



Ansätze zur Verwendung von Deep-Learning Modellen in der Gebäudeautomation

Berliner Energietage 22.05.2023

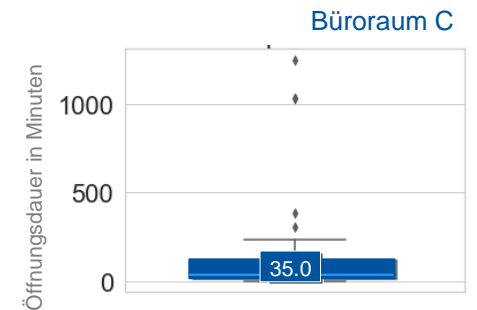
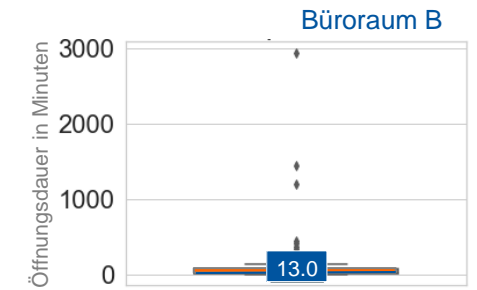
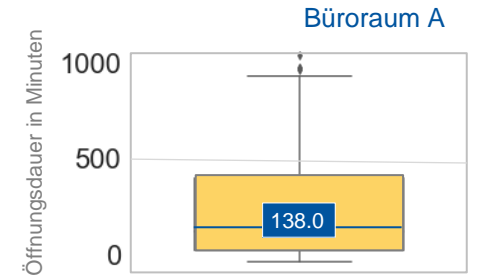
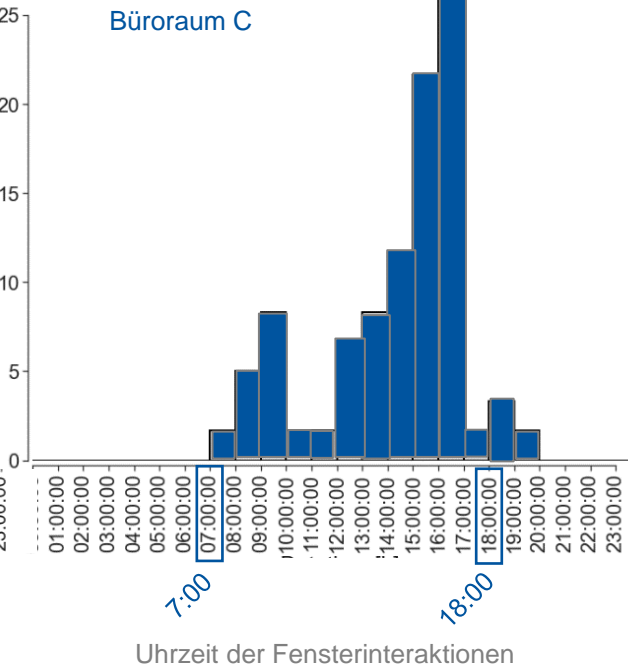
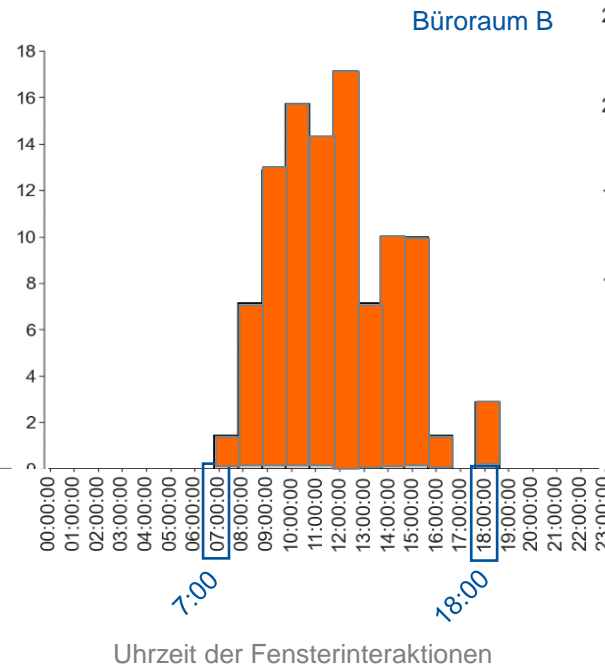
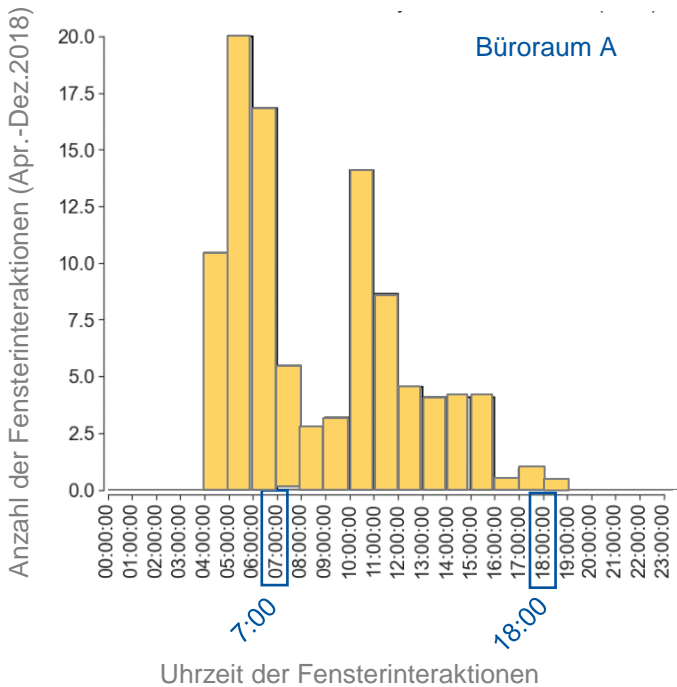
Lorenz, Clara-Larissa, Ph.D

Abele, Oliver, M.Sc.

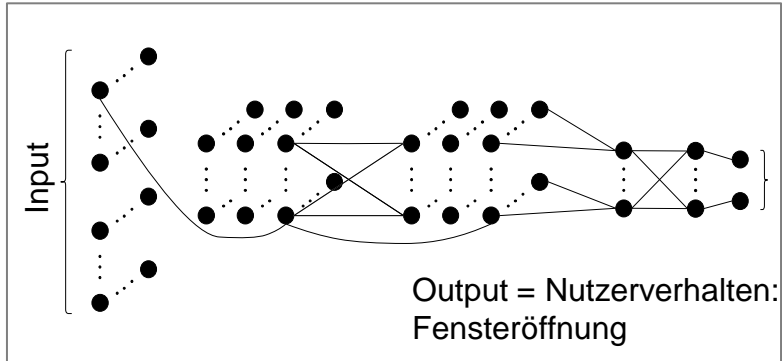


Deep-Learning Modelle zur Prognose von Nutzerverhalten

- Nutzerverhalten hat elementaren Einfluss auf den Energieverbrauch in Gebäuden
- Deep Learning Ansätze zum erfassen des Nutzerverhaltens und dessen Prognose
- Umgesetzt zur Vorhersage des Fensteröffnungsverhalten in einem Bürogebäude



Deep-Learning Modelle zur Prognose von Nutzerverhalten



Innenraumklimatische
Daten



- Datum, Wochentag, Uhrzeit
- Raumtemperatur
- Raumsolltemperatur
- Relative Luftfeuchte
- CO2
- Umgebungstemperatur
- Fensterzustand

Wetterdaten



- Lufttemperatur
- Relative Luftfeuchte
- Luftdruck
- Niederschlag
- Sonneneinstrahlung
- Windgeschwindigkeit und -richtung

Nutzerverhaltens-
muster



- Häufigkeit der Fensterinteraktionen in den letzten vier Wochen
- Dauer der Fensterinteraktionen in den letzten vier Wochen

Deep-Learning Modelle zur Prognose von Nutzerverhalten



		Input 01: Innenraumklimatische Daten	Input 02: Innenraumklimatische Daten + Wetterdaten	Input 03: Innenraumklimatische Daten + Wetterdaten + Nutzerverhaltensmuster
Fensterzustand in 05 Minuten	RPR: RNR: F1:	98,2% 99,8% 98,0%	98,0% 99,8% 97,9%	97,9% 99,8% 97,9%
Fensterzustand in den nächsten 05 Minuten	RPR: RNR: F1:	97,3% 99,8% 98,3%	97,3% 99,8% 98,3%	97,2% 99,7% 98,2%
Fensterzustand in 60 Minuten	RPR: RNR: F1:	99,4% 99,8% 99,4%	99,4% 99,9% 99,4%	99,3% 99,9% 99,4%
Fensterzustand in den nächsten 60 Minuten	RPR: RNR: F1:	75,3% 97,1% 85,7%	78,8% 97,4% 83,7%	78,7% 97,4% 81,4%

Strategien zur Integration von Deep Learning Modellen in der Gebäudeautomation

- Regel-basierte Regelungs- und Steuerungsansätze
 - Bei rein manuell belüfteten gut gedämmten Gebäuden machen Lüftungswärmeverluste mehr als die Hälfte der Gesamtwärmeverluste aus [1]
 - Einsparpotential durch Abschalten der Heizung/ Kühlung/ Lüftung vor und während Fensteröffnungen
 - Häufigste Ursachen für Fensteröffnungen: Uhrzeit & CO₂-Konzentration [2]
 - Reduktion von Fensteröffnungen durch Vorbeugen von CO₂ Peaks
- Feed-Forward Ansätze durch Einbeziehen der Nutzer
 - Benachrichtigung der Nutzer anhand von Apps, Nutzeroberflächen, Ampeln
 - Reduktion von nicht energetisch sinnvollen Fensteröffnungen
 - Anregung zu energetisch sinnvollen Fensteröffnungen
- Integration in Modellprädiktiver Regelung (MPC)
 - Optimierung der Regelung auf Grundlage von Prognosen
 - Senken von Spitzenlasten [3]

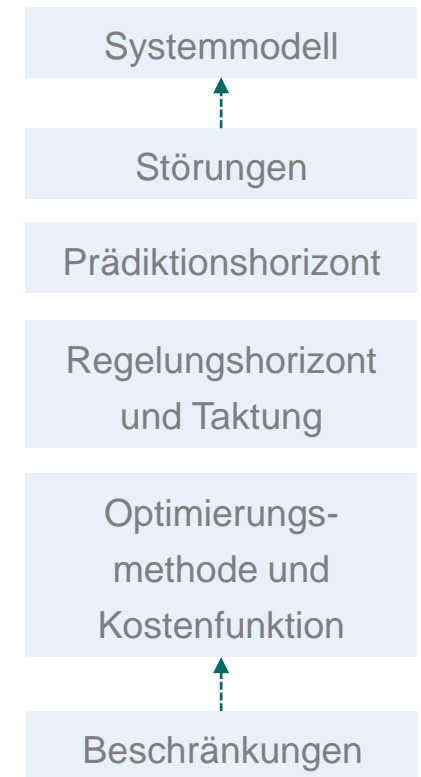
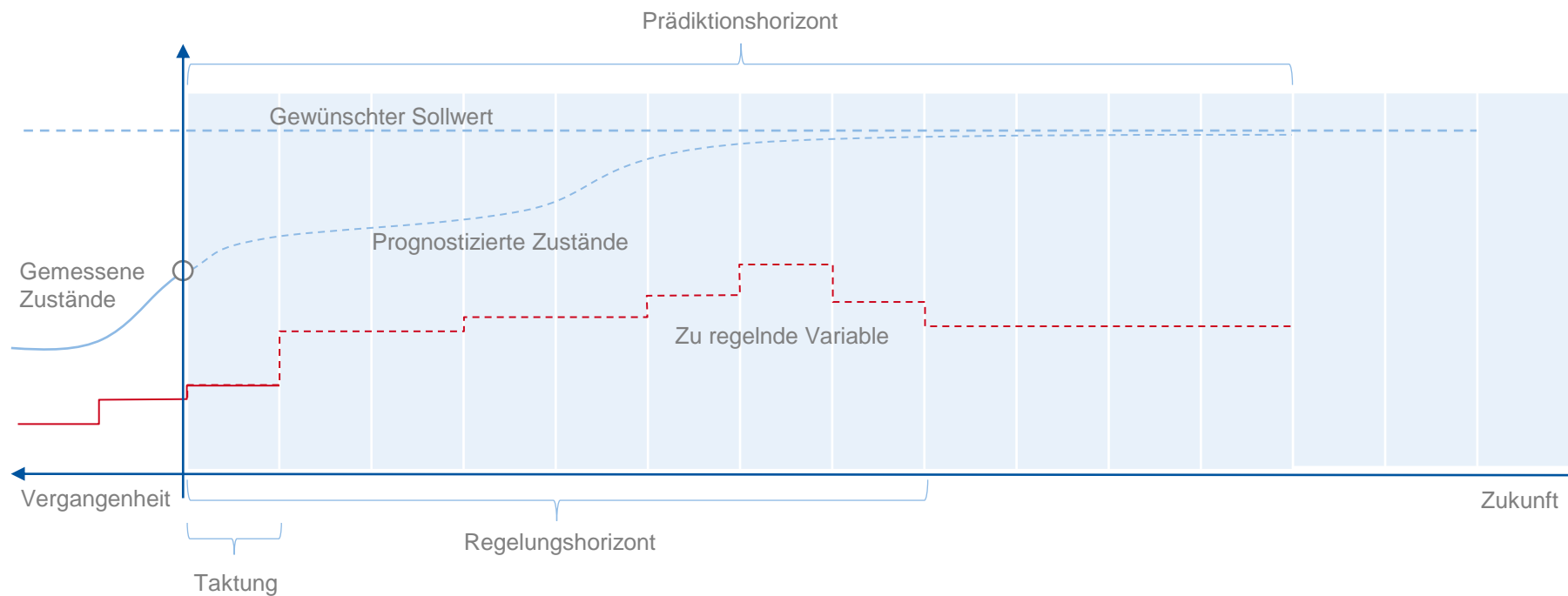
[1] Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2007: 23 - <http://www.nikis-niedersachsen.de/index.php?id=59>

[2] Cali, Davide; Andersen, Rune Korsholm; Müller, Dirk; Olesen, Bjarne W. (2016): Analysis of occupants' behavior related to the use of windows in German households. In: Building and Environment 103, S. 54–69.

Drgoña, J. et al. (2020): All you need to know about model predictive control for buildings. *Annual Reviews in Control*, 50, S. 190–232.

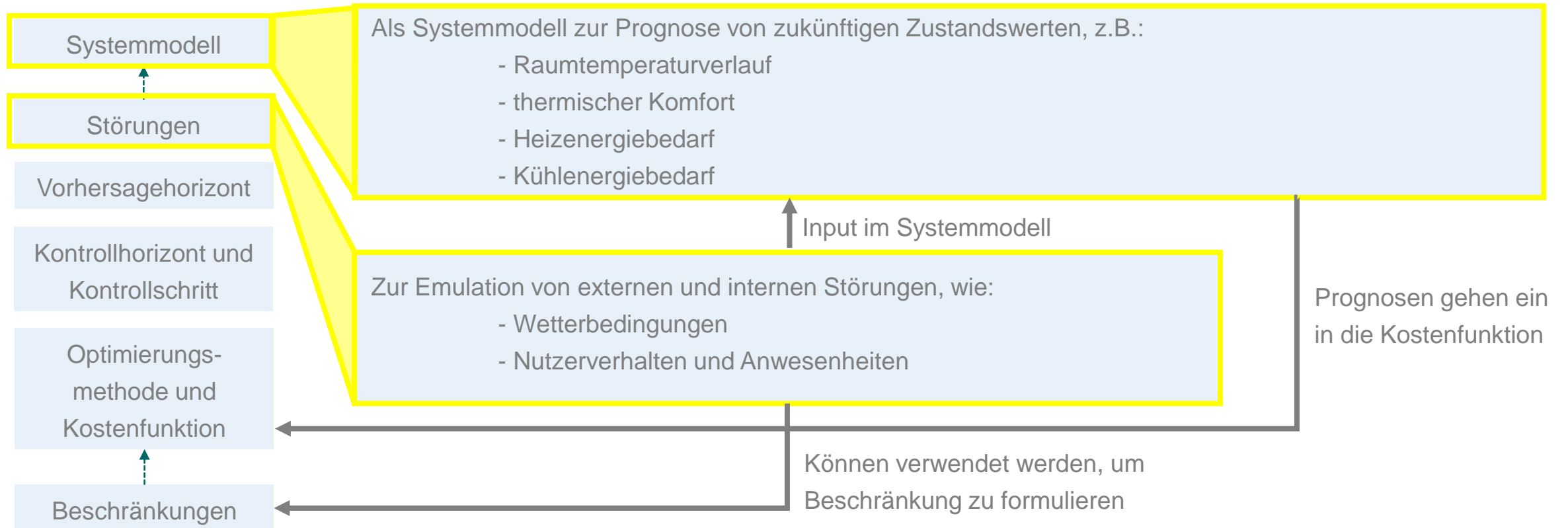
Einbindung von Deep Learning in der Modellprädiktiven Regelung

- Vorrorausschauende statt reaktive Regelung
- Gebäuderegulation auf Grundlage eines mathematischen Modells, anhand dessen zukünftige Zustände prognostiziert, und die Regelung entsprechend optimiert werden kann



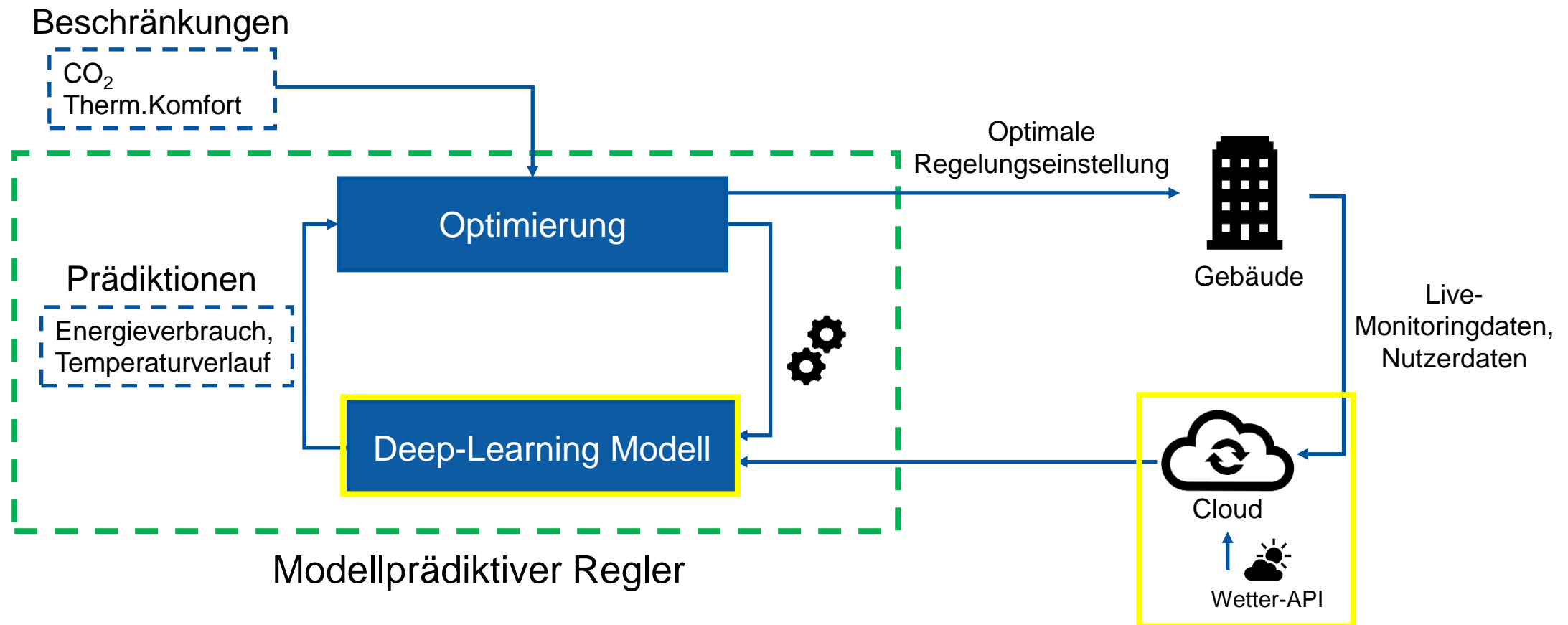
Einbindung von Deep-Learning in der Modellprädiktiven Regelung

- Mögliche Integration von Deep-Learning Modellen im MPC:
 - als Systemmodell und Teil der Fitnessfunktion in der Optimierung
 - zur Emulation von Störungen

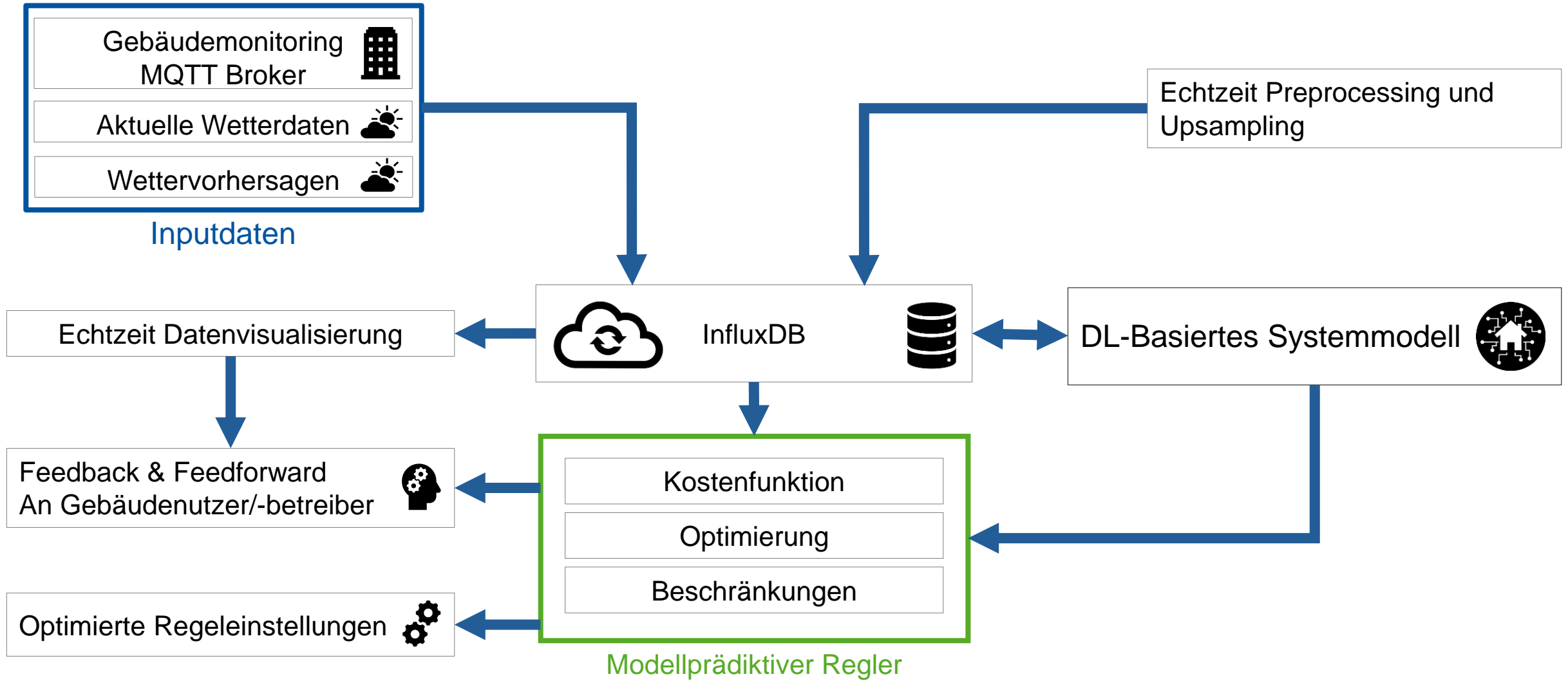


Einbindung von Deep-Learning in der Modellprädiktiven Regelung

- Unser Anwendungsfall: MPC zur Optimierten Regelung von Fassadenlüftungsgeräten
- Geregelt werden **a.** Raumsolltemperatur und **b.** Ventilatorleistung



Feldstudie: Implementierte Architektur zur Anbindung an das Gebäude



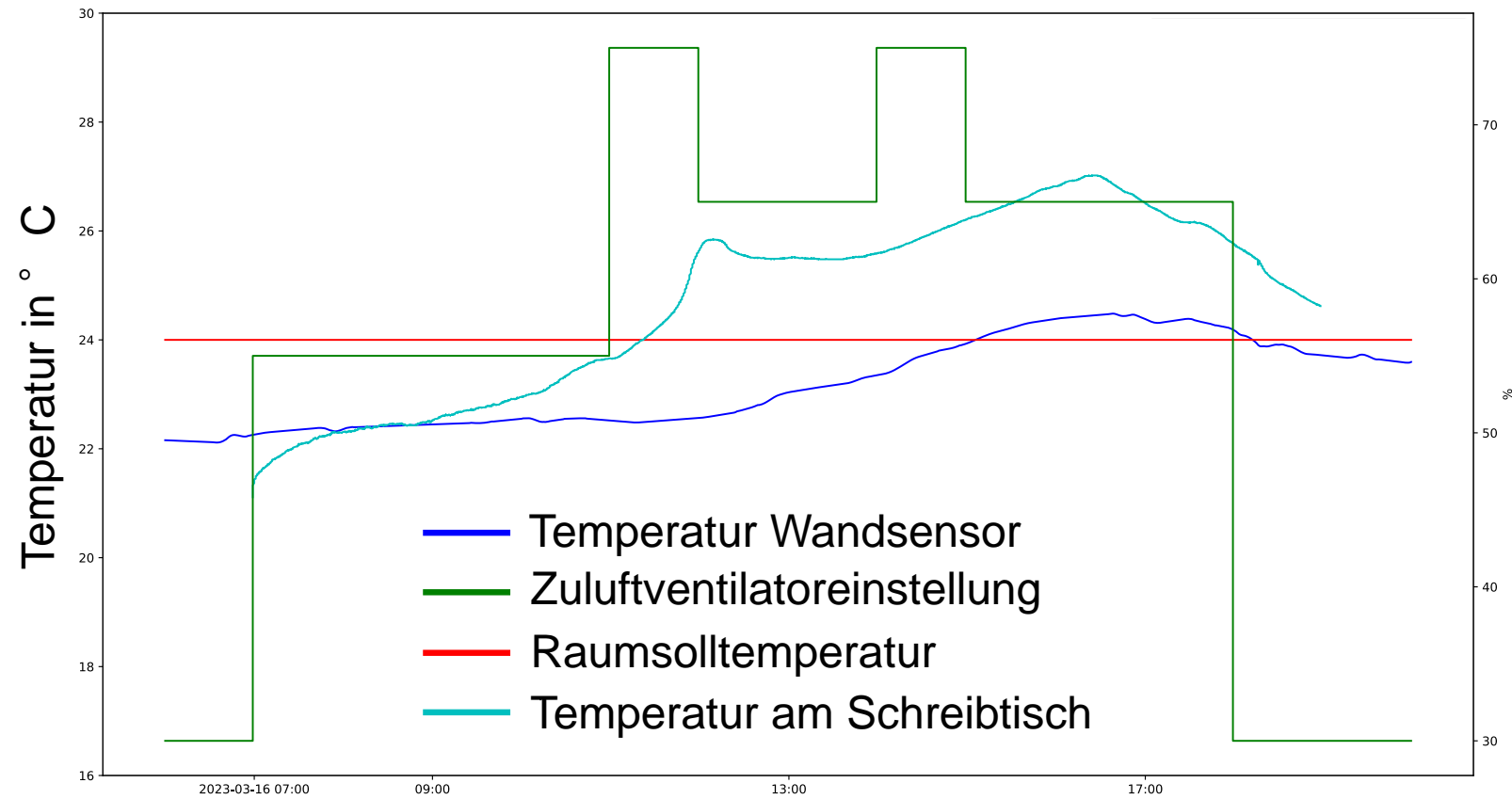
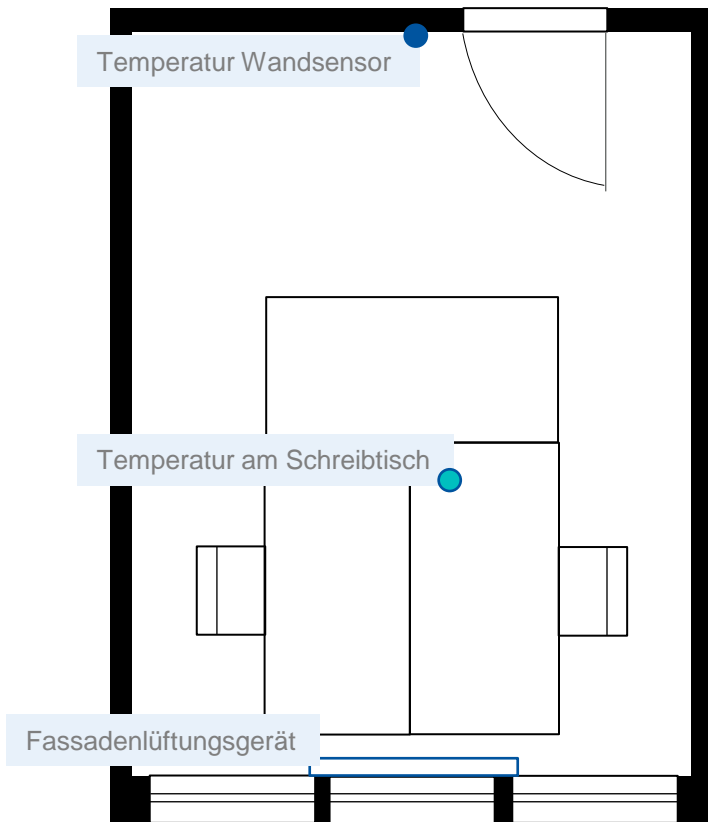
DataFEE Feldstudie: Herausforderungen und Erkenntnisse

- Feldversuche am E.ON ERC Gebäude
- Seit Mitte April 2022 Versuche an Fassadenlüftungsgeräten in Büros á 18,75m², 2-3 Nutzer
- Veränderung von Raumsolltemperatur und Ventilatoreinstellung



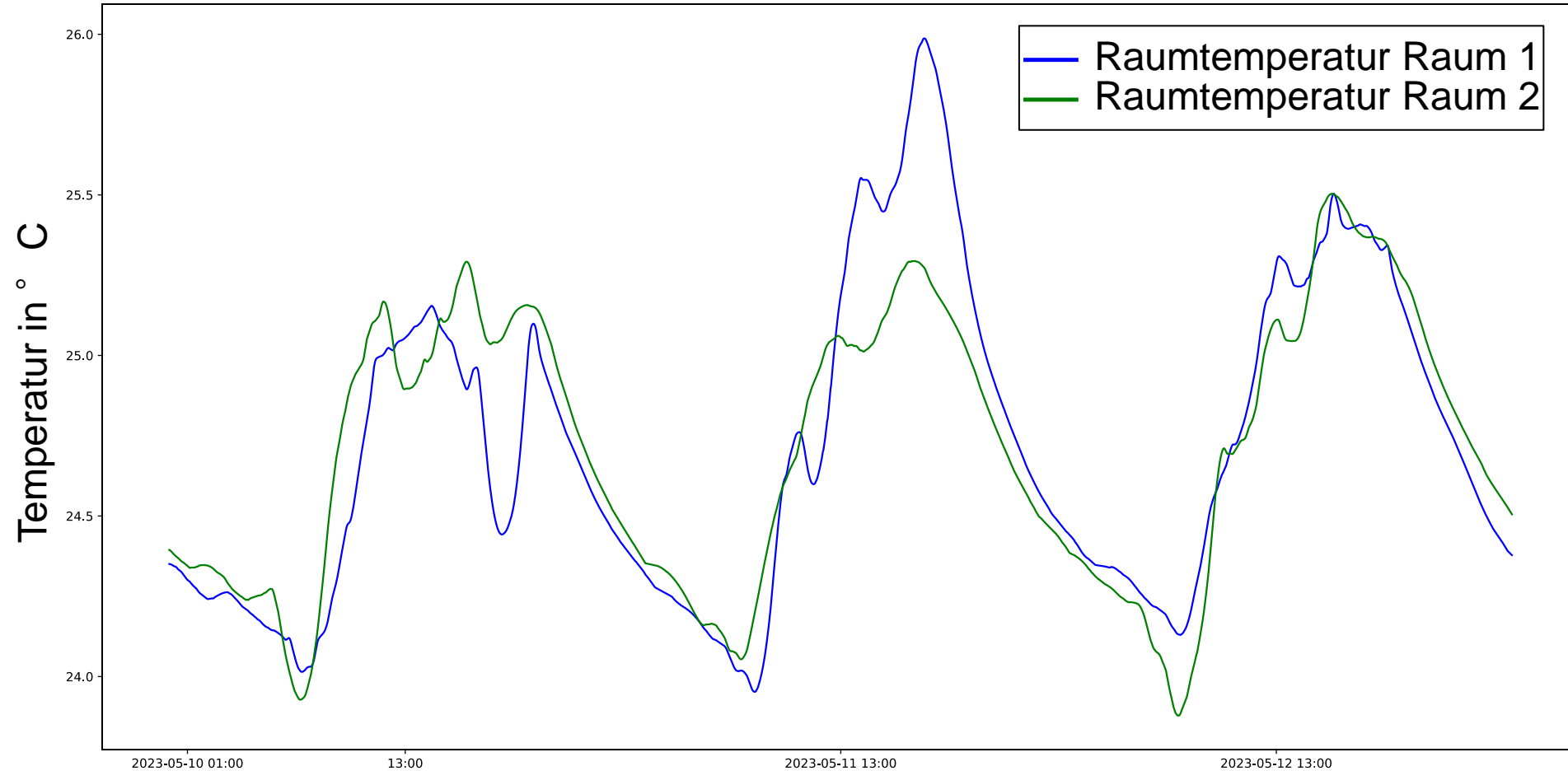
DataFEE Feldstudie: Herausforderungen und Erkenntnisse

- Modellierungs-Gap: Vernachlässigung von lokalen Effekten führt zu nicht sinnvollen Regelungseinstellungen



DataFEE Feldstudie: Herausforderungen und Erkenntnisse

- Modellierungs-Gap: Gebäudemonitoring umfasst nicht alle relevanten Aspekte



DataFEE Feldstudie: Herausforderungen und Erkenntnisse

- Technischer Gap: Abweichung zwischen Planung und Realität
 - Sensoren falsch angeschlossen
 - Funktion- und Einstellungsprobleme
 - Mangelnde Dokumentation

→ Reale Gebäude sind oft nur unter sehr hohem Aufwand simulativ abbildbar

Deep-Learning: Implizite Ableitung fehlender Daten

DataFEE Feldstudie: Fazit

- Potential für MPC und Deep-Learning Modelle in der Gebäudeautomation durch:
 - Vorausschauende statt reaktive Regelung
 - Berücksichtigung von längerfristigen Effekten
 - Berücksichtigung von Wetterprognosen / Nutzerverhaltensmodellen
- Praxisimplementierungen noch mit Herausforderungen versehen wegen:
 - Individuelles und dynamischem Verhalten von Gebäuden → bisher kein generalisierbares MPC
 - Hohe Menge an Daten notwendig
 - DL bietet Möglichkeit zur Nutzung von vorhandenen Daten und steigert die Generalisierbarkeit

Diese Seite darf nicht entfernt werden. Für die in diesen Unterlagen bereit gestellten Informationen kann keine Haftung übernommen werden.

+++

Die Verantwortung für die Inhalte in diesem Vortrag, auch urheberrechtlicher Natur, liegen bei der Referentin/dem Referent. Bei Fragen oder Ansprüchen kontaktieren Sie diese bitte direkt.

Eine kommerzielle Weiterverbreitung darf nur nach schriftlicher Genehmigung der Rechteinhaberin erfolgen. © 2023 Referent(in) / Veranstalter(in)

+++

Die Leitveranstaltung der Energiewende in Deutschland fand 2023 digital vom 3. - 5. Mai und in Präsenz vom 22. - 23. Mai statt.

Weitere Informationen, Videos und Vortragsunterlagen der Berliner ENERGIETAGE 2023 finden Sie unter www.energietag.de