

Modellbildung in der Fluidtechnik mit Modelica-Bibliotheken

Peter Beater

Soest

Modellbildung in der Fluidtechnik

- **Wie geht es?**
- **Welche Ergebnisse sind möglich?**
- **Welcher Aufwand ist nötig?**
 - => Typische Pneumatikanwendungen
 - => Vorstellung Pneumatikbibliothek
 - => Beispiele

Typische Anwendungen pneumatischer Antriebe

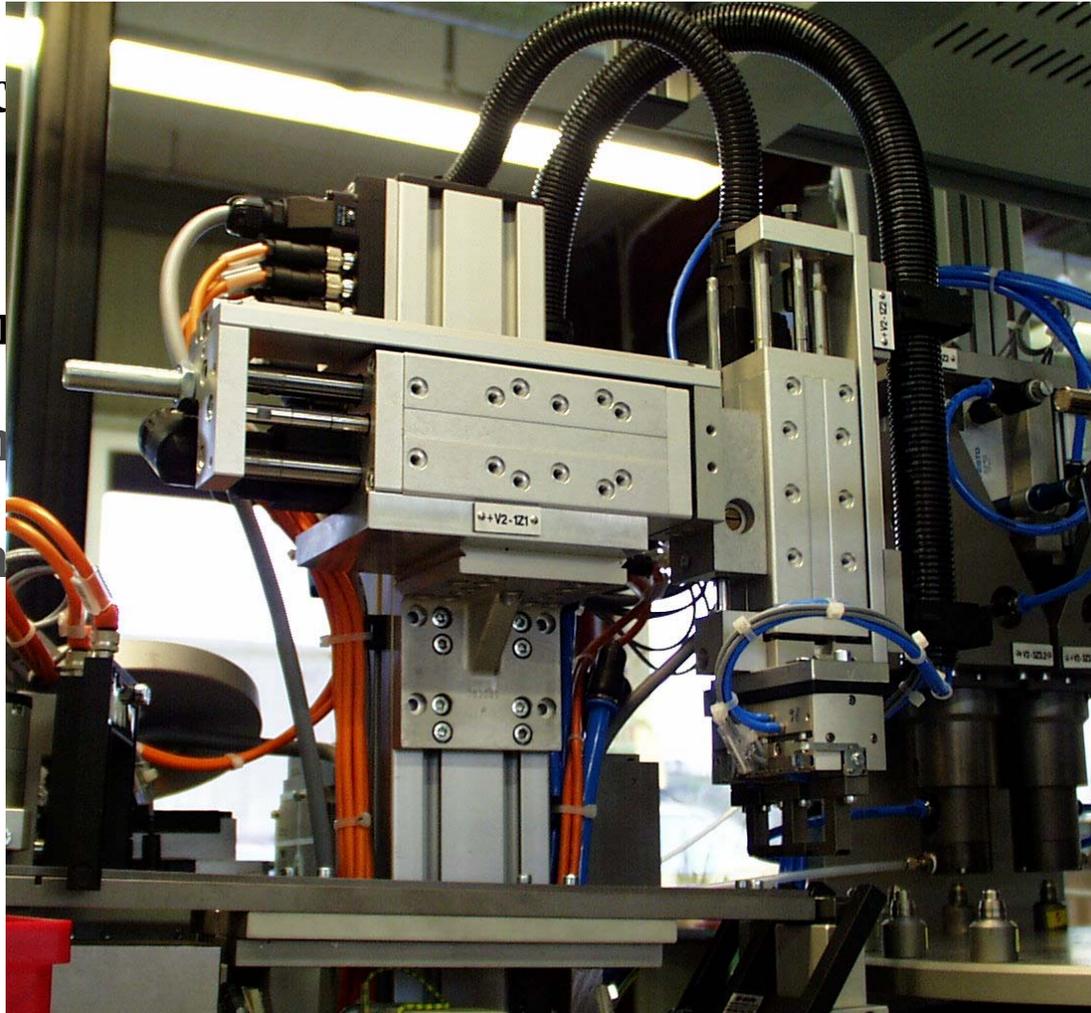
- **Handhabungs- u. Montagetechnik**
- **Ventile und Antriebe in chemischen Prozessen**
- **Fahrzeugtechnik**

Typisch

be

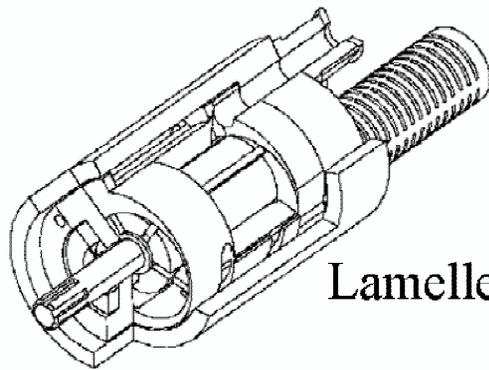
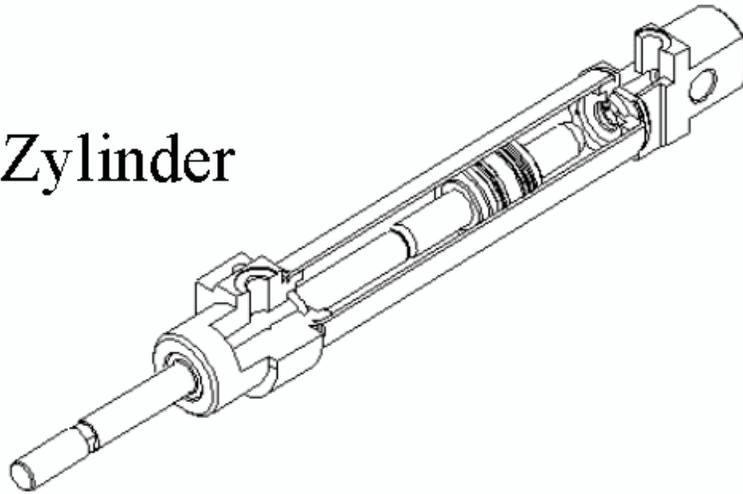
- Motor
- Ventil
- Fahr

en

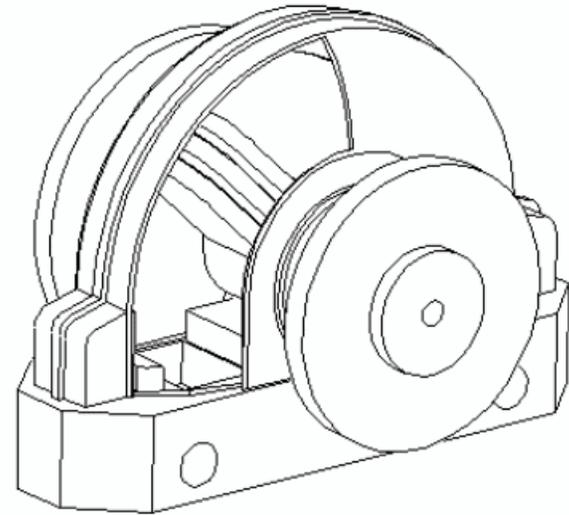


Typische Antriebe

Zylinder

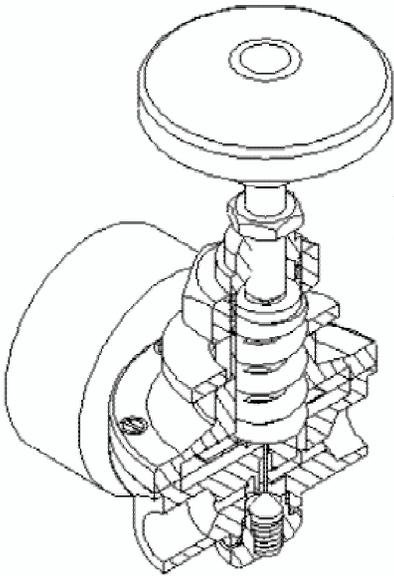


Lamellenmotore

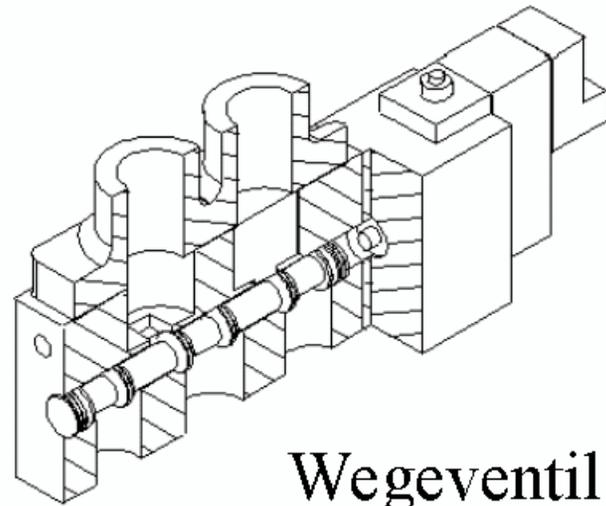


Drehantriebe

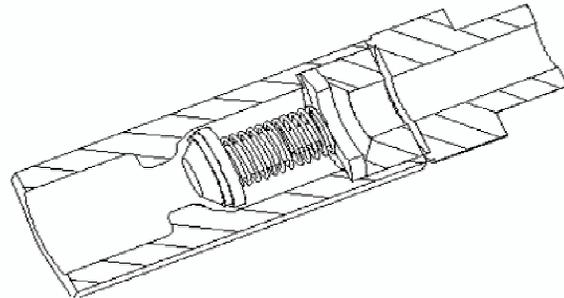
Typische Ventile



Druckregler



Wegeventil



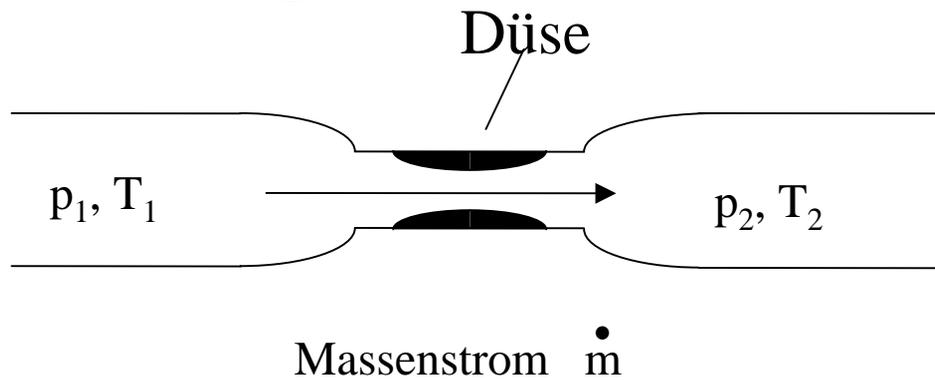
Rückschlagventil

Fundamentale Prozesse

- **Drosselung**
- **Druckaufbau in einem konzentrierten Volumen**

Fundamentale Prozesse

- **Drosselung**



- **Druckaufbau in einem konzentrierten Volumen**

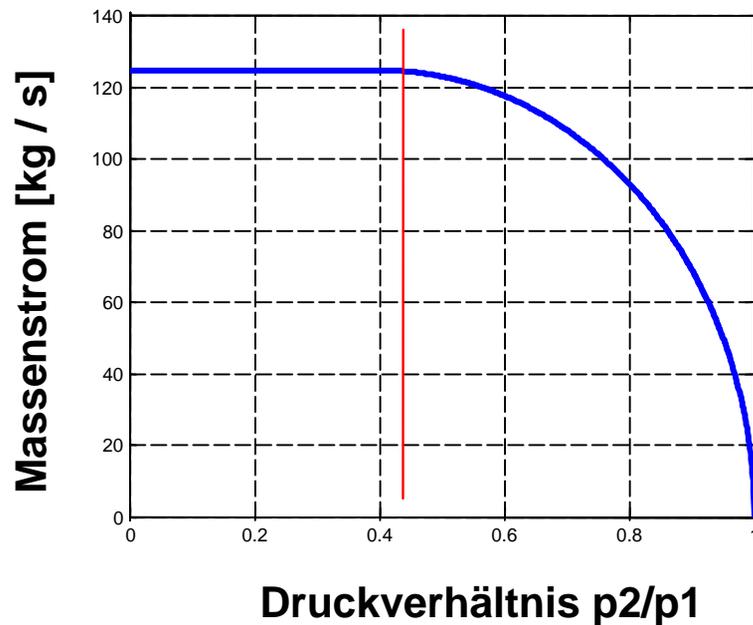
$$\dot{m} = p_1 \cdot C \cdot \rho_0 \cdot \sqrt{\frac{T_0}{T_1}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{p_2 - b}{p_1 - b} \right)^2}$$

$$\frac{p_2}{p_1} > b$$

ISO 6358

$$\dot{m} = p_1 \cdot C \cdot \rho_0 \cdot \sqrt{\frac{T_0}{T_1}}$$

$$\frac{p_2}{p_1} \leq b$$



3 Strömungsformen

- überkritisch
- turbulent
- laminar

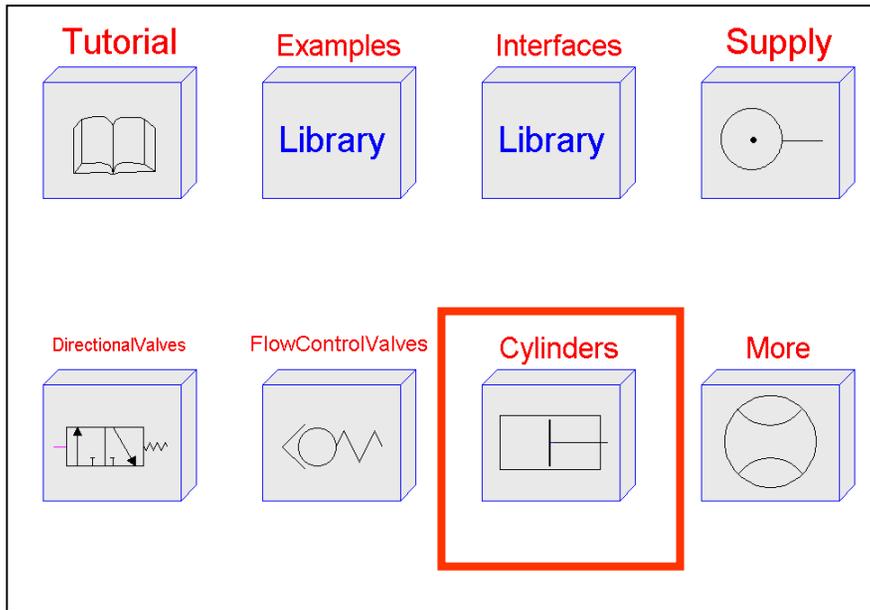
Fundamentale Prozesse

- **Drosselung**
- **Druckaufbau in einem konzentrierten Volumen**

$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T$$

$$m \cdot \dot{T} + T \cdot \dot{m} = - \frac{1}{c_V} \cdot |P| \cdot \dot{x}(t) \cdot a_{\text{piston}} - \frac{1}{c_V} \cdot \alpha \cdot a_{\text{cylinder}} \cdot (T - T_{\text{ext}}) + \kappa \cdot T_{\text{ext}} \cdot \dot{m}$$

Hydraulische Systeme werden anders beschrieben.

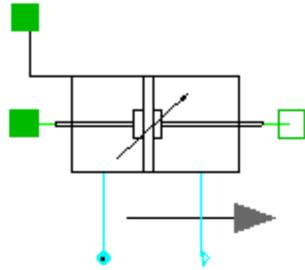


PneuLib[®]

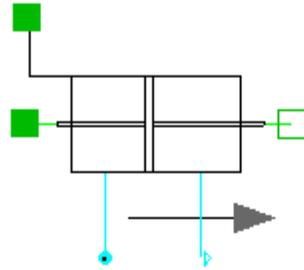
Bibliothek pneumatischer

Komponenten

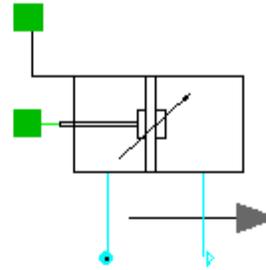
Cylinder2RodsCushion



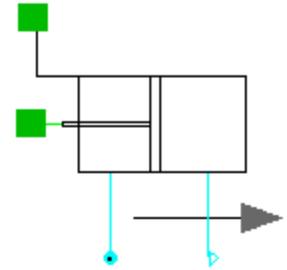
Cylinder2Rods



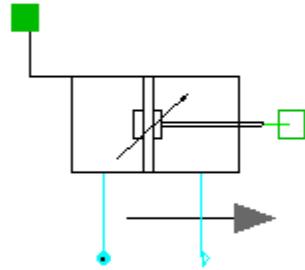
CylinderRodACushion



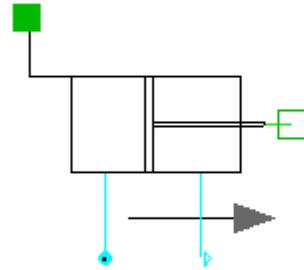
CylinderRodA



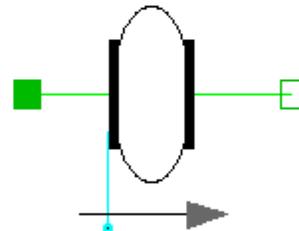
CylinderRodBCushion



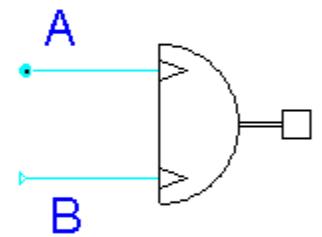
ActingCylinderRodB



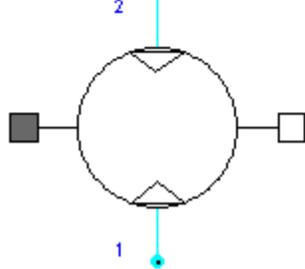
Bellows



RotaryActuator

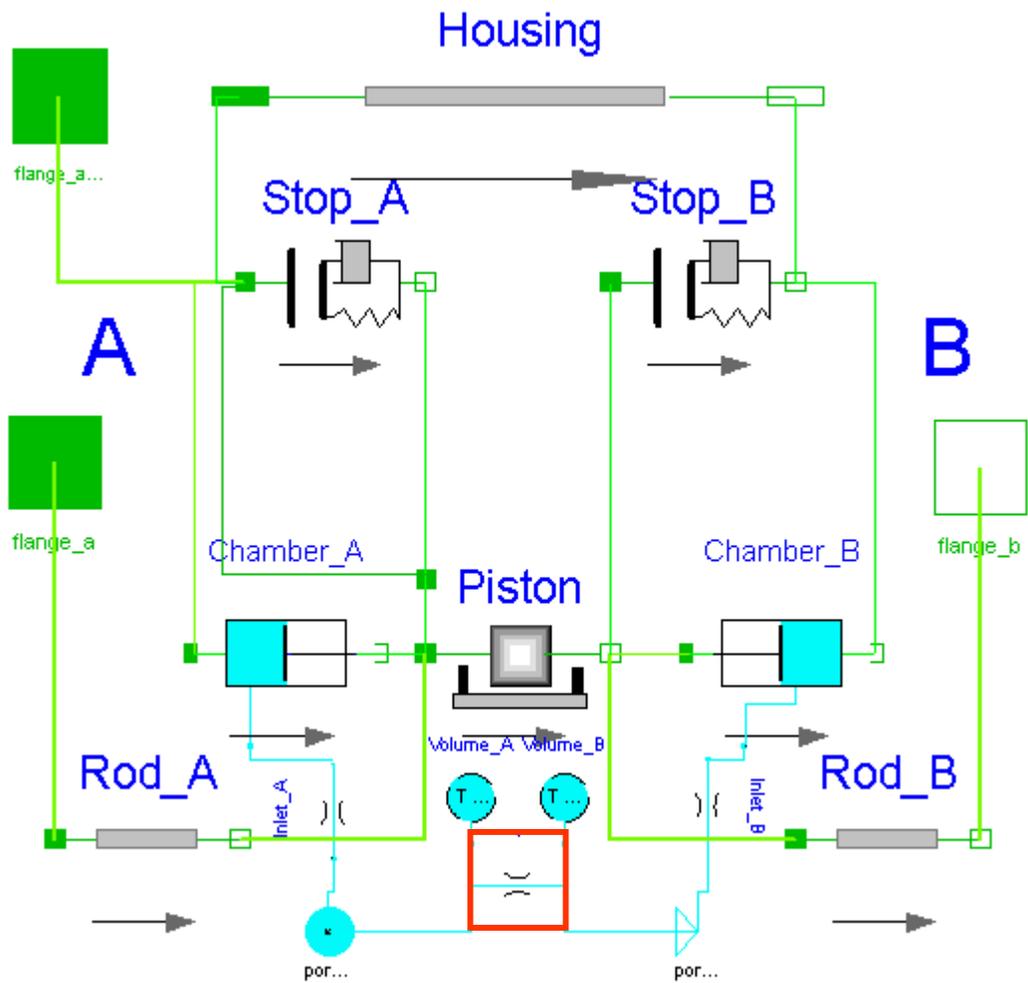


VaneMotor



Basic





model *NozzleNoStates* "Nozzle model according to ISO 6358."

extends **PneuLib.Interfaces.TwoPortComp**;

parameter PneuLib.Interfaces.PneuLibUnits.SonicConductance C=1e-7 "sonic conductance";

constant Modelica.SIunits.Temp_K temp_reference=

PneuLib.Interfaces.PneuLibProperties.temp_reference "technical reference pressure";

•••

equation

pressure_ratio = port_2.p/port_1.p;

*m_dot = if pressure_ratio < b then C*port_1.p*rho0*sqrt(temp_reference/
temp_surroundings) else if pressure_ratio < 0.999 then C*port_1.p*rho0*(
temp_reference/temp_surroundings)^0.5*sqrt(1 - ((port_2.p/port_1.p - b)/(1
- b))^2) else if pressure_ratio < 1/0.999 then (coeff_lin*(1 - port_2.p/
port_1.p)*port_1.p*sqrt(temp_reference/temp_surroundings)) else if
pressure_ratio < 1/b then -C*port_2.p*rho0*(temp_reference/
temp_surroundings)^0.5*sqrt(1 - ((port_1.p/port_2.p - b)/(1 - b))^2) else -
C*port_2.p*rho0*sqrt(temp_reference/temp_surroundings);*

end *NozzleNoStates*

model TwoPortComp "Superclass of component with TWO pneumatic ports"

Modelica.SIunits.VolumeFlowRate m_dot "Flow rate through component";
PneuLib.Interfaces.Port_1 **port_1** "Port 1, where air flows into the component" ;
PneuLib.Interfaces.Port_2 port_2 "Port 2, where air leaves the component";

equation

$m_dot = port_1.m_dot;$
 $port_1.m_dot + port_2.m_dot = 0;$
end TwoPortComp;

connector Port_1 "Pneumatic port where air flows into an element"

Modelica.SIunits.Pressure p(nominal=5e5) "pressure at port";
flow Modelica.SIunits.MassFlowRate m_dot "mass flow rate through port";
end Port_1;

Modelica™ - A Unified Object-Oriented Language for Physical Systems Modeling

Version 1

September 1997

H. Elmqvist¹,

F. Boudaud², J. Broenink³, D. Brück¹, T. Ernst⁴, P. Fritzson⁵, A. Jeandel², K. Juslin⁶,
M. Klose⁷, S. E. Mattsson⁸, M. Otter⁹, P. Sahlin¹⁰, H. Tummescheit¹¹, H. Vangheluwe¹²

¹ Dynasim AB, Lund, Sweden

² Gaz de France, Paris, France

³ University of Twente, Enschede, Netherlands

⁴ GMD FIRST, Berlin, Germany

⁵ Linköping University, Sweden

⁶ VTT, Espoo, Finland

⁷ Technical University of Berlin, Germany

⁸ Lund University, Sweden

⁹ DLR Oberpfaffenhofen, Germany

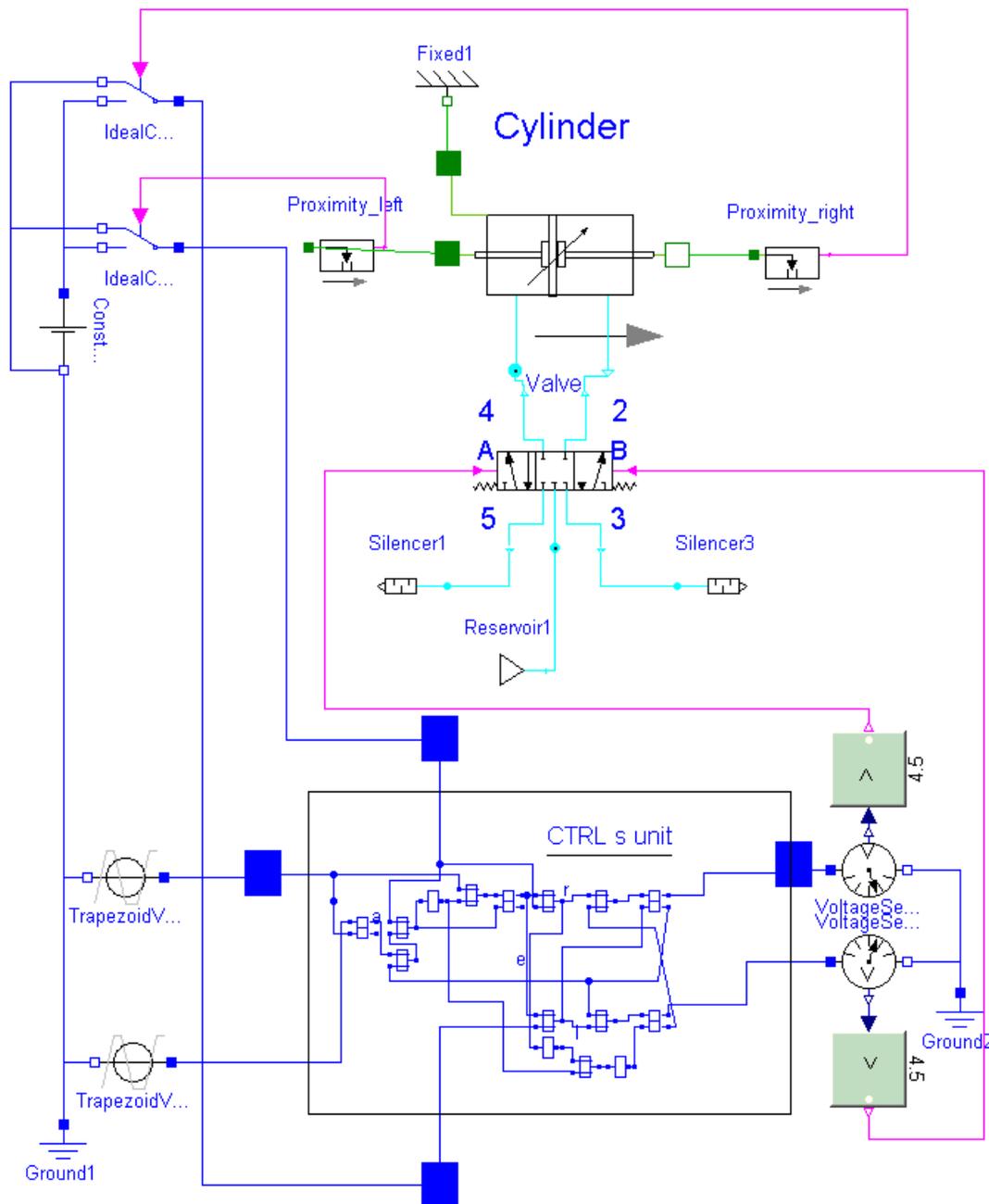
¹⁰ Bris Data AB, Stockholm, Sweden

¹¹ DLR, Cologne, Germany

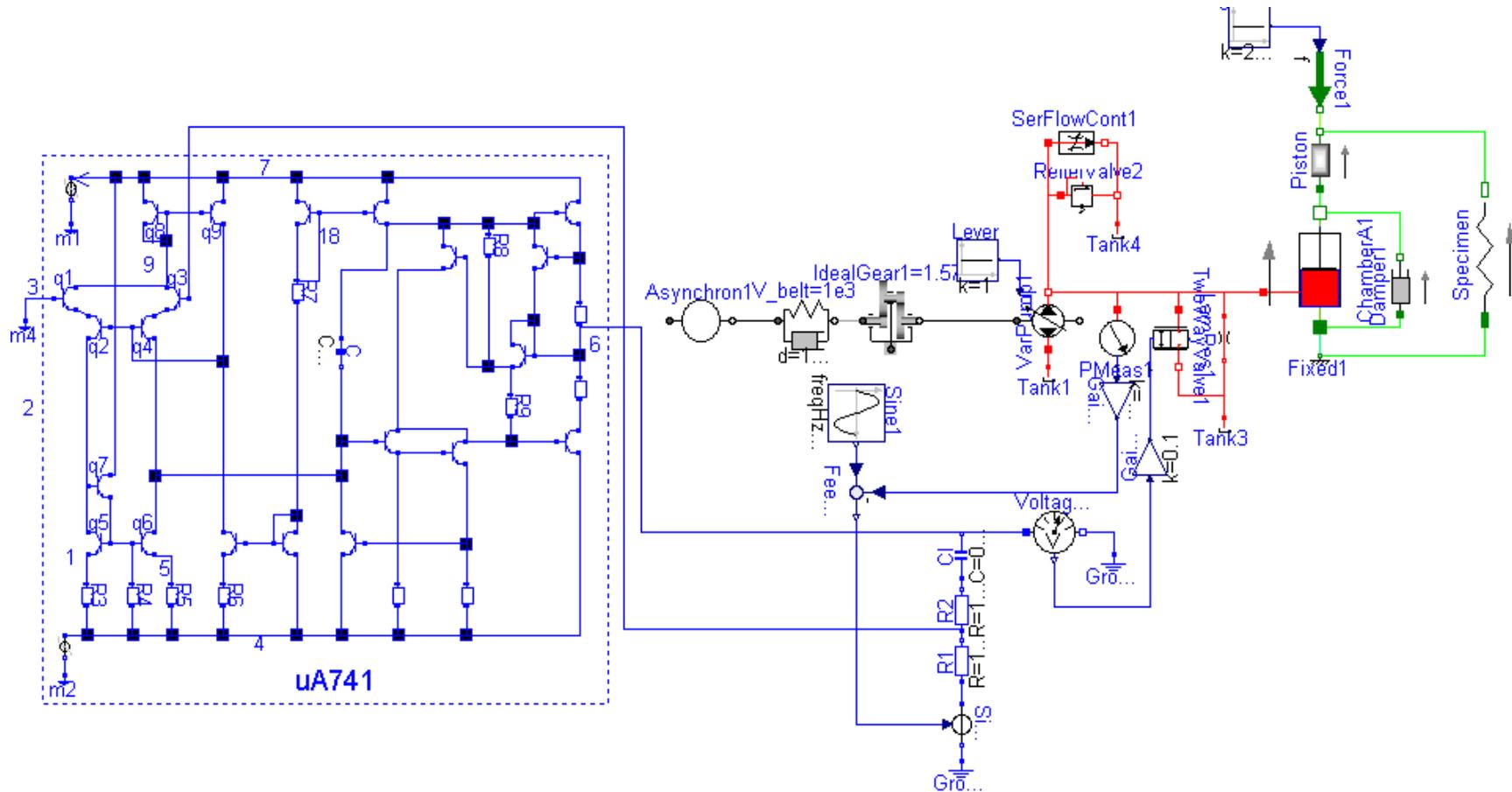
¹² University of Gent, Belgium

Modelica™ is a trademark of the "Modelica Design Group".

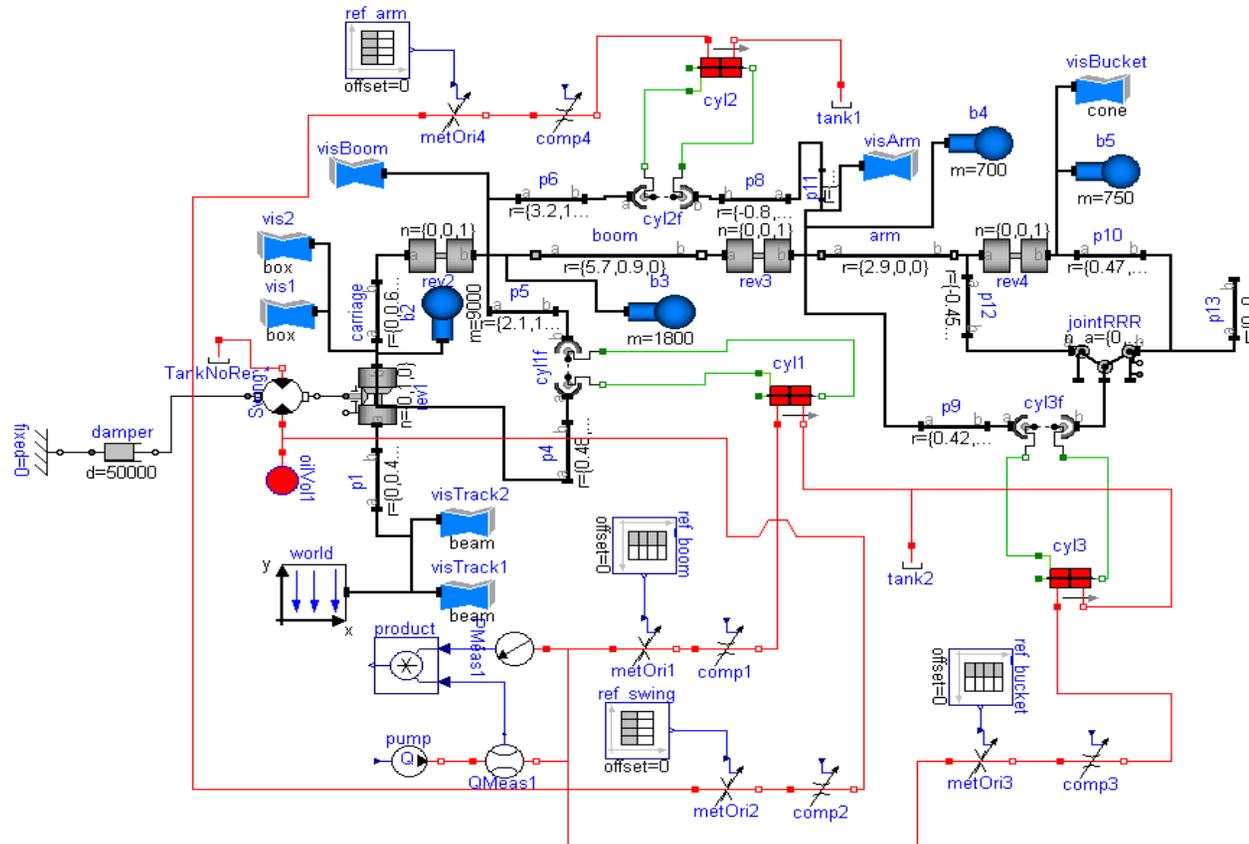
Pneumatik & Digitalelektronik



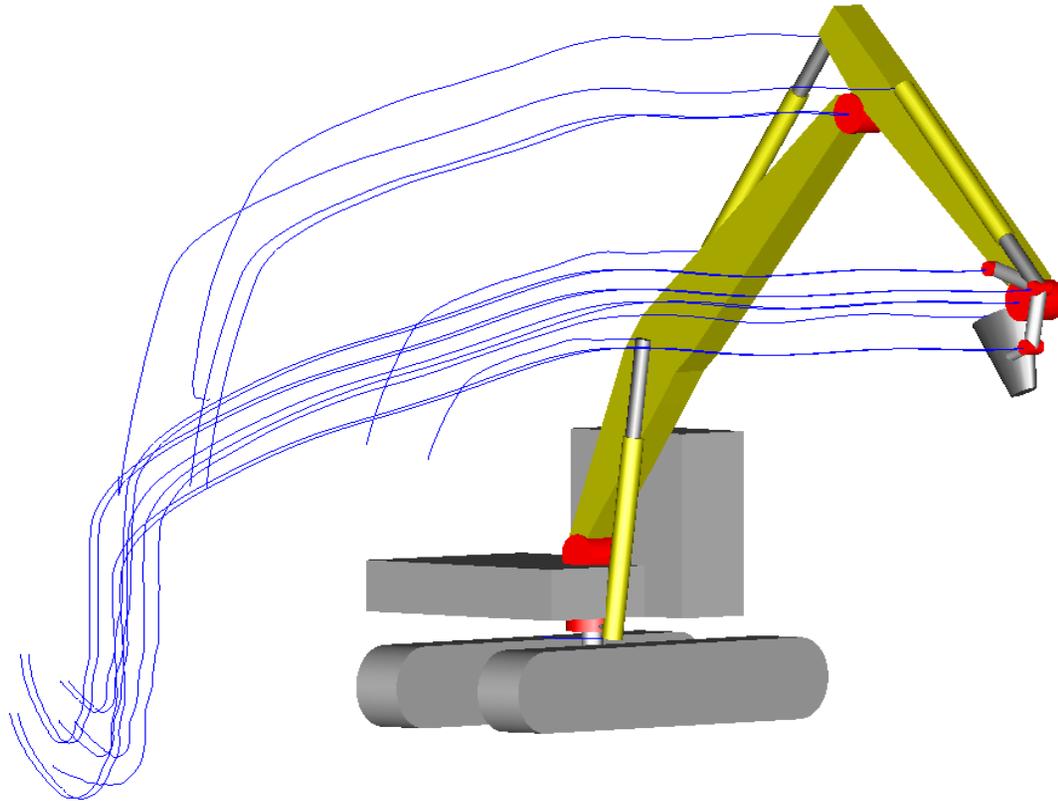
Hydraulik & Analogelektronik



Hydraulik & Mehrkörpermechanik



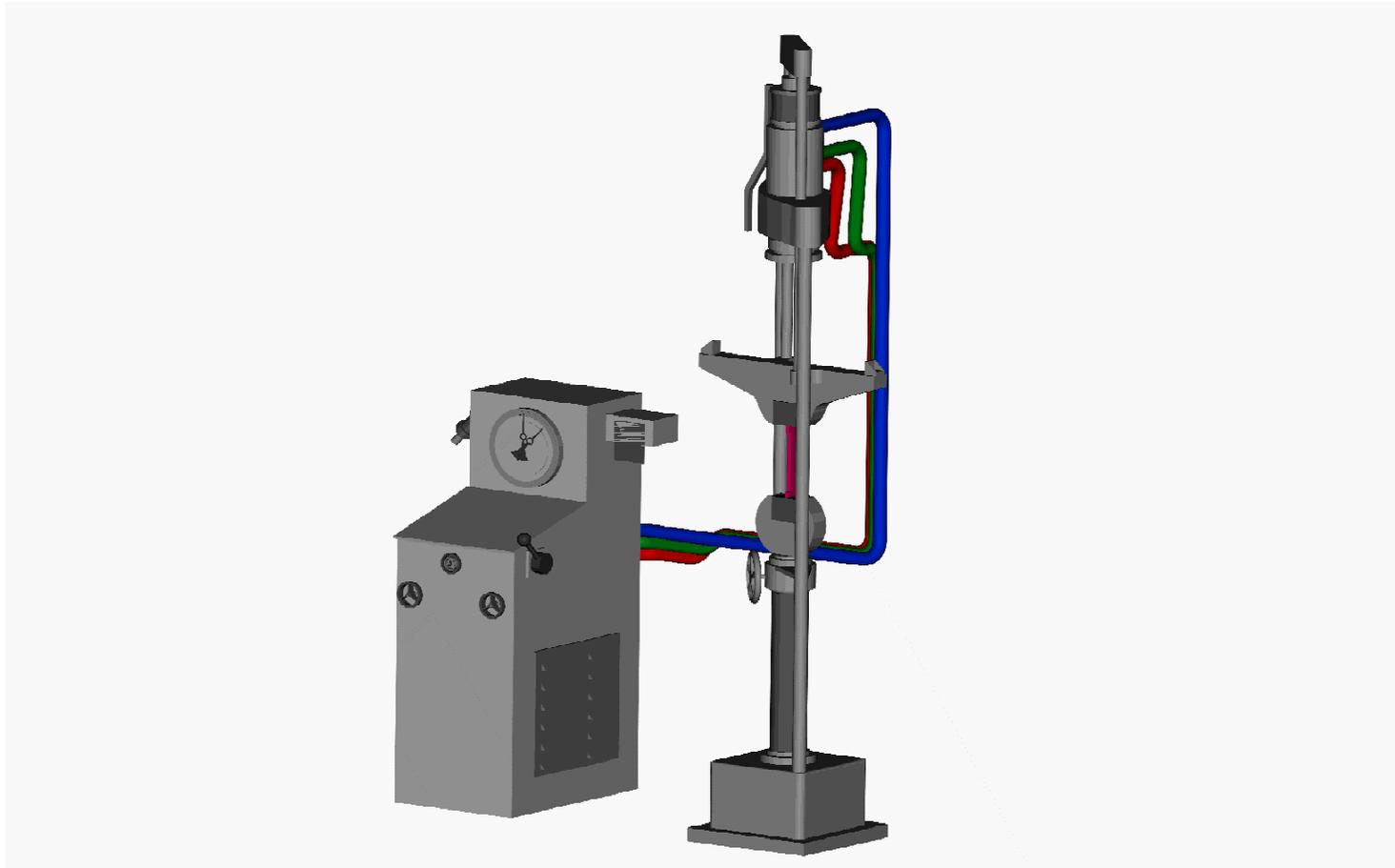
Hydraulik & Mehrkörpermechanik



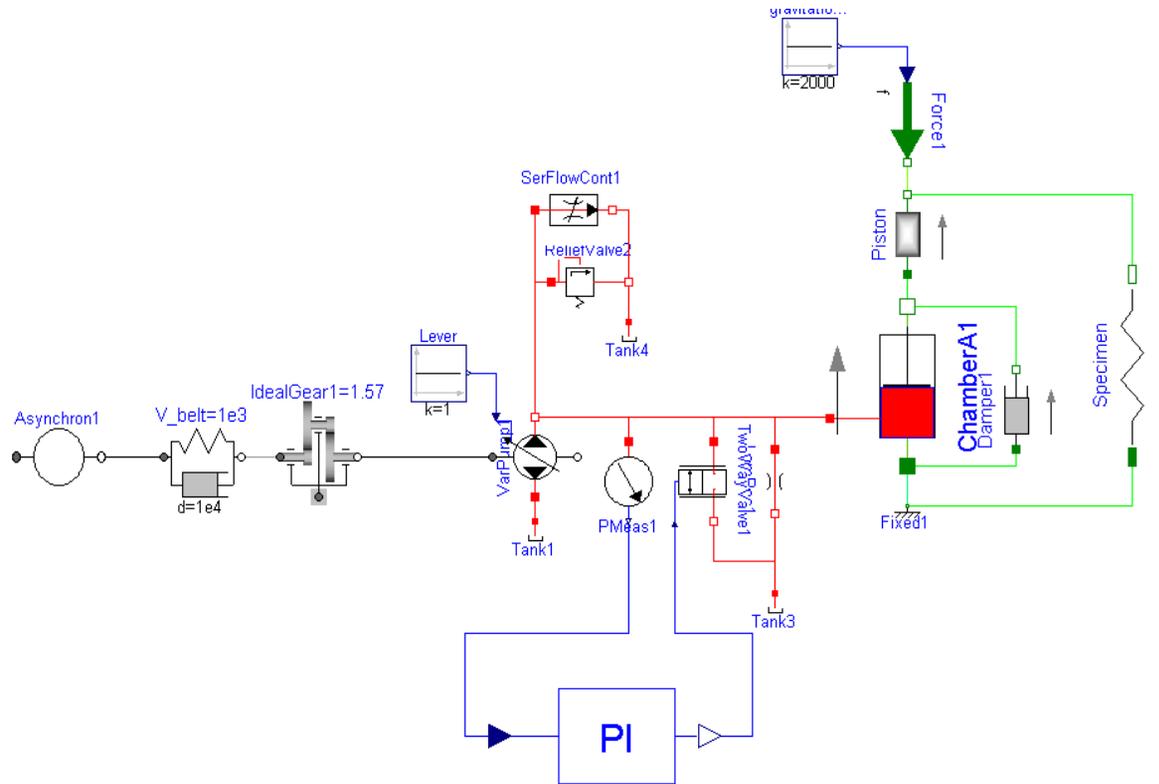
3 Beispiele durchgeführter Untersuchungen

- **Hydraulische angetriebene Prüfmaschine**
- Pneumatischer Druckverdoppler
- Kolbenvibrator

Eine hydrostatisch angetriebene Zugmaschine soll umgebaut werden:
Welche dynamischen Kennwerte können erreicht werden?



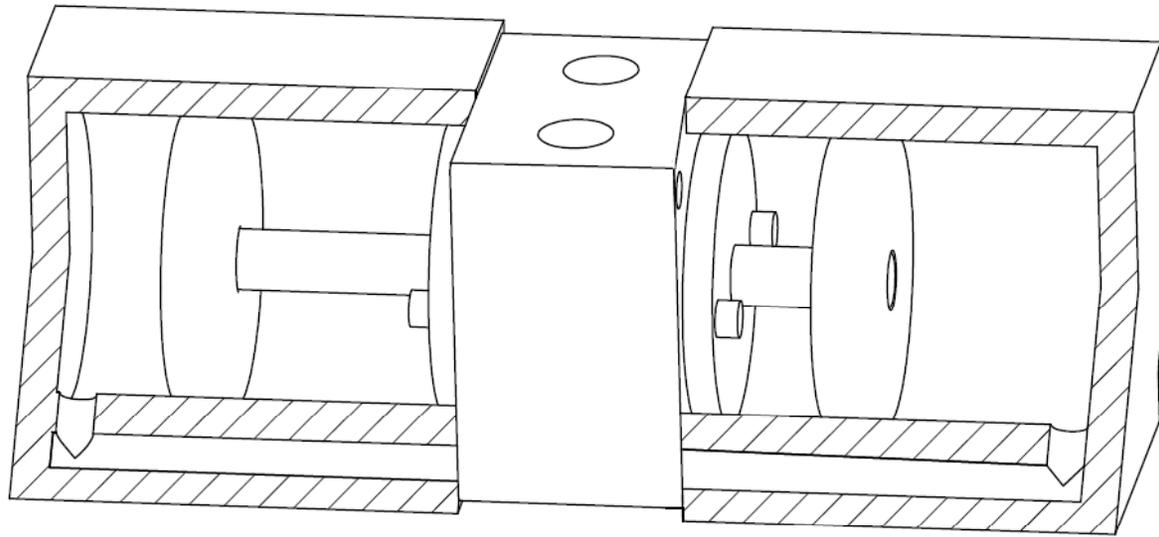
Eine hydrostatische angetriebene Zugmaschine soll umgebaut werden:
Welche dynamischen Kennwerte können erreicht werden?



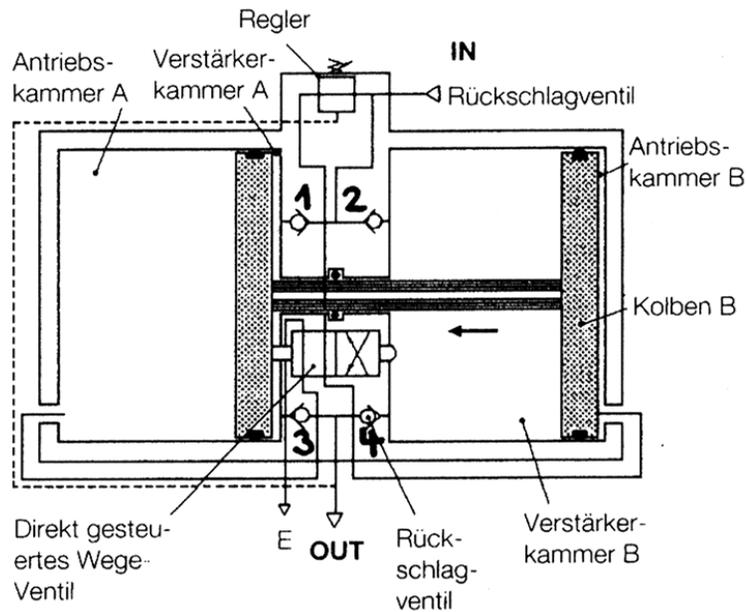
Wahlmodul Simulationstechnik

- **5. Semester Maschinenbau**
- **10 Wochen Theorie, Beispiele, Programmhandhabung**
- **danach Fallstudie**
 - **Druckverdoppler**
 - **Kolbenvibrator**

Druckverdoppler

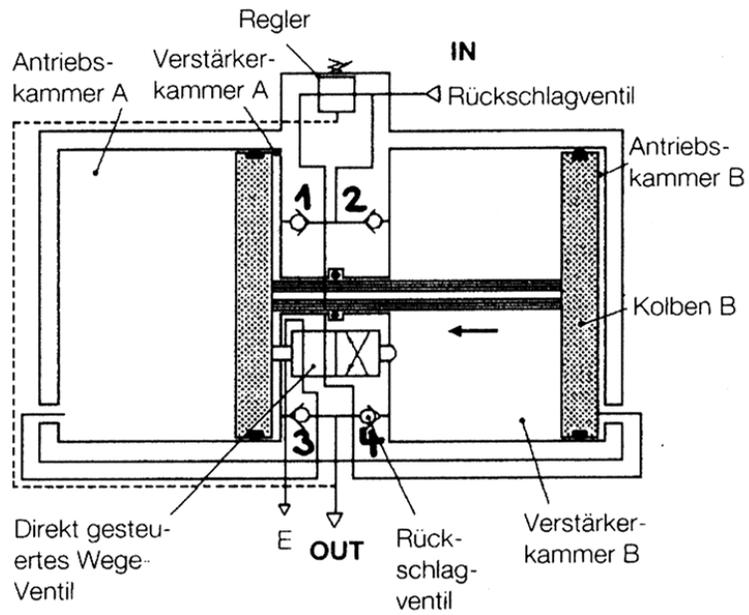


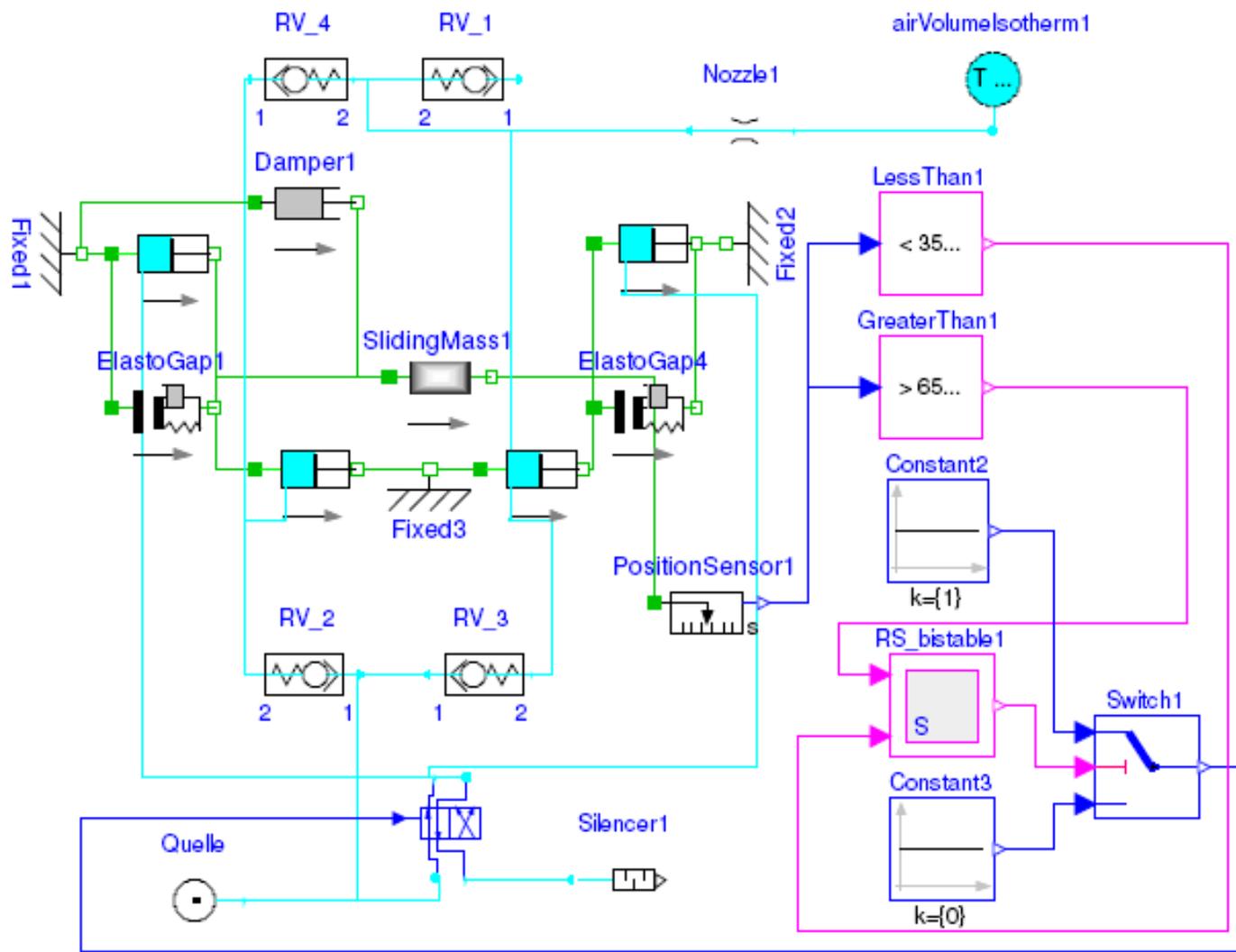
Druckverdoppler



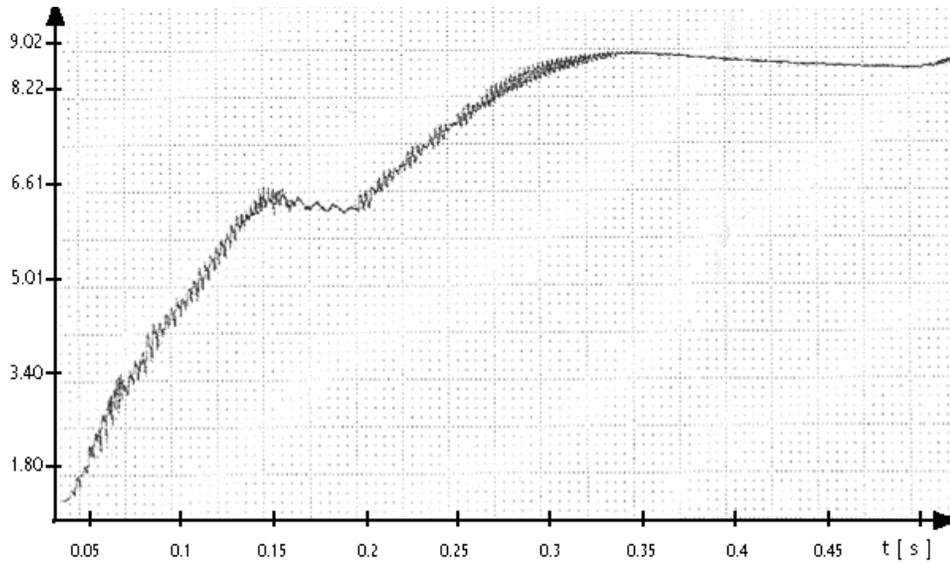
Von der IN-Seite strömt Druckluft durch das Rückschlagventil in die Verstärkerkammern A und B. Gleichzeitig wird Druckluft über den Regler und das Schaltventil in die Antriebskammer B geleitet. Daraufhin wirkt der Druck der aus der Antriebskammer B und der Verstärkerkammer A auf den Kolben, wodurch die Druckluft in der Verstärkerkammer B komprimiert wird. Durch die Bewegung des Kolbens wird die komprimierte Druckluft über das Rückschlagventil zur OUT-Seite gedrückt. Wenn der Kolben die Endposition erreicht, schaltet das Schaltventil um, so dass Antriebskammer B ent- und Antriebskammer A belüftet wird. Durch die Rückbewegung des Kolbens komprimiert der Druck der Antriebskammer A und der Verstärkerkammer B die Druckluft in Verstärkerkammer A, die dann zur OUT-Seite geleitet wird. Der oben beschriebene Prozess wird wiederholt, so dass kontinuierlich komprimierte Druckluft von der IN-Seite zur OUT-Seite zugeführt wird. Der Regler kontrolliert den Sekundärdruck.

Druckverdoppler

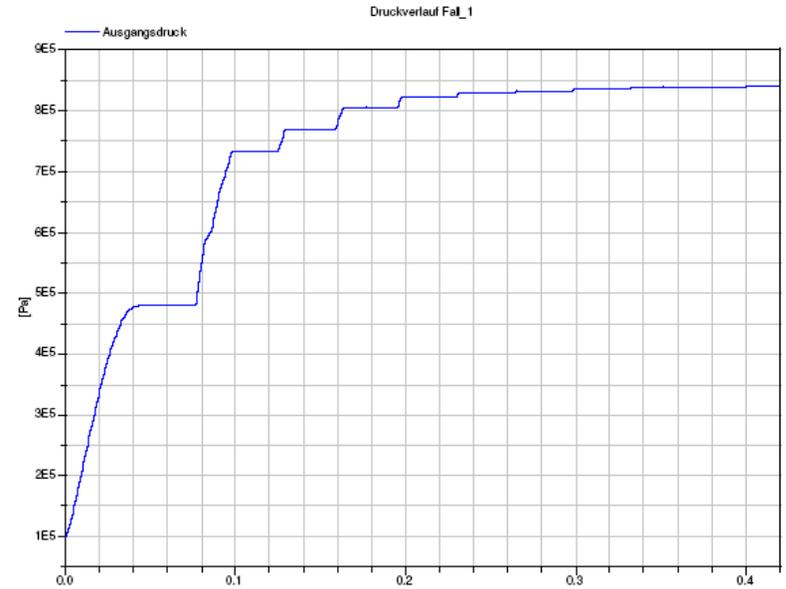




Messung

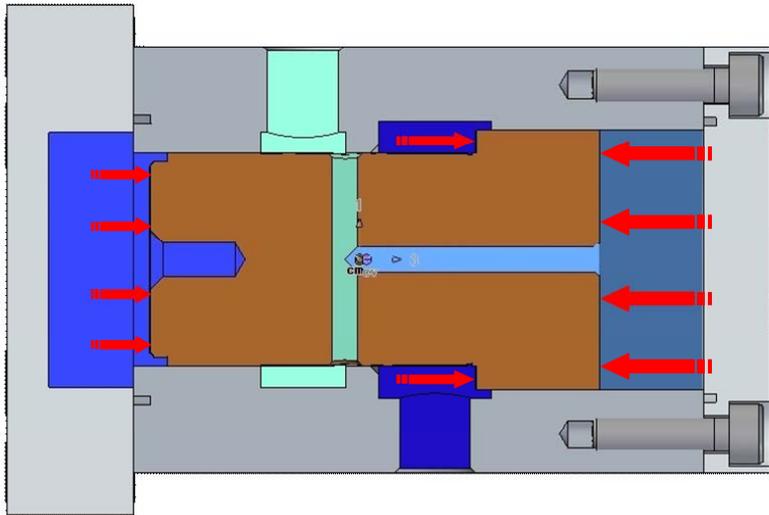


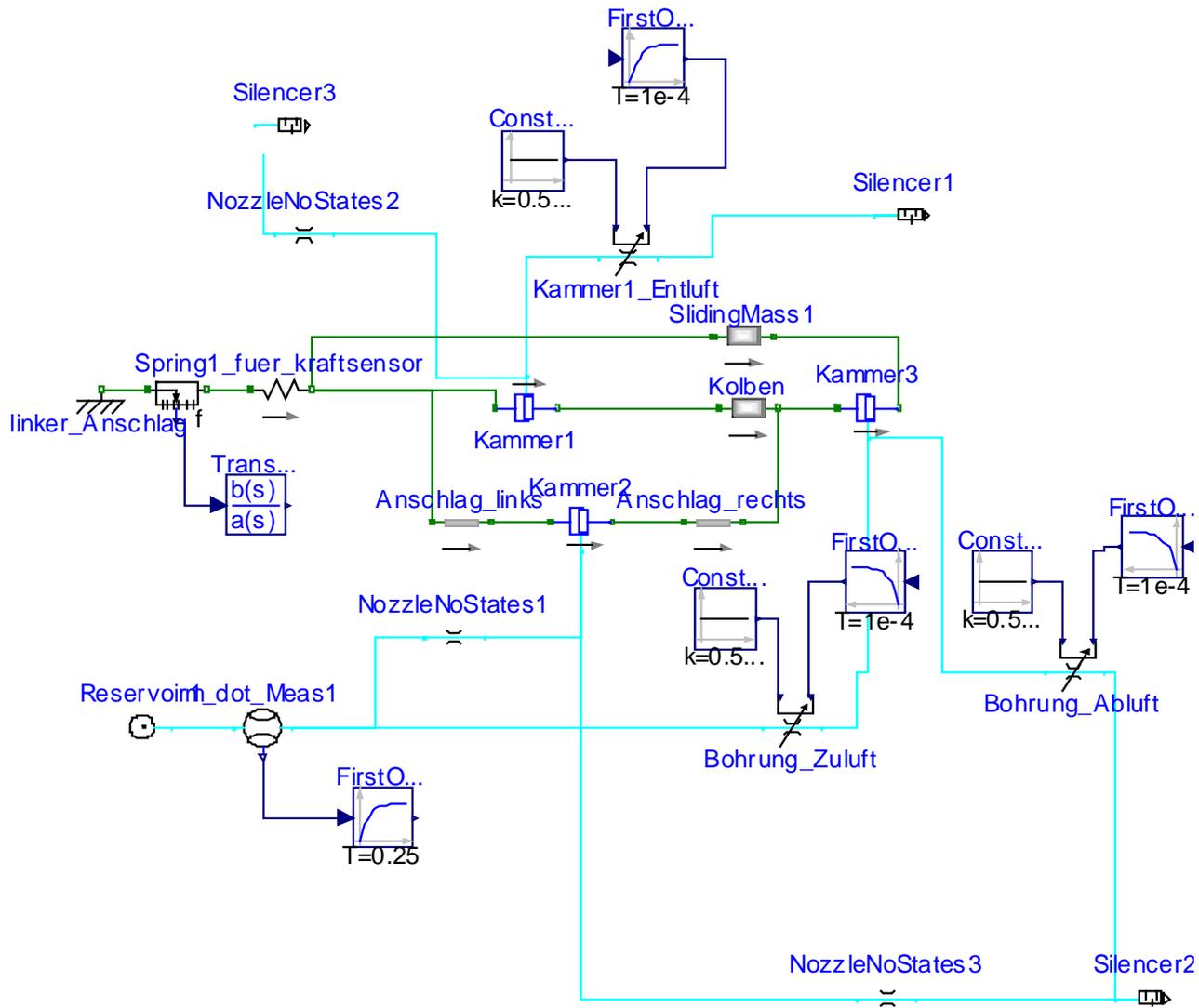
Simulation



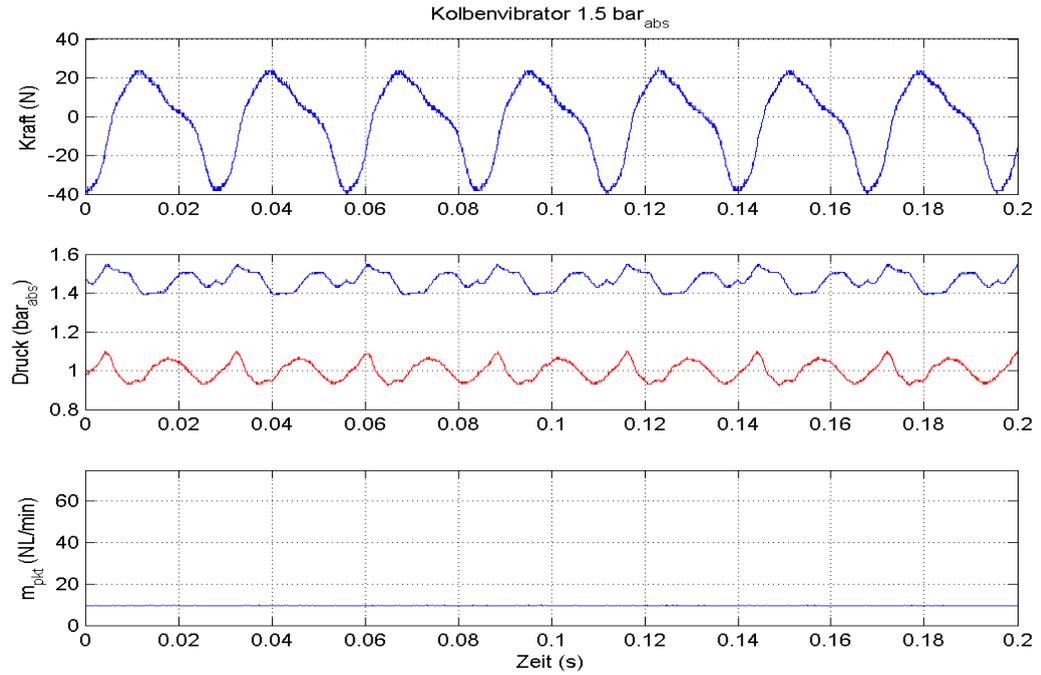
Kolbenvibrator



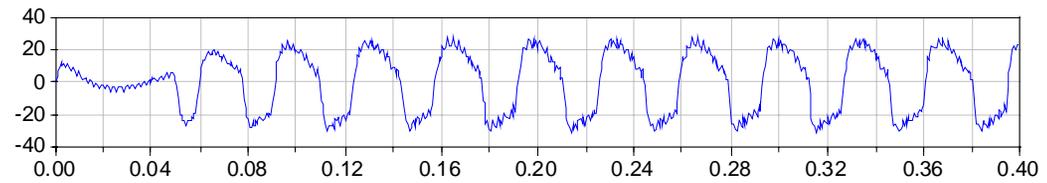




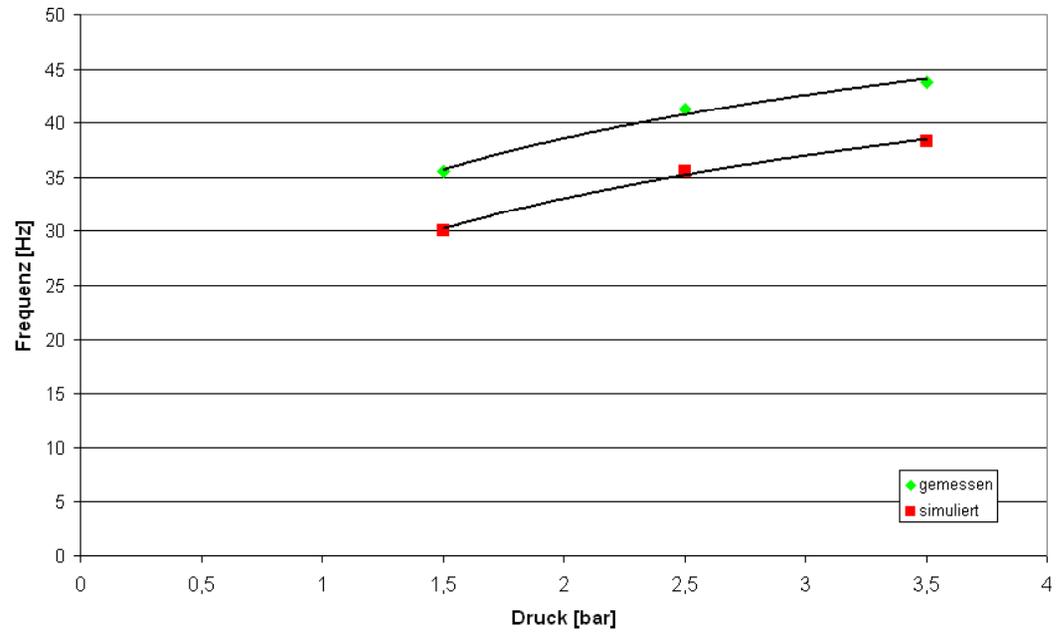
Messung



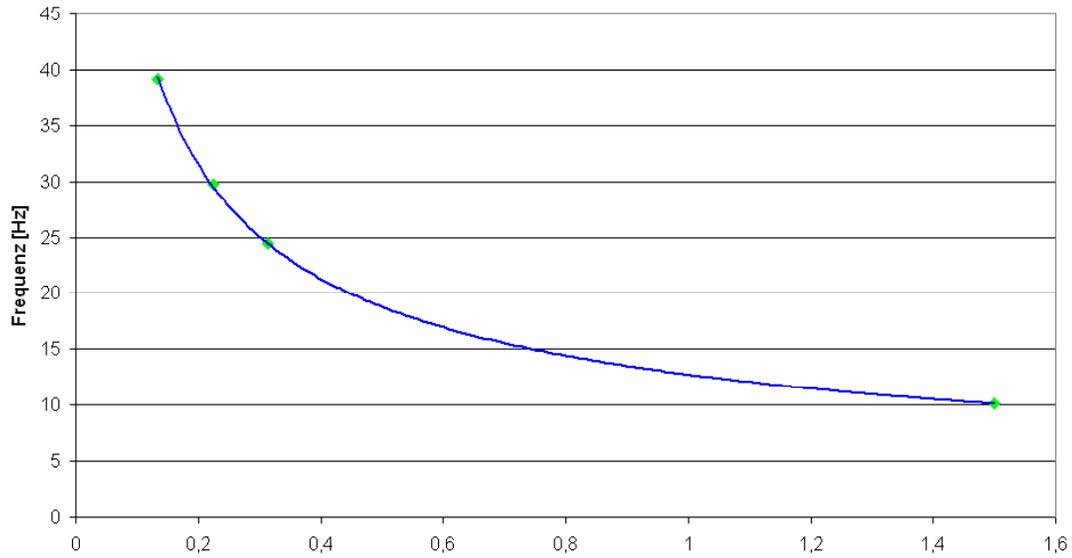
Simulation



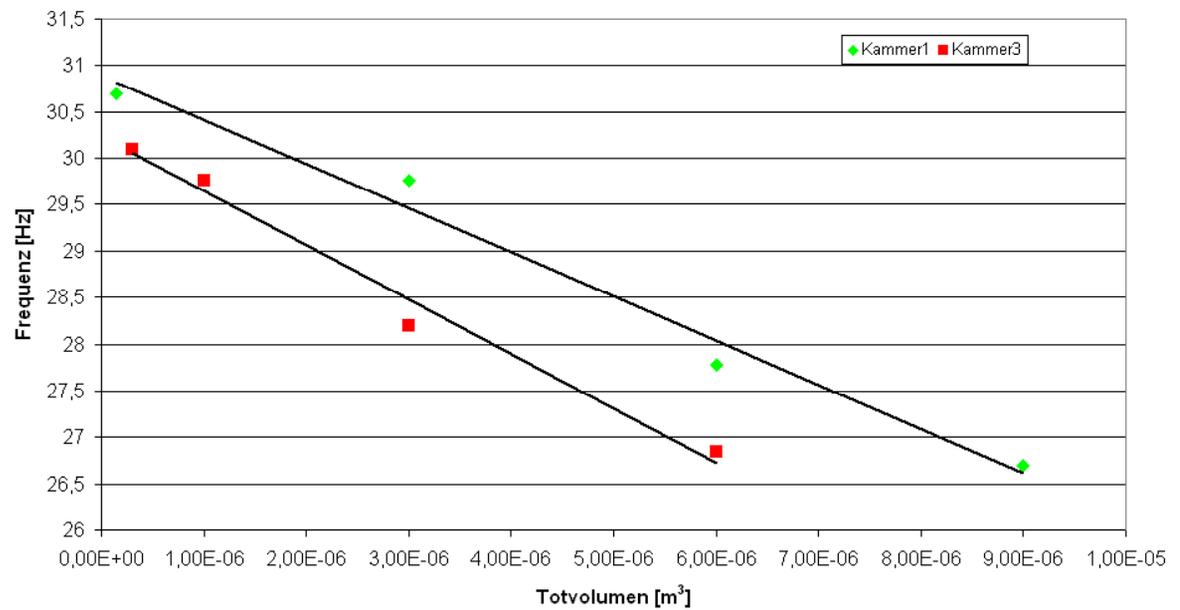
Vergleich Messung - Simulation



Einfluss der Kolbenmasse auf die Frequenz



Frequenzuntersuchung in Abhängigkeit des Totvolumens



Einfluss des Kolbendurchmessers auf die Kraft

