CFX Berlin

CFX Berlin Software GmbH

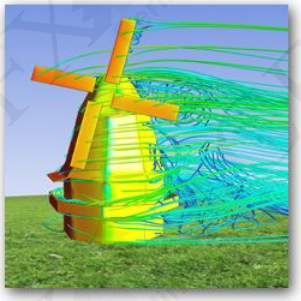
Simulationskompetenz aus Berlin

CFX Berlin Software GmbH

Simulationskompetenz aus Berlin

- CFX Berlin bietet seit 1997 als Partner von ANSYS, Inc. und CADFEM Lösungen und Simulationssoftware für:
  - Strömungsmechanik & Thermodynamik
  - Elektromagnetik
  - Strukturmechanik

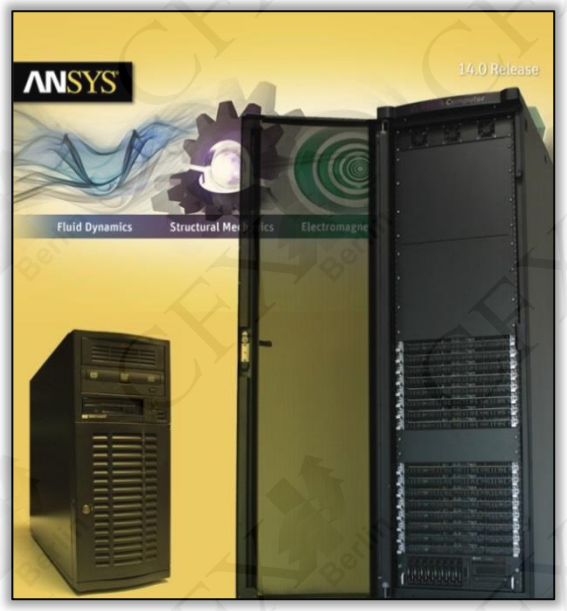
- CFX Berlin-Geschäftsfelder:
  - ANSYS-Simulationssoftware
  - Berechnung & Optimierung
  - Beratung & Schulung
  - Forschung & Entwicklung



MAN WILO Pumpen Intelligenz. BOSCH Invented for life BORSIG PROCESS HEAT EXCHANGER Dräger GEA Rexroth Bosch Group Continental CONTITECH ADAMS ARMATUREN

CFX Berlin Software GmbH
Überblick I

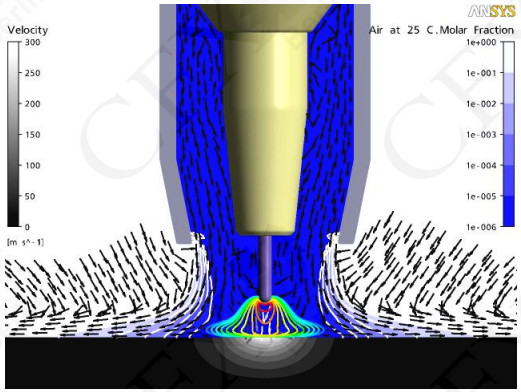
- Wie bieten Ihnen schlüsselfertige Simulationslösungen, bestehend aus:
  - ANSYS-Softwarelizenzen,
  - optimal abgestimmter Hardware,
  - individuellem Einarbeitungskonzept,
  - persönlichem Ansprechpartner für Support & Anwendungsberatung.



- Wir unterstützen Sie schon vorher mit:
  - Prozess- & Bedarfsanalyse, Lastenhefterstellung,
  - Entwicklung von optimalen Lösungen für Ihr Unternehmen,
  - Vorbereitung, Begleitung & Auswertung von Testinstallationen,
  - Erarbeitung individuell abgestimmter Schulungsmaßnahmen.

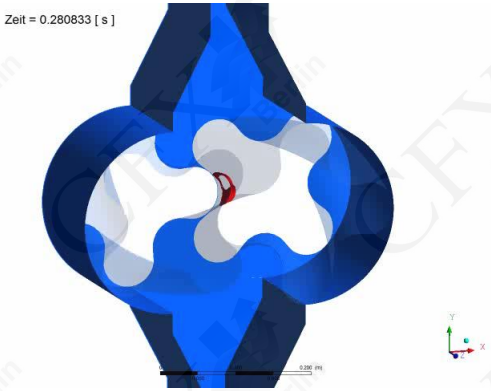
CFX Berlin Software GmbH
Überblick II

- Wir unterstützen auch im Rahmen von Dienstleistungen:
  - Simulation & Validierung mit Qualitätsgarantie
  - Auslegung & Optimierung von strömungstechnischen Maschinen und Anlagen
  - Modell- & Softwareentwicklung



Beispiel Schweißprozesssimulation: Schutzgasströmung mit Lichtbogen

- Wir machen Forschung & Entwicklung
  - öffentlich geförderte F&E-Projekte
  - industriegeförderte Auftragsforschung
  - interne Projekte

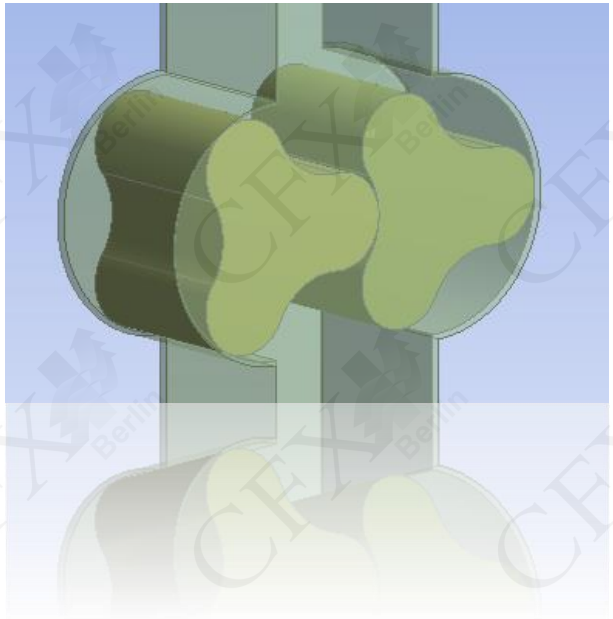


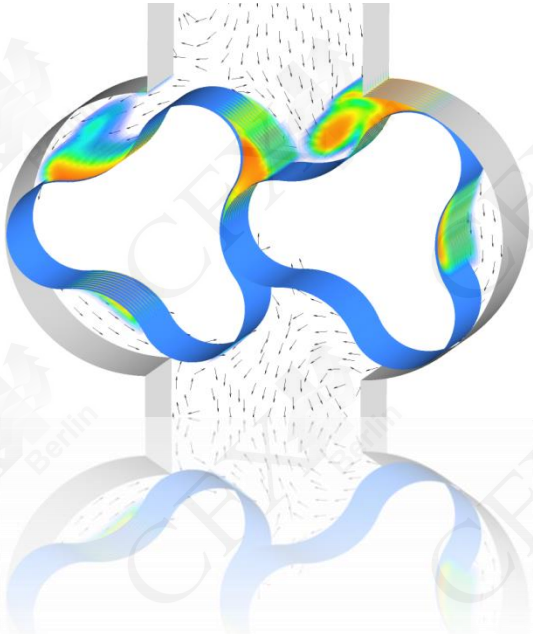
Beispiel Drehkolbenpumpe: Darstellung von Kavitation im Spalt

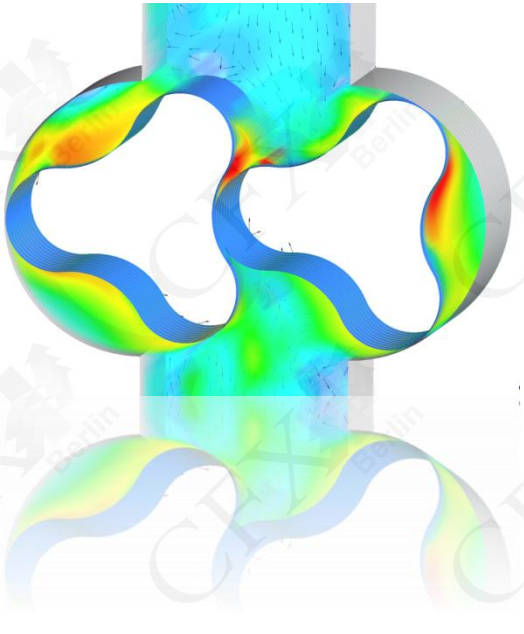
MAHLE TAKATA FES EagleBurgmann Siempelkamp Maschinen- und Anlagenbau LZH LASER ZENTRUM HANNOVER e.V. FIMA infineon truma

Herausforderung:

Numerische Berechnung der Strömungsverhältnisse in einer Drehkolbenpumpe







Aufgabenstellung

CFD-Simulation einer Drehkolbenpumpe

- Inhalt der Arbeiten ist die „numerische Berechnung der transienten Strömungsverhältnisse in einer Drehkolbenpumpe“

- Ziele dieser Arbeit sind:
  - Exemplarische Vorgehensweise der Umsetzung einer Simulation anhand einer generischen Drehkolbenpumpe
  - Visualisierung des zeitdiskreten Geschwindigkeits- und Druckfeldes
  - Lokalisierung von Kavitationsgebieten
  - Bestimmung des sich zeitlich ändernden Massenstrom durch die Pumpe

Hugo Vogelsang

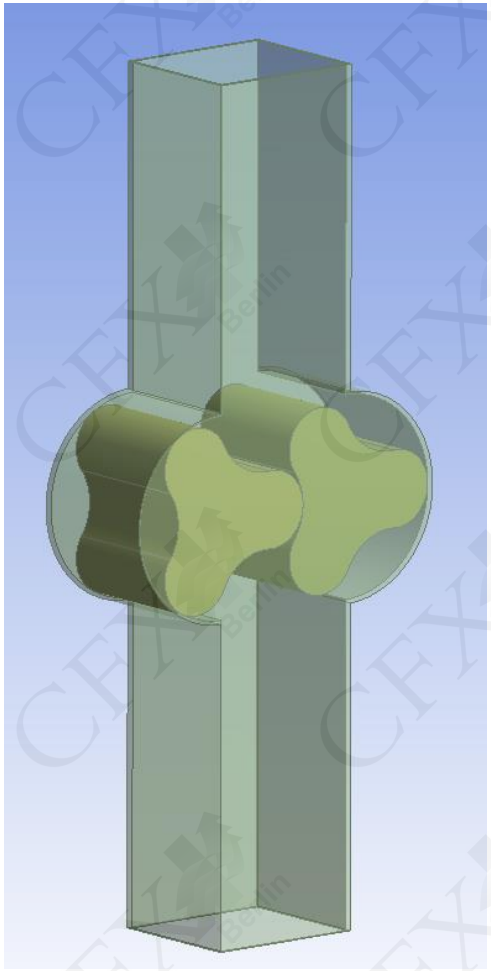
Verder

Kunz Industriepumpen

Quellen: Internetauftritt der Firmen

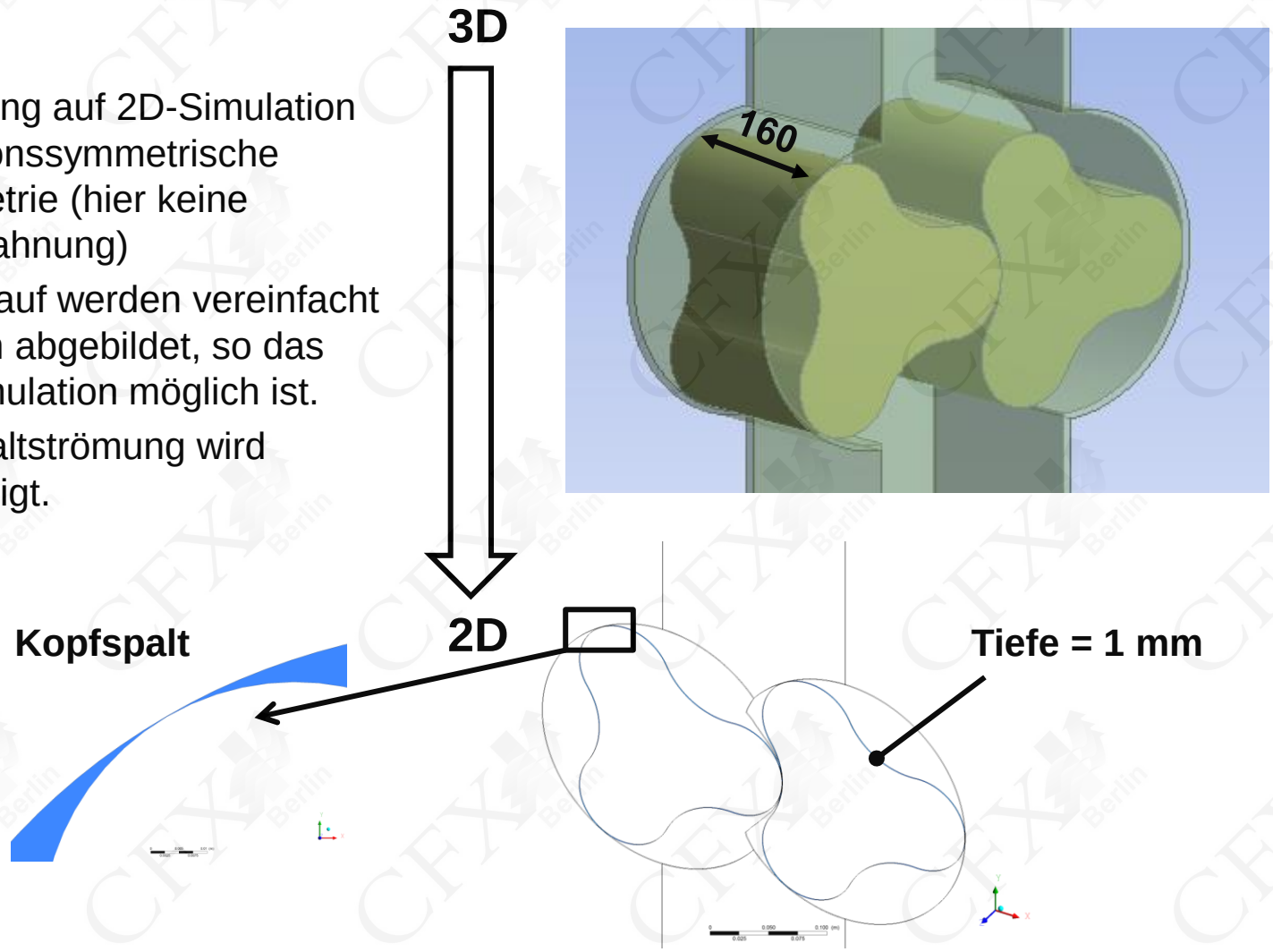
Berechnungsmodelle
Geometrie

- Geometrievorbereitung im ANSYS DesignModeler:
  - Geometrieerstellung auf Basis von 2D-Skizzen (auch Geometrieimport aus vorhandenen 3D-CAD-Daten möglich)
  - Extraktion des Strömungsvolumens
  - Aufteilung in Bereiche mit rotierenden und stehenden Bauteilen
  - Export der Geometrie für die Vernetzung



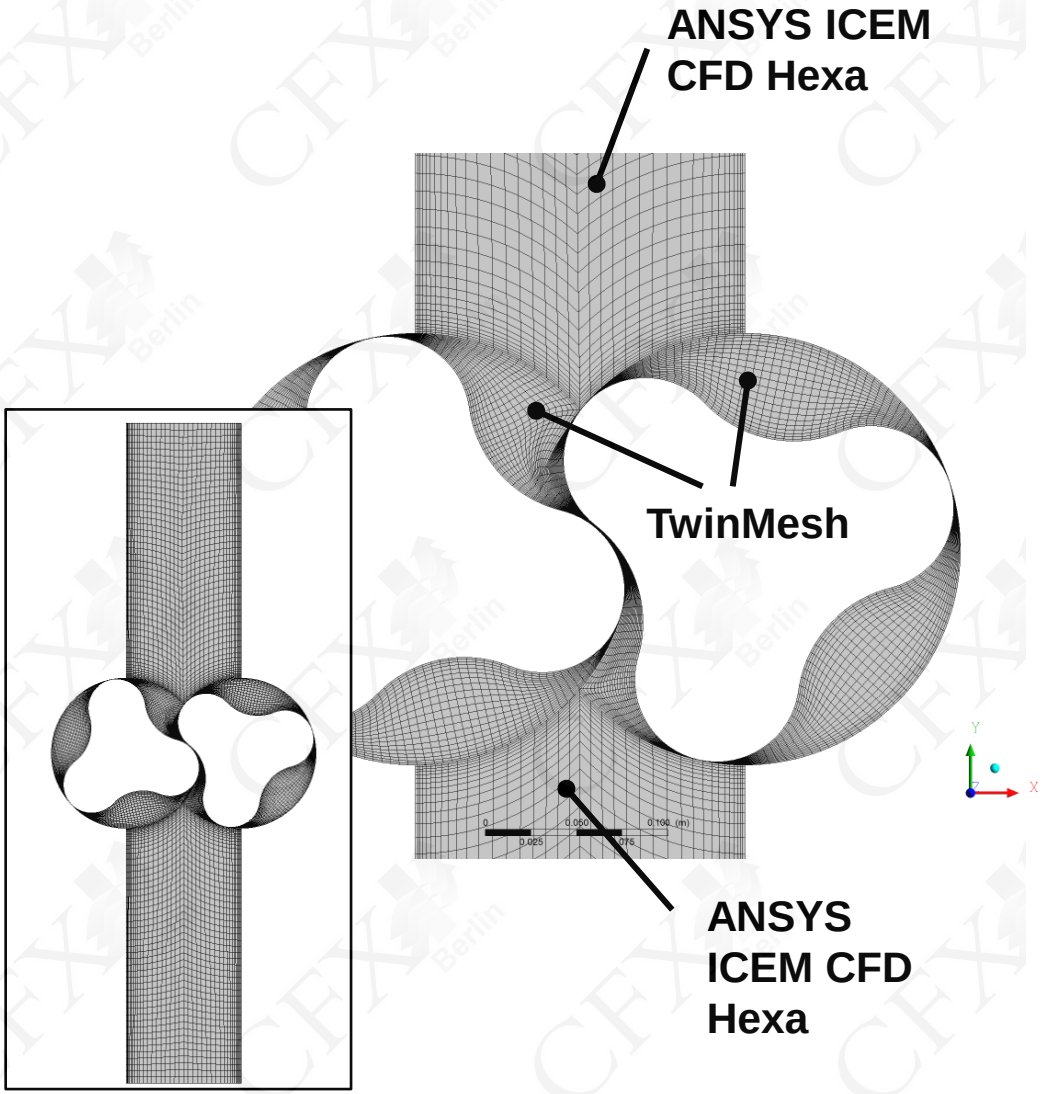
Berechnungsmodelle
Geometrie

- Geometrie:
  - Vereinfachung auf 2D-Simulation da translationssymmetrische Rotorgeometrie (hier keine Schrägverzahnung)
  - Zu- und Ablauf werden vereinfacht geometrisch abgebildet, so das eine 2D-Simulation möglich ist.
  - Die Axialspaltströmung wird vernachlässigt.



Berechnungsmodelle
Rechengitter

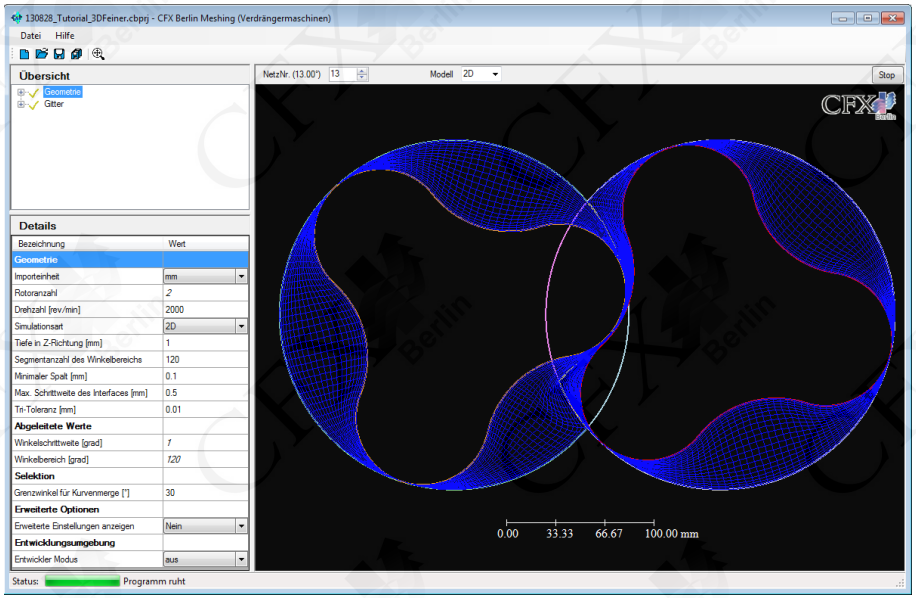
- Strukturierte Vernetzung mit ANSYS ICEM CFD Hexa und einer Vernetzungslösung von CFX Berlin:
  - Strukturierte Vernetzung in Zu- und Abströmung (ANSYS ICEM CFD Hexa)
  - Strukturierte Vernetzung der Rotorumgebung (TwinMesh von CFX Berlin)
    - Für jede Rotorwinkelstellung (1°-Schritt) liegen Informationen zur Knotenverschiebung vor.
  - Elementstatistik
    - Elementtyp: Hexaeder
    - Elementanzahl = 10084
    - Elementinnenwinkel > 40°

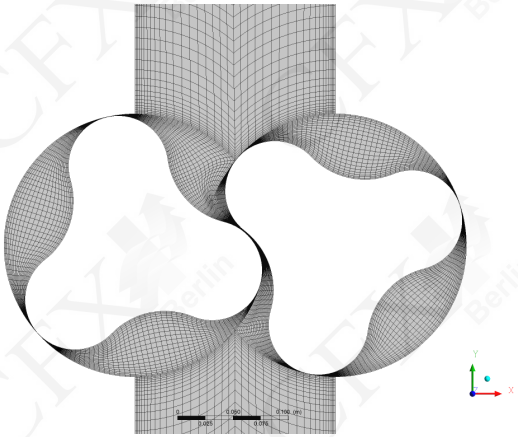


Berechnungsmodelle

Rechengitter

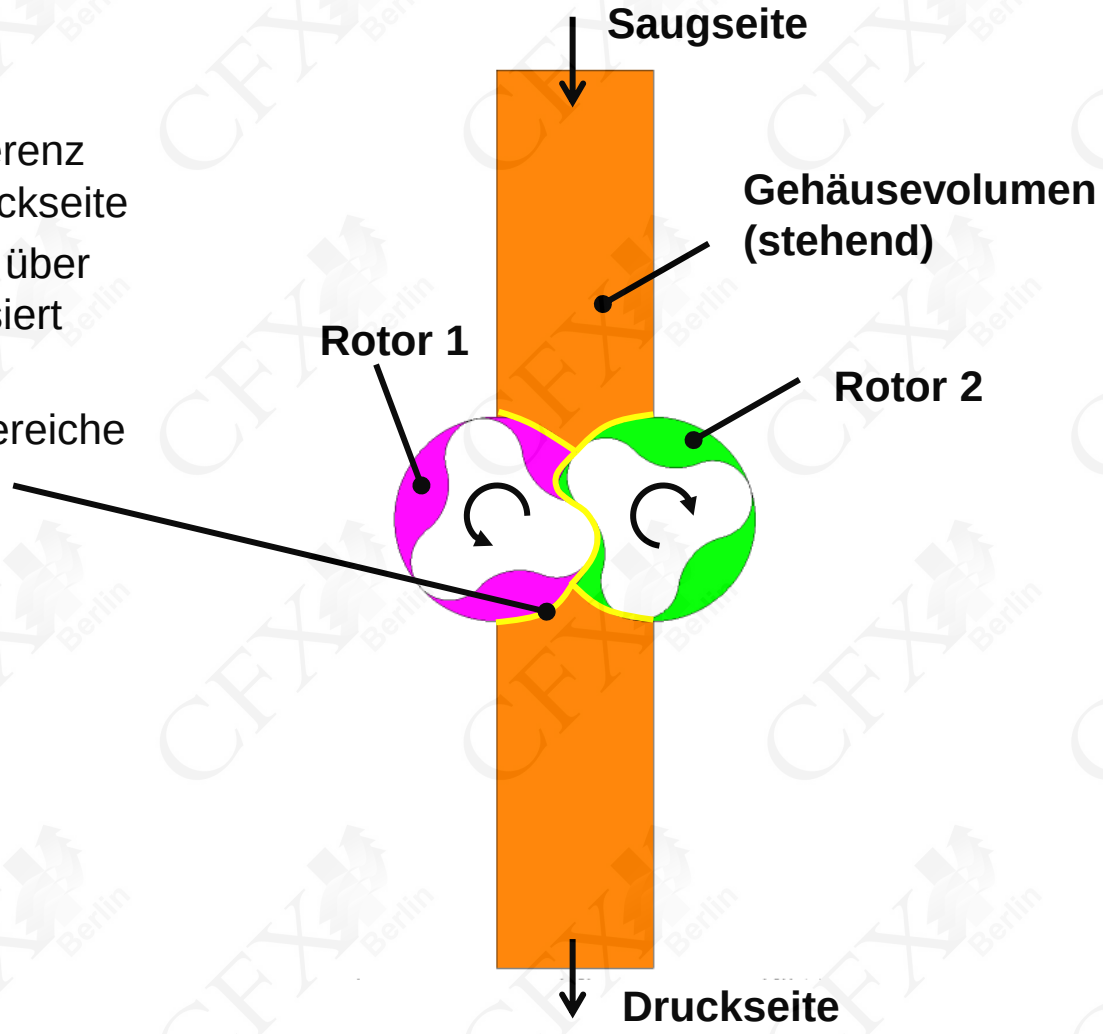
- Die strukturierte Vernetzung des Arbeitsraumes der Pumpe erfolgt mit der Vernetzungslösung TwinMesh von CFX Berlin
- Features:
  - Erstellung qualitativ hochwertiger Berechnungsgitter für zweiwellige Rotationsverdrängermaschinen
  - Berechnungsgitter für 2D- und 3D-Berechnung
  - Geometrieimport aus IGES
  - Definition der Gitterauflösung inkl. Grenzschicht und Spalte
  - Gerade oder schrägverzahnte Rotoren
  - Anbindung an ANSYS CFX





Berechnungsmodelle
Simulationsvolumen

- Randbedingungen
  - Vorgabe einer Druckdifferenz zwischen Saug- und Druckseite
  - Rotation der Drehkolben über Gitterverschiebung realisiert
    - Drehzahl = 800 rev/min
  - Verknüpfung der Gitterbereiche über ein Interface (GGI)



Berechnung
Lösungsverfahren

- Beschreibung reibungsbehafteter Strömungen von Gasen und Fluiden durch Erhaltungsgleichungen für Masse, Impuls (Navier-Stokes-Gleichungen) und Enthalpie
  - Masse

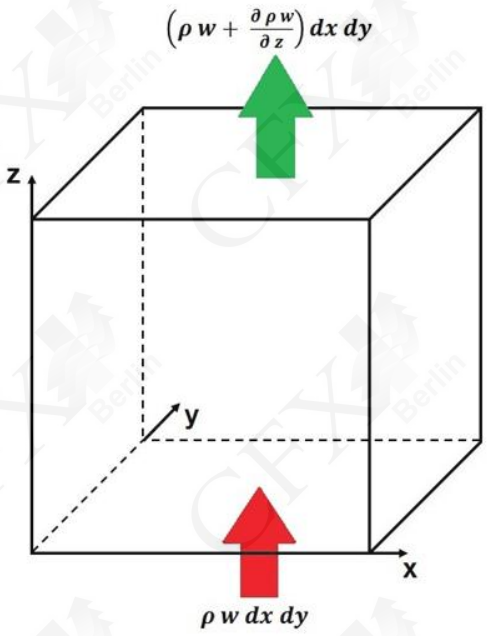
$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho\, u_j) = 0$$

  - Impuls

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho\, u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho\, u_j\, u_i) = -\frac{\partial\, p}{\partial\, x_i} + \frac{\partial}{\partial\, x_j}\left(\mu_{eff}\left(\frac{\partial\, u_i}{\partial\, x_j} + \frac{\partial\, u_j}{\partial\, x_i}\right)\right) + S_{M,i}$$

  - Enthalpie

$$\frac{\partial(\rho\, h_{tot})}{\partial t} - \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho\, u_j\, h_{tot}) = \frac{\partial}{\partial x_j}\lambda\frac{\partial T}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_j}(u_i \tau_{ij}) + u_i S_{M,i} + S_E$$



$$d\dot{m}_x = \rho\, u\, dy\, dz$$

$$d\dot{m}_{x+dx} = \left(\rho\, u + \frac{\partial \rho\, u}{\partial x}\right) dy\, dz$$

$$d\dot{m}_y = \rho\, v\, dx\, dz$$

$$d\dot{m}_{y+dy} = \left(\rho\, v + \frac{\partial \rho\, v}{\partial y}\right) dx\, dz$$

$$d\dot{m}_z = \rho\, w\, dx\, dy$$

$$d\dot{m}_{z+dz} = \left(\rho\, w + \frac{\partial \rho\, w}{\partial z}\right) dx\, dy$$

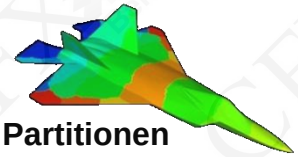
$$d\dot{m} = 0 \Rightarrow \boxed{\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho v}{\partial y} + \frac{\partial \rho w}{\partial z} = 0}$$

Berechnung
Lösungsverfahren

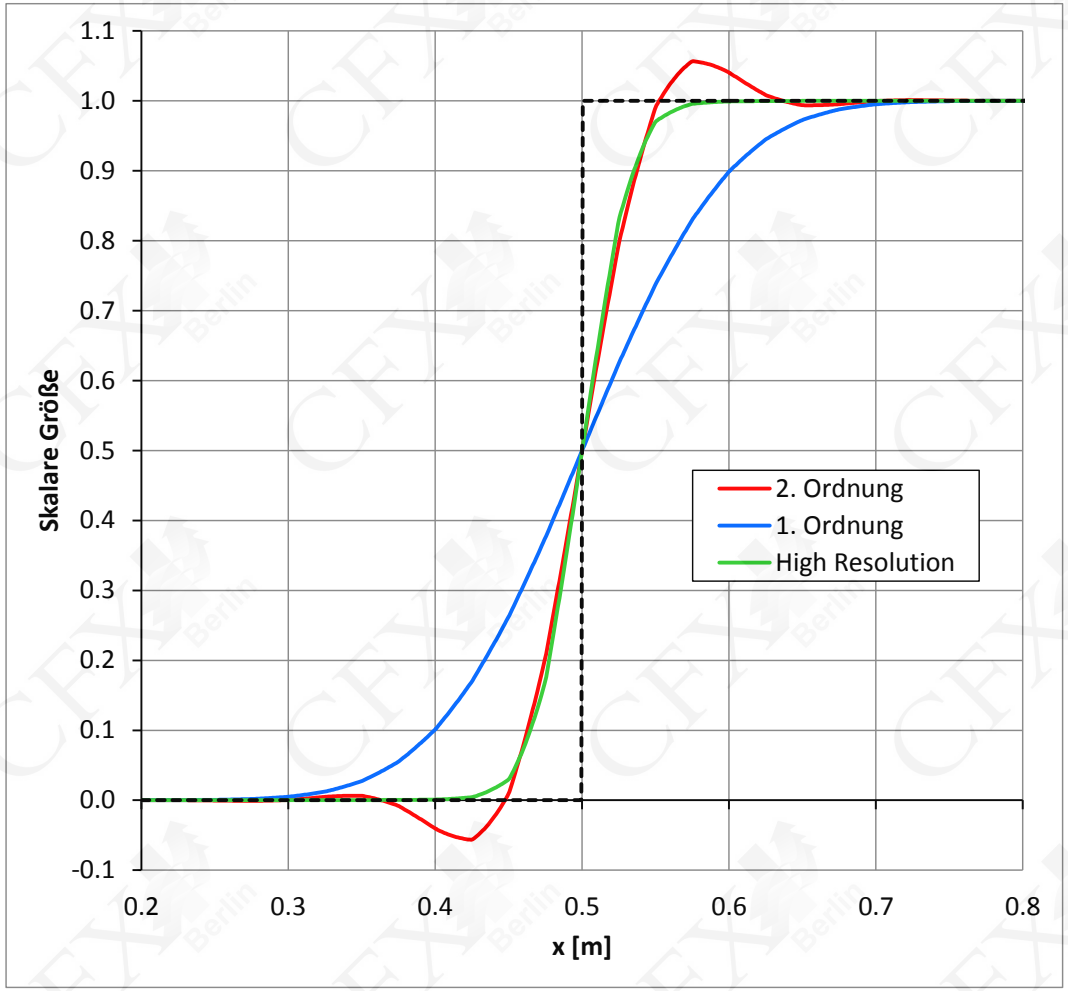
- Methode
  - Finite Volumen
- Diskretisierung
  - Genaues und robustes Diskretisierungsschema („High Resolution“)
  - Abbruchfehler 2.Ordnung
- Lösungsverfahren
  - Parallelisierter, gekoppelter Löser
  - Algebraisches Mehrgitterverfahren

2 Partitionen

4 Partitionen

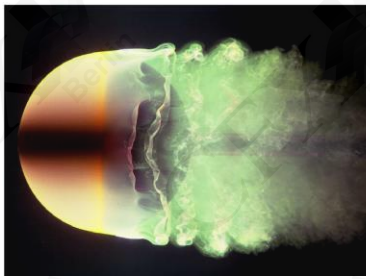


16 Partitionen

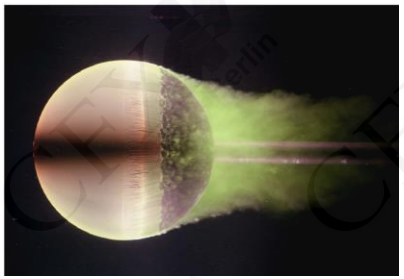


Berechnung
Turbulenzmodell

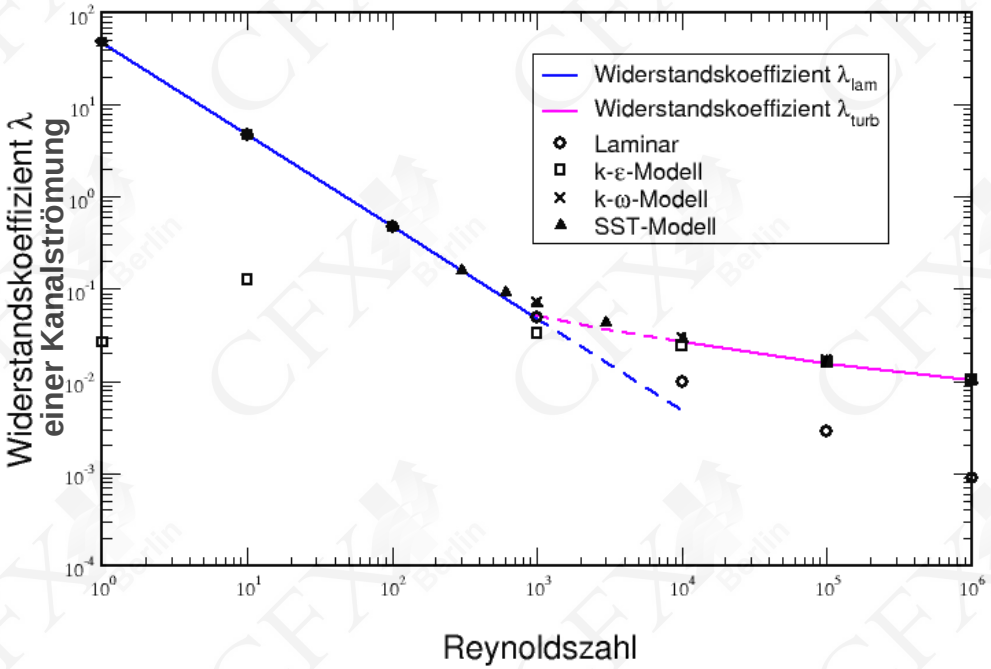
- Turbulenzmodellierung
  - Statistische Turbulenzmodelle in stationären und transienten Simulationen (RANS/URANS)
- Turbulente Strömung
  - Irreguläre, transiente, vielskalige dreidimensionale Fluidbewegung
  - Dissipativ und diffusiv
  - In den meisten technischen Anwendungen wichtig
- Shear-Stress-Transport-Turbulenzmodell (SST)
  - Gültig in der freien Strömung bis in die laminare Unterschicht an der Wand
  - Annahme einer isotropen Turbulenz



laminare Grenzschicht ($Re = 2 \cdot 10^4$)

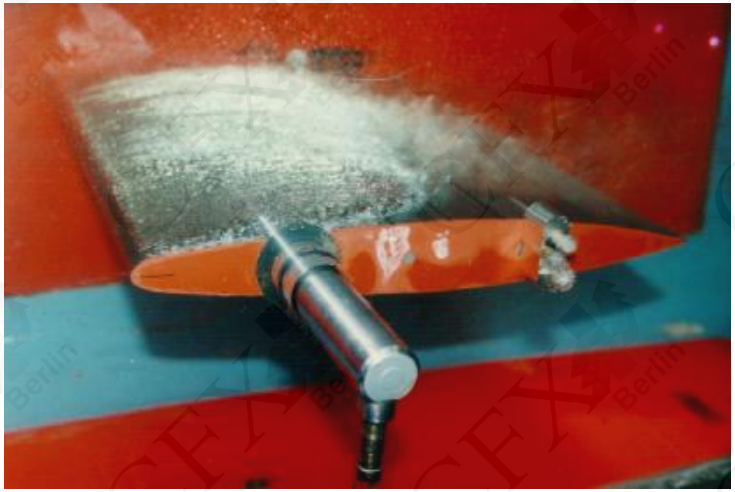


turbulente Grenzschicht ($Re = 5 \cdot 10^5$)



- Mehrphasenmodellierung
  - Homogenes Zweiphasenmodell aus Wasser und Wasserdampf mit konstanten Materialeigenschaften
  - Kavitationsmodell
    - Rayleigh Plesset Model

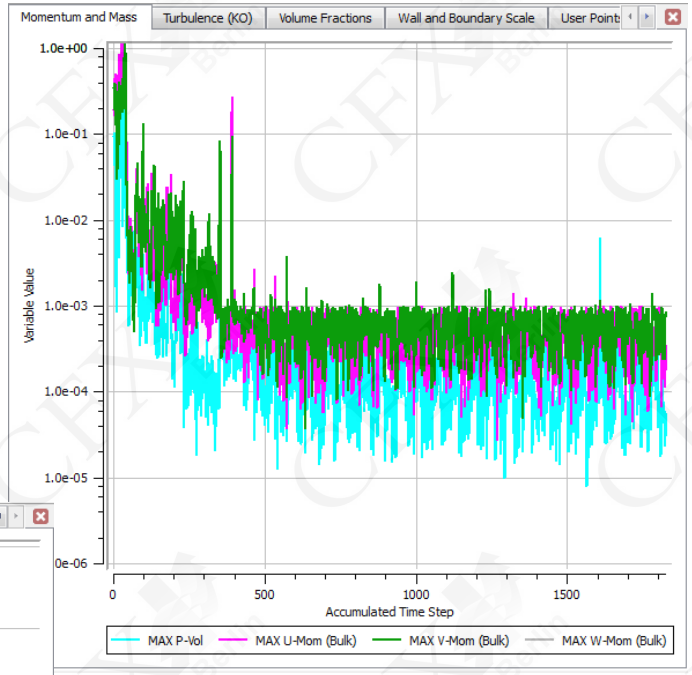
$$\frac{dm_B}{dt} = \rho_g \frac{dV_B}{dt} = 4\,\pi\, R_B^2\, \rho_g \sqrt{\frac{2}{3}\,\frac{p_v - p}{\rho_f}}$$



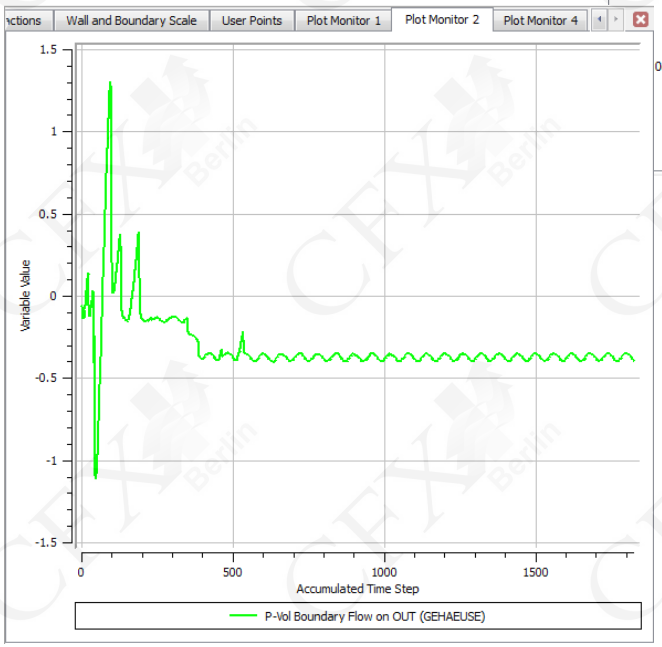
Kavitation auf einen Profil

Berechnung
Lösungskontrolle

- Konvergenzverhalten
  - Max-Residuen < $2 \cdot 10^{-3}$
  - Globale Bilanzen zu 1% erfüllt
- Berechnungsverlauf
  - Arbeitsspeicher: 600 MB
  - Anzahl Prozessoren: 4 (2.8 GHz)
  - Berechnungsdauer: ca. 4 Stunden pro Umdrehung



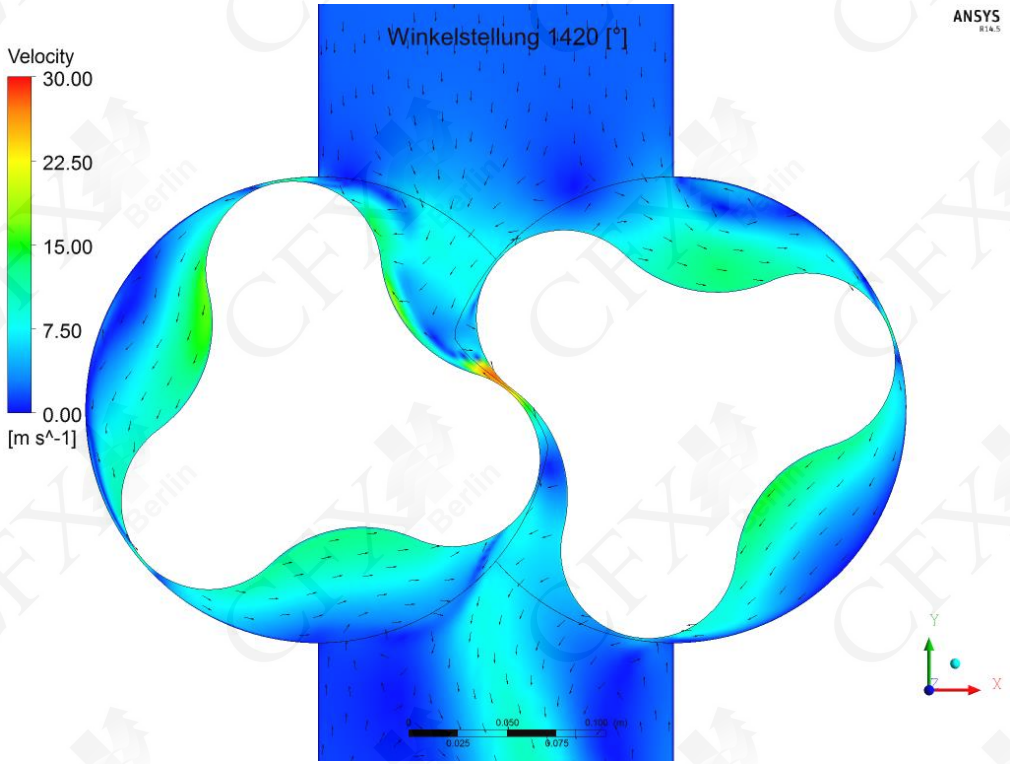
Residuen für Impuls und Masse



Massenstrom am Auslass

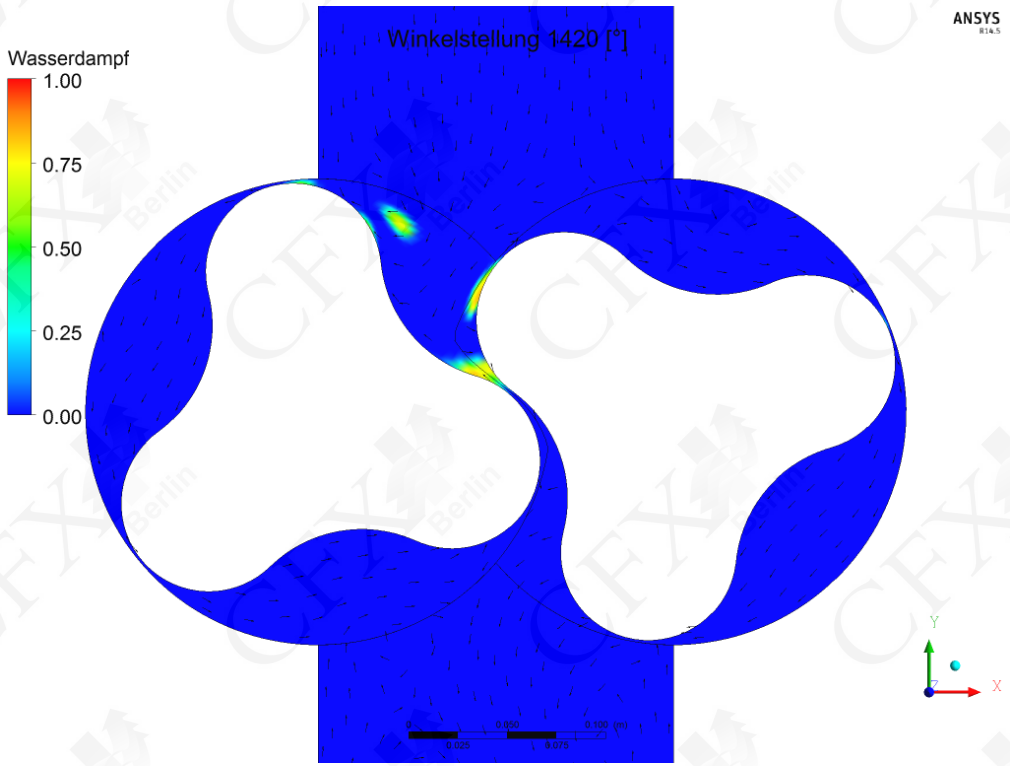
Ergebnis
Geschwindigkeit

- Geschwindigkeitsverteilung durch den Arbeitsraum der Pumpe
- Spaltströmung
  - Reduzierung der Förderleistung
  - Induzierung von Kavitation
- Nachlaufcharakteristik
  - Pendelbewegung im Abströmbereich
  - Beeinflussung der Durchströmung der Abströmgeometrie



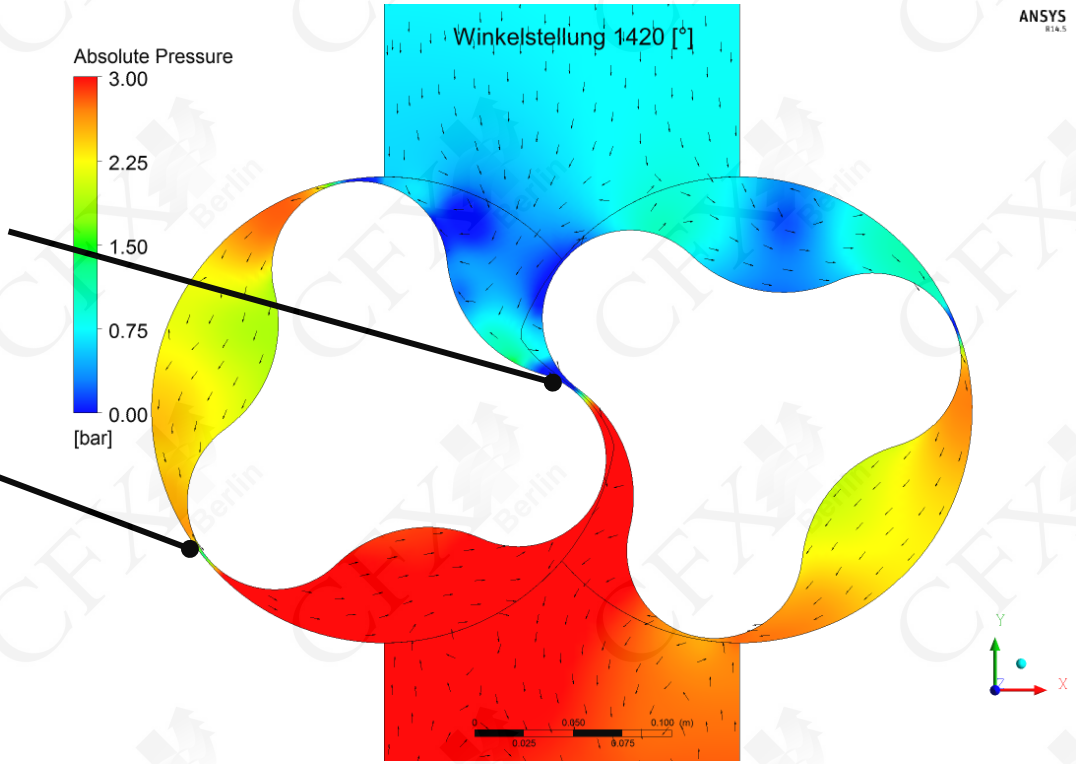
Ergebnis
Kavitation

- Darstellung der Kavitationsgebiete im Arbeitsraum der Drehkolbenpumpe
- Spaltinduzierte Kavitation
  - Absenkung des statischen Druck unter Dampfdruck aufgrund hoher Geschwindigkeiten im Spalt → Kavitation.
- Wirbelinduzierte Kavitation
  - Druckabsenkung im Wirbelkern
- Kavitationsschäden an Drehkolben oder Gehäusewand möglich



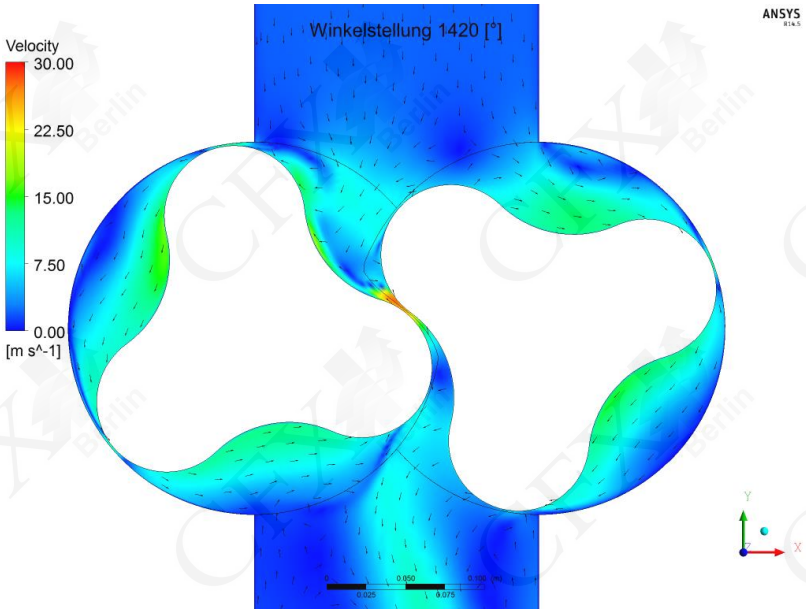
Ergebnis
Druckfeld

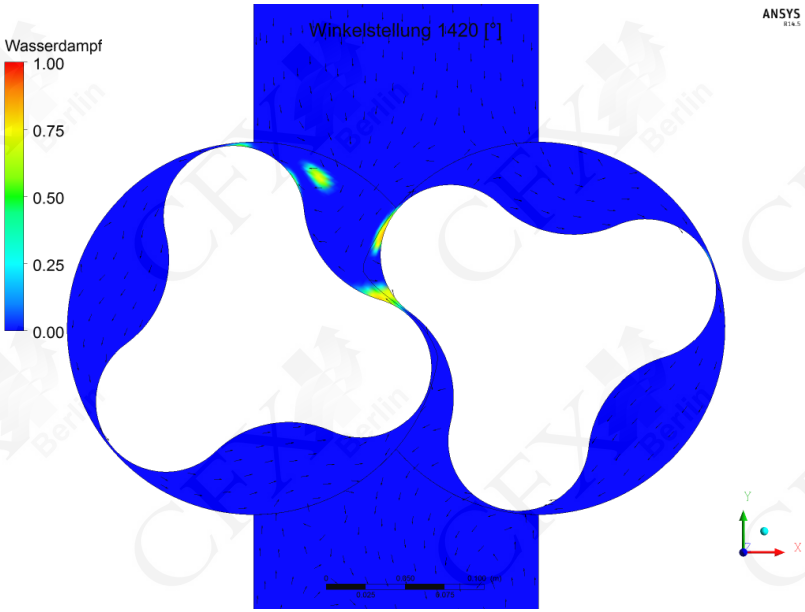
- Darstellung des statischen Absolutdrucks
- Druckaufbau/Absenkung
  - Gegenläufige Bewegung der Rotoren führt zum Aufreißen der Strömung zwischen den Rotoren (Druckabsenkung → Kavitationsgefahr)
  - Druck sinkt im Kopfspalt durch höhere Strömungsgeschwindigkeiten



Ergebnis

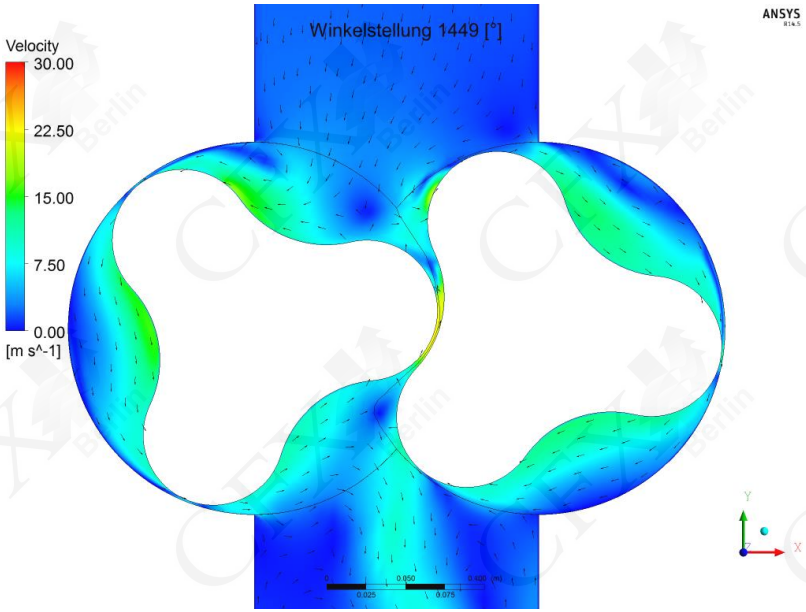
Geschwindigkeitsfeld und Kavitationsgebiete

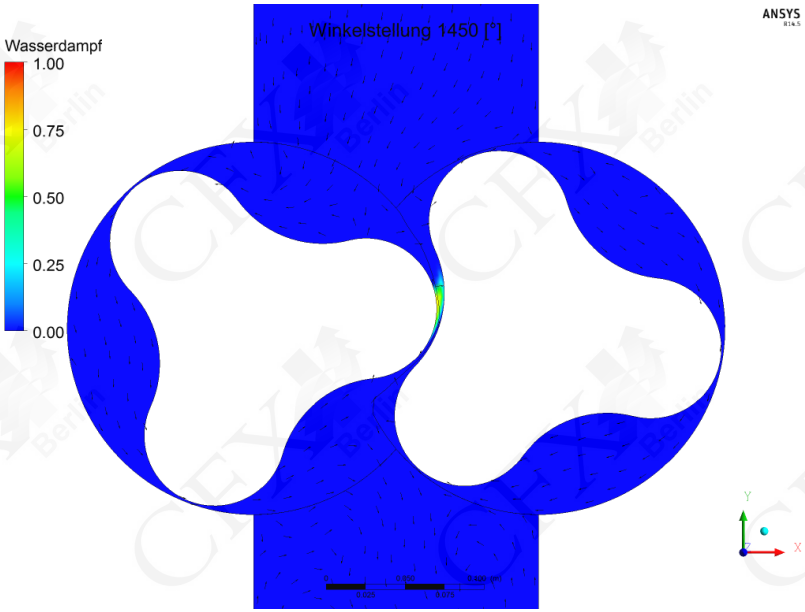




Ergebnis

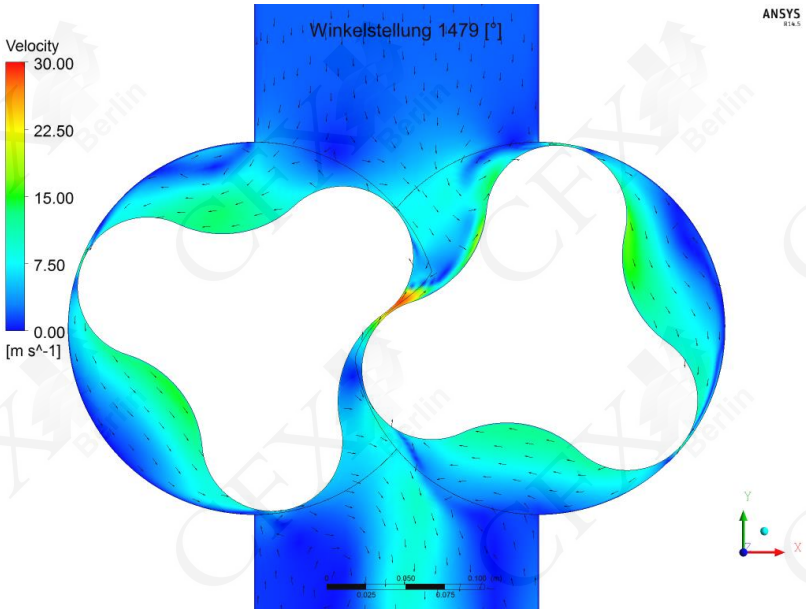
Geschwindigkeitsfeld und Kavitationsgebiete

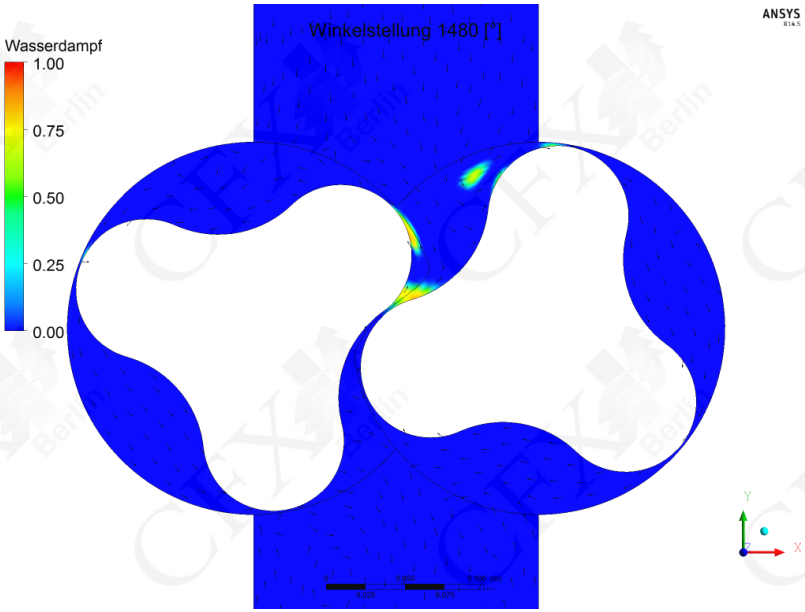




Ergebnis

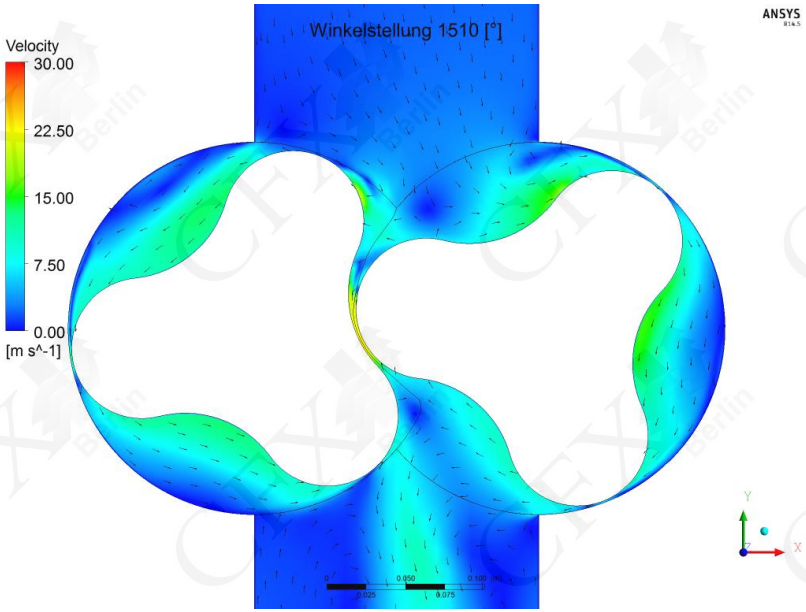
Geschwindigkeitsfeld und Kavitationsgebiete

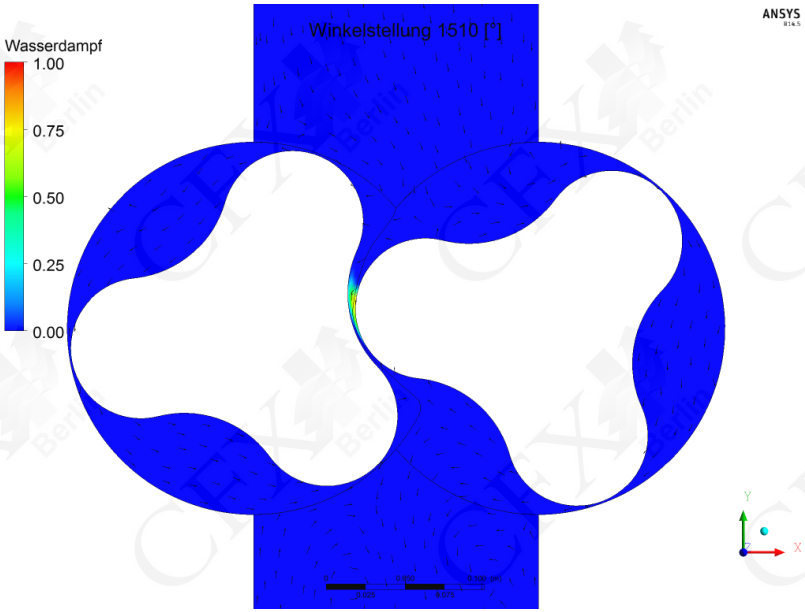




Ergebnis

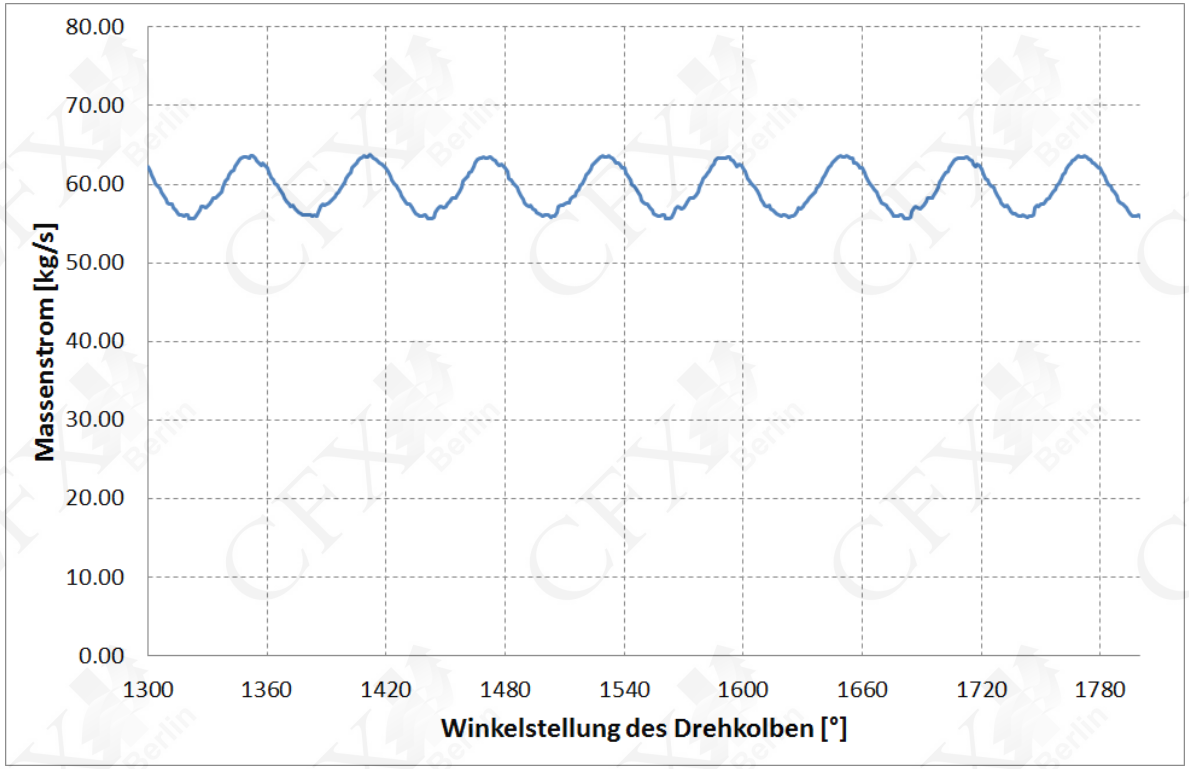
Geschwindigkeitsfeld und Kavitationsgebiete





Ergebnis
Druckseitige Massenstromänderung

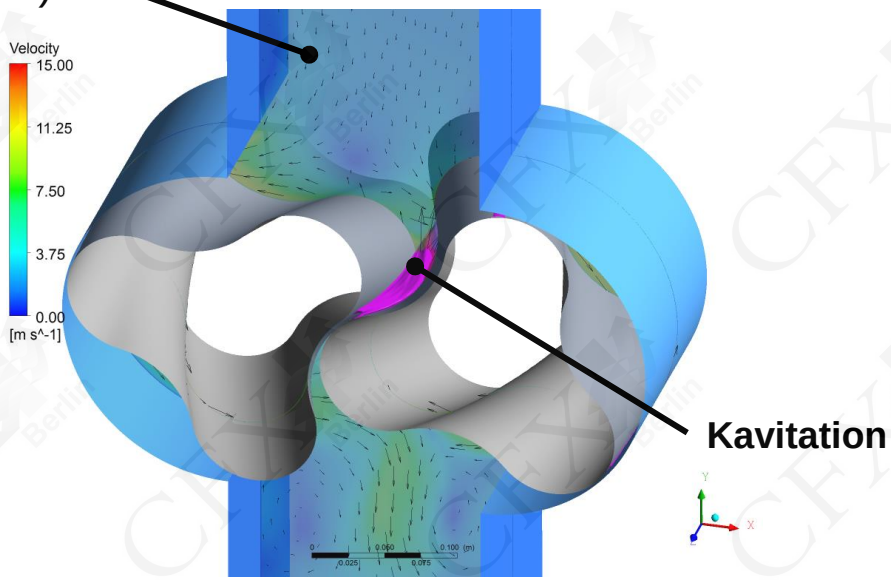
- Periodisch Schwankender Massenstrom aufgrund der Einflüsse der Drehkolbenform (Anzahl der Zähne) und ggf. der Kavitation



Massenstrom bezogen auf den realen Querschnitt der Pumpe

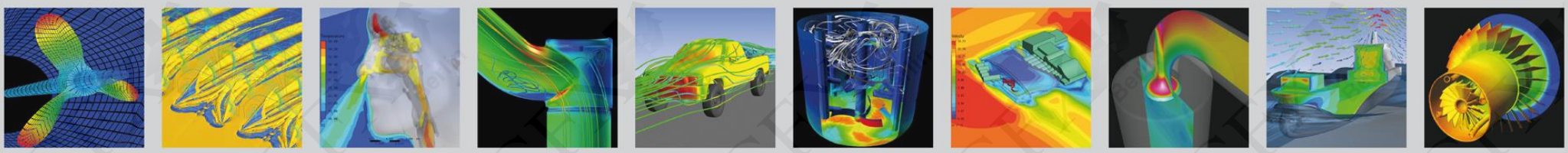
Modellerweiterung

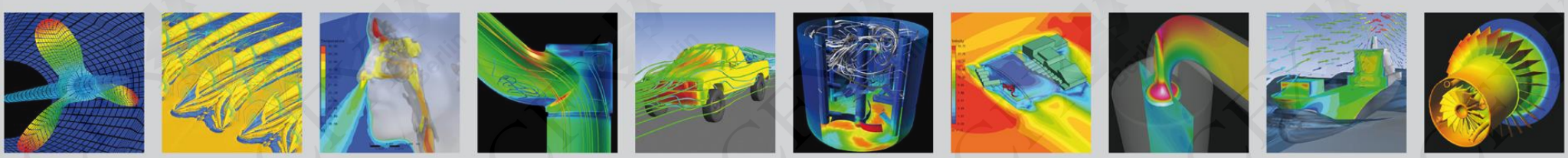
- Mögliche weiterführende Untersuchungen
  - Modifikation der Kolbenkontur oder des Gehäuses
  - Durchführung einer 3D-Simulation zur Berücksichtigung von 3D-Effekten (Homogenisierung des Auslassmassenstrom)
  - Berechnung von Kennfeldern (Betriebsparameter variieren)
  - Sensitivitätsstudie anhand von Geometrie- oder Randbedingungsparametern (Optimierung)



  - Weiterführende Berechnungen unter Verwendung erweiterter Modelle
    - SAS Turbulenzmodell (Auflösung feinerer Strömungsstrukturen)
    - Erweiterte Materialmodellierung (Nicht-Newtonische Fluid etc., Kompressibilität)
    - Berücksichtigung der Temperatur (Reibungsverluste bei hohen Viskositäten)

CFX Berlin Software GmbH



ist kompetenter Partner für:

- ANSYS Simulationssoftware
- Berechnung & Optimierung
- Beratung & Schulung
- Forschung & Entwicklung