



# Entwicklung eines Pumpenantriebs zum Einsatz in der Medizintechnik

Heiko Rathmann

Dresden, 27.09.2018

# Gliederung

## **1. Einleitung**

1.1 Motivation

1.2 Stand der Technik

## **2. Theoretische Vorbetrachtung**

2.1 Pumpwirkung

2.2 Elektromechanischer Aktor

## **3. Entwurfsphase des Funktionsmusters**

## **4. Ergebnisse**

## **5. Zusammenfassung**

## **6. Aktueller Stand**

## 1.1 Motivation

- 2015: 356.000 Todesfälle durch Erkrankung des Herz-Kreislaufsystems (HKS) [0]
- Unterstützung oder Ersatz des HKS durch künstliche Blutpumpen
- Weitere Anwendungsgebiete:
  - Organperfusion
  - Dialyse
- Probleme beim mechanischen Bluttransport durch Traumatisierung des Blutes (Hämolyse)  
→ Angestrebtes Pumpprinzip mit geringer Hämolyse

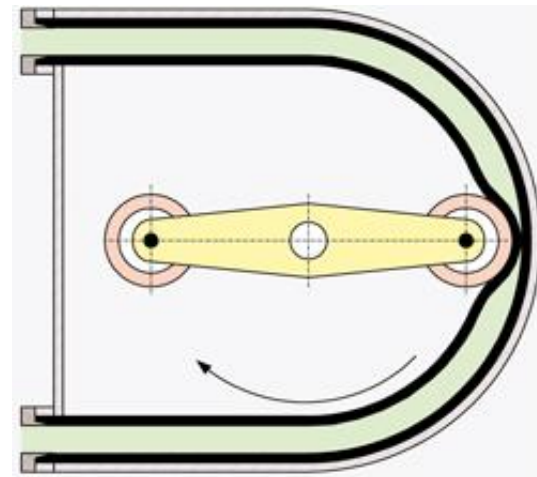


## 1.2 Stand der Technik

### Rollerpumpe



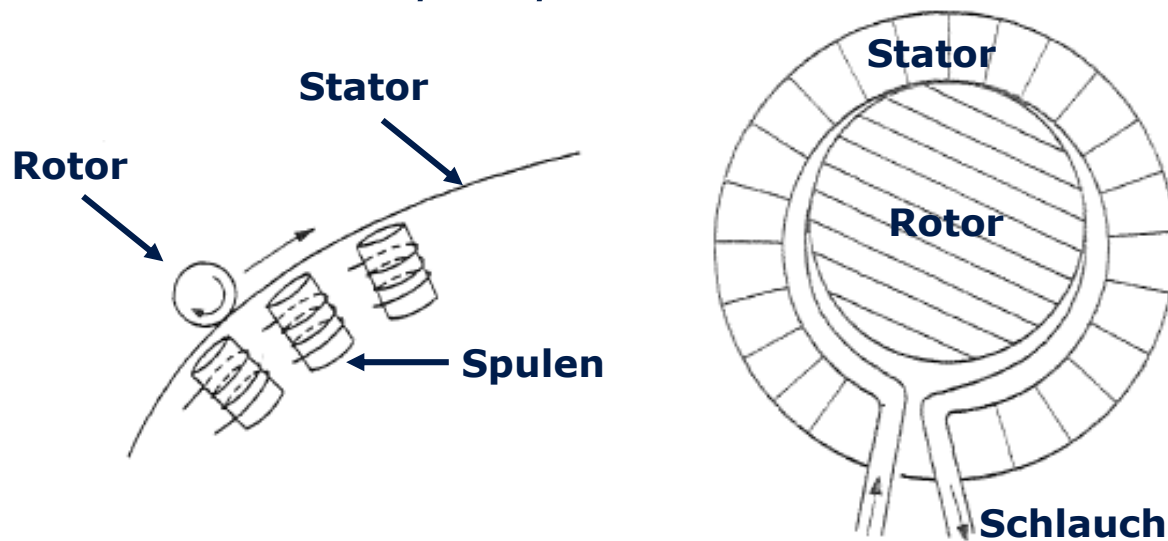
**Schlauchpumpe Hei-Flow Value 6  
von Heidolph [1]**



**Schnittansicht einer  
Rollerpumpe [2]**

## 1.2 Stand der Technik

### *Druschke-Schlauchpumpe*



**Schematische Darstellungen zur Druschke-Schlauchpumpe [3]**

| $\dot{V}$ | $p_{\text{dia}}$ | $p_{\text{sys}}$ |
|-----------|------------------|------------------|
| 0,3 l/min | 5,3 ... 10,6 kPa | 16 kPa           |

**Parameter der pulsatilen Pumpe in der Perfusionsanlage von 1978 [4]**

# Gliederung

## 1. Einleitung

### 1.1 Motivation

### 1.2 Stand der Technik

## 2. Theoretische Vorbetrachtung

### 2.1 Pumpwirkung

### 2.2 Elektromechanischer Aktor

## 3. Entwurfsphase des Funktionsmusters

## 4. Ergebnisse

## 5. Zusammenfassung

## 6. Aktueller Stand

## 2. Theoretische Vorbetrachtung



**Funktionsstruktur der Pumpe**

# Gliederung

## 1. Einleitung

### 1.1 Motivation

### 1.2 Stand der Technik

## 2. Theoretische Vorbetrachtung

### 2.1 Pumpwirkung

### 2.2 Elektromechanischer Aktor

## 3. Entwurfsphase des Funktionsmusters

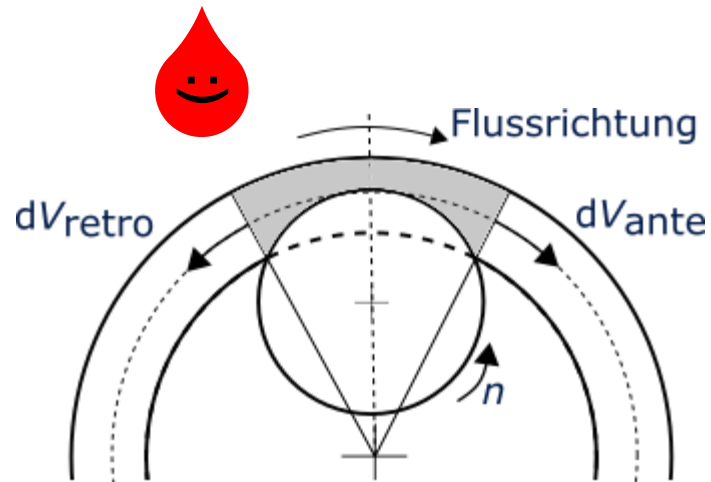
## 4. Ergebnisse

## 5. Zusammenfassung

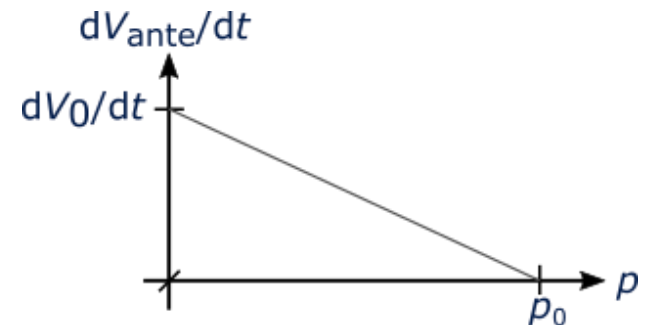
## 6. Aktueller Stand

## 2.1 Pumpwirkung

### Partielle Okklusion



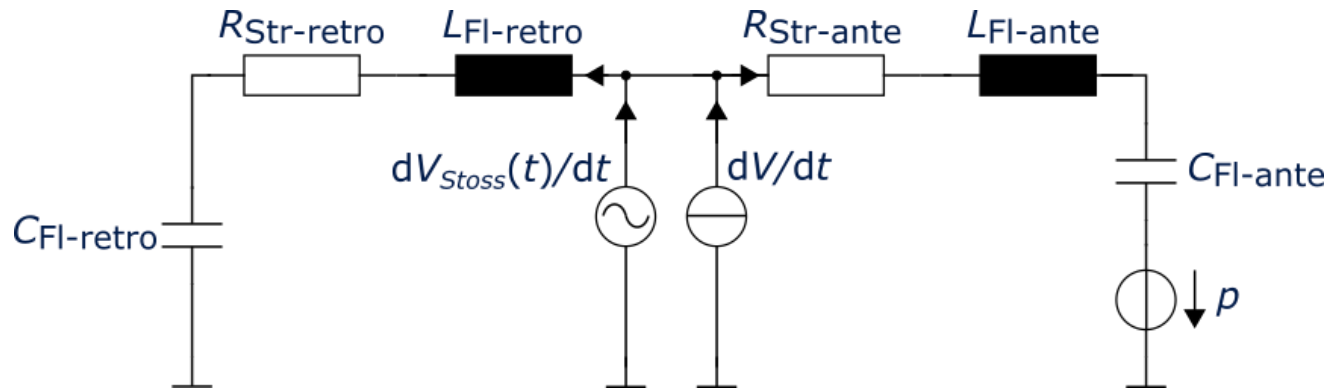
**Schematische Darstellung der  
partiellen Okklusion**



**Ideale Volumenstrom-Druck-Kennlinie  
bei der partiellen Schlauchkompression**

## 2.1 Pumpwirkung

### Partielle Okklusion



**Elektrisches Ersatzschaltbild der partiellen Okklusion**

# Gliederung

## 1. Einleitung

### 1.1 Motivation

### 1.2 Stand der Technik

## 2. Theoretische Vorbetrachtung

### 2.1 Pumpwirkung

### 2.2 Elektromechanischer Aktor

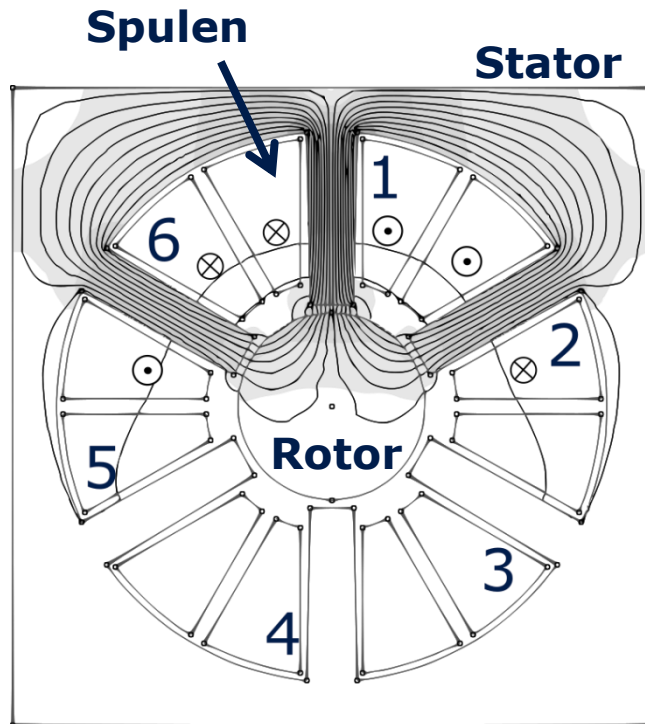
## 3. Entwurfsphase des Funktionsmusters

## 4. Ergebnisse

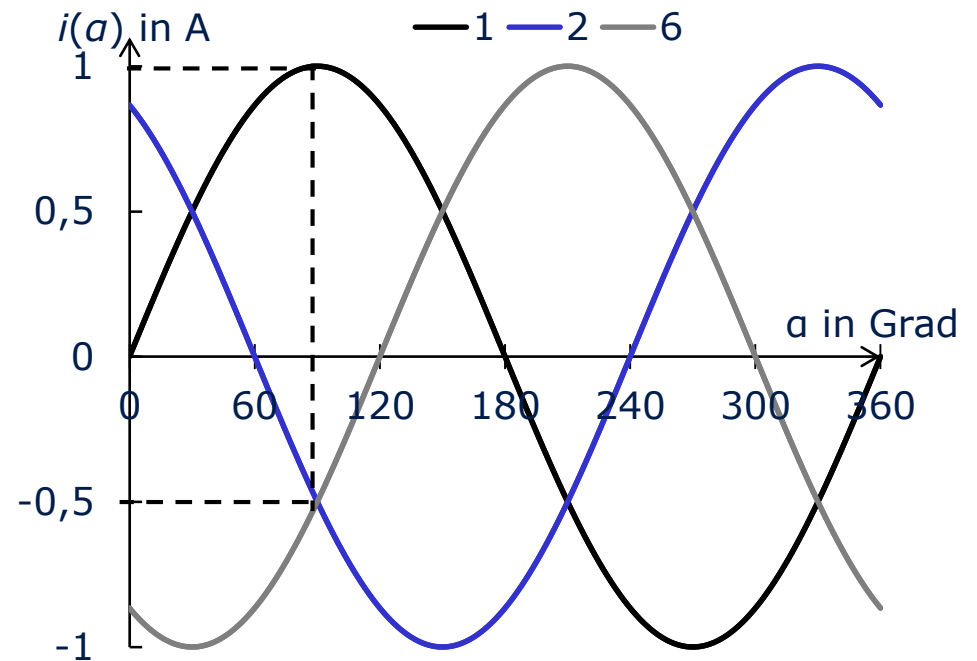
## 5. Zusammenfassung

## 6. Aktueller Stand

## 2.2 Elektromechanischer Aktor

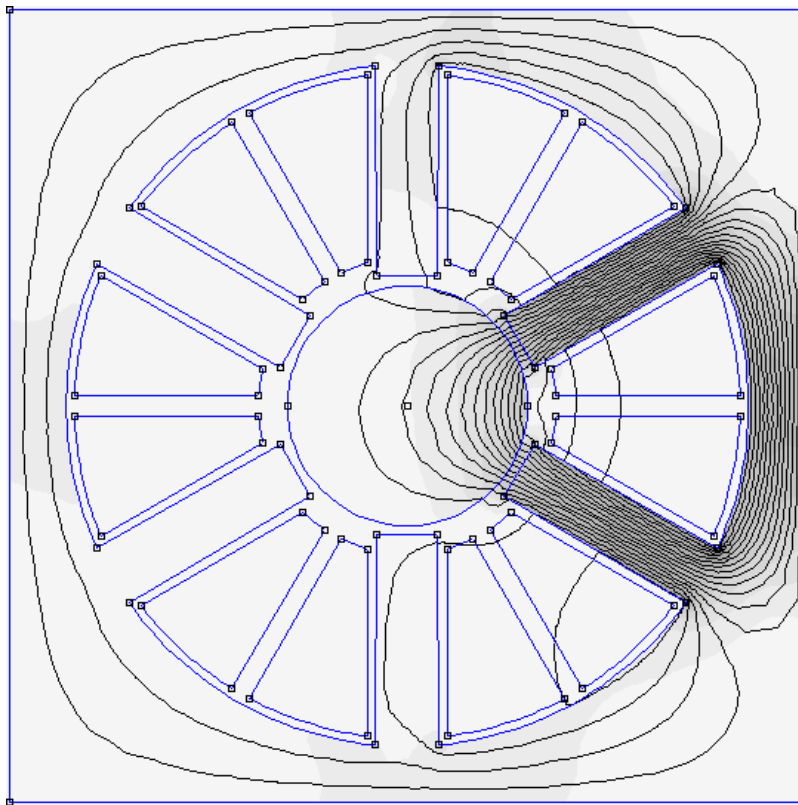


Simulationsergebnis FEM-Modell

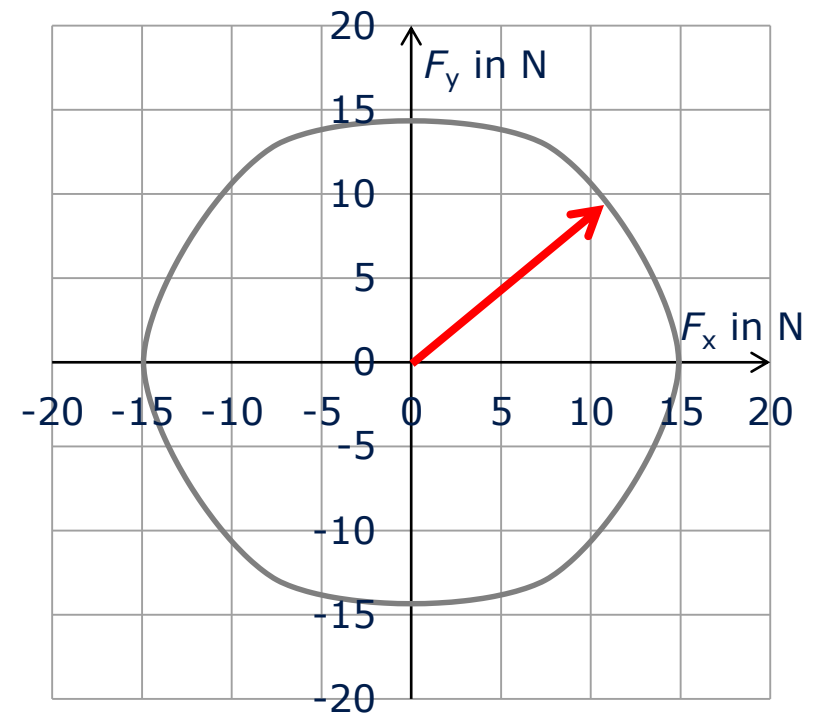


Harmonische Funktionen zur Ansteuerung der Spulen

## 2.2 Elektromechanischer Aktor



**Animierte Simulationsergebnisse des FEM-Modells mit umlaufenden Feld**



**Kraftkomponenten auf den Rotor**

# Gliederung

## 1. Einleitung

### 1.1 Motivation

### 1.2 Stand der Technik

## 2. Theoretische Vorbetrachtung

### 2.1 Pumpwirkung

### 2.2 Elektromechanischer Aktor

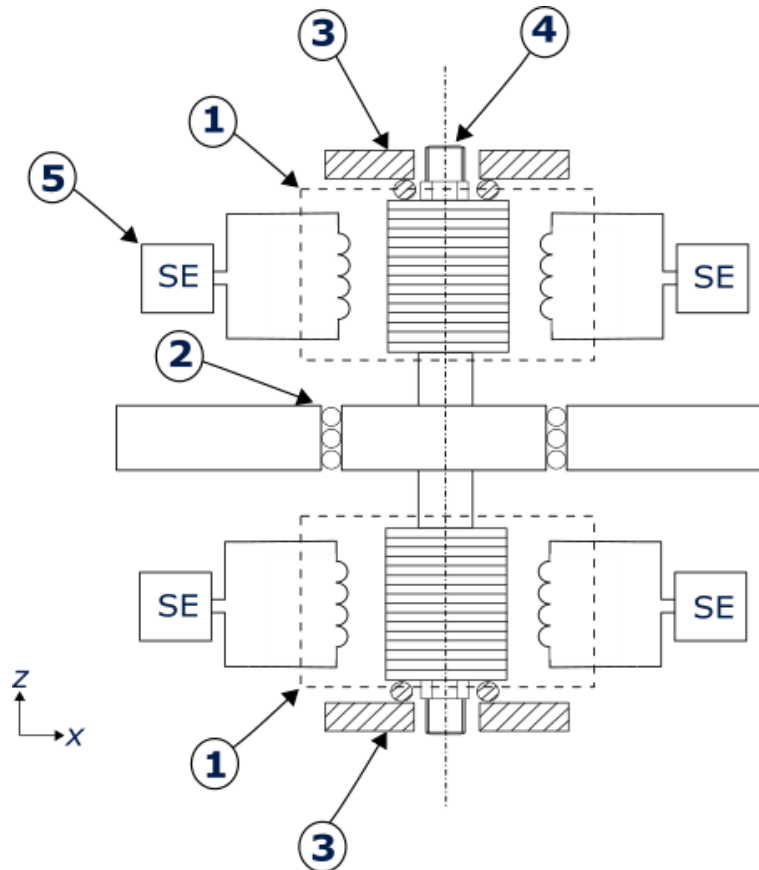
## **3. Entwurfsphase des Funktionsmusters**

## 4. Ergebnisse

## 5. Zusammenfassung

## 6. Aktueller Stand

### 3. Entwurfsphase des Funktionsmusters [6]



- 1 – Elektromechanischer Aktor**
- 2 – Kopplungsmechanismus Schlauch**
- 3 – Lagerung des Rotationskörpers**
- 4 – Rotationskörper**
- 5 – Steuerungselektronik**

#### Modulare Prinzipiellösung des Funktionsmusters

# Gliederung

## 1. Einleitung

### 1.1 Motivation

### 1.2 Stand der Technik

## 2. Theoretische Vorbetrachtung

### 2.1 Pumpwirkung

### 2.2 Elektromechanischer Aktor

## 3. Entwurfsphase des Funktionsmusters

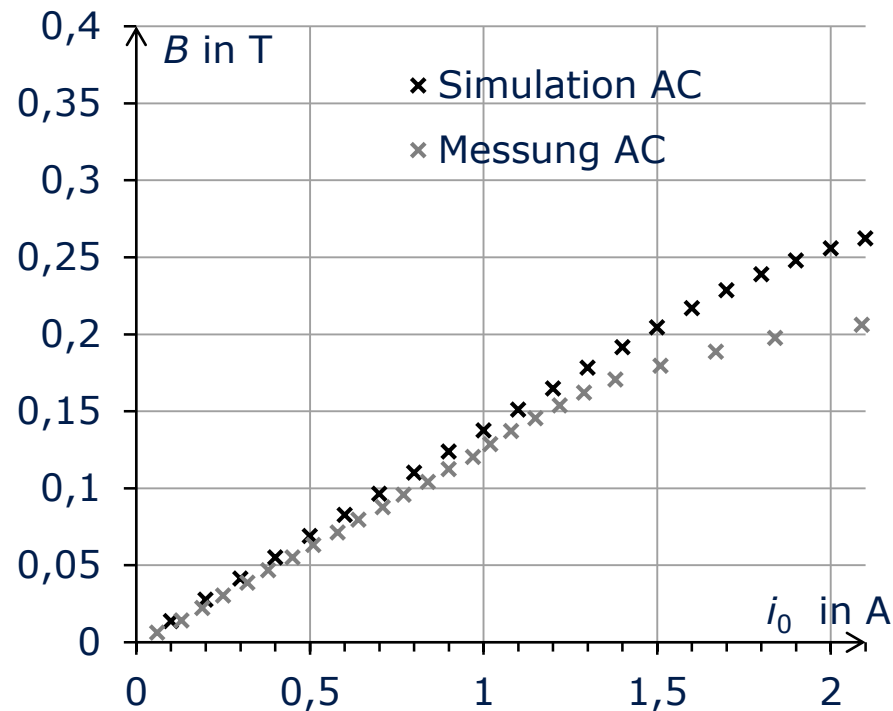
## 4. Ergebnisse

## 5. Zusammenfassung

## 6. Aktueller Stand

## 4. Ergebnisse

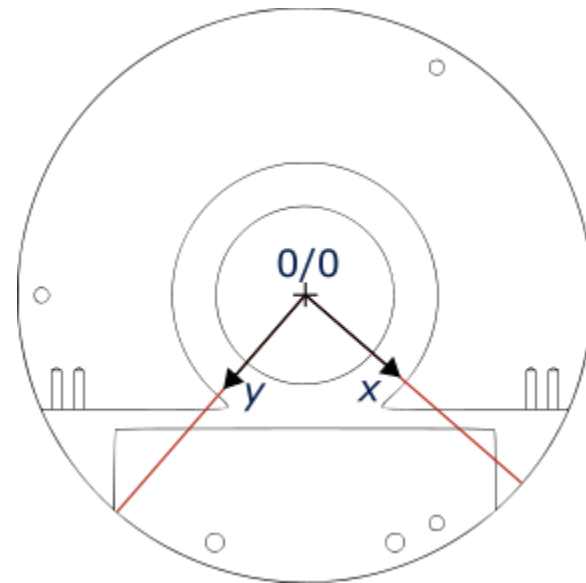
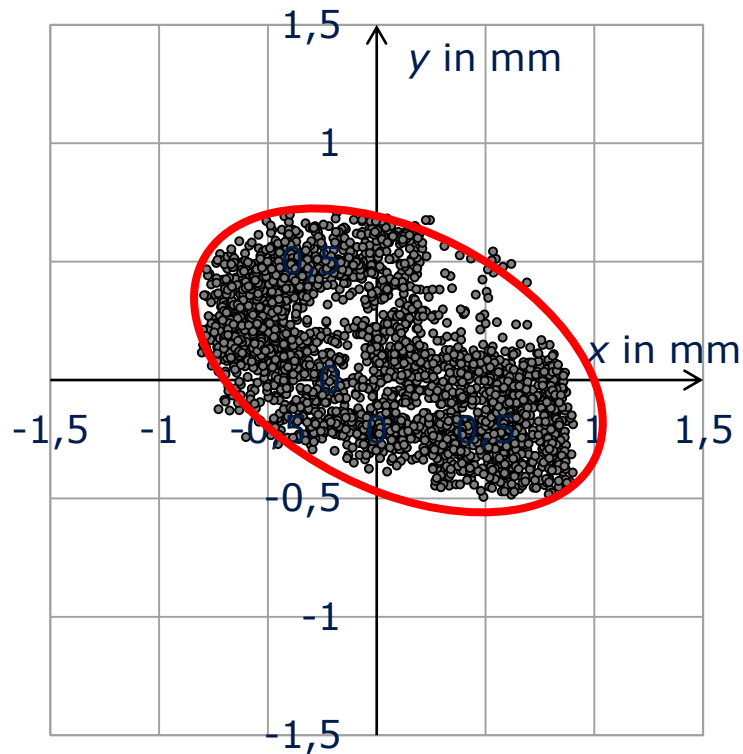
### Inbetriebnahme: Validierung Modell Eisenkreis



**Gegenüberstellung Simulationsergebnisse und  
Messwerte**

## 4. Ergebnisse

### Experimentelle Untersuchung im Betrieb

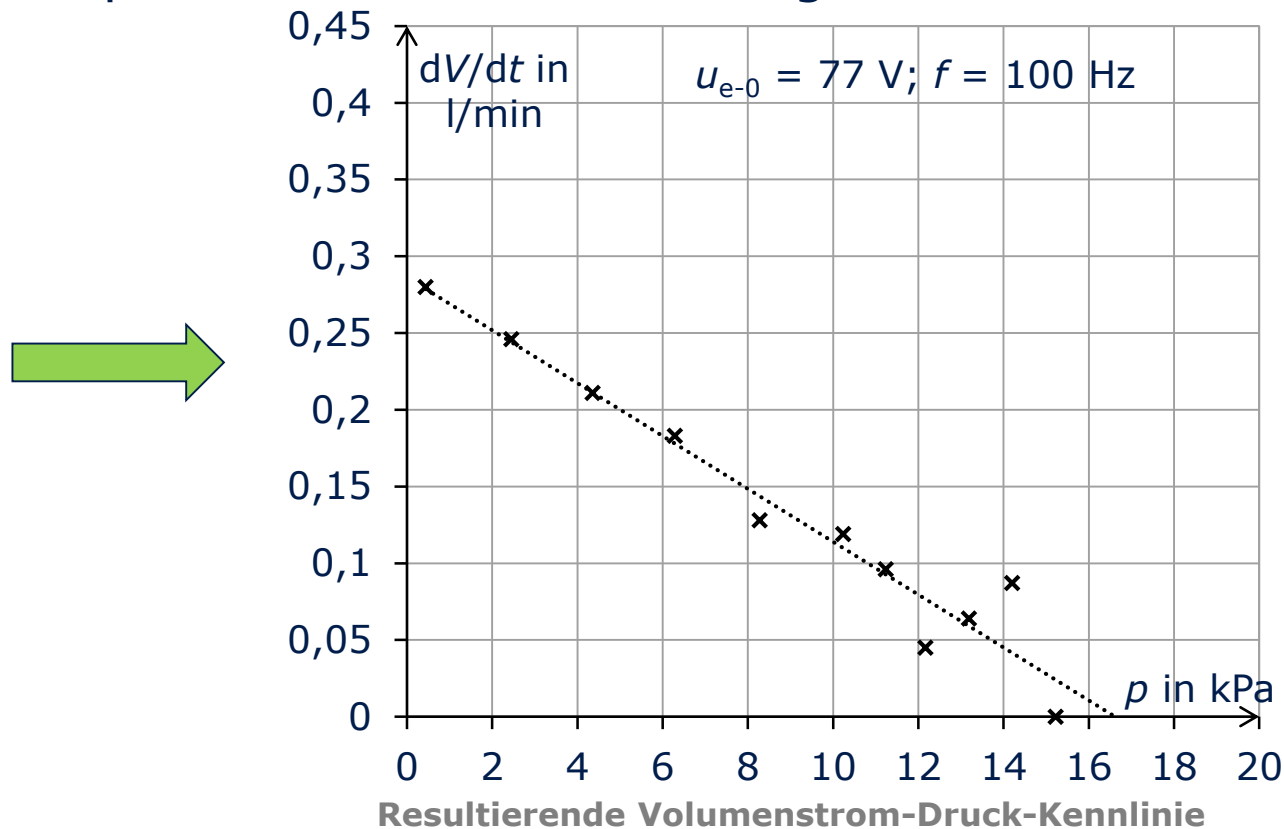


**Lage der optischen Wegaensoren auf  
der Schlauchhalterung**

### Auslenkung des Rotationskörpers

## 4. Ergebnisse

### Experimentelle Untersuchung im Betrieb



# Gliederung

## 1. Einleitung

### 1.1 Motivation

### 1.2 Stand der Technik

## 2. Theoretische Vorbetrachtung

### 2.1 Pumpwirkung

### 2.2 Elektromechanischer Aktor

## 3. Entwurfsphase des Funktionsmusters

## 4. Ergebnisse

## 5. Zusammenfassung

## 6. Aktueller Stand

## 5. Zusammenfassung

- Funktionsmuster für Pumpe mit Antrieb nach dem Wanderfeldprinzip
  - Validiertes Modell des Eisenkreises zur Beschreibung des Aktors
  - Basismodell für die Pumpwirkung
  - Pumpwirkung ohne vollständige Kompression des Schlauches
- 
- Instabiler Betrieb
  - Geringe Förderleistung
  - Hohe Geräuschemission



## 6. Aktueller Stand [7]

- Überarbeitetes Funktionsmuster in Testphase  
 $Q_{\max} = 350 \text{ ml/min}$  und  $p_{\max} = 20 \text{ kPa}$
- Besondere Merkmale der Schlauchpumpe:  
Dynamische Steuerbarkeit des Volumenstroms  
Erzeugen von programmierbaren Pulsen (z.B. Nachahmung Herzschlag)
- Modellierung des Pumpprinzips, 3 Teilmodelle:
  - FEM-Simulation → Krafterzeugung
  - Mehrkörpersimulation → Aktor
  - Hydraulik Simulation → Pumpwirkung
- Untersuchung zur Blutschädigung geplant  
→ Ansprechpartner: Sebastian Pech, IFTE, TU Dresden

**Gesamtmodell** → Optimierung  
hinsichtlich Förderleistung geplant

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.