

Aspekte der Pumpensimulation mit **DSH**^{plus}

Prof. Dr. Axel Faßbender, FH Köln
Ronald Kett, FLUIDON GmbH



FLUIDON
Gesellschaft für Fluidtechnik mbH



COMPETENCE IN FLUID POWER SYSTEMS SIMULATION
KOMPETENZ IN DER SIMULATION FLUIDTECHNISCHER SYSTEME

Übersicht

1 Ausgangslage

2 Beispiele

3 Fazit

Was möchte ich mit der Simulation einer Pumpe erreichen?

Antworten zu:

- Verständnis
- Grundausslegung
- Volumenstromkennlinie
- Drehmomentkennlinie
- Geräusch
- Regelung
- System

Antworten

- Verständnis
 - Wie funktioniert meine Pumpe?
 - Wie spielen die einzelnen Komponenten zusammen?
 - Welche Zusammenhänge und Abhängigkeiten gibt es?
 - Worauf muss ich überhaupt achten, was ist unwichtig?
- Grundausslegung
 - Geometrie, z. B. Verhältnis der Kolbenfläche zum Hub
 - Querschnitte (Umsteuerung, Kanäle, Ventile)
 - Umsteuerung (Lage, Ausführung)
 - Volumenfunktion im Detail
- Weitere Fragen, die sich dabei stellen:
 - Woher kommen die Daten?
 - CAD
 - analytische Berechnung
 - Abschätzung
 - dynamische Effekte, z. B. Lageänderung der Verdränger, die sich auf $V(\phi)$ auswirkt, z. B. kraftabhängige Durchbiegung von Wellen, Flügelkippen, Kolbenbohrungsaufweitungen etc.)

Antworten

- Volumenstromkennlinien
 - $Q = f(\Delta p, n, T)$ (Lastenheft)
 - detailliertere Informationen zur Grundfunktion
- Weitere Fragen, die sich dabei stellen:
 - Leckagen
 - konstante Querschnitte
 - veränderliche Querschnitte (Länge, Höhe)
 - Änderung der Charakteristik (laminar / turbulent)
 - Ventilverhalten / Schließverhalten
 - Toleranzauslegung (zulässige Spalte, notwendige Genauigkeit)
 - Wird der Zulaufdruck durch einen z. B. Volumenstromregler beeinflusst?
- Genauigkeitssteigerung möglich
 - durch CFD einzelner Widerstände
 - durch Vermessung einzelner Widerstände bzw. Ersatzmodellen

Antworten

- Drehmomentkennlinien
 - $M = f(\Delta p, n, T)$ (Lastenheft)
 - detailliertere Informationen zur Grundfunktion
- Weitere Fragen, die sich dabei stellen:
 - Reibung
 - mechanische Reibung
 - hydraulische Verluste in inneren Kanälen
 - Wird der Zulaufdruck durch z. B. einen Volumenstromregler beeinflusst?
 - Öffnungsdrücke bei der Verwendung von Ventilen
- Genauigkeitssteigerung möglich
 - durch CFD einzelner Widerstände
 - durch Vermessung einzelner Widerstände bzw. Ersatzmodelle
 - Tools zur Tribologieberechnung
 - Berücksichtigung der Nachgiebigkeit und Beweglichkeit

Antworten

- Geräusch
 - Körperschall
 - dynamische Kraft auf Flächen ($\dot{p}$)
 - Bauteile
 - dynamischer Druck
 - Zusatzsoftware notwendig
 - Flüssigkeitsschall
 - Pulsation ($\dot{Q}$)
 - System (nach der Pumpe)
 - dynamischer Volumenstrom
 - Luftschall
 - Abstrahlverhalten
 - Oberflächen
 - Strukturen
 - Zusatzsoftware notwendig
- Regelung
 - Volumenstromregelung
 - Druckregelung
 - Welche Detaillierung der Pumpe brauche ich?

Antworten

- System
 - Zusammenspiel der Pumpe mit dem Gesamtsystem
 - Anregung des Systems durch die Pumpe
- Weitere Fragen, die sich dabei stellen:
 - Welche Detaillierung der Pumpe brauche ich?
 - Welche Rechenzeiten kann ich mir erlauben?

Übersicht

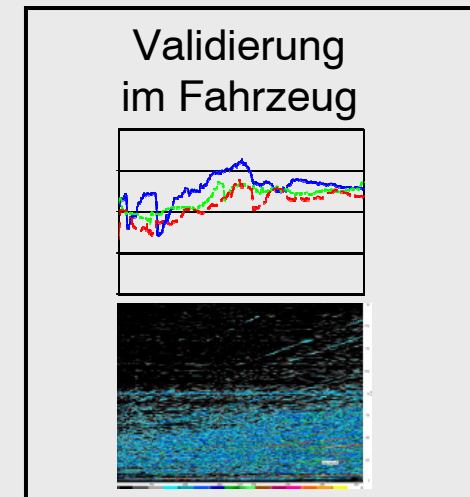
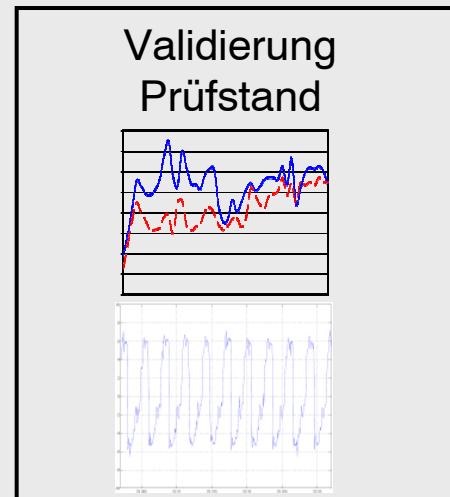
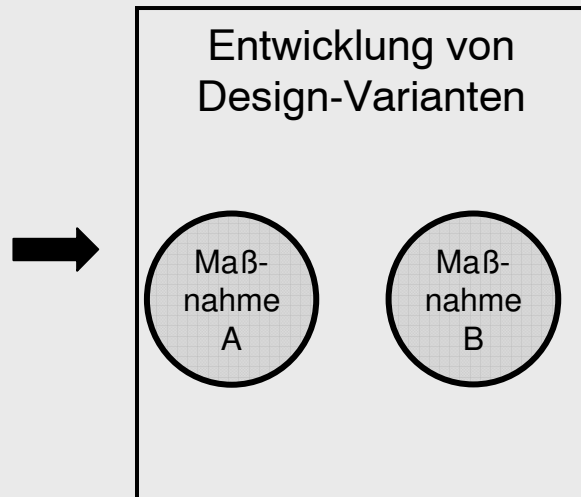
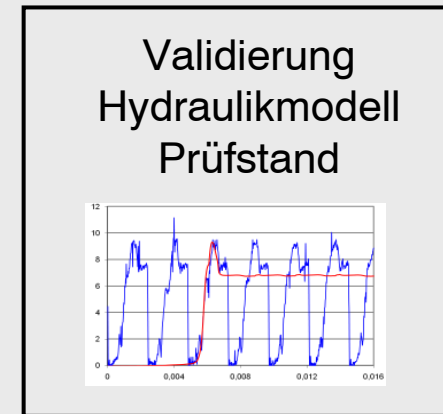
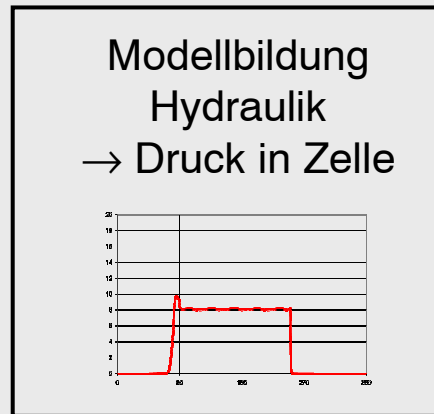
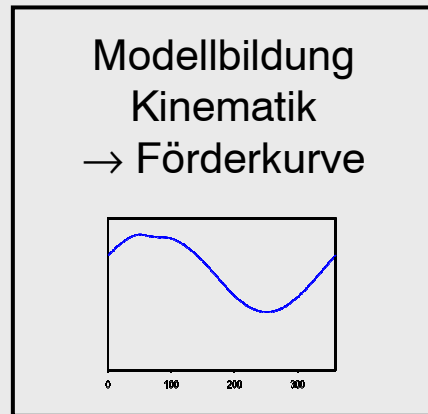
1 Ausgangslage

2 Beispiele

3 Fazit

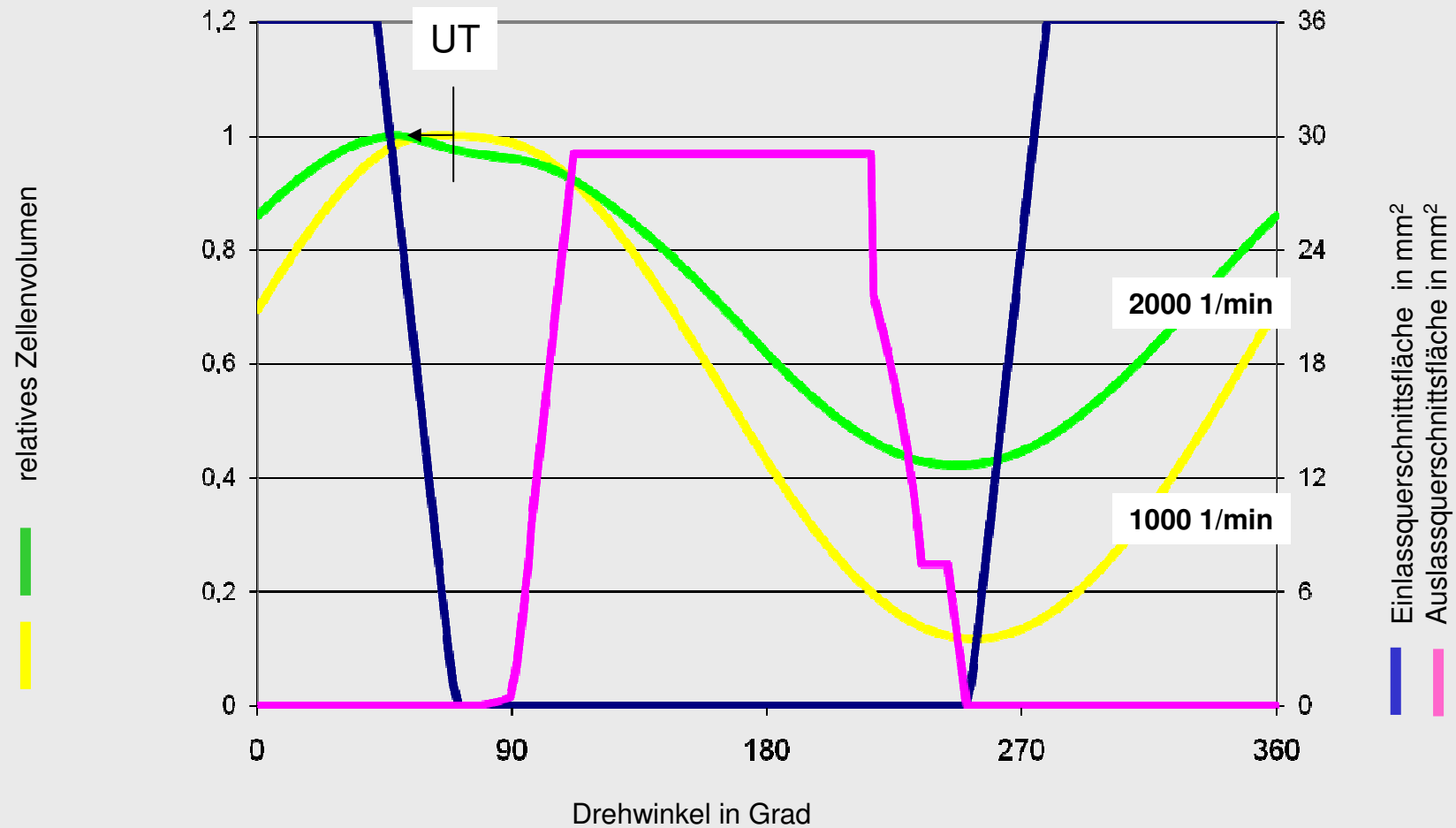
Beispiel 1: verstellbare Flügelzellenpumpe

- Aufgabe: Verbesserung des akustischen Systemverhaltens
- Vorgehensweise:



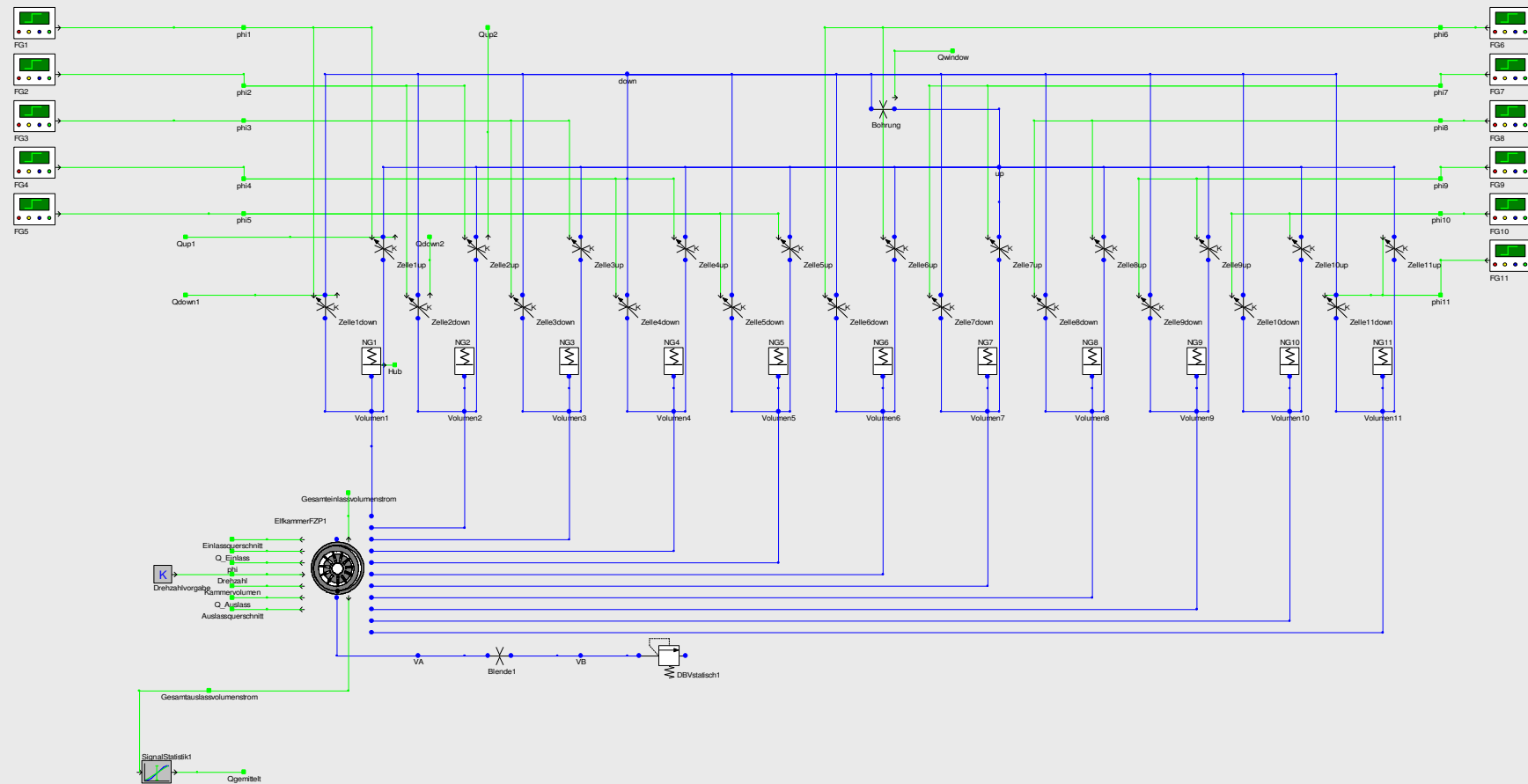
Beispiel 1: verstellbare Flügelzellenpumpe

Basis: Förderkurve und Einlass- / Auslassquerschnittsflächen.



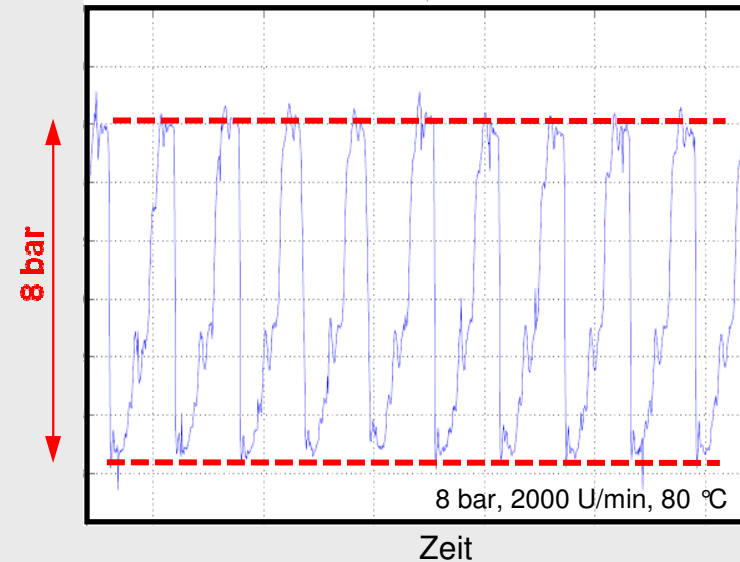
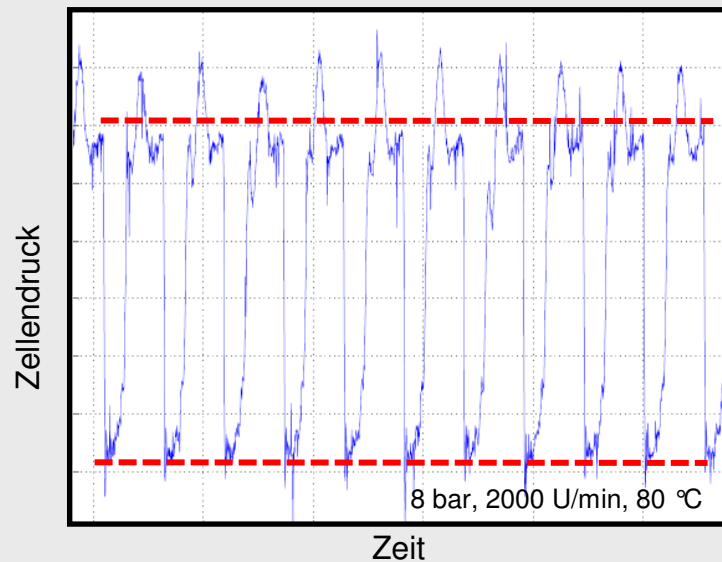
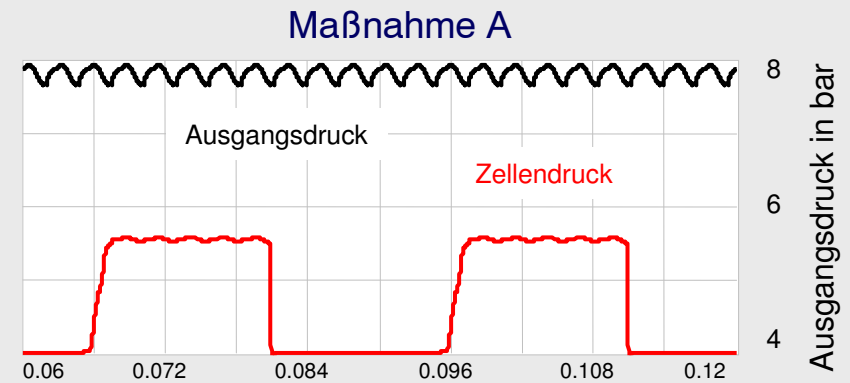
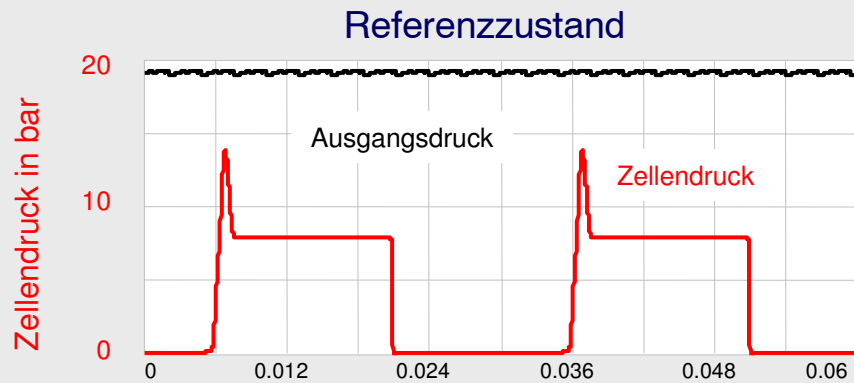
Beispiel 1: verstellbare Flügelzellenpumpe

Modell für 11 Zellen – mit Leckage.



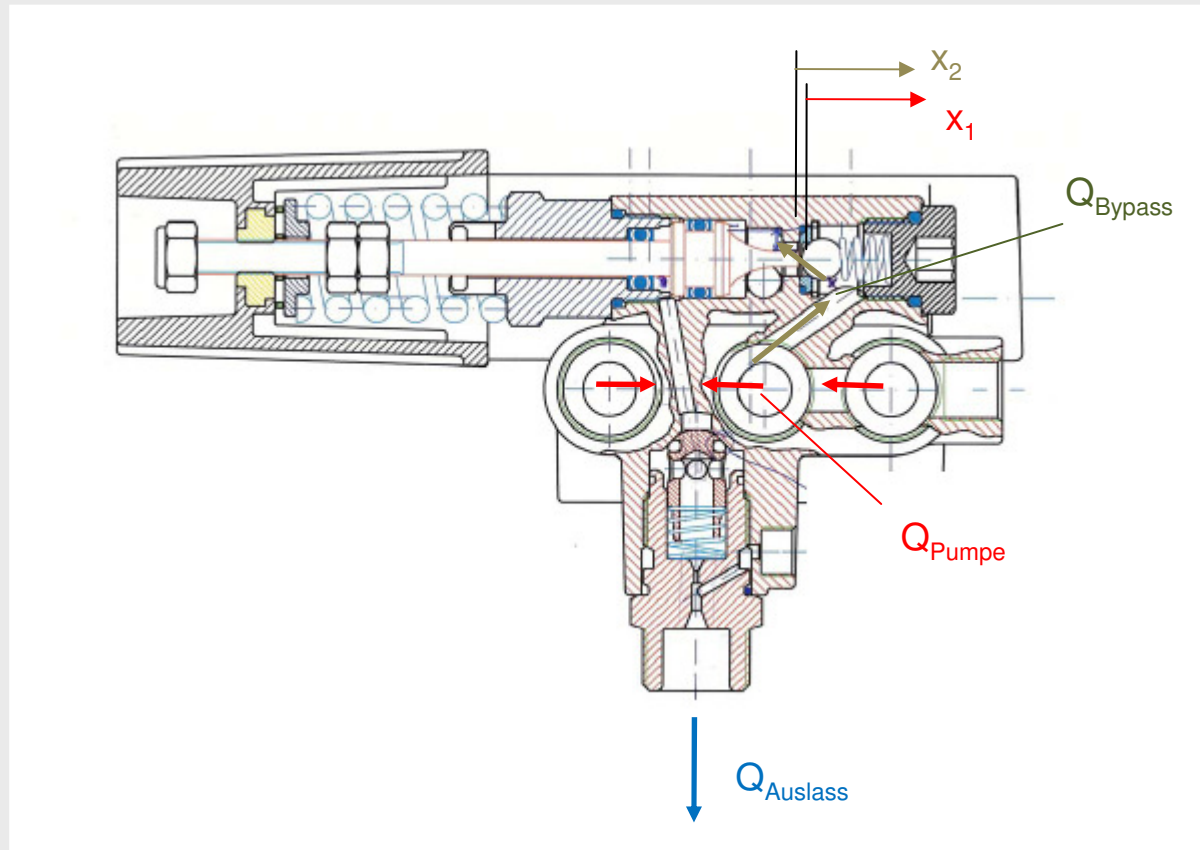
Beispiel 1: verstellbare Flügelzellenpumpe

Vergleich Simulationsergebnisse - Messergebnisse



Beispiel 2: Regler

- Aufgabe: Beseitigung von axialen Schwingungen eines Schiebers, die in einem bestimmten Arbeitspunkt angeregt werden und die mit einer starken Geräuscentwicklung einhergehen.

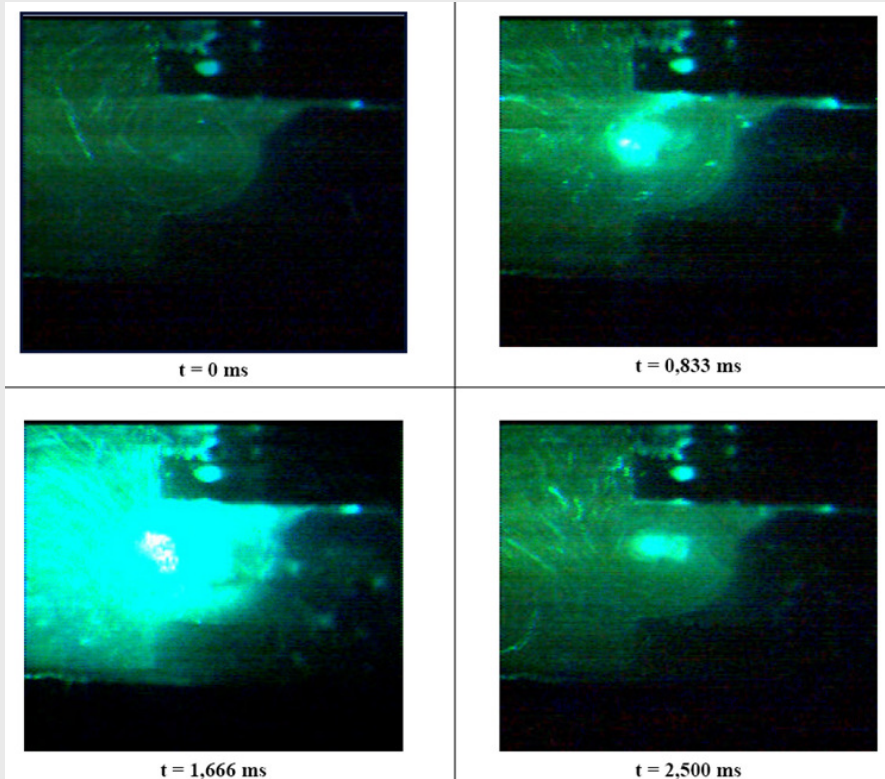


Beispiel 2: Regler

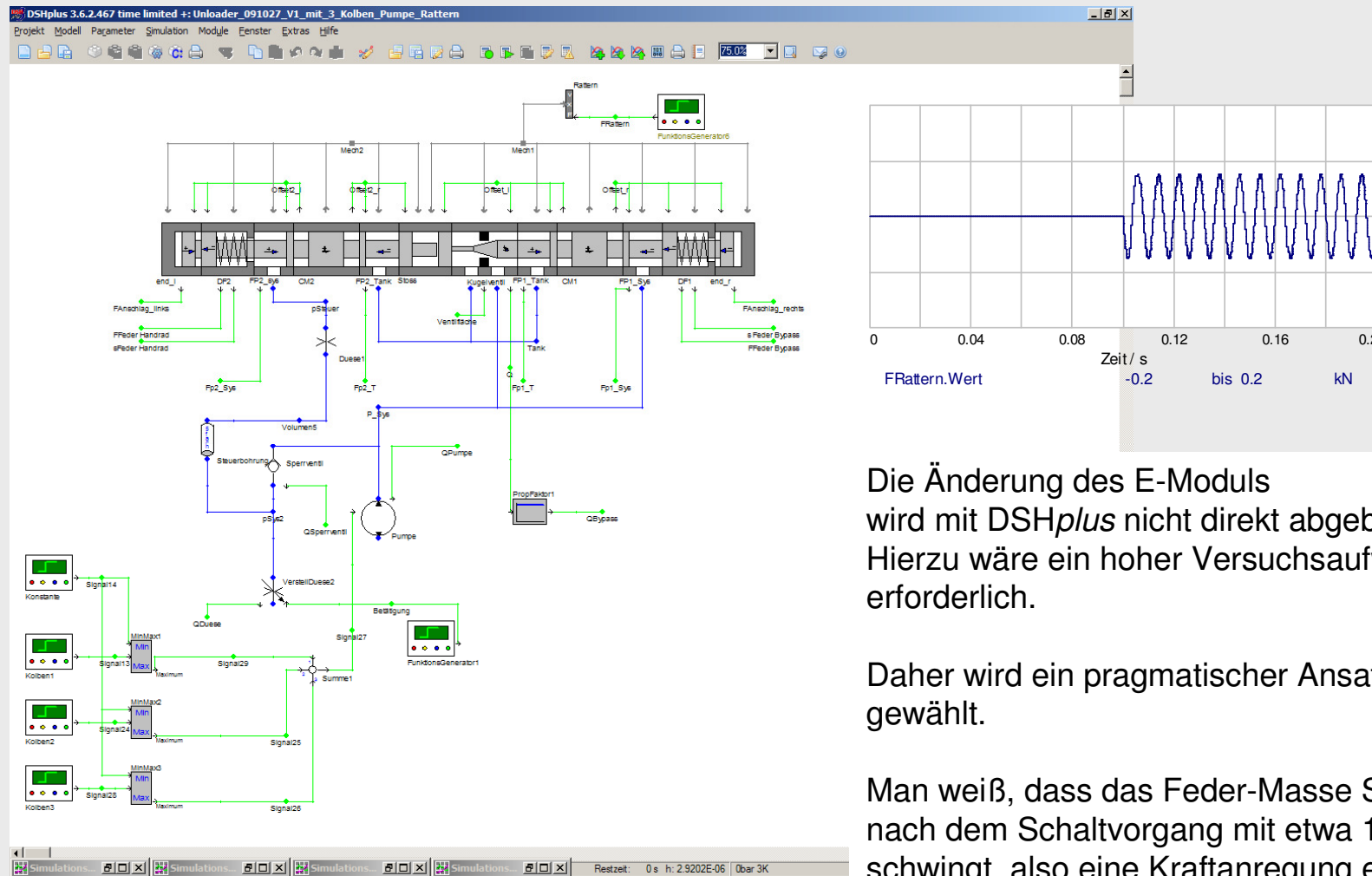
Annahme:

Schieber schwingt nach dem Schaltvorgang parametererregt durch Strömungskavitation, verstärkt durch eine ständige Änderung des Luftgehaltes. („Rattern“)
Das Kompressionsmodul ändert sich ständig.

*siehe u.a. Dissertation:
Klaus Habr – TU Darmstadt
Gekoppelte Simulation hydraulischer Gesamtsysteme
unter Einbeziehung von CFD*



Beispiel 2: Regler



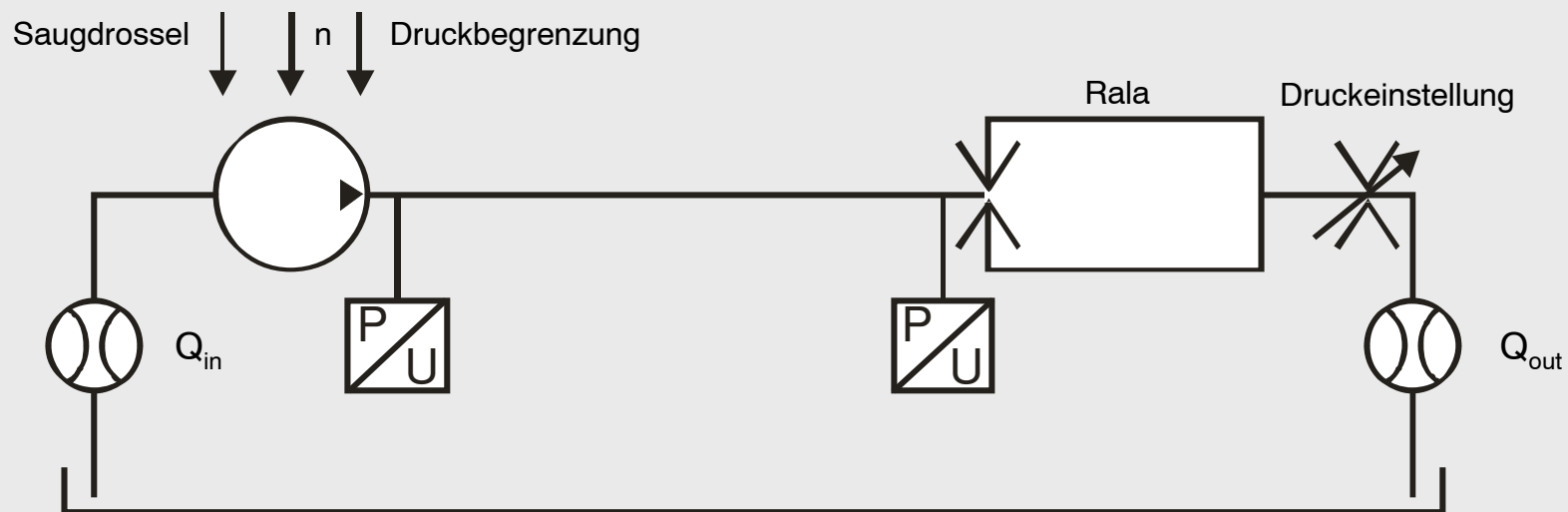
Die Änderung des E-Moduls wird mit DSHplus nicht direkt abgebildet. Hierzu wäre ein hoher Versuchsaufwand erforderlich.

Daher wird ein pragmatischer Ansatz gewählt.

Man weiß, dass das Feder-Masse System nach dem Schaltvorgang mit etwa 120 Hz schwingt, also eine Kraftanregung erfährt ...

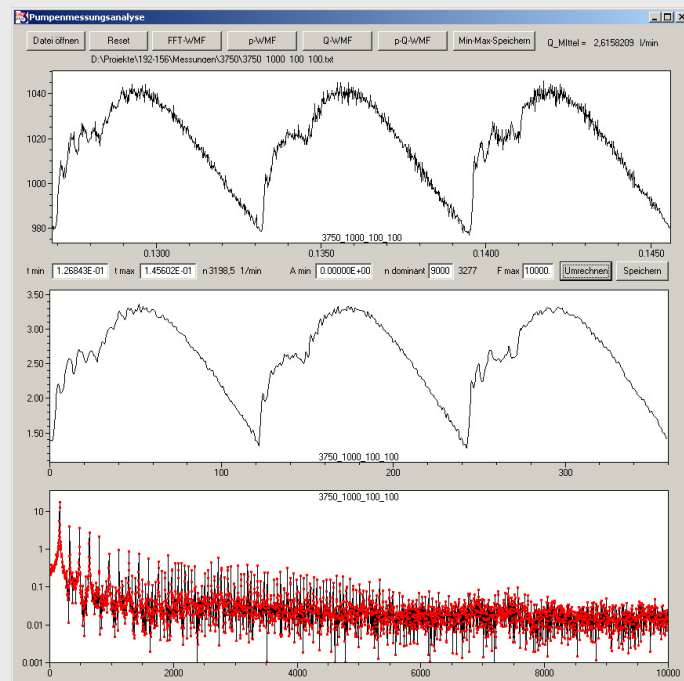
Beispiel 3: Pumpenmodell für Systemsimulation

- Aufgabe: Anregung eines hydraulischen Systems mit realistischen, betriebspunktabhängigen Pumpenvolumenstrom
- Vorgehensweise:
 - Messung von Druckpulsation
 - Bestimmung von FFT-Koeffizienten der Druckpulsation
 - Berechnung der zugehörigen Volumenstrompulsationskoeffizienten
 - Berechnung der inversen FFT im zeitbasierten Modell
- Pulsationsmessung mit Hilfe eines Rala

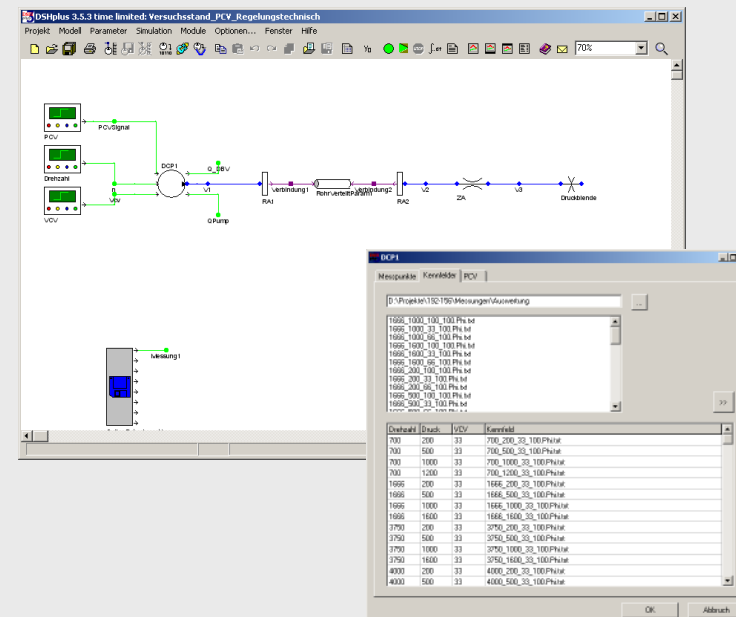


Beispiel 3: Pumpenmodell für Systemsimulation

- Postprocessing



- Simulationsmodell und Parameterisierung



Übersicht

1 Ausgangslage

2 Beispiele

3 Fazit

Fazit

- Viele Details sind mit 1-D-Simulation berechenbar
- Mit entsprechenden Modellvorstellungen und Ersatzmodellen lassen sich die Grenzen der Simulationsmöglichkeit gut ausweiten
- Der Aufwand ist im Vergleich zu anderen Methoden überschaubar, Modelle sind sehr gut wiederverwendbar
- Validierung bei jedem Schritt dringend ratsam
- Wichtige Fragestellungen werden in Zukunft sein:
 - Wann starte ich die Kopplung verschiedener Softwaretools?
 - Wie sinnvoll ist eine Automatisierung von Daten z. B. aus dem CAD heraus?