

Adaptive MPC für RLT Anlagen

Alexander Kümpel

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

RWTH Aachen

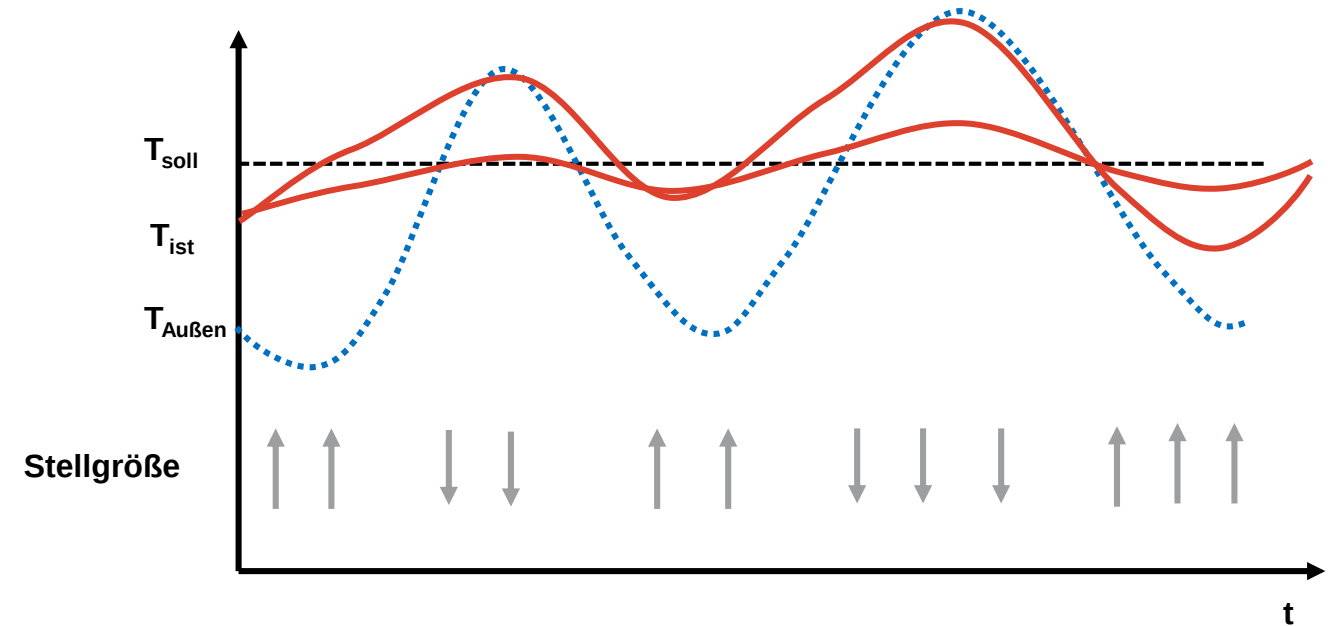
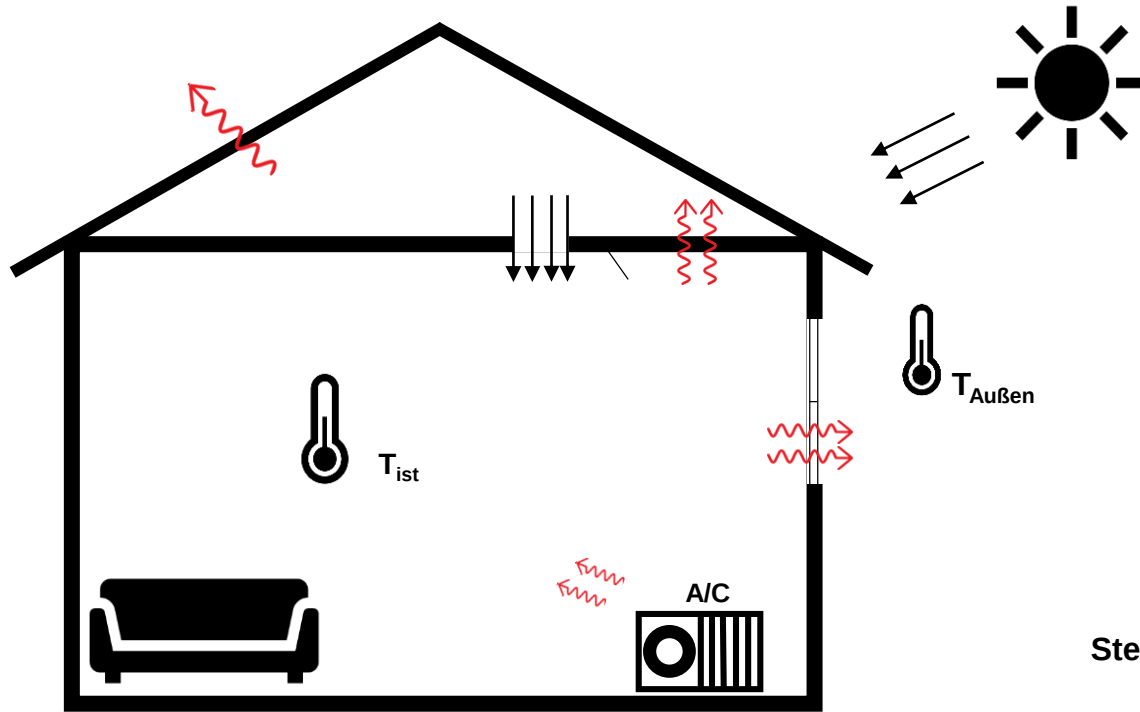
E.ON Energy Research Center

**Lehrstuhl für Gebäude und
Raumklimatechnik**



**Berlin, 28./29. Januar
2021**

Was ist Modellprädiktive Regelung (MPC)?

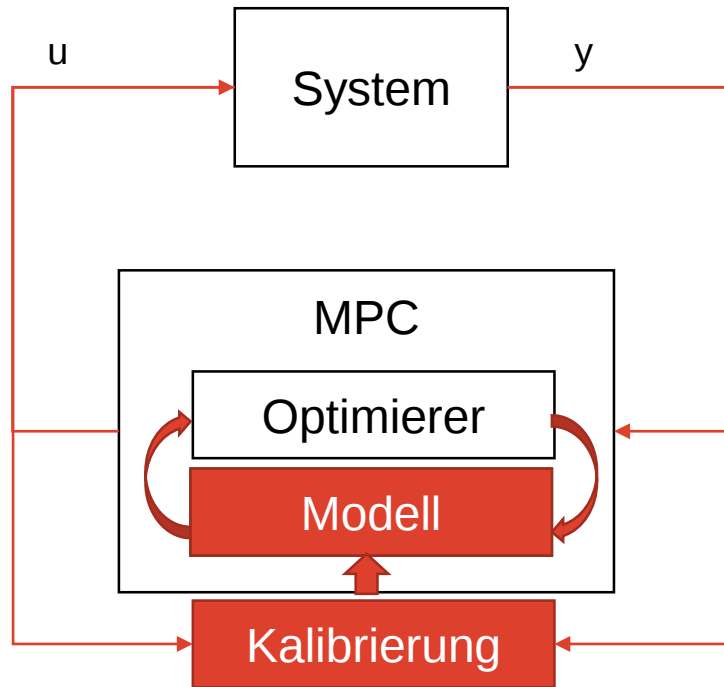


- Berücksichtigung zukünftiger Ereignisse
- Vorhersage des Systemverhaltens

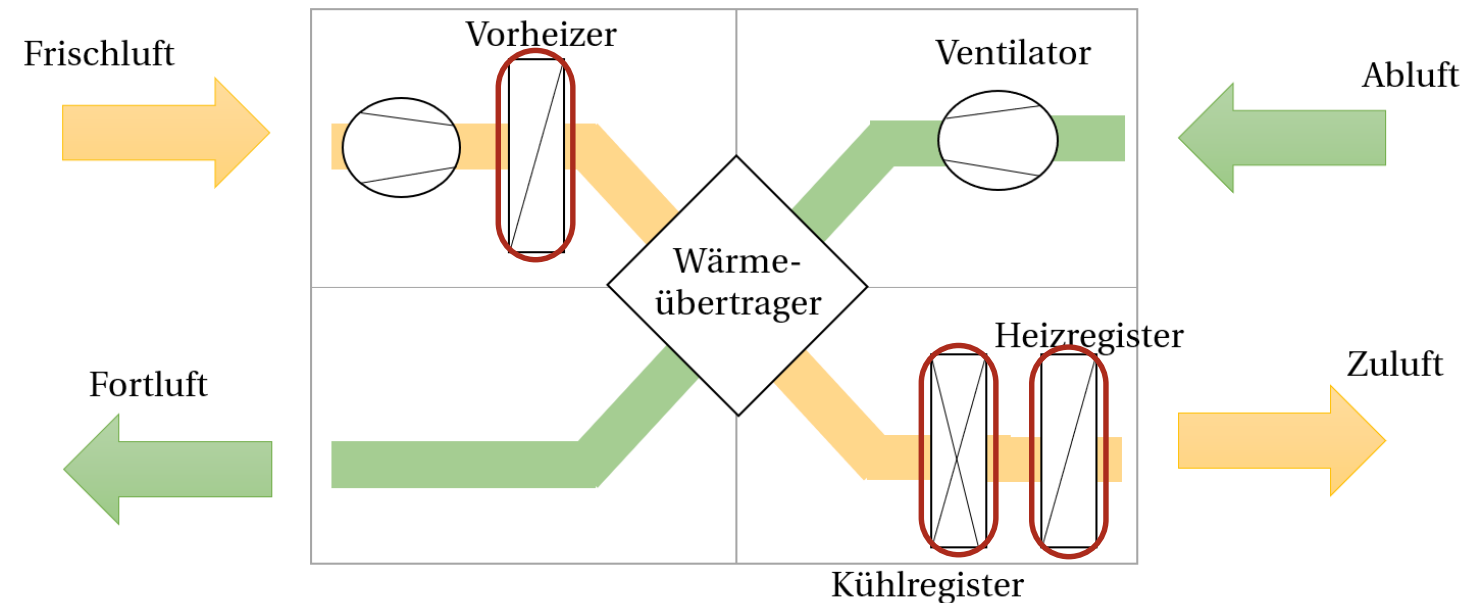


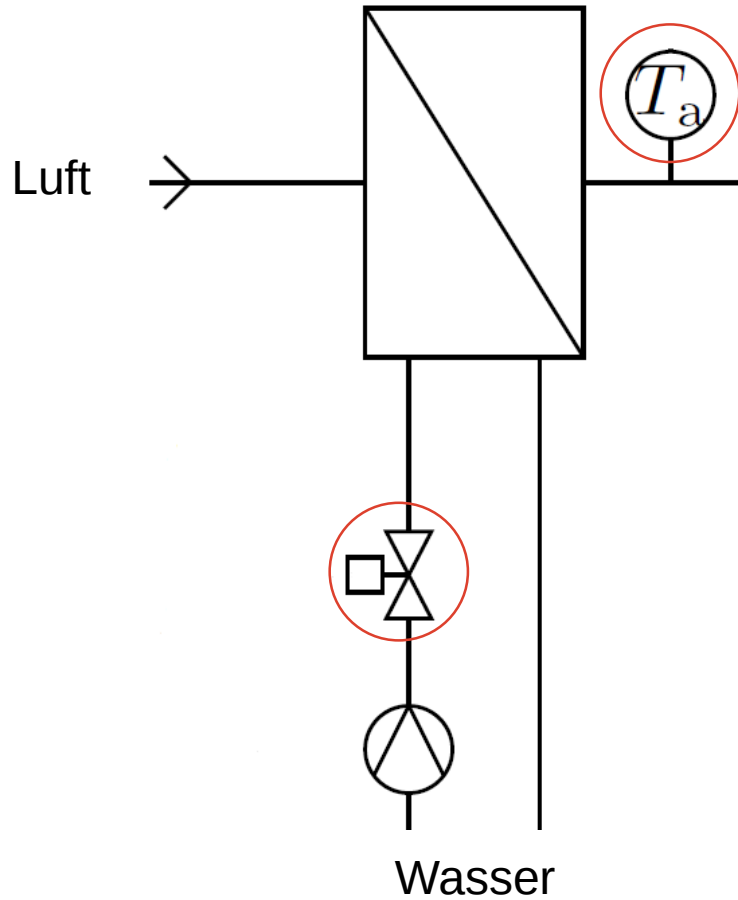
Mathematisches Modell notwendig



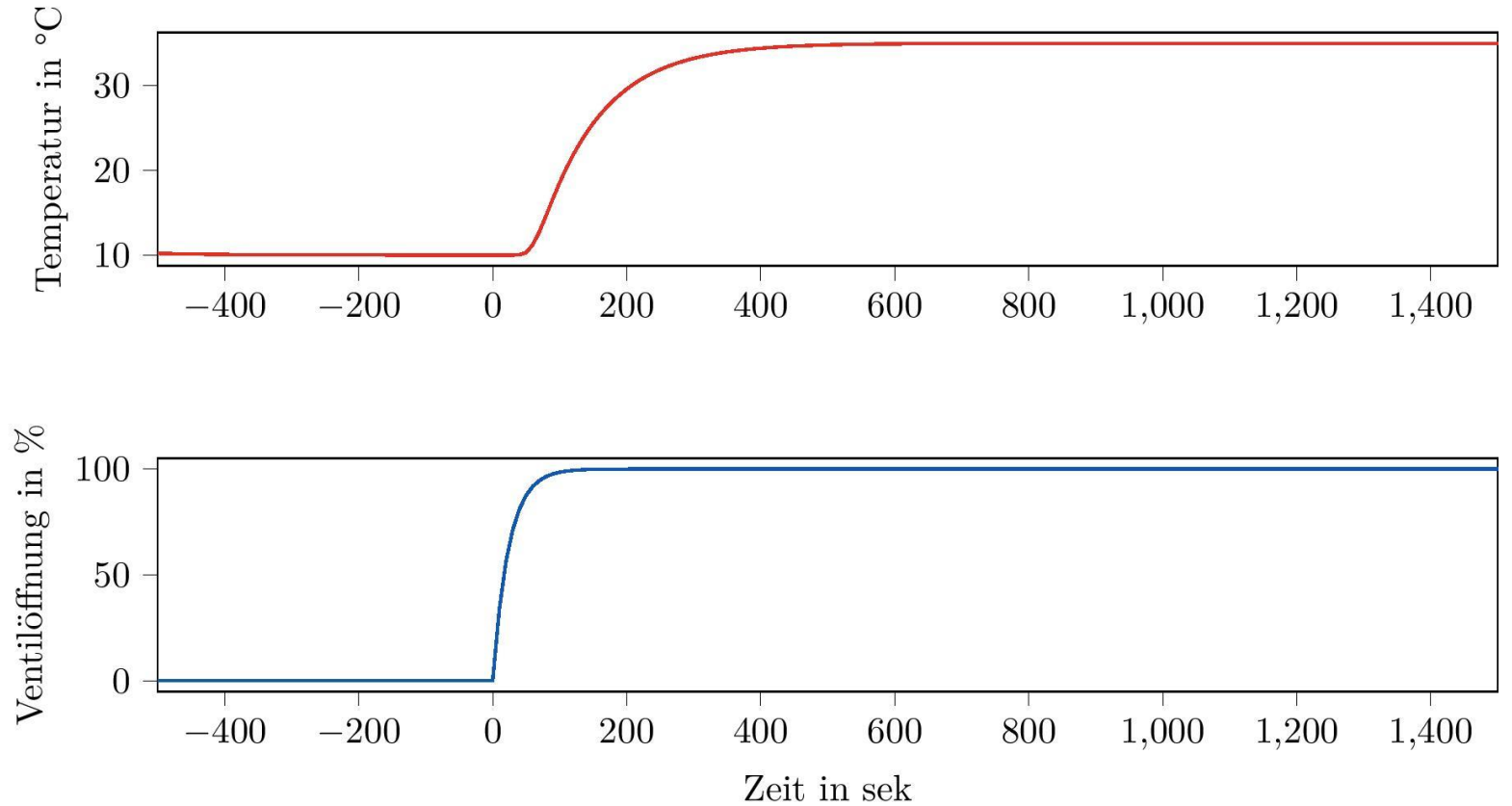


- Regelung mehrerer typgleicher Systeme mit gleicher MPC





Sprungantwort

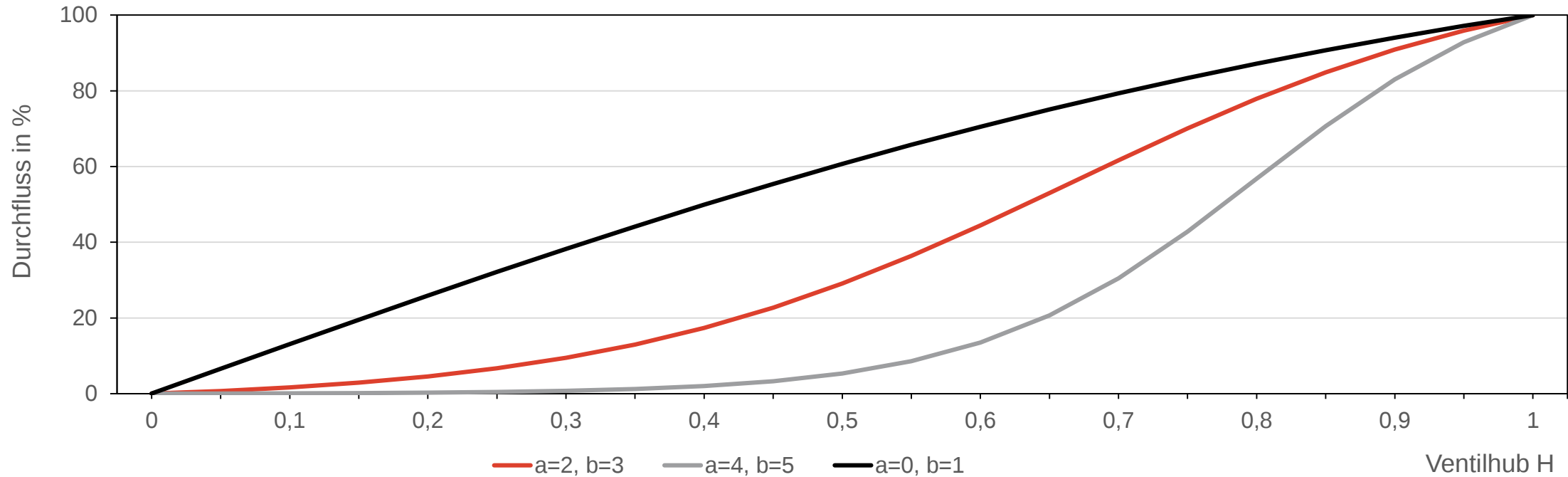


PT2- Element:

$$T_1 T_2 * \ddot{y} + (T_1 + T_2) * \dot{y} + y = K * u$$



Beispiele für Verläufe



$$f_{\text{Ventil}}(H) = \frac{\tanh(a) + \tanh(b * H - a)}{\tanh(a) + \tanh(b - a)}$$



Regelstreckenmodell:

$$T_1 T_2 * \ddot{\vartheta}_{L,aus} + (T_1 + T_2) * \dot{\vartheta}_{L,aus} + (\vartheta_{L,aus} - \vartheta_{L,ein}) = \pm K * f_{Ventil}(H) \frac{n}{n_{max}}$$

$$H_{set} = \dot{H} T_{Ventil} + H$$

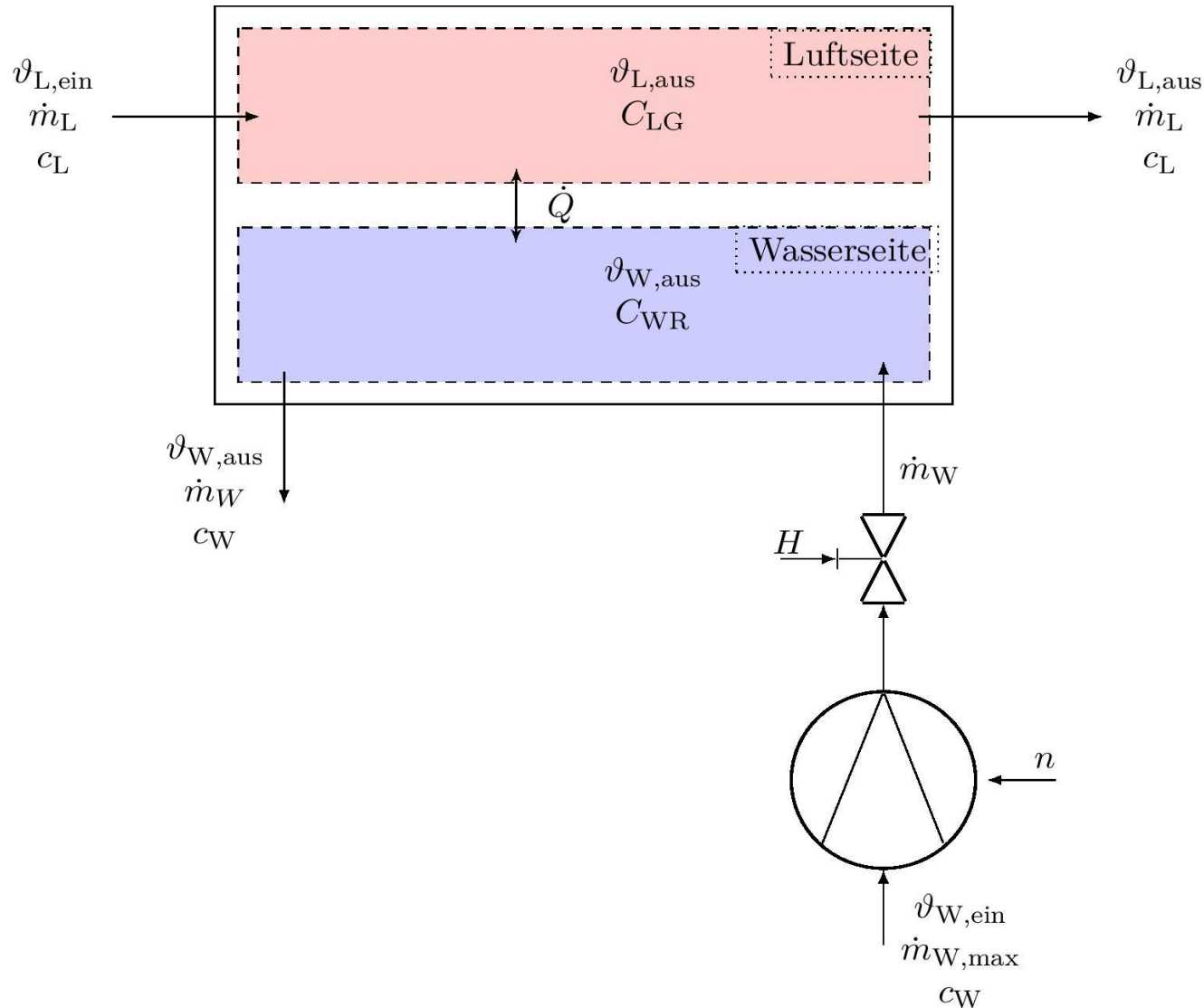
$$0^\circ\text{C} \leq \vartheta_{L,aus} \leq 50^\circ\text{C}$$

$$0 \leq H_{set} \leq 1$$

$$n_{min} \leq n \leq n_{max}$$

Zielfunktion:

$$\min J = \sum_t (\vartheta_{L,aus} - \vartheta_{soll})^2 * q_1 + (H - H_{act})^2 * q_2 + n * q_3$$



Regelstreckenmodell:

$$C_{LG} * \dot{\vartheta}_{L,aus} = \dot{m}_L c_L (\vartheta_{L,ein} - \vartheta_{L,aus}) + \dot{Q}$$

$$C_{WR} * \dot{\vartheta}_{W,aus} = \dot{m}_W c_W (\vartheta_{W,ein} - \vartheta_{W,aus}) - \dot{Q}$$

$$\dot{m}_W = \dot{m}_{W,max} f_{Ventil}(H) \frac{n}{n_{max}}$$

$$H_{set} = \dot{H} T_{Ventil} + H$$

$$0^\circ\text{C} \leq \vartheta_{L,aus} \leq 50^\circ\text{C}$$

$$0^\circ\text{C} \leq \vartheta_{W,aus} \leq 70^\circ\text{C}$$

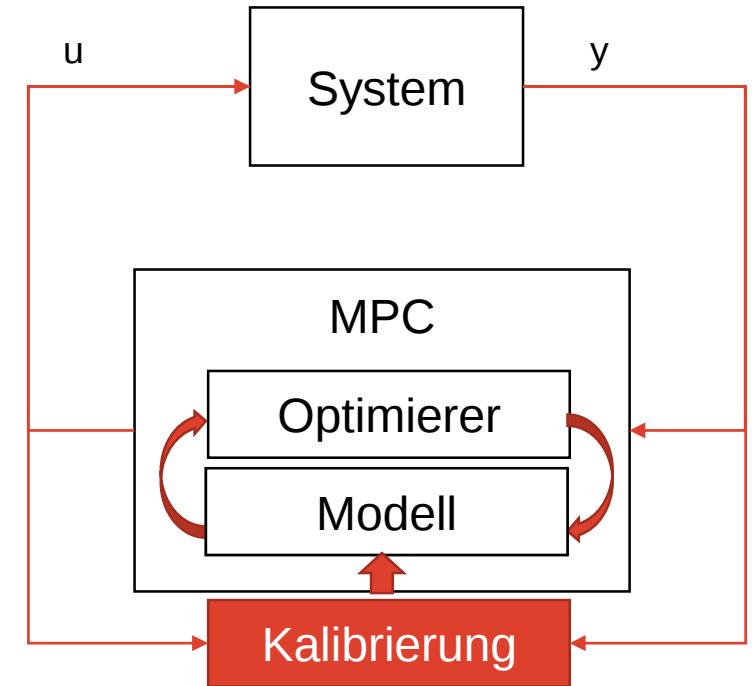
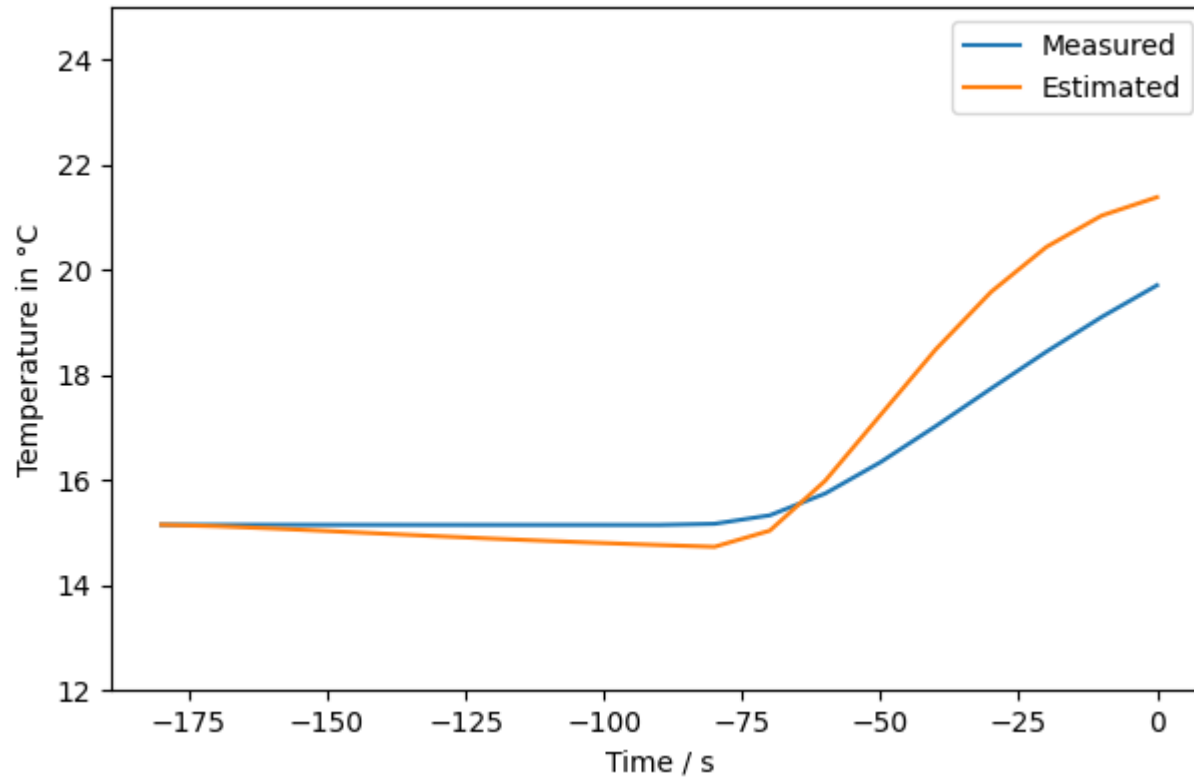
$$0 \leq H_{set} \leq 1$$

$$n_{min} \leq n \leq n_{max}$$

Adaption der unbekannten Parameter

■ Moving horizon estimator (MHE):

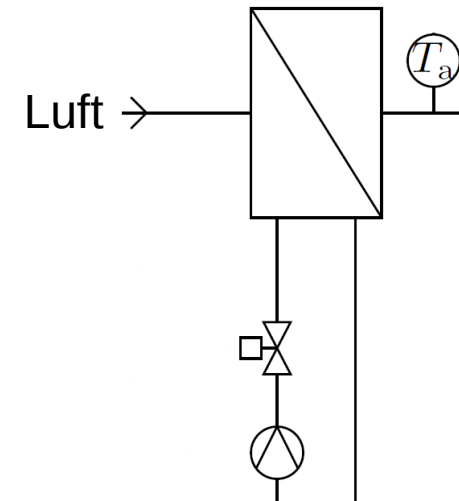
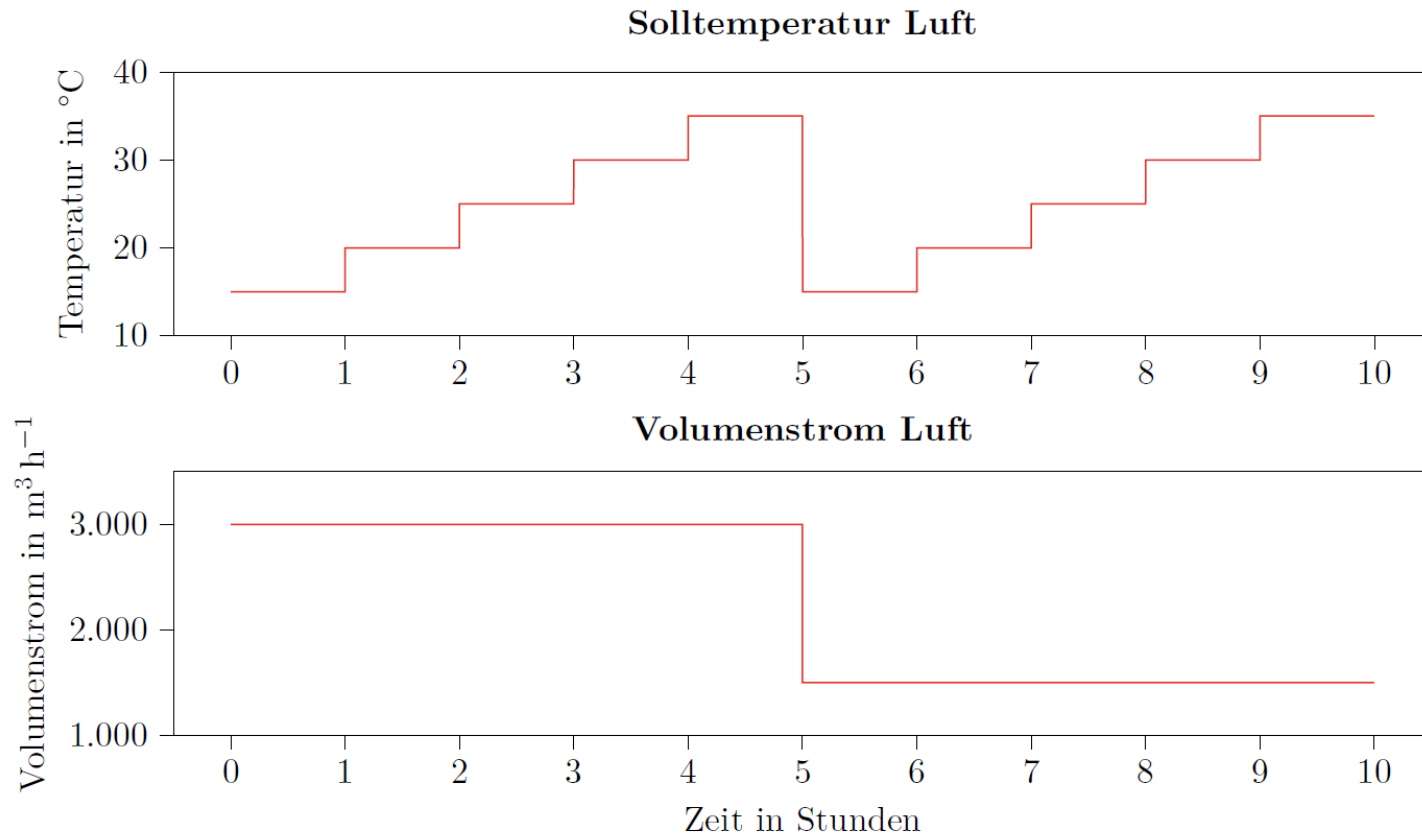
Wiederholte Bestimmung der Parameter auf Basis vergangener Messwerte

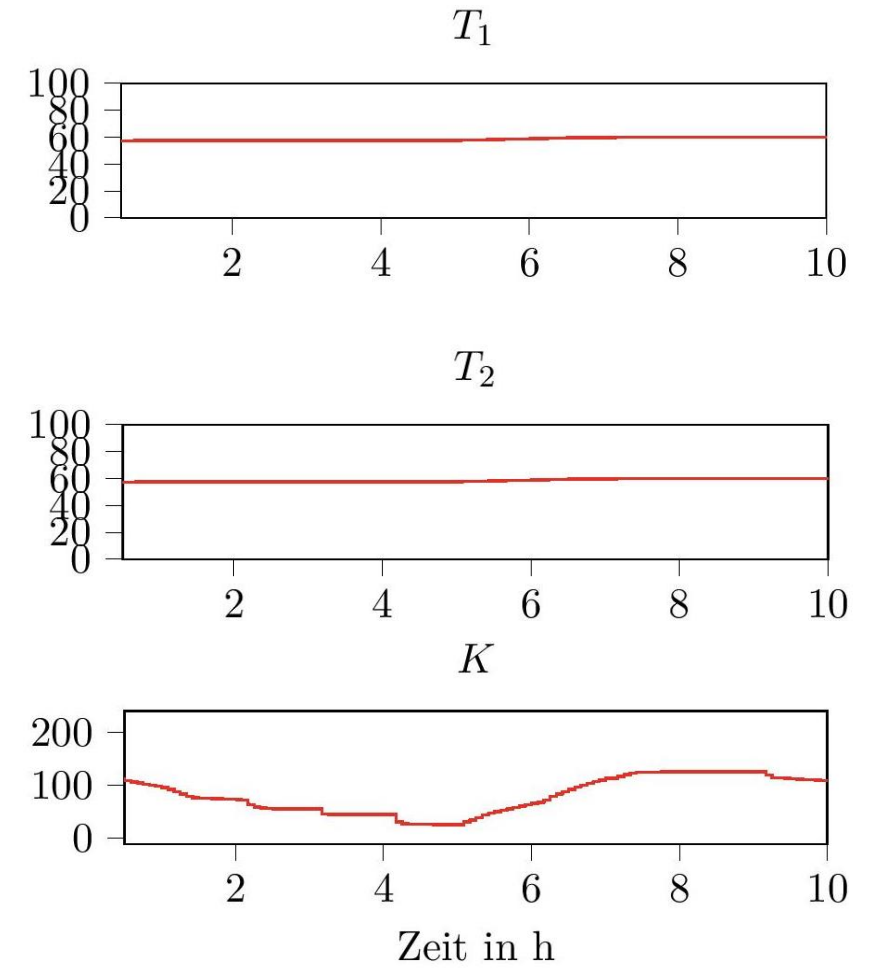
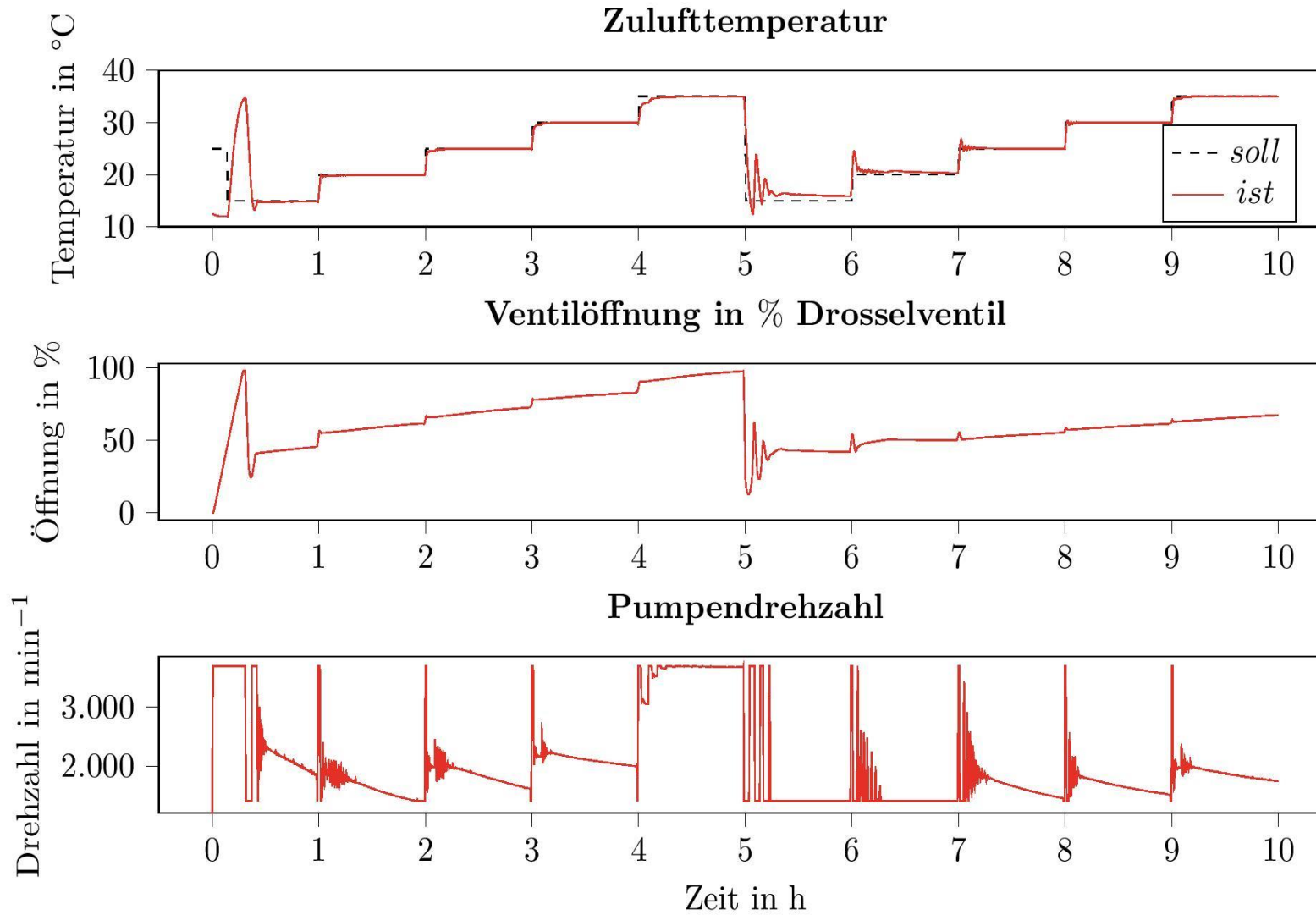




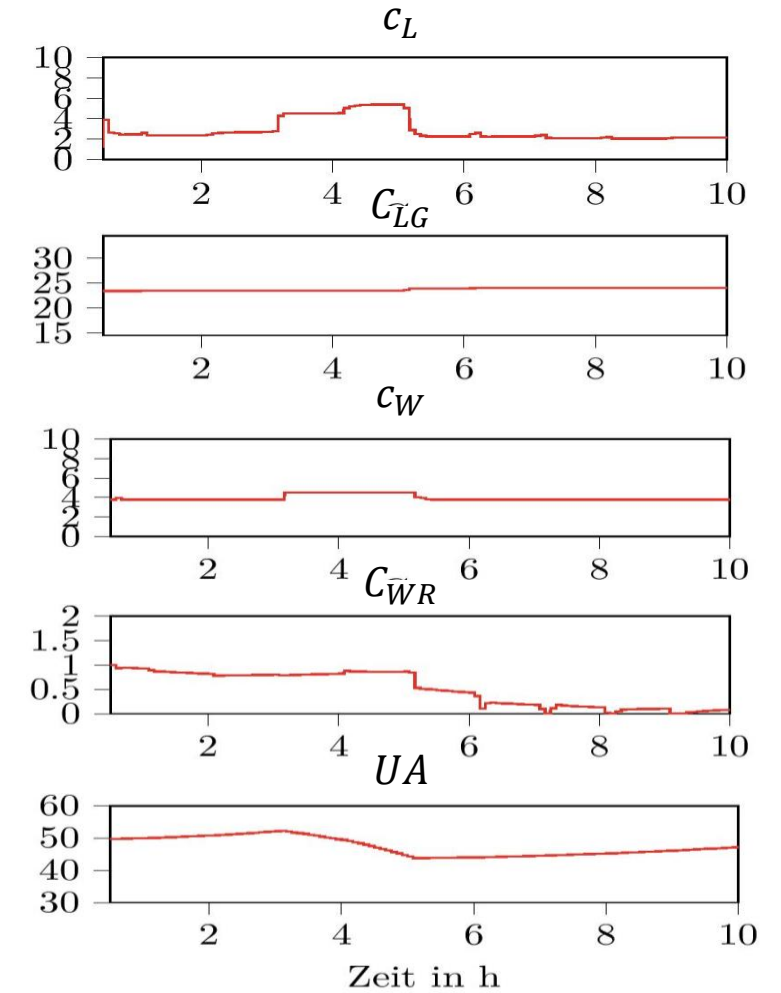
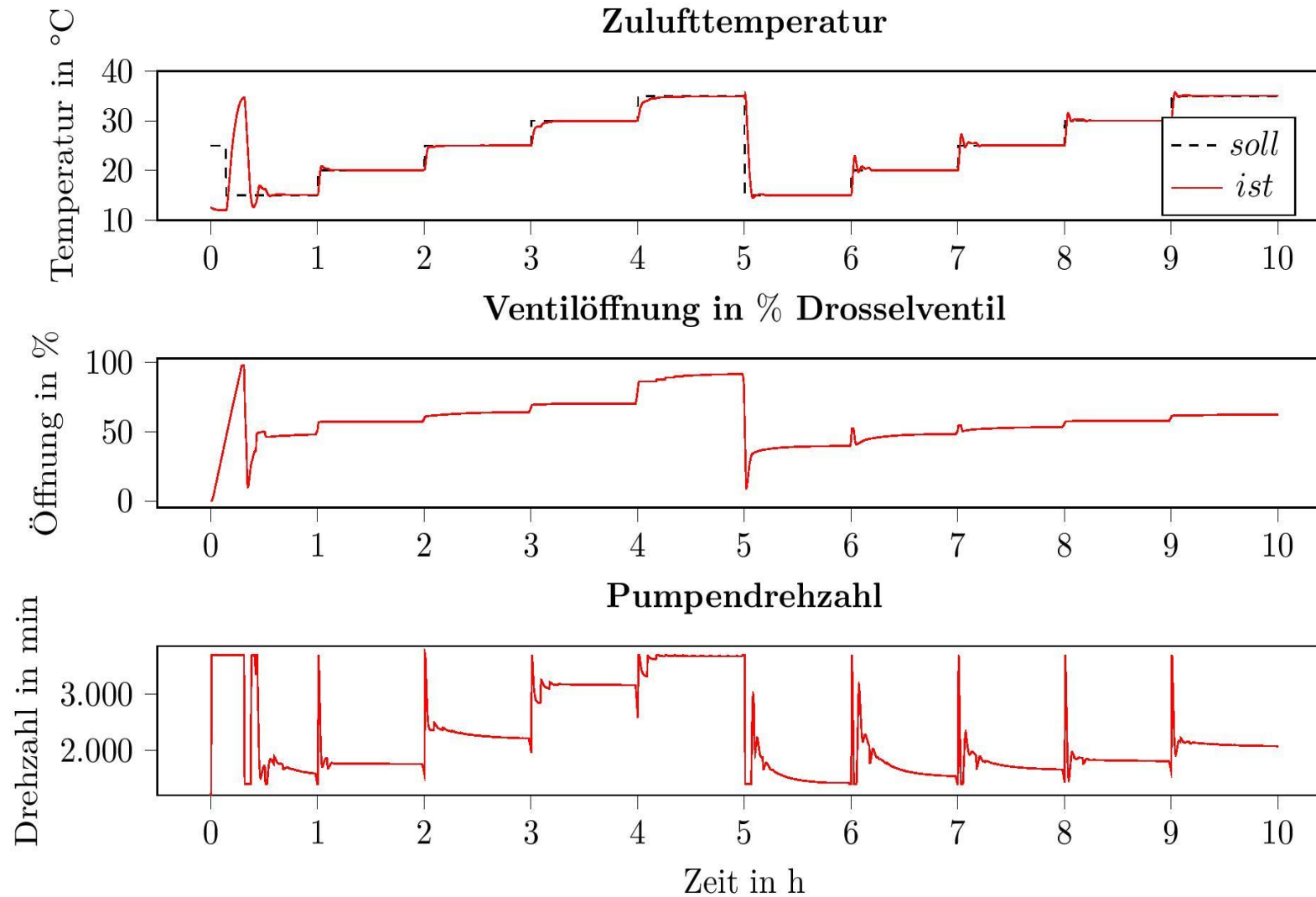
■ Anwendung auf Erhitzer einer RLT Anlage

■ Testzyklus:



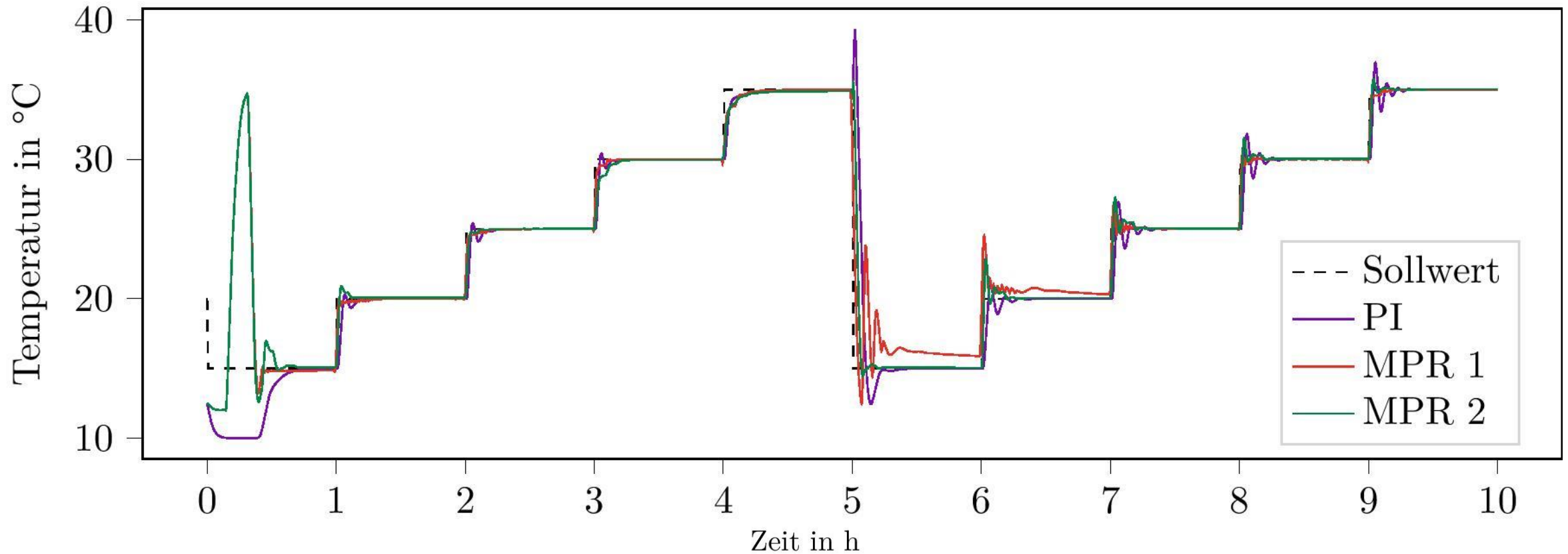


Erhitzer: detailliertes Wärmeübertrager-Modell





Zulufttemperatur

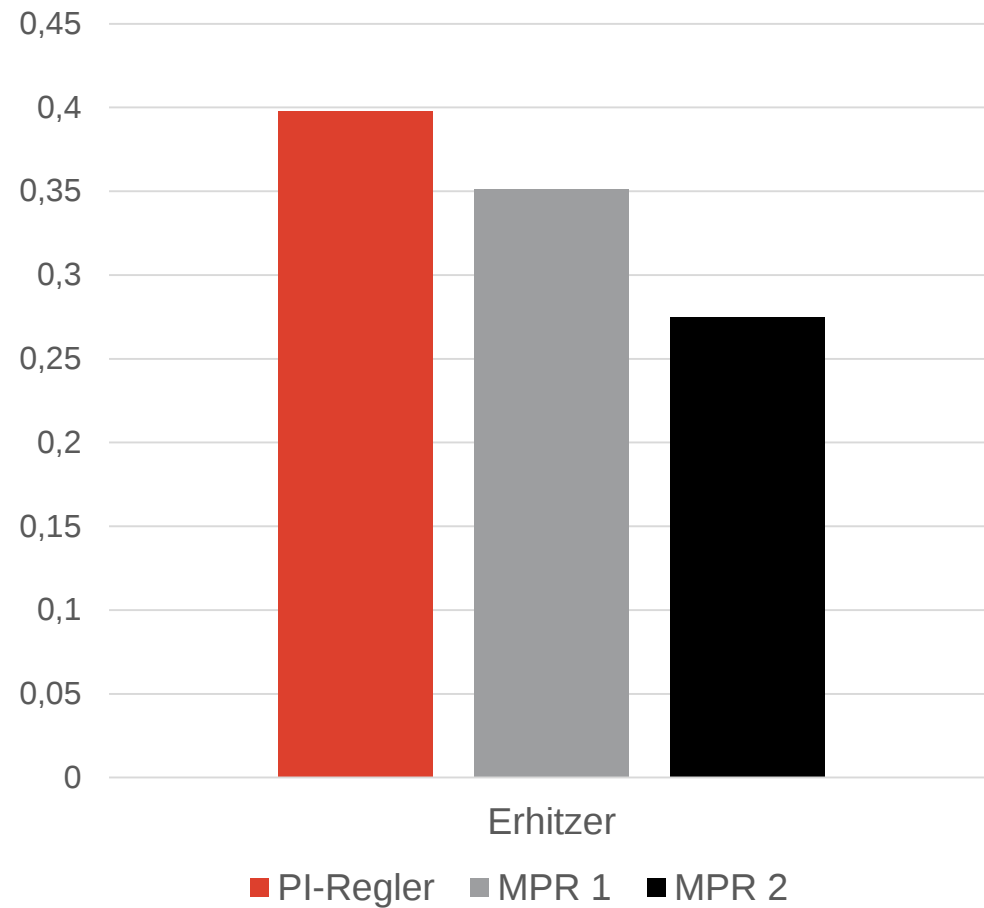


MPR1: PT2 basiert

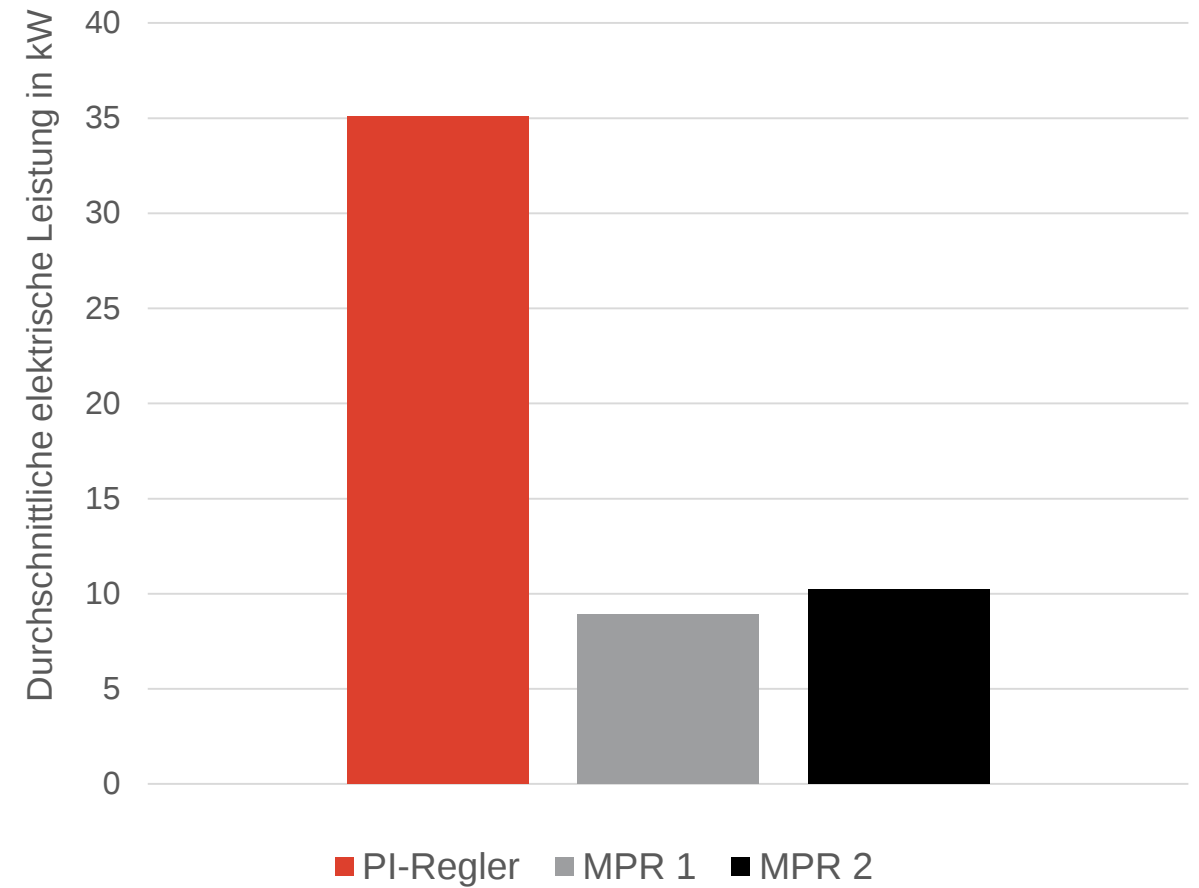
MPR2: detailliertes Wärmeübertrager Modell



Mittlerer absoluter Fehler (MAE)



Elektrische Leistung der Pumpe



Zusammenfassung

- Adaptive MPC mit messdatenbasierter Kalibrierung
- Anwendung auf typgleiche Systeme
- Automatische Einstellung / kein manuelles Tuning notwendig
- Hohe Regelgüte + Energieeffizienz
- Zukünftig: Anwendung auf komplexere Systeme

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Alexander Kümpel, M.Sc.
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

+49 241 80-49599
akuempel@eonerc.rwth-aachen.de

RWTH Aachen University
E.ON Energieforschungszentrum
Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

*Wir danken für die finanzielle Unterstützung durch das
BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie),
Förderkennzeichen 03ET1495A.*