

NEUE FUNKTIONALITÄTEN VON CFD-PROGRAMMEN - EINSATZMÖGLICHKEITEN UND NUTZEN IN DER GEBÄUDETECHNIK

Ulrich Schmidt¹, Andreas Wimmer² und Elmar Schneeloch¹,
¹ANSYS Fluent Deutschland GmbH, Birkenweg 14a, 64295 Darmstadt
²varmeco GmbH & Co. KG, Apfeltranger Straße 16, 87600 Kaufbeuren

KURZFASSUNG

Die aktuellen Releases von kommerziellen CFD-Paketen stellen eine Reihe von neuen Funktionalitäten zur Verfügung. Deren Nutzen für die Gebäudetechnik wird maßgeblich durch ihre Eignung zur Beschleunigung des Arbeitsablaufes und zur spezifischen Problemlösung bestimmt. Im vorliegenden Beitrag werden drei ausgewählte Funktionalitäten, die Wrapping-Technologie, die Kombination von Size Functions und Polyederkonversion sowie das Modell des Solar Ray Tracing, unter diesen Gesichtspunkten vorgestellt. Der Nutzen der genannten Funktionalitäten für die Gebäudetechnik wird positiv bewertet, da sie den Arbeitsablauf von CFD-Studien entscheidend beschleunigen können.

ABSTRACT

Current releases of commercial CFD packages provide a number of new functionalities. Their value for the HVAC sector is determined by their ability to speed-up the CFD workflow and to provide problem specific solutions. This paper presents three new functionalities, the wrapping technology, the combination of size functions and polyhedral cells and the solar ray tracing model, with respect to the before mentioned characteristics.

EINLEITUNG

Die numerische Strömungssimulation – im Englischen Computational Fluid Dynamics und abgekürzt CFD – zählt zu den sogenannten Feldmethoden. Sie erlaubt, im Unterschied zu den Zonenmodellen, die Berechnung der Feldgrößen (z.B. Druck, Geschwindigkeit, Temperatur) lokal an jedem Punkt im Berechnungsraum. Damit ergeben sich vielfältige Einsatzmöglichkeiten für Aufgabenstellungen aus dem Bereich der Gebäudetechnik.

Der prinzipielle Nutzen von CFD-Untersuchungen in der Planungsphase lässt sich klar benennen und reicht von der Funktionsprüfung über die Beurteilung bis hin zur Optimierung von Konzepten. CFD bietet damit Sicherheit bei der Konzeptfindung und die Möglichkeit der Optimierung, ohne bzw. mit weit

weniger Experimentaufwand als bei 1:1-Modellräumen oder Windkanaluntersuchungen.

Ob dieser Nutzen im Planungsprozess erschlossen werden kann, hängt nicht zuletzt von den Funktionalitäten des verwendeten Softwarepakets ab. Denn diese Funktionalitäten haben Einfluss auf das praktikable Anwendungsspektrum der CFD-Simulation und damit indirekt auch auf den Nutzen, der jenseits der akademischen Anwendung immer im Zusammenhang mit dem Aufwand und damit den Kosten zu sehen ist.

Ausgewählte Funktionalitäten der ANSYS Simulationssoftware werden nachfolgend vorgestellt und in Hinblick auf Auswirkungen auf den Arbeitsablauf diskutiert.

ARBEITSABLAUF

Der typische Arbeitsablauf einer CFD-Simulation gliedert sich in die drei Schritte; Preprocessing, Lösungsberechnung und Postprocessing. Das Preprocessing betrifft die Geometrieerstellung oder – aufbereitung auf der Basis von CAD-Daten und die Vernetzung, also das Erstellen des Berechnungsgitters. Die Lösungsberechnung umfasst die Vergabe von Randbedingungen sowie das numerische Lösen des Gleichungssystems und liefert als Resultat die Feldgrößen. Beim abschließenden Postprocessing werden die Daten numerisch und grafisch aufbereitet, z. B. in Form von frei definierbaren Schnitten durch die Geometrie, auf welchen Temperatur, Druck oder Geschwindigkeiten farbskaliert angezeigt werden können oder in Form von Vektor- und Pfadliniendarstellungen.

ENTSCHEIDENDE FUNKTIONALITÄTEN

In diesem Abschnitt werden drei ausgewählte Funktionalitäten aus dem ANSYS CFD Programmpaket (GAMBIT/TGrid/FLUENT) näher beleuchtet, welche die Lösungsberechnung und das Processing betreffen.

Preprocessing – Wrapping-Technologie

Zu Beginn des Preprocessing-Schrittes begegnen CFD-Anwender häufig dem Problem, dass die vorliegenden CAD-Daten „unsauber“ sind, d.h.

nichtverbundene und zum Teil überlappende Flächenmodelle liegen vor. Dafür wurde die sogenannte „Wrapping-Technologie“ (verfügbar im ANSYS Preprocessor TGrid seit der Version 4.0) entwickelt, bei der eine lückenhafte Geometrie durch eine um das Geometrieobjekt gespannte „Folie“ angenähert wird.

Mit dieser Methode können beispielsweise auf Entwürfen von Architekten im STL-Format halbautomatisch qualitativ hochwertige Oberflächennetze erstellt, und so die Voraussetzung für eine geeignete Volumenvernetzung geschaffen werden.

Gegenüber der herkömmlichen Herangehensweise, bei der die Geometrie manuell bereinigt oder neu aufgebaut wird, bringt diese Technologie für eine Reihe von Fällen deutliche Zeitersparnisse mit sich.

Preprocessing - Size Functions und Polyederkonversion

Als Vorbemerkung sei erwähnt, dass 1 Million Berechnungszellen bei der Lösungsberechnung etwa 1-1,5 Gigabyte Arbeitsspeicher benötigen. Um die Kosten für die Berechnung möglichst gering zu halten und große Berechnungsfälle auf verfügbarer Hardware bearbeiten zu können, lautet die Herausforderung beim Vernetzen immer: so viele Zellen wie nötig, so wenig Zellen wie möglich.

Size Functions sind Wachstumsfunktionen und erlauben beim Erstellen eines Berechnungsgitters aus Tetraedern, die Elementgrößen dreidimensional im Raum zu beeinflussen. Somit lassen sich unterschiedliche Teilbereiche des Berechnungsfeldes sehr schnell mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad vernetzen. Dies ist gerade im Bereich der Gebäudetechnik vorteilhaft, wo oftmals extrem große Volumina vorliegen, in denen lokal sehr kleinskalige Strömungsvorgänge detailgetreu abgebildet werden müssen. Es ist strömungstechnisch nicht zwingend, das gesamte Berechnungsgebiet fein aufzulösen – damit steigen die Berechnungszeiten und -kosten unnötig – für die kleinskaligen Vorgänge ist eine lokal hinreichend feine Gitterstruktur aber unerlässlich.

Diesem Vorteil des unstrukturierten Tetraedernetzes steht aber auch ein deutlicher Nachteil gegenüber: Tetraedernetze erfordern, bei gleichem Informationsgehalt, deutlich mehr Zellen als Nicht-Tetraedernetze, d.h. sie sind aufwendiger bei der Lösungsberechnung, gleiche Kantenlängen vorausgesetzt. Abhilfe schafft hier ein Verfahren, das als Polyederkonversion bezeichnet wird. Die Tetraeder werden zerlegt und neu gruppiert zu Polyedern. Die Zellanzahl reduziert sich dabei um einen Faktor von bis zu fünf!

Ein adäquates Berechnungsgitter wird somit effizient in zwei Arbeitsschritten generiert: Erzeugen eines

Tetraedernetzes mit Size Functions zur Steuerung der Zellgröße entsprechend der gewünschten Auflösung des Strömungsgeschehens und anschließende automatische Konversion des Tetraedernetzes in ein Polyedernetz, um die Zellanzahl ohne Verlust an Information zu reduzieren.

Processing - Solar Ray Tracing

Bei der Untersuchung des sommerlichen thermischen Verhaltens von Räumen ist es zwingend notwendig, den Betrag der solaren Lasten und die Flächen, an welchen sie einwirken, zu bestimmen und deren Einfluss zu ermitteln. Das genannte Solar Ray Tracing, berücksichtigt hierbei die Position der Sonne, bezogen auf die Lage des Gebäudes, die absorbierenden und reflektiven Eigenschaften von Verglasungen (sowohl außenliegend, als auch innerhalb des Gebäudes) sowie die Verschattung innenliegender, nichttransparenter Wände.

Es berechnet die resultierenden solaren Lasten und setzt diese als lokale Quellterme in der Energiegleichung. Gerade bei komplexen Geometrien ist diese Funktionalität äußerst zeitsparend.

ZUSAMMENFASSUNG

Der prinzipielle Nutzen der numerischen Strömungssimulation in der Gebäudetechnik ist allgemein anerkannt. Der konkrete Umfang der CFD-Nutzung wird jedoch maßgeblich durch den mit dieser Methode verbundenen Aufwand und damit den Kosten bestimmt. Somit kommt der Verfügbarkeit effizienter, kostensparender und problemspezifischer Funktionalitäten eine Schlüsselrolle zu.

Mit der Wrapping-Technologie, der Kombination von Size Functions und Polyederkonversion sowie dem Modell des Solar Ray Tracing stellt das Programmpaket ANSYS CFD drei wichtige derartige Funktionalitäten zur Verfügung, welche den Arbeitsablauf von CFD-Studien in der Gebäudetechnik entscheidend beschleunigen können.