

KI-gestütztes Energiemanagement in einer Box: Prognosen, die den Unterschied machen!

München, 14.11.2024

Agenda

Das Projekt EILE – Energiewissen und intelligente Anwendung

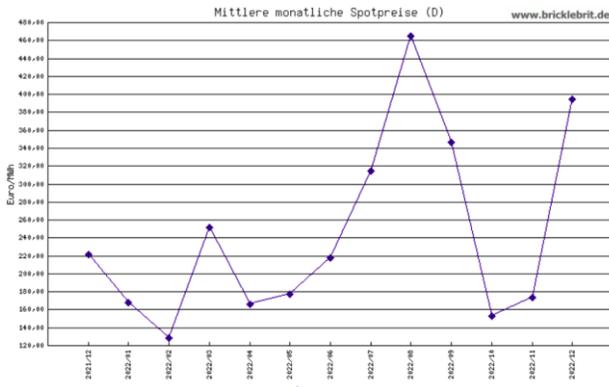
OpenEMS, Integration und Varianten

Flexibilität und KI basierte Prognosen

Nachhaltigkeit und CO2 Kennzahlen

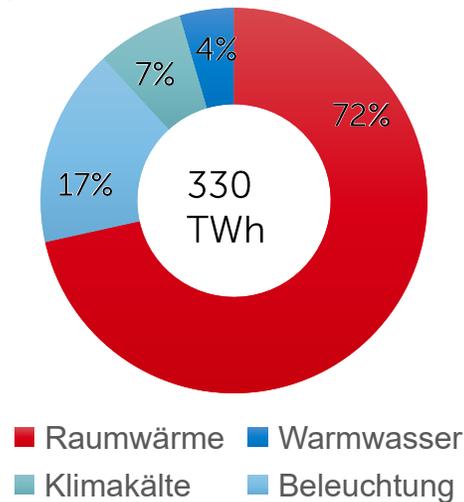
Klimaschutz und Nachhaltigkeit werden immer wichtiger

Steigende Strompreise und Energiekosten



Quelle: [Spotpreise Strom Leipzig](#)

Endenergiebedarf (Nichtwohngebäude)



Quelle: [DENA Gebäudereport 2023](#)

nur 30% der Unternehmen verfügen über ein Energiemanagementsystem



Quelle: [Industrie Anzeiger ISO 50003 ergänzt ISO 50001](#)

Wachsendes Interesse an Flexibilitätsmanagement und produktspezifischem CO2-Ausstoß

Projektziele

Schaffung von Transparenz und Abbau von Einstiegshürden

- Entwicklung eines praxisorientierten Vorgehensmodells zur Implementierung eines Energiemanagementssystems für kleine und mittelständische Unternehmen
 - Messkonzept, Messtechnik und Datenerfassung
 - Modellierung des Energiesystems und der Energieflüsse
 - Identifikation von Flexibilitäten und Variantenberechnungen
 - Nachhaltiges Energiemanagement
 - KI-basierte Prognosen
- Verbreitung und Transfer unter Nutzung von Messkoffern, Workshops und Veranstaltungen

Sie haben schon Messtechnik und Daten ?

- Beschreibung zur Erstellung eines Messkonzeptes im Handlungsleitfaden (wird bald veröffentlicht)
- Angebot zur Datenanalyse und ggf. zur Erstellung von Prognosen nicht-regelbarer Verbraucher und Erzeuger

Nr.	Anlagenbezeichnung	Leistungsaufnahme -spitze (in kW)	typische Laufzeit (in h)	Elektrischer Anschluss	Betriebsstunden (h pro Jahr)	Regelbar	Flexibilisierbar	Messungen vorhanden
1	Lötelle	40	5	32A, 3-phasig	820	X	X	
2	Kompressor	7,5	2	16A, 3-phasig	320			X

Nr.	Daten	Für den Projektstart notwendig	Erklärung	Restriktionen	Ansprechpartner	Anmerkung	Beispiel	Vorhanden
1.1.7	Beginn Aufnahme	x	Die Daten sind ab diesem Zeitpunkt ohne Lücken vorhanden	Min. 2 Wochen Daten, je mehr desto besser			01.01.2024	x
1.1.8	Steuerbar/nicht steuerbar	x	nicht steuerbar eintragen, wenn nicht im Projekt flexibilisierbar				nicht steuerbar	x
1.1.9	Signalfrequenz	x		>= 5 Minuten, <= 1h			5 Minuten	x
1.2	Unternehmensdaten							
1.2.1	Signalstandort (Adresse oder Koordinaten)		Für Wetterdatenabzug bei PV Prognose				Bingen am Rhein	x
1.2.2	Planungshorizont	x	operativer Steuerungshorizont				4h	x
1.2.3	Prognosehäufigkeit	x	sinnvoll sind halbe oder ganze Schichten/Tage				4h	x

Datenerfassung

- **EILE Messkoffer**
 - Anschluss als Zwischenstecklösung oder Nutzung von externen Stromwandlern
 - Bis 400V, 16A, 3-phasig / Schuko-Stecker
 - Nutzung weiterer Sensortechnik möglich (Digital IO, Relais, etc.)
 - Maße 36 x 26 x 13 cm, 5kg
 - 1 Koffer zur Messung von einem 3-phasigen oder 3 einphasigen Geräten
- **Anforderungen**
 - Nicht-invasive Installation & Erweiterbarkeit
 - OpenEMS - Offene Software (keine Lizenzkosten)
 - Lokale Lösung (Monitoring und Datenspeicherung) ohne Cloud



Anschlussbeispiele

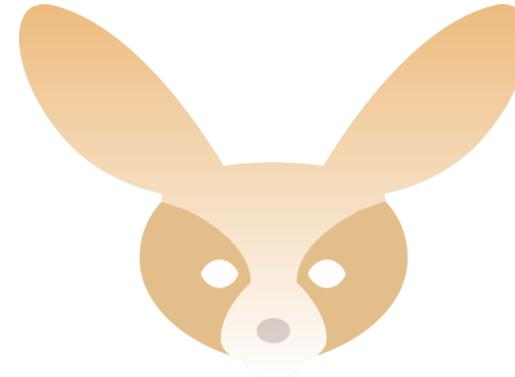


Was kann ich als Nutzer erwarten?

- **Mobiles Monitoring**
 - (optional im Schaltschrank integrierbar)
- **Kennzahlen z.B. CO₂**
 - (nur elektrisch, nur für vermessene Verbraucher)
- **KI Prognosen**
 - (nicht Koffer, aber Messdaten können genutzt werden)
- **Nutzung simulierter Komponenten**
 - Speicher und Photovoltaik
- **Erweiterbarkeit**
 - Zahlreiche SW-Erweiterungen (Stromzähler, Speicher, Ladestationen, etc.)

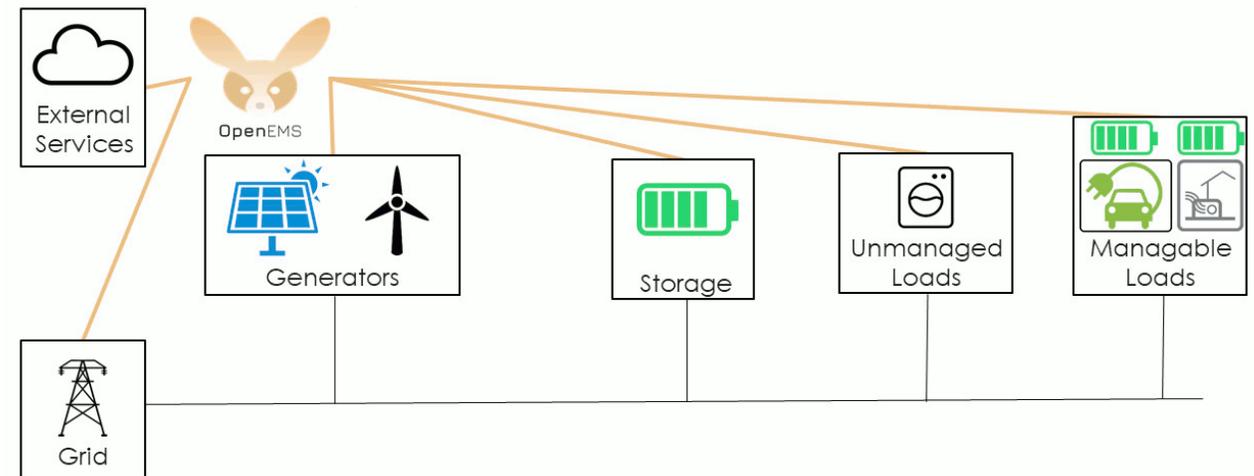


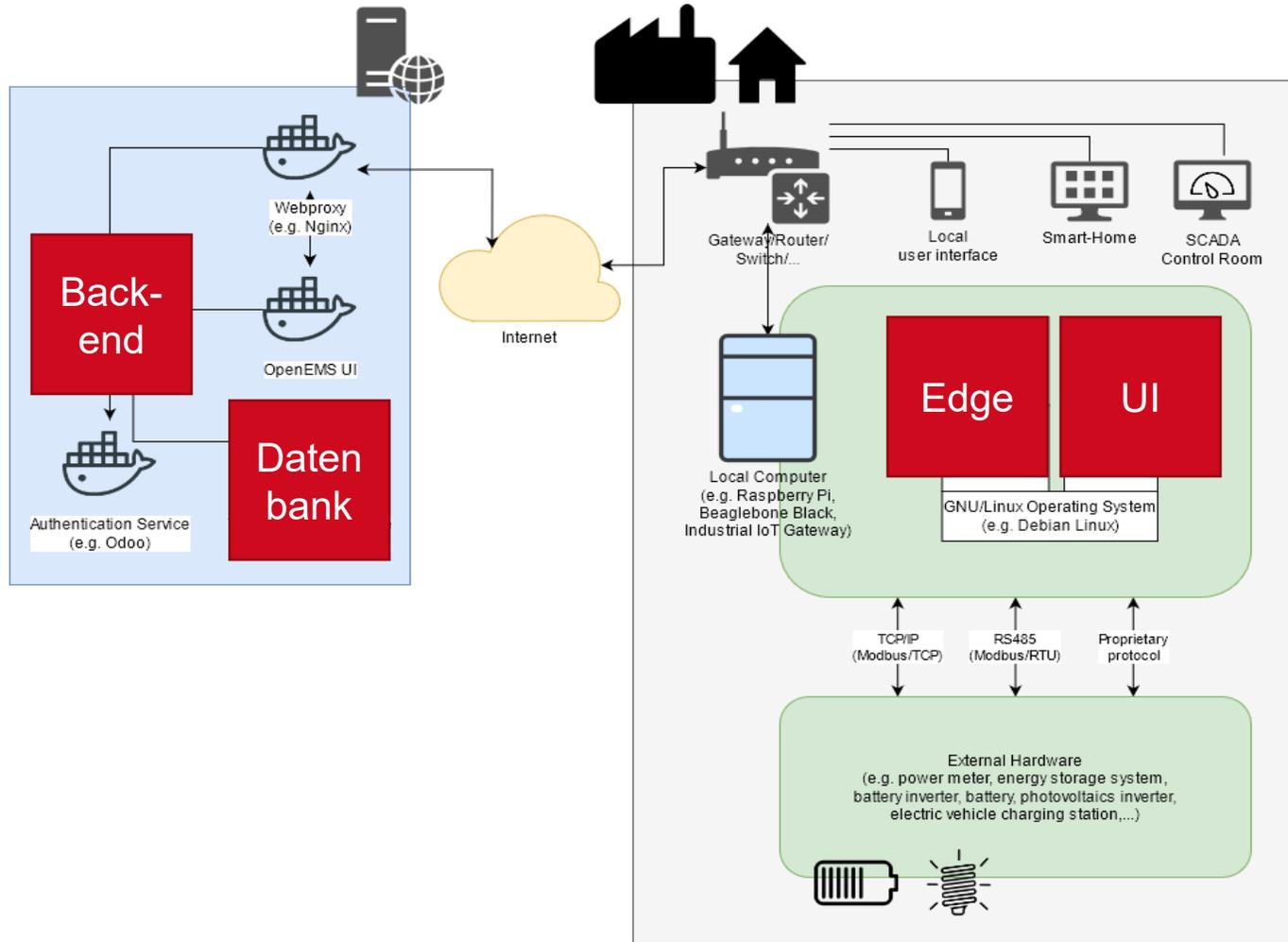
OpenEMS



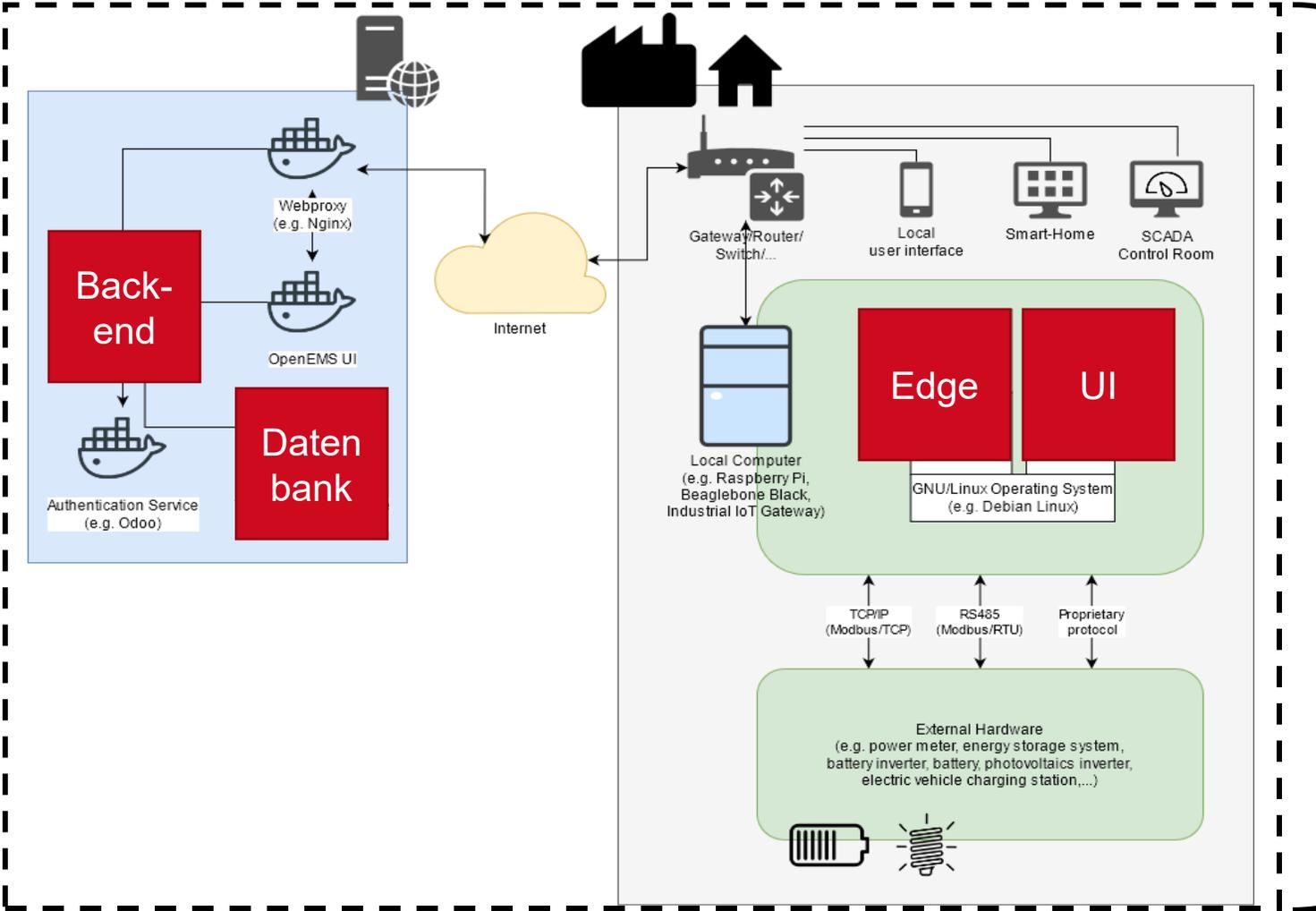
• Open Source Energy Management System - OpenEMS

- modulare Plattform für Energiemanagement-Anwendungen.
- Überwachung, Steuerung und Integration von Energiespeichern mit erneuerbaren Energiequellen Ladestationen, Wärmepumpen, Elektrolyseure, etc.
- Energiebezogene Dienstleistungen, wie die Eigenverbrauchsoptimierung, Nutzung zeitabhängige Stromtarife, Lastspitzenkappung
- Weiterentwicklung im Rahmen von EILE
 - zusätzliche Messhardware
 - Kennzahlen (z.B. CO₂)
 - KI Prognosen

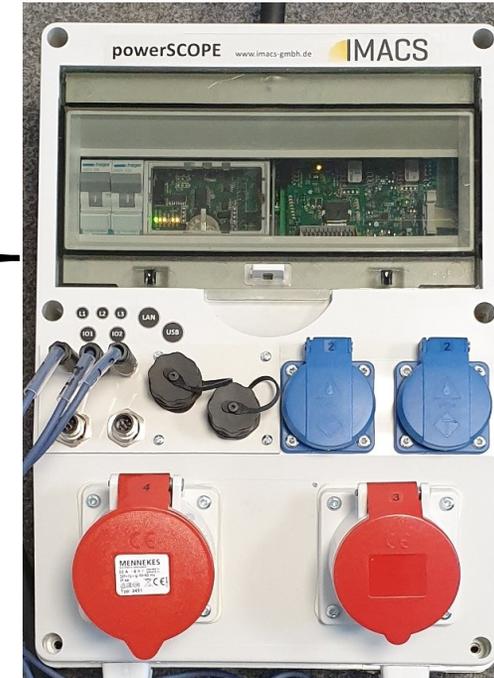




OpenEMS Architektur

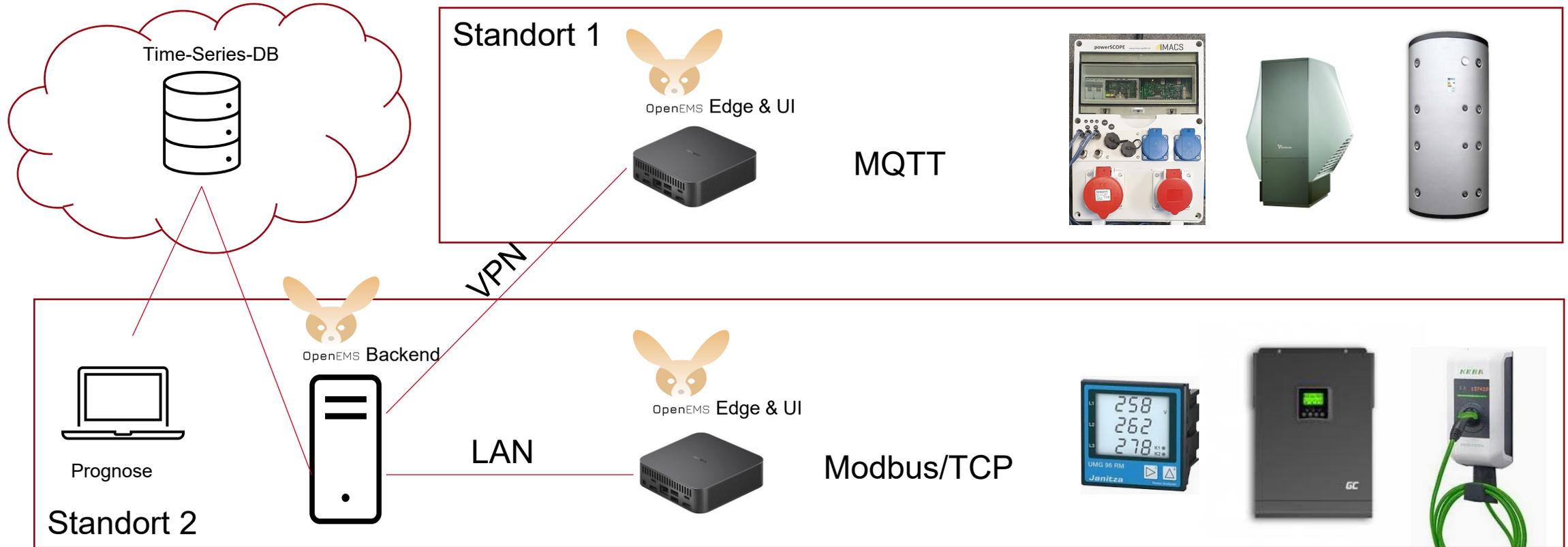


OpenEMS Architektur



- Wifi HotSpot
- Daten-export
- Open EMS

Flexibles Deployment



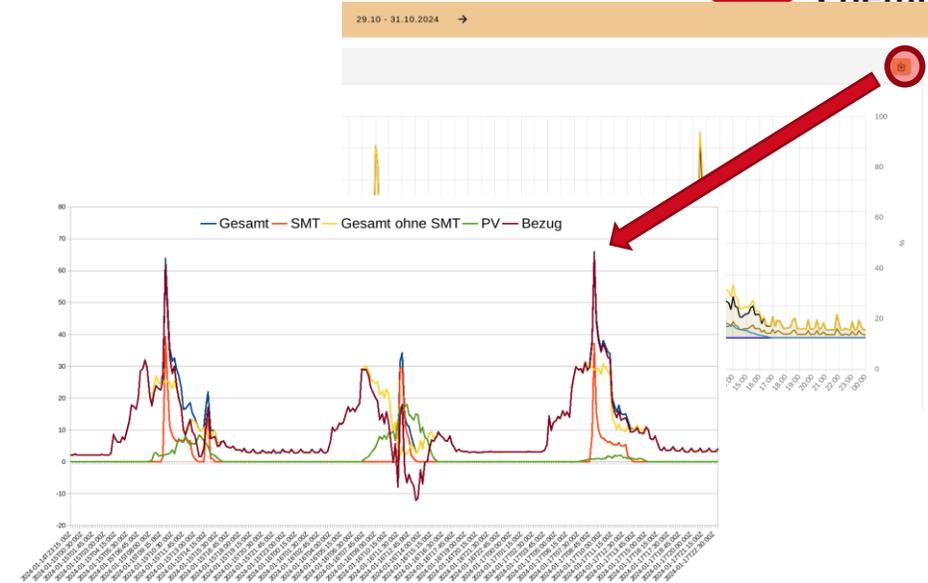
Von der Messung zum Modell

- Erfassung und Historie
- OpenEMS  Datenexport
- Aufspaltung in Zeitreihen



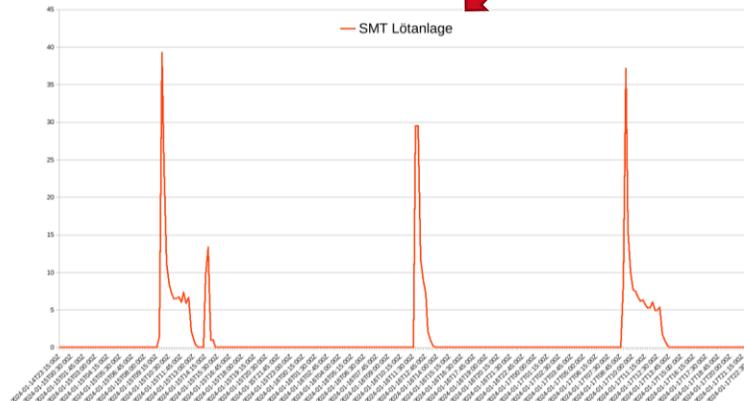
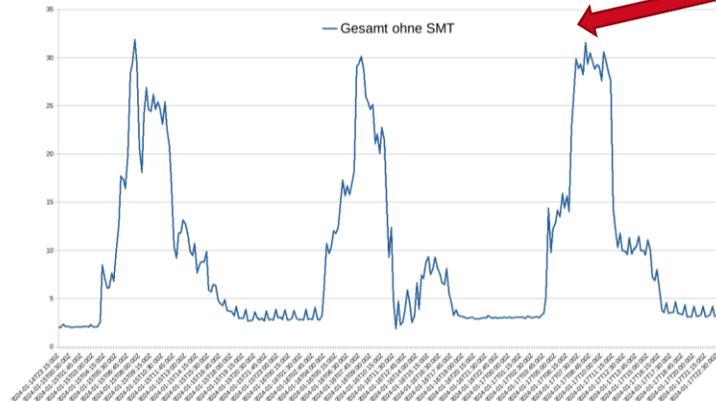
Von der Messung zum Modell

- Erfassung und Historie
- OpenEMS  Datenexport
- Aufspaltung in Zeitreihen

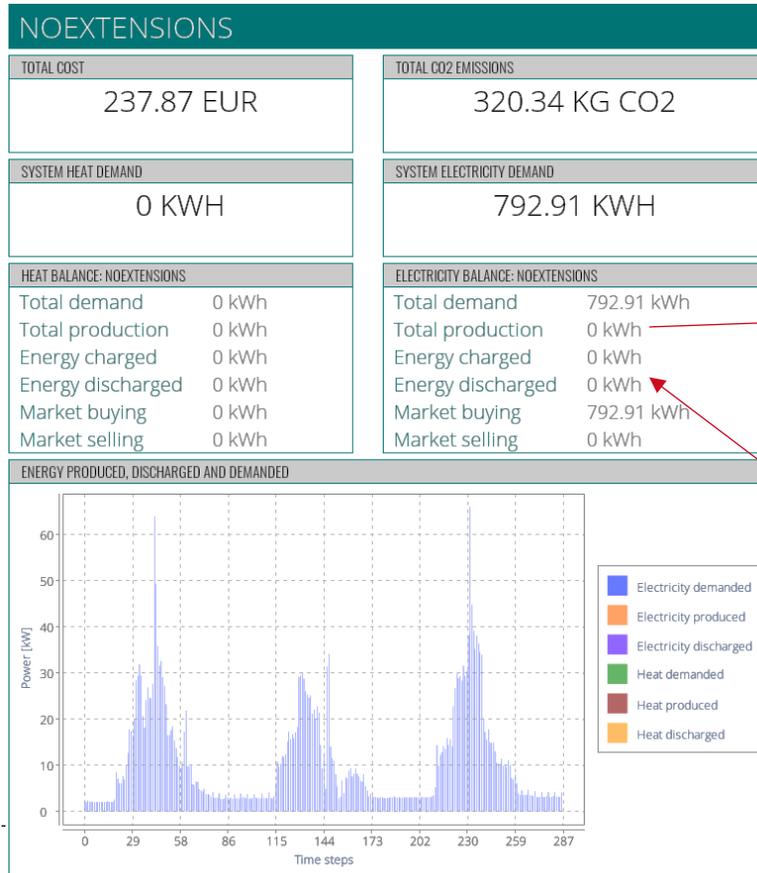


Von der Messung zum Modell

- Erfassung und Historie
- OpenEMS  Datenexport
- Aufspaltung in Zeitreihen



Variantenberechnungen

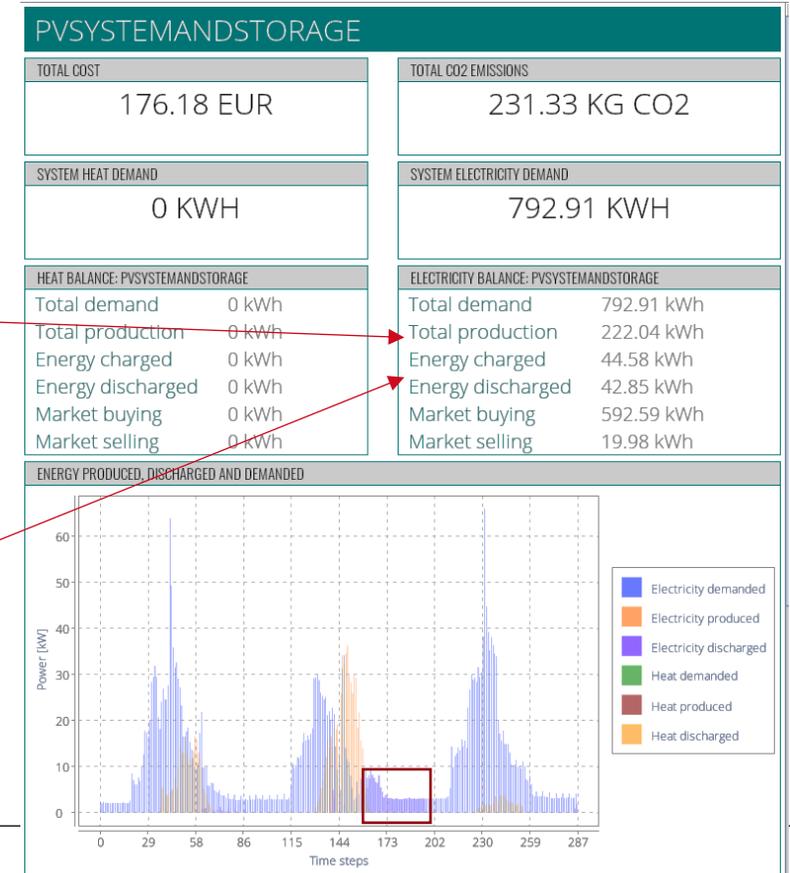


Simulation der 2-fachen PV und
Hinzunahme eines Speichers

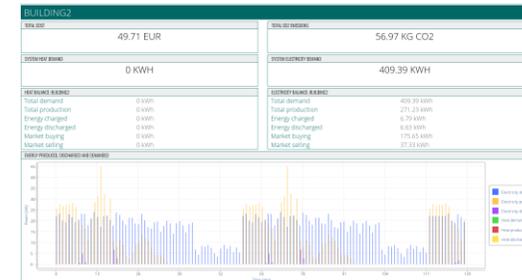
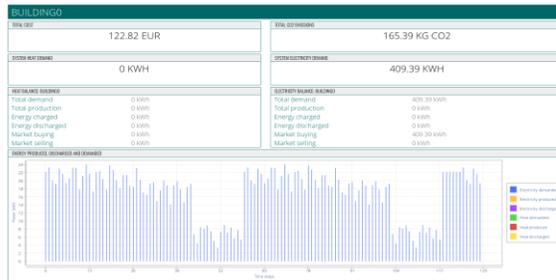
PV Anlage mit 80kWp

und

Stromspeicher mit 40kWh



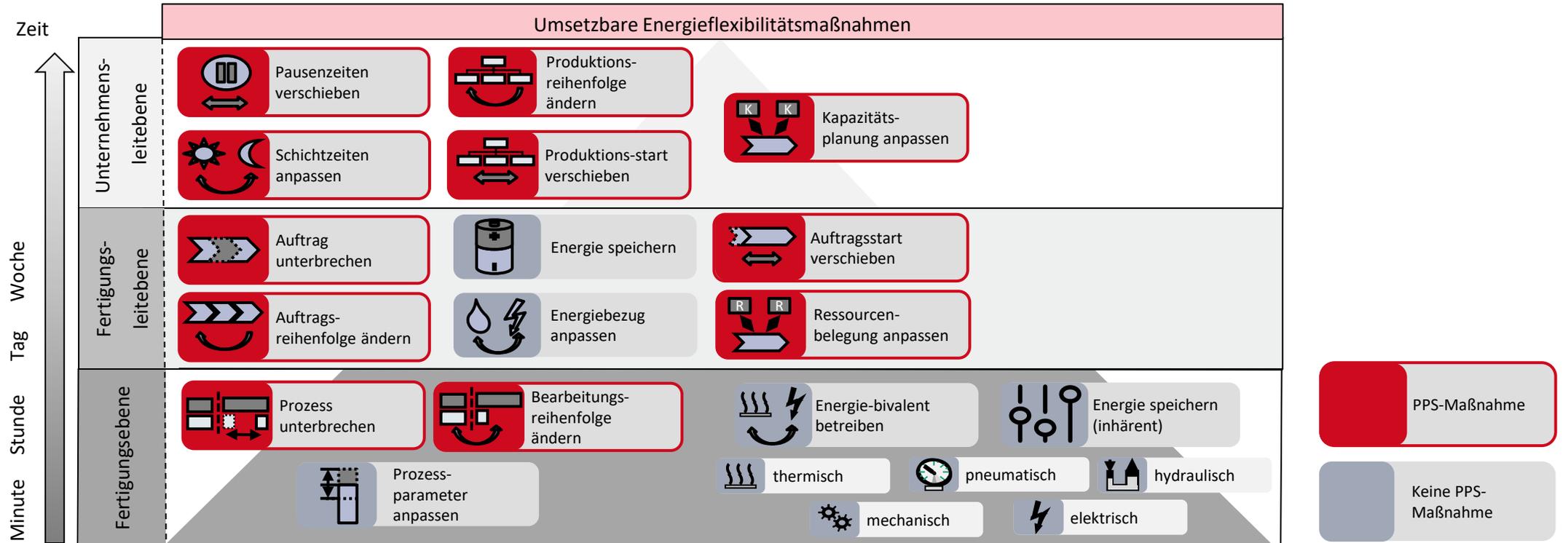
Beispiel IBO GmbH*



Variante	Verbrauch	Kosten ¹	CO2 ²
Status Quo	409,39 kWh	122,82 €	165,39 kg
mit PV 50kWp	409,39 kWh	82,55 €	111,15 kg
mit PV 100kWp	409,39 kWh	51,17 €	56,90 kg
mit PV 100kWp + 20kWh Speicher	409,39 kWh	49,71 €	56,97 kg

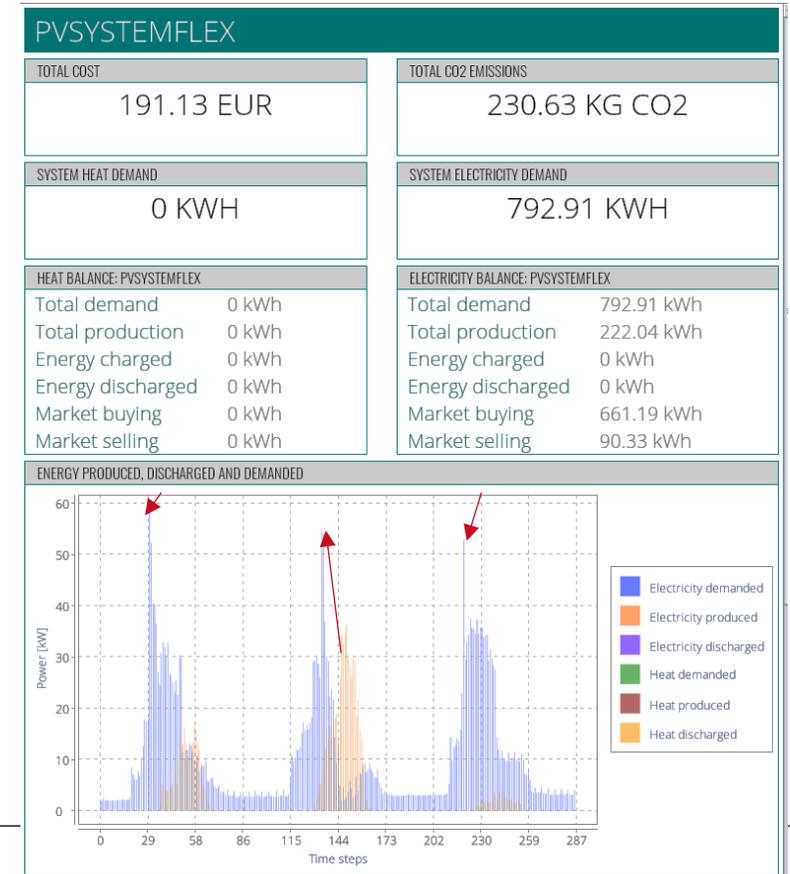
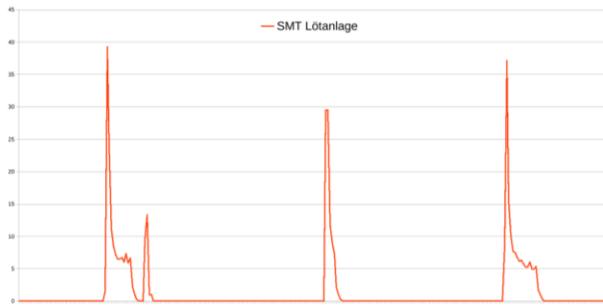
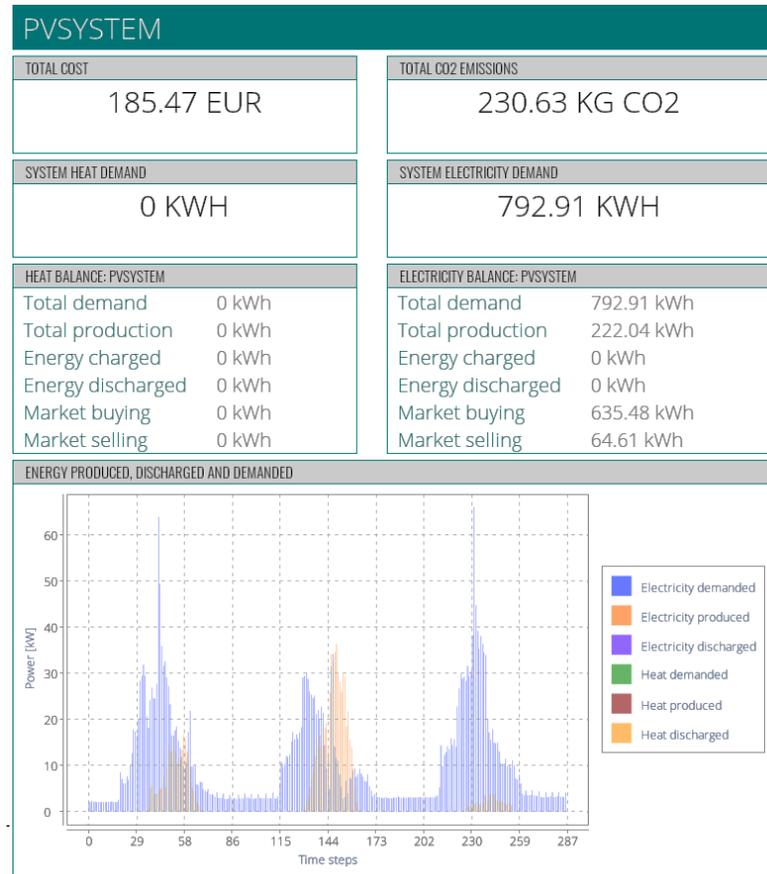
Energieorientierte Produktionsplanung und -steuerung (ePPS)

Flexibilitätsmaßnahmen (in Anlehnung an VDI 5207)



Flexibilität

Die flexible Last der SMT Lötanlage wurde drei Stunden nach hinten geschoben



Stromverbrauchs/-erzeugungsprognose

Was wird prognostiziert und wozu?

- Was wir vorhersagen:
 - Zukünftige Summe nicht-flexibler Lasten (non-flexible load: NFL)
 - Zukünftige Erzeugung, z.B. durch PV
 - Zukünftiger Verbrauch minus Eigenerzeugung



Quelle: <https://memecreator.org>

Stromverbrauchs/-erzeugungsprognose

Was wird prognostiziert und wozu?

- Was wir vorhersagen:
 - Zukünftige Summe nicht-flexibler Lasten (non-flexible load: NFL)
 - Zukünftige Erzeugung, z.B. durch PV
 - Zukünftiger Verbrauch minus Eigenerzeugung
- Was kann man mit der Prognose machen:
 - Flexible Lasten dann einschalten, wenn PV-Stromerzeugung entsprechend vorhergesagt ist
 - Flexible Lasten so einschalten, dass Stromspitzen nicht zusätzlich vergrößert werden
 - Entscheidungsgrundlage für Stromkauf: je genauer die Prognose, desto günstiger kauft man ein



Quelle: <https://memecreator.org>

Prognosemodelle

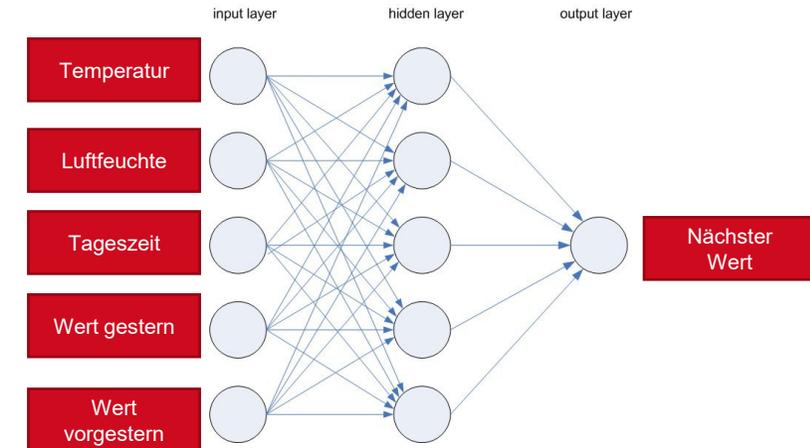
Welche Modelle eignen sich zur Stromerzeugungs- und Lastprognose?

- Saisonales Modell: die Prognose entspricht den Werten der letzten Saison

Prognosemodelle

Welche Modelle eignen sich zur Stromerzeugungs- und Lastprognose?

- Saisonales Modell: die Prognose entspricht den Werten der letzten Saison
- Neuronales Netz: die vergangenen Werte und Einflussfaktoren werden gewichtet weitergeleitet und geben eine Prognose



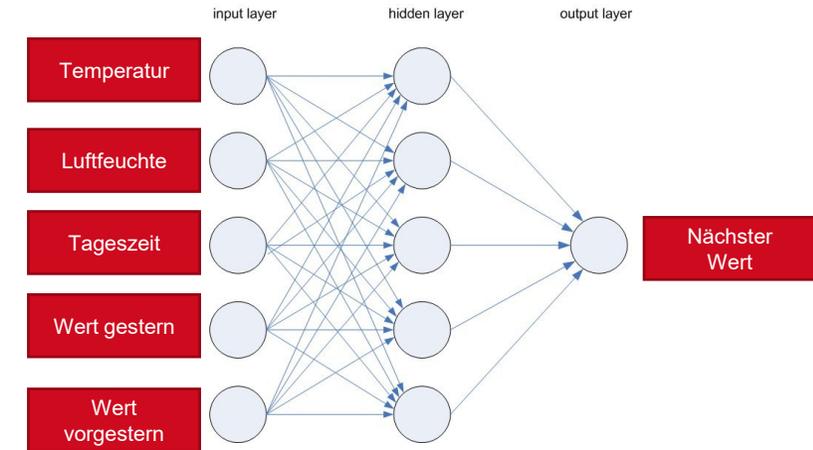
Beispiel neuronales Netz

Prognosemodelle

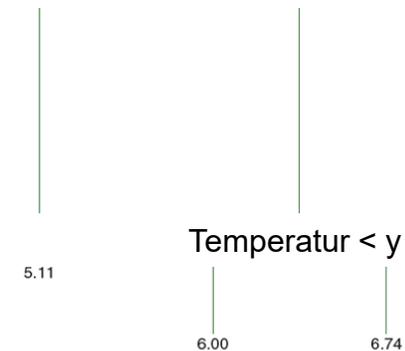
Welche Modelle eignen sich zur Stromerzeugungs- und Lastprognose?

Das **beste Modell für einen Datensatz** durch vergangene Daten finden (**Benchmark**)

- Saisonales Modell: die Prognose entspricht den Werten der letzten Saison
- Neuronales Netz: die vergangenen Werte und Einflussfaktoren werden gewichtet weitergeleitet und geben eine Prognose
- Regressionsbaum: für eine Prognose läuft man einen Entscheidungsbaum ab, dessen Regeln aus den vergangenen Werten und Einflussfaktoren bestehen



Zeit seit Sonnenaufgang < x

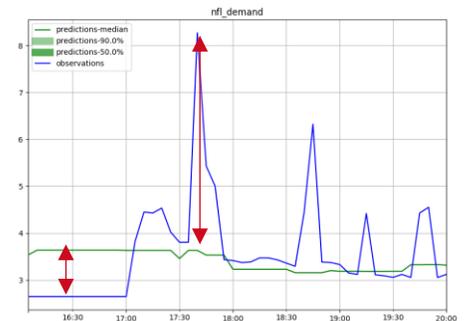


Beispiel neuronales Netz und Regressionsbaum für PV-Stromerzeugung

Prognosemetriken

Wie misst man die Prognosegüte?

- Metriken quantifizieren die Prognosegüte basierend auf der Abweichung zwischen den wahren Werten und der Prognose
- Je nach Zweck der Prognose sind unterschiedliche Metriken aussagekräftig
 - Mittlerer Fehler: Root Mean Squared Error (RMSE)
 - Prozentualer Fehler: Mean Average Percentage Error (MAPE)
 - Unterschätzung/Überschätzung: Bias
 - ...



Prognoseabweichungen

Fallstudie: Benchmark IMACS GmbH



Signale:

Blau: Gesamtverbrauch

Lila: Verbrauch Lötanlage (flexibel)

Rot: PV-Erzeugung

Zeiträume:

- Training (grün) auf dem Zeitraum 08.01.-21.01.24 (2 Wochen)
- Evaluation (rot) auf dem Zeitraum 22.-27.01.24 (1 Woche)

Prognoseparameter

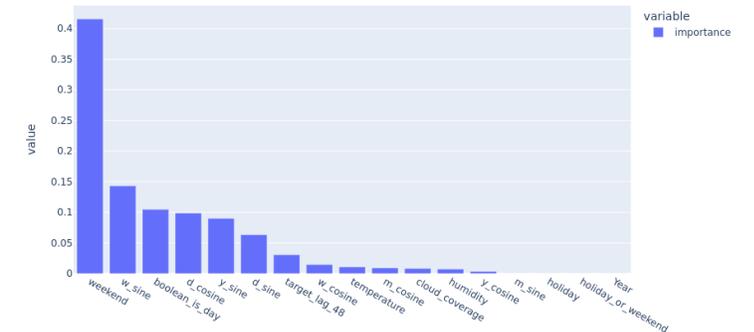
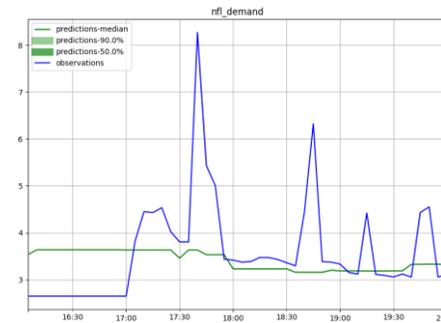
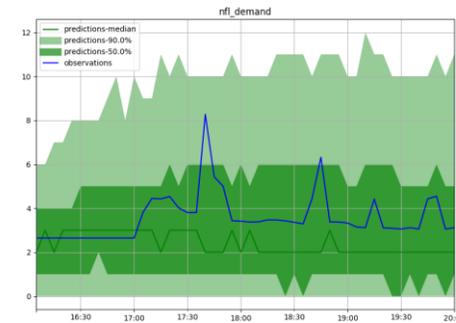
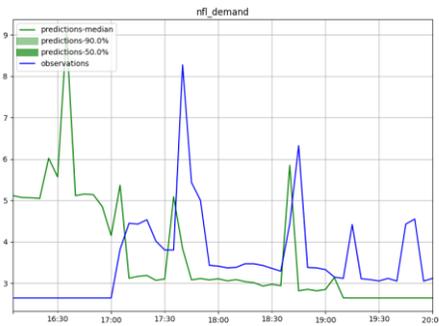
- Prognose alle: 4h
 - Prognosehorizont: 4h
 - Saisonalität: 24h
- } = 36 Prognosen in der Testwoche



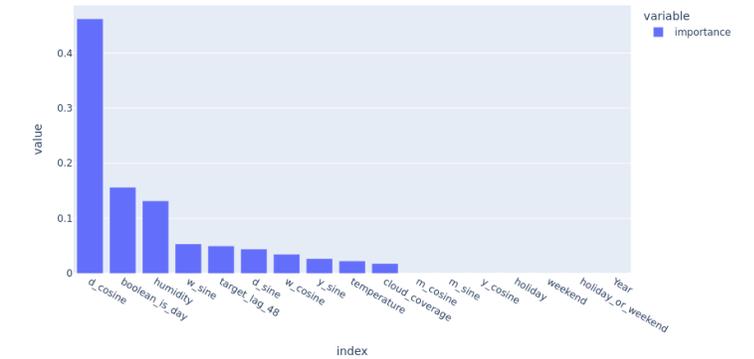
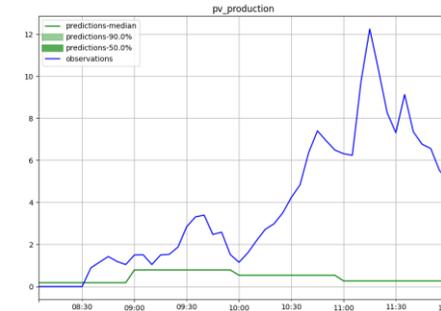
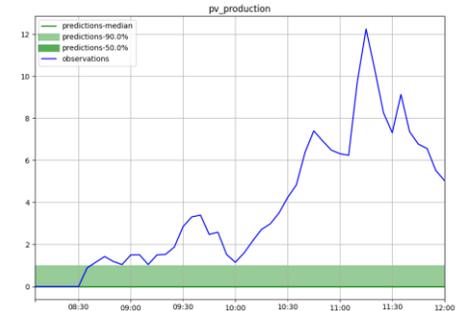
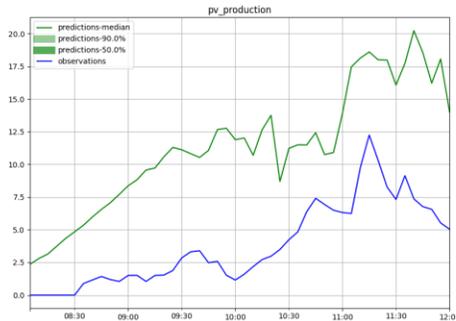
NFL und PV Prognosen

Saisonales Modell vs. Neuronales Netz vs. Regressionsbaum

NFL



PV



Prognosegüte

Über alle Prognosen des Testzeitraums

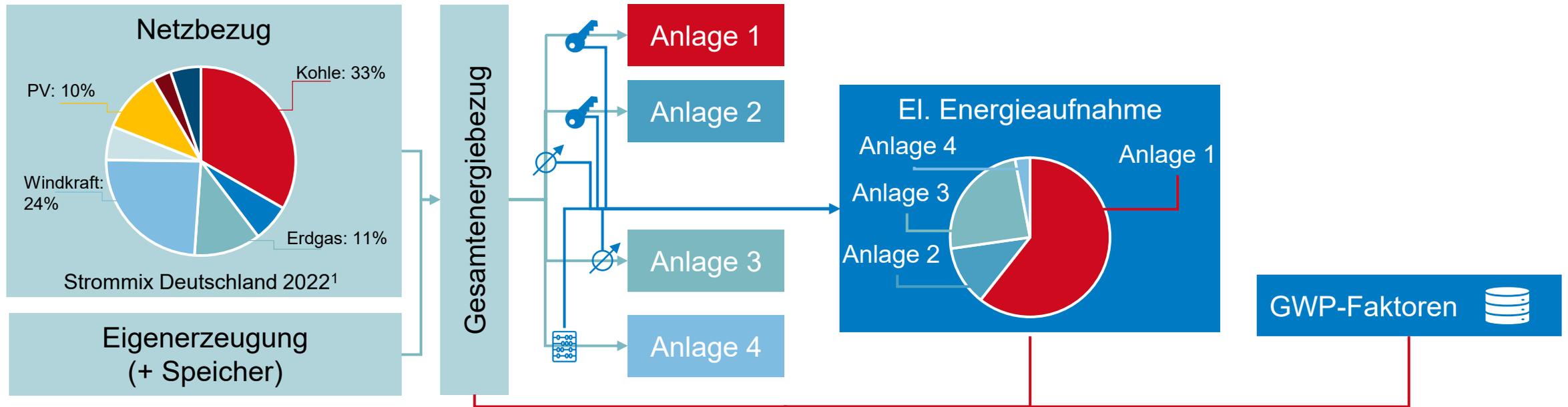
NFL	Saisonales Modell	Neuronales Netz	Regressionsbaum
Mittlerer Fehler	5.23 (9.63)	3.23 (6.68)	3.69 (8.19)

PV	Saisonales Modell	Neuronales Netz	Regressionsbaum
Mittlerer Fehler	5.46 (13.94)	5.06 (15.98)	5.18 (16.84)

→ Das beste Modell auf historischen Daten ist für beide Signale das neuronale Netz

Voraussetzungen zur Kennzahlengenerierung

Beispielhafte Darstellung der Daten- und Informationsflüsse



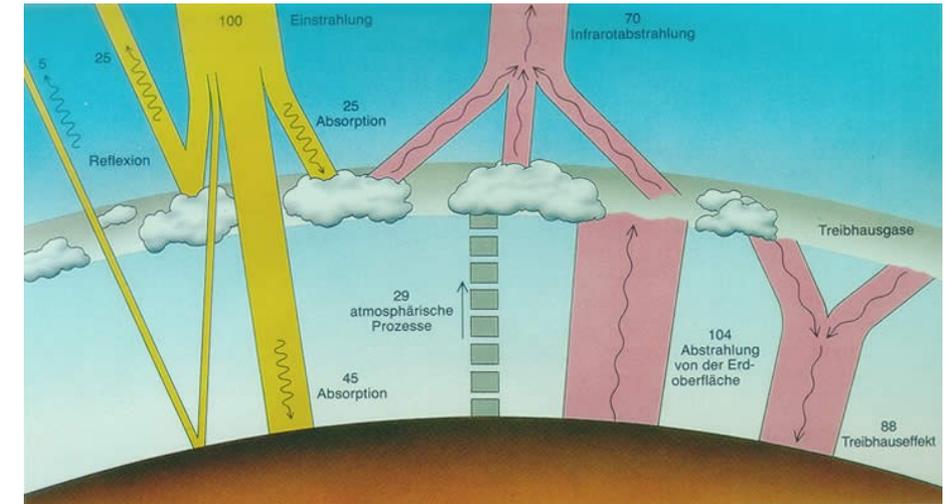
Verknüpfung der Daten und Berechnung der Kennzahlen des Ist-Stands

CO₂e-Kennzahl

Bezugsgröße: Kohlendioxid CO₂

Einheit: kg CO₂-Equivalent

Wirkung: Beitrag zur Erwärmung der Erde;
Treibhausgase absorbieren IR-Strahlung
und strahlen diese in alle Richtungen ab



Treibhausgase	kg CO ₂ -e pro kg Treibhausgas		
	20 Jahre	100 Jahre	500 Jahre
Kohlendioxid CO ₂	1	1	1
Methan CH ₄	63 - 72	21 - 28	7 - 9
Lachgas N ₂ O	264 - 289	290 - 298	153 - 190

Energieversorgung	kg CO ₂ e pro kWh
DE Strommix (2021)	0,44
DE Strom aus Windenergie	0,01
DE Strom aus PV	0,04
DE Strom aus Wasserkraft	0,01

GaBi Professional Datengültigkeit für Jahr 2021

Einfach Beispiele für Energiekennzahlen

Energiekennzahl	Einheit	Bezugsgröße
Gesamtstromverbrauch Standort	kWh	Monat
Gesamtstromverbrauch Produktionshalle	kWh	Monat
Lastspitze Standort	kW	Jahr
Stromverbrauch Lötanlage	kWh	Monat
Anteil am Gesamtstromverbrauch	-	Monat
Spezifischer Stromverbrauch Lötanlage	kWh/Stück	durchschnittliche kWh pro produzierter Stückzahl gemittelt über einen Monat

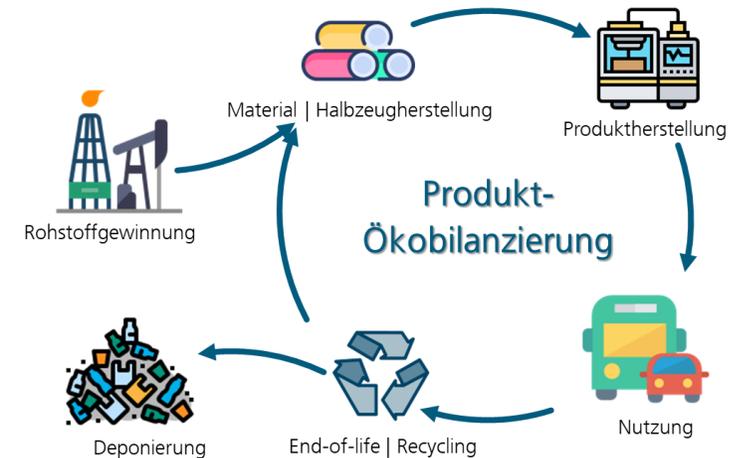
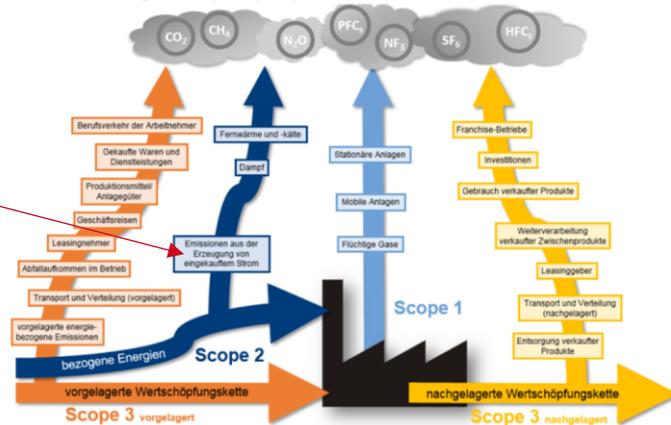
Ausblick

Was bedarf es zur Berechnung eines CO₂-Fußabdrucks

Unternehmens Klimabilanz – Corporate Carbon Footprint (DIN EN ISO 14064; GHG Protocol)

Produkt Klimabilanz – Product Carbon Footprint (DIN EN ISO 14040ff.; DIN EN ISO14067)

Emissions-Kategorien (Scopes) nach dem Greenhouse Gas Protocol



- Bilanzierung aller THG-Emissionen aus unternehmerischen Aktivitäten
- Verpflichtend sind oftmals Scope 1 und **Scope 2**

- Bilanzierung aller in direktem Bezug zum Produkt verursachten THG-Emissionen über den Produktlebenszyklus aus Energie, Materialbedarfen, Abfällen & Emissionen

Zusammenfassung & Angebot

- Messkonzept, Messtechnik und Messdaten
- Energiemanagement und Varianten
- Flexibilität und KI Prognosen
- Nachhaltigkeit und CO2 Kennzahlen



Möglichkeit zur kostenlosen Teilnahme an Messkampagne und Potenzialanalyse

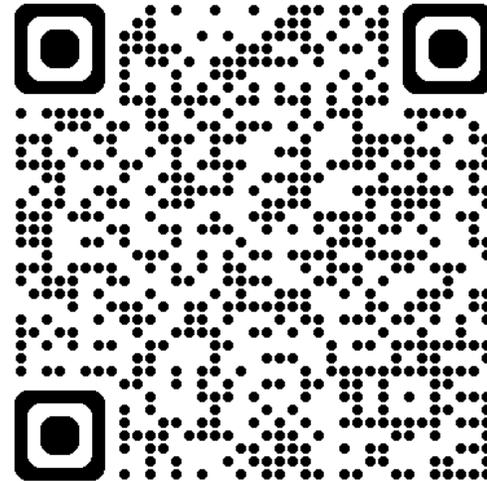
Flexible Strompreise für KMU

Von dynamischen Tarifen profitieren und Energiekosten senken

Über dieses Webinar...

- **Zielgruppe**
 - KMU aus Produktion, Gewerbe, Handwerker, Dienstleistungen
 - Energiemanager, Geschäftsführer, Facility Manager, ...
- **Thema**
 - Dynamische Stromtarife ab Januar 2025
 - Flexibler Energieverbrauch als Chance zur Kostensenkung
- **Experte:** Dr. Jan Mayer, fortiss GmbH

Scannen Sie den QR-Code
für mehr Infos und Anmeldung!



- **Online**
- **Datum:** 27. November 2024
10:00 – 11:30 Uhr

Vielen Dank