$

- Eingabe der Variablen in die Platzhalter (vgl. folgendes Bild)
- 1. Platzhalter: Eingabe von kACH für die Übertragungszahl
- mit Cursor zum zweiten Operanden wechseln
- 2. Platzhalter: Eingabe von CHCK für das Wärmekapazitätsstrom-Verhältnis

kACH := 1.00

CHCK := 0.5

$\theta_{gg} := \text{Phi_gg_WUET}(\text{kACH}, \text{CHCK})$

- Bestätigung der Eingabe mit Taste "ENTER".
- Nun kann die berechnete Variable θ_{gg} weiter verwendet oder beispielsweise das Ergebnis abgefragt werden. Hierfür ist im Arbeitsfenster auf die folgende Zeile " $\theta_{gg} =$ " zu schreiben.
- Es erscheint das Ergebnis. (siehe Bild)

kACH := 1.00

CHCK := 0.5

$\theta_{gg} := \text{Phi_gg_WUET}(\text{kACH}, \text{CHCK})$

$\theta_{gg} = 0.565$

- Die Darstellung des Ergebnisses ist dabei von der eingestellten Stellenanzahl und der Anzahl der eingestellten Nachkommastelle abhängig. Diese lässt sich durch Doppelklick auf das Ergebnis einstellen.

5. Programmdokumentation

Betriebscharakteristik des Gleichströmers $\Phi_{gl} = f\left(\frac{k \cdot A}{\dot{C}_H}; \frac{\dot{C}_H}{\dot{C}_K}\right)$

Name in FluidMAT: **Phi_gl_WUET**

Deklaration für die DLL LIBWUET: **_PHI_GL_WUET@8(KACH;CHCK)**
(32 bit Version)

Fortran 77 Unterprogramm: **REAL*8 FUNCTION PHI_GL_WUET(KACH;CHCK)**
REAL*8 KACH, CHCK

Eingabewerte

Übertragungszahl	$kACH = \frac{k_j \cdot A_j}{\dot{C}_H}$	k - Wärmedurchgangskoeffizient; A - Heizfläche; Index j - Flächenbezug: j=i – innen j=a - außen
Verhältnis der Wärmekapazitätsströme	$CHCK = \frac{\dot{C}_H}{\dot{C}_K} = \frac{\Delta t_K}{\Delta t_H}$	$\dot{C}_H$ - Wärmekapazitätsstrom Heizmedium $\dot{C}_K$ - Wärmekapazitätsstrom Kühlmedium

Rückgabewert

PHI_GL_WUET bzw. Phi_gl_WUET –	Betriebscharakteristik	$\Phi = \Phi = \frac{t_{H1} - t_{H2}}{t_{H1} - t_{K1}}$
	t_{H1} - Eintrittstemperatur Heizmedium t_{H2} - Austrittstemperatur Heizmedium t_{K1} - Eintrittstemperatur Kühlmedium	

Gültigkeitsbereich

Übertragungszahl: $0 < kACH$

Verhältnis der Wärmekapazitätsströme: $0 \leq CHCK$

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

PHI_GL_WUET bzw. **Phi_gl_WUET** = **-9999** bei fehlerhaften Eingabewerten. Bitte beachten Sie die Gültigkeitsbereiche.

Literatur: [1]

Betriebscharakteristik des Gegenströmers $\Phi_{gg} = f\left(\frac{k \cdot A}{\dot{C}_H}; \frac{\dot{C}_H}{\dot{C}_K}\right)$

Name in FluidMAT: **Phi_gg_WUET**

Deklaration für die DLL LIBWUET: **_PHI_GG_WUET@8(KACH;CHCK)**
(32 bit Version)

Fortran 77 Unterprogramm: **REAL*8 FUNCTION PHI_GG_WUET(KACH;CHCK)**
REAL*8 KACH, CHCK

Eingabewerte

Übertragungszahl	$kACH = \frac{k_j \cdot A_j}{\dot{C}_H}$	k - Wärmedurchgangskoeffizient; A - Heizfläche; Index j - Flächenbezug: j=i – innen j=a - außen
Verhältnis der Wärmekapazitätsströme	$CHCK = \frac{\dot{C}_H}{\dot{C}_K} = \frac{\Delta t_K}{\Delta t_H}$	$\dot{C}_H$ - Wärmekapazitätsstrom Heizmedium $\dot{C}_K$ - Wärmekapazitätsstrom Kühlmedium

Rückgabewert

PHI_GG_WUET bzw. Phi_gg_WUET –	Betriebscharakteristik	$\Phi = \Phi = \frac{t_{H1} - t_{H2}}{t_{H1} - t_{K1}}$
	t_{H1} - Eintrittstemperatur Heizmedium t_{H2} - Austrittstemperatur Heizmedium t_{K1} - Eintrittstemperatur Kühlmedium	

Gültigkeitsbereich

Übertragungszahl: $0 < kACH$

Verhältnis der Wärmekapazitätsströme: $0 \leq CHCK$

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

PHI_GG_WUET bzw. **Phi_gg_WUET** = **-9999** bei fehlerhaften Eingabewerten. Bitte beachten Sie die Gültigkeitsbereiche.

Literatur: [1]

Betriebscharakteristik des Kreuzströmers $\Phi_{kr} = f\left(\frac{k \cdot A}{\dot{c}_H}; \frac{\dot{c}_H}{\dot{c}_K}\right)$

Name in FluidMAT: **Phi_kr_WUET**

Deklaration für die DLL LIBWUET: **_PHI_KR_WUET@8(KACH;CHCK)**
(32 bit Version)

Fortran 77 Unterprogramm: **REAL*8 FUNCTION PHI_KR_WUET(KACH;CHCK)**
REAL*8 KACH, CHCK

Eingabewerte

Übertragungszahl	$kACH = \frac{k_j \cdot A_j}{\dot{C}_H}$	k - Wärmedurchgangskoeffizient; A - Heizfläche; Index j - Flächenbezug: j=i – innen j=a - außen
Verhältnis der Wärmekapazitätsströme	$CHCK = \frac{\dot{C}_H}{\dot{C}_K} = \frac{\Delta t_K}{\Delta t_H}$	$\dot{C}_H$ - Wärmekapazitätsstrom Heizmedium $\dot{C}_K$ - Wärmekapazitätsstrom Kühlmedium

Rückgabewert

PHI_KR_WUET bzw. Phi_kr_WUET –	Betriebscharakteristik	$\Phi = \frac{t_{H1} - t_{H2}}{t_{H1} - t_{K1}}$
	t_{H1} - Eintrittstemperatur Heizmedium t_{H2} - Austrittstemperatur Heizmedium t_{K1} - Eintrittstemperatur Kühlmedium	

Gültigkeitsbereich

Übertragungszahl: $0 < kACH$

Verhältnis der Wärmekapazitätsströme: $0 \leq CH/CK$

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

PHI_KR_WUET bzw. **Phi_kr_WUET** = -9999 bei fehlerhaften Eingabewerten. Bitte beachten Sie die Gültigkeitsbereiche.

Literatur: [1]

Übertragungszahl des Gegenströmers $\frac{k \cdot A}{\dot{C}_H} = f\left(\Phi_{gg}; \frac{\dot{C}_H}{\dot{C}_K}\right)$

Name in FluidMAT: **kACH_gg_WUET**

Deklaration für die DLL LIBWUET: **_KACH_GG_WUET@8(PHI;CHCK)**
(32 bit Version)

Fortran 77 Unterprogramm: **REAL*8 FUNCTION KACH_GG_WUET(PHI;CHCK)**
REAL*8 PHI, CHCK

Eingabewerte

Betriebscharakteristik	$\Phi = \frac{t_{H1} - t_{H2}}{t_{H1} - t_{K1}}$	t_{H1} - Eintrittstemperatur Heizmedium t_{H2} - Austrittstemperatur Heizmedium t_{K1} - Eintrittstemperatur Kühlmedium
Verhältnis der Wärmekapazitätsströme	$CHCK = \frac{\dot{C}_H}{\dot{C}_K} = \frac{\Delta t_K}{\Delta t_H}$	$\dot{C}_H$ - Wärmekapazitätsstrom Heizmedium $\dot{C}_K$ - Wärmekapazitätsstrom Kühlmedium

Rückgabewert

[illegible]

Gültigkeitsbereich

Betriebscharakteristik: $0 \leq \Phi \leq 1$

Verhältnis der Wärmekapazitätsströme: $0 \leq CH/CK$

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

KACH_GG_WUET bzw. **kACH_gg_WUET** = -9999 bei fehlerhaften Eingabewerten. Bitte beachten Sie die Gültigkeitsbereiche.

Literatur: [1]

Übertragungszahl des Kreuzströmers $\frac{k \cdot A}{\dot{C}_H} = f\left(\Phi_{kr}; \frac{\dot{C}_H}{\dot{C}_K}\right)$

Name in FluidMAT: **kACH_kr_WUET**

Deklaration für die DLL LIBWUET: **_KACH_KR_WUET@8(PHI;CHCK)**
(32 bit Version)

```
Fortran 77 Unterprogramm:      REAL*8 FUNCTION KACH_KR_WUET(PHI;CHCK)
                                REAL*8 PHI, CHCK
```

Eingabewerte

Betriebscharakteristik	$\Phi = \frac{t_{H1} - t_{H2}}{t_{H1} - t_{K1}}$	t_{H1} - Eintrittstemperatur Heizmedium t_{H2} - Austrittstemperatur Heizmedium t_{K1} - Eintrittstemperatur Kühlmedium
Verhältnis der Wärmekapazitätsströme	$CHCK = \frac{\dot{C}_H}{\dot{C}_K} = \frac{\Delta t_K}{\Delta t_H}$	$\dot{C}_H$ - Wärmekapazitätsstrom Heizmedium $\dot{C}_K$ - Wärmekapazitätsstrom Kühlmedium

Rückgabewert

[illegible]

Gültigkeitsbereich

Betriebscharakteristik: $0 \leq \Phi \leq 1$

Verhältnis der Wärmekapazitätsströme: $0 \leq CH/CK$

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

KACH_KR_WUET bzw. **kACH_kr_WUET** = -9999 bei fehlerhaften Eingabewerten. Bitte beachten Sie die Gültigkeitsbereiche.

Literatur: [1]

Verhältnis der Wärmekapazitätsströme für Gleichströmer:

$$\frac{\dot{c}_H}{\dot{c}_K} = f\left(\frac{k \cdot A}{\dot{c}_H}; \Phi_{gl}\right)$$

Name in FluidMAT: CHCK_gI_WUET

Deklaration für die DLL LIBWUET: **_CHCK_GL_WUET@8(PHI;KACH)**
(32 bit Version)

```
Fortran 77 Unterprogramm:  REAL*8 FUNCTION  CHCK_GL_WUET(PHI; KACH)
                          REAL*8  PHI, kACH
```

Eingabewerte

[illegible]

Rückgabewert

CHCK_GL_WUET bzw. **CHCK_gl_WUET** – Verhältnis der Wärmekapazitätsströme

$CHCK = \frac{\dot{C}_H}{\dot{C}_K} = \frac{\Delta t_K}{\Delta t_H}$	$\dot{C}_H$ - Wärmekapazitätsstrom Heizmedium $\dot{C}_K$ - Wärmekapazitätsstrom Kühlmedium
--	--

Gültigkeitsbereich

Betriebscharakteristik: $0 \leq \Phi \leq 1$

Übertragungszahl: $0 < k_{ACH}$

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

CHCK_GL_WUET bzw. **CHCK_gl_WUET** = -9999 bei fehlerhaften Eingabewerten. Bitte beachten Sie die Gültigkeitsbereiche.

CHCK_GL_WUET bzw. **CHCK_gl_WUET** = -1 bedeutet, dass Iteration zu keinem Ergebnis führt. Überprüfen Sie die Eingabewerten, ggf. vergleichen Sie mit Diagramm.

Literatur: [1]

Verhältnis der Wärmekapazitätsströme für Gegenströmer:

$$\frac{\dot{C}_H}{\dot{C}_K} = f\left(\frac{k \cdot A}{\dot{C}_H}; \Phi_{gg}\right)$$

Name in FluidMAT: **CHCK_gg_WUET**

Deklaration für die DLL LIBWUET: **_CHCK_GG_WUET@8(PHI;KACH)**
(32 bit Version)

Fortran 77 Unterprogramm: **REAL*8 FUNCTION CHCK_GG_WUET(PHI; KACH)**
REAL*8 PHI, KACH

Eingabewerte

Betriebscharakteristik	$\Phi = \frac{t_{H1} - t_{H2}}{t_{H1} - t_{K1}}$	t_{H1} - Eintrittstemperatur Heizmedium t_{H2} - Austrittstemperatur Heizmedium t_{K1} - Eintrittstemperatur Kühlmedium
Übertragungszahl	$kACH = \frac{k_j \cdot A_j}{\dot{C}_H}$	k - Wärmedurchgangskoeffizient; A - Heizfläche; Index j - Flächenbezug: j=i – innen j=a - außen

Rückgabewert

CHCK_GG_WUET bzw. **CHCK_gg_WUET** – Verhältnis der Wärmekapazitätsströme

$CHCK = \frac{\dot{C}_H}{\dot{C}_K} = \frac{\Delta t_K}{\Delta t_H}$	$\dot{C}_H$ - Wärmekapazitätsstrom Heizmedium $\dot{C}_K$ - Wärmekapazitätsstrom Kühlmedium
--	--

Gültigkeitsbereich

Betriebscharakteristik: $0 \leq \Phi \leq 1$

Übertragungszahl: $0 < kACH$

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

CHCK_GG_WUET bzw. **CHCK_gg_WUET** = **-9999** bei fehlerhaften Eingabewerten. Bitte beachten Sie die Gültigkeitsbereiche.

CHCK_GG_WUET bzw. **CHCK_gg_WUET** = **-1** bedeutet, dass Iteration zu keinem Ergebnis führt. Überprüfen Sie die Eingabewerten, ggf. vergleichen Sie mit Diagramm.

Literatur: [1]

Verhältnis der Wärmekapazitätsströme für Kreuzströmer:

$$\frac{\dot{C}_H}{\dot{C}_K} = f\left(\frac{k \cdot A}{\dot{C}_H}; \Phi_{kr}\right)$$

Name in FluidMAT: **CHCK_kr_WUET**

Deklaration für die DLL LIBWUET: **_CHCK_KR_WUET@8(PHI;KACH)**
(32 bit Version)

Fortran 77 Unterprogramm: **REAL*8 FUNCTION CHCK_KR_WUET(PHI; KACH)**
REAL*8 PHI, KACH

Eingabewerte

Betriebscharakteristik	$\Phi = \frac{t_{H1} - t_{H2}}{t_{H1} - t_{K1}}$	t_{H1} - Eintrittstemperatur Heizmedium t_{H2} - Austrittstemperatur Heizmedium t_{K1} - Eintrittstemperatur Kühlmedium
Übertragungszahl	$kACH = \frac{k_j \cdot A_j}{\dot{C}_H}$	k - Wärmedurchgangskoeffizient; A - Heizfläche; Index j - Flächenbezug: j=i – innen j=a - außen

Rückgabewert

CHCK_KR_WUET bzw. CHCK_kr_WUET – Verhältnis der Wärmekapazitätsströme		
	$CHCK = \frac{\dot{C}_H}{\dot{C}_K} = \frac{\Delta t_K}{\Delta t_H}$	$\dot{C}_H$ - Wärmekapazitätsstrom Heizmedium $\dot{C}_K$ - Wärmekapazitätsstrom Kühlmedium

Gültigkeitsbereich

Betriebscharakteristik: $0 \leq \Phi \leq 1$

Übertragungszahl: $0 < kACH$

Reaktion bei fehlerhaften Eingabewerten

CHCK_KR_WUET bzw. **CHCK_kr_WUET** = **-9999** bei fehlerhaften Eingabewerten. Bitte beachten Sie die Gültigkeitsbereiche.

CHCK_kr_WUET bzw. **CHCK_kr_WUET** = **-1** bedeutet, dass Iteration zu keinem Ergebnis führt. Überprüfen Sie die Eingabewerten, ggf. vergleichen Sie mit Diagramm.

Literatur: [1]

6. Literaturverzeichnis

- [1] Baehr, H. D.; Stephan, Karl:
Wärme- und Stoffübertragung.
Springer-Verlag Berlin
- [2] VDI-Wärmeatlas.
Springer-Verlag Berlin