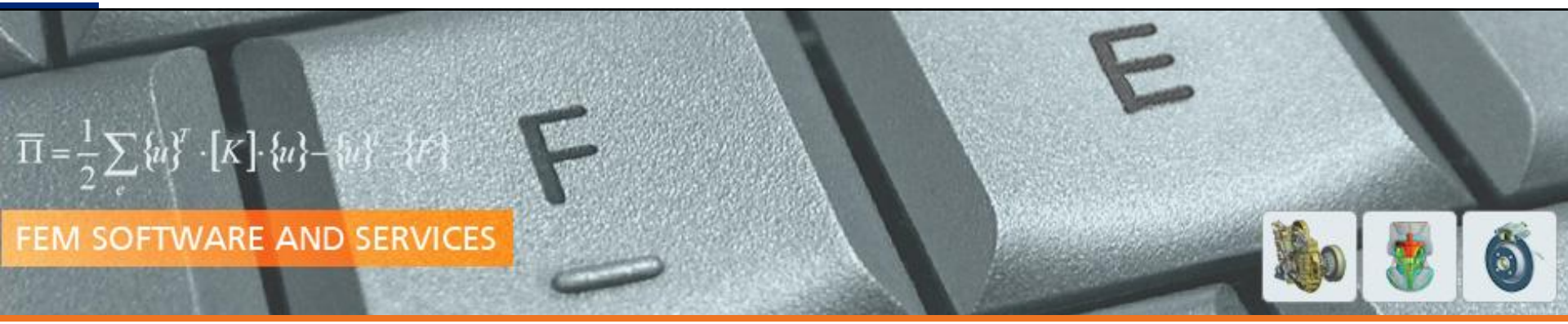


Nichtlineare Phänomene mit ANSYS Explicit STR effizient simulieren

Christof Gebhardt
CADFEM GmbH
cgebhardt@cadfem.de

ANSYS @ Konstrukteurs-Tag Uni Bayreuth

- Simulation für Konstrukteure
  - 2006: Motivation und praktischer Ablauf konstruktionsbegleitender FEM

CADFEM

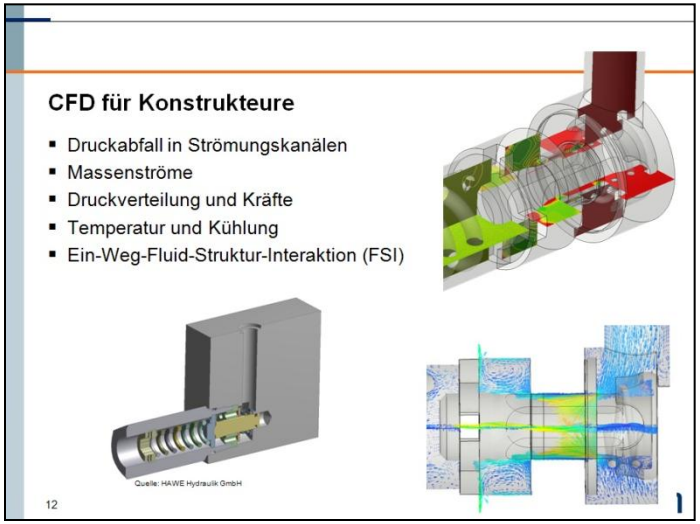
ANSYS @ Konstrukteurs-Tag Uni Bayreuth

- Simulation für Konstrukteure
  - 2006: Motivation und praktischer Ablauf
  - 2007: Grundlagen der FEM + Besonderheiten bei Blech-Strukturen

CADFEM

ANSYS @ Konstrukteurs-Tag Uni Bayreuth

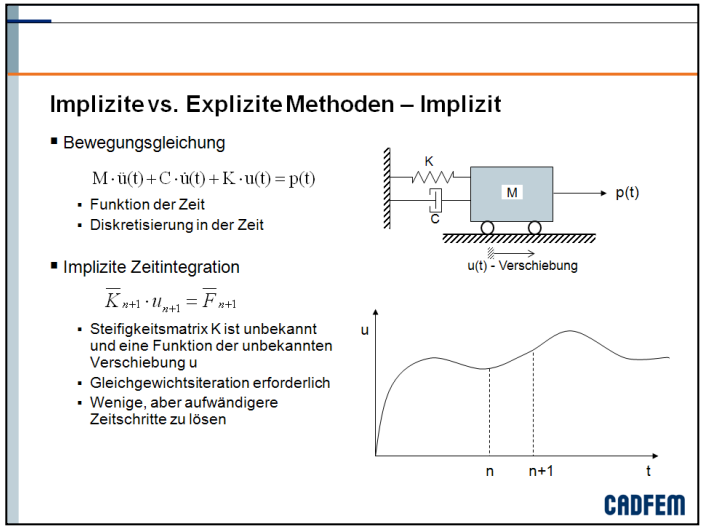
- Simulation für Konstrukteure
  - 2006: Motivation und praktischer Ablauf
  - 2007: Grundlagen der FEM + Besonderheiten bei Blech-Strukturen
  - 2008: Strömungsanalyse + Nichtlinearitäten



CADFEM

ANSYS @ Konstrukteurs-Tag Uni Bayreuth

- Simulation für Konstrukteure
  - 2006: Motivation und praktischer Ablauf
  - 2007: Grundlagen der FEM + Besonderheiten bei Blech-Strukturen
  - 2008: Strömungsanalyse + Nichtlinearitäten
  - 2009: Grundlagen nichtlinearer Lösungsverfahren: Implizit vs. Explizit

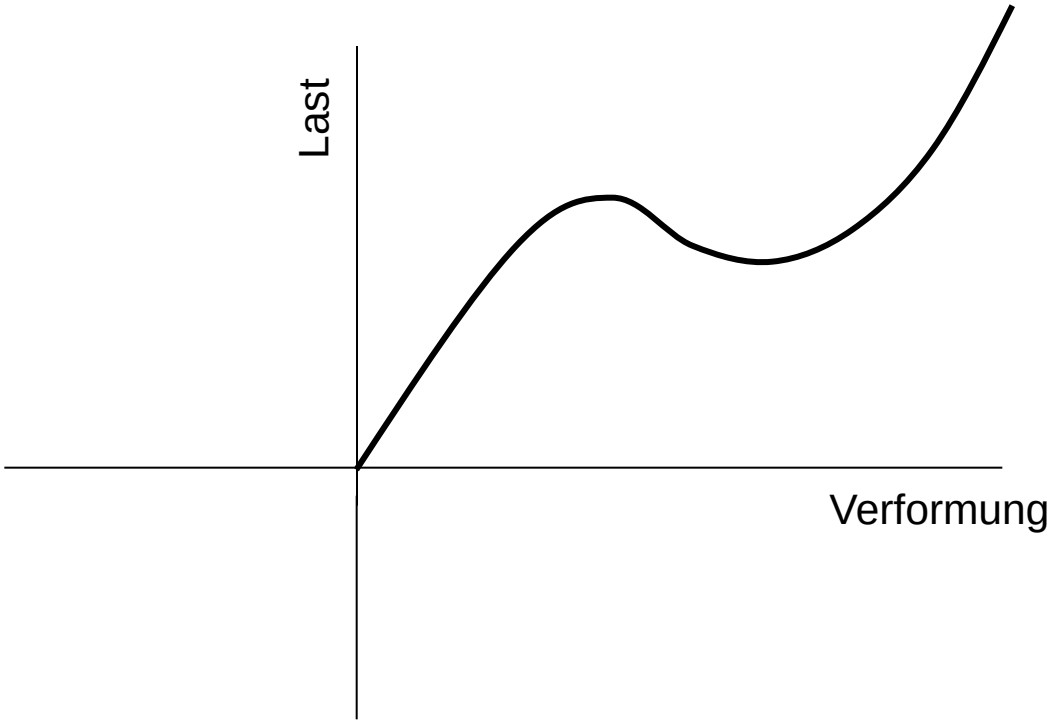


CADFEM

Nichtlineare FEM

- Linearer Zusammenhang zwischen Last und Verformung aufgehoben

- Wodurch verursacht?
  - Material
  - Kontakt
  - Geometrie



CADFEM

Methoden Nichtlinearitäten

- Nichtlineare Systeme benötigen ein inkrementelles Lösungsverfahren
  - Lasten werden in Schritten aufgebracht
  - Transient dynamische Analysen nutzen kleine Zeitschritte
  - Statische Analysen organisieren Lastinkremente ebenfalls in “Zeit”-Schritten

- Unterschiedliche Methoden um in der “Zeit” vorwärts zu kommen
  - Explizite Zeitintegration
    - berücksichtigt immer den Masseneffekt
  - Implizite Zeitintegration
    - kann mit und ohne Masseneffekt arbeiten

CADFEM

Implizite vs. Explizite Methoden – Stabilität

- Implizit
  - Zeitintegration immer stabil
  - Zeitschritt anpassen um relevante Eigenfrequenzen aufzulösen
  - Nichtlinearitäten können mit einem reduzierten Zeitschritt schneller konvergieren

- Explizit
  - Zeitintegration nur staibl, wenn Zeitschritt kleiner als kritischer Zeitschritt
  - Kriterium

$$\Delta t = \frac{l}{c} \quad ; \qquad c \sim \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

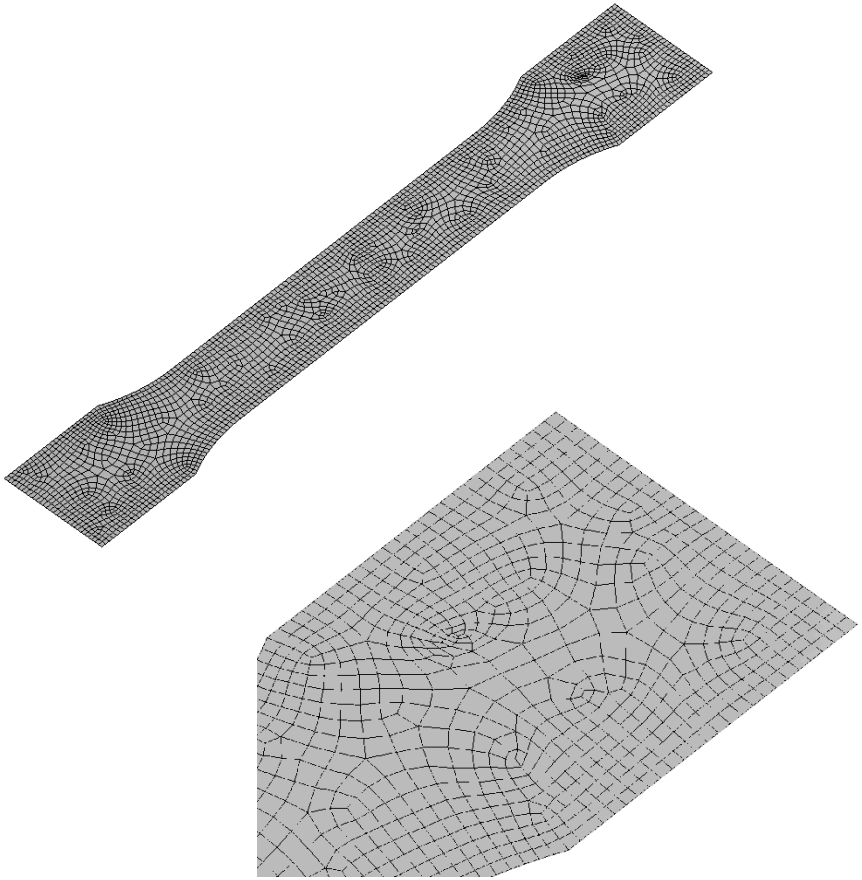
  - **Die charakteristische Elementkantenlänge ist ein Schlüssel-Parameter**

→ **Konvergenz erreichen**

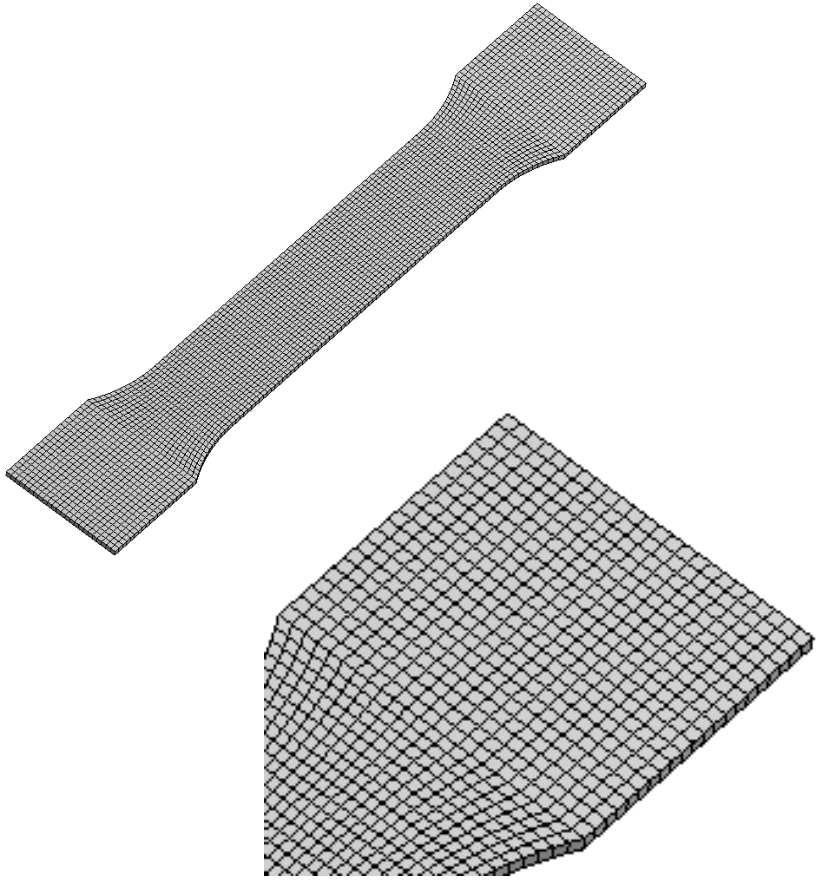
→ **Zeitschrittkriterium erfüllen**

CADFEM

Explizite Methoden – Anforderungen an die Vernetzung



Kleine Elementkanten→ Kleine Zeitschritte → Hohe Rechenzeit



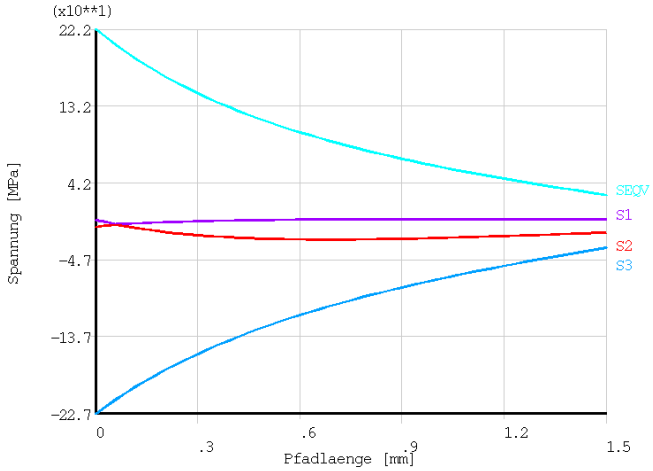
Regelmässige große Elementkanten → Große Zeitschritte → Geringe Rechenzeit

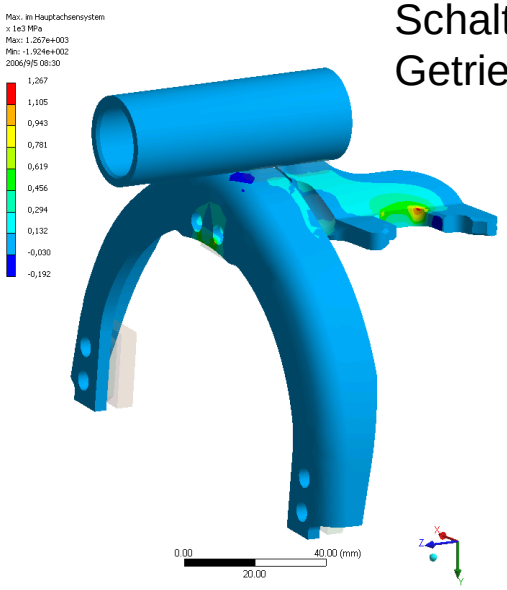
CADFEM

Anwendung impliziter Methoden

- Statik
- Modalanalyse und modalbasierte Dynamik
- Lineares Beulen
- Langsame transiente Dynamik

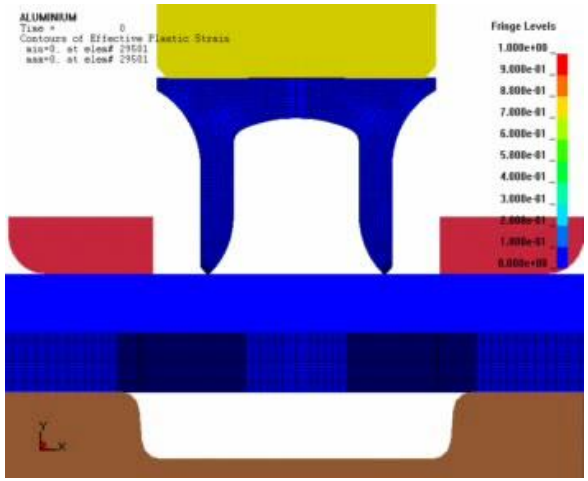
Schaltgabel eines Getriebes



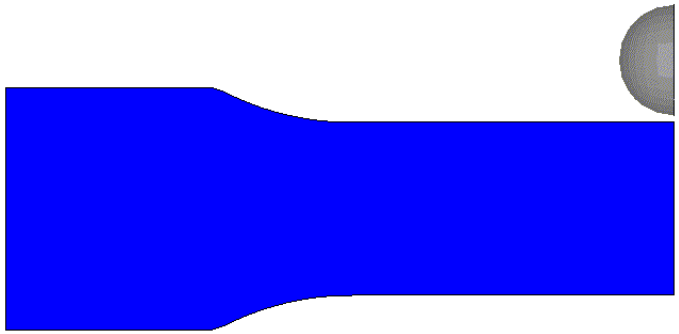


Anwendung expliziter Methoden

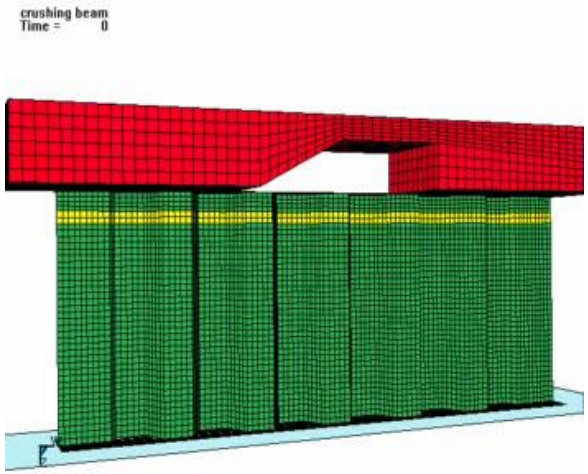
- Hochgradig nichtlineare Quasistatik
- Mittel- und Kurz-Zeit transiente Dynamik
- Materialversagen, Separation und Bruch



Selbstschneidender Niet



Schockwellenausbreitung

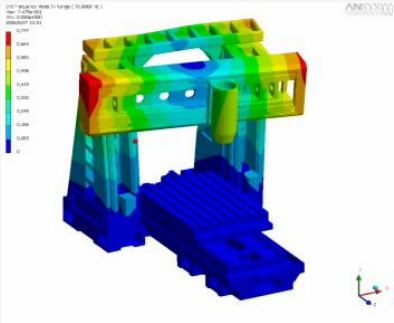


Composite Versagen

CADFEM

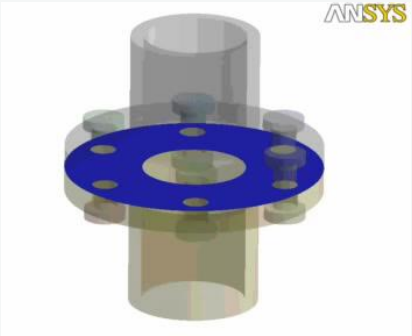
Anwendungsgebiete

Lineare Dynamik



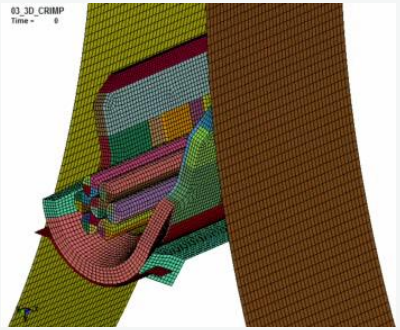
modalbasiert

Statik



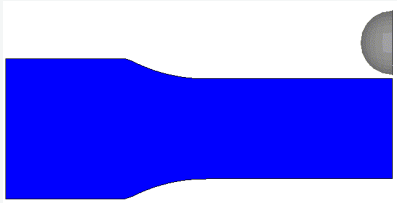
Strukturen

Quasi-Statik



Metallumformung

Trans. Dynamik



Aufprall

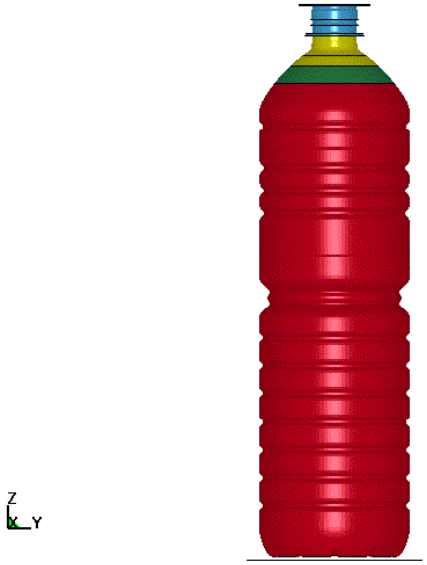
IMPLIZITE METHODEN

EXPLICITE METHODEN

CADFEM

Explizite Stabilitäts-Analyse

- Statisch bis zum interessanten Punkt
- Dynamische Effekte am Stabilitätspunkt und darüber hinaus
- Beul-Last und Nachbeulen beeinflußt durch Masseneffekte
- “Statik wird dynamisch”

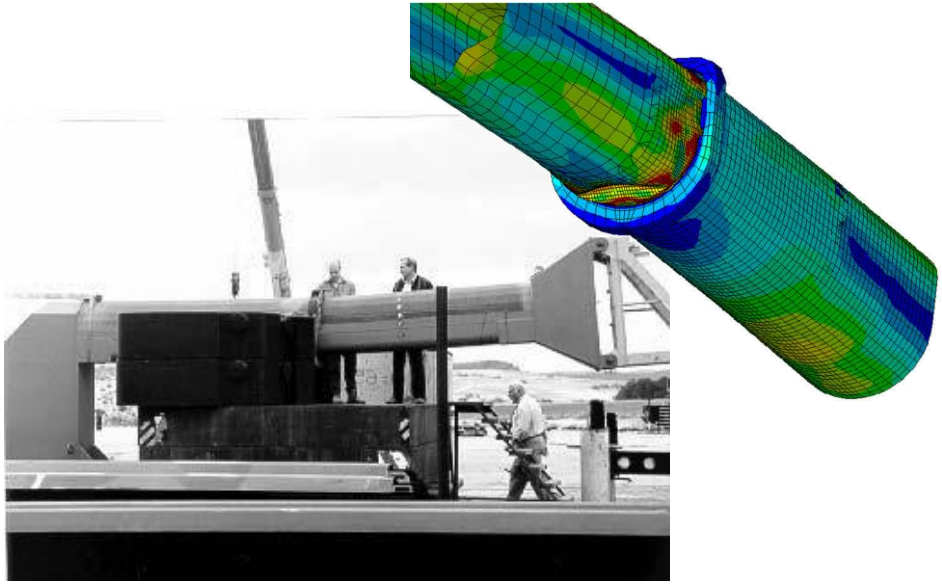


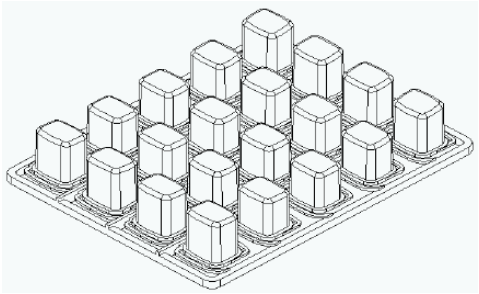
Gefüllte Getränkeflasche unter Beul-Belastung

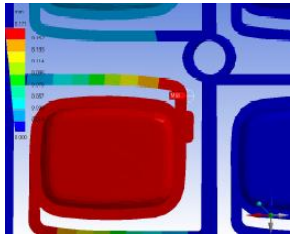
CADFEM

Explizite Stabilitäts-Analyse

- Bauwesen
- Anlagenbau
- Kranbau
- Fahrzeugbau
- Elekronik



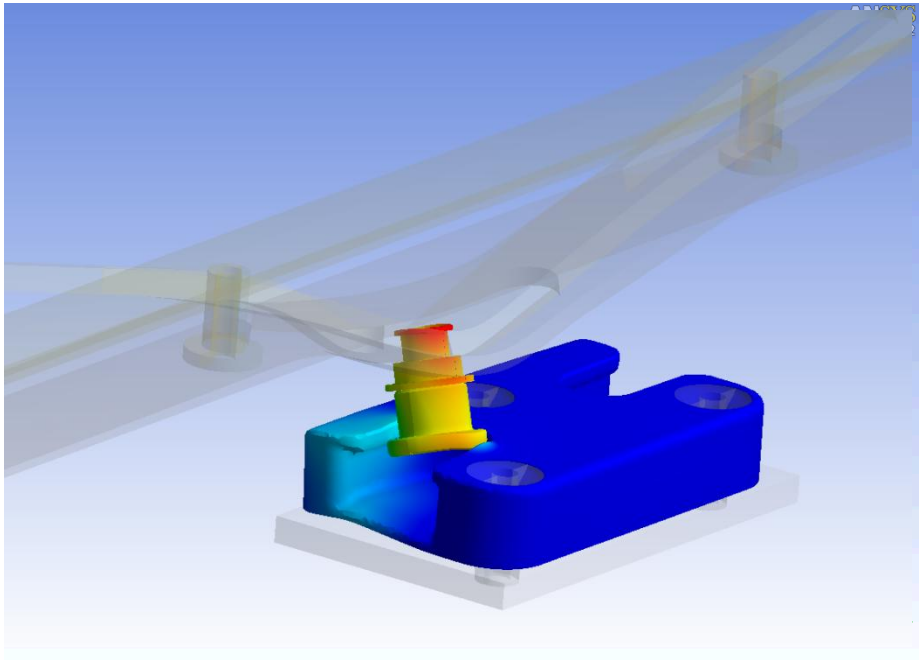


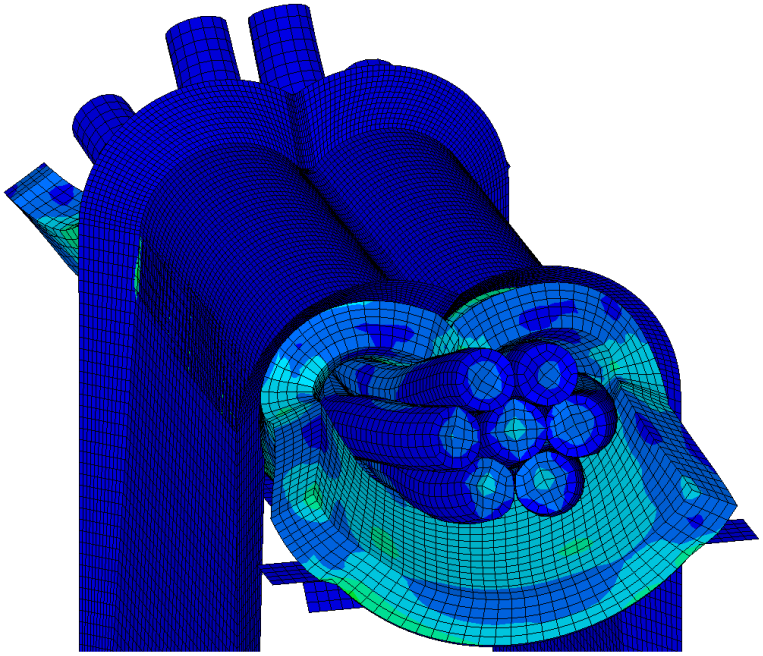


CADFEM

Komplexe Kontakte

- Physikalisch instabile Systeme
- Wechselnde Kontaktsituationen
- Große Deformationen
- Große Umform-Grade

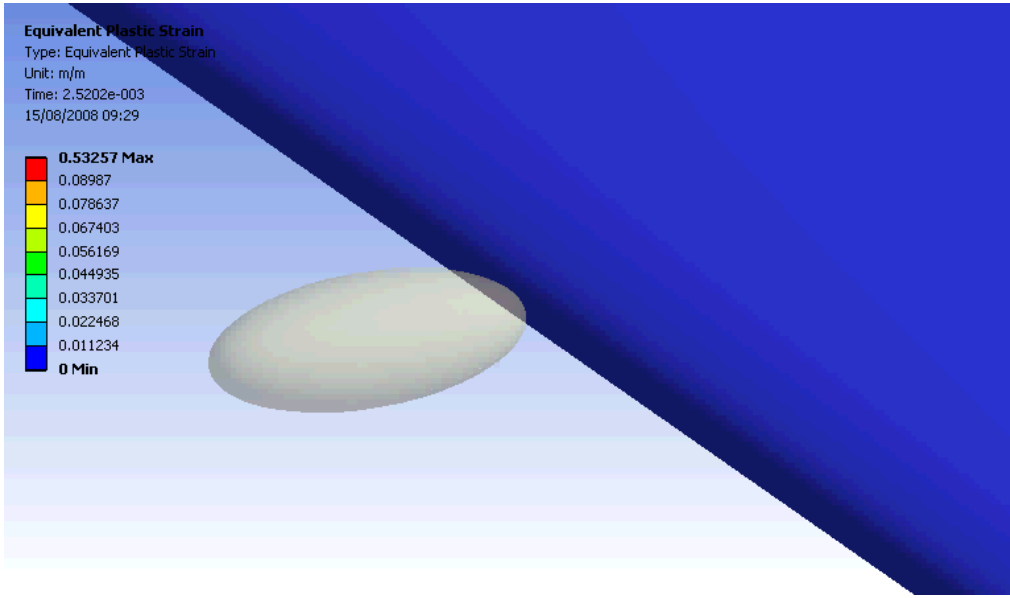




CADFEM

Nichtlineare transiente Dynamik

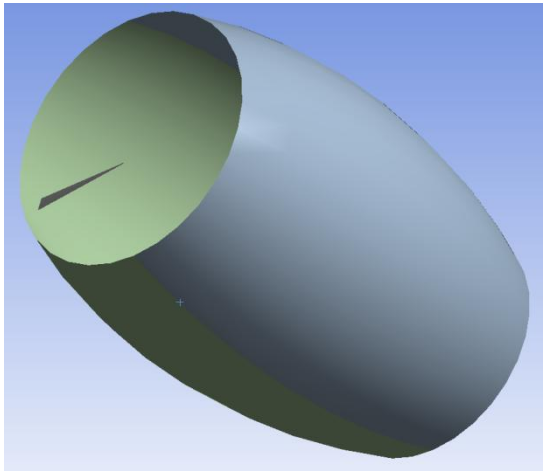
- Hohe Frequenzen
- Hohe Geschwindigkeiten
- Nichtlineare Effekte



CADFEM

Live-Beispiel: Containment-Test

- Sicherheit gekapselter Systeme
  - Turbinen
  - Antriebe
  - Werkzeugmaschinen
  - Ex-geschützte Systeme
  - …
- Gehäuse darf nicht durchschlagen werden

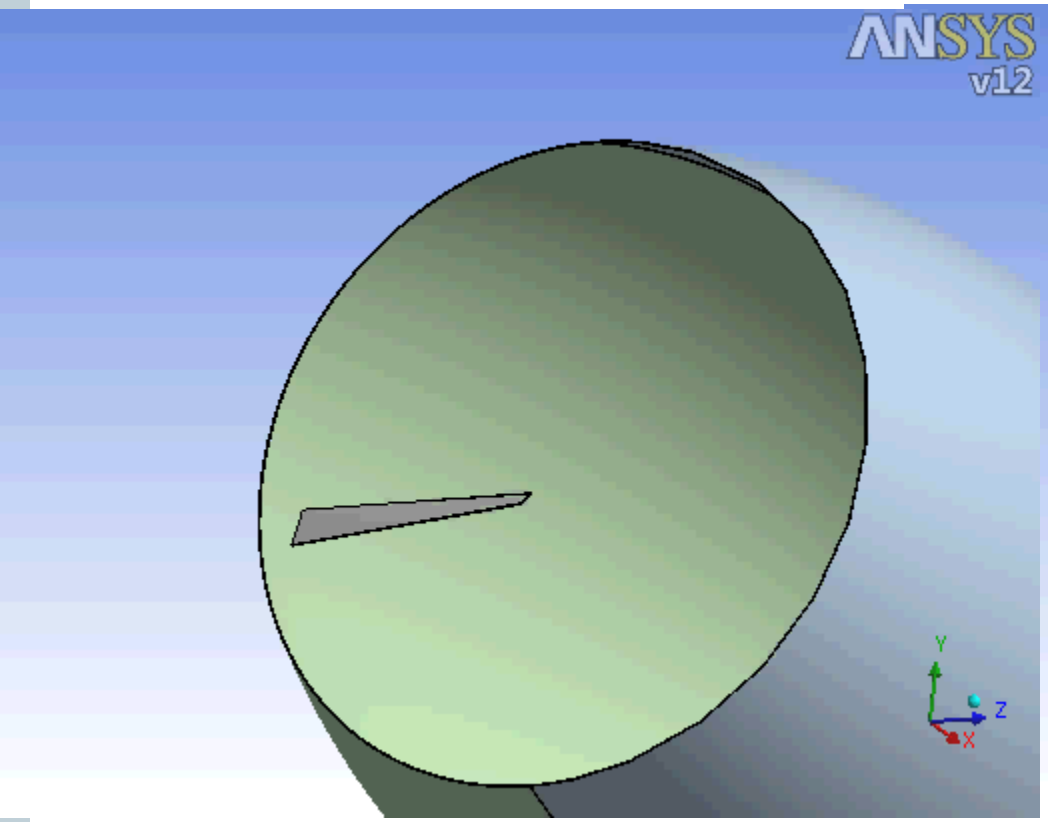


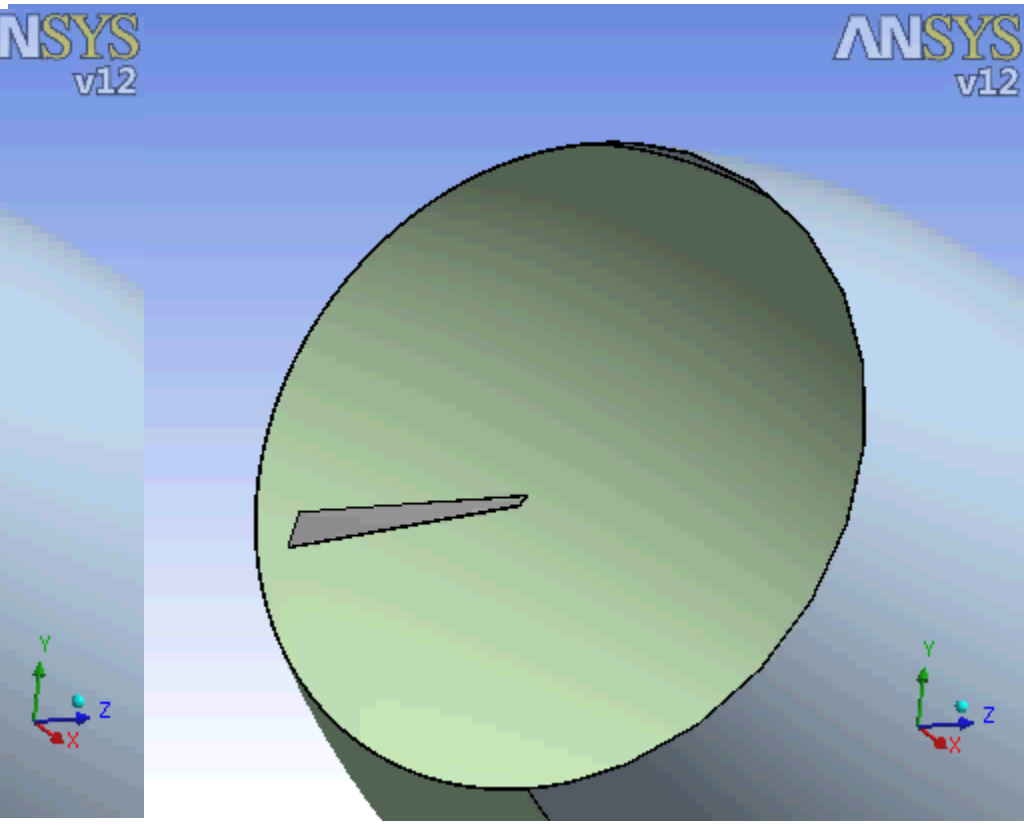
- Technische Daten für Demo:
  - Plastisches Material mit Fließgrenze 500 MPa
  - Drehzahl 20.000 U/min
  - Zeitfenster 1 ms
  - Fixiert an oberem „Längsträger“
  - Strukturierte Vernetzung, aussen 100 mm, Schaufel 10 mm

CADFEM

Containment Test

- Materialversagen nicht aktiv / aktiv





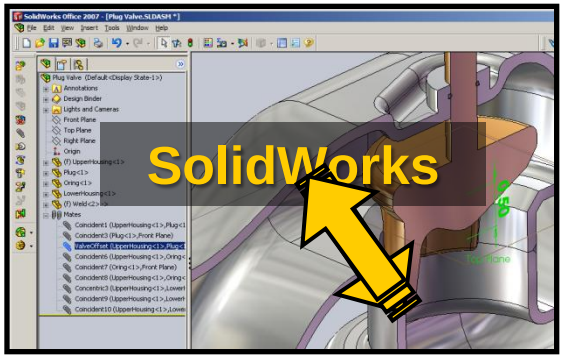
CADFEM

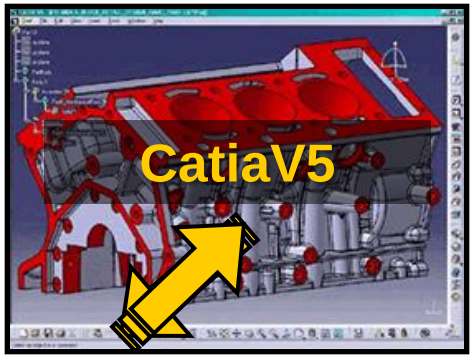
ANSYS Workbench Merkmale

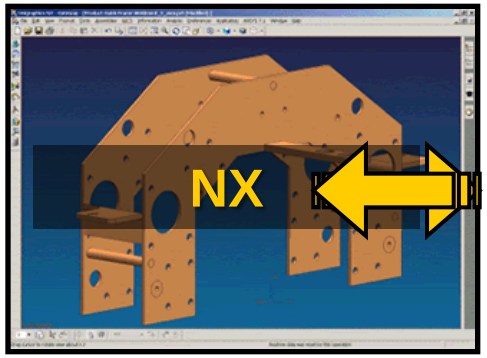
- Einheitlicher, logischer Aufbau für alle Analysen
  - Statik, Dynamik, linear, nichtlinear, implizit, explizit
  - Mechanik, Temperatur, Strömung, Magnetfelder
- Automatismen für hohe Produktivität
  - Vernetzung
  - Kontakterkennung
  - Dokumentation
- Leistungsfähige Solver-Technologie für realitätsgetreue Simulationsergebnisse
- Assozative CAD-Anbindung für schnellen Variantenvergleich

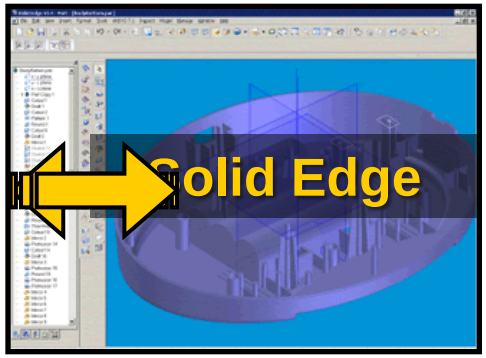
CADFEM

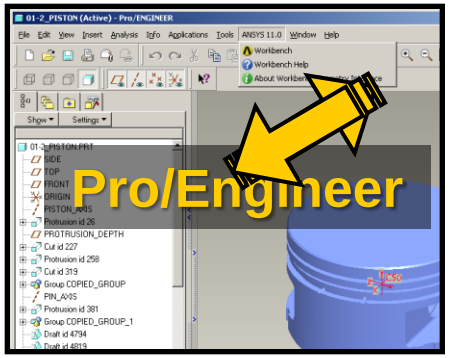
Bidirektionale CAD Schnittstellen

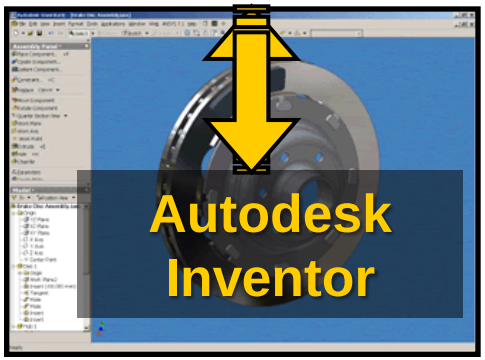


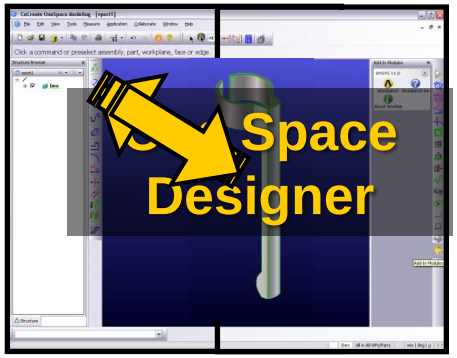








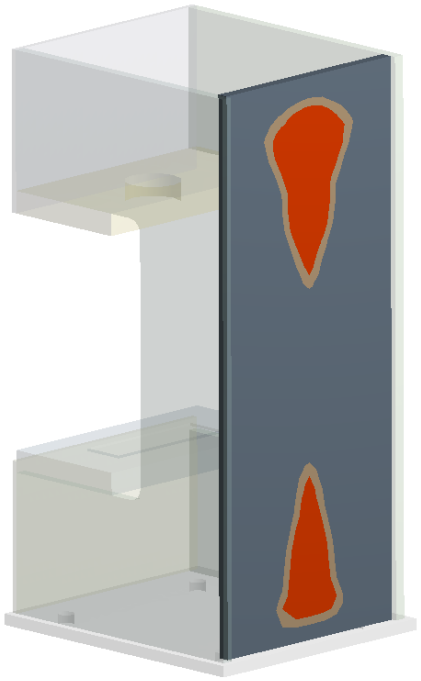




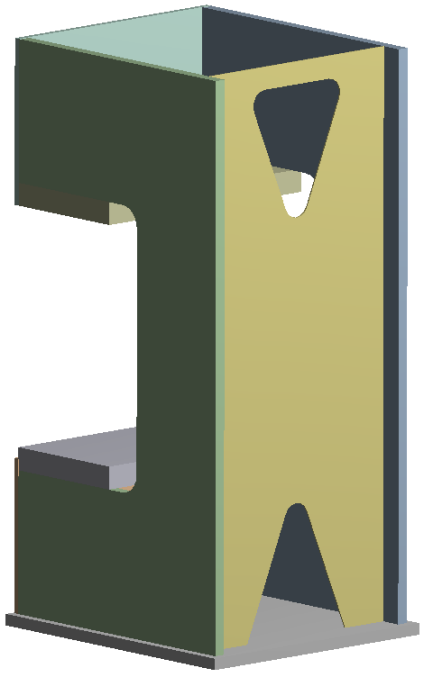
CADFEM

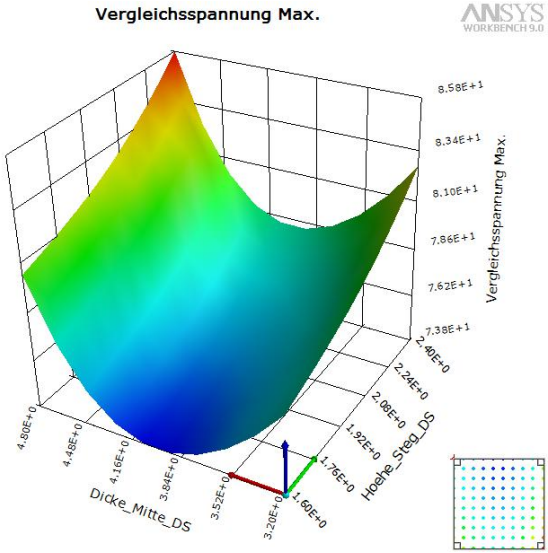
Optimierung

- Topologie



- Parameter





CADFEM

Zusammenfassung & Ausblick

Breite

Tiefe

Workbench

CAD Import
Geometrie-Verarbeitung

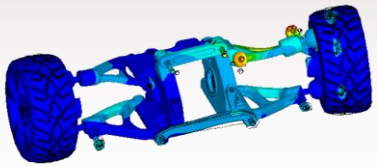
Vernetzung
Randbedingungen

Post-Processing
Dokumentation

Daten-Management
Automatisierung

Structural

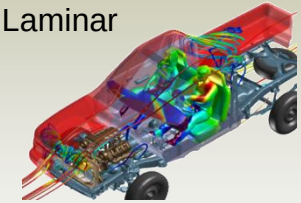
Große Verformungen
Große Dehnungen
Kontakt
MKS
Random Vibration
Implizit & Explizit



More…

Fluids

Kompressibel
Inkompressibel
Laminar

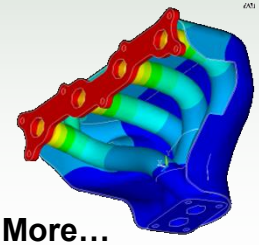


Turbulenz
Mehrphasen
Nicht-Newtonsche Fluide

More…

Thermal

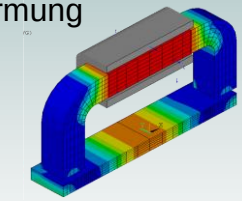
Wärmeleitung
Konvektion
Strahlung
Phasenwechsel
Massentransport



More…

Electromagnetics

Quasistatik
Transient
Erwärmung



Wirbelströme
Stromfluß
Schaltungen

More…

CADFEM

Unternehmen

- ANSYS
  - Marktführendes CAE-Unternehmen
  - Klare Strategie
  - Modulares Produkt-Portfolio
  - Flexibles Lizenzmodell

- CADFEM
  - 25 Jahre Expertise
  - Komplettanbieter
  - Kontinität: Unternehmen, Produkt, Mannschaft
  - Dienstleistungsprojekte mit Know-How-Transfer
  - Individuelle Trainingskonzepte

Kontakt

CADFEM GmbH
Christof Gebhardt
cgebhardt@cadfem.de
08092 7005 65