

3. KONGRESS ENERGIEWENDEBAUEN

ENOB: AUTO-ENEFF – OPTIMIERUNG VON PID-REGLERN

Y. Fürst, D. Herrmann, M. Kriegel

09. Juni 2022

Hermann-Rietschel-Institut

TU Berlin

Supported by:



on the basis of a decision
by the German Bundestag

FKZ: 03ET1447A



Was ist das Problem?

Was ist die Lösung?

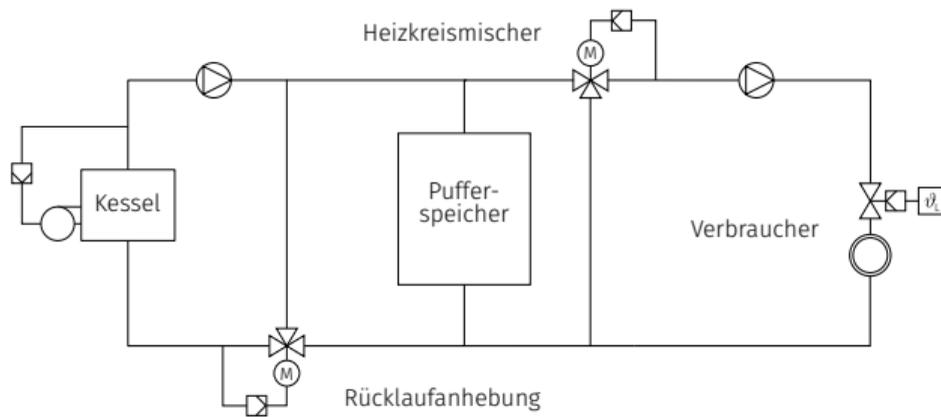
Was hat sich verbessert?

WAS IST DAS PROBLEM?



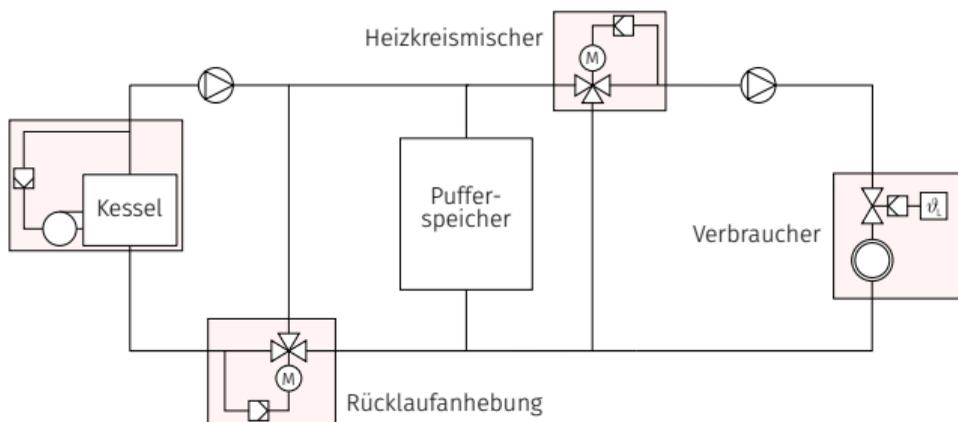


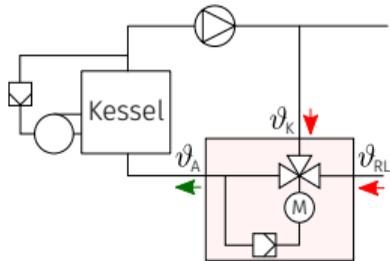
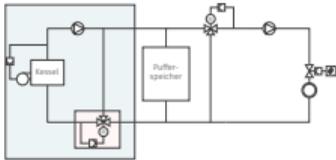
Heizungssystem mit Hackschnitzelkessel und Rücklaufanhebung





Heizungssystem mit Hackschnitzelkessel und Rücklaufanhebung

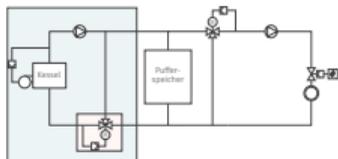




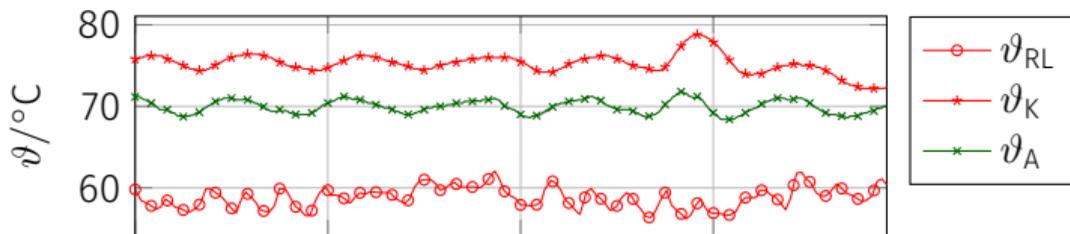
v_K : Kesseltemperatur

v_A : Rückclaufanhebung

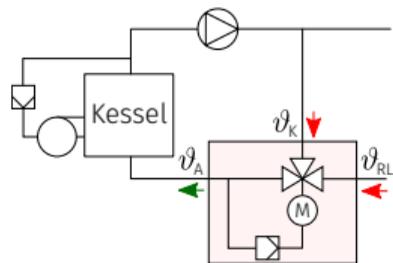
v_{RL} : Rückclauftemperatur



Rücklaufanhebung



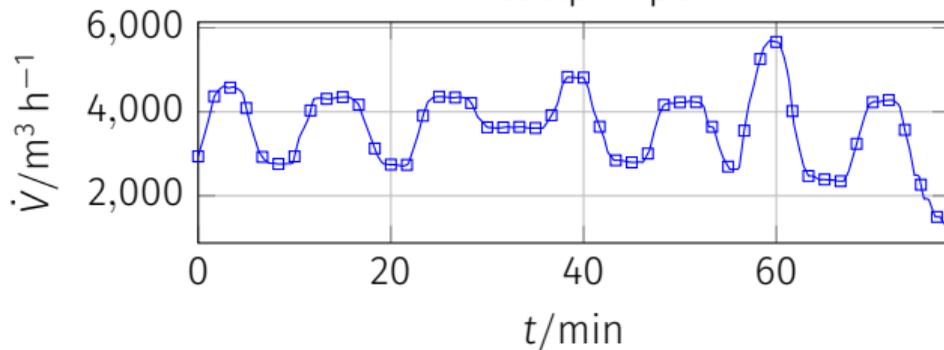
— Kesselpumpe —

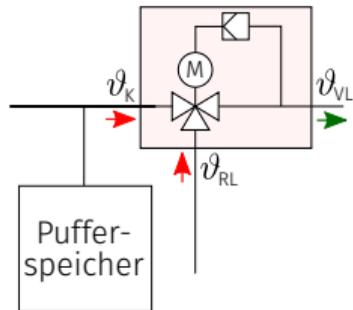
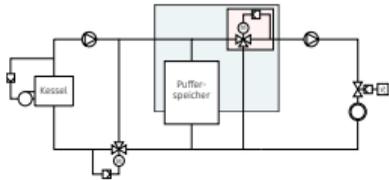


ϑ_K : Kesseltemperatur

ϑ_A : Rücklaufanhebung

ϑ_{RL} : Rücklauftemperatur

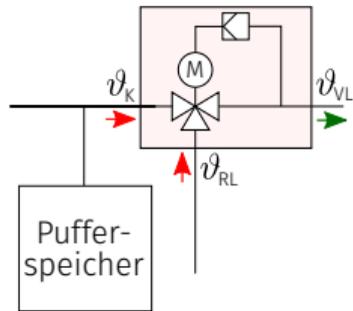
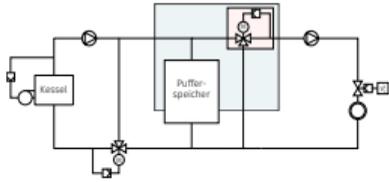




ϑ_K : Kesseltemperatur

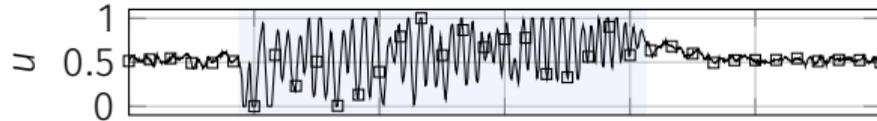
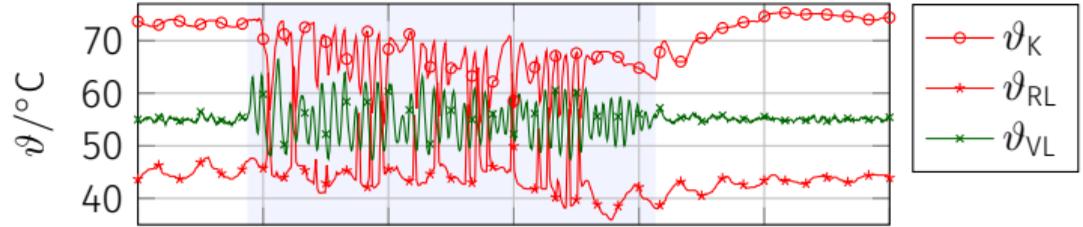
ϑ_{RL} : Rücklauftemperatur

ϑ_{VL} : Vorlauftemperatur

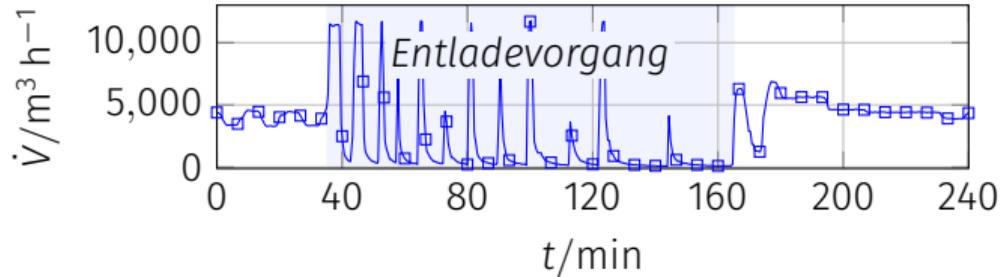


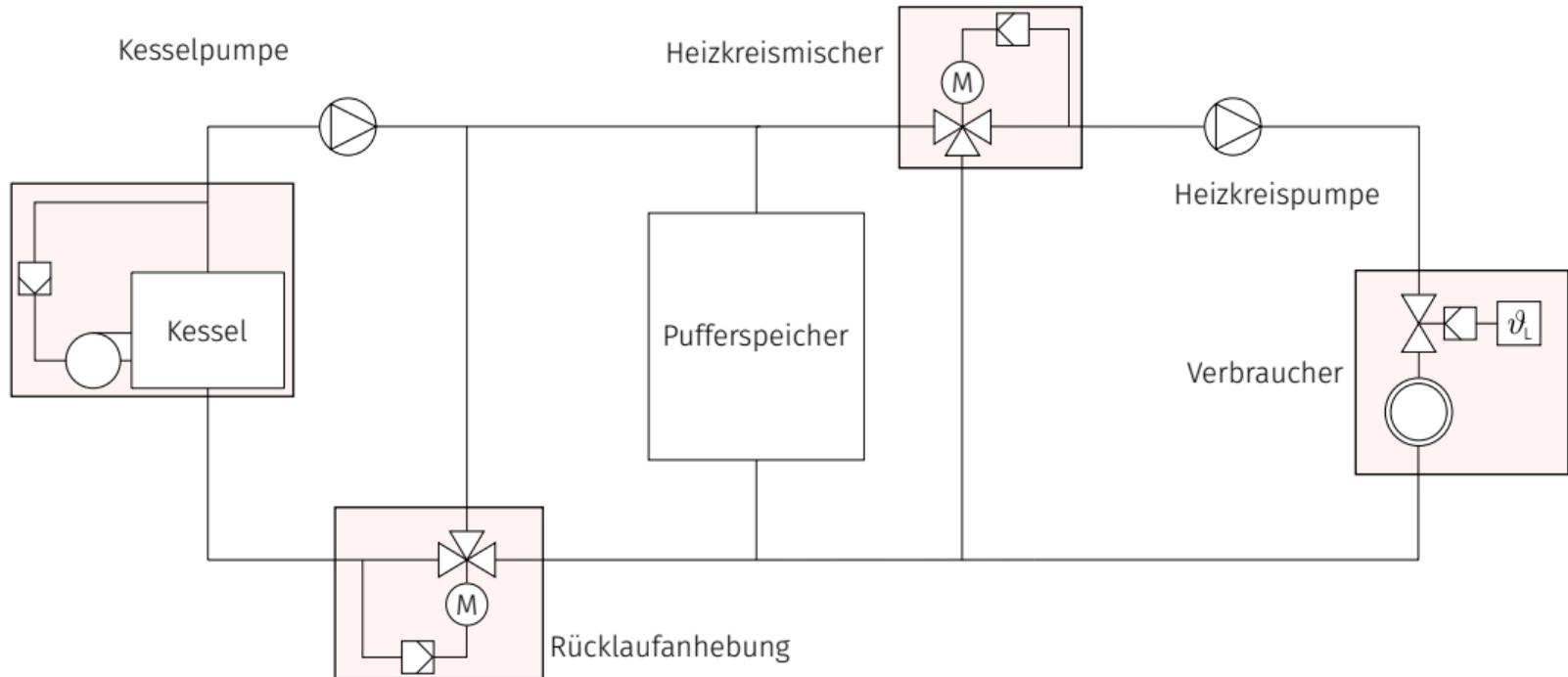
v_K : Kesseltemperatur
 v_{RL} : Rücklauftemperatur
 v_{VL} : Vorlauftemperatur

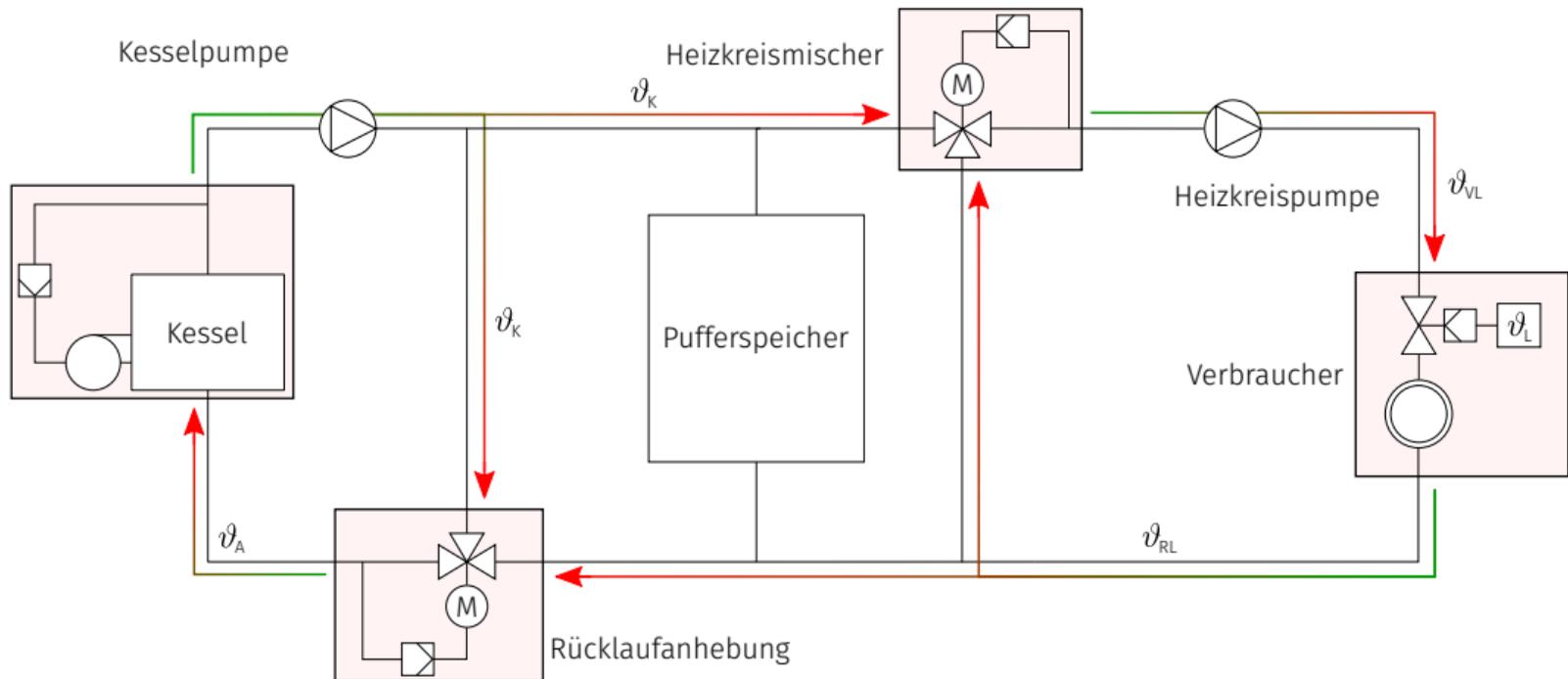
Heizkreismischer

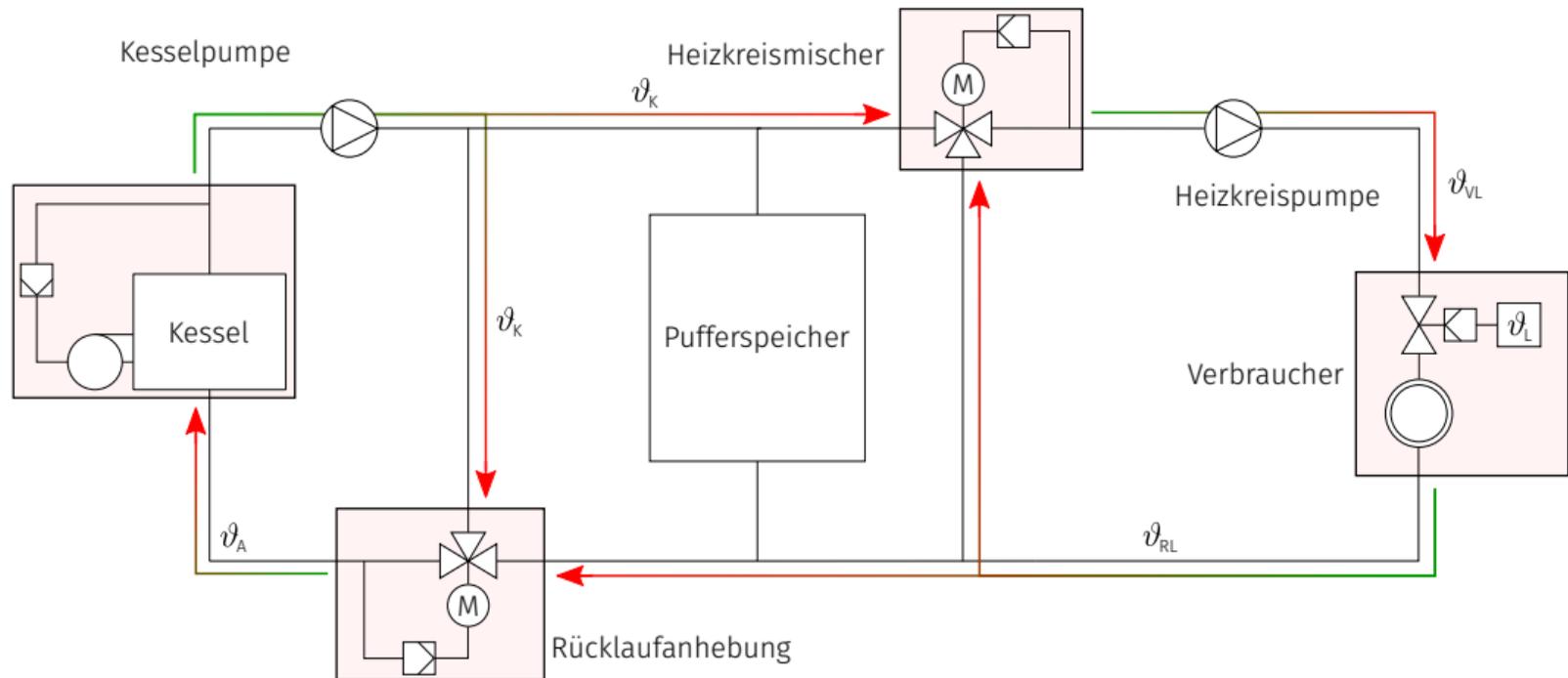


Kesselpumpe

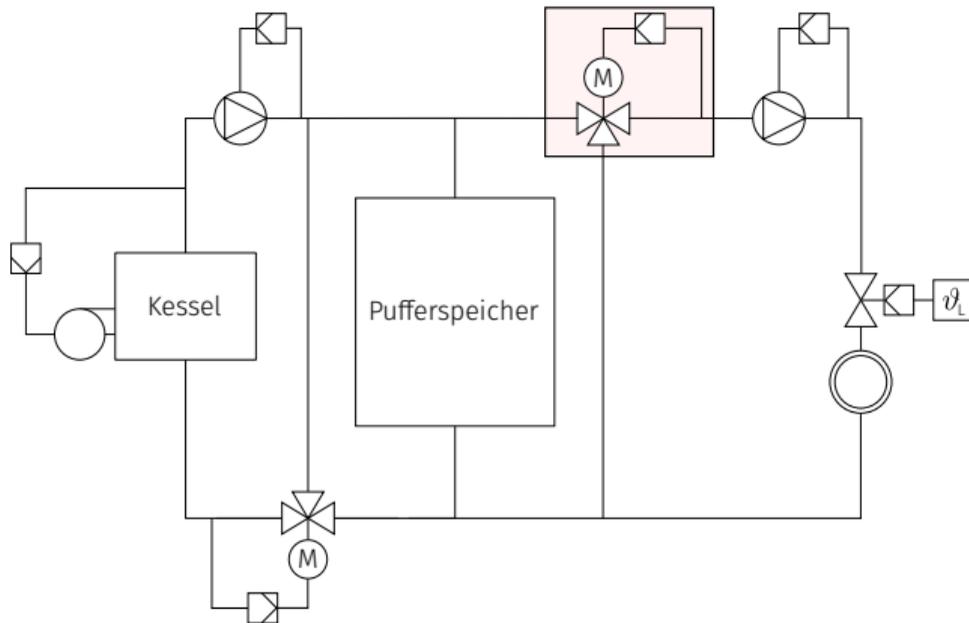


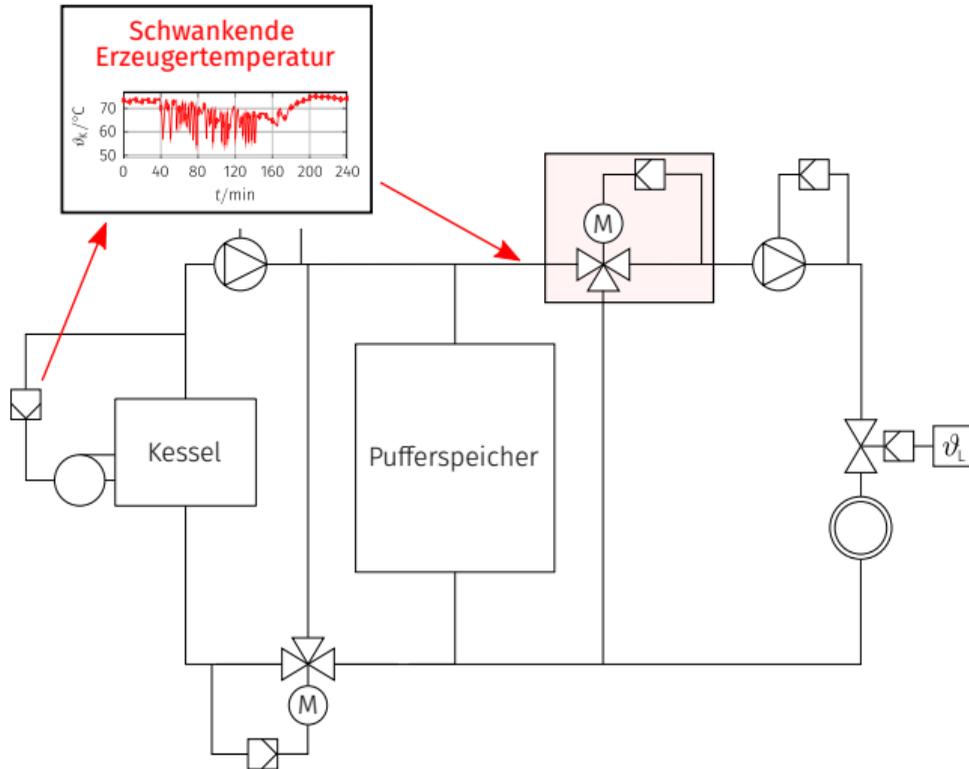




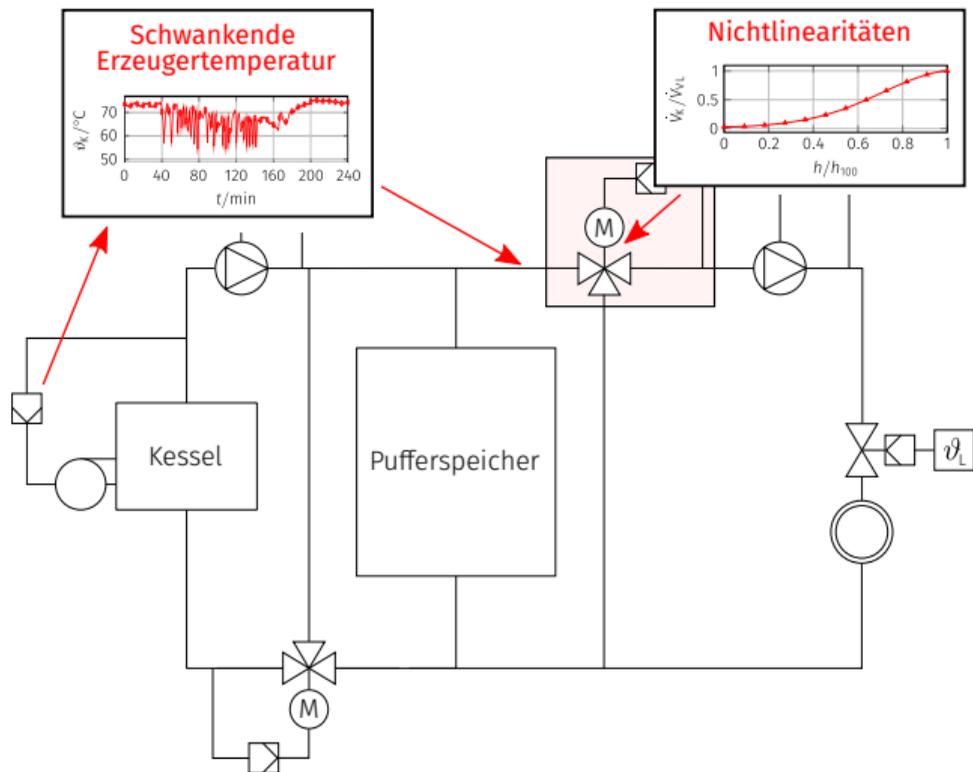


Die Regelgröße eines Systems wirkt als Störgröße auf ein anderes System.



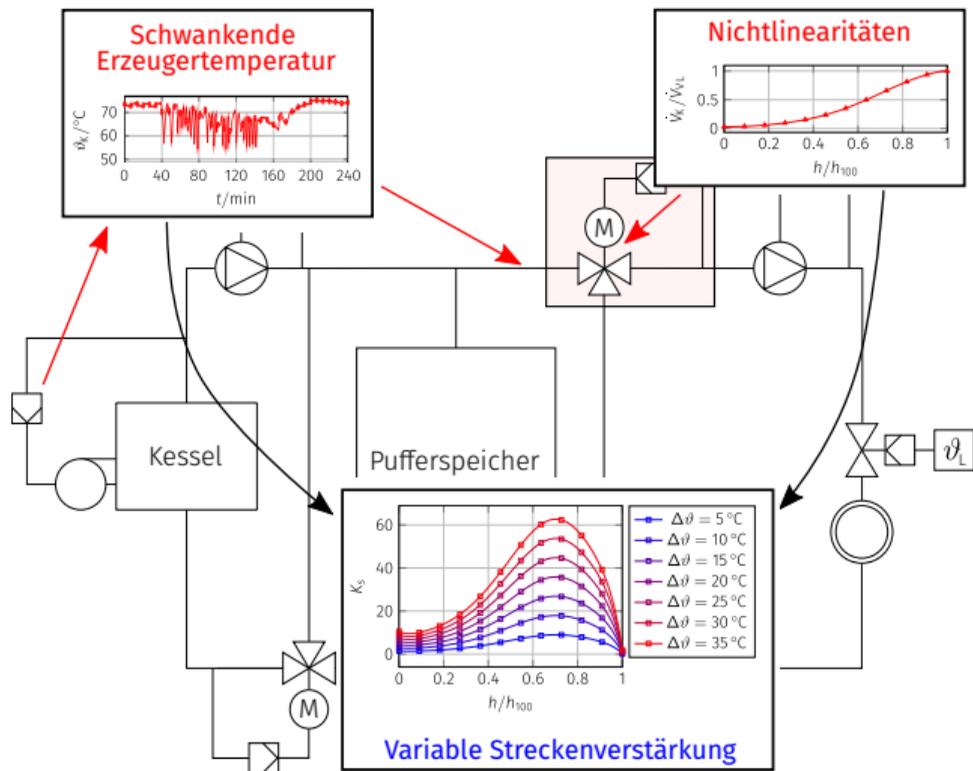


Problem 1: Störgrößen



Problem 1: Störgrößen

Problem 2: Stark nichtlineares
Regelstreckenverhalten



Problem 1: Störgrößen

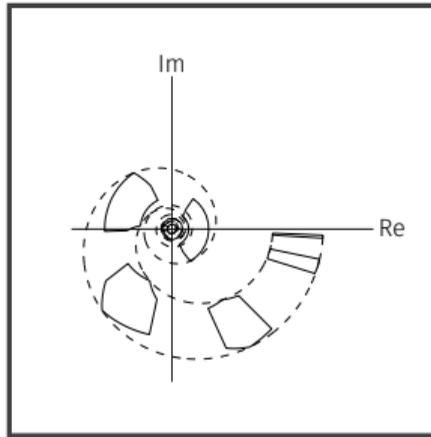
Problem 2: Stark nichtlineares
Regelstreckenverhalten

Streckenverstärkung und
Streckendynamik von Arbeitspunkt
abhängig

WAS IST DIE LÖSUNG?

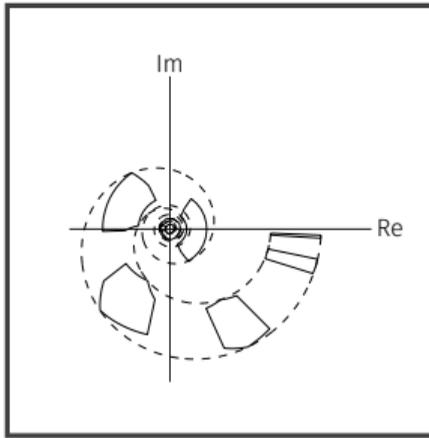
Aus regelungstechnischer Sicht gibt es zwei Möglichkeiten:

Aus regelungstechnischer Sicht gibt es zwei Möglichkeiten:

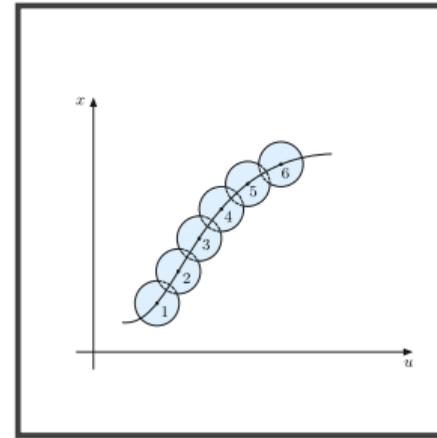


Robuste Regelung

Aus regelungstechnischer Sicht gibt es zwei Möglichkeiten:

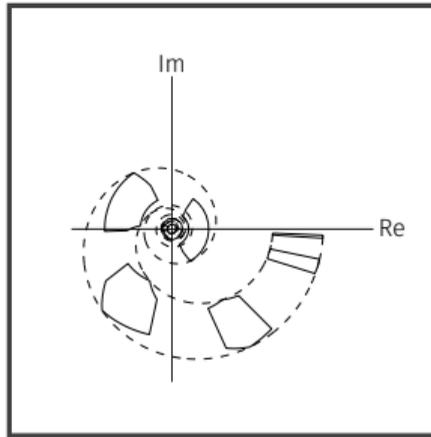


Robuste Regelung

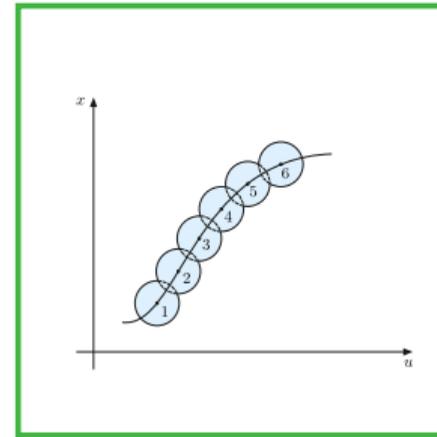


Nichtlineare Regelung

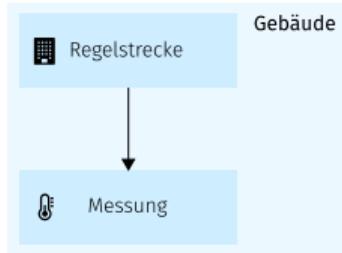
Aus regelungstechnischer Sicht gibt es zwei Möglichkeiten:



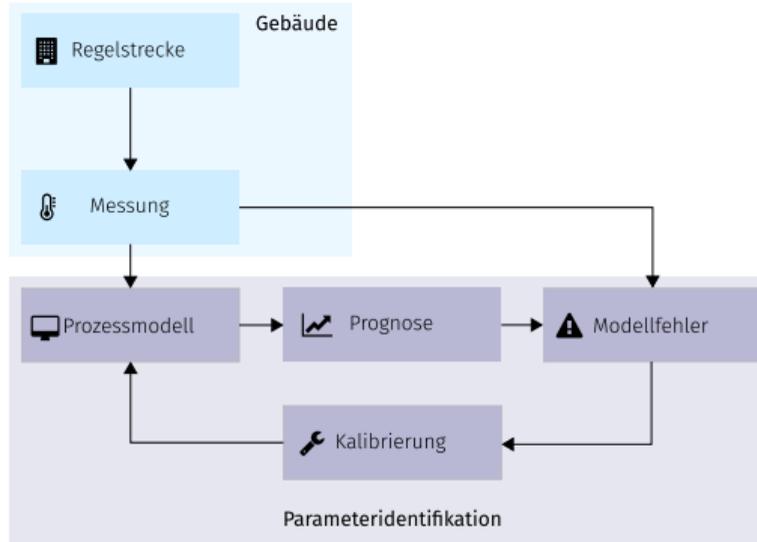
Robuste Regelung



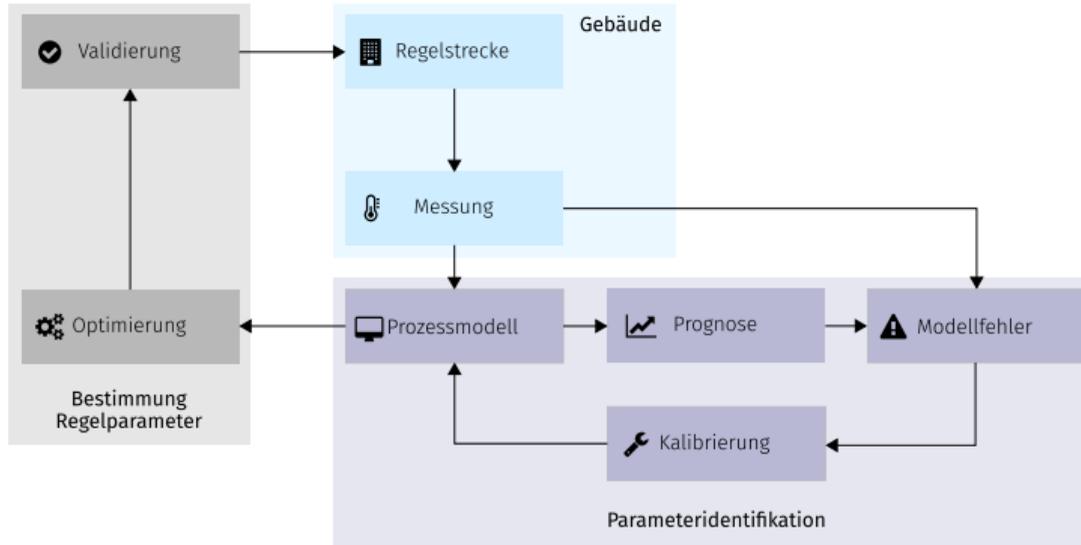
Nichtlineare Regelung
(Gain-Scheduling)



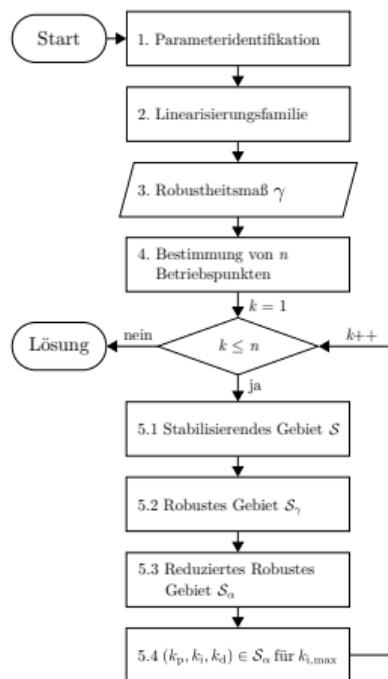
- Auswahl der Regelstrecke

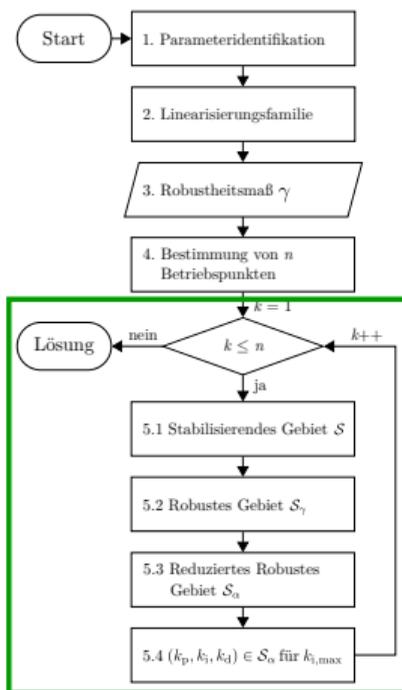


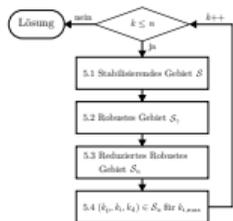
- Auswahl der Regelstrecke
- **Schritt 1:**
Parameteridentifikation



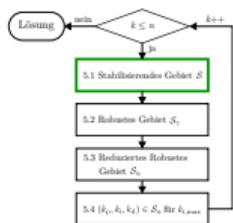
- Auswahl der Regelstrecke
- **Schritt 1:**
Parameteridentifikation
- **Schritt 2:**
Auslegung des
Gain-Scheduling
PID-Reglers



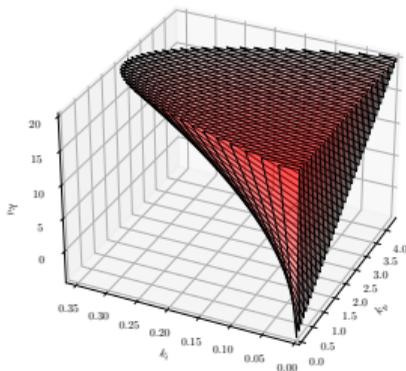




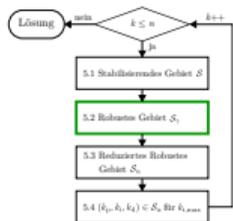
$$G_{TAB} \frac{h}{h_{100}}(s) = \frac{10}{4303,0097 s^3 + 793,6637 s^2 + 48,7954 s + 1}$$



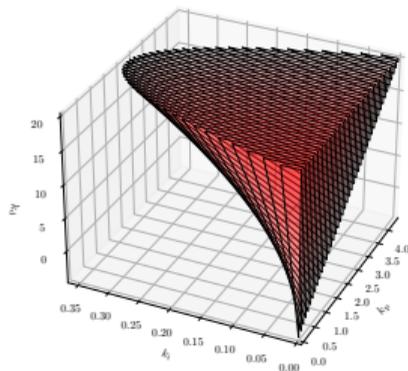
$$G_{TAB} \frac{h}{h_{100}}(s) = \frac{10}{4303,0097 s^3 + 793,6637 s^2 + 48,7954 s + 1}$$



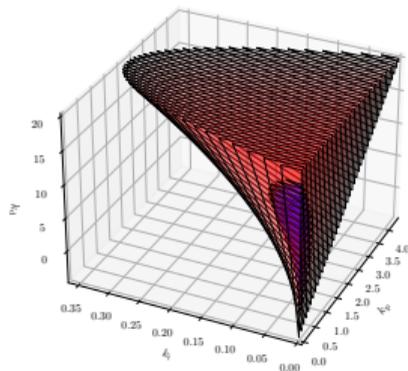
Stabiles Gebiet



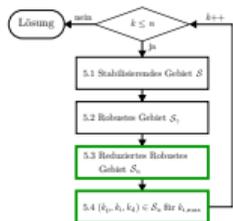
$$G_{TAB} \frac{h}{h_{100}}(s) = \frac{10}{4303,0097 s^3 + 793,6637 s^2 + 48,7954 s + 1}$$



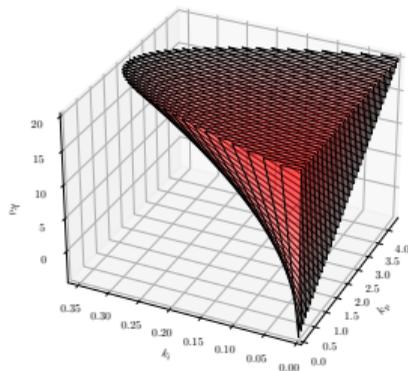
Stabiles Gebiet



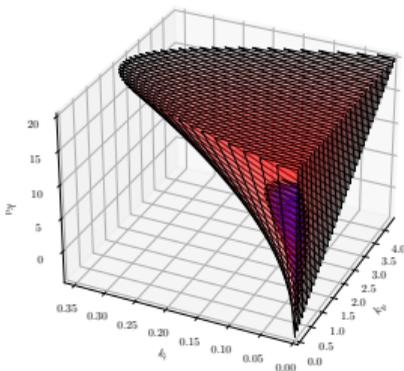
Robustes Gebiet



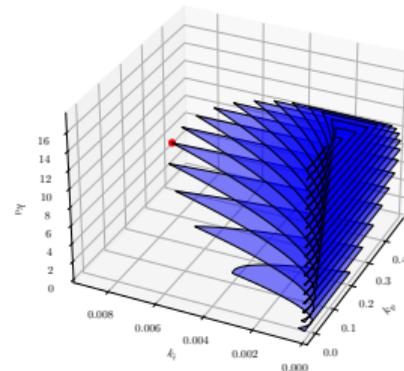
$$G_{TAB} \frac{h}{h_{100}}(s) = \frac{10}{4303,0097 s^3 + 793,6637 s^2 + 48,7954 s + 1}$$



Stabiles Gebiet



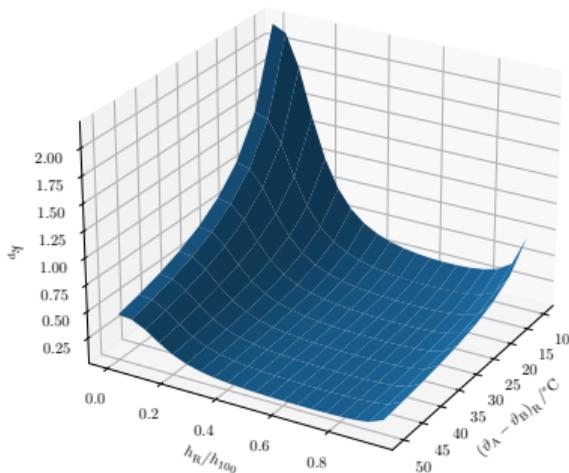
Robustes Gebiet



Reduziertes Gebiet

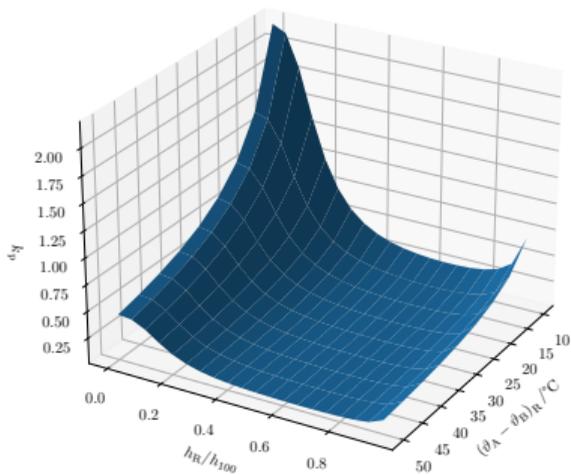
Proportionale Verstärkung k_p des PID-Reglers als Funktion des Arbeitspunktes:

Proportionale Verstärkung k_p des PID-Reglers als Funktion des Arbeitspunktes:

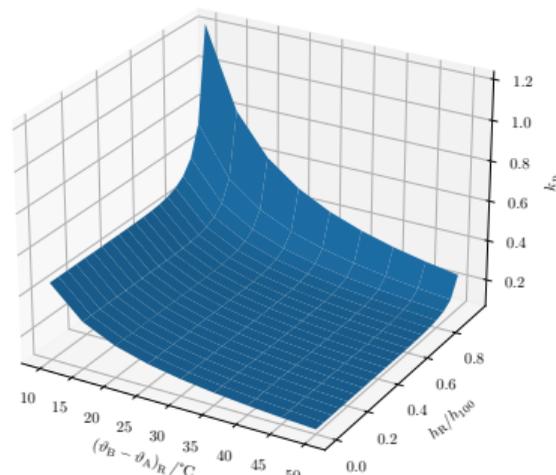


Heizkreismischer

Proportionale Verstärkung k_p des PID-Reglers als Funktion des Arbeitspunktes:

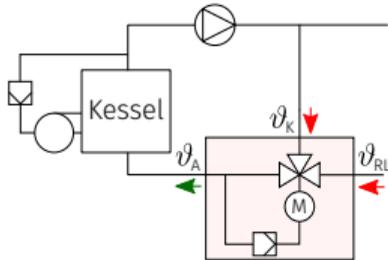
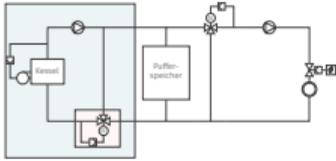


Heizkreismischer



Rücklaufanhebung

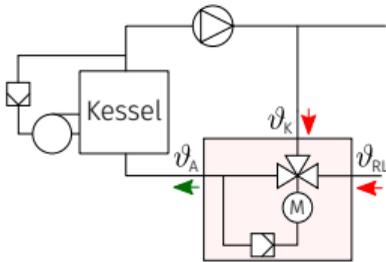
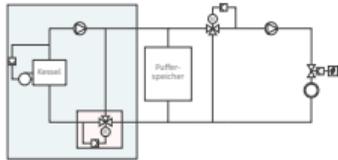
WAS HAT SICH VERBESSERT?



ϑ_K : Kesseltemperatur

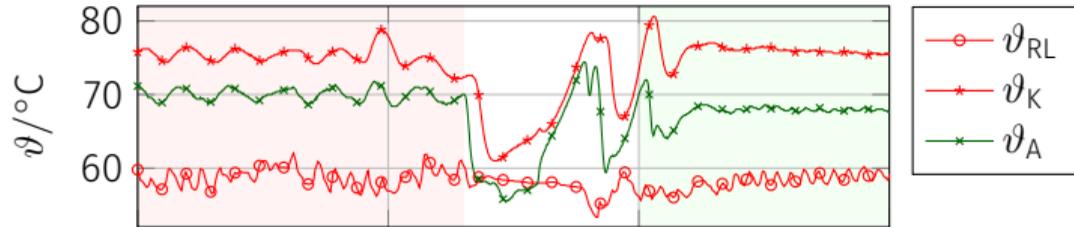
ϑ_A : Rücklaufanhebung

ϑ_{RL} : Rücklauftemperatur

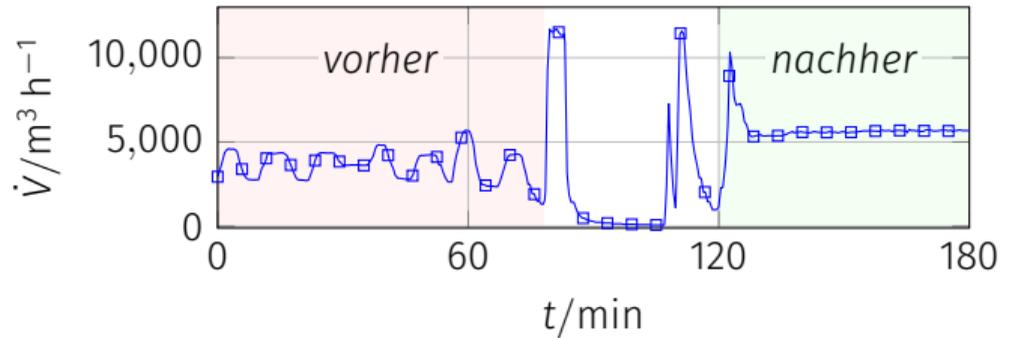


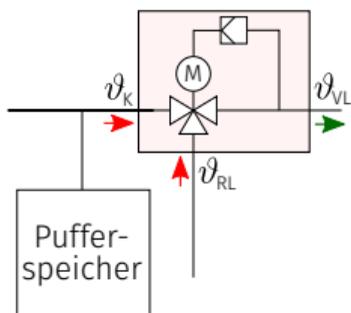
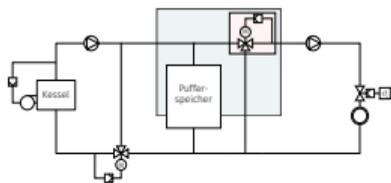
ϑ_K : Kesseltemperatur
 ϑ_A : Rücklaufanhebung
 ϑ_{RL} : Rücklauftemperatur

Rücklaufanhebung



Kesselpumpe

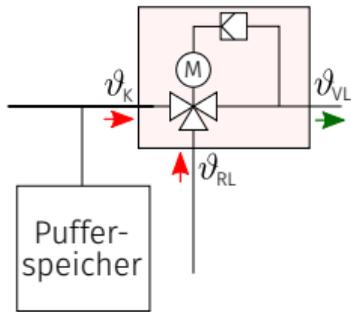
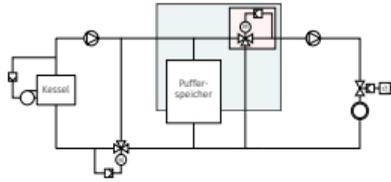




v_K : Kesseltemperatur

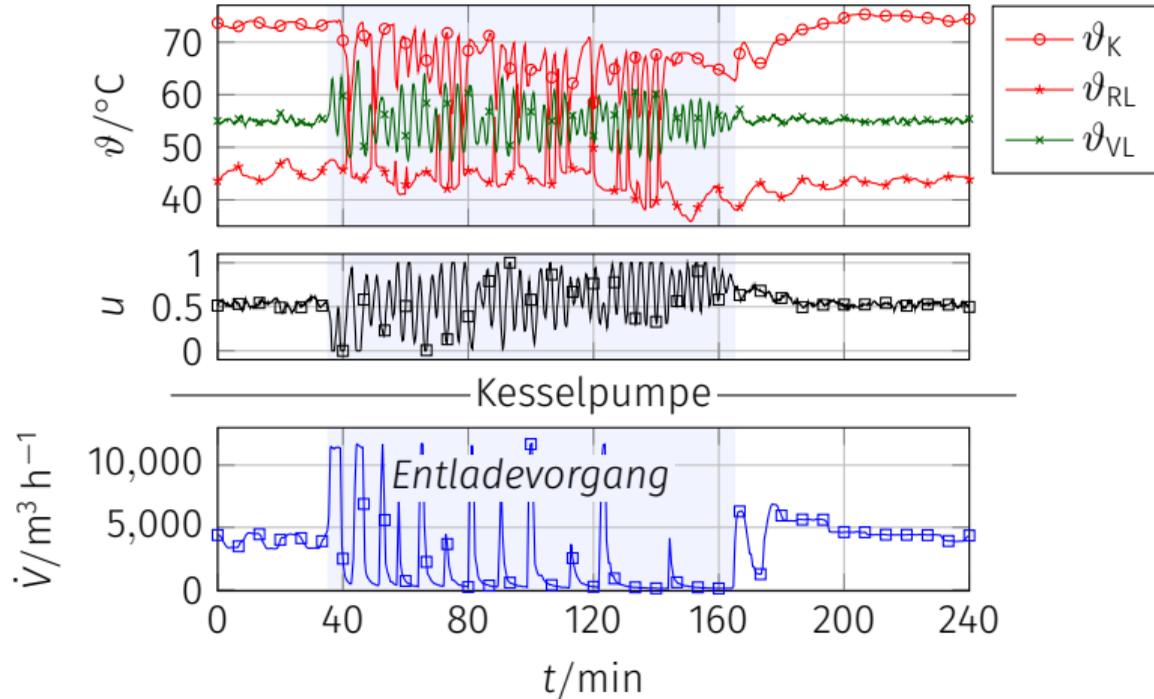
v_{RL} : Rücklauftemperatur

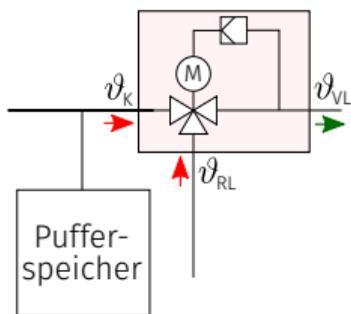
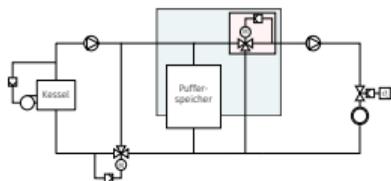
v_{VL} : Vorlauftemperatur



ϑ_K : Kesseltemperatur
 ϑ_{RL} : Rücklauftemperatur
 ϑ_{VL} : Vorlauftemperatur

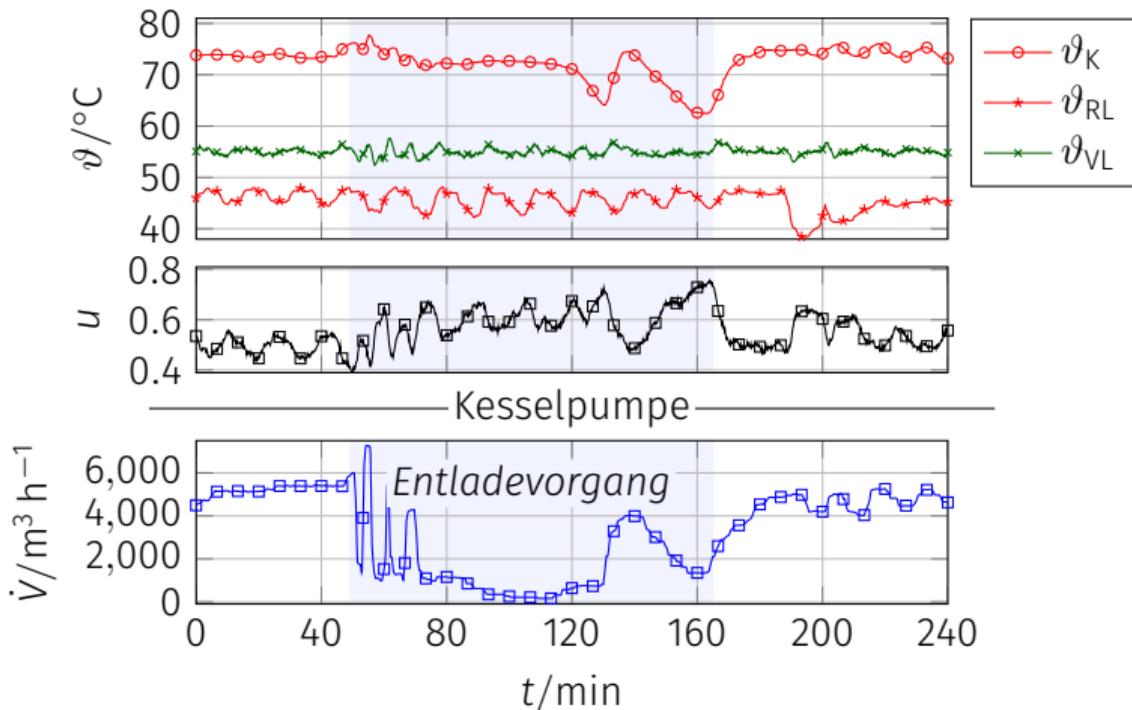
Heizkreismischer (vorher)





ϑ_K : Kesseltemperatur
 ϑ_{RL} : Rücklauftemperatur
 ϑ_{VL} : Vorlauftemperatur

Heizkreismischer (nachher)



PRAXISTRANSFER



Ausgründung aus der TU Berlin:

www.valovo.de





Ausgründung aus der TU Berlin:

- Regelungstechnische Produkte für gebäudetechnische Versorgungssysteme

www.valovo.de





Ausgründung aus der TU Berlin:

- Regelungstechnische Produkte für gebäudetechnische Versorgungssysteme
- Transfer von innovativen Forschungsergebnissen in die Praxis

www.valovo.de



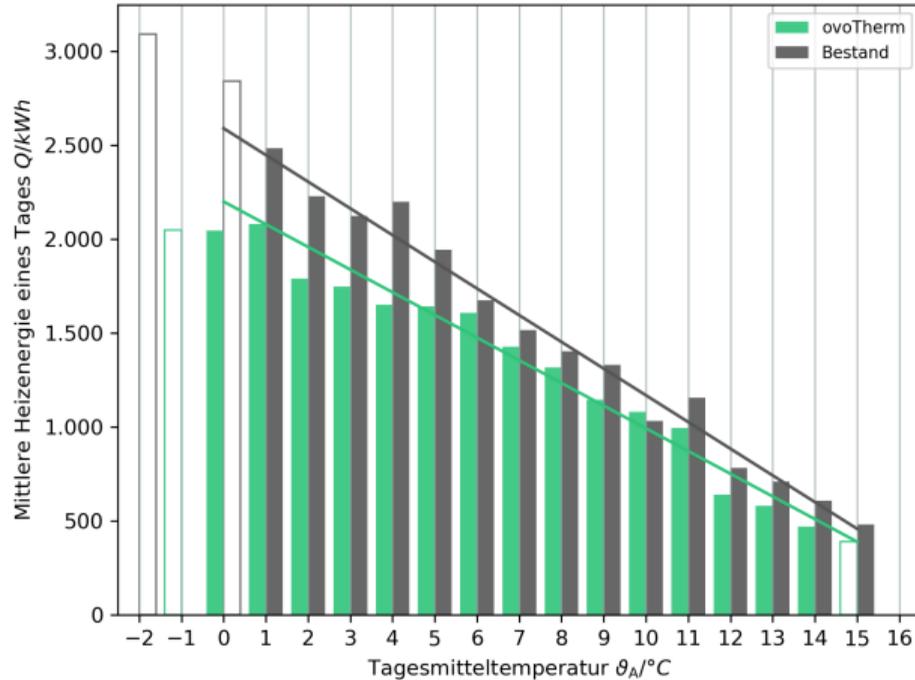


Ausgründung aus der TU Berlin:

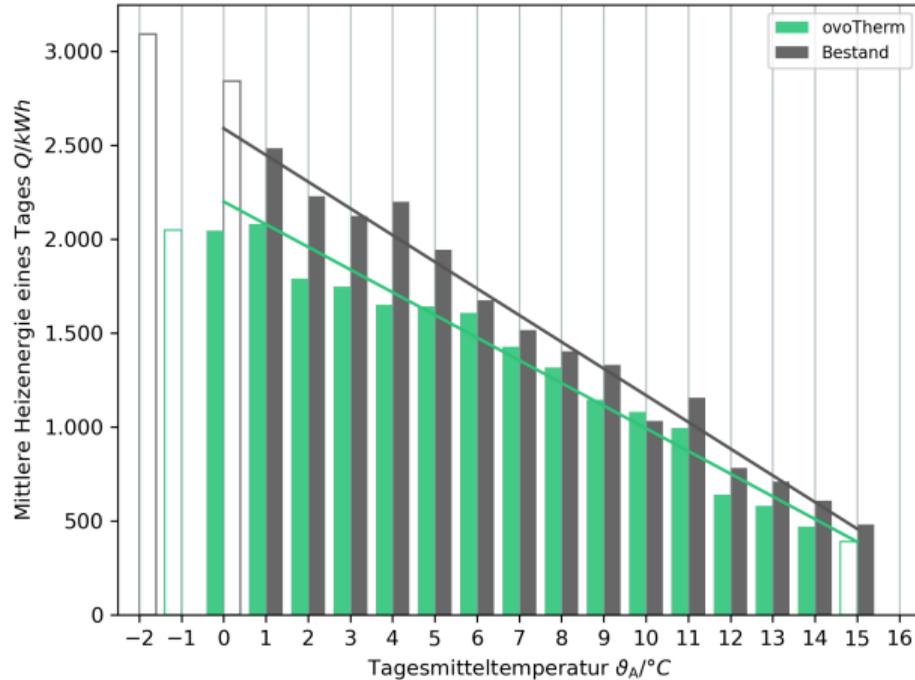
- Regelungstechnische Produkte für gebäudetechnische Versorgungssysteme
- Transfer von innovativen Forschungsergebnissen in die Praxis
- Energieeinsparung durch geringinvestive Nachrüstungen nach dem Addon-Prinzip

www.valovo.de





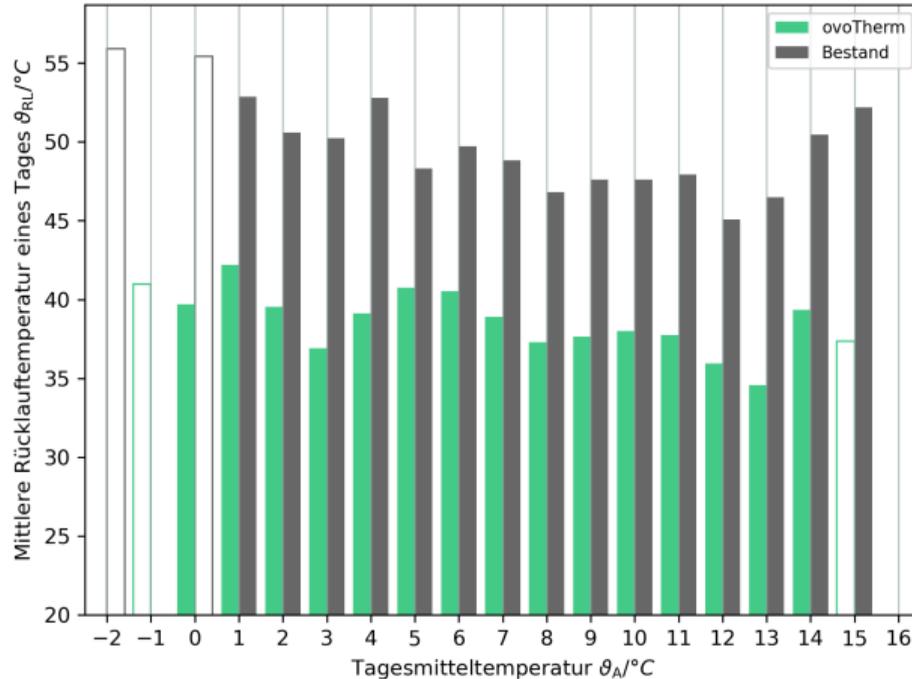
Auswertung Messdaten
Grundschule in Potsdam (2021/22):



Auswertung Messdaten
Grundschule in Potsdam (2021/22):



17,7 % Heizenergie
eingespart



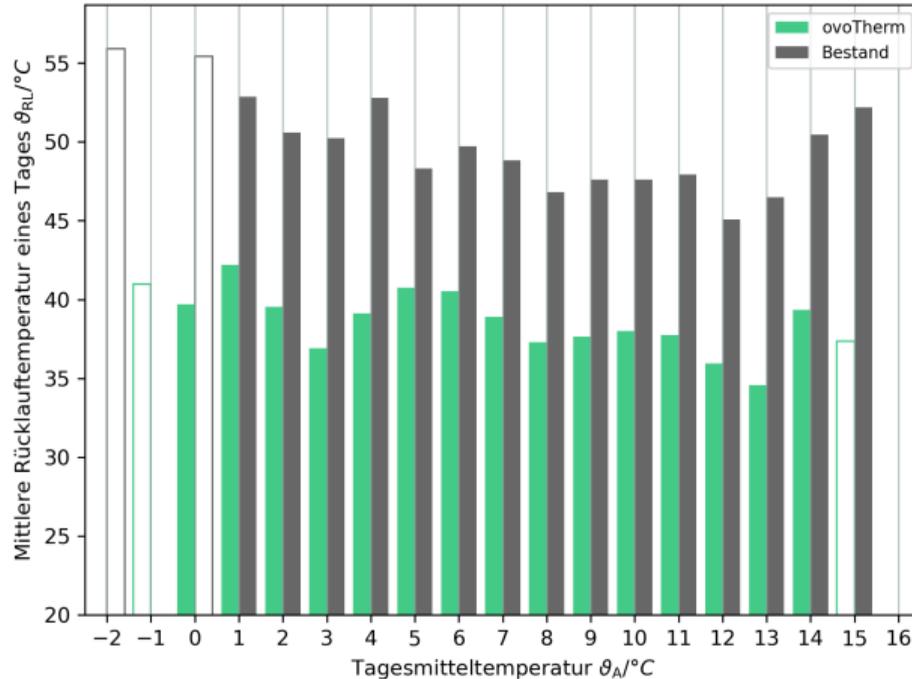
Auswertung Messdaten
Grundschule in Potsdam (2021/22):



17,7 % Heizenergie
eingespart



10,9 K Absenkung
der Rücklauftemperatur



Auswertung Messdaten
Grundschule in Potsdam (2021/22):



17,7 % Heizenergie
eingespart



10,9 K Absenkung
der Rücklauftemperatur

Amortisation im 1. Betriebsjahr



FRAGEN?

Y. Fürst, D. Herrmann, M. Kriegel
yannick.fuerst@tu-berlin.de
www.hri.tu-berlin.de



Supported by:



on the basis of a decision
by the German Bundestag

FKZ: 03ET1447A