

Definition des Wärmeübergangskoeffizienten in CFX 5.7.1

Ausgabe: 04 / 2005

Der Wärmeübergang zwischen Fluid und Festkörper findet in der dünnen Grenzschicht an der Wandoberfläche statt. Dort nimmt in einem schmalen Bereich die Fluidgeschwindigkeit in der (fast) reibungsfreien Hauptströmung auf Null (Haftbedingung an der Wand) ab. Es treten also hohe Gradienten auf. Das gilt auch für die Temperatur, man spricht hier von der Temperaturgrenzschicht. Der Wärmeübergang vom Fluid auf den Festkörper wird durch den Wärmeübergangskoeffizienten α charakterisiert.

$$\alpha(x) = \frac{\dot{Q}(x)}{A \cdot (T_w - T_\infty)} = - \frac{l}{T_w - T_\infty} \frac{\partial T}{\partial y}$$

Dieser wird immer auf eine bestimmte Referenztemperatur bezogen, hier die Temperatur der ungestörten Anströmung T_∞ . α hängt von den Wärmetransportvorgängen in der Grenzschicht und von der Dicke der Grenzschicht ab und damit von der Beschaffenheit der Strömung (laminar, turbulent).

Für verschiedene Strömungsformen, laminar und turbulent, welche durch die Reynoldszahl Re charakterisiert werden, können die Wärmeübergangszahlen mit Hilfe der Nußelt-Zahl Nu theoretisch bestimmt werden. Die örtliche Nu -Zahl berechnet sich zu:

$$Nu_x = \frac{\alpha(x) \cdot x}{l} = \frac{x}{T_w - T_\infty} \frac{\partial T}{\partial y}$$

Die Nußelt-Zahl ist also auch ein dimensionsloser Temperaturgradient. Der Index x weist darauf hin, dass die Nußelt-Zahl auf die charakteristische Größe x bezogen ist. Dies kann zum Beispiel die Länge des Problems sein.

Definition des Wärmeübergangskoeffizienten in CFX 5.7.1

Ausgabe: 04 / 2005

Die mittlere Wärmeübergangszahl $\bar{\alpha}$ und der Wärmestrom berechnen sich zu:

$$\bar{a} = \frac{1}{L} \int_0^x a(x) dx$$

$$\dot{Q} = \bar{a} \cdot A \cdot (T_w - T_\infty)$$

Beispiel Plattenströmung:

Für die laminare Strömung an einer längs angeströmten Platte berechnet sich die örtliche Nußelt Zahl zu

$$Nu_x = 0.332 Re_x^{1/2} Pr^{1/3} \quad \text{für} \quad 0.6 \leq Pr \leq 50$$

die mittlere zu

$$\bar{Nu} = 0,664 Re^{1/2} Pr^{1/3} \quad \text{für} \quad 0.6 \leq Pr \leq 50$$

Ergebnisse:

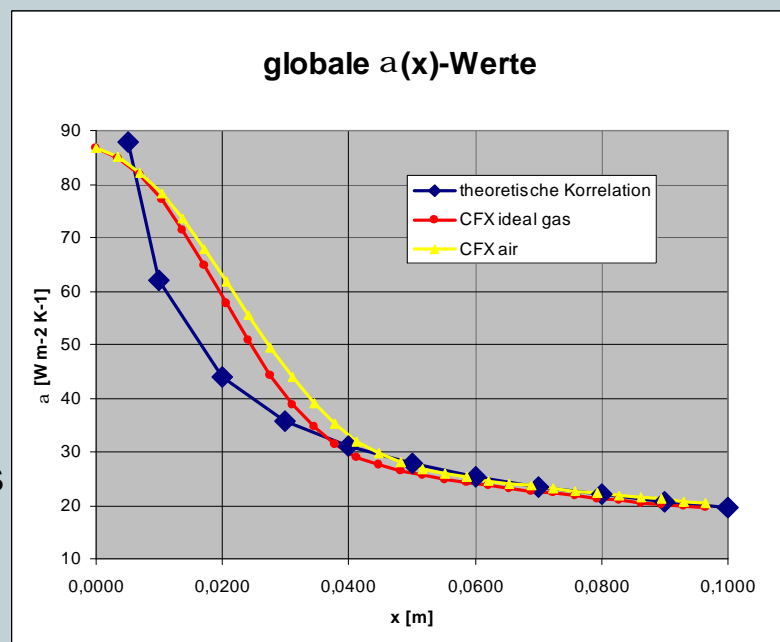
Die mit CFX-5 erzielten Ergebnisse stimmen sehr gut mit den theoretischen Korrelationen überein.

$$\bar{a}^{CFX} = 39,29 \frac{W}{m^2 K}$$

$$\bar{a}^{Theo.} = 39,24 \frac{W}{m^2 K}$$

Zur Berechnung der mittleren und örtlichen Wärmeübergangskoeffizienten muss vor dem Starten des CFX-Solvers der EXPERT PARAMETER **tbulk for htc** auf eine

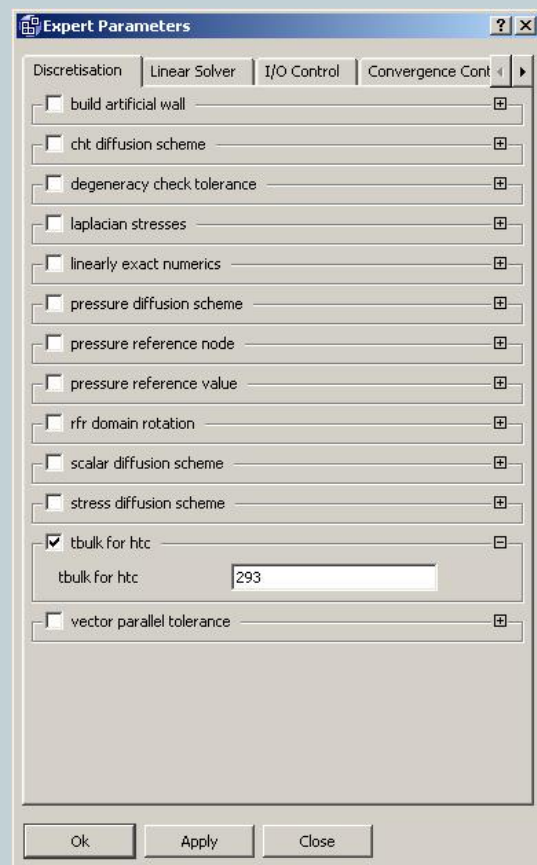
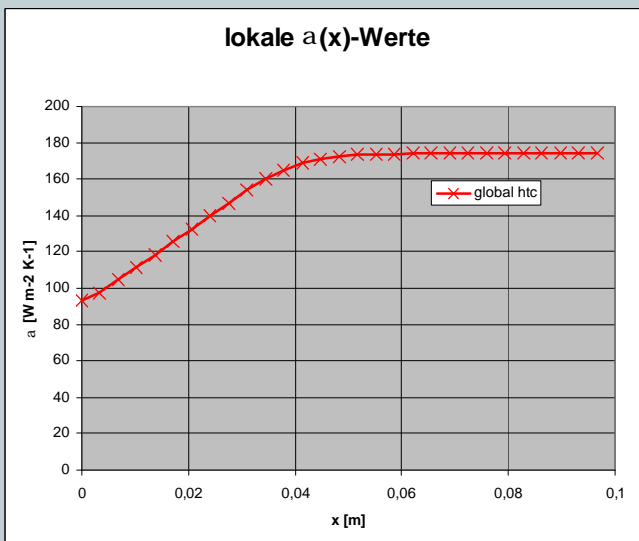
Referenztemperatur gesetzt werden, um diese mit den Werten aus der Literatur vergleichen zu können.



Definition des Wärmeübergangskoeffizienten in CFX 5.7.1

Ausgabe: 04 / 2005

Wird dieser EXPERT PARAMETER nicht gesetzt, erhält man den Wärmeübergangskoeffizienten bezogen auf eine lokale Referenztemperatur T_{nw} , siehe folgende Abbildungen.



In der Default-Einstellung werden die α -Werte aus dem lokalen Wärmestrom an der Wand geteilt durch die Differenz aus der Wandtemperatur T_w und der wandnächsten Temperatur T_{nw} berechnet. Die globalen Werte werden mit der Einstellung des EXPERT PARAMETER auf eine feste Temperatur T_{bulk} bezogen.

$$a_{\text{local}}(x) = \frac{q_w^{\text{local}}(x)}{T_b - T_{nw}} \quad a_{\text{global}}(x) = \frac{q_w^{\text{local}}(x)}{T_b - T_{\text{bulk}}}$$

Die mittleren α -Werte lassen sich in CFX-POST mit der Expression

areaAve(WallHeatTransferCoefficient)@Wall

berechnen.

(TL)