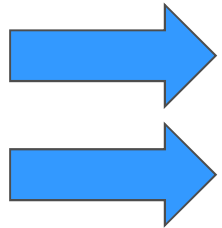


# **Kosten sparen mit Eigenverbrauchsoptimierung und Speicherung im Elektromobil**

**Swissolar Tagung  
26.01.2016, Bern**

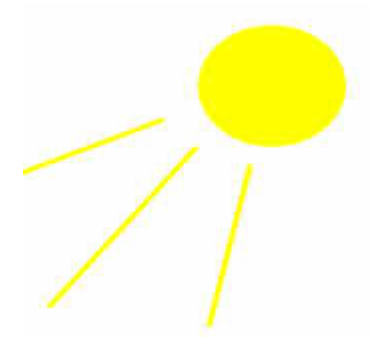
**Prof. Dr. David Zogg  
Zogg Energy Control  
Ein Spinoff der Fachhochschule  
Nordwestschweiz**

## Betrachtete Komponenten

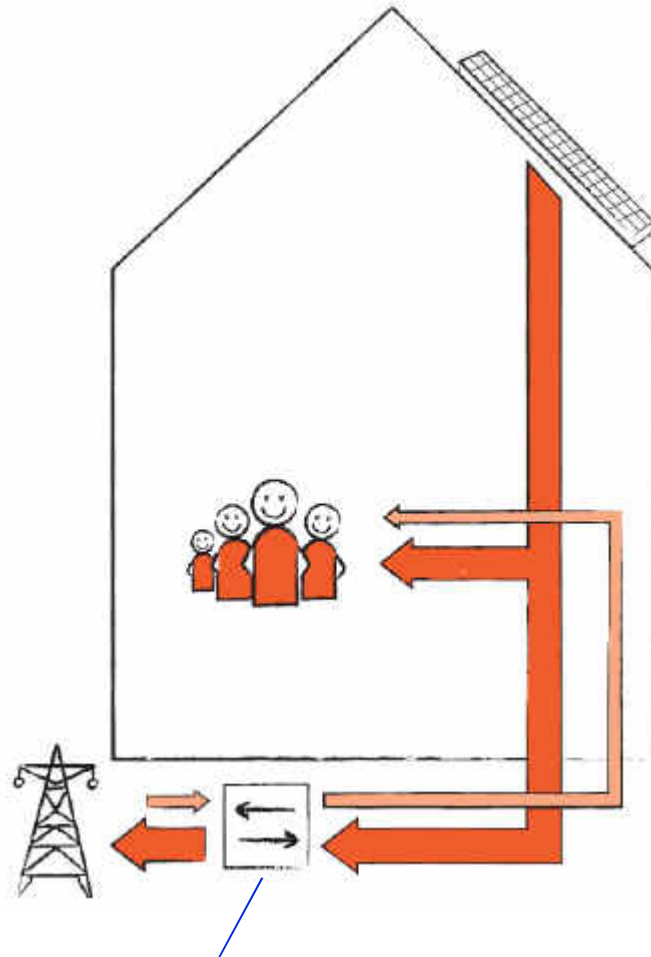


**Vorhandene Speicher verwenden**

**Batteriespeicher im Elektromobil  
(oder Plug-In-Hybrid)**



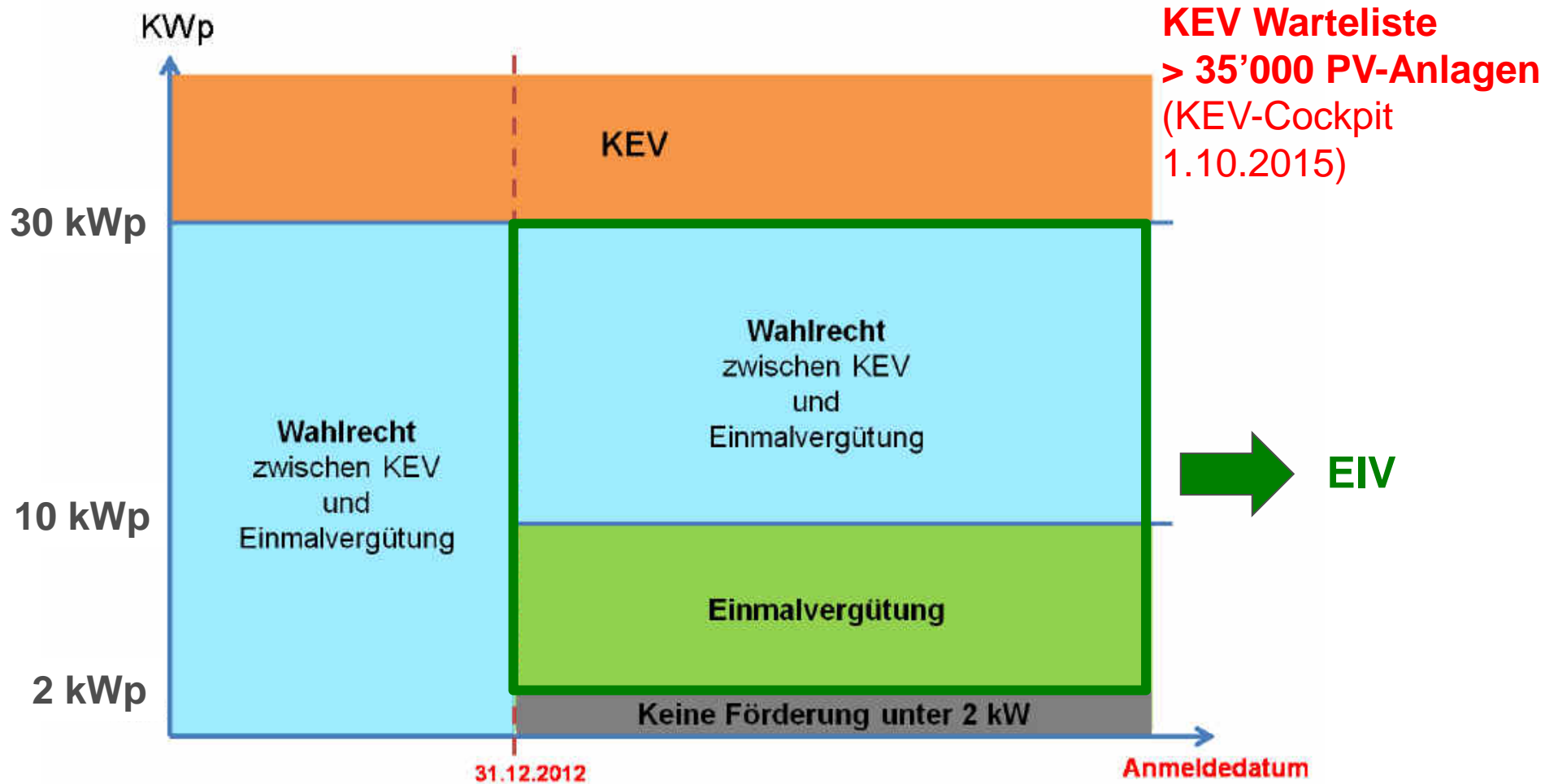
## Technische Voraussetzung zum Eigenverbrauch



### Saldierender Zweirichtungszähler (Überschuss/Bezug)

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

## Wann macht Eigenverbrauch Sinn?

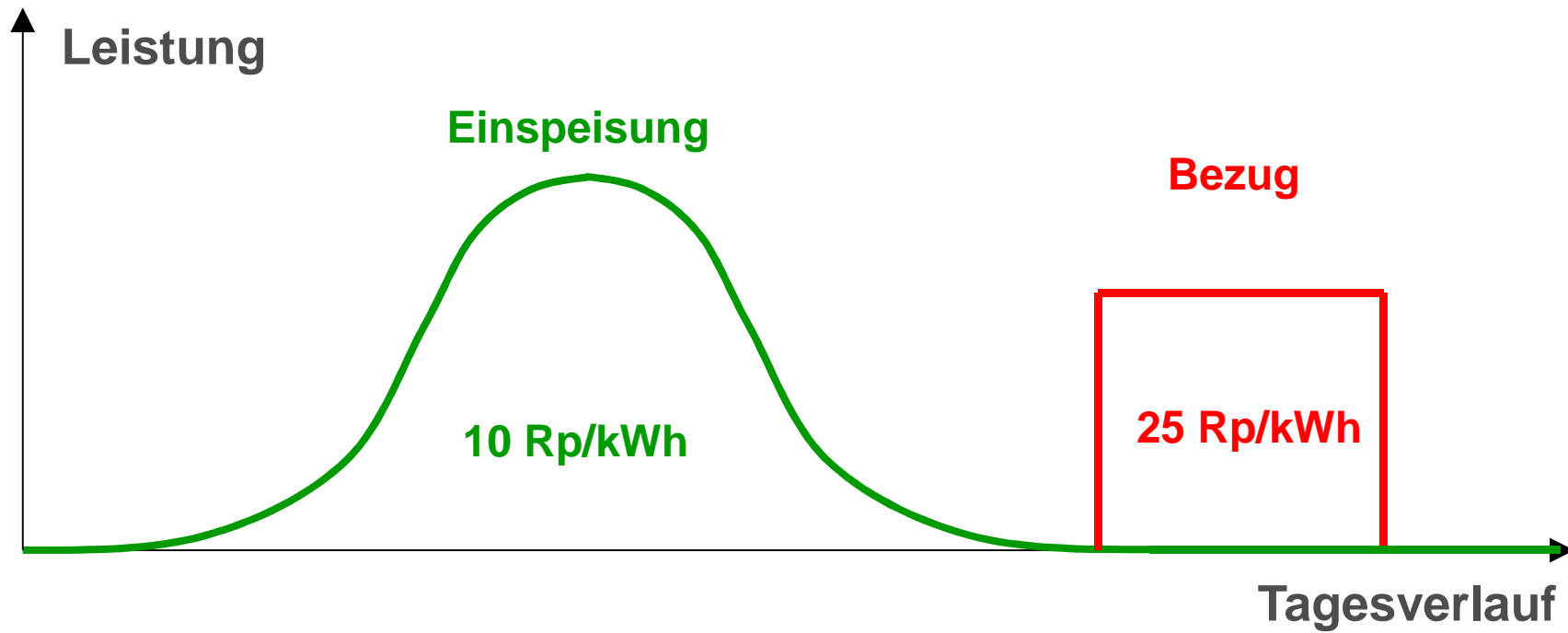


**EIV = Einmalvergütung** (ca. 30% der Investitionskosten)

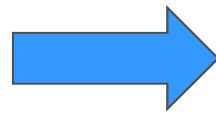
**KEV = Kostendeckende Einspeisevergütung** (ca. 20..25 Rp/kWh)

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

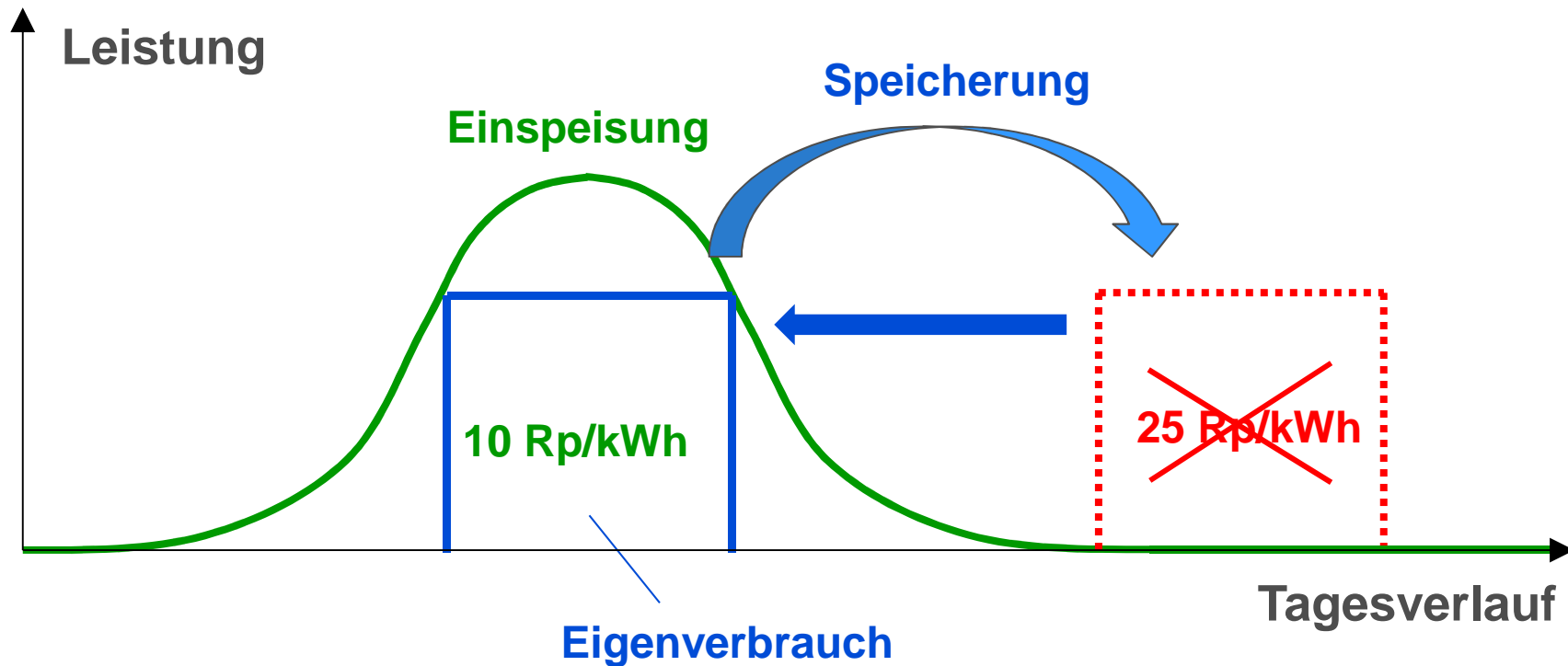
## Preislicher Anreiz Situation ohne Eigenverbrauchsoptimierung



## Preislicher Anreiz Situation mit Eigenverbrauchsoptimierung



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



## Potential und Kosten thermische und elektrische Speicherung

Speicher	Kapazität thermisch	Kapazität elektrisch <sup>a)</sup>	Zusatzkosten	Anzahl Ladezyklen
Gebüdemasse	ca. 60 kWh <sup>1)</sup>	ca. 20 kWh	keine <sup>b)</sup>	beliebig
Brauchwarmwasser Speicher	ca. 15 kWh <sup>2)</sup>	ca. 5 kWh	keine <sup>b)</sup>	beliebig
Pufferspeicher Heizung	ca. 6 kWh <sup>3)</sup>	ca. 2 kWh	keine <sup>b)</sup>	beliebig
Batteriespeicher stationär		ca. 10 kWh	ca. 15'000 CHF (Tesla 3'000\$ ?)	ca. 5'000
Batteriespeicher im E-Mobil		ca. 20 kWh (Tesla 90 kWh)	ca. 10'000 CHF <sup>c)</sup> (bis 30'000 CHF)	ca. 5'000

a) über Wärmepumpe betrieben, COP ca. 3

b) standardmässig in Gebäuden vorhanden

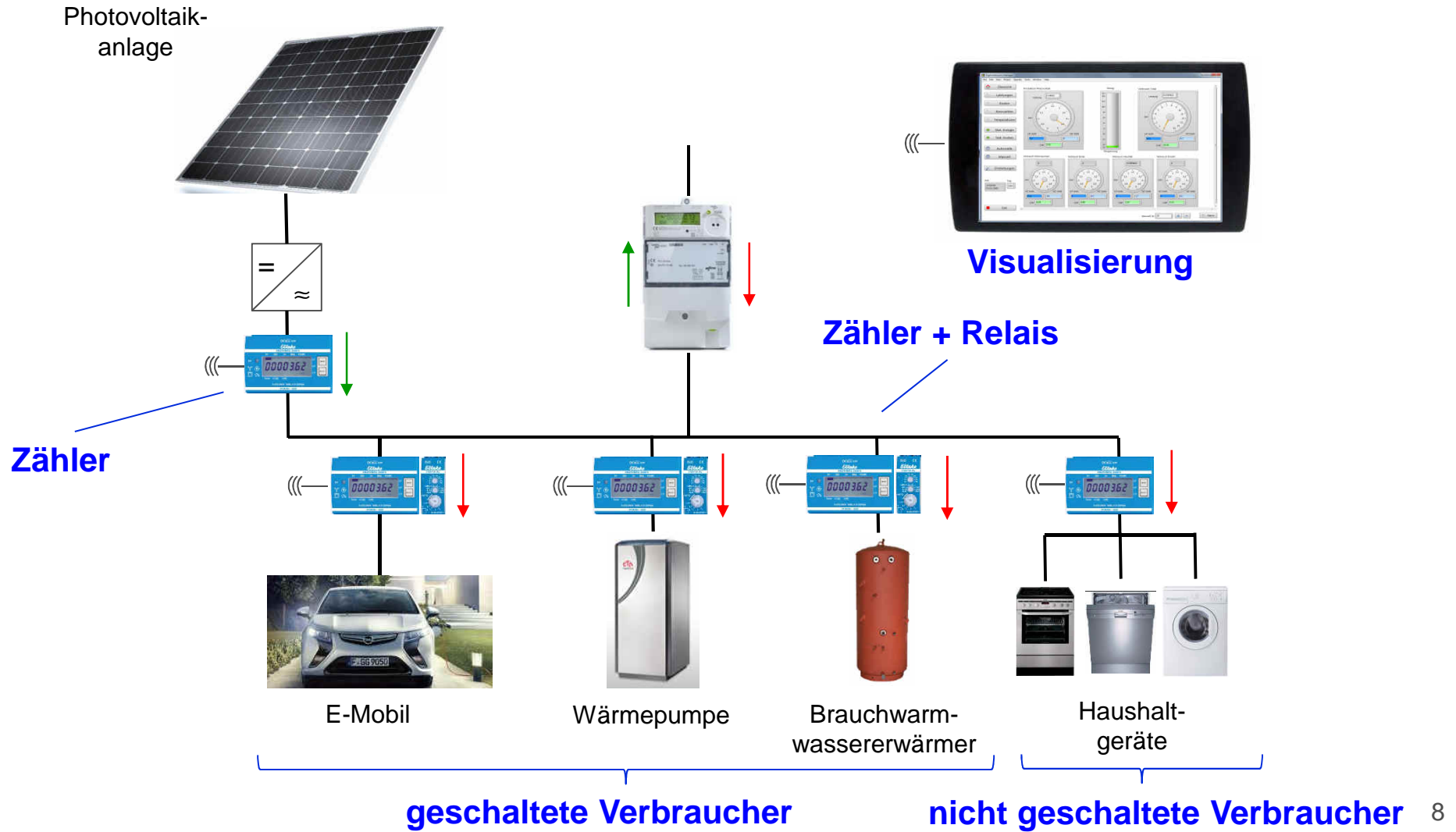
c) Aufpreis gegenüber Dieselfahrzeug gleicher Klasse

1) EFH Massivbau, 3K Temperaturerhöhung,

2) 500 Liter, 30 K Temperaturerhöhung

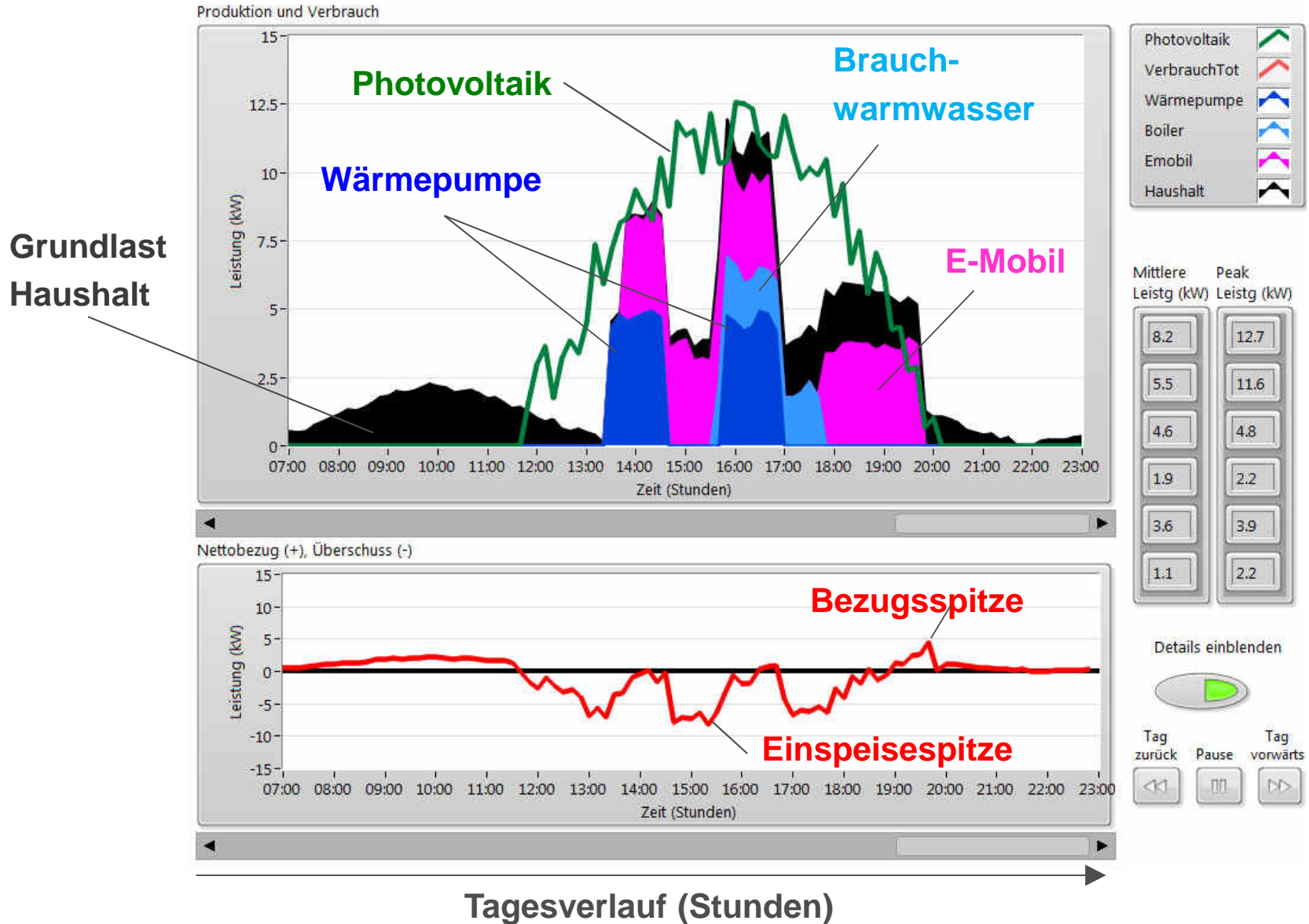
3) 500 Liter, 10 K Temperaturerhöhung

# Elektroinstallationen EFH zur Nachrüstung

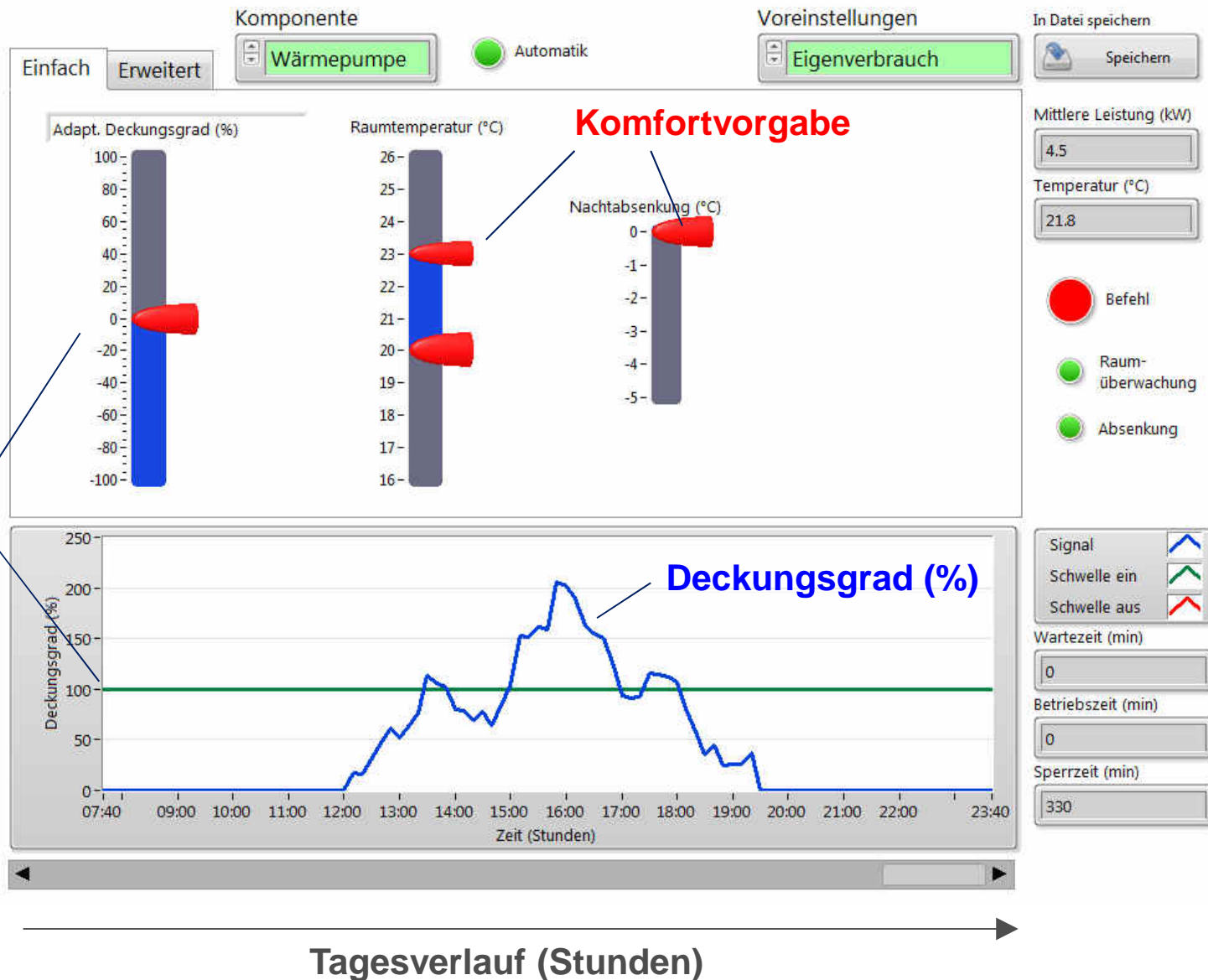




# Leistungsverläufe und Netzbelastung (typischer Tagesverlauf)



# Eigenverbrauchsoptimierung über solaren Deckungsgrad



Adaptiver Schwellwert Deckungsgrad

Komfortvorgabe

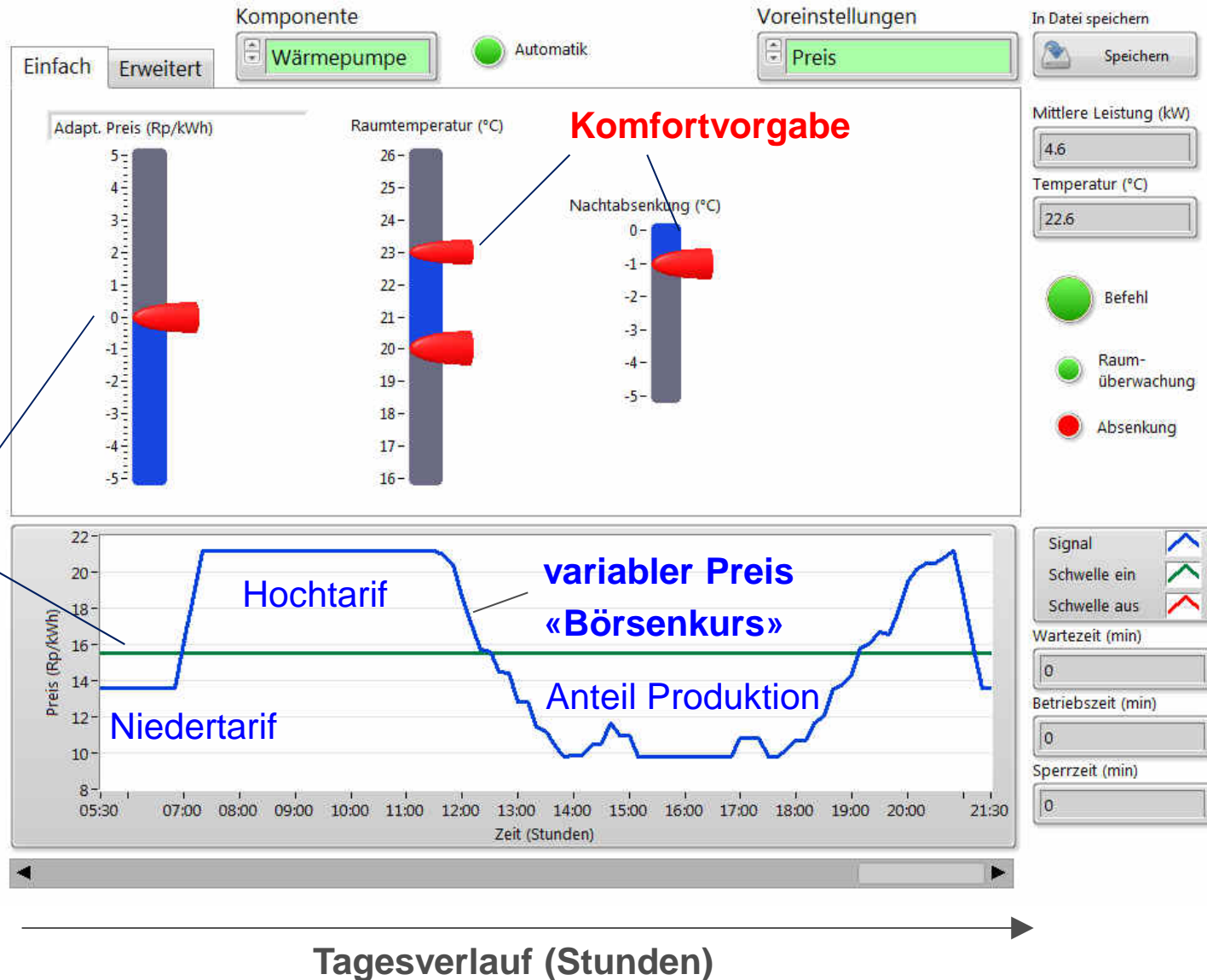
Deckungsgrad (%)

Tagesverlauf (Stunden)

# Kostenoptimierung über variablen Preis

## → lokale Strombörse

Adaptiver Schwellwert Preis «Kauflimite»



## Variables Laden des E-Mobils



Eigenverbrauchsmanager  
mit variabler Überschussregelung

Modbus  
Kommunikation

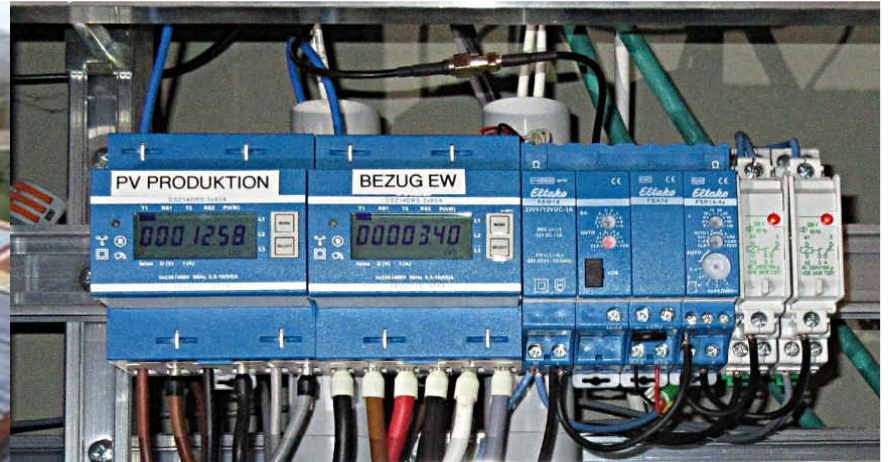
Wallb-E-Home  
Mode 3  
variabel 4..11 kW  
max. 22 kW



Kabel Typ 2  
Ladestromvorgabe  
6..16A



Tesla Model S  
90 kWh Batterie, max 500 km Reichweite

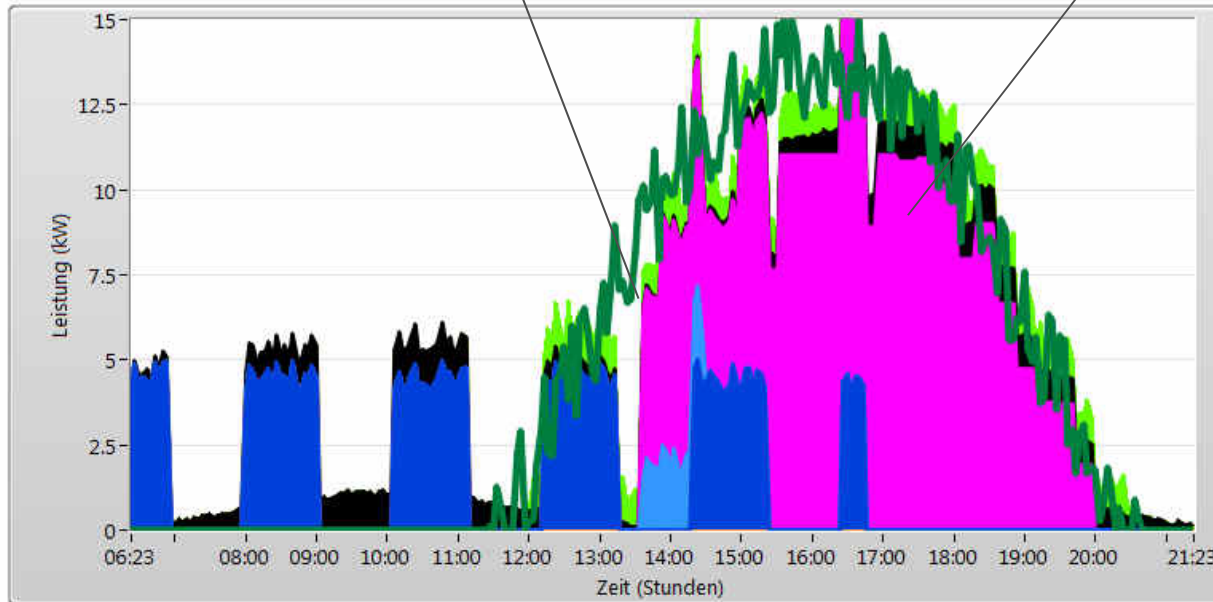


# Variables Laden des E-Mobils

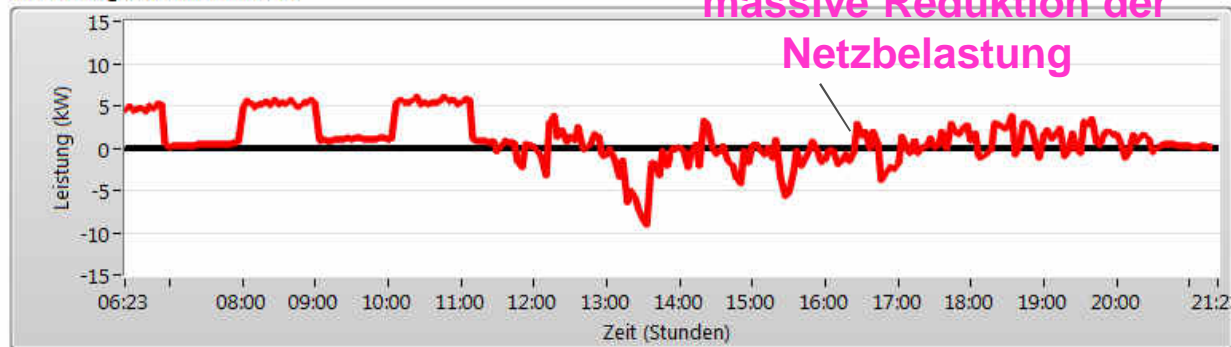
E-Mobil eingesteckt

E-Mobil leistungsgeregelt laden

Produktion und Verbrauch

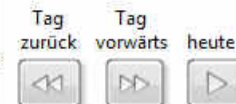


Netto Bezug (+), Überschuss (-)



massive Reduktion der  
Netzbelastung

Details einblenden



# Lademanager für E-Mobil

Betrieb
Konfiguration
Emobil
Voreinstellungen
Eigenverbrauch
Speichern

Planen Sie Ihre nächste Fahrt

Sa

07:00

Abfahrtszeit

100

km

18:00

Ankunftszeit

+ Details

0

 kWh
 

0

 km
 

Plugged

Mittlere Leistung (kW)

8

Stellwert (kW)

2.9

- Automatik
- Befehl
- Raumüberwachung
- Absenkung

Ladeplan

Wochentag	Wochentag	Wochentag	Wochentag	Wochentag	Wochentag	Wochentag
Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
Abfahrtszeit	Abfahrtszeit	Abfahrtszeit	Abfahrtszeit	Abfahrtszeit	Abfahrtszeit	Abfahrtszeit
07:00	06:00	07:00	08:00	07:00	10:00	00:00
Kilometer	Kilometer	Kilometer	Kilometer	Kilometer	Kilometer	Kilometer
80	80	80	80	80	50	0
Ankunftszeit	Ankunftszeit	Ankunftszeit	Ankunftszeit	Ankunftszeit	Ankunftszeit	Ankunftszeit
16:00	19:00	22:00	18:00	16:00	14:00	00:00
Zusatz km	Zusatz km	Zusatz km	Zusatz km	Zusatz km	Zusatz km	Zusatz km
0	0	0	0	0	0	0

	Variante mittel	Variante gross
Leistung PV-Anlage	15 kWp	25 kWp
Eigenverbrauchsmanager	3'000 CHF	3'500 CHF
Energieproduktion PV	15'000 kWh/Jahr	25'000 kWh/Jahr
Eigenverbrauchsquote ohne → mit EM	<b>30% → 60%</b>	<b>25% → 50%</b>
Eigenverbrauch ohne → mit EM	4500 → 9000 kWh/Jahr	6250 → 12'500 kWh/Jahr
Tarifliche Einsparung durch Eigenverbrauch	15 Rp/kWh	15 Rp/kWh
Kosteneinsparung ohne → mit EM	675 → 1350 CHF/Jahr	938 → 1875 CHF/Jahr
Kosteneinsparung durch Eigenverbrauchsmanager	675 CHF/Jahr	938 CHF/Jahr
Amortisationszeit (ohne Zins)	<b>4.4 Jahre</b>	<b>3.7 Jahre</b>
Betriebsdauer	20 Jahre	20 Jahre
Gewinn auf Betriebsdauer	10'500 CHF	15'250 CHF
Gewinn pro Jahr	<b>525 CHF/Jahr</b>	<b>763 CHF/Jahr</b>

Preise grobe Schätzung, abhängig von Installation!



## Neue PV-Anlage inkl. Eigenverbrauchsmanager

	Variante mittel	Variante gross
Leistung PV-Anlage	15 kWp	25 kWp
Investition PV-Anlage	40'500 CHF	57'500 CHF
Spezifische Kosten	2'700 CHF/kWp	2'300 CHF/kWp
Eigenverbrauchsmanager	3'000 CHF	3'500 CHF
<b>Einmalvergütung (ab 1.4.2015, angebaut)</b>	<b>-11'600 CHF</b>	<b>-18'400 CHF</b>
Eigenverbrauchsquote EM	<b>60%</b>	<b>50%</b>
Eigenverbrauch mit EM	9000 kWh/Jahr	12'500 kWh/Jahr
Einspeisung	6000 kWh/Jahr	12'500 kWh/Jahr
Bezugstarif CHF/kWh	25 Rp/kWh	25 Rp/kWh
Einspeisetarif CHF/kWh	10 Rp/kWh	10 Rp/kWh
Vergütungen pro Jahr mit EM	2850 CHF/Jahr	4375 CHF/Jahr
Amortisationszeit mit EM	<b>11 Jahre</b>	<b>10 Jahre</b>
Betriebsdauer	20 Jahre	20 Jahre
Gewinn auf Betriebsdauer	25'100 CHF	44'900 CHF
Gewinn pro Jahr	<b>1'255 CHF/Jahr</b>	<b>2'245 CHF/Jahr</b>

Preise PV-Anlage sehr grobe Schätzung, abhängig von Installation!

### a) ist das wirklich so schlimm?

Beispiel Tesla Model S mit 90 kWh Batterie, 15 kWp PV-Anlage, Fahrdistanz 50 km/Tag  
in 2 Tagen 100% der Batterie geladen, 300..500 km Reichweite reicht für 2 Wochen pendeln !

Beispiel Plug-In-Hybrid 16 kWh Batterie, 5 kWp PV-Anlage, Fahrdistanz 15 km/Tag  
in 1 Tag 100% der Batterie geladen, 60..80 km el. Reichweite reicht für 1 Woche pendeln !

### b) Alternative am Arbeitsplatz !



[www.saveffi.com](http://www.saveffi.com)



[www.atkinsglobal.com](http://www.atkinsglobal.com)

## Steckertypen



### Typ-1-Stecker

- japanische Lösung (findet sich auch an entsprechenden Fahrzeugen in Europa)
- nicht kommunikationsfähig
- Leistung: bis 7,4 kW / bis 32 A
- einphasig, nur AC-Ladung möglich



### Typ-2-Stecker

- von den europäischen Fahrzeugherstellern favorisiert
- kommunikationsfähig
- Leistung: bis 43,5 kW / bis 63 A
- ein- bis dreiphasig, AC- und DC-Ladung möglich



### Combostecker

Combined Charging System (CCS)

- von den europäischen Herstellern als Standard favorisiert
- kommunikationsfähig
- Leistung: bis 170 kW / bis 200 A
- Schnellladung via DC



### CHAdeMO

- von japanischen Herstellern favorisiert
- kommunikationsfähig
- Leistung: bis 62,5 kW / bis 200 A
- Schnellladung via DC

## Vielfalt der Lademodi

Ladenorm Lademodus	Kommunikation	max. Leistung 1-phasig	max. Leistung 3-phasig	vehicle- to-grid	Verbreitung
IEC 61851-1 Mode 1 (AC)	keine	16A, 3.7 kW	16A, 11 kW	nein	weltweit
IEC 61851-1 Mode 2 (AC)	PWM-Modul im Ladekabel	16A, 3.7 kW	32A, 22 kW	nein	weltweit
IEC 61851-1 Mode 3 (AC)	PWM-Modul in Ladestation	16A, 3.7 kW	63A, 44 kW	nein	weltweit
IEC 61851-1 Mode 4 (DC)	PLC	bis 160 kW (DC)		nein	weltweit
IEC 61851- 23/24 CHAdeMO	CAN	AC bis 3.7 kW DC bis 63 kW		nein	asiatischer Raum
IEC 15118	PLC	AC, DC bis 63 kW		ja	<b>noch keine</b>

Quelle: Fraunhofer Whitepaper Protokollvergleich, 2014

## Idee «Vehicle-To-Grid»

### a) Problematik heute

Begrenzte Lebensdauer der Batterie (Anzahl Ladezyklen)

Aufwändiges Batteriemangement (Ladung, Temperatur) notwendig

Hersteller geben Garantie 8..10 Jahre auf Hochvoltsystem ohne zusätzliche Belastung!

Verbreitete Ladenormen unterstützen noch kein bidirektionales Laden/Entladen

### b) Zahlreiche Pilotprojekte

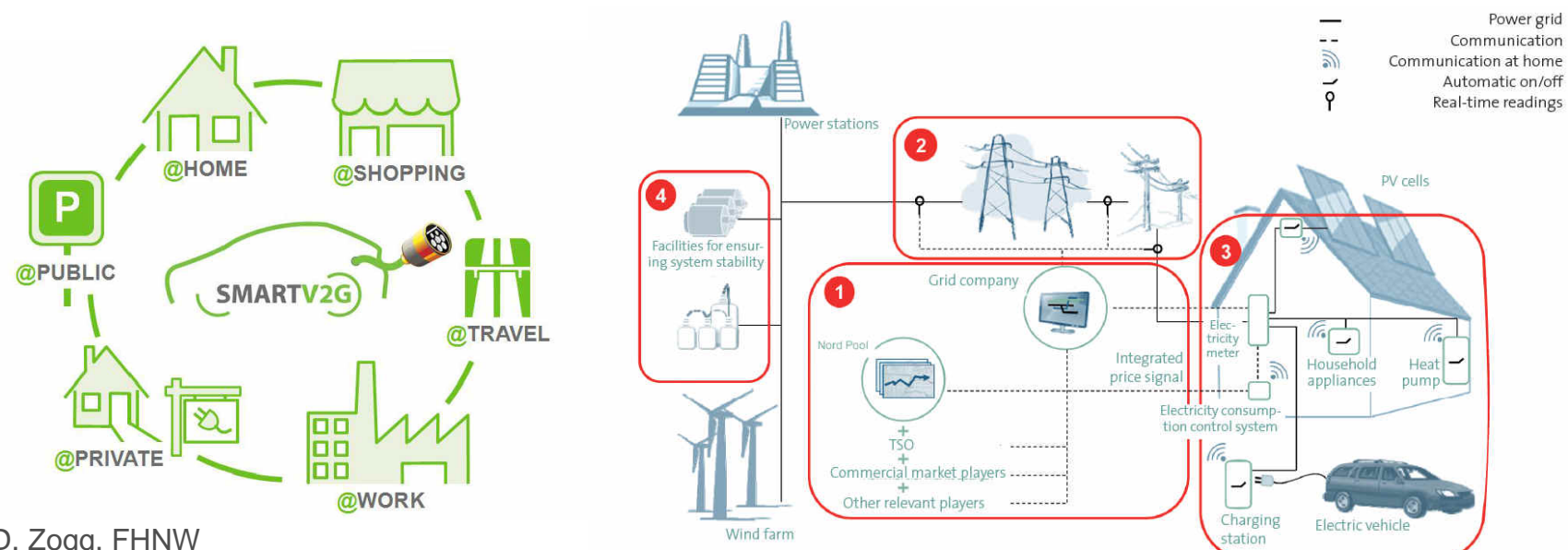
USA: NREL, Electric Vehicle Grid Integration

USA: V2G, The Grid-Integrated Vehicle with Vehicle to Grid Technology

Europa: SmartV2G, Smart Vehicle to Grid Interface

Europa: G4V, Grid for Vehicles

Dänemark: Smart Grid Denmark, EU EcoGrid Bornholm



## Mobilität und Effizienz – ein Vergleich der Systeme



Elektro

Plug-In  
Hybrid

Benzin  
(Erdgas)

Diesel

10 kWh/100 km  
1 l/100 km

10 kWh/100 km  
3 l/100 km

6 l/100 km

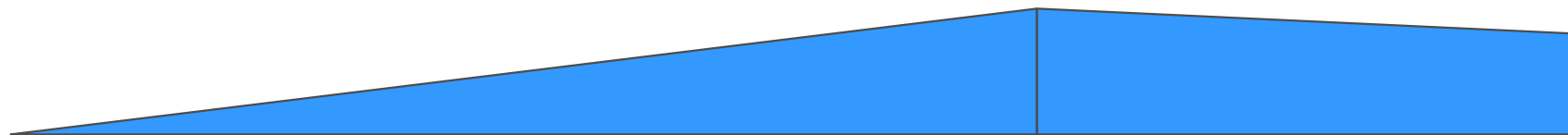
5 l/100 km

Wirkungsgrad  
80%

Wirkungsgrad  
80% / 15 %

Wirkungsgrad  
15%

Wirkungsgrad  
25%



Verbrauch, CO<sub>2</sub>



Abgase (NO<sub>x</sub>, CO, HC, Partikel)

## Schlussfolgerungen

- **Elektromobile eignen sich optimal zur Steigerung des Eigenverbrauchs und Entlastung des Stromnetzes (Lastmanagement)**
- **Signifikante Erhöhung des Eigenverbrauchs und der Autarkie durch regelungstechnische Optimierung möglich**
- **Anreiz für Kostenoptimierungen bei tiefen Einspeisetarifen und hohen Netzbezugspreisen**
- **Maximaler Anreiz in Zukunft durch variable Stromtarife**
- **PV-Anlage am Arbeitsplatz, wenn möglich**
- **Vehicle-To-Grid ist noch Zukunft, abhängig von der Entwicklung der Batteriespeicher und Ladenormen**