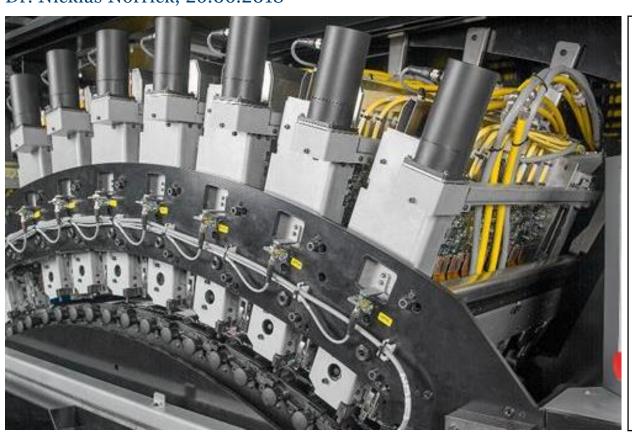
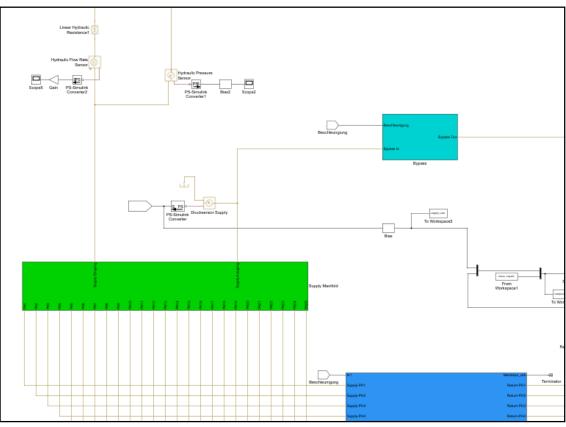


# Auslegung der Tintenversorgung einer industriellen Ink-Jet-Druckmaschine mittels Simscape

#### Matlab Expo 2018

Dr. Nicklas Norrick, 26.06.2018









### 1. Vorstellung Heidelberger Druckmaschinen AG

- 2. Grundlegendes zu Ink-Jet-Druckmaschinen
- 3. Modellierungsansatz
- 4. Beispielhafte Aufgaben und Ergebnisse
- 5. Zusammenfassung

# Heidelberg. Kennzahlen und Fakten











# Heidelberg. Maschinenübersicht



- Bogenoffsetdruckmaschinen
  - Verpackungen



- Akzidenzdruck



- Verpackungen
- Etiketten



- Digitaldruck auf dreidimensionale Objekte
  - Bälle
  - Helme
  - Autoteile
  - ...













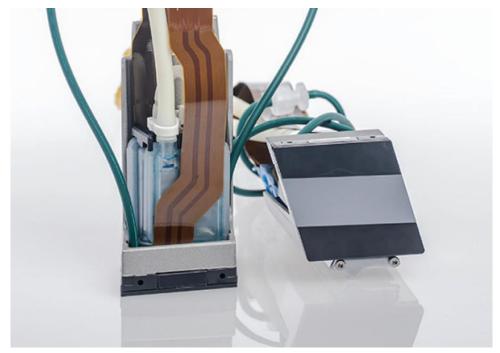


- 1. Vorstellung Heidelberger Druckmaschinen AG
- 2. Grundlegendes zu Ink-Jet-Druckmaschinen
- 3. Modellierungsansatz
- 4. Beispielhafte Aufgaben und Ergebnisse
- 5. Zusammenfassung

## Ink-Jet-Druckmaschinen



- Druckbild wird pixelweise aufgebaut
  - → Tropfengröße ~ Picoliter
- Jedes Pixel wird durch eine Druckdüse angesteuert
  - → Düsengröße ~ Micrometer
- Bei 1200 dpi, 1000 mm Bahnbreite und 7 Farben arbeiten 330000 Düsen mit einer Jetting-Frequenz von 30 kHz im Akkord
- Bogen oder Bahn wird in der Regel unter dem stehenden Kopf vorbeigeführt
- Der Prozess stellt hohe Anforderungen an die Versorgung der Druckköpfe mit Tinte bezüglich
  - Temperatur
  - Reinheit (kein Schmutz, keine Luft)
  - Druck
  - Volumenstrom



Quelle: Fujifilm

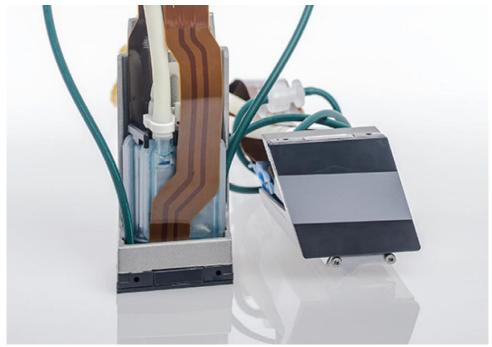
## Ink-Jet-Druckmaschinen



- In der Regel als Kreislauf ausgeführt, vergleichbar mit dem Common-Rail-Prinzip beim Dieselmotor
- Die Tintenversorgung ist ein mechatronisches System aus Hydraulik, Pumpen, Sensoren und Regelung



Auslegung, Vergleich von Varianten, Testen von Regelparametern nur noch mittels Simulation beherrschbar



Quelle: Fujifilm

© Heidelberger Druckmaschinen AG | Tintenversorgung Simscape



- 1. Vorstellung Heidelberger Druckmaschinen AG
- 2. Grundlegendes zu Ink-Jet-Druckmaschinen
- 3. Modellierungsansatz
- 4. Beispielhafte Aufgaben und Ergebnisse
- 5. Zusammenfassung

# Modellierungsansatz



#### Klassische Vorgehensweise:

- Aufstellen der Differentialgleichungen
- Aufbau mit Simulink-Blöcken, eigenen Bibliotheken



#### Vorteile:

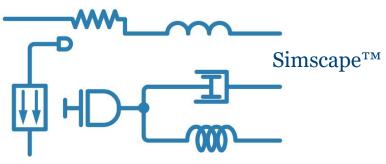
- Hohes Verständnis der beschreibenden Gleichungen
- Maximale Flexibilität

#### Nachteile:

- Zeitaufwand
- Fehler z.B. durch falsche Einheiten

#### Neue Vorgehensweise:

Physikalische Modellierung



#### Vorteile:

- Schneller Einstieg durch vorhandene Blöcke
- Physikalische, einheitenkorrekte Verbindungen

#### Nachteile:

- eingeschränkte Flexibilität bei Standardblöcken
- Fehler durch mangelndes physikalisches Verständnis

# Modellierungsansatz in Simscape™ – Trennung der Zeitskalen





- → Zeitskala ca. 10 ms
- → Bibliotheken: **Hydraulic** und **Mechanical**
- → Druckregelung über Simulink-Blöcke mit abgebildet
- → Eigene Blöcke für Spezialkomponenten
- → Numerische Strömungssimulation zur detaillierten Parameterermittlung

## Temperaturverhalten

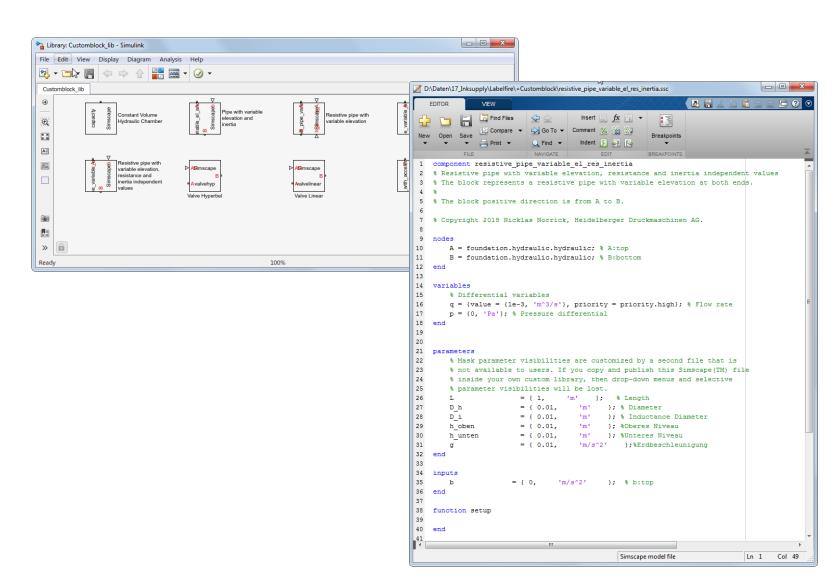
- → Zeitskala ca. 1 s
- → Bibliothek: **Thermal Liquid**
- → Temperatur- und Druckregelung über Simulink-Blöcke mit abgebildet
- → Eigene Blöcke für Spezialkomponenten
- → Numerische Strömungssimulation inklusive thermischem Zeitverhalten zur detaillierten Parameterermittlung







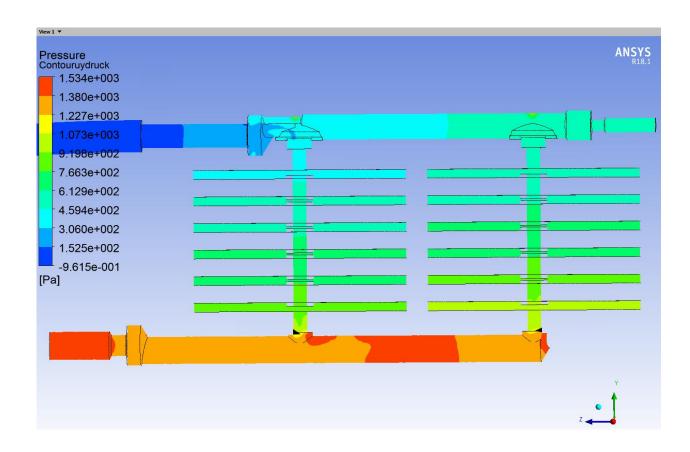
- Einbindung zusätzlicher Funktionen mit der Simscape Language
- Einfache Syntax
- Internes Teilen von Blöcken über gemeinsam genutzte Library





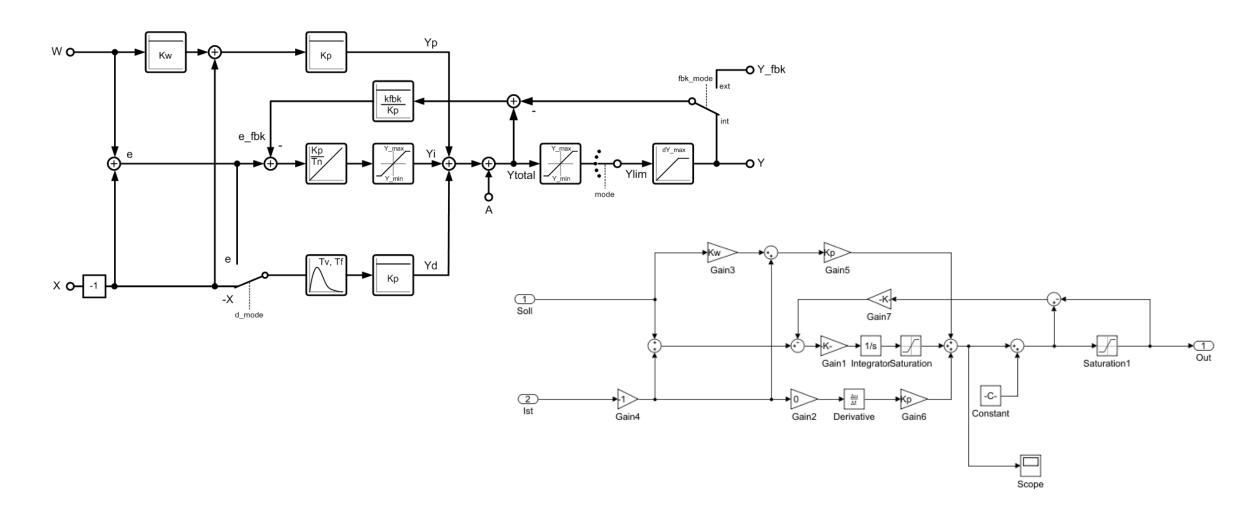
# Modellierungsansatz – Detaillierte Simulation von Einzelkomponenten mittels CFD (ANSYS® Fluent)

- Überprüfung von Annahmen, analytischen Rechnungen und Datenblattangaben
- Feine Auflösung von komplexen Strukturen
- Modellreduktion



# Modellierungsansatz – Detaillierte Abbildung der Reglerstruktur





# Modellierung sans atz-Workflow



- 1. Modellaufbau in Simulink®/Simscape™ (aktuell teils Handarbeit, teils skriptbasiert)
  - → alle Parameter als Variablen
  - → Run-Time Parameter (sinnvoll) wählen
- 2. m-File zur Parametrierung
- 3. Modellaufruf je nach Untersuchungszweck (z.B. Optimierung)



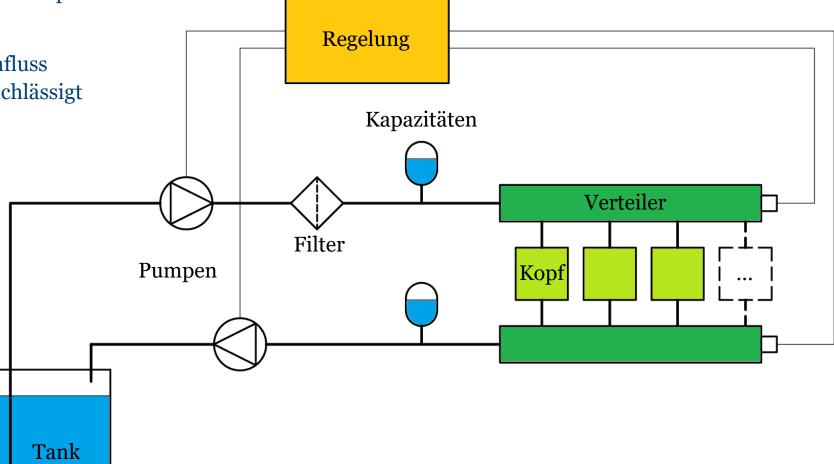
- 1. Vorstellung Heidelberger Druckmaschinen AG
- 2. Grundlegendes zu Ink-Jet-Druckmaschinen
- 3. Modellierungsansatz
- 4. Beispielhafte Aufgaben und Ergebnisse
- 5. Zusammenfassung

# Schema der Tintenversorgung



• Aufbau analog zum Common-Rail-Prinzip beim Dieselmotor.

 Je nach Fragestellung kann der Einfluss verschiedener Komponenten vernachlässigt oder vereinfacht werden.



# Beispielhafte Aufgaben



- 1. Dimensionierung einzelner Komponenten
  - → Pumpen
  - → Rohrleitungen und Schläuche
  - → hydraulische Kapazitäten
- 2. Prognose von Systemverhalten und -robustheit, z.B.
  - → Verstopfung eines Filters
  - → Unterschiedliche Stoffwerte (Tintenchargen)
  - → Unterschiedliche Umgebungsbedingungen (Temperatur)
- 3. Testen neuer Regelstrategien, Optimierung von Regelparametern

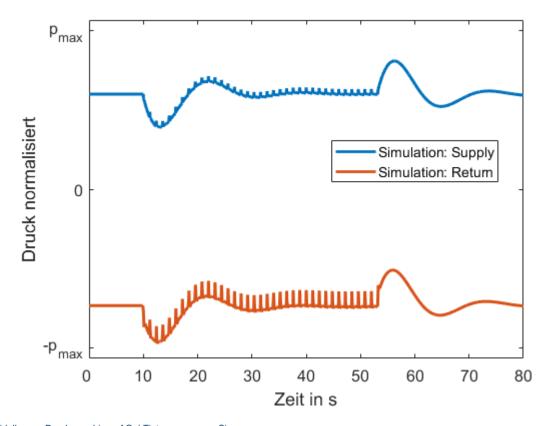
# Beispielhafte Ergebnisse



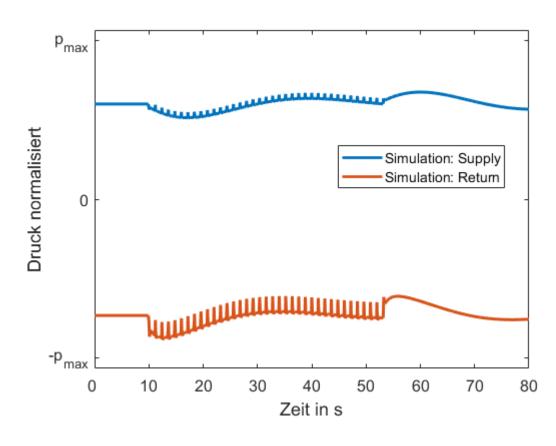
Anregung: Tintenentnahme durch Druckjob:



#### Vor Optimierung Kapazität



#### Nach Optimierung Kapazität



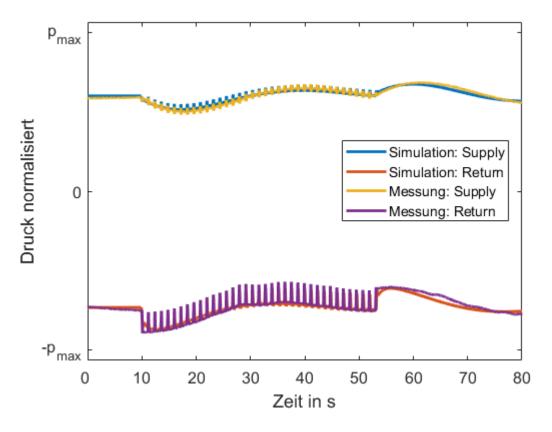
# Beispielhafte Ergebnisse



Anregung: Tintenentnahme durch Druckjob:



#### Validierung anhand von Versuchsdaten:



#### Simulation als Ergänzung und Unterstützung der Messung:

- Auswahl geeigneter Messstellen
- Entwurf von Versuchsplänen
- Sensitivitätsanalyse

- ...



- 1. Vorstellung Heidelberger Druckmaschinen AG
- 2. Grundlegendes zu Ink-Jet-Druckmaschinen
- 3. Modellierungsansatz
- 4. Beispielhafte Aufgaben und Ergebnisse
- 5. Zusammenfassung

# Zusammenfassung



- Simscape<sup>™</sup> als effektives Werkzeug zur Beschreibung komplexer mechatronischer Systeme
- Steile Lernkurve durch physikalische Modellierung
- Die frühe Einbindung der Simulation in den Produktentwicklungsprozess spart Zeit und Versuchskosten
- Simulation als Ergänzung und Unterstützung von Messungen
- Ausblick: automatische Modellerzeugung für Variantenbildung



