

# Konzept

## CAE Systempartner in der Produktentwicklung

- Integration der Simulation in den Entwicklungsprozess von der Konzeptphase bis zur Serienreife
- Simulation als effizientes Hilfsmittel zur Optimierung des Produktes unserer Kunden
- Entwicklung innovativer Lösungen
- Nutzung des Expertenwissens von **INPROSIM** in einer Systempartnerschaft
- Enge und flexible Zusammenarbeit mit dem Kunden mit starkem Bewusstsein für dessen Problemstellungen und Anforderungen
- Stetiger Dialog mit den entsprechenden Bereichen (z.B. Konstruktion, Fertigung und Versuch), um die verschiedenen Anforderungen und Ideen in Einklang zu bringen

## Kundenvorteile

- Effiziente Produktentwicklung
- Innovative Lösungen
- Kostenersparnis in der Entwicklung
- Ressourcenersparnis in der Entwicklung
- Zeitersparnis in der Entwicklung
- Frühere Marktpräsenz
- Bessere und sichere Produkte für den Endkunden



# Unternehmen

## Standort

- Kriftel im Wirtschafts- und Dienstleistungszentrum Rhein-Main-Gebiet

## Anbindung

- PKW: von der A5 (Nord/Süd) bzw. A3 (Ost/West) über die A66 (Ausfahrt Ffm.-Zeilsheim / Hofheim)
- Bahn: Vom Hauptbahnhof Frankfurt am Main mit S-Bahn Linie S2 zur Station Kriftel
- Flugzeug: Frankfurt am Main, Rhein-Main-Airport
- Ausführliche Anfahrtsbeschreibung als PDF-Download auf der Homepage unter „Kontakt“

## Kontakt

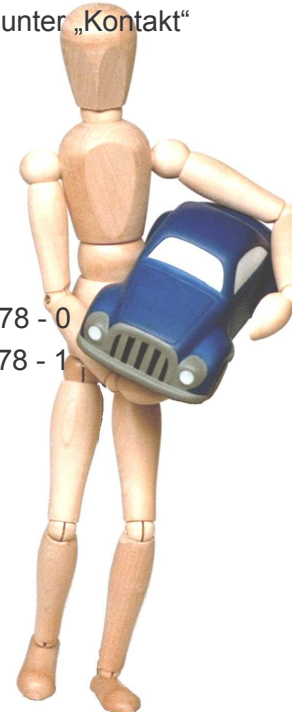
**INPROSIM** GmbH  
Frankfurter Straße 19  
65830 Kriftel

Telefon: +49 (0) 6192 / 95 19 78 - 0  
Telefax: +49 (0) 6192 / 95 19 78 - 1

[www.inprosim.de](http://www.inprosim.de)  
[info@inprosim.de](mailto:info@inprosim.de)

## Impressum

**INPROSIM** GmbH  
Geschäftsführer: H. Chladek  
Stand: Juli 2007



# INPROSIM GmbH

*Innovative Produkt Simulation*

Ihr CAE Partner

in der effizienten

Produktentwicklung

Containment von

Turbomaschinen



Crash Simulation für die  
Containmentsicherheit von  
Triebwerken und Turboladern

# Anforderungen

## Extreme Belastungen

- Die rotierenden Bauteile von Turbomaschinen sind extremen Belastungen ausgesetzt
  - Hohe Fliehkräfte aufgrund hoher Drehzahlen
  - Hohe Temperaturbelastung und -gradienten
- Bei nicht-stationären Turbomaschinen wie Triebwerken und Abgasturboladern kommen hinzu
  - Starke zyklische Belastung der Maschinen
  - Anforderungen an möglichst geringe Masse

## Sicherheit

- In den rotierenden Bauteilen steckt ein enormes Energiepotential, das beim Versagen frei wird
- Kleinste Fehler im Bauteil oder frühzeitige Materialermüdung können zum Versagen führen
- Versagen kann auch durch äußere Einflüsse wie Vogelschlag bei Triebwerken ausgelöst werden
- Versagen findet als Scheibenbruch, Kranzabriss oder Schaufelabriss statt
- Die Bruchstücke können aufgrund ihrer hohen Restenergie selbst nach dem Durchschlagen der Gehäusestrukturen noch zu erheblichen Schäden an Mensch und Maschine führen
- Daher gibt es Forderungen und Auflagen, beim Versagen dieses Durchschlagen zu verhindern

# Anwendungen

## Entwicklung und Berechnung

- Die Konsequenzen des Versagens spielen sich innerhalb weniger Millisekunden ab
- Der Vorgang ist hochgradig nicht-linear (nicht-lineare Deformation der Geometrie, dynamische Materialeigenschaften und Interaktionen der Bauteile untereinander)
- Daher versagen einfache analytische Ansätze und lineare Berechnungsverfahren
- Aufwendige Tests mit nachträglichen, sehr zeit- und kostenintensiven Designänderungen waren damit bisher notwendig

## Explizite Crash Simulation

- Explizite Programme wie z.B. LS-Dyna, auch als Crash Codes bekannt, schaffen hier Abhilfe
- Sie ermöglichen die Abbildung nicht-linearer Materialdaten mit Versagenkriterien
- Sie beherrschen die komplexen Kontaktsituationen von Bruchstücken und Gehäusestrukturen
- So kann der hochdynamische Vorgang mit allen Nichtlinearitäten umfassend dargestellt werden
- Damit wird eine zielgerichtete und sichere Auslegung der Gehäusestrukturen und ggf. zusätzlicher Schutzvorrichtungen möglich

# Umsetzung

## CAE Simulation

- Möglichst frühzeitige Integration der Simulation in den Entwicklungsprozess
- Simulation typischer Berstszenarien, z.B. „Three-Hub-Burst“ von Laufrädern
- Simulation von „Fan-Blade-Off-Test“ / Schaufelabriss von axialen Verdichter- und Turbinenstufen
- Konstruktive Ansätze zur Verbesserung des Containmentverhaltens
- Bewertung und Vergleich der Varianten
- Integration weiterer Anforderungen wie Masse, Fertigung, Kosten, Funktionalität
- Abschließende Simulation eines realen Tests zur Validierung des Simulationsmodells sowie der Materialdaten
- Dies ermöglicht eine hohe Vorhersagegüte für das Containmentverhalten künftiger Produkte
- Damit kann die Entwicklung neuer Produkte optimiert und auf Containmentversuche teilweise oder vollständig verzichtet werden

## Turbomaschinen

- Kraftwerke: Turbinen zur Stromerzeugung
- Triebwerke in der Luft- und Raumfahrt
- Abgasturbolader für Land- und Wasserfahrzeuge