

Probabilistisches Design einer Mischbatterie

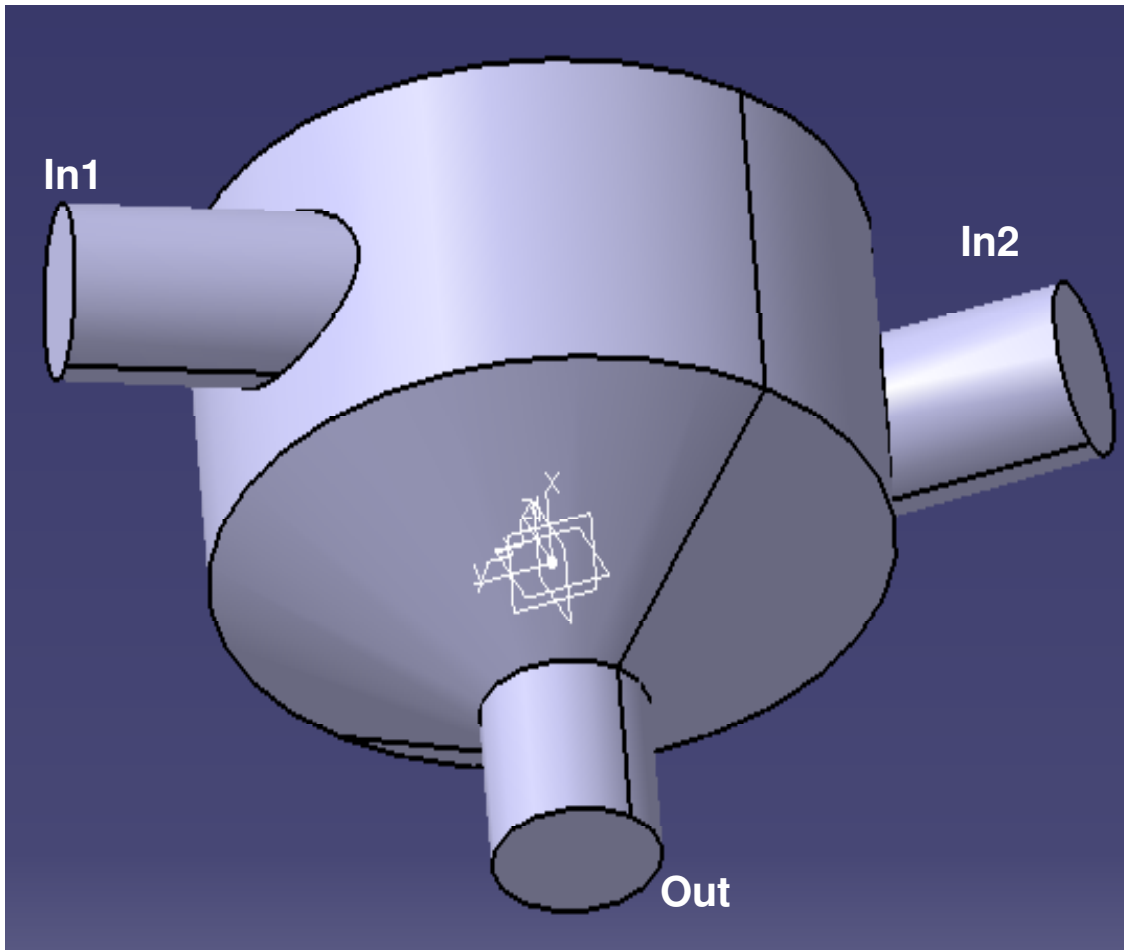
Herausforderungen im Entwicklungsprozess

- Erstellung des Geometriemodells mit geeigneten CAD-Systeme (z.B. CATIA, Pro/E), Vernetzung und Simulation mit anderen CAE-Systeme (z.B. ANSYS, NASTRAN)
- Simulation liefert nur exakte Ergebnisse für Muster in der Vorentwicklungsphase, Parameterstreuungen, Unsicherheiten und Toleranzen in der Fertigung und im Einsatz bei Kunden können bisher nicht erfasst werden
- Deterministische Simulation ist extrem rechenintensiv. Monte-Carlo-Simulation ist praktisch unmöglich.

Spezifikationen für die Mischbatterie

- Mischen zwei Wasserströmungen mit unterschiedlichen Temperaturen
- Massenfertigung mit Streuungen und Unsicherheiten
 - Toleranzen der Strömungseingänge (Winkel und Radius)
 - Streuungen der Eingangsströmungsgeschwindigkeiten
- Kundenanforderungen
 - Die Mischtemperatur der Ausgangsströmung und ihre Streuung sollen möglichst minimal sein
 - Der Druck der Mischbatterie darf die vorgegebene Grenze nicht überschreiten

3D-CAD Geometrieerstellung in CATIA V5



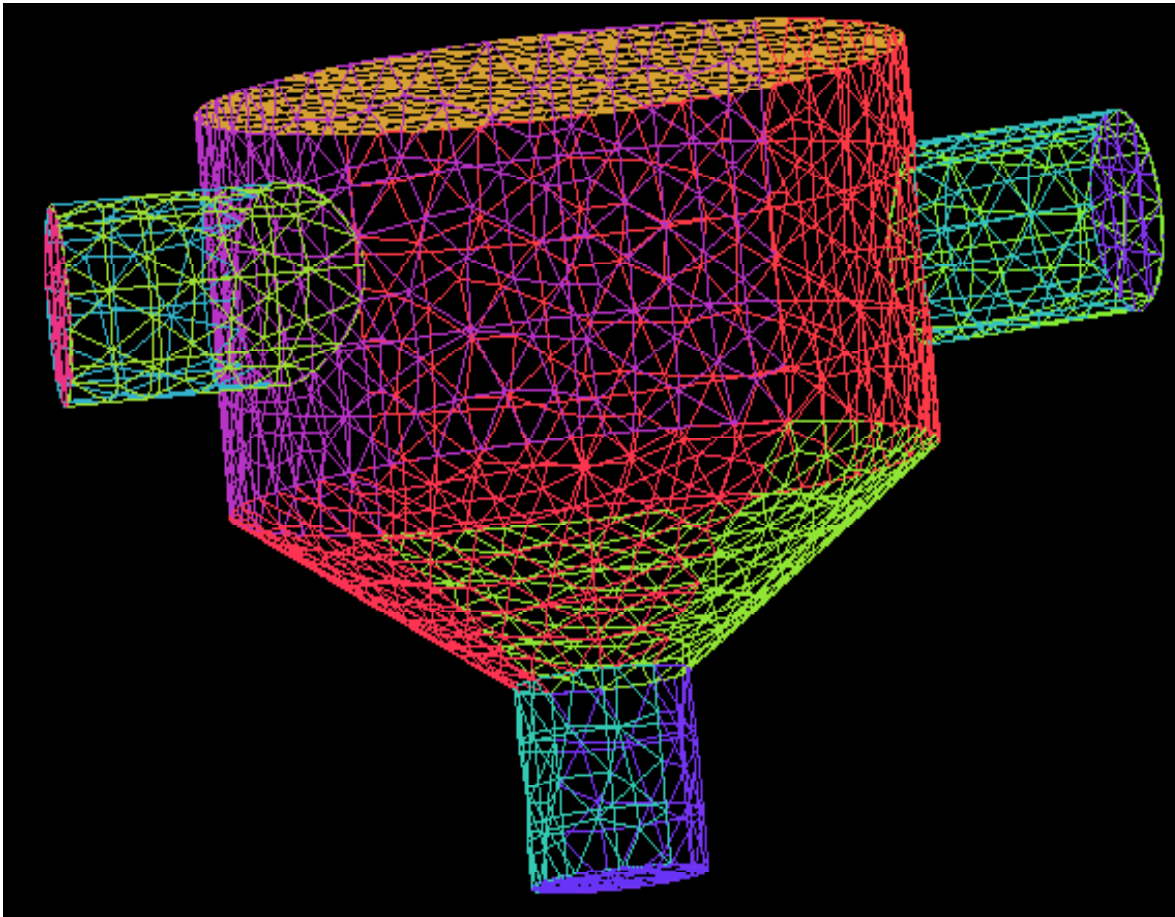
Erstellung der Geometrie in CATIA V5

- Eingänge **In1** und **In2**
- Ausgang **Out**
- Fertigungstoleranzen der Eingänge:
 - Winkel
 - Radius

Ansteuerung von CATIA über COM-Schnittstelle mittels VBScript:

- Parameterübergabe
- Aktualisierung der Geometrie
- Speichern als IGES-Datei

Vernetzung mit ICEM CFD



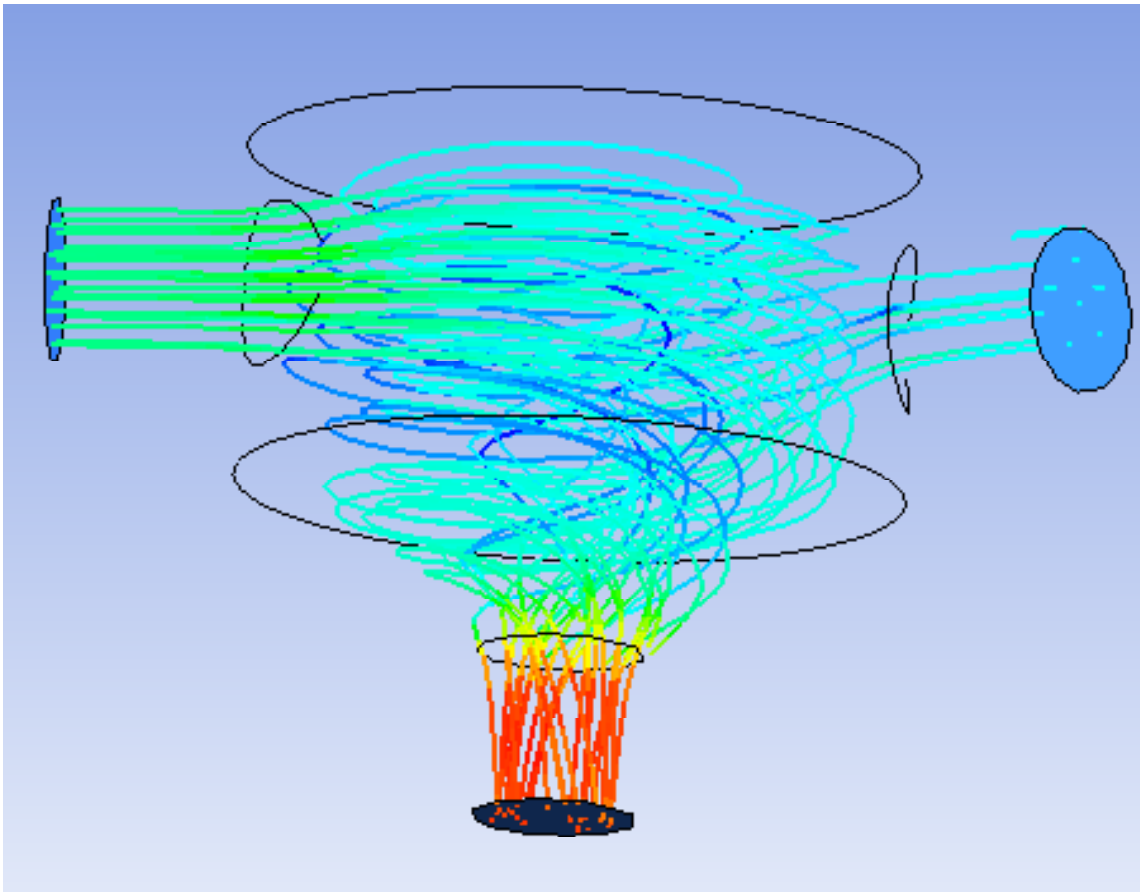
Vernetzen im ICEM CFD

- Flächen- und Volumenvernetzung
- Erstellen von Script-Datei durch Makro-Aufzeichnung von Arbeitsschritten mit der graphischen Oberfläche

Ansteuerung von ICEM CFD über DOS-Batch-Script:

- IGES-Datei von CATIA importieren
- Geometrie vernetzen
- Speichern das Netzmodell als cfx5-Datei für CFX-Pre

Strömungssimulation mit ANSYS CFX



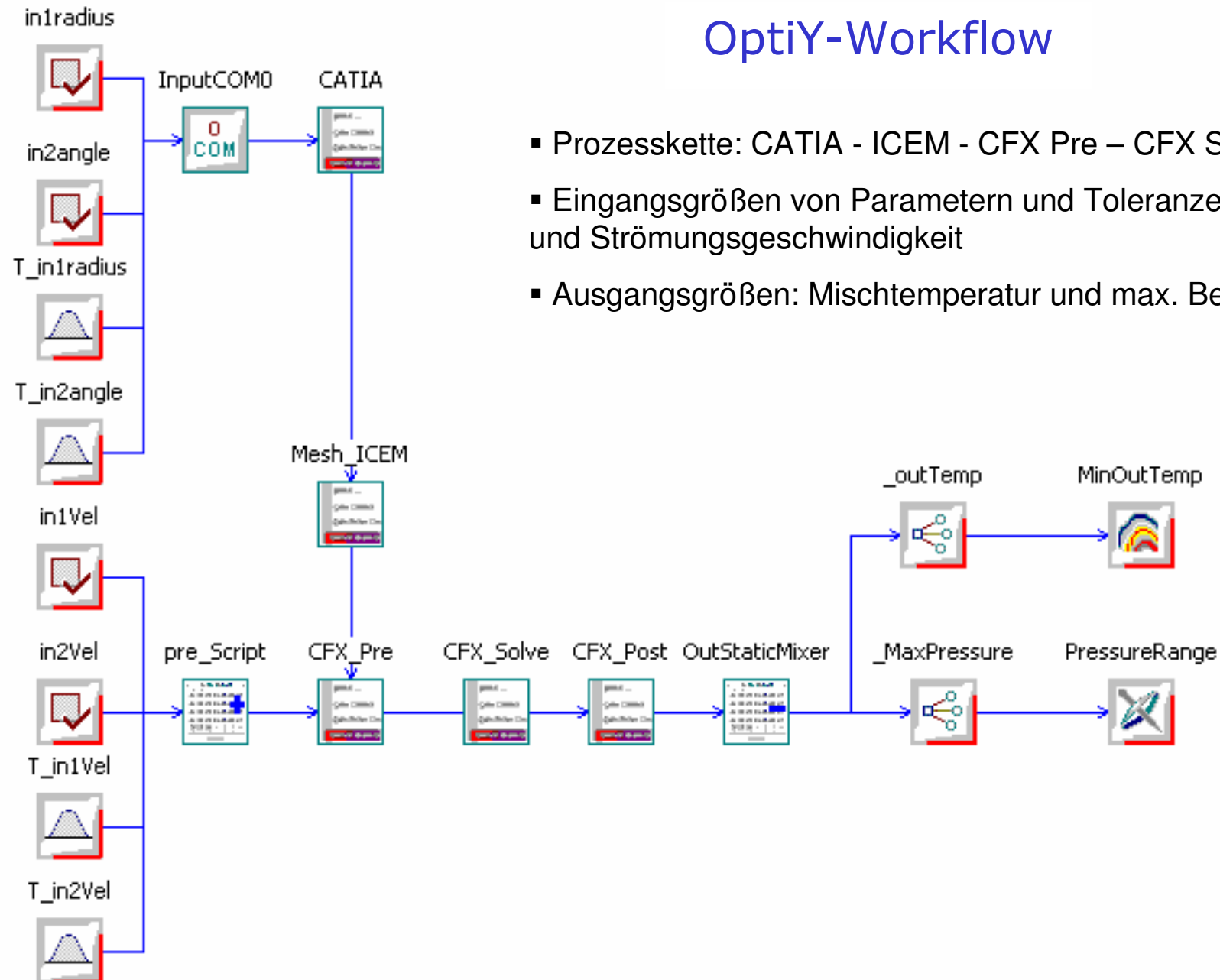
CFX-Pre + CFX-Solver + CFX-Post

- cfx5-Datei lesen
- Randbedingungen definieren: Material, Temperaturen und Strömungsgeschwindigkeiten **In1** und **In2**
- Gleichungen lösen mit CFX-Solver
- Ergebnisse als ASCII-Datei speichern mit CFX-Post
- Dokumentation der Arbeitsschritte mit Makro-Editor

Ansteuerung von ANSYS CFX mit DOS-Batch-Script:

- Dateien lesen
- Simulation starten
- Ergebnisse speichern

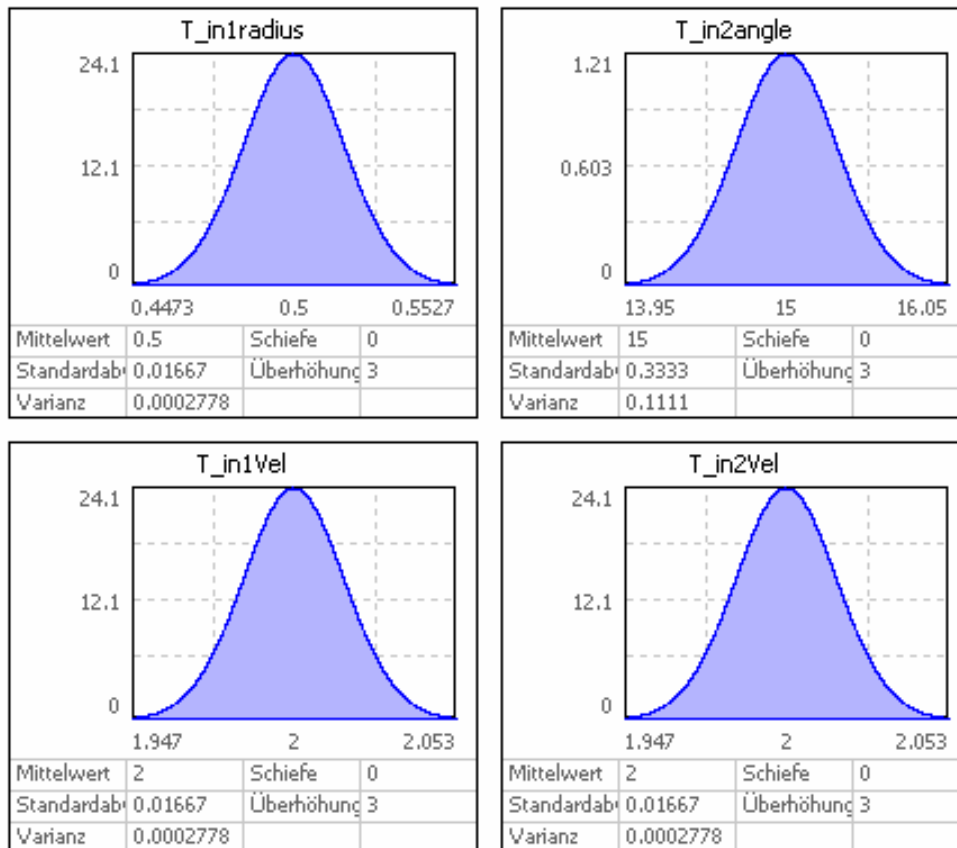
OptiY-Workflow



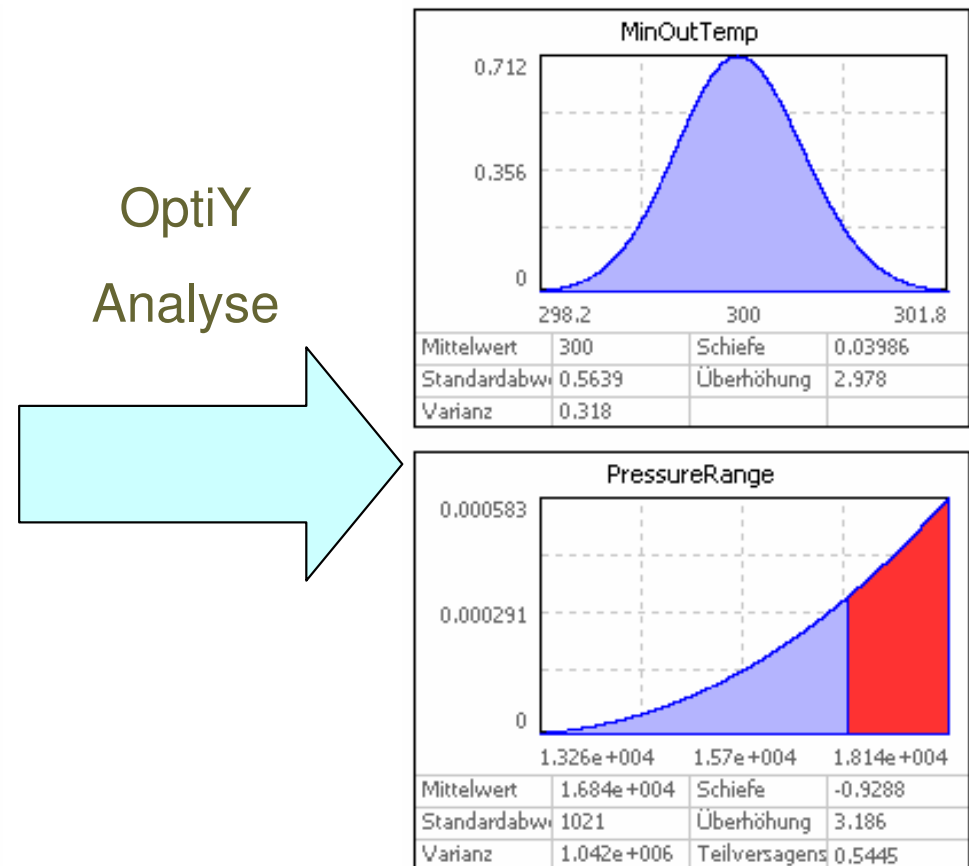
- Prozesskette: CATIA - ICEM - CFX Pre – CFX Solver – CFX Post
- Eingangsgrößen von Parametern und Toleranzen: Winkel, Radius und Strömungsgeschwindigkeit
- Ausgangsgrößen: Mischtemperatur und max. Behälterdruck

Toleranz- und Zuverlässigkeitsanalyse

Verteilungen von Eingangsgrößen

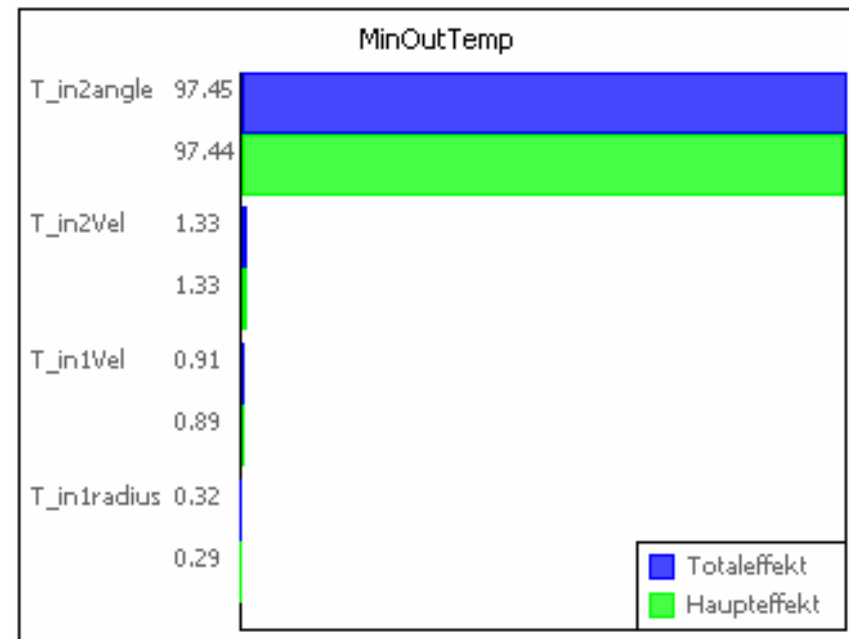
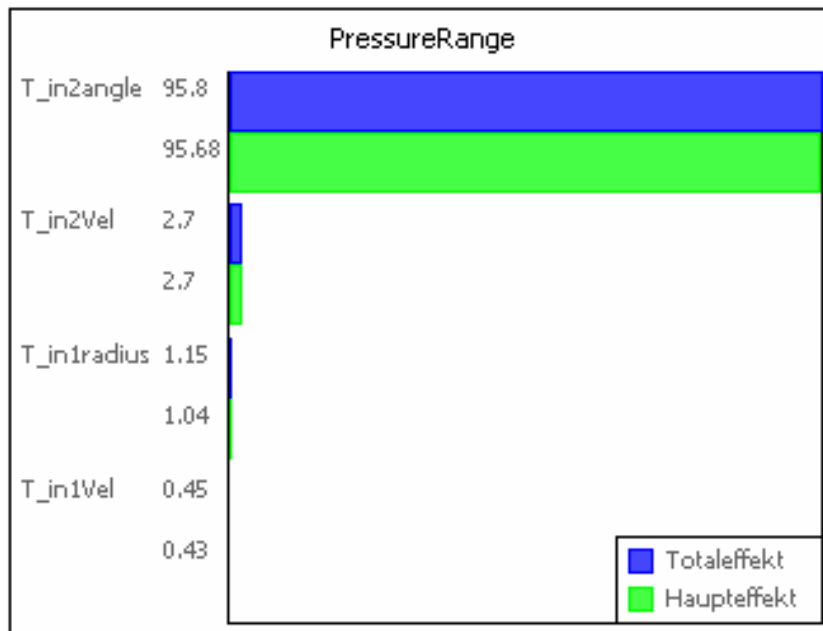


Verteilungen von Ausgangsgrößen



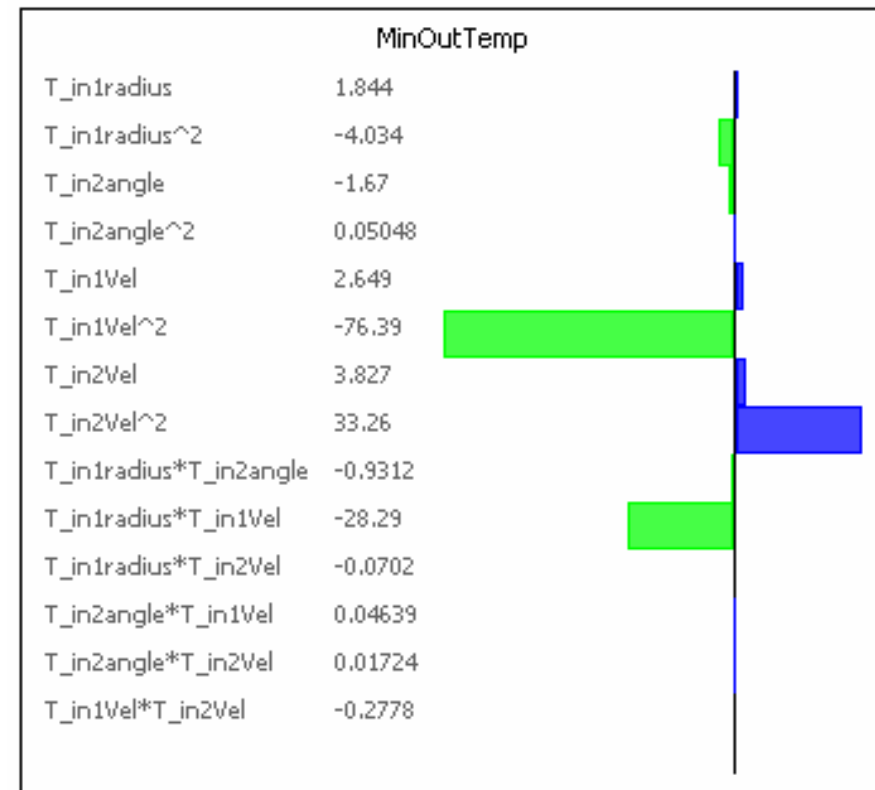
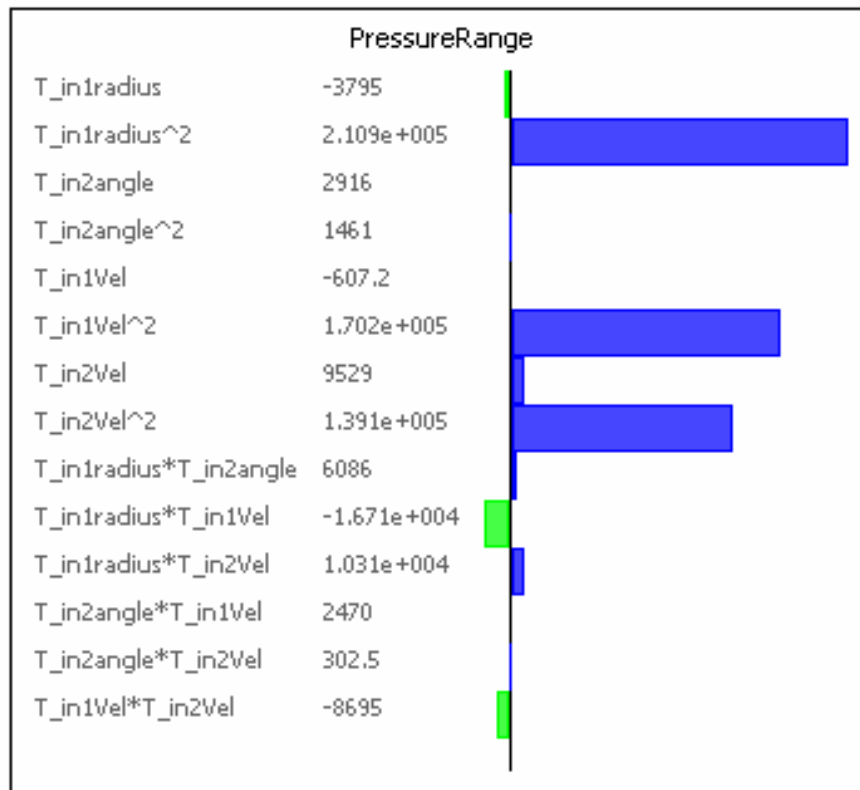
Globale Sensitivitätsanalyse

- Der Winkel der Eingangsströmung 2 hat den entscheidenden Einfluss auf die Streuungen von Mischtemperatur und Behälterdruck
- Die anderen Toleranzen und Streuungen können vernachlässigt werden
- Es treten keine Interaktionen zwischen den einzelnen Eingangsparametern auf (Totaleffekt = Haupteffekt).



Lokale Sensitivitätsanalyse

- Koeffizienten der Taylorreihe in Balkendiagramm
- Lokale Sensitivitäten und Interaktionen der einzelnen Parameter erkennbar



Approximation

- Quadratische Zusammenhänge zwischen Eingangsgrößen und Ausgangsgrößen im Toleranzbereich
- 2D-Kennlinien oder 3D-Fläche darstellbar
- Eingabe der Eingangswerte liefert sofort die Werte der Ausgangsgrößen ohne eine erneute aufwendige Simulation

