

# SoLAR - Projektstand

- Vorstellung der Liegenschaft
- Integration der IKT und Beteiligung der Bewohner
- Virtueller Demonstrator und Algorithmen
- Wirtschaftlichkeit
- Stand des Bauvorhabens und der Technik
- Übersicht und Zeitplan
- Nächste Schritte



Stefan Werner  
Easy Smart Grid GmbH  
Projektkoordinator SoLAR im Auftrag des ISC Konstanz



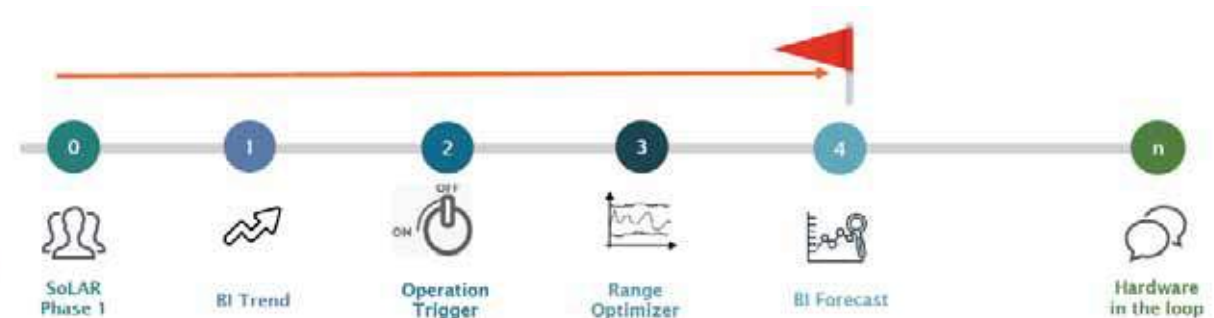
Dr. Enrique Kremers  
EIFER Europäisches Institut für Energieforschung  
EDF-KIT EWIV  
Head of Complex Systems  
Research & Expert for EDF R&D



Adrian Minde  
International Solar Energy Research Center  
ISC Konstanz e.V.  
R&D Engineer  
Smart Grid und EMS



Peter Kaufmann  
Kaufmann GmbH  
Geschäftsführer



# Liegenschaft und flexible Geräte



▲  
Nord



Bestandsgebäude

- 9 Häuser mit 25 Wohneinheiten
- KfW 40 Dämmung (Neubauten)
- 14 PV-Anlagen ( $\Sigma$  70 kWp)
- 12 Wärmepumpen 5 kW<sub>th</sub> (Grundwasser)
- 1 BHKW 21 kW<sub>el</sub>, 46 kW<sub>th</sub>
- Ladestationen für Elektrofahrzeuge
- Batteriespeicher (DHH, KfW 40+)
- flexible Haushaltsgeräte für 25 Wohneinheiten (z.B. Waschmaschine, Geschirrspüler, Trockner, Kühlschrank, Gefrierschrank)

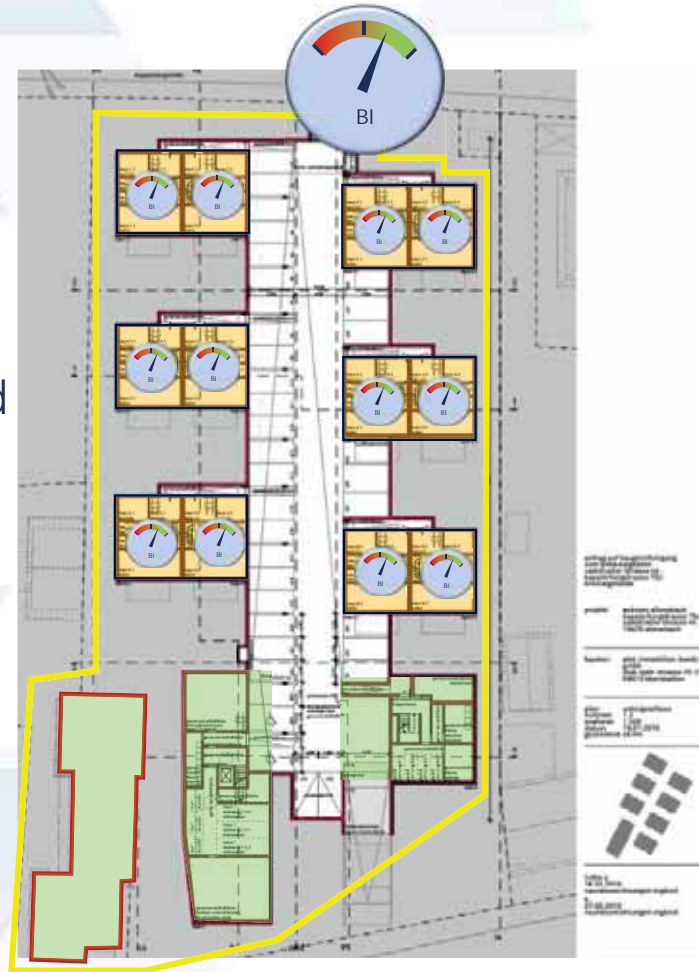
➔ über 100 angesteuerte Geräte



# Wie der Balance Indikator gebildet wird



↑  
Nord



## Phase 1: Quartiersstrom



Leistung am Anschlusspunkt der Kundenanlage an das öffentlich Netz



... ggf. Berücksichtigung der Leistungen an den Hausanschlüssen



Ziel:  
Maximale Eigenversorgung der Doppelhaushälften und der Liegenschaft



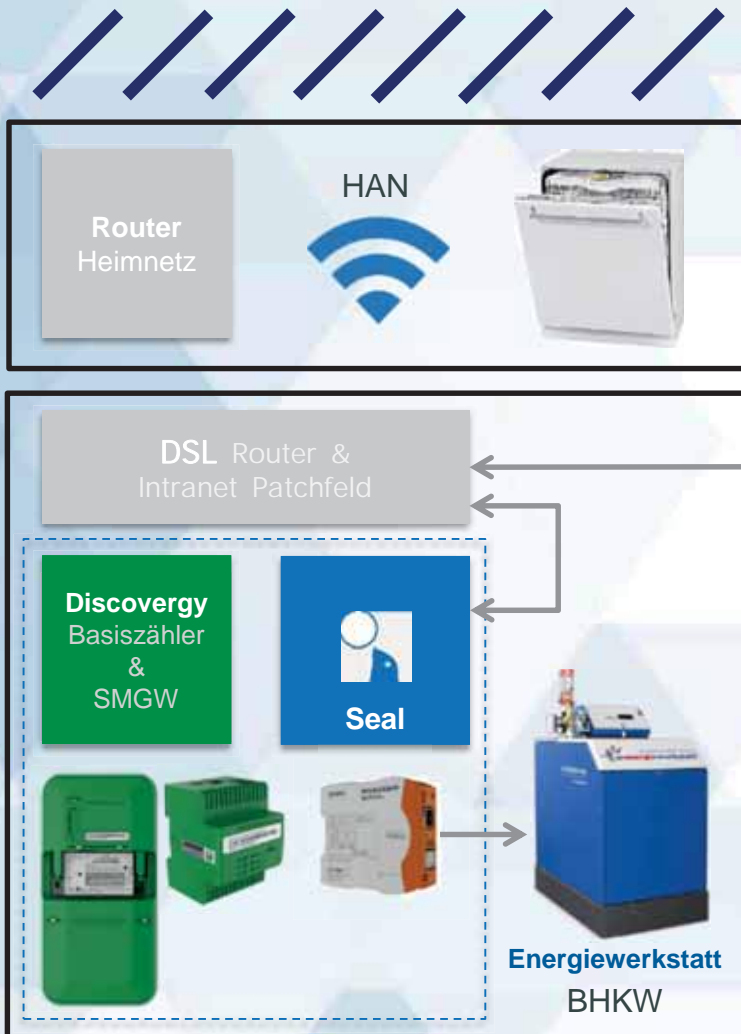




## 12 Doppelhaushälften:

- Messdaten über die Discovery **SMGW HAN** Schnittstelle
- Balance Indicator **dezentral** berechnet in der **Seal Plattform**
  - KUNBUS Revolution Pi
- Haushaltsgeräte/Wechselrichter über **TCP/IP** im **HAN/LAN**
- Wärmepumpen-Steuerung über **Modbus RTU**
  - Serielles RS485

# Kommunikation



## 3 Mehrfamilienhäuser:

- Balance Indicator der Liegenschaft
- Steuerung der Geräte über **Internet** durch zentrale **Seal Plattform**

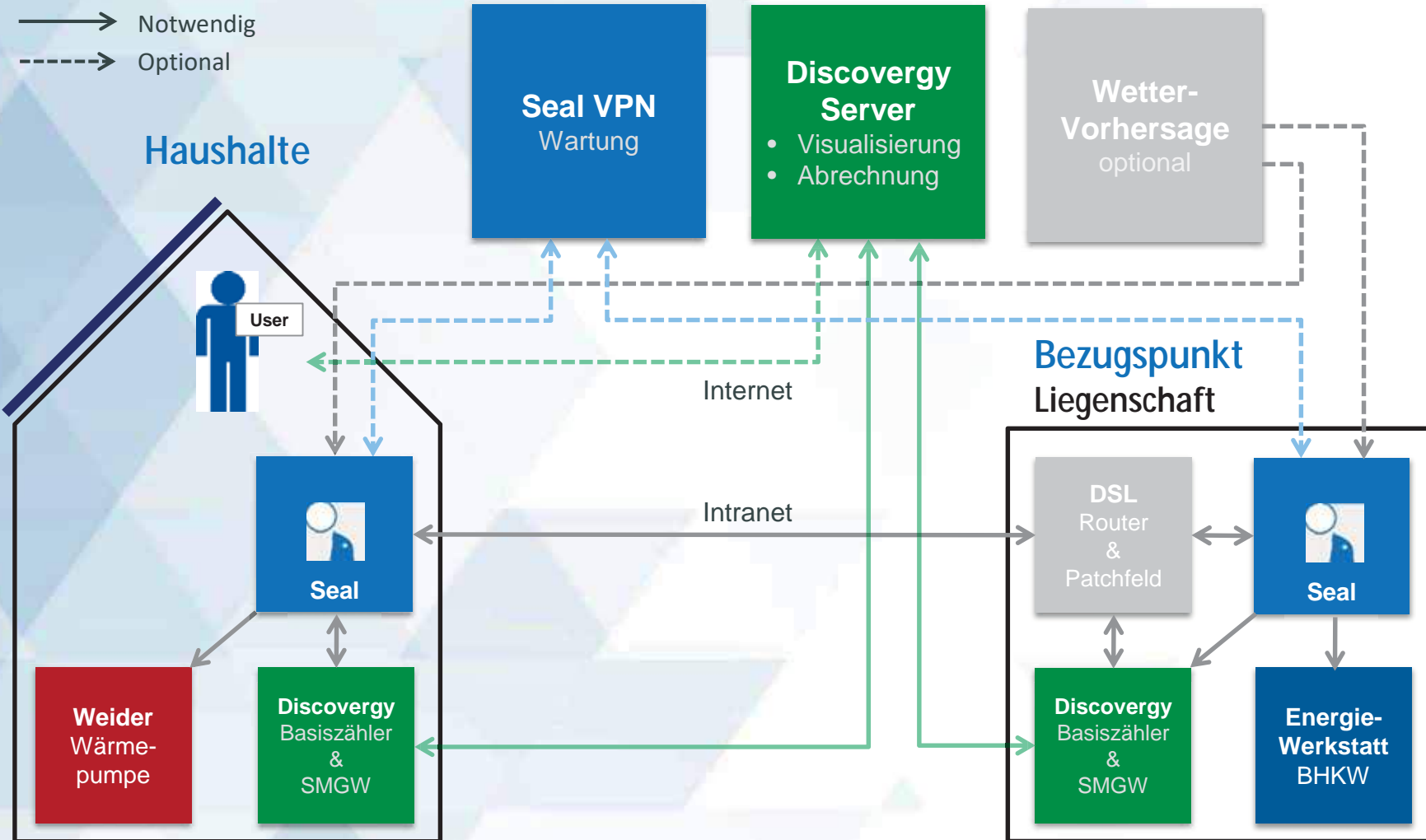
## 1 Liegenschaftsbezugspunkt bzw. Technikraum:

- DSL Anschluss für SMGWs und **Intranet/WAN**
- BHKW-Steuerung über **Modbus RTU**
- **Seriell RS485**



# Kommunikation

→ Notwendig  
 - - - - - Optional



# Einbeziehung der Bewohner




- Persönliche Betreuung
- Günstiger Stromtarif
- Sonderkonditionen Hausgeräte
- Kostenlose Installation
- Visualisierung von Energiedaten
- ...



# Pre-Testgeräte



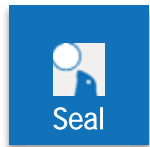
Steuerplatine einer Weider-Wärmepumpe im Simulationsmodus



Der Steueralgorithmus wird zukünftig direkt im Controller der Wärmepumpen implementiert

home connect

Modbus RTU



B/S/H/  
BSH HAUSGERÄTE GMBH

Kühl-/Gefrierkombination  
SIEMENS KG56FPI40

Hardware-in-the-Loop mit  
Virtuellem Demonstrator



Miele@home

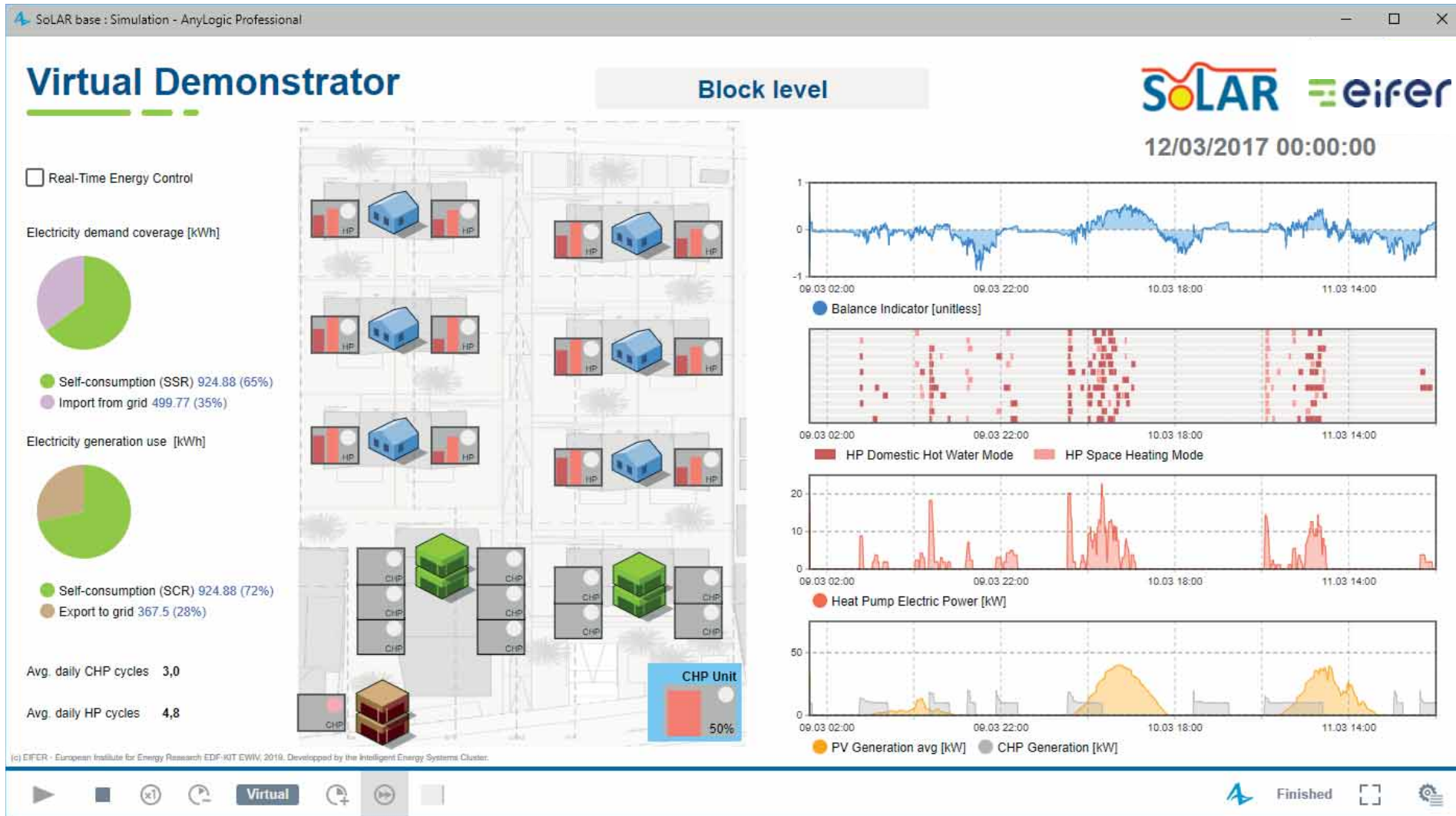
Geschirrspüler  
G 7310 SCU AutoDos

**Miele**



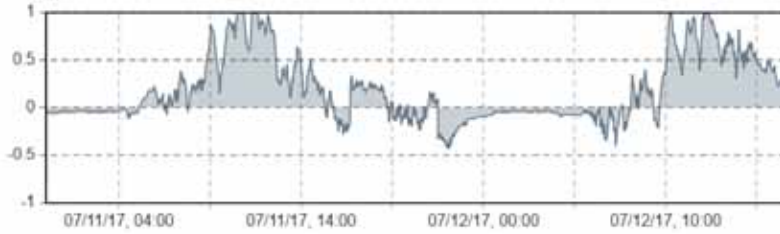


# Virtueller Demonstrator



# Dezentrales Energiemanagement

## Szenario Sommer (geringer Energiebedarf Wärmeerzeuger)

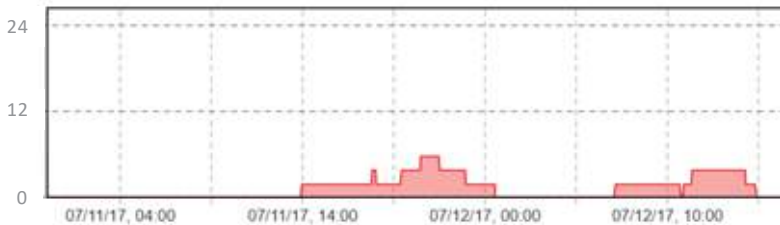


**Balance-Indikator**  
Wird gebildet aus Netzbezug bzw. Netzeinspeisung in Bezug auf die Nennleistung des Netzanschlusses des Quartiers (Kundenanlage)

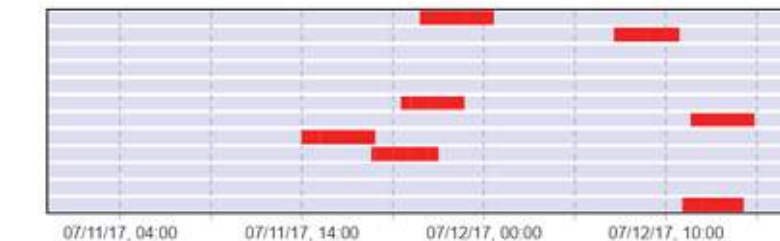


**Stromerzeuger**  
Stromerzeugung der PV-Anlagen (■) und des BHKW (■)

wärmegeführt



**Σ Wärmepumpen**  
Die Grafik zeigt die Summe der Leistungsaufnahmen der Wärmepumpen in 12 Häusern



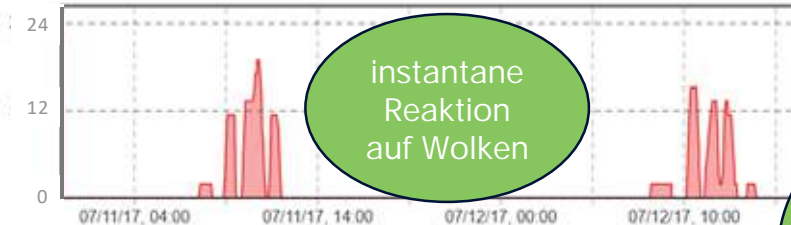
**Wärmepumpen**  
Einzelschalthandlungen der Wärmepumpen in 12 Häusern (Warmwasser)



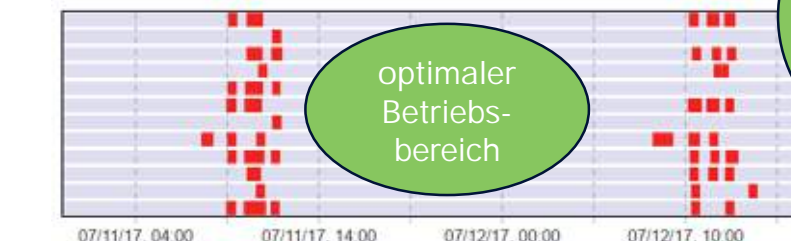
optimaler Betriebszeitpunkt



Easy Smart Grid



instantane Reaktion auf Wolken



optimaler Betriebsbereich

BHKW  
100%  
Eigennutzung



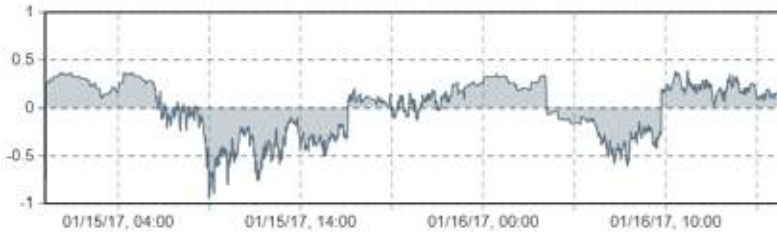
Wärmepumpen  
100%  
PV-Strom  
Peak-Leistung



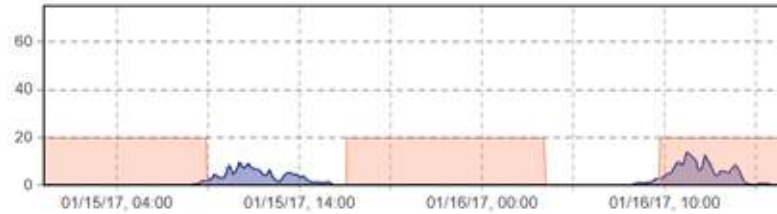


# Dezentrales Energiemanagement

## Szenario Winter (hoher Energiebedarf Wärmerezeuger)

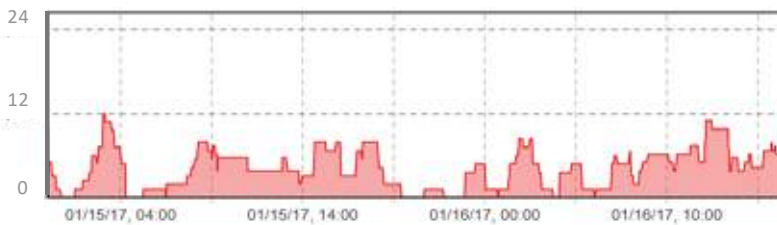


**Balance-Indikator**  
Wird gebildet aus Netzbezug bzw. Netzeinspeisung in Bezug auf die Nennleistung des Netzanschlusses des Quartiers (Kundenanlage)



**Stromerzeuger**  
Stromerzeugung der PV-Anlagen (■) und des BHKW (■)

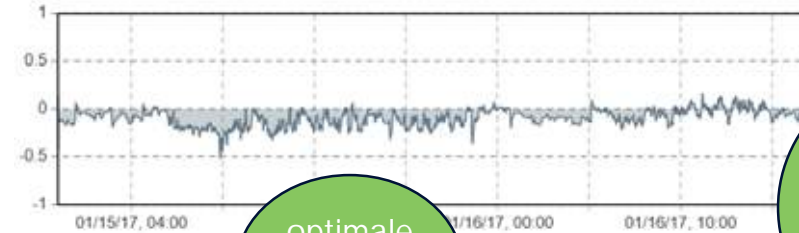
wärmegeführt



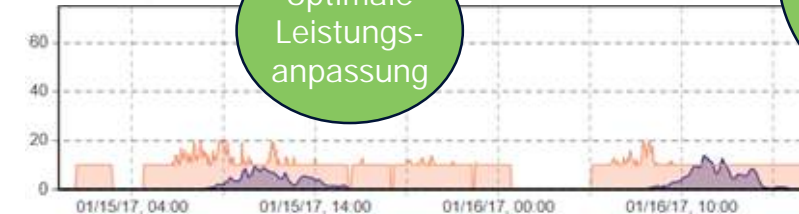
**Σ Wärmepumpen**  
Die Grafik zeigt die Summe der Leistungsaufnahmen der Wärmepumpen in 12 Häusern



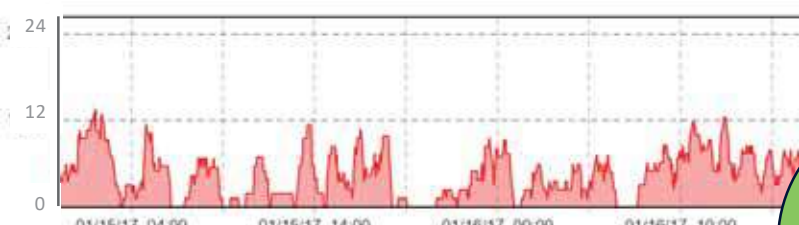
**Wärmepumpen**  
Einzelschalthandlungen der Wärmepumpen in 12 Häusern (■ Warmwasser, ■ Heizung)



optimale Leistungsanpassung



Easy Smart Grid



BHKW  
100%  
Eigennutzung

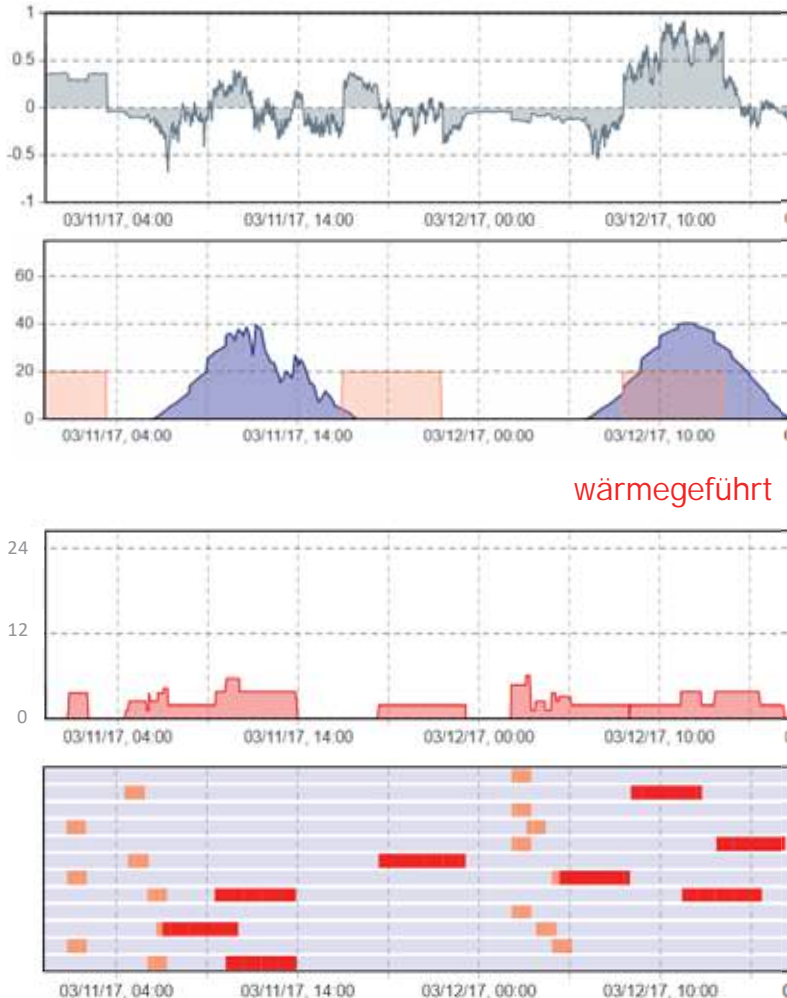


Wärmepumpen glätten Lastprofil

optional:  
PPA mit Windstrom



# Dezentrales Energiemanagement Szenario Frühling



wärmegeführt

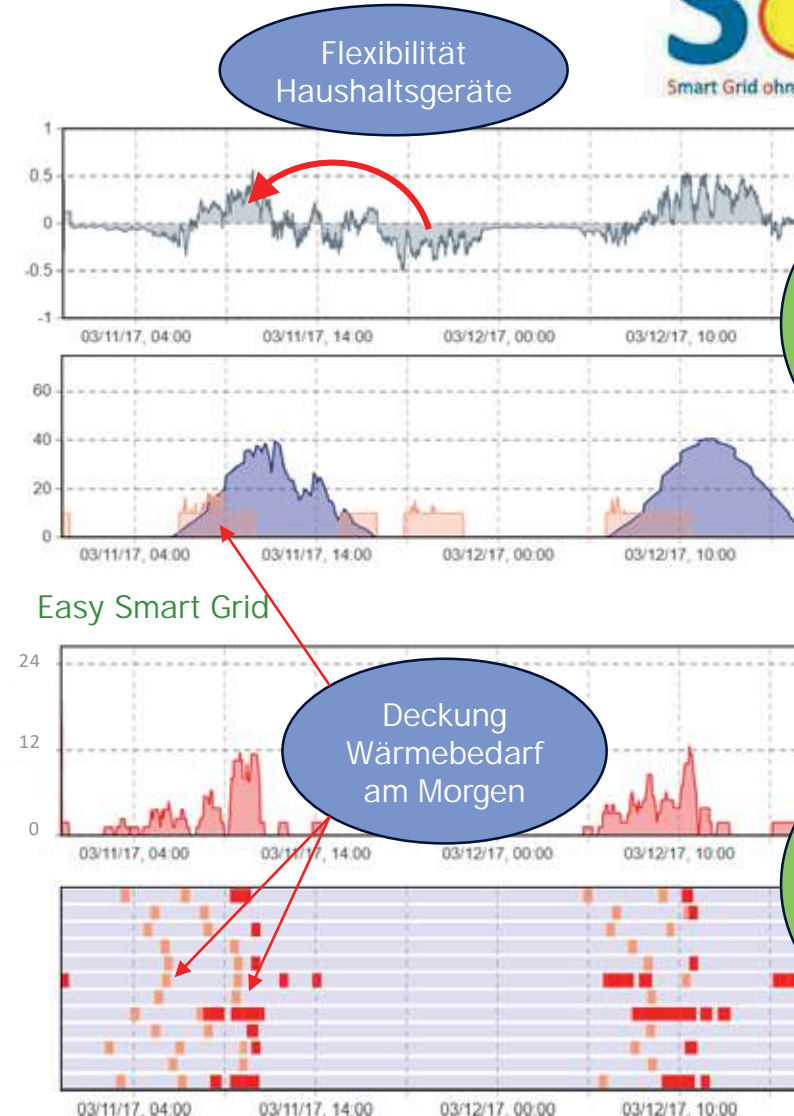


**Balance-Indikator**  
Wird gebildet aus Netzbezug bzw. Netzeinspeisung in Bezug auf die Nennleistung des Netzanschlusses des Quartiers (Kundenanlage)

**Stromerzeuger**  
Stromerzeugung der PV-Anlagen (■) und des BHKW (■)

$\Sigma$  Wärmepumpen  
Die Grafik zeigt die Summe der Leistungsaufnahmen der Wärmepumpen in 12 Häusern

**Wärmepumpen**  
Einzelschalthandlungen der Wärmepumpen in 12 Häusern (■ Warmwasser, ■ Heizung)



Flexibilität  
Haushaltsgeräte

50%  
weniger  
Lastspitzen

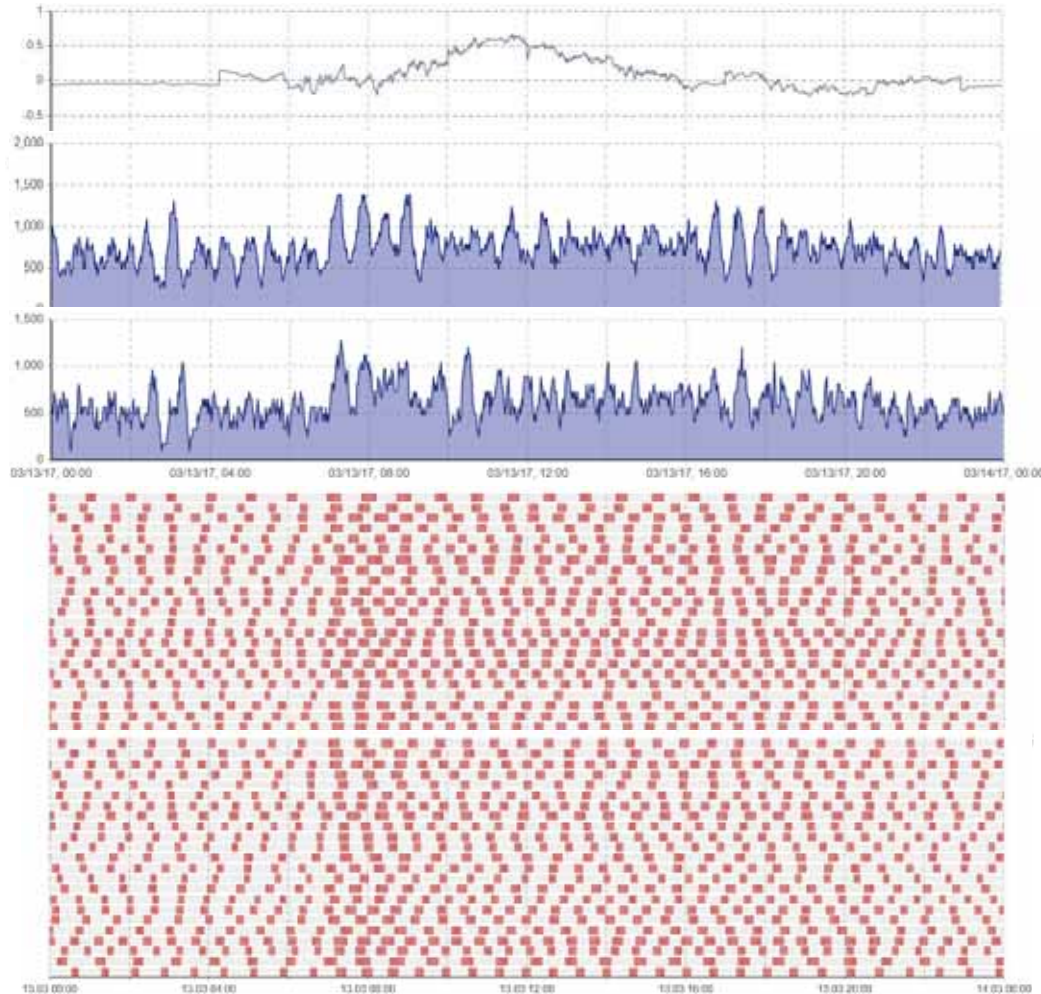
Deckung  
Wärmebedarf  
am Morgen

BHKW plus  
Wärmepumpen  
optimaler  
Betrieb



# Steuerung von Geräten mit kleinem Speicher

## Beispiel Kühl- und Gefriergeräte



Balance Indicator  
(BHKW und Wärmepumpen mit BI gesteuert)

Leistungssumme Kühlgeräte  
(nur über Temperatur gesteuert)

Leistungssumme Gefriergeräte  
(nur über Temperatur gesteuert)

Betriebszeiten Kühlgeräte  
(nur über Temperatur gesteuert)

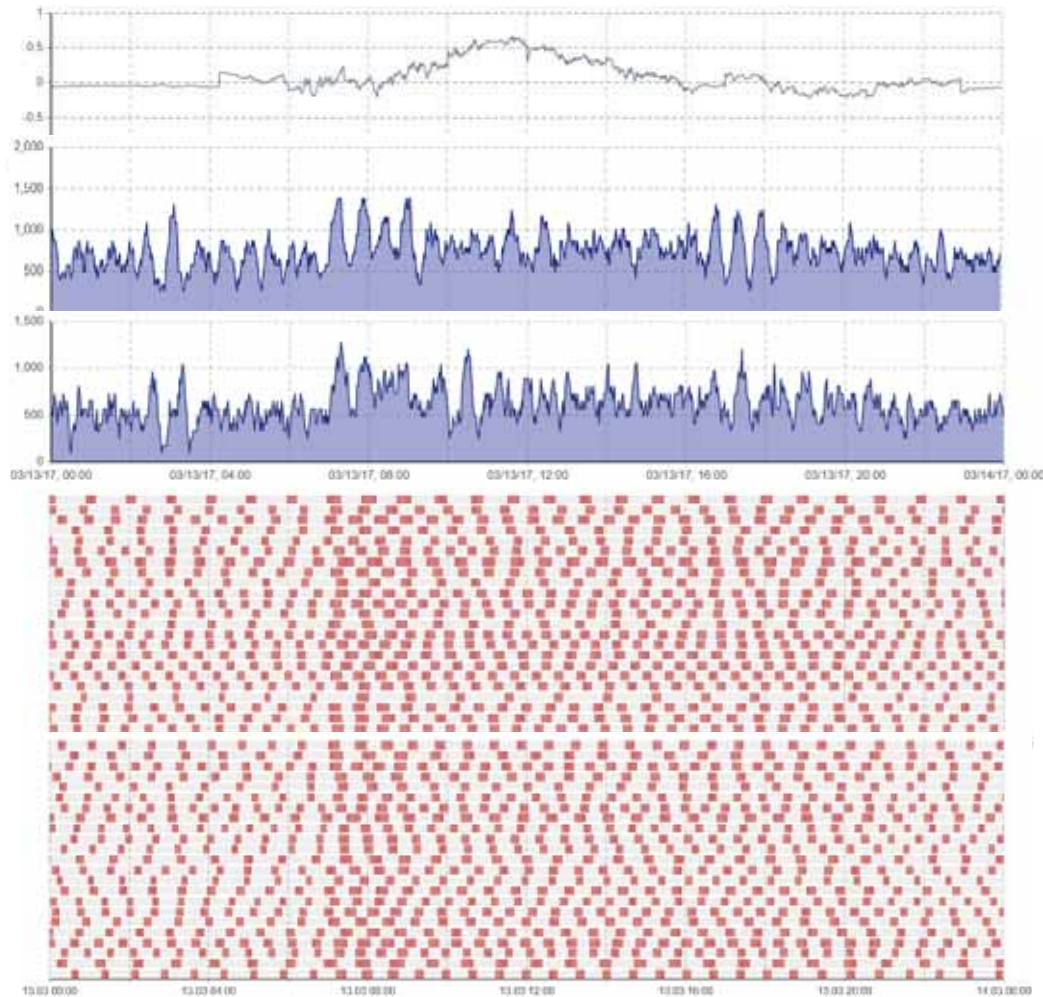
Betriebszeiten Gefriergeräte  
(nur über Temperatur gesteuert)





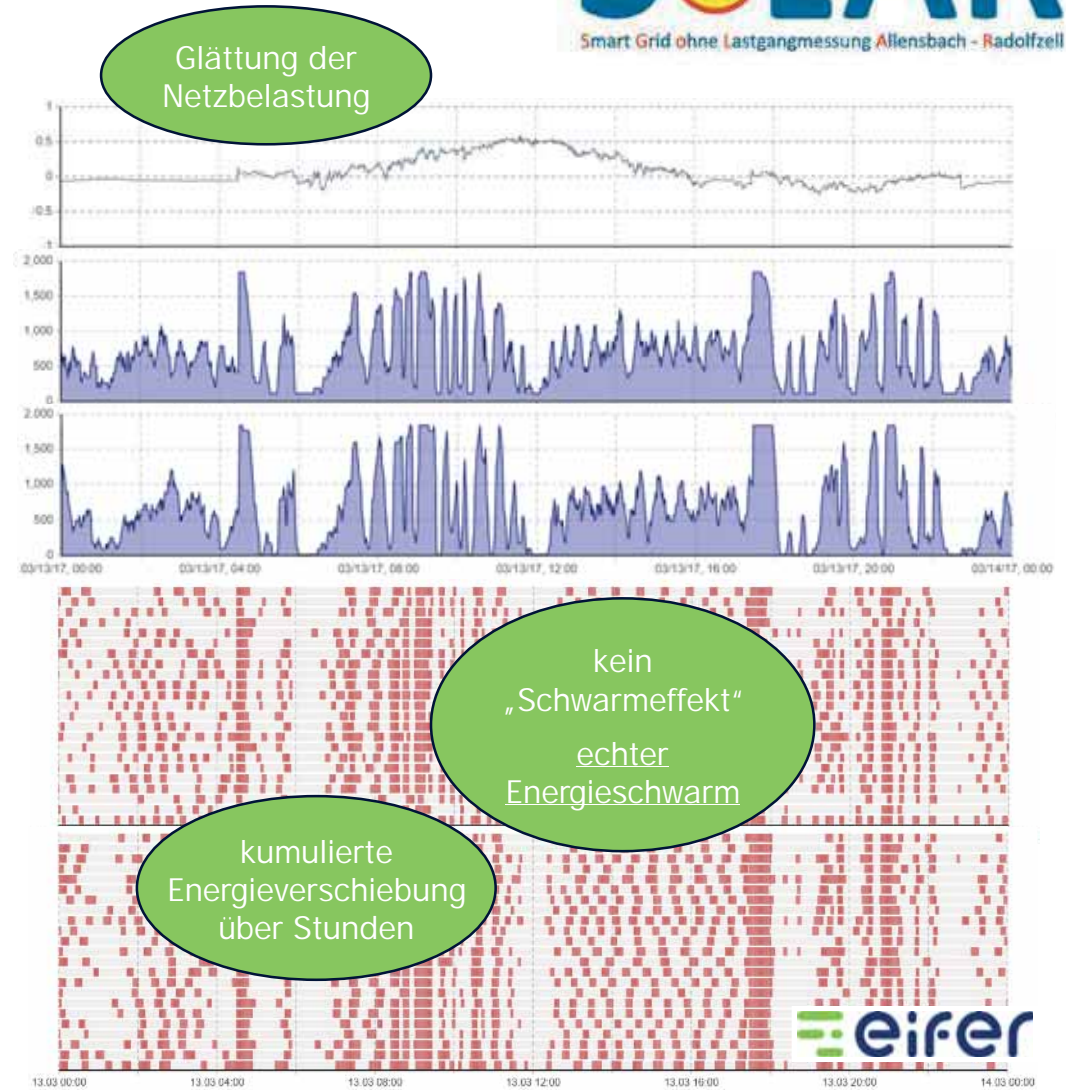
# Steuerung von Geräten mit kleinem Speicher

## Beispiel Kühl- und Gefriergeräte



Steuerung über  
Balance Indicator

Temperatur-  
spreizung erhöht  
von 2,5 °C auf 6 °C



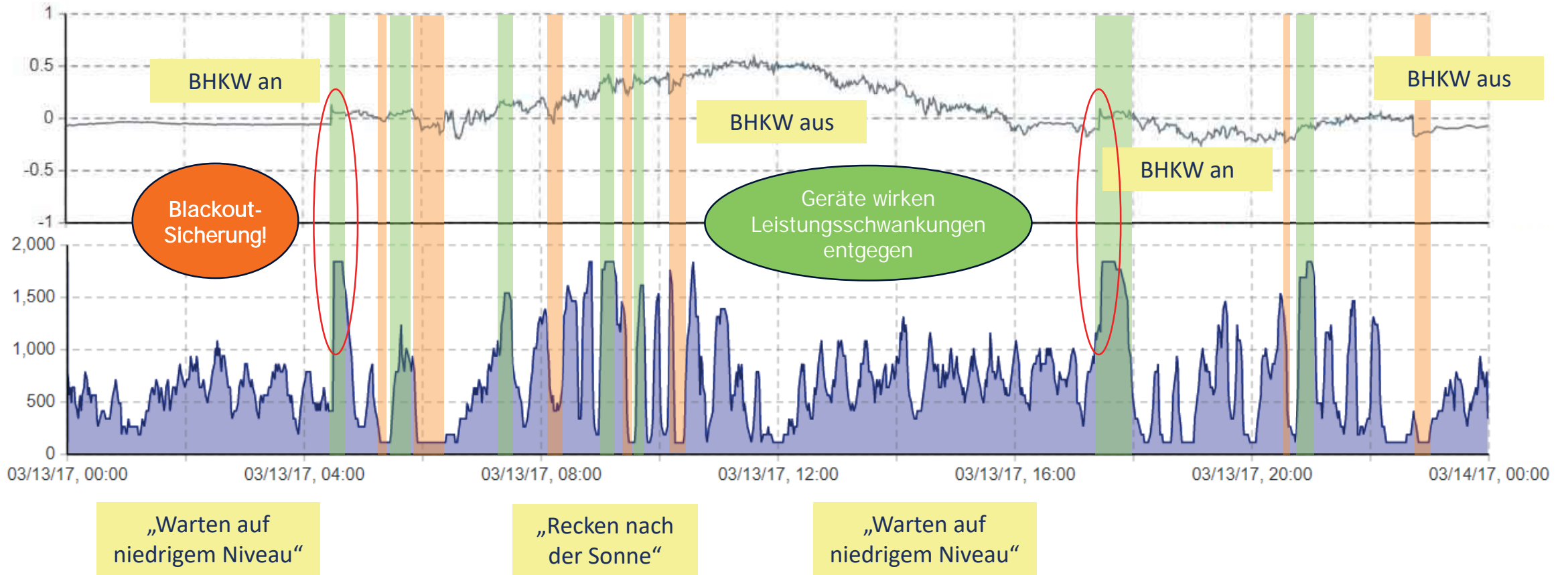
Glättung der  
Netzbelastung

kein  
„Schwarmeffect“  
echter  
Energieschwarm

kumulierte  
Energieverschiebung  
über Stunden



# Steuerung von Geräten mit kleinem Speicher Beispiel Kühl- und Gefriergeräte



# Steuerung von Geräten mit kleinem Speicher Beispiel Kühl- und Gefriergeräte

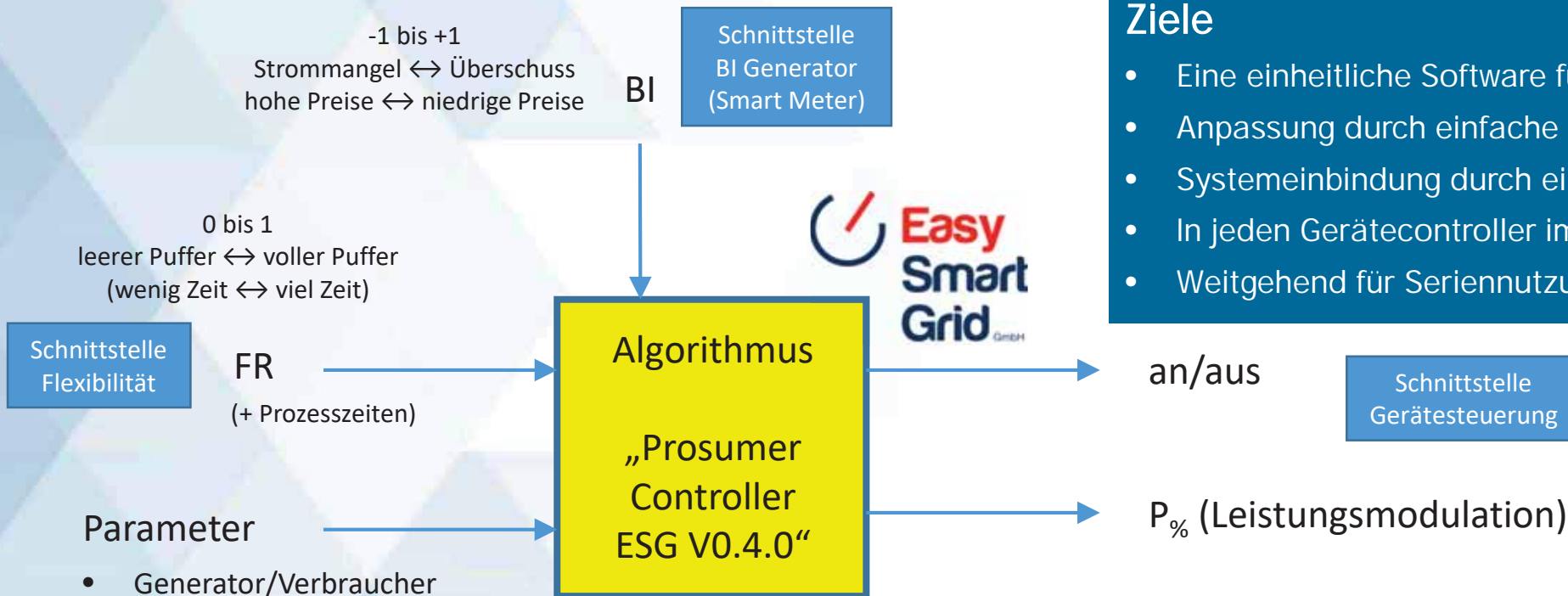


# Weiterentwicklung des Controller-Algorithmus

(durch Easy Smart Grid zur Verfügung gestellt)

## Ziele

- Eine einheitliche Software für alle Gerätetypen
- Anpassung durch einfache Parametrierung
- Systemeinbindung durch einfache Schnittstellen
- In jeden Gerätecontroller implementierbar
- Weitgehend für Seriennutzung vorbereitet



## Parameter

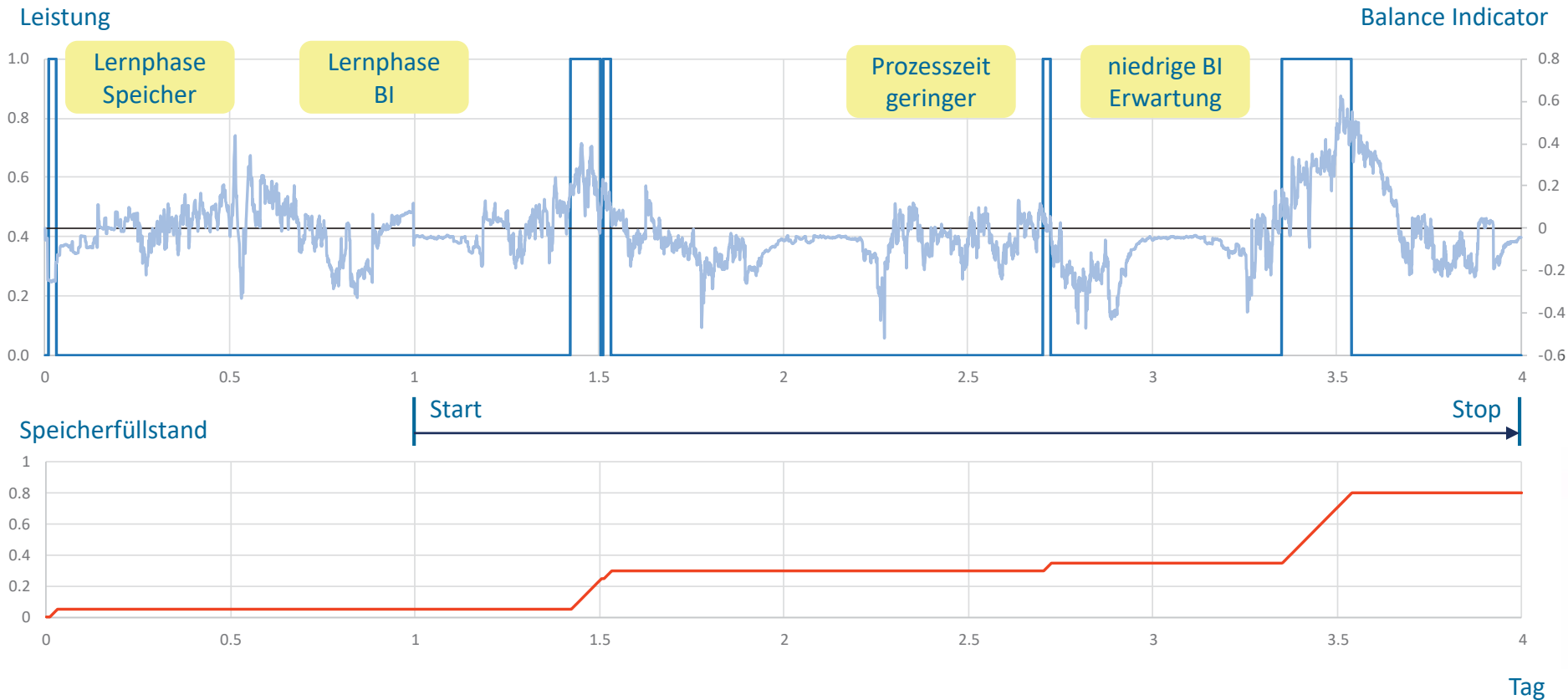
- Generator/Verbraucher
- max. Zyklenzahl
- Mindestlaufzeit
- Mindeststopzeit
- mögliche Modulation
- Speicherreserven

Schnittstelle  
Gerätedaten

- Keine weiteren Informationen über Preise, Speicherkapazitäten etc. notwendig
- Selbständige Optimierung des Schaltverhaltens innerhalb weniger Lastzyklen
- Betrieb des zugehörigen Systems nahe dem funktionellen und wirtschaftlichen Optimum



# Prozessflexibilität – Laden von Elektrofahrzeugen

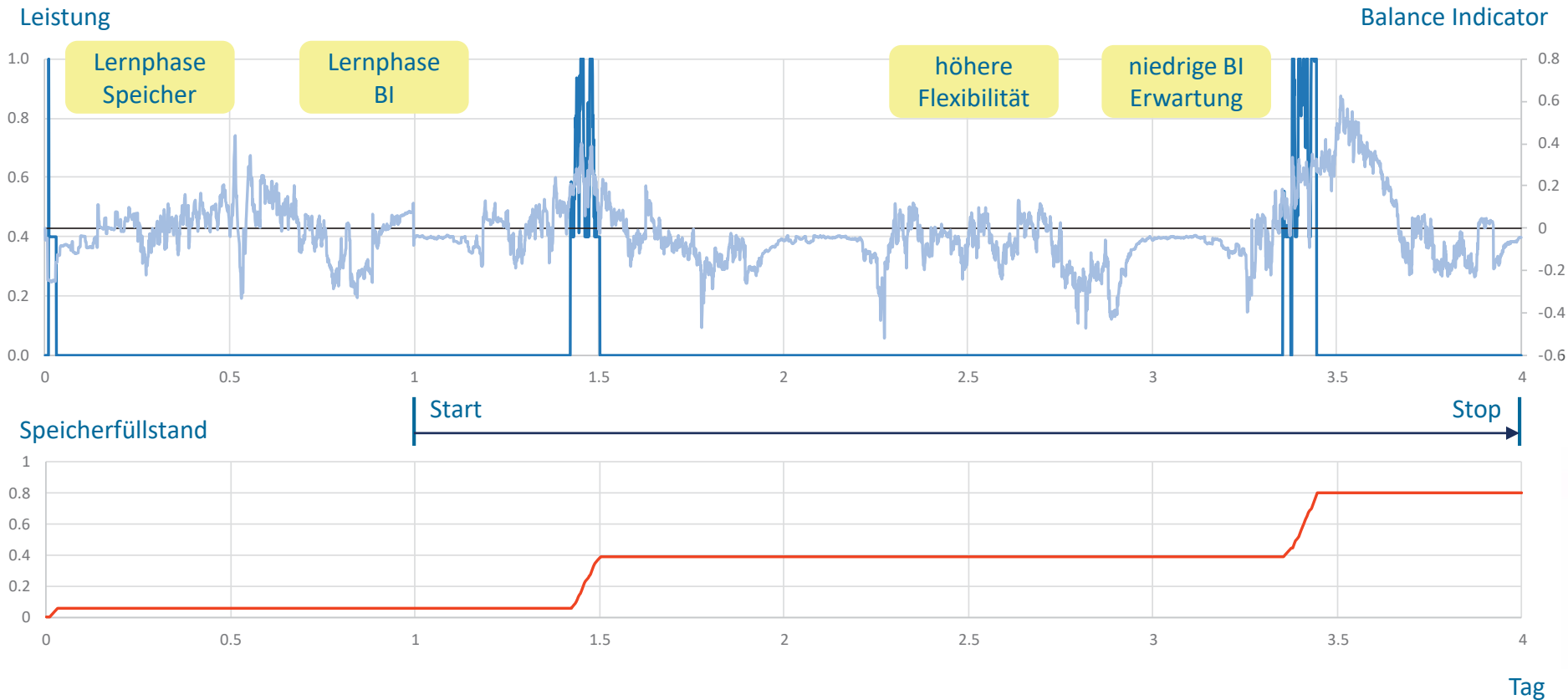


**Aufgabe**  
Laden eines Elektrofahrzeuges

Zeitdauer: 3 Tage  
 Mindestladezeit: 30 min  
 Startfüllstand: 5 % (2 kWh)  
 Zielfüllstand: 80 % (33 kWh)  
 Ladeleistung: 4,6 kW



# Prozessflexibilität – Laden von Elektrofahrzeugen



**Aufgabe**  
Laden eines Elektrofahrzeuges

Zeitdauer: 3 Tage  
 Mindestladezeit: 30 min  
 Startfüllstand: 5 % (2 kWh)  
 Zielfüllstand: 80 % (33 kWh)  
 Ladeleistung: 11 kW  
 bis 40 % moduliert



# Prozessflexibilität – Geschirrspüler



Aufgabe  
Betrieb eines Geschirrspülers

Zeitdauer: 9 Stunden  
Prozessdauer: 80 min

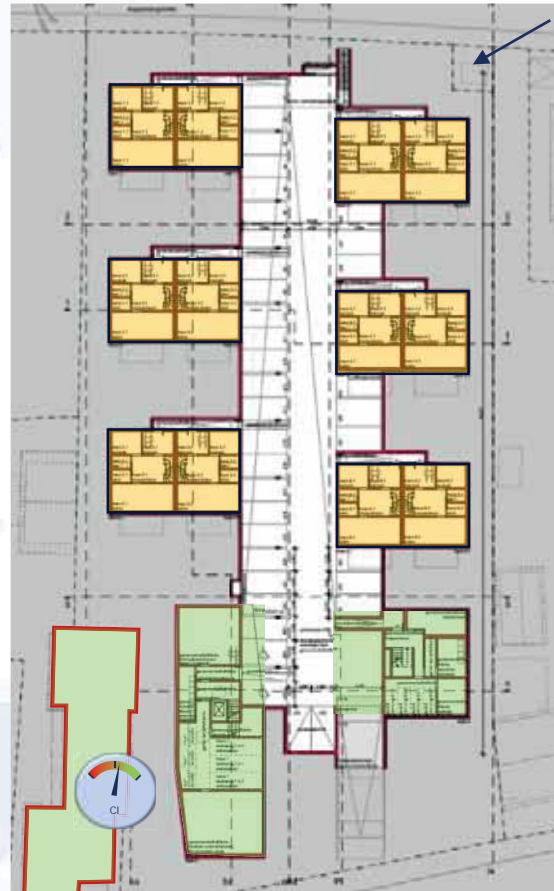




# Wie die Zukunft demonstriert wird



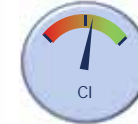
Nord



## Phase 2: Tarif mit Echtzeitpreisen



Europäische Netzfrequenz  
(Virtueller Demonstrator)



Belastung des  
Ortsnetztransformators



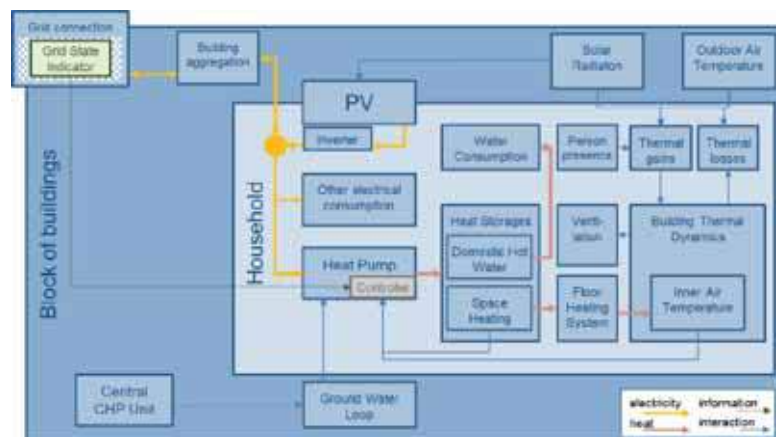
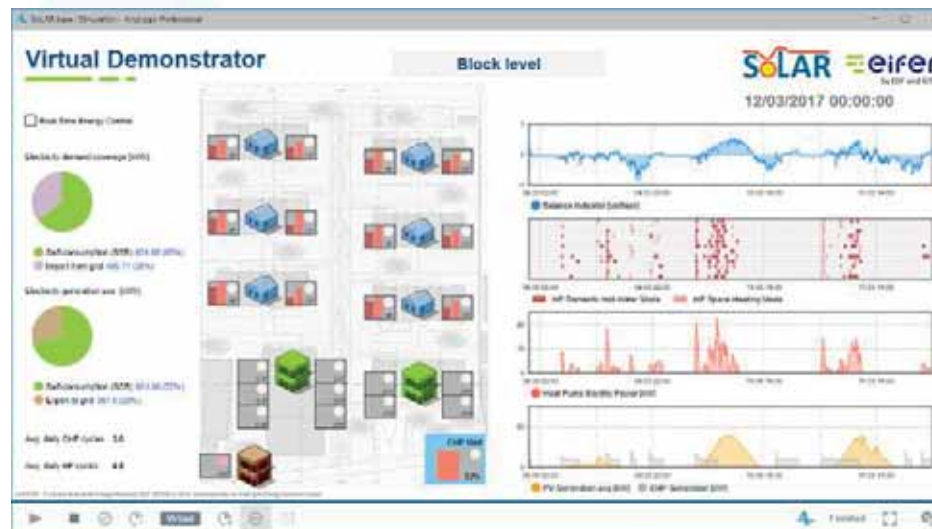
... ggf. Spannung am  
Hausanschluss

Ziel:  
Stabilisierung des Stromnetzes  
Einheitliches Tarifsystem



# Der Virtuelle Demonstrator

- Hochdetaillierte Abbildung der Allensbach Liegenschaft durch ein agentenbasierte Simulationsmodell
- Auflösung von 1 Sekunde ermöglicht Entwicklung & Tests des Controllers & Energiemanagementsystems, auch als Hardware-In-The-Loop
- Darstellung der thermischen und elektrischen Flüsse auf Geräte, Haushalts, Gebäude und Liegenschaftsebene und deren Interaktionen
- Thermische Nachfrage: 1 Zonen RC Modell für jeden Haushalt, Darstellung des Heizungssystems und der Wärmespeicher
- Elektrische Nachfrage: Lastprofil-Generator für statische Profile, dynamische Modelle für steuerbare Lasten: Wärmepumpe, Kühlgeräte, Batterien
- Erzeugung:
  - Modulierbares BHKW
  - PV Anlagen unter Berücksichtigung ihrer Positionierung und der Dachausrichtung

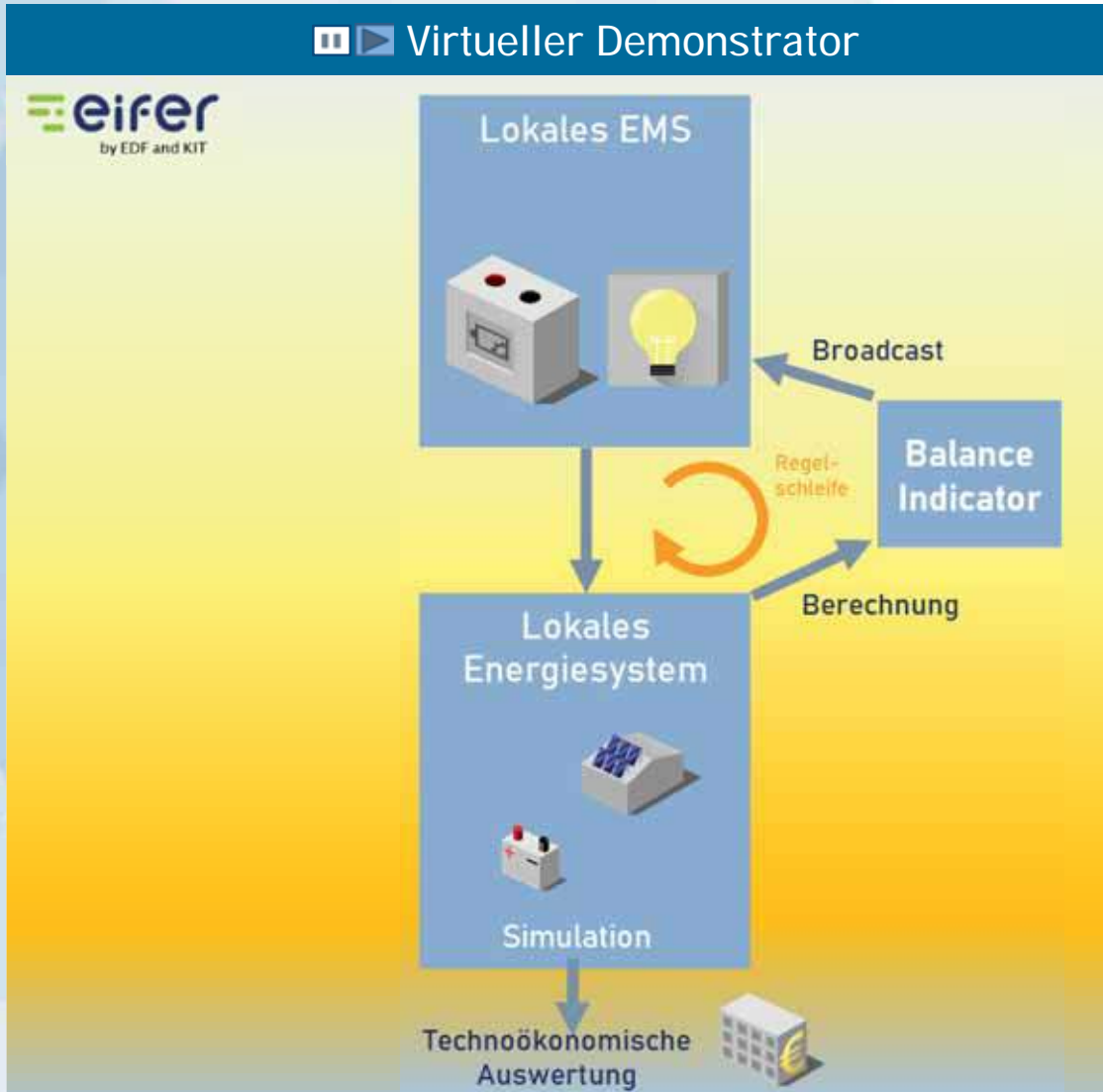


# Digital Twin - Anwendungsfälle



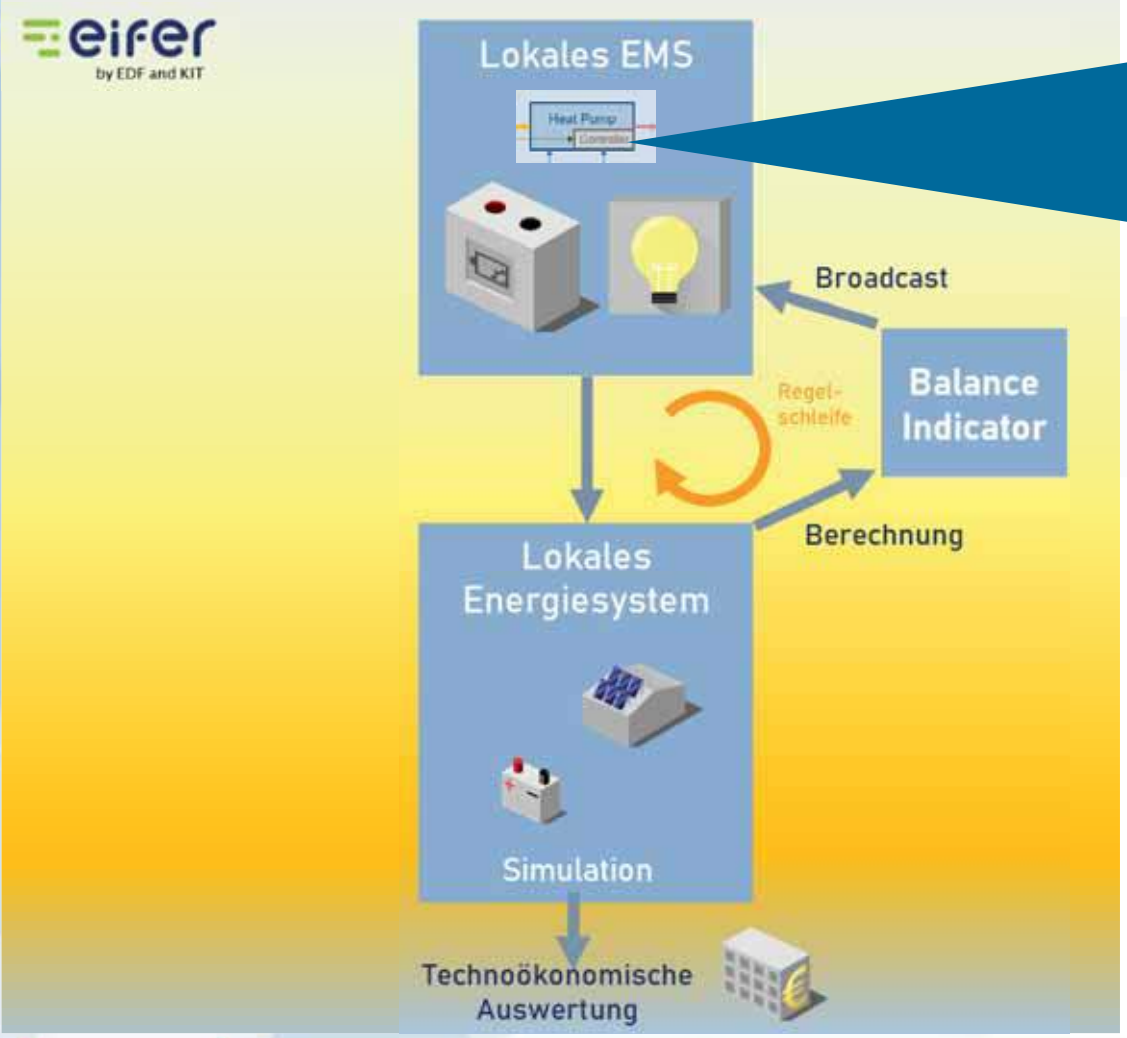


# Digital Twin: 1. Virtuelle Demonstration



# Digital Twin: 2. Hardware-In-The-Loop

## Virtueller Demonstrator



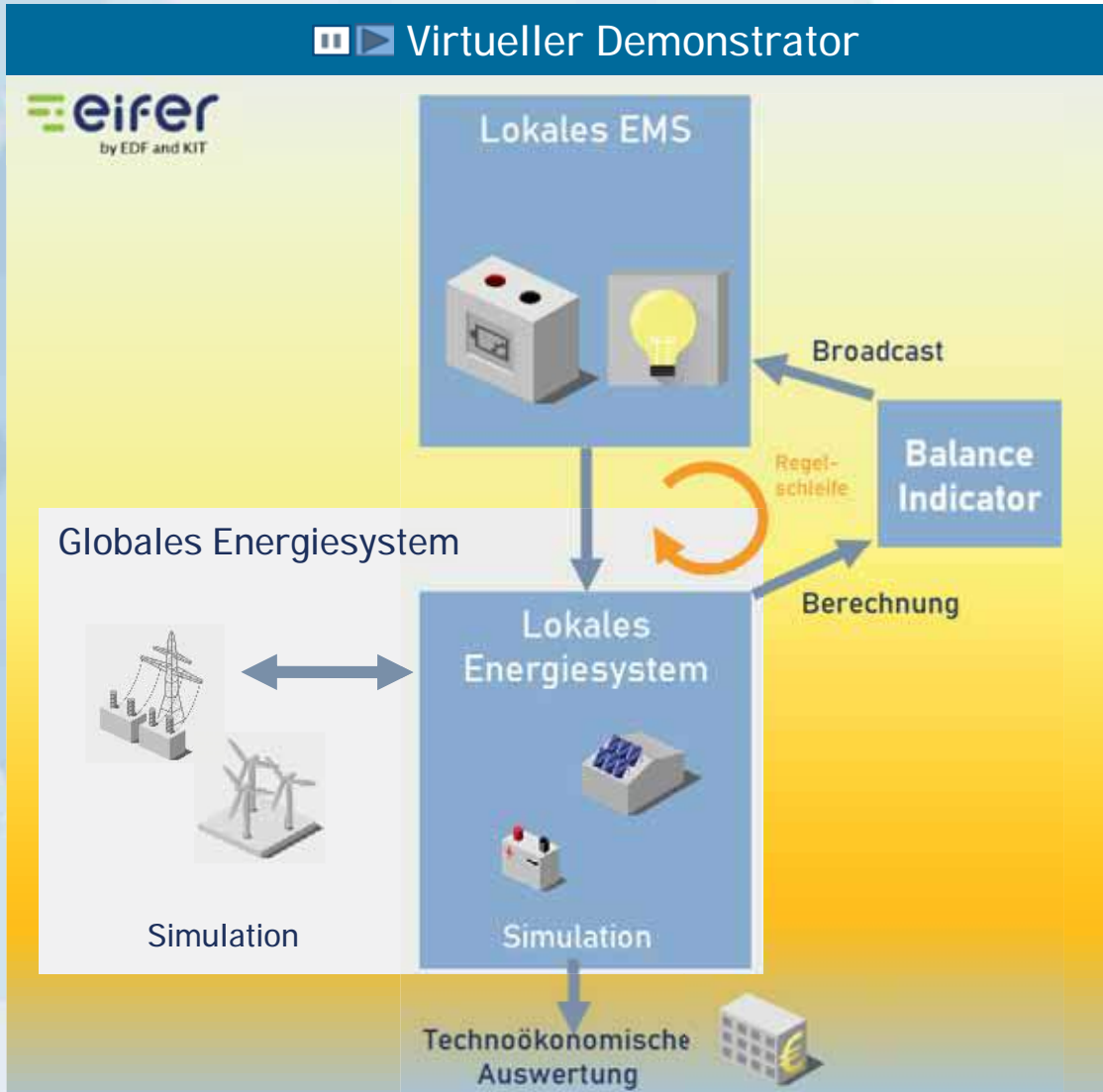
Regel-schleife



Hardware-In-The-Loop (HiL)  
"Austausch" von Simulationsmodellkomponenten  
mit realer Hardware (im Labor)

*Hier am Bsp. Wärmepumpen-Controller*

# Digital Twin: 3. Virtuelle Skalierung



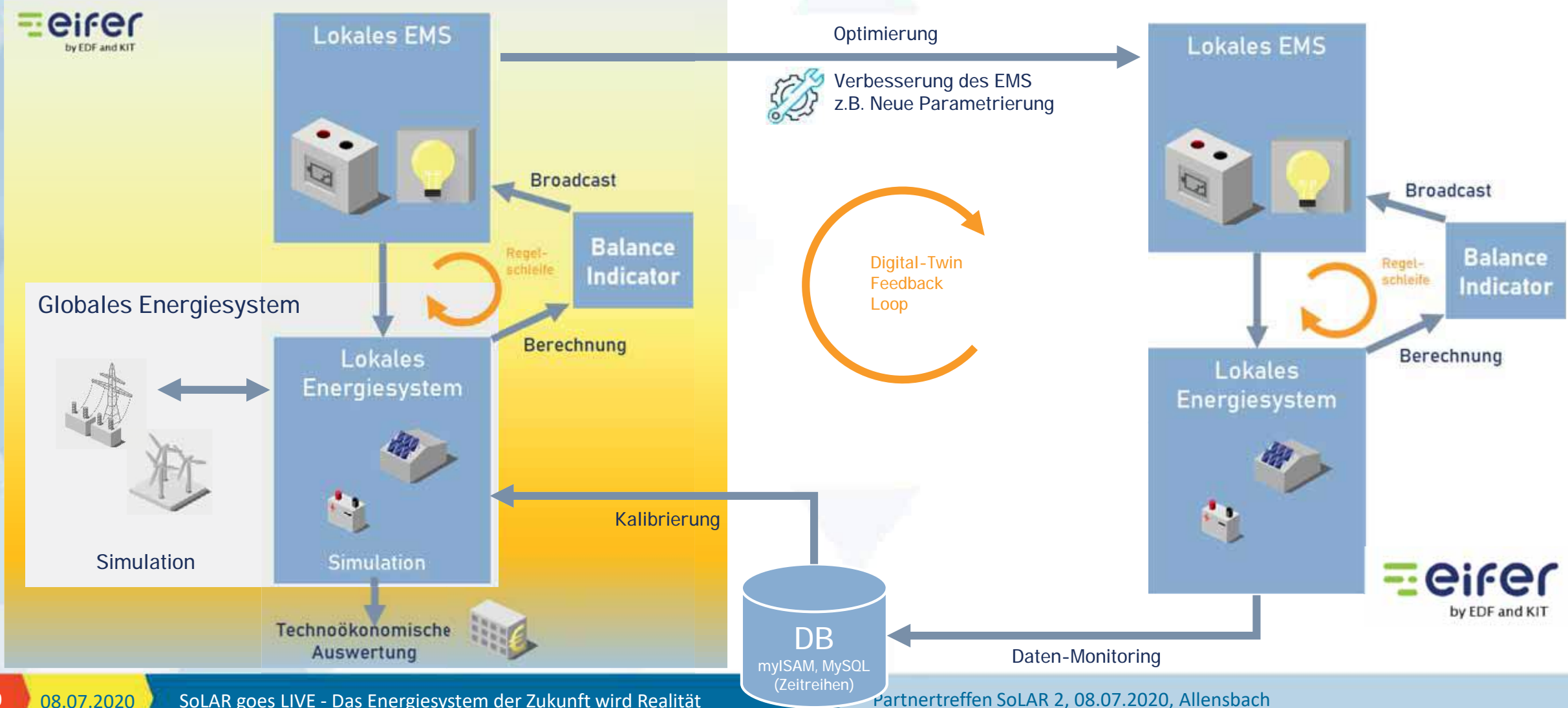


# Digital Twin: 4. Kopplung mit Liegenschaft

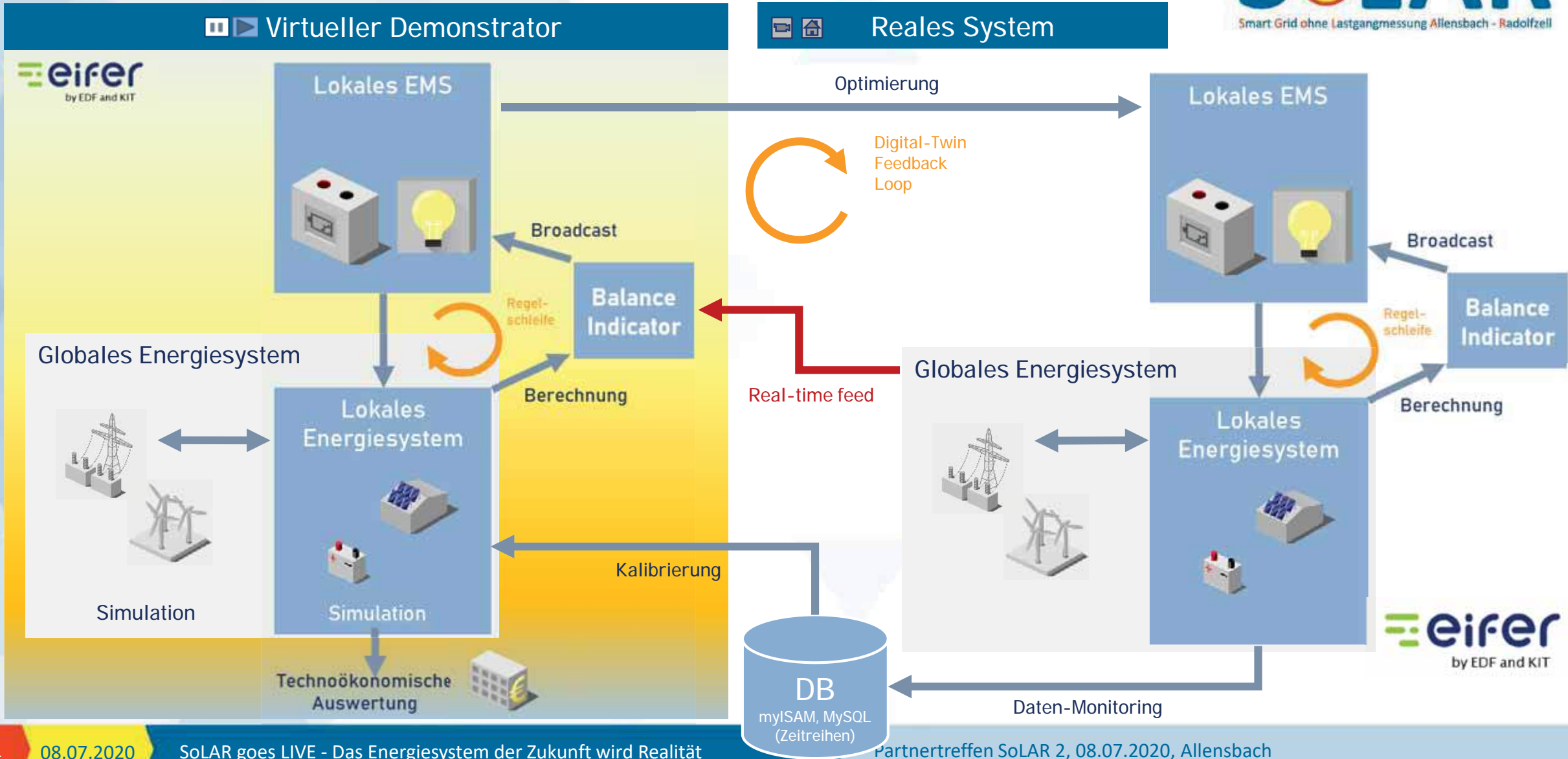


## Virtueller Demonstrator

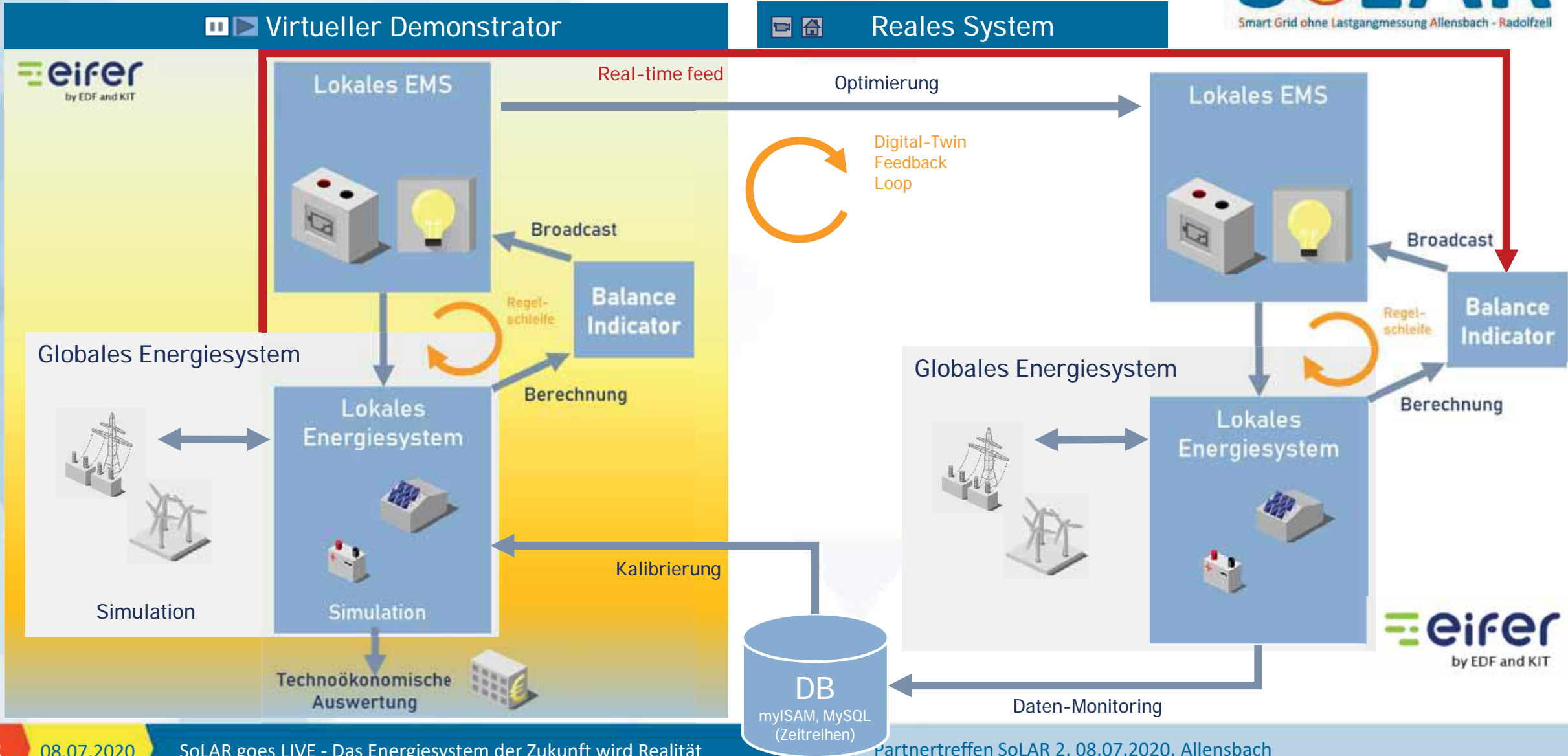
## Reales System



# Digital Twin: 5. Realer BI in Simulation

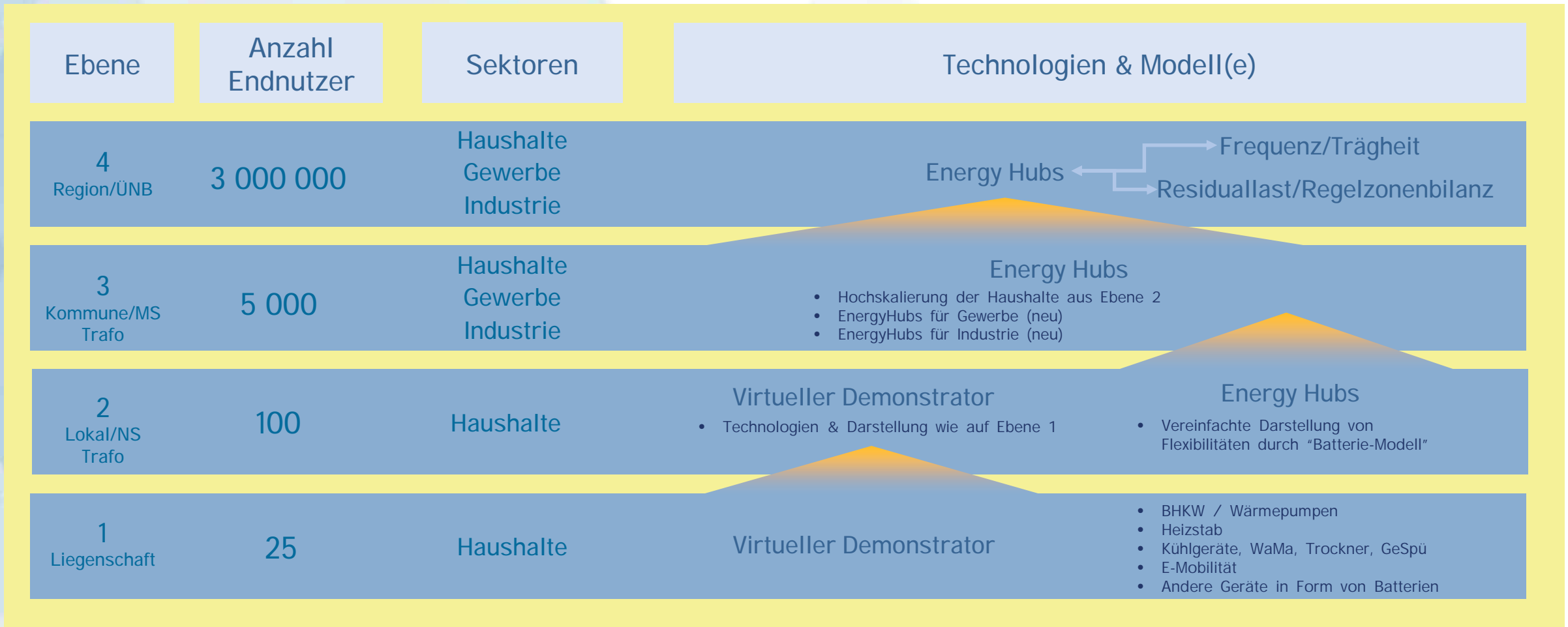


# Digital Twin: 6. Synthetischer BI in Liegenschaft

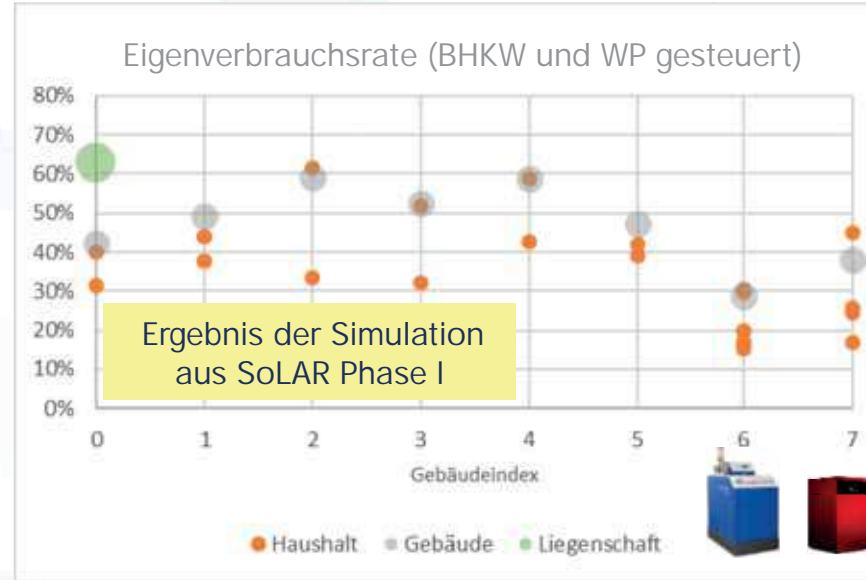
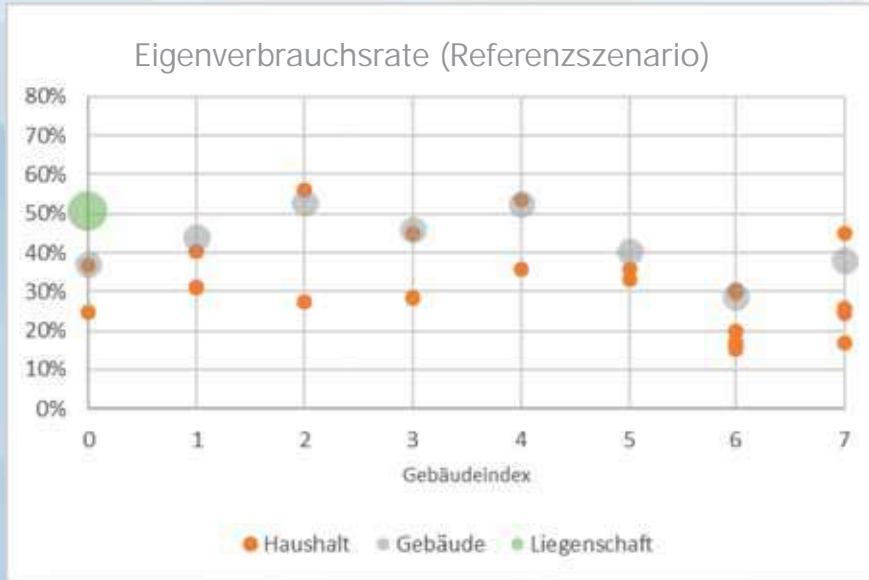




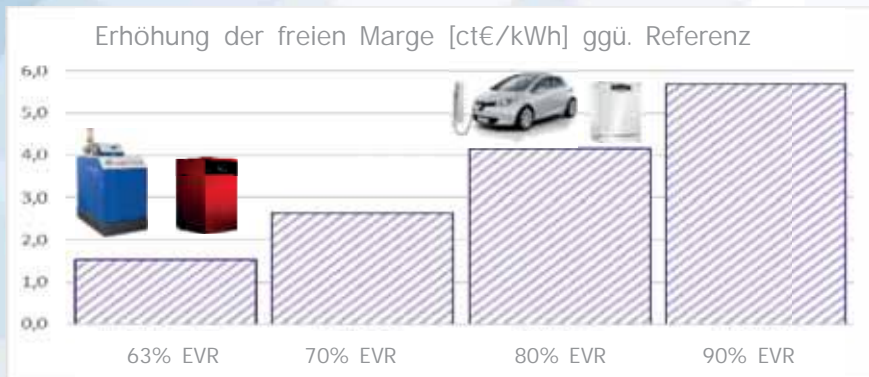
# Ausblick: Extrapolationskonzept



# Erhöhung der Eigenverbrauchsrate (EVR)



Virtueller Demonstrator



Erhöhung Eigenverbrauch  
50% → 66%  
(BHKW und WP)

Wärme-Sektorkopplung  
> 80%  
vom theoretischen Optimum

Projektziel  
> 80% EVR  
→ 4 bis 6 ct/kWh  
zus. Marge

Technologiekosten  
4 → << 1 ct/kWh



# Netzentgelte

Preise für die Nutzung des Stromverteilnetzes der Netze BW GmbH

Gültig ab 1. Januar 2020

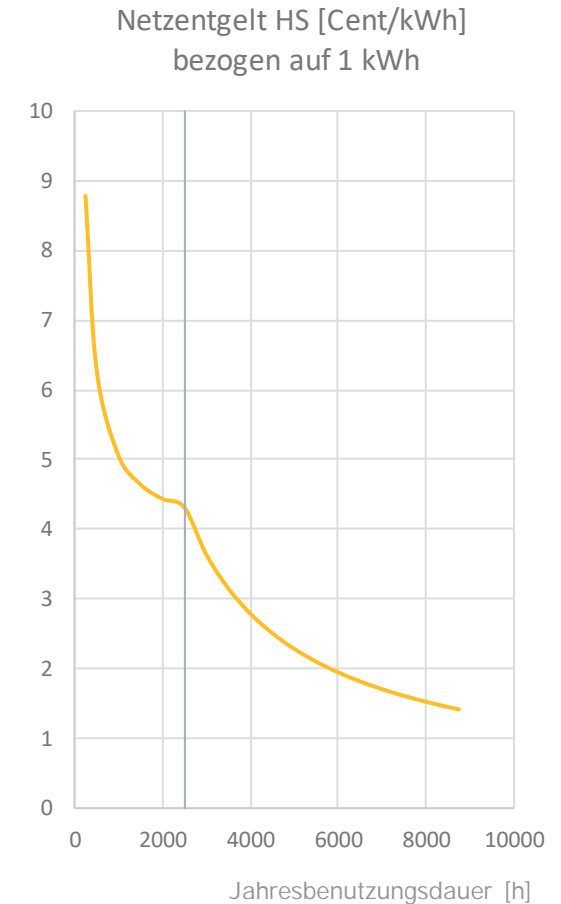


## Preisblatt 1 - Entgelte für Jahresleistungspreissystem der Entnahmestellen mit registrierender Lastgangmessung

Leistungspreissystem für Entnahmestellen mit registrierender Lastgangmessung	Jahresleistungspreissystem			
	Jahresbenutzungsdauer $T_m < 2.500$ h/a		Jahresbenutzungsdauer $T_m \geq 2.500$ h/a	
	Leistungspreis €/kWa	Arbeitspreis Cent/kWh	Leistungspreis €/kWa	Arbeitspreis Cent/kWh
<u>Hochspannungsnetz</u>	12,42	3,82	101,48	0,26
Umspannung Hoch-/Mittelspannung	12,72	3,90	103,31	0,27
Mittelspannungsnetz	18,36	5,23	129,11	0,80
Umspannung Mittel-/Niederspannung	18,56	5,31	131,36	0,80
Niederspannungsnetz	18,80	5,32	113,78	1,52

Entgelte zuzüglich Aufschläge gemäß § 19 Abs. 2 StromNEV (Preisblatt 6), KWK-Gesetz (Preisblatt 7), § 17f EnWG (Preisblatt 8) und § 18 AbLaV (Preisblatt 9).

Hinzu kommen die Konzessionsabgabe und die Umsatzsteuer. Zusätzlich werden die Entgelte für Messstellenbetrieb erhoben - sofern die Netze BW GmbH diese Leistung erbringt.



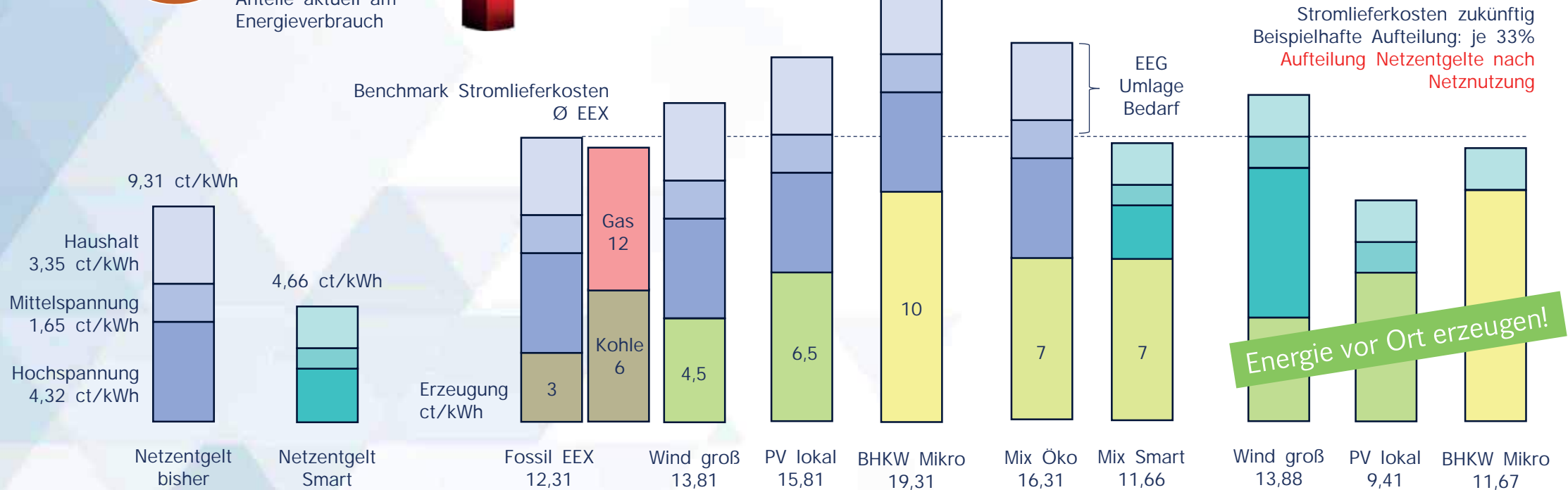


# Geringere Energiekosten durch Sektorkopplung und dezentrales Energiemanagement



Durch **Sektorkopplung** wird der Stromverbrauch mehr als verdoppelt. Durch **intelligentes Energiemanagement und dezentrale Anlagen** muss das Netz nur unwesentlich ausgebaut werden.

→ Die spezifischen Netzentgelte können in etwa halbiert werden  
**Erneuerbare Energie ist deutlich günstiger als fossile!**



## Stand Bauvorhaben





# Stand Bauvorhaben





# Stand Bauvorhaben



# Zeitplan Bauvorhaben

Starttermine	Haus	1	2	3	4	5	6	7	8
Kellerrohbau		Jan 20	Feb 20	März 20	April 20	Mai 20	Juni 20	Juli 20	Aug 20
Holzbaumontage		06.04.20	04.05.20	25.05.20	06.07.20	20.07.20	03.08.20	24.08.20	05.09.20
HLS-Installation		11.05.20	22.06.20	13.07.20	03.08.20	24.08.20	14.09.20	05.10.20	26.10.20
Elektro-Rohinstallation		Mai 20	Juli 20	Aug 20	Sep 20	?	?	?	?
Estrich		06.06.20	22.07.20	19.08.20	02.09.20	?	?	?	?
Trockenbau		?	?	?	?	?	?	?	?
Abnahme		?	?	?	?	?	?	?	?
Einzug		17.08.20	17.09.20	Dez 20	Jan 21	03.03.21	?	04.03.21	27.01.21

# Projektplan



Nr. Arbeitspaket	2018				2019				2020				2021		
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3
<b>Teilprojekt 2: Demonstration</b>															
7 Anpassung Anlage Pilotliegenschaft															
8 Ausrüstung ONT und Lieferbezugszähler															
9 Intelligente Messsysteme iMSys															
10 MSR-Technik															
11 Umsetzung Regelkonzept II (Verfeinerung)															
12 Programmierung und Inbetriebnahme															
13 Kontrollierter Betrieb															
14 Virtueller Demonstrator II (Erweiterung)															
15 Stabilitätsnachweis II (real + in-the-loop)															
16 Bilanzierung, Preise und Entgelte II (Details)															
17 Sensitivität und Wirtschaftlichkeit II (Details)															
18 Virtueller Bilanzkreis															
19 Technische Spezifikation															
20 Vertragsgestaltung															
21 Projektdokumentation															

Planung 15.07.2019
Verlängerungen / Verschiebungen
Verschiebung/Aufteilung Meilensteine
im Plan
Verzögerungen

... ein Jahr komplett!



## Nächste Schritte Q3

- Verträge und Informationen für Bewohner
- Informationstag für Bewohner planen und umsetzen
- Wärmepumpen Haus 1 mit IKT ausrüsten
- BHKW Aufstellung Mitte August
- Wärmepumpen mit Prosumer Controller V0.3 ansteuern
- Prosumer Controller V0.4 in Virtuellem Demonstrator umsetzen
- Geschirrspüler etc. in Virtuellem Demonstrator umsetzen
- Extrapolation des Virtuellen Demonstrators über die Liegenschaft hinaus
- Server vor Ort installieren – Erste Aufnahme von Zeitreihen
- Untersuchungen zu Wirtschaftlichkeit BHKW mit hoher Leistung

Danke für Ihre  
Aufmerksamkeit!

