

# F650CS Simulationsmodell

## Weiterentwicklung des Simulationsmodells des BMW Rotax F650CS Prüfstandmotors durch Bestimmung der Druckverlustbeiwerte an den Ein- und Auslassventilen

### Aufgabenstellung

Zur Untersuchung innermotorischer Prozesse bei der Verbrennung aktueller und alternativer Brennstoffe wird am Institut für Thermo- und Fluidengineering ITFE ein neuer Prüfstand aufgebaut. Um bereits im Vorfeld Vorhersagen oder Entscheidungen über die Auslegung des Prüfstandmotors treffen zu können, wird ein Simulationsmodell benötigt. Dieses Simulationsmodell wurde mittels der GT-Power-Software von Gamma Technologies (kommerzieller Standard für motorische Prozessrechnung) entwickelt und kann dadurch den zeitlichen Aufwand und die entstehenden Kosten bei einer Untersuchung verringern.

### Ausgangslage

Im Rahmen der vorangegangenen Projektarbeit im 5. Semester wurde, mit den verfügbaren Daten des Prüfstandmotors, ein erstes Simulationsmodell entwickelt. Dabei beinhaltete dieses erste Simulationsmodell nur die wichtigsten Komponenten des Prüfstandmotors. Falls Werte fehlten oder noch unbekannt waren, so konnten diese Werte durch plausible Annahmen ersetzt werden. Aufgrund der weiteren fehlenden Messdaten und vielen getroffenen Annahmen war dieses erste Simulationsmodell noch unzuverlässig. Als Schlussfolgerung wurde für die Verfeinerung des Simulationsmodells eine Untersuchung der Druckverlustbeiwerte (CD-Werte) an den Ein- und Auslassventilen und eine Druckverlaufsanalyse (TPA-Analyse: «Three Pressure Analysis») vorgeschlagen.

### Projektziel CD-Werte

Die CD-Werte bestimmen, welcher reale Massenstrom im Verhältnis zum idealen Massenstrom über die Ein- und Auslassventile fließt. Diese CD-Werte sind für die spätere Verfeinerung des Simulationsmodells von grosser Bedeutung und können entweder experimentell oder iterativ aus Mess- und Simulationsdaten untersucht werden. Aus persönlichem Interesse und zeitlichen Gründen wurden diese mittels einer CFD (Computational Fluid Dynamics) Simulation untersucht.

### CFD-Simulation

- Software: Ansys Workbench / Ansys CFX
- Geometrie: Kanal, Ventile und Ein- und Auslasslaufstrecken
- Netz:
  - Zylinderkopf: 3 mm Tetraeder
  - Einlaufstrecken: Hexaeder mit variable Zellengröße
- Randbedingung: konstanter Druck am Ein- und Auslass

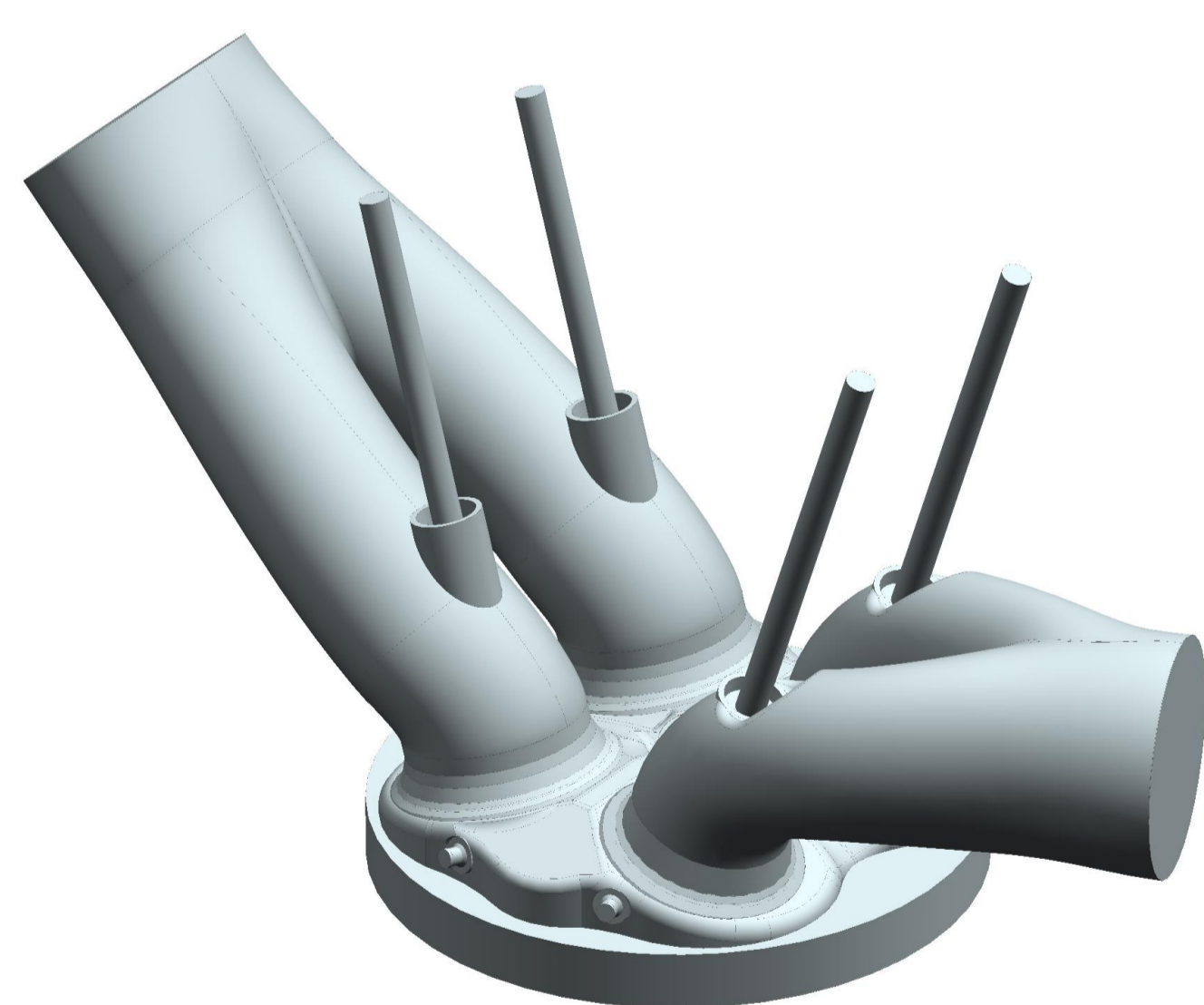


Abb.1: CAD-Modell des Ein- und Auslasskanals, Brennraum und Ventile

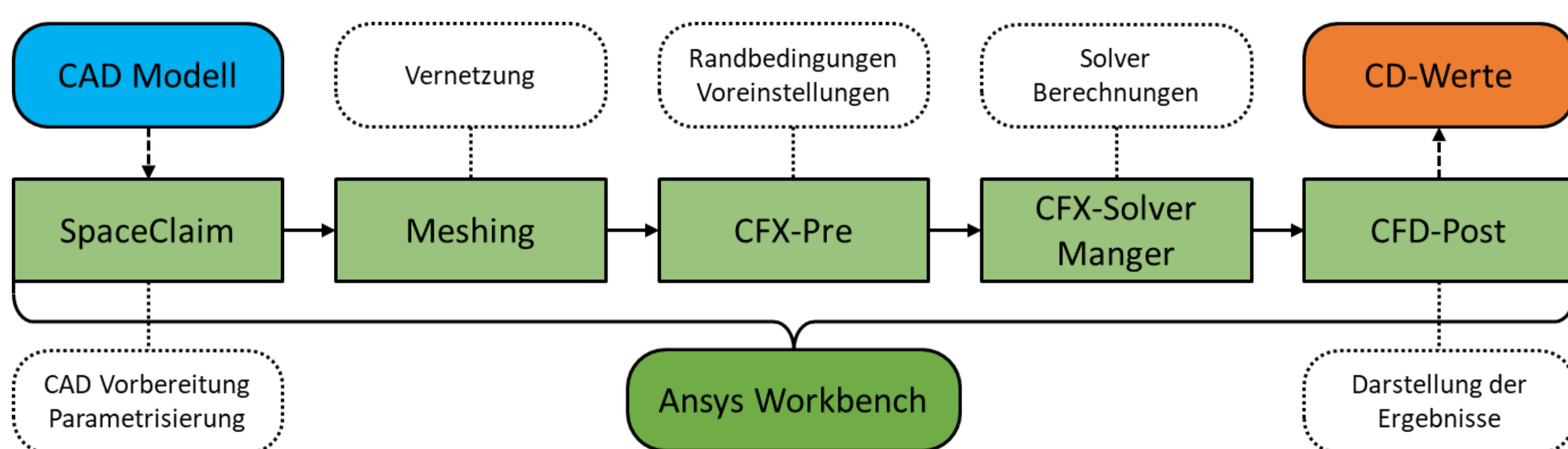


Abb.2: CFD-Simulationsablauf für CD-Wert Ermittlung

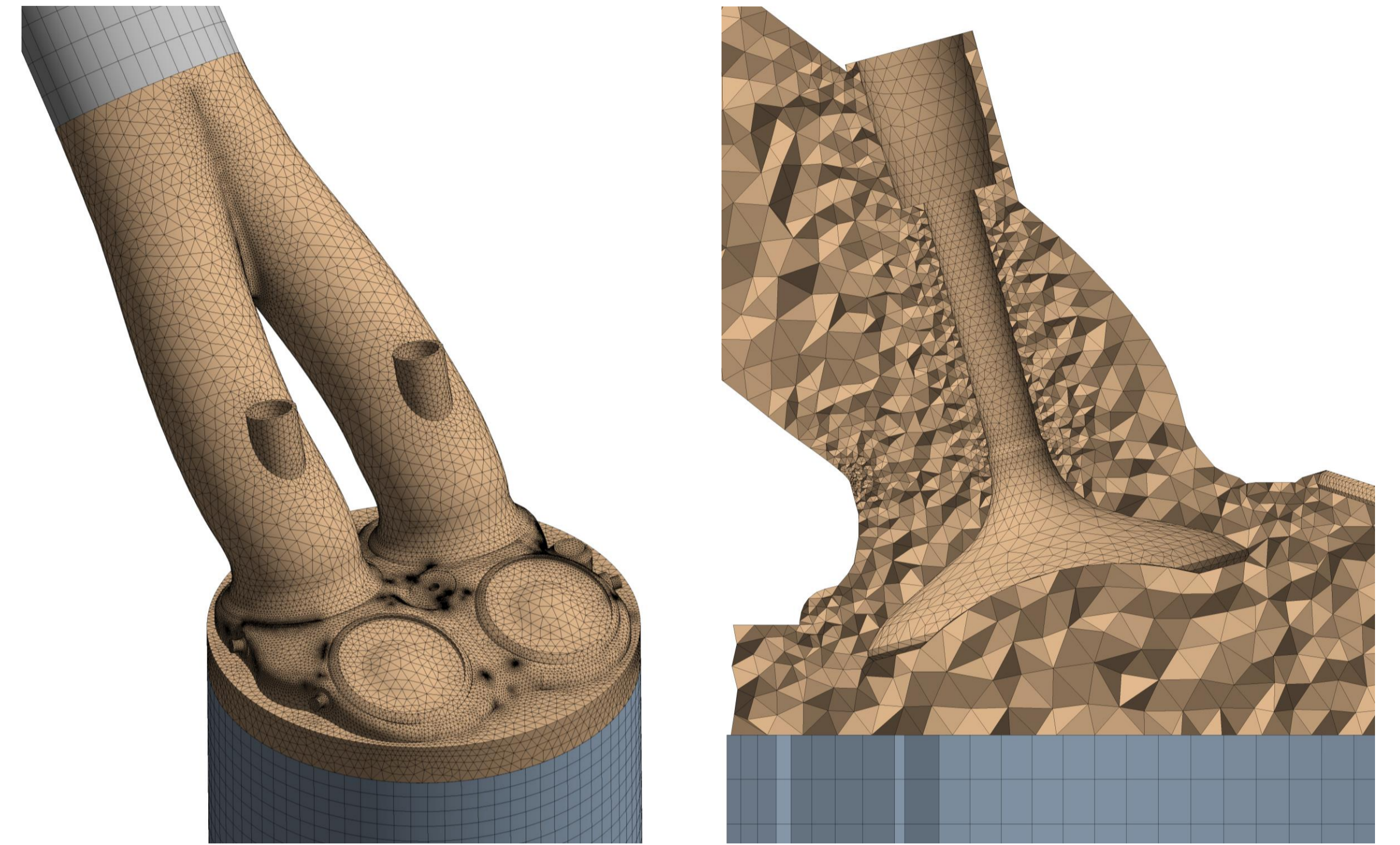


Abb. 3: CFD-Netz für Einlassventile bei 7mm Ventilhub (L: Gesamtansicht, R: Schnittansicht)

### Ergebnisse

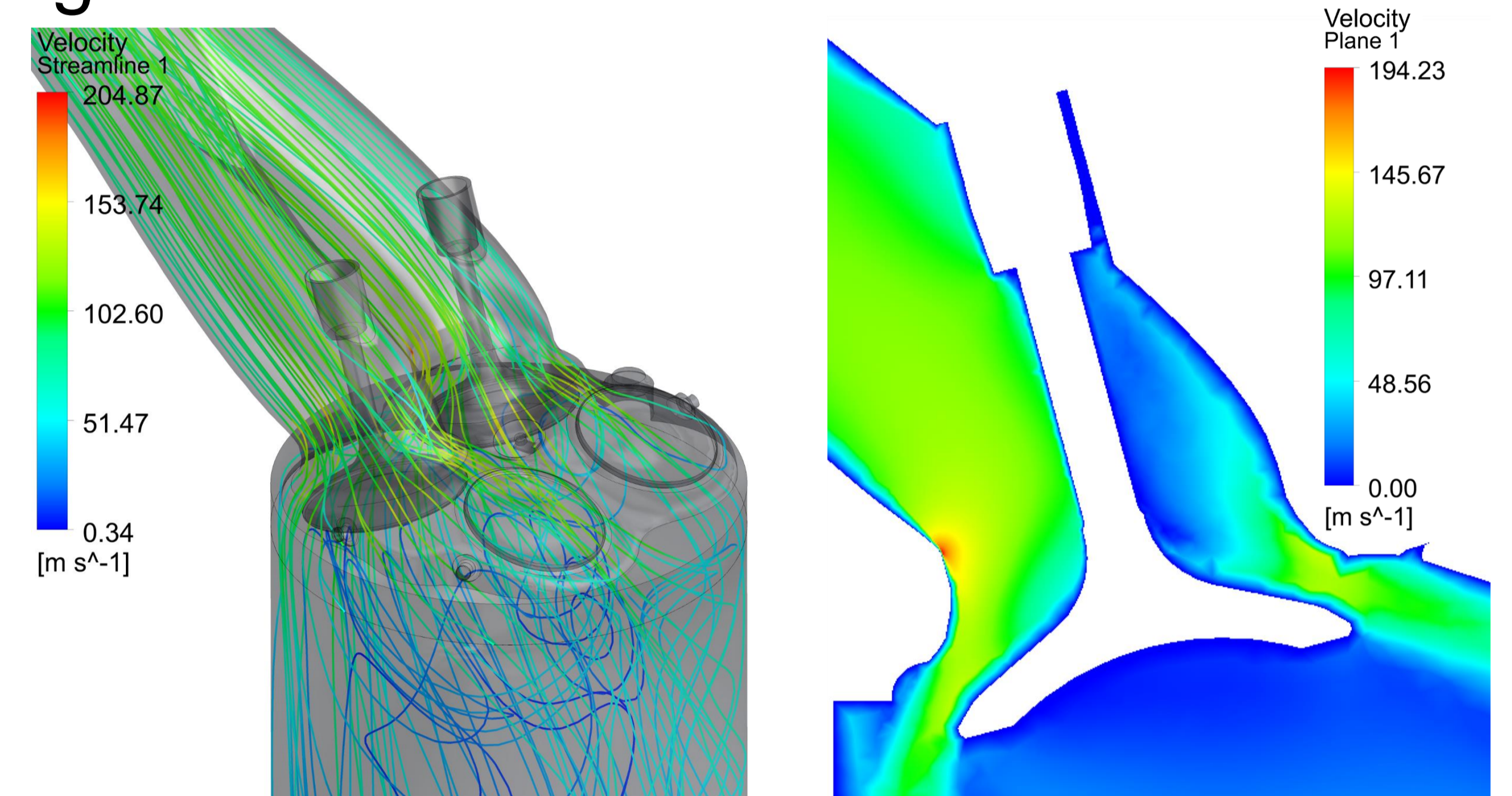


Abb. 4: CFD-Simulationsergebnis für Einlassventile bei 7mm Ventilhub (L: Stromlinien / R: Schnittansicht)

### Projektziel TPA-Analyse

Nachdem die CD-Werte erfolgreich Validiert wurden, bildeten diese die neue Basis für die Verfeinerung des gesamten Simulationsmodells des Rotax F650CS. Anhand der neuen CD-Werte wurde dann die TPA-Analyse durchgeführt. Der Druckverlauf im Brennraum der neuen P6-Simulation nähert sich den Messdaten an (siehe Abbildung 6). Um einen vollständig deckungsgleichen Druckverlauf zu erhalten, bedarf es einer weiteren Verfeinerung des Simulationsmodells basierend auf detaillierteren Datenmengen aus dem Prüfstand.

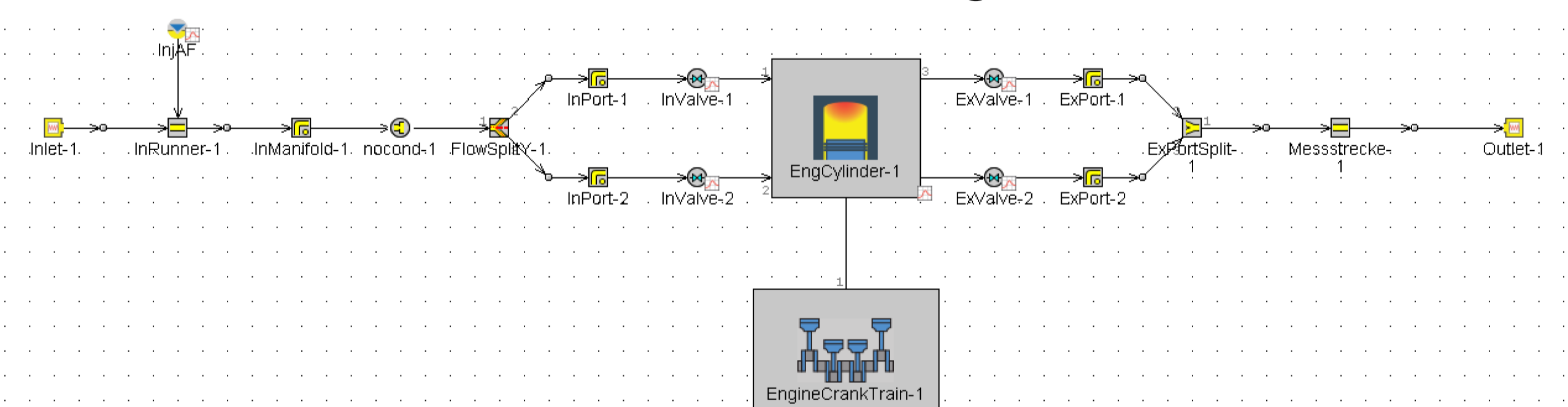


Abb. 5: Übersicht des F650CS Simulationsmodell in GT-Power

### Ergebnisse

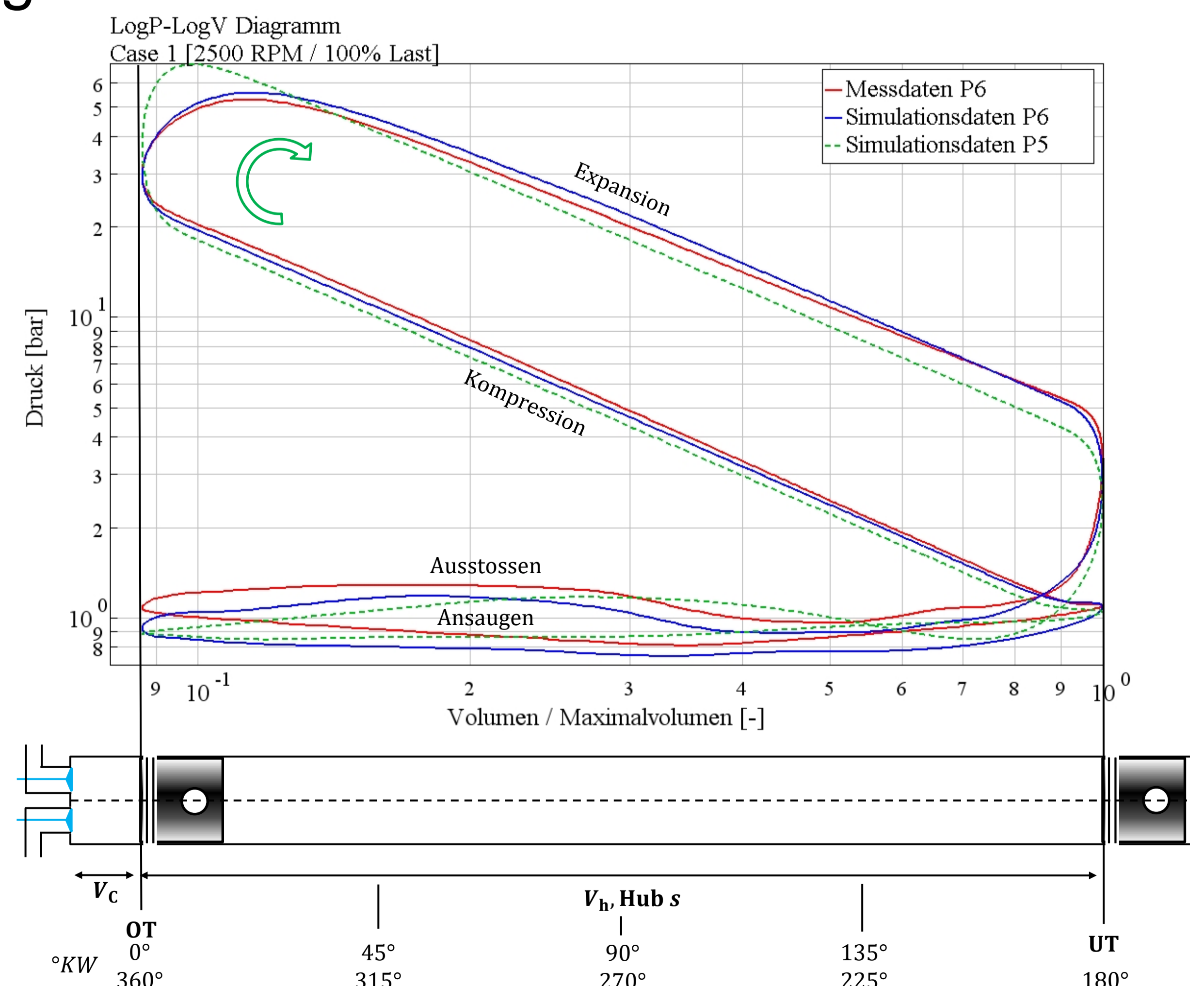


Abb. 6: Vergleich Mess- zu Simulationsdaten im Druckverlauf

**Studiengang / Semester:** Maschinenbau FS21

**Diplomand:** Massimo Palmisano

**Auftraggeber:** FHNW, ITFE

**Experte:** Dr. Christian Lämmle

**Dozent:** Prof. Dr. Kai Herrmann, kai.herrmann@fhnw.ch