



Technische Hochschule
Ingolstadt
Institut für
neue Energie-Systeme

FarmErgy

„Der digitalisierte Hof im Energiesystem der Zukunft“

29.11.2023

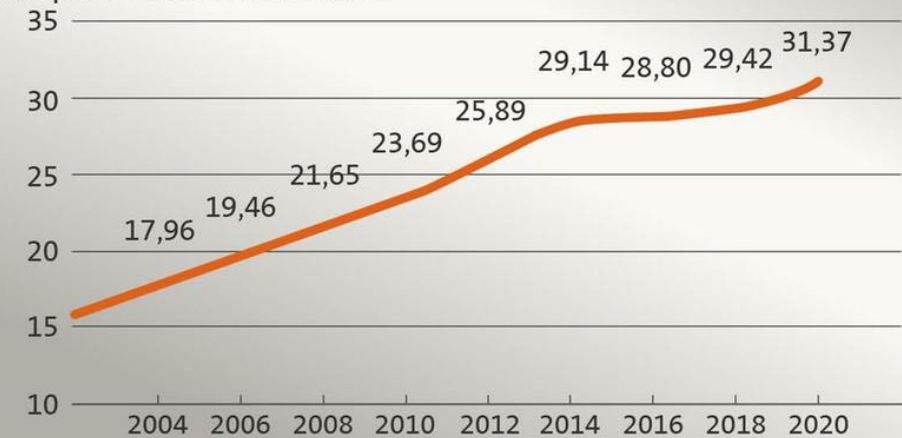


Strombedarf und Strompreis

- **Strombedarf DE 2022: 484,2 TWh [1]**
- **Prognose DE 2050: 1 300 TWh [2]**
 - **Sektorkopplung**
 - **Umstellung der Industrie**
- **Strompreise steigen stetig**

Strompreisentwicklung

Strompreis in Cent/Kilowattstunde

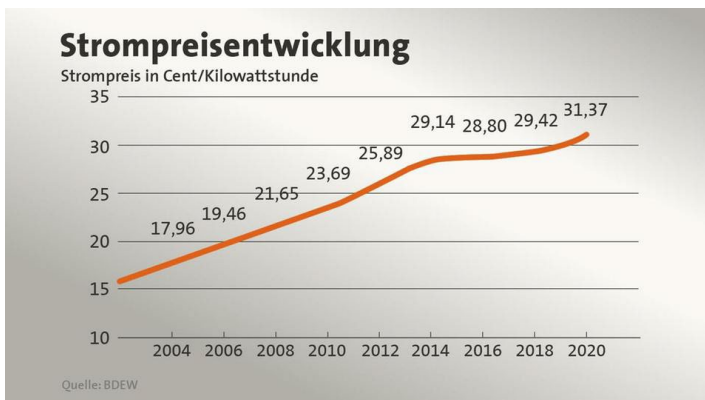


Quelle: BDEW

Strompreisentwicklung privater Haushalte von 2004 – 2020 nach BDEW

Strombedarf und Strompreis

- **Strombedarf DE 2022: 484,2 TWh [1]**
- **Prognose DE 2050: 1 300 TWh [2]**
 - **Sektorkopplung**
 - **Umstellung der Industrie**
- **Strompreise steigen stetig**



Strompreisentwicklung privater Haushalte von 2004 – 2020 nach BDEW

Erneuerbare Energien

- **Schwankende Erzeugung durch Wind und PV**
- **Abregelung von EE-Anlagen bei Stromüberschuss**
- **Bauernhöfe mit Biogas- und PV-Anlagen**
- **EEG-Vergütung entfällt nach 20 Jahren Betriebsdauer**

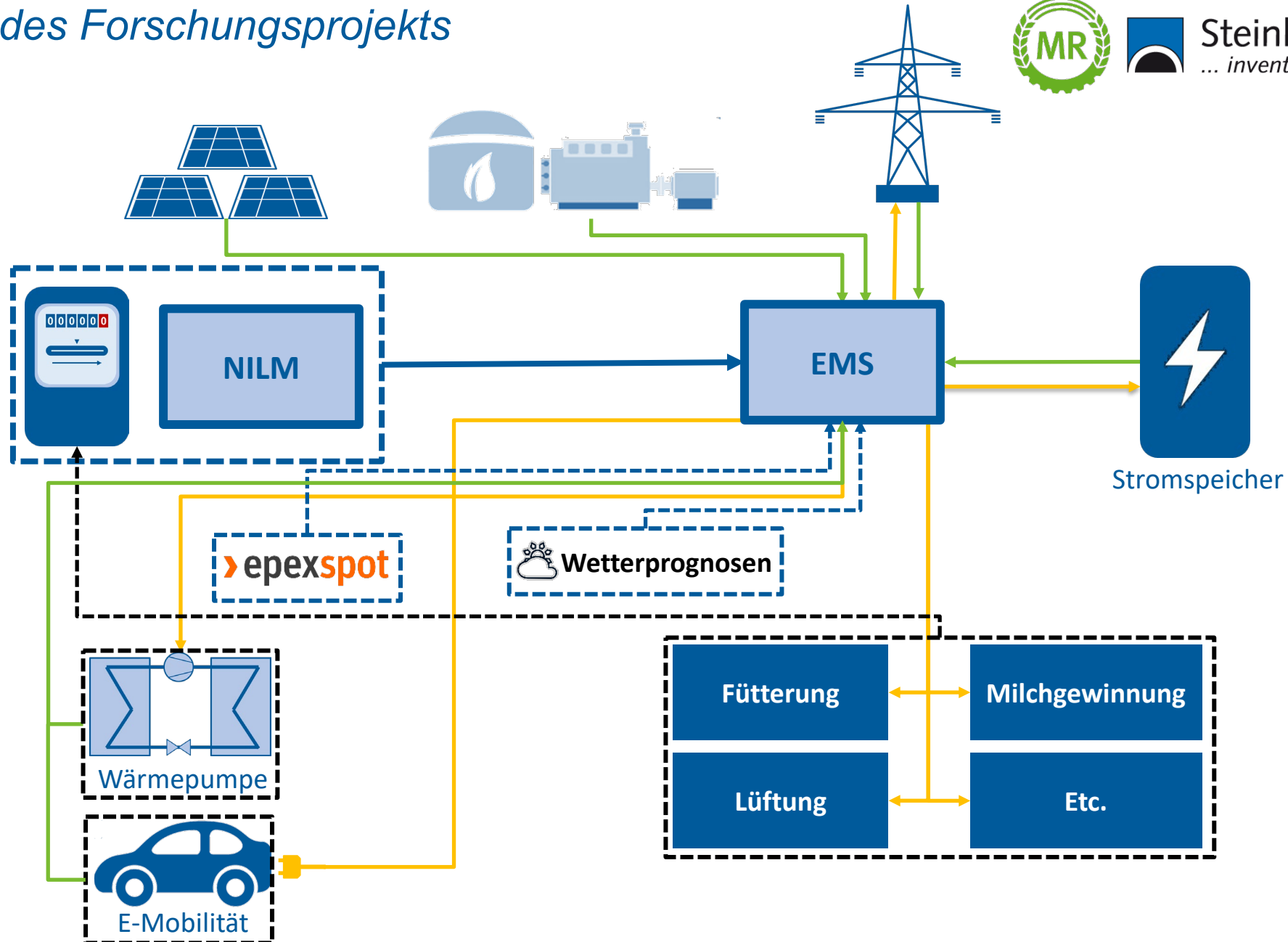


Hofansicht eines Partnerbetriebs

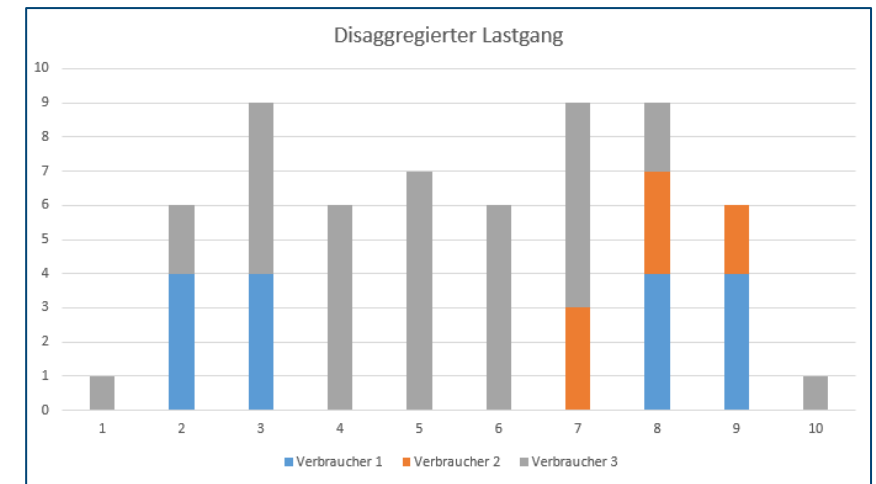
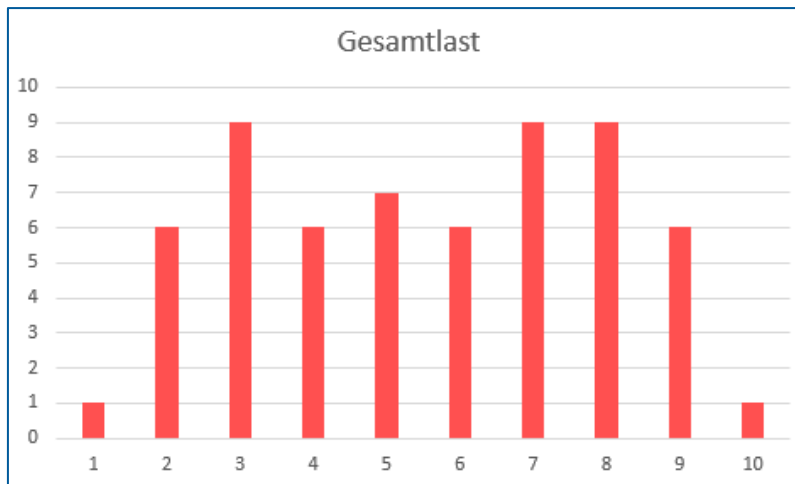
Ziel des Forschungsprojekts



SteinbacherConsult
... invent the future



Entwicklung eines NILM-Algorithmus zur gezielten Identifikation ausgewählter elektrischer Verbraucher in landwirtschaftlichen Betrieben anhand der gerätespezifischen Leistungssignatur

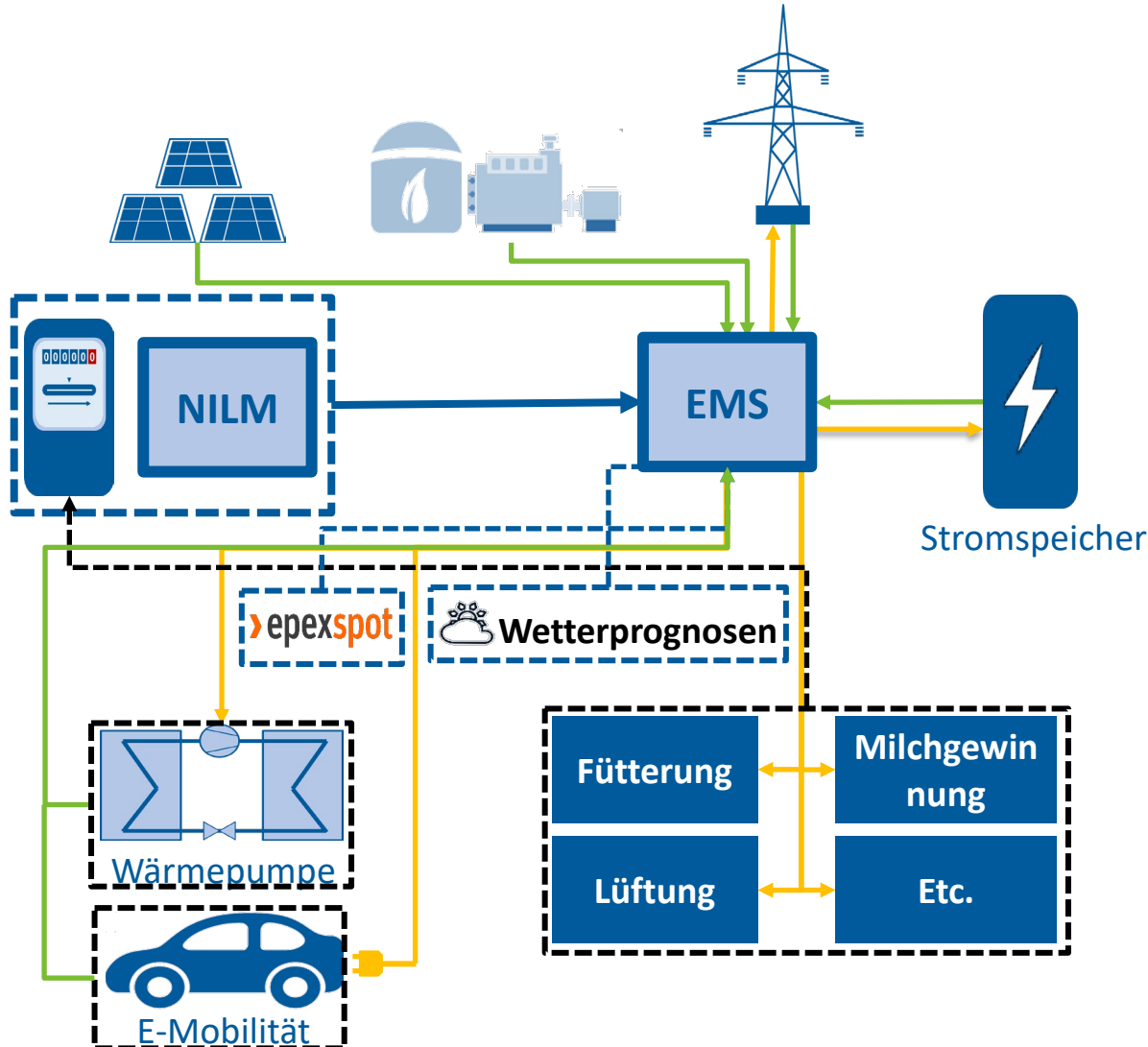


- Kosteneffiziente Alternative zum Sub-Metering (Installation, Wartung, Betreuung)
- Transparenz des Energieverbrauchs auf Ebene von Einzelgeräten
 - Energieeffizientes Steuern
 - Prozessüberwachung, Wartung und Instandsetzung

Ziel des Forschungsprojekts



SteinbacherConsult
... invent the future



Energieeinsparung



Einsparung von Stromkosten



Neue Erlösoptionen



Netzstabilisation

- **Landwirtschaftliche Testbetriebe auswählen**
- **Vorortmessung des Stromverbrauchs der Betriebe**
- **Entwicklung eines NILM-Algorithmus**
- **Entwicklung eines EMS**



Industrielle Energiesysteme

Bedarfsorientierte Energieversorgung
Sektorübergreifende Bioenergienutzung
Energetische Prozessoptimierung
*Wasserstoffbereitstellung
und -verwertung*



Energiesystemtechnik

*Flexibilisierung des
Energiesystems*
Smart Markets
Energie- und Systemeffizienz



Gebäudeenergiesysteme

*Sektorkopplung im Gebäude
und Quartier*
Solare Energiesysteme
Wärmenetzsysteme



Technologietransfer & Internationale Projekte

Regionale Technologienetzwerke

Internationale Forschungskooperationen

Technologietransfer

Steinbacher-Consult ist eine unabhängige Ingenieurgesellschaft mit **60-jähriger** Branchenerfahrung

Hauptsitz: **Richard-Wagner-Straße 6
86356 Neusäß**

Gründung: **1962**

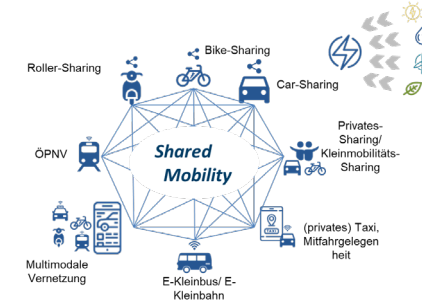
Mitarbeiter: **307**

Niederlassungen: **9 nationale und 6 internationale**

Jahresumsatz: **15 Mio. €**

Geschäftsführer
und Gesellschafter: **Dipl.-Ing. Univ. Stefan Steinbacher
Dipl.-Ing. Univ. Frank Steinbacher
Dipl.-Ing. Univ. Bettina Steinbacher**

QM-System seit **2001** durchgehend nach **EN ISO 9001:2015** zertifiziert



Innovative Service- und Dienstleistungskonzepte...



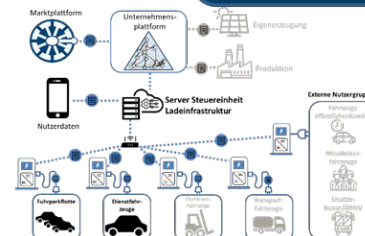
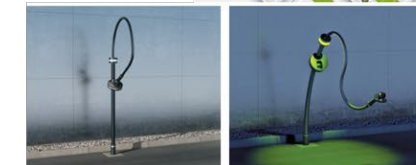
...intelligente Steuerung und optimierte Energieverteilung!



...Ladeparks mit Soft- und Hardware-Entwicklung...



...einzigartige Energie- und Mobilitätsansätze...



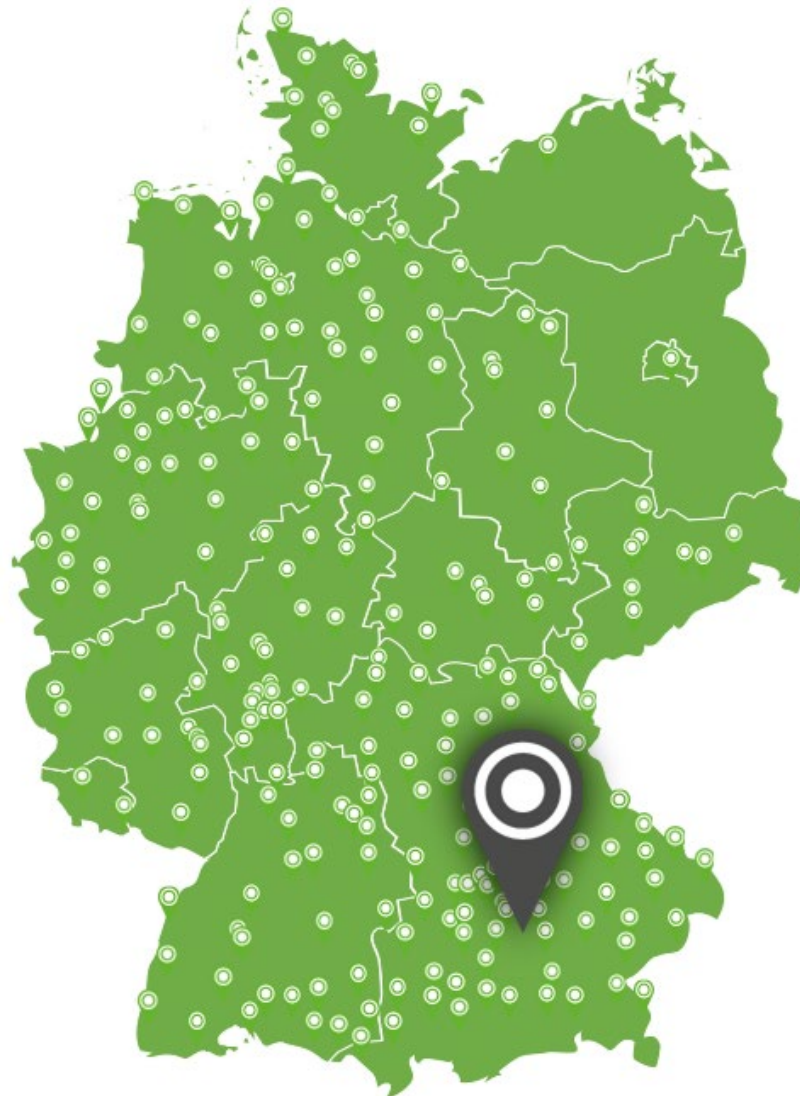


190.000

Mitglieder

240

Maschinenringe



12

Landesverbände

1,2 Mrd. €

Jahresumsatz

Gesamtorganisation



- Seit 1999 am Strommarkt tätig
- Ab 2000 eigenständiges und unabhängiges Energieversorgungsunternehmen
- Spezialisiert auf die Anforderungen von Verbrauchern im landwirtschaftlichen Bereich
- Bundesweit ca. 47.000 Kunden
 - vorrangig aus den Bereichen Landwirtschaft
 - zusätzlich aus Haushalt, ländlichen Gewerbebetrieben & mittelständischen Unternehmen





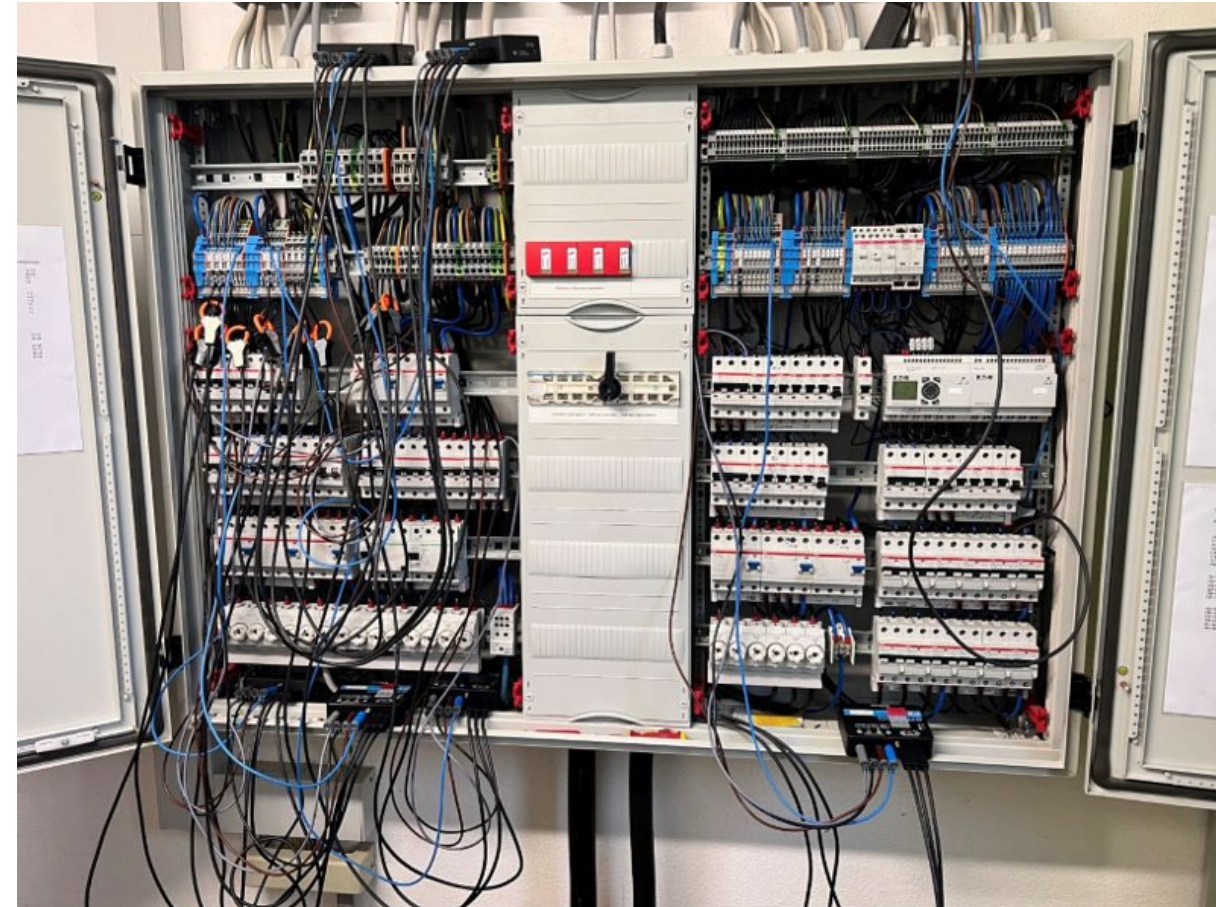
Herausforderungen bei den Messungen



Steinbacher Consult
... invent the future



- **Jeder Betrieb ist individuell aufgebaut**
- **Mehrere Ställe an einem Standort**
- **Verschiedene Melk-, Fütterung- und Lüftungssysteme**
- **Viele kleine Verbraucher die nicht einzeln gemessen werden können**
- **Gesamtbedarf manchmal nur mit Wohnhaus erfassbar**

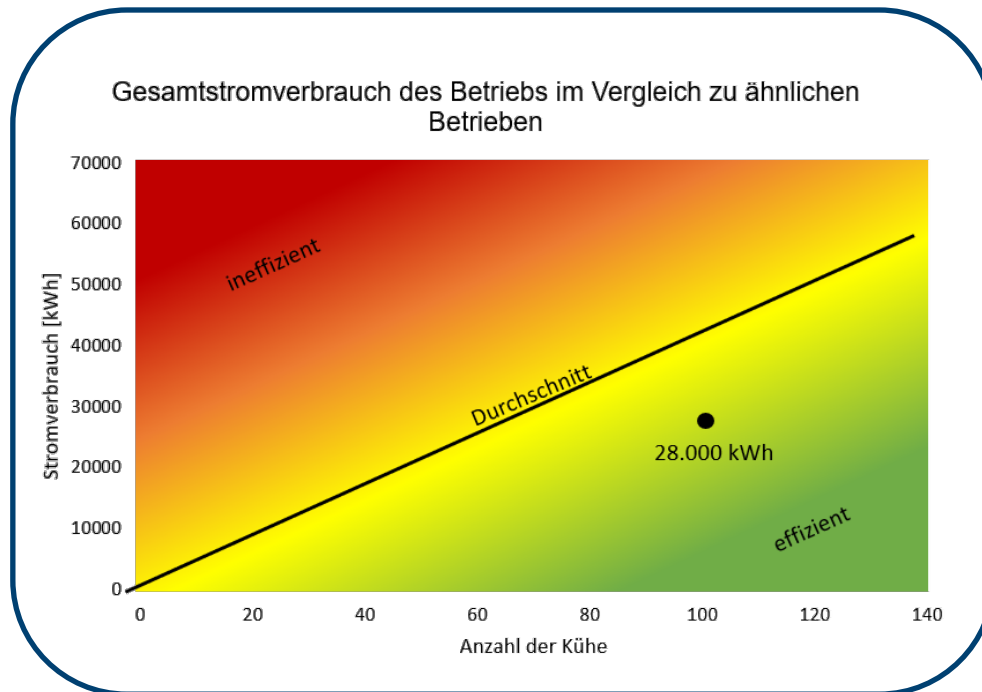




- **Ziel: Überblick über die Stromverbrauchssituation des Betriebes**
- **Bereitstellung der Auswertung als Benefit für den Landwirt und Diskussionsgrundlage für das EMS**
- **Wesentliche Inhalte**
 - Einordnung des Gesamtstromverbrauchs
 - Vergleich der einzelnen Verbraucher
 - Zusammensetzung des Gesamtverbrauchs



Einordnung des Gesamtstromverbrauchs



Stromverbrauch pro Tier und Kostenersparnis

Dies ergibt einen Stromverbrauch pro Kuh im Jahr von

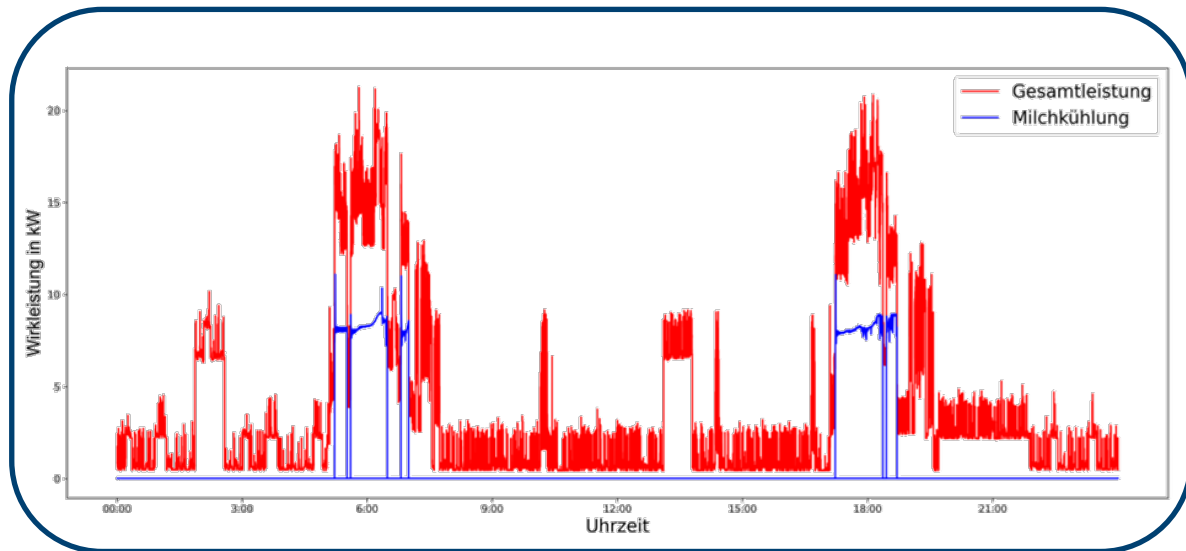
349,46
kWh



Der Betrieb Muster spart gegenüber einem durchschnittlichen bayerischen Milchviehbetrieb gleicher Größe somit jährlich 4.812,62 kWh ein. Ausgehend von einem durchschnittlichen Strompreis von 32,87 ct/kWh im Jahr 2021 laut Statistischem Bundesamt¹ spart der Betrieb somit

1.581,90 €

Analyse der einzelnen Stromverbraucher



Stromverbrauch pro Kuh

3.1. Milchkühlung

Im Messzeitraum hat die Kühlung einen Stromverbrauch von **865,45 kWh** aufgewiesen.

Dies ergibt einen Stromverbrauch pro Kuh am Tag

0,23

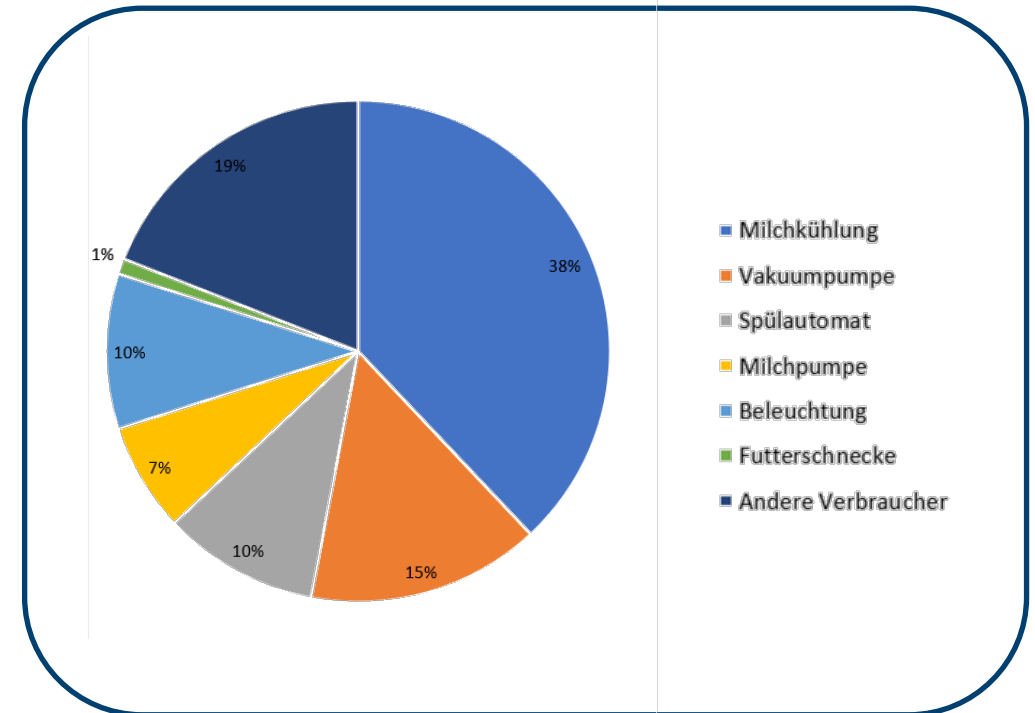
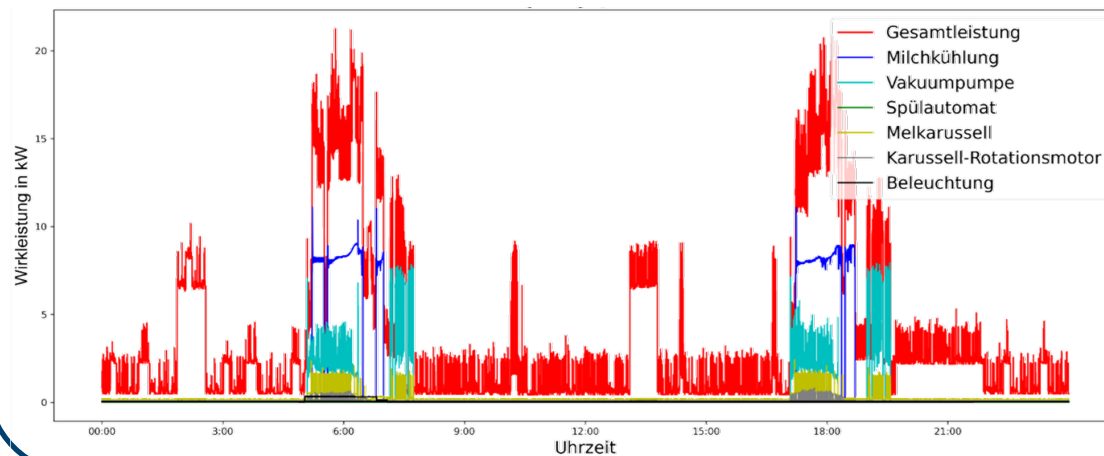
kWh



Dies entspricht einem Anteil von **23 % des Gesamtstromverbrauchs** über den Messzeitraum.

Zusammensetzung des Gesamtstromverbrauchs

Lastgang eines Milchviehbetriebes mit Melkkarussell





- Austausch im Februar und November 2023
- Feedback der Landwirte über das Projekt und die damit verbundenen Fortschritte
- Austausch über mögliche Herausforderungen
- Feedback von Landwirten über Lösungen zur Energieoptimierung



Web-Oberfläche

Lastgang-Darstellung im bereits bestehenden Kundenportal



Steinbacher Consult
... invent the future



Geschäftspartner durchsuchen

Vertragskonto

Vertragsstatus Lieferstelle Zählernummer

Kd-Nr. **Analysen und Simulationen**

Aktiv

Aktiv

Meine Zähler-Daten **Mein Vertrag** **Meine Zählerstände** **Datenerfassung** **Mein Archiv**

Viertelstunde Tag Monat Jahr

Gesamt Gestern **Letzte 7 Tage** Drill-Test

LANDENERGIE Letzte Aktualisierung 17.08.2023 11:19:21

Zeitraum von-bis

Eigenen Zeitraum wählen 14.02.2023 20.02.2023

Ansicht des Lastgangs (Aggregiert) Excel-Export Vollbild

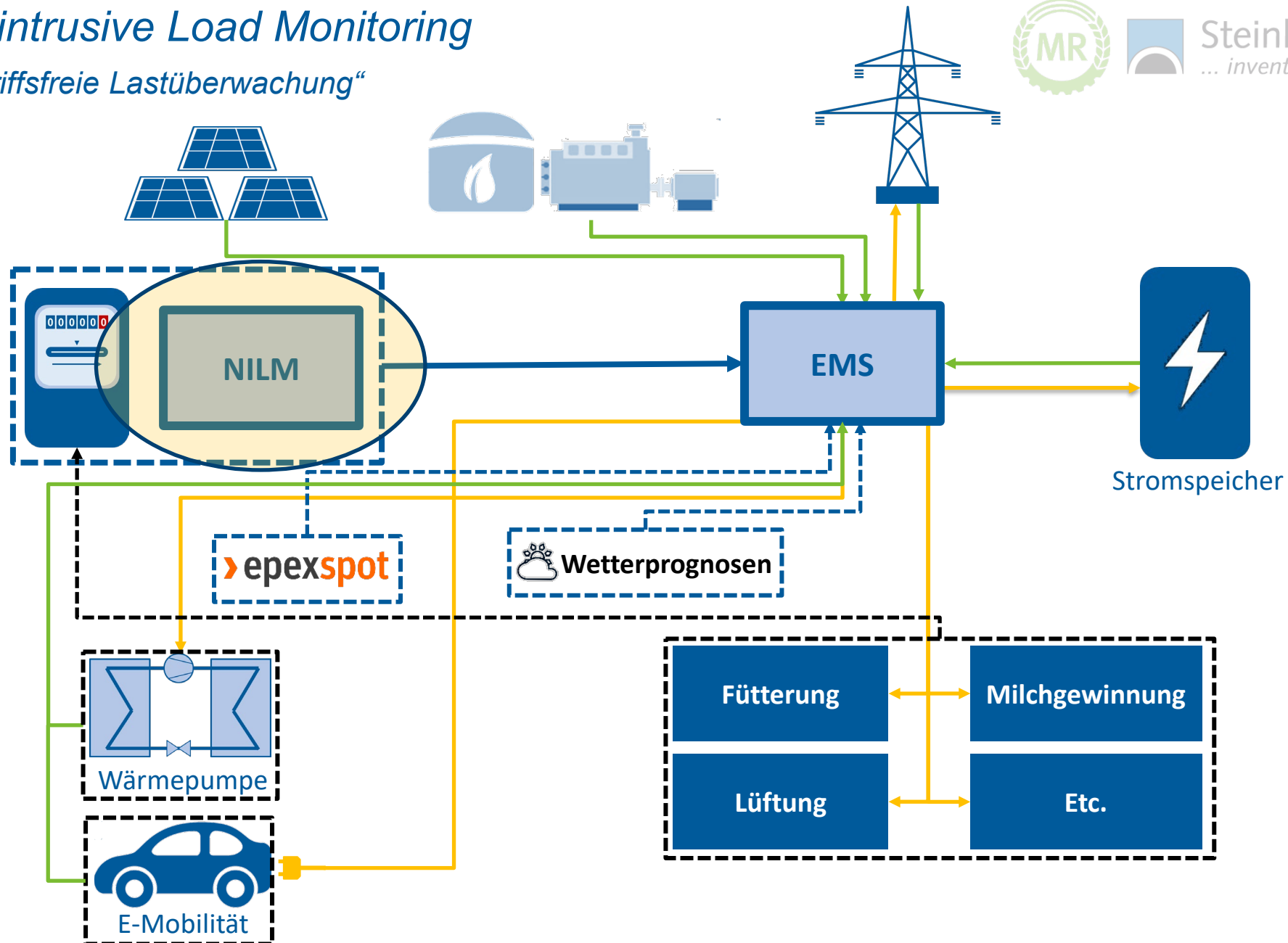
+ Vertrag hinzufügen

Nonintrusive Load Monitoring

„Eingriffsfreie Lastüberwachung“



SteinbacherConsult
... invent the future

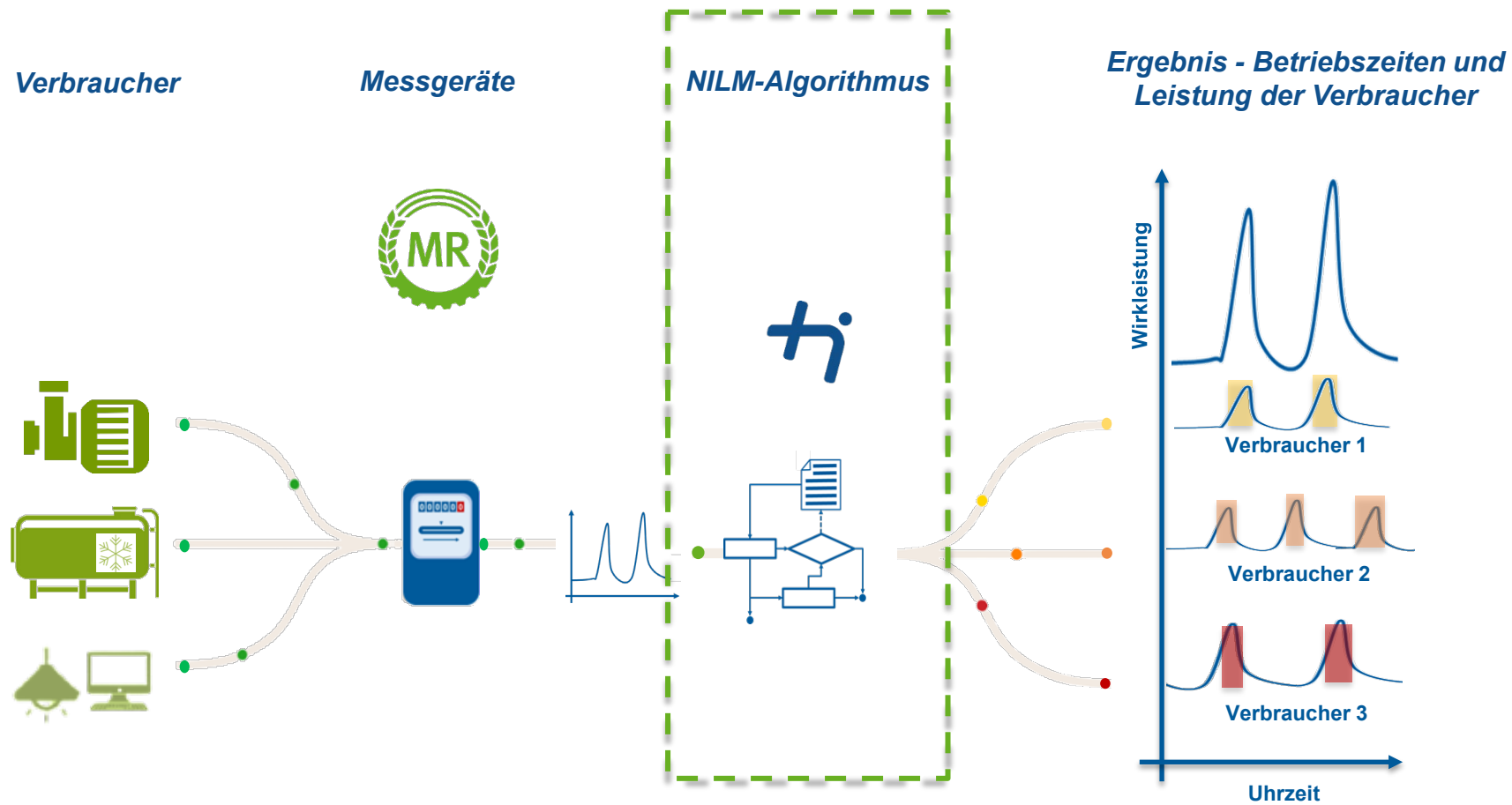


NILM-Algorithmus

Einblick in das Konzept des NILM-Algorithmus



SteinbacherConsult
... invent the future



NILM-Algorithmus

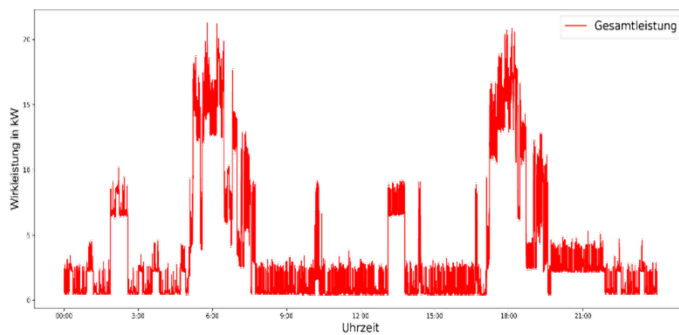
Entwicklung eines Künstliche-Intelligenz-NILM-Algorithmus



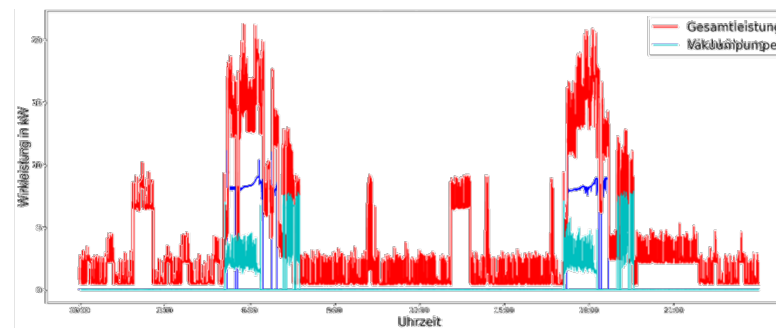
Steinbacher Consult
... invent the future



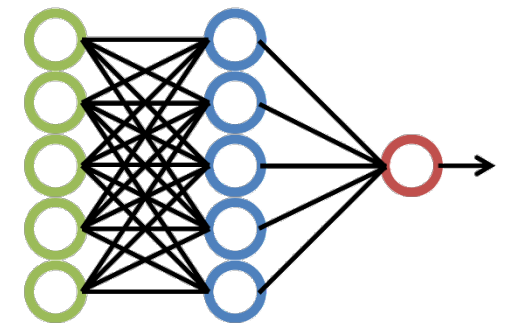
Gesamtleistung



Profil des einzelnen Verbraucher



Training Künstliche Intelligenz



Wo ist der Apfel?



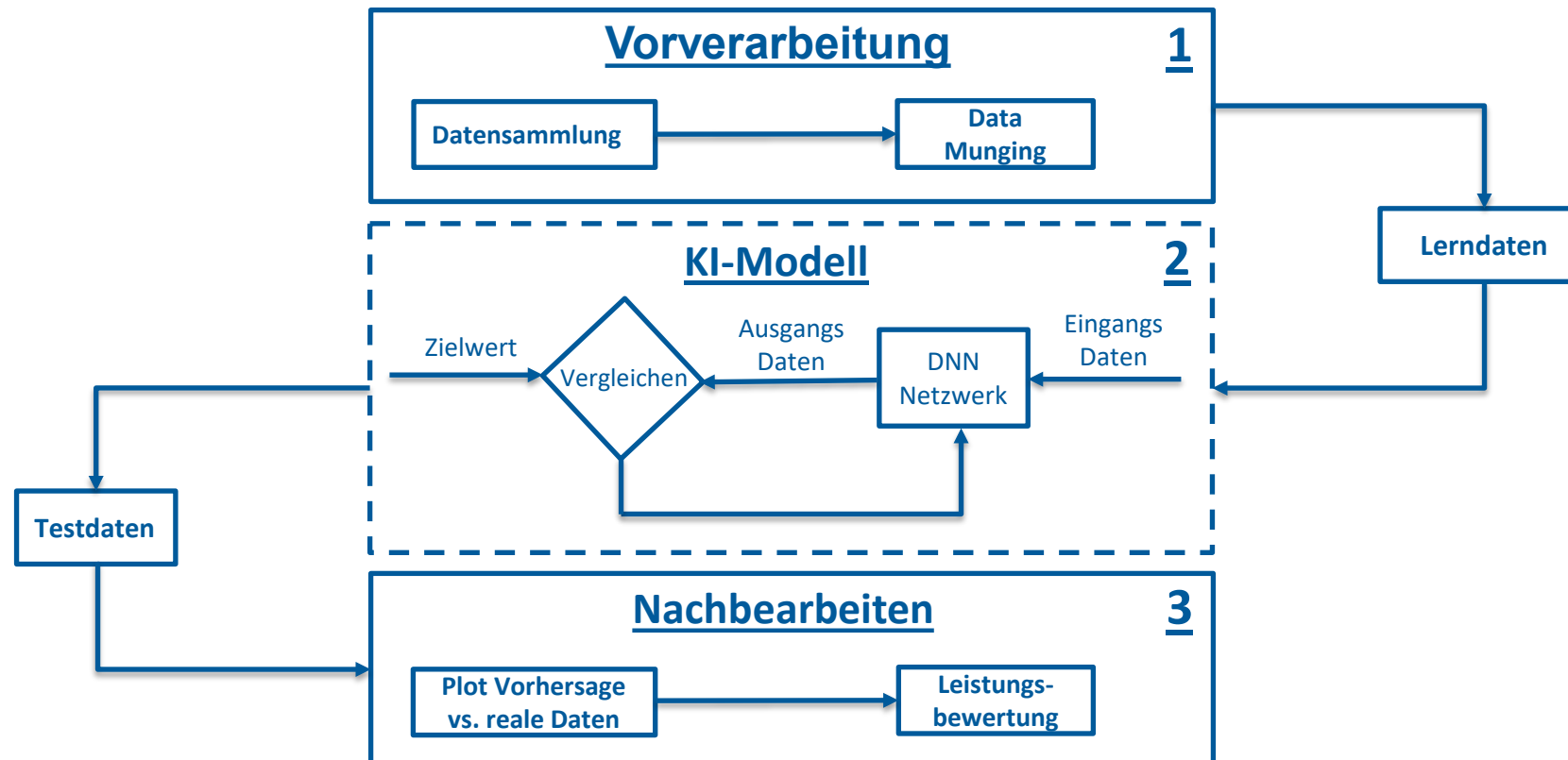
Credit: Kids teaching website

NILM-Algorithmus

Prozess der Entwicklung des tiefen neuronalen Netzes



SteinbacherConsult
... invent the future



NILM-Algorithmus

Wie ist der Ablauf der Messung?



Steinbacher Consult
... invent the future



Messdatenerfassung (4 bis 6 Woche)



Kontaktaufnahme/
Betriebsbesuch



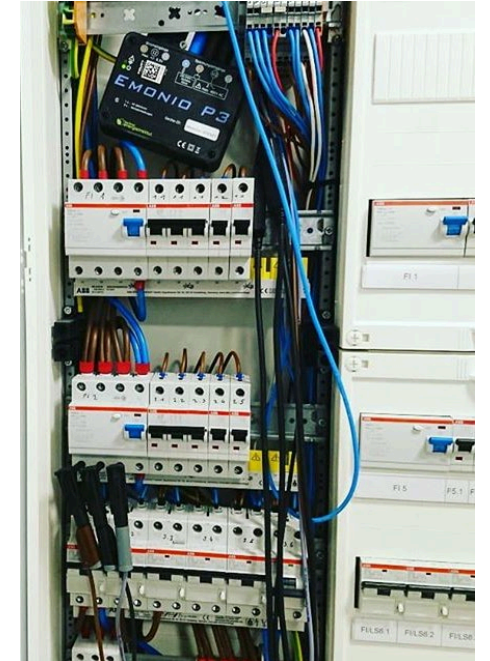
Installation Messtechnik mit
lokalem Elektriker



Abbau Messtechnik



Messdaten/Emonio Prüfung
(nach 2 Woche)

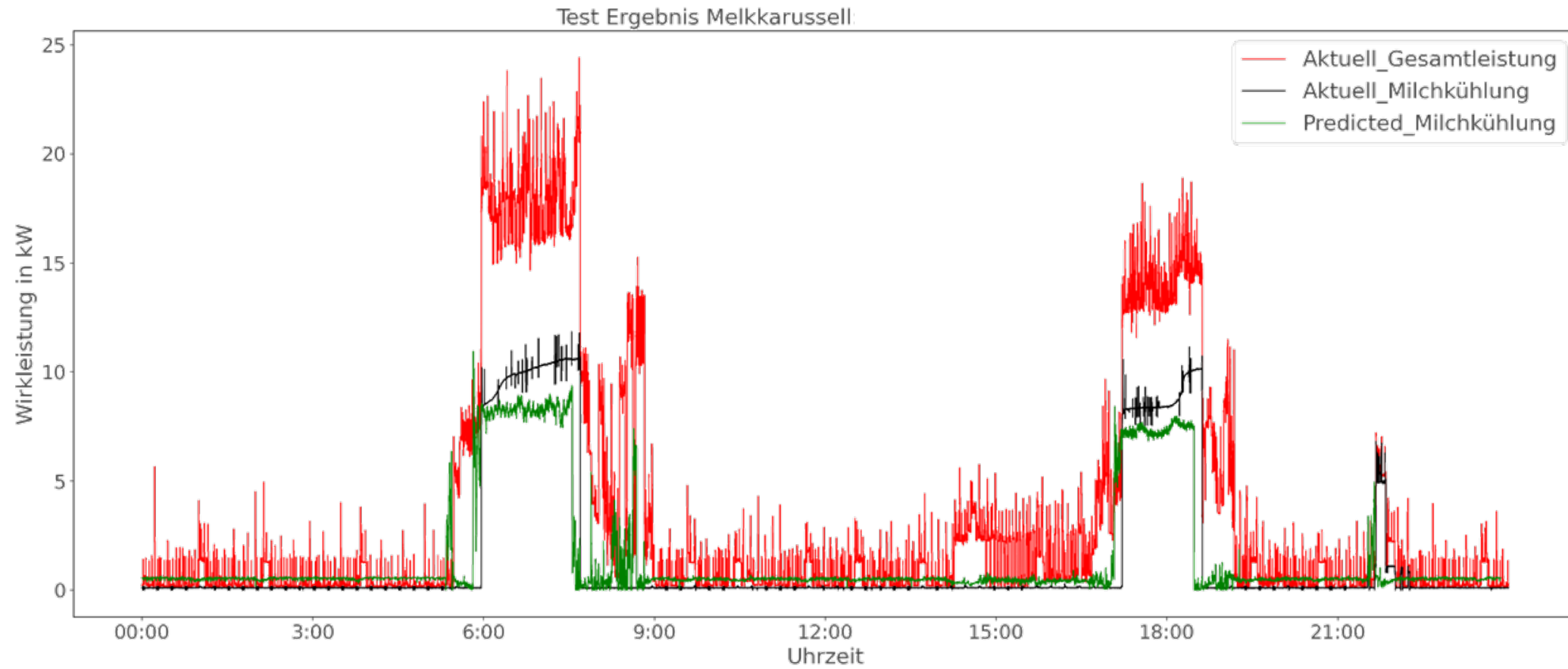


NILM-Algorithmus

Ergebnisse für Milchkühlung



SteinbacherConsult
... invent the future

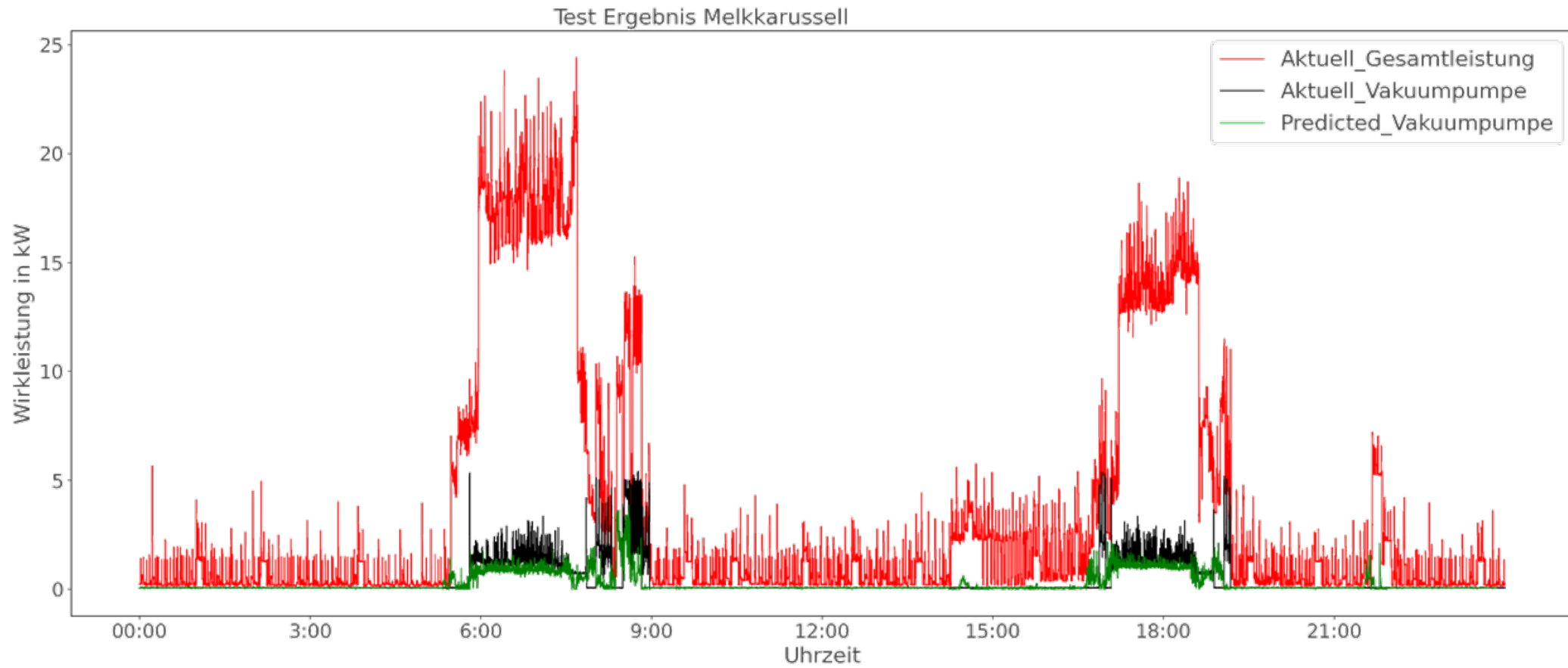


NILM-Algorithmus

Ergebnisse für Vakuumpumpe



SteinbacherConsult
... invent the future



NILM-Algorithmus

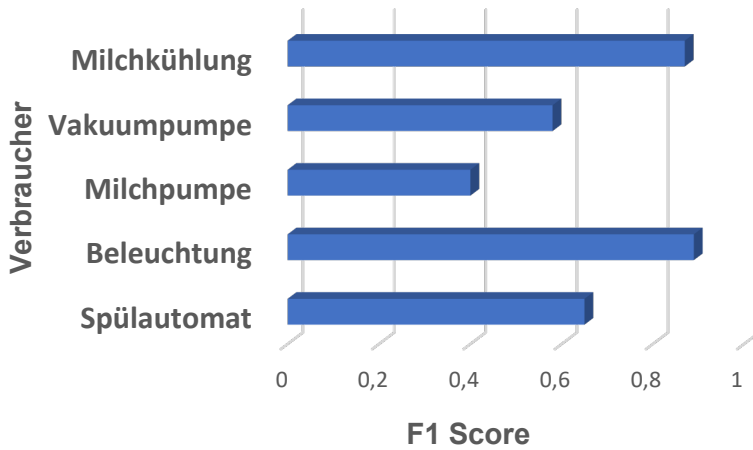
Performance des Algorithmus



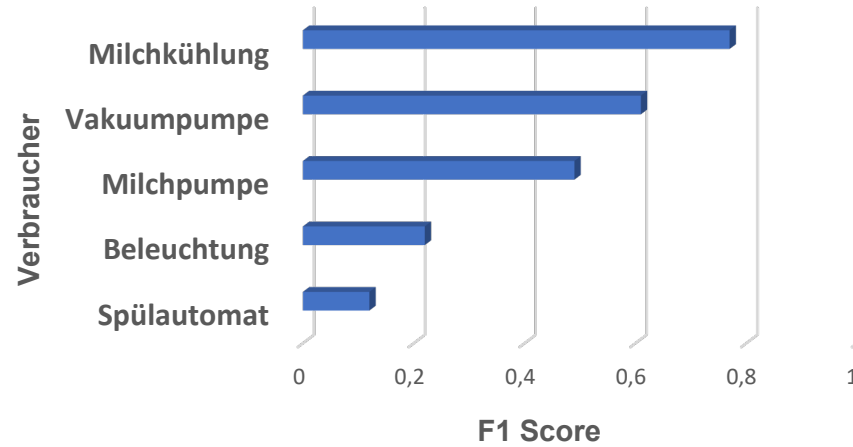
SteinbacherConsult
... invent the future



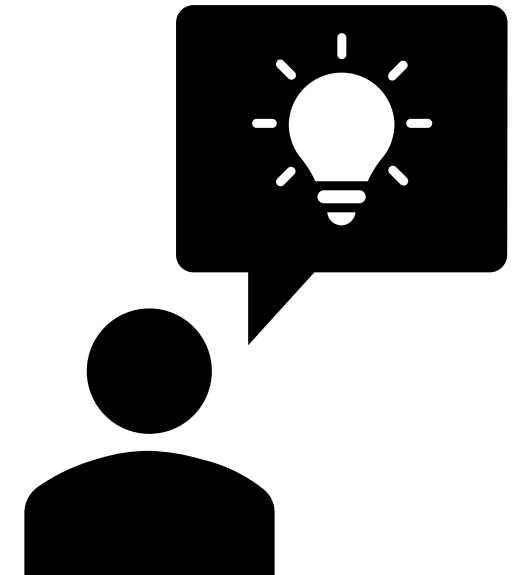
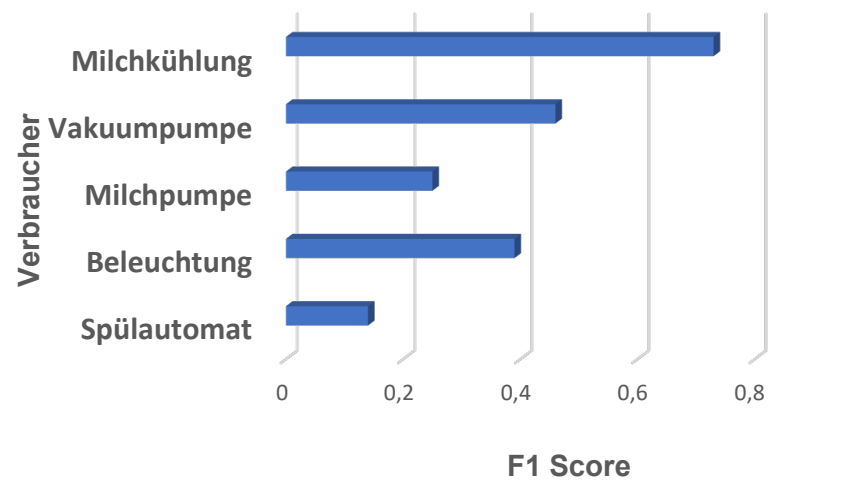
F1 Score für Testbetrieb-1



F1 Score für Testbetrieb-2



F1 Score für Testbetrieb-3

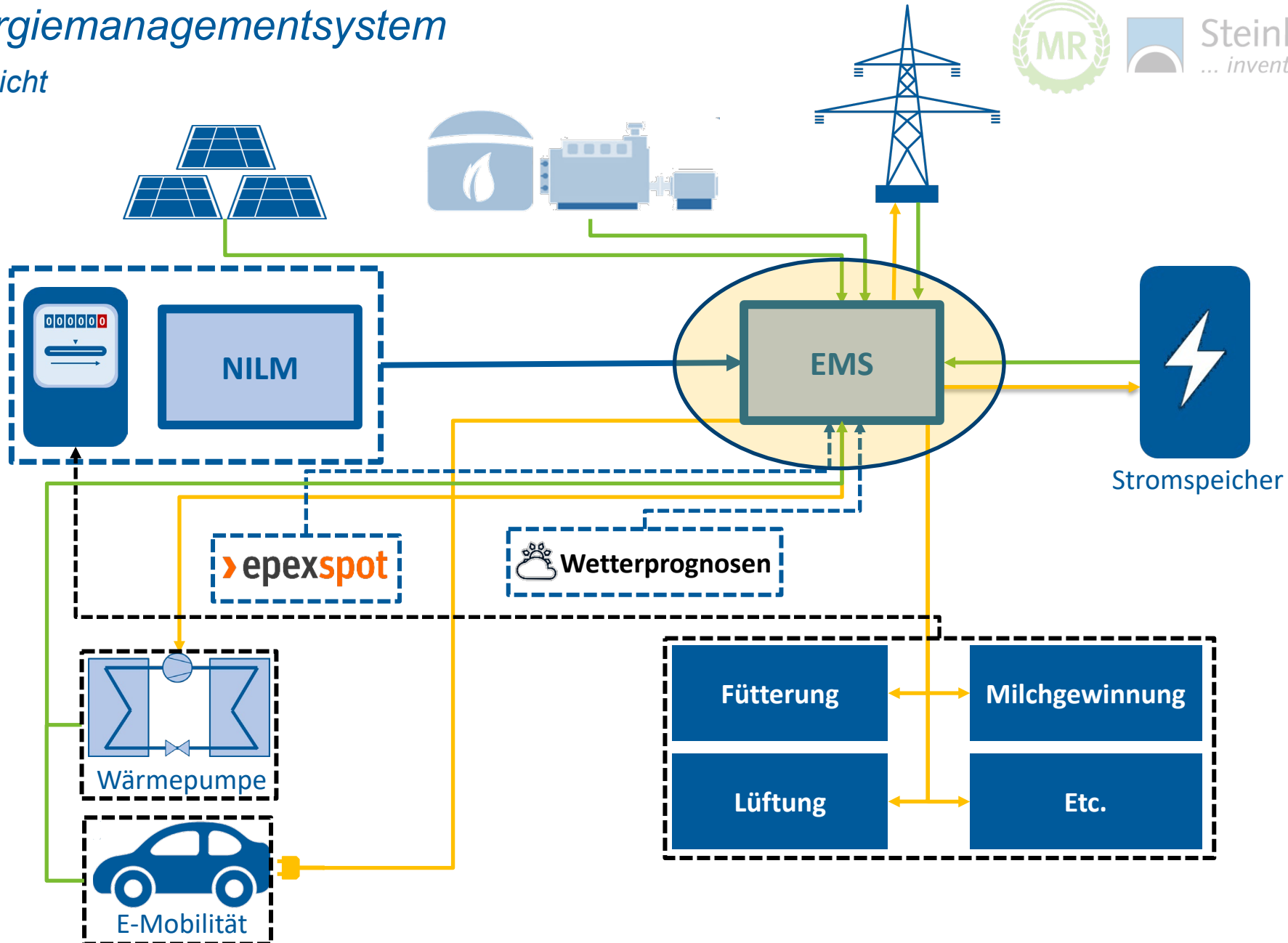


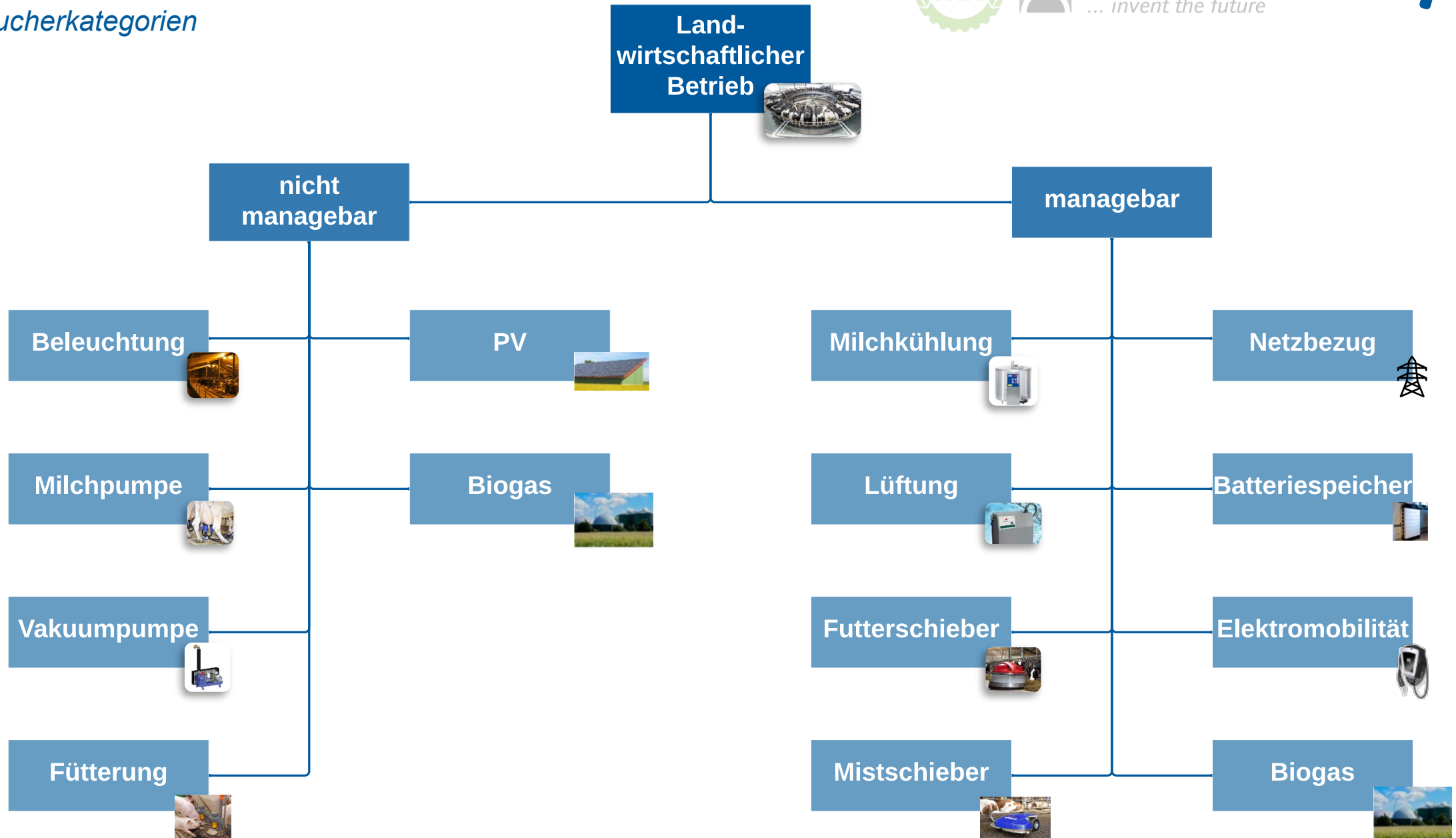
Energiemanagementsystem

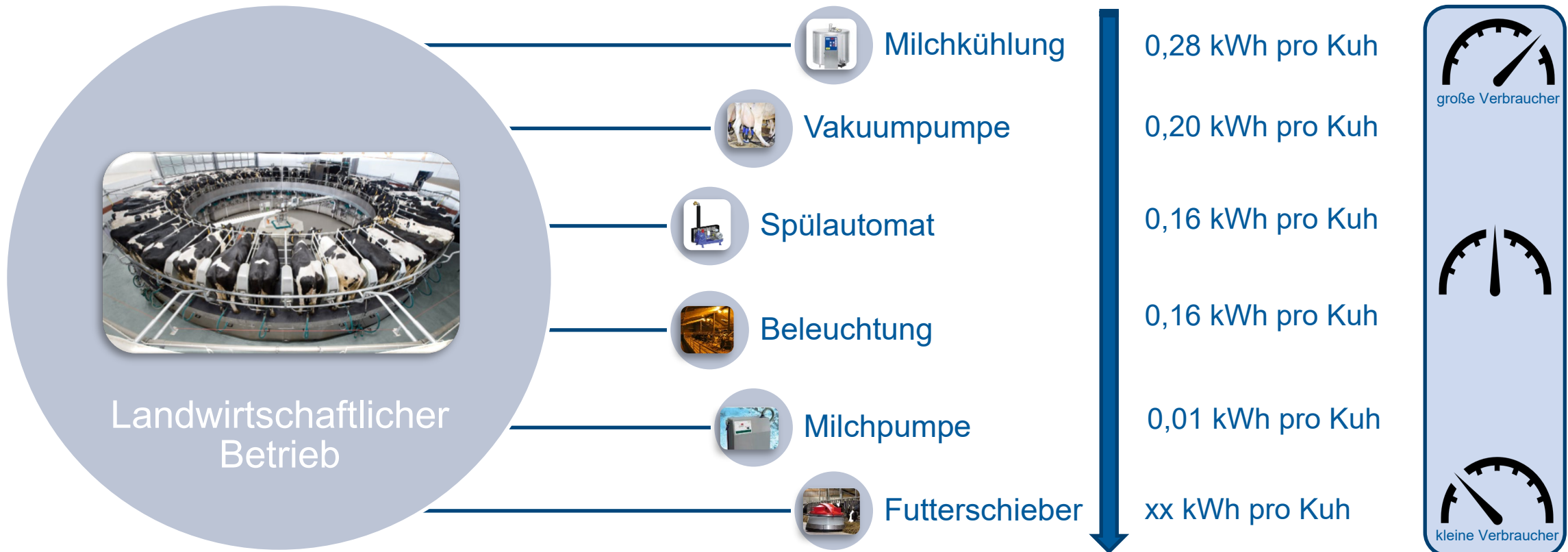
Übersicht

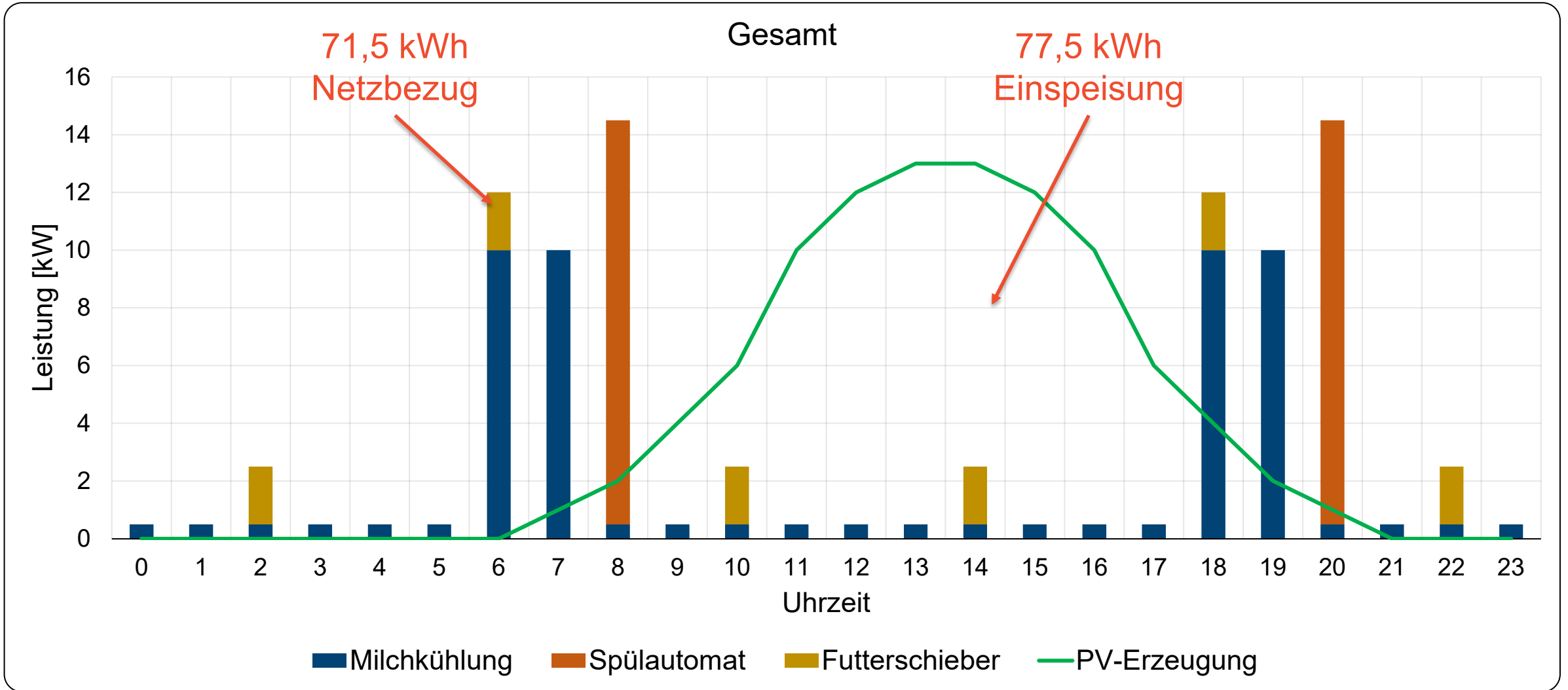


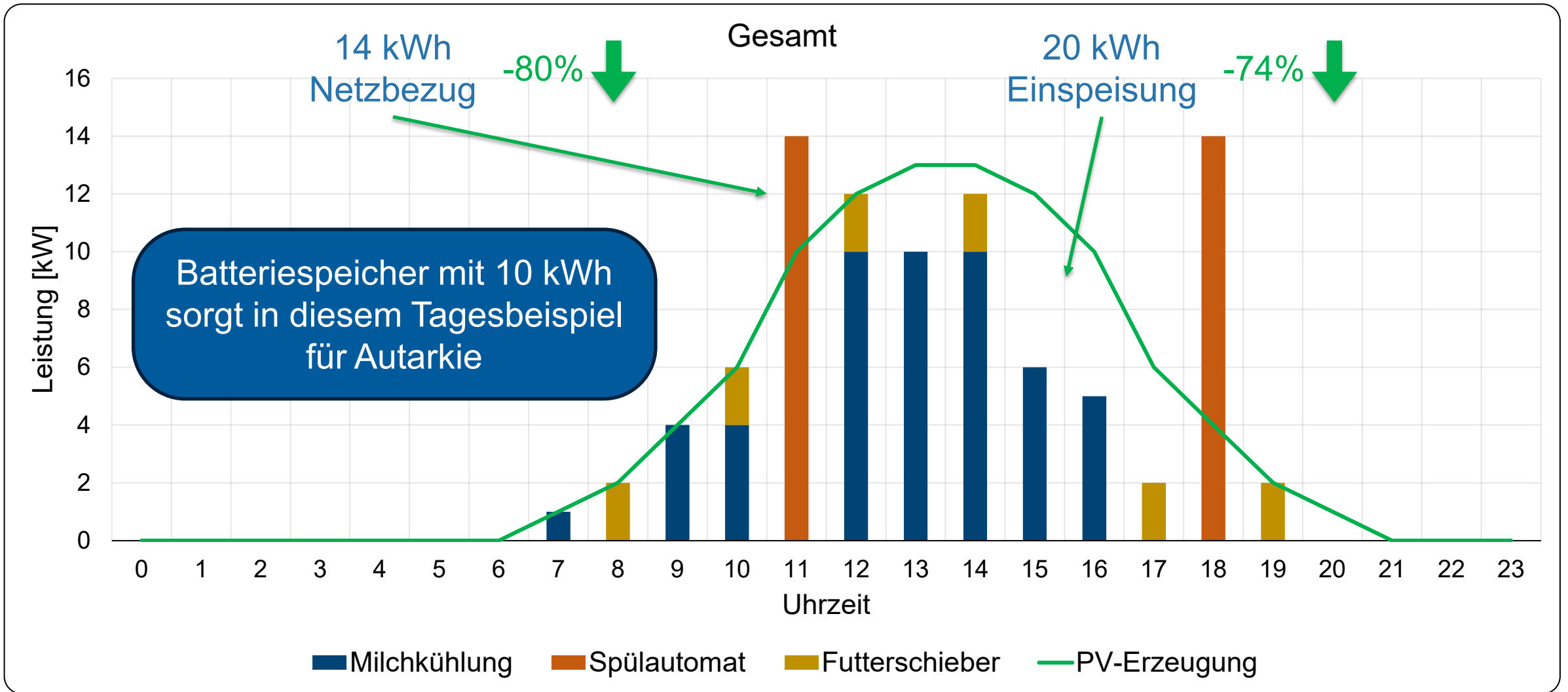
SteinbacherConsult
... invent the future













Realistisch



Individuell Einstellbar

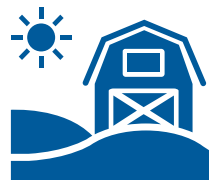


Erweiterbar

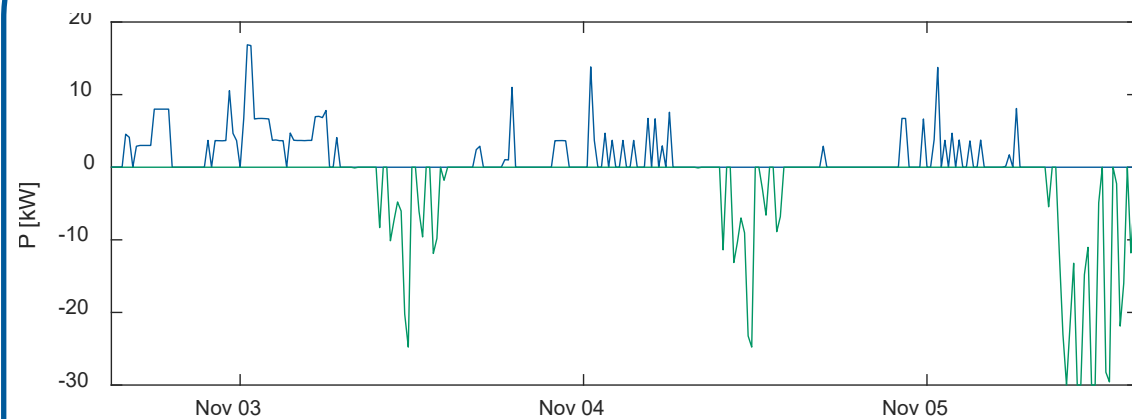
- Reale Messdaten und NILM
- Individuelle Vorhersage der PV

- Unterschiedliche Verbraucher und Erzeuger
- Variable Anzahl der Geräte

- Objektorientierte Programmierung
- Standardisiertes Vorgehen für unterschiedliche Zielfunktionen

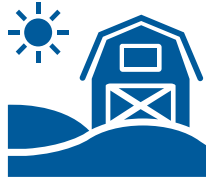


Stromnetz/ Netzeinspeisung

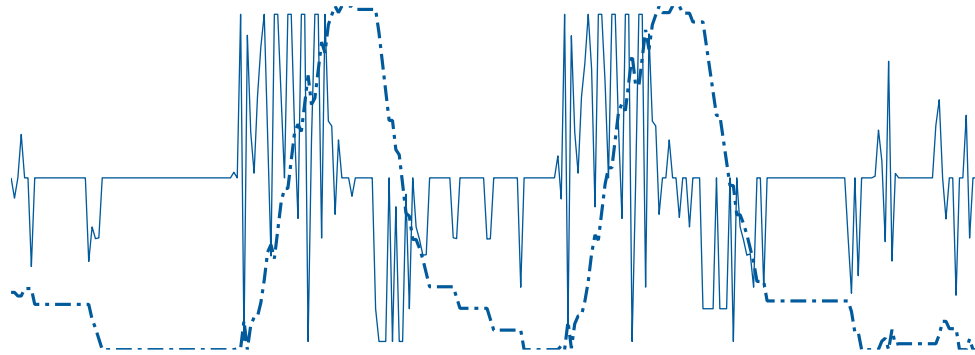


- Ein- und Ausspeisen
- Unterschiedliche Preise

PV- Erzeugung

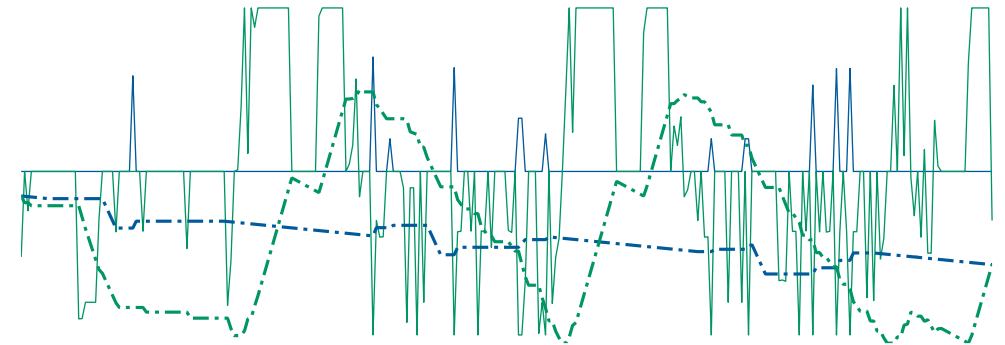


Batteriespeicher



- Laden und Entladen

Elektromobilität



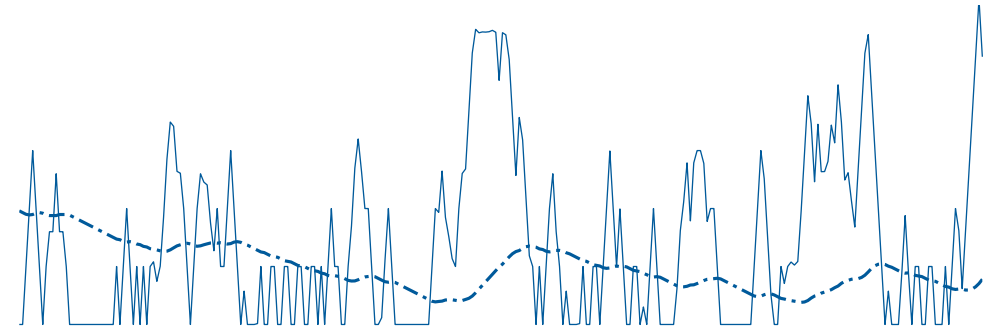
- Laden und Entladen am Hof
- Verfügbarkeit
- Entladen durch Fahrt



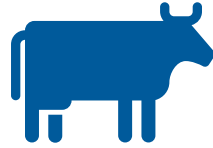
Nicht verschiebbare Geräte

- **Licht und nicht erfasste Geräte**
- Start- und Endzeit
- Min- und maximal Leistung
- Exakte Werte pro Zeitschritt

Volumenspeicher



- **Flex. Biogasanlage/ Tank und Pumpe**
- Min- und maximales Volumen
- Einströmendes Volumen
- Leistung bei ausströmendem Volumen



Zeitlich variabel (nur Zeitabhängig)

- **Mistschieber und Spülautomat**
- Min- und maximale An- und Auszeit
- Min- und maximale Leistung
- An Phase nach Ereignis (Spülautomat)

Milchkühlung

- Melkzeiten und Abholzeit
- Wärmeaustausch durch Milchtank
- Temperaturbereich für Milch
- Energiebedarf für Kühlung

Ein Programm für unterschiedliche Betriebsarten:

- Milchvieh (Melkkarussell / Melkstand)
- Milchvieh (Melkroboter)
- Schweinemast



Auswahl der Betriebsart im Energiemanagementsystem

Aufbau der Benutzeroberfläche

Individualisierung / Parametrisierung

- Abbildung der Komponenten am Betrieb
- Hinzufügen und Entfernen von Geräten
- Mehrere Instanzen derselben Komponente möglich, bspw. Photovoltaik-Anlage
- Angabe technischer Eigenschaften und Restriktionen

→ Individuelle Konfiguration



SteinbacherConsult
... invent the future



FarmErgy Energiemanagementsystem

Intro Betriebsart Basiskomponenten 1 Basiskomponenten 2 Milchvieh : imulationsparameter Ergebnis KPIs Ergebnis Grafik

Schritt 2: Bitte konfigurieren Sie den landwirtschaftlichen Betrieb, indem Sie Komponenten über die Schaltflächen hinzufügen oder entfernen und parametrieren.

Netzanschluss Maximale Netzbezugsleistung: kW
Maximale Einspeiseleistung: kW

PV-Anlage

PV1:
Ausrichtung: °
Neigungswinkel: °
Leistung: kWp
Anlagenalter: Jahre
Geogr. Breite: °
Geogr. Länge: °

PV2:
Ausrichtung: °
Neigungswinkel: °
Leistung: kWp
Anlagenalter: Jahre
Geogr. Breite: °
Geogr. Länge: °

Biogasanlage

Biogas1:
Flexibel:
(max.) Leistung: kW
Volumenstrom Zulauf: m³/h
Volumen Gasspeicher: m³
aktueller Druck: bar
max. Druck: bar
Gasverbrauch: m³/h

Batteriespeicher

Batterie1:
Kapazität: kWh
Ladezustand: %
Wirkungsgrad: %
Ladeleistung: kW
Entladeleistung: kW

Auswahl der Basiskomponenten im Energiemanagementsystem

Aufbau der Benutzeroberfläche

Zielfunktion und Optimierung



SteinbacherConsult
... invent the future



■ Wahl des Optimierungskriteriums

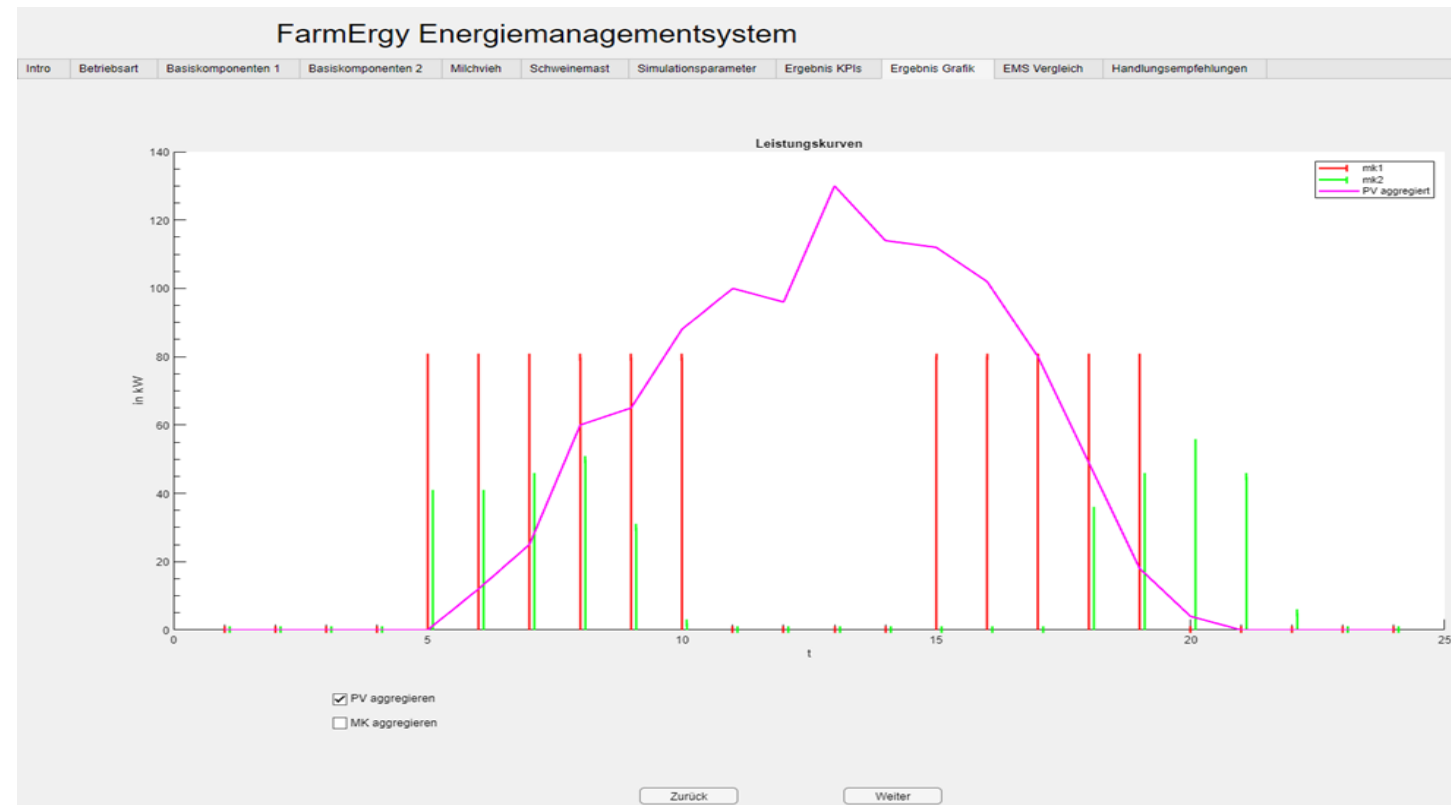
- Strombezugskostenminimierung
- Eigenverbrauchsmaximierung
- Autarkiemaximierung

→ Berechnung der Optimierung im Hintergrund

The screenshot shows the 'FarmErgy Energiemanagementsystem' interface. At the top, there is a navigation bar with tabs: 'Intro', 'Betriebsart', 'Basiskomponenten 1', 'Basiskomponenten 2', 'Milchvieh', 'Schweinemast', 'Simulationsparameter', 'Ergebnis KPIs', and 'Ergebnis Grafik'. The 'Simulationsparameter' tab is active. Below the navigation bar, the main content area is mostly blank. In the center, there is a dropdown menu labeled 'Optimierung nach:' with 'Strombezugskosten' selected. Below this is a slider control labeled 'Simulationszeitraum (h):' with a range from 24 to 72 hours and tick marks at 24, 36, 48, 60, and 72. At the bottom of the interface, there are two buttons: 'Zurück' and 'Start der Simulation'.

Auswahl der Simulationsparameter im Energiemanagementsystem

- Graphische Darstellung optimierter Lastgänge
- Vergleichssimulation mit einem Betrieb ohne Optimierung

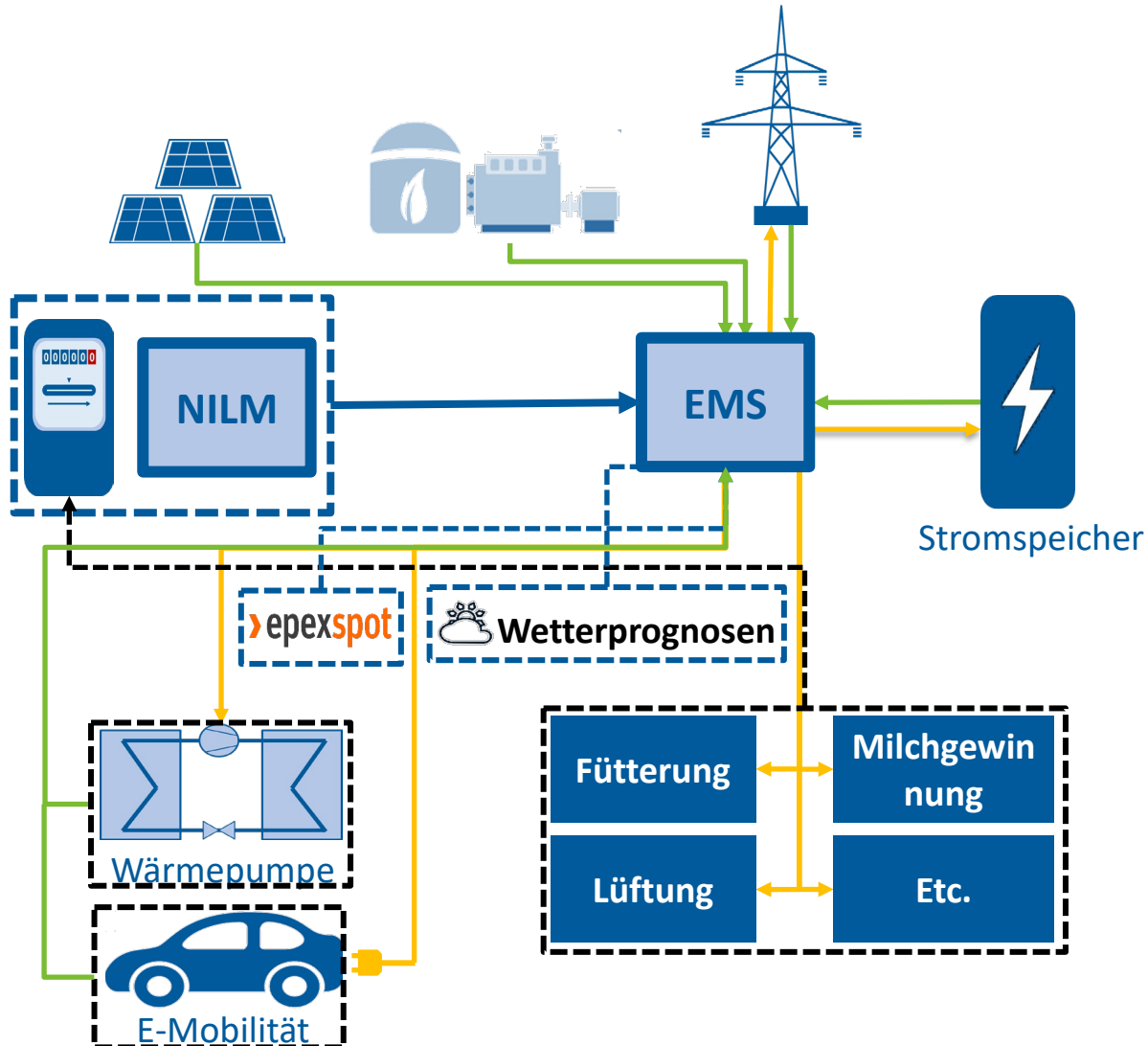


Darstellung der (optimierten) Leistungsverläufe der Komponenten

Ziel des Forschungsprojekts



SteinbacherConsult
... invent the future



Energieeinsparung



Einsparung von Stromkosten



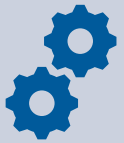
Neue Erlösoptionen



Netzstabilisation



Erhebung von Messdaten



Erstellung eines NILM – Algorithmus



Programmierung eines Energiemanagementsystems



Einbau der Messgeräte mit automatischem Datentransfer



Auswertung und Visualisierung der aktuellen Messungen auf MR Portal



Bereitstellung des Energiemanagementsystems



Automatische Ansteuerung von Geräten



Energiemanagementsystem liefert Handlungsempfehlungen



Entwicklung innovativer Geschäftsmodelle



Wir danken dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, dem projektleitenden Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe und unseren Projektpartnern für die Ermöglichung dieses Forschungsvorhabens und für die erfolgreiche Zusammenarbeit.

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln der landwirtschaftlichen Rentenbank.



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft



rentenbank



Technische Hochschule
Ingolstadt
Institut für
neue Energie-Systeme

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!