

Entwicklung einer Methode zur schnellen Druckpulsationsprüfung von Hydraulikkomponenten

Gliederung

- Einführung und Motivation
- Konzept: Erste Ansätze, Prinzip, Hauptmerkmale
- Fragezeichen bei der Entwicklung
- Konstruktive Ausführung
- Test der ersten Ausführung
- Fragezeichen bei der Entwicklung: Rückblick
- Zusammenfassung

Einführung und Motivation – 1

- In der Antriebstechnik nimmt die Hydraulik eine wichtige Stellung ein: Fahrtriebe, Stellantriebe etc.
- Verbindungen in der Hydraulik stellen in der Praxis eine wesentliche Schwachstelle bezüglich Dichtigkeit dar.
- Bei Verschlussstopfen hat sich diese Thematik durch das Auslaufen von Chrom(VI) in der Beschichtungstechnik gezeigt.



Einführung und Motivation – 2

Konstruktiv unveränderte Verbindungen erreichten nicht die bekannten Zuverlässigkeitswerte, allein durch eine Veränderung der Oberflächenbehandlung und damit des Vorspannverhaltens beim Anziehen.

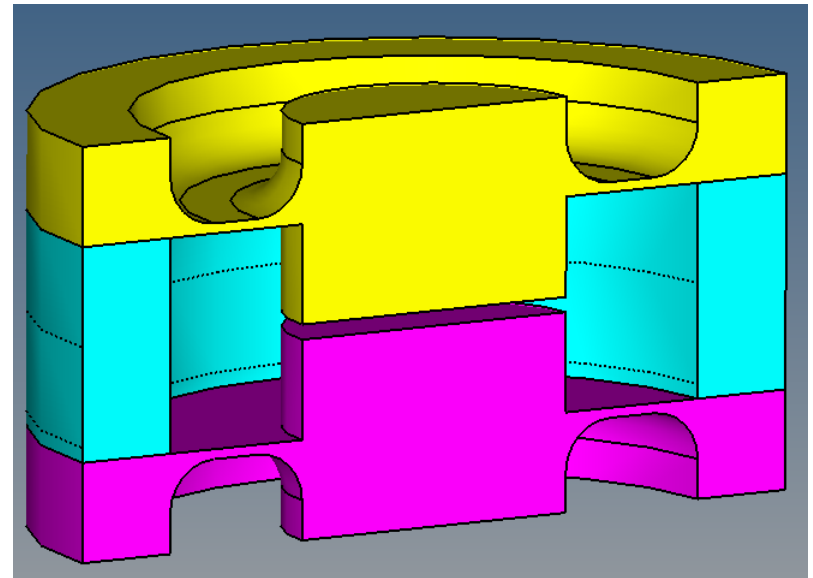


Theoretische Betrachtungen konnten die Problematik nicht abschließend klären und absichern.

⇒ Druckpulsationstests sind nötig

Einführung und Motivation – 3

- Oft werden ventilgesteuerte Drucktests durchgeführt, die Prüffrequenz ist hierbei durch die Ventilcharakteristik begrenzt.
 - Es wurde eine Idee entwickelt, mittels einer Druckdose und einem Hochfrequenzpulsator die Druckamplituden ohne Pumpe/Ventil direkt mechanisch zu erzeugen.
- ⇒ Druckdose zum hochfrequenten Test von Hydraulikkomponenten



Gliederung

- Einführung und Motivation
- **Konzept: Erste Ansätze, Prinzip, Hauptmerkmale**
- Fragezeichen bei der Entwicklung
- Konstruktive Ausführung
- Test der ersten Ausführung
- Fragezeichen bei der Entwicklung: Rückblick
- Zusammenfassung

Erste Ansätze

Späth | M: KEIN
17. 4. 2016

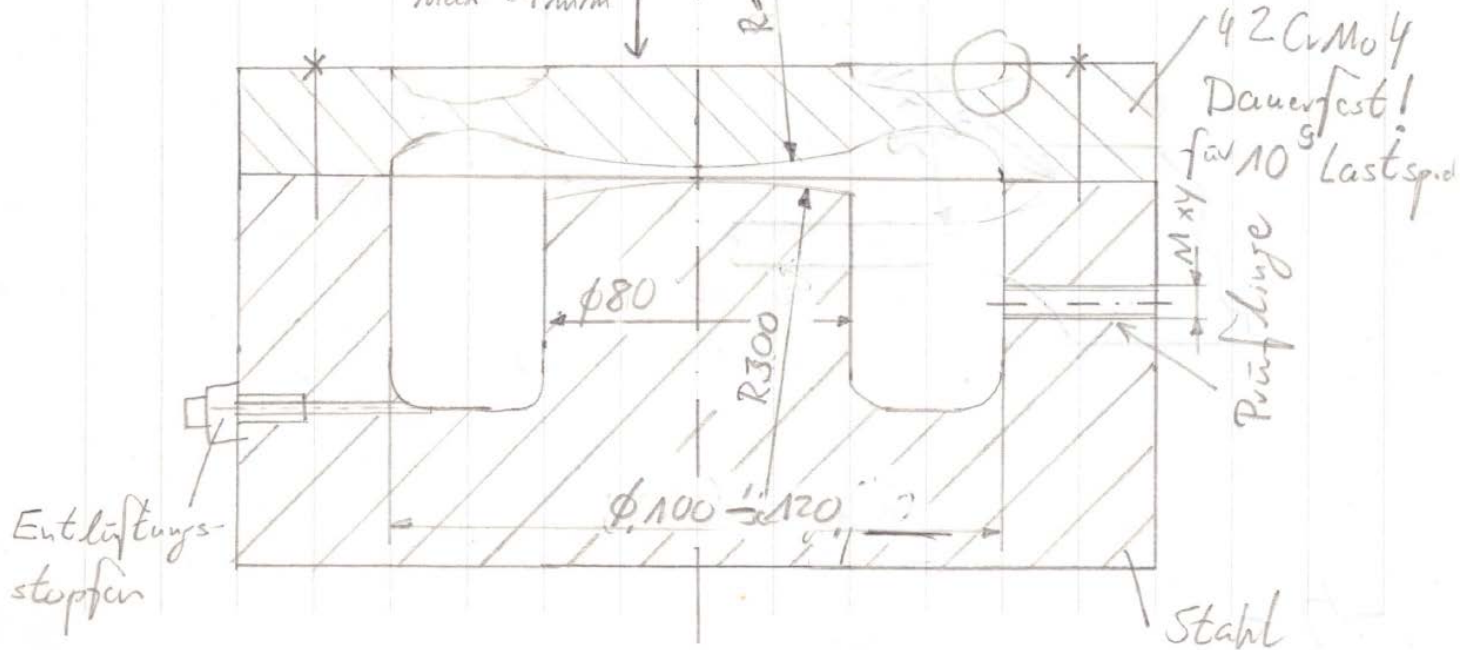
Ziel: Durch v. 0 bis 600 bar!

$$F_{Max} = 550 \text{ kN}$$

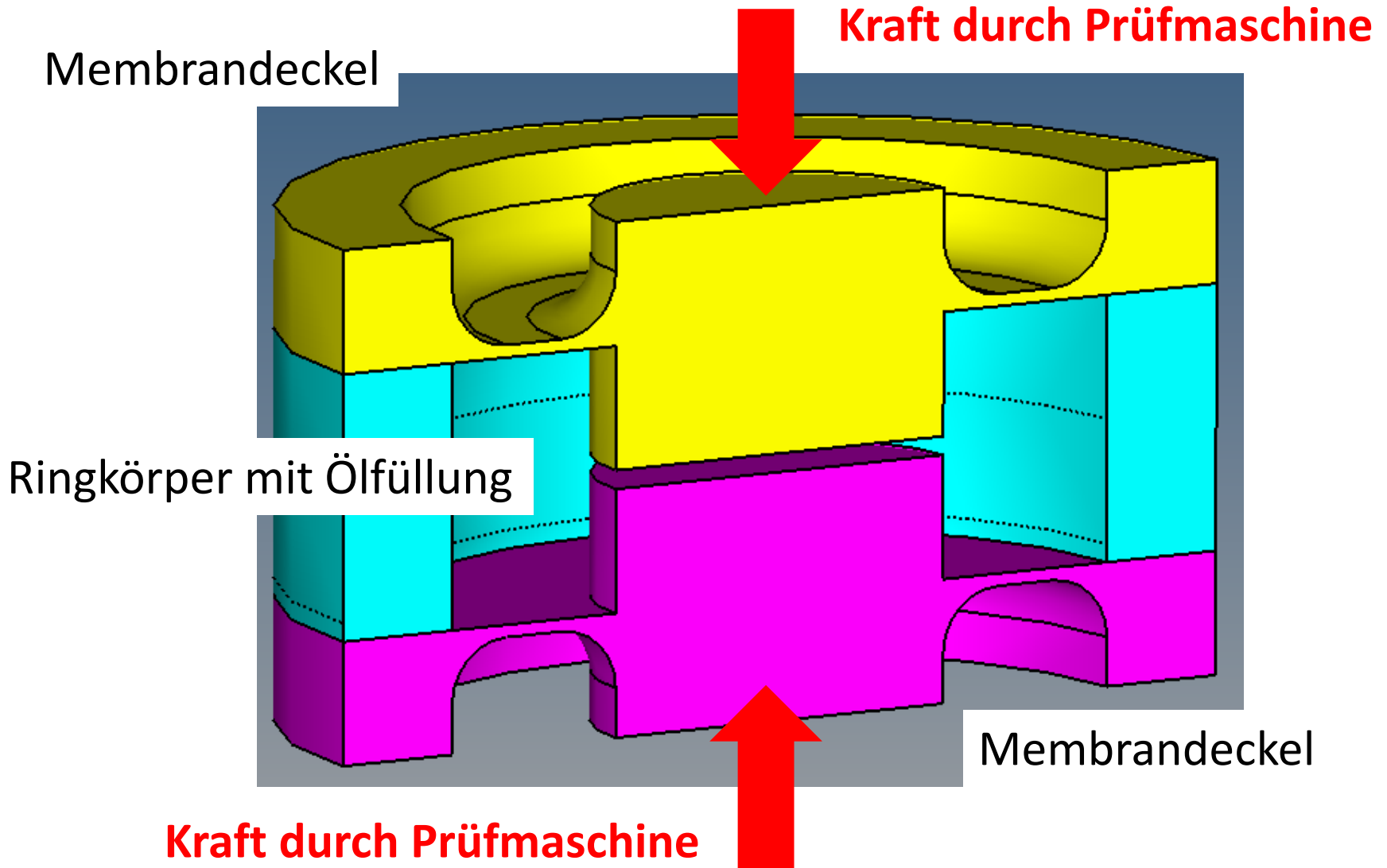
$$\sigma_{Betrieb} = 400 \text{ MPa} \quad 3$$

Weg:
Betrieb +2 mm
Max +4 mm

$\sigma_{max} = 800 \text{ MPa?}$
siehe Rückseite \Rightarrow



Prinzipskizze



Hauptmerkmale des Konzepts

- Direkte Druckerzeugung durch Kompression des Fluids
- Keine Begrenzung durch Regelungscharakteristik eines Hydraulikventils
- Keine bewegte Dichtung (z. B. Kolbendichtung)
- Hohe Steifigkeit des Gesamtsystems
- Kleine Fluid-Volumina nötig
- Kein Hydrauliksystem und keine Kühlung
- Pulsations-Prüfmaschine nötig

Gliederung

- Einführung und Motivation
- Konzept: Erste Ansätze, Prinzip, Hauptmerkmale
- Fragezeichen bei der Entwicklung
- Konstruktive Ausführung
- Test der ersten Ausführung
- Fragezeichen bei der Entwicklung: Rückblick
- Zusammenfassung

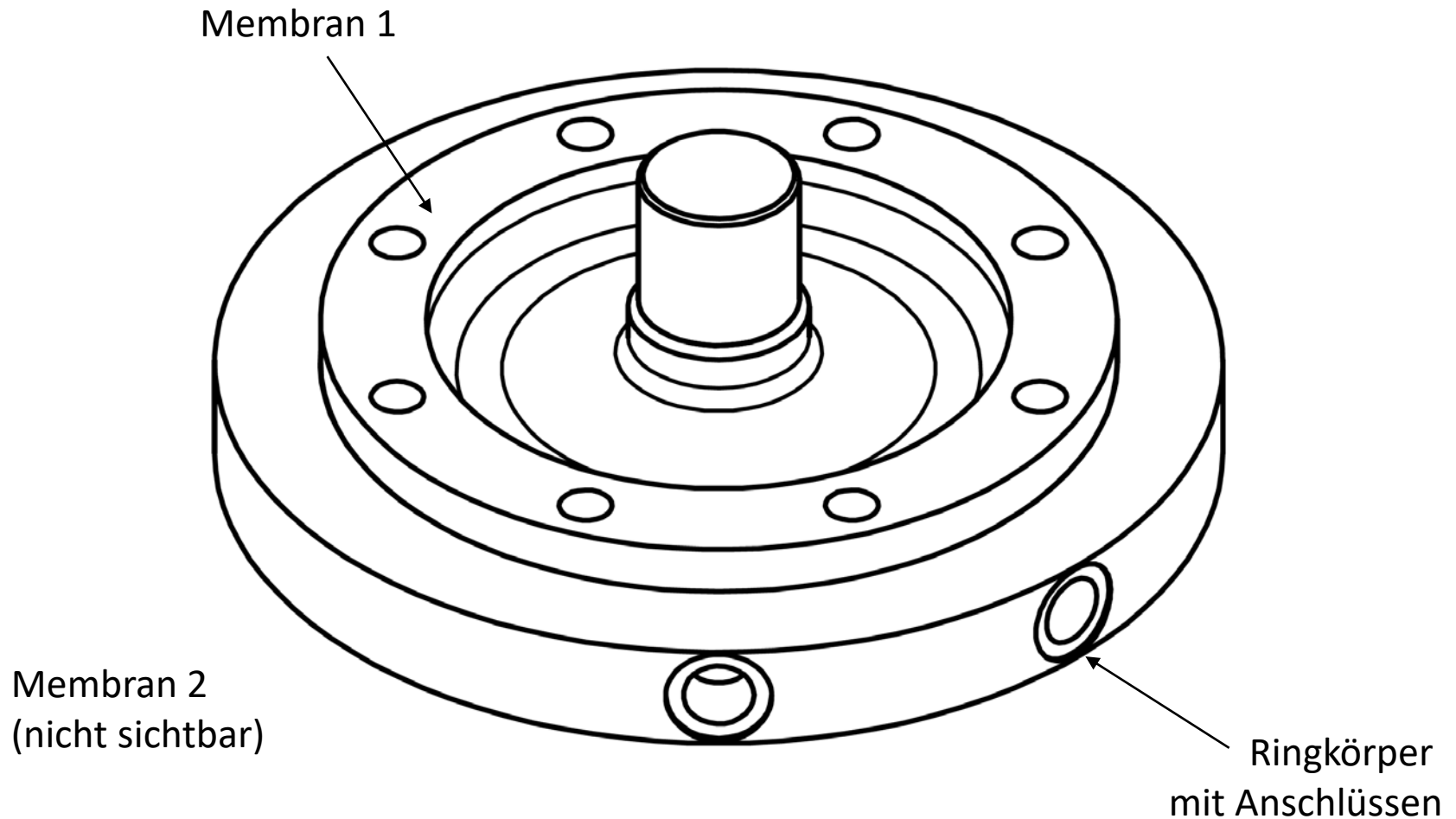
Fragezeichen bei der Entwicklung

- Regelung des Drucks über die Prüfmaschine?
- Schwingfestigkeit der Membrane?
- Sichere Abdichtung der Druckdose?
- Druckaufbau und -verteilung innerhalb der Dose?
- Thermisches Verhalten?
- Steifigkeit und Dämpfung des Gesamtsystems?

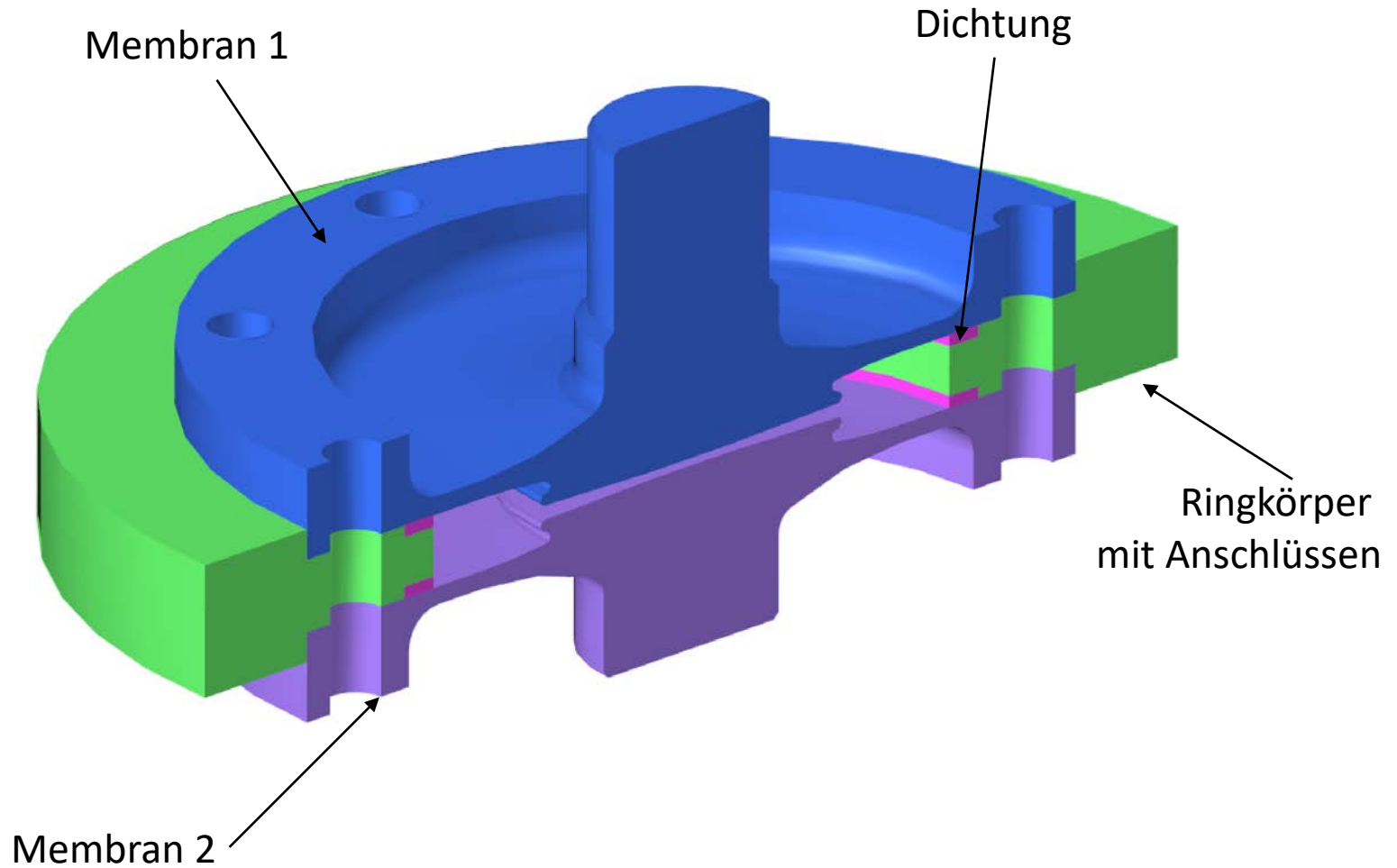
Gliederung

- Einführung und Motivation
- Konzept: Erste Ansätze, Prinzip, Hauptmerkmale
- Fragezeichen bei der Entwicklung
- **Konstruktive Ausführung**
- Test der ersten Ausführung
- Fragezeichen bei der Entwicklung: Rückblick
- Zusammenfassung

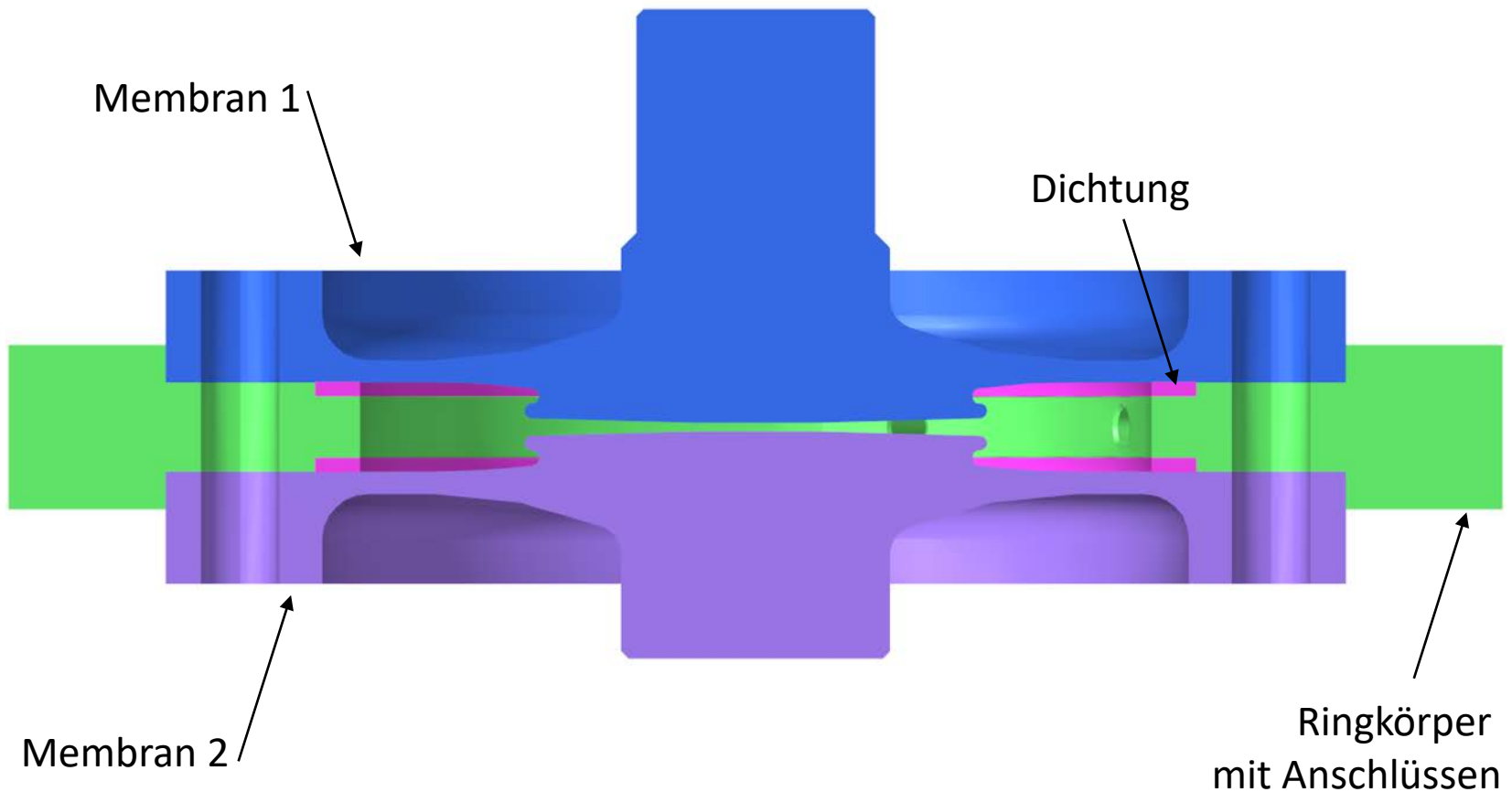
Konstruktive Ausführung



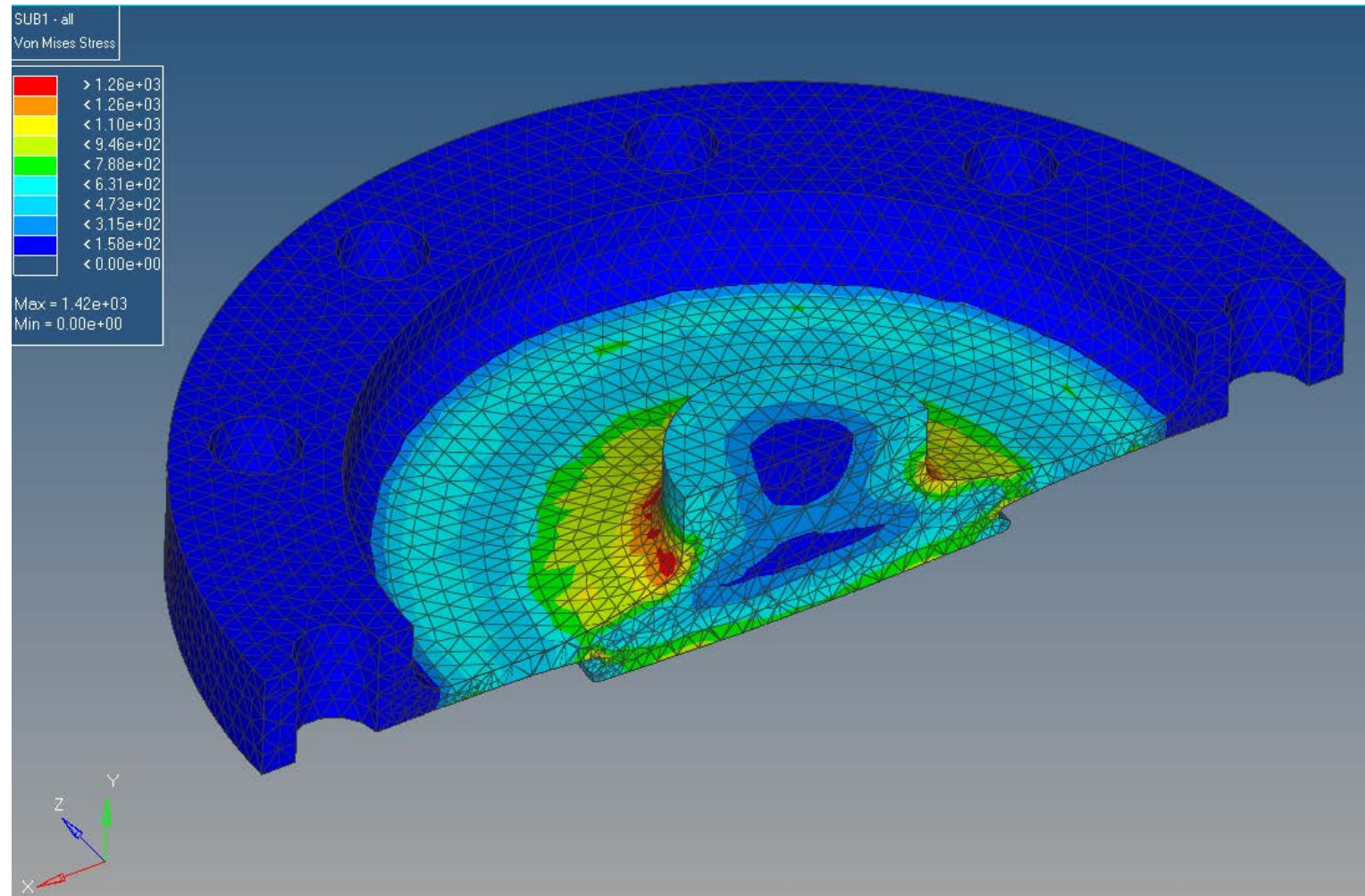
Konstruktive Ausführung



Konstruktive Ausführung

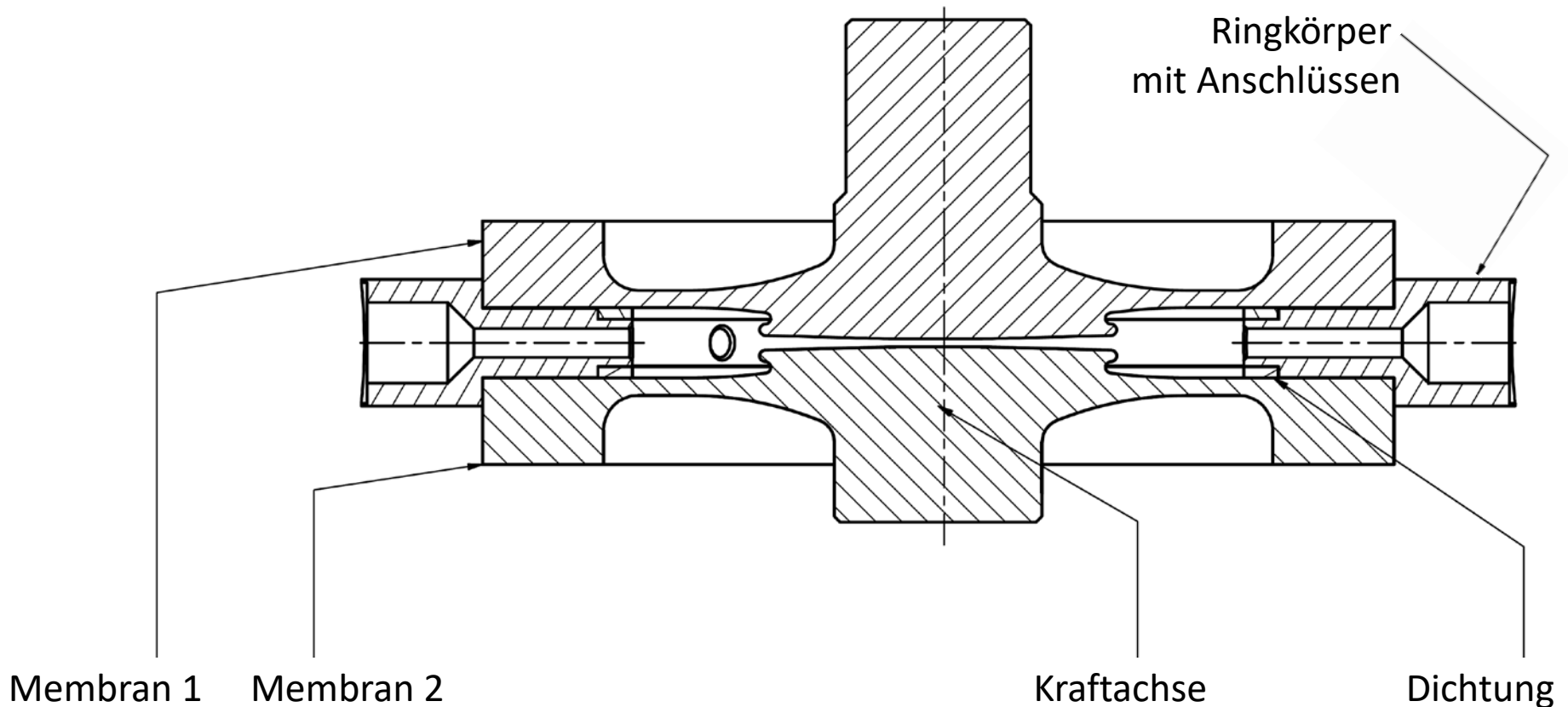


Konstruktive Ausführung: FE-Simulation



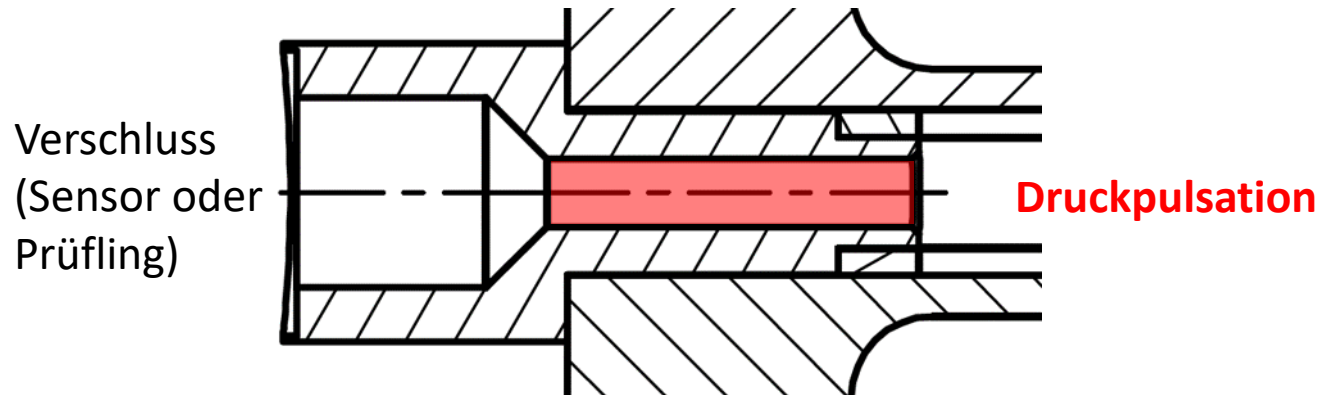
Quelle: Ittner, R. et al.: Entwicklung einer Druckdose zum hochfrequenten Test von Verbindungen in der Hydraulik bis 600 bar. Projektarbeit im Fach Experimentaltechnik. Universität der Bundeswehr München: 2017

Konstruktive Ausführung



Quelle: Ittner, R. et al.: Entwicklung einer Druckdose zum hochfrequenten Test von Verbindungen in der Hydraulik bis 600 bar. Projektarbeit im Fach Experimentaltechnik. Universität der Bundeswehr München: 2017

Druckverlust im Anschluss

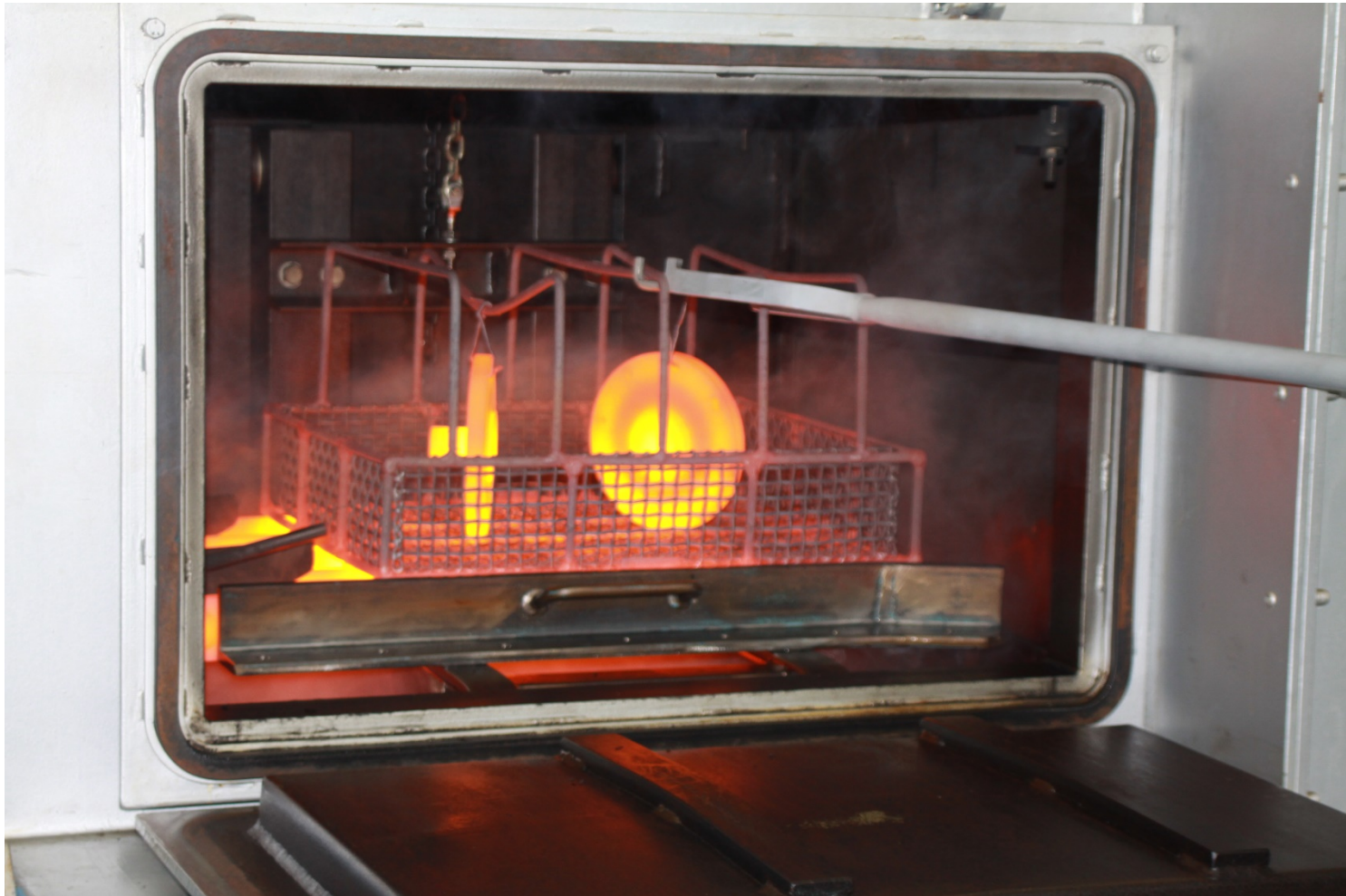


Druckverlust in **Engstelle** bei 100 Hz Prüffrequenz
(mit Berücksichtigung des Rohreintritts):
Ca. **100 Pa** (= 1 mbar)

Merkmale des Prototypen

- Hochfester Werkstoff für Deckel/Membran (1.2990, entspricht X 100 CrMoV 8-1-1)
- Ölvolumen ca. 75 cm³, bei Füllung mit mineralischem Öl (Kompressionsmodul K = 14.000 bar) ergibt sich eine nötige Volumenänderung (für 600 bar) von:
$$\Delta V = V \cdot \frac{\Delta p}{K} = 3,2 \text{ cm}^3$$
- Prüfmaschine: Hochfrequenzpulsator (max. 550 kN)
Bei 600 bar ergibt sich eine theoretische Kraft von ca. 450 kN
- Drucksensor, Entlüftungsleitungen und Hydraulikstopfen (= Prüfling) haben alle ein Gewinde M14x1,5

Fertigung der ersten Ausführung: Vergüten



Vergüten mit anschließendem Anlassen auf ca. 56 HRC,
entspricht einer Zugfestigkeit von ca. 2.000 MPa

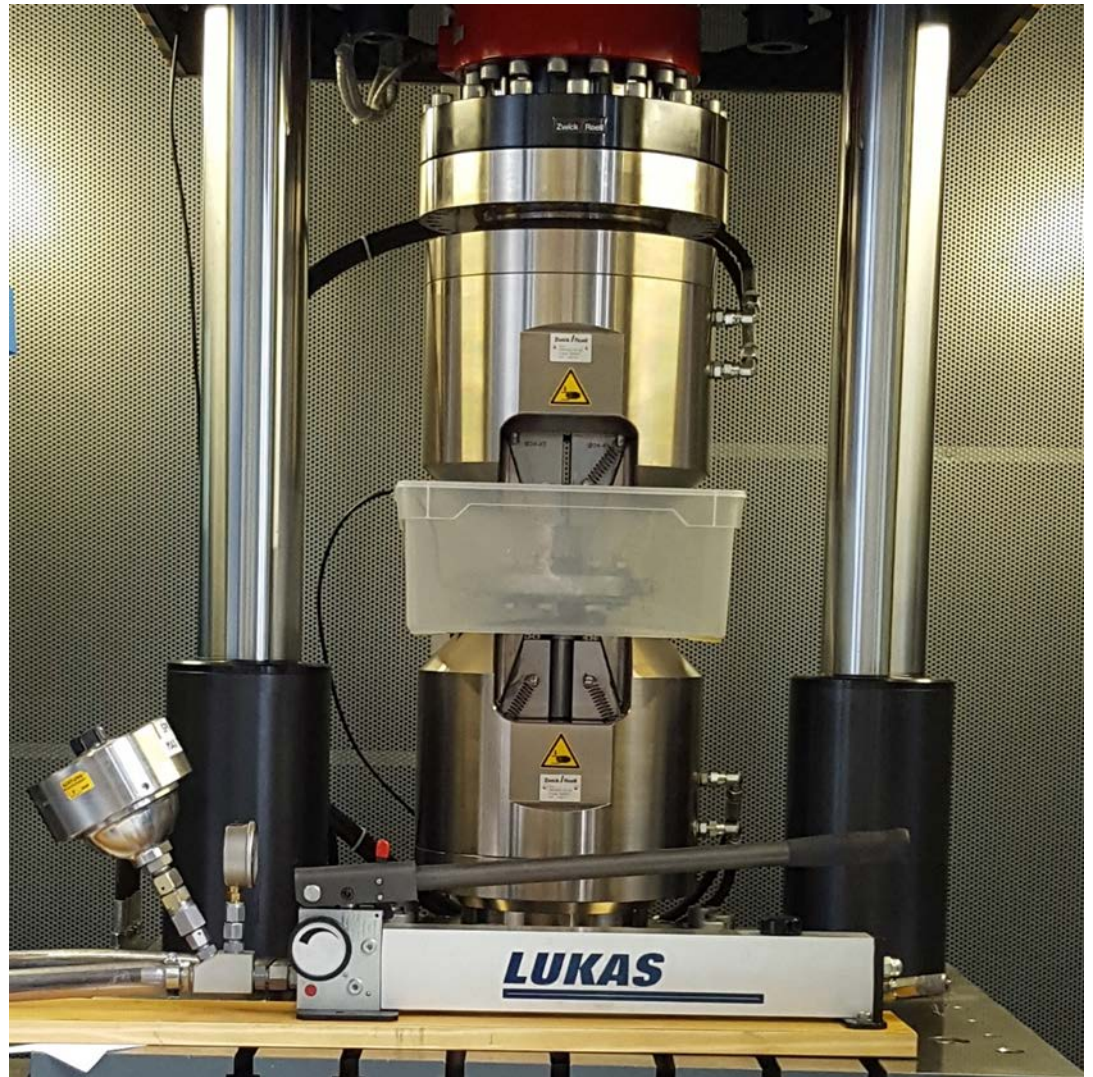
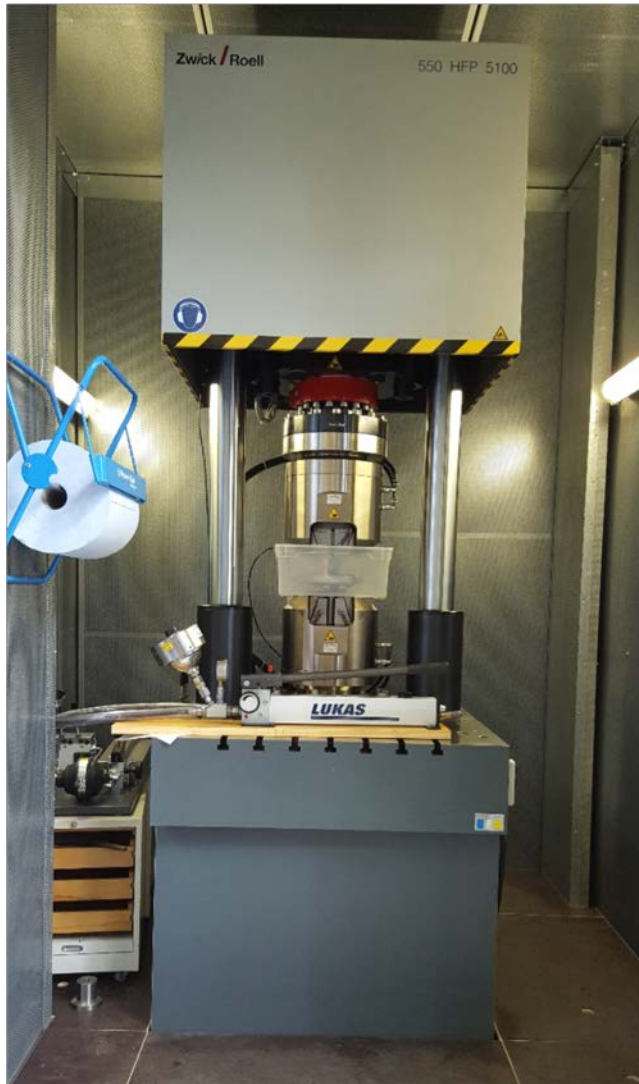
Gliederung

- Einführung und Motivation
- Konzept: Erste Ansätze, Prinzip, Hauptmerkmale
- Fragezeichen bei der Entwicklung
- Konstruktive Ausführung
- **Test der ersten Ausführung**
- Fragezeichen bei der Entwicklung: Rückblick
- Zusammenfassung

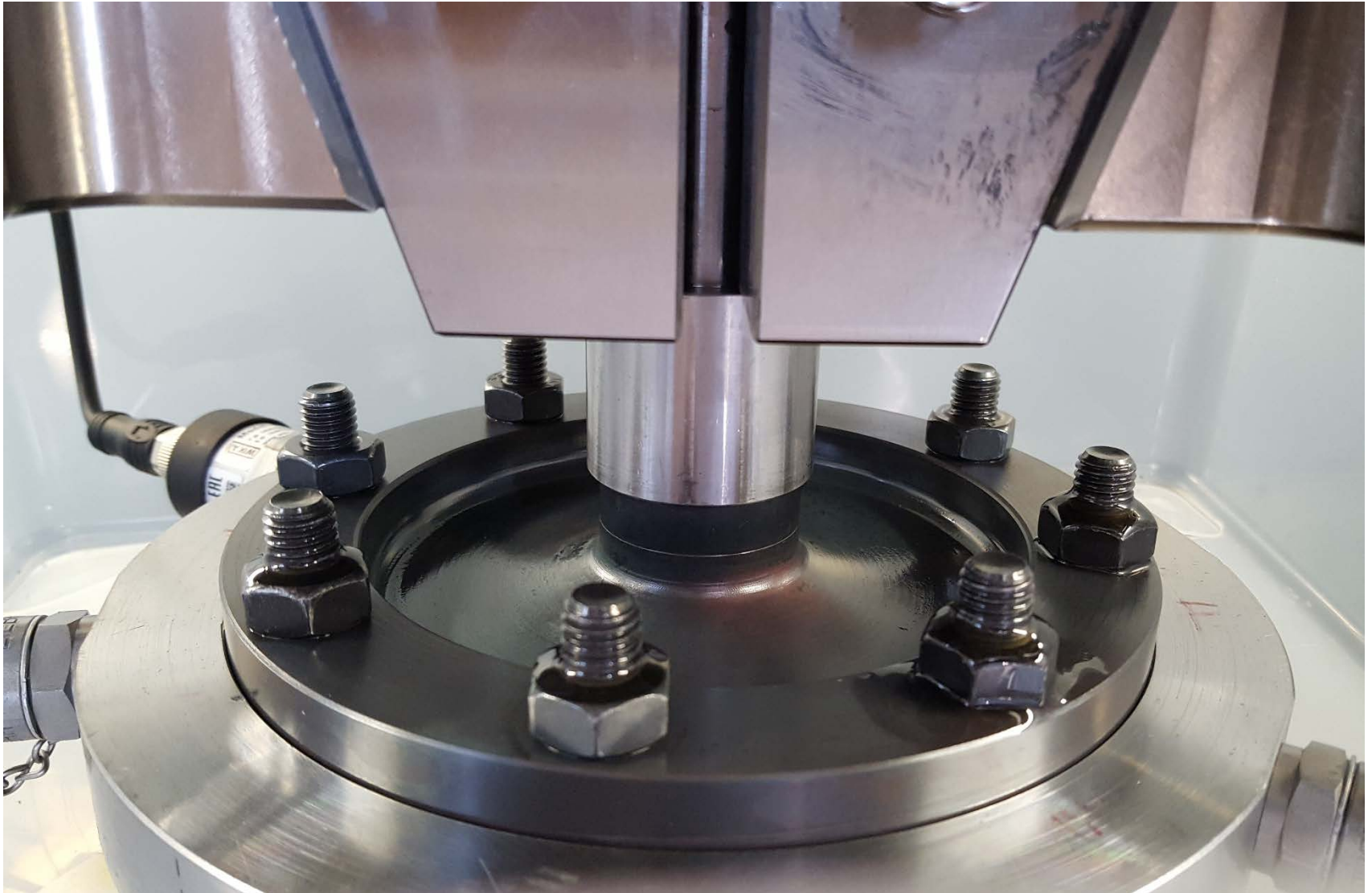
Test der ersten Ausführung: Entlüften



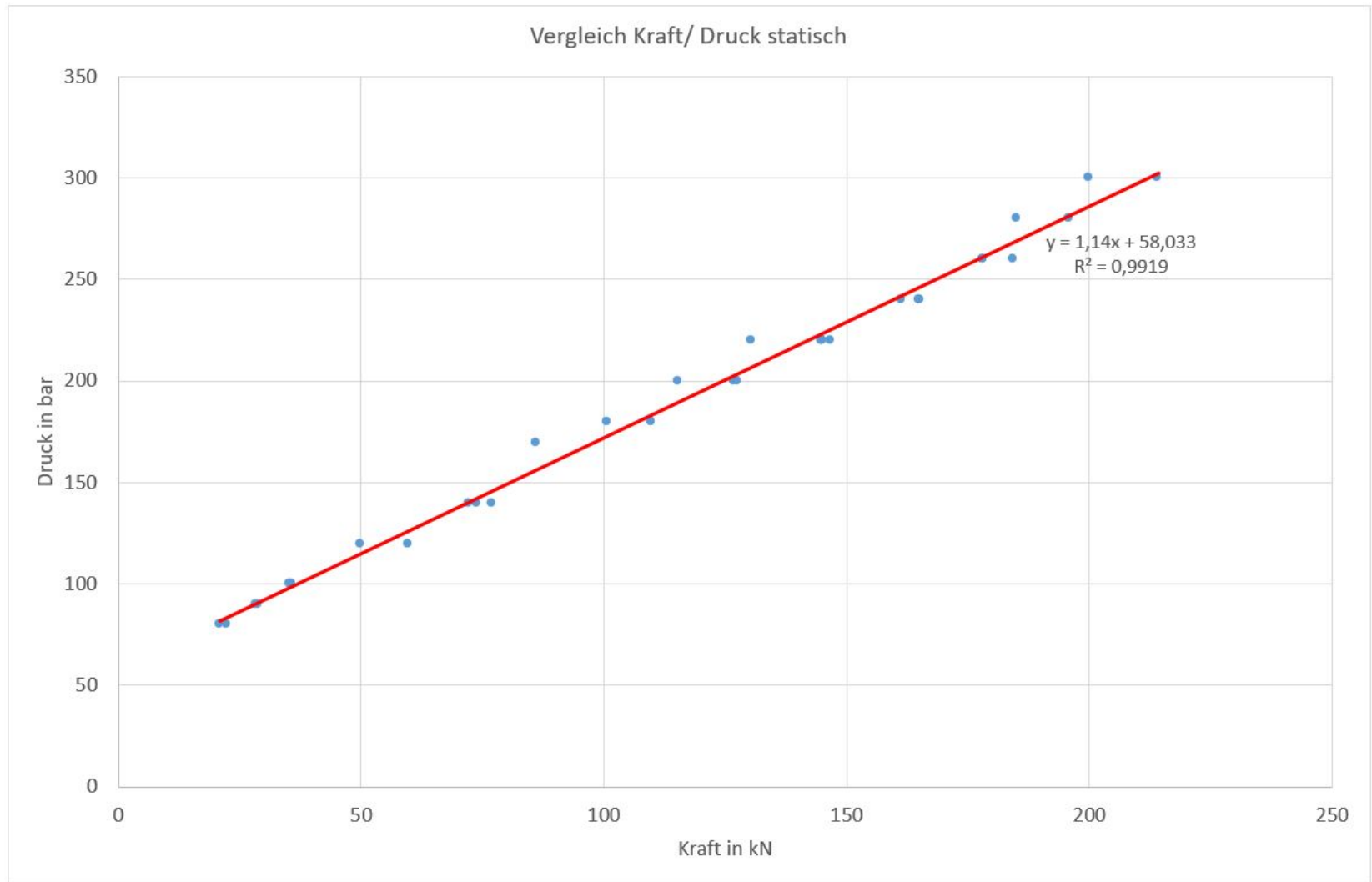
Test der ersten Ausführung: Pulsator



Test der ersten Ausführung: Druckdose

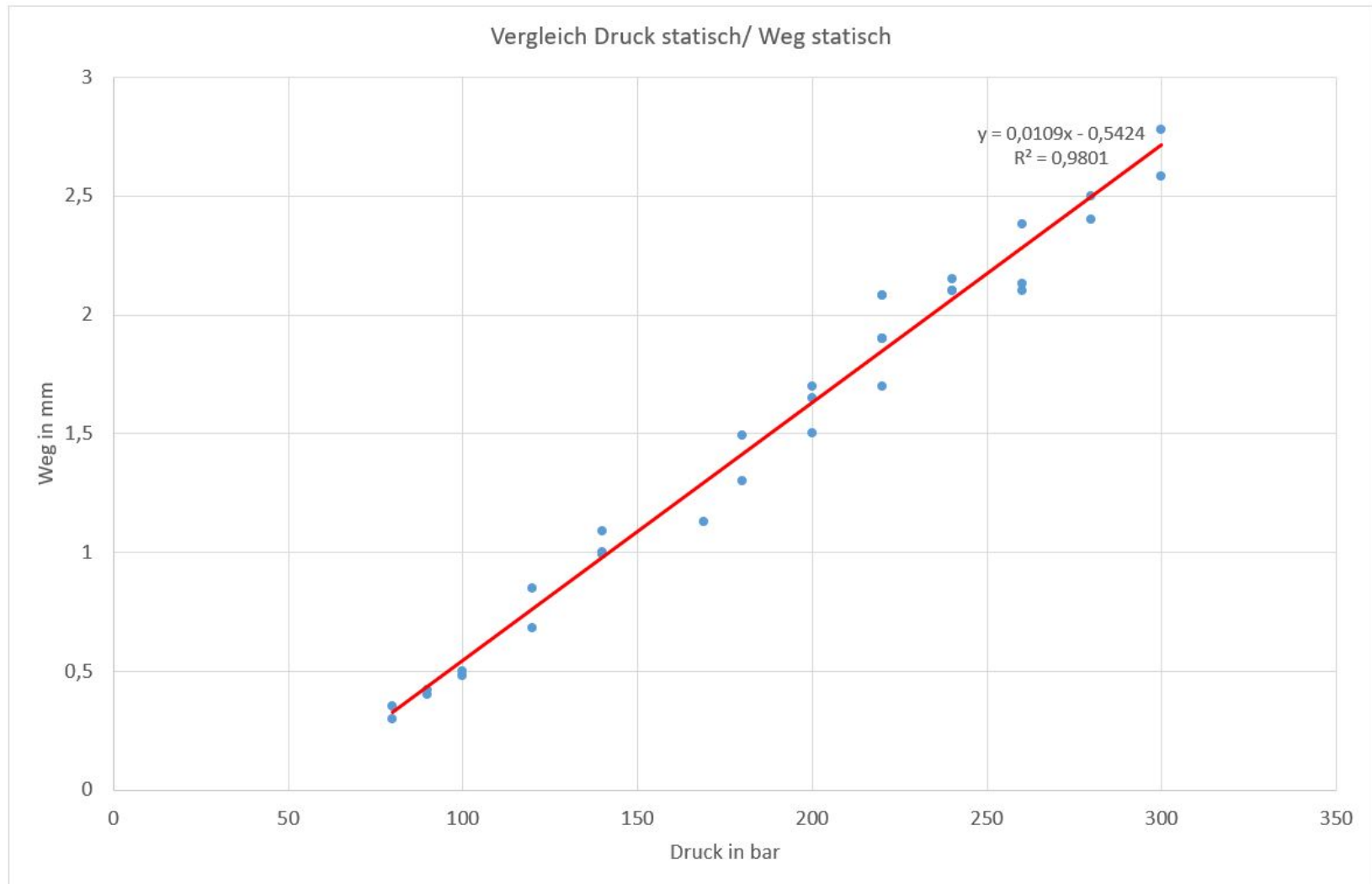


Test der ersten Ausführung: Betriebsverhalten



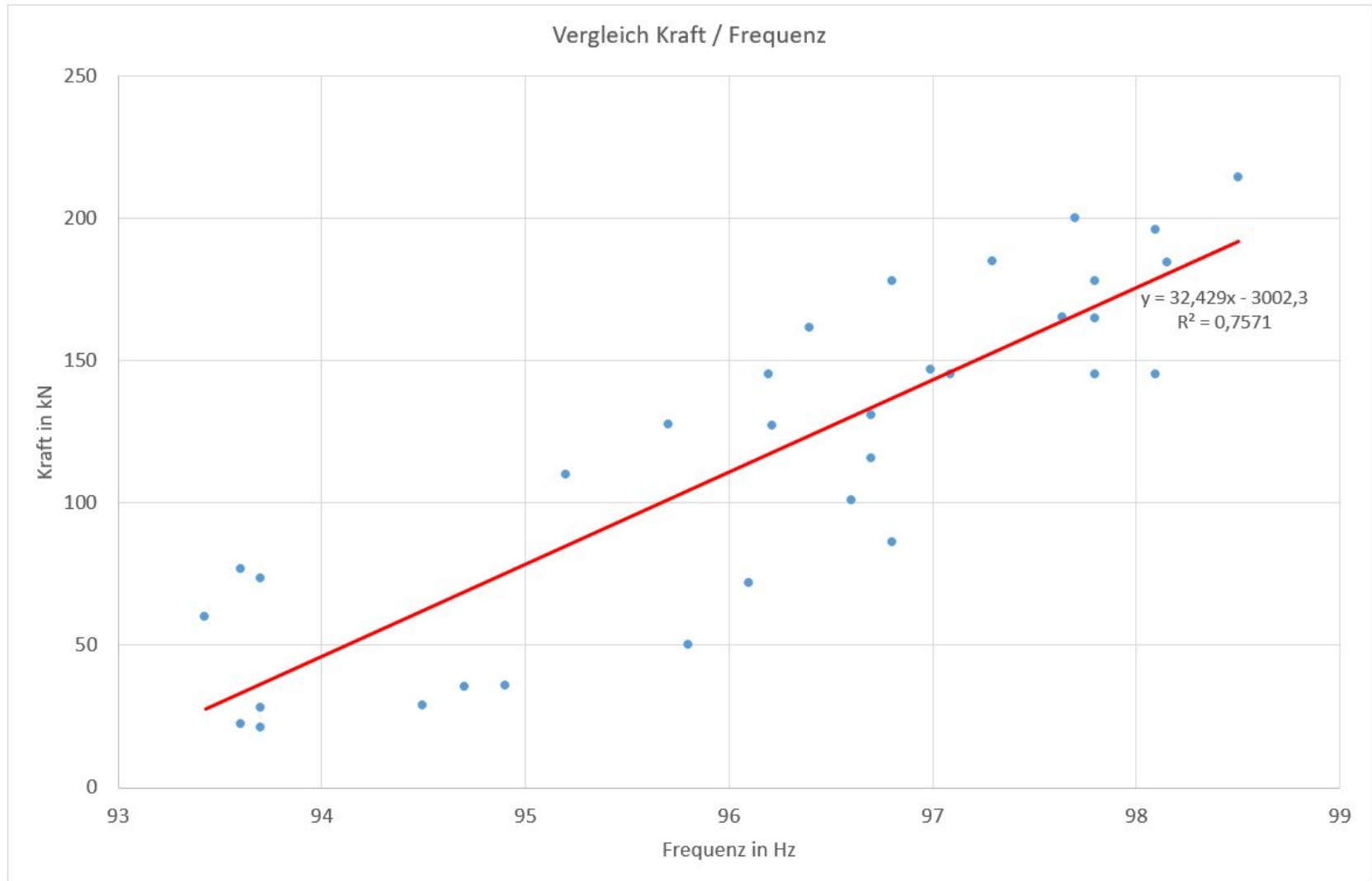
Quelle: Jähne, D.: Pulsationstest mit einer neu entwickelten Druckdose. Studienarbeit. Universität der Bundeswehr München: 2017

Test der ersten Ausführung: Betriebsverhalten



Quelle: Jähne, D.: Pulsationstest mit einer neu entwickelten Druckdose. Studienarbeit. Universität der Bundeswehr München: 2017

Test der ersten Ausführung: Betriebsverhalten



Quelle: Jähne, D.: Pulsationstest mit einer neu entwickelten Druckdose. Studienarbeit. Universität der Bundeswehr München: 2017

Test der ersten Ausführung: Ergebnisse

- Maximaldrücke bis 325 bar
- Maximalkräfte ca. 225 kN
- Typische Schwingwege: 0,75 mm
- Prüffrequenz im Mittel ca. 96 Hz
=> 2 Millionen Zyklen in knapp 6 Stunden
- Keinerlei messbare Temperaturerhöhung
- Abdichtung der Druckdose zeigt Leckage
- Membrane versagen nach einigen 100.000 Lastspielen (schlagartiges Versagen)

Test der ersten Ausführung: Membranbruch



Quelle: Jähne, D.: Pulsationstest mit einer neu entwickelten Druckdose. Studienarbeit. Universität der Bundeswehr München: 2017

Gliederung

- Einführung und Motivation
- Konzept: Erste Ansätze, Prinzip, Hauptmerkmale
- Fragezeichen bei der Entwicklung
- Konstruktive Ausführung
- Test der ersten Ausführung
- **Fragezeichen bei der Entwicklung: Rückblick**
- Zusammenfassung

Fragezeichen bei der Entwicklung: Rückblick – 1

- Regelung des Drucks über die Prüfmaschine?
Rückführung des Drucksignals in die Prüfmaschine,
Eingang für externe Signale wird genutzt
=> Regelung der Druckamplituden über Prüfmaschine
=> keine Problematik
- Schwingfestigkeit der Membrane?
Es kommt immer wieder zu Brüchen der Membrane
=> aktuell läuft eine Masterarbeit zur Optimierung
- Sichere Abdichtung der Druckdose?
Es kommt immer wieder zu Undichtigkeiten
=> Schrauben vergrößert von M10 auf M12
=> im Rahmen der Masterarbeit neue Dichtung

Fragezeichen bei der Entwicklung: Rückblick – 2

- Druckaufbau und -verteilung innerhalb der Dose?
Theoretische Betrachtung zeigt, dass die Druckverluste bei der Kompression sehr gering sind
=> keine Problematik
- Thermisches Verhalten?
Während der ersten Versuche wurde die Temperatur an der Oberfläche gemessen
=> keine messbare Temperaturerhöhung
=> keine Problematik
- Steifigkeit und Dämpfung des Gesamtsystems?
Hohe Steifigkeit der Probe bei guter Entlüftung
(am besten durch das Aufbringen eines Vordrucks)
=> keine Problematik

Gliederung

- Einführung und Motivation
- Konzept: Erste Ansätze, Prinzip, Hauptmerkmale
- Fragezeichen bei der Entwicklung
- Konstruktive Ausführung
- Test der ersten Ausführung
- Fragezeichen bei der Entwicklung: Rückblick
- **Zusammenfassung**

Zusammenfassung

- Entwicklung einer Methode zum hochfrequenten Test von Verbindungen in der Hydraulik
- Erzeugung von Druckamplituden ohne Pumpe/Ventil
- Methode ist funktional
- Technisch einfacher Aufbau
- Hohe Zyklenzahlen können in kurzer Zeit geprüft werden
- Optimierungen hinsichtlich Dauerfestigkeit nötig

Entwicklung einer Methode zur schnellen Druckpulsationsprüfung von Hydraulikkomponenten – Ende –