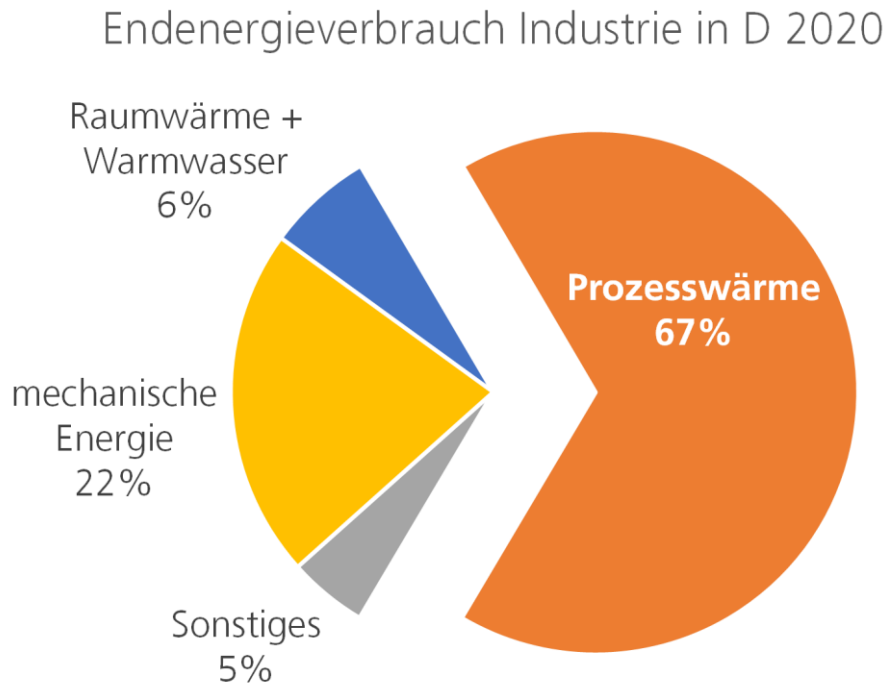
ENTWICKLUNG EINES WASSERDAMPFVERDICHTERS

DKV Tagung 2022 Magdeburg

Bojan Kajasa, Steffen Klöppel, Martino Köhler, Maximilian Kriese, Robert Schaffrath

Prozesswärmebedarf

- Dtl: 1583 PJ Prozesswärme
  - 6% durch Erneuerbare bereitgestellt
  - Überwiegend Erdgas (45%)
  - Großer Anteil bei sehr hohen Temperaturen



- Europa: 378 PJ pro Jahr bei 150 bis 200 °C

https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energiedaten-gesamtausgabe.html

Beispiel

Rückverdichtung Entspannungsdampf

- Dampfkessel 10 t/h bei 5 $bar_ü$
- Entspannung Kondensat auf 1 bar_a
  - 11,2 % Entspannungsdampf

  →ca. 1 t/h Verlust an Dampf

- Durch Rückverdichtung kann der Dampf dem System wiederzugeführt werden

Vergleichskriterien Verdichter

Massenstrom

Abhängig von Eintrittszustand (p, T)

➔ Verwendung Ansaugvolumenstrom

Druckverhältnis

Abhängig von Eintrittszustand (p, T)

Energieumsatz → höher bei kleinerem η_{is}

Verwendung isentroper Stufenenergieumsatz bei gleichen Drücken

➔ Energieumsatz einer idealen Stufe mit $\eta_{is} = 100\%$

Vergleich verfügbarer Verdichter

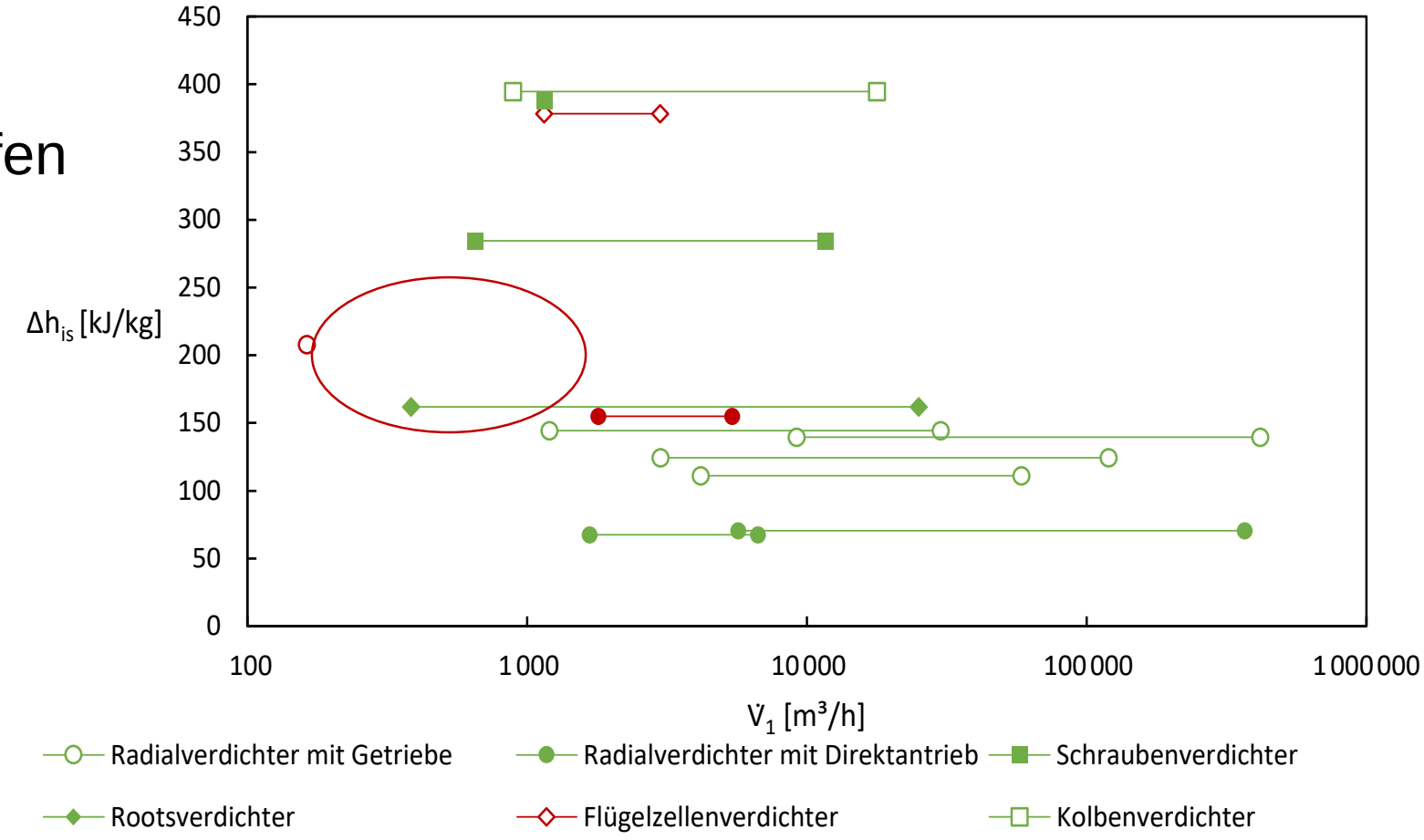
Für Anwendungsfall:

- Mit 180 kJ/kg sind 2 Stufen ausreichend

Stufe 1: 1700 m³/h

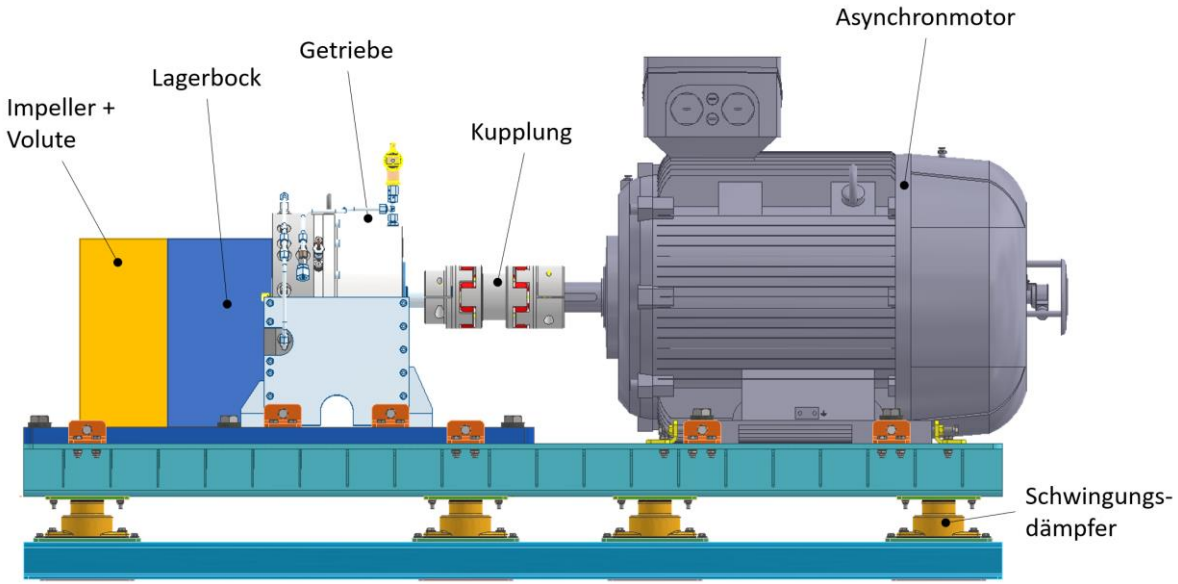
Stufe 2: 700 m³/h

→ Kein entsprechender Verdichter verfügbar



Eigenentwicklung

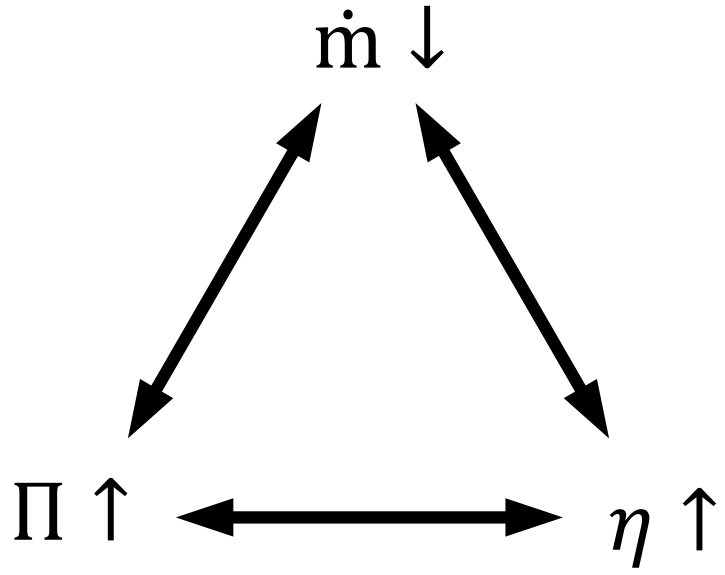
- Entwicklung eines experimentellen Verdichters
- Verwendung vorhandenes Getriebe
  - Drehzahl 100 krpm
  - Leistung 300 kW
  - Netzsynchroner Motor
- Entwicklung Verdichtergeometrie
- Vergabe Auskonstruktion +Fertigung
  - Lagerbock



Optimierungsziele

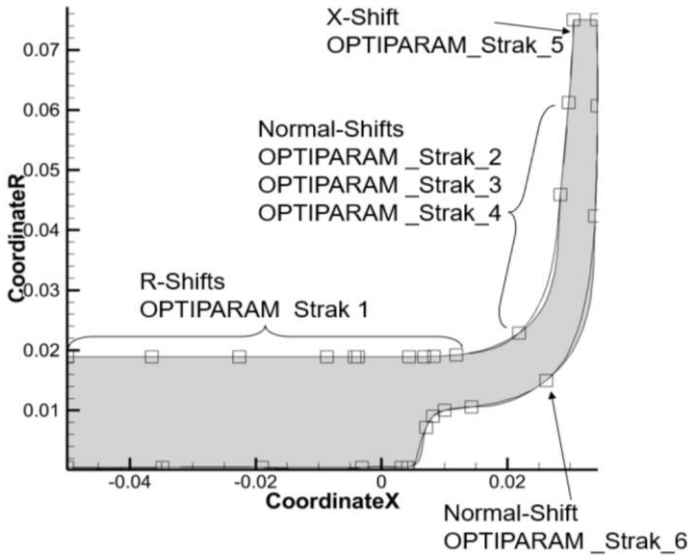
Randbedingungen

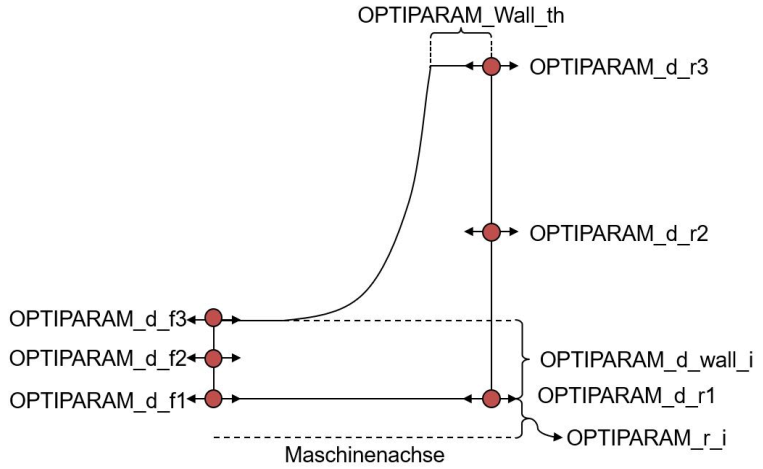
- Festigkeit
  - Zentrifugalkraft
  - Titanimpeller $\sigma_{max} = 600\ MPa$
- Ausreichender Pumpgrenzabstand
  - Berechnung eines Betriebspunkts mit 10% weniger Massenstrom



Optimierungsprozess

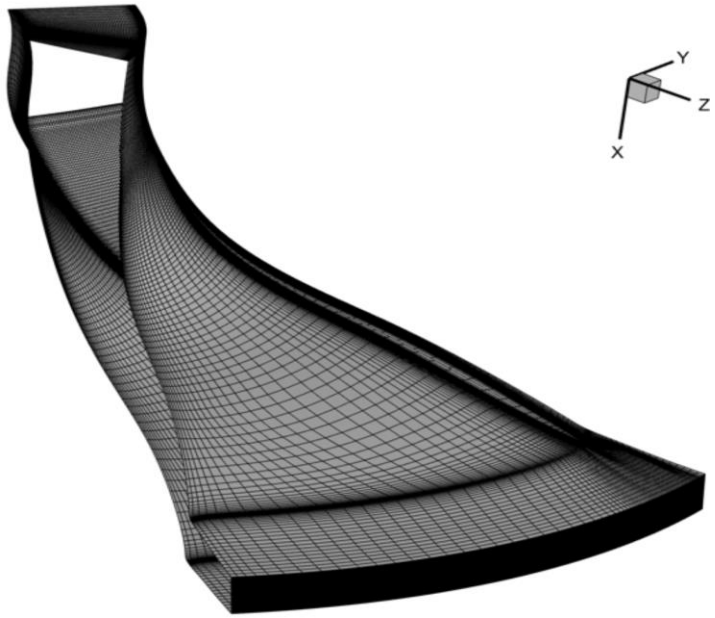
- Verwendung einer skalierten Ausgangsgeometrie
- Geometrische Beschreibung

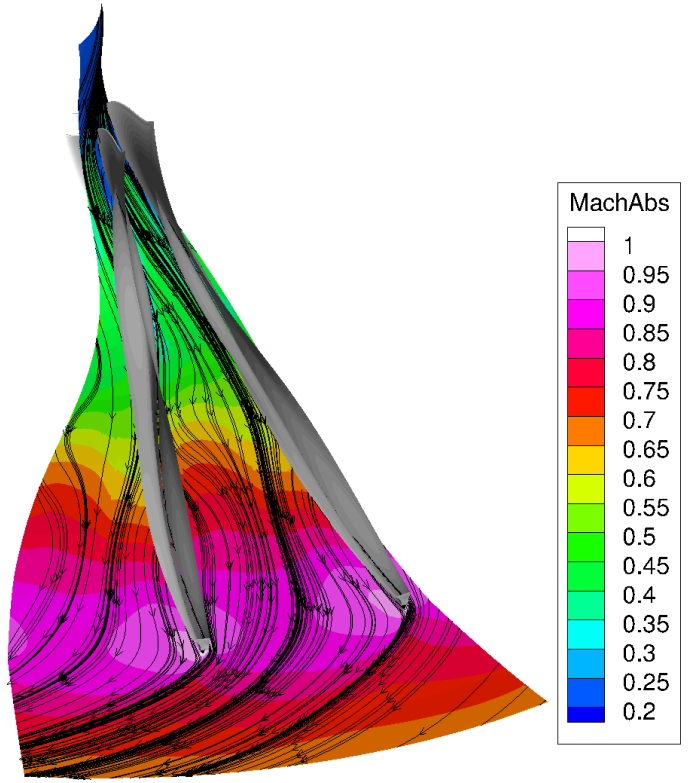




Strömungstechnisches Modell

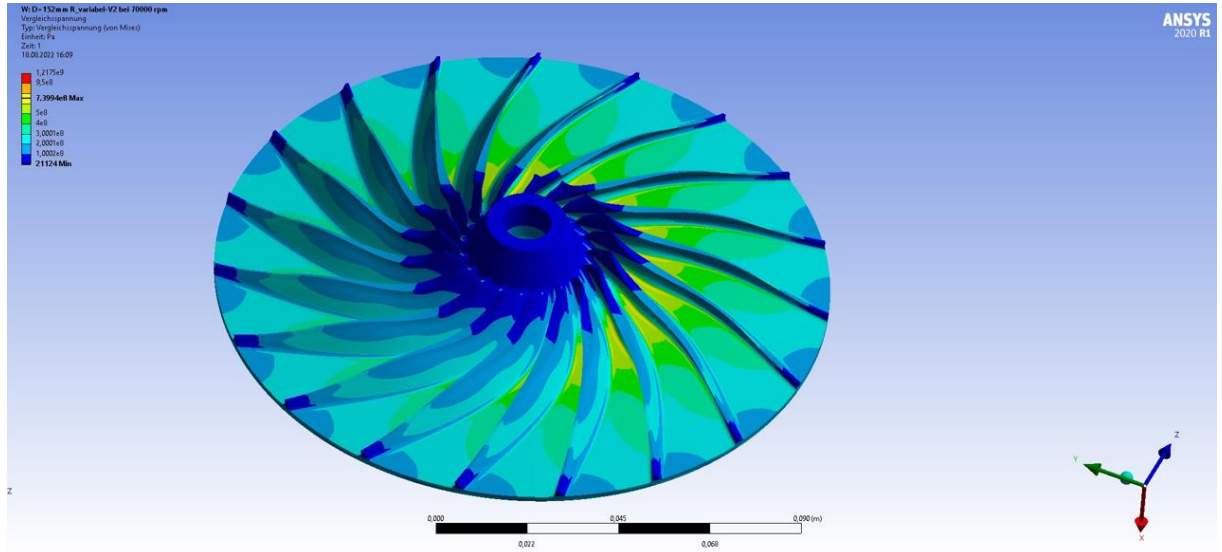
- Simulationssystem TRACE

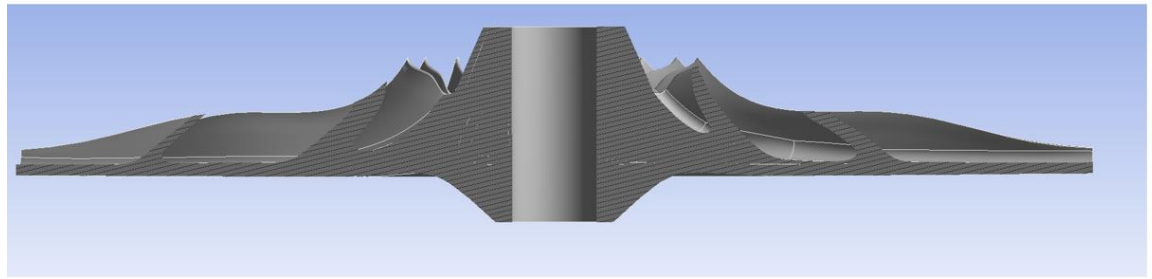




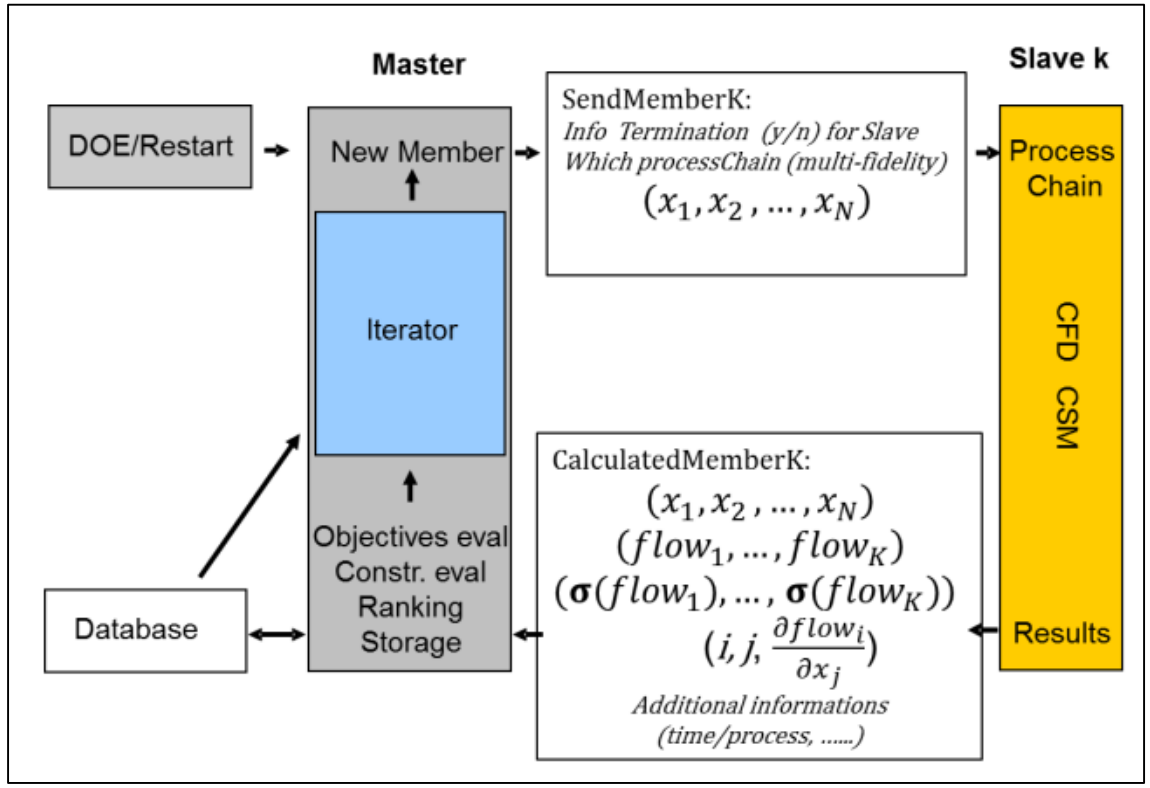
Festigkeitsberechnung

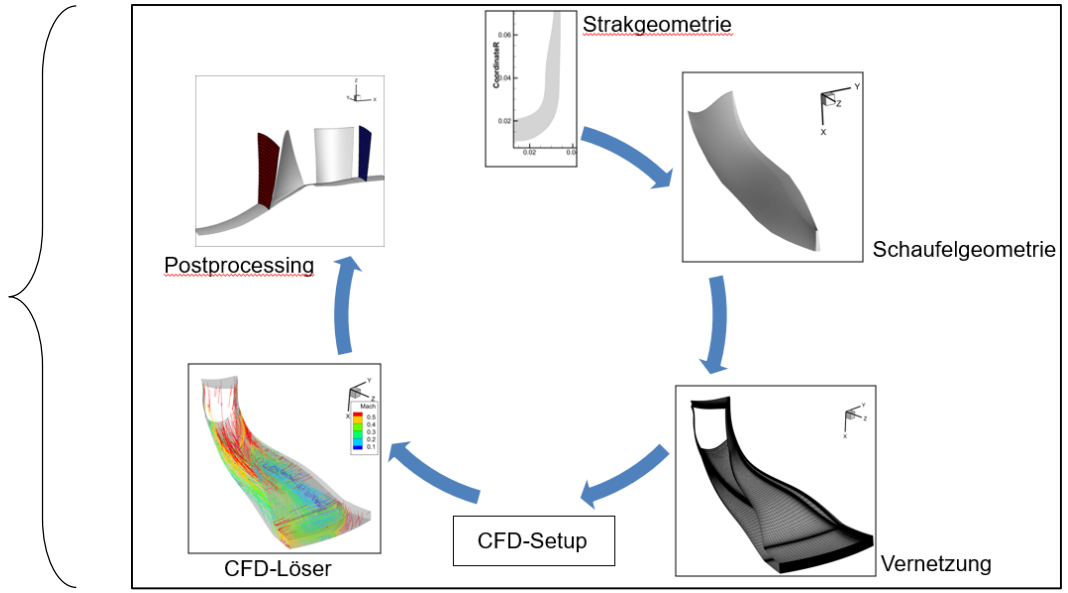
- CalculiX
  - Inkompatible Netze für Schaufel und Scheibe
- Nachrechnung der finalen Geometrie mit Ansys



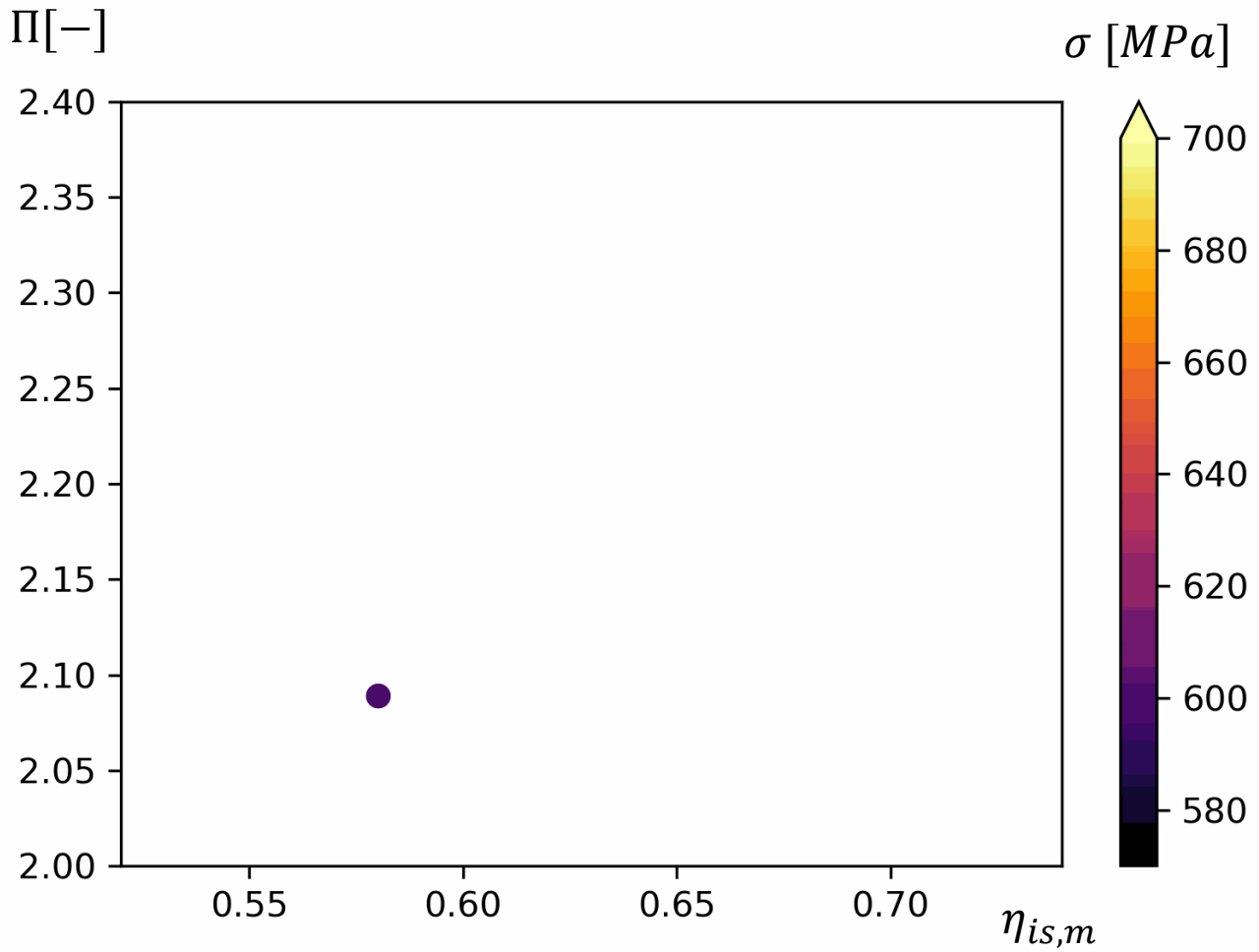


Optimierungsprozess – AutoOpti mit Prozesskette



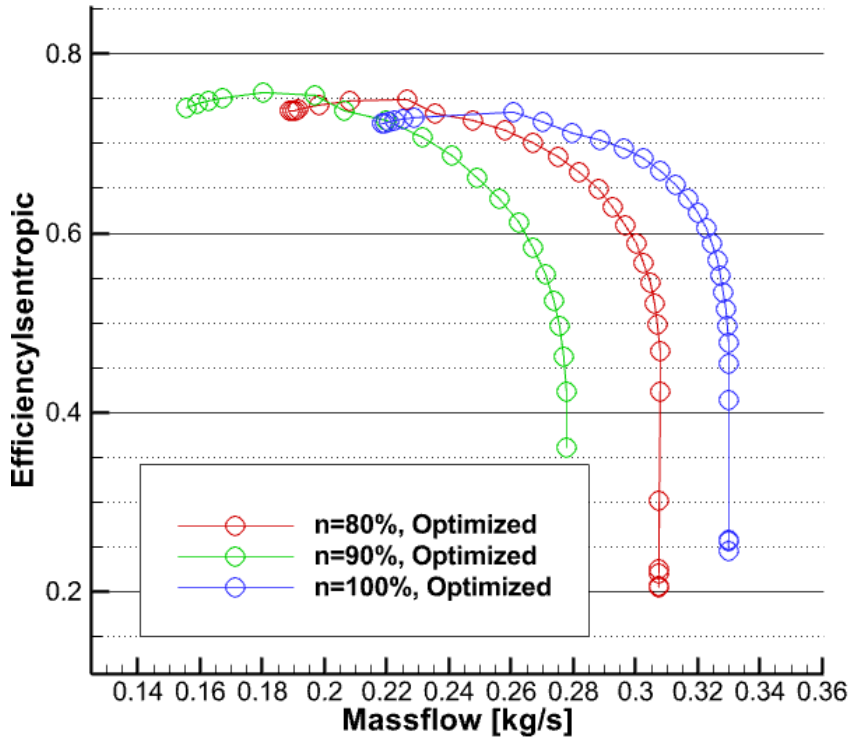


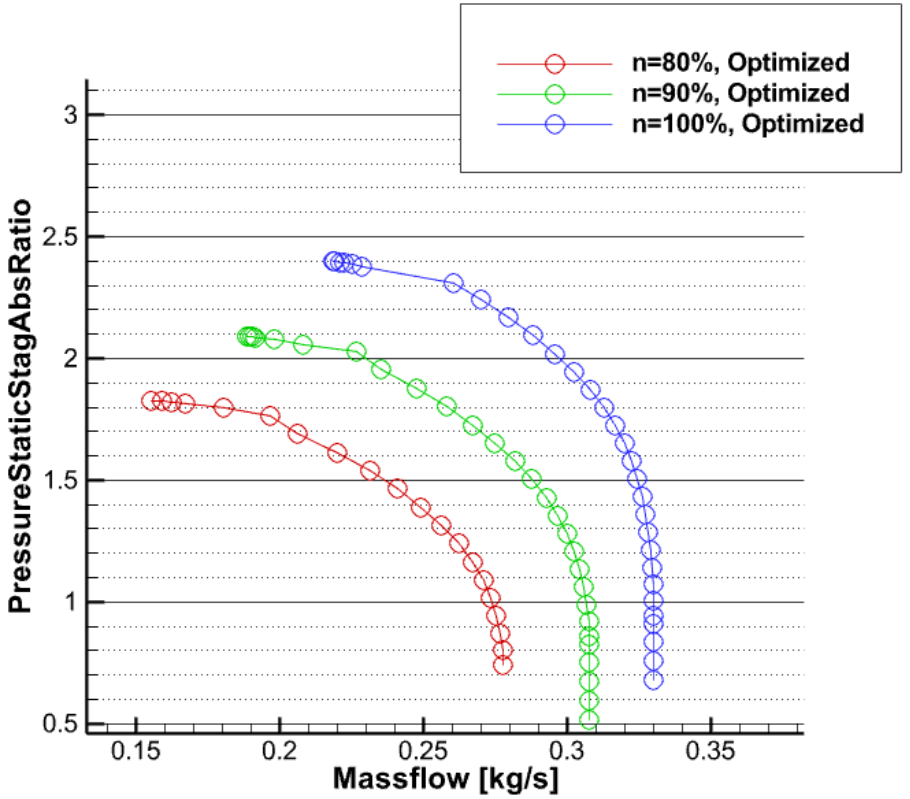
Optimierungsprozess



Ergebnis der Optimierung

- Stufenenergieumsatz 180 kJ/kg





Ausblick

- Aufbau einer Pilotanlage
  - Hochtemperaturwärmepumpe mit Dampf
  - Test verschiedener Verdichter
- Implementierung von Splitter-Blades
  - Erhöhung Π, η
- Integration von Direktantrieben
  - Leistungsmotoren mit hoher Drehzahl
  - Entwicklungen im Bereich Luftfahrtantriebe
  - Möglichkeit der Zweistufigkeit