



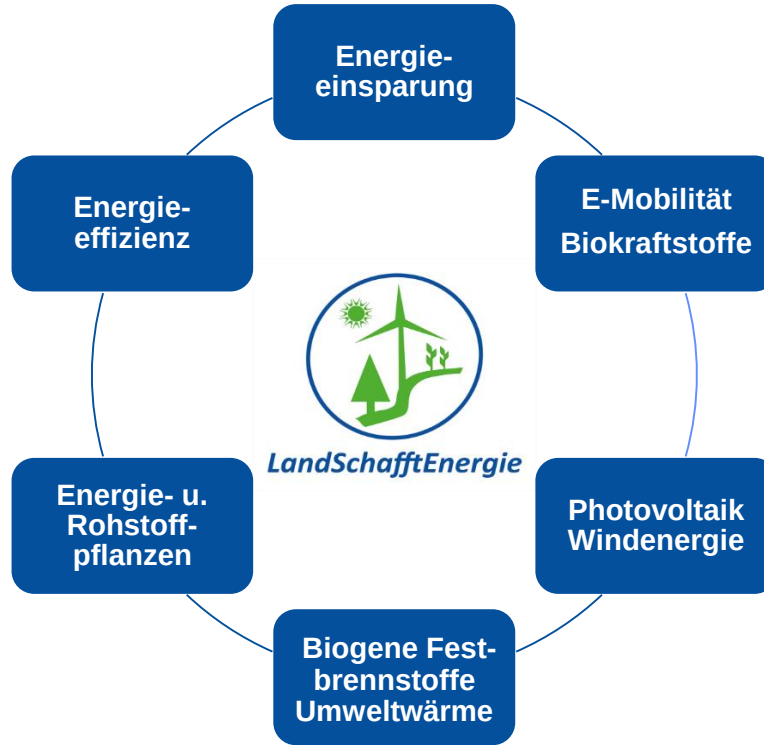
Den eigenen Solarstrom optimal nutzen

Pfaffenhofen an der Ilm, 21.10.2025

Rita Haas • Nachhaltige Mobilität
Julian Müller • Solarenergie und Stromspeicher



Beratung und Wissenstransfer



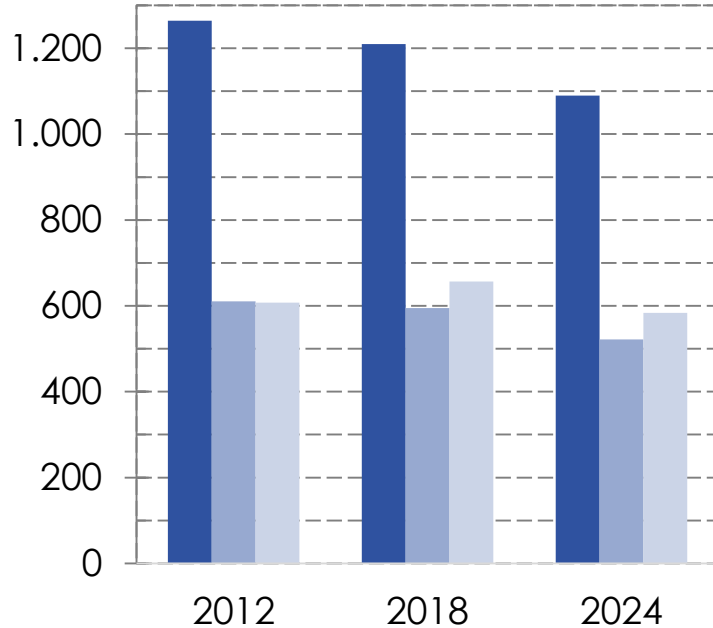
Was erwartet Sie heute?

- **Photovoltaik – Aktuelles und Rahmenbedingungen**
- Stromspeicherung und Sektorenkopplung
- Sonne tanken - Solarstrom für die Elektromobilität
- Fazit

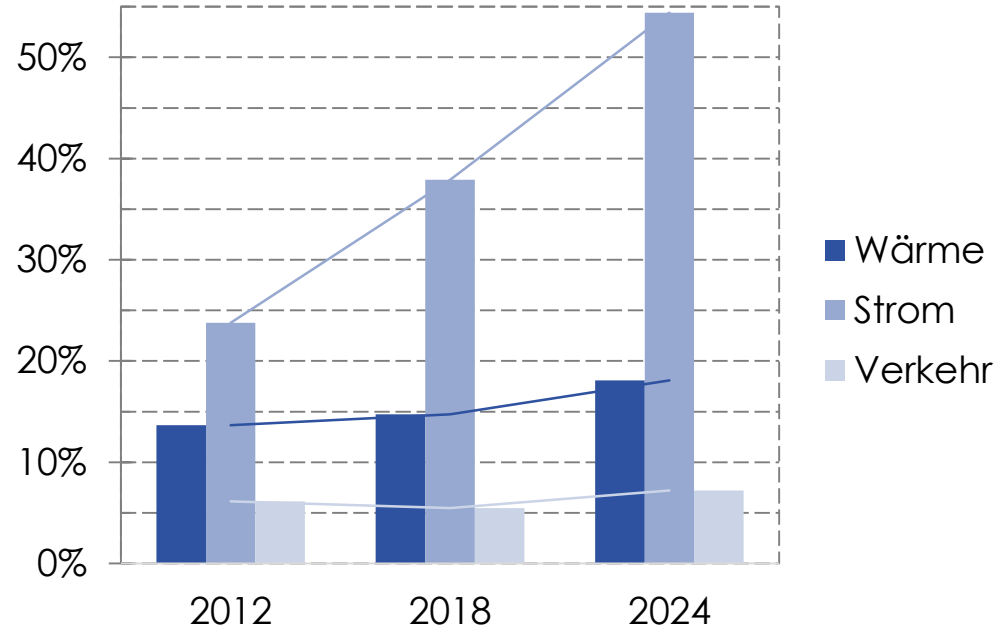


Wie weit sind wir bei der Energiewende?

Bruttoenergiebedarf in TWh

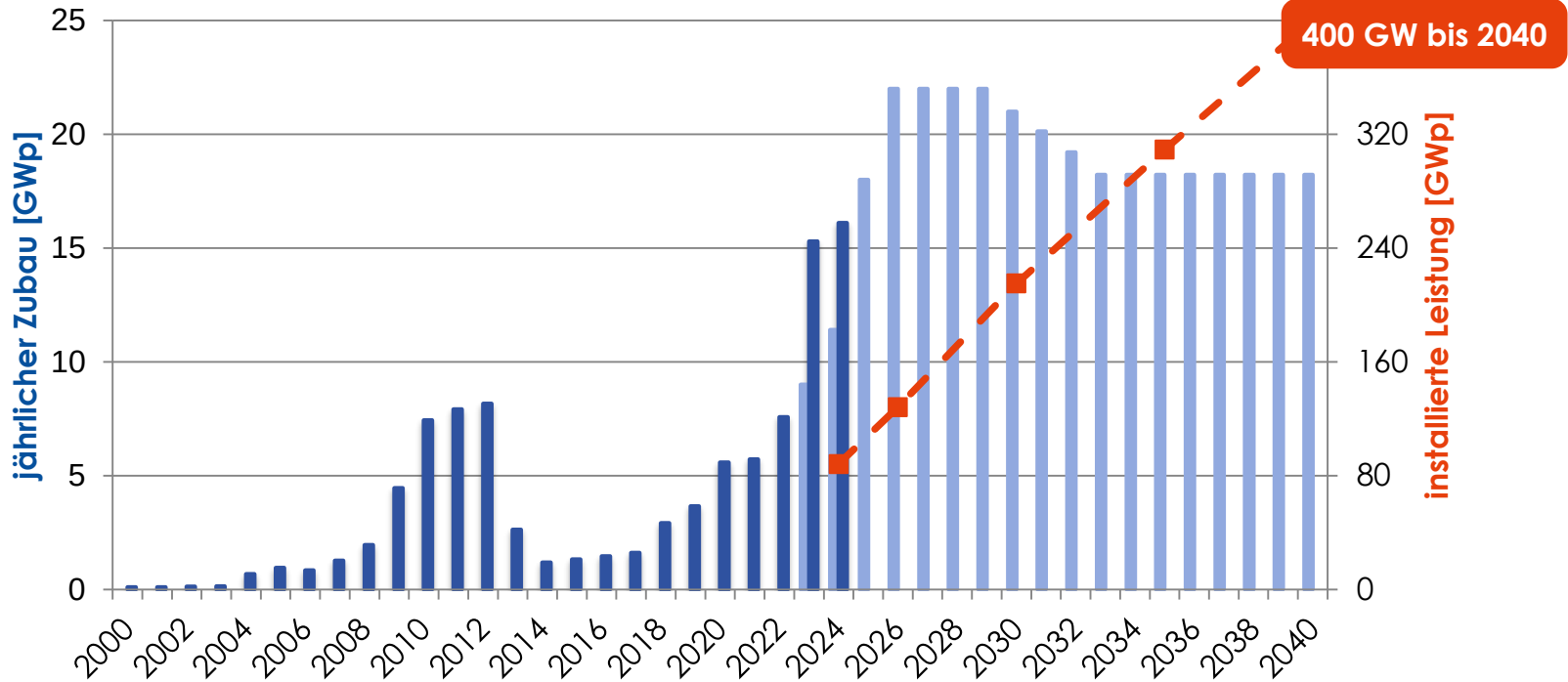


Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttoenergiebedarf



Deutschland: Ausbaupfad PV bis 2040

- Für D 2040: Photovoltaik-Leistung soll auf 400 GW_p steigen (aktuell ca. 110 GW_p)
- 200 GW_p auf Gebäude und 200 GW_p auf die Freifläche (aktuell ca. 71 % Dach 29 % FFA)



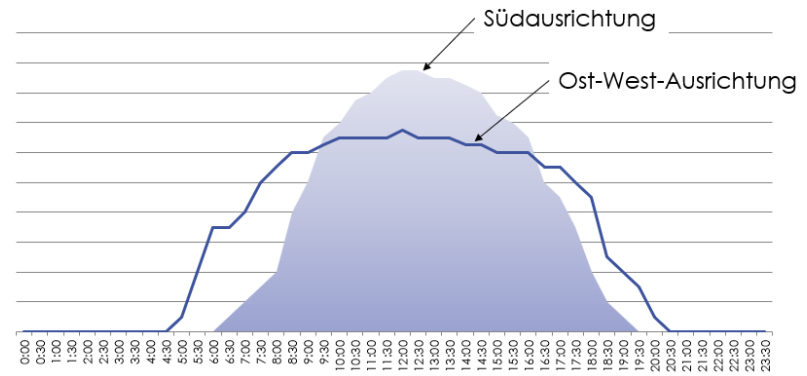
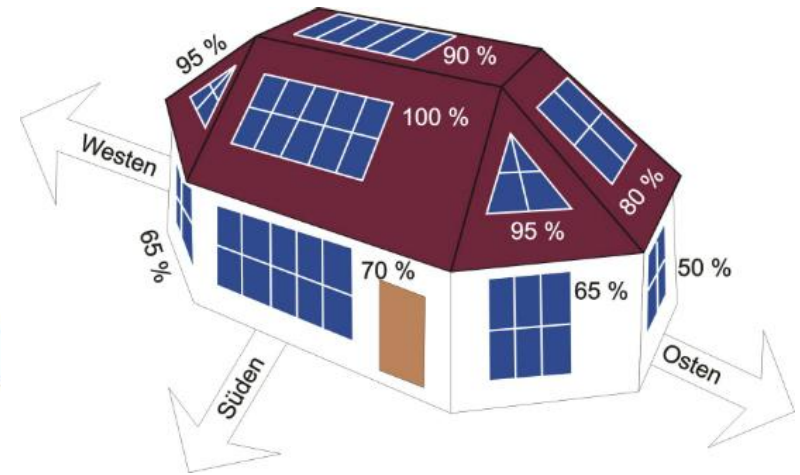
PV-Erträge



6 Module x 450 W_P = 2.700 W_P = 2,7 kW_P

➡ Ertrag in 1 Jahr: ca. 2.700 kWh

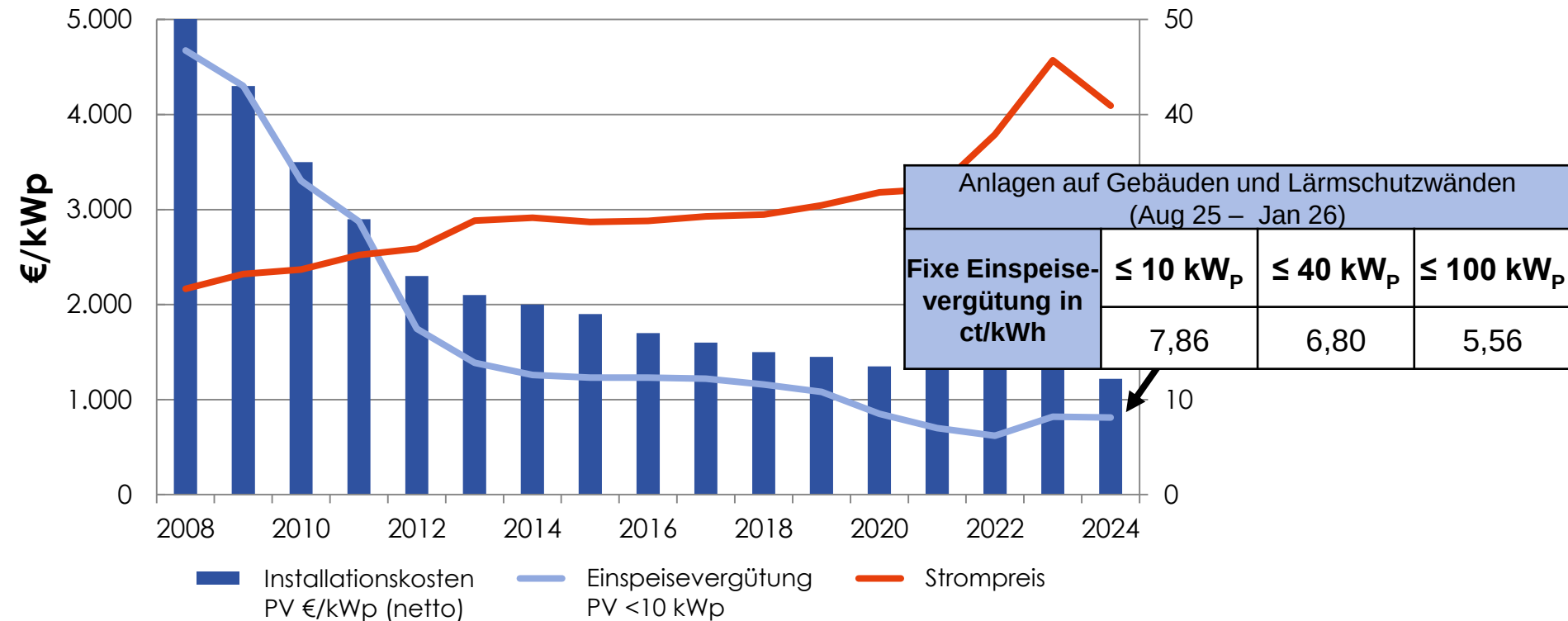
12 m² ≙ ca. Strombedarf einer kleinen Familie
oder
ca. 13.500 km Fahrleistung mit dem E-Auto*



Anlagengröße

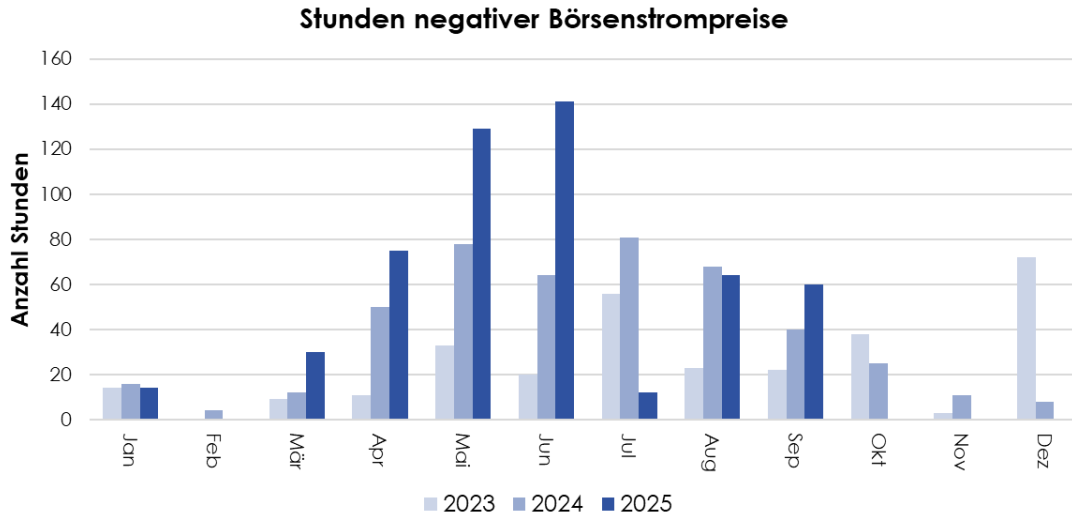
- bei Einfamilienhäusern meist begrenzte Dachflächen → i. d. R. empfehlenswert, vorhandene Dachflächen möglichst auszunutzen
- kleine Anlagen haben hohen Anteil an Fixkosten (Planung, Gerüst, AC-Installation,...)
 - je größer, desto geringer die Gestehungskosten für Solarstrom
- geringe Erträge im Winterhalbjahr berücksichtigen (70-80 % im Sommerhalbjahr)
- zukünftige Verbraucher mitberücksichtigen: E-Auto, Heizstab, Wärmepumpe,...

EEG-Vergütung für kleine PV-Anlagen



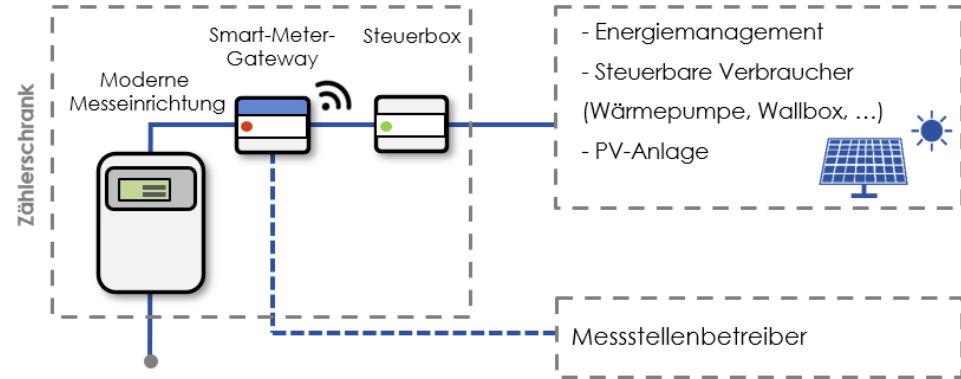
EEG-Regelungen zu negativen Börsenstrompreisen

- **Neuanlagen: keine EEG-Förderung in Zeiten negativer Börsenstrompreise**
 - Kompensation: Verlängerung des EEG-Vergütungszeitraums in Abhängigkeit von der Häufigkeit negativer Börsenstrompreise („Förderdauer 20 + X Jahre“)
 - solarorientierter Eigenverbrauch, Energiemanagement und Speicherung bei solaren Erzeugungsspitzen werden immer wichtiger!



Fernsteuerbarkeit und negative Strompreise

- Netzbetreiber müssen Verbraucher mit PV-Anlagen $> 7 \text{ kW}_p$ (oder SVE gem. § 14a EnWG) mit „intelligenten Messsystemen und einer Steuerungseinrichtung am Netzanschlusspunkt“ ausstatten („iMSys + Steuerbox“)



Vor Einbau iMSys

- Neuanlagen $< 25 \text{ kW}_p$:
Begrenzung am Verknüpfungspunkt auf 60 % der installierten Leistung
- Neuanlagen $\geq 25 - 100 \text{ kW}_p$:
Fernsteuerung durch den Netzbetreiber (z. B. Funkrundsteuerempfänger) zusätzlich zur Begrenzung auf 60 %

Ab Einbau iMSys

- bei Anlagen $> 7 \text{ kW}_p$:
zusätzlich Einbau einer Steuerbox
→ Aufhebung der 60 % -Regel
- keine Vergütung bei neg. Strompreisen ($< 100 \text{ kW}_p$ ab dem Folgejahr)

Auswirkungen Leistungsbegrenzung

■ Beispiel zur Leistungsbegrenzung

- Dachanlage mit Volleinspeisung
- Veränderung der eingespeisten Strommenge im Vergleich zur Situation ohne Leistungsbegrenzung:

Ausrichtung	Süd	Ost-West
Mit „harter“ 60 %- Leistungsbegrenzung des Wechselrichters	bis ca. – 8 %	bis ca. – 4 %

→ Bei Einsatz von Stromspeichern und EMS sind die Auswirkungen stark begrenzt!

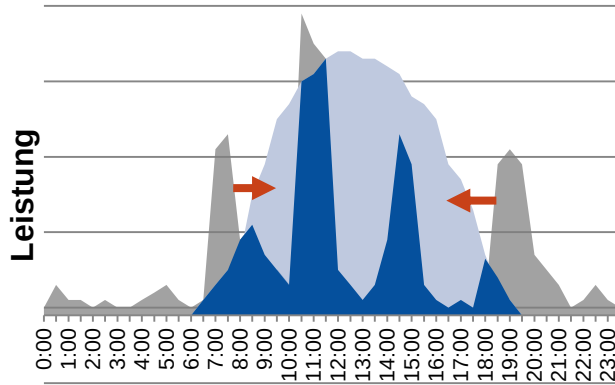
Was erwartet Sie heute?

- Photovoltaik – Aktuelles und Rahmenbedingungen
- **Stromspeicherung und Sektorenkopplung**
- Sonne tanken - Solarstrom für die Elektromobilität
- Fazit



Eigenverbrauchssteigerung

Verlagerung von Verbrauch zu Erzeugung



Verbraucher steuern:

- über EMS
 - manuell
- (z. B. Waschmaschine, Spülmaschine, steuerbare Verbrauchseinrichtungen)

Elektrifizierung



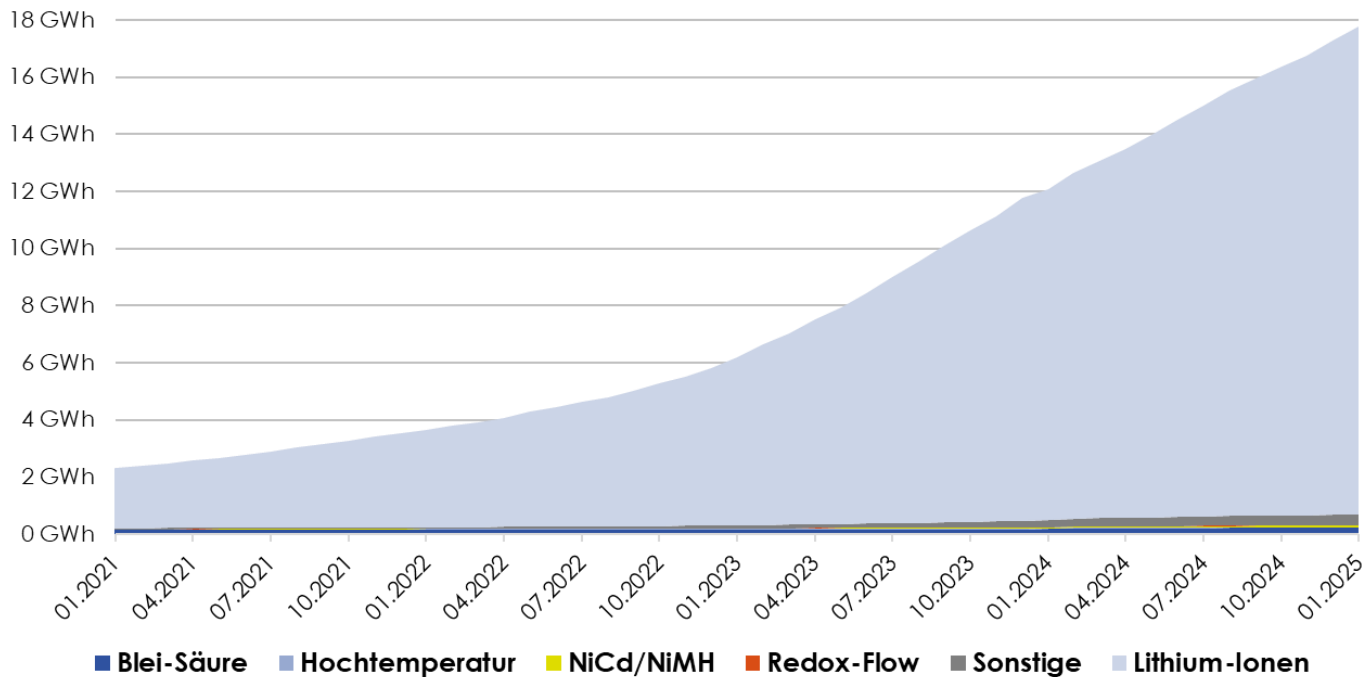
- E-Mobilität
- Wärmepumpe
- Heizstab
- sonstige Geräte (Rasenmäher,...)

Speicherung



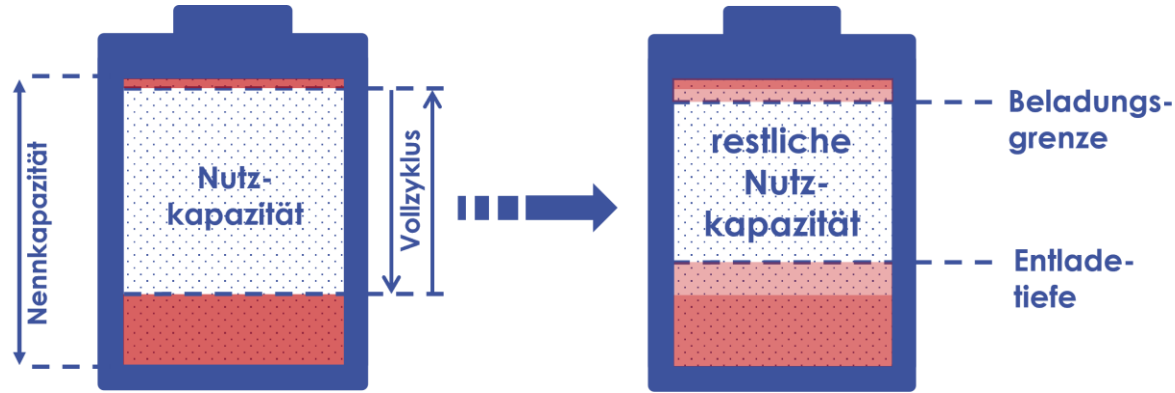
- Stromspeicher
- Wärmespeicher

Batteriespeicher - Zelltechnologie



→ Heute im Heimspeicherbereich LiFePO_4 -Zellen dominierend!

Heimspeicher - Alterung

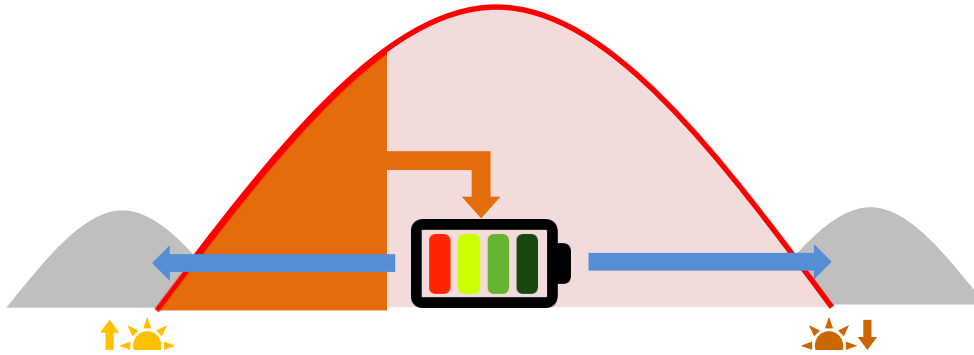


Negative Einflüsse auf Alterung bei Lithium-Speichern:

- **Zyklische Alterung:** Hohe Lade- und Entladeströme, Laden bei niedrigen Temperaturen, Zyklientiefe
- **Kalendarische Alterung:** Hohe Temperaturen, lange Verweildauern bei hohen Ladezuständen, ...
- Überlagerung von zyklischer und kalendarischer Alterung: Realistische Werte für Lithium-Ionen-Batterien im Heimspeicherbereich bei ca. 15-20 Jahren

Ladestrategien - Netzdienlichkeit

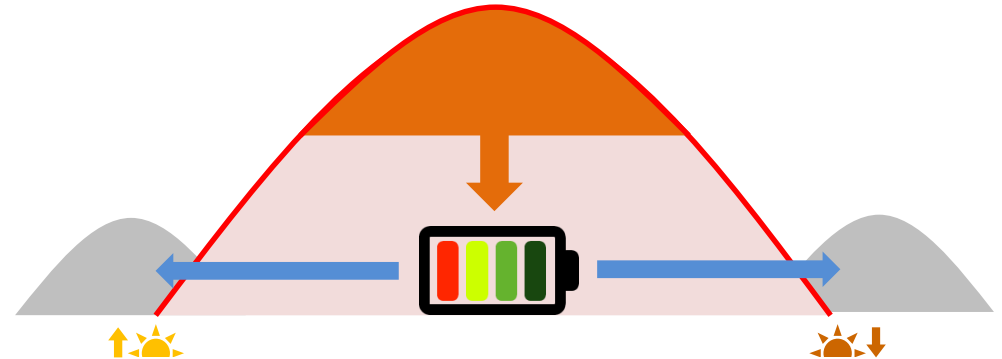
Normales Laden



Beladung des Speichers sobald
solare Überschüsse bestehen
→ volle PV-Leistung zur Mittagszeit
belastet das Netz

Prognosebasierte Beladung
→ reduzierte „Mittagsspitze“
erhöht Netzkapazität

Netzdienliches Laden



Wie wirtschaftlich ist eine PV-Anlage heute?

Beispiel 1: Photovoltaik

Anlagendaten PV

- inst. Leistung: **10 kWp**
- Ø Jahresertrag: 9.700 kWh

Stromverbrauch 4.000 kWh
Strombezugskosten 30 Cent/kWh

Eigenverbrauch 1.416 kWh

- EV-Anteil: 15 %
- Autarkiegrad: 35 %



Beispiel 1: Photovoltaik (20 + 5 Jahre)

Anlagendaten PV

- inst. Leistung: **10 kWp**
- Ø Jahresertrag: 9.700 kWh

Stromverbrauch 4.000 kWh
Strombezugskosten 30 Cent/kWh

Eigenverbrauch 1.416 kWh

- EV-Anteil: 15 %
- Autarkiegrad: 35 %

Amortisationsdauer: 14,8 a

Stromgestehungskosten: 6,1 Cent/kWh

Rendite: 6,8 %



Investitionskosten

- 1.100 €/kWp PV
- Photovoltaik: **11.000 €**

Betriebskosten (inkl. Ersatzbeschaffung)

- PV-Anlage: **154 € p.a.**

Einnahmen & Einsparung

- Vergütung*: **474 € p.a.**
- Einsp. Verbrauch: **425 € p.a.**
899 € p.a.

Unberücksichtigt:

- Allgemeine Preissteigerung
- Strompreissteigerung
- Finanzierungskosten

27 % der Einspeisung
zu Zeiten negativer
Börsenstrompreise

*Einspeisevergütung: 7,86 Cent/kWh

Betrachtungszeitraum 25 Jahre

Und mit Speicher?

Beispiel 2: Photovoltaik mit Speicher (25 Jahre)

23 % der Einspeisung
zu Zeiten negativer
Börsenstrompreise

Anlagendaten PV

- inst. Leistung: **10 kW_p**
- Ø Jahresertrag: 9.700 kWh
- Nutzkapazität Sp.: **9 kWh** (17 a)

Stromverbrauch 4.000 kWh
Strombezugskosten 30 Cent/kWh

Eigenverbrauch 3.230 kWh

- EV-Anteil: 34 %
- Autarkiegrad**: 76 %

Amortisationsdauer: **14,2 a**

Stromgestehungskosten: **8,8 Cent/kWh**

Speicherungskosten: **15,4 Cent/kWh**

Rendite: **6,8 %**



ca. 215 Vollzyklen p.a.

Investitionskosten

- 1.300 €/kW_p PV
- Photovoltaik: **12.000 €**
 - Speicher: **4.800 €**

Betriebskosten (inkl. Ersatzbeschaffung)

- PV-Anlage: **154 € p.a.**
- Speicher: **38 € p.a.**

Einnahmen & Einsparung

- Vergütung*: **392 € p.a.**
- Einsp. Verbrauch: **877 € p.a.**
1.269 € p.a.

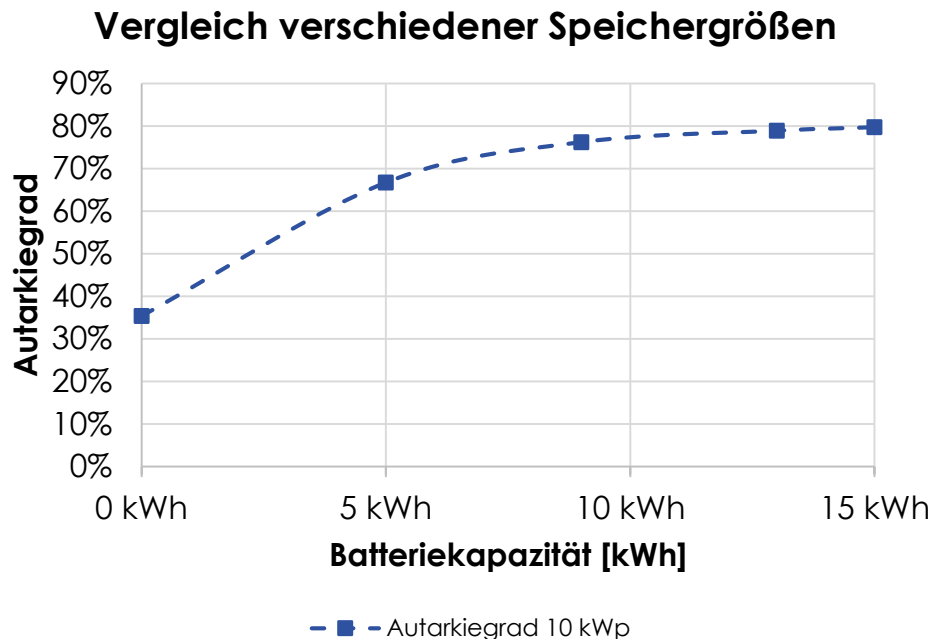
Unberücksichtigt:

- Allgemeine Preissteigerung
- Strompreissteigerung
- Finanzierungskosten

*Einspeisevergütung: 7,86 Cent/kWh

Betrachtungszeitraum 25 Jahre, Speicher inkl. 15% Speicherverluste, Speicher-Lebensdauer 17 Jahre

Beispiel 2: Photovoltaik mit Speicher



Faustformel

für eine
eigenverbrauchsoptimierte
Auslegung

→ ca. 1 - 2 kWh Nutzkapazität
pro 1.000 kWh Stromverbrauch
→ bei mind. 1 kW_p PV-Leistung pro
kWh Nutzkapazität

Bei Heimspeichern: Spezifische Kosten
bei kleinen Speichergrößen beachten!

Richtige Speicherkapazität wählen

- **Speicher zu groß:**
 - unzureichende Nutzung bei höheren Investitionskosten: geringere Wirtschaftlichkeit
- **Speicher zu klein:**
 - höhere spezifische Kosten bei kleineren Speichern
 - weiterhin hoher Netzbezug bei hohem Verbrauch
- passend zum Lastprofil (Höhe und Zeiten Stromverbrauch) und der Anlagenleistung
- bei Notstromfunktionalität: höhere Kapazität notwendig
- Abnahme der Nutzkapazität durch Alterung beachten
- zukünftige Nutzungen? (dynamische Tarife,...)
- Erweiterbarkeit prüfen



Power to Heat im Eigenheim

Heizstab

Zusatzheizung im Pufferspeicher – häufig nachrüstbar
Primärer Wärmeerzeuger wird insb. im Sommer entlastet
Kosten ca. 1.000 € (+ Kosten für EMS)

~1:1

Brauchwasser-Wärmepumpe

Innenstehende Luft-Wasser-Wärmepumpen (+ Luft-Temperatur)
Pufferspeicher ca. 200 – 300 l
Kosten ca. 3.000 – 4.000 €

~ 3:1

Heizungs-Wärmepumpe

Ansteuerung über EMS, Smart Meter oder Relais am WR
Einbindung in Steuerung: „SG ready“
Wärmequellen: insb. Außenluft, Grundwasser, Erdreich, Abwärme

~ 2,5-
4,5:1

Heizstab + PV

Heizstab

Zusatzheizung im Pufferspeicher – häufig nachrüstbar
Primärer Wärmeerzeuger wird insb. im Sommer entlastet
Kosten ca. 1.000 € (+ Kosten für EMS)

~1:1

Vorteile:

- günstige Lösung für Warmwasser und Heizungsunterstützung
- „Nutzen statt abregeln“ bei negativen Börsenstrompreisen

Nachteile:

- keine Nutzung von Umweltwärme (Verhältnis Strom:Wärme max. 1:1)
- durch geringe Solarerträge im Winter: Nur eingeschränkt für Heizungsunterstützung nutzbar

Fazit:

✓ Gute Kombination bei Biomasseheizungen

⚠ Einsatz nur bei 100% PV-Stromnutzung oder stark negativen Börsenstrompreisen sinnvoll

Beispiel zur WW-Bereitung

Hybride Warmwassererzeugung mit Heizstab(+PV), BWP(+PV) oder Solarthermie?

Alternativen:

1. Heizstab + PV

- Ansatz PV: Kalkulatorische Kosten
- 40 % WW über Heizstab + PV
- 60 % WW über Heizung zu 7,0 ct/kWh

2. Brauchwasserwärmepumpe (BWP) + PV

- Ansatz PV: Kalkulatorische Kosten
- 90 % WW über PV-Strom
- 10 % WW über Netzstrom

3. Solarthermie

- Dimensionierung für WW-Bereitstellung (ca. 6 m² Modulfläche)
- 60 % WW über ST
- 40 % WW über Heizung zu 7,0 ct/kWh

• Rahmenbedingungen:

Betrachtungszeitraum:	20 Jahre
jährl. WW-Wärmebedarf:	2.800 kWh/a
Netzstrompreis:	30 ct/kWh
Kalkulatorische Kosten PV:	7,0 ct/kWh

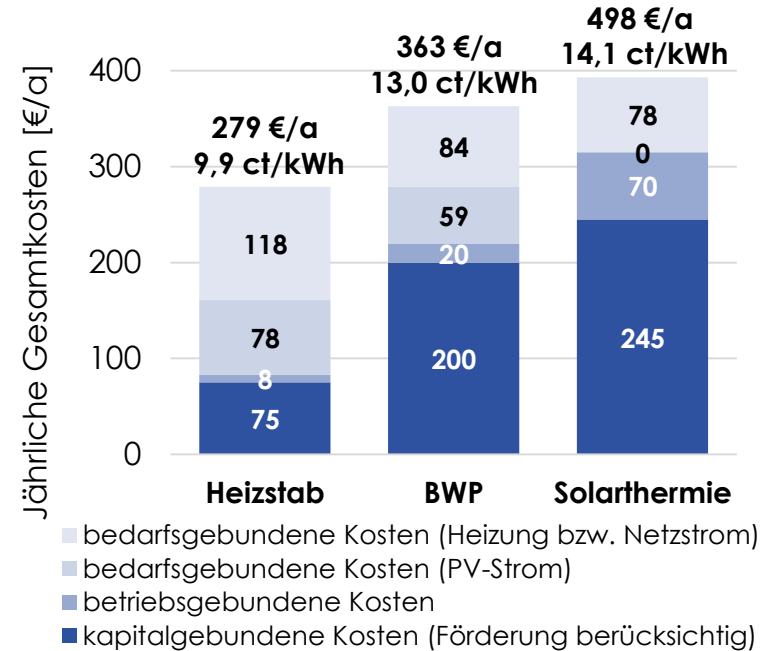
Beispiel zur WW-Bereitung

	Heizstab (+PV)	BWP (+PV)	Solar- thermie
Investitionskosten Komponente	1.500 €	4.000 €	7.000 €
Förderung	-	-	2.100 €
Verhältnis Strom in Wärme	1 : 1	1 : 3	
angenommene solare Deckung	40 %	90 %	60 %
jährl. PV-Strombedarf	1.120 kWh	840 kWh	

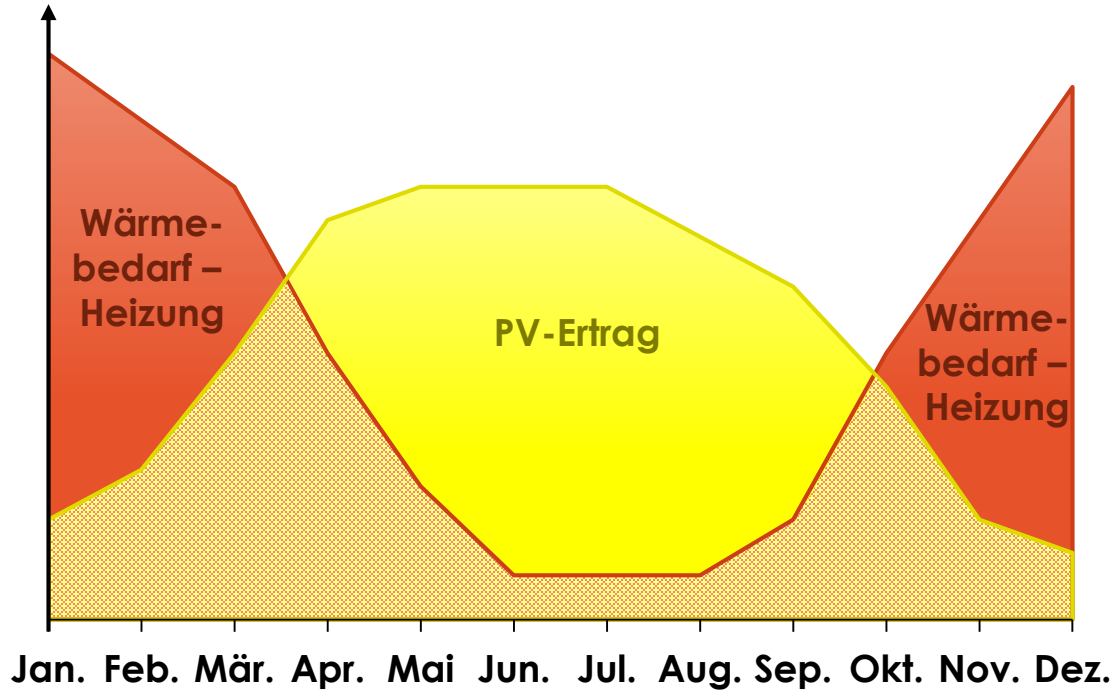
Fazit:

- **Heizstab bei kleineren WW-Verbräuchen am wirtschaftlichsten (z. B. EFH)**
- **BWP mit derzeitigen Kosten bei größerem WW-Bedarf wirtschaftlicher**
- **Solarthermie bei großem WW-Bedarf oder zur Heizungsunterstützung mit geringeren spez. Kosten**

Annahme: Berücksichtigung der Kosten für PV über kalkulatorische Kosten (Vergütung), WW-Bedarf: 2.800 kWh/a, Rest zur solaren Bereitstellung über Netzstrom (BWP) oder vorhandene Heizung (Heizstab und Solarthermie), Betrachtungszeitraum: 20 Jahre

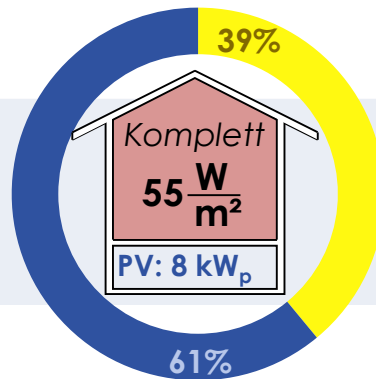
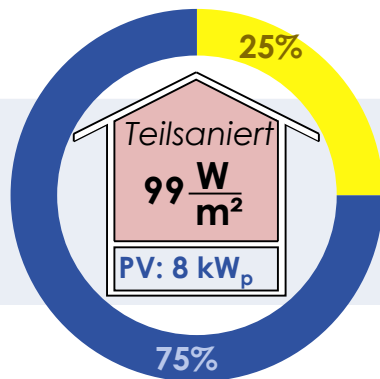
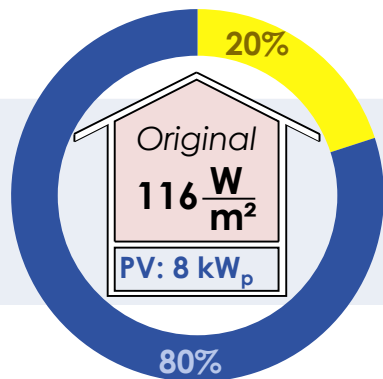


PV-Stromnutzung mit Wärmepumpe



- Sonne und heizen passen nicht optimal zusammen
- Potenzial vor allem in Übergangsmonaten bzw. beim Kühlen im Sommer
- Eigenverbrauchs-steigerung $\varnothing$ 15-20%

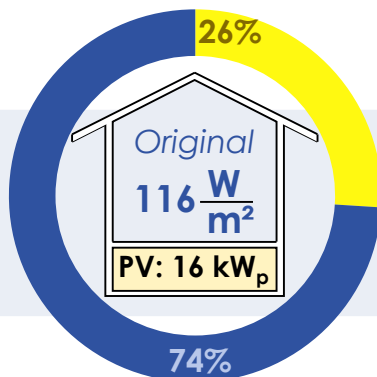
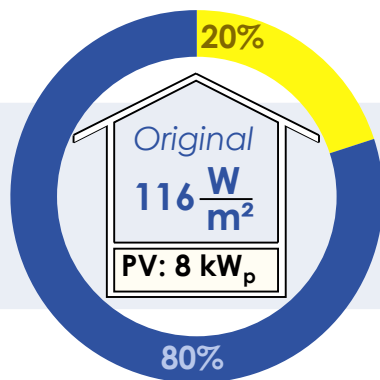
Einflussfaktoren auf solare Deckungsbeiträge



↓ Wärmebedarf Gebäude



↑ Deckungsbeitrag PV-Strom

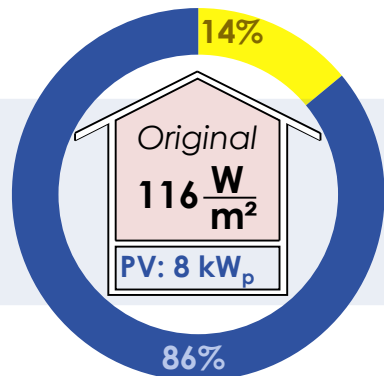


↑ PV-Anlagengröße

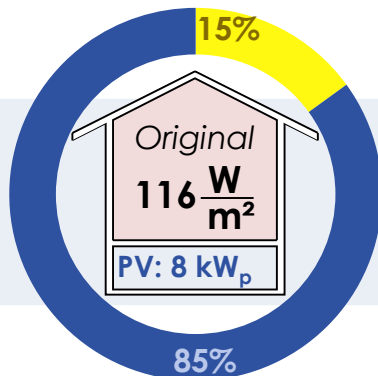


↑ Deckungsbeitrag PV-Strom

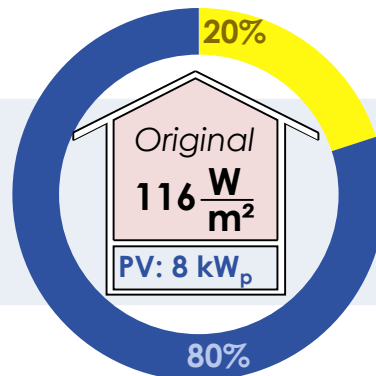
Einflussfaktoren auf solare Deckungsbeiträge



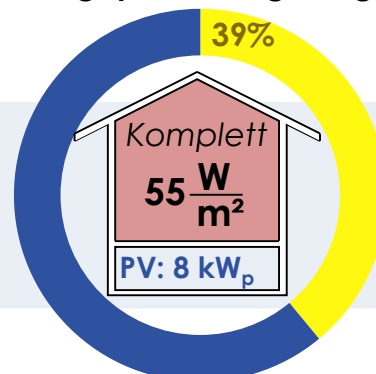
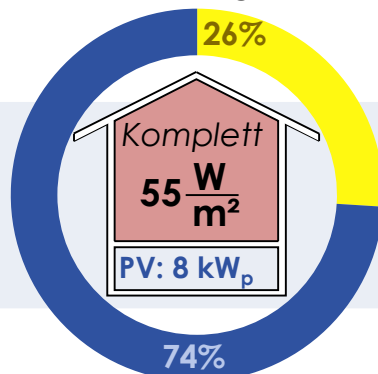
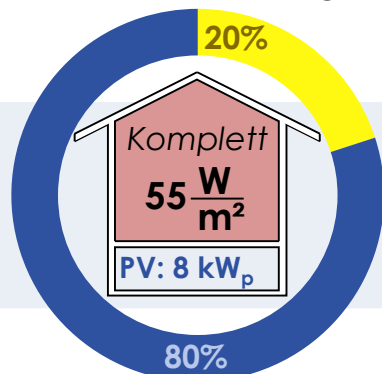
Keine Optimierung



TWW nur Tagsüber



Angepasste Regelung



- **TWW nur Tagsüber:**
TWW-Bereitstellung nur zwischen 9 und 16 Uhr
- **Angepasste Regelung mit Speicherüberhöhung:**
Anhebung der Temperaturen im Pufferspeicher und im TWW-Speicher bei einem Überschuss an Photovoltaik-Leistung (Schwellwertregelung kein EMS)

■ PV-Strombezug

■ Netz-Strombezug

Quelle: eigenen Darstellung nach Simulation aus IWU Studie
(Annahmen: Einfamilienhaus; Baujahr 1960; 137,5 m² Wohnfläche beheizt; 3.500 kWh Strombedarf Haushalt;

Was erwartet Sie heute?

- Photovoltaik – Aktuelles und Rahmenbedingungen
- Stromspeicherung und Sektorenkopplung
- **Sonne tanken - Solarstrom für die Elektromobilität**
- Fazit



Antriebstechnologie Elektromobilität – Vorteile

- lokal abgasfrei und leise
- technisch einfacher
- hoher Wirkungsgrad
- kleines Kraftpaket
- ökonomisch (besonders mit PV-Strom)
- bessere CO₂-Bilanz als Verbrenner



Reichweite aus Datenblatt berechnen

- Akkugröße Pkw: ca. 20 bis 100 kWh
- WLTP-Energiebedarf: ca. 15-20 kWh/100 km (inkl. ~15% Ladeverluste)
- $\text{Reichweite} = \frac{\text{Akkukapazität}}{\text{Strombedarf}}$ z. B. $\frac{60 \text{ kWh}}{15 \text{ kWh}/100\text{km}} = 400 \text{ km}$
- in der Praxis weniger Reichweite
 - Sommer ca. 20 % ↓
 - Winter ca. 30 % ↓

Laden und Ladestecker

- **Normalladen Typ2**

= AC - Wechselstrom
bis 22 kW



Laden und Ladestecker

■ Normalladen Typ2

= AC - Wechselstrom
bis 22 kW



Schnellladen CCS

= DC - Gleichstrom
ab 50 kW bis derzeit 400 kW



Private Ladelösungen: Wallbox

- verschiedene Ladeleistungen einstellbar, schnellere Ladung, Schutz des Hausnetzes
- privat sinnvoll: AC bis 11 kW
- Onboard-Ladeleistung entscheidend
- Anmeldepflicht beim Netzbetreiber
- § 14a EnWG - ready
- bei PV-Eigenverbrauch am besten mit EMS
 - [C.A.R.M.E.N.-Marktübersicht solarunterstützte Wallboxen](#)
 - [PV-Magazine Wallbox-Übersicht](#)



Ladegeschwindigkeit

- Beispiel Akkugröße Pkw: 60 kWh

AC mit 11 kW

zu ladende Energie
Ladeleistung

Laden von 20% auf 100%

$$\frac{48 \text{ kWh}}{11 \text{ kW}} = 4 \text{ h } 22 \text{ min}$$

Ladegeschwindigkeit

- Beispiel Akkugröße Pkw: 60 kWh

AC mit 11 kW

DC mit 100 kW (bis 80%)

zu ladende Energie
Ladeleistung

Laden von 20% auf 100%

$$\frac{48 \text{ kWh}}{11 \text{ kW}} = 4 \text{ h } 22 \text{ min}$$

Laden von 20 auf 80%

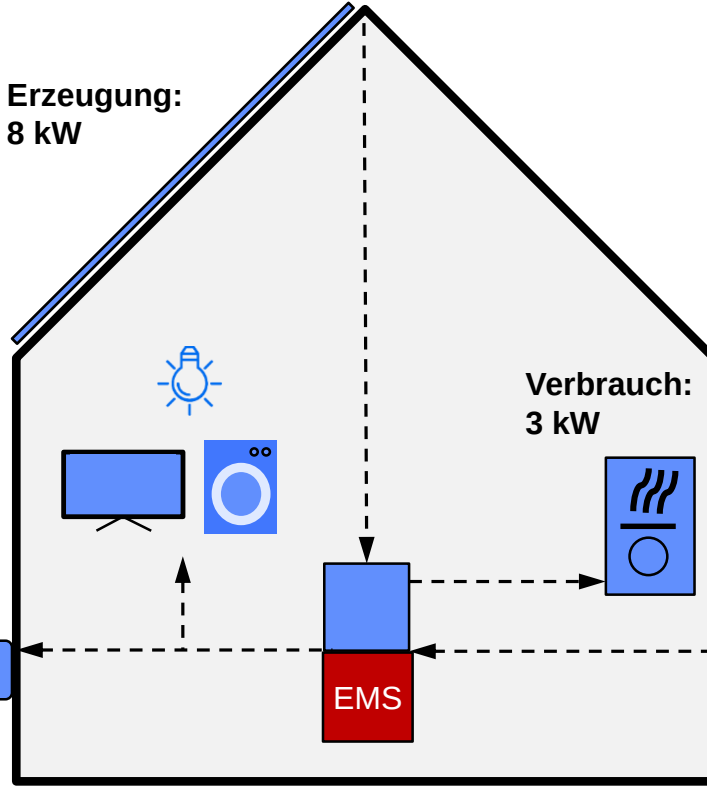
$$\frac{36 \text{ kWh}}{100 \text{ kW}} = 22 \text{ min}$$

Wie kann ich Strom aus eigener PV für E-Auto intelligent nutzen?

PV-Überschuss-Laden

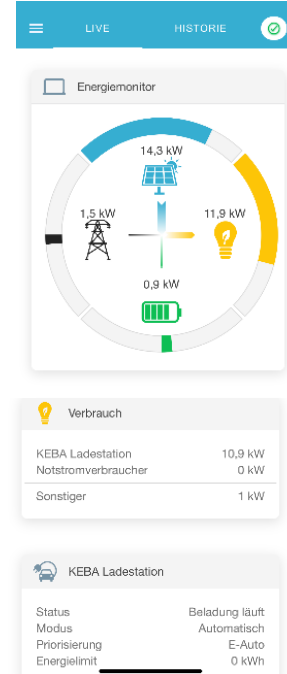


Erzeugung:
8 kW



Ladeleistung:
5 kW

Netzbefug:
0 kW



EMS - Energiemanager

Was macht das (Home)-Energie-Management-System (EMS oder HEMS)?

- Misst kontinuierlich:
 - Erzeugung PV
 - Verbrauch im Haus
- Steuert dynamisch:
 - Wallbox
 - Wärmepumpe
 - und andere steuerbare Lasten
- Steigert den Eigenverbrauch!



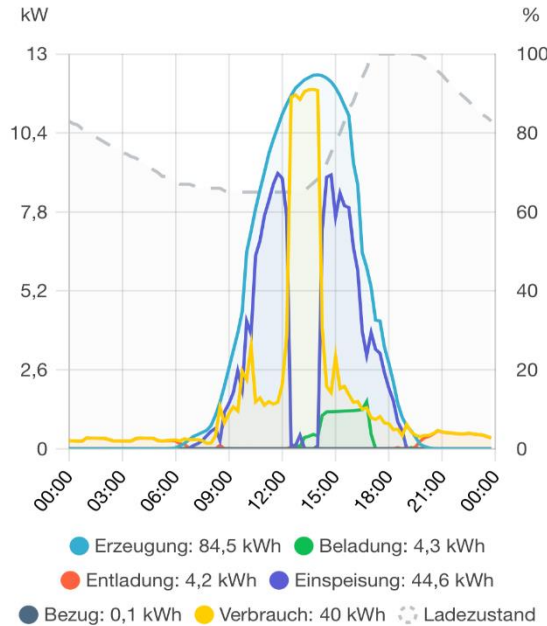
Beispiel – intelligentes, netzdienliches Überschussladen mit Speicher



MONTAG, 18.08.2025



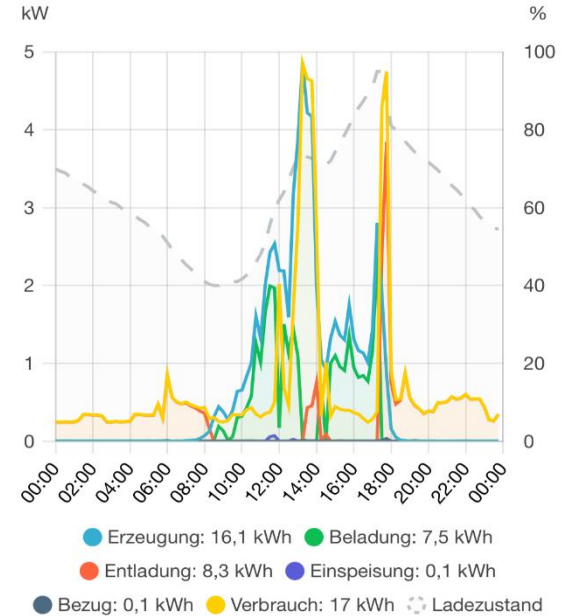
Energiamonitor



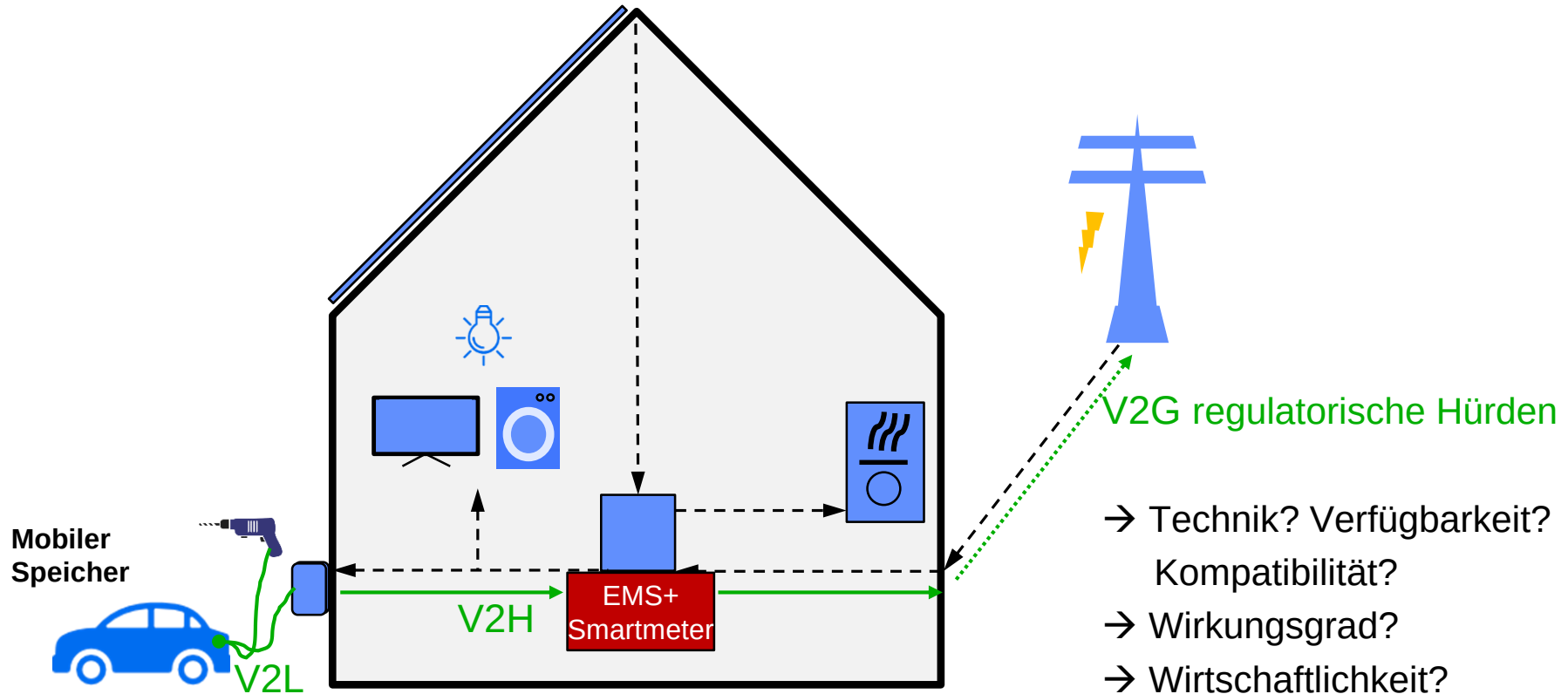
MONTAG, 13.10.2025



Energiamonitor



Die Zukunft ist bidirektional



Temporäres „Dimmen“ von steuerbaren Verbrauchern

- **Energiewirtschaftsgesetz § 14a:**

Leistungsreduktion (4,2 kW garantiert) steuerbarer Anlagen wird ermöglicht → dafür **Reduzierung des Netzentgelts**

**Empfehlung:
neue Wallboxen
sollten §14a ready sein!**

Modul 1

pauschaler Rabatt
auf Netzentgelt:
110€ - 190€ im Jahr

Modul 2

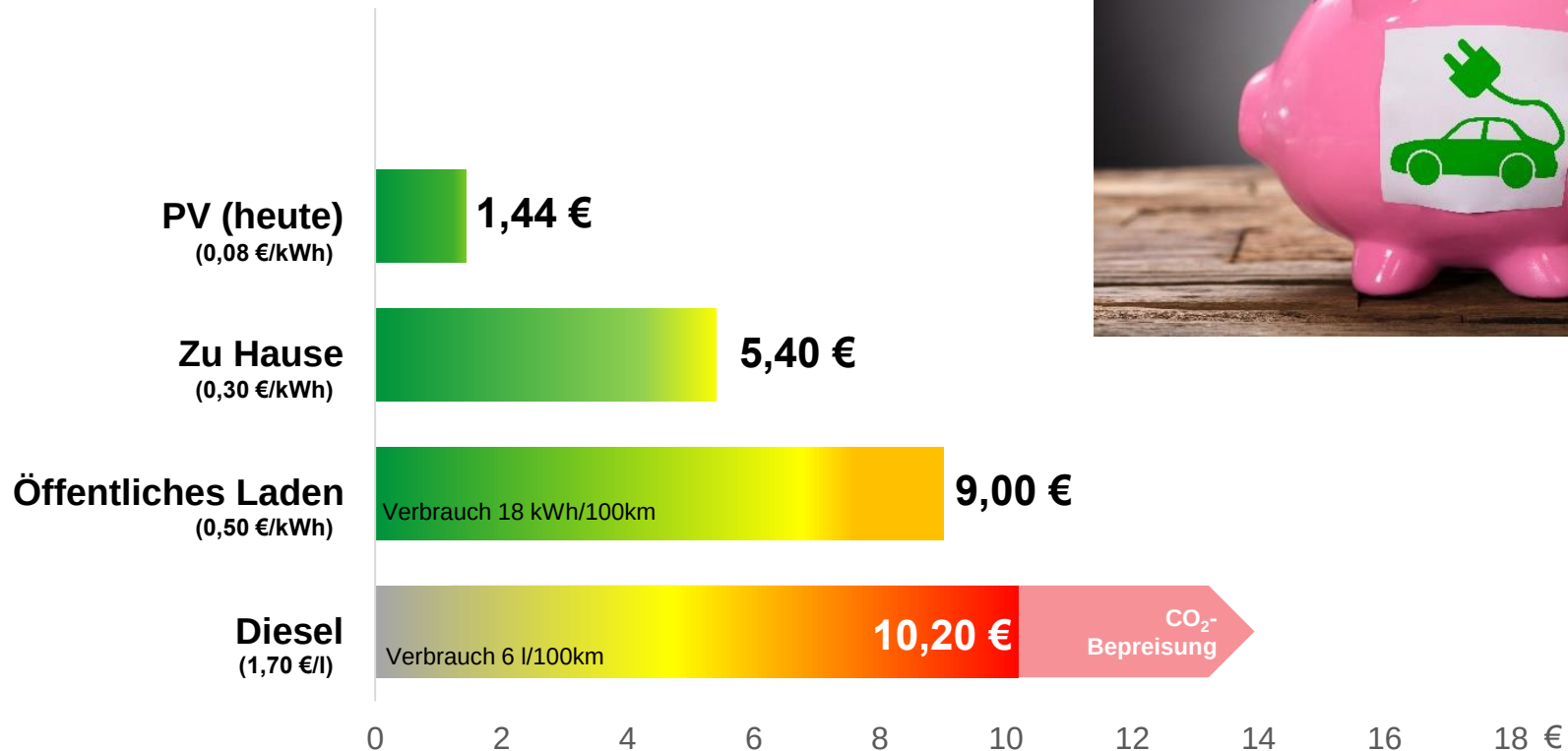
Reduzierung des
Arbeitspreises des
Netzentgelts um 60 %
(extra Zähler nötig)

Modul 3

zeitvariables
Netzentgelt möglich
(in Kombination mit
Modul 1)

- Für vor 2024 eingebaute Verbraucher, gibt es eine Übergangsfrist bis 31.12.2028.
Verbraucher ohne Steuerung sind ausgenommen.

Energiekosten pro 100 km



Gesamtkostenbetrachtung LIVE

EMIL Elektromobilitätsrechner*



Vergleichen Sie Autos mit Verbrennungsmotoren mit E-PKWs. Ziehen Sie Schlüsse über den Energieeinsatz, die Ökobilanz und die Kosten der Fahrzeuge über die gesamte Nutzungsdauer.

Wie wollen Sie die E-Mobilitätsberechnung durchführen?

Basis-Modus

In diesem Modus werden vorwiegend Standard-Parameter zur Berechnung verwendet. Dadurch bekommen Sie einen schnellen ersten Überblick über die finanziellen und ökologischen Auswirkungen der Fahrzeuge.

Erweiterter Eingabemodus

In diesem erweiterten Modus werden alle Eingabeparameter dargestellt und können von Ihnen individuell abgeändert werden.

Gesamtkostenbetrachtung

Mittelklassewagen

Anschaffung 30.000 vs. 36.000 €

Batterie 60 kWh

Dieselskosten 1,70 €/l

Stromkosten 0,30 €/kWh (Netz)

Wartung/Service (elektrisch 1/3)

Steuer/Versicherung (elektrisch 2/3)

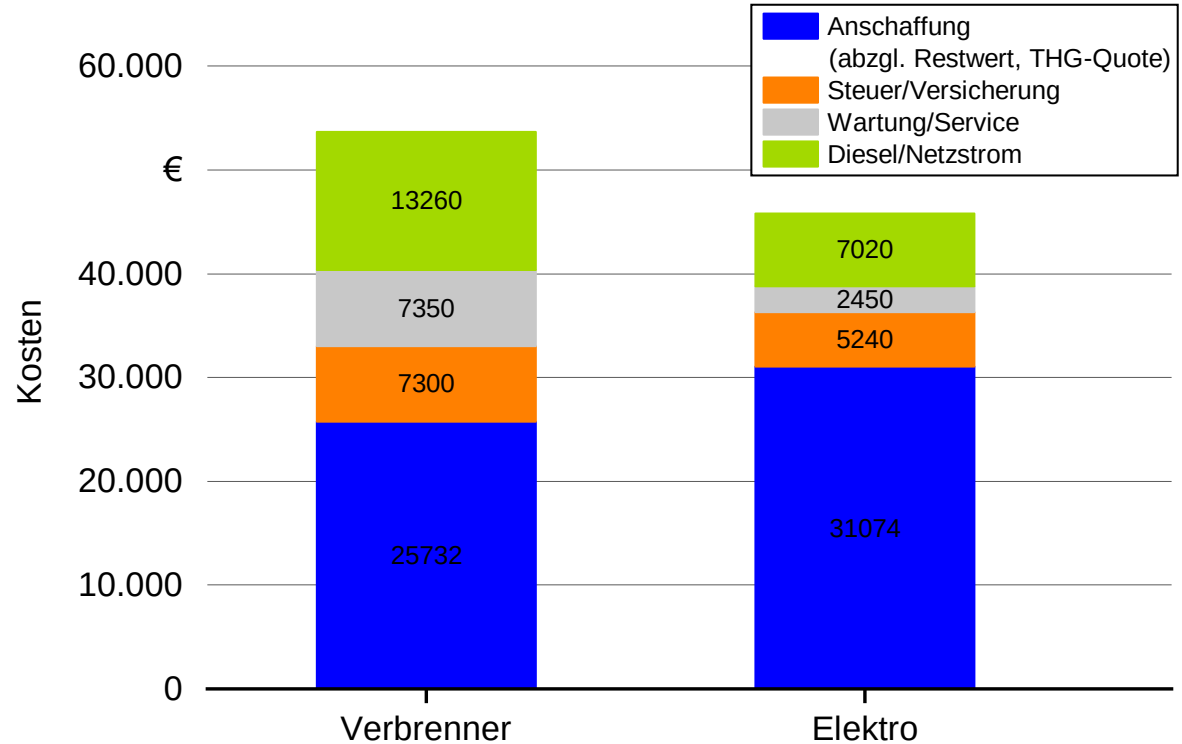
10 Jahre á 13.000 km

Verbrauch:

6 l Diesel/100 km

18 kWh Strom/100 km

Differenz ca. 7.700 €



Gesamtkostenbetrachtung

Mittelklassewagen

Anschaffung 30.000 vs. 36.000 €

Batterie 60 kWh

Dieselskosten 1,70 €/l

Stromkosten 0,10 €/kWh (PV)

Wartung/Service (elektrisch 1/3)

Steuer/Versicherung (elektrisch 2/3)

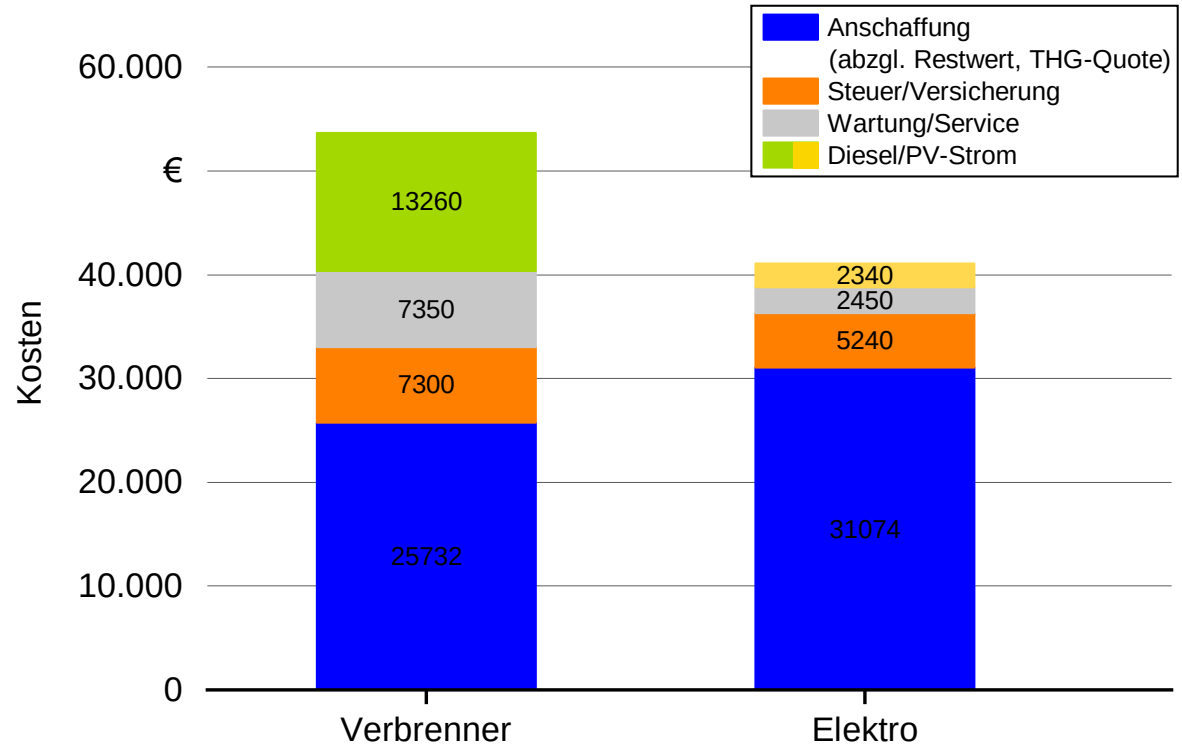
10 Jahre á 13.000 km

Verbrauch:

6 l Diesel/100 km

18 kWh Strom/100 km

Differenz ca. 12.400 €



Finanzielle Anreize

- Kfz-Steuerbefreiung (soll bleiben)
- E-Auto-Förderung für mittlere und kleine Einkommen (Vorschlag)
- E-Dienstwagen-Förderung
- Prämie aufgrund THG-Quote
- § 14a EnWG netzorientierte Steuerung von sVE:
→ Rabatt auf Ladestrom
- kostenloses Parken in Bayern ab 01.04.2025



Elektro-Fahrzeuge sind vielfältig!!!



PV und E-Mobilität – warum passt das so gut?

Energiewende
im Kleinen:

- Strom selbst erzeugen
- Eigenverbrauch erhöhen
- Fahrkosten sparen
- smarte Lösungen





LSE-Newsletter



Rita Haas und Julian Müller
LandSchaftEnergie

Tel.: +49 (0) 9421 300-269

E-Mail: landschafttnergie@tfz.bayern.de

Disclaimer

Dieses PDF-Dokument wird den Teilnehmenden des Vortrages zur Verfügung gestellt und ist ausdrücklich nur für den internen Gebrauch bestimmt. Dieses Dokument darf **nicht** online gestellt, weitergereicht oder ganz oder in Teilen weiterverwendet werden – dies betrifft insbesondere die hier enthaltenen Fotos, Bilder und Grafiken.

