

Erweiterung der CARNOT-Bibliothek im Bereich Hydraulik

IGE_THAMO

M.Sc. Stephan Volkmer

Hochschule Biberach
Studiengang Gebäudeklimatik & Energiesysteme
Institut für Gebäude- und Energiesysteme (IGE)

INHALT

- Das Forschungsprojekt AutTherm
- Vorstellung der Erweiterungen und Änderungen
- Ausblick
- Offene Fragen und Probleme

- Kooperationen mit Industrie, Wirtschaft & Kommunen
- Lehrplattform für den Studiengang Energieingenieurwesen (Ba & Ma)
- 11 Professoren, 17 Mitarbeiter, 7 Labore
- Fachgebiete: MSR & Automatisierung, Lichttechnik, Lüftungstechnik, Kältetechnik und Hydraulik, Elektrotechnik & Smart Grid, Geothermie, energetische Bewertung
- Forschungsintensiv (~1,1 Mio. € Drittmittel / Jahr)
(für eine HS dieser Größe)

Forschungsprojekt AutTherm

Automatisierungsgestützte Systemoptimierung therm. Energiesysteme

- Projektleitung
Prof. Dr.-Ing. Martin Becker
Prof. Dr.-Ing. Alexander Floß
Prof. Dr. rer. nat. Stefan Hofmann
- Mitarbeiter
2 Vollzeit + 3 Teilzeit
- Laufzeit
10.2016 – 09.2019



Vorstellung der Erweiterungen und Änderungen

Vorbemerkungen

- Erfahrung mit CARNOT ~ 1 Jahr (erstes Nutzertreffen)
- Änderungen teilweise nur zur Erhöhung der Benutzerfreundlichkeit
- Berechnungen nicht in C-Skript, sondern als Funktionen

Pumpenmodell

Veränderung der Kennlinie bei unterschiedliche Drehzahlen

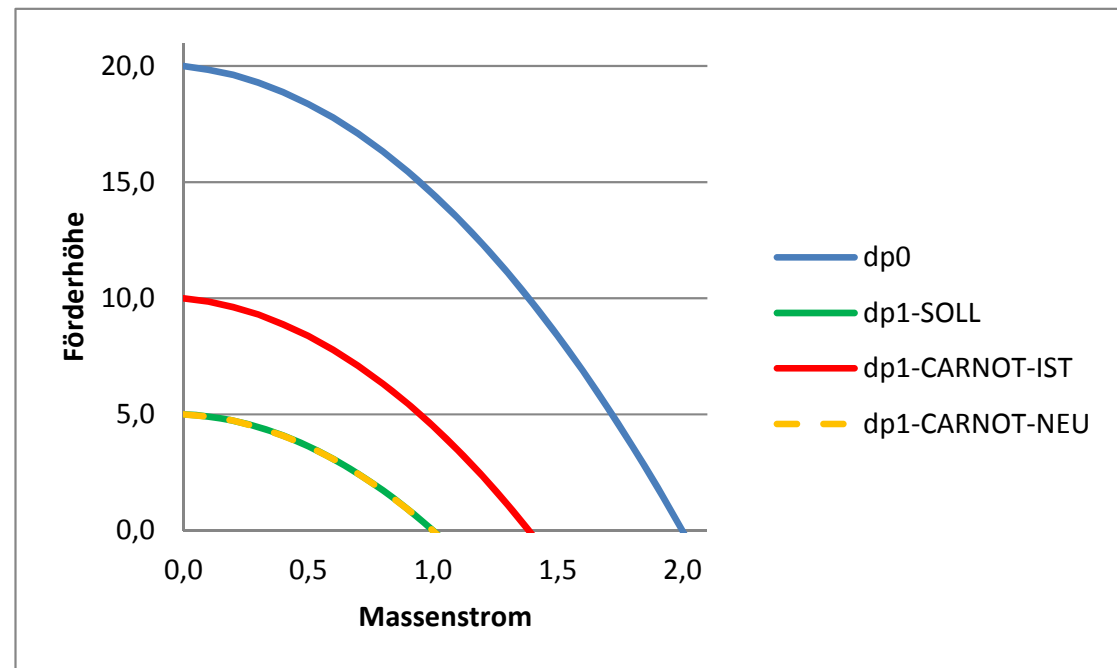
Bisher:

- Stellsignal ctr mit linearem Einfluss auf a_0

Geändert:

- Quadratischer Einfluss auf a_0
- Linearer Einfluss auf a_1
- Abgeleitet aus:

$$\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2$$



Pumpenmodell

Wirkungsgradberechnung

Bisher:

- Fester maximaler Wirkungsgrad mit parabelartigem Verlauf
- Festgelegt für einen maximalen Massenstrom von 5 kg/s

Geändert:

- Maximaler Wirkungsgrad in Maske editierbar
- Einführung Wirkungsgradexponent a , mit dem variabler maximaler Wirkungsgrad bei variablen Drehzahlen möglich

$$\eta_2 = 1 - (1 - \eta_1) \cdot \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^a \quad (\text{abgeleitet aus } \frac{1-\eta_1}{1-\eta_2} = \left(\frac{Re_1}{Re_2}\right)^{0,1})$$

Pumpenmodell

Wirkungsgradberechnung

Geändert:

- Wirkungsgradverlauf weiterhin parabelförmig

$$\eta(\dot{m}) = 4 \cdot \frac{\eta_{\max}}{\dot{m}_{\max}} \cdot \left(-\frac{\dot{m}^2}{\dot{m}_{\max}} + \dot{m} \right)$$

- Maximaler Massenstrom abhängig von Koeffizienten a_0 , a_1 , a_2
(auch bei variablen Drehzahlen) (Nullstellensuche)

Pumpenmodell

Lösungsformel für Massenstromberechnung

Bisher:

- C-Skript, das MATLAB-Solve zur Lösung verwendet

Geändert:

- Vorgegebener Lösungsweg durch quad. Lösungsgleichung (Mitternachtsformel) -> Schnittpunkt im 1.Quadranten

Pumpenmodell

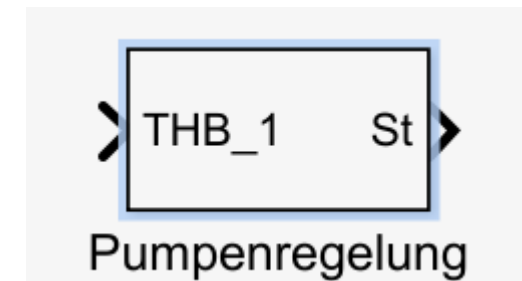
Pumpenregelung

Bisher:

- ohne

Zusätzlich:

- Δp -c- und Δp -p-Regelung passend zur Pumpe
- Variabler Fußpunkt
- Einstellbarer Mindestmassenstrom
- Minimale Drehzahl



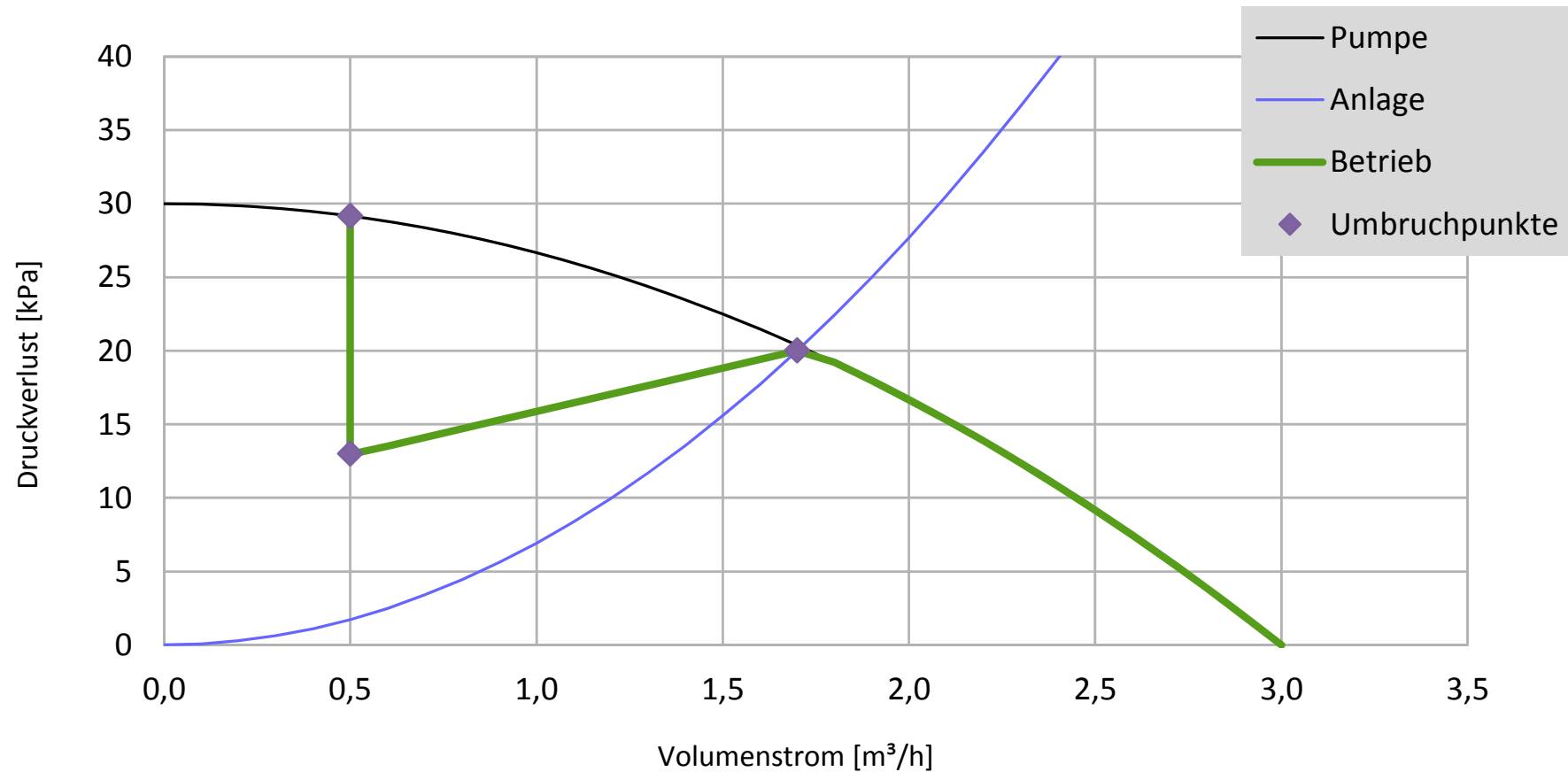
The screenshot shows the 'Block Parameters: Pumpenregelung' dialog box. It contains the following fields and values:

- Pumpenregelung
- Regelung für eine drehzahlvariable Pumpe
- Reglerdaten
- Pumpenbetriebsart: konstantdruckgeregelt
- constant coefficient in Pa: 40000
- linear coefficient in Pa/(kg/s): -737
- quadratic coefficient in Pa/(kg/s)²: -52000
- Vorgabe Förderhöhe (Fußpunkt) in Pa: 20000
- Mindestmassenstrom in kg/s: 0
- Minimale Drehzahl in %: 20

Buttons at the bottom: OK, Cancel, Help, Apply.

Pumpenmodell

Pumpenregelung



Modellansatz Schleifenauflösung

Memory-Blöcke statt Übertragungsfunktionen

Bisher:

- Übertragungsfunktion mit variabler Zeitkonstante

Geändert:

- Memory – Block

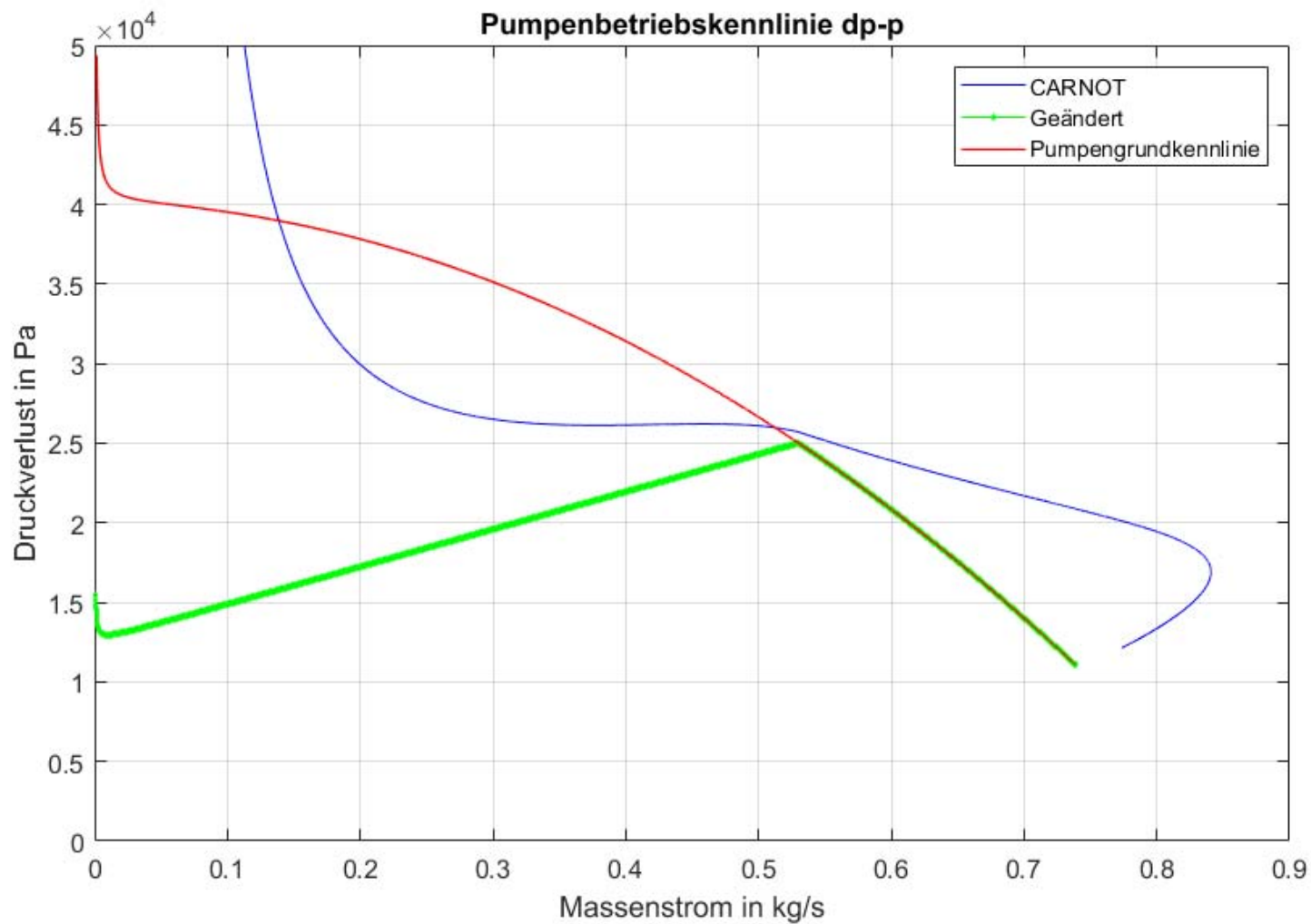
Grund: Übertragungsfunktionen dämpfen v.a. bei größeren Zeitkonstanten

Signal und Massenströme erheblich, Memory-Blöcke zerhacken das Signal

nur. Nachteil: Längere Rechenzeit

Modellansatz Schleifenauflösung

Memory-Blöcke statt Übertragungsfunktionen



Ventilmodell

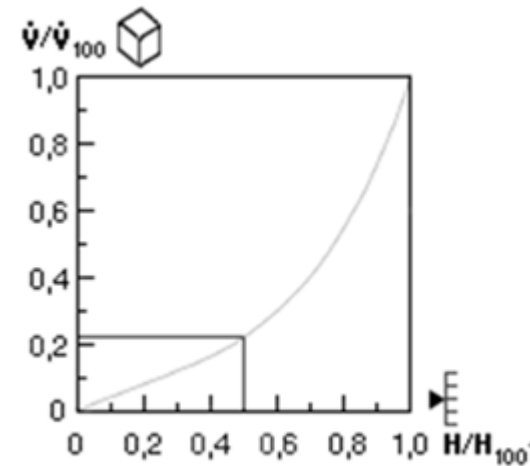
Kennlinie

Bisher:

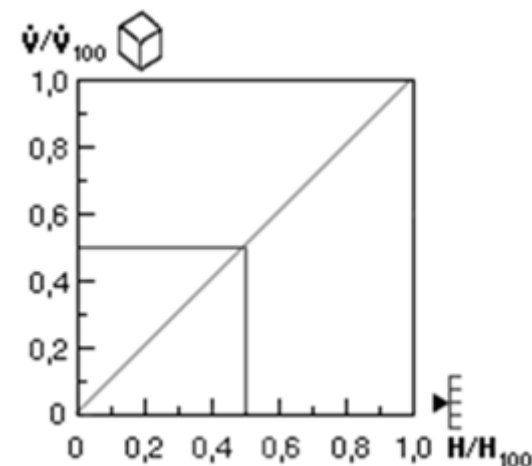
- Eingabewerte entweder als Array oder
- mit zwei Betriebspunkten (Umrechnungsformel sehr fragwürdig)

Geändert:

- Ventilcharakteristiken linear oder gleichprozentig
- Eingabewert k_{vs} (aus Datenblatt, praxisnah)



Ventilkennlinie, gleichprozentig



Ventilkennlinie, linear

Ventilmodell

Ventillaufzeit

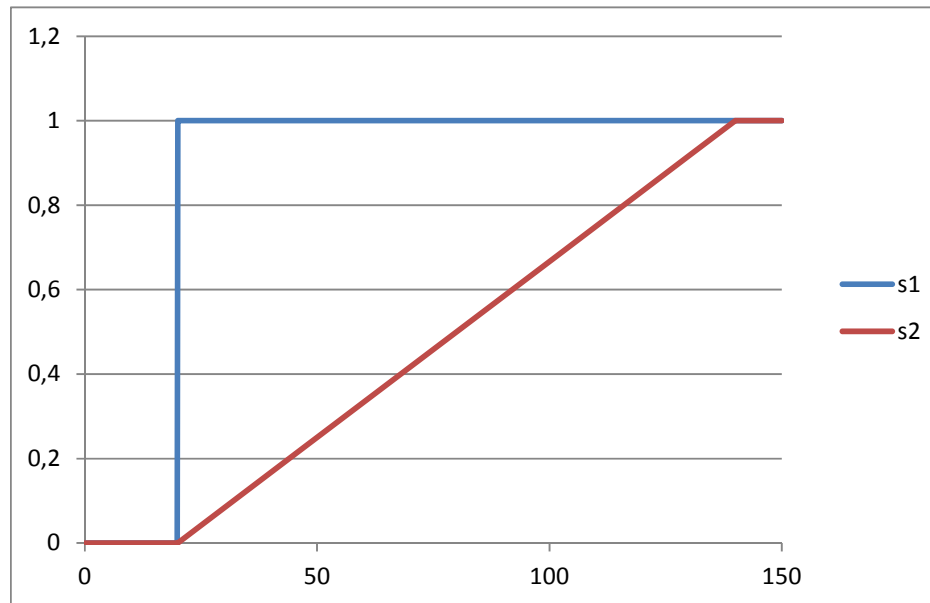
Bisher:

- ohne

Geändert:

- Begrenzung der Steigung des Eingangssignals Stellsignal als Abbildung der Ventillaufzeit

- Steigung $m = \frac{1}{\Delta t_V}$



Druckverlustberechnung

In Rohren

Bisher:

- Mit Vorgabe von linearen und eines quadratischen Koeffizienten
oder
- Druckverlustberechnung mit Nikuradse u.ä.

Geändert:

- Berechnung von λ abhängig von laminarer und turbulenter Strömung
(Colebrook-White)
- Allerdings nur Einfluss auf quadratischen Koeffizienten

Vorteil:

- Schnellere Berechnung

Druckverlustberechnung

In anderen Bauteilen

Bisher:

- Mit Vorgabe von Druckverlustkoeffizienten

Geändert:

- Berechnung durch Vorgabe eines bekannten Wertes

- k_{VS} -Wert $q = \frac{\rho^3 \cdot 100}{3600^2 \cdot k_{VS}}$

- ζ -Wert $q = \frac{\xi}{2 \cdot \rho \cdot A}$

- Betriebspunkt $q = \frac{\Delta p_N}{\dot{m}_N}$

Hydraulische Weiche

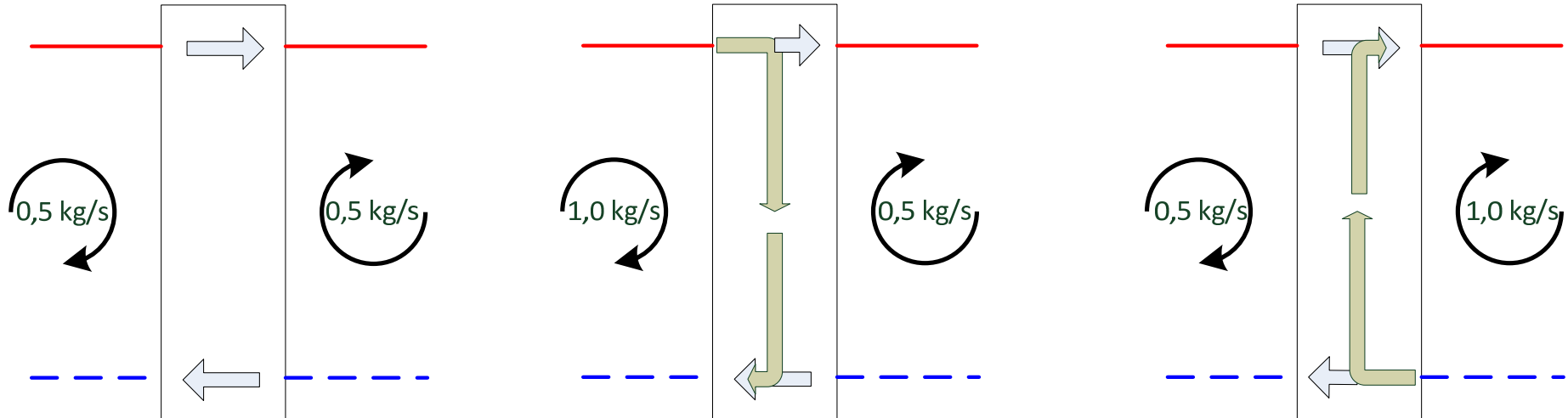
Entkopplung von zwei Kreisen ohne Kapazität

Bisher:

- Ohne (Einsatz eines kleinen Multiportspeichers möglich, Druckverlust?)

Zusätzlich:

- Hydraulische Weiche, durch die die Temperaturen der austretenden Ströme bei ungleichen Massenströmen geändert wird



Ausblick

Aktuelle Arbeiten

- Gegenseitige Beeinflussung von Pumpen
- Abgleich Wärmekapazitätsströme bei hydr. Weichen und WÜ
- Optimale Stellsignale für Rückkühlkreise
- Modellierung CO₂-Kältemaschine
- Modellierungsansatz Kolbenströmung im Rohr

Ausblick

Geplante Entwicklungen

- Verfeinerung Pumpenmodell (max. el. Leistung, max. Förderhöhe)
- Bauteile des hydraulischen Abgleichs
 - Massenstromregler
 - Differenzdruckregler
 - Differenzdruckunabhängige Regelventile

Offene Fragen und Probleme

Denkanstöße

- Seit CARNOT 6.1 ist die Bibliothek gegen Bearbeitung gesperrt
- Welche Bauteile wurden bereits validiert (Übersichten vorhanden?)
- Strömungsumkehr in Rohrleitungen mit SIMULINK nicht möglich
 - Verwendung bei hydr. Weichen mit mehreren Bauteilen oder bei gegenseitiger Beeinflussung von Pumpen
 - Ggf. mit SimScape?
- Konzept für Hydraulic Inductivity ?
- Darstellung von Luftblasen/-polstern im System möglich?

Danke für eure Aufmerksamkeit
Fragen ?