

Erarbeitung von Auslegungsrichtlinien für Kühlsysteme von Wärmebehandlungsöfen mittels numerischer Strömungssimulation

Dipl.-Ing. Alexander Mann, Prof. Dr. D. Gaudlitz

Zielstellung

- Gleichmäßige Temperaturverteilung an der Außenwand der zu kühlenden Plasmanitrierkammer für ein homogenes Randschichthärten der Bauteile
- Gleichmäßige Kühlluftführung ohne Totwassergebiete

Entwicklungsmethoden

- Instationäre, inkompressible 3D-Strömungssimulationen mittels OpenFOAM® für die Entwicklung strömungsoptimierter Kühlkanalgeometrien
- Instat., kompress., nicht-isotherme 3D-Simulationen inkl. Wärmeleitung in Festkörpern mittels OpenFOAM®
- k- ω Wirbelviskositätsmodell
- Mehrzonensimulationen
- P1-Strahlungsmodell

Optimierung der Kühlkanalgeometrie

- Grundlegende Untersuchungen bzw. Fragestellungen:
 - Anzahl der Ein-/Auslässe
 - Trennungsmöglichkeiten von Ein- und Auslässen
- Vorzugsweise zonale Kühlregelung, daher Reduzierung auf die Optimierung einer Kühlzone:

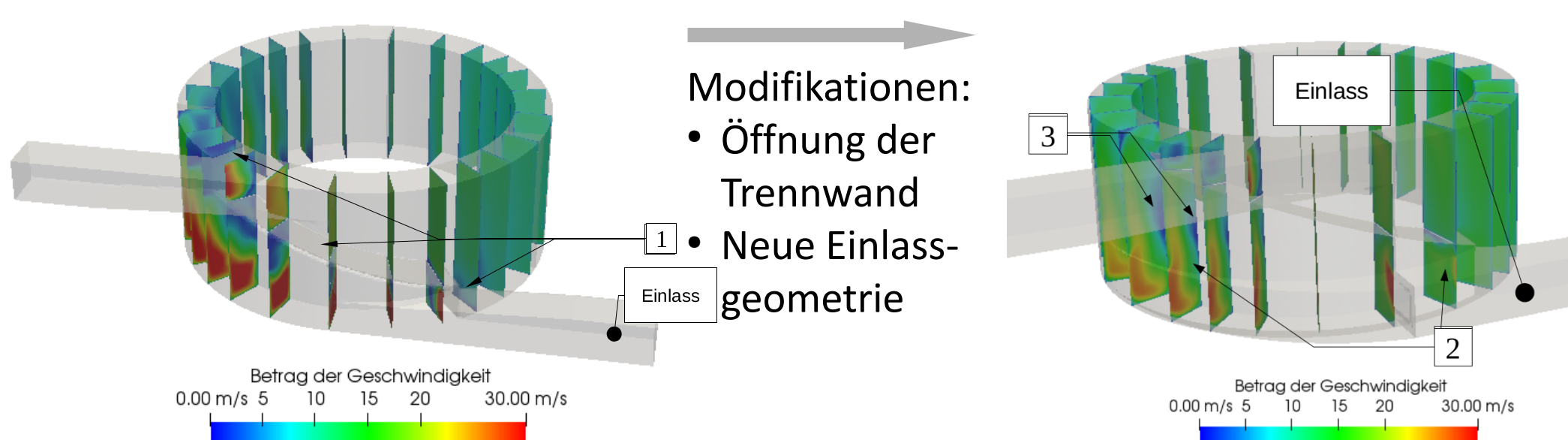


Abb. 1: (1) Trennwand zwischen Ein-/Auslass führt zu Ablösungen.

Abb. 2: Homogeneres Geschwindigkeitsfeld (2), verkleinerte Strömungsablösungen (3).

Weitere Modifikationen:

- Optimierung von Leitblech (Position & Anstellwinkel) und Auslasskanal
- Kanalweite von 10 cm auf 7 cm verkürzt
- Vergrößerter und angestellter Einlass

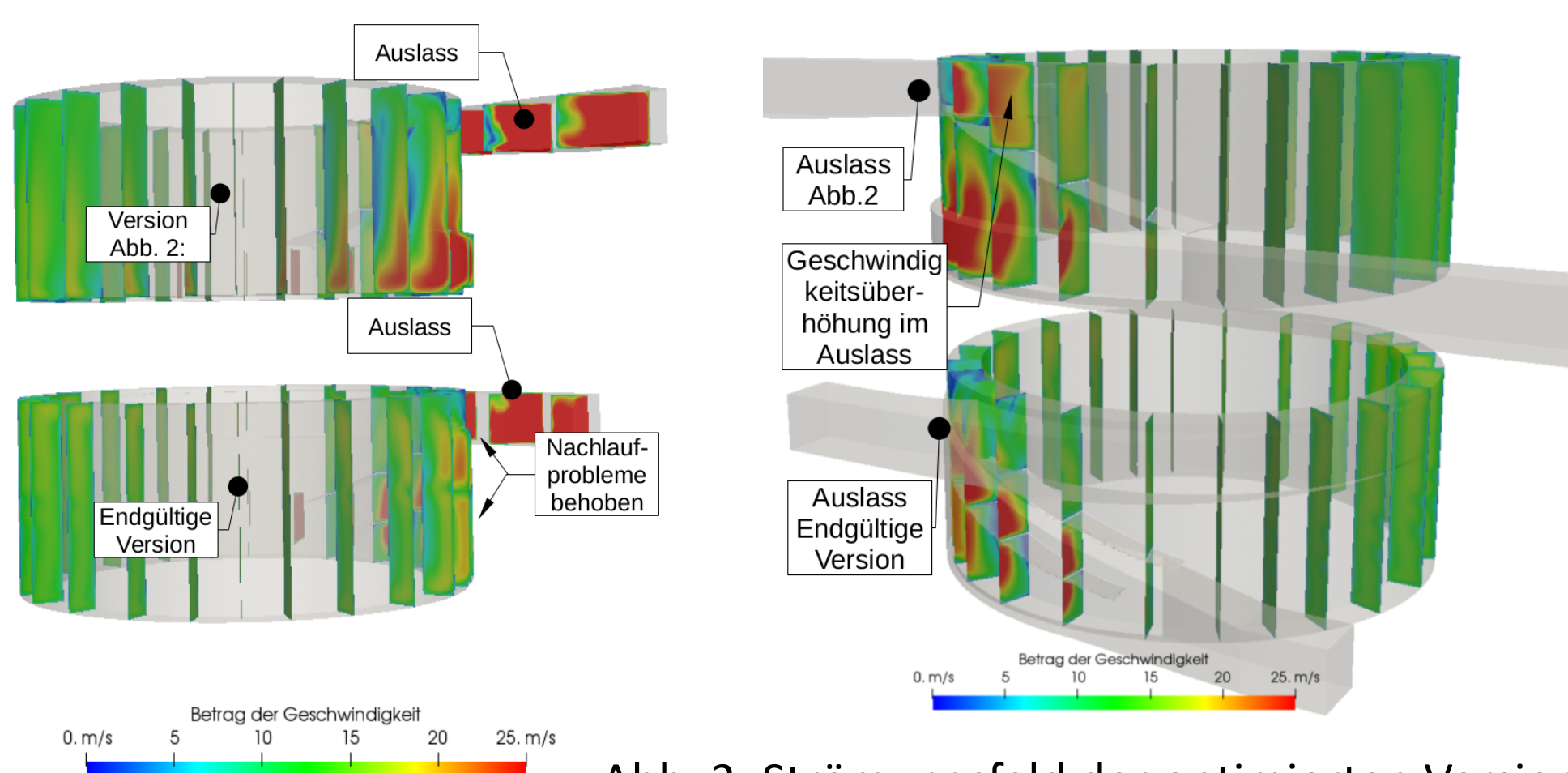


Abb. 3: Strömungsfeld der optimierten Version.

Validierung des thermodynamischen Setups

- Erzwungene Konvektion an und Wärmeleitung in einer längs angeströmten Stahlplatte mit konstanter Temperatur an der Plattenunterseite
- Vergleich der mittleren Temperatur der Kontaktfläche zwischen Luft und Stahl:

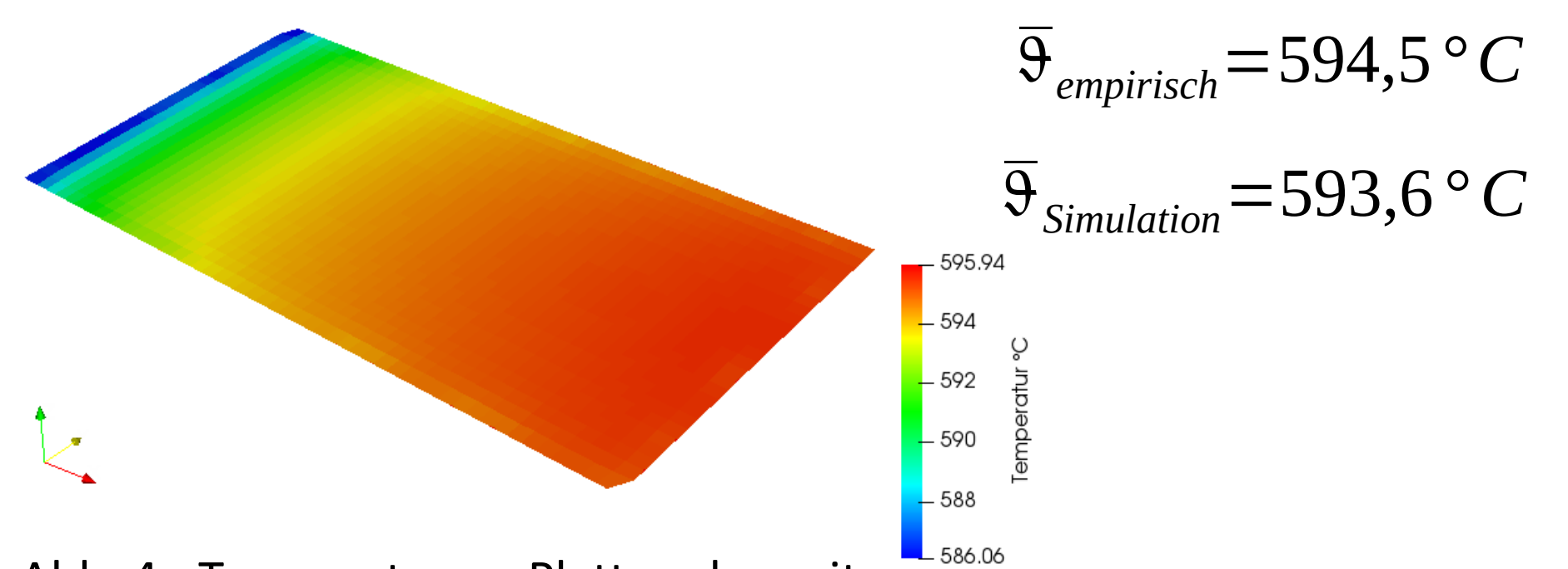


Abb. 4.: Temperatur an Plattenoberseite.

Wärmeübergang im optimierten Kühlkanal

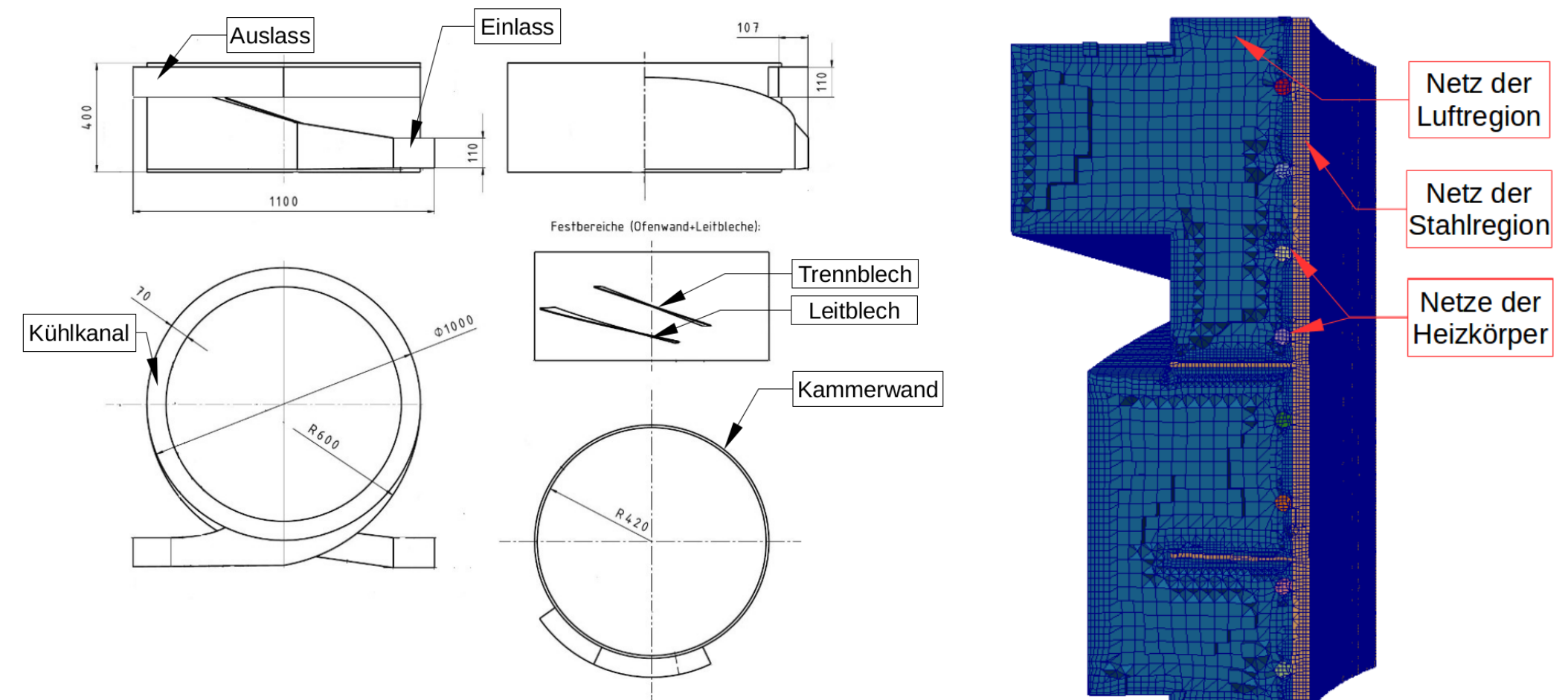


Abb. 5: Hauptabmessungen.

Abb. 6: Mehrzonennetz.

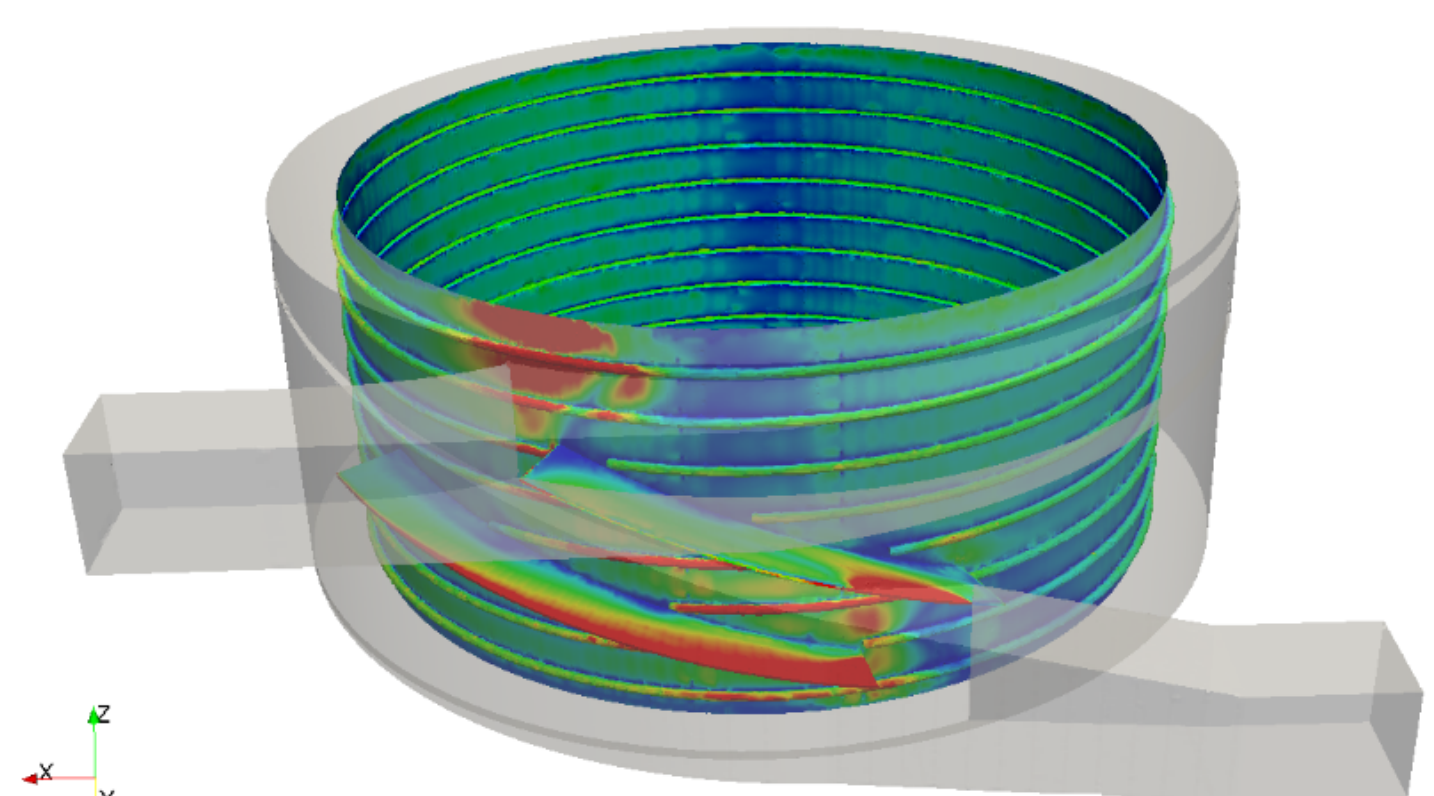


Abb. 7: Verteilung der Wärmestromdichte an festen Wänden im Kühlkanal.

Zusammenfassung

- Entwicklung einer OpenFOAM® – Prozesskette
- Anwendung zur Optimierung der Kühlkanalgeometrie
- Thermodynamische Simulation der Geometrie
- Ermittelte Geometrie erfüllt in weiten Teilen die Forderung nach gleichmäßigen Wärmeströmen
- Ableitung von Auslegungsrichtlinien für Kühlkanäle