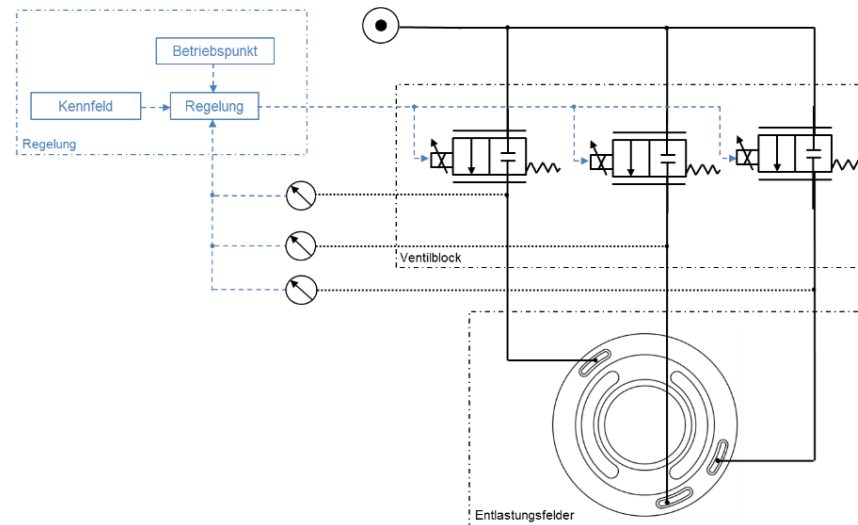


Optimierung von Axialkolbenmaschinen durch betriebspunktspezifische Entlastung tribologischer Kontakte

Dipl.-Ing. Stefan Haug

INSTITUT FÜR FAHRZEUGSYSTEMTECHNIK | TEILINSTITUT MOBILE ARBEITSMASCHINEN
Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Marcus Geimer



9. Kolloquium Mobilhydraulik

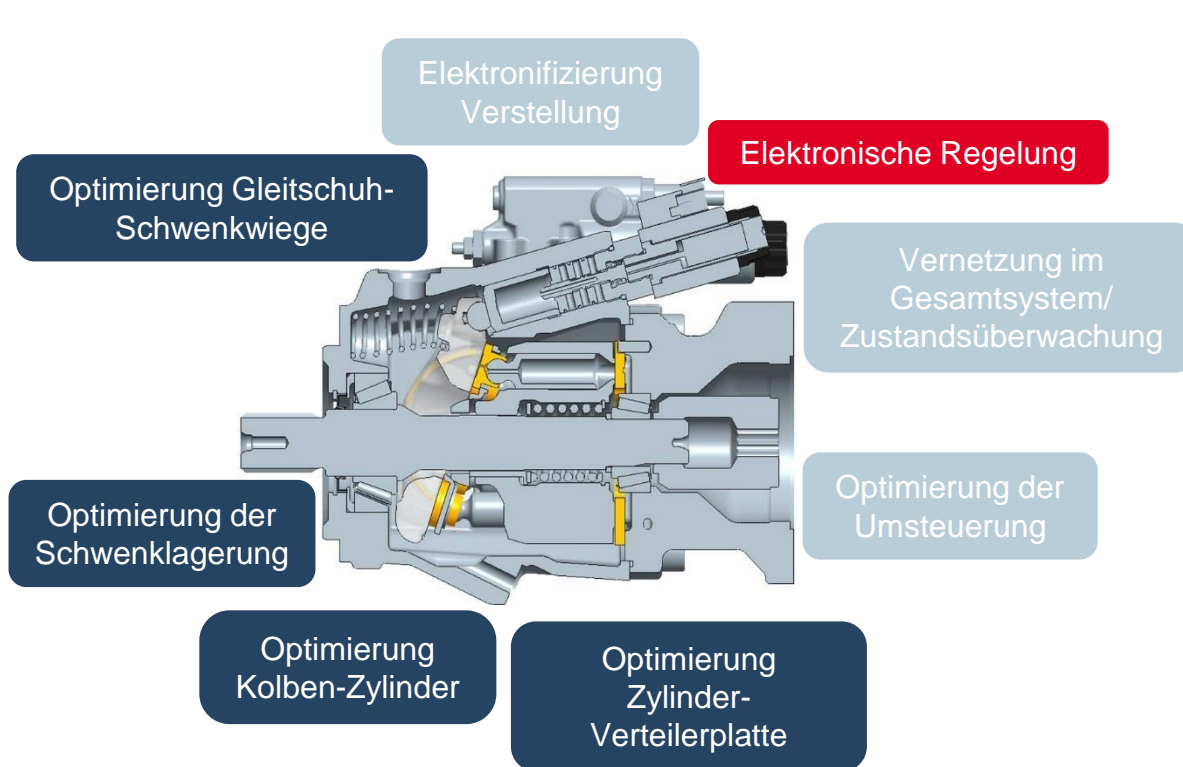
Agenda

- Elektronifizierung der Axialkolbeneinheit
- Tribokontakt bedingte Optimierungspotentiale
- Lösungsansatz zur betriebspunktspezifischen Entlastung
- Simulation an tribologischen Kontaktstellen
- Versuchsaufbau
- Ausblick

9. Kolloquium Mobilhydraulik

Elektronifizierung der Axialkolbeneinheit

- Zunehmende Elektronifizierung von Hydraulikkomponenten



Aktuelle Optimierungsansätze

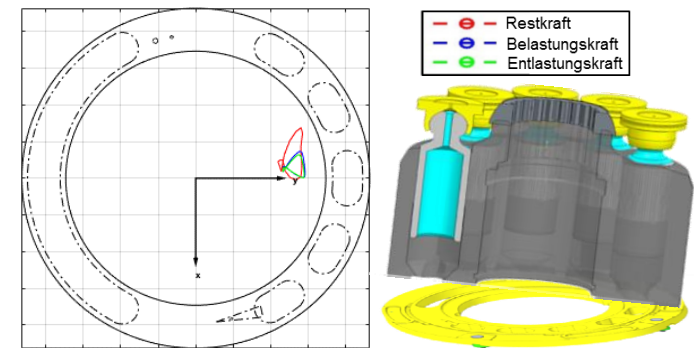
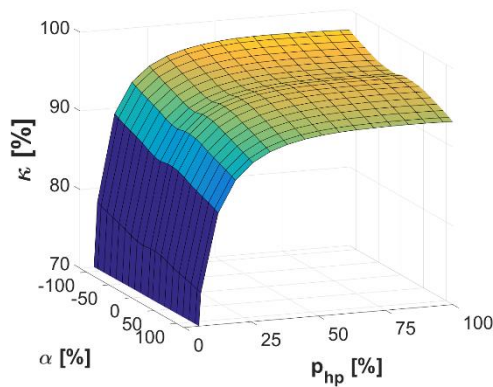
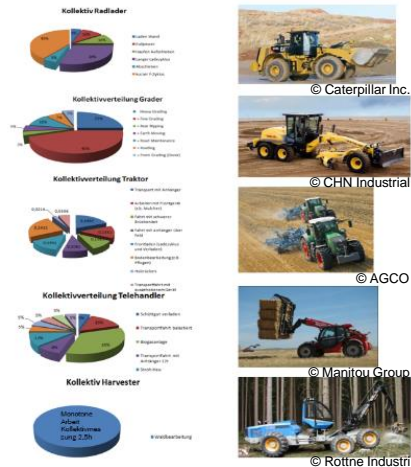
- Wirkungsgradsteigerung
- Drucksteigerung
- Erweiterung Drehzahlbereich
- Multi-Quadranten-Fähigkeit

Anforderungsspezifische geometrische Optimierungen

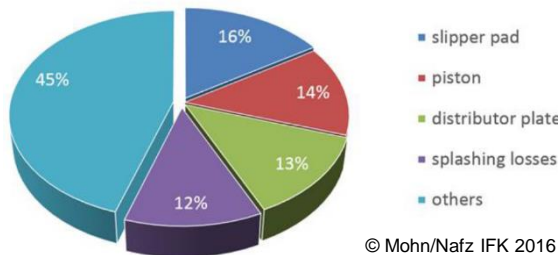
Weitere Elektronifizierungspotentiale in den tribologischen Kontakten

Tribokontakt bedingte Optimierungspotentiale

Breiter Einsatzbereich Variierender Entlastungsgrad Dezentraler Restkraftverlauf



Wirkungsgradbetrachtung



Resultat der geometrisch bedingten Entlastung

- Betriebspunktabhängig
- Kritisch bezüglich Mehr-Quadranten-Fähigkeit
- Druck-/ Drehzahlbegrenzend
- Begrenzte Dynamik
- Instabilitäten aufgrund des Restkraftverlaufes
- Hauptverluste an den Tribokontakten

Leistungs- & Effizienzlimitierung durch ungleichmäßigen Schmierspalt

9. Kolloquium Mobilhydraulik

Erläuterung der wirkenden Kräfte

Belastungskräfte

$$F_N = f(F_p + F_T + F_R)$$

$$F_p = f(p)$$

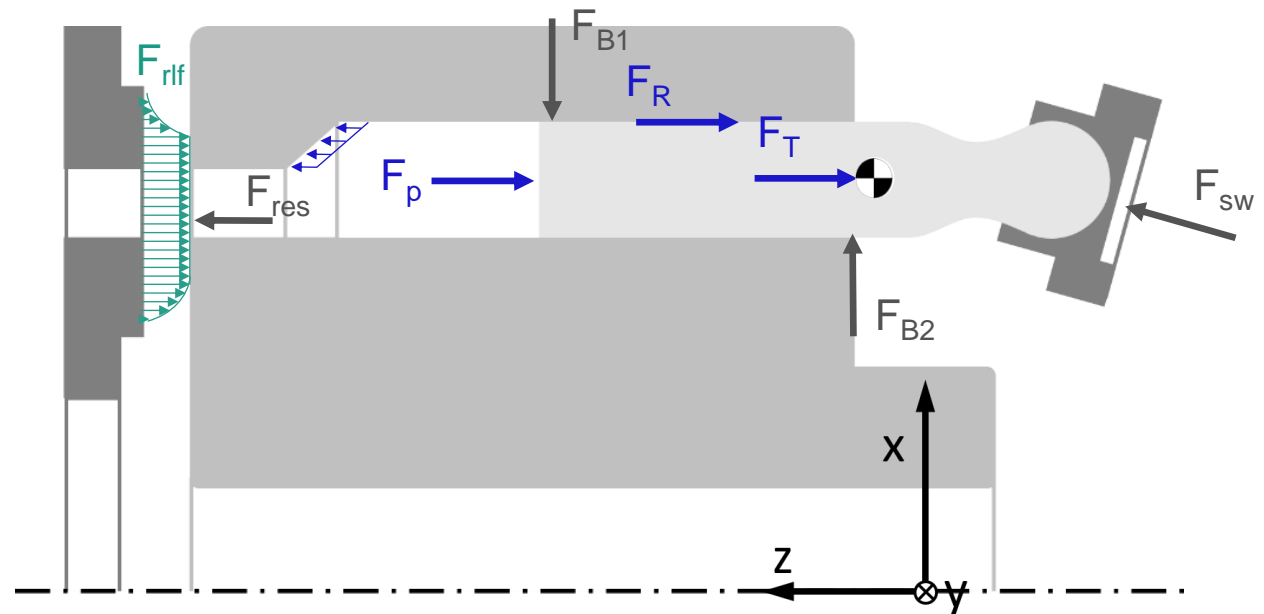
$$F_R = f(p, \alpha, n)$$

$$F_T = f(\alpha, n)$$

➡ $F_N = f(p, \alpha, n)$

Entlastungskräfte

$$F_{rlf} = \int_A p_{rlf}(r) dA$$



Betriebspunktspezifisches Kräfteverhältnis im tribologischen Kontakt

9. Kolloquium Mobilhydraulik

Simulationsgrundlage

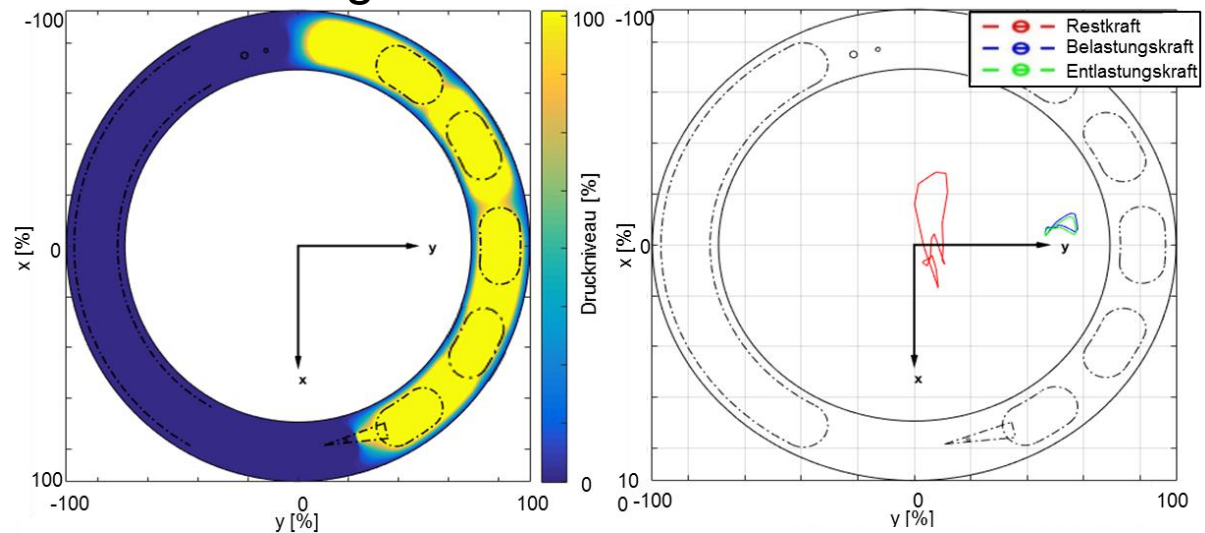
- Hd-Simulation von tribologischen Kontaktstellen

- Basierend auf Reynoldsgleichung

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(rh^3 \cdot \frac{\partial p}{\partial r} \right) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \vartheta} \left(h^3 \cdot \frac{\partial p}{\partial \vartheta} \right) = 6\mu \cdot \left(2r \frac{\partial h}{\partial t} + \omega r \frac{\partial h}{\partial \vartheta} \right)$$

- Numerische Lösung mittels Finiter Differenzen Methode

- Co-Simulation von Kolbenreibung und Kolbendruckverlauf

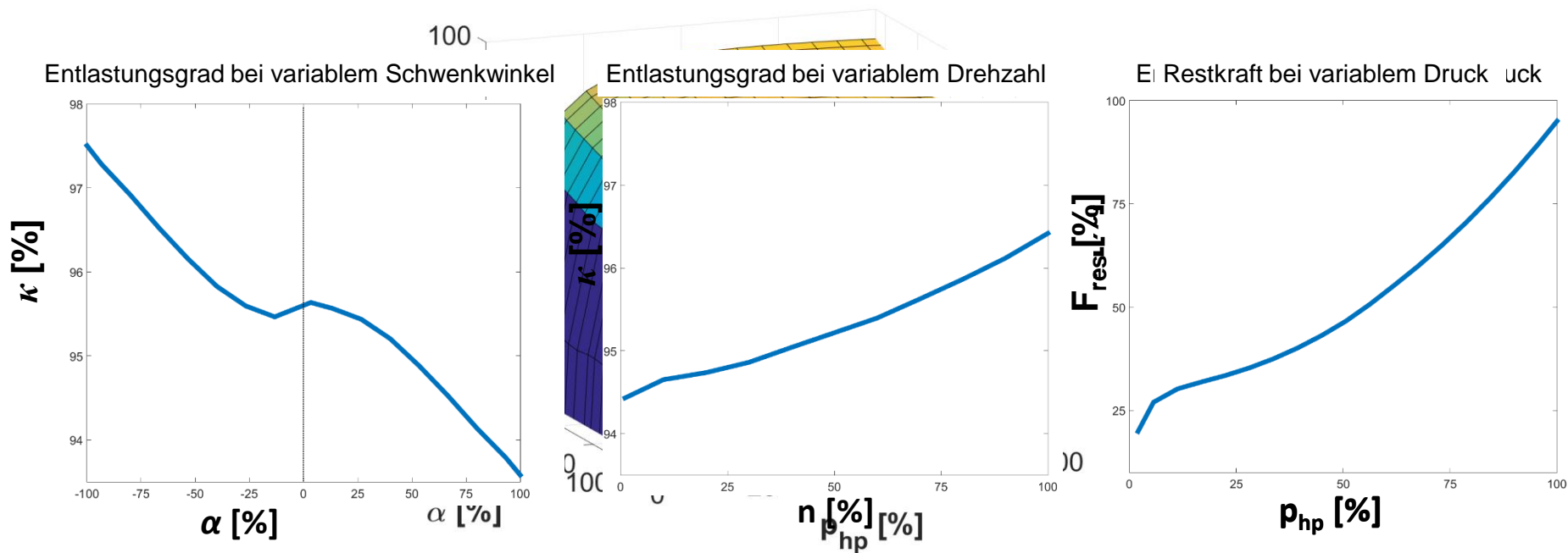


Simulationsgrundlage zur Bestimmung der Entlastung

9. Kolloquium Mobilhydraulik

Simulation Entlastungsgrad

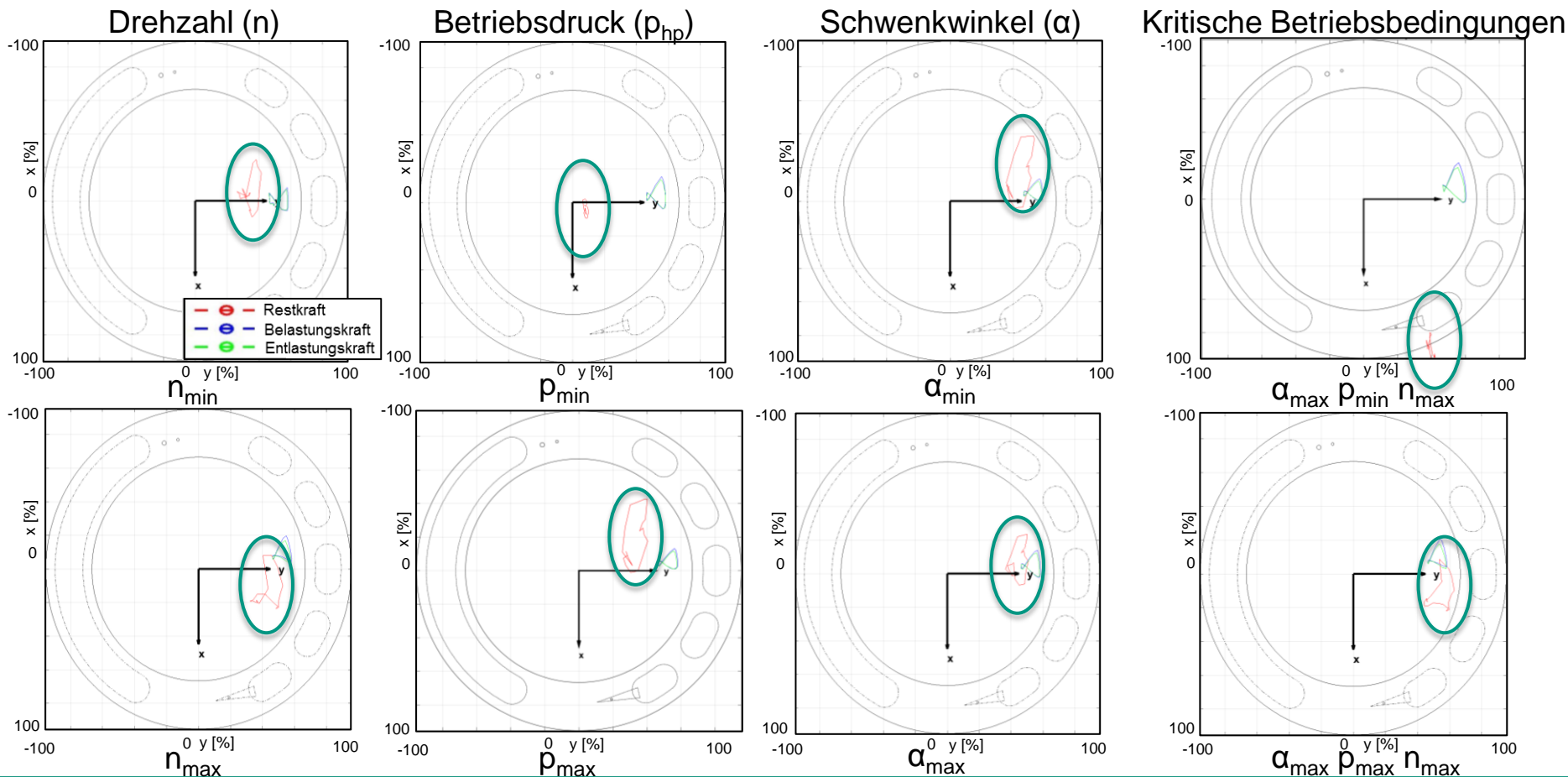
- Betriebspunktabhängiger Entlastungsgrad
- Ausprägung der Spalthöhe abhängig von der Flächenpressung



Entlastungsgrad als Auslegungsgrundlage zur Minimierung der Flächenpressung

Simulation Ortsvektor der Restkraft

■ Parameterspezifischer Einfluss auf die Verkipfung des Schmierspalt

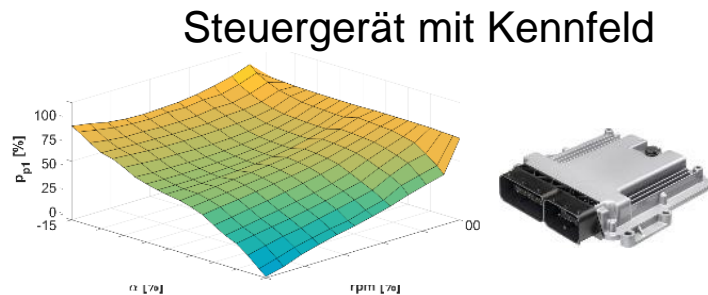
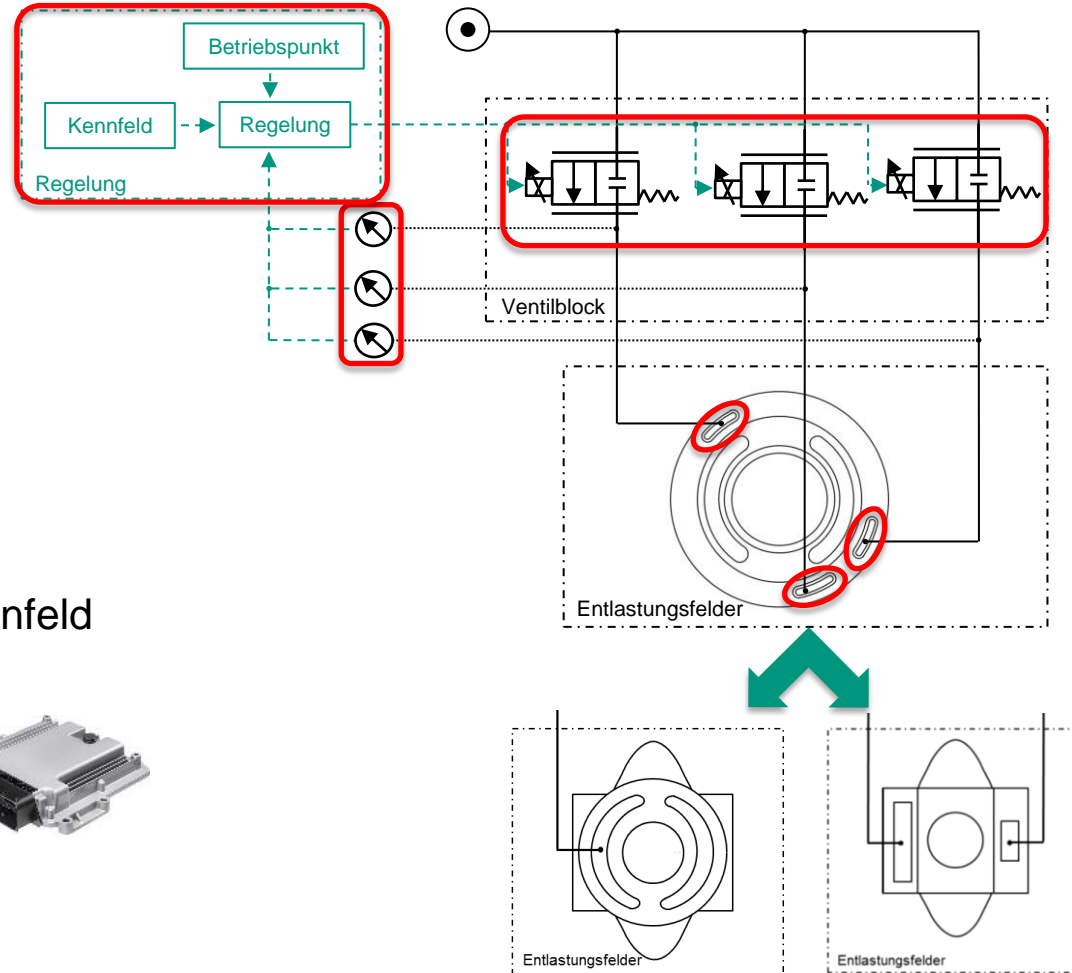


Verkipfung des Schmierspalt stark beeinflusst durch die Betriebsbedingungen

Lösungsansatz betriebspunktspezifische Entlastung

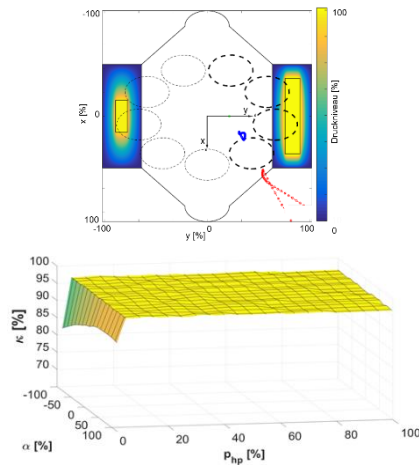
Komponenten

- Entlastungsfelder
Zylinder-Verteilerplatte
- Proportionalventile
- Drucksensoren
- Steuergerät

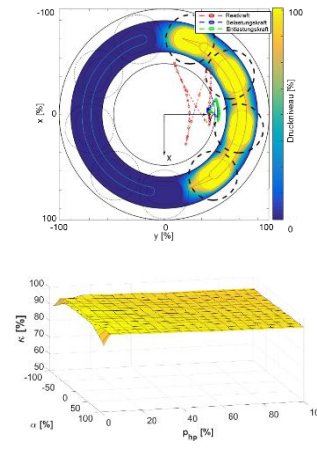


Kennfeldbasierte Druckregelung in Zusatzentlastungsfeldern

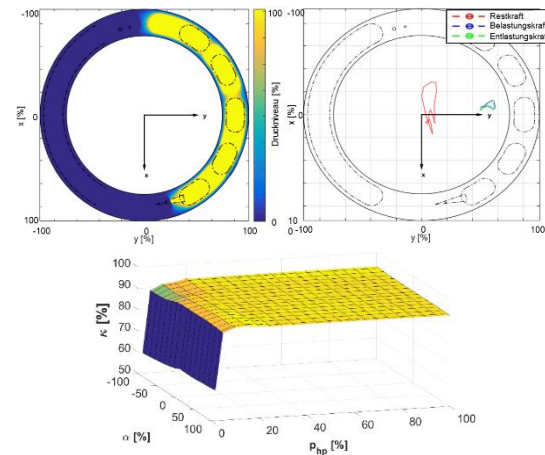
Schwenklagerung



Gleitschuh-Schwenkwiege

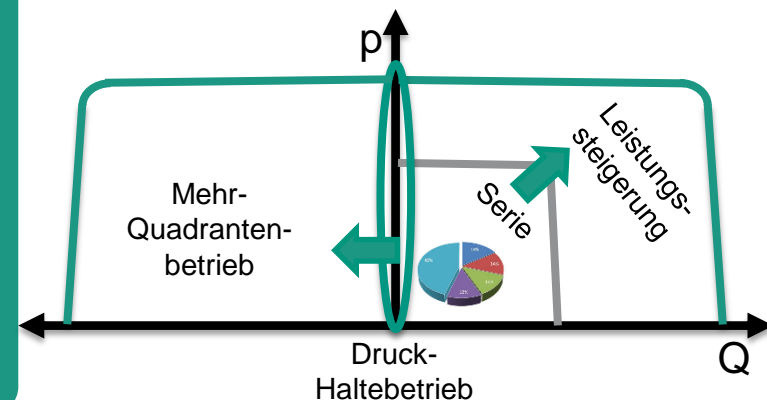


Zylinder-Verteilerplatte



Mehrwert der betriebspunktspezifischen Entlastung

- Konstanter Entlastungsgrad
- Zentraler Restkraftverlauf
- Reduzierung der komponentenbedingten Verluste
- Erweiterter Druckbereich: +50 %
- Realisierter Drehzahlbereich:
 $n_{\min}=0 \text{ min}^{-1}$; $n_{\max}+100 \%$ bezogen auf Abhebeverhalten
- Mehr-Quadranten-Fähigkeit

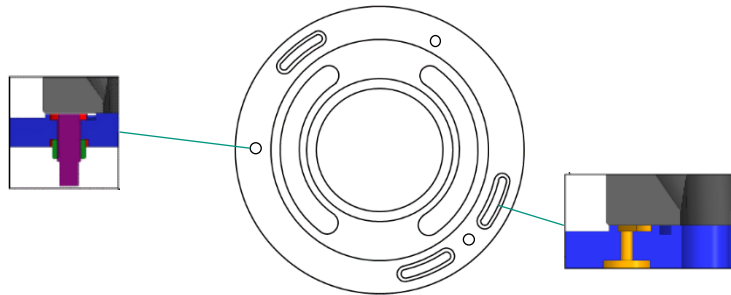


9. Kolloquium Mobilhydraulik

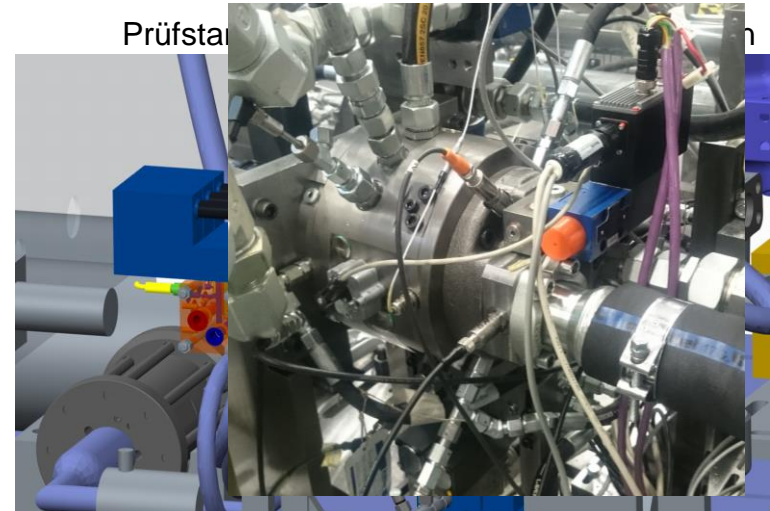
Versuchsaufbau

- Validierung auf Basis eines Komponentenprüfstandes
- Messtechnik zur Bestimmung der Schmierstathöhen in den Tribokontakten
- Externe simulativ ausgelegte Ventilansteuerung

Prototyp der Verteilerplatte



Prüfstands Aufbau



entilen

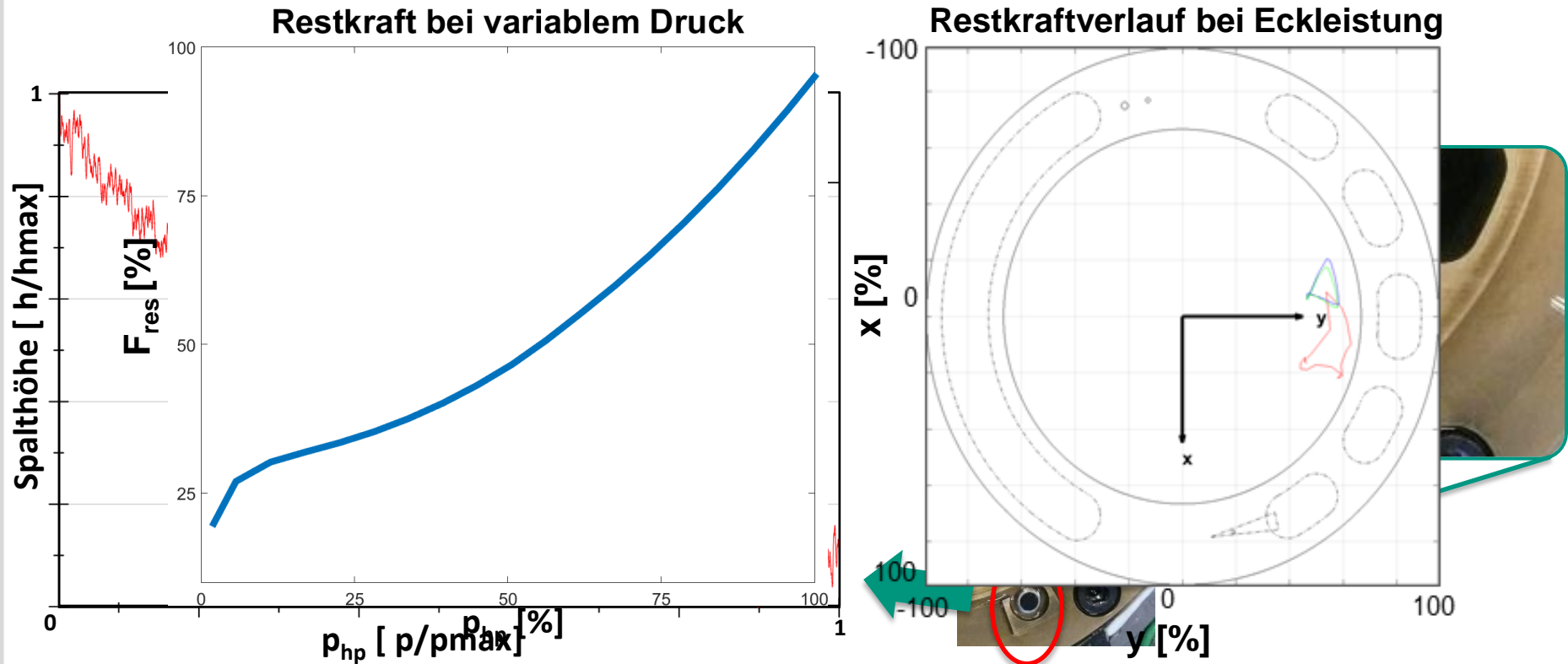


Komponentenprüfstand zur Validierung der betriebspunktspezifischen Entlastung

9. Kolloquium Mobilhydraulik

Schmierspalt in der Referenzeinheit

- Reduzierung der Spalthöhe am Referenzsystem ersichtlich



Simulationsergebnisse an ersten Seriensystemmessungen validiert

9. Kolloquium Mobilhydraulik

Zusammenfassung und Ausblick

- Betriebspunktspezifisch geregelte Entlastung als neuartiger Ansatz zur Optimierung der Axialkolbenpumpe
 - Simulativ belegte Verbesserung von Leistungsbereich, Mehrquadrantenfähigkeit und Wirkungsgrad
 - Kennfelder und Ventilregelung sind für die Tribokontakte ausgelegt
- ➡ Validierung der betriebspunktspezifischen Entlastung an einzelnen Tribokontakten

