



**SIEMENS**

*Ingenuity for life*

Siemens Digital Industries Software

# Was Sie in der Schule nicht über Druckabfall gelernt haben

Mechanische Analyse

# Einführung

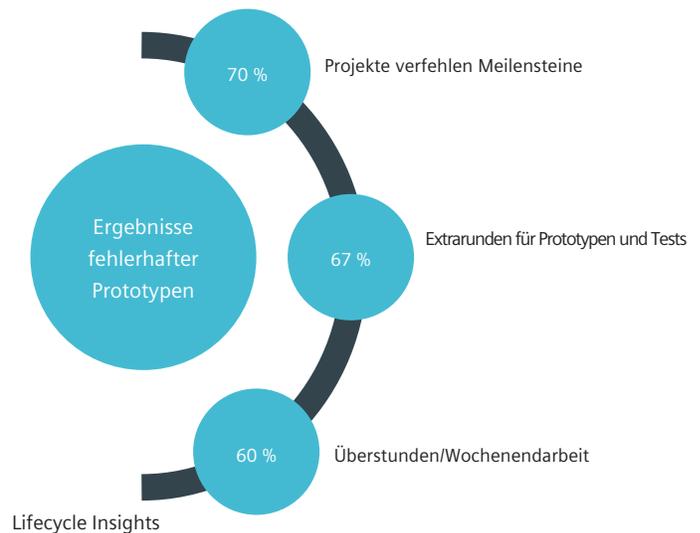
Bei der Konstruktion vieler Produkte zählen Druck und Druckabfall zu den wichtigsten Aspekten. Schließlich ist ein Druckabfall gleichbedeutend mit einem Energieverlust, der wiederum einen höheren Energiebedarf nach sich zieht. Daher leuchtet ein, dass aus einer optimierten Konstruktion, die zu optimalen Druckbedingungen führt, Energieeinsparungen resultieren.

Wie wir aus der Schule noch in Erinnerung haben, gibt es viele verschiedene Arten von Druck – statischen, dynamischen, potentiellen und Gesamtdruck. Dabei stellt sich die Frage, wie sich das Fluid verhält. Ist es inkompressibel? Besteht eine Form der Reibung? Welche Fluidichte liegt vor?

Während es ein Leichtes ist, die verschiedenen Formeln zur Hand zu nehmen, um Antworten auf diese Fragen zu finden, ist es alles andere als einfach, sie bei der Konstruktion eines komplexen Produkts anzuwenden, wenn der Druckabfall kalkuliert werden muss. Hier kommt die numerische Strömungsmechanik ins Spiel (CFD, Computational Fluid Dynamics). CFD kann für einen Konstruktionsingenieur zu einem der wichtigsten Konstruktionswerkzeuge werden, da mit ihrer Hilfe Trends an den Konstruktionen abgelesen werden können und Modelle mit Potenzial von solchen ohne Potenzial unterschieden werden können.

## Die beste Rendite wird durch frühe Simulation erreicht: Frontloading-Analyse im Konstruktionsprozess

Leider wird CFD nicht immer durchgängig als Teil eines Bachelor-Programms gelehrt. Selbst wenn sie auf dem Lehrplan steht, findet sie nur bei einer Reihe kleinerer Probleme Anwendung. Bis vor Kurzem war die kommerzielle CFD-Software auf Spezialisten und nicht auf eine breitflächige Nutzung ausgerichtet. Diese Werkzeuge waren nicht nur kostspielig, sondern ihre Anwendung war zudem auch schwierig, mühselig oder zeitintensiv. Folglich wurden Konstruktionsanalysen, wie beispielsweise des Druckabfalls, üblicherweise von Spezialisten in besonderen Analyseabteilungen



und getrennt von den allgemeinen Konstruktions- und Entwicklungsabteilungen ausgeführt. Um ihre Konstruktionen testen oder prüfen zu können, mussten sich Maschinenbauingenieure auf das Erstellen physikalischer Prototypen verlassen, die dann auf einer Strömungsbank oder Prüfungsanlage getestet wurden.

Aber eine Konstruktion erst dann zu testen, wenn ein Prototyp erstellt wird, ist sehr teuer. Einer Untersuchung des Unternehmens Lifecycle Insights [1] zufolge, führt das Fehlschlagen von Konstruktionen zu diesem Zeitpunkt dazu, dass Projektmeilensteinen ausbleiben, zusätzliche Testzyklen erforderlich sind und lange Wartezeiten auftreten.

Die größte Rendite kann erzielt werden, wenn die Kosten für Änderungen reduziert werden können und mehr Raum für die Kostenreduzierung geschaffen wird (Abbildung 1) [2]. Prof. Martin Eigner prägte „Frontloading“ als Überbegriff für die frühzeitige Verwendung einer ganzen Reihe von Simulationswerkzeugen, einschließlich CFD, im Konstruktionsprozess [2].

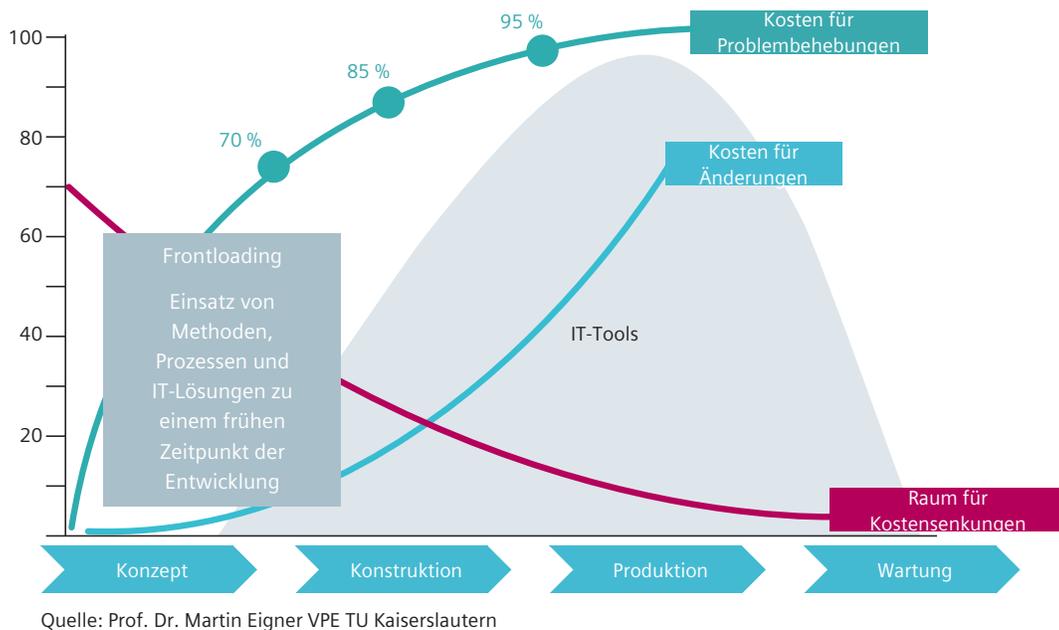


Abbildung 1: Frontloading der Simulation kann dazu beitragen, Kosten zu senken

Aus mehreren Umfragen, die von verschiedenen Branchenanalysten und CAE-Anbietern durchgeführt wurden, geht hervor, dass die erfolgreichsten Unternehmen die Leistung ihrer Konstruktionen bereits zu einem frühen Zeitpunkt der Entwicklung prüfen und aktiv die Zusammenarbeit und das Teilen von Wissen zwischen Analyseexperten und Konstruktionsingenieuren fördern.

### Wie Frontloading der CFD den Konstruktionsprozess verändert hat

Vor ca. 20 Jahren wurde die Belastungsanalyse frühzeitig in den Konstruktionsprozess integriert und wurde schnell zu einem integralen Bestandteil des Entwicklungsprozesses. Heute bieten alle großen MCAD-Softwarewerkzeuge Belastungssimulation in der Entwicklungsphase. Das Frontloading der Belastungssimulation und das Durchführen von Analysen zu einem frühen Zeitpunkt des Entwicklungsprozesses bedeutete aber nicht, dass Hersteller in der Validierungsphase keine Simulation mehr durchführten. Simulation wurde einfach zu einer Methode, mit der Trends untersucht und weniger erstrebenswerte Konstruktionsideen früher aussortiert werden konnten.

Anders als in der Verifizierungsphase ist Geschwindigkeit in der Entwicklungsphase von wesentlicher Bedeutung. Um mit der Geschwindigkeit von Konstruktionsänderungen Schritt zu halten, müssen Konstrukteure Simulationen nicht nur zu einem frühen Zeitpunkt, sondern oft durchführen. Durch schnelle Wiederholungen können Konstrukteure weniger attraktive Ideen aussortieren und Innovationen weiter vorantreiben. Sobald eine Konstruktion untersucht wurde und sich als durchführbar erwiesen hat, kann sie im nächsten Schritt geprüft werden.

Diese Vorgehensweise hat sich auf andere Bereiche ausgeweitet, einschließlich der CFD-Analyse. Uns stehen jetzt CFD-Werkzeuge zur Verfügung, die konstruktionsfreundlich und auf nahtlose und komfortable Weise mit den CAD-Werkzeugen verknüpft sind. Mit diesen kombinierten Werkzeugen kann ein prototypischer digitaler Zwilling – eine virtuelle Darstellung des Produkts – erstellt werden.

Zu den Vorteilen des Frontloadings der in CAD eingebetteten CFD zählen:

- Niedrigere Produktentwicklungskosten
- Kürzere Markteinführungszeit
- Innovativere und leistungsfähigere Produkte
- Entfernen eines größeren betrieblichen Engpasses im Konstruktionsprozess
- Weniger betriebliche Risiken aufgrund der Einhaltung immer strengerer Vorschriften

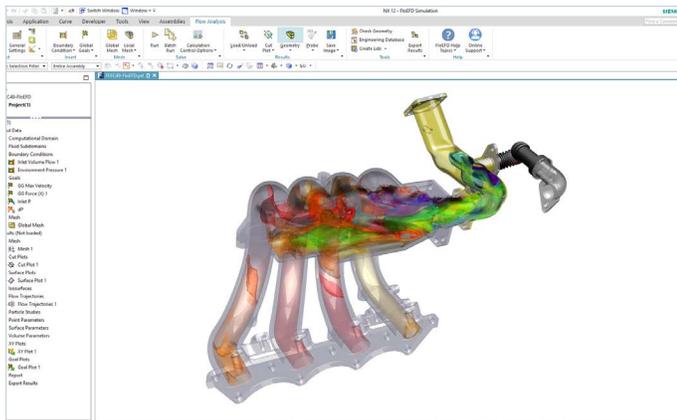
### Warum für Frontloading Simulation in CAD erforderlich ist

Herkömmliche CFD-Softwareprogramme verfügen häufig über ihre eigenen Anwenderschnittstellen, die nicht in CAD eingebettet sind; im besten Fall werden Datenkonverter angeboten, um Modelle von der CAD- zur CFD-Software zu bewegen. Daher müssen die Daten jedes Mal, wenn die Analyse eines Modells erforderlich ist, aufbereitet und von CAD in das CFD-Tool importiert werden, wo das Modell dann für den Einsatz „bearbeitet“ werden kann.

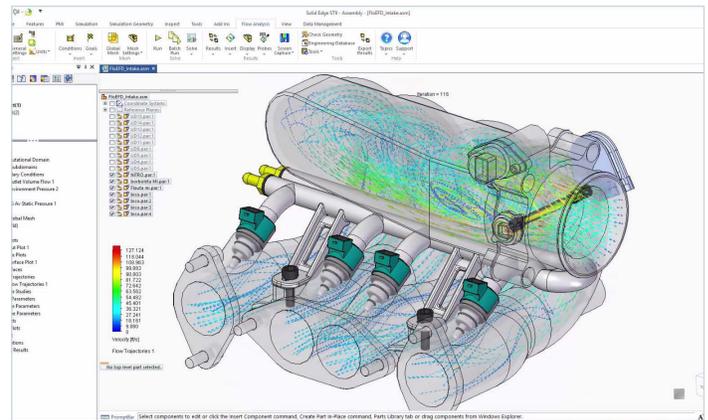
Zum Großteil bestehen sie aus Technologien, die eine umfassende Erfahrung und Ausbildung erfordern, weshalb die Aufgabe häufig von speziellen Analysten übernommen wird. Beispielsweise werden von den meisten herkömmlichen CFD-Werkzeugen viele Netztypen unterstützt. Der Anwender muss wissen, welches sich am besten für die spezifische Anwendung, den physikalischen und den Strömungstyp eignet. Zudem muss das Netz so lange bearbeitet werden, bis ein optimales Netz für das Modell und die Anwendung erzielt wurde. Kurz gesagt kann die Verwendung herkömmlicher CFD-Werkzeuge extrem zeitaufwändig und langsamer sein, als es während der Konstruktionsphase gewünscht ist. Aufgrund dieser Spezialisierung wurde die Analyse der Druckparameter der Konstruktion, die essentielle Aspekte des Produktgebrauchs betrifft, von der Konstruktions- und Entwicklungsabteilung getrennt.

Demgegenüber gilt für konstruktionsfreundliche CFD-Lösungen:

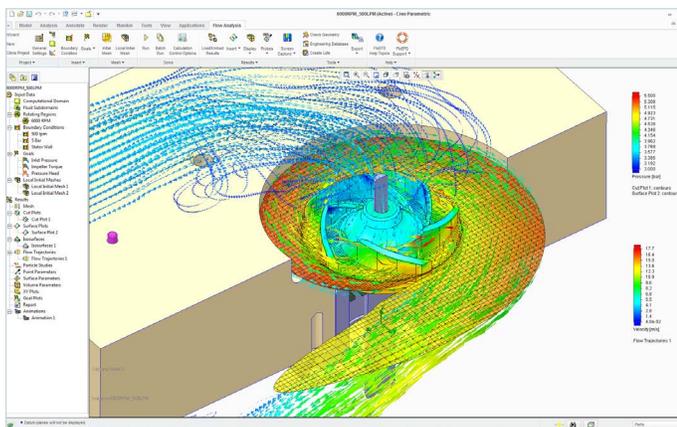
- Sie müssen vollständig in CAD eingebettet sein: Auf diese Werkzeuge kann innerhalb des CAD-Programms leicht zugegriffen werden, und sie verwenden dieselbe native Geometrie für die Analyse. Das Exportieren der Daten zur Vorbereitung der Analyse ist nicht länger erforderlich. Außerdem lässt sich die Software leicht einfügen – das Einarbeiten in eine komplett neue Benutzeroberfläche ist nicht notwendig. Die CFD-Analyse wird einfach zu einer weiteren Funktionalität des CAD-Pakets
- Intelligente Automatisierung: In CAD eingebettete CFD-Programme müssen für leichtere, schnellere und genauere Analysen über eine intelligente integrierte Automatisierung verfügen. Beispielsweise kann es für den Konstrukteur bei Fluidströmungsproblemen wichtig sein zu verstehen, was in dem leeren Raum vor sich geht, indem sich das Fluid befindet. Bei herkömmlicher CFD ist das Erstellen einer zusätzlichen Geometrie erforderlich, um diese Kammer darzustellen. In CAD eingebettete CFD-Lösungen hingegen sind intelligent genug, um zu erkennen, dass es sich bei dem leeren Raum um den Strömungsraum handelt, sodass keine Zeit mit dem Erstellen einer Geometrie vergeudet wird. Bevor mit der Analyse begonnen werden kann muss das Modell vernetzt werden. Bei herkömmlicher CFD muss der Konstrukteur vollständig damit vertraut sein, welche Vernetzungsmethode die Strömungsphänomene am besten darstellt. Die in CAD eingebettete CFD verwendet eine vollständig automatisierte Vernetzung, die automatisch das bestmögliche Netz für das vorliegende Problem generiert
- Geschwindigkeit kombiniert mit Genauigkeit: CFD-Lösungen, die in CAD verwendet und im Konstruktionsprozess vorgezogen werden können, ermöglichen es, die gesamte Simulationszeit deutlich zu reduzieren – einige Unternehmen sprechen von einem bis zu 75 % verringerten Zeitaufwand und einer 40-fachen Produktivitätssteigerung



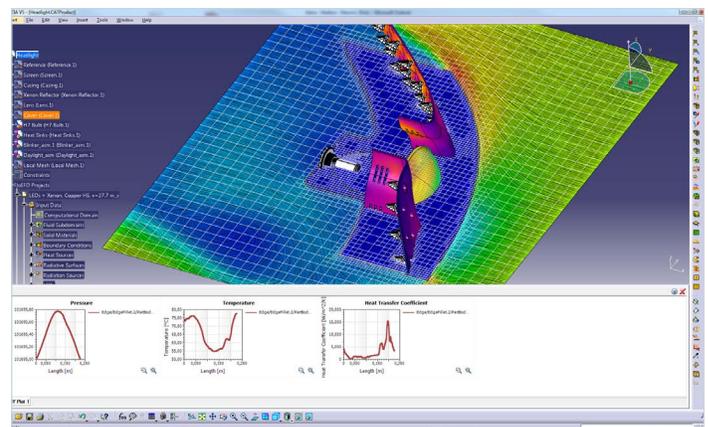
Simcenter FLOEFD für NX



Simcenter FLOEFD für Solid Edge



Simcenter FLOEFD für PTC Creo



Simcenter FLOEFD für CATIA V5

Abbildung 2: Simcenter FLOEFD ist in renommierte MCAD-Programme eingebettet.

### Die führende Frontloading-CFD-Lösung

Die Software Simcenter FLOEFD™ ist in MCAD-Toolsets, wie beispielsweise CATIA® V5, Creo™ Elements/Pro™, NX™ und Solid Edge®, eingebunden. Mit Simcenter FLOEFD können sich Konstrukteure auf die Analyse der Druckverteilung im Fluid und der Last auf den Volumenkörper ihrer Produkte konzentrieren. Es können Was-wäre-wenn-Szenarien durchgeführt werden, um komplexe physikalische Verhältnisse, wie zum Beispiel zwischen Druckabfall und Strömungsrate, zu analysieren.

Simcenter FLOEFD kombiniert alle Phasen der Druckabfallanalyse in einem Paket, von der 3D-Modellierung bis zur Problemaufstellung, Ausführung, Ergebnisvisualisierung, Validierung und Berichterstellung. Typische Druckabfall-Anwendungen enthalten Strömungen durch Ventile, Rohrverzweigungen, Wärmetauscher, Filtrierungssysteme, Leitungen und Elektronikgehäuse; im Grunde jedes System, dessen Ziel es ist, die zur Strömungsbewegung erforderliche Energie zu reduzieren oder seine Leistung zu maximieren.

Mit Simcenter FLOEFD können sich Konstrukteure darauf konzentrieren, genau zu analysieren, warum die Gas- oder Flüssigkeitsströmung unter- oder oberhalb des nach den technischen Spezifikationen erlaubten Drucks liegt. Für den Konstrukteur ist alleine entscheidend, dass er das MCAD-System und die physikalischen Eigenschaften des Produkts, das entwickelt wird, kennt. Nach der Installation von Simcenter FLOEFD werden alle für die Ausführung einer vollständigen CFD-Strömungsanalyse erforderlichen Menüs und Befehle im gewohnten Menüsystem des CAD-Pakets erstellt. Durch diese nahtlose Zusammenarbeit zwischen dem MCAD-System und Simcenter FLOEFD wird die Anwendung besonders benutzerfreundlich. Tatsächlich sind die meisten Konstrukteure nach weniger als acht Stunden Schulung in der Lage, Simcenter FLOEFD anzuwenden.

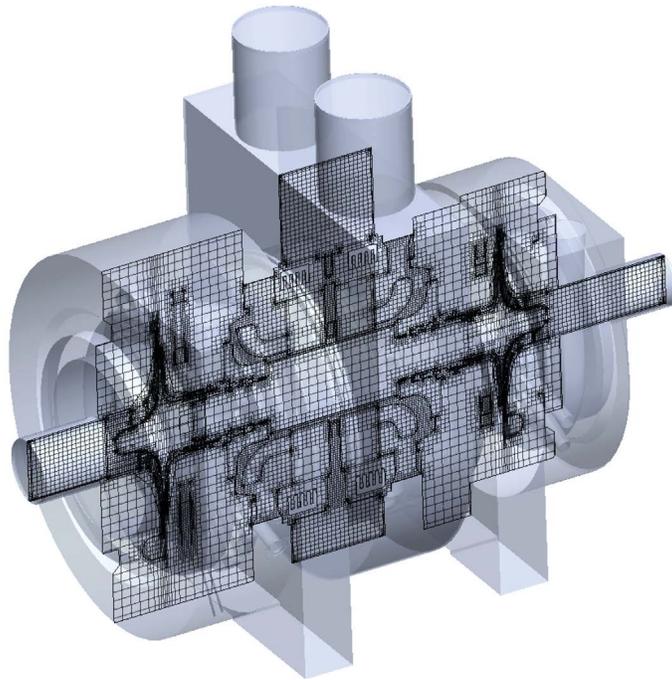


Abbildung 3: SmartCells ermöglichen die Verwendung eines groben Netzes für schnelle Analysen, ohne auf Genauigkeit verzichten zu müssen.

Die am häufigsten auftretende Konstruktionsaufgabe bei der Anwendung der Fluidströmungsanalyse ist die Verringerung des Druckabfalls in einem System bei einer Fluidströmung von einem Punkt A zu einem Punkt B. Die grundlegende Herausforderung besteht darin, entweder die Strömungsrate bei einem bestimmten Druckabfall zu erhöhen oder den Druckabfall für eine bestimmte Strömungsrate zu verringern. Wenn die Strömung von einer Pumpe oder einem Gebläse gesteuert wird, kann der Konstrukteur durch Kenntnis des Druckabfalles die Größe der Pumpe oder des Gebläses optimieren.

Der Ausgangspunkt jeder Strömungsanalyse ist eine klare Beschreibung der Geometrie des mechanischen Systems. Mit Simcenter FLOEFD kann der Konstrukteur bestehende MCAD-Modelle für die Analyse heranziehen, ohne zusätzliche Daten exportieren oder importieren zu müssen und den Zeit- und Arbeitsaufwand erheblich reduzieren. Das integrierte Simcenter FLOEFD-Toolset kann neu erstellte oder bereits existierende 3D-CAD-Geometrie und Volumenkörper-Informationen verwenden, um Konstruktionen unter realistischen Bedingungen zu simulieren. Simcenter FLOEFD erkennt den passenden Fluidbereich basierend auf den leeren Innenräumen innerhalb des Volumenkörpers, in denen der Konstrukteur Randbedingungen eingefügt hat.

Simcenter FLOEFD kann auch eine Reihe von Fluiden analysieren. Zu diesen zählen Gase – vom Unterschallbereich bis hin zu transsonischen, hypersonischen und Überschall-Strömungen, Flüssigkeiten und nicht-newtonschen Fluiden, wie z. B. geschmolzenem Kunststoff, sowie Strömungen für Anwendungen in der Lebensmittelverarbeitung. Sogar Dampfströmung kann simuliert werden. Es gibt auch ein Zwei-Phasen-Kavitationsmodell und ein brennbares Gemisch sowie die Simulation freier Oberflächen.

Nachdem ein Modell erstellt wurde, muss es vernetzt werden. Ein Netz zu entwickeln ist eine dieser Fähigkeiten, die zuvor CFD-Spezialisten von Maschinenbauingenieuren trennte. Mit Simcenter FLOEFD wird das Basisnetz automatisch innerhalb von Minuten erstellt und die stundenlange, mühsame Aufteilung von Regionen und Zellen ist nicht mehr erforderlich. Simcenter FLOEFD erstellt Netze automatisch innerhalb von Minuten. Die in CAD eingebettete CFD erstellt ein anpassungsfähiges Netz, das die Zellengröße an erforderlicher Stelle reduziert, indem die Auflösung der Analyse erhöht wird, um genauere Simulationsergebnisse in komplexen Bereichen des Modells bereitzustellen (Abbildung 3). Für ergänzende Informationen über die Vernetzungstechnologie SmartCells lesen Sie bitte SmartCells – Für schnelle und genaue CFD-Simulation - [www.mentor.com/products/mechanical/resources/overview/smartcells-enabling-fast-accurate-cfd](http://www.mentor.com/products/mechanical/resources/overview/smartcells-enabling-fast-accurate-cfd)

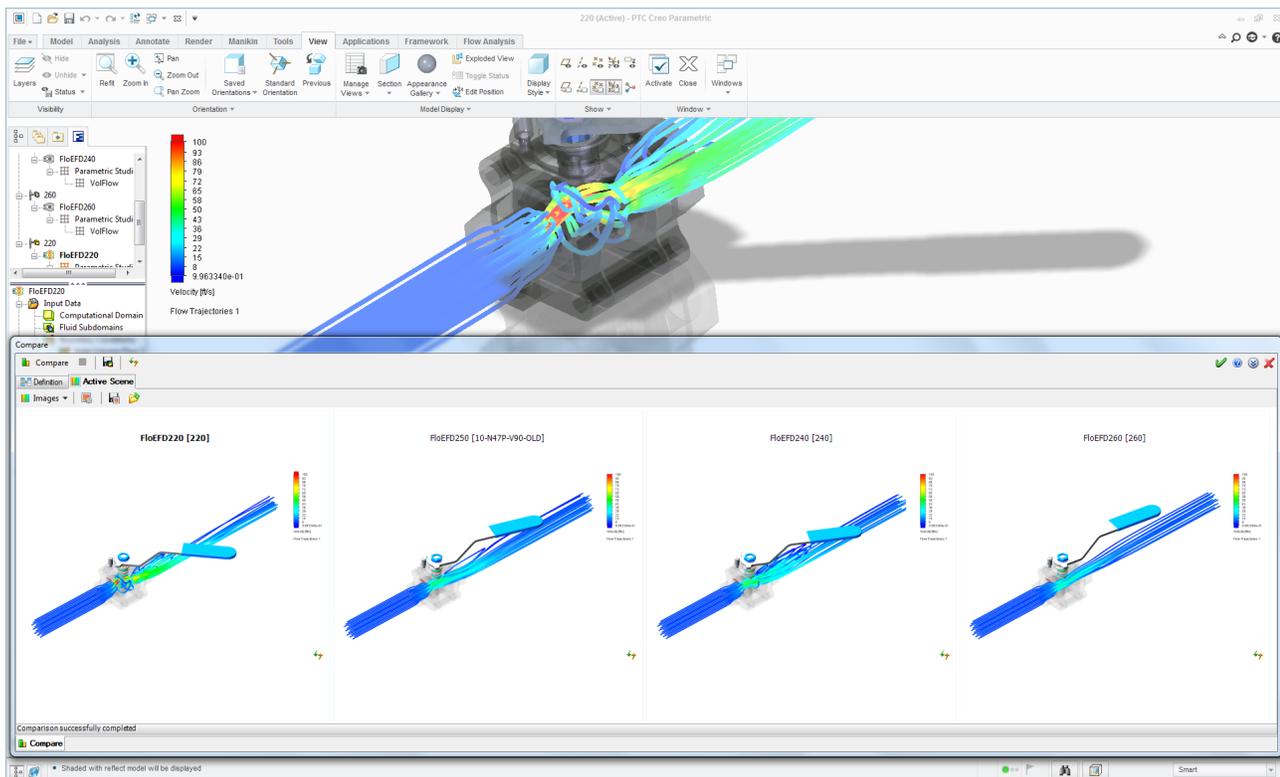


Abbildung 4: Die Funktion zum Vergleichen der Konfiguration und der parametrischen Studie innerhalb von Simcenter FLOEFD ermöglicht es Ingenieuren, die Auswirkungen von Änderungen an der Geometrie oder den Randbedingungen auf die Ergebnisse zu verstehen.

### Echte Herausforderungen beim Druckabfall lösen

Simcenter FLOEFD bietet umfangreiche Möglichkeiten, um zu visualisieren, was bei der Strömung einer Konstruktion passiert und gibt dem Konstrukteur wertvolle Einblicke, die ihn bei Konstruktionsentscheidungen unterstützen. Mit den Visualisierungsmöglichkeiten können Anwender die Konstruktion genau untersuchen und die Strömung innerhalb der nativen CAD-Umgebung visualisieren.

Beispielsweise sind bei der Analyse des Druckabfalls oft viele Strömungskanäle deutlich kleiner als der überwiegende Teil des Geräts. Eine Ventilkonstruktion kann beispielsweise ein perforiertes Einbauteil mit kleinen Löchern enthalten, durch die sich das Fluid bewegen muss. Das Erfassen dieser etwas komplexen Geometrie und ihre Neuvernetzung zwischen aufeinanderfolgenden Konstruktionsiterationen wäre mit herkömmlichen CFD-Werkzeugen eine mühselige Aufgabe und würde erweiterte Kenntnisse im Bereich der Netzgenerierung erfordern. Verwendet der Konstrukteur hingegen den automatischen Vernetzer in Simcenter FLOEFD, kann er die Größe der perforierten Löcher leicht eingeben, um

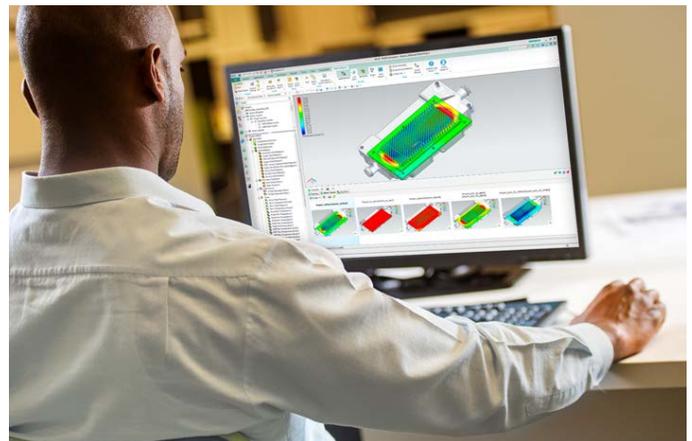


Abbildung 5: Die Funktion von Simcenter FLOEFD für die parametrische Studie und für den Konstruktionsvergleich ermöglicht Ingenieuren, Konstruktionen schnell zu optimieren.

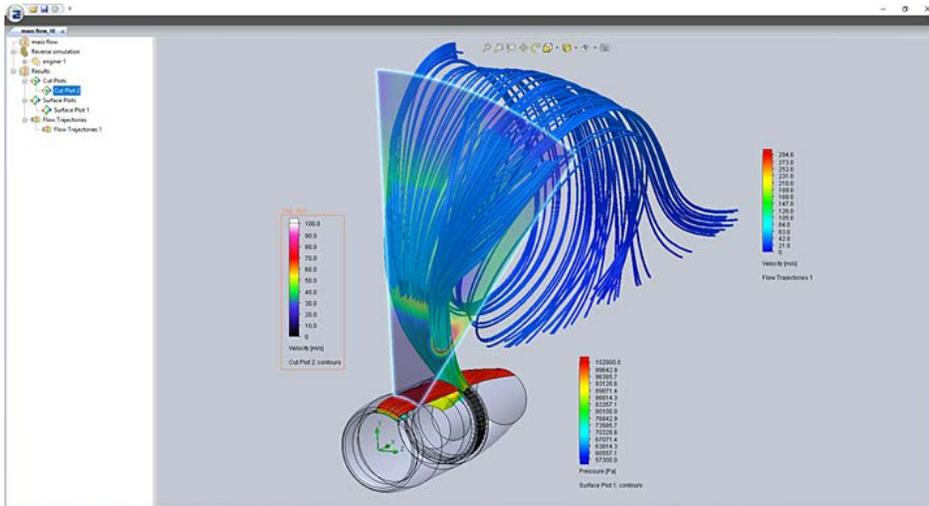


Abbildung 6: Simcenter FLOEFD Viewer ist ein kostenloser eigenständiger Viewer, um mit Kunden statt einer 2D-Abbildung ausgewählte Ergebnisdarstellungen in einer interaktiven 3D-Umgebung zu teilen.

den Vernetzer so anzuleiten, dass er die Strömungskanäle in der richtigen Größe erstellt. Dabei wird automatisch ein Qualitätsnetz erstellt, das genaues Feedback gibt, sodass der Konstrukteur die Auswirkungen auf die Gesamtpformance des Systems auf effiziente Weise evaluieren kann.

Eine zweidimensionale Möglichkeit, das Strömungsfeld in Simcenter FLOEFD zu untersuchen, ist eine Schnittdarstellung, die die Strömung auf einer Ebene durch das Modell beschreibt. Eine Schnittdarstellung der Ergebnisse kann mit einem beliebigen Ergebnisparameter angezeigt werden, und die Darstellung kann als Konturplot, als Isolinien oder als Vektoren erstellt werden. Sie kann auch in beliebigen Kombinationen mit Geschwindigkeiten und Geschwindigkeitsvektoren erstellt werden. Ergänzend zu Schnittdarstellungen kann eine 3D-Oberflächendarstellung auf einfache Weise für jede einzelne Fläche oder auch automatisch für den gesamten Strömungsbereich angezeigt werden.

Simcenter FLOEFD bietet auch eine leistungsstarke Möglichkeit für die Untersuchung eines weiteren interessanten Parameters der Druckabfallanalyse: des Gesamtdrucks. Bei echter viskoser Strömung kommt es beim Gesamtdruck zu Verlusten, wenn das Fluid durch Konstruktionskonturen strömt. So zeigen Bereiche von Gesamtdruckgradienten Stellen an, an denen viskose Energieverluste stattfinden, die nicht rückgewonnen werden können.

Das Lösen jedes dieser Druck-Probleme ist ein iterativer Prozess. Nach Durchsicht der anfänglichen Analyseergebnisse sind die meisten Konstrukteure

bestrebt, ihre Modelle zu modifizieren, um verschiedene Szenarien zu untersuchen und so herauszufinden, ob die Strömung optimiert werden kann. Mit Simcenter FLOEFD sind diese „Was-wäre-wenn“-Analysen leicht durchführbar. Konstrukteure können Konstruktionsalternativen untersuchen, Konstruktionsmängel aufdecken und die Produktperformance optimieren, bevor detaillierte Konstruktionen oder physikalische Prototypen erstellt werden.

So kann der Konstrukteur schnell und einfach feststellen, welche Konstruktionen Zukunft haben und welche wahrscheinlich nicht erfolgreich sein werden.

Um Alternativen zu untersuchen, erstellt der Konstrukteur einfach mehrere Klone des Volumenkörpers in Simcenter FLOEFD, die automatisch alle Projektdefinitionen einschließlich Zielen und Materialeigenschaften beibehalten. Wenn der Konstrukteur einen Volumenkörper modifiziert, kann er ihn sofort analysieren.

Die Software hilft auch bei parametrischer Optimierung – beispielsweise durch das automatische Ausführen einer Versuchsplanung, bei der zahlreiche Konstruktionsparameter, wie beispielsweise die optimale Dicke, festgelegt werden müssen. Auf diese Weise beschleunigt Simcenter FLOEFD den interaktiven Konstruktionsprozess und ermöglicht es Konstrukteuren, das durch Analyse gewonnene Wissen schnell und einfach in die verbesserte Konstruktion zu integrieren.

Simcenter FLOEFD bietet stabile Verifizierungsmöglichkeiten, um die Konstruktionen zu validieren. Bevor eine neue Version von Simcenter

FLOEFD erscheint, validieren die Konstrukteure von Mentor die Version mit einer Serie von 300 Tests. Basierend auf dieser strengen Testreihe bietet Simcenter FLOEFD 20 Tutorials und 32 Validierungsbeispiele an, einschließlich ihrer Dokumentation, die direkt verwendet werden können. Konstrukteure könnten diese Beispiele nutzen, um die Strömung in 2D-Kanälen mit bilateralen und unilateralen Erweiterungen und parallelen Wänden zu validieren. Oder sie könnten den klassischen Druckabfall-Benchmark für CFD verifizieren: die Strömung in einer quadratischen 3D-Leitung mit 90-Grad-Biegung oder in einem Kegelventil.

Die Funktion zum Vergleichen der Konfiguration und der parametrischen Studie ermöglicht es Anwendern, die Auswirkungen von Änderungen an der Geometrie oder den Randbedingungen auf die Ergebnisse zu verstehen. Anwender können den Konstruktionsrahmen evaluieren, indem Ergebnisse nach numerischen Werten, Diagrammen oder durch Abbildungen/Animationen bewertet werden; und dabei eine große Auswahl an Projektpermutationen vergleichen. Auf diese Weise beschleunigt Simcenter FLOEFD den iterativen Konstruktionsprozess und ermöglicht das schnelle und einfache Integrieren der durch Simulation gewonnenen Kenntnisse, um das Produkt zu verbessern.

Einfaches Teilen von Ergebnissen und Erkenntnissen. Simcenter FLOEFD ist vollständig in Microsoft® Word® und Excel® integriert und ermöglicht Ingenieuren das Erstellen von Berichtsdokumenten und das Erfassen wichtiger Daten aus jedem beliebigen Projekt in grafischem Format. Außerdem erstellt das Programm automatisch Excel-Arbeitsblätter mit einer Zusammenfassung der Analyseergebnisse; so kann der letzte Schritt einer jeden Analyse, das Erstellen der Berichte, mühelos durchgeführt werden.

Mit Simcenter FLOEFD können Konstrukteure wichtige Bereiche auf einfache Weise hervorheben, sich auf ihre Verbesserung und auf die Optimierung des gesamten Entwicklungsablaufs konzentrieren und die Ergebnisse über den kostenlosen Simcenter FLOEFD Viewer mit ihren Kunden und Managern teilen. Mit dem kostenlosen eigenständigen Viewer können Anwender mit Nicht-Anwendern von Simcenter FLOEFD statt einer 2D-Abbildung oder einer Animation ausgewählte Ergebnisdarstellungen in einer interaktiven 3D-Umgebung teilen.

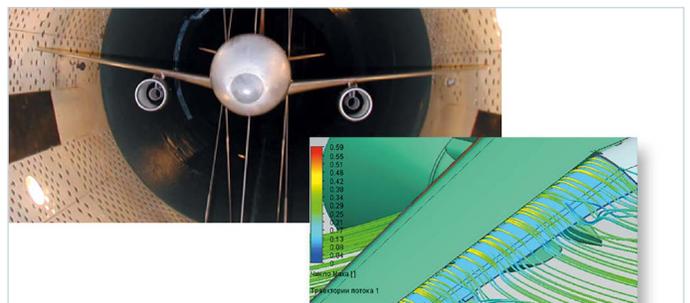
Simcenter FLOEFD ist die ideale Lösung für Konstrukteure, um Probleme, die sich auf den Druck beziehen, innerhalb der CAD-Plattform ihrer Wahl zu lösen.

## Konstrukteure bewältigen reale Konstruktionsprobleme

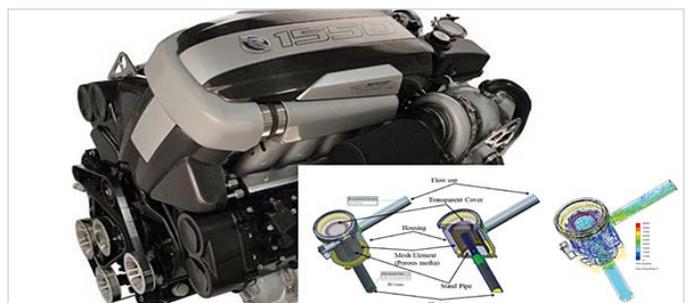
Erfahren Sie, wie Ingenieure Simcenter FLOEFD dazu eingesetzt haben, um reale Herausforderungen für die Konstruktion zu bewältigen, knappe Zeitvorgaben einzuhalten, Ergebnisse von hoher Qualität zu erzielen und Kosten auf ein Minimum zu reduzieren:



Mitsubishi Materials Corporation setzt Simcenter FLOEFD für die Entwicklung von Düsen mit Flüssigkeitskühlung für Schneidwerkzeuge ein.



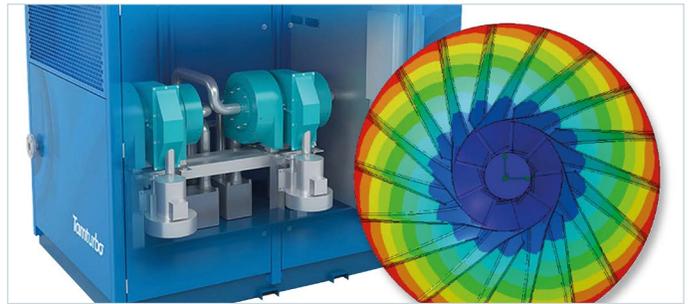
Wie im Fluge! Simcenter FLOEFD liefert Irkut schnell und präzise Daten zu Fluglasten für Hochauftriebsvorrichtungen von Flugzeugflügeln



Mercury Racing® setzt Simcenter FLOEFD für die Entwicklung ihres aktuellsten Ladeluftkühlers ein



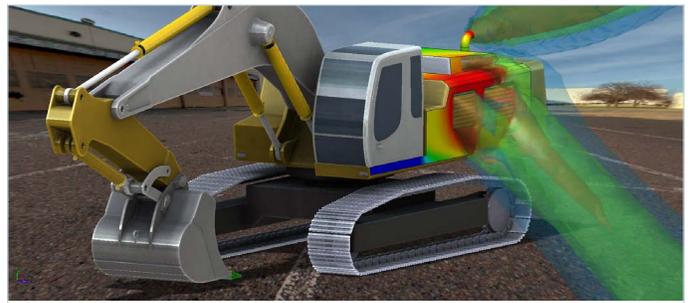
Kühlungssimulation von Bremsen bei Sportwagen mit in CAD eingebetteter CFD



Simulation der Luftdynamik des ölfreien Turbo-Luftkompressors von Tamturbo



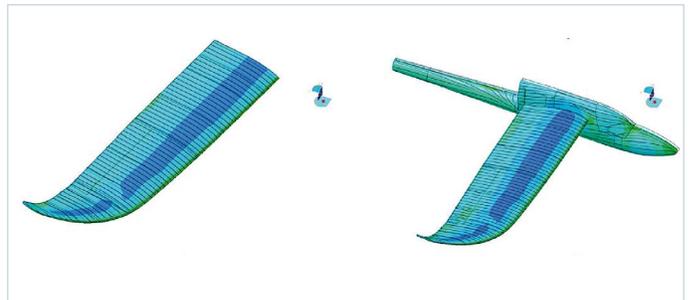
Kühlung der Antriebselektronik auf Raumebene



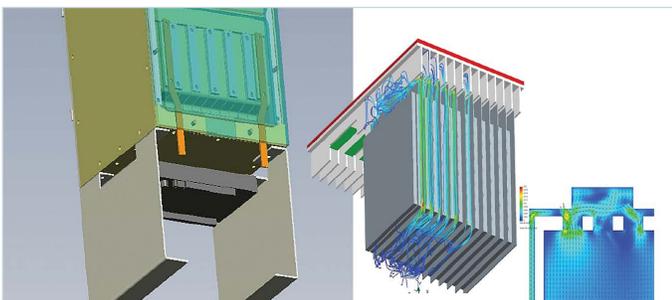
Liebherr-Werk Nenzing GmbH setzt Simcenter FLOEFD für die Konstruktion von Hafenmobilkränen ein



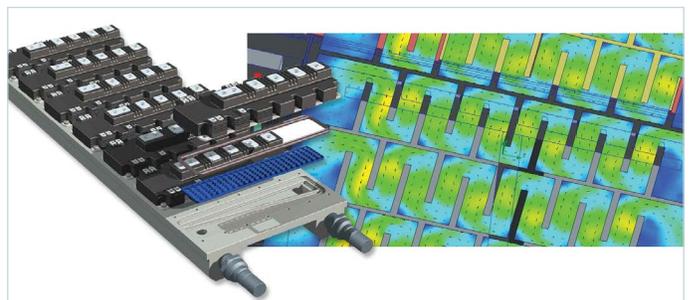
Optimierung einer NASCAR-Rennmaschine



Hoch hinaus – Der Einsatz von CFD-Werkzeugen bei der Entwicklung eines Flugmodells in Echtzeit



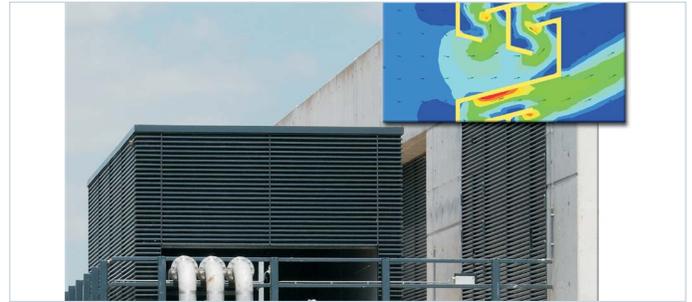
Innovationen im Bereich elektrischer Antriebsstränge bei Flanders



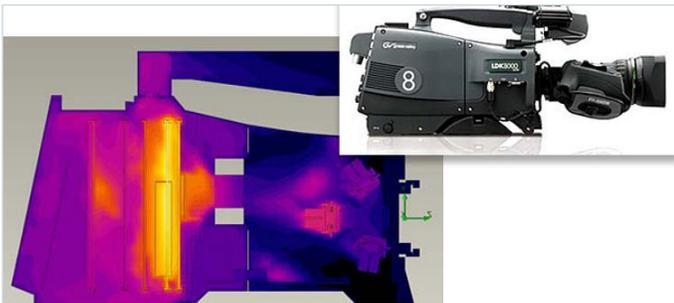
Effiziente Kühlung von IGBT-Leistungsmodulen mit Simcenter FLOEFD



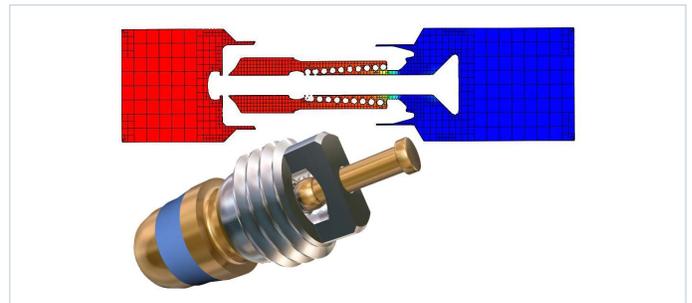
Konstruktionstechniken für eine Hubschrauberrotor-Simulation



Jazo Zevenaar kann bei der Konstruktion von Schutzgehäusen drei Wochen Arbeitszeit einsparen



Grass Valley macht Simcenter FLOEFD zu einem wesentlichen Bestandteil des Produktentwicklungsprozesses



Ventrex spart vier Monate Arbeitszeit bei der Konstruktion von Automobilventilen ein

## Referenzen

1. 2013. Simulation nutzen, um Konstruktionsentscheidungen zu treffen. Lifecycle Insights
2. 2010. Eigner, M. Future PLM – Trends aus Forschung und Praxis: Blog der Technischen Universität Kaiserslautern

## Siemens Digital Industries Software

### Hauptsitz

Granite Park One  
5800 Granite Parkway  
Suite 600  
Plano, TX 75024  
USA  
+1 972 987 3000

### Nord-, Mittel- und Südamerika

Granite Park One  
5800 Granite Parkway  
Suite 600  
Plano, TX 75024  
USA  
+1 314 264 8499

### Europa

Stephenson House  
Sir William Siemens Square  
Frimley, Camberley  
Surrey, GU16 8QD  
+44 (0) 1276 413200

### Asien-Pazifik

Suites 4301-4302, 43/F  
AIA Kowloon Tower,  
Landmark East  
100 How Ming Street  
Kwun Tong, Kowloon  
Hong Kong  
+852 2230 3333

## Über Siemens Digital Industries Software

Siemens Digital Industries Software fördert die Transformation von Unternehmen auf ihrem Weg in Richtung „Digital Enterprise“, in dem Engineering, Fertigung und Elektronikdesign bereits heute den Anforderungen der Zukunft entsprechen. Unsere Lösungen unterstützen Unternehmen jeder Größe bei der Entwicklung digitaler Zwillinge, die ihnen neue Einblicke, Möglichkeiten und Automatisierungsgrade bieten, um Innovationen voranzutreiben. Weitere Informationen über die Produkte und Leistungen von Siemens Digital Industries Software finden Sie unter [siemens.com/software](https://www.siemens.com/software) oder folgen Sie uns über [LinkedIn](#), [Twitter](#), [Facebook](#) und [Instagram](#). Siemens Digital Industries Software – Where today meets tomorrow.

[siemens.com/software](https://www.siemens.com/software)

© 2018 Siemens. Eine Liste wichtiger Warenzeichen von Siemens findet sich [hier](#). Alle anderen Marken sind Eigentum der jeweiligen Inhaber.

75930-81173-C8-DE 11/19 LOC