
Einsatz von Prognosen in Energiemanagementsystemen zur Berücksichtigung variabler Tarifstrukturen

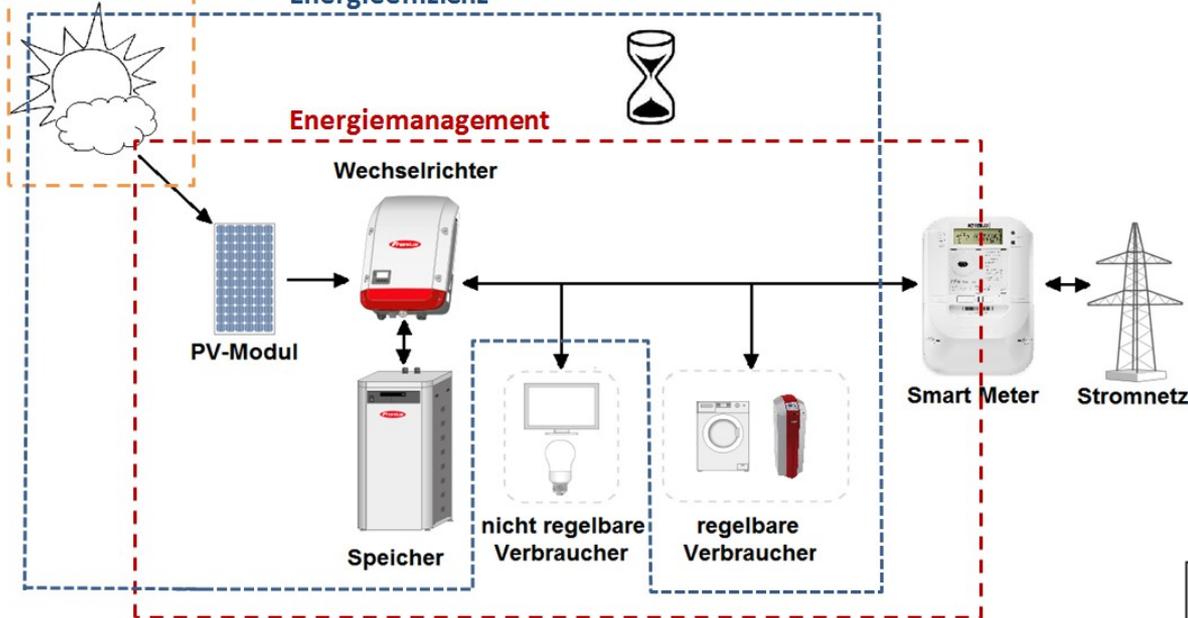
Philipp Rechberger | Februar 2018
Research Group ASiC

Projektbeispiel EStore-M

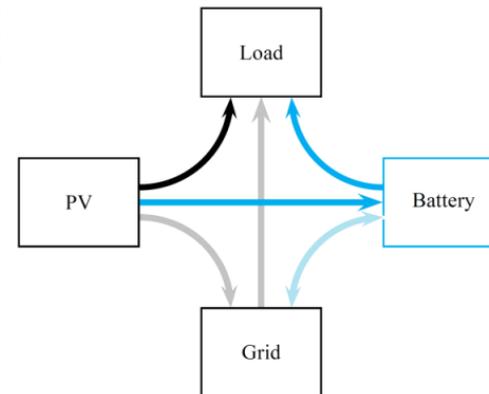
Energiemeteorologie

Energieeffizienz

Energiemanagement

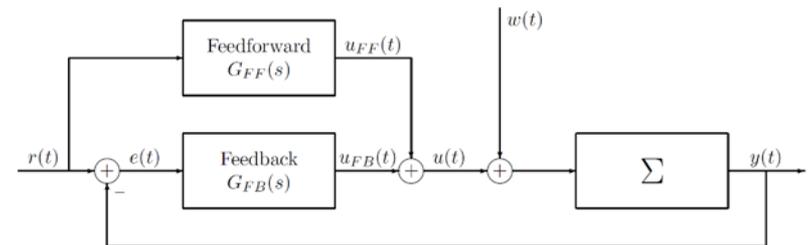
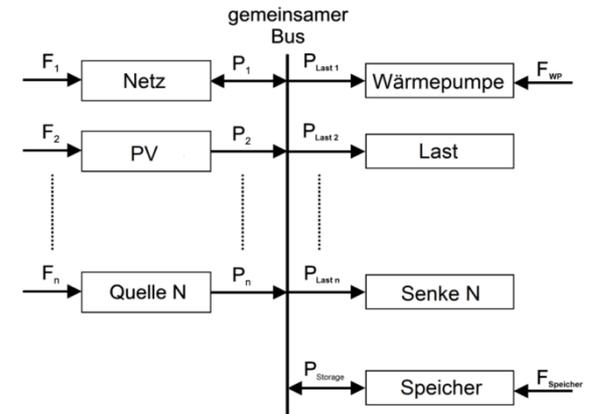


Nutzung flexibler Tarifmodelle



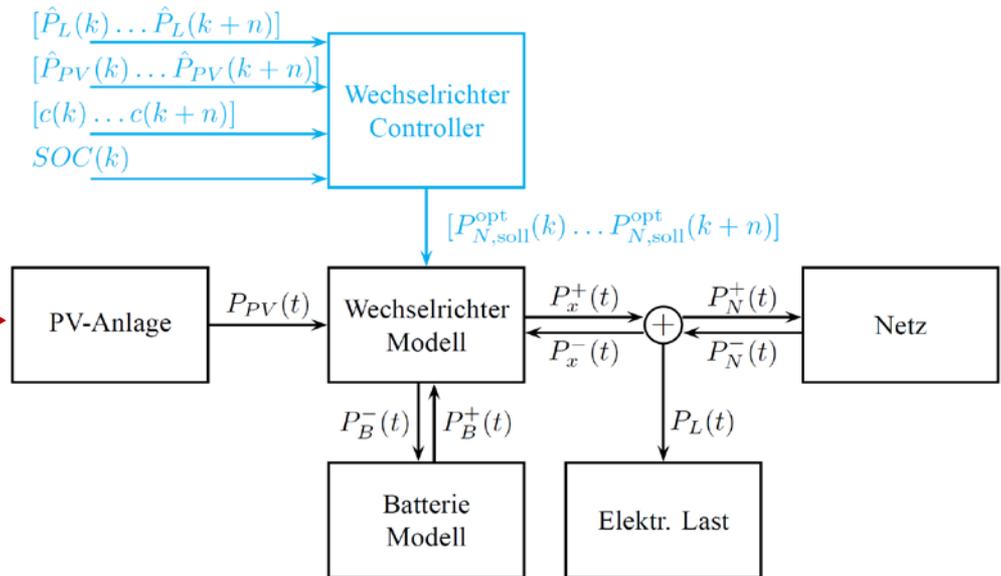
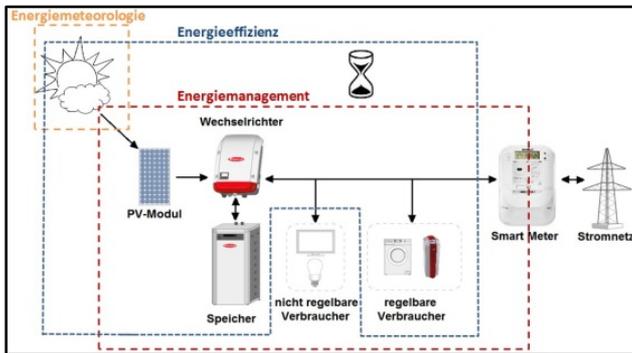
Problemstellung

- 2 Arten von Speicher (elektrisch, thermisch/Gebäude)
- Variable Stromtarife
- Zielsetzung: **geringste Stromkosten**
- **Was ist die beste Lösung? > Numerische Optimierung**
- Gegebene Größen
 - > **prognostizierte** PV-Leistung
 - > **prognostizierter** elektrischer Verbrauch
 - > Variable Energiekosten (bekannt)
 - > Variable Energievergütung (bekannt)
- Gesucht
 - > Betriebsstrategien Batterie / Wärmepumpe



Modellbildung

- Betrifft alle Bereich, in welchen reale Prozesse berechnet werden sollen.
 - > Energiesystem (Regelung)
 - > Vorhersagen



Energiemanagement - Workflow

Zum Zeitpunkt k

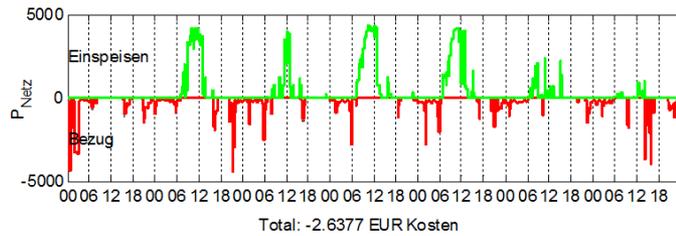
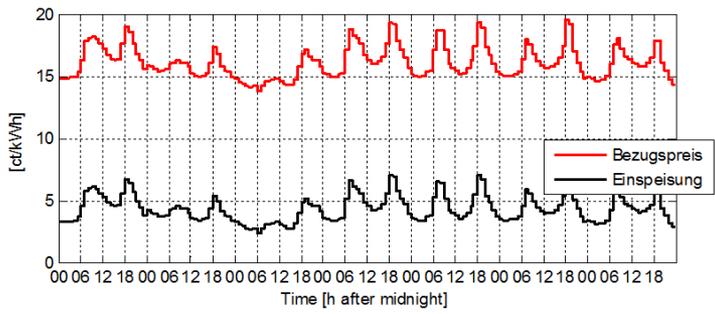
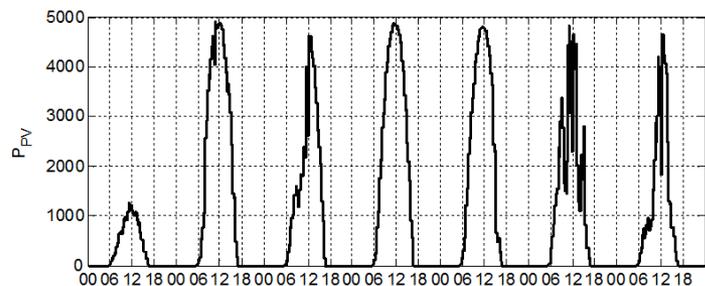
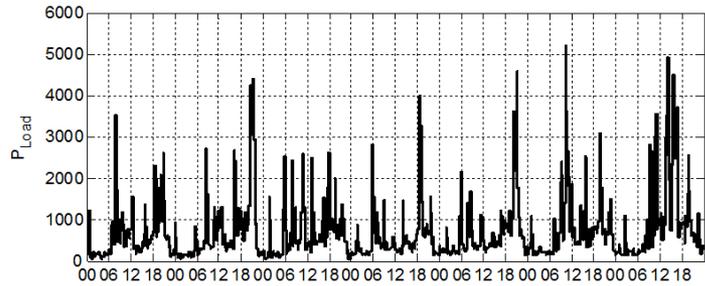
- Abschätzung/Prognose der zukünftigen (k + 24 Stunden) Energieerzeugung
- Abschätzung/Prognose des zukünftigen Energieverbrauchs
- Abfrage der zukünftigen Bezugskosten

- Bestimmung des optimalen Speichereinsatzes für die nächsten 24h
 - > Unter Einhaltung unterschiedlicher Beschränkungen (max/min SOC, max/min Leistung, max/min Energieabgabe, ...)
 - > Ergebnis: Leistungsprofil Batteriewandler

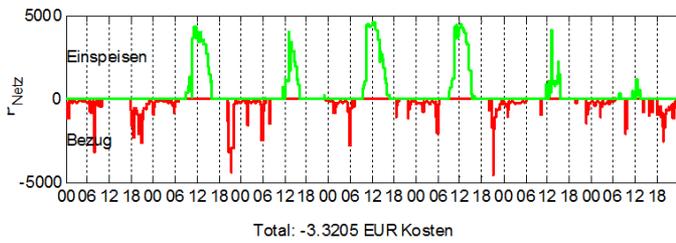
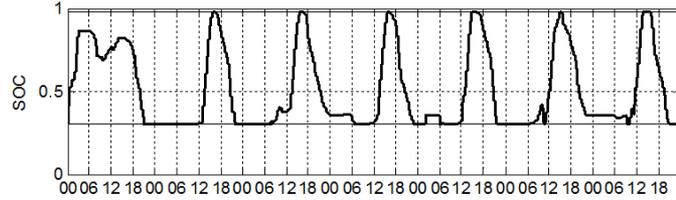
- Laufende Optimierung: lediglich nächster Einsatzwert wird genutzt
 - > k → k+1: neue Optimierungsschleife beginnt

„receding horizon control“

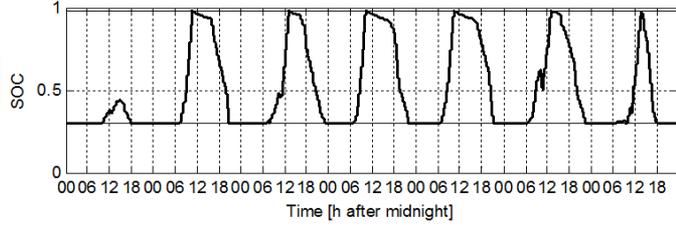
Auswirkungen d. Optimierung



Kostenoptimierung



Eigenverbrauchsregelung



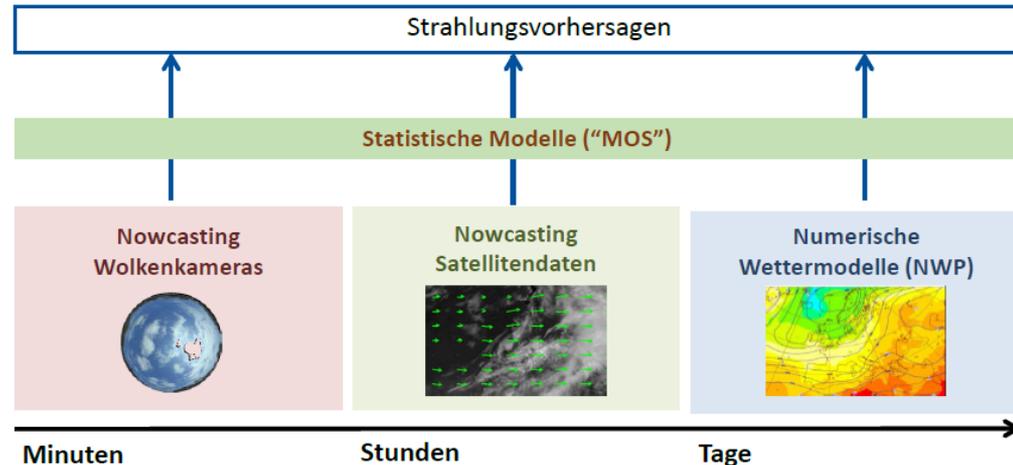
Auswirkungen d. Optimierung

- Haushalt mit 5 kWp PV, perfekte Last- und Ertragskenntnis
- 1s Simulation, 1 Jahr
- Fahrpläne je 15 min

Controller	Speicherkapazität Stromkosten / Einsparung				
	0 kWh	5 kWh		10 kWh	
Eigenverbrauchsoptimiert	350,82 €	258,13 €		197,28 €	
Receding Horizon (15 min)		252,30 €	-2,26 %	188,86 €	-4,27 %
Brute Force (absolutes Optimum)		230,44 €	-10,73 %	159,27 €	-19,27 %

Ertragsprognosen

- Mittels Strahlungsvorhersagen können Ertragsprognosen erstellt werden
 - > Statistischer Ansatz (Lernen)
 - > Physikalisches Modell
- Alternative: Persistenz
- Fehler und Unsicherheiten (wurden stark reduziert!)
 - > Wettermodelle (es gibt nicht **das** beste)
 - > Konversion (Solarstrahlung → Anlagenoutput)
 - > Räumliche Granularität (Geographie)
 - > Zeitliche Auflösung

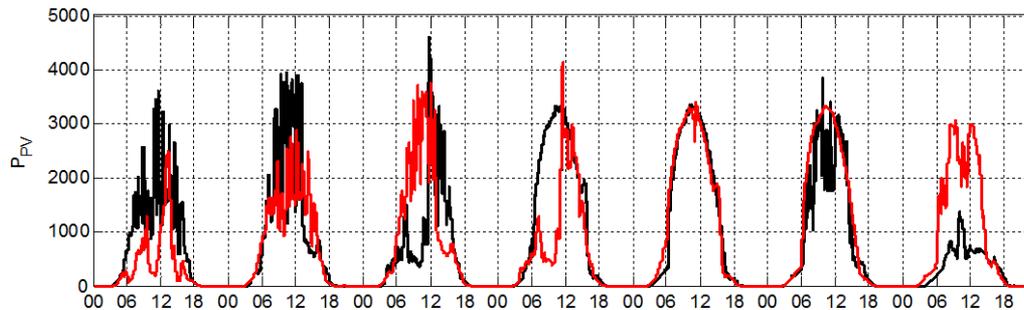


Vorhersage Horizont

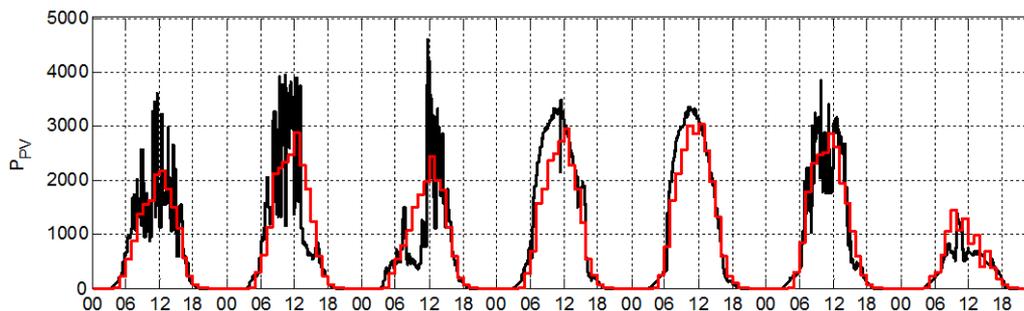
J. Remund (2015): Solarstrahlungsvorhersage und Einsatz im Energiemanagement. TPPV Speicherworkshop, Wels, 2015.

Prognoseart	Trefferquote
Vorhersage 0-24 h	90-95 %
Vorhersage 25-48 h	85-90 %
Vorhersage 49-72 h	ca. 75-80 %
Vorhersage 5 Tage	ca. 65-70 %
Persistenz	ca. 60 %
Klimawerte	ca. 50 %

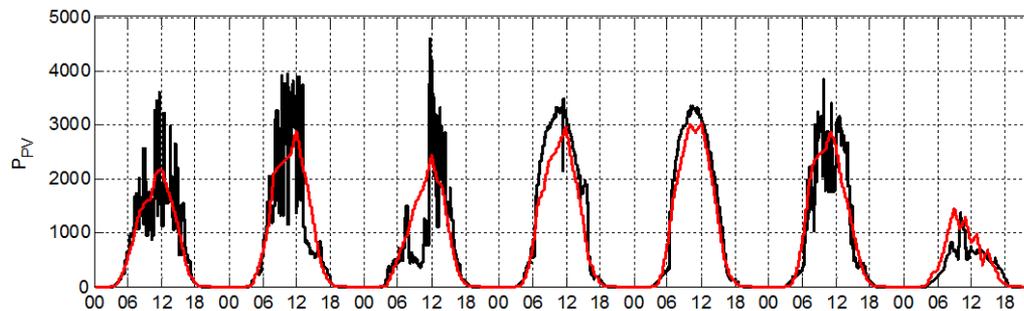
Wettermodelle und Prognosen



Persistenz



Meteorologische Prognose, 1 h



Meteorologische Prognose, 15 min

Auswirkungen v. Ertragsprognosen

- Haushalt mit 5 kWp PV und 10 kWh Stromspeicher
- Simulationszeit 4 Wochen
- Extremfälle!

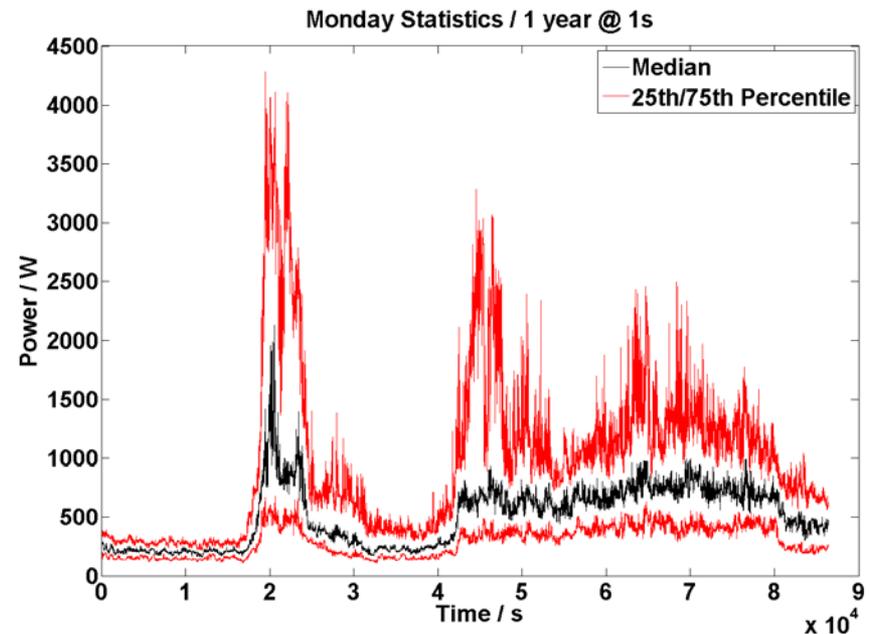
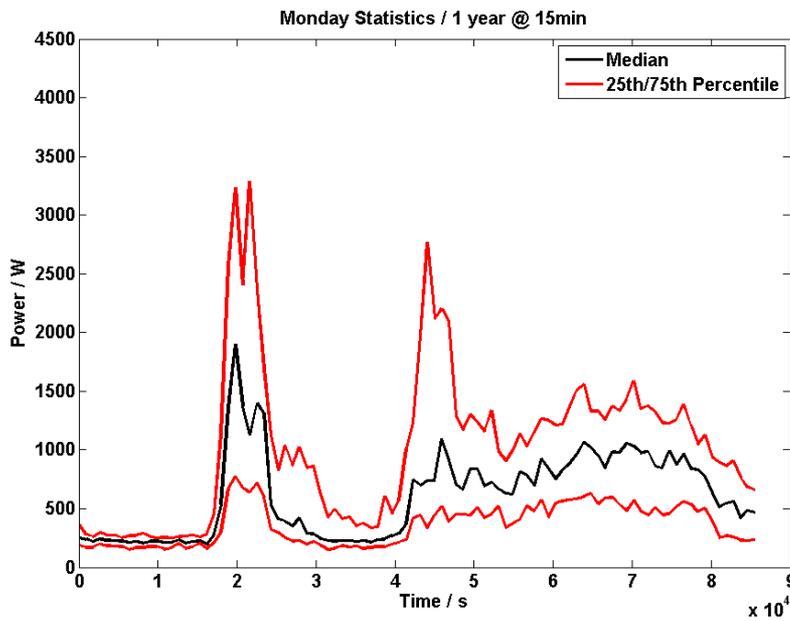
Controller	Stromkosten	rel. Änderung
Eigenverbrauchsoptimiert	8,31 €	
Optimierung, exakte Ertragskenntnis	7,61 €	- 8,40 %
Optimierung, Persistenz	9,60 €	13,91 %
Optimierung, 1h-Prognose	10,56 €	25,34 %
Optimierung, 15-min Prognose	8,20 €	- 2,69 %

Lastprognosen

- Volatilität ist ein Problem
- Nutzerverhalten welches keinem Muster folgt wird nicht erkannt.
- Auswirkung auf EMS korreliert nicht notwendigerweise mit Forecastfehler.
- Hoher Rechenaufwand für Modell-Training.

	NN, ARIMA etc.	Naive Methode
Grid Level	<1 %	
District Level	1-5 %	
Household	5-20 %	20-60 %

Vorhersagefehler, Energie, day-ahead



Modellbildung – Datengrundlage

- **Granularität**
 - > Verbesserte Modellbildung durch hohe Granularität (einzeln gemessene Stromkreise), insb. bei hoher Volatilität
- **Auflösung**
 - > Trainingsdaten müssen auf Prognose abgestimmt werden. Hohe Auflösung bedeutet nicht automatisch eine Verbesserung (zufällige Ereignisse).

Informationen zum System können zum Clustering genutzt werden:

- Strukturelle Daten (Gebäude)
 - > Art, Fläche, Heizsystem
- Anthropologische Daten (Benutzer)
 - > Anzahl Bewohner, Kinder, Hobbies
- Wetterdaten
 - > Einfluss auf Heizung/Kühlung (Länderspezifisch)

Modelle – Preprocessing/Clustering

Erkennung von Mustern und Klassifizierung von Datensätzen

- Beschleunigung der Berechnung
- Vereinfachung der Datensätze
- Verbesserung der Ergebnisse

- Datenbereinigung
 - > entfernen von Mittelwert/Trend im Beobachtungszeitraum

- 2-Schritt Modellierung
 1. Erstellung eines allgemeinen Modells
 2. Anpassung des Modells an Lastprofil durch Mustererkennung

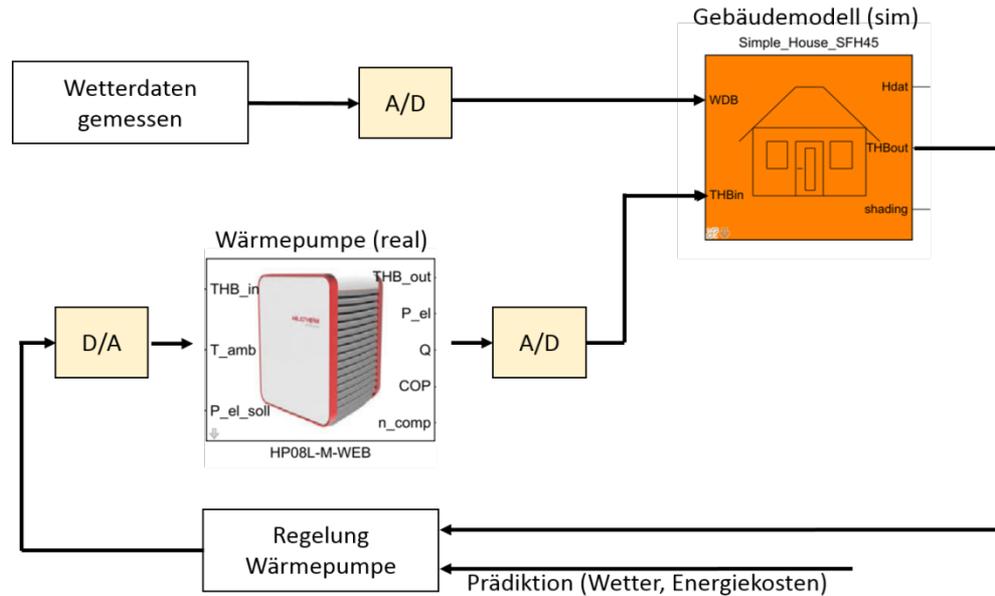
- Forecast für signifikante Zeitpunkte (8h, 10h, 15h etc.)
 - > anschl. Suche in historischer Datenbank nach Profil mit geringster Abweichung dazu

Gebäudesimulation – HiL

- Reale Hardware
 - > Wärmepumpe
 - > PV Anlage
 - > Wasserspeicher

- Simuliert: Gebäude
 - > Validiertes Modell
 - > 45 kWh/m²
 - > IEA Task 44

- Regelung der Wärmepumpe
 - > Optimierungsalgorithmus
 - > Fallback: PID



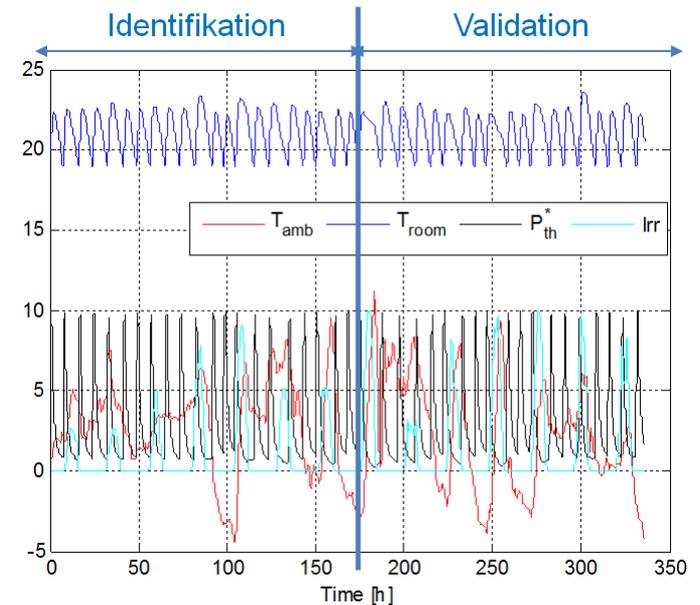
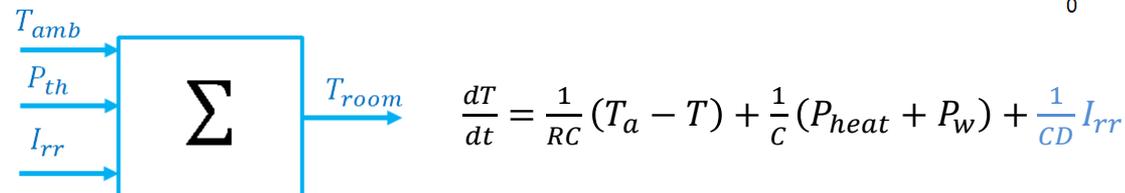
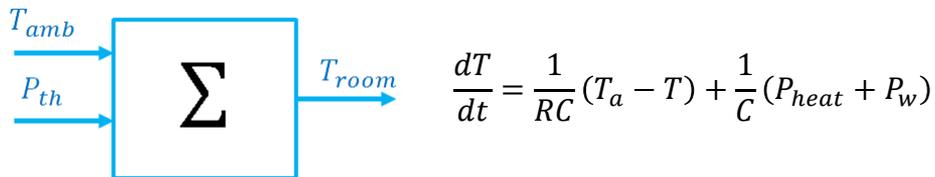
Gebäudemodell für Prädiktion

Bestimmung eines vereinfachten linearen Modells aus historischen Messdaten (Identifikation)

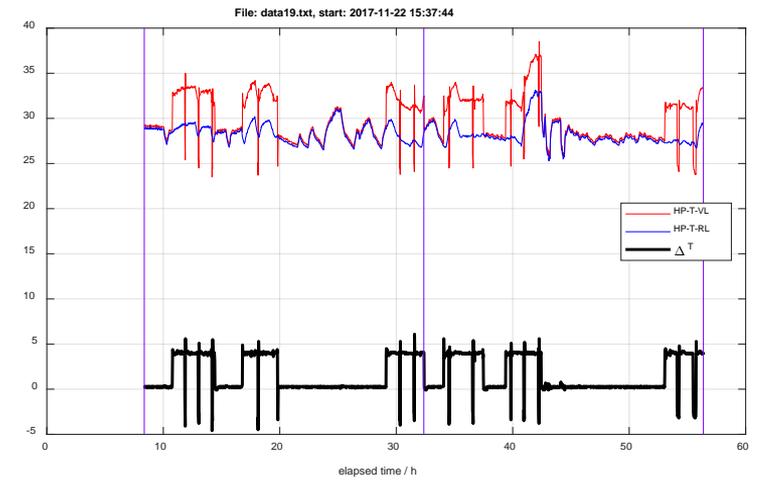
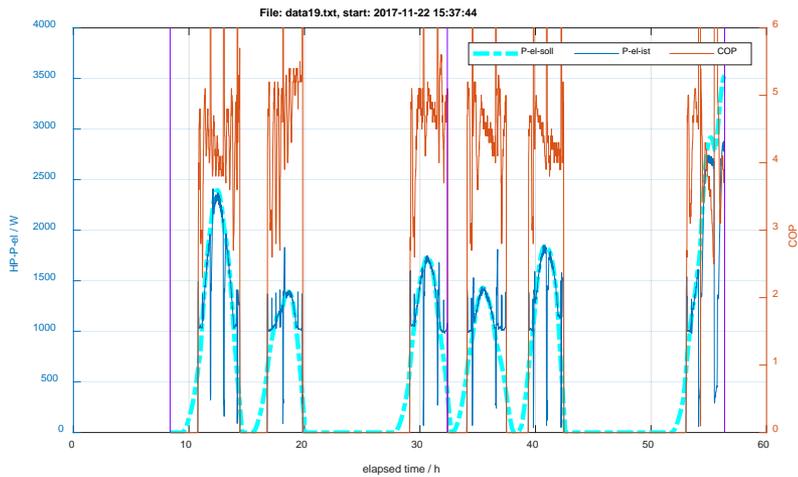
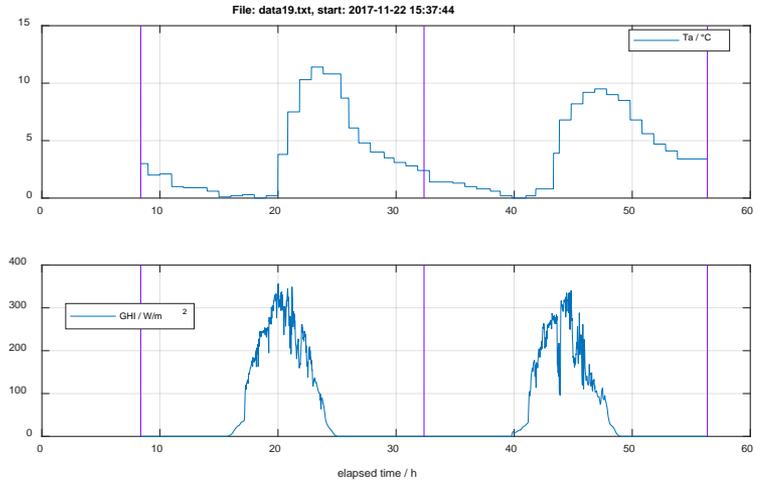
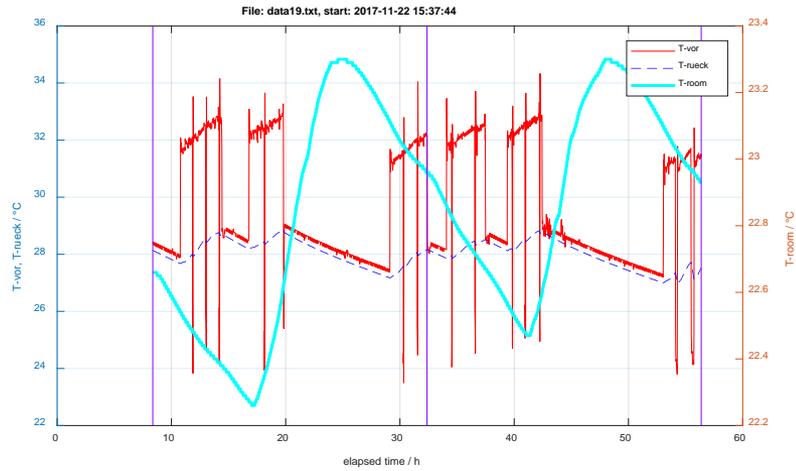
Anpassen an die Modellstruktur: RC-Modell

- > Heizleistung
- > Therm. Leistung von Personen und Geräten
- > Einstrahlung (Verschattung!)

- > Laufende Parameteridentifikation



HiL-Test



Erkenntnisse/Next Steps

- Betrieb unterschiedlicher Erzeuger/Verbraucher/Speicher erfordert Energiemanagement
 - > Komplexität steigt mit Zielsetzung
- Je nach Optimierungsziel sind Vorhersagen und Modellbildung notwendig
 - > Werden besser, sind jedoch immer fehlerbehaftet
- Wettervorhersagen sind mit guter Verlässlichkeit erstellbar
- Lastvorhersagen (elektrisch) auf Gebäudeebene stark fehlerbehaftet
- Numerische Optimierung bietet Potential zur Erhöhung der Eigennutzung
 - > Optimale Prognosen, und perfektes Modell vorausgesetzt
- Alternative Regelkonzepte bieten Potential zur Effizienzsteigerung

Forschungs- und Entwicklungsbedarf vorhanden!

Projekt EStore-M, EFP 1.AS, FFG Nr. 848909

Philipp Rechberger, Harald Kirchsteiger

FH OÖ F&E GmbH

Ringstraße 43a, 4600 Wels

philipp.rechberger@fh-wels.at

+43 5 0804 46914