Vortrag „Energiewende Privat“

Dorfen, 20.11.2026

Wärme, Strom und Mobilität im Eigenheim

Alois Hadeier
C.A.R.M.E.N. e.V.

PARTNER
TEAM ENERGIEWENDE BAYERN

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie
Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

LandSchafftEnergie

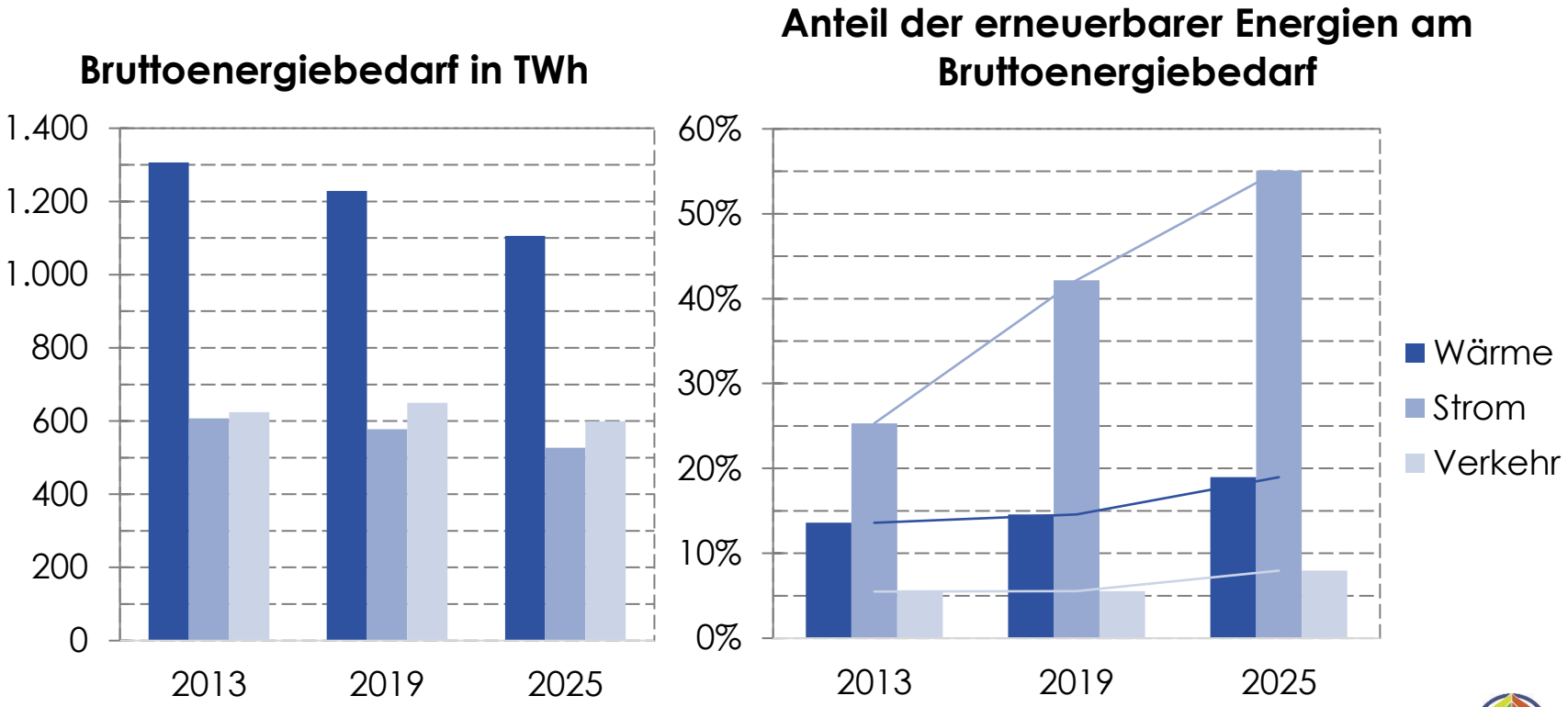
C.A.R.M.E.N.

Energiewende Privat

1. Aktuelle Situation
2. Photovoltaik und Eigenverbrauchsoptimierung
3. Mobilität mit Erneuerbaren Energien
4. Wärme aus Erneuerbaren Energien

C.A.R.M.E.N.

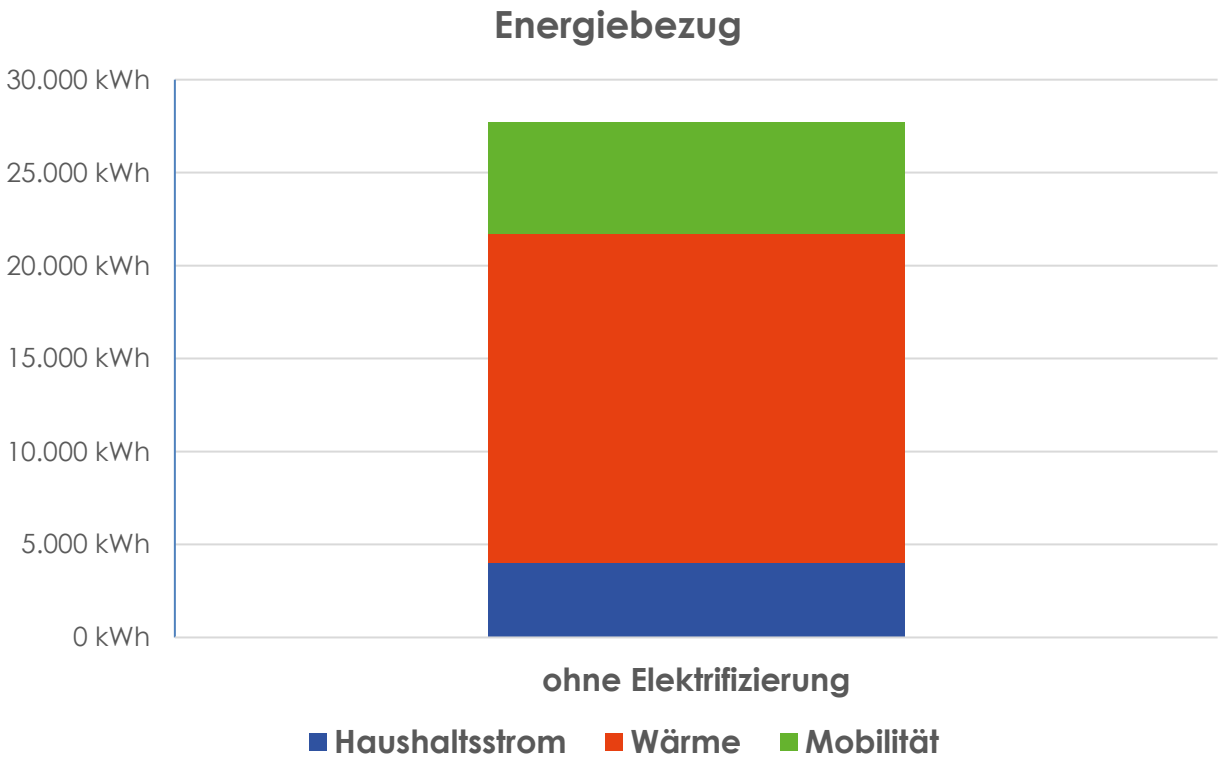
Wie weit sind wir bei der Energiewende?



Bildquelle: C.A.R.M.E.N. e.V. *Schätzung BEE e.V. (2025): 651 (596 – 705) TWh

C.A.R.M.E.N.

Energiebedarf im Privathaushalt

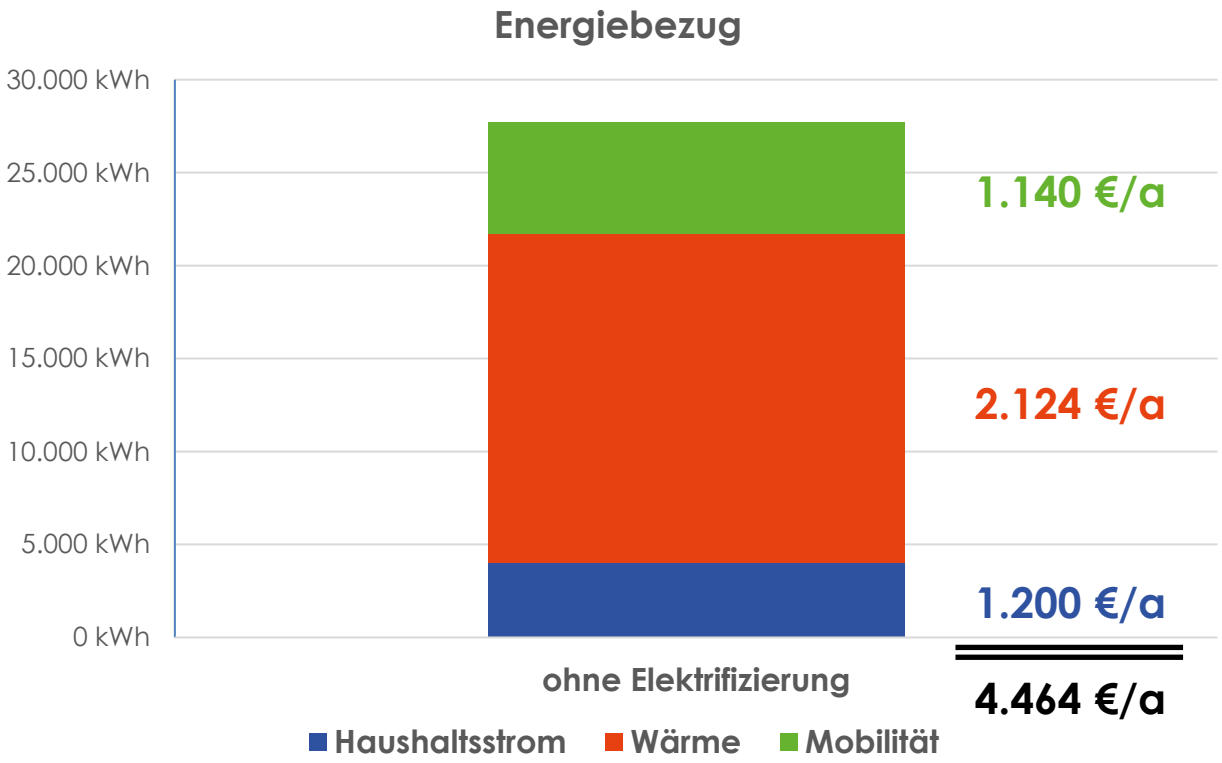


Ausgangsdaten:

- Haushalts**strom**verbrauch: **4.000 kWh/a**
- Gesamt**wärme**bedarf Haus (150 m², 100 kWh/m²): **17.700 kWh/a**
- Antriebsenergie/**Mobilität**: PKW (Verbrenner, 6 l/100 km, 10.000 km/a): **6.000 kWh/a**

C.A.R.M.E.N.

Energiebedarf im Privathaushalt



Ausgangsdaten:

- Haushalts**strom**verbrauch: **4.000 kWh/a**
- Gesamt**wärme**bedarf Haus (150 m², 100 kWh/m²): **17.700 kWh/a**
- Antriebsenergie/**Mobilität**: PKW (Verbrenner, 6 l/100 km, 10.000 km/a): **6.000 kWh/a**

Strompreis (Arbeitspreis): 0,30 €/kWh; **Erdgaspreis: 0,12 €/kWh**; **Spritpreis: 1,90 €/kWh**

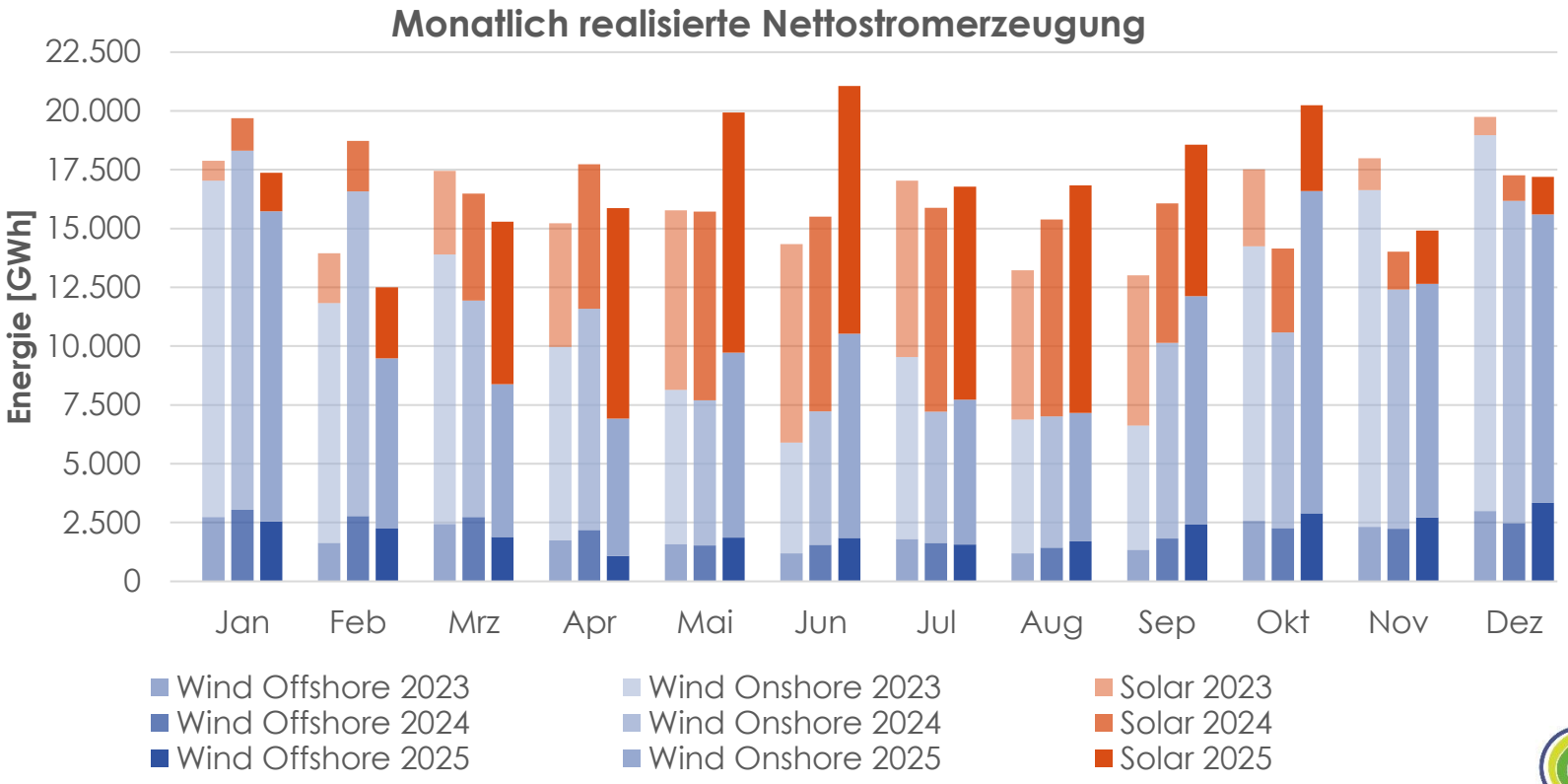
C.A.R.M.E.N.

Energiewende Privat

1. Aktuelle Situation
2. Strom aus Erneuerbaren Energien
3. Mobilität mit Erneuerbaren Energien
4. Wärme aus Erneuerbaren Energien

C.A.R.M.E.N.

Monatliche Wind- und Solarstromerzeugung



Quelle: Eigene Darstellung nach Fraunhofer ISE (Januar 2024) und www.energy-charts.info

C.A.R.M.E.N.

Flächenbedarf für PV



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

➡ Ertrag in einem Jahr: ca. 2.700 kWh

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

Energieertrag:
jährl. Globalstrahlung in D: ca. 1.000 kWh/m²

Modulwirkungsgrad: 22,5 %

Ergibt spez. Ertrag: 225 kWh/m²

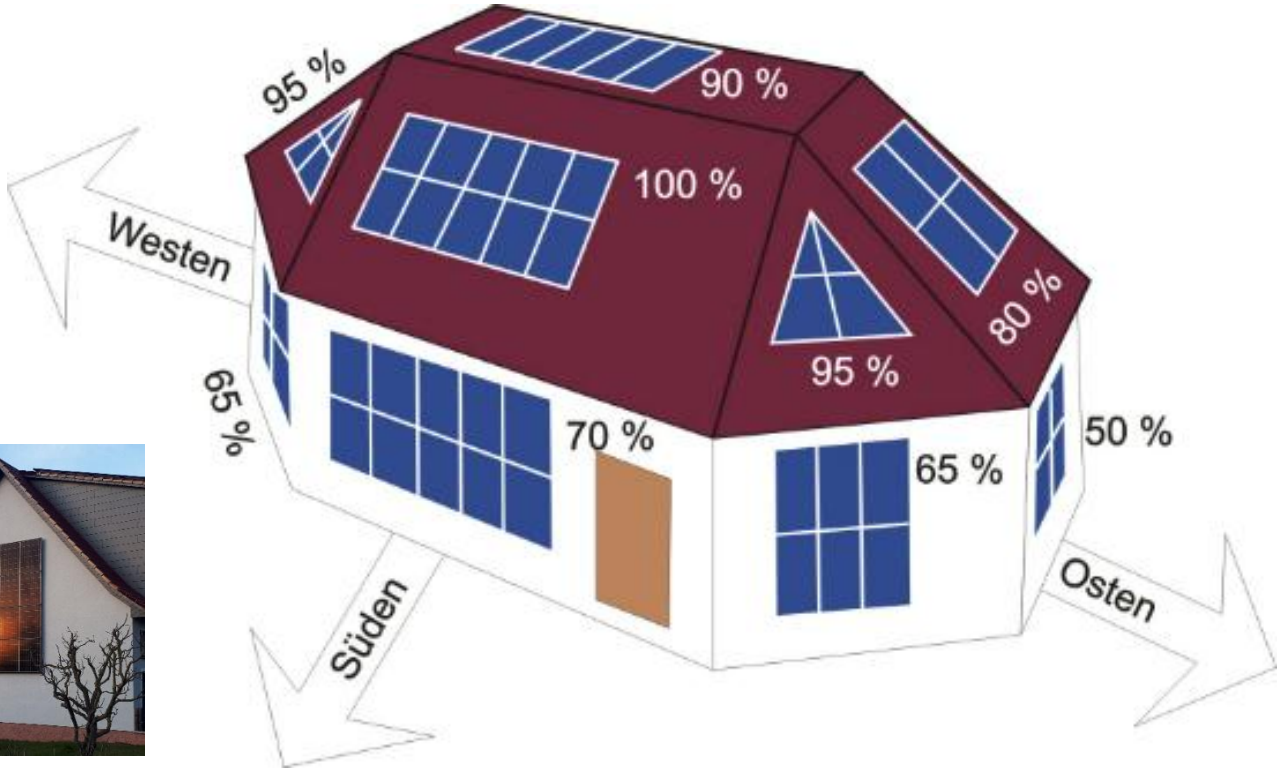
Flächenbedarf:
ca. **4,5 m² pro kW_P** (Peak-Leistung der Module bei Standard-Testbedingungen)

Bildquelle: C.A.R.M.E.N. e.V.

*Verbrauch ca. 20 kWh/100 km

C.A.R.M.E.N.

Modulausrichtung

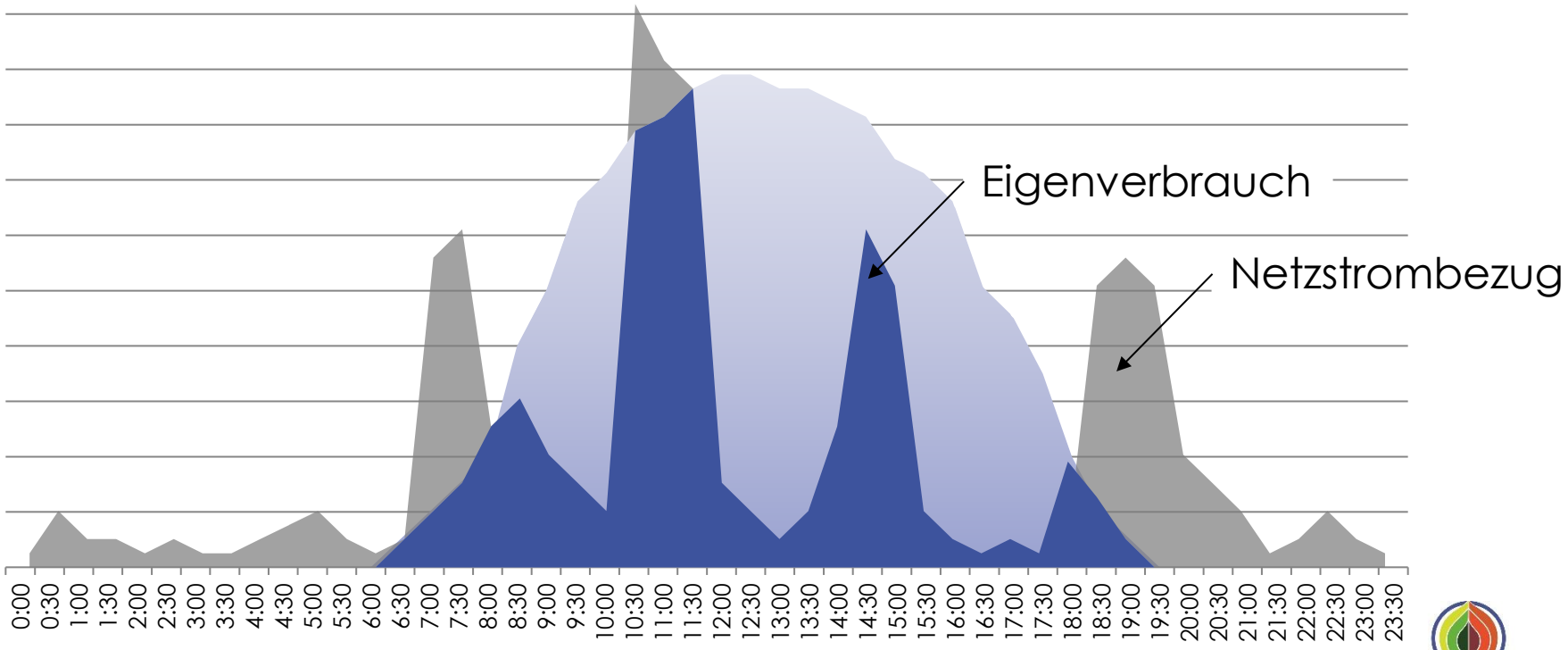




Bildquelle: C.A.R.M.E.N. e.V.

C.A.R.M.E.N.

Solarstromproduktion im Tagesverlauf vs. Last



Bildquelle: C.A.R.M.E.N. e.V.

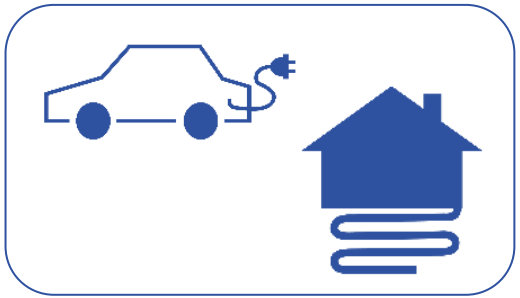
C.A.R.M.E.N.

Eigenverbrauchserhöhung

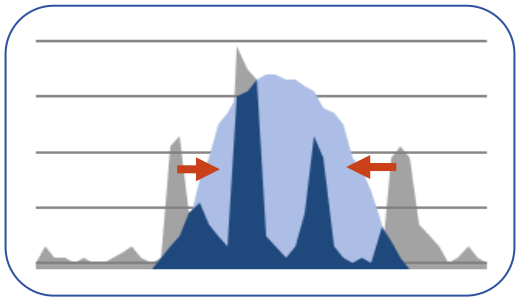
Analyse der Bedingungen

- Wann findet Verbrauch statt?
- Wie können Verbraucher auf die PV-Anlage abgestimmt werden?
- Welche Verbraucher sind geplant?

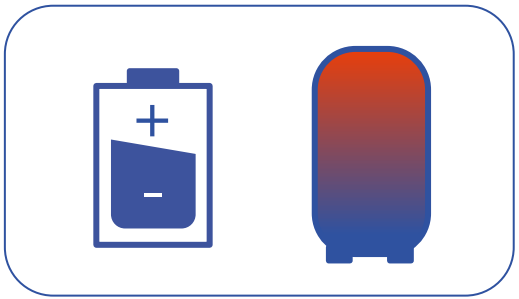
Elektrifizierung



Verlagerung von Verbrauch zu Erzeugung



Speicherung



Bildquelle: C.A.R.M.E.N. e.V.

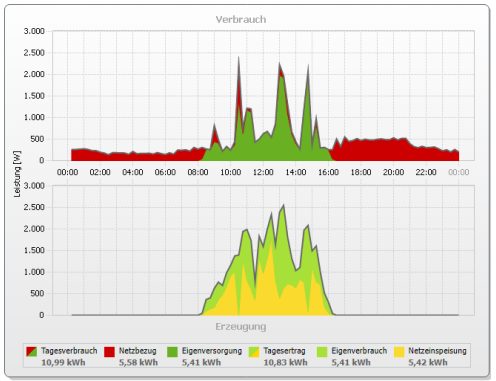
C.A.R.M.E.N.

Intelligentes Energiemanagementsystem

Funktionen:

1. Einflussgrößen:
   - PV-Erzeugung
   - Verbrauch
   - Ladezustand Speicher
   - Dynamische Strompreise
   - Wetterprognosen
2. Steuert dynamisch:
   - Wallbox
   - Wärmepumpe
   - Speicher
   - andere steuerbare Lasten

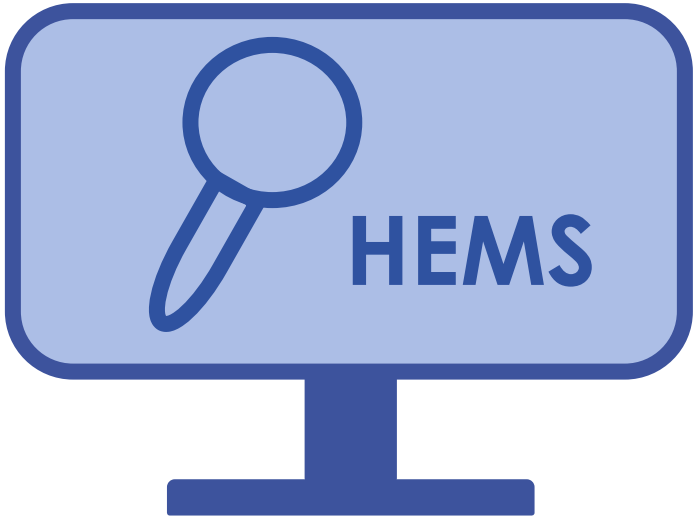




Bildquelle: C.A.R.M.E.N. e.V.

C.A.R.M.E.N.

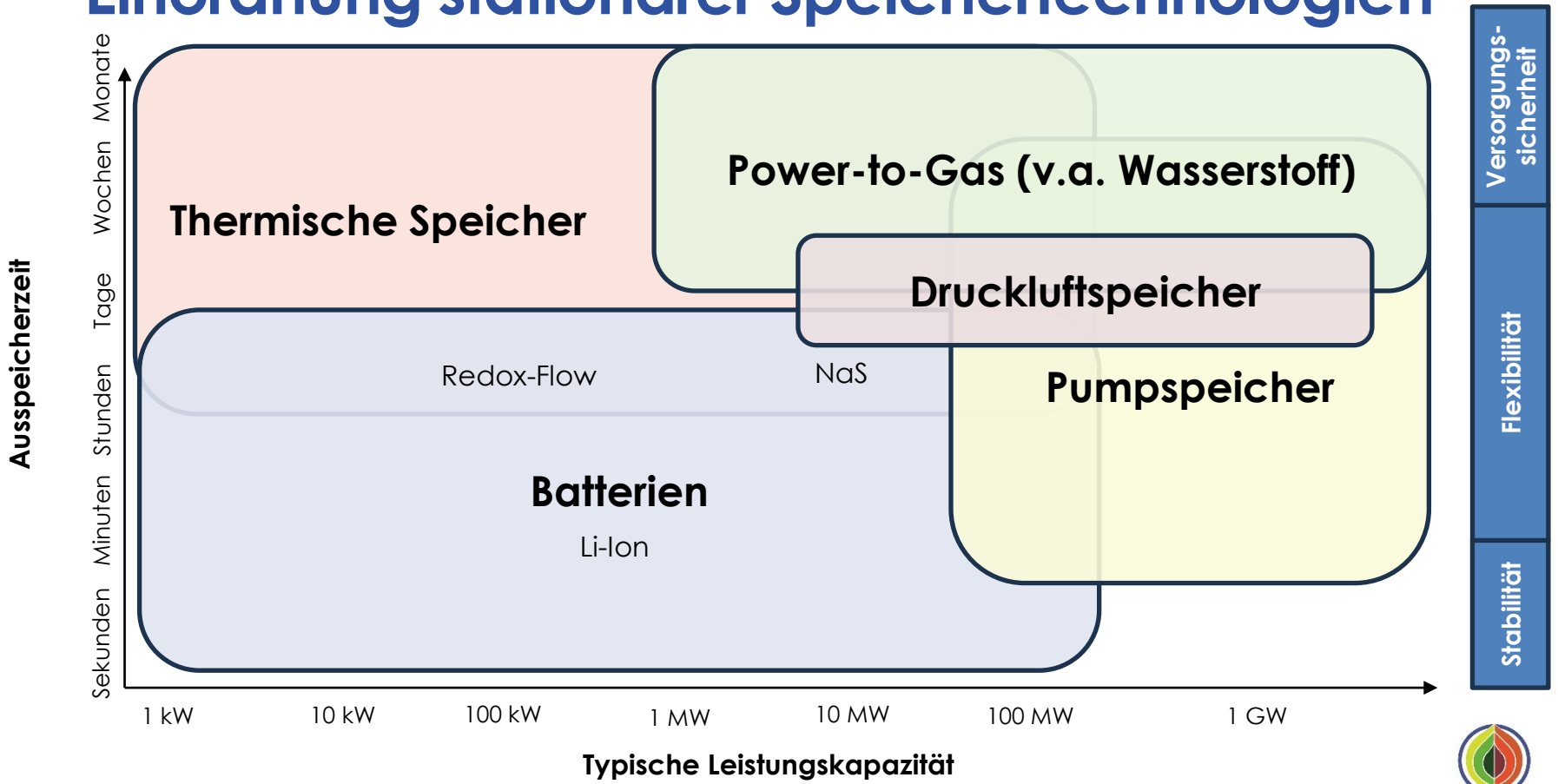
Tipp: HEMS-Finder der Hochschule Ansbach



→ https://hems-finder.org/

C.A.R.M.E.N.

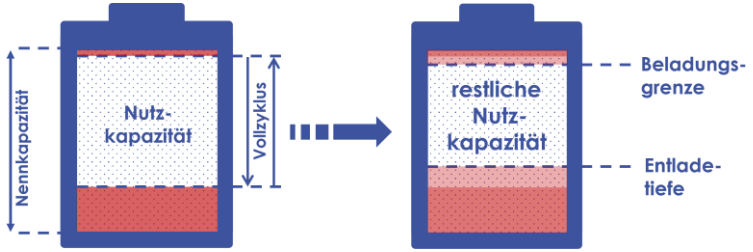
Einordnung stationärer Speichertechnologien



Eigene Darstellung nach European Association for Storage of Energy (2022) und BFE (2021)

C.A.R.M.E.N.

Alterung des Speichers



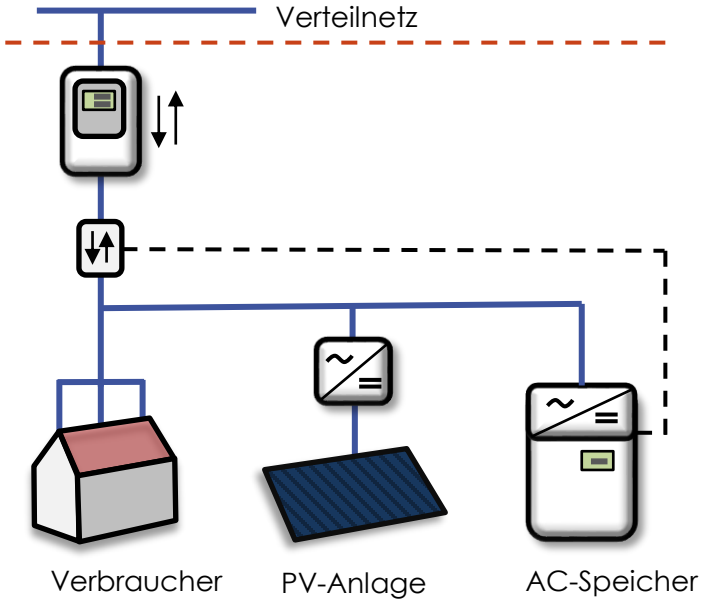
Negative Einflüsse auf Alterung bei Lithium-Speichern:

- **Zyklische Alterung**: Hohe Lade- und Entladeströme, Laden bei niedrigen Temperaturen, Zyklentiefe
- **Kalendarische Alterung**: Hohe Temperaturen, lange Verweildauern bei hohen Ladezuständen, …

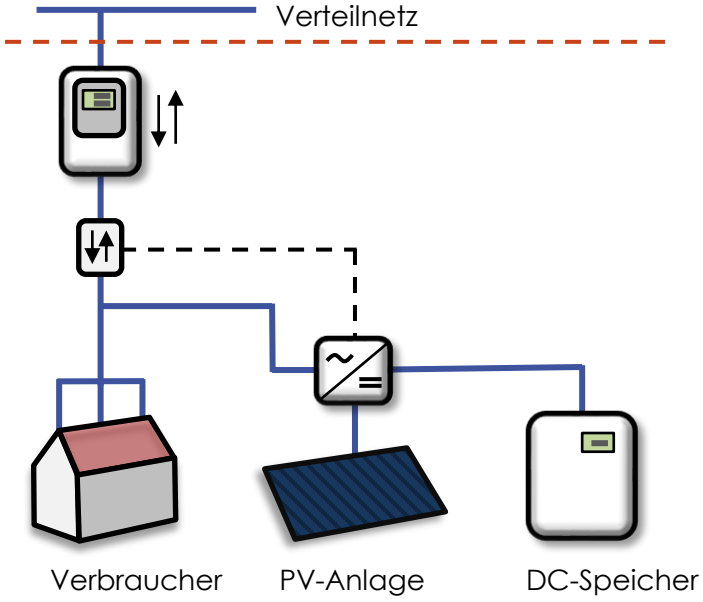
Überlagerung von zyklischer und kalendarischer Alterung:
Realistische Werte für Lithium Batterien im Heimspeicherbereich ca. 15 Jahre

C.A.R.M.E.N.

AC- und DC-Kopplung des Speichers



AC-gekoppeltes System



DC-gekoppeltes System

Darstellung: C.A.R.M.E.N. e.V.

C.A.R.M.E.N.

Richtige Speicherkapazität wählen

- **Speicher zu groß:**
  - unzureichende Nutzung bei höheren Investitionskosten: geringere Wirtschaftlichkeit

- **Speicher zu klein:**
  - höhere spezifische Kosten bei kleineren Speichern
  - hoher Netzbezug



- passend zum Lastprofil (Höhe und Zeiten Stromverbrauch) und der Anlagenleistung
- gegebenenfalls Berücksichtigen von
  - Notstromfunktionalität
  - Absicherung bei dynamischen Strompreisen
  - Verlagerung der Einspeisung auf Grund Einspeisebegrenzung oder niedriger Marktpreise

Foto: C.A.R.M.E.N. e.V.

C.A.R.M.E.N.

Beispiel: Photovoltaik

Stark vereinfachte statische Beispielrechnung (20 a)

Anlagendaten PV
- inst. Leistung: **10 kWp**
- Ø Jahresertrag: 9.500 kWh

Stromverbrauch	4.000 kWh
Strombezugskosten	33 Cent/kWh

Eigenverbrauch	**1.520 kWh**
• EV-Anteil:	16 %
• Autarkiegrad:	38 %



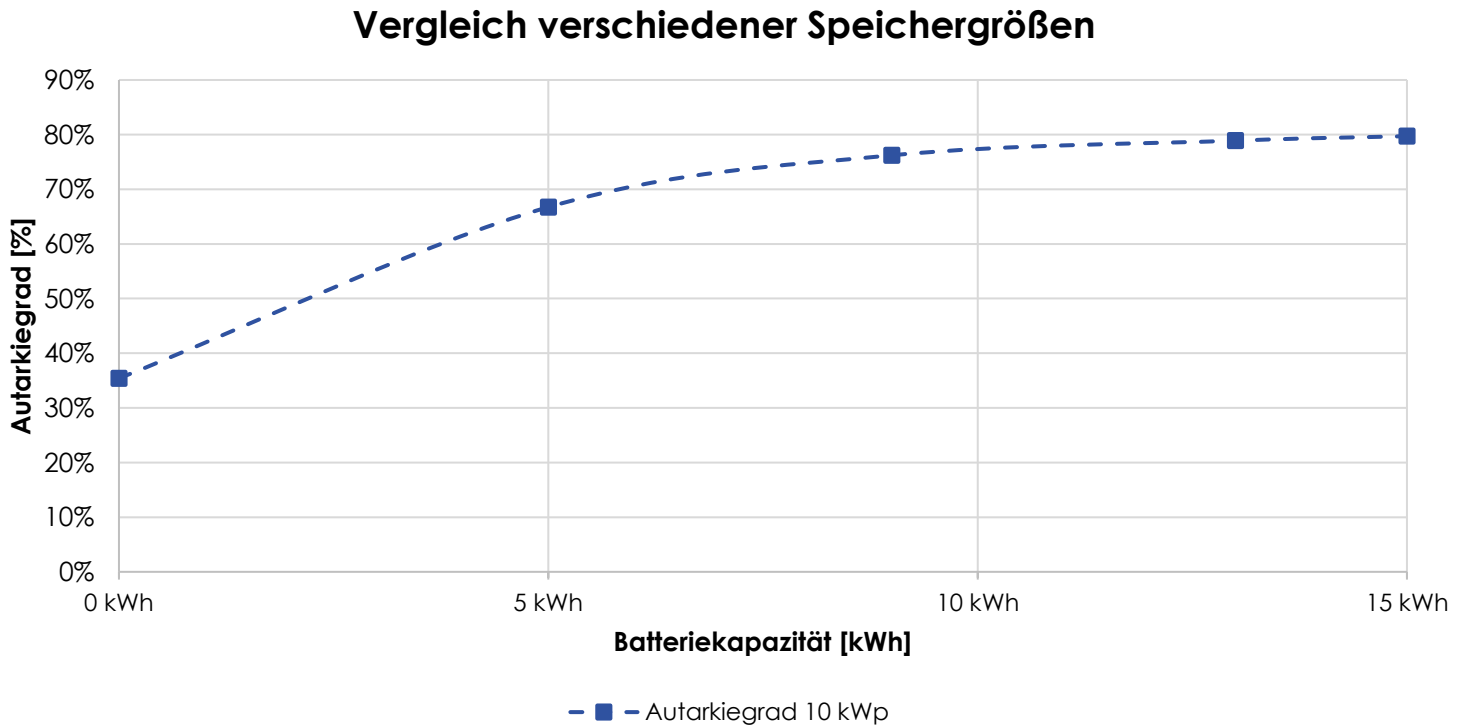
*Einspeisevergütung: 7,86 Cent/kWh

Foto: C.A.R.M.E.N. e.V.

C.A.R.M.E.N.

Beispiel: Photovoltaik + Speicher

Installierte Leistung: 10 kW_P, Stromverbrauch: 4.000 kWh/a

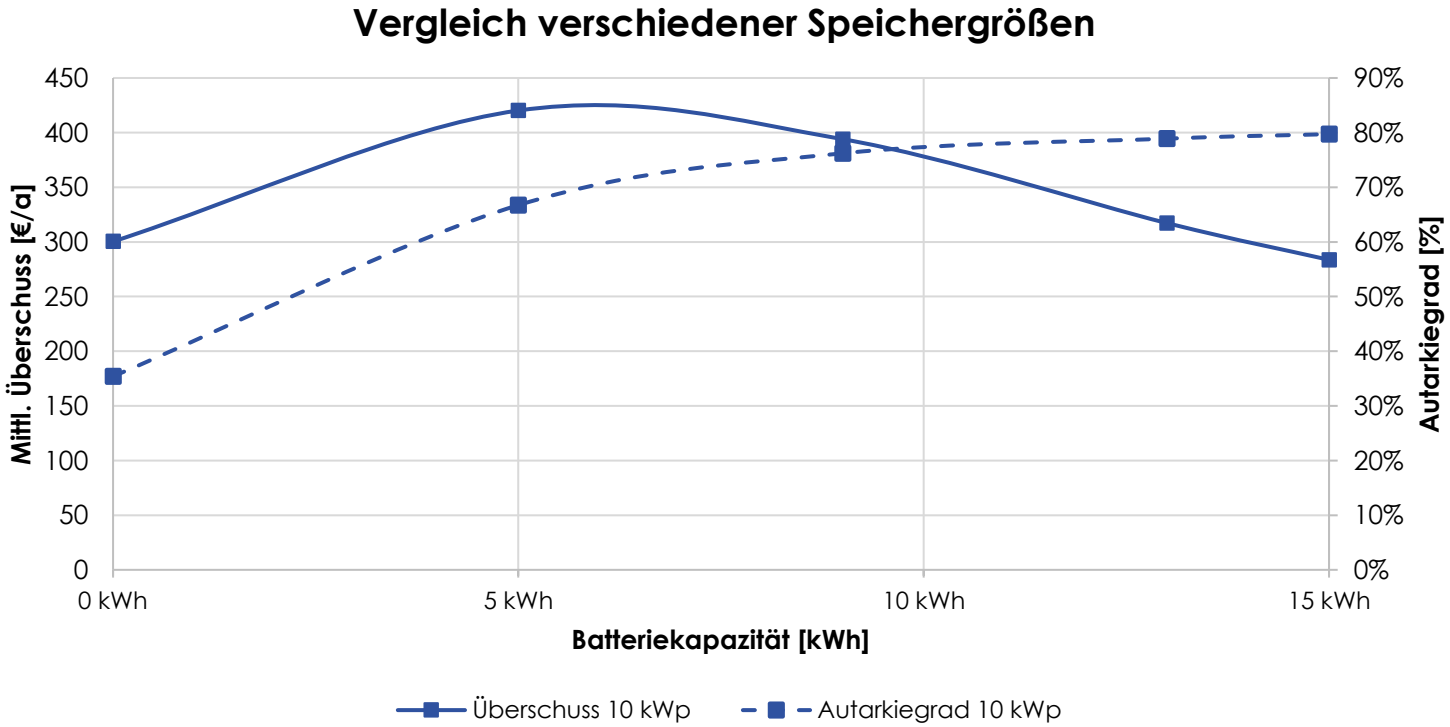


Quelle: C.A.R.M.E.N. e.V.

C.A.R.M.E.N.

Beispiel: Photovoltaik + Speicher

Installierte Leistung: 10 kW_P, Stromverbrauch: 4.000 kWh/a

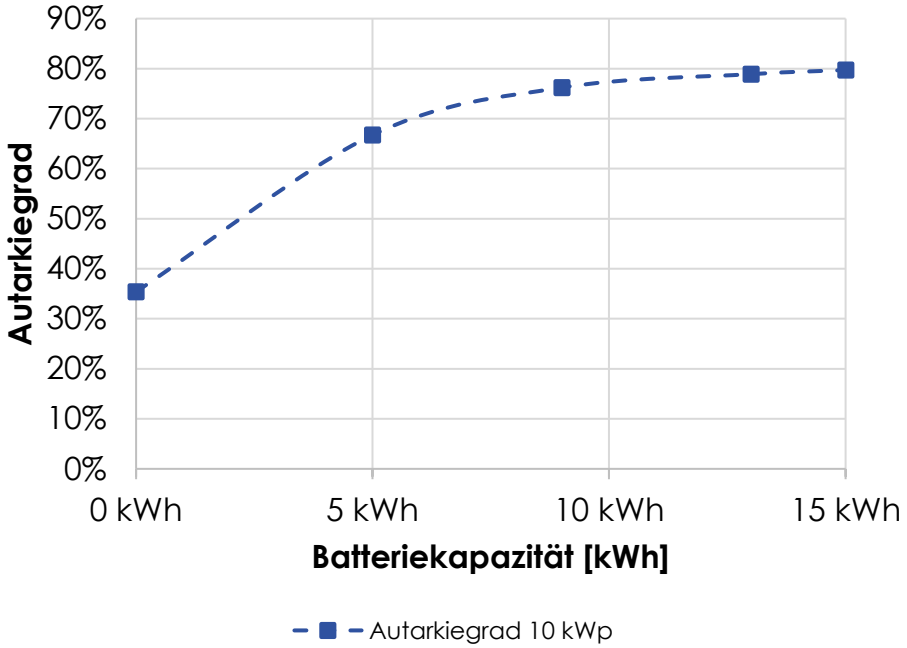


Quelle: C.A.R.M.E.N. e.V.

C.A.R.M.E.N.

Beispiel: Photovoltaik + Speicher

Installierte Leistung: 10 kW_P, Stromverbrauch: 4.000 kWh/a



Faustformel

für eine <u>eigenverbrauchsoptimierte</u> Auslegung

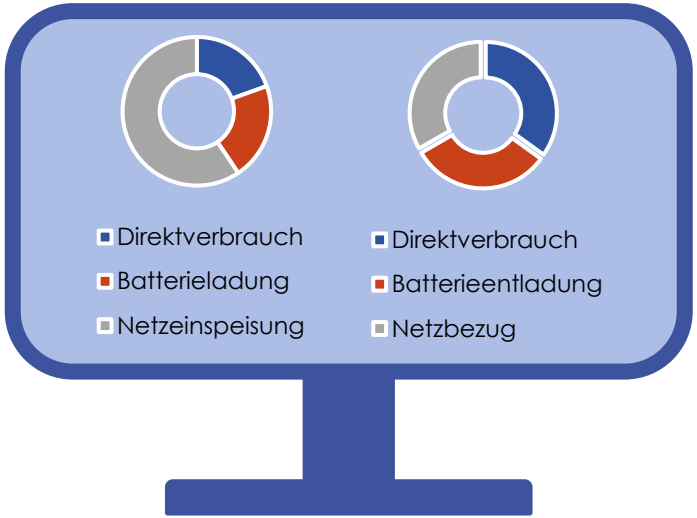
→ **ca. 1,5 (1 – 2) kWh Nutzkapazität** pro **1.000 kWh Stromverbrauch**
→ bei mind. **1 kW_P PV-Leistung** pro kWh Nutzkapazität

Bei Heimspeichern:
Spezifische Kosten bei kleinen Speichergrößen beachten!
Unberücksichtigt:
Speicherung von Netzstrom

Quelle: C.A.R.M.E.N. e.V.

C.A.R.M.E.N.

Tipp: Unabhängigkeitsrechner der HTW Berlin



→ https://solar.htw-berlin.de/rechner/

C.A.R.M.E.N.

Wirtschaftlichkeit Batteriespeicher

Wirtschaftlichkeit abhängig von:

- Preis und Betriebskosten
- Lebensdauer und Alterung
- Vollzyklen/a
- Wirkungsgrad
- Strompreis(-entwicklung)
- PV-Vergütung
- Kombination mit dynamischen Strompreisen
- Notstromfähigkeit (Minimierung von Kosten durch Stromausfall)
- Peak-Shaving bei Leistungspreis
- Option für Zukunft: Handel
- …



Foto: C.A.R.M.E.N. e.V.

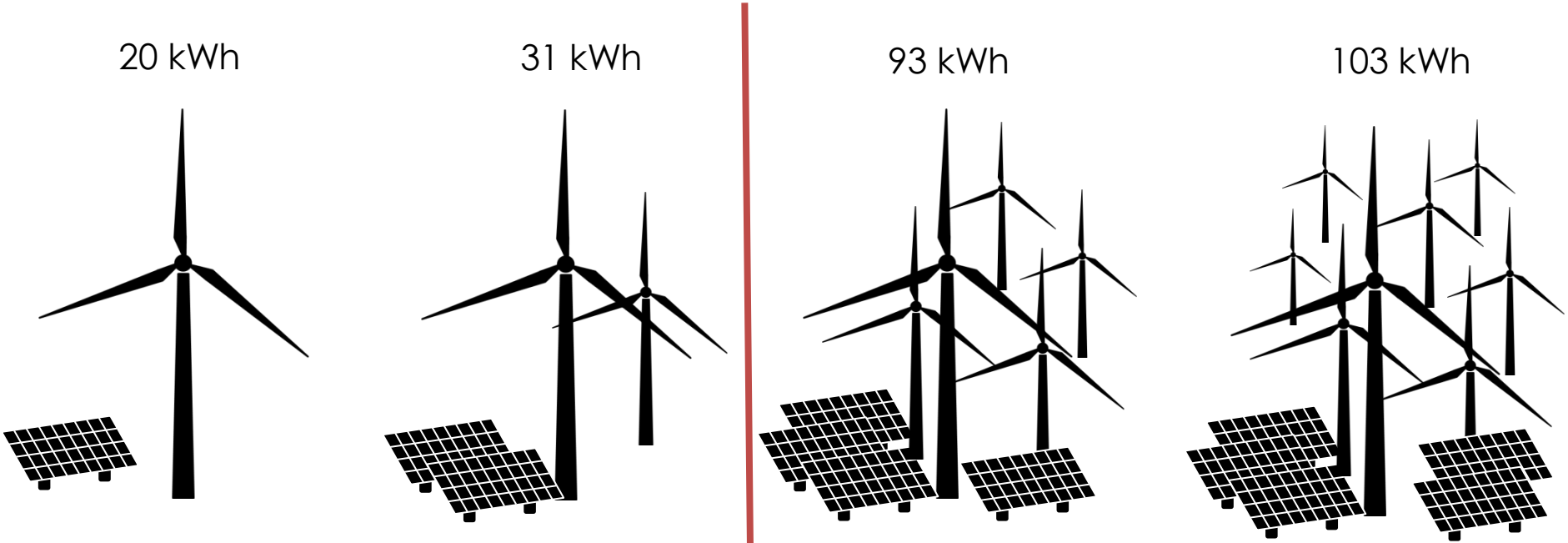
C.A.R.M.E.N.

Energiewende Privat

1. Aktuelle Situation
2. Strom aus Erneuerbaren Energien
3. Mobilität mit Erneuerbaren Energien
4. Wärme aus Erneuerbaren Energien

C.A.R.M.E.N.

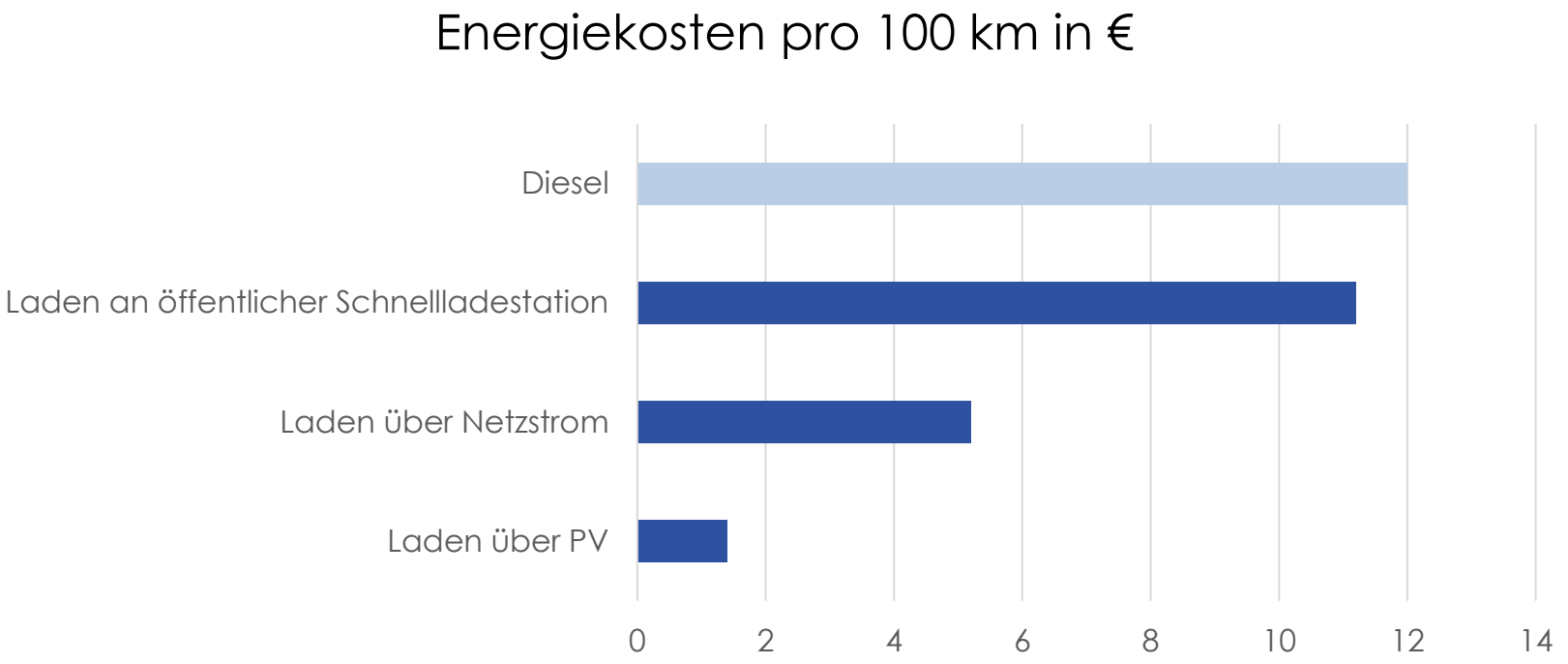
Effizienzkette – Energie pro 100 km



Quelle: nach Daten von Agora Energiewende

C.A.R.M.E.N.

Kostenvergleich



Annahmen: Kosten PV-Strom: 0,07 €/kWh; Stromkosten Ladestrom Netz: 0,26 €/kWh; Stromkosten Schnell-Ladestation: 0,56 €/kWh; Verbrauch E-Auto: 20 kWh/100 km, Verbrauch Verbrenner-Auto: 6 l/100 km, Dieselpreis: 2,0 €/l

C.A.R.M.E.N.

Reichweite

- Typische Akkukapazitäten E-Auto: 30 – 100 kWh
  → je höher Akkukapazität, desto höherer solarer Deckungsgrad möglich, aber auch höherer Verbrauch

- Energiebedarf: 15 – 25 kWh / 100 km (inkl. ca. 15 % Ladeverluste)

- Im Winter: ca. 20 – 40 % geringere Reichweite

C.A.R.M.E.N.

Lademöglichkeiten







Generell:

- Ladeleistung abhängig von Auto, Ladestation und individueller Ladekurve
- Min. Ladeleistung dreiphasig i. d. R. 4,1 kW (6 A pro Phase)
- Ladeverluste geringer bei höherer Ladeleistung



Fotos: C.A.R.M.E.N. e.V.

C.A.R.M.E.N.

Lademöglichkeiten

- **Ladekabel Schuko**
  - Notlösung / geringere Effizienz
  - typ. Ladeleistung 2,3 kW
  - Zuleitung und Dose prüfen





- **Normalladen**
  - Wechselstrom (AC)
  - typ. Ladeleistung 11 kW (22 kW)
  - Wallbox mit „PV-Überschussladen“ Funktionalität zu bevorzugen

Fotos: C.A.R.M.E.N. e.V.

C.A.R.M.E.N.

Lademöglichkeiten

- **Schnellladen**
  - Gleichstrom (DC)
  - CCS (EU), CHAdeMO (Asien)
  - typ. Ladeleistung 20 - 400 kW
  - Schnelles Laden für unterwegs
    (bei 100 kW: ca. 85 km / 10 Minuten Laden)
  - Ladekurve abhängig von Fahrzeug / Ladezustand / Temperatur





Fotos: C.A.R.M.E.N. e.V.

C.A.R.M.E.N.

Beispiel: PV-Laden zuhause



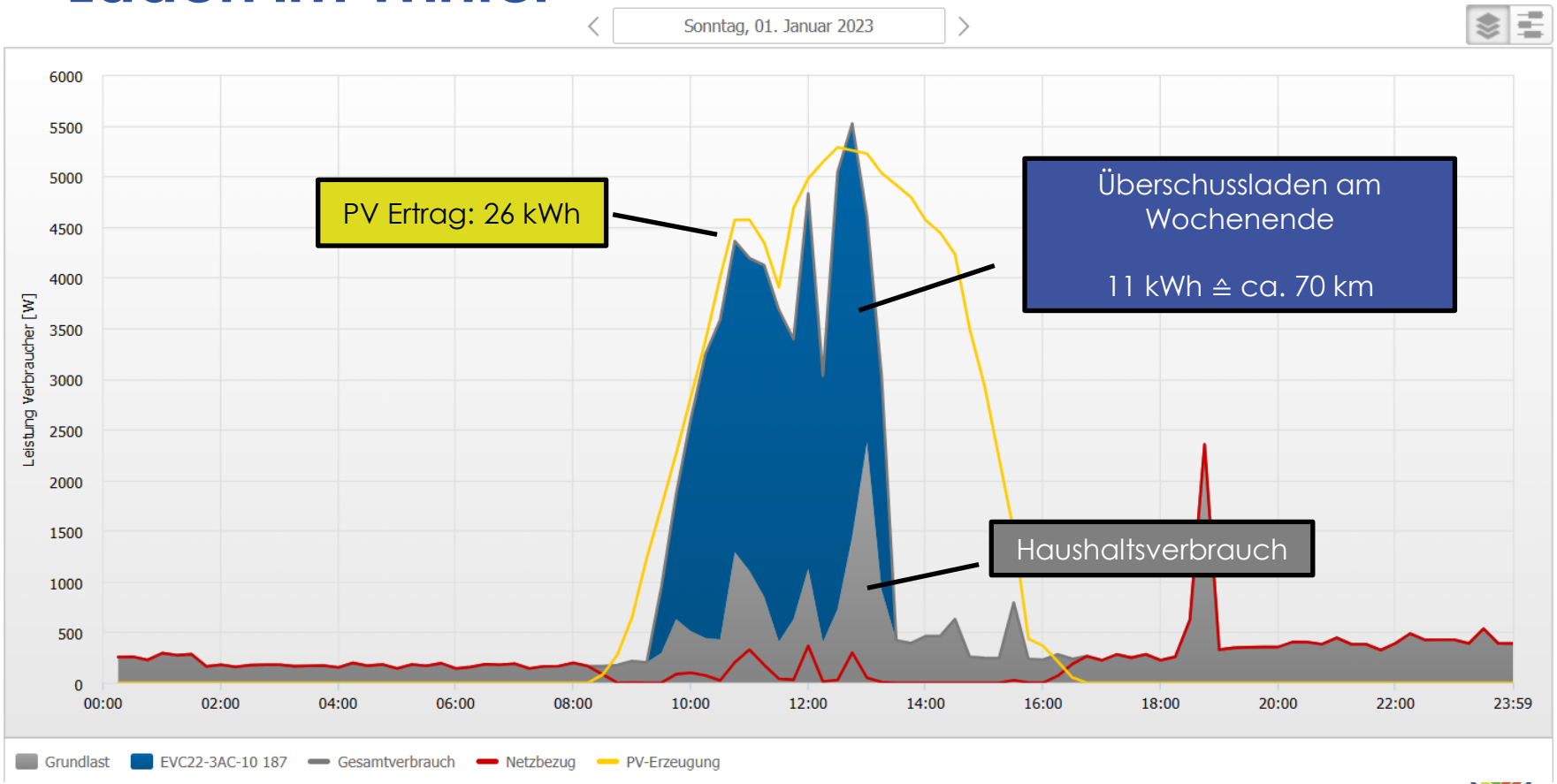
Rahmenbedingungen

- **PV**: nach Süd/West und Nord/Ost, 16°, **20 kWp**
- **Eigenverbrauch**: typischer Familienhaushalt (ca. 4000 kWh/a)
- **Ladeleistung**: max. 7,2 kW
- **Intelligent Laden**: Steuerung über Smart Home (Berücksichtigung des Haushaltsverbrauchs, Warmwasser im Sommer über Heizstab)
  E-Auto am Wochenende und Abends zu Hause

Foto: C.A.R.M.E.N. e.V.

C.A.R.M.E.N.

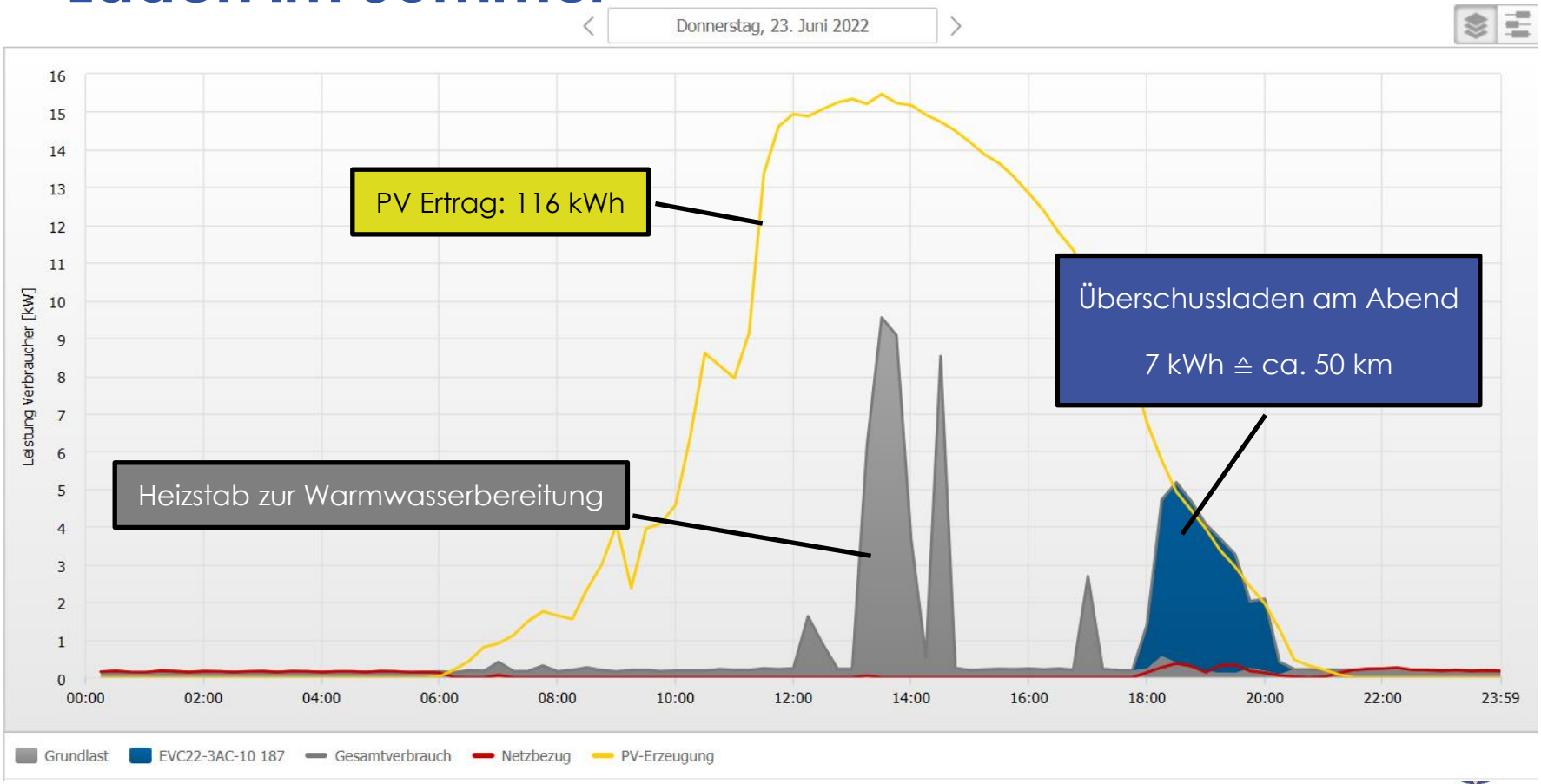
Laden im Winter



Grafik: A. Hadeier, C.A.R.M.E.N. e.V.

C.A.R.M.E.N.

Laden im Sommer



Grafik: A. Hadeier, C.A.R.M.E.N. e.V.

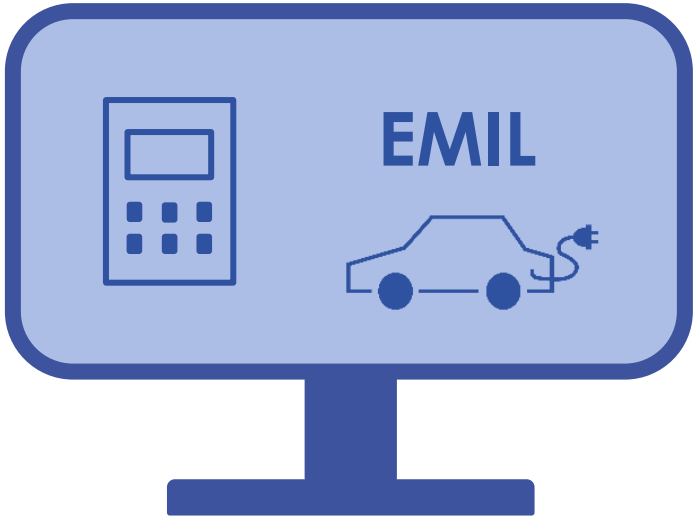
C.A.R.M.E.N.

Erfolgsfaktoren solarbasiertes Laden

- Stellplatz mit Wallbox
- Laden tagsüber möglich
- großer Fahrzeugspeicher schafft Flexibilität → Laden am Wochenende ausreichend
- ausreichend große PV-Anlage: tagsüber Laden (bis 11 kW) mit ca. 30 - 60 % der installierten PV-Leistung (kWp)
- dynamisches Laden durch intelligente Wallboxen und Einbindung in Energiemanagementsystem
- Kombination mit dynamischen Tarifen und Nutzung reduzierter Netzentgelte

C.A.R.M.E.N.

Tipp: Elektromobilitätsrechner des Energieinstituts Vorarlberg



→ www.energieinstitut.at/tools/emil/

C.A.R.M.E.N.

Energiewende Privat

1. Aktuelle Situation
2. Strom aus Erneuerbaren Energien
3. Mobilität mit Erneuerbaren Energien
4. Wärme aus Erneuerbaren Energien

C.A.R.M.E.N.

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

~ 3:1

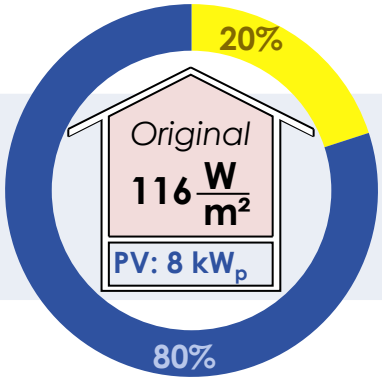
Brauchwasser-Wärmepumpe
Innenstehende Luft-Wasser-Wärmepumpen (+ Luft-Temperatur)
Pufferspeicher ca. 200 – 300 l
Kosten ca. 3.000 – 4.000 €

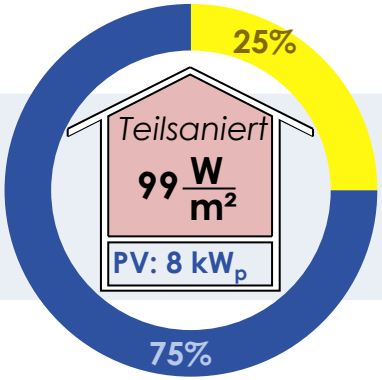
Heizungs-Wärmepumpe
Ansteuerung über EMS, Smart Meter oder Relais am WR
Wärmequellen: insb. Außenluft, Grundwasser, Erdreich, Abwärme

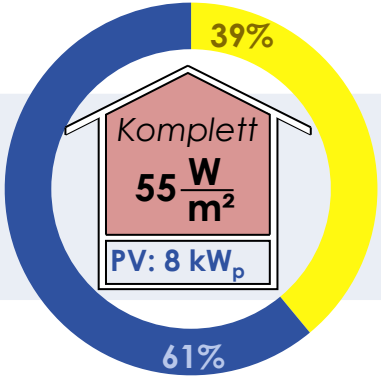
~ 3-6:1

C.A.R.M.E.N.

Einflussfaktoren auf Deckungsbeiträge

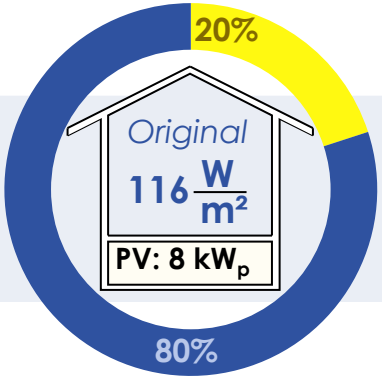


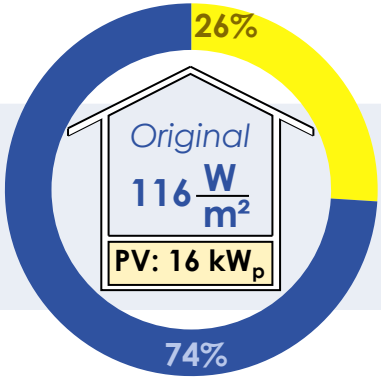




↓ Wärmebedarf Gebäude

↑ Deckungsbeitrag PV-Strom





↑ PV-Anlagengröße

↑ Deckungsbeitrag PV-Strom

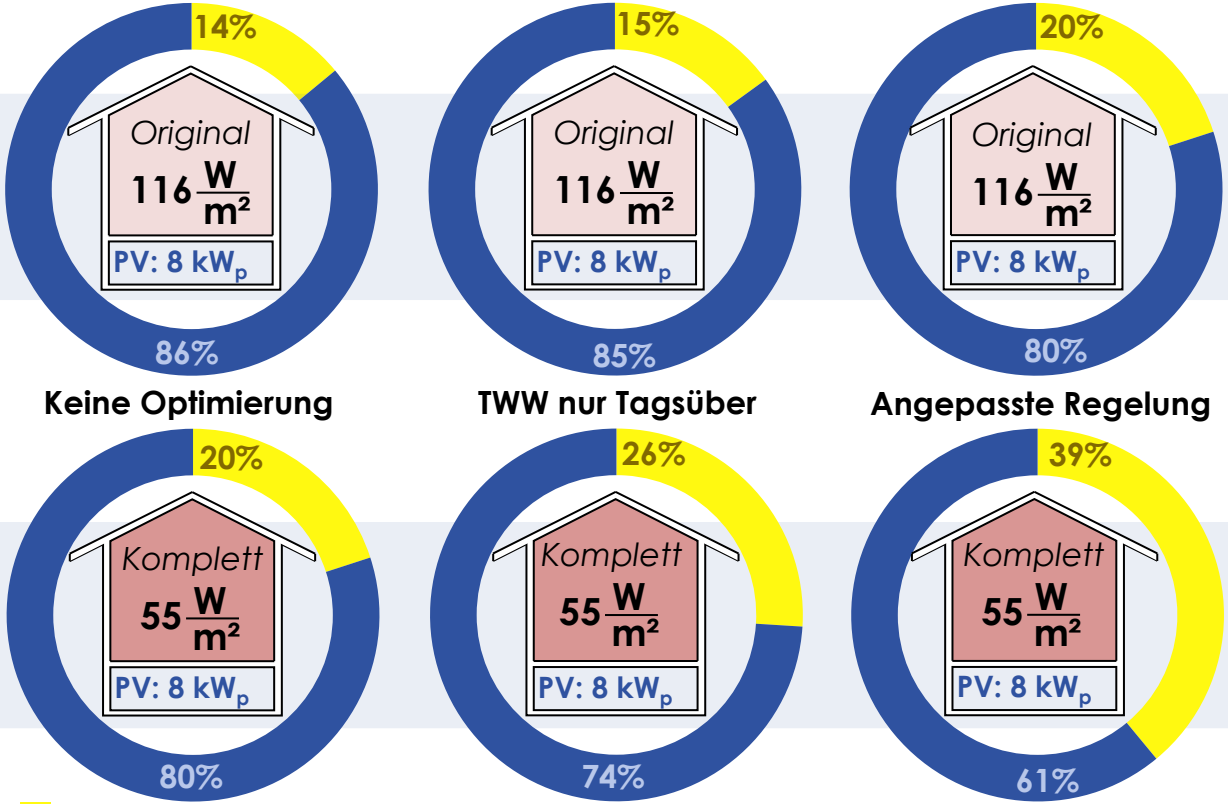
PV-Strombezug

Netz-Strombezug

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

C.A.R.M.E.N.

Einflussfaktoren auf Deckungsbeiträge



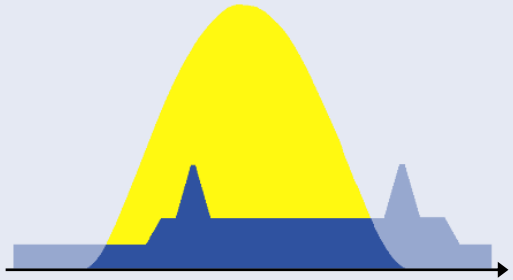
- **TWW nur Tagsüber:** TWW-Bereitstellung nur zwischen 9 und 16 Uhr
- **Angepasste Regelung mit Speicherüberhöhung**: Anhebung der Temperaturen im Pufferspeicher und im TWW-Speicher bei einem Überschuss an Photovoltaik-Leistung (Schwellwertregelung kein EMS)

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

C.A.R.M.E.N.

Kombination PV und Wärmepumpe

Fokus: Effizienz



- Energieeffizienter Normalbetrieb
- Leistungsregelbare Wärmepumpen passen sich an Wärmebedarf an
- Heizzyklen von Strompreis entkoppelt
- Speicher werden auf Solltemperatur geladen

+	**Jahresarbeitszahl**
o	**Eigenverbrauch**
o	**Speicher**

PV-Stromerzeugung Netzstrombezug PV-Strombezug

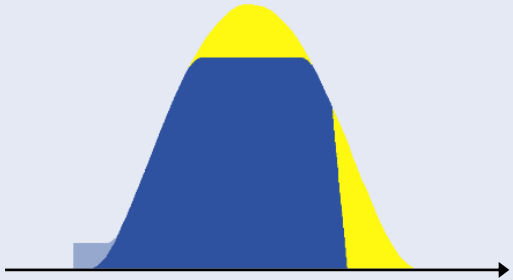
Quelle: eigene Darstellung

C.A.R.M.E.N.

Kombination PV und Wärmepumpe

- Strompreisorientierter verstärkter Betrieb
- Maximierung der Eigenstromnutzung
- Nutzung dynamische Stromtarife
- Speicher werden mit höherer Temperatur beladen
- Wärmepumpe arbeitet mit erhöhter Leistung

Fokus: Flexibilisierung



Jahresarbeitszahl	o
Eigenverbrauch	+
Speicher	+

PV-Stromerzeugung Netzstrombezug PV-Strombezug

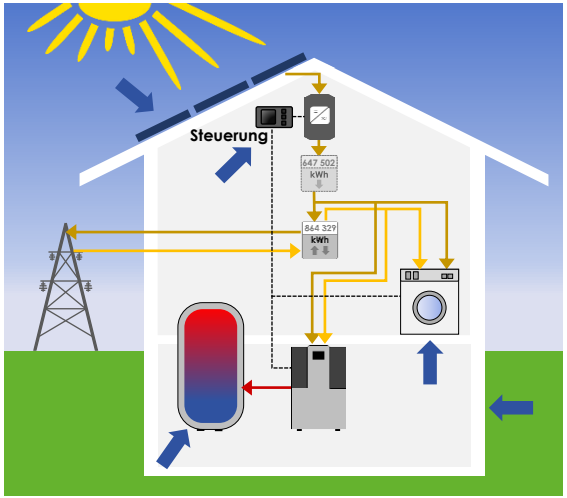
Quelle: eigene Darstellung

C.A.R.M.E.N.

Empfehlungen Kombination PV+WP

Einflussfaktoren auf Deckung Strombedarfs:

- Leistung/ Ausrichtung PV-Anlage
- Stromverbrauch Haushalt
- Wärmebedarf des Hauses
- Optimierung Ansteuerung Schnittstellen
- Speichermöglichkeiten



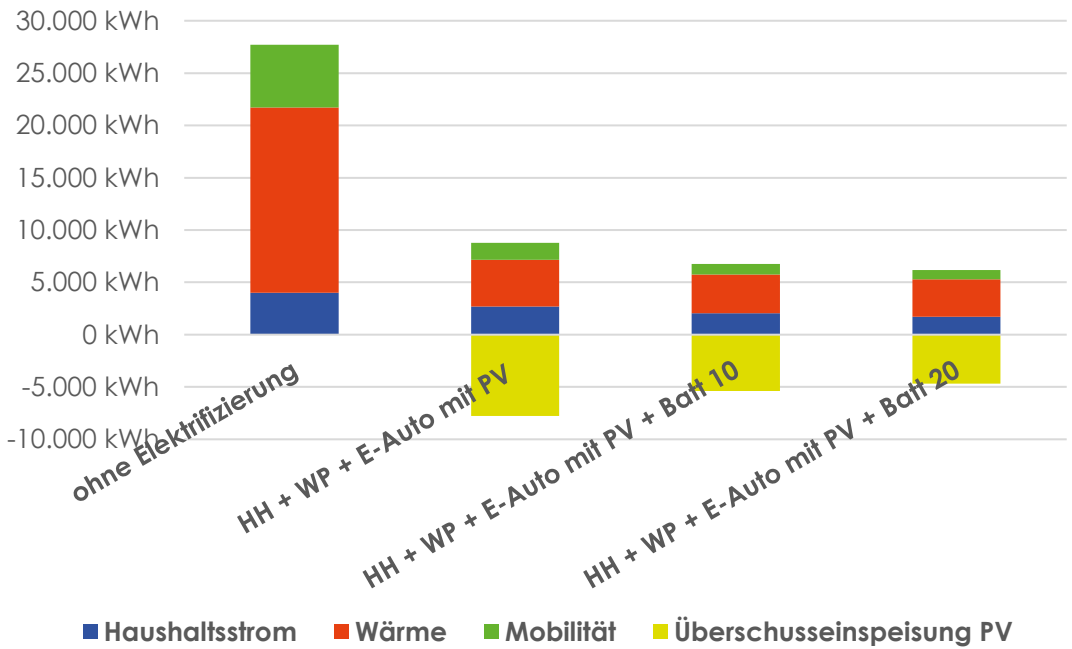
Empfehlungen:

- Invertierende / leistungsmodulierende WP bevorzugen
- Auslegung der PV-Anlage:
    - Ausnutzung der Dachfläche auch mit unterschiedlichen Ausrichtungen: Höherer Autarkiegrad im Winter und weiteres Potential für zukünftige Verbraucher
    - Steiler Neigungswinkel für mehr Stromerzeugung im Winter

Bildquelle: C.A.R.M.E.N. e.V.

C.A.R.M.E.N.

Energiebezug



Ausgangsdaten:

- Haushalts**strom**verbrauch: **4.000 kWh/a**
- Gesamt**wärme**bedarf Haus (150 m², 100 kWh/m²): **17.500 kWh/a**
- Antriebsenergie/**Mobilität**: PKW (E-Auto, 19,5 kWh/100 km, 10.000 km/a): ~~6.000 kWh/a~~ **1.950 kWh/a**

PV: 10 kWp

WP: Jahresarbeitszahl: 3 (Strombedarf: **5.900 kWh/a**)

Strom aus PV für WP:

Bezugskosten p.a.:	**4.464 €**	**2.627 €**	**1.987 €**	**1.799 €**
Wirtsch. Nutzen* p.a.:		**2.225 €**	**2.746 €**	**2.900 €**
Wirtsch. Nutzen* 20 a:		**44.497 €**	**54.928 €**	**57.992 €**

Annahmen: PV (1.084 kWh/kWp) * ohne Investitions- und Finanzierungskosten, inkl. 5 ct/kWh für Überschusseinspeisung

C.A.R.M.E.N.

Energiewende Privat

Dorfen, 20.11.2026

Lassen Sie uns gemeinsam die Energiewende voranbringen!

C.A.R.M.E.N. e.V.
Schulgasse 18, 94315 Straubing
Tel: 09421/960-300
contact@carmen-ev.de www.carmen-ev.de