



Simulationsintegrierte Konstruktion am Beispiel eines Schwingkolbenmotors

Dipl.-Ing. Markus Zimmermann

Einleitung

Aufgabenstellung - Einsatzbereich des Schwingkolbenmotors

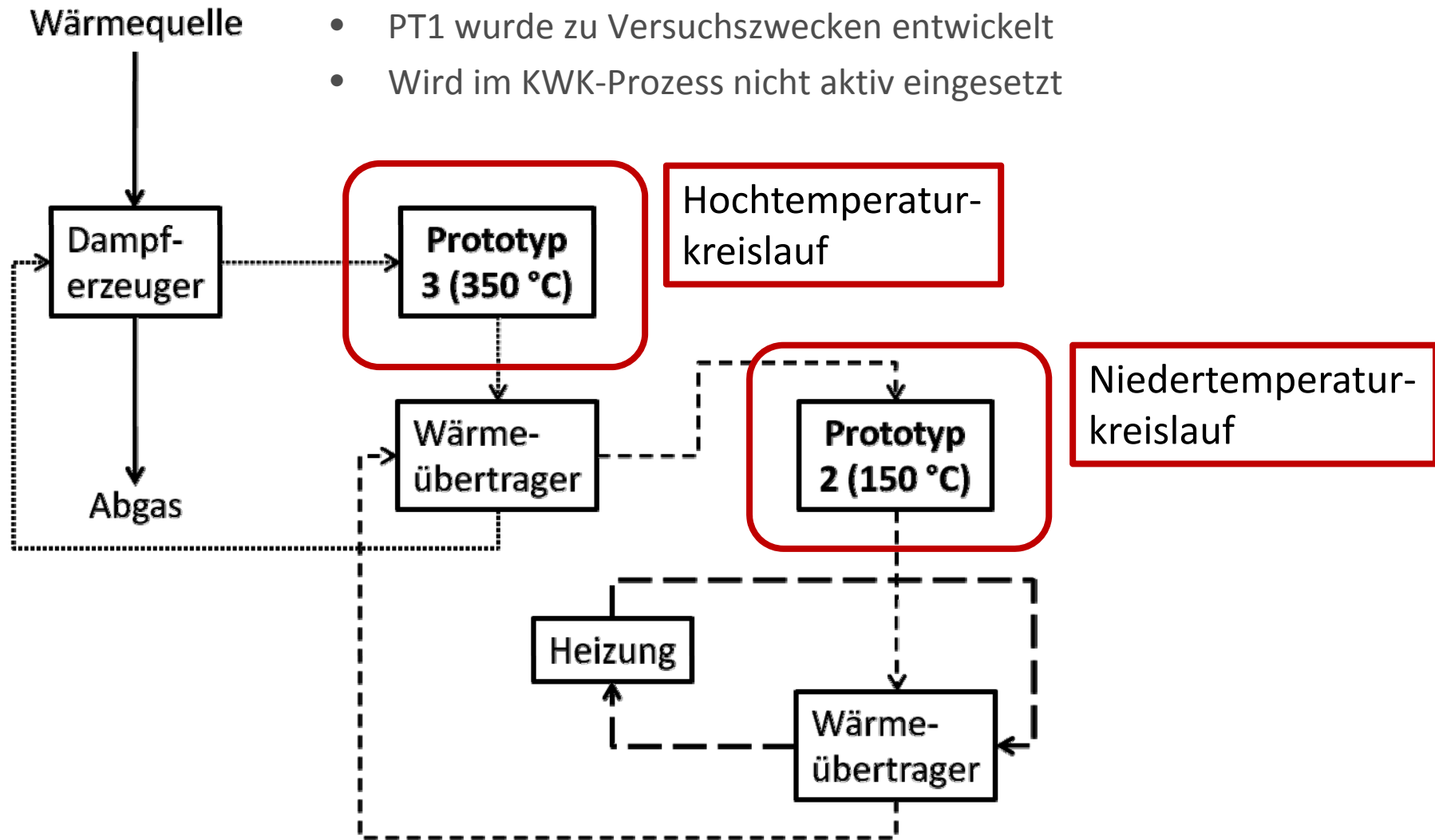


- Entwicklungsziel: Aufbau einer Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)
- Arbeitsmedium: zwei verschiedene organische Gase (Isopentan und 1,3,5-Trimethylbenzol)
- Energieumwandlung: Entspannungsaggregat wandelt Druckenergie in Bewegungsenergie
- Umwandlung der Bewegungsenergie mittel eines Lineargenerators in elektrische Energie

chemische Energie → thermische Energie →
kinetische Energie → elektrische Energie

Übersicht des Gesamtkonzeptes

Einordnung der Prototypen

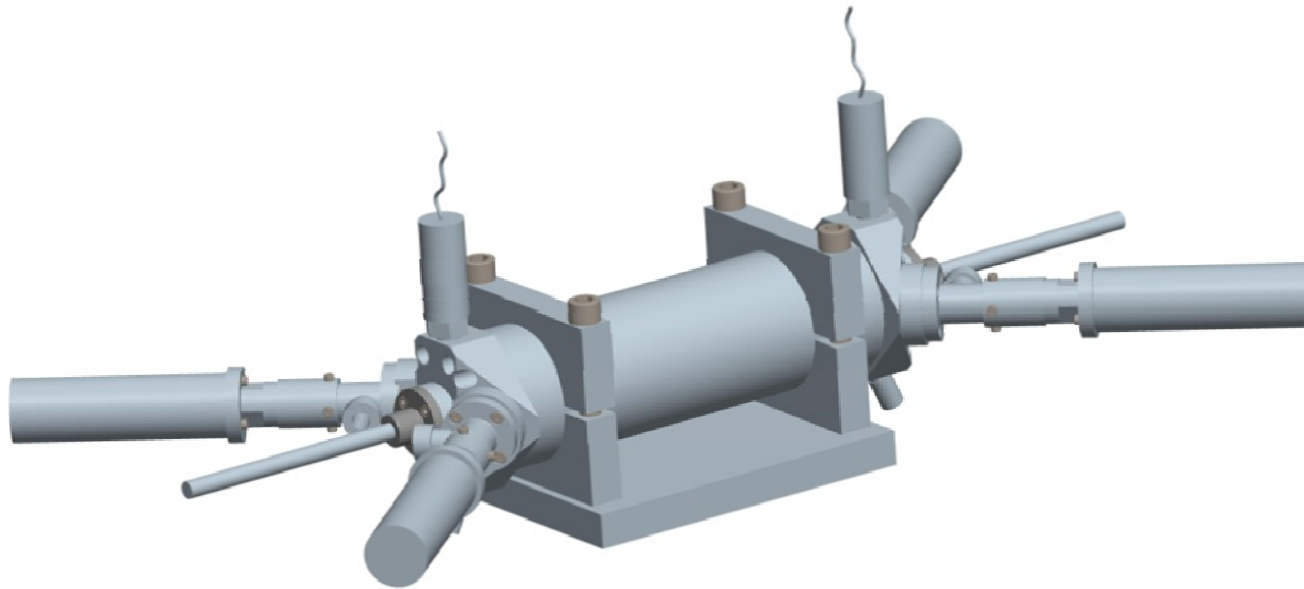


Konstruktion des PT1

Übersicht



- Variabler Aufbau der Gesamtkonstruktion
- Verwendung von funktionalen Unterbaugruppen
- Gaswechsel mit Hilfe von Tellerventilen
- Größtenteils lösbare Verbindungen
- Einfacher Austausch von Verschleißteilen

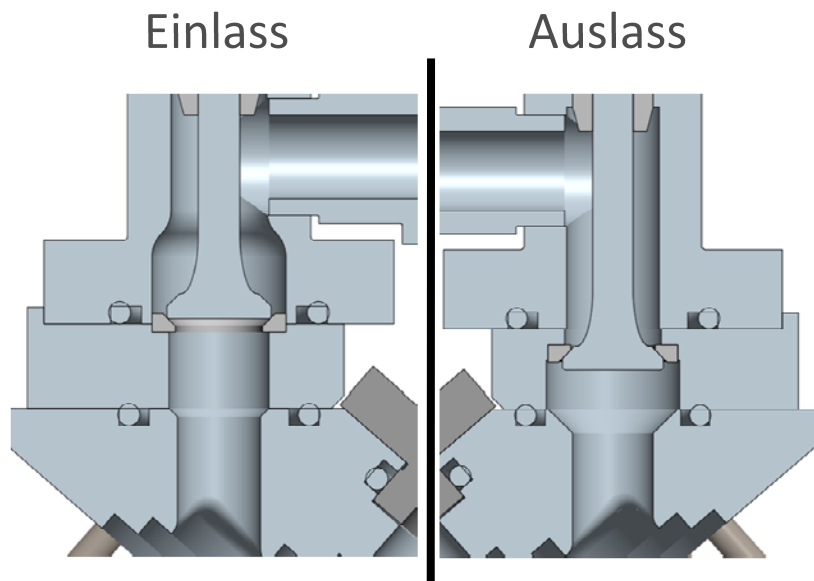


Konstruktion des PT1

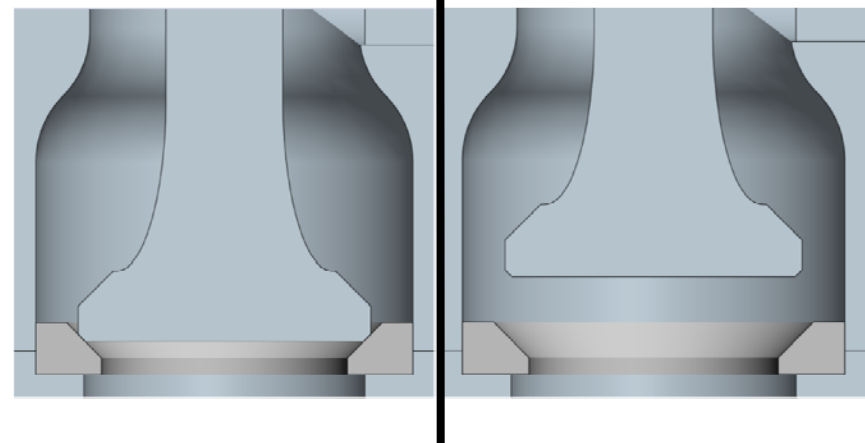
Anforderung - Ventiltrieb



- Öffnungs- und Schließzeiten: 10 ms
- Vollvariable Öffnungs- und Schließcharakteristik
- Selbstverstärkende Lösung im geschlossenen Zustand
- Tellerventile mit elektromagnetischem Linearmotor



Einlass geschlossen Einlass offen

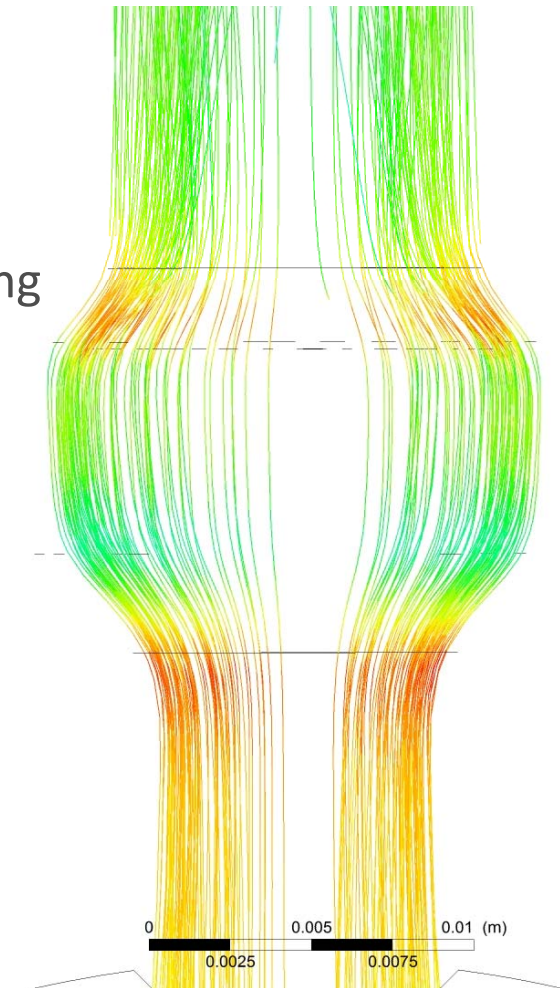
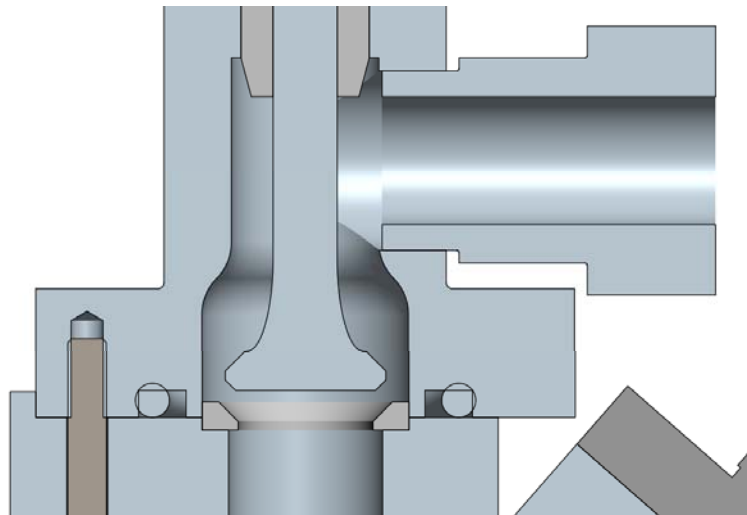


Konstruktion des PT1

Anforderung - Ventilströmung



- Umströmen des Ventils notwendig
- Druck steht immer von Einlass an
- Minimale Querschnittsfläche 10 mm²
- Geschwindigkeitszunahme am Punkt der Verengung
- Druckverlust durch Querschnittsverengung



Konstruktion des PT1

Anforderungen - Dichtungen

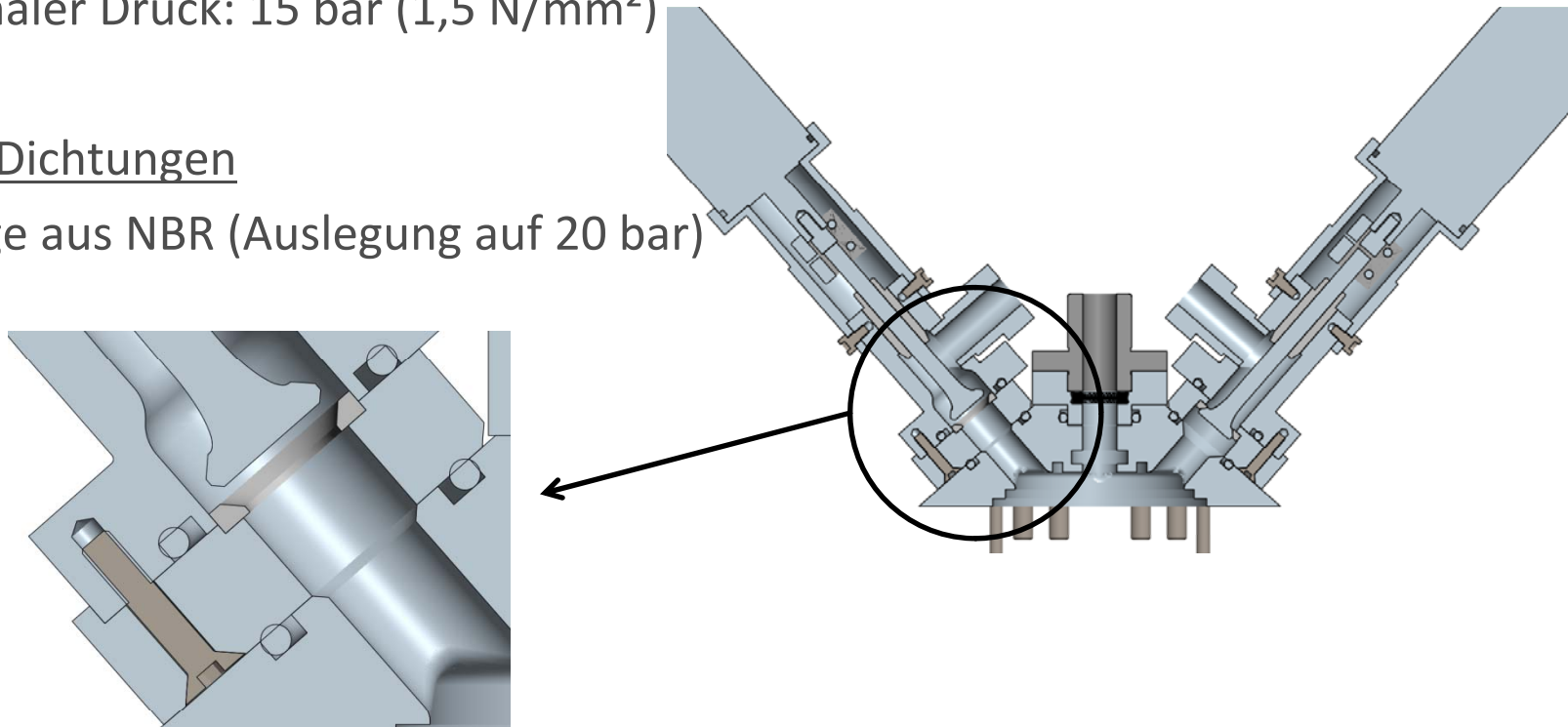


Allgemein

- Ausschließlicher Betrieb mit Druckluft → nur geringer Temperatureinflüsse
- Kunststoffe als Dichtungsmaterial geeignet
- Maximaler Druck: 15 bar ($1,5 \text{ N/mm}^2$)

Statische Dichtungen

- O-Ringe aus NBR (Auslegung auf 20 bar)



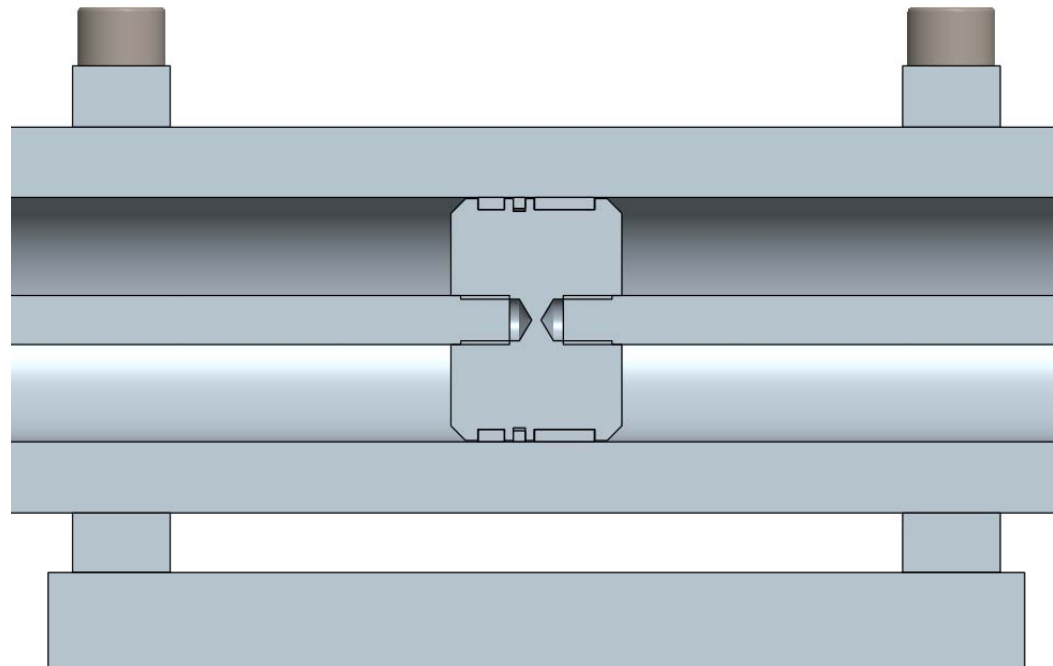
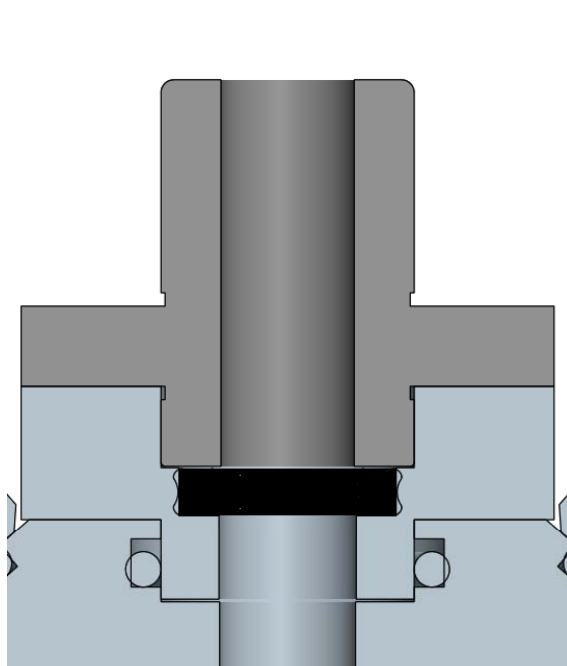
Konstruktion des PT1

Anforderung - Dichtungen



Dynamische Dichtungen

- Kolbenring aus GG40 (Kompressor)
- Stangendichtung: X-Ring aus NBR (X-Form zur Verringerung der Reibung)



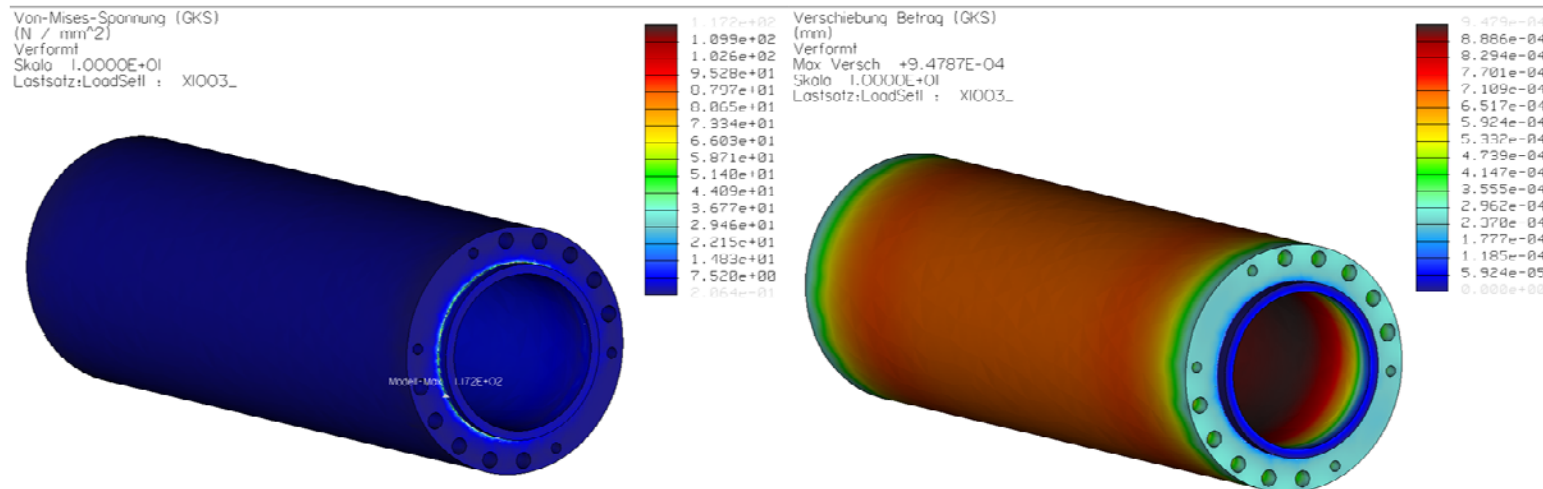
Konstruktion des PT1

Anforderung – Mechanische Druckbelastung



- Druckbelastung in Betrieb maximal 15 bar
- Auslegung auf 20 bar (2 N/mm^2)
- Berechnung der Verschiebung
- Berechnung der Spannungen

Druckzylinder des PT1



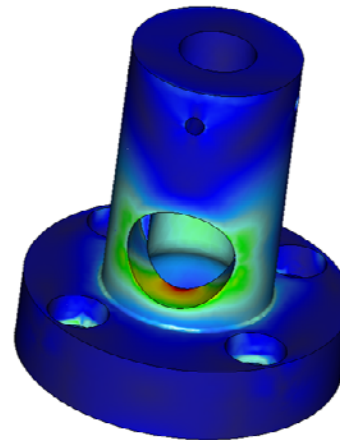
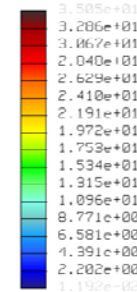
Konstruktion des PT1

Anforderung – Mechanische Druckbelastung

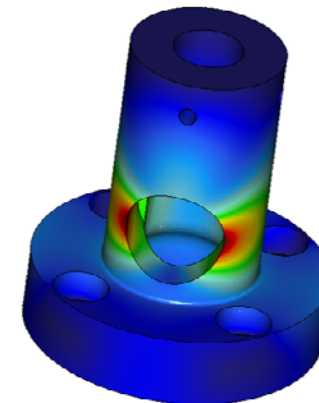
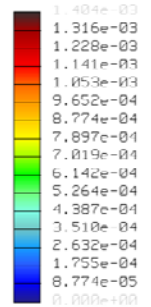


Einlass des PT1

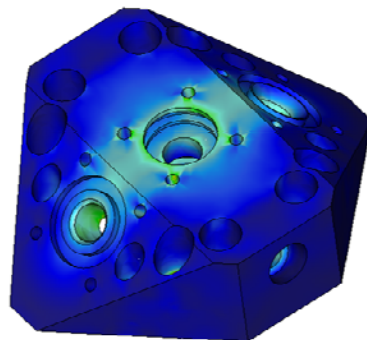
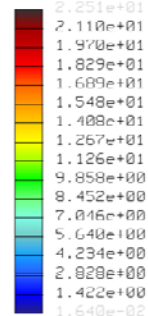
Von-Mises-Spannung (GKS)
(N / mm²)
Verformt
Skala 1.0000E+01
Lastsatz:LoadSet1 : XI024_



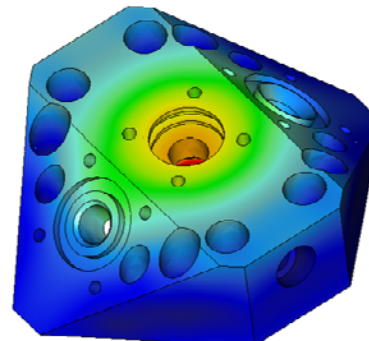
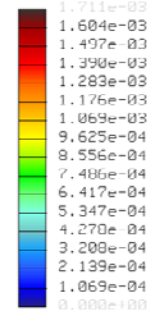
Verschiebung Betrag (GKS)
(mm)
Verformt
Max Versch +1.4039E-03
Skala 1.0000E+01
Lastsatz:LoadSet1 : XI024_



Von-Mises-Spannung (GKS)
(N / mm²)
Verformt
Skala 1.0000E+01
Lastsatz:LoadSet1 : XI016_



Verschiebung Betrag (GKS)
(mm)
Verformt
Max Versch +1.7112E-03
Skala 1.0000E+01
Lastsatz:LoadSet1 : XI016_



Zylinderkopf des PT1

Konstruktion des PT1

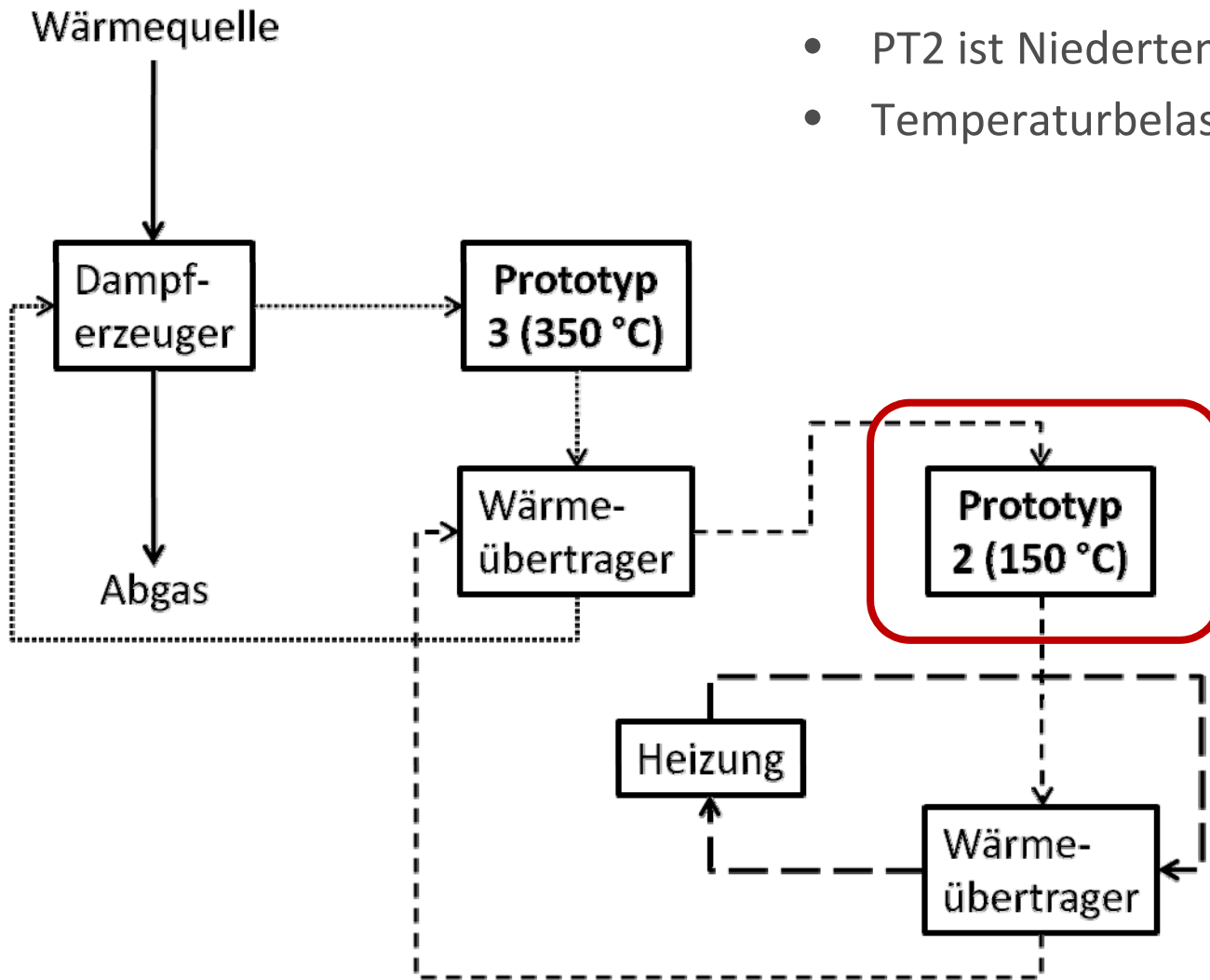
Erfahrungen nach dem Testlauf



- Undichtigkeiten aufgrund der Aufsummierung der Toleranzen zwischen Ventilsitz und Ventileführung
- Ventile müssen stärker an den Sitz angepresst werden
- Einfacher Austausch von Kolbenstangendichtung nicht gegeben
- Zu hohe Druckverluste am Einlassventil

Konstruktion des PT2

Einordnung des Prototypen 2



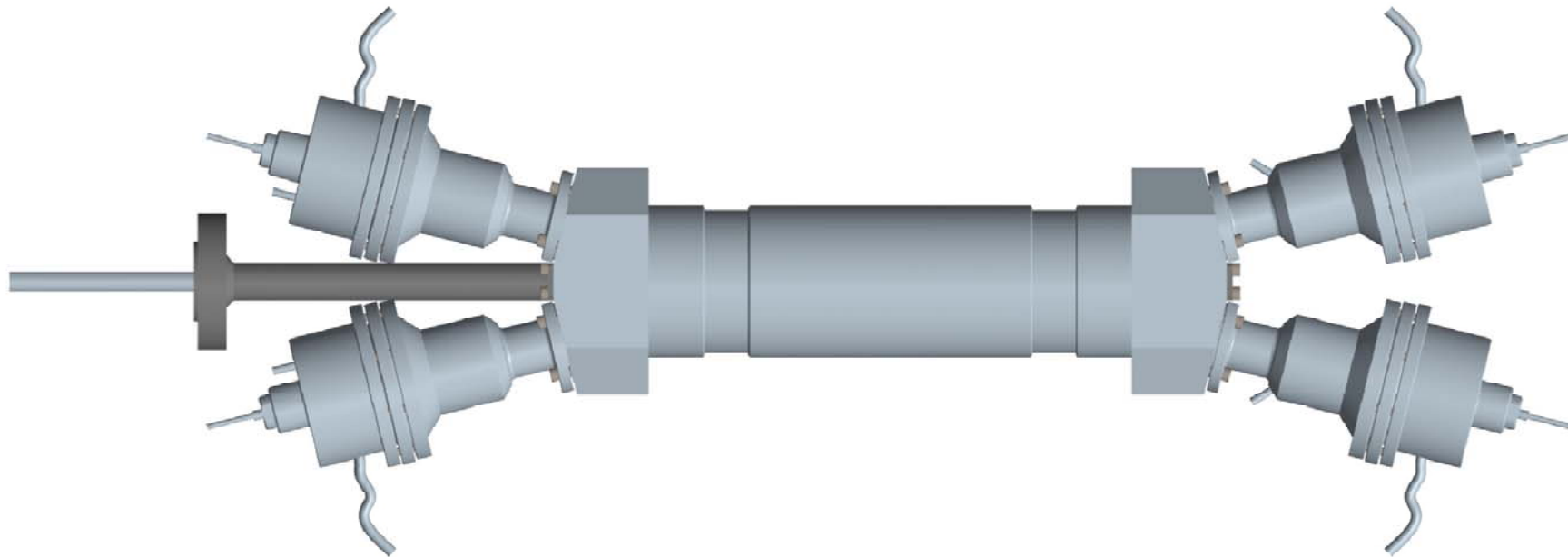
- PT2 ist Niedertemperaturaggregat
- Temperaturbelastung von max. 150°C

Konstruktion des PT2

Übersicht



- Kombination von thermischer und mechanischer Belastung
- Verwendung von funktionalen Baugruppen beibehalten
- Integration des Ventilmotors in das Gehäuse
- Verwendung von thermisch beständigen Dichtungen
- Erhöhte Ventilöffnungs- und schließzeiten

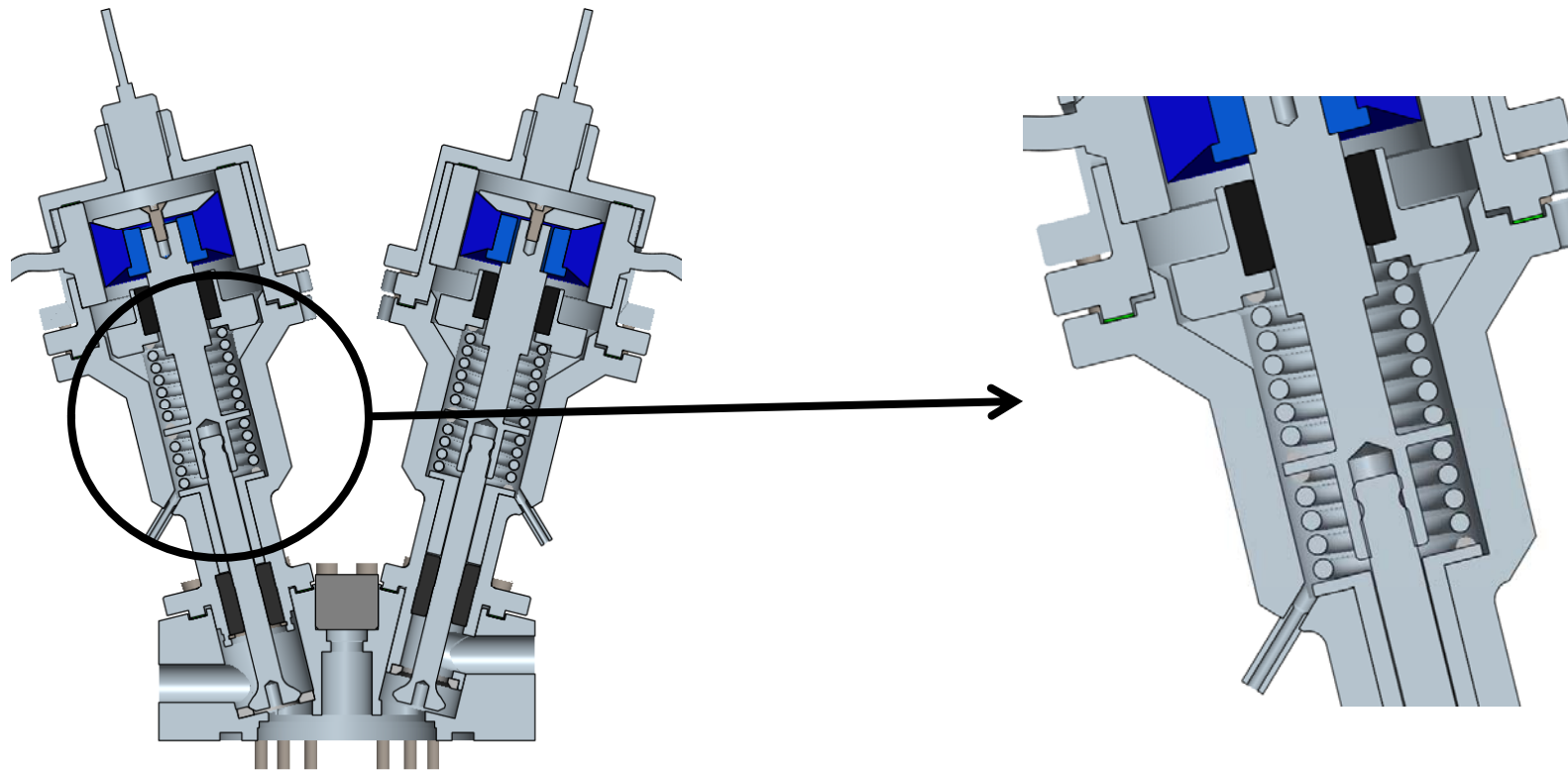


Konstruktion des PT2

Anforderung - Ventiltrieb



- Anpressung der Ventile erhöhen
- Schaltzeiten verringern



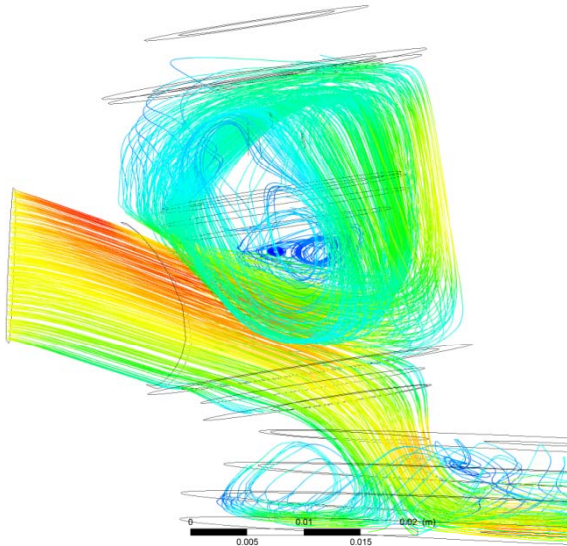
Konstruktion des PT2

Anforderung - Ventilströmung

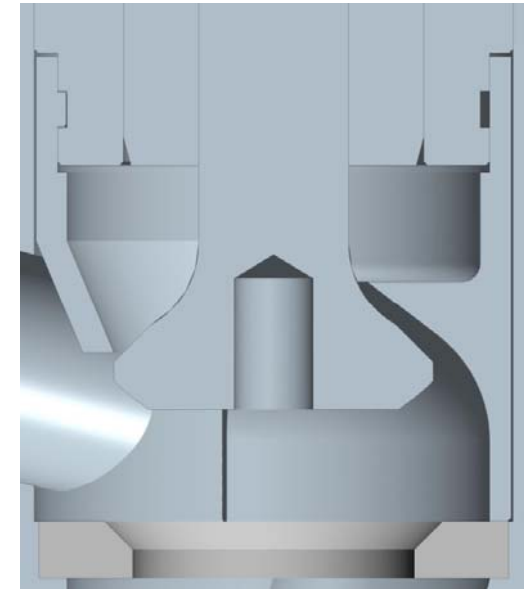
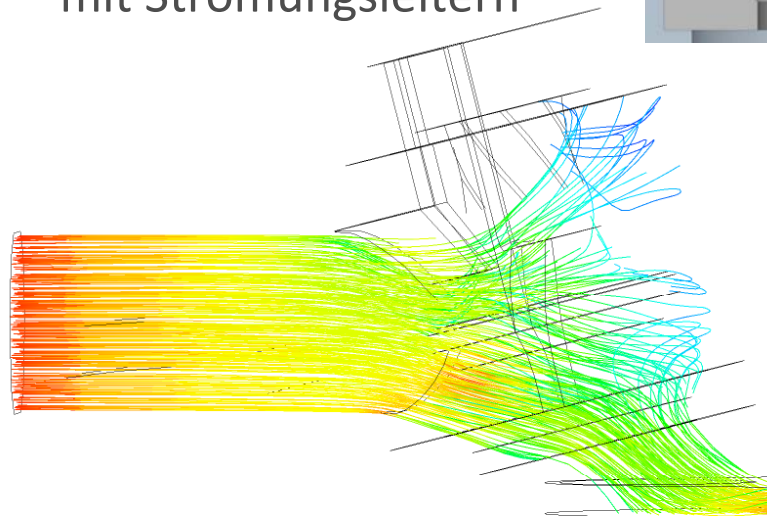


- Gleichmäßigere Strömung als beim PT1
- Umlenkungen an Ecken und Kanten vermeiden

Ausgangsgeometrie



Optimierte Geometrie
mit Strömungsleitern



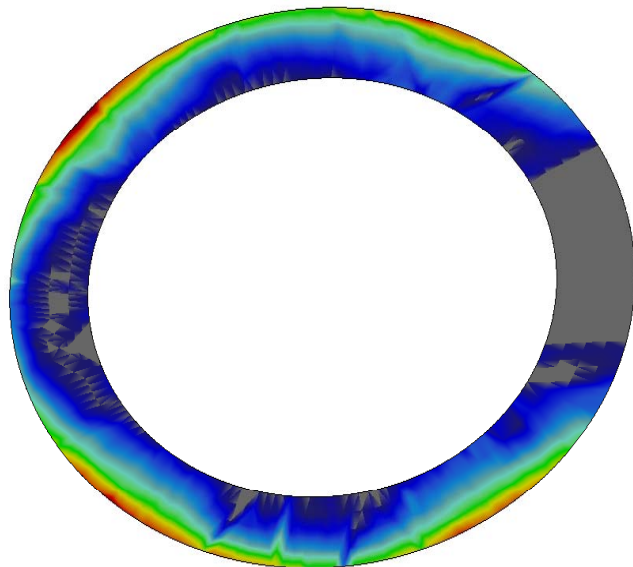
Konstruktion des PT2

Anforderungen - Dichtungen

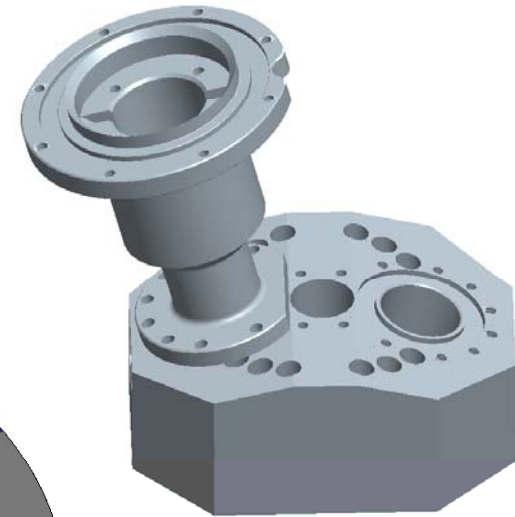
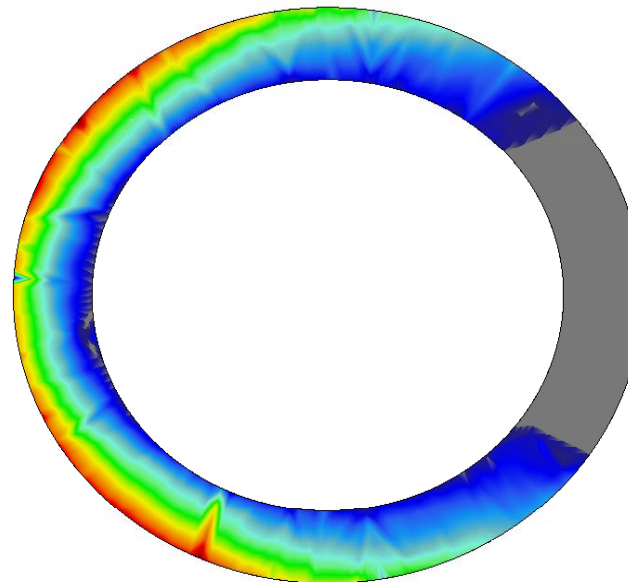


- Flächenpressung muss erfüllt sein

4 Schrauben M4



8 Schrauben M4

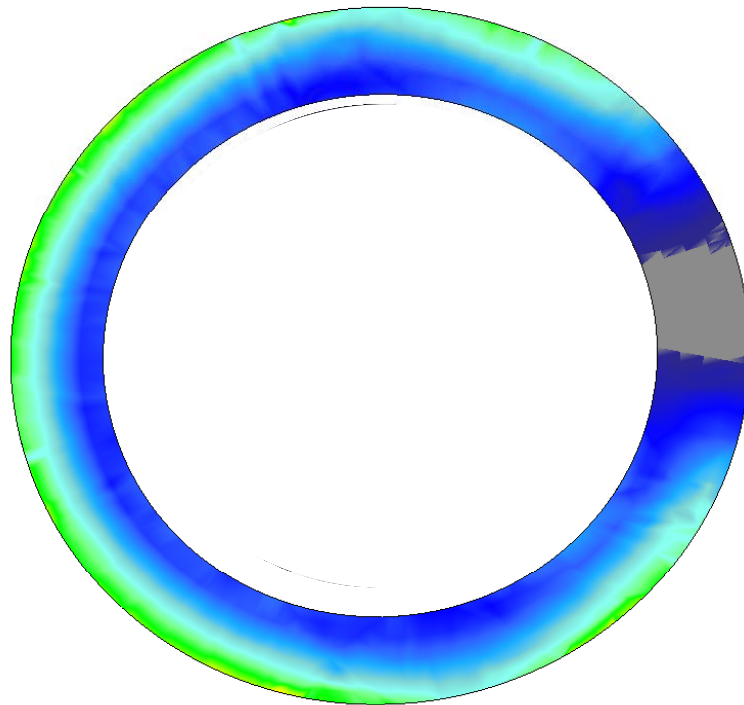


Konstruktion des PT2

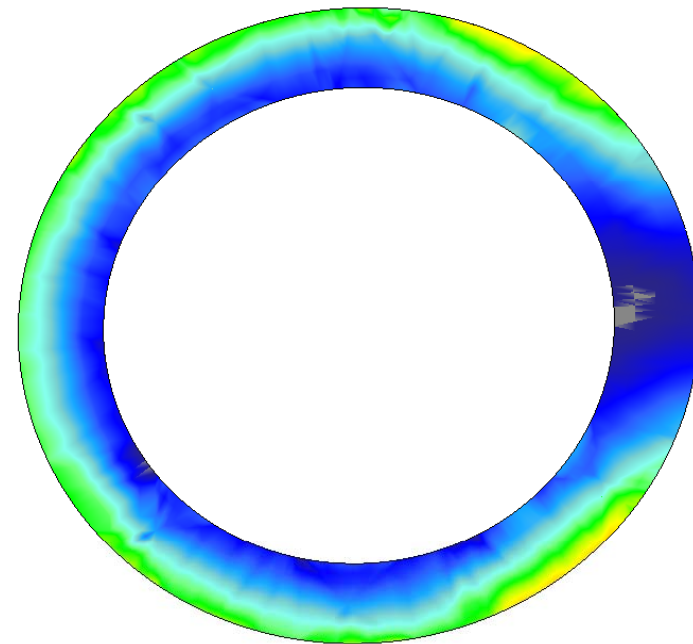
Anforderungen - Dichtungen



6 Schrauben M4
2 Schrauben M5



10 Schrauben M4





- Temperaturbelastung steigt von 150 °C auf 350 °C
- mechanische Druckbelastung wird bei ca. 20 bar liegen
- Dichtungs- und Lagermaterialien können beibehalten werden
- Federmaterialien müssen aufgrund kombinierten dynamischen thermischen und Belastung ausgetauscht werden
- Gesamtkonstruktion des PT2 wurde schon in Hinblick auf den PT3 entwickelt