

# **BFE-Projekt OPTEG: Regelstrategien für die Optimierung des Eigenverbrauchs in Gebäuden**

**21. Wärmepumpentagung  
17. Juni 2015, Burgdorf**

**Prof. Dr. David Zogg  
Institut für Automation  
Fachhochschule Nordwestschweiz**

## Betrachtete Komponenten



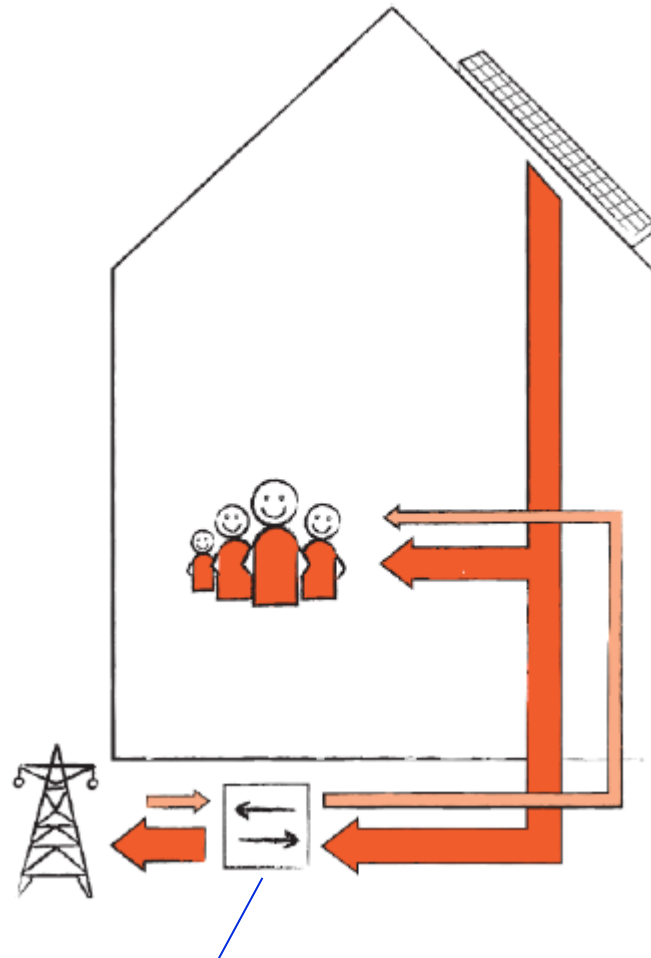
Vorhandene Speicher verwenden



Wärmepumpe im Fokus



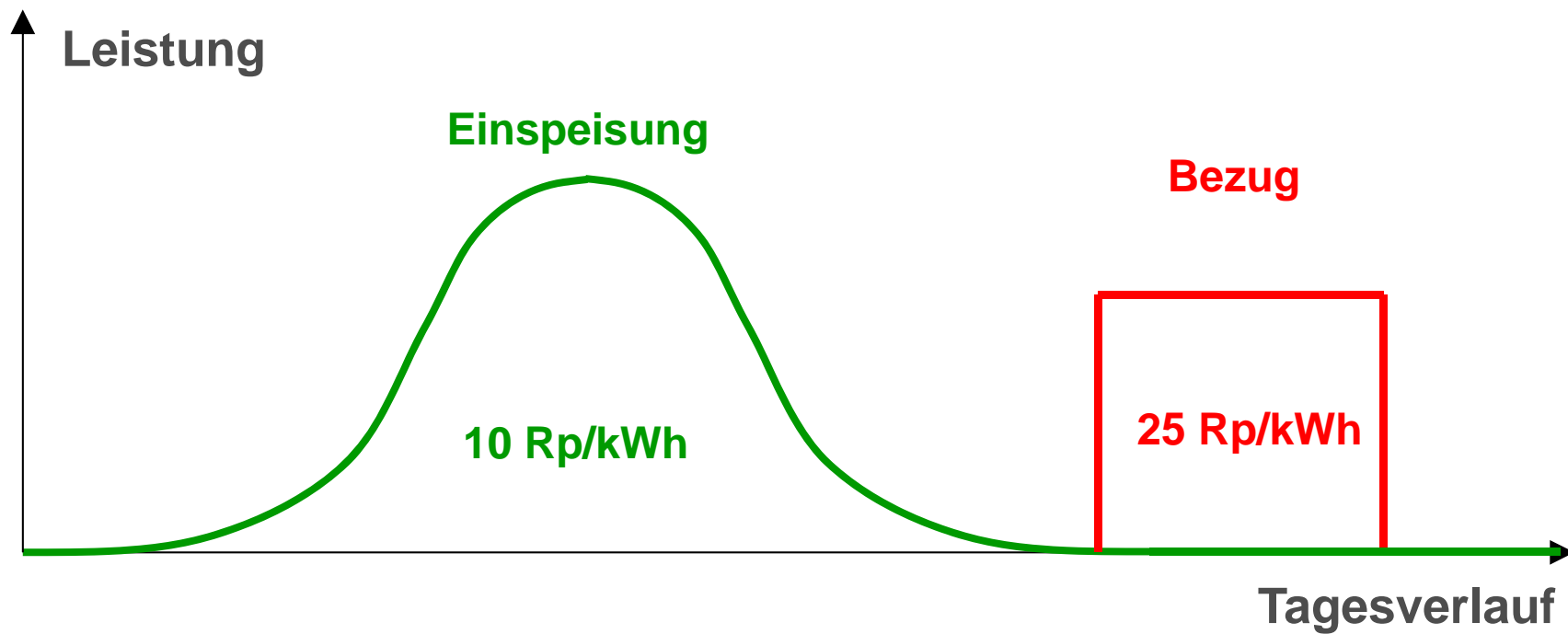
## Technische Voraussetzung zum Eigenverbrauch



### Saldierender Zweirichtungszähler (Überschuss/Bezug)

Quelle: Neue Energieverordnung (EnV) des Bundes, 1. April 2014

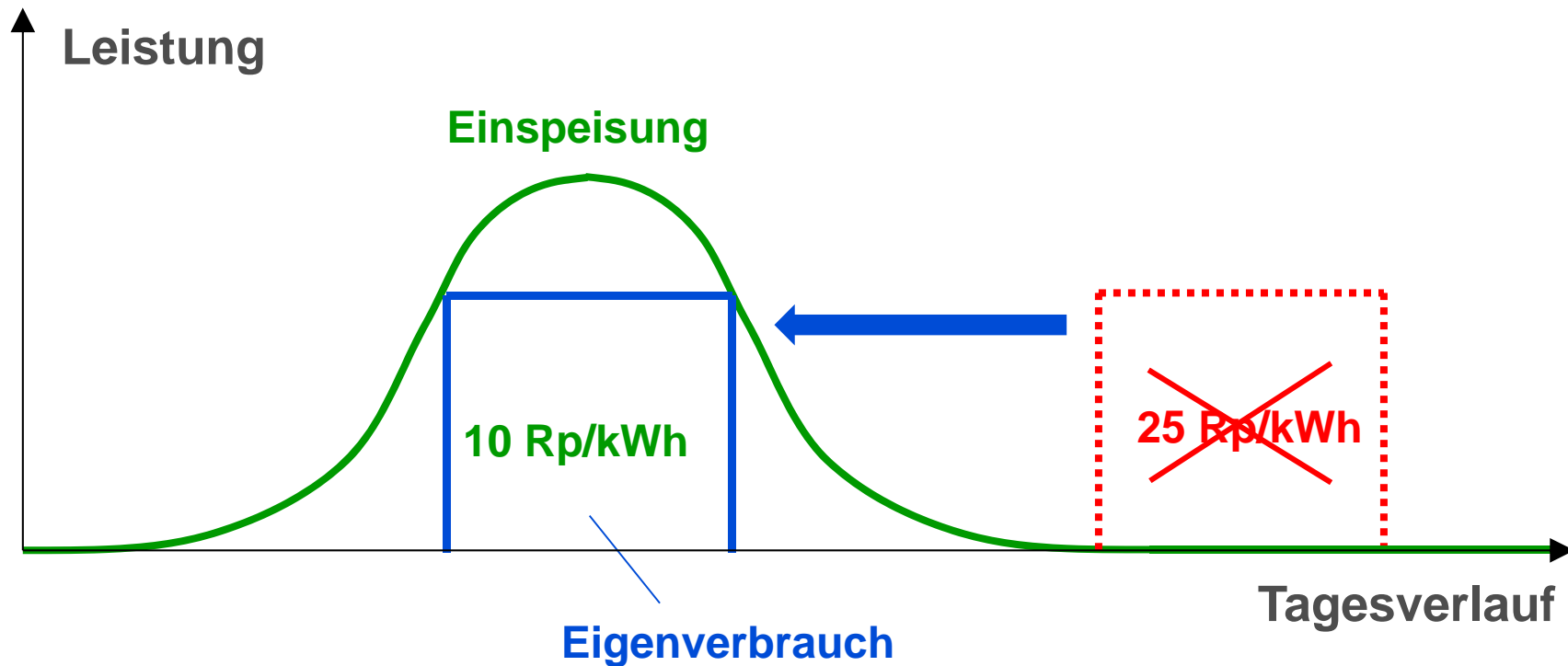
## Preislicher Anreiz Situation ohne Eigenverbrauchsoptimierung



## Preislicher Anreiz Situation mit Eigenverbrauchsoptimierung



Einsparung der Netzgebühren und Abgaben  
(Beispiel 15 Rp/kWh, mehr als die Hälfte!)



## Lastverschiebung durch thermische Speicherung über Wärmepumpe

### Potential Speicherung in der Gebäudemasse:

$0.5 \text{ MJ/m}^2\text{K} \times 140 \text{ m}^2 = 70 \text{ MJ/K} = 19.4 \text{ kWh/K}$  (SIA 380/1 Wärmekap. Massivbau)

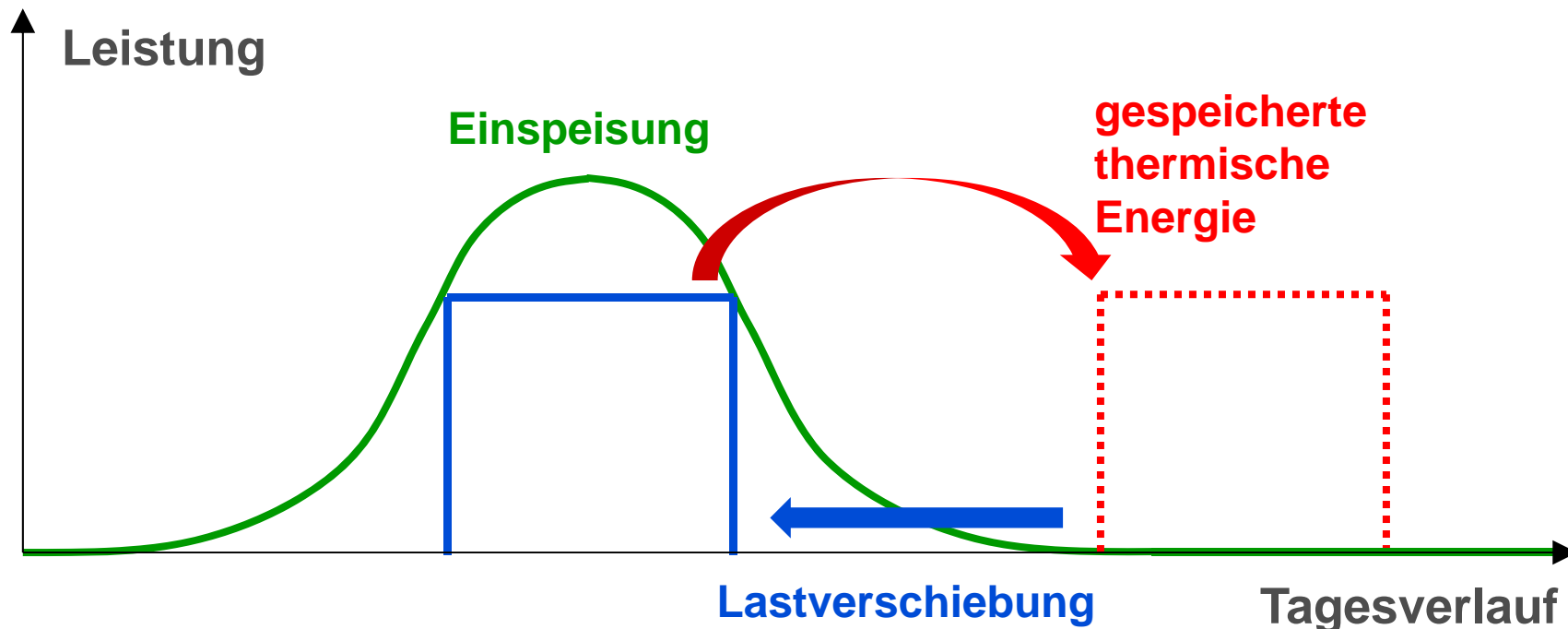
**20 kWh pro K Temperaturerhöhung → ca. 60 kWh bei 3 K Temperaturhub**

### Potential Speicherung in Pufferspeicher/Brauchwarmwasserspeicher:

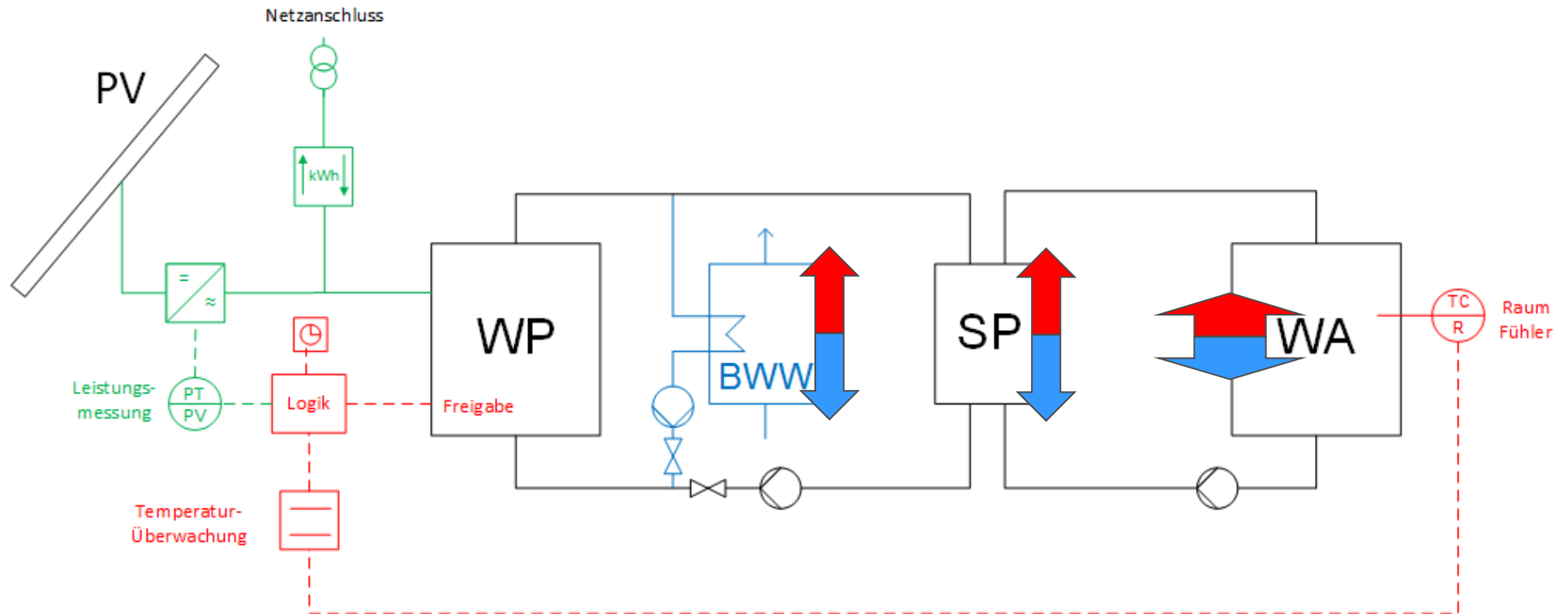
$300 \text{ Liter} \times 4.2 \text{ kJ/Liter} \times 30 \text{ K Temperaturerhöhung} = 37.8 \text{ MJ} = 10.5 \text{ kWh}$

$500 \text{ Liter} \times 4.2 \text{ kJ/Liter} \times 30 \text{ K Temperaturerhöhung} = 63.0 \text{ MJ} = 17.5 \text{ kWh}$

**→ ca. 10..20 kWh pro Speicher**



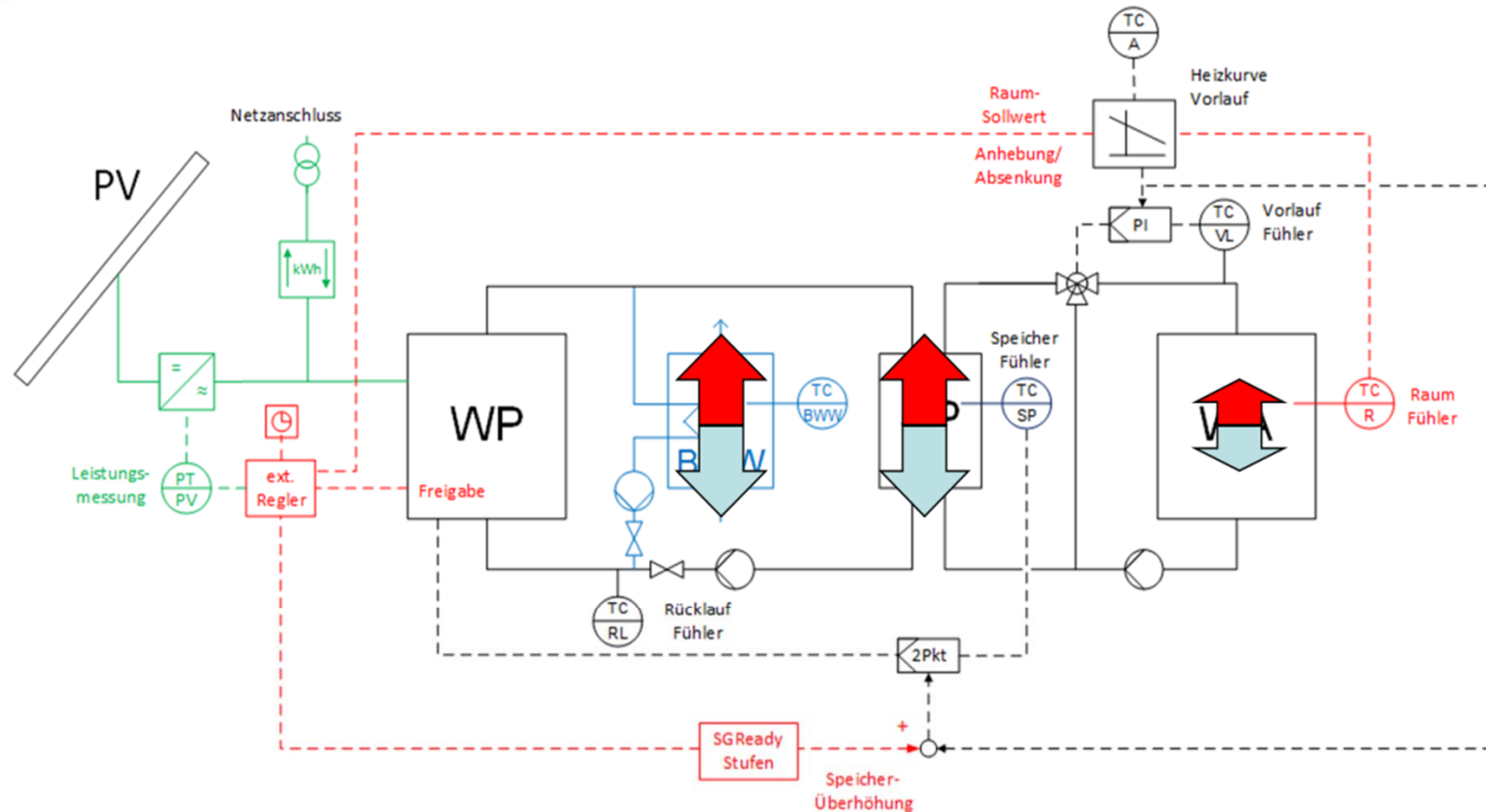
# Hydraulik und Regelung (Einfaches Beispiel mit Parallelspeicher)



**Komfortüberwachung  
ist dringend notwendig,  
um vollen Temperaturhub  
zu nutzen!**

PV = Photovoltaik  
WP = Wärmepumpe  
SP = Speicher  
WA = Wärmeabgabe  
BWW = Brauchwarmwasser

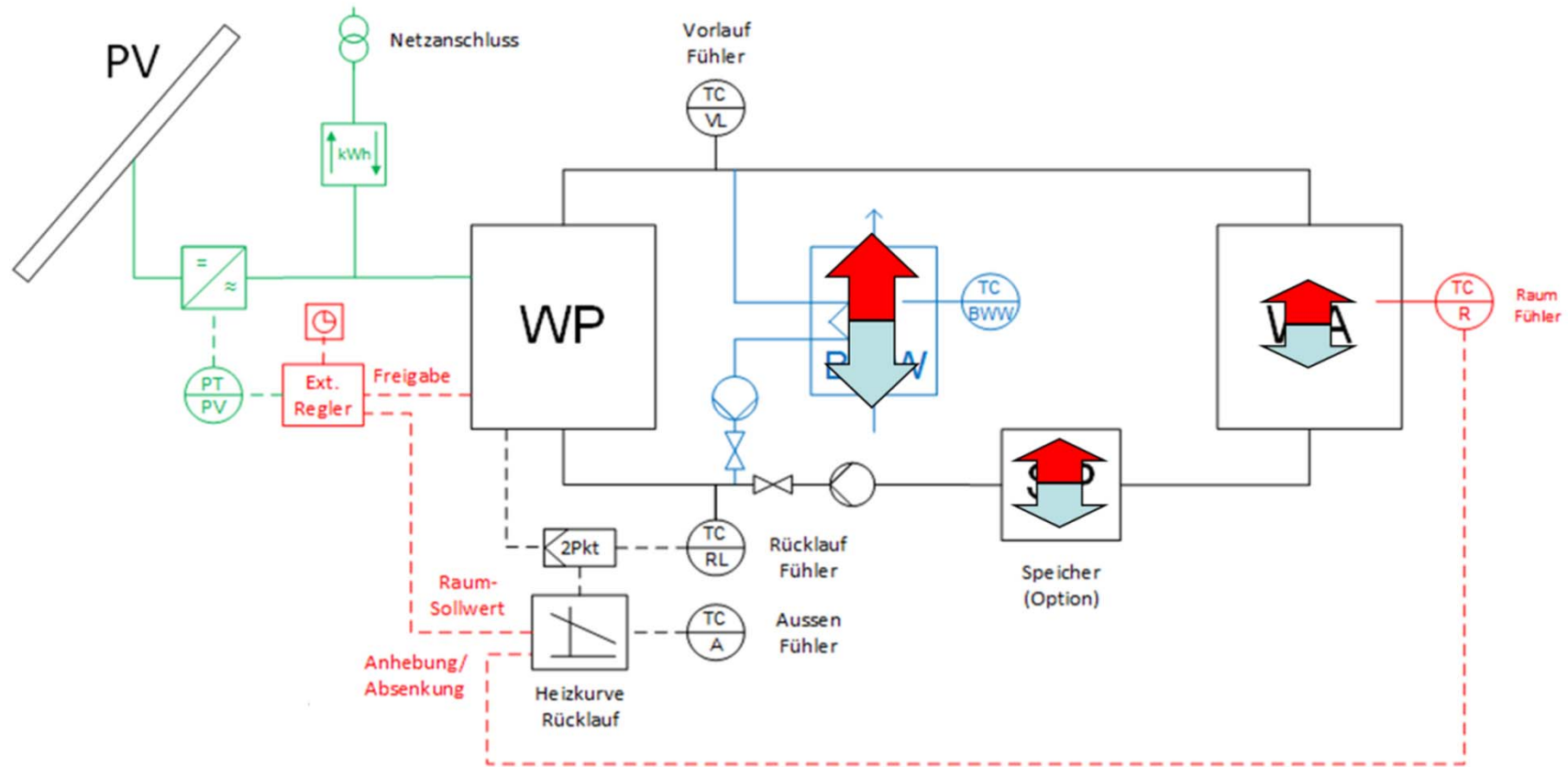
## Hydraulik und Regelung (Beispiel fortgeschrittene Lösung)



**Moderne Schnittstellen wie SG-Ready®  
Forcierte Temperaturüberhöhung der Speicher  
Temperaturanhebung/absenkung nach Verbrauchergruppen**



## Hydraulik und Regelung (Beispiel mit Seriespeicher)



**Temperaturhub im Seriespeicher läuft mit Wärmeabgabe  
Regelungstechnisch weniger Freiheitsgrade**

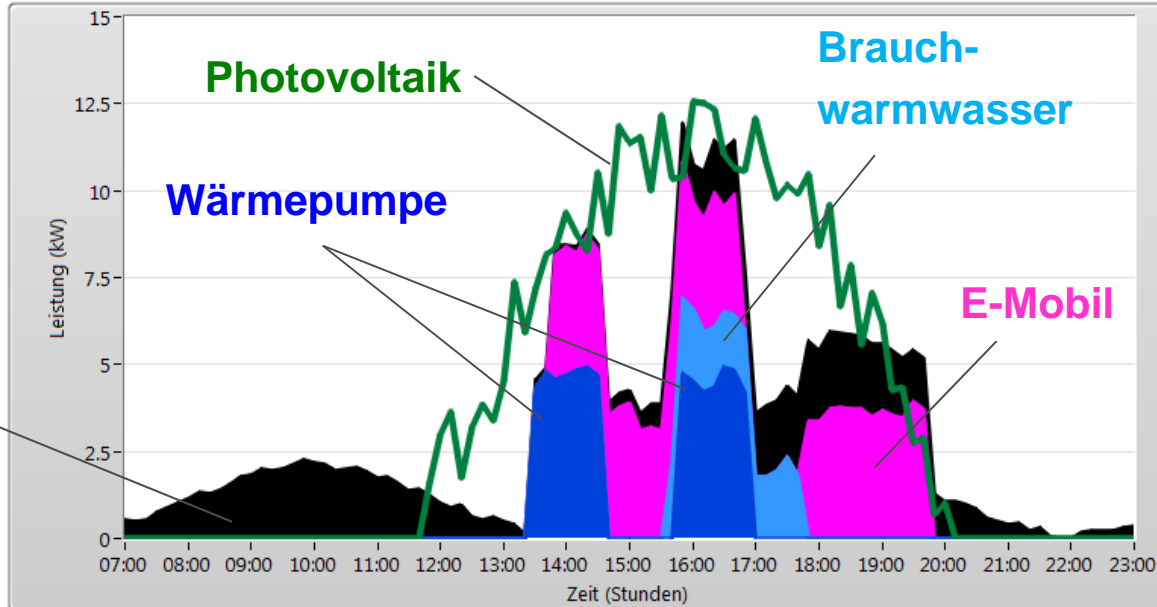
# Elektroinstallationen EFH zur Nachrüstung

**3 Testinstallationen laufen  
Grosse Nachfrage → Produkt lanciert**

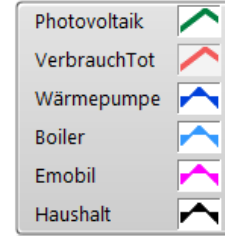


# Leistungsverläufe und Netzbelastung (typischer Tagesverlauf)

Produktion und Verbrauch



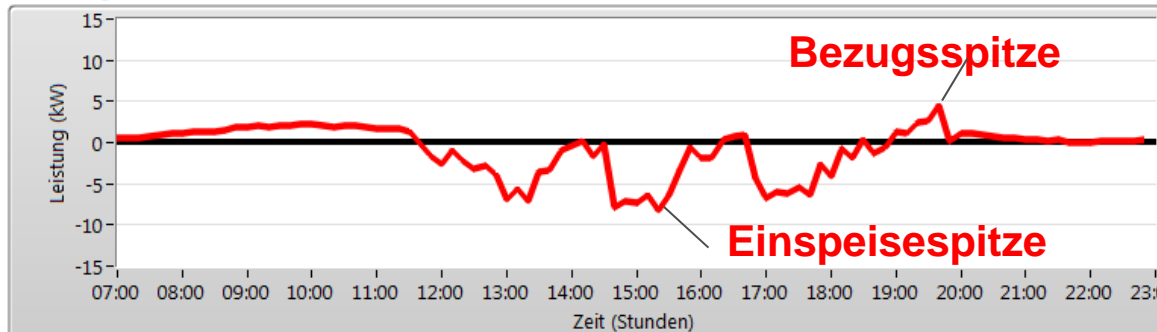
Grundlast  
Haushalt



Mittlere Peak  
Leistg (kW) Leistg (kW)

8.2	12.7
5.5	11.6
4.6	4.8
1.9	2.2
3.6	3.9
1.1	2.2

Nettobezug (+), Überschuss (-)



Details einblenden

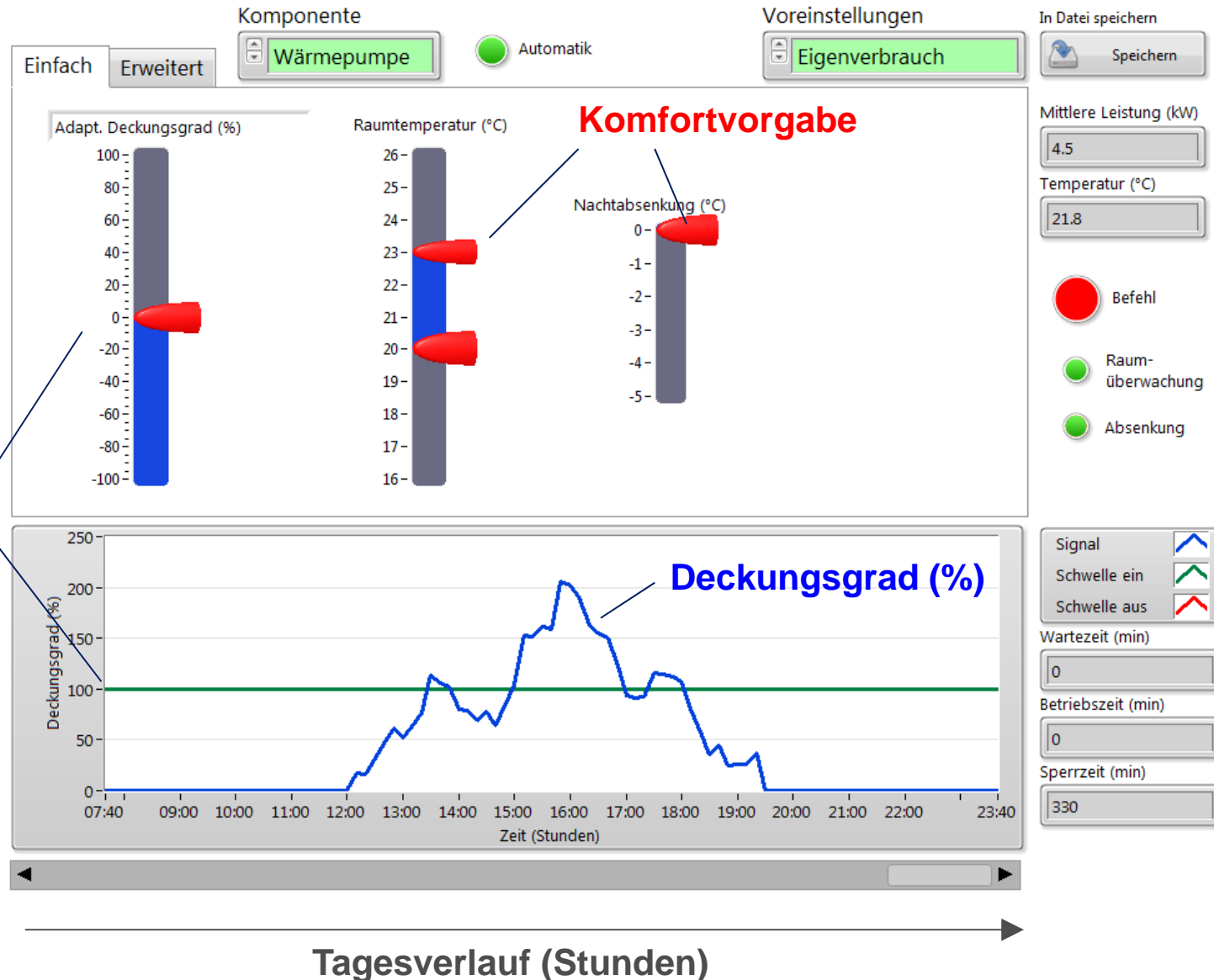


Tag zurück Pause Tag vorwärts



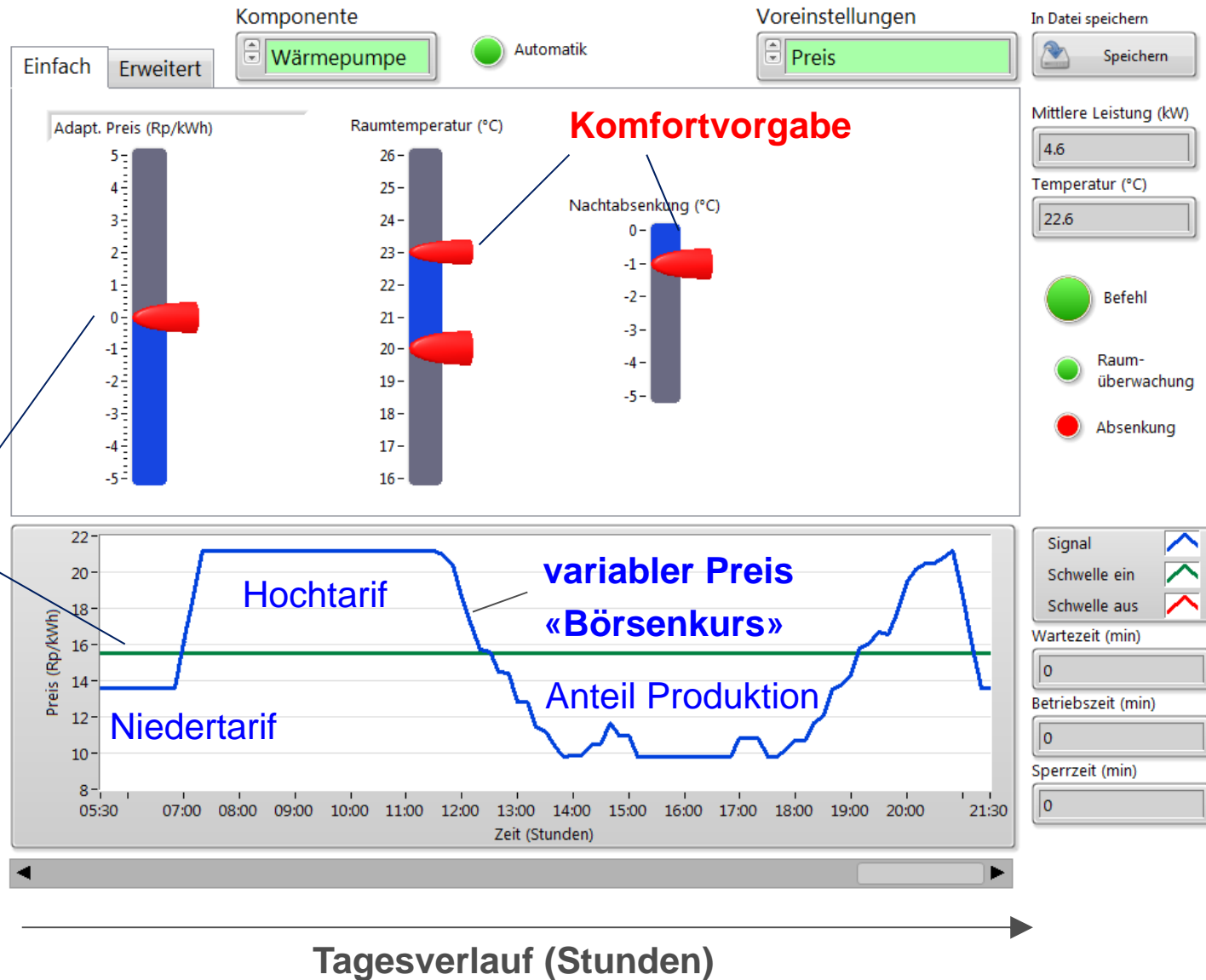
Tagesverlauf (Stunden)

# Eigenverbrauchsoptimierung über solaren Deckungsgrad



# Kostenoptimierung über variablen Preis → lokale Strombörse

Adaptiver  
Schwellwert  
Preis  
«Kauflimite»



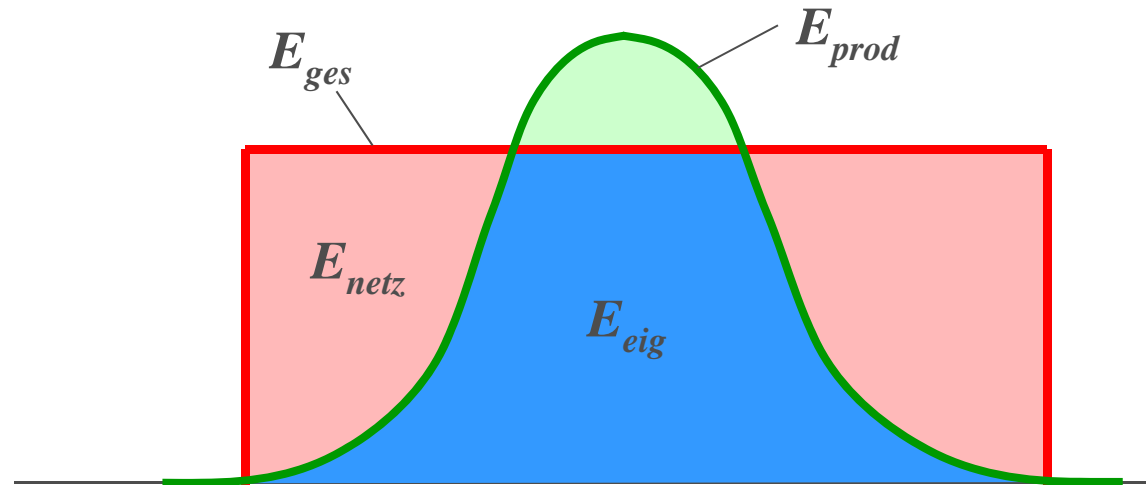
## Definition Eigenverbrauchsquote und Autarkiegrad

### Eigenverbrauchsquote

$$R_{eig} = \frac{E_{eig}}{E_{prod}} = \frac{E_{ges} - E_{netz}}{E_{prod}}$$

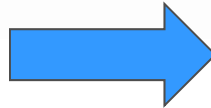
### Autarkiegrad

$$R_{aut} = \frac{E_{eig}}{E_{ges}} = \frac{E_{ges} - E_{netz}}{E_{ges}}$$



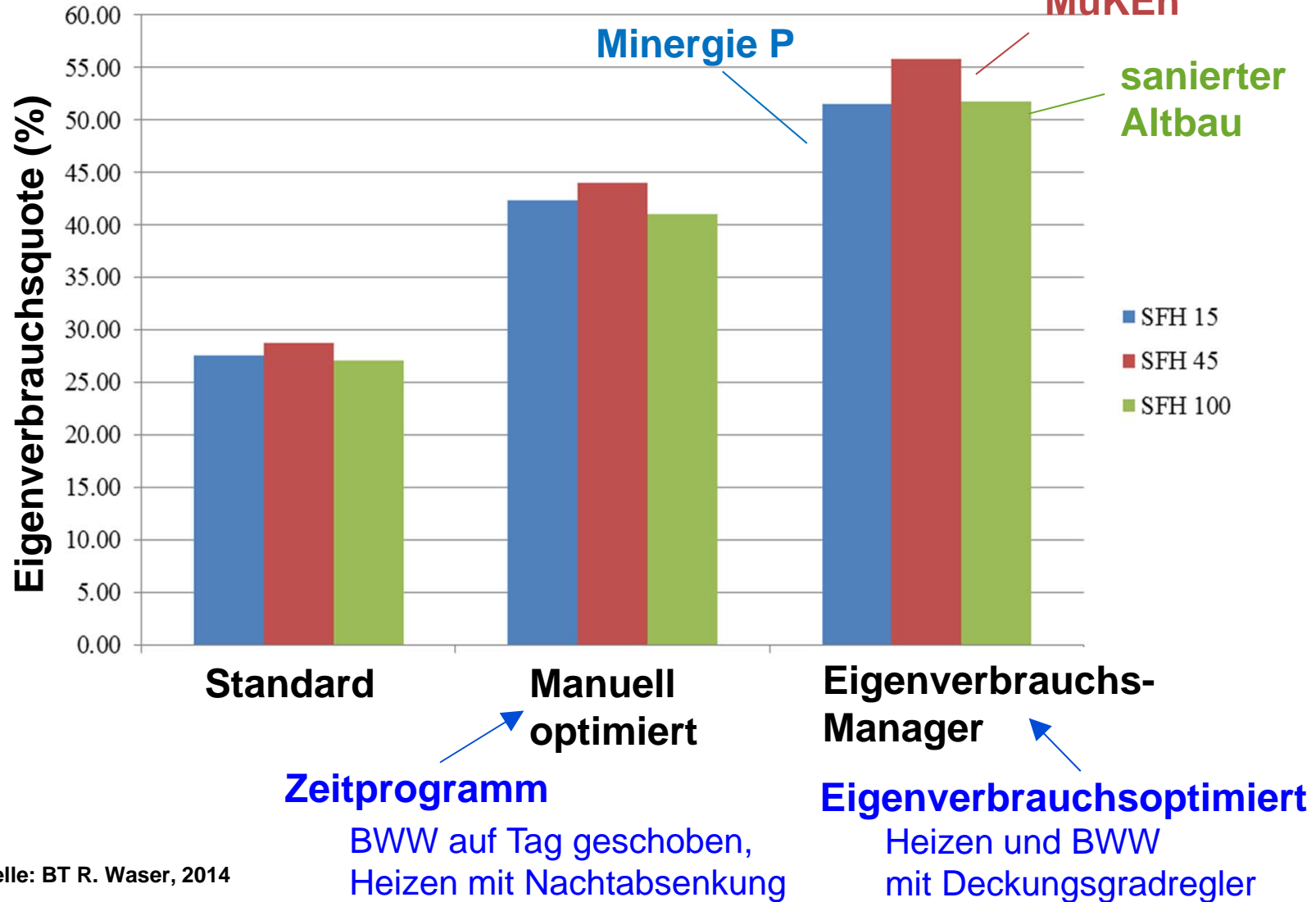
$E_{eig}$	Eigenverbrauch (kWh)
$E_{ges}$	Gesamter Stromverbrauch (kWh)
$E_{netz}$	Netzbezug (kWh)
$E_{prod}$	Eigenstromproduktion (kWh)

# Resultate Eigenverbrauchsoptimierung mit Wärmepumpe inkl. Brauchwarmwasser



**Verdoppelung möglich!**

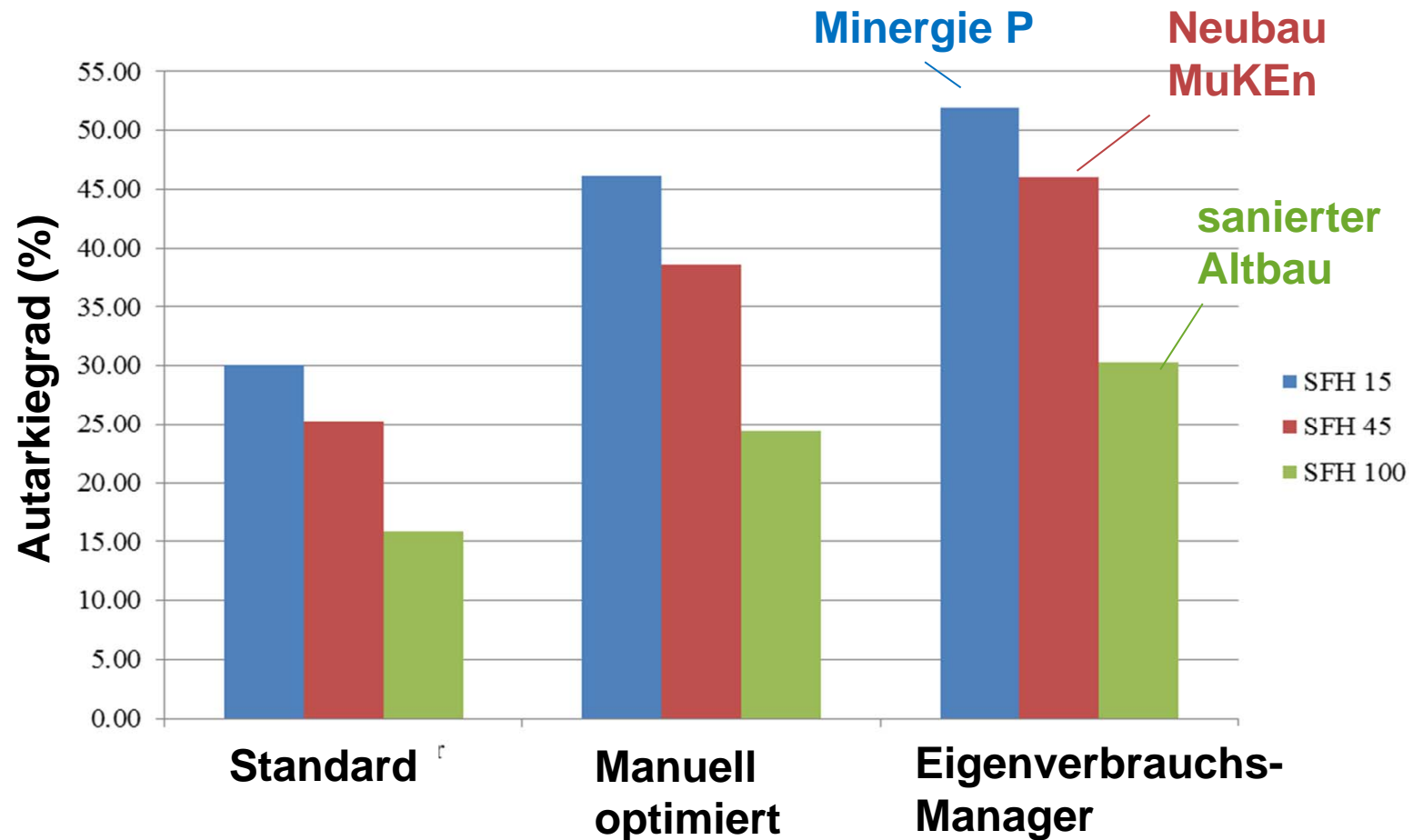
**Neubau  
MuKE n**



## Resultate Autarkieoptimierung mit Wärmepumpe inkl. Brauchwarmwasser



Bei guter Isolation wesentliche Steigerung!





## Amortisation bei Nachrüstung Eigenverbrauchsmanager

	Variante klein	Variante mittel	Variante gross
Leistung PV-Anlage	5 kWp	15 kWp	25 kWp
Eigenverbrauchsmanager*	2'500 CHF	3'000 CHF	3'500 CHF
Energieproduktion PV	5'000 kWh/Jahr	15'000 kWh/Jahr	25'000 kWh/Jahr
Eigenverbrauchsquote** ohne → mit EM	35% → 70%	30% → 60%	25% → 50%
Eigenverbrauch ohne → mit EM	1750 → 3500 kWh/Jahr	4500 → 9000 kWh/Jahr	6250 → 12'500 kWh/Jahr
Tarifliche Einsparung durch Eigenverbrauch	15 Rp/kWh	15 Rp/kWh	15 Rp/kWh
Kosteneinsparung ohne → mit EM	263 → 525 CHF/Jahr	675 → 1350 CHF/Jahr	938 → 1875 CHF/Jahr
Kosteneinsparung durch Eigenverbrauchsmanager	263 CHF/Jahr	675 CHF/Jahr	938 CHF/Jahr
Amortisationszeit***	<b>9.5 Jahre</b>	<b>4.4 Jahre</b>	<b>3.7 Jahre</b>
Betriebsdauer	20 Jahre	20 Jahre	20 Jahre
Gewinn auf Betriebsdauer	2'750 CHF	10'500 CHF	15'250 CHF
Gewinn pro Jahr	<b>138 CHF/Jahr</b>	<b>525 CHF/Jahr</b>	<b>763 CHF/Jahr</b>

Grobe Schätzungen, abhängig von Installation!

## Amortisation bei Nachrüstung PV-Anlage und Eigenverbrauchsmanager

	Variante klein	Variante mittel	Variante gross
Leistung PV-Anlage	5 kWp	15 kWp	25 kWp
Investition PV-Anlage	15'000 CHF	37'500 CHF	50'000 CHF
Spezifische Kosten	3'000 CHF/kWp	2'500 CHF/kWp	2'000 CHF/kWp
Eigenverbrauchsmanager	2'500 CHF	3'000 CHF	3'500 CHF
Einmalvergütung (ab 1.4.2015, angebaut)	-4'800 CHF	-11'600 CHF	-18'400 CHF
Eigenverbrauchsquote EM	70%	60%	50%
Eigenverbrauch mit EM	3500 kWh/Jahr	9000 kWh/Jahr	12'500 kWh/Jahr
Einspeisung	1500 kWh/Jahr	6000 kWh/Jahr	12'500 kWh/Jahr
Bezugstarif CHF/kWh	25 Rp/kWh	25 Rp/kWh	25 Rp/kWh
Einspeisetarif CHF/kWh	10 Rp/kWh	10 Rp/kWh	10 Rp/kWh
Vergütungen pro Jahr mit EM	1025 CHF/Jahr	2850 CHF/Jahr	4375 CHF/Jahr
Amortisationszeit mit EM	12.4 Jahre	10.1 Jahre	8 Jahre
Betriebsdauer	20 Jahre	20 Jahre	20 Jahre
Gewinn auf Betriebsdauer	7'800 CHF	28'100 CHF	52'400 CHF
Gewinn pro Jahr	390 CHF/Jahr	1'405 CHF/Jahr	2'620 CHF/Jahr

Grobe Schätzungen, abhängig von Installation!

- **Wärmepumpen eignen sich optimal zur Steigerung des Eigenverbrauchs und Entlastung des Stromnetzes (Lastmanagement)**
- **Grosser Anreiz für Kostenoptimierungen bei tiefen Einspeisetarifen und hohen Netzbezugpreisen**
- **Nachrüstung amortisiert sich in wenigen Jahren**
- **Verdoppelung des Eigenverbrauchs durch regelungstechnische Optimierung möglich**
- **Aufpassen bei manuellem «Schieben» auf den Tag (Zeitprogramme)**  
→ **Gesamtkosten können zunehmen wegen Hochtarif am Tag**
- **Aufpassen bei Temperaturerhöhungen oder elektrischen Heizstäben**  
→ **Effizienz des Gesamtsystems berücksichtigen!**