



Simulationsgestützte Entwicklung von Hydraulikkompaktaggregate

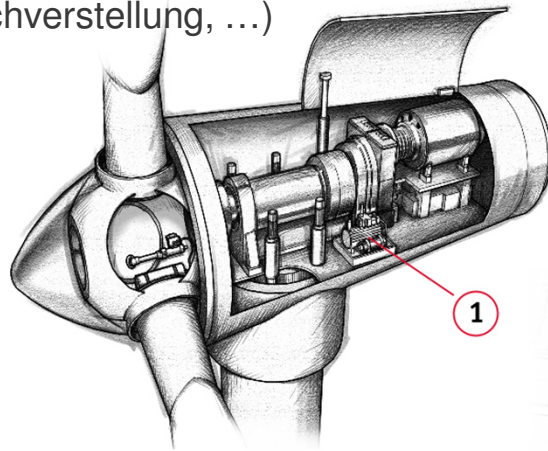
Exkursion des VDI-Mechatronik im HAWE-Werk Freising, 03.11.2015

Alexander Leonhard, Sergej Klassen

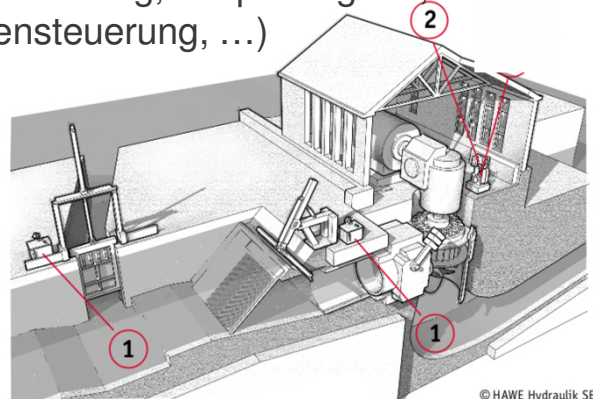
Solutions for a World under Pressure



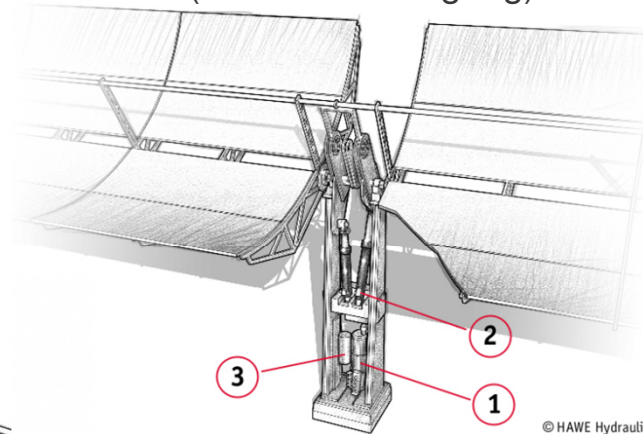
Windkraftanlage (Bremsen, Pitchverstellung, ...)



Wasserkraftwerk
(Wehrsteuerung, Absperrorgane, Turbinensteuerung, ...)

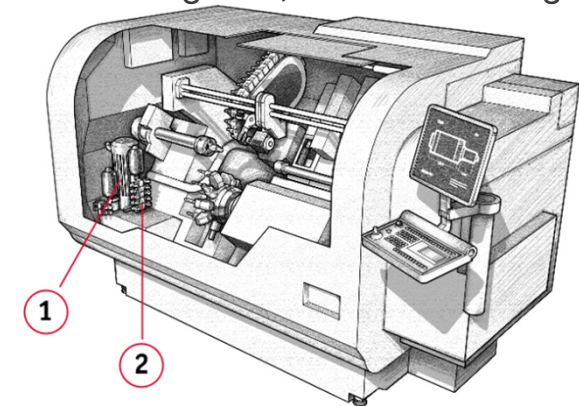


Solarkraftwerk
(Nachführbewegung)

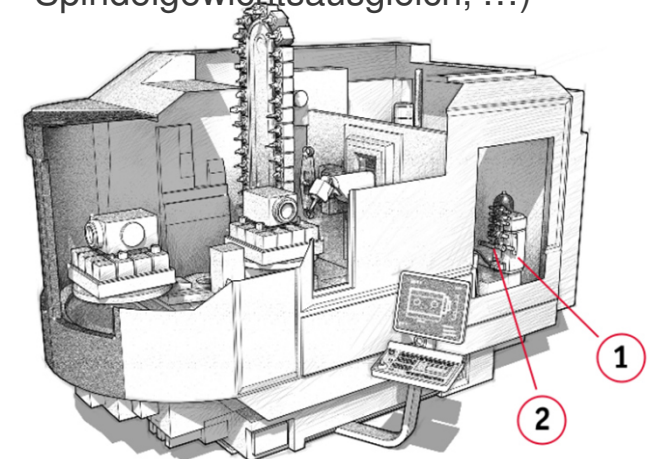


Drehmaschine

(Werkstückspannung, Werkzeugwechsel, Spindelgewichtsausgleich, Reitstockbewegung, ...)



Bearbeitungszentrum
(Werkstückspannung, Werkzeugwechsel, Spindelgewichtsausgleich, ...)



Methoden, Werkzeuge und Anwendungen

Struktur- und -akustik:

- Entwicklung geräuschoptimierter Aggregate und Pumpen
- Modalanalysen, Schwingungsanalysen (Harmonisch, Spektrum, etc.)
- Akustiksimulation (Körperschall, Luftschall)
- Luftschall- und Körperschallmessungen



Struktur-
dynamik
u. -akustik

Strukturmechanik:

- Allg. Festigkeitsanalysen
- Maschinenelemente z.B. Schrauben, Wellen, ...
- Funktionsanalysen (z.B. Formtoleranzen)
- Betriebsfestigkeit (z.B. FKM)
- Thermische Analysen (stationär, transient)
- Berstsimulation (nichtlineare Schwachpunktanalyse)
- Materialumformsimulation (z.B. Verformungen)



System-
simulation

Systemsimulation:

- Entwicklung von drehzahlregulierten Kompaktaggregate
- Energetische Optimierung von Kompaktaggregate
- Schwingungsanalyse in Hydrauliksystemen
- Ventilentwicklung



OpenFOAM

Strömung-
simulation

Strömungsmechanik:

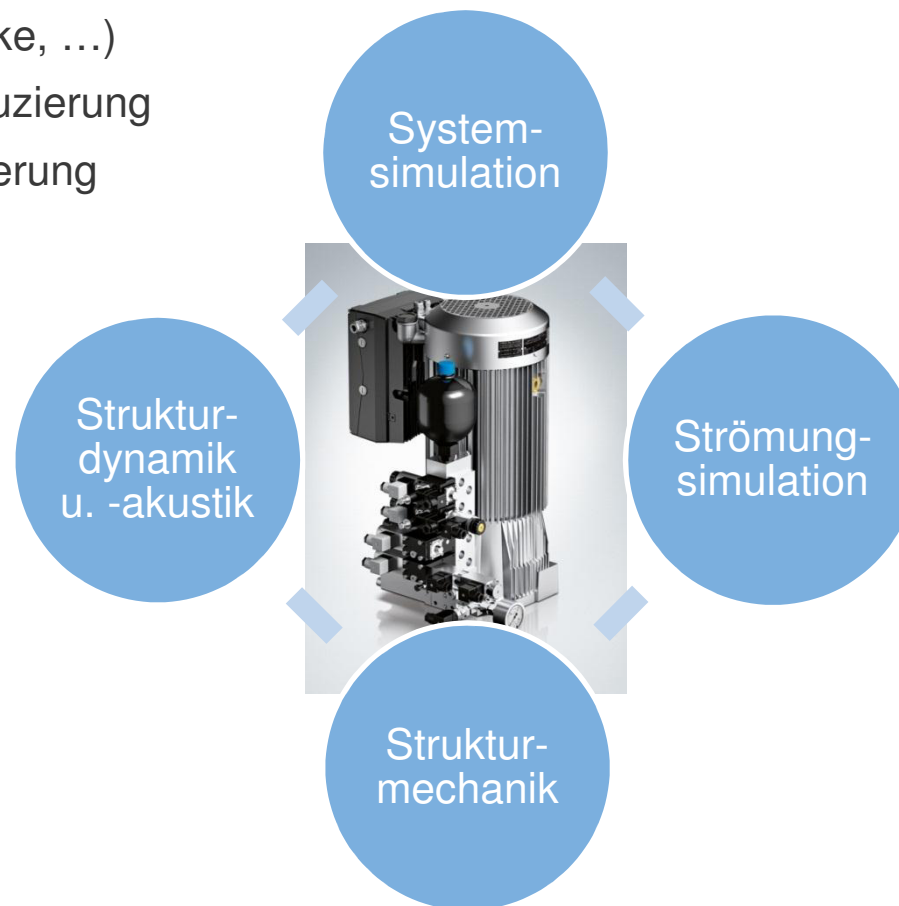
- Widerstandsverhalten (z.B. Umlenkungen, Blenden/Düsen, Ventile)
- Strömungskräfte in Ventilen
- Instationäre Strömungen, Transition, Kavitation, Thermik, etc.



Struktur-
mechanik

Entwicklungsaufgaben HKF4

- Wirkungsgradverbesserung
(Systemabstimmung; Reduzierung Komponentenverluste, Drehzahlregelung, ...)
- Verbesserung Kühlwirkung
- Erhöhung Einsatzbereich
(höhere Drücke, ...)
- Geräuschreduzierung
- Kostenoptimierung

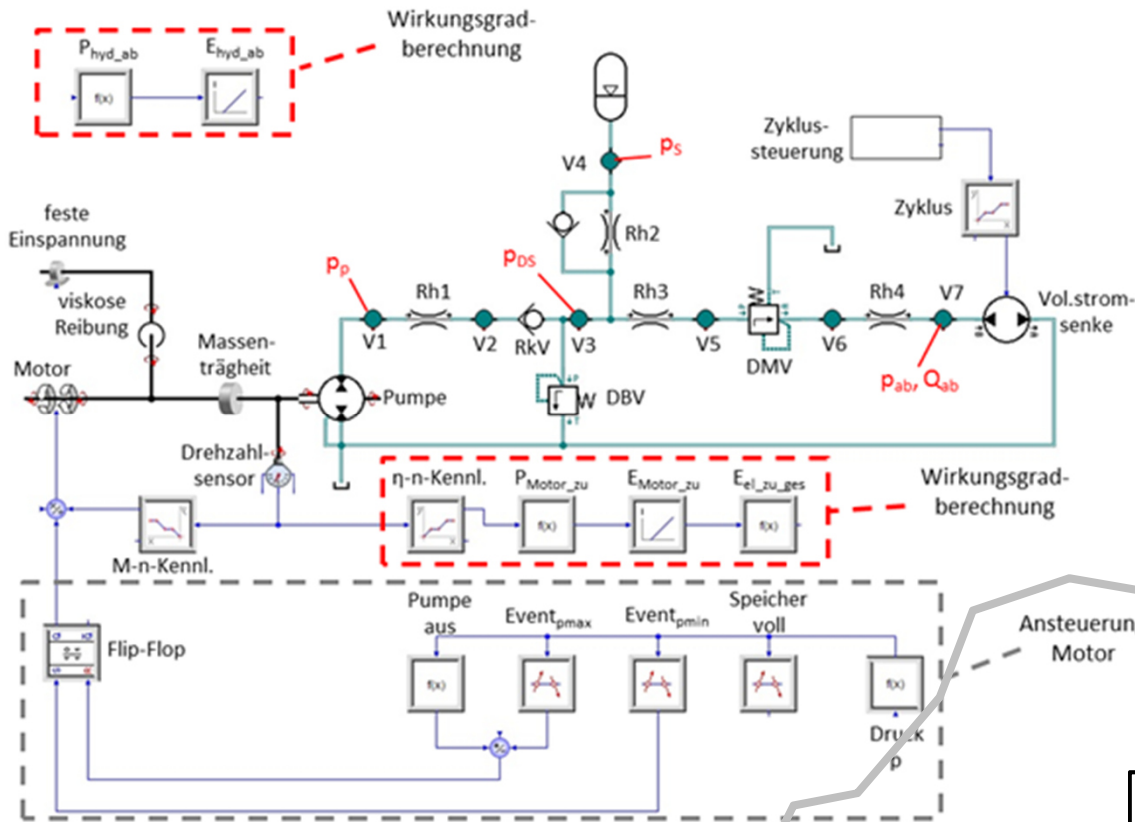


Systemoptimierung HKF4 mit Speicherladeschaltung

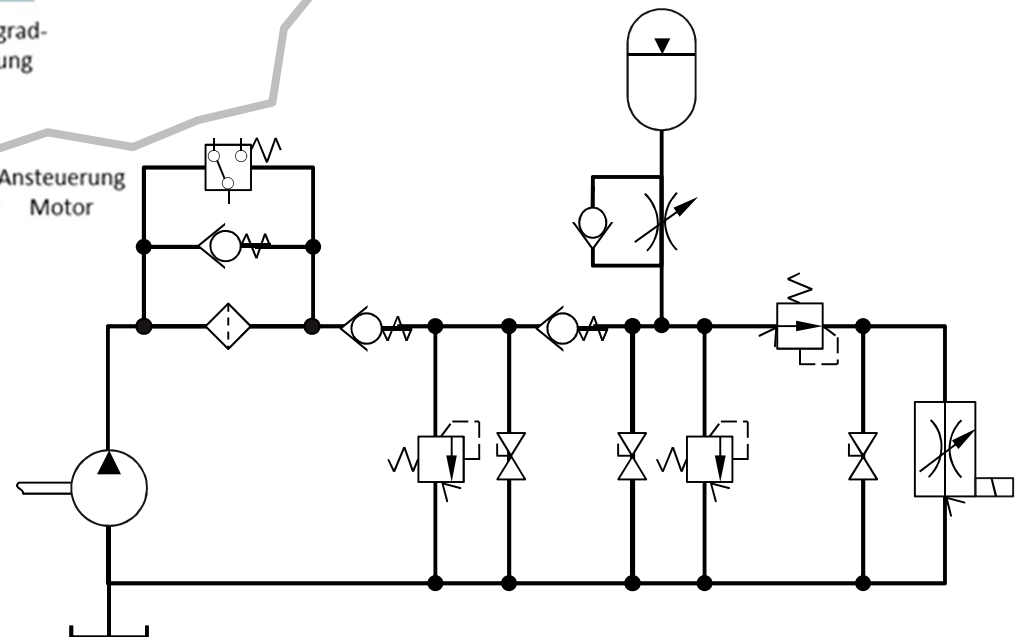
Aufgaben: Analyse Energieeffizienz und –verluste
Wirkungsgradverbesserung



Hydraulikschaltplan

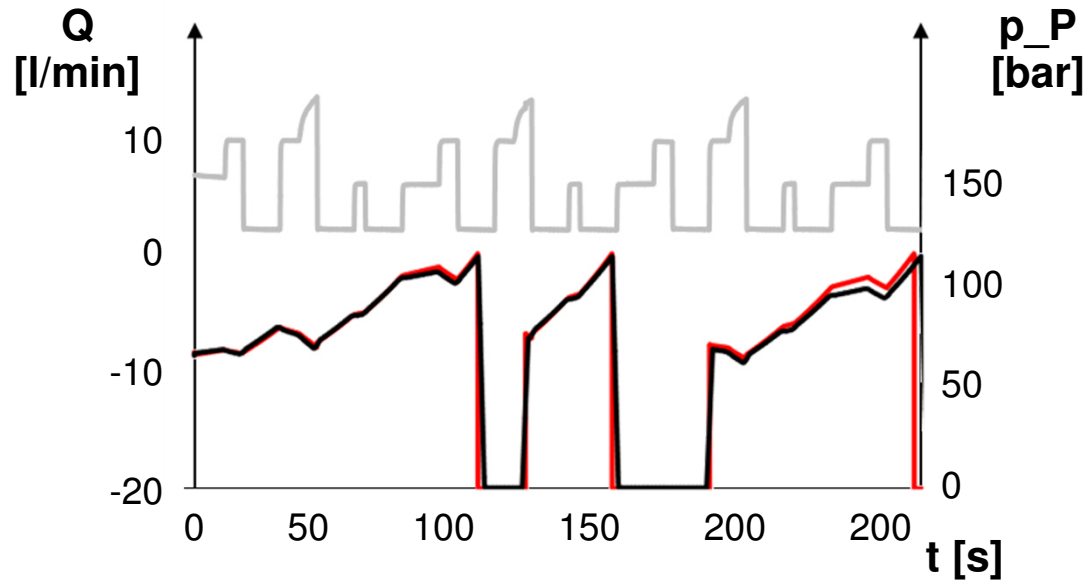


SimX-Modell:
HKF4 mit Speicherladeschaltung



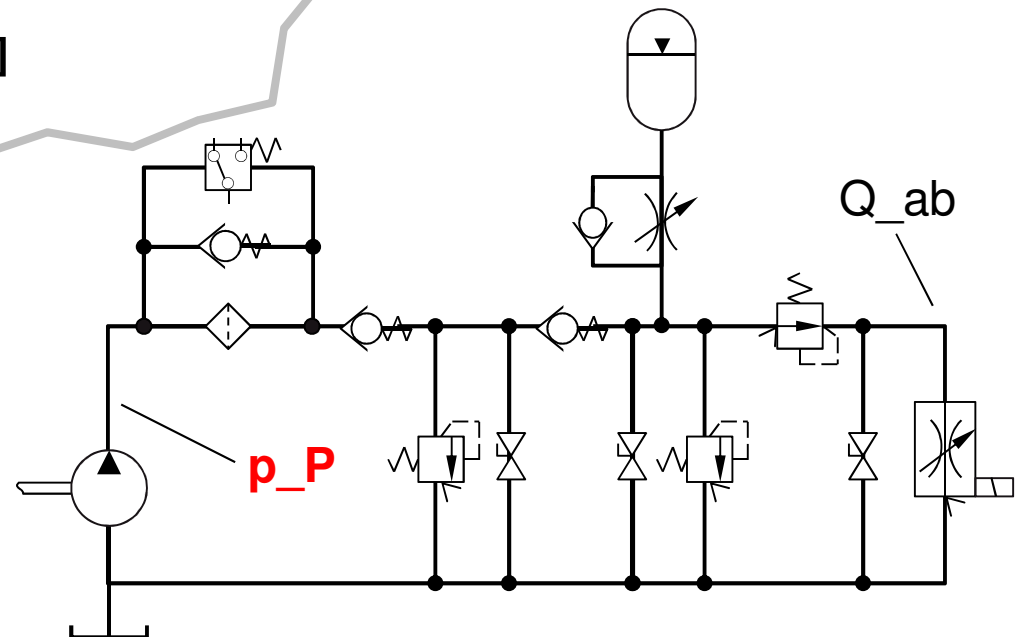
Systemoptimierung HKF4 mit Speicherladeschaltung

Zeitverläufe von Volumenstrom Q und Pumpendruck p_P



Hydraulikschaltplan

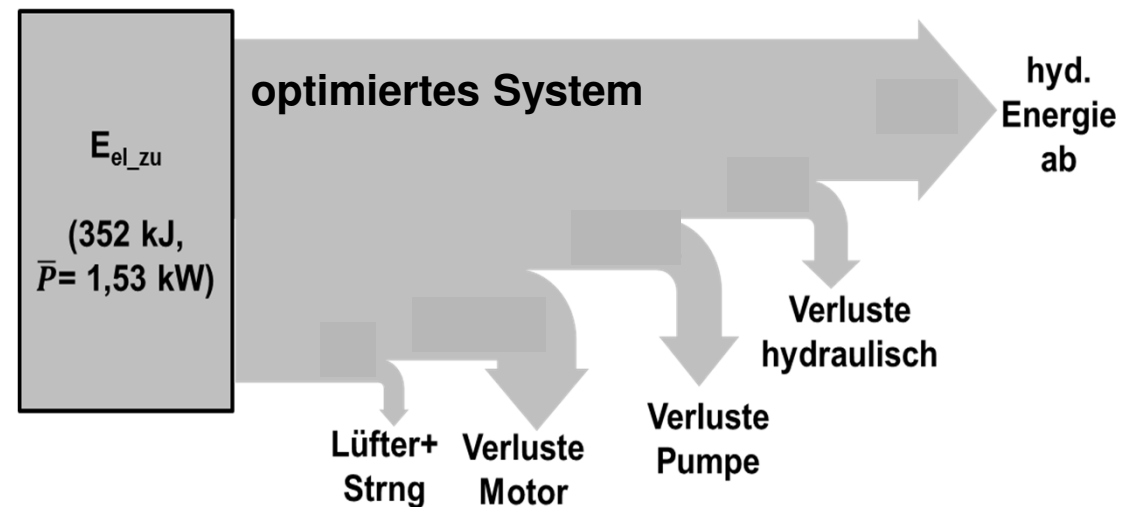
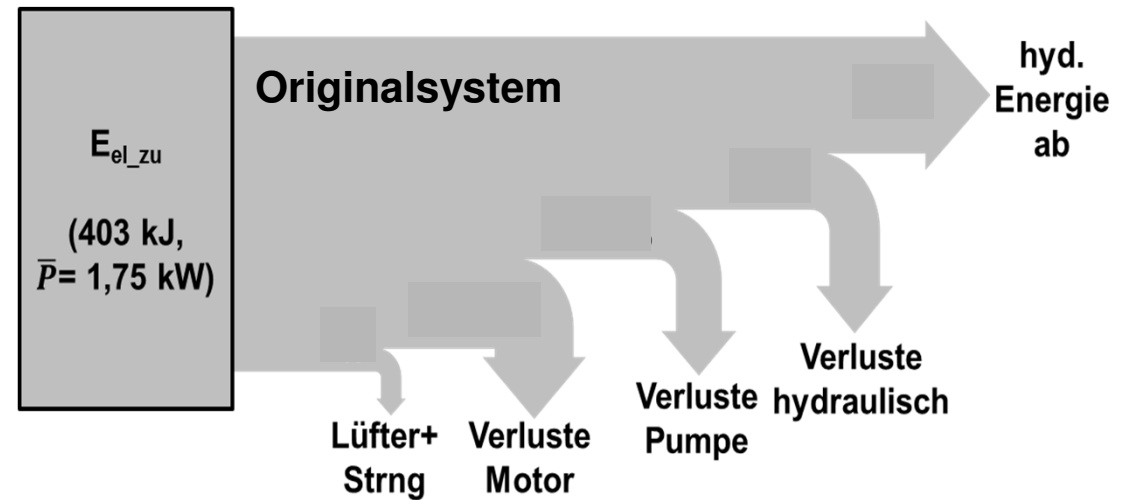
- Q_{ab}
- p_P_Simulation
- p_P_Versuch



Sensitivitätsstudie bzgl. Wirkungsgrad

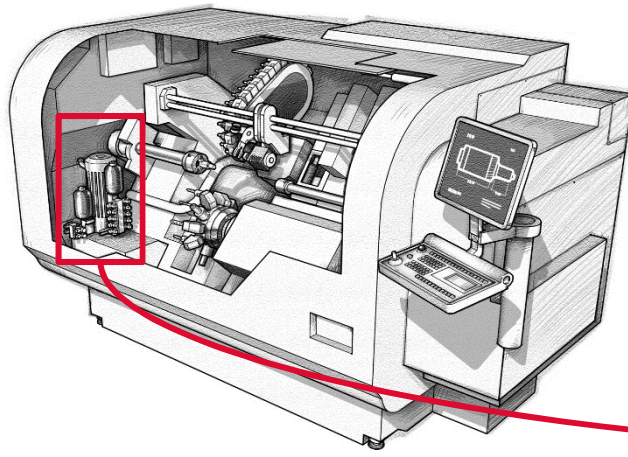
Parameter	$\Delta\eta$ [%]	
	$\eta \downarrow$	$\eta \uparrow$
	-20	0
V_S [l]		
p_1 [bar]		
p_2 [bar]		
V_g [cm ³]		
η_{vol} [%]		
η_{hm} [%]		
η_{ASM} [%]		
DMV		
Temp. [°C]		
Drossel		
$\varnothing Rh_1$ [mm]		
$\varnothing Rh_3$ [mm]		
P_Fan [W]		
Planschv. [Nm]		

Energieverbrauchsanalysen



Aufgaben

- geregeltes Aggregat zur Realisierung eines konstanten Druckniveaus in hydraulischen Systemen
- Berechnungsmodell als Auslegungs- und Optimierungswerkzeug



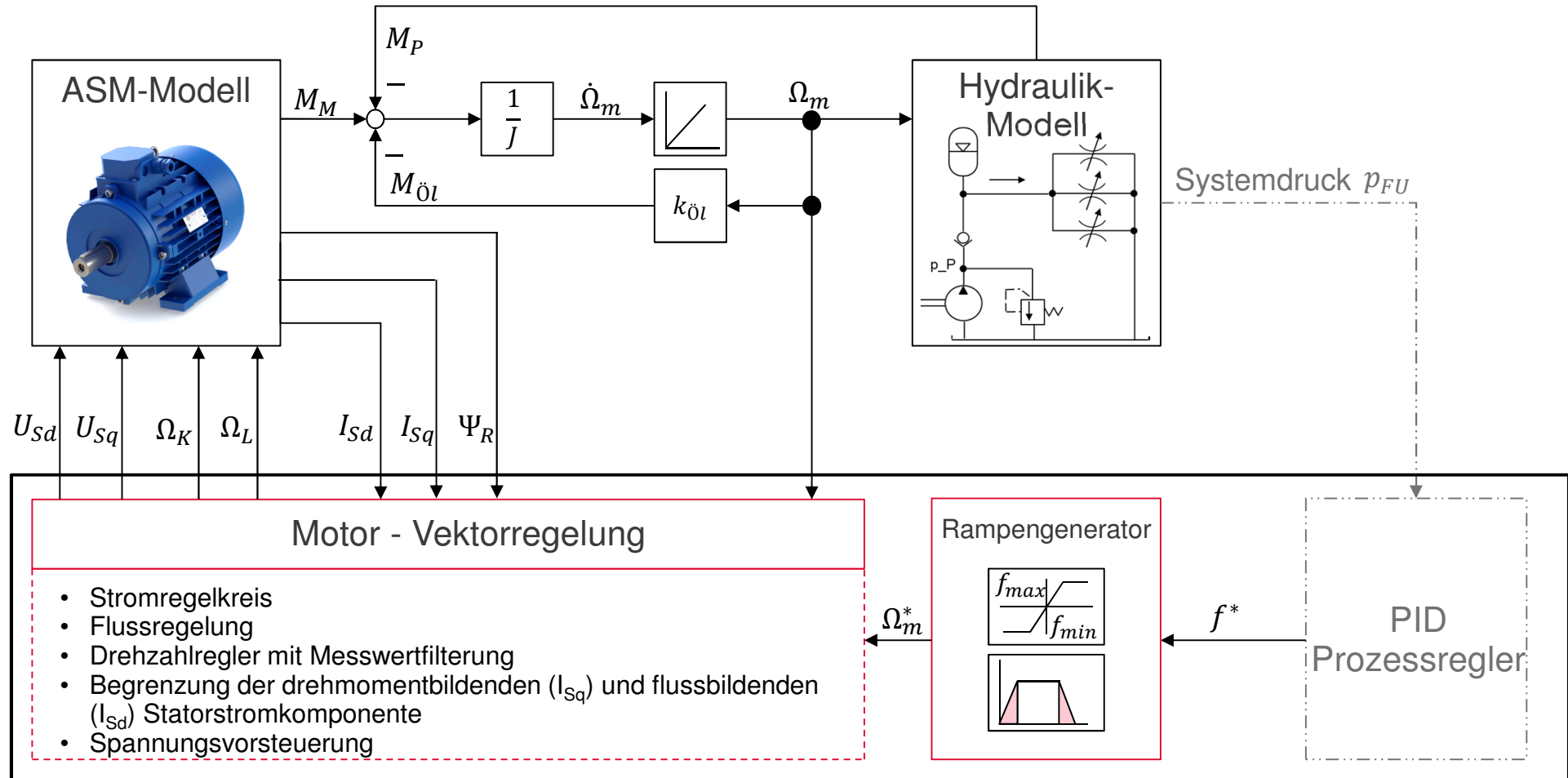
Drehmaschinen:

- Ein (zwei) Aktoren mit großer Leckage
 - Werkstück spannen
 - Andere Aktoren meist leckagefrei
 - Kontinuierliche Ölversorgung erforderlich
- Abschaltbetrieb nicht sinnvoll

Vorteile:

- konstanter Druck im System
 - niedriger Energieverbrauch
 - höhere Dynamik
-
- typ. Vol.-strom: $Q_{ab} = 2 - 20 \text{ l/min}$
 - typ. Systemdruck: $p_1 = 50 - 80 \text{ bar}$

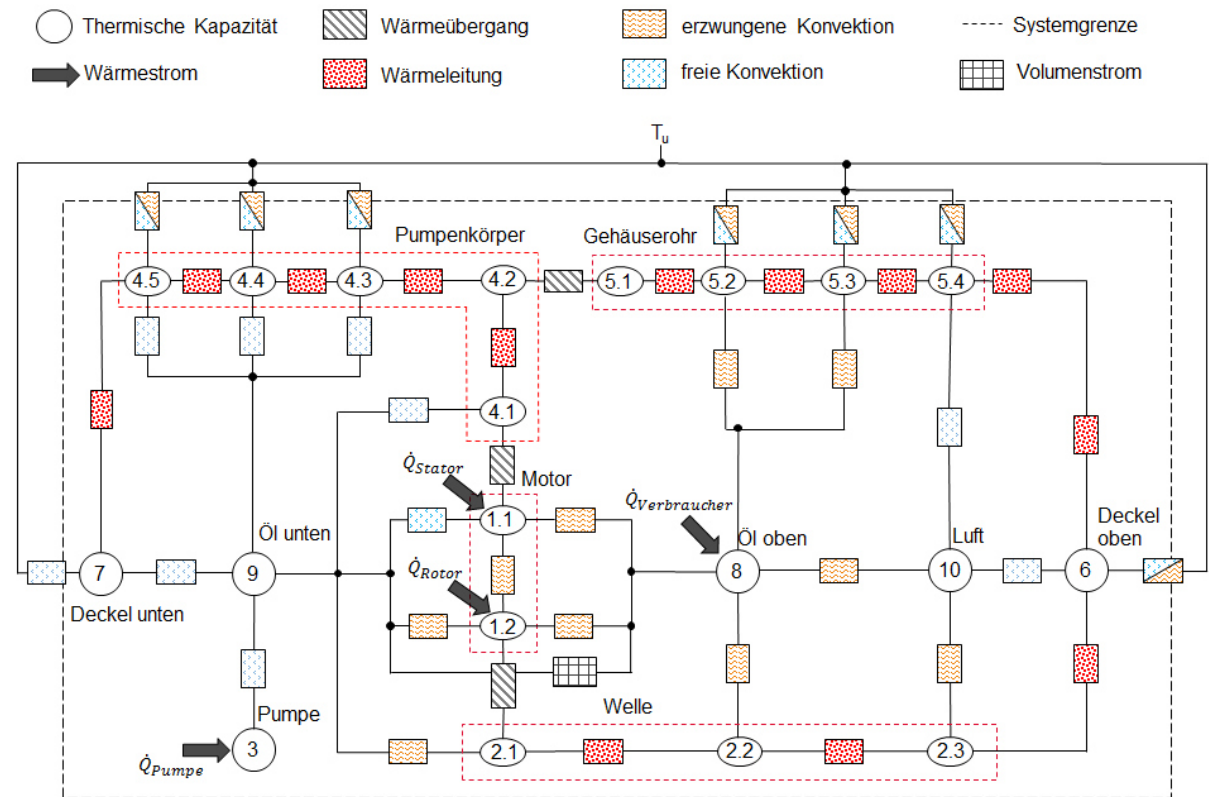
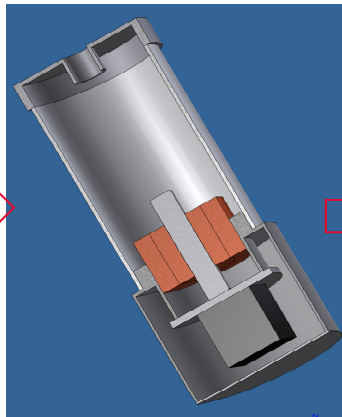
Modellstruktur



Komponenten des Frequenzumrichters

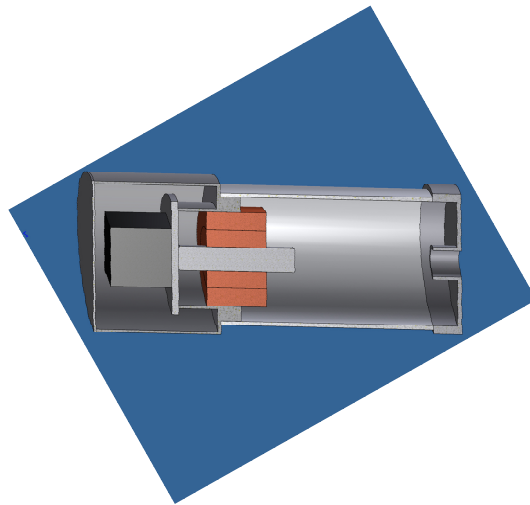
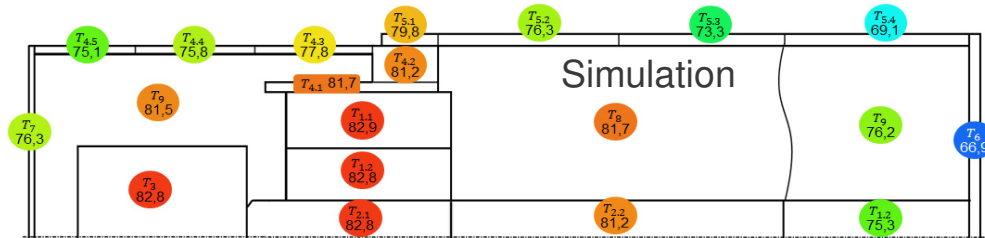
Aufgaben

- Iststandsanalyse Temperaturverhalten
- Analyse thermische Übertragungswege
- Berechnungsmodell als Auslegungs- und Optimierungswerkzeug

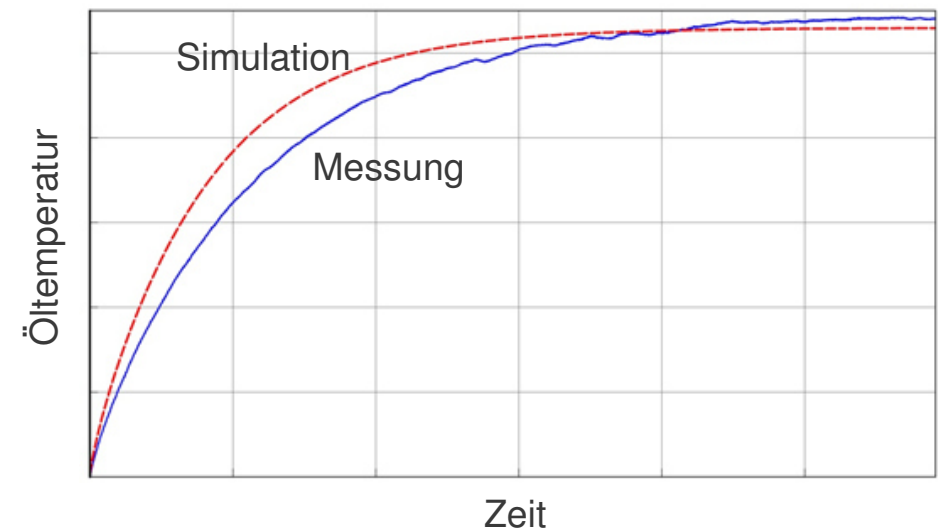


Ergebnisse der thermischen Analyse

- Temperaturverteilung (Lüfter aus)

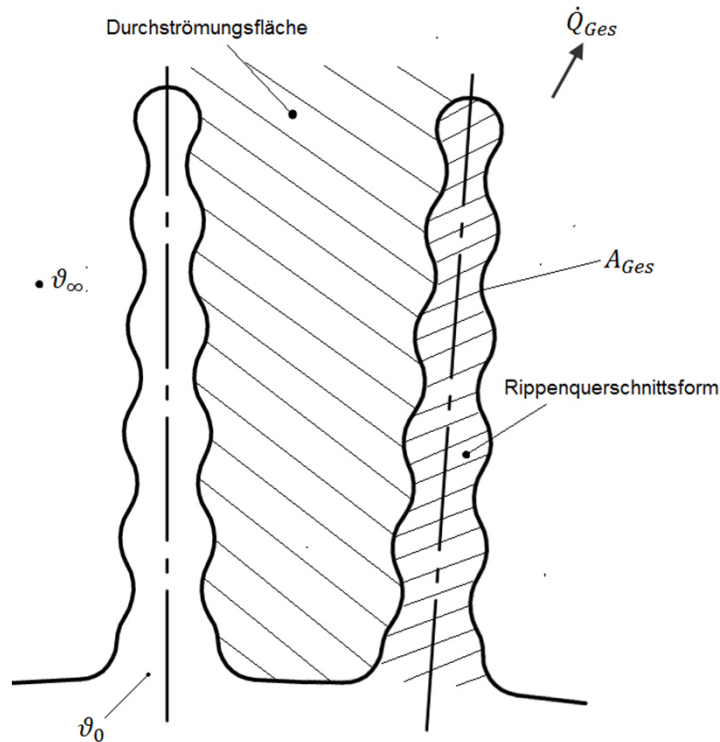


- Zeitverlauf Öltemperatur (Lüfter aus) (Übertemperatur)



FEM-Simulation der Temperaturverteilung in den Rippen

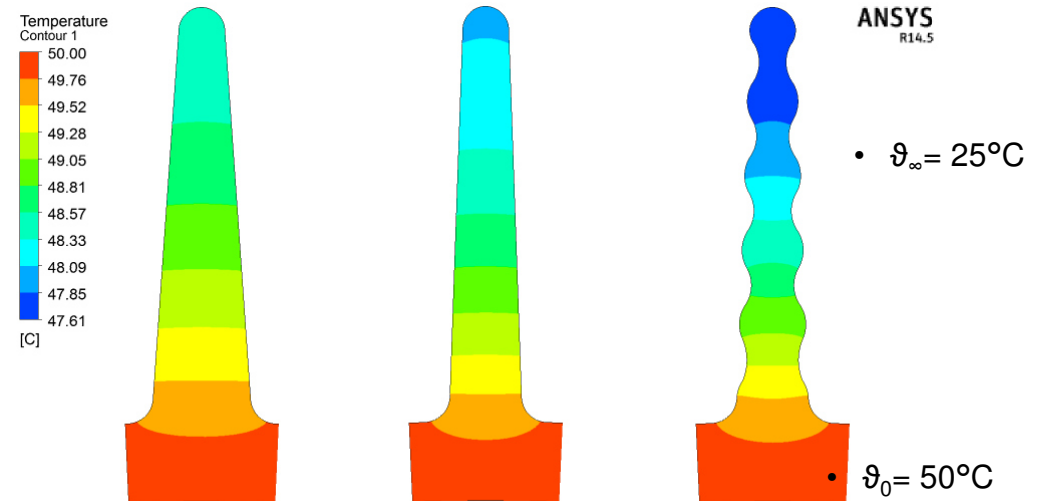
Annahme: erzwungene Konvektion an Außenrippen ($\alpha = \text{konstant}$)
 (lokaler Einfluss der Außenströmung wird vernachlässigt)



$$\dot{Q}_{Ges} = \alpha \cdot A_{Ges} \cdot \eta_R \cdot (\vartheta_0 - \vartheta_{\infty})$$

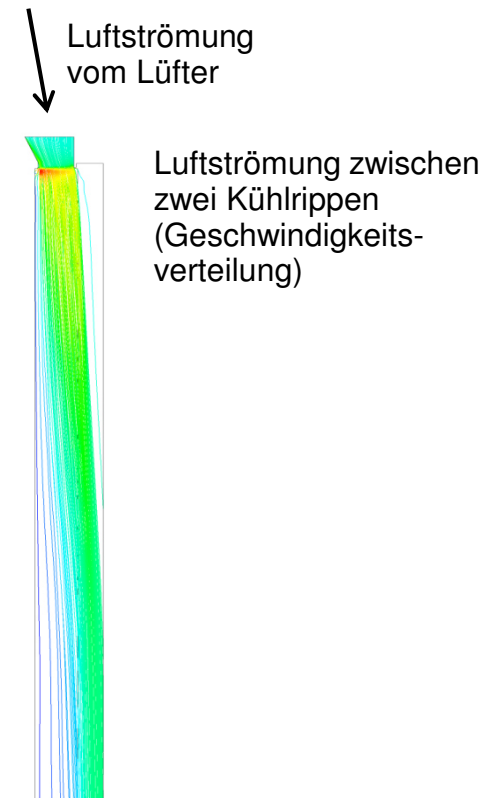
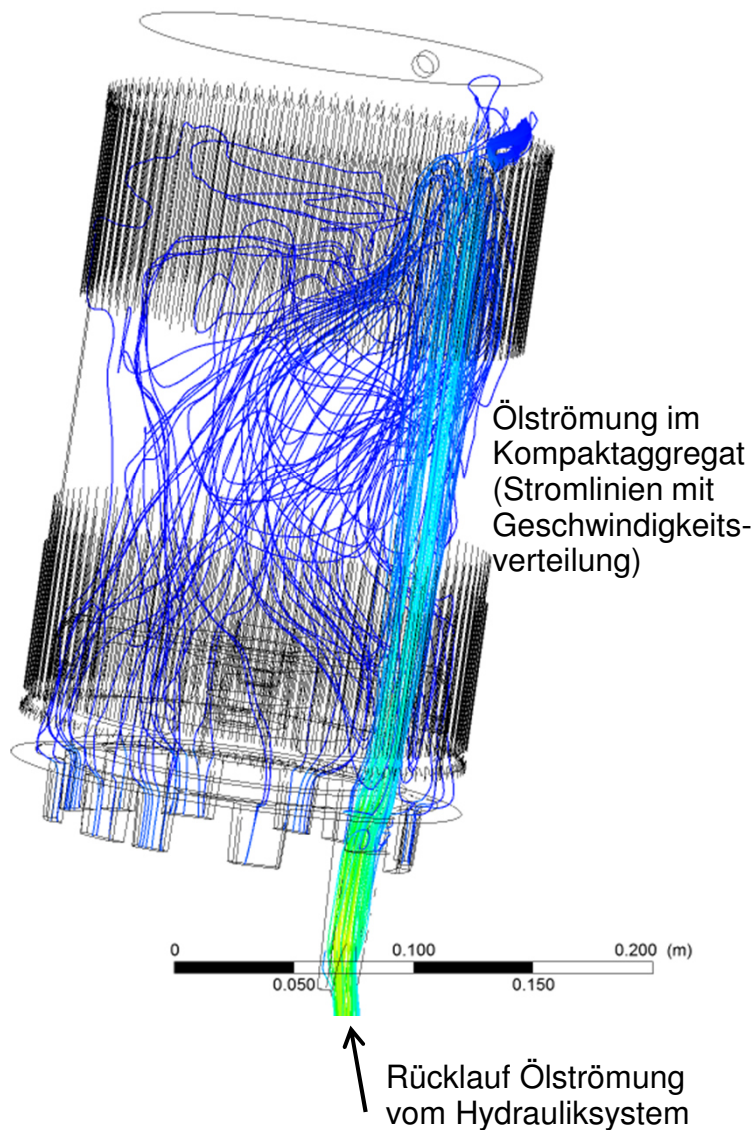
- α : Wärmeübergangskoeffizient zur Umgebung
- A_{Ges} : Gesamtoberfläche Rippenrohr
- η_R : Rippenwirkungsgrad (Verhältnis Q_{real} / Q_{max})
- ϑ_{∞} : Umgebungstemperatur
- ϑ_0 : Rippenfußtemperatur

- Der Wärmeübergangskoeffizient wird beeinflusst durch die Durchströmungsfläche und der Lüftercharakteristik
- Der Rippenwirkungsgrad wird beeinflusst durch die Temperaturverteilung in der Rippe (Rippenquerschnittsform)

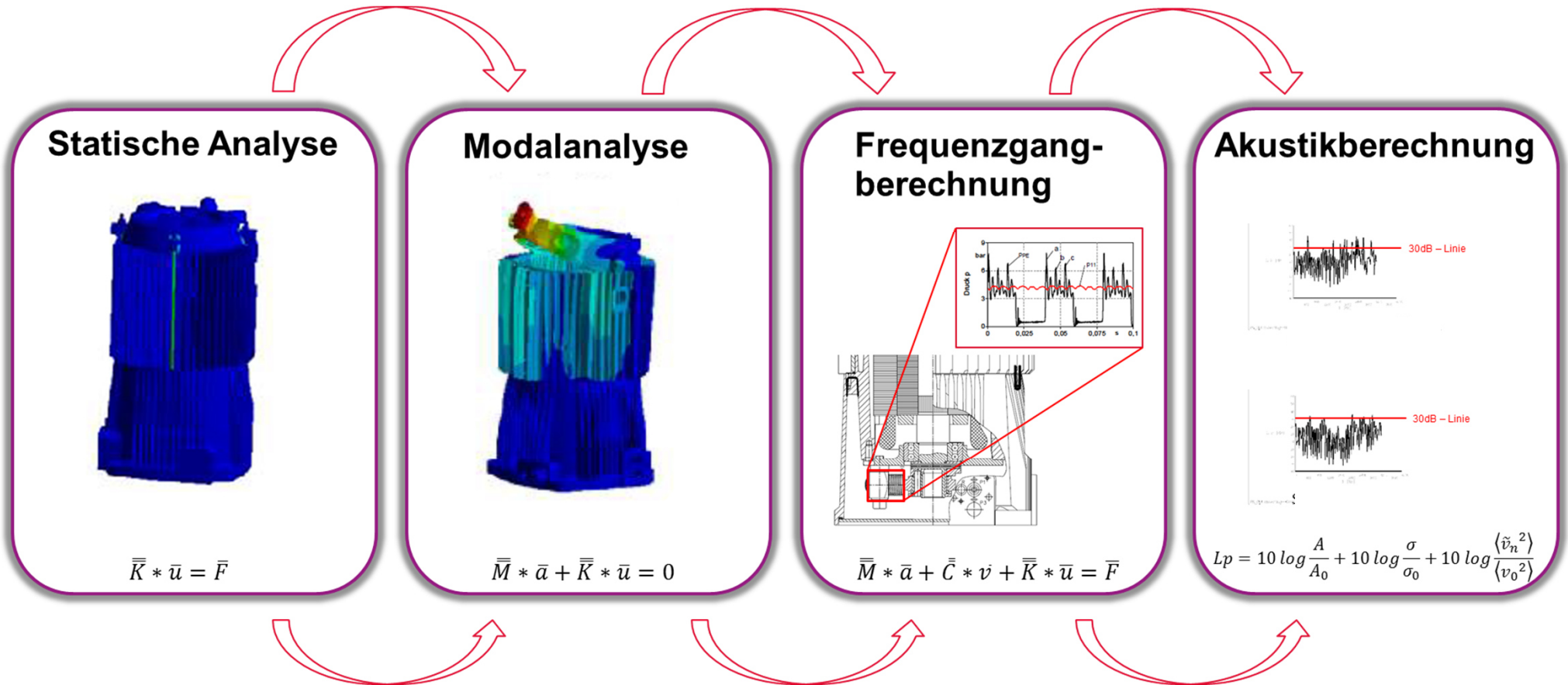


Optimierung Wärmeübergang am Rippenrohr

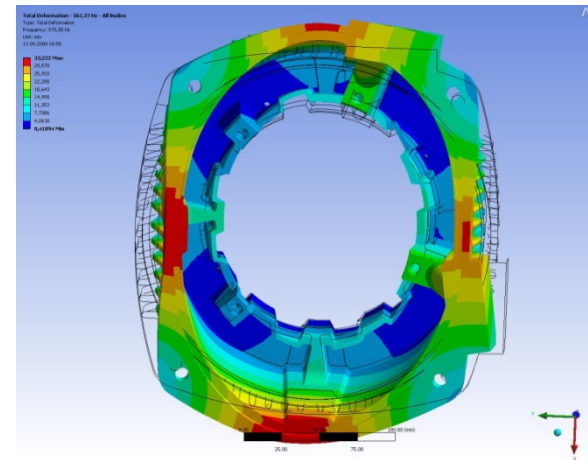
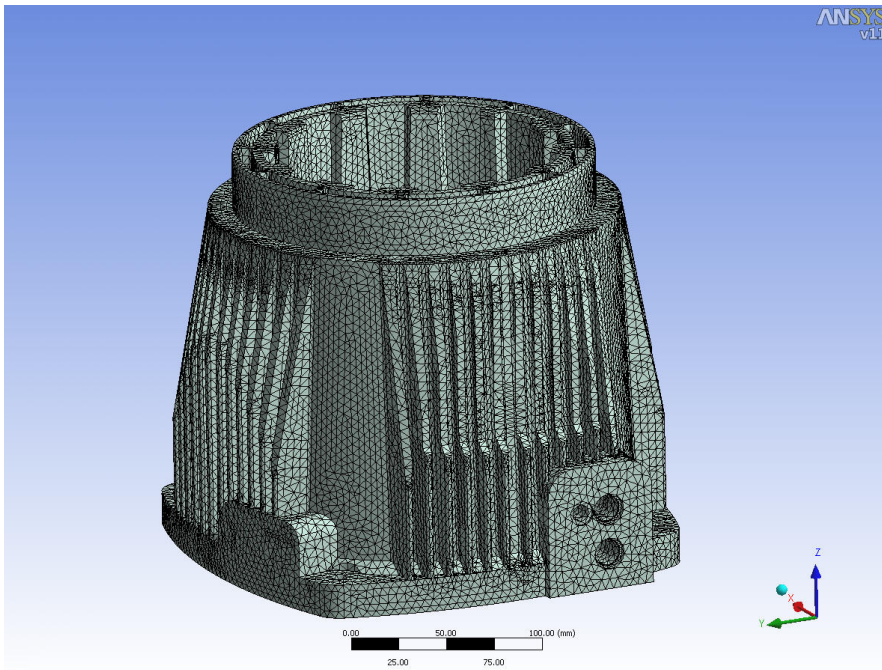
CFD-Simulation von Innenströmung (Öl) und Außenströmung (Luft)



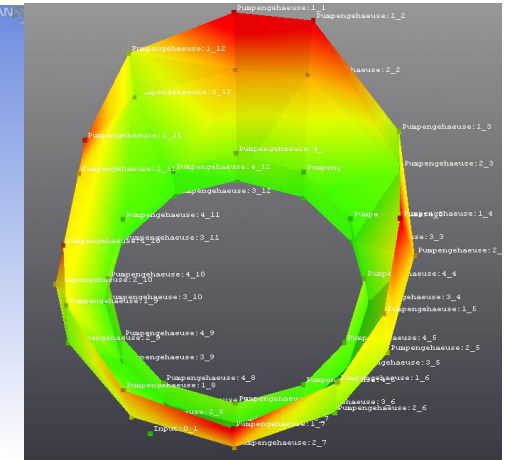
Vorgehensweise zur Schalleistungsberechnung



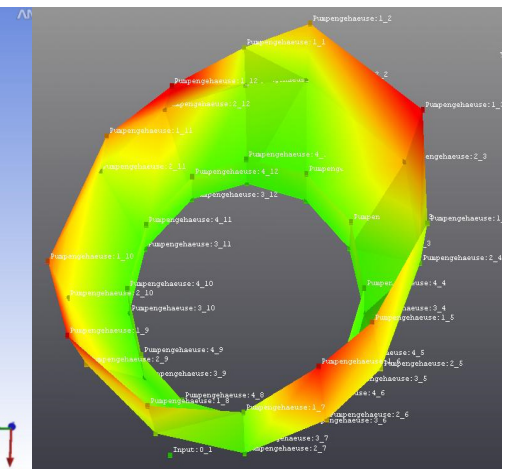
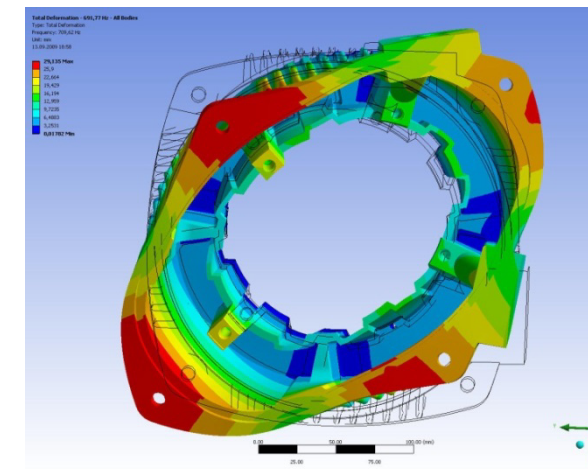
Numerische vs. Experimentelle Modalanalyse



Simulation

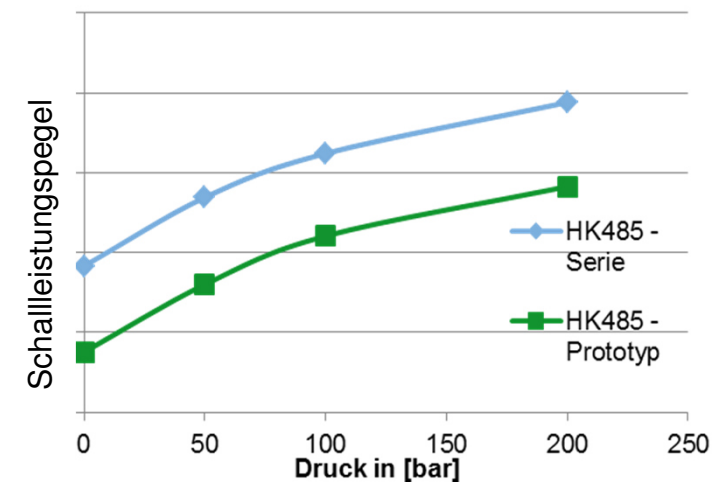
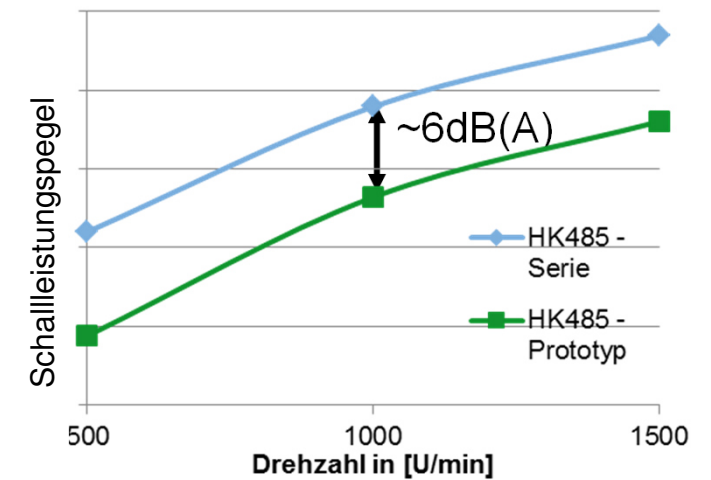
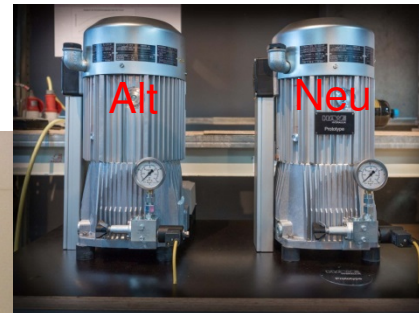


Experiment



Akustische Optimierung Gehäuse

Experimentelle Überprüfung im HAWE-Akustikmessraum
(Luftschallmessung nach ISO 3744 und ISO 3745,
Körperschallmessung nach DIN 45635-8)



**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit und
das Interesse!**