

Eigenverbrauchsoptimierung mit Wärmepumpen

**Prof. Dr. D. Zogg
Smart Energy Control AG
Fachhochschule Nordwestschweiz**

**www.smart-energy-control.ch
www.fhnw.ch**

Potential und Kosten thermische und elektrische Speicherung für Einfamilienhaus Massivbau

Speicher	Kapazität	Entspricht Anzahl stationärer Batterien	Zusatzkosten Installation gebäudeseitig	Anzahl Ladezyklen
Gebäudemasse (Beton Massivbau)	ca. 60 kWh (bei 3°C Temperatur-anhebung)		keine	beliebig
Warmwasser-Speicher	10..20 kWh		keine	beliebig
Batteriespeicher im Elektromobil	20..80 kWh		ca. 1'000 CHF (Ladestation)	ca. 5'000
Batteriespeicher stationär	10 kWh		ab 10'000 CHF	ca. 5'000

Potential und Kosten

thermische und elektrische Speicherung für Mehrfamilienhaus 2-3 Wohneinheiten



Speicher	Kapazität	Entspricht Anzahl stationärer Batterien	Zusatzkosten Installation gebäudeseitig	Anzahl Ladezyklen
Gebäudemasse (Beton Massivbau)	ca. 120 kWh* (bei 3°C Temperatur-anhebung)		keine	beliebig
Warmwasser-Speicher	40 kWh*		keine	beliebig
Batteriespeicher im Elektromobil	60 kWh**		ca. 1'000 CHF (Ladestation)	ca. 5'000
Batteriespeicher stationär	10 kWh***		ab 10'000 CHF****	ca. 5'000

Kosteneinsparpotential für EFH geschätzt.

Gerät	Potential kWh/Tag elektrisch	Einsparung CHF/Tag bei 10 Rp/kWh	Einsparung CHF/Jahr	Effizienz
Wärmepumpe Heizen	10..100	1..10	200...2000 (200 Tage)	sehr gut (COP 4)
Wärmepumpe Warmwasser	2..20	0.2...2	60...600 (300 Tage)	gut (COP 3)
Elektroeinsatz Warmwasser	6...60	keine	keine	schlecht (COP 1)
Elektromobil	10...80	1..8	200..1600 (200 Tage)	gut (80%)
Waschmaschine	1	0.1	10 (100 Tage)	gut (A+)

Thermische Speicherung über Wärmepumpe

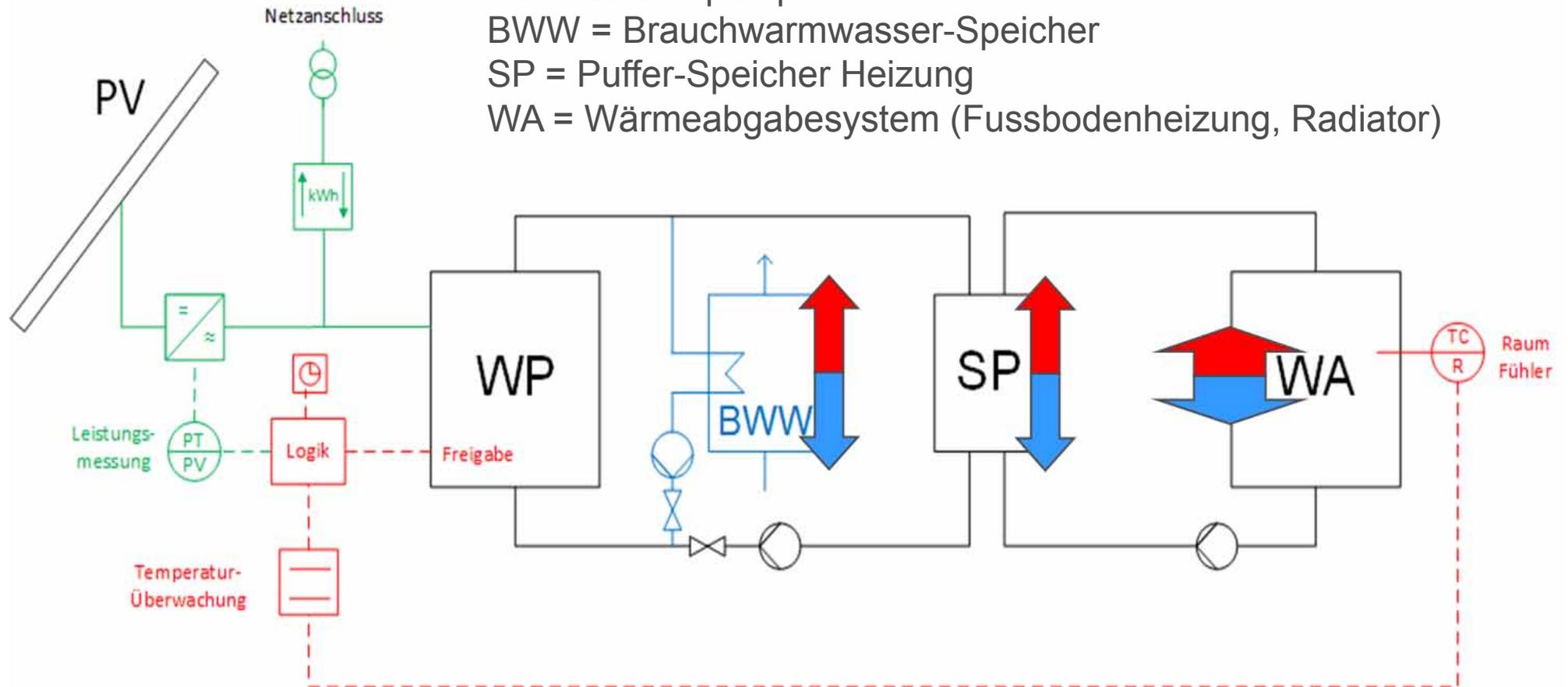
PV = Photovoltaik

WP = Wärmepumpe

BWW = Brauchwarmwasser-Speicher

SP = Puffer-Speicher Heizung

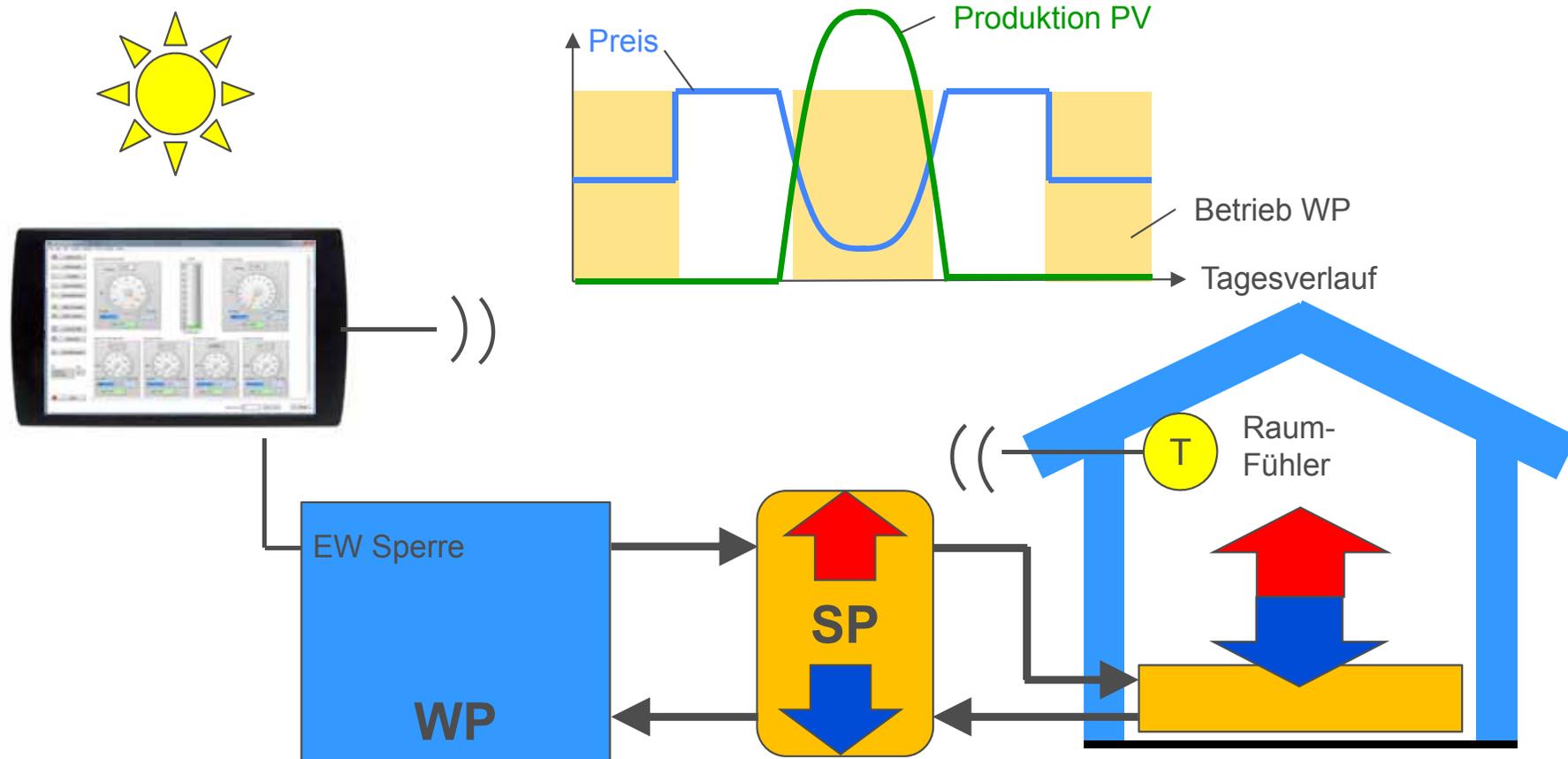
WA = Wärmeabgabesystem (Fussbodenheizung, Radiator)



1. Stufe: nur Speicheranhebung (BWW, SP)
2. Stufe: inkl. Anhebung Wärmeabgabesystem (WA)

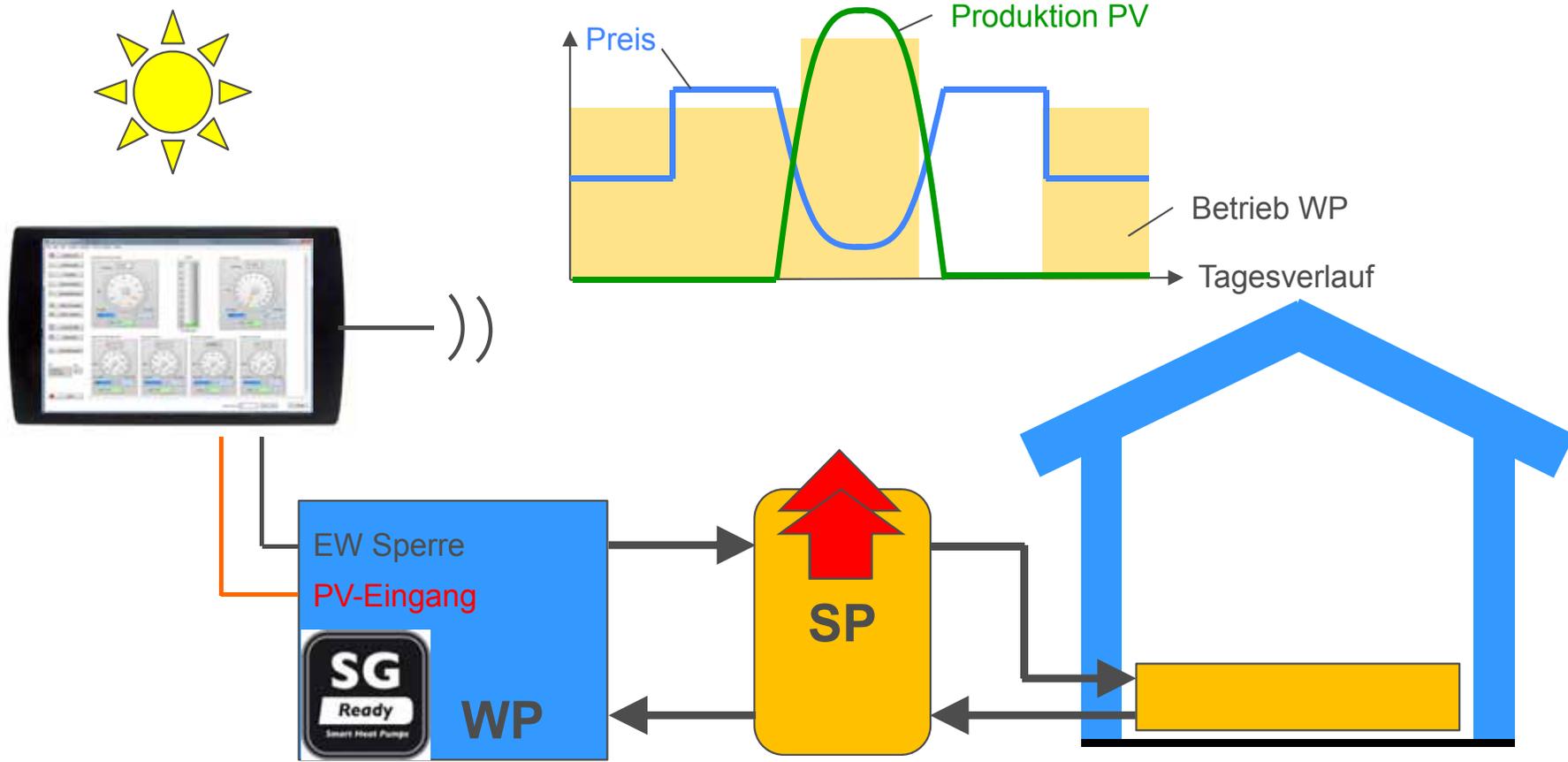
➡ geht nur mit Raumtemperaturüberwachung!

1. Standard-Wärmepumpe mit EW-Sperreingang mit Raumtemperaturüberwachung



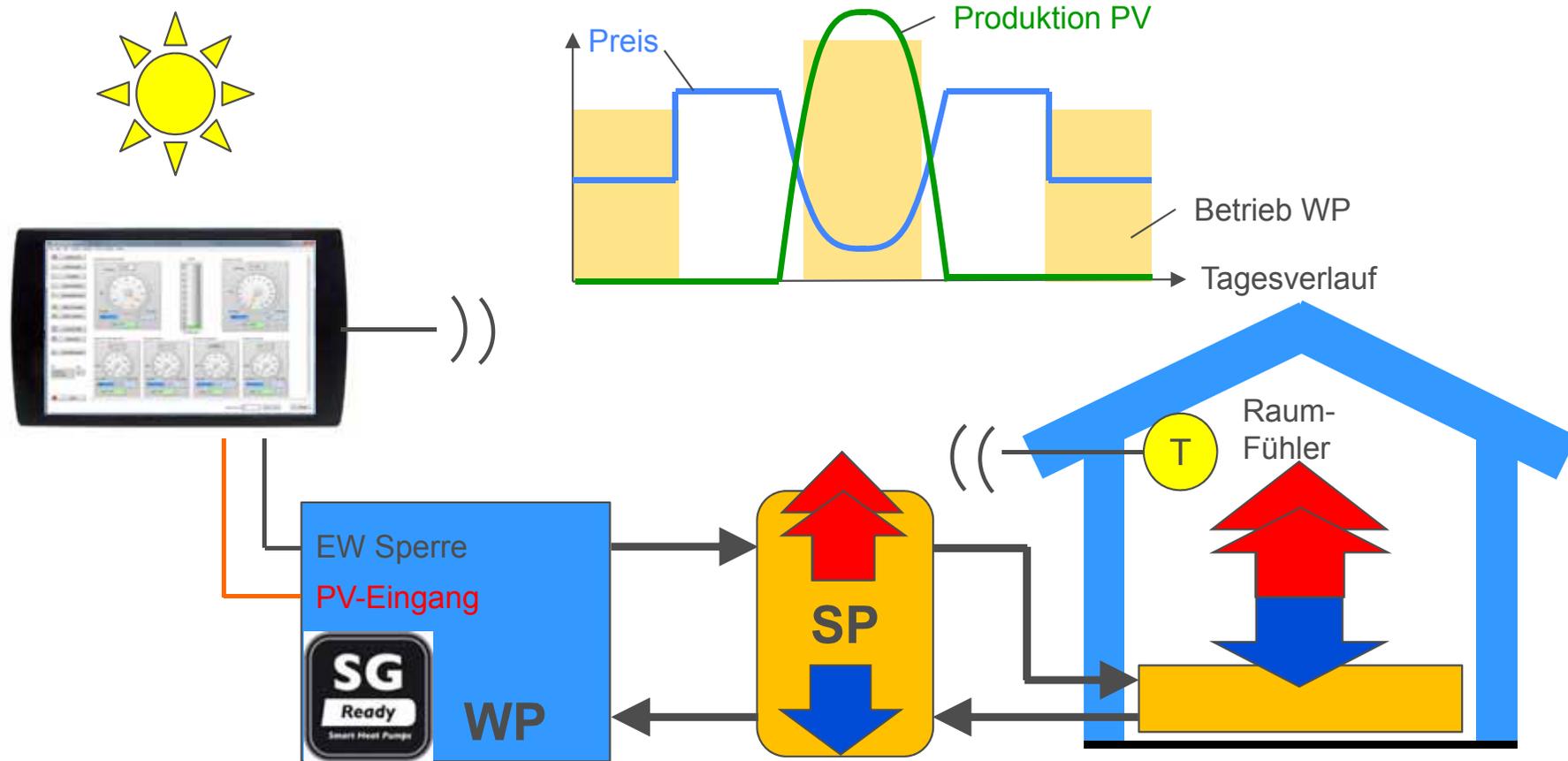
- ➔ Wärmepumpe bei Sonnenschein und tiefen Tarifen freigeben, sonst sperren
- ➔ Zusätzlicher Raumfühler für Komfortüberwachung
- ➔ Eigenverbrauch erhöht bei gleichbleibender Effizienz
- ➔ Takten der Wärmepumpe reduziert

2a. Wärmepumpe mit PV-Eingang oder SG-Ready® ohne Raumtemperaturüberwachung (heutige Standardlösung)



- ➔ **Forcierter Betrieb bei Sonnenschein auf höherem Temperaturniveau**
- ➔ **Meistens nur Temperatur in technischen Speichern erhöht**
- ➔ **Eigenverbrauch erhöht bei abnehmender Effizienz**

2b. Wärmepumpe mit PV-Eingang oder SG-Ready® mit Raumtemperaturüberwachung



- ➔ **Forcierter Betrieb bei Sonnenschein auf höherem Temperaturniveau**
- ➔ **Reduktion der Temperatur in Hochtarifzeiten**
- ➔ **Zusätzlicher Raumfühler für Komfortüberwachung**
- ➔ **Eigenverbrauch erhöht bei leicht abnehmender Effizienz**



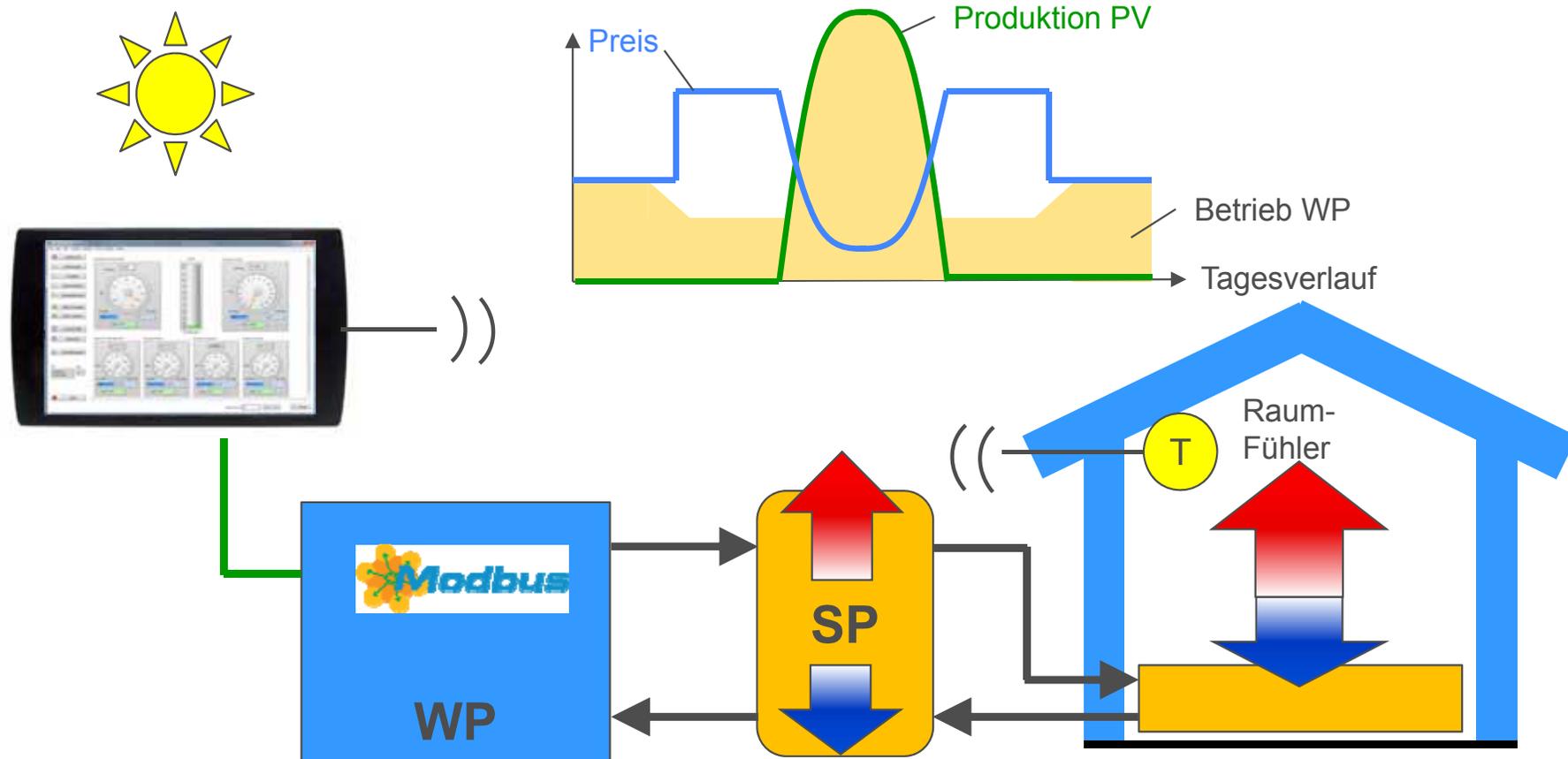
- a) **Betriebszustand 1** (1 Schaltzustand, bei Klemmenlösung: 1:0): **gesperrt**
Dieser Betriebszustand ist abwärtskompatibel zur häufig zu festen Uhrzeiten geschalteten EVU-Sperre und umfasst maximal 2 Stunden „harte“ Sperrzeit.

- b) **Betriebszustand 2** (1 Schaltzustand, bei Klemmenlösungen: 0:0): **frei**
In dieser Schaltung läuft die Wärmepumpe im energieeffizienten Normalbetrieb mit anteiliger Wärmespeicher-Füllung für die maximal zweistündige EVU-Sperre.

- c) **Betriebszustand 3** (1 Schaltzustand, bei Klemmenlösung 0:1) **Wunsch**
In diesem Betriebszustand läuft die Wärmepumpe innerhalb des Reglers im verstärkten Betrieb für Raumheizung und Warmwasserbereitung. Es handelt sich dabei nicht um einen definitiven Anlaufbefehl, sondern um eine Einschaltempfehlung entsprechend der heutigen Anhebung.

- d) **Betriebszustand 4** (1 Schaltzustand, bei Klemmenlösung 1:1) **Zwang**
Hierbei handelt es sich um einen definitiven Anlaufbefehl, insofern dieser im Rahmen der Regeleinstellungen möglich ist.
Für diesen Betriebszustand müssen für verschiedene Tarif- und Nutzungsmodelle verschiedene Regelungsmodelle am Regler einstellbar sein:
 - a. Variante 1: Die Wärmepumpe (Verdichter) wird aktiv eingeschaltet.
 - b. Variante 2: Die Wärmepumpe (Verdichter und elektrische Zusatzheizungen) wird aktiv eingeschaltet, optional: höhere Temperatur in den Wärmespeichern

3. Leistungsvariable Wärmepumpe mit intelligenter Kommunikation



- ➔ Variable Anhebung/Absenkung der Temperaturniveaus
- ➔ Für leistungsgeregelte Wärmepumpen optimal
- ➔ Zusätzlicher Raumfühler für Komfortüberwachung
- ➔ Eigenverbrauch erhöht, Effizienz erhöht (bedarfsgerecht)

Ansteuerung von leistungsgeregelten L/W Wärmepumpen von Stiebel Eltron



Eigenverbrauchsmanager



MODBUS TCP



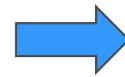
ISG

**Variable Beeinflussung der Sollwerte:
BWW, Puffer, Gebäude**

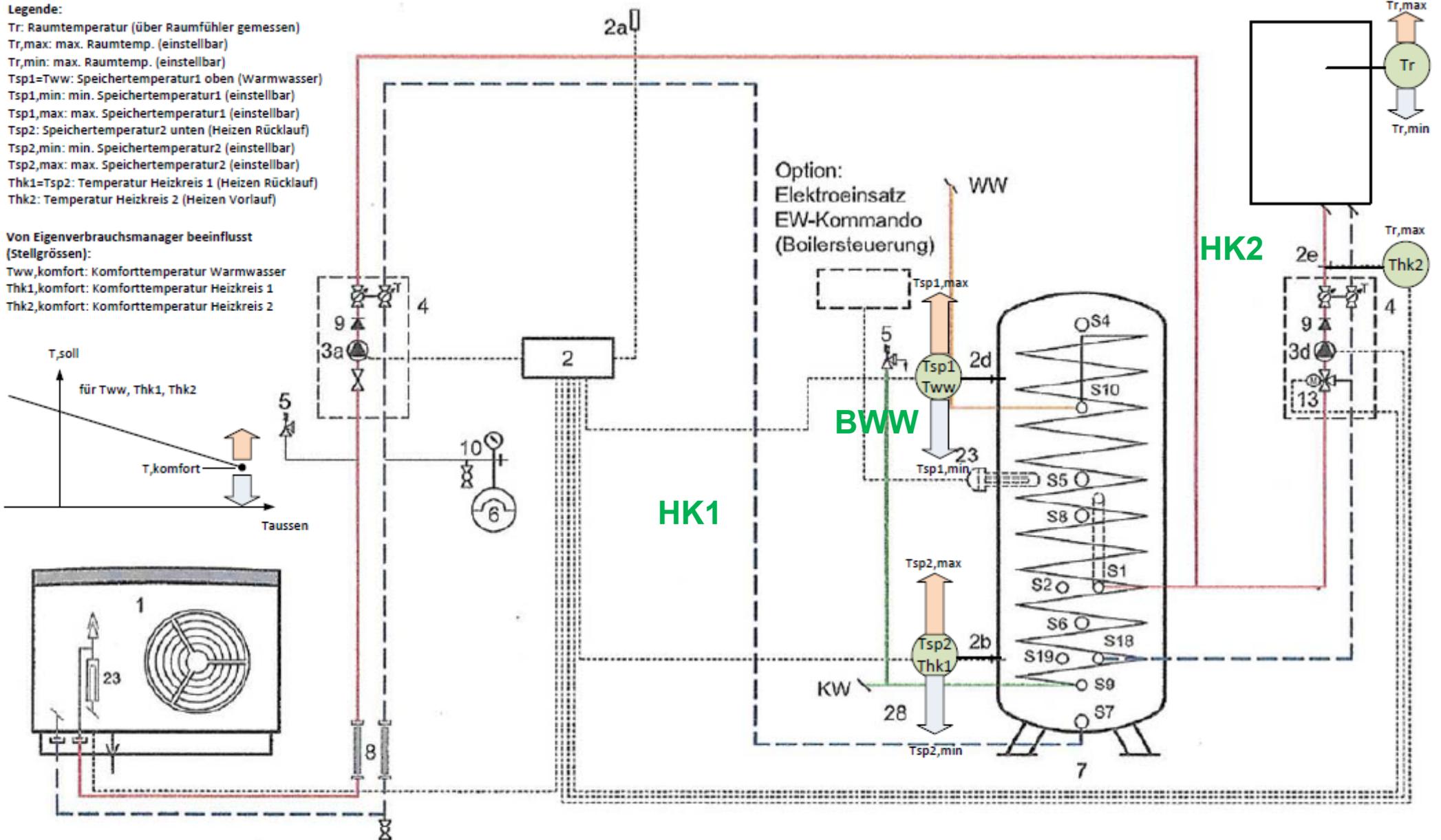
WPL15/25

Hydraulikschema mit Beeinflussung der Sollwerte

WPL25 mit Kombispeicher



Komfort HK1, HK2, BWW



Ansteuerung von leistungsgeregelten S/W Wärmepumpen von CTA



MODBUS TCP

MODBUS TCP



Inverta TWW



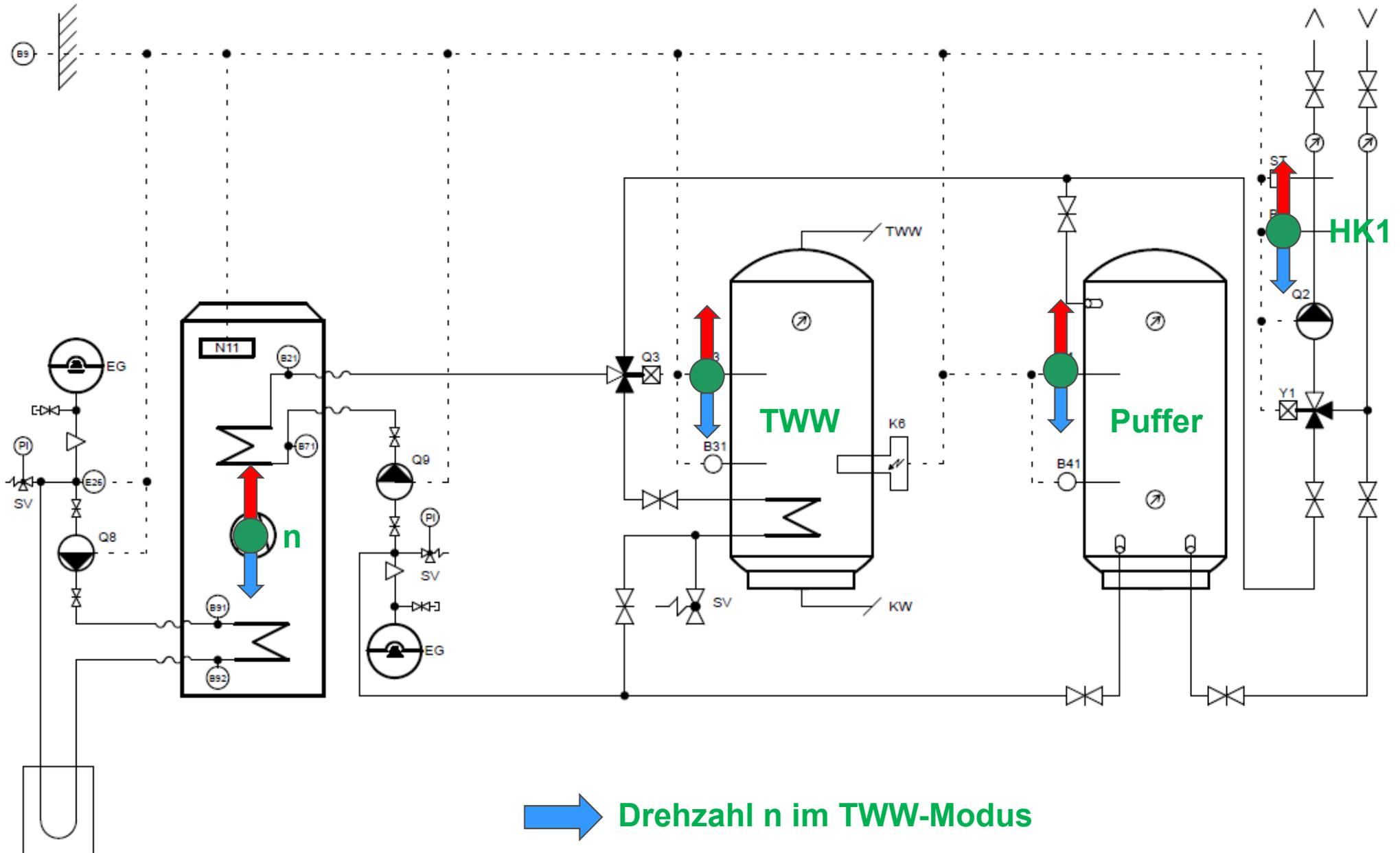
Inverta Economy



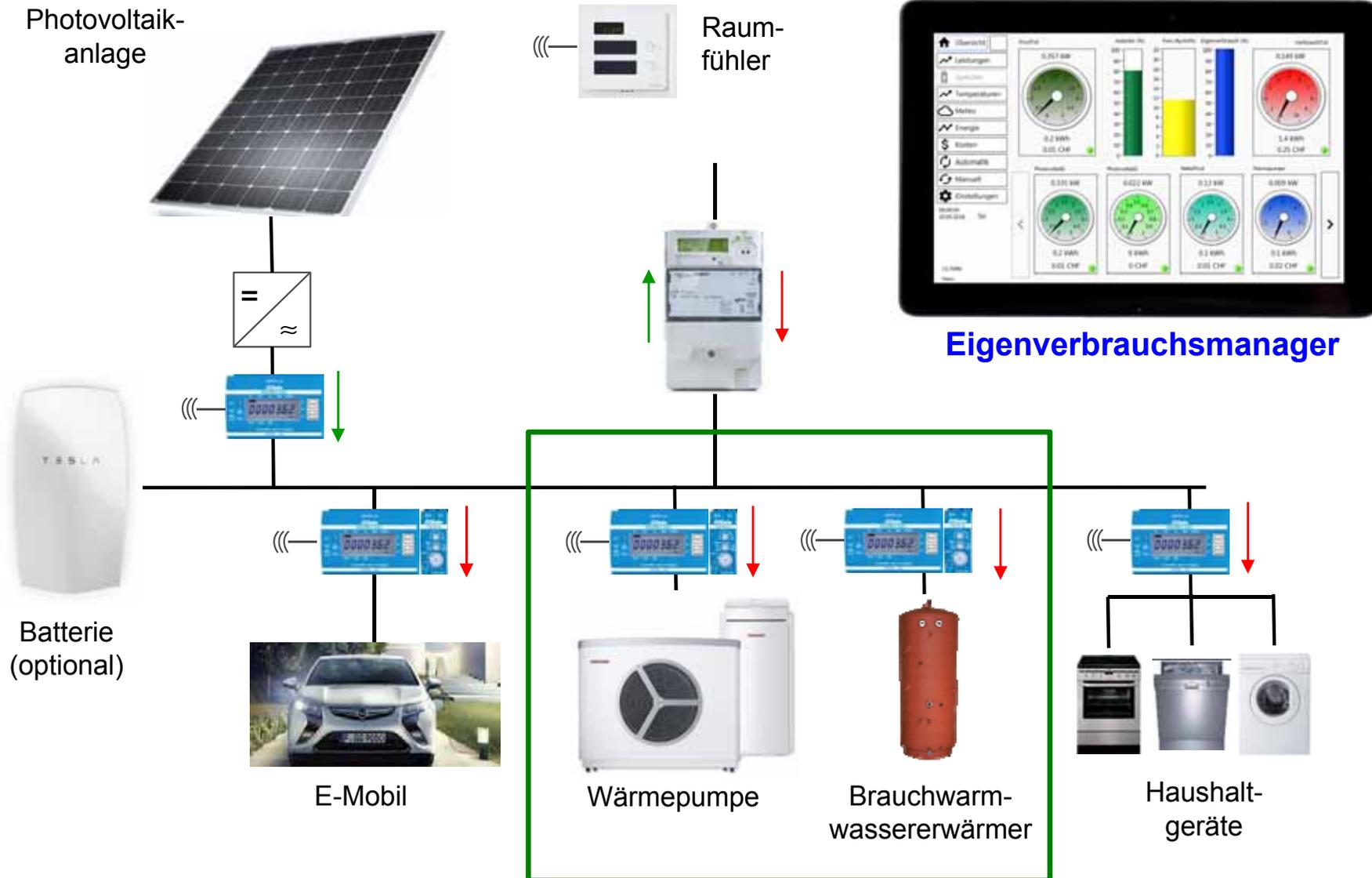
**Variable Beeinflussung der Sollwerte:
BWW, Puffer, Gebäude, Drehzahl (BWW)**

Ansteuerung von leistungsgeregelten S/W Wärmepumpen von CTA

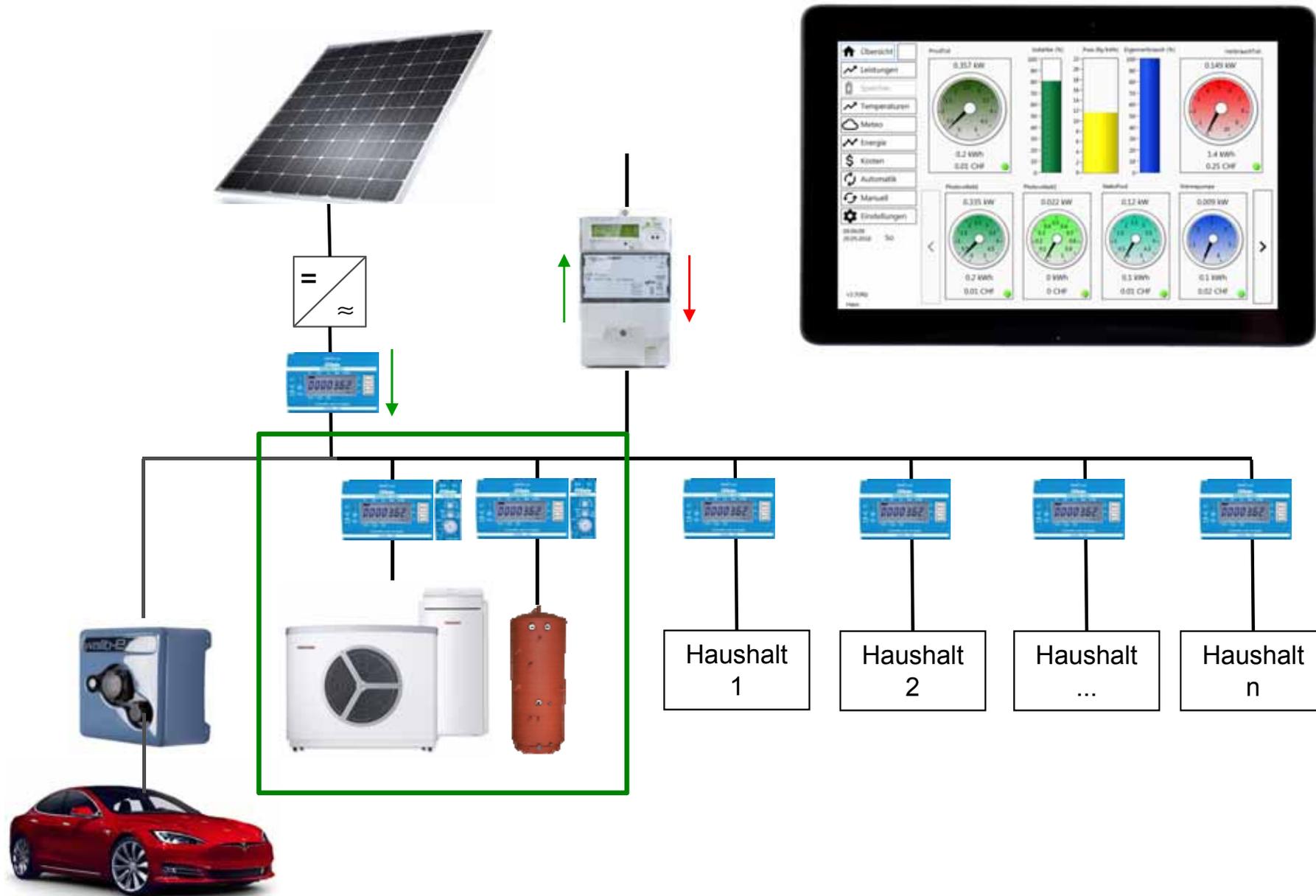
➔ **Komfort Puffer, TWW, HK1**



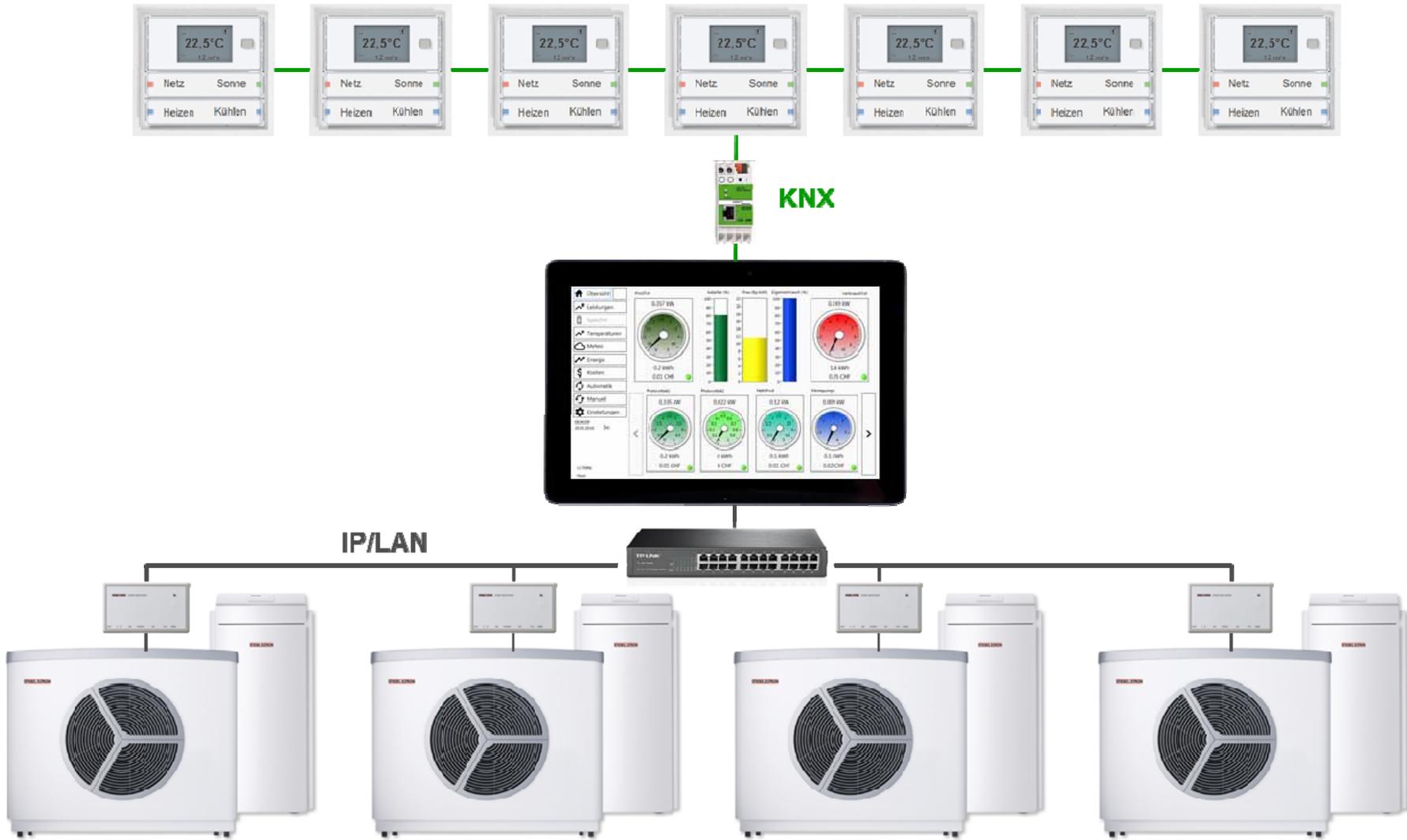
Installation für Einfamilienhaus (vereinfacht)



Installation für Mehrfamilienhaus (vereinfacht)

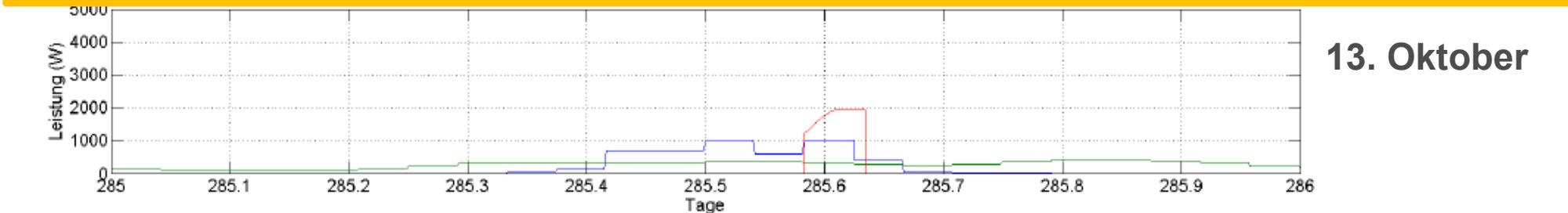
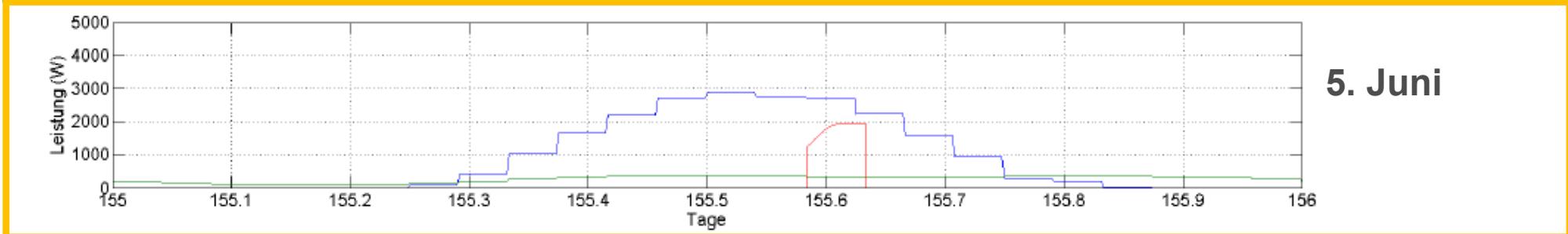
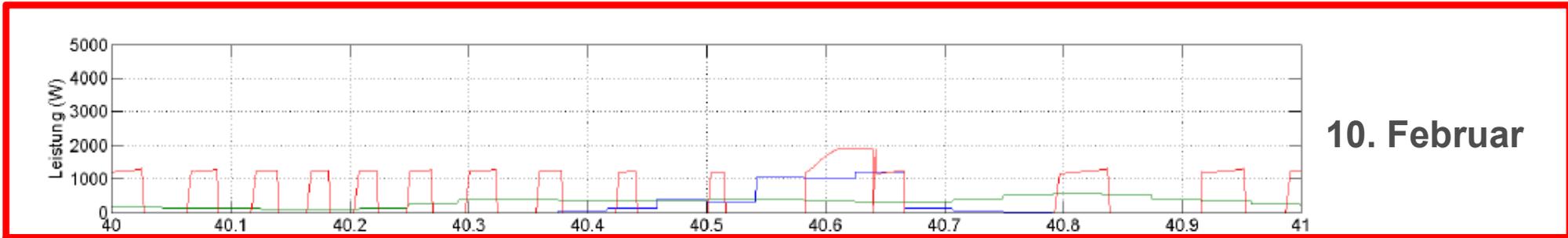


Installation für MFH und Areale mit KNX



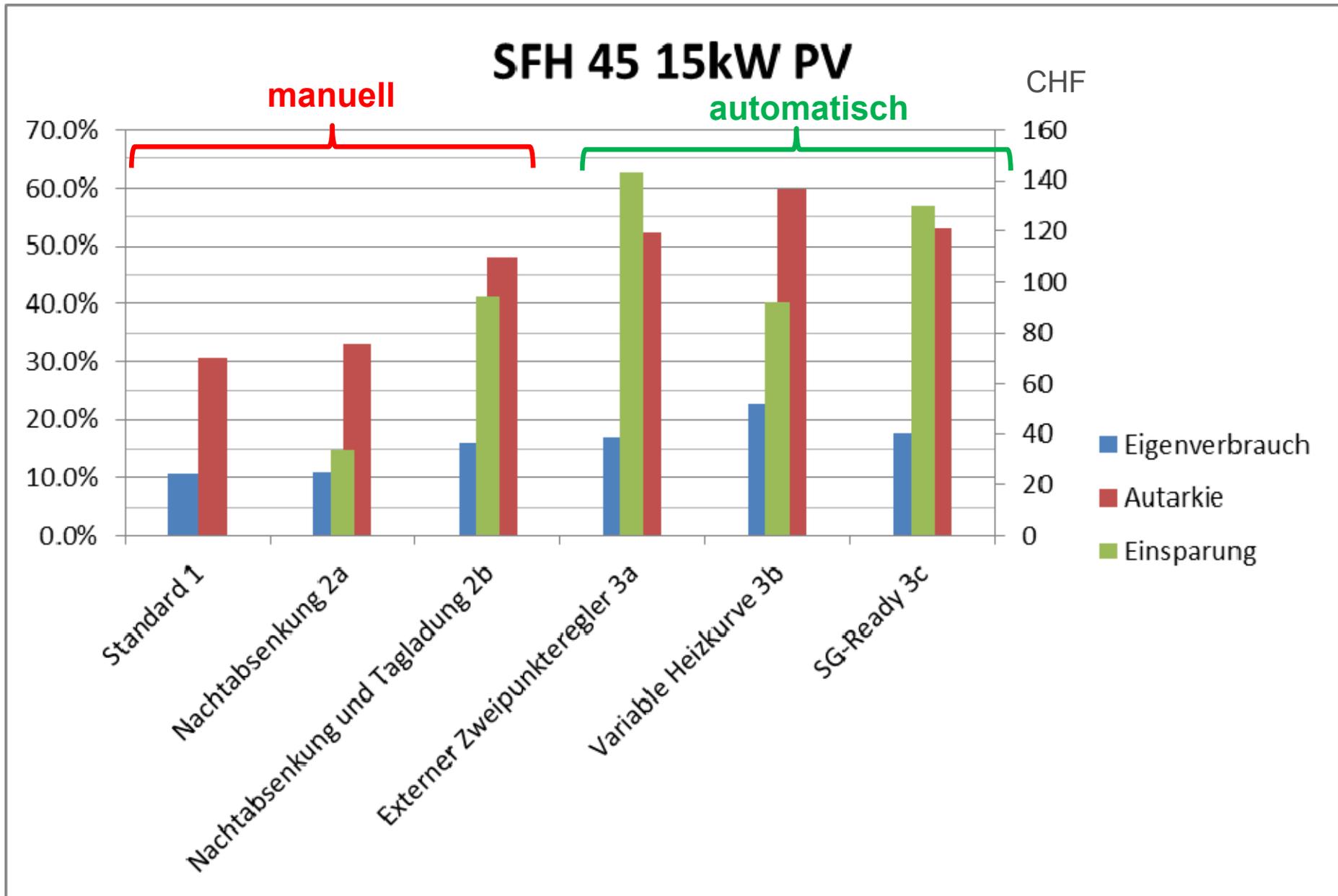
Simulationen aus BFE-Projekt OPTEG (2013-15)

Regelungstechnisch optimiert (SG-Ready)



SFH45 = 45 kWh/m²a, PV-Anlage 3.5 kWp, WP 2 kWel, Wetterdaten ZH, Quelle: A. Leuppi

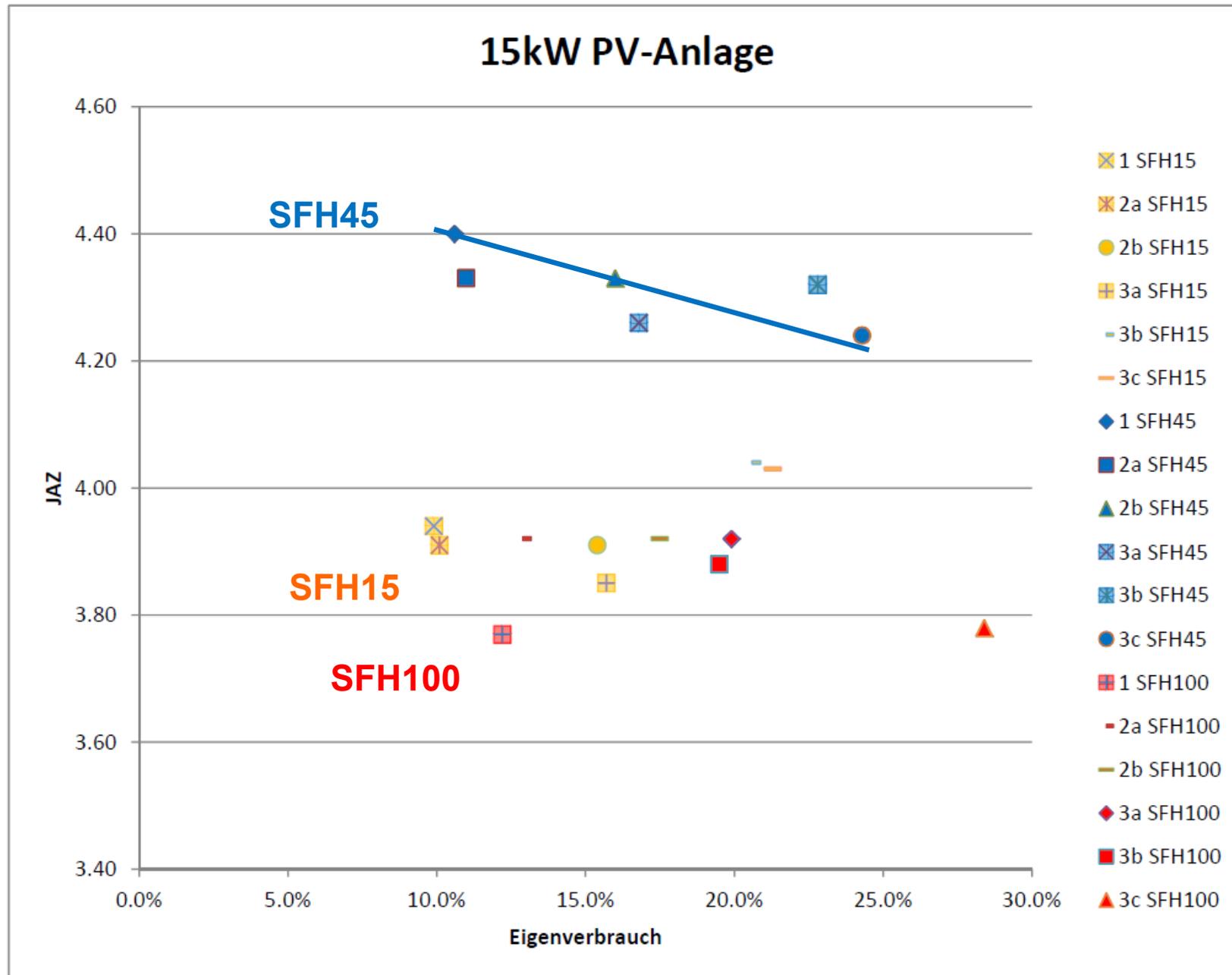
Simulationsresultate zusammengefasst



SFH45 = 45 kWh/m²a, PV-Anlage 15 kWp, WP 2 kWel, Tarif 25/17/7 Rp/kWh

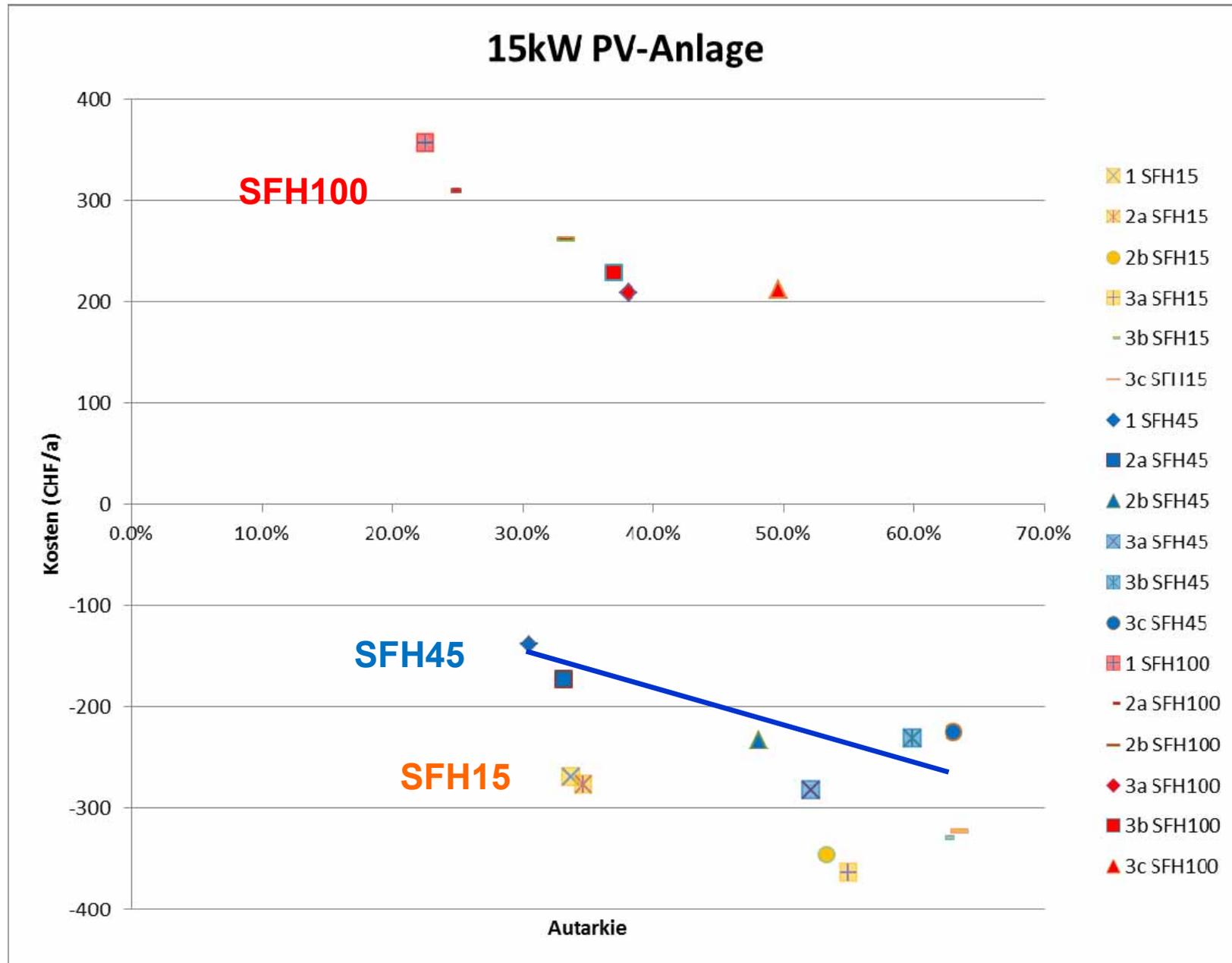
Nur Wärmepumpe und Brauchwarmwasser-Erwärmung, STASCH 6

Jahresarbeitszahl vs. Eigenverbrauchsgrad



JAZ = Jahresarbeitszahl Wärmepumpe inkl. Brauchwarmwasser, 15 kWp PV-Anlage

Jahreskosten/-einsparungen vs. Autarkie



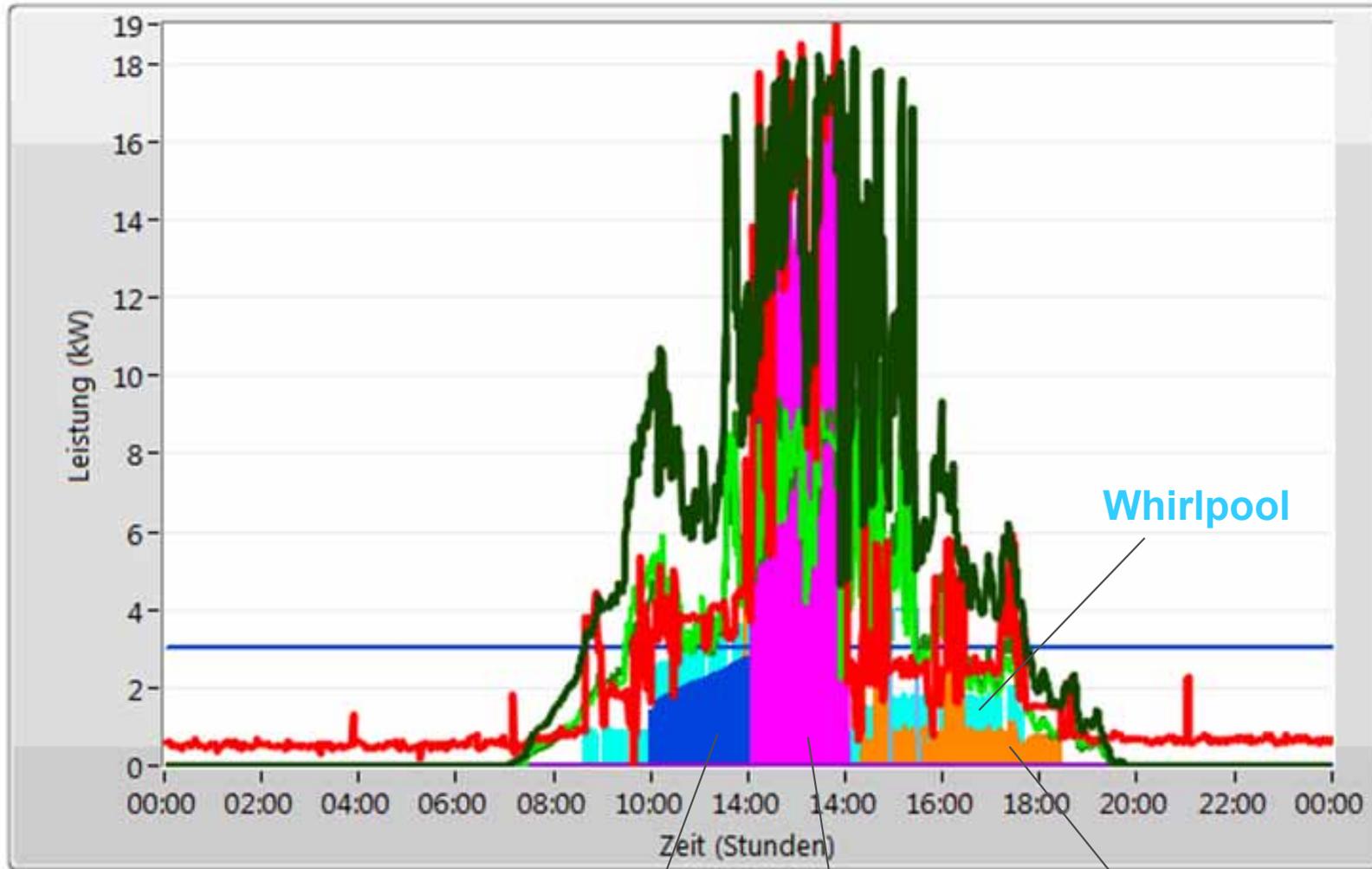
Eigenverbrauchsoptimierung eines EFH in Remigen AG



Eigenverbrauchsoptimierung eines EFH in Remigen AG



4.9.2017



PhotovoltaikTot	
VerbrauchTot	
Photovoltaik1	
Photovoltaik2	
Tesla1	
Tesla2	
Waermepumpe	
WPWarmwasser	
Boiler	
Waschen	
Klimageraet	
Whirlpool	

**Wärmepumpe
Warmwasser**

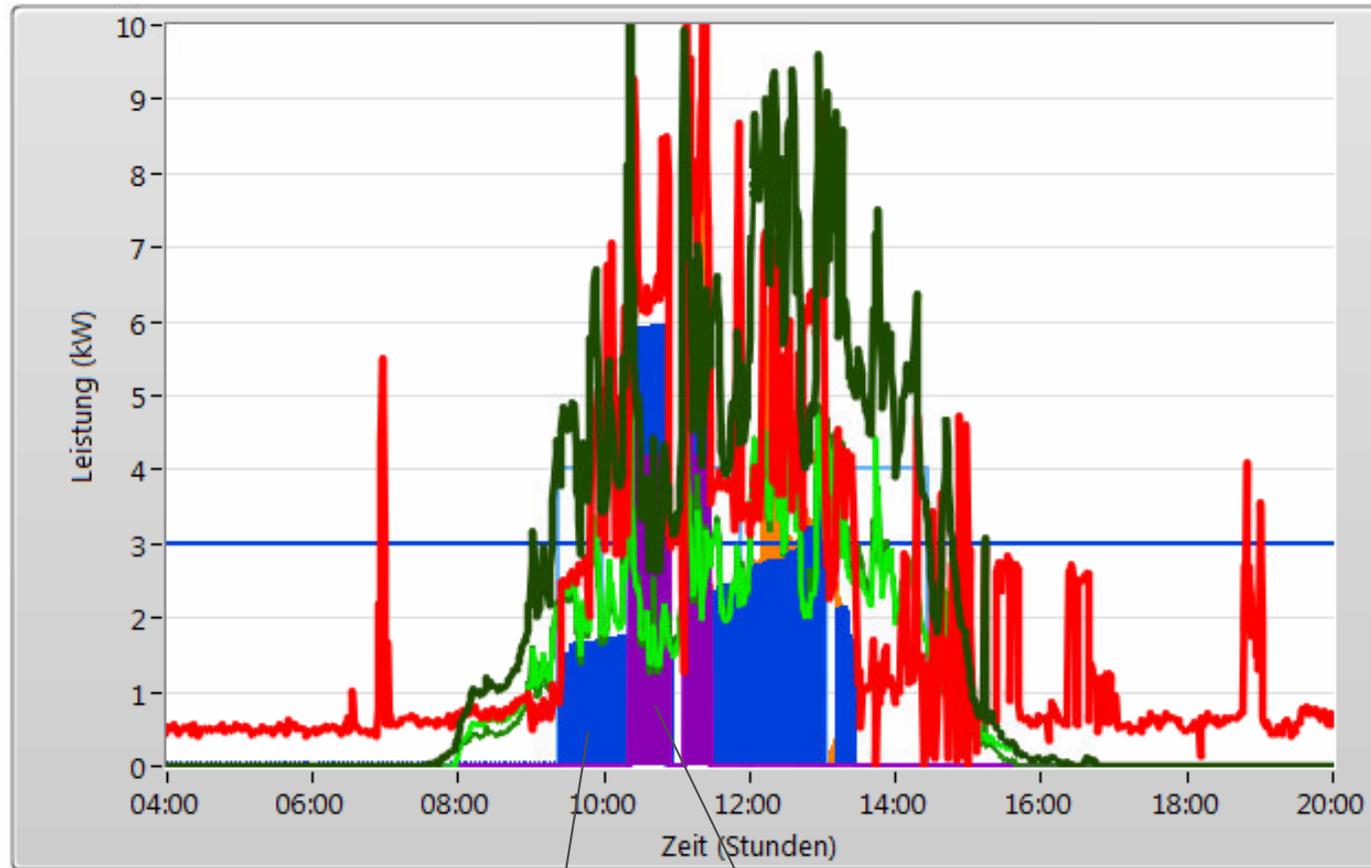
**Elektromobil 2
laden**

Waschmaschine

Eigenverbrauchsoptimierung eines EFH in Remigen AG



4.11.2017



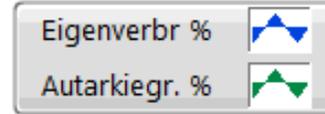
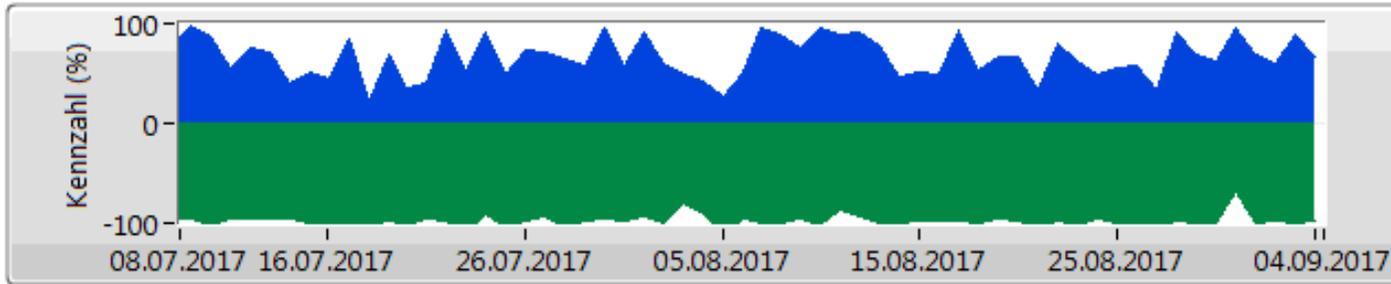
**Wärmepumpe
Heizen**

**Elektromobil 1
laden**

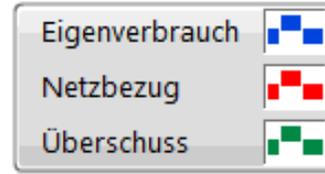
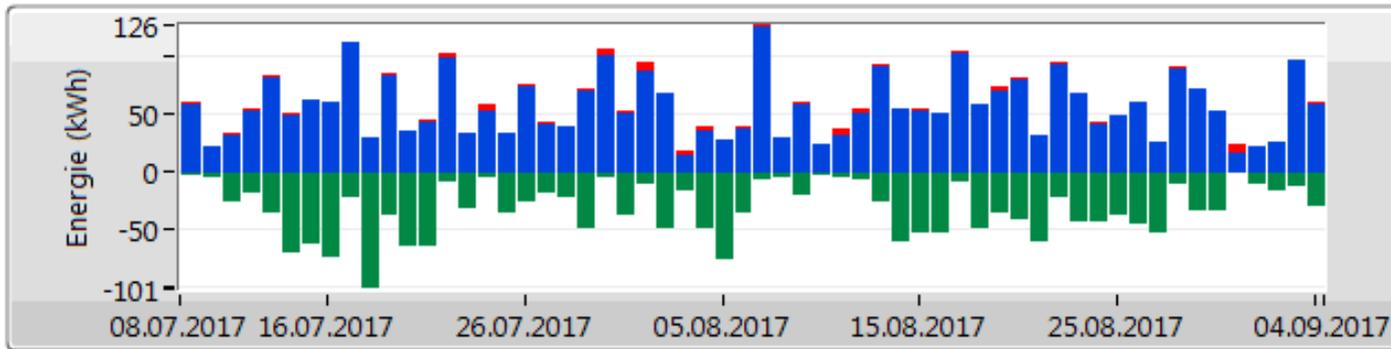
Eigenverbrauchsoptimierung eines EFH in Remigen AG



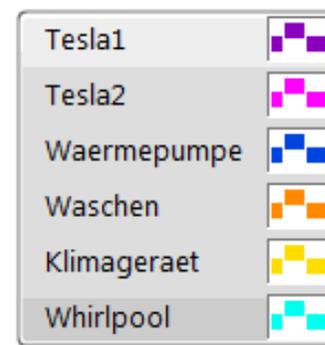
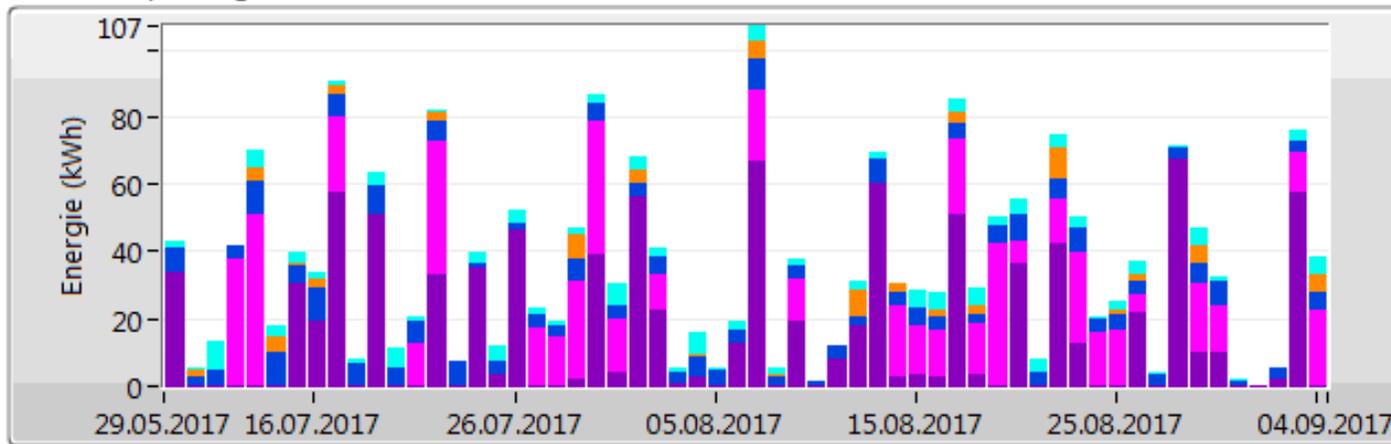
Eigenverbrauchsquote (+) und Autarkiegrad (-) pro Tag (%)



Energiekennzahlen pro Tag (kWh)



Verbrauch pro Tag (kWh)

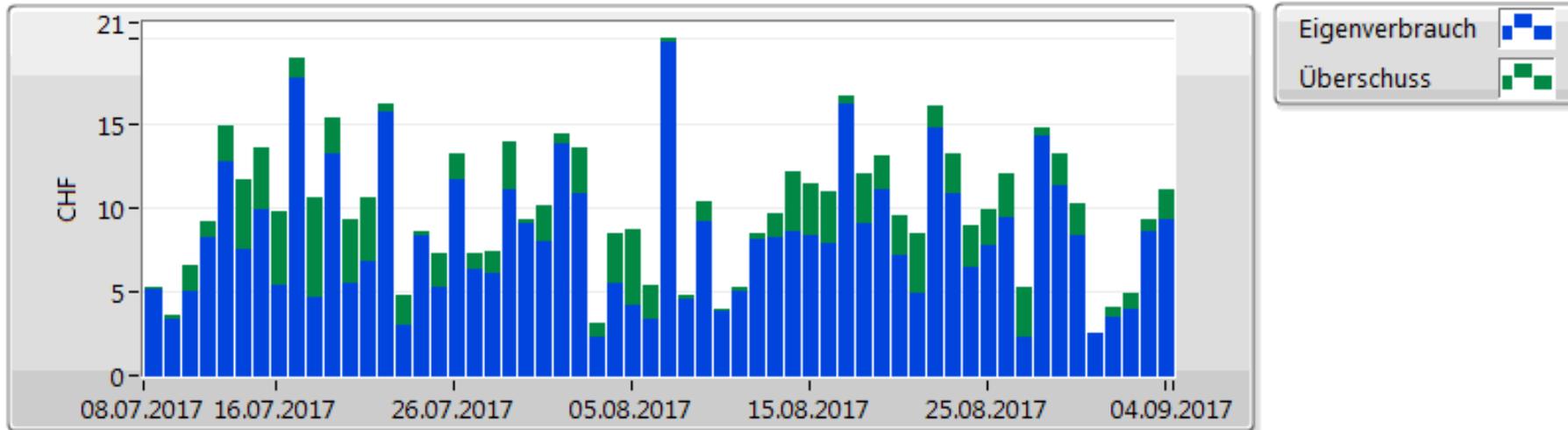


29.5. - 4.9.2017

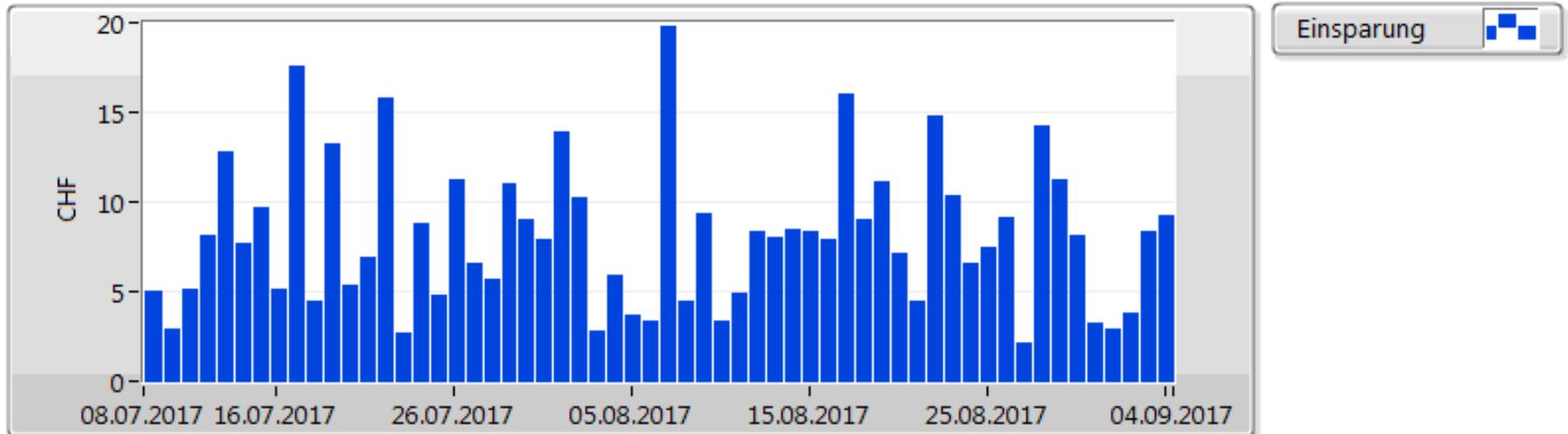
Eigenverbrauchsoptimierung eines EFH in Remigen AG



Einsparungen durch Eigenverbrauch und Überschusseinspeisung pro Tag (CHF)



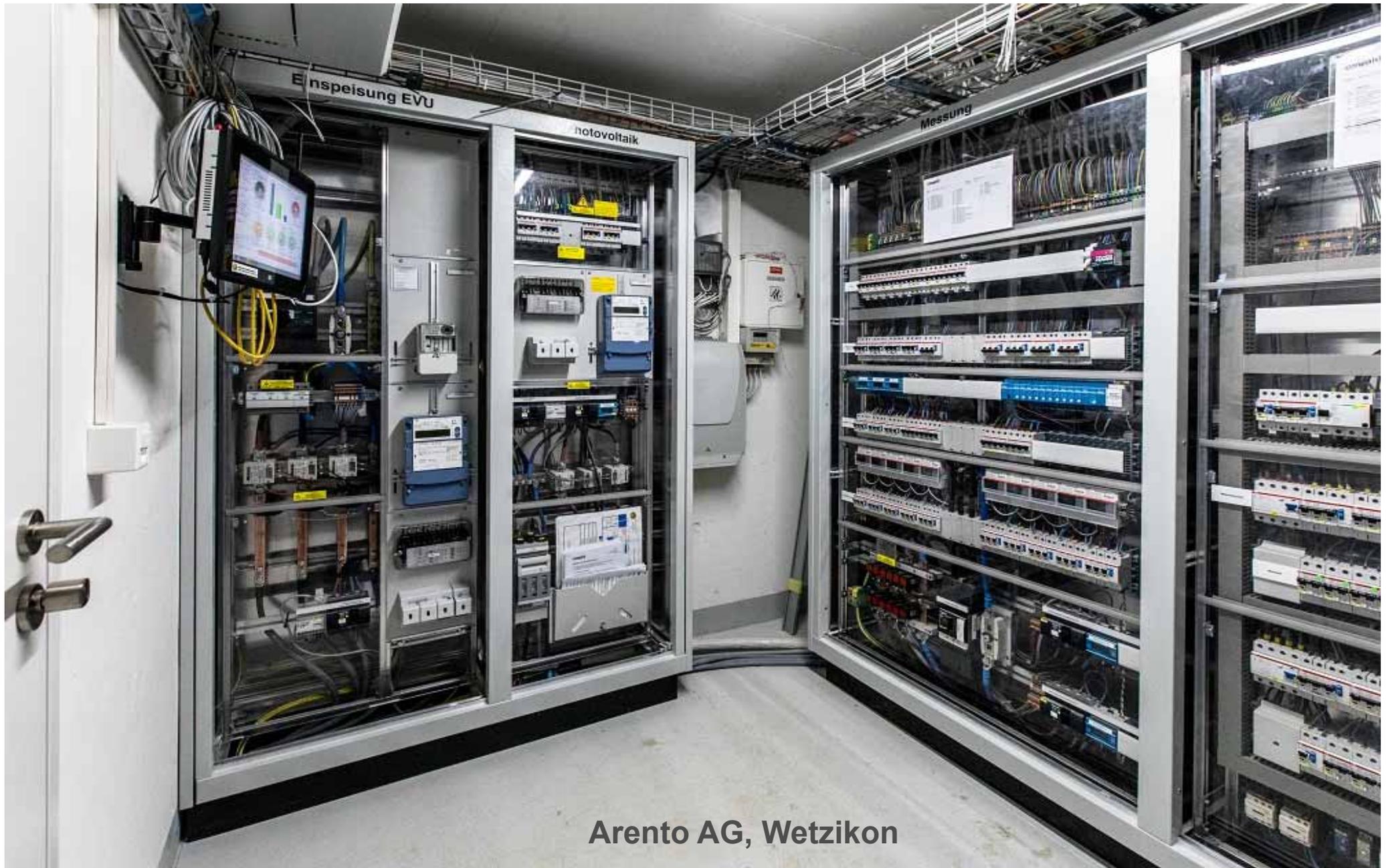
Einsparungen durch Tarifoptimierung pro Tag (CHF)



29.5. - 4.9.2017



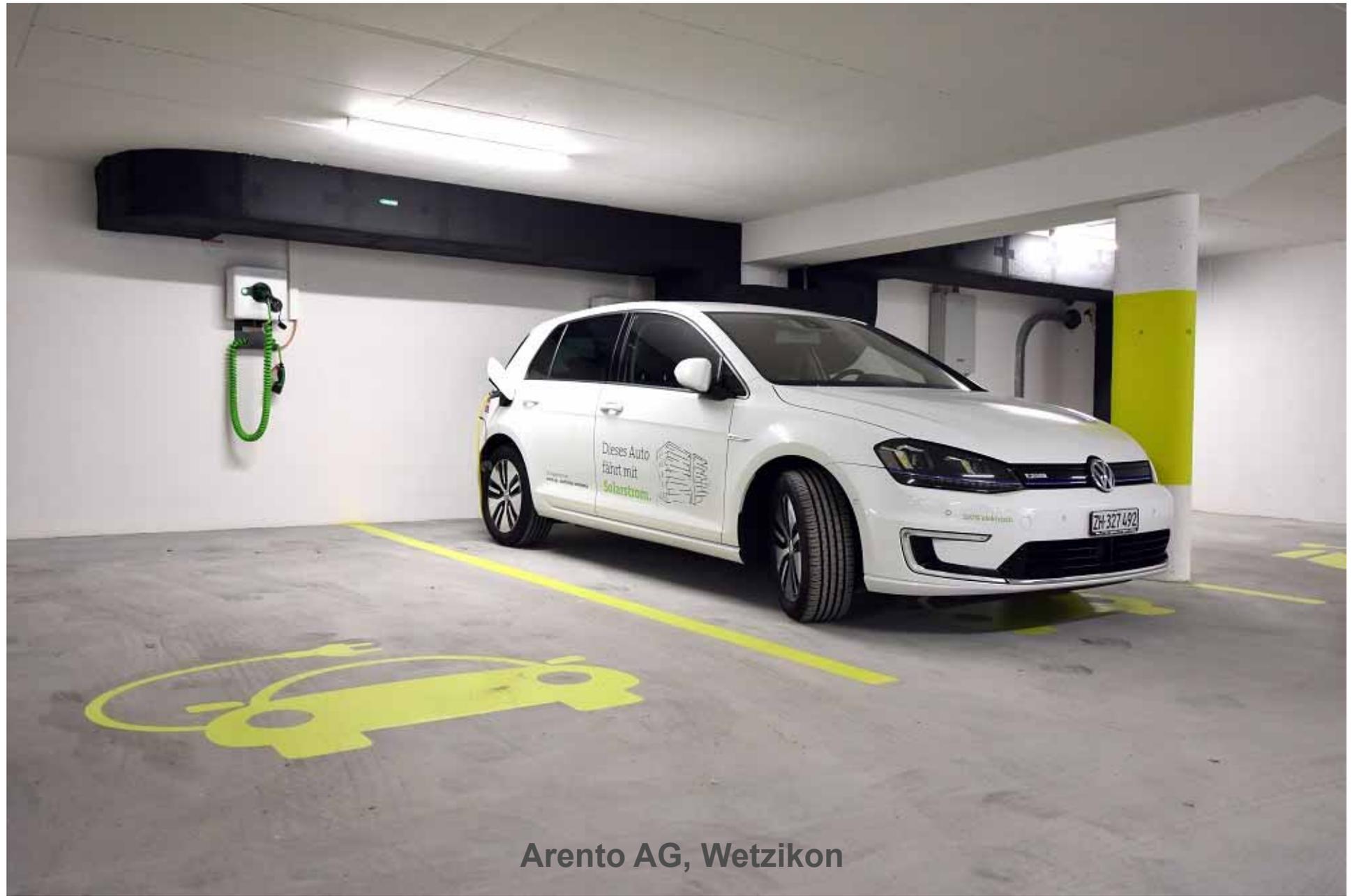
Arento AG, Wetzikon
**Zusammenschluss zum
Eigenverbrauch (ZEV)**
PV Dach, Fassaden, Balkone
10 Wohnungen
1 Wärmepumpe, 1 Boiler
4 Emobil-Ladestationen
30 Haushaltgeräte
3 Akkus



Arento AG, Wetzikon

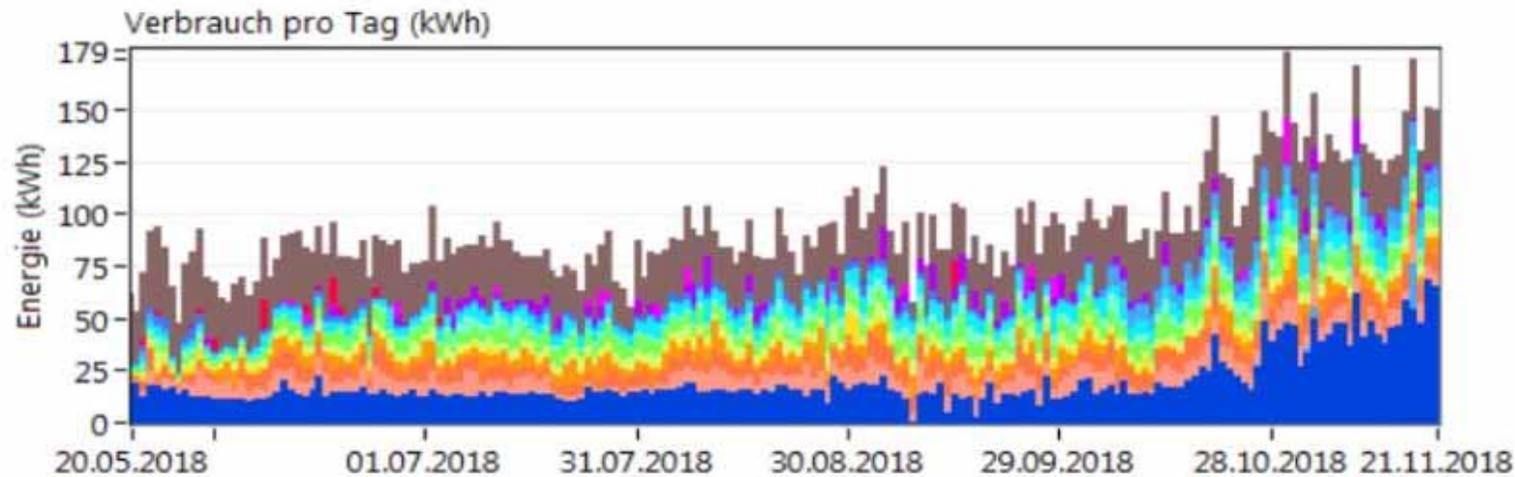
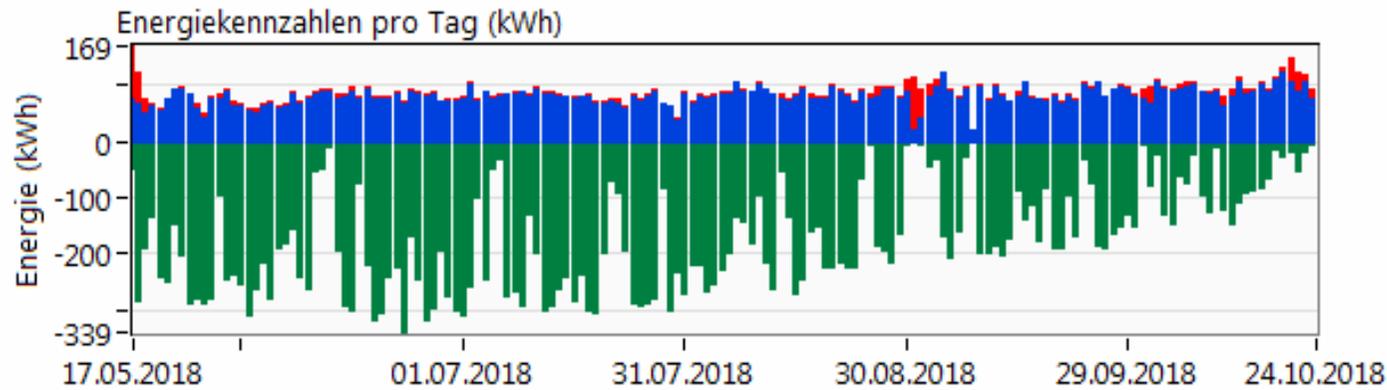
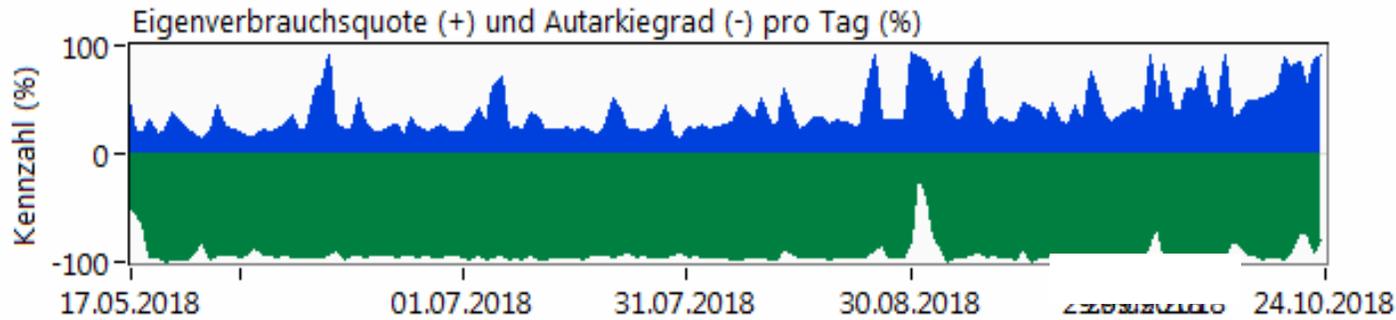


Arento AG, Wetzikon



Arento AG, Wetzikon

MFH mit 10 Wohnungen, Wetzikon (Auswertung)



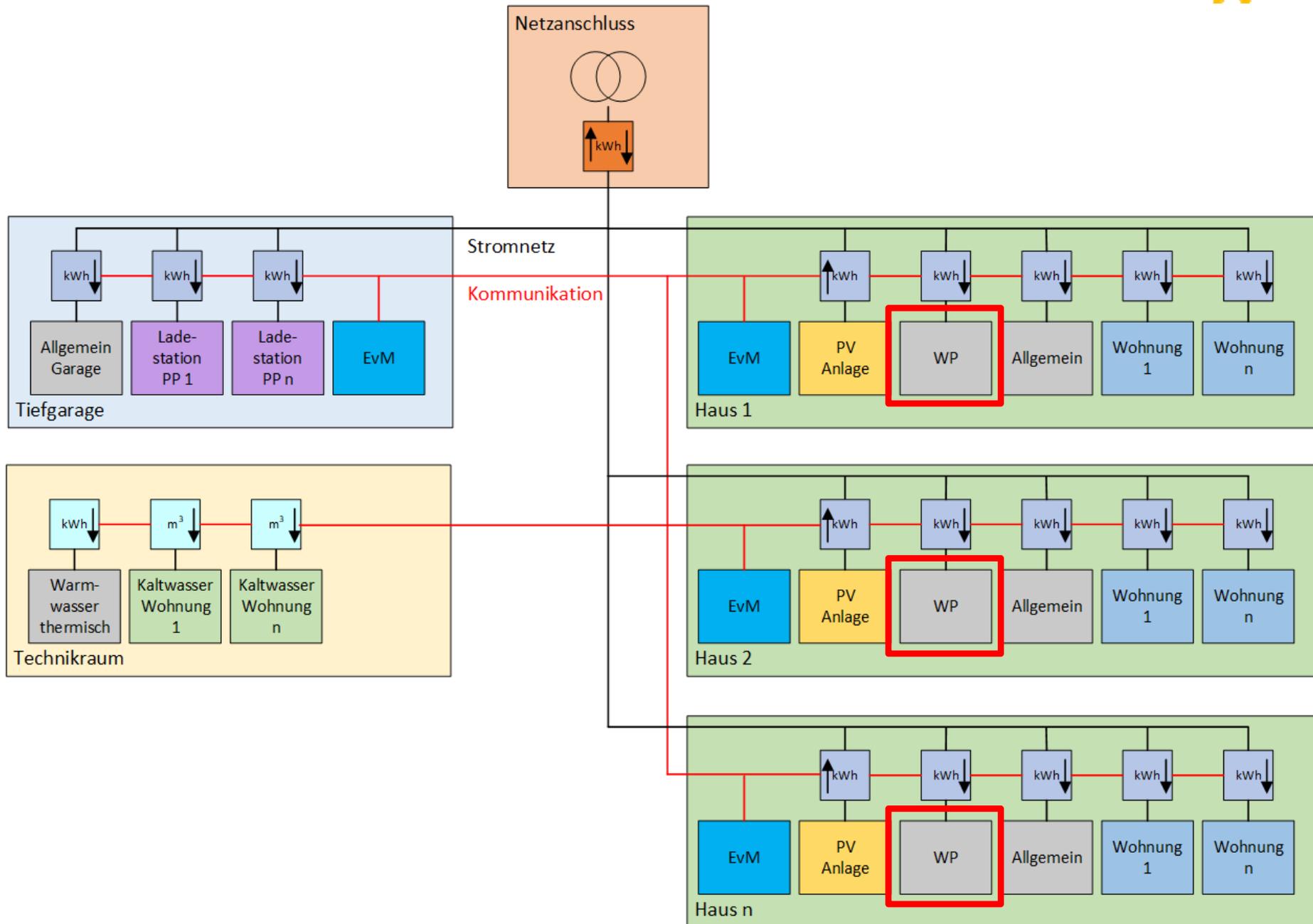
Areal-Überbaung Möriken-Wildegg

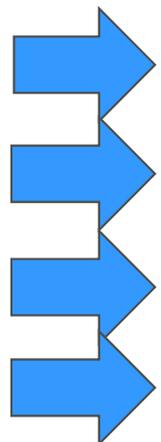
- Minergie-P-Eco® Standard
- 4 PV-Anlagen 160 kWp Dach + Fassaden
- 4 Wärmepumpen Stiebel Eltron mit Natural Cooling
- BWW-Speicher Faktor 2 vergrössert, Puffer-Speicher Originalgrösse
- ab 8 Elektromobil-Ladestationen
- ca. 100 Haushaltgeräte gesteuert
- kontrollierte Lüftung

Areal-Überbaug Möriken-Wildegg (Ende Aug. 18)



Netztopologie mit verteilter Intelligenz





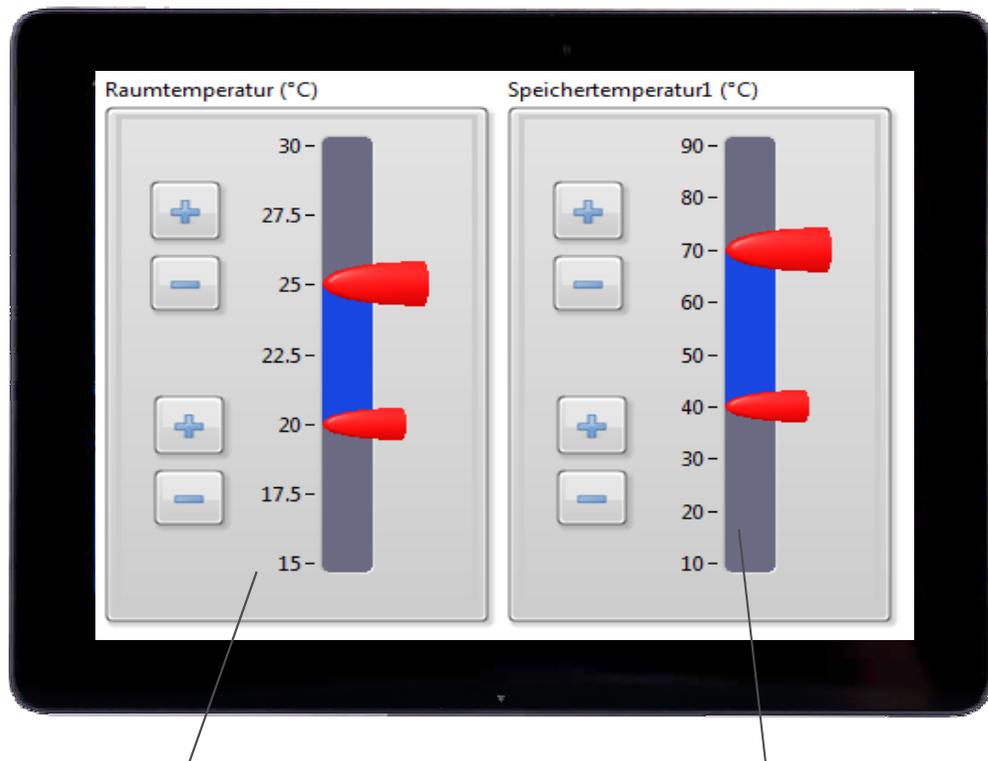
Variabler Preis

Automatischer Betrieb der Geräte bei tiefen Preisen

Anreiz für Bewohner zum Eigenverbrauch

Reduktion der Netzbelastung / Anschlussleistung

Thermomanagement



Heizen

Warmwasser



Beeinflussung der Raumtemperatur
über KNX-Integration

Möriken-Wildegg, KNX-Installation



Wo führt die Zukunft hin?



SIE SETZEN AUF
EINE ZUKUNFT
VOLLER ENERGIE? UND WOLLEN
VON IHR
PROFITIEREN?

SMART GRID READY

LOS!

www.smartgridready.ch