

Automatisierungslösungen

Effizienz und Anspruch vereinen

KLEO - Künstliche Intelligenz für
Lastprofilvorhersagen zur
Energieoptimierung

GLT – Anwendertagung Rostock 2025

15.10.2025

Agenda



Vorstellung – Wer wir sind



Projektziele – Zielsetzung, Nutzen und erwartete Ergebnisse



Umsetzung – Vorgehensweise, Methoden und aktueller Stand



Status – Aktueller Fortschritt und erreichte Meilensteine



Ausblick – Nächste Schritte & zukünftige Perspektiven



B. Eng. Christian Nölker

**Geschäftsführender
Gesellschafter der
HERMES Systeme GmbH**

Tel: (04431) 9360-0
c.noelker@hermes-systeme.de

Meine Rolle als – Geschäftsführer:

HERMES Systeme GmbH – Gestaltung und Integration zukunftsweisender Technologien

- Geschäftsführender Gesellschafter mit Schwerpunkt Einführung und Integration innovativer Technologien und Projekte
- Verantwortung für die Entwicklung und Umsetzung von Lösungen in den Bereichen Mess-, Steuer- und Regelungstechnik sowie Automatisierungstechnik
- Aktuell: Projektleitung einer KI-gestützten Lastprofilvorhersage zur Energieoptimierung (Kooperation mit RheinEnergie AG und Fraunhofer Institut)
- Studium des Elektroingenieurwesens mit Spezialisierung auf Prozessinformatik





Die HERMES-Gruppe

- Das Unternehmen wurde **1985** von Gerd Hermes gegründet
- Heute beschäftigt es ca. **280** MitarbeiterInnen an 5 Standorten in Wildeshausen, Hamburg, Köln, Dortmund und Oschersleben
- Mehr als **100** davon hochqualifiziert (Ingenieure, Meister, Techniker)
- Erwirtschaftet einen Umsatz von ca. **33** Millionen Euro
- **2018** Preisträger Großer Preis des Mittelstandes





Geschäftsbereich Energiedienstleistungen & Fernwärme

Geschäftsbereich EDL & Fernwärme

15.10.2025





Nico Kandziora

**Referent Wohnungswirtschaft &
Quartierlösungen (MDUP)**

Tel: (0221) 178-1882
n.kandziora@rheinenergie.com

Meine Rolle als - Referent für Wohnungswirtschaft & Quartierlösungen:

RheinEnergie AG - Planung, Umsetzung und Betrieb

- Eigenständige Planung und Umsetzung von Energiedienstleistungsprojekten unter der Berücksichtigung der HOAI-Leistungsphasen zum Gewerk der Gebäudeautomation
- Mitglied der Expertengruppe des VDE für die Planung zellularer Energiesysteme
- Projektleiter für die Integration künstlicher Intelligenz zur Optimierung von Wärme- und Kälteerzeugungsanlagen
- Erarbeiten von Automationslösungen zur Sicherstellung der effizienten Energieversorgung unserer Kunden
- Studium der Elektrotechnik, gestaltet als Ingenieur gemeinsam mit seinem Team die Energielösungen der Zukunft

Fortschrittliches und innovatives Energiedesign aus einer Hand

Mit der Technologie von Morgen.



Mieterstrom



Solarstrom



Batterie-
speicher



Ökostrom



Netze



Smarter
Messstellen-
betrieb



Virtuelles
Kraftwerk



Dezentrale
Erzeugung



Kundenportal



Nahwärme



Fernwärme



Wärmepumpe



Abfall-
wirtschaft



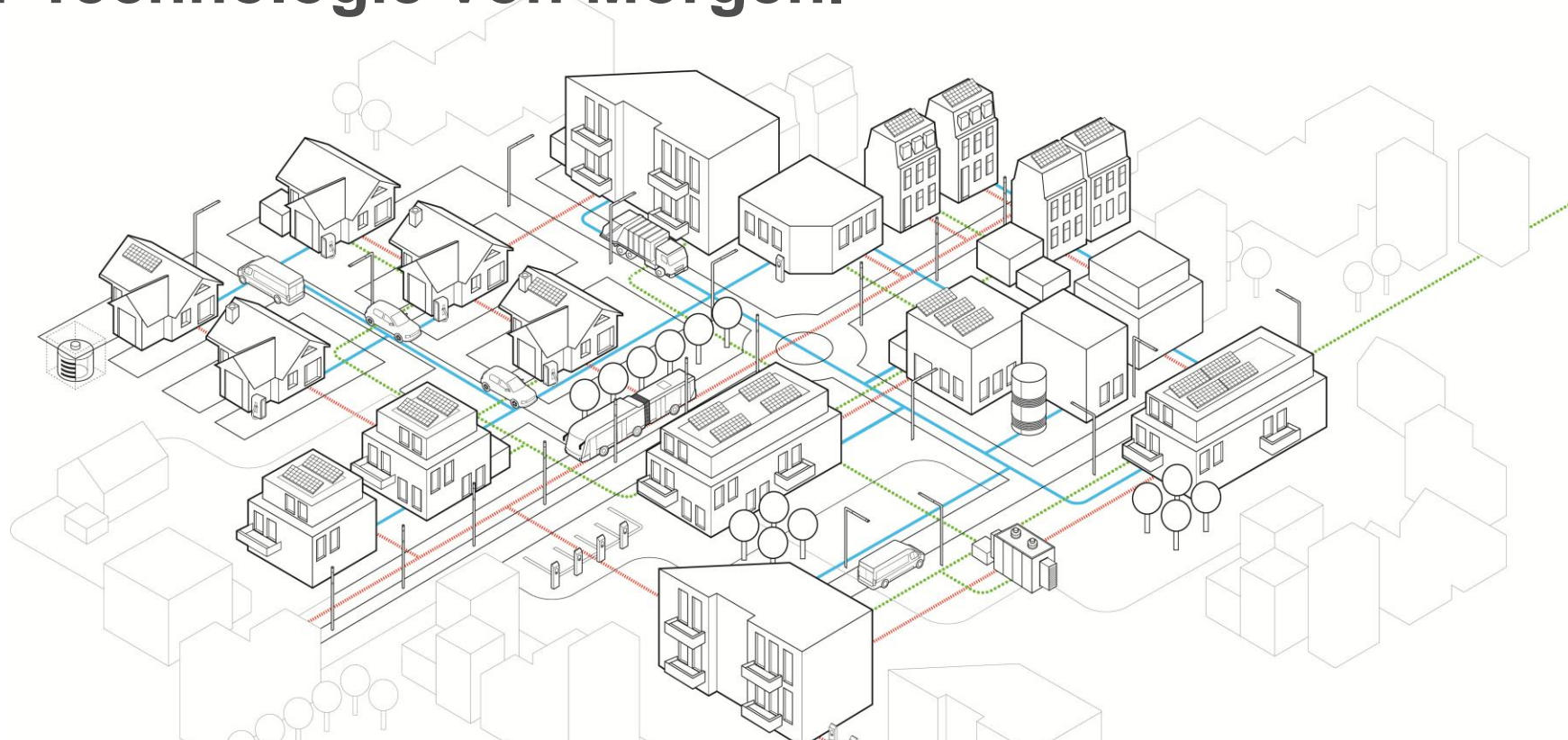
Telekom-
munikation



Intelligente
Beleuchtung



E-Mobility





Indem wir für unseren Kunden ein Rundum-sorglos-Paket

Und somit Energy as a Service bieten.



Für unsere Kunden machen wir die immer komplexer werdende Energiewelt einfacher:



Hoher Komfort
durch sorglose
Abgabe von
Komplexität



Starker Partner für
energie-
wirtschaftliche
Fragen



Fortlaufende
**Kosten-
senkung**



Erhebliche
Verbesserung
der
CO₂-Bilanz



Flexibilität
durch **breites
Leistungs-
portfolio**

Wir sind der Energiemanager für eine langfristige Partnerschaft

Und sind bundesweit unterwegs.

In Köln gestartet,
in ganz Deutschland unterwegs



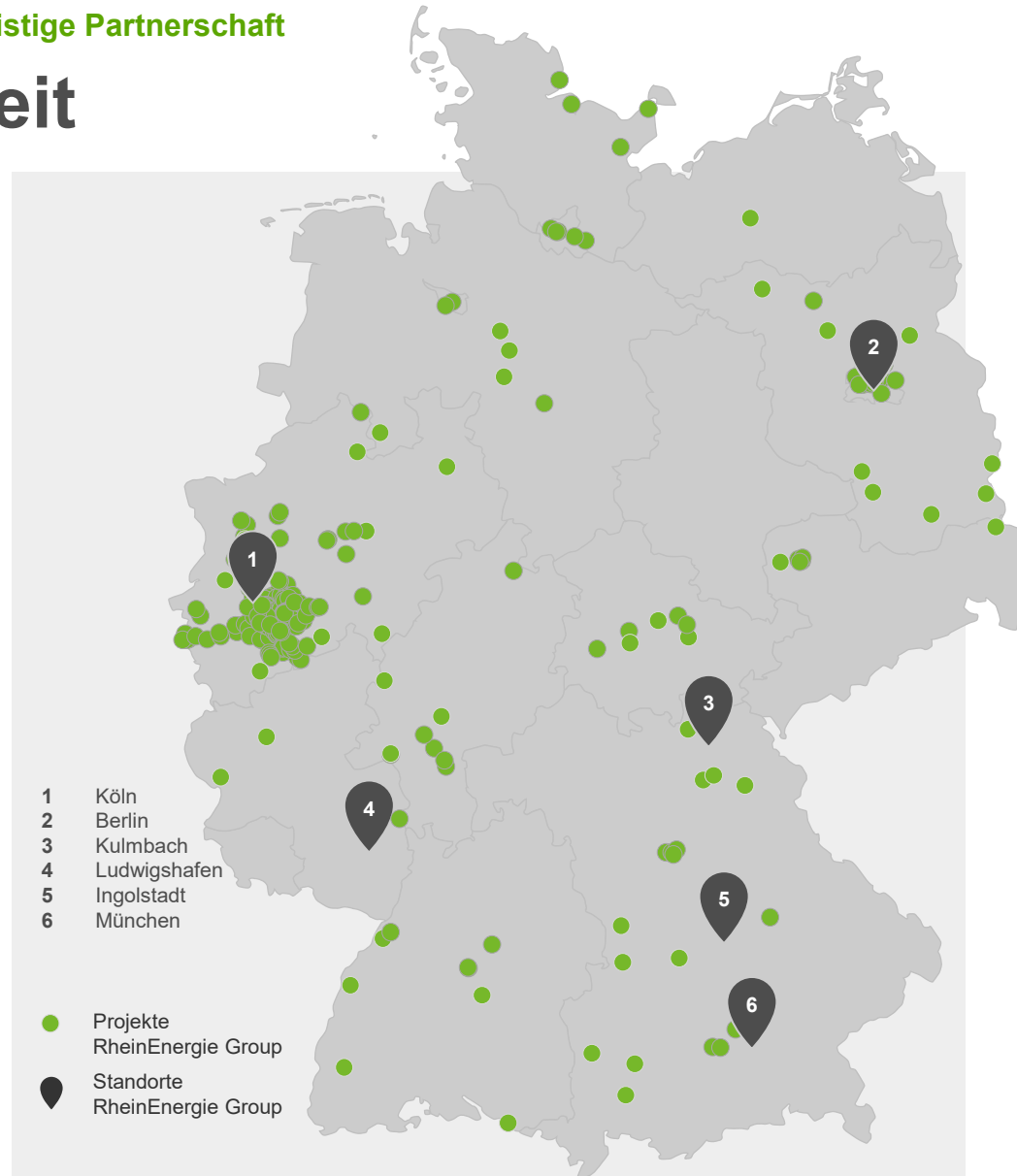
150 Jahre Erfahrung in der
Energiebranche und 30 Jahre
im Contracting



Über 600 umgesetzte Projekte
bundesweit mit 700 MW Leistung und
über 85 Mio. € Umsatz im Contracting
bzw. 55 Mio. € im Anlagenbau



Kölns größte Wärme-Community –
Fernwärme mit über 1.000 MW
angeschlossener Leistung und
95 Mio. € Umsatz



100 Spezialisten im
Geschäftsbereich und 3.000
weitere Experten firmenweit



Stark vernetzt mit Verbänden,
Politik sowie mit Partnern für
Anlagenbau und innovative
Lösungen



Wind-, PV- und Biogasanlagen
bundesweit, Einsparung von
180.000 t CO₂ jährlich



Investition von 100 Mio. €
bis 2025 in Erneuerbare
Energien

KLEO - Künstliche Intelligenz für Lastprofilvorhersage zur Energieoptimierung

Künstliche Intelligenz heute

Künstliche Intelligenz ist wichtig! Echte Intelligenz aber auch!

Was können wir heute?

- Spracherkennung und Sprachverarbeitung: Siri, Alexa und Google Assistant
- Autonomes Fahren: Assistenzsysteme, selbstfahrender Autos bspw. Tesla
- Chatbots & Kundenservice: Häufig gestellte Fragen werden durch Chatbots abgefangen.
- Datenanalyse und Vorhersage: Energieeinsatz und Mustererkennung

Was können wir heute noch nicht?

- Kreativität: Schreiben von Literatur oder das Komponieren von Musik
- Ethische und moralische Urteile: Komplexe soziale, kulturelle & individuelle Werte lassen sich schwer abbilden
- Autonome Entscheidungen in komplexen, unvorhersehbaren Umgebungen

Letztendlich hat sich die Künstliche Intelligenz schon lange von einer Nice-to-have Technologie zu einer Must-have-Technologie entwickelt

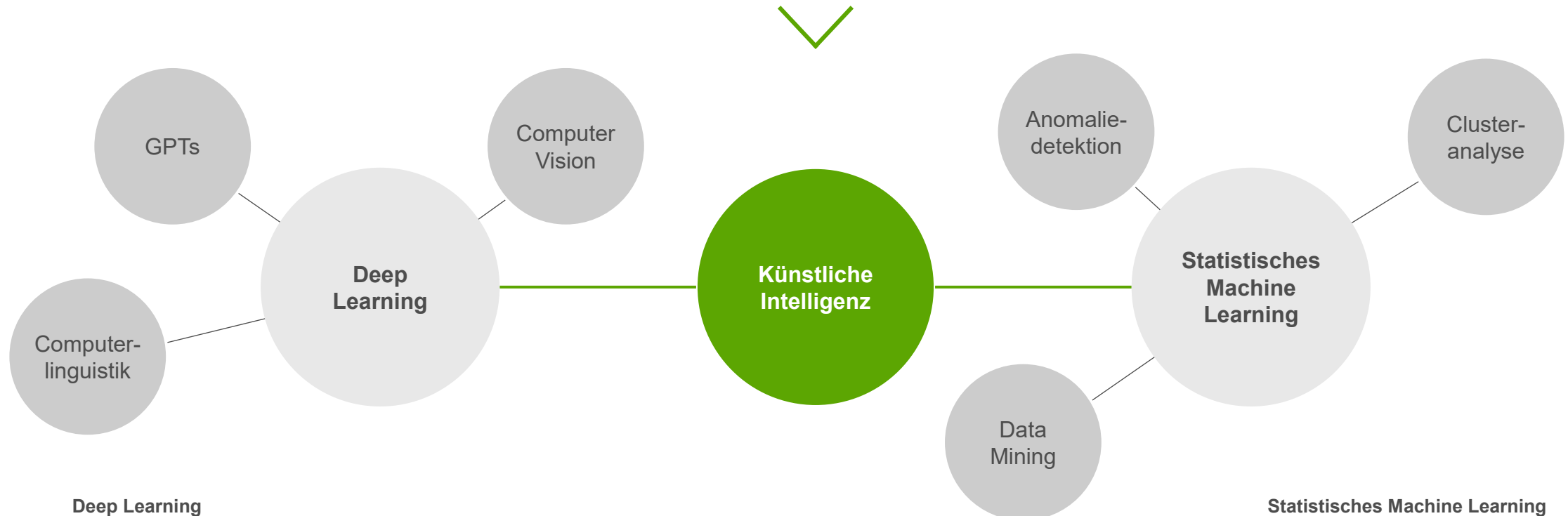


KI in der Praxis: Mit KLEO zur Anlagenoptimierung



Künstliche Intelligenz

Was ist das?



Deep Learning

Aufbau von intelligenten Systemen, die tiefe neuronale Netze auf einer großen Menge von Daten verwenden.

Statistisches Machine Learning

Auf statistischen Verfahren beruhende Systeme, die aus Erfahrungen (Daten) lernen, ohne explizit programmiert zu sein.



RheinEnergie AG in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer ITWM und HERMES Systeme GmbH

Zielsetzung: 1-3 % Primärenergieeinsparung

Dazu brachte das Fraunhofer ITWM seine mathematische Expertise und die RheinEnergie mit dem Expertenteam ihr Wissen der Verfahrens- und Energietechnik ein.

- 1. Pilotierung der Potenziale & Anwendungsfälle** → Eine Potenzialermittlung auf dem Anwendungsfall zur Optimierung von Energieerzeugungsanlagen auf Basis von künstlicher Intelligenz wurde abgeschlossen und die Bedingungen für die Umsetzung ermittelt.
- 2. Bedarfsanalyse Anwendungsfälle** → Nachdem die Anlagen ausgewählt wurden, ist zu prüfen, ob die notwendigen Daten zu den ausgewählten Anlagen vorliegen. (Technik/Daten-Check)
- 3. Durchführung des Piloten** → Während der Durchführung des Piloten ist die enge Begleitung und die kontinuierliche Prüfung von Zwischenergebnissen erforderlich. Die Informationen bieten einen ersten Einblick darüber an welcher Stelle noch Anpassungen durchgeführt werden müssen.

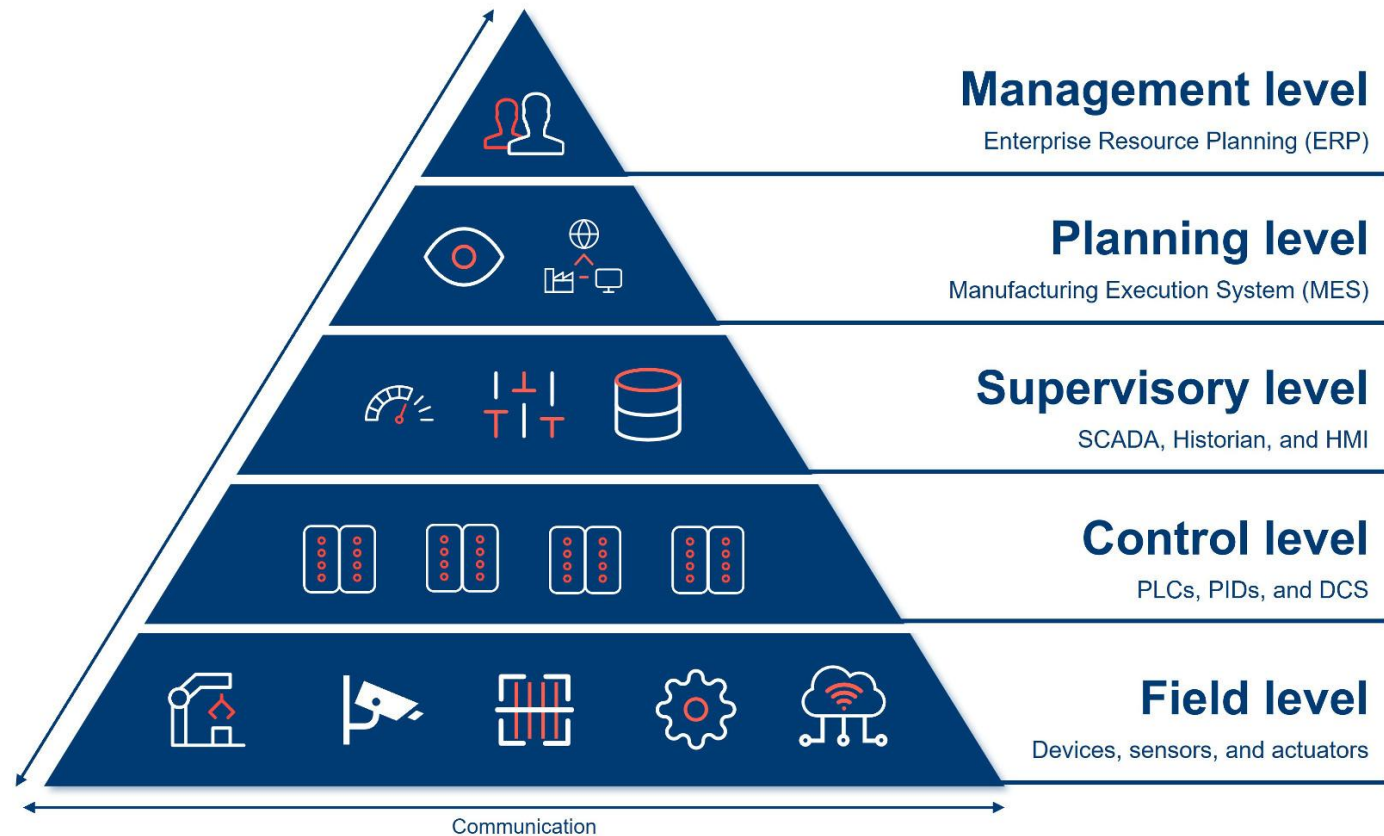
Zeitstrahl

Rückblick zur Durchführung



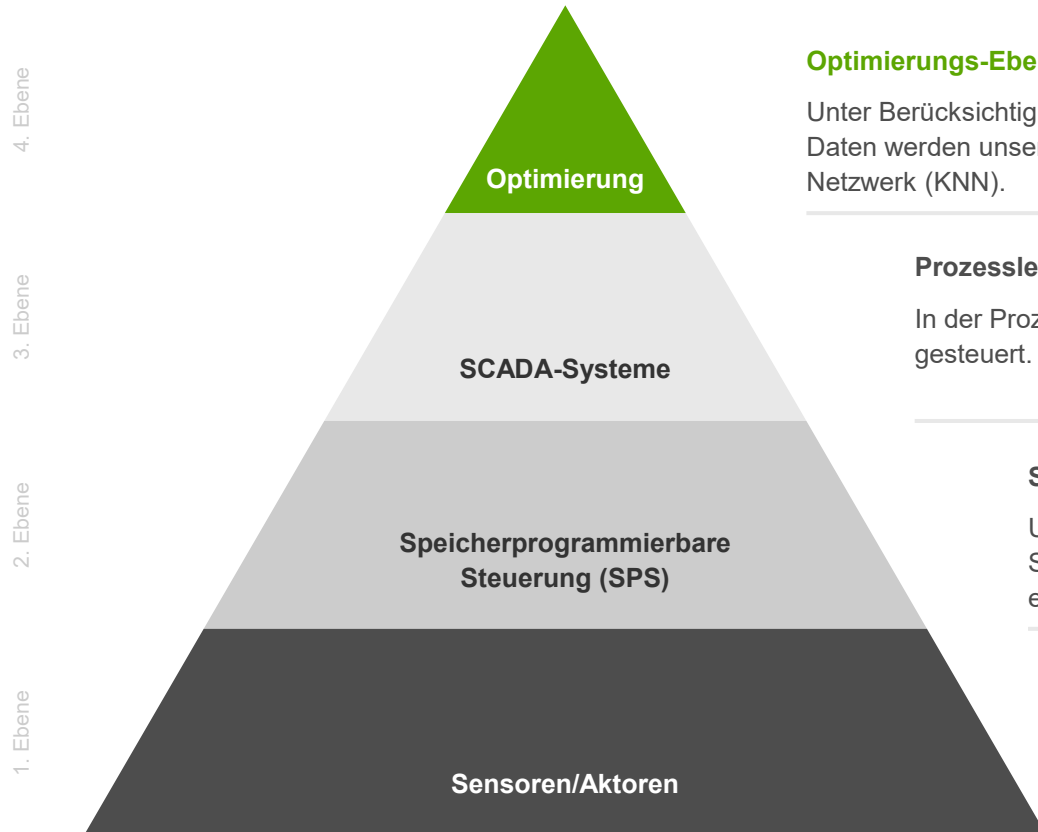
Architektur der Anlagensteuerung

Automationspyramide klassisch



Architektur der Anlagensteuerung

Zielbild



Optimierungs-Ebene

Unter Berücksichtigung von historischen Daten aus unserem Anlagenportfolio, aktuellen Daten aus der Anlage, sowie Prognose-Daten werden unsere Anlagen kontinuierlich in ihrer Betriebsweise optimiert. Grundlage hierfür ist ein künstliches neuronales Netzwerk (KNN).

Prozessleit-Ebene

In der Prozessleit-Ebene werden die Daten aus der 2. Ebene langzeitarchiviert, überwacht und gesteuert. Die Hauptaufgaben dieser Ebene besteht aus dem manuellen Bedienen und Beobachten.

Steuerungs-Ebene

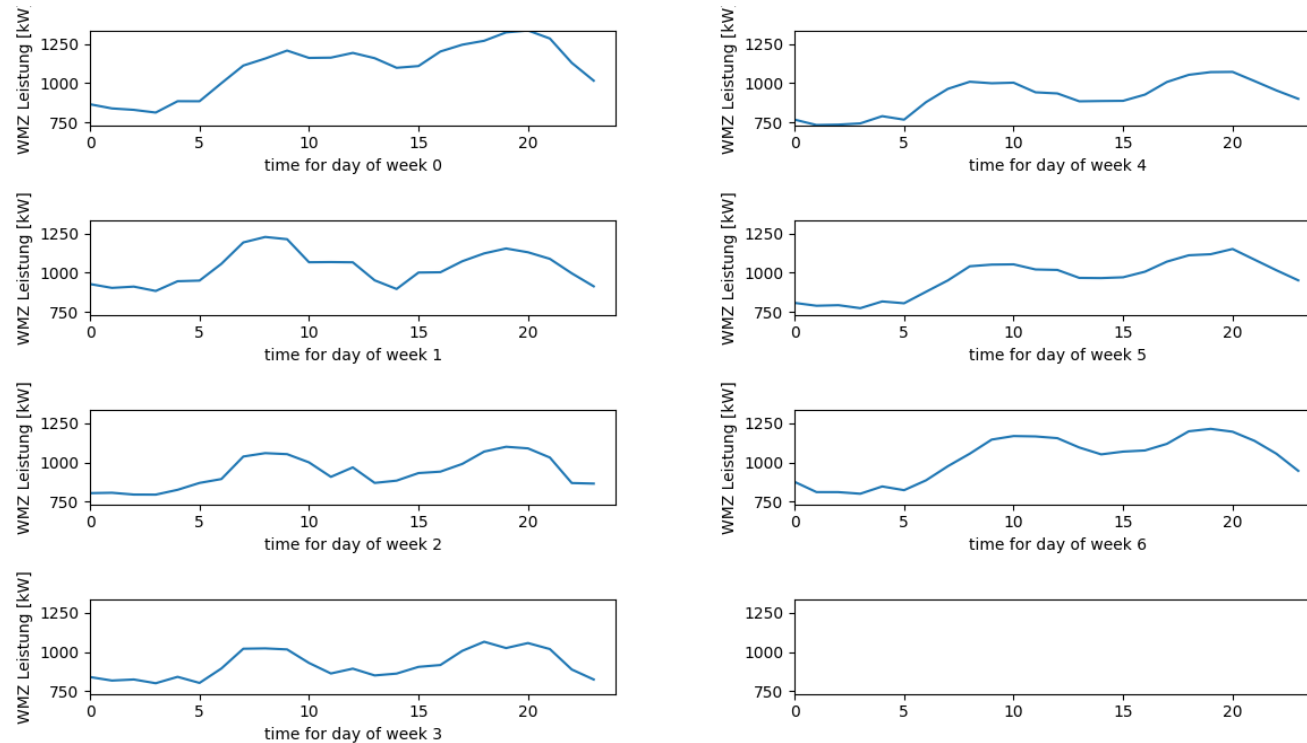
Umsetzung der „klassischen“ Regelungsfunktionen der Anlage. Daten werden von der Steuerung temporär erfasst und mit programmierten Regeln abgeglichen. Ergebnis ist ein deterministischer Output.

Feld-/Prozess-Ebene

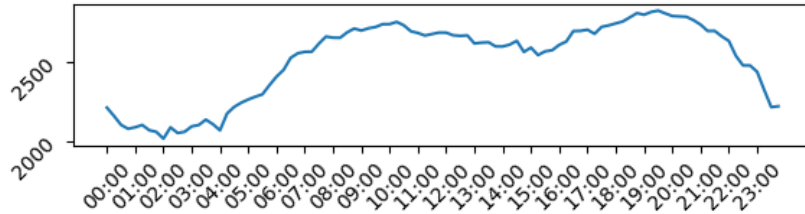
Die 1. Ebene umfasst alle typischen Vorrichtungen wie Sensoren, Motoren, Ventile und Stellglieder (Aktoren) jeglicher Art. Die Datenweiterleitung erfolgt über Ein- und Ausgabemodule (I/O) an die Steuerungs-Ebene.

Modellentwicklung

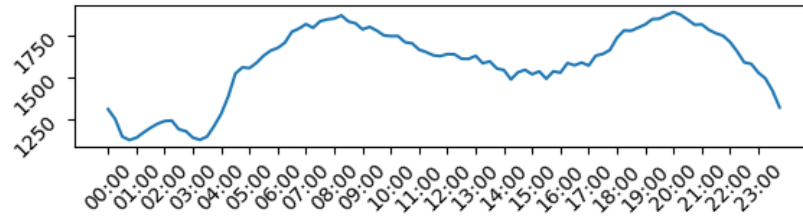
Entwicklung Lastprofile



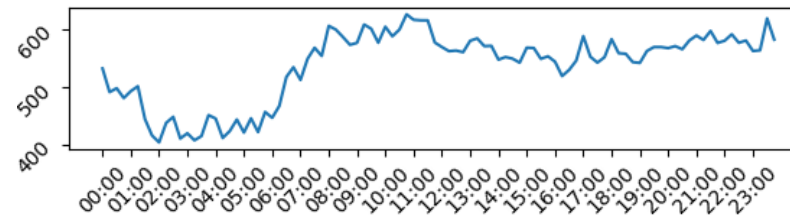
- Mittels eines KI-basierten Verfahrens, wurden die individuellen Lastgänge erzeugt und beinhalten die mittlere benötigte Leistung pro Tag und pro Stunde
- Zu erkennen ist, dass die benötigte Wärmeleistung sich zwischen verschiedenen Wochentagen nicht unterscheidet. Die Wärmeleistung ist im Mittelwert als auch im Tagesprofil stark von der Außentemperatur geprägt
- Diese gelernte Struktur wird verwendet, um die kommende Last vorherzusagen



Mittlere Außentemperatur: 2°C



Mittlere Außentemperatur: 10°C



Mittlere Außentemperatur: 20°C

Modellentwicklung

Entwicklung Lastprofile

- Mittels Verfahren des Maschinellen Lernens wurden die individuellen Lastgänge aus den historischen Verbrauchsdaten erzeugt.
- Lastprofile in Höhe und Form abhängig von den Hauptmerkmalen Tageszeit und Außentemperatur
- Keine sonstigen saisonalen Abhängigkeiten signifikant.
- Hohe Varianz in den tagesindividuellen Verbräuchen.
- Resultierende Tagesprofile beinhalten die mittlere benötigte Leistung pro Stunde bei gegebener Außentemperatur.
- Diese gelernte Struktur wird verwendet, um die kommende Last vorherzusagen.

Vorhersage der Lastprofile

Herausforderung

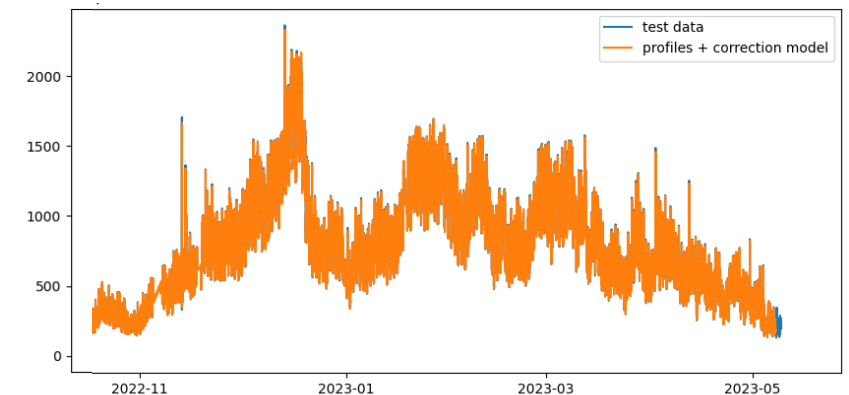
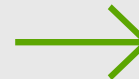
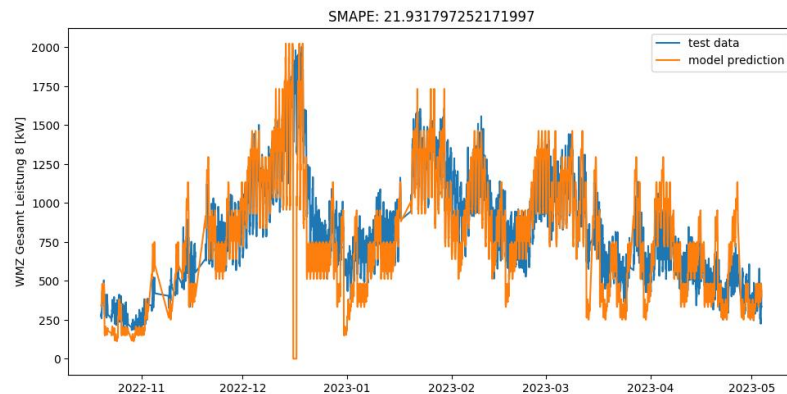
Hohe Varianz in den tagesindividuellen Verbräuchen

Die Abweichungen haben unbestimmte Ursachen, aber eine signifikante Systematik:

Ist der aktuelle Verbrauch deutlich oberhalb des Lastprofils, dann ist dies auch für die kommenden Stunden zu erwarten – und umgekehrt.

Lösung

Mit Hilfe einer Auto-Regression – also der Rückkopplung des alten Vorhersagefehlers in die neue Vorhersage - konnte die Prädiktion signifikant verbessert werden.



Regelungskonzept

Bisherige Regelung

PI-Regler

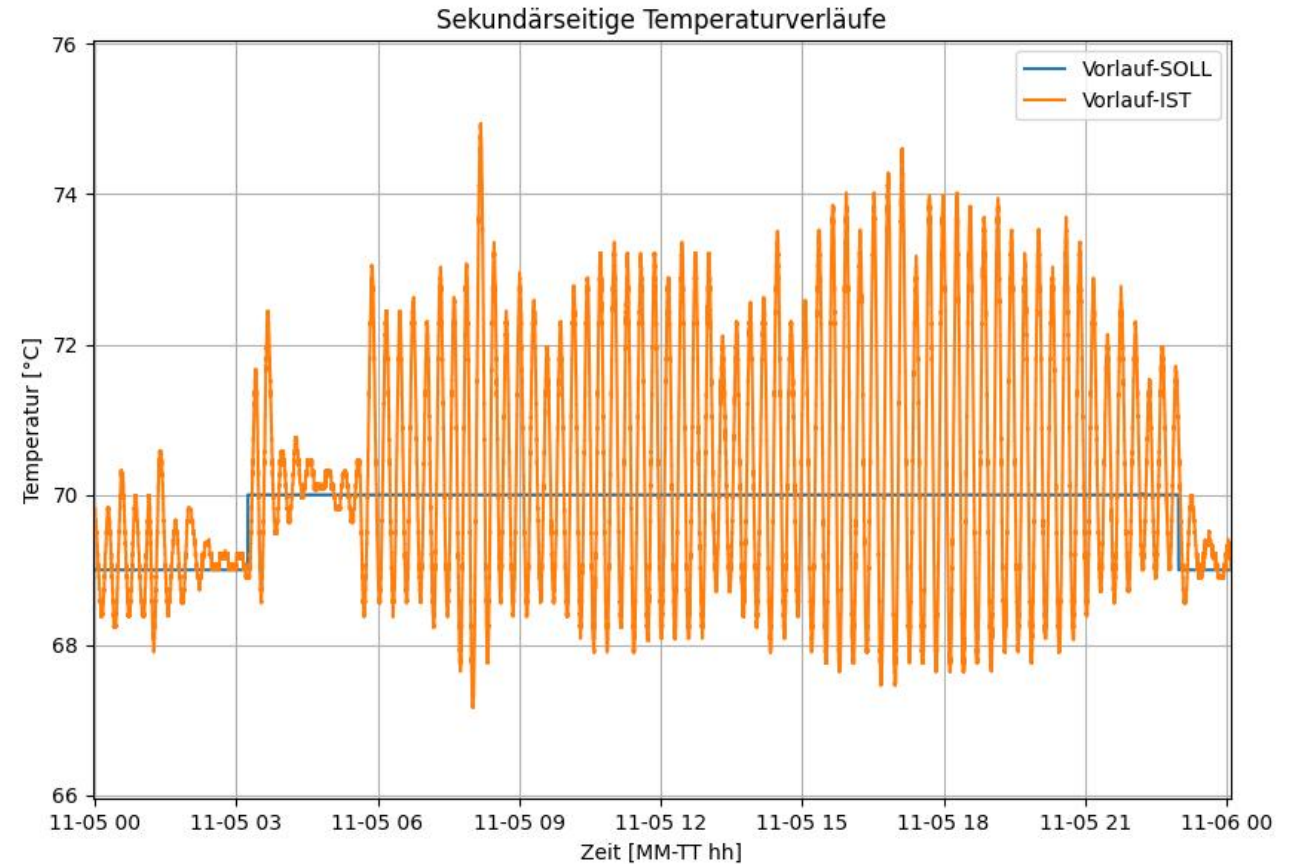
- Regelziel: sekundärseitige Vorlauftemperatur
- Solltemperatur: fest mit 1K Nachtabsenkung
- Stellgröße: Kesselmodulation

Beobachtung

- Stellungenauigkeit im Mittelwert
- Starke Schwankungen in der Vorlauftemperatur

Amplitude: bis zu 10K

Periode: ca. 17 Minuten



Regelungskonzept

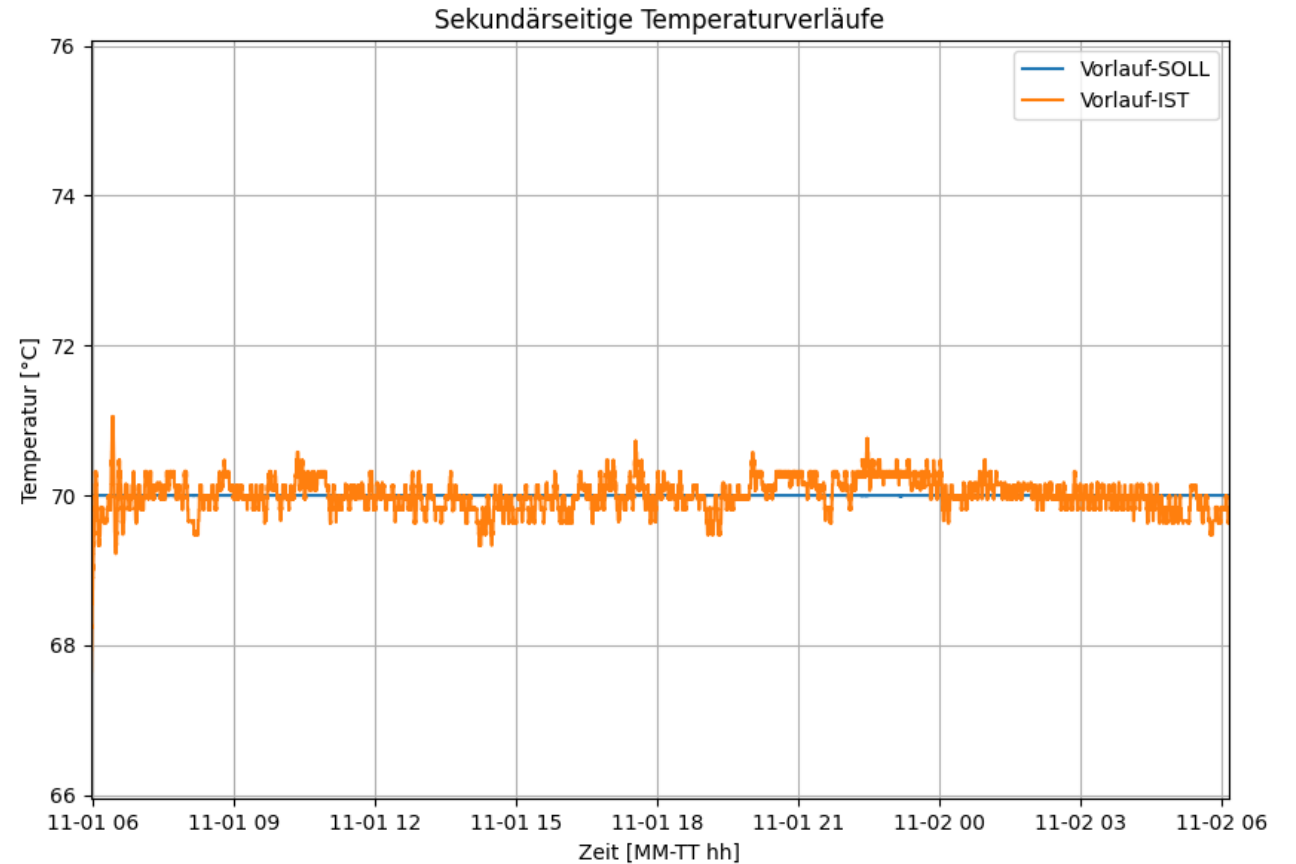
Neue Regelung

Digitaler Zwilling

- Identifikation der Erzeugerdynamiken
- Identifikation der Totzeiten

Regler mit Smith-Prädiktor

- Nutzt die Informationen über das Systemverhalten für die Vorhersage
- Geringe Schwankungen
- Keine Periodizität
- Abweichungen bei etwa $\pm 0.7\text{K}$



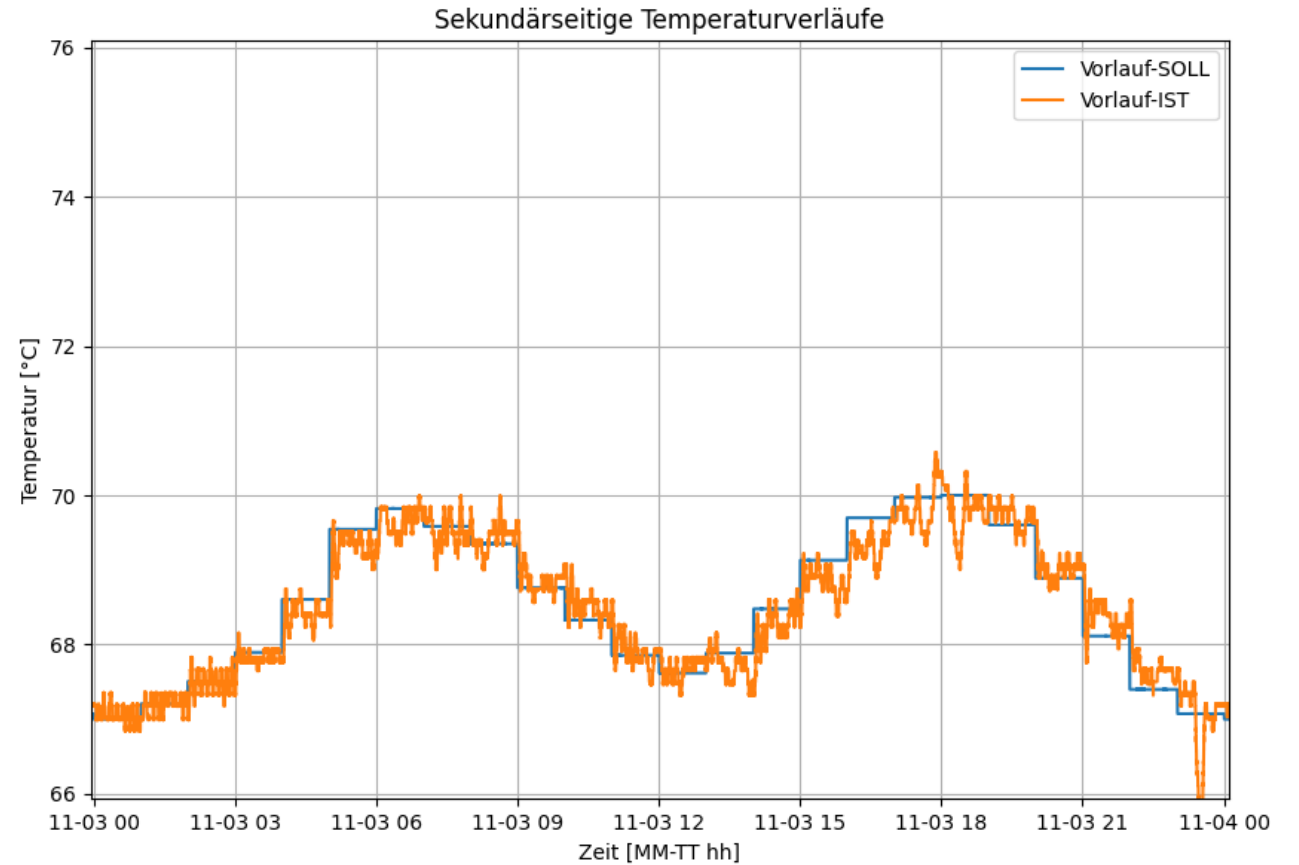
Regelungskonzept

Neue Regelung

Regler mit Smith-Prädiktor und Sollwerte aus den Lastprofilen

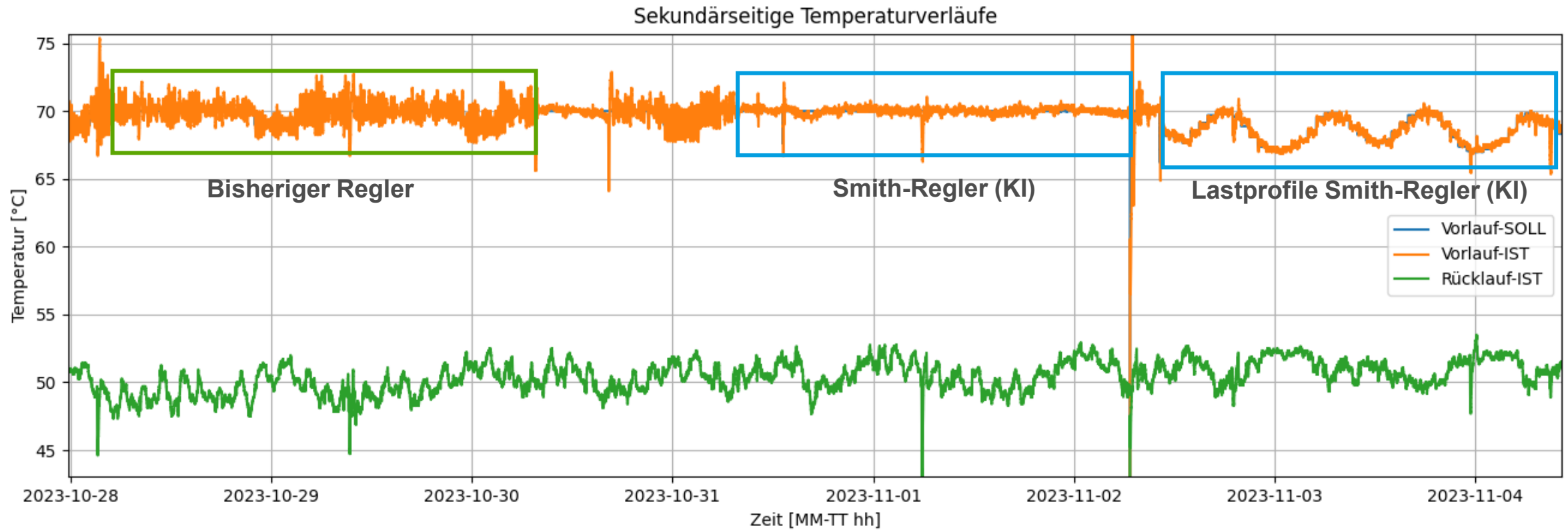
- Bedarfsgerechte Solltemperatur
- Exaktes Tracking der Sollvorgaben

→ Einsparung von Primärenergie



Überblick

Evaluation der Anlagen-Performance



Regelungskonzept Zusammenfassung

Last- & Verbrauchsprofile

Berechnung von saisonalen, wetter- und nutzungsbedingten Lastprofilen am Netzübergabepunkt, um Wärmebedarfe zu prognostizieren

Last- & Verbrauchsprofile

Betriebsprozess

Betriebsprozess

Abbildung der Anlagenstruktur sowie der einzelnen Funktionseinheiten mittels Matlab/Simulink® und der Toolbox CARNOT

Digitaler
Zwilling

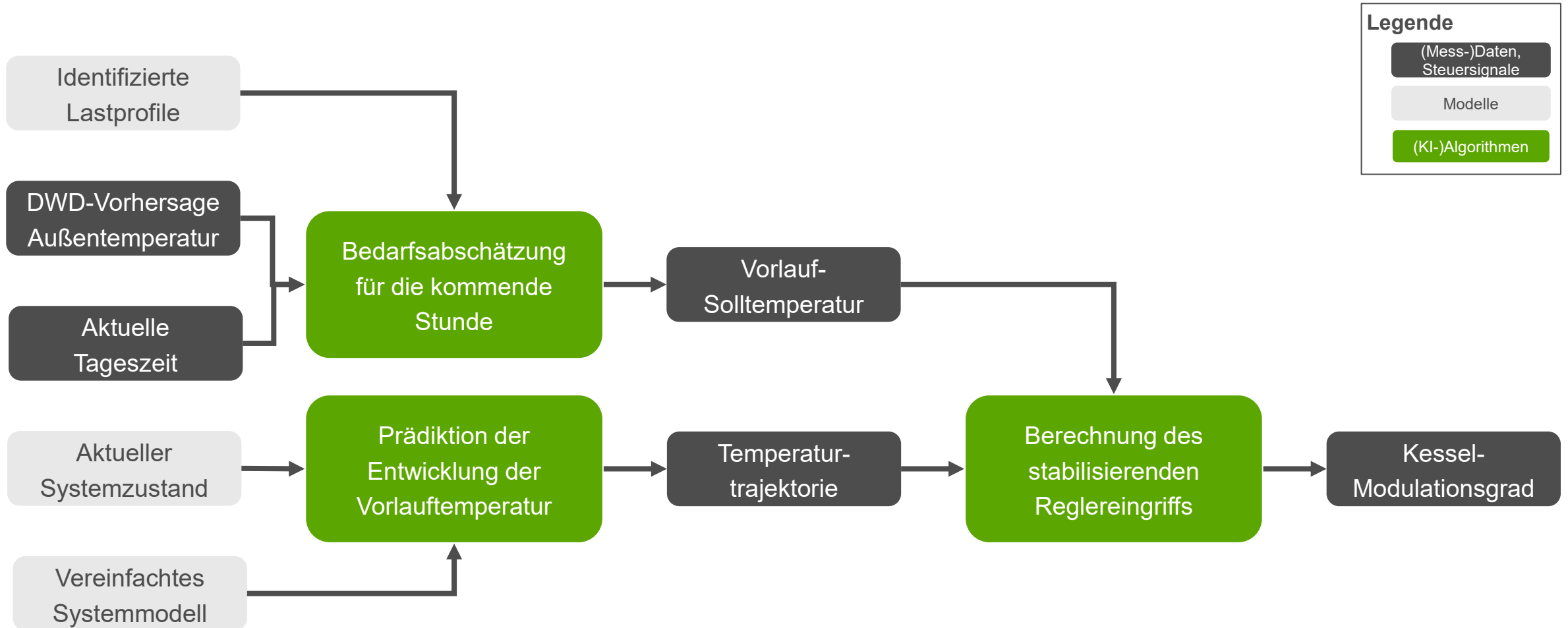
Validierung

Validierung

Vergleich von Simulation mit realen Messdaten sowie Evaluation der Unterschiede

Steuerungskonzept

Aufbau KLEO



Ergebnisse von KLEO in der Nahwärmanlage Blauer Hof

Aktueller Stand Blauer Hof

Technische Daten:

- Nahwärmanlage „Blauer Hof“ in Köln-Mülheim
- Zwei Gas- Brennwertkessel und einem Gas-Niedertemperaturkessel
- 2.910 kW Wärmeleistung
- 3.500 Meter langes Nahwärmenetz (inkl. Vor- und Rücklaufleitung)
- 1.110 Personen werden schätzungsweise ganzjährig mit Wärme versorgt (Raumheizung + Warmwasser)

~ 10 % Primärenergie

473 MWh

**Reduktion von
Primärenergie**



95.073 kg CO₂

**Reduktion von
Primärenergie**



99.177,52 €

**Reduktion von
Primärenergie**



Im Zeitraum vom
01.11.23 – 09.07.25
bei gleichbleibendem
Komfort für unsere
Kunden



Zeitstrahl

Nächste Projektschritte

KLEO wird autonom

Umsetzung und Evaluierung des autonomen Modells auf die Heizwerke mit dem Ziel zwischen Heiz-/Sommerbetrieb sowie auf die Übergangsphasen richtig reagieren zu können

Externe Partner

Für die Umsetzungsphase wurden die vertragliche Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer ITWM finalisiert.

Start des Rollouts

Die Rollenzuordnung hat stattgefunden und der Rollout der KI-Lösungen auf ca. 120 Anlagen beginnt

Validierung Einsparung & Weiterentwicklung der Lösungen

Während und am Ende der kommenden Heizperiode wird die Einsparung validiert. Zusätzlich erfolgt die Weiterentwicklung der KI-Lösungen

Abschluss Rollout & Performancetest der Lösungen

Zum Beginn der Heizperiode 2025/-26 sind alle geplanten Anlagen mit den Lösungen ausgestattet und erzielen eine Einsparung von **400 T€** sowie **536 tCO₂**

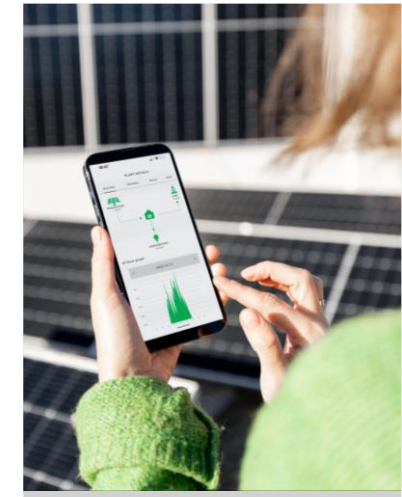
01.10.2024

15.01.2025

01.02.2025

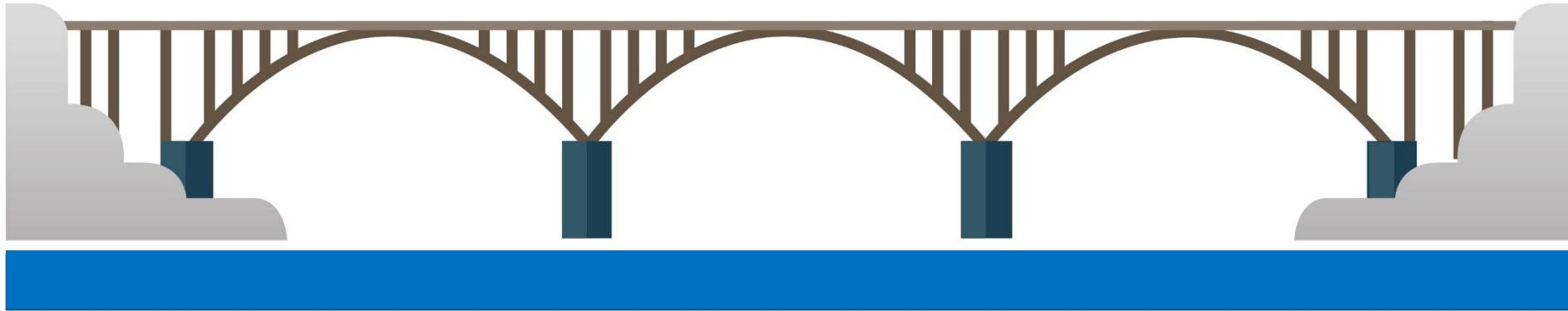
30.04.2025

31.10.2025

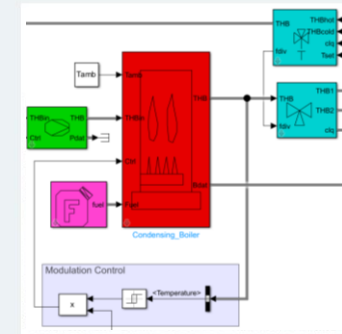
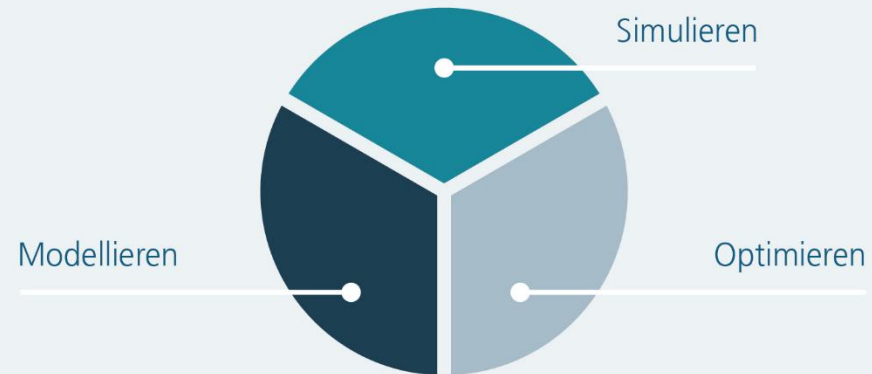


Unsere Aufgabe

Wir sind Brückenbauer

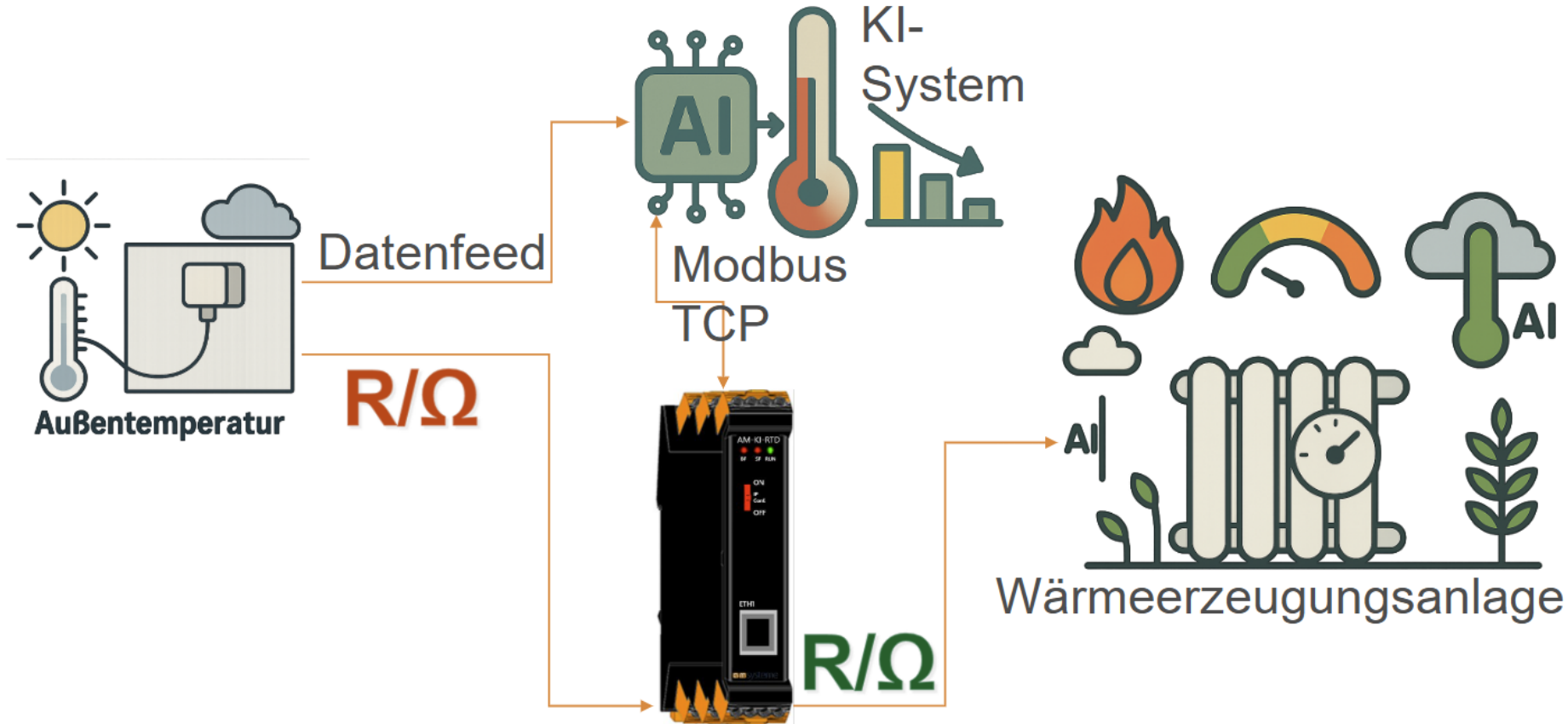


Reale Welt



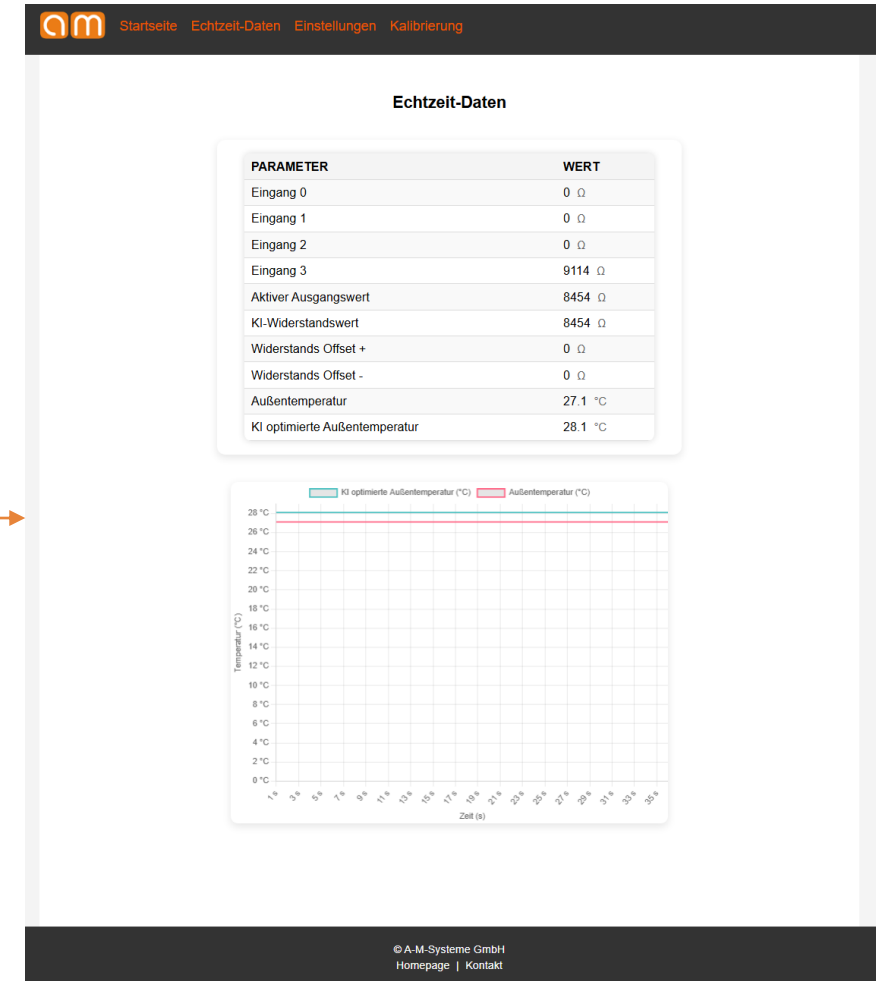
Virtuelle Welt

Hardware für den Einsatz von KI in Wärmeerzeugungsanlagen (AM-KI-RTD)



AM-KI-RTD Webinterface & Schnittstellen

- 4 analoge Eingänge & 3 Widerstands-Ausgänge für verschiedene RTD-Sensoren
- Webinterface
 - Konfiguration
 - Kalibrierung
 - Daten in Echtzeit auslesen
- Modbus Holding Register für eigenes KI-System offen



”

Die Wärmewende beginnt im Bestand – mit KLEO verbinden wir Technik und KI für maximale Effizienz

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

