



**Vergleich der Anwendbarkeit verschiedener CFD Modelle zur
Simulation von Brandereignissen**
Abgrenzung der Anwendungsgebiete von FDS gegenüber CFX

Wissenschaftliche Arbeit zur Erlangung des Grades Master of Engineering

im Studiengang Verfahrenstechnik
Fachbereich VIII

Technische Fachhochschule Berlin

vorgelegt von
Dipl.-Ing.(FH) Martin Steinert
Matrikelnummer 746143

bei
Prof. Dr.-Ing. Peter Bartsch

Berlin, 1. Oktober 2007

Inhalt

1	Einleitung	1
2	Allgemeines	2
2.1	Übersicht	2
2.2	Computational Fluid Dynamics	3
2.2.1	CFX.....	5
2.2.2	FDS	9
3	Brandsimulation	14
3.1	Allgemeines	14
3.2	Brandsimulation mittels Computational Fluid Dynamics	16
3.3	Brandsimulation mit CFX	18
3.4	Brandsimulation mit FDS.....	19
4	Vergleich anhand einer Brandstudie	20
4.1	Geometrie	20
4.2	Brand.....	20
4.3	Messdaten	23
4.4	Brandsimulation.....	24
4.5	CFX.....	24
4.6	FDS	29
4.7	Vergleich der Ergebnisse.....	35
5	Fazit	38
6	Ausblick	41
7	Anhang	42
8	Quellen	43

5 FAZIT

Die Auswertung der Simulationsergebnisse zeigen sowohl Vor- als auch Nachteile der Programme. Beide Programme haben die Erwärmung und die Strömung aufgrund der Dichteunterschiede realistisch abgebildet.

Aufgrund des breiten möglichen Einsatzfeldes von CFX gibt es hier auch eine Vielzahl von Möglichkeiten die Vernetzung und die Berechnung zu beeinflussen. FDS kann auf der anderen Seite aufgrund seiner Spezialisierung mit vordefinierten Verbrennungsreaktionen die Dateneingabe stark vereinfachen und die brandschutztechnisch interessanten Informationen einfach bestimmen.

Daraus wird schnell der grundsätzliche Unterschied klar. Während CFX ein vollständiges Strömungssimulationspaket ist, stellt FDS einen minimalistischer Strömungscode mit viel eingearbeiteter Brandschutzforschung dar.

Qualitativ stößt FDS bei komplexer werdenden Strömungen daher leicht an die Grenzen des Realisierbaren. Auf der anderen Seite hat FDS eine Vielzahl von Vorlagen für verschiedene Szenarien als Vorgaben für die Brandsimulation. Hier muss bei der Benutzung von CFX ein Mehraufwand betrieben werden, um die externen Daten einzupflegen. Vor allem die Simulation von ventilationsgesteuerten Verbrennungen stellt hier eine komplexe Aufgabe dar.

Die Grenzbereiche der beiden Programme sind jedoch recht selten bei der Brandschutzplanung anzutreffen. In den meisten Fällen ist die Geometrie ohne den Verlust der Ähnlichkeit soweit vereinfachbar, dass sie ohne Probleme mit FDS dargestellt werden kann. Ebenso liegen die Meisten zu berechnenden Szenarien in großen Lufträumen, in denen ohne weiteres von einem brandlastgesteuerten, also gut vorhersagbaren Brandverlauf zu rechnen ist.

Im hier untersuchten Szenario kann aufgrund des bekannten Brandverlaufs und der einfachen Geometrie ein Vergleich der beiden Programme in ihrem möglichen Anwendungsgebiet durchgeführt werden.

Der augenscheinlich größte Unterschied liegt in der Art der Bedienung. Während man bei FDS keine Benutzeroberfläche zur Verfügung hat, arbeitet man mit CFX in allen Phasen grafisch unterstützt. Diese grafische Unterstützung bringt neben der gefühlten Erleichterung der Eingabe auch Vorteile bei der Selbst- und Fremdkontrolle der Eingabedaten. Das Programm weist auf fehlende Rand- und Anfangswerte hin, erkennt unstimme Einheiten bei Variablen und gibt auch bei den meisten anderen Fehlern aufschlussreiche Fehlermeldungen aus. Einzig die fehlenden Daten zu Verbrennungen von Feststoffen und den entsprechenden Brandprodukten bereiten führen unter Umständen Schwierigkeiten.

Auch die Auswertung der Simulationsergebnisse erfolgt bei CFX einfach und übersichtlich. Trotz der Vielzahl von Möglichkeiten findet man schnell die benötigten Werkzeuge zum Anzeigen, Herausschreiben und Animieren der Ergebnisse.

Die Aufteilung der Stärken und Schwächen verhält sich bei FDS komplementär zu CFX. Während die Eingabe der Daten und das Aufsetzen der Simulation nur über Texteingaben funktioniert, ist ein sehr umfassendes Verbrennungsmodell implementiert. Allein über die Angabe der Brandfläche, des Reaktionstyps und des Verlaufs der Energiefreisetzung wird der Brand hinreichend definiert. Sowohl die Produktion aller wichtigen Brandprodukte, als auch die Bestimmung der Sichtweite im Raum funktionieren ohne weiteres zutun.

Für die Auswertung stehen bei FDS neben Messwerttabellen im Textformat auch grafische Mittel zur Verfügung. Über das zu FDS gehörige Programm Smokeview können alle im Vornherein festgelegten Größen im zeitlichen Verlauf grafisch dargestellt und animiert werden.

CFX fordert mehr Strömungs- und CFD Kenntnisse vom Benutzer als FDS und schafft so eine selbst zu bestimmende Qualität der Simulation und die Sicherheit der Kenntnis der simulierten Vorgänge.

FDS benötigt, bis auf die Vernetzung, keine die Numerik beeinflussenden Daten vom Benutzer. Aufgrund der Eingrenzung des Anwendungsbereiches auf Brandsimulationen und den entsprechenden Strömungen, sowie der automatischen Wahl des Zeitschrittes können trotzdem konsistente Simulationen erzeugt werden. Problem dabei ist, dass auch Benutzer ohne CFD Kenntnisse FDS bedienen können. Daher ist bei der Bewertung von FDS Simulation in jedem Fall eine Plausibilitätskontrolle durchzuführen.

Aufgrund der so verteilten Stärken und Schwächen der beiden Programmpakete kann man eine recht klare Trennung der Anwendungsfelder ziehen:

Komplizierte Geometrien und anspruchsvolle Strömungen, wie bei der Durchströmung von Spalten, Kanälen und anderen Bauteilen bringen FDS schnell an die Grenze des Umsetzbaren. Daher stellt CFX hier die zu empfehlende Softwarelösung dar.

Auf Grundlage der zum Teil unterbewerteten Temperaturen bei FDS ist es außerdem als problematisch zu betrachten, mit diesen Daten die brandschutztechnische Bewertung von Tragwerken vorzunehmen. Hierbei muss sehr sensibel mit Maximaltemperaturen umgegangen werden, da diese über den großen Gradienten zur Bauteiltemperatur maßgebend für die in das Bauteil eingebrachte Wärme sind. Hier kann CFX über die Integration in die ANSYS Workbench die Kopplung von Brandsimulation und Bauteilauslegung besser realisieren. Es müssen keine Annahmen über den Wärmetransport in das Bauteil getroffen werden, da dieser entsprechend des gelösten Strömungs- und Temperaturfeldes direkt übernommen werden kann.

Ist jedoch der Brandverlauf eines Szenarios durch die Ventilation bestimmt oder es soll auch die Entzündung der Brandgase oder anderer Bauteile mit in Betracht gezogen werden, bietet FDS klar die besseren Möglichkeiten dies darzustellen, da CFX nur mit erhöhtem Aufwand ähnlich detailliert Brände beschreiben kann.

Für die Fälle zwischen diesen beiden Szenarien kommen beide Programme zu qualitativ gleichen Ergebnissen, wobei CFX den komfortableren Weg dahin bietet. Dieses Plus gegenüber FDS muss jedoch käuflich erworben werden.