

# „CONCURRENT CFD“ FÜR ERHÖHTE PRODUKTIVITÄT IN DER AUTOMOBILENTWICKLUNG

EIN STRATEGISCHES ENGINEERING-TOOL FÜR DIE AUTOMOBILINDUSTRIE

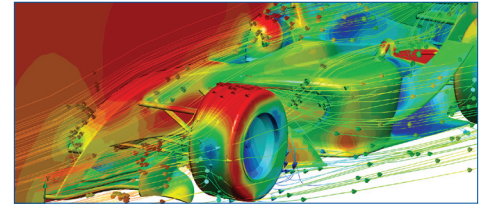


M E C H A N I C A L A N A L Y S I S

W H I T E P A P E R

## ZUSAMMENFASSUNG

Eine neue Art Strömungssimulationssoftware (CFD-Software), genannt „Concurrent CFD“, erweist sich als besonders effizient für Strömungs- und Wärmeübertragungsberechnungen, die von Entwicklungsingenieuren für die tägliche Arbeit benötigt werden. Dadurch können wichtige Entscheidungen im Entwicklungsprozeß schneller und zielgerichteter erfolgen, ohne Berechnungsspezialisten hinzuziehen zu müssen.



Dieser intuitive, CAD-integrierte Prozeß ermöglicht Entwicklern und Konstrukteuren Produktoptimierungen bereits während des Konstruktionsprozesses. Dies führt zu geringeren Produktionskosten für eine große Zahl von Teilen und Systemen in der Automobilindustrie: Heizung, Klimatisierung, Treibstoffsysteme, Bremssysteme, Ansaug- und Abgassysteme, Karosserie usw.

Im Gegensatz zu traditionellen oder sogenannten „Upfront-CFD-Konzepten“, die entweder kompliziert, mühsam oder sehr zeitaufwendig in der Anwendung sind, kann Concurrent CFD den Entwicklungsprozeß beschleunigen, die Effizienz der Entwicklungsteams erhöhen und die Zahl der Änderungsschleifen reduzieren. Dieser Beitrag enthält darüber hinaus zwei Fallstudien für die erfolgreiche Anwendung der Concurrent CFD-Technologie von Mentor Graphics in der Automobilindustrie.

Es ist bereits allgemein bekannt, daß Computational Fluid Dynamics (CFD)-Software als Werkzeug für virtuelles Prototyping entscheidend zu Kostensenkungen und schnelleren Markteinführungen beitragen kann.

Aber es scheint sich bisher noch nicht herumgesprochen zu haben, daß die neuesten Fortschritte auf diesem Gebiet diese Vorteile nun auch für kleine und mittelständische Unternehmen erschwinglich gemacht haben. Das ist vor allem auf die neue CFD-Technologie „Concurrent CFD“ vom führenden Softwarehaus Mentor Graphics zurückzuführen. Speziell für Konstrukteure und Entwicklungsingenieure hat Mentor Graphics das Softwaresystem FloEFD entwickelt, das nahtlos in das eingesetzte CAD-System integriert ist und somit simultan - „concurrent“ - zu diesem arbeitet. Damit ist es nicht mehr erforderlich, CFD-Spezialisten zu bemühen, Simulationsarbeiten an externe Dienstleister zu vergeben oder zahllose Prototypen zu vermessen. Statt dessen kann ein Konstrukteur oder Entwicklungsingenieur nach einer Einführungsschulung sein bestehendes Wissen und Können nutzen, um selbst Strömungssimulationen direkt innerhalb seines vertrauten CAD-Systems erfolgreich durchzuführen und somit einen Beitrag zur Verringerung der notwendigen Tests von Prototypen zu leisten.

**80 bis 90 Prozent aller heute in der Industrie anzutreffenden CFD-Simulationsaufgaben können von Ingenieuren mit ihrer vorhandenen technischen Erfahrung erfolgreich gelöst werden.**

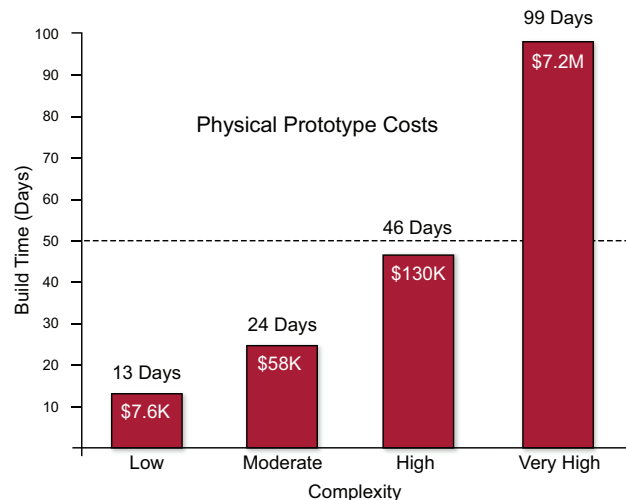
Dieser Durchbruch konnte erreicht werden, da FloEFD den gesamten Prozeß für eine Strömungssimulation stark vereinfacht hat. Sicherlich wird es immer einige wenige Anwendungen geben, die spezielle CFD-Kenntnisse für Netzgenerierung und Löserkonvergenz erfordern, aber langjährige Erfahrung zeigt, daß 80 bis 90 Prozent aller heute in der Industrie anzutreffenden CFD-Simulationsaufgaben von Ingenieuren ohne spezielle Ausbildung in mathematischen Grundlagen für CFD einfach mit der vorhandenen technischen Erfahrung erfolgreich gelöst werden können.

Diese Möglichkeit, CFD-Technologie aus der exklusiven Spezialistenecke herauszuholen und für alle Ingenieure verfügbar zu haben, bedeutet einen fundamentalen Umbruch für den Entwicklungs- und Konstruktionsprozeß. Ähnlich wie beim Übergang von 2D-CAD zum 3D-Solid-Modeling in der Konstruktion erfordert auch FloEFD ein Umdenken – und die Ergebnisse sind vielleicht sogar noch bedeutender.

Durch diese Faktoren erweitert sich der Anwendungsbereich von CFD-Systemen dramatisch. Obwohl sicher noch einige Führungskräfte in der Automobilindustrie Strömungssimulationen mit der Berechnung der Außenaerodynamik gleichsetzen, war diese Anwendung traditionell nur der Ausgangspunkt für die Nutzung von CFD-Technologie.

Andere Anwendungen können beispielsweise die Untersuchung der Durchströmung von Ventilen oder die Luftströmung in Klimakanälen zur Steuerung der Temperierung des Fahrgastraumes sein. FloEFD wird heute bereits für die Auslegung und Optimierung einer großen Zahl von Teilen und Aggregaten wie Pumpen, Bremssystemen, Filter, Brennstoffzellen, Ansaugsystemen, Beleuchtungssystemen, Getrieben und einer Vielzahl anderer mechanischer, elektrischer und elektronischer Komponenten genutzt. Es ist darüber hinaus wichtig zu wissen, daß FloEFD ebenso die mit Strömungsvorgängen gekoppelten Wärmeübertragungsvorgänge in die Simulation von Teilen und Systemen aller Größenordnungen mit einbeziehen kann.

Das Ziel von Modellierung und Simulation ist die Gewinnung und Bestätigung von Erkenntnissen über das sich in Entwicklung befindliche Produkt so früh wie möglich im Entwicklungsprozeß. Das ist besonders kritisch, wenn das Produkt sehr komplex ist. Die meisten Produkte in der Automobilindustrie weisen ein „hohes“ bis „sehr hohes“ Komplexitätsniveau auf. Das können Systeme mit mehreren Tausend Bauteilen sein, deren Entwicklungsprozeß einige Wochen bis hin zu Jahren dauern kann, und mit jedem Tag akkumulieren sich entsprechende Kosten. *Abbildung 1* erläutert Prototypkosten abhängig vom Komplexitätsniveau, wobei hier nicht der gesamte Entwicklungsprozeß, sondern ausschließlich der Anteil für die Herstellung des Prototyps betrachtet wurde.



*Abbildung 1: Die Kosten für einen physischen Prototyp.  
Quelle: Aberdeen Group-Studie*

Die einfache Schlußfolgerung aus *Abbildung 1* ist, daß es sich in jedem Falle lohnt, die Anzahl physischer Prototypen zu verringern. Deshalb ist es nicht verwunderlich, daß marktführende Unternehmen schon lange mit Nachdruck danach streben, physische Prototypen durch virtuelle zu ersetzen. Diese Tatsache wurde auch in repräsentativen Marktstudien bestätigt.

## NUR EIN PROJEKT KANN MILLIONEN SPAREN

Die entscheidenden Fragen bei der Anschaffung von neuer Hard- oder Software für Ingenieure sind immer: Können wir Zeit sparen? Können wir Kosten einsparen? FloEFD, mit einem Kostenrahmen von etwa 20.000 bis 30.000 Euro für eine Dauerlizenz, wird sich oft bereits schon nach dem ersten Projekt vollständig amortisiert haben und führt dann für alle Folgeprojekte zu enormen Einsparungen über viele Jahre.

Diese Erfahrung wird sehr überzeugend auch von einer Studie der **Aberdeen Group** gestützt: „Engineering Decision Support: Driving Better Product Decisions and Speed to Market“. Die Studie vergleicht zunächst 190 Unternehmen anhand verschiedener Leistungskriterien bezüglich Kosten-/Umsatzzielen und erreichten Startterminen für neue Produkte. Weiterhin kategorisiert sie die untersuchten Unternehmen in drei Gruppen: „best-in-class“, „industry-average“ und „laggards“.

## EINGESPARTE ZEIT UND KOSTEN MIT 1,1 WENIGER PROTOTYPEN

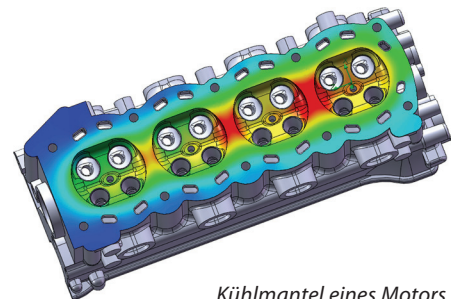
Quelle: Aberdeen Group, 2007

Produktkomplexität	Teileanzahl	Entwicklungszeit	Zeitersparnis (Tage)	Kostensparnis (US\$)
Gering	<50	1 Woche – 1 Jahr	14	\$8,360
Moderat	50 – 1000	1 Monat – 5 Jahre	26	\$63,800
Hoch	50 – 10,000	1 – 5 Jahre	51	\$143,000
Sehr hoch	1000 – 100,000	1 – 20 Jahre	109	\$1,320,000

Tabelle 1: Eine Studie der Aberdeen Group zeigt, daß schon 1,1 durch virtuelles Prototyping eingesparte physische Prototypen zu signifikanten Zeit- und Kosteneinsparungen führen.

Es ist nicht überraschend, daß die Strategie der „best-in-class“-Unternehmen auf einer weitestgehenden Substituierung von physischen Prototypen durch virtuelles Prototyping beruht. Diese Top-Unternehmen führen durchschnittlich 7,3 Entwicklungsschleifen mit virtuellen Prototypen durch, während Unternehmen in der „laggard“-Gruppe durchschnittlich nur 2,8 solcher Iterationen ausführen. Als logische Konsequenz benötigen diese Unternehmen eine entsprechend größere Anzahl physischer Prototypen, konkret 3,8 im Mittel im Vergleich zu 2,7 für die „best-in-class“-Gruppe. Das sind also 1,1 physische Prototypen im Schnitt weniger, die dann zu den in Tabelle 1 dargestellten enormen Kostensenkungen führen: *Beginnend mit 10000 US\$ für Produkte mit geringer Komplexität bis hin zu über einer Million US\$ für Produkte mit sehr hoher Komplexität!*

Finanzielle Vorteile resultieren auch aus der nutzbaren Gesamt-lebenszeit eines Produktes. Wie vom AUTOSIM-Konsortium, einem von der Europäischen Union finanzierten Projekt, ermittelt wurde, wird ein Produkt, das sechs Monate später als geplant im Markt eingeführt wird, durchschnittlich 33% weniger Umsatz während der ersten fünf Jahre erwirtschaften, als wenn es pünktlich fertig geworden wäre. Und, wie *Abbildung 1* zeigt, kann allein ein physischer Prototyp weniger zwischen 14 und 100 Tagen Entwicklungszeit sparen. Aber das Wichtigste ist: Diese Zeit- und Kosteneinsparungen sind heute für nahezu jedes Engineering-Team möglich!



Kühlmantel eines Motors

## FloEFD - CFD FÜR ALLE INGENIEURE

Die Fertigkeiten, die für die erfolgreiche Nutzung von FloEFD benötigt werden, umfassen nur gute Kenntnisse des CAD-Systems und das Verständnis der physikalischen Zusammenhänge im Produkt.

Bereits vor Jahrzehnten haben Wissenschaftler mathematische Modelle für die Beschreibung der Physik um uns herum benutzt. Newton und Leibnitz entwickelten unabhängig voneinander differentielle Ansätze, um dynamische Vorgänge zu modellieren. Tatsächlich ist es Newton gelungen, mit einem relativ einfachen Modell die Planetenumlaufbahnen zu bestimmen. Diese Leistung war so revolutionär, daß sie sogar das damals herrschende Weltbild in Frage gestellt hat.

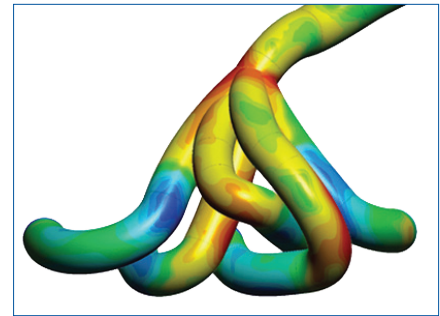
In den folgenden Jahrzehnten und Jahrhunderten entdeckten Forscher mathematische Formeln für die Beschreibung zahlreicher Phänomene der Physik, Mechanik, Chemie oder des Elektromagnetismus. Die grundlegenden Gleichungen zur Beschreibung der Strömung von Flüssigkeiten und Gasen, die Navier-Stokes-Gleichungen, wurden Anfang des 19. Jahrhunderts entwickelt. Der praktische Nutzen war allerdings begrenzt, da die Gleichungssysteme für reale Aufgabenstellungen so komplex sind, daß eine analytische Lösung nicht möglich ist. Deshalb wurden numerische Näherungsverfahren als Lösungsansatz entwickelt – die Geburtsstunde von Computational Fluid Dynamics (CFD).

Aber erst mit den ersten Computern in den 50iger Jahren wurden CFD-Berechnungen möglich. Die ersten Systeme basierten auf Softwareprogrammen, die von Wissenschaftlern an Universitäten oder im Rahmen öffentlich finanzierter Forschungsprogramme entwickelt wurden. Diese Software wurde jedoch zunächst stets anwendungsspezifisch für einzelne Aufgabenstellungen entwickelt.

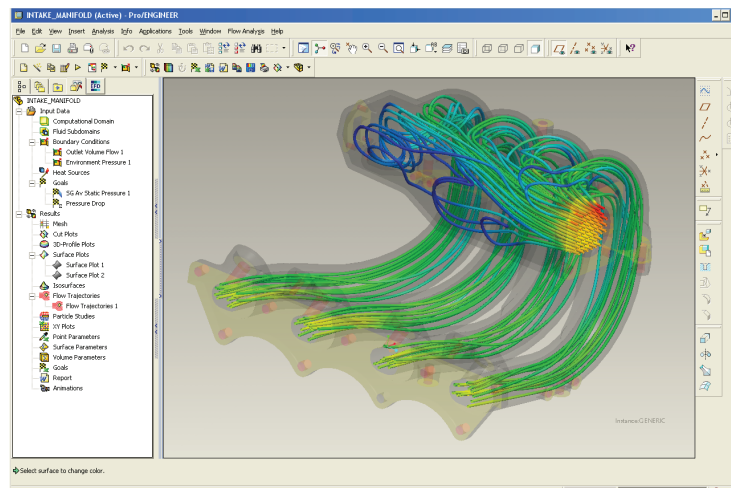
Erst in den 80iger Jahren wurden kommerzielle CFD-Softwaresysteme allgemein verfügbar, aber es waren ausgebildete CFD-Spezialisten nötig, um beispielsweise ein hochwertiges Berechnungsnetz zu erstellen oder einen geeigneten Lösungsalgorithmus auszuwählen. Ungeachtet dessen konnten Ingenieure aber jetzt jedes Strömungsfeld simulieren, für das sie die Geometrie, die physikalische Beschreibung sowie geeignete Anfangsbedingungen zur Verfügung stellen konnten.

Diese ersten Anwender begannen, ein breites Spektrum von Aufgabenstellungen mit kommerziell entwickelten CFD-Programmen zu bearbeiten, und die Herstellerfirmen haben die Zeit genutzt, die Vernetzungs- und Lösungstechnologie weiter zu verbessern. Der nächste große Schritt, den wir heute nun erleben, baut darauf auf: die „Concurrent CFD“-Technologie von Mentor Graphics.

FloEFD wurde gezielt nicht für CFD-Spezialisten, sondern für den täglichen Gebrauch durch Konstrukteure und Entwicklungsingenieure konzipiert. FloEFD beseitigt die wesentlichsten Hindernisse, die traditionelle CFD-Software für diese Anwender immer noch hat. Die größte Barriere bei klassischer CFD-Software ist nach wie vor, daß Anwender tiefgreifendes Wissen zu allen mathematischen Aspekten einer CFD-Simulation haben müssen, um gute Ergebnisse zu erzielen. Im Gegensatz dazu setzt FloEFD mit seinen assistentengeführten Eingaben, direkten Nutzung von 3D-CAD-Geometrie, neuen Technologien für die Netzgenerierung und innovativen Lösungssteuerung keine speziellen mathematischen Kenntnisse voraus. Ingenieure können sich ausschließlich auf die Strömungsphysik konzentrieren, also einen Bereich, für den sie ohnehin fachlich kompetent sind. *Die Fertigkeiten, die für die erfolgreiche Nutzung von FloEFD benötigt werden, umfassen nur gute Kenntnisse des CAD-Systems und das Verständnis der physikalischen Zusammenhänge im Produkt. Aber das sind alles Dinge, worin Ingenieure sowieso schon umfangreiche Erfahrung haben.*



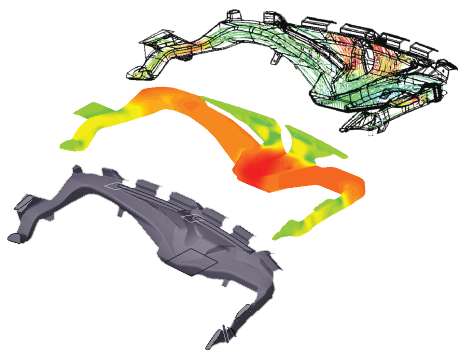
Abgaskrümmer



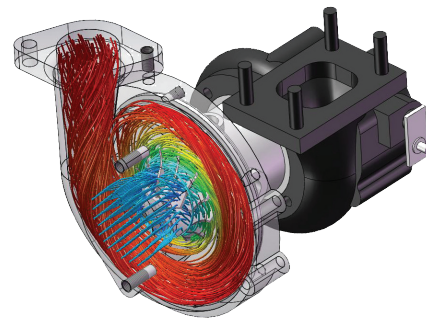
Strömungssimulation eines Ansaugsystems innerhalb von Creo Parametric. Änderungen an der Geometrie stehen sofort für die CFD-Berechnung zur Verfügung.

Ein wesentliches Alleinstellungsmerkmal von FloEFD ist, daß die Software entweder vollständig in ein 3D-CAD-System integriert oder direkt an die wichtigsten 3D-CAD-Systeme angebunden ist. Nach der Installation sind alle Funktionen und Menüs innerhalb des CAD-Systems verfügbar. Diese enge Integration von CAD- und CFD-Funktionen hat erhebliche Vorteile:

- Ingenieure müssen nicht länger Geometriedaten aus ihrem CAD-System exportieren und in ein CFD-System einlesen oder Zeit für eine „CFD-gerechte“ Aufbereitung der Geometrie investieren. Das kann viele Stunden oder sogar Tage an Aufwand sparen. FloEFD nutzt die gleiche Geometrie so wie sie im CAD-System erstellt wurde. Alle Änderungen der CAD-Daten stehen sofort für CFD-Berechnungen bereit.
- FloEFD erkennt die relevanten Strömungsbereiche automatisch aus den originalen CAD-Daten. Im Gegensatz dazu müssen für klassische CFD-Systeme die Strömungsräume manuell modelliert werden.
- FloEFD konfiguriert automatisch den Netzgenerator und Löser für bestmögliche Resultate. Klassische CFD-Software hingegen überläßt die Auswahl der richtigen Einstellungen stets komplett dem Anwender – eine sehr schwierige Aufgabe angesichts der üblichen Parametervielfalt.
- Ingenieure müssen sich nicht um die korrekte Modellierung von speziellen Phänomenen kümmern, denn FloEFD kann beispielsweise automatisch den Übergang von laminarer in turbulente Strömung erkennen und modellieren.
- Physikalische Randbedingungen müssen nur ein Mal definiert werden, da sie wie im CAD-System der Geometrie zugeordnet werden und auch bei Änderungen erhalten bleiben.
- FloEFD unterstützt darüberhinaus den iterativen Charakter des Entwicklungsprozesses. Ingenieure können so das aus CFD-Berechnungen gewonnene Wissen direkt in neue Varianten einfließen lassen, ohne das Modell neu definieren zu müssen. Klassische CFD-Software erfordert sowohl eine Neumodellierung nach jeder Geometrieänderung als auch die manuelle Erzeugung eines neuen Berechnungsnetzes. Im Gegensatz dazu nutzt FloEFD die geänderte CAD-Geometrie direkt, generiert automatisch ein angepaßtes Netz und verwendet die bereits definierten physikalischen Randbedingungen für die Berechnung.



*Belüftungssystem*



*Turbolader*

Im Ergebnis sind CFD-Simulationen mit FloEFD wesentlich effizienter, da durch die nahtlose Integration der Berechnung mit der Geometrie im CAD-System viele manuelle Prozessschritte, beginnend mit der Modelldefinition bis hin zur Ergebnisauswertung, automatisiert werden.

Mit FloEFD können Hersteller Simulationen bereits in der Konzeptphase durchführen, um Alternativen zu prüfen, Fehler zu lokalisieren oder die Produkteigenschaften zu verbessern, bevor der erste physische Prototyp hergestellt wird. Mit FloEFD sind auch iterative Arbeitsweisen kein Problem. Die Konstruktion kann verändert werden, ohne daß das Simulationsmodell mit seinen Randbedingungen und Materialeigenschaften neu definiert werden muß. FloEFD erlaubt ebenso Parameterstudien, beispielsweise die Ermittlung der besten Form und Lage eines Leitbleches oder eines Anströmwinkels für minimalen Druckverlust und maximale Funktion.

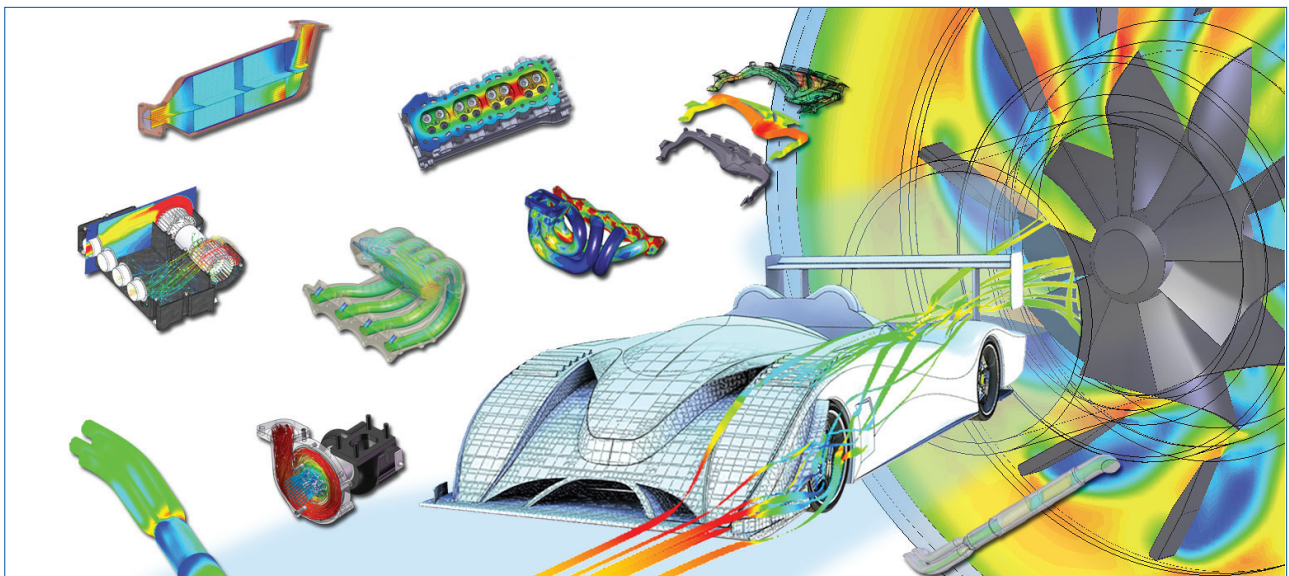
## EINE VIELZAHL VON ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN

Bis vor einiger Zeit war es nicht selten die Position von Führungskräften: „Ich sehe keinen Ansatz, wie FloEFD uns helfen könnte, bessere Produkte zu entwickeln. Strömungsvorgänge spielen keine große Rolle bei unseren Konstruktionen.“ Inzwischen haben zahlreiche führende Unternehmen die enormen Vorteile von FloEFD erkannt, dessen Einsatz weit über klassische Aerodynamikanwendungen hinausreicht.

Allein in der Automobilindustrie nutzen Ingenieure FloEFD-Software für die Verbesserung folgender Produkte und Prozesse:

- Druckverlust in Einspritzdüsen
- Wärmeübergang in Kühlern
- Strömung durch Katalysatoren und Abgassystemen mit Emissionskontrolle
- Strömung und Wärmemanagement im Motorraum
- Klimatisierung und Umwelteinflüsse
- Kühlflüssigkeitskreislauf, Motorblock, Zylinderkopf
- Kühlung von Elektronik, Bremssystemen, Beleuchtungseinheiten usw.
- Leistungssteigerung von Wärmetauschern und Kühlkörpern
- Strömung und Druckverlust in Filtern
- Brennstoffzellen
- Hydraulische Systeme
- Aerodynamische Untersuchungen an Außenspiegeln, Scheibenwischern, Spoilern usw.

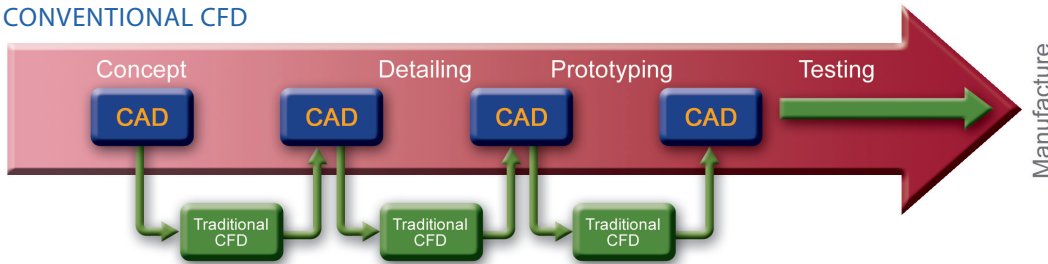
Es ist klar, daß FloEFD außer in der Automobilindustrie natürlich die gleichen Vorteile auch in vielen anderen Industriebereichen aufweisen kann. Tatsächlich gibt es sicherlich kaum einen Bereich, der nicht von der CFD-Software von Mentor Graphics profitieren kann.



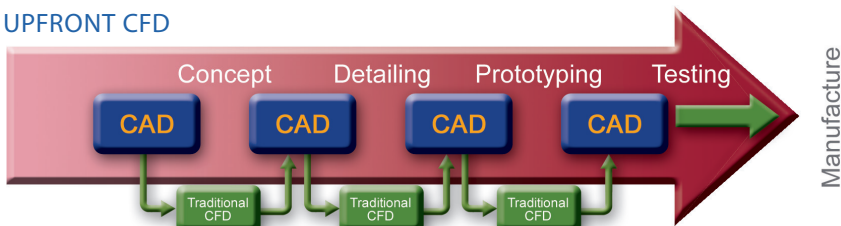
*Allein in der Automobilindustrie gibt es eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten*

## WARUM „CONCURRENT CFD“ DIE ARBEIT DES KONSTRUKTEURS BESCHLEUNIGT UND DEN GEWINN DES UNTERNEHMENS ERHÖHT

### CONVENTIONAL CFD



### UPFRONT CFD



### CONCURRENT CFD

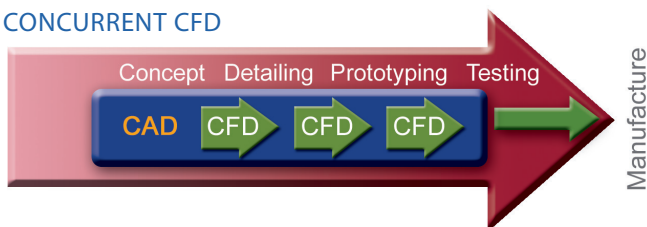


Abbildung 2. Die Grafik verdeutlicht, daß sowohl „Conventional CFD“ als auch „Upfront CFD“ für Strömungssimulationen die CAD-Geometrie importieren bzw. exportieren muß. Im Vergleich dazu ist „Concurrent CFD“ in das verwendete CAD-System direkt integriert.

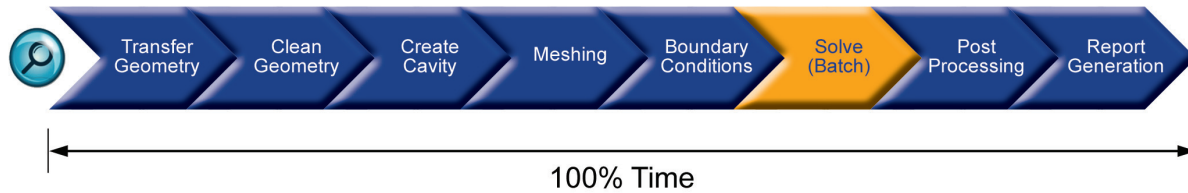
Abbildung 2 zeigt, daß bei Simulationen mit konventionellen CFD-Systemen die CAD-Geometrie aus dem CAD-System exportiert und dann in das CFD-System importiert, aufbereitet und vernetzt werden muß. Diese Arbeit muß üblicherweise von einem CFD-Spezialisten außerhalb der Konstruktionsabteilung erledigt werden, oder es wird ein externer Dienstleister damit beauftragt. Beide Wege erfordern erheblichen Kommunikationsaufwand. Oft entstehen dadurch Verzögerungen, in Folge dessen die Simulationsergebnisse zu spät für Entscheidungen zum nächsten Entwicklungsschritt geliefert werden. Jede resultierende Designänderung wird wiederum eine neue Berechnung erfordern mit den gleichen Folgen. Diese Probleme können nur durch erhöhten Arbeitsaufwand mit den entsprechenden Kosten gelöst werden.

„Upfront CFD“ verspricht eine Verbesserung dieser Situation durch bessere Datenübertragung zwischen CAD- und CFD-Software. Oft wird das durch einen in das CFD-Paket integrierten Modellierkern erreicht, der eine sauberere Datenübertragung ermöglicht. Aber der eigentliche Simulationsprozeß wird dadurch nicht berührt, denn die CFD-Berechnungen erfolgen ebenso außerhalb des CAD-Systems. Der Anwender muß ebenso ein komplexes neues Softwaresystem erlernen mit allen Folgen für die Effizienz des Gesamtprozesses, und die CAD-Daten müssen ebenso für die CFD-Simulationen aus den CAD-System importiert und für Änderungen auch exportiert werden.

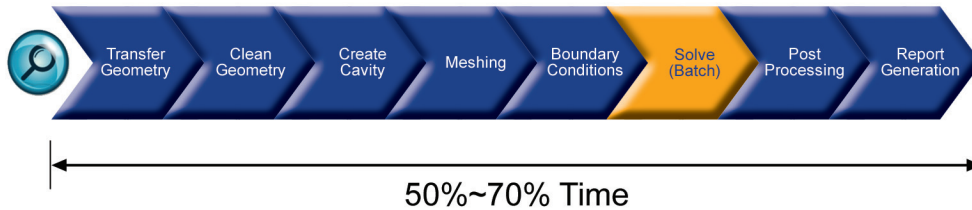
„Concurrent CFD“ hingegen funktioniert auf andere Weise. Da direkt in das CAD-System integriert, arbeitet es auch direkt in der vertrauten CAD-Umgebung. Das bietet enorme Vorteile für die Effizienz des Simulationsprozesses, da der Import-/Export von CAD-Geometrie entfällt und alle Designänderungen sofort aktuell auch für die CFD-Simulationen zur Verfügung stehen.



### CONVENTIONAL CFD



### UPFRONT CFD



### CONCURRENT CFD

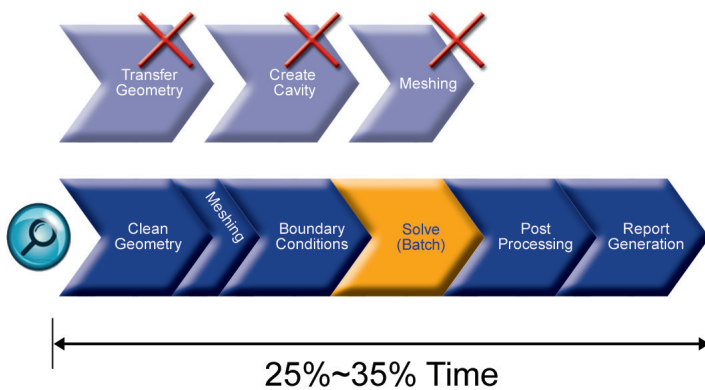


Abbildung 3. Die Grafik zeigt, daß sowohl „Conventional CFD“ als auch „Upfront CFD“ zusätzliche Prozessschritte für Strömungssimulationen benötigen. „Concurrent CFD“ hingegen nutzt die nativen CAD-Daten. Das spart Zeit und Aufwand und ermöglicht, in gleicher Zeit mehr Varianten zu untersuchen.

Mit *Abbildung 3* wird anschaulich, warum „Concurrent CFD“ so verschieden von „Conventional CFD“ und „Upfront CFD“ ist. Die schematisch dargestellten Prozessabläufe zeigen die einzelnen Schritte, die für den jeweiligen Simulationsprozeß typisch sind. Sowohl „Conventional CFD“ als auch „Upfront CFD“ erfordern die Übertragung der CAD-Geometrie in das CFD-System sowie deren nachfolgende Aufbereitung für die Berechnung. Dieser Prozeß muß für jede Änderung und jede Variante erneut durchgeführt werden. Oft muß dabei die Geometrie manuell „repariert“ werden, da während der Übertragung aus dem bzw. in das CAD-System Fehler auftreten können. Ein weiterer Prozeßschritt in „Conventional CFD“ als auch „Upfront CFD“ ist die Notwendigkeit, die Strömungsräume als eigenständige Geometrie zu erzeugen. Das ist für die nachfolgende Netzgenerierung unbedingt erforderlich. Üblicherweise wird dafür eine Bool'sche Operation verwendet, um den im originalen CAD-Modell leeren Strömungsraum zu „füllen“ und somit ein 3D-Bauteil für die Vernetzung zu erzeugen. Normalerweise bieten moderne CAD-Systeme entsprechende Funktionen dafür an.

Im Vergleich dazu funktioniert das CAD-integrierte „Concurrent CFD“ anders. Da die zu verwendende Geometrie bereits nativ im CAD-System vorliegt und die integrierte CFD-Software direkt darauf zugreifen kann, entfällt die Übertragung der CAD-Daten in ein externes CFD-System komplett. Darüber hinaus entfällt auch der Prozeßschritt, separate Bauteile für die Strömungsräume durch CAD-Funktionen zu erzeugen, da das CAD-integrierte CFD-System aufgrund des direkten Zugriffs auf die originalen CAD-Daten das Berechnungsnetz auch ohne diesen Schritt

automatisch erzeugen kann. Es ist klar, daß der Entfall dieser beiden Prozeßschritte neben dem enormen Zeitgewinn einen völlig neuen Arbeitsablauf ermöglicht, da zu keiner Zeit das CAD-System verlassen werden muß und die CAD- und Berechnungsdaten immer aktualisiert und synchronisiert vorliegen. Das erlaubt sehr effiziente Variantenuntersuchungen, auch von sehr vielen Varianten und sehr starken Designänderungen, in signifikant kürzerer Zeit.

Aber „Concurrent CFD“ bietet noch einen weiteren Vorteil, der nicht in der Grafik dargestellt werden konnte: Da Ingenieure nun Strömungssimulationen selbst durchführen und so ihre Konstruktionen auch selbst überprüfen, lernen sie schnell, „strömungsgerecht“ zu konstruieren, und auch die CAD-Modelle so aufzubauen, daß der Vorbereitungsaufwand für eine Strömungssimulation minimal wird.

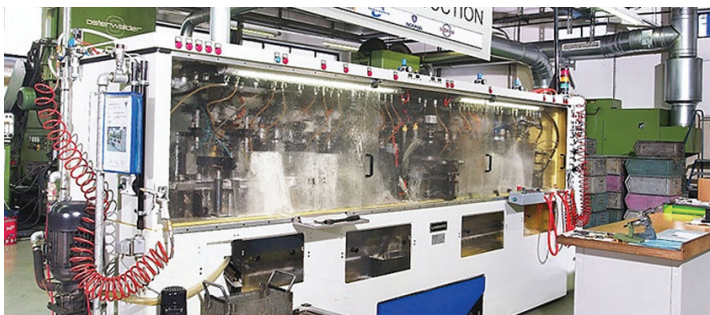
## ANWENDER BERICHTEN

Softwarehersteller können behaupten was sie wollen, der wahre Wert eines Softwarepaketes wird erst durch den Einsatz bei Kunden belegt und ob diese damit erfolgreich und produktiv sind. Nachfolgend berichten zwei von vielen hundert zufriedenen Kunden über ihre Erfahrungen mit FloEFD:

**Ventrex Automotive: Einsparung von 50 Prototypen und Verkürzung der Entwicklungszeit um 4 Monate**

Wie bereits an anderer Stelle erwähnt bieten virtuelle Prototypen anstatt der Herstellung physischer Prototypen enorme Zeit- und Kostenvorteile. Das war eindeutig auch die Erfahrung, die Ventrex Automotive aus Graz in Österreich gemacht hat. Ventrex Automotive ist ein Zulieferer von Kompressoren und Ventilen für Klimaanlage für alle namhaften Fahrzeughersteller.

Kürzlich stand Ventrex Automotive vor der Aufgabe, geeignete Ventile für CO<sub>2</sub>-Kühlmittel zu entwickeln, die die Varianten für Fluorkohlenwasserstoff ersetzen sollen. Diese neuen Kühlmittel arbeiten bei sieben bis zehn Mal höheren Drücken und erfordern die Neukonstruktion zahlreicher Komponenten einer Klimaanlage wie zum Beispiel der Ventile zum Absaugen und Auffüllen. Ein wesentlicher Vorteil von FloEFD ist, daß es zunächst die Untersuchung der Druckverhältnisse in einer neuen Konstruktion ermöglicht, ohne einen physischen Prototypen zu bauen. FloEFD liefert auch weitere Daten wie Strömungsgeschwindigkeit und -richtung an jedem Punkt im Strömungsfeld. Mit diesen Informationen können Ingenieure die beste Variante auswählen.



*Ventilfertigung bei Ventrex Automotive GmbH. Mit Hilfe von FloEFD konnte die Entwicklungszeit um vier Monate verkürzt werden.*

Ventrex nutzt seit langem CATIA, weshalb FloEFD for CATIA V5 als direkt in CATIA integrierte Lösung ausgewählt wurde. Ohne die CAD-Umgeben verlassen zu müssen, konnten die Ventrex-Ingenieure über eine einfache Menüauswahl die Strömungssimulation mit den originalen CATIA V5-Daten starten. Die Leerräume wurden automatisch als Strömungsräume erkannt, und die Ingenieure brauchten nur noch die Randbedingungen für den Ein- und Auslaß zu definieren. „Innerhalb weniger Stunden hatten wir die Ergebnisse für das Konzeptdesign vorliegen und konnten uns nun um dessen Verfeinerung kümmern“, sagte der zuständige Projektleiter bei Ventrex.

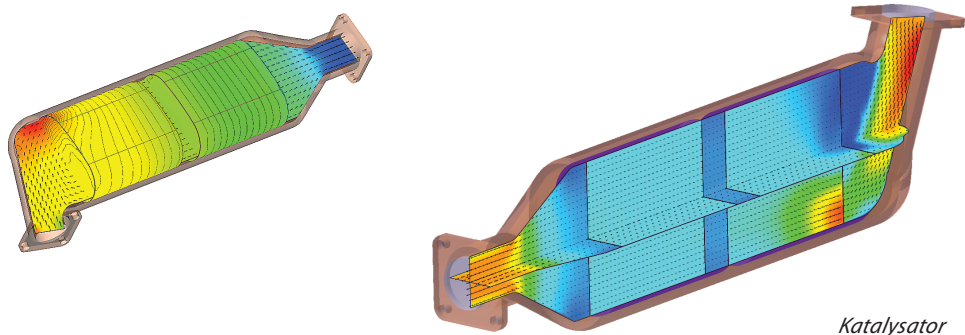
Und das Ergebnis? „CAD-integrierte CFD-Software ermöglicht die Gewinnung von Simulationsergebnissen fast genau so schnell wie wir die Konstruktion ändern können. Wir haben den Durchfluß unserer neuen CO<sub>2</sub>-Ventile um 15% erhöht. Dafür haben wir ungefähr 50 Prototypen weniger bauen müssen und konnten die Entwicklungszeit um vier Monate verkürzen.“

## MINIATURE PRECISION COMPONENTS: SCHNELLE UNTERSUCHUNG VON 12 ALTERNATIVEN

Miniature Precision Components (MPC), als führend bei innovativem Design und Produktion von hochwertigen thermoplastischen Teilen für die Automobilindustrie und andere Industriezweige anerkannt, liefert funktionale Spritzguß-, Extrusions- und Blasformteile. Das Unternehmen hat seinen Firmensitz in Walworth, Wisconsin, USA, und beschäftigt etwa 1500 Mitarbeiter.

Als Zwischenschritt auf dem Weg zum langfristigen Ziel „Zero-Emission-Vehicle“, das Fahrzeuge mit elektrischem oder Brennstoffzellenantrieb erfordert, erlauben einige US-Bundesstaaten die Zulassung sogenannter „Partial-Zero-Emission-Vehicles (PZEV)“ die weiterhin Benzinmotoren haben. Um die Zulassung als PZEV zu bekommen, muß ein Fahrzeug den „Super Ultra Low Emission Vehicle“-Standard erfüllen und darf keinerlei Emissionen aus dem Treibstoffsystem aufweisen. Ein wichtiges technisches Merkmal eines PZEV-Fahrzeugs ist deshalb ein Kohlenwasserstofffilter im Ansaugsystem, der den Austritt von Kohlenwasserstoffen aus dem Motor bei Stillstand unterbinden soll. Dabei soll dieser Filter natürlich keinen zusätzlichen Druckverlust im Ansaugsystem während des Motorlaufes erzeugen, da dadurch der Benzinverbrauch und die Leistung negativ beeinflusst werden würde.

Für die Konstruktion eines solchen kostengünstigen Filters begannen die Ingenieure bei MPC mit dem ersten Design als CATIA-Modell und entwarfen bestimmte Rippenkonstruktionen aufgrund ihrer Erfahrung. Diese Varianten wurden dann mit FloEFD for CATIA V5 berechnet, und es war schnell klar, daß ein 5-Speichen-Design den geringsten Druckverlust liefern würde, aber der absolute Wert war trotzdem noch zu hoch. Die Ingenieure untersuchten dann ein weiteres gutes Dutzend Designvariationen mit unterschiedlichen Speichenabständen und -geometrien. Am Ende konnte der verantwortliche Ingenieur konstatieren: „Wir hatten die Vorgaben für den Druckverlust unterboten, zumindest im Computer. Als wir einen Prototypen gebaut und vermessen hatten, zeigte sich, daß der Druckverlust innerhalb von 1 inAq zu den CFD-Berechnungen lag.“



## EINFACHER SCHRITT ZU HÖHERER PRODUKTIVITÄT

FloEFD kann einen entscheidenden Beitrag zur Reduzierung von Entwicklungszeit und -kosten leisten und gleichzeitig helfen, bessere Produkte für zufriedenerere Kunden zu entwickeln. Die Investition in die Simulationssoftware wird sich bereits nach kürzester Zeit amortisieren, oft schon nach dem ersten Projekt:

1. Weil die Software direkt in das vertraute CAD-System integriert ist;
2. Weil die Software so intuitiv zu benutzen ist, entfällt eine langwierige Einarbeitungszeit und die Ingenieure sind bereits innerhalb weniger Stunden produktiv.

Wenn Sie eines der 3D-CAD-Systeme benutzen, die vorrangig in der Automobilindustrie eingesetzt werden, können Sie mit FloEFD sofort beginnen:

- **FloEFD for CATIA V5**
- **FloEFD for Creo Parametric**
- **FloEFD:** Das CAD-Modell wird direkt ohne Zwischenformate in die FloEFD-3D-Umgebung übernommen und steht für die Strömungssimulation bereit. Diese Lösung steht für nahezu alle wichtigen 3D-CAD-Systeme zur Verfügung, zum Beispiel für
  - Autodesk Inventor
  - Siemens NX
  - Solid Edge
  - CoCreate
  - SpaceClaim

### FÜR WEITERE INFORMATIONEN...

*Minimale Investition – maximaler Gewinn:* Wenn Ihr Unternehmen FloEFD noch nicht einsetzt, sollten Sie Kontakt mit uns aufnehmen. Sprechen Sie auch mit Ihrem Konstruktionsteam und ermutigen Sie Ihre Mitarbeiter, uns anzusprechen. Wir freuen uns, Ihnen zu zeigen, wie einfach die FloEFD-Technologie funktioniert und wie schnell Ihr Unternehmen von den Vorteilen profitieren wird.

**For the latest product information, call us or visit: [www.mentor.com](http://www.mentor.com)**

©2011 Mentor Graphics Corporation, all rights reserved. This document contains information that is proprietary to Mentor Graphics Corporation and may be duplicated in whole or in part by the original recipient for internal business purposes only, provided that this entire notice appears in all copies. In accepting this document, the recipient agrees to make every reasonable effort to prevent unauthorized use of this information. All trademarks mentioned in this document are the trademarks of their respective owners.

---

#### Corporate Headquarters

Mentor Graphics Corporation  
8005 SW Boeckman Road  
Wilsonville, OR 97070-7777  
Phone: 503.685.7000  
Fax: 503.685.1204

Visit [www.mentor.com/company/office\\_locations/](http://www.mentor.com/company/office_locations/) for the list of Mechanical Analysis Division Offices



#### Sales and Product Information

Phone: 800.547.3000  
[sales\\_info@mentor.com](mailto:sales_info@mentor.com)

MGC 01-09 TECH10120-w