

Maschinenring Straubing

Steinach, 12. Januar 2026

Was tun, wenn EEG-Einspeisevergütung ausläuft?

Eigenverbrauchsoptimierung, Speicherung etc.

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



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



LandSchaftEnergie



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

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

Das Centrale Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk

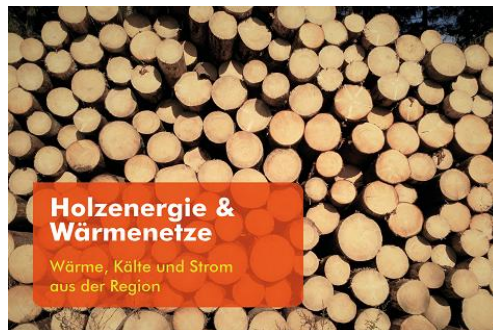


LandSchafttEnergie



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

C.A.R.M.E.N.-Abteilungen



Sachverständigenrat
Bioökonomie Bayern

Gliederung

Aktueller Überblick

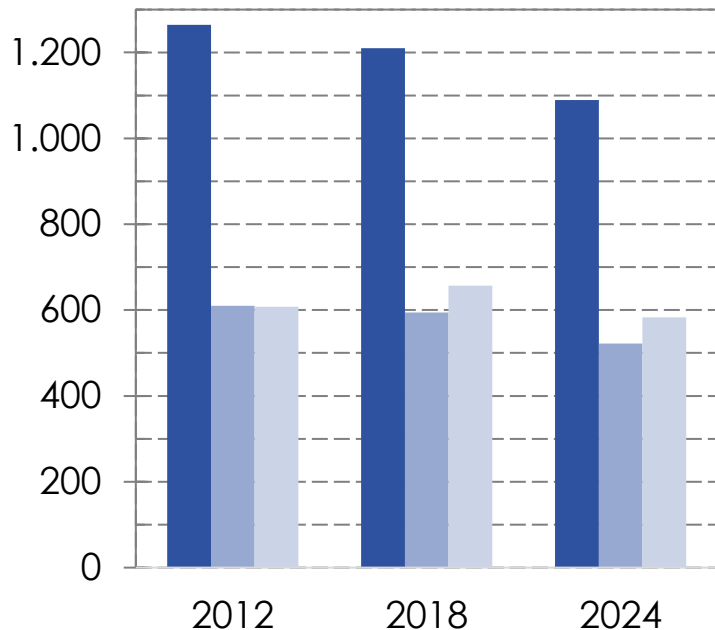
Eigenverbrauchsoptimierung

Stromspeicher

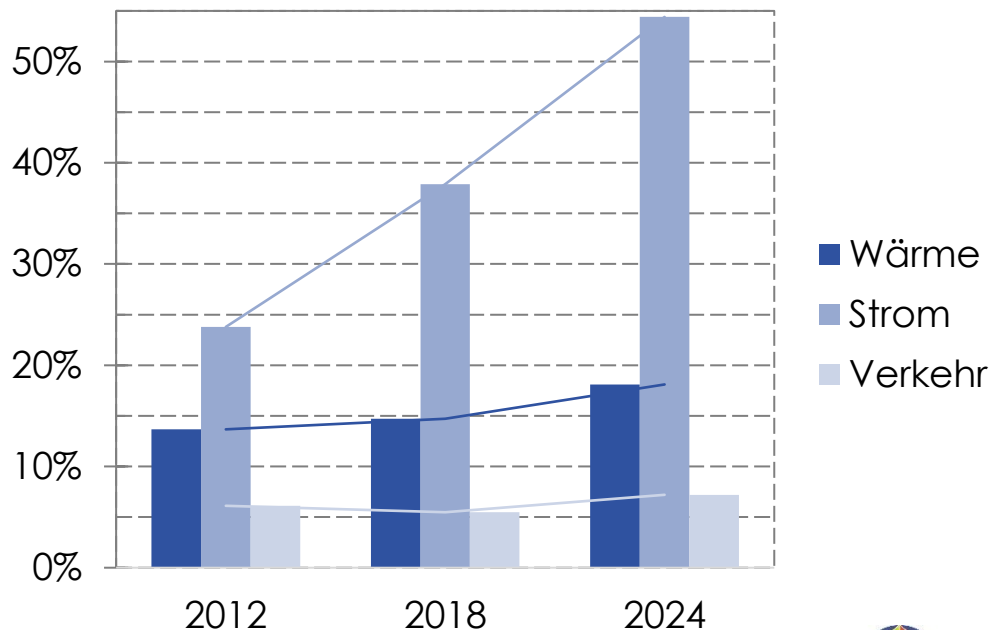


Wie weit sind wir bei der Energiewende?

Bruttoenergiebedarf in TWh

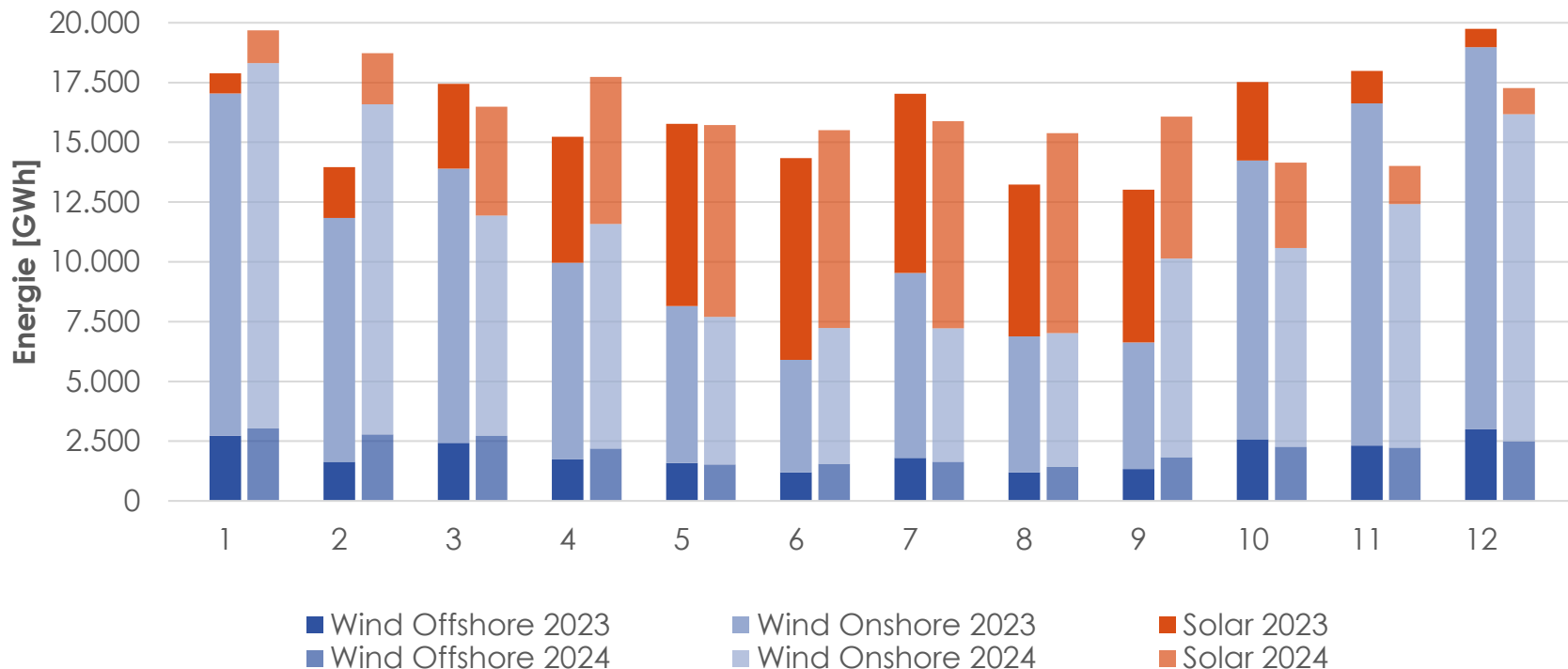


Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttoenergiebedarf



Wind- und Solarstromerzeugung 2023 und 2024

Monatliche Erzeugung



Herausforderungen im Stromsystem

Herausforderungen

- Lange Planungs- und Genehmigungszeiten für Netz- und Anlagenausbau
- Ungleichgewicht zwischen windreichem Norden und sonnenreichem Süden
- Negative Strompreise und Redispatch
- Akzeptanzprobleme v.a. in Übergangszeit

Mögliche Lösungsansätze

- Netzausbau (v.a. Nord-Süd) – Diskussion Strompreiszonen?
- Flexibilisierung von Lasten (v.a. Mobilität und Wärme)
- Marktmechanismus zur Laststeuerung: flexible Strompreise und Netzentgelte
- Ausbau von netzdienlichen (Groß-)Speichern
- Einbindung von Speichern in E-Fahrzeugen

Das „Solarspitzengesetz“ 2025

Auswirkungen auf Anlagen unter 100 kWp

Gültig für Neuanlagen mit Inbetriebnahme ab 25. Februar 2025

→ Ausweitung der Regelungen zur **Fernsteuerung** bzw. **Begrenzung der Einspeiseleistung**:

- Ausstattung für Anlagen **ab 7 kWp** mit intelligenten Messsystemen und einer Steuerungseinrichtung am Netzanschlusspunkt
- **Bis Einbau eines iMSys + Steuerungseinrichtung**: Begrenzung der Einspeiseleistung auf 60 % der installierten Leistung
- Anlagen **ab 25 kWp** (bis 100 kWp): Fernsteuerungseinrichtung durch Netzbetreiber (z.B. Funkrundsteuerempfänger) zusätzlich zur Begrenzung auf 60 %

→ **keine EEG-Förderung in Zeiten negativer Börsenstrompreise**

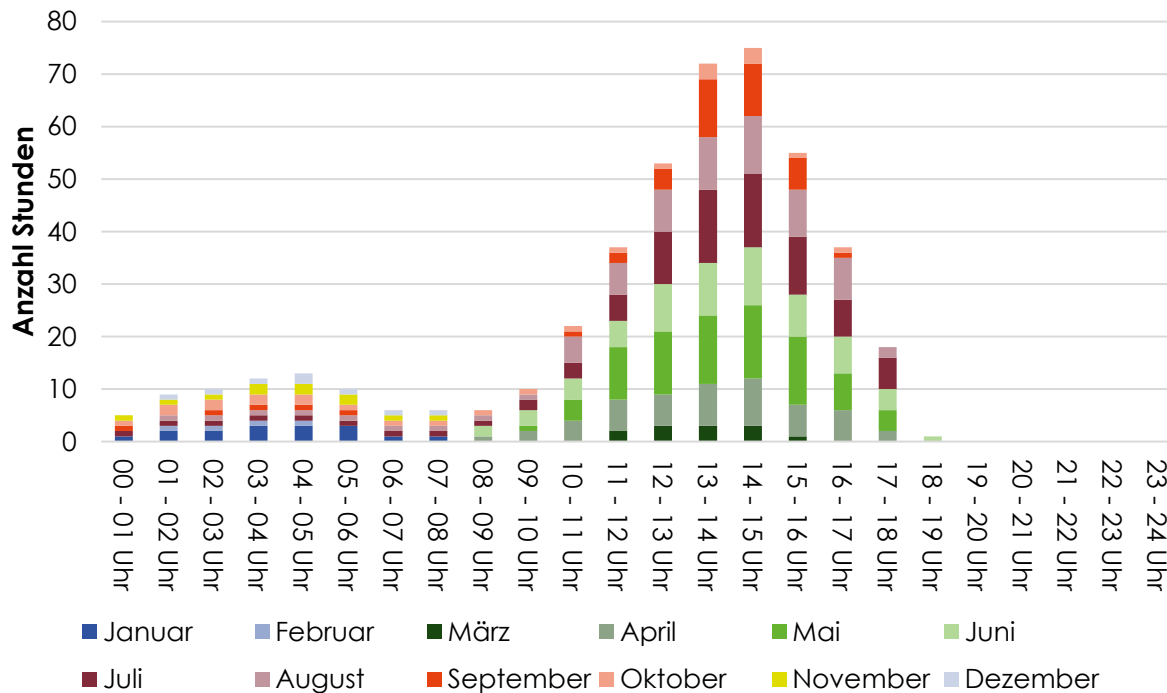
- Ab Folgejahr nach Einbau eines intelligenten Messsystems + Steuerungseinrichtung
- Kompensation: Verlängerung des EEG-Vergütungszeitraums in Abhängigkeit von der Häufigkeit negativer Börsenstrompreise (1/4 h-Basis)
- Freiwilliges Optieren zu neuen Regelungen bei Bestandsanlagen: Vergütungserhöhung um 0,6 ct/kWh*

Quellen: §§ 9, 51, 51a und 100 Abs. 46 + 47 EEG (neu), § 29 Abs. 1 MsBG (neu)

* nach beihilferechtlicher Genehmigung

Negative Börsenstrompreise

Verteilung negativer Strompreise 2024 (Stundenbasis)

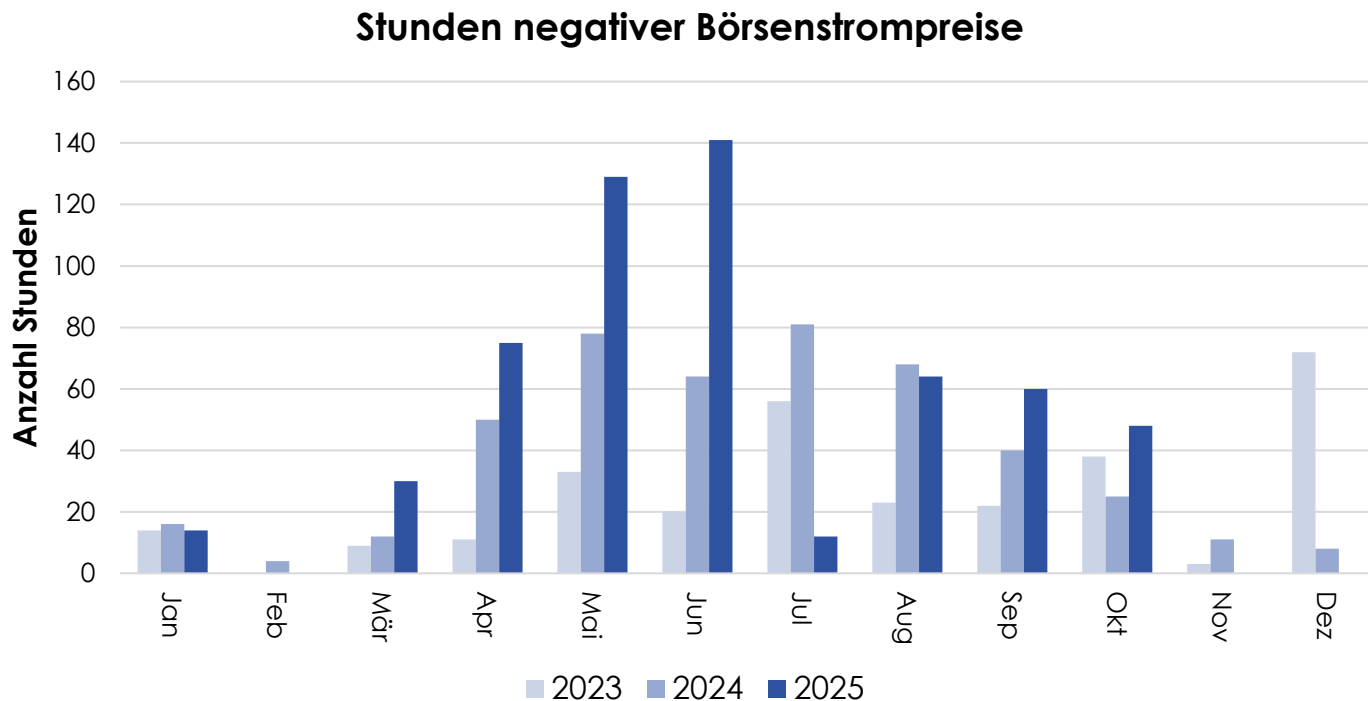


Quellen: Eigene Darstellung nach [Netztransparenz.de](https://www.netztransparenz.de/); [BMWK](https://www.bmwk.de/)

- zunehmende Kannibalisierung, v.a. bei Süd-Anlagen
- keine Förderung über EEG in Zeiten negativer Strompreise
- Ausgleich durch Verlängerung des Vergütungszeitraums in Abhängigkeit von der Häufigkeit negativer Strompreise

→ solarorientierter Eigenverbrauch, EMS und Speicherung bei solaren Erzeugungsspitzen werden immer wichtiger!

Negative Börsenstrompreise



EEG-Förderende

Allgemeines

- „Post-EEG“ betrifft nur die Förderung
- Anlage bleibt weiterhin eine Erneuerbare-Energien-Anlage im Sinne des EEG
- Allgemeine Rechte und Pflichten durch das EEG bleiben bestehen:
 - **Anspruch auf Netzanbindung** und **vorrangige Stromabnahme**
 - **Meldepflichten** (z. B. MStR bei Wechsel der Vermarktungsart)
 - Erfüllung der technischen Vorgaben an Zähler- und Messtechnik (§ 9 EEG)
 - Zuordnung einer Veräußerungsform nach § 19 EEG (Marktprämie, Einspeisevergütung, Mieterstromzuschlag, sonstige Direktvermarktung)
 - Unbilanzierte („wilde“) Einspeisung nicht erlaubt

Vorüberlegungen für den Weiterbetrieb

Bestandsanalyse

- (sichtbarer) Zustand der Module
 - Schmorstellen, „Hot Spots“
 - Risse, Sprünge und andere Glasschäden
 - Schäden am Rahmen
 - Delamination
 - Verfärbung der Zellen
 - ...
- Verschmutzung (Reinigung ?)
- Alter des Wechselrichters (Tausch ca. alle 10-15 Jahre)
- **Anlagencheck** für PV-Anlagen empfohlen
(normierte Prüfung durch Fachbetrieb)
ca. 300 €, je nach Größe und Aufwand

Kurze Checkliste der Anlagenprüfungen:

- Optische Kontrolle der Anlage, Befestigung, Verkabelung + Sicherungen
- Isolationsprüfung
- Strangprüfung + Ermittlung der Werte "Last-Spannung" und "-strom", Vergleich mit Datenblatt
- Kennlinienmessung
- Thermografie (Hot Spots)
- Überprüfung Datenlogger-Protokolle
- Dokumentation
- Bewertung + Handlungsempfehlungen

Vorüberlegungen für den Weiterbetrieb

Sonstiges

Meldepflichten Marktstammdatenregister und Netzbetreiber:

- Registrierung aller netzgebundenen Anlagen, die Strom aus EE gewinnen, auch Speicher
- Wechsel der Vermarktungsform
- Wechsel Voll-/Überschusseinspeisung
- Betreiberwechsel
- Stilllegung der Anlage

Pachtverträge verlängern/Flächennutzung sicherstellen

EEG-Förderende

Anzahl der Anlagen

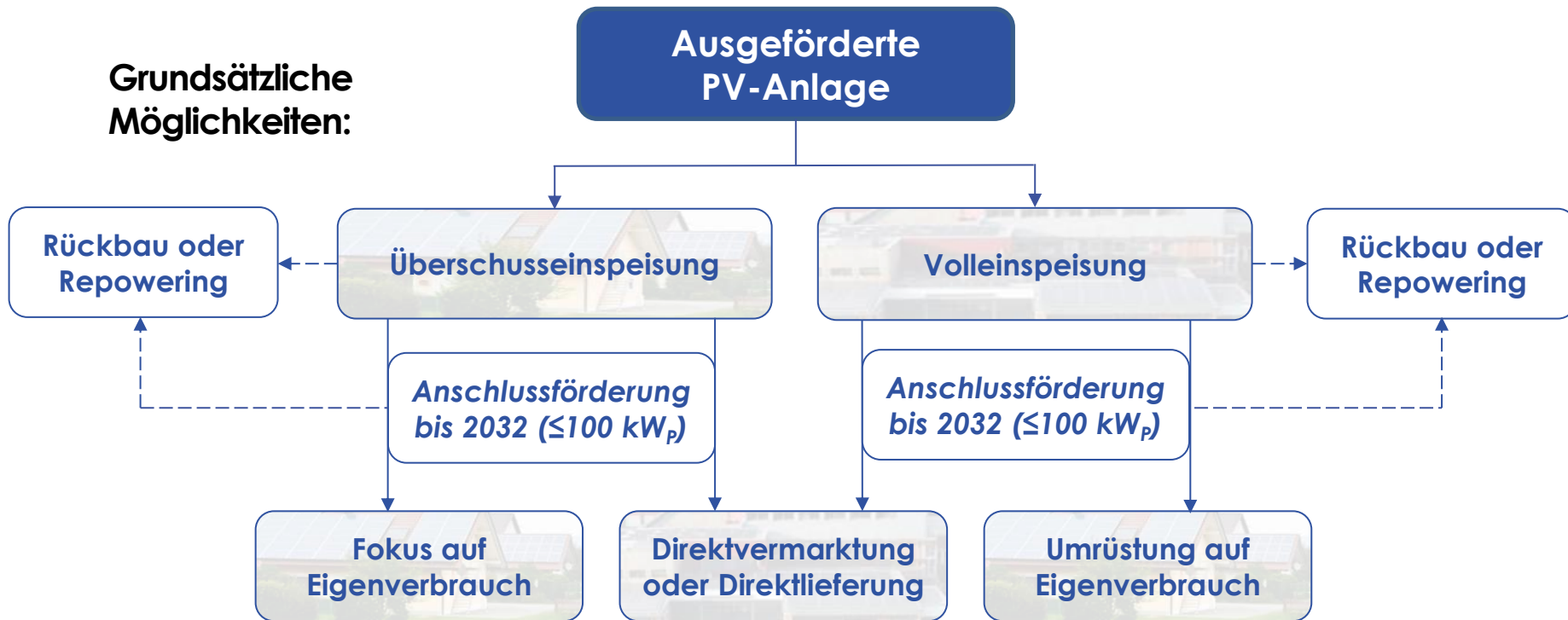
Förderende (jeweils zum 31.12.)	...	2023	2024	2025	2026	2027
≤ 7 kW _p	..	13.868	22.869	30.798	30.753	32.561
>7 - 15 kW _p	...	4.763	11.542	19.723	19.057	23.953
>15 - 30 kW _p	...	1.142	9.734	12.709	10.352	14.626
>30 - 100 kW _p	...	213	3.069	3.797	3.247	5.405
>100 kW _p	...	17	260	417	389	692
Gesamt	...	19.948	47.474	67.168	63.798	77.237

Kumuliert seit 2020:
ca. 4 GW

ca. 1,25 GW

EEG-Förderende

Grundsätzliche
Möglichkeiten:



EEG-Anschlussförderung

Vergütung für ausgeforderte PV-Anlagen

- für Anlagen **bis 100 kW_p**
- befristet bis zum **31.12.2032**
- automatischer Wechsel
- Höchstwert für Anschlussvergütung ab 2023: **10 ct/kWh**

Anschlussvergütung = Jahresmarktwert Solar – Abzugsbetrag

Jahresmarktwert Solar (JW_{Solar})

- gewichteter Jahresmittelwert des Börsenpreises von Solarstrom
- Berechnung erfolgt rückwirkend für das laufende Jahr

EEG-Anschlussförderung

Vergütung ausgeförderter Anlagen

Jahr	2022		2023	2024		2025		2026	
Jahresmarktwert Solar in Cent/kWh	22,306		7,200	4,624		4,508		zu ermitteln	
Abzugsbetrag in Cent/kWh	ohne iMSys	mit iMSys		ohne iMSys	mit iMSys	ohne iMSys	mit iMSys	ohne iMSys	mit iMSys
	0,184	0,092	0,000	1,808	0,904	0,715	0,358	0,228	0,114
Anschlussvergütung in Cent/kWh	22,122	22,214	7,200	2,816	3,720	3,793	4,150	zu ermitteln	

Option 1: Weiterführung Volleinspeisung

Statische Beispielrechnung

- Weiterführung Volleinspeisung mit **EEG-Anschlussvergütung**
- Weiterbetrieb für **7 Jahre** (2026-2032)
- Annahme Anschlussvergütung: **3,5 ct/kWh**

Installierte Leistung	10 kW _p	30 kW _p	50 kW _p	
Anschlussvergütung*	+298 €	+893 €	+1.488 €	p.a.
Check / Wartung / Ersatz	-190 €	-330 €	-470 €	p.a.
Jährliche Ergebnis (7a)	+108 €	+563 €	+1.018 €	p.a.

Zustand der Anlage? Höhe der Jahreskosten?

- Wechselrichtertausch?
- Wartung + Reparaturen?
- Anlagencheck (ca. 400 €)?

+ keine weiteren Zusatzkosten
+/- abhängig vom JW Solar
- Anschlussvergütung bis 2032
- größere Investitionen können v.a. bei kleinen Anlagen nicht refinanziert werden!

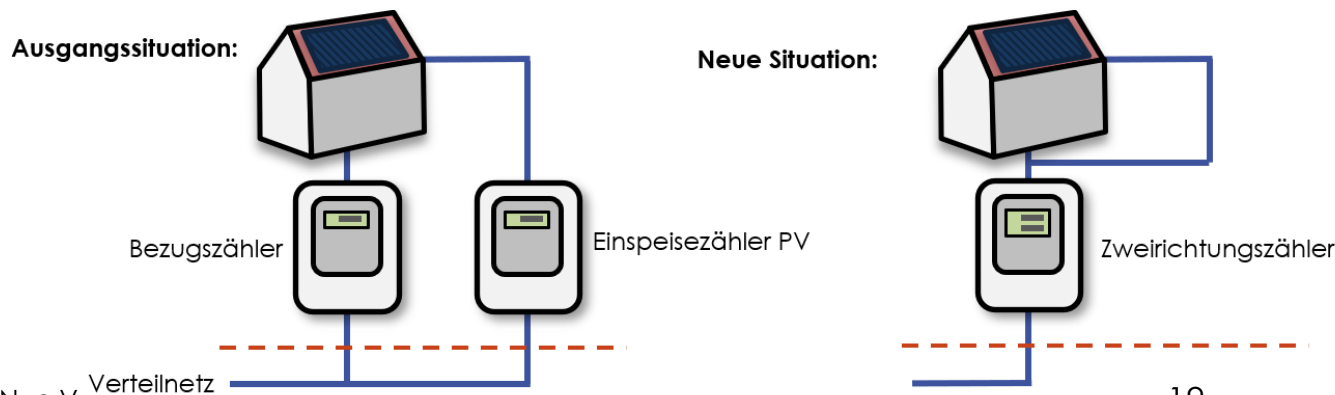
*spezifischer Ertrag Jahr 21-27: 850 kWh/kWp

Option 2: Umstellung auf Eigenverbrauch

Voraussetzungen

- Neuverkabelung und Zählertausch: Umstellung Messkonzept auf Zweirichtungszähler
- ACHTUNG: ggf. Anpassung auf aktuelle TAB bei Beauftragung durch Anschlussnutzer
- keine Neu-Inbetriebnahme: keine Erhöhung des WR oder Netzanschlusses gemäß aktueller Anwendungsregeln
- Ummeldung Netzbetreiber und Marktstammdatenregister

Umstellung eines einfachen Messkonzepts für den Eigenverbrauch:



Umstellung auf Eigenverbrauch

Kosten

Kosten sind abhängig von...

- erforderliche Elektroarbeiten
- Kosten für den Zählertausch
- Art des Messsystems
- Ertüchtigung/Austausch Zählerschrank (insb. bei Beauftragung Zählertausch durch Anschlussnutzer)

→ ca. 600 – 900 € ohne neuen Zählerschrank

→ neuer Zählerschrank im EFH je nach Situation ca. 1.000 – 2.000 € und mehr

Umstellung auf Eigenverbrauch

Statische Beispielrechnung

- Umstellung auf Überschusseinspeisung mit EEG-Anschlussvergütung
- Weiterbetrieb für **7 Jahre** (2026-2032)
- Annahme Anschlussvergütung: **3,5 ct/kWh**
- Stromverbrauch: **30.000 kWh/a**
- Strombezugskosten: **30 ct/kWh**

Installierte Leistung	10 kW _p	30 kW _p	50 kW _p	
Anschlussvergütung*	+45 €	+518 €	+1.071 €	p.a.
Eigenverbrauchsanteil	85 %	42 %	28 %	
Autarkiegrad	24 %	36 %	40 %	
Einsparung Bezug	+2.168 €	+3.213 €	+3.517 €	p.a.
Check / Wartung / Ersatz / Umrüstung	-280 €	-420 €	-560 €	p.a.
Jährliche Ergebnis (7a)	+1.932 €	+3.311 €	+4.081 €	p.a.

Inkl.
Umrüstung Messkonzept (ca. 600 €)

+ Einsparung bei Strombezugskosten
+ in der Regel auch bei kleineren Anlagen rentabel
+/- weniger abhängig vom JW Solar
- zusätzliche Umrüstkosten nötig

*spezifischer Ertrag Jahr 21-27: 850 kWh/kWp



Umstellung auf Eigenverbrauch + Speicher

+ Speicher (30 kWh)

Statische Beispielrechnung

- Umstellung auf Überschusseinspeisung mit EEG-Anschlussvergütung
- Weiterbetrieb für **7 Jahre** (2026-2032)
- Annahme Anschlussvergütung: **3,5 ct/kWh**
- Stromverbrauch: **30.000 kWh/a**
- Strombezugskosten: **30 ct/kWh**
- Investitionskosten Speicher: **18.000 €**
- Speichereffizienz: **85 %**
- Lebensdauer Speicher: 15 a

Installierte Leistung	10 kW _p	30 kW _p	50 kW _p	
Anschlussvergütung*	+3 €	+268 €	+759 €	p.a.
Eigenverbrauchsanteil	99 %	87 %	70 %	
Autarkiegrad	27 %	56 %	65 %	
Einsparung Bezug	+2.471 €	+5.034 €	+5.846 €	p.a.
Check / Wartung / Ersatz / Umrüstung	-280 €	-420 €	-560 €	p.a.
Kosten Speicher	-1.380 €	-1.380 €	-1.380 €	p.a.
Jährliche Ergebnis (7a)	+814 €	+3.501 €	+4.665 €	

+ höchste Einsparung bei Strombezugskosten
- geringe Speicherauslastung bei kleiner PV-Anlage

*spezifischer Ertrag Jahr 21-27: 850 kWh/kWp

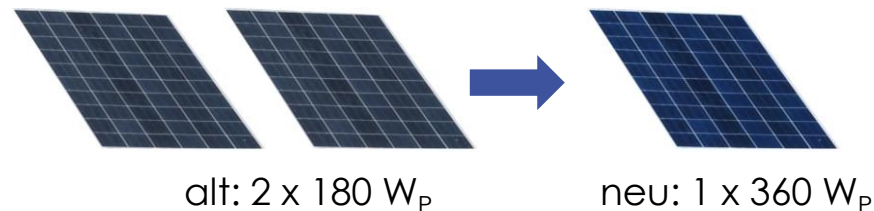
Option 3: Rückbau & Repowering

Rückbau

- Wenn wirtschaftlicher Weiterbetrieb nicht möglich ist, z. B. bei hohem Investitionsbedarf oder kostspieligen Reparaturen
- Möglichkeit: Inanspruchnahme Anschlussvergütung, bis größere Investitionen anstehen, dann Rückbau
- Module in den Zweitmarkt oder die Entsorgung/Recycling
- Dachzustand überprüfen
- Neuanlage?

Vorteile Neuanlage:

- Höhere Leistung und Erträge pro Fläche
- 20 Jahre gesicherte Einspeisevergütung
- Anlagenmodernisierung und Berücksichtigung Eigenverbrauch



Bsp. 1: Photovoltaik

Vereinfachte Beispielrechnung

Lastprofil
Milchviehbetrieb
mit AMS

Anlagendaten PV

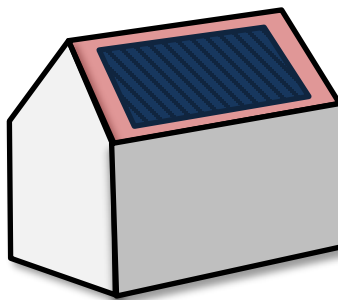
- inst. Leistung: 70 kW_p

Stromverbrauch 50.000 kWh
Strombezugskosten 27 Cent/kWh

Eigenverbrauch 22.884 kWh

- EV-Anteil: 32 %
- Autarkiegrad: 46 %

PV-Stromerzeugung 72.419 kWh



Investitionskosten

- Photovoltaik: 58.000 €

Betriebskosten 580 € p.a.
(inkl. Ersatzbeschaffungen PV)

Einnahmen & Einsparung

- EEG-Vergütung: 2.385 € p.a.
- Einsp. Verbrauch: 6.179 € p.a.
8.537 € p.a.

Amortisationsdauer: 7,6 a
Stromgestehungskosten: 5,3 Cent/kWh
Interne Rendite: 14,2 %

Annahmen: Zeitraum: 25 a (20 a + 5 a Ausgleich), EEG-Vergütung: 6,35 ct/kWh, Einspeisung in Zeiten neg. Strompreise: 25 %, allg. Preissteigerung: 2 %, Netto-Preise, keine Berücksichtigung von Umsatz- und Ertragssteuern, 0,25 % p.a. Ertragsverlust PV, dynamische Berechnung

Bsp. 1a: Photovoltaik (Volleinspeisung)

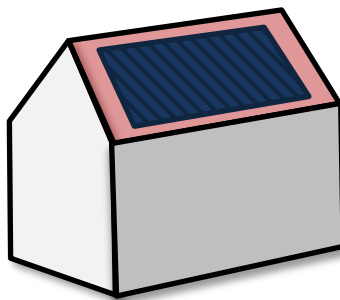
Vereinfachte Beispielrechnung

Anlagendaten

- inst. Leistung: 70 kW_p

PV-Stromerzeugung

72.419 kWh



Investitionskosten

- Photovoltaik: 58.000 €

Betriebskosten 580 € p.a.
(inkl. Ersatzbeschaffungen PV)

Einnahmen & Einsparung

- EEG-Vergütung: 6.015 € p.a.

Amortisationsdauer: 12,5 a
Stromgestehungskosten: 5,3 Cent/kWh
Interne Rendite: 7,5 %

Annahmen: Zeitraum: 25 a (20 a + 5 a Ausgleich), EEG-Vergütung: 10,63 ct/kWh, Einspeisung in Zeiten neg. Strompreise: 22 %, allg. Preissteigerung: 2 %, Netto-Preise, keine Berücksichtigung von Umsatz- und Ertragssteuern, 0,25 % p.a. Ertragsverlust PV, dynam. Berechnung

Bsp. 2: Photovoltaik + Speicher

Lastprofil
Milchviehbetrieb
mit AMS

Vereinfachte Beispielrechnung

Anlagendaten

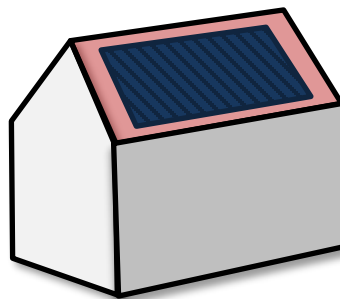
- inst. Leistung: 70 kW_P
- Nutzkap. Speicher 60 kWh

Stromverbrauch 50.000 kWh
Strombezugskosten 27 Cent/kWh

Eigenverbrauch 38.092 kWh

- EV-Anteil: 53 %
- Autarkiegrad: 73 %

PV-Stromerzeugung
72.419 kWh



Investitionskosten

- Photovoltaik: 58.000 €
- Speicher: 25.950 €

Betriebskosten 580 € p.a.
(inkl. Ersatzbeschaffungen PV)

Einnahmen & Einsparung

- EEG-Vergütung: 1.708 € p.a.
- Einsp. Verbrauch: 9.915 € p.a.
11.623 € p.a.

Amortisationsdauer: 8,0 a
Stromgestehungskosten: 5,3 Cent/kWh
Speicherungskosten: 12,2 Cent/kWh
Interne Rendite: 13,5 %

Annahmen: Zeitraum: 25 a (20 a + 5 a Ausgleich), EEG-Vergütung: 6,35 ct/kWh, Einspeisung in Zeiten neg. Strompreise: 21 %, allg. Preissteigerung: 2 %, Netto-Preise, keine Berücksichtigung von Umsatz- und Ertragssteuern, 0,25 % p.a. Ertragsverlust PV, Gesamtwirkungsgrad Speicherung: 90 %, Lebensdauer Speicher (= 80 % Restkapazität): 17 a, dynamische Berechnung

Gliederung

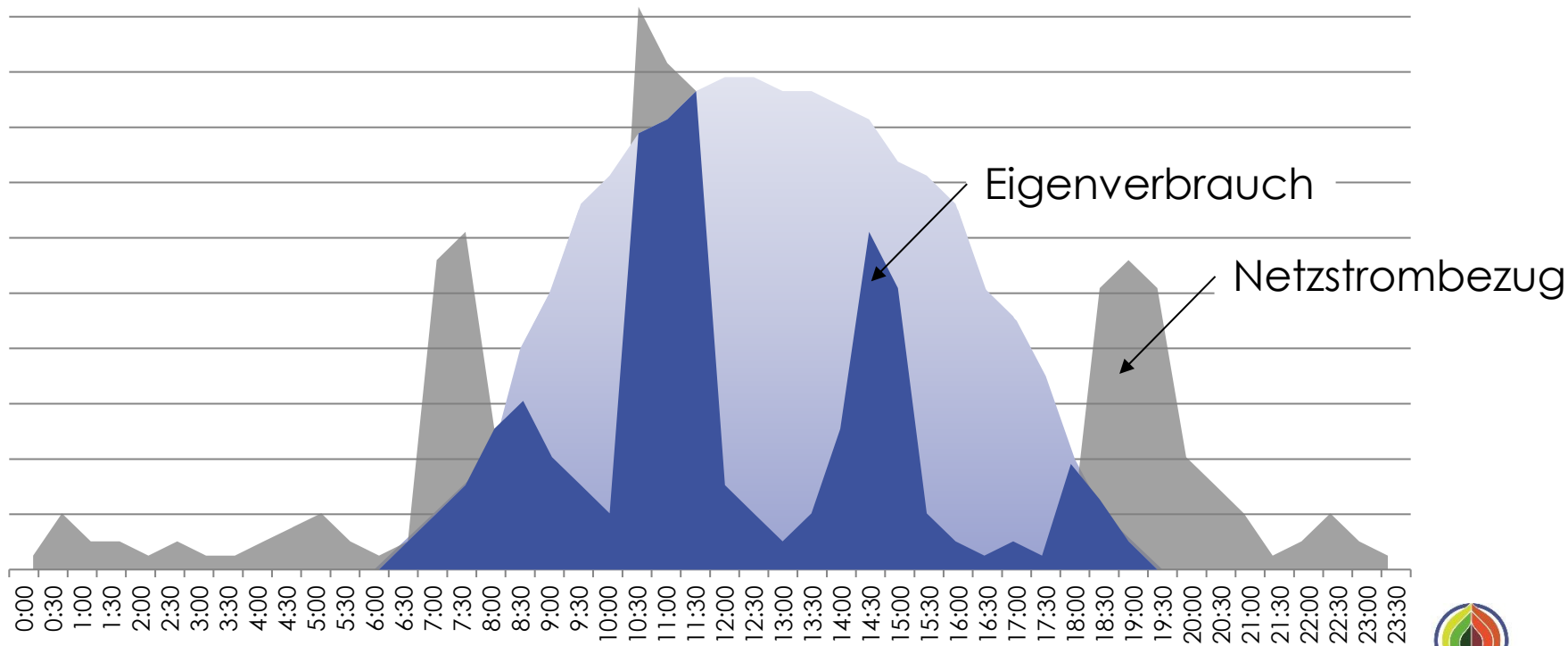
Aktueller Überblick

Eigenverbrauchsoptimierung

Stromspeicher

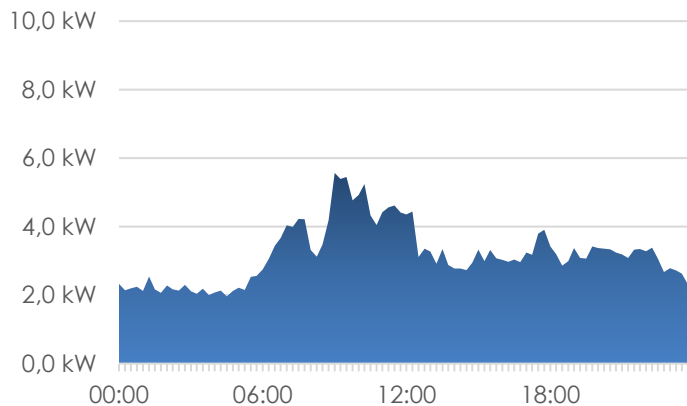


Solarstromproduktion im Tagesverlauf vs. Last

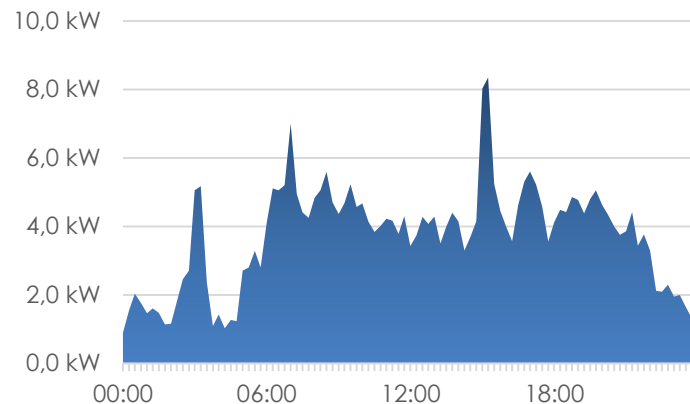


Lastgang

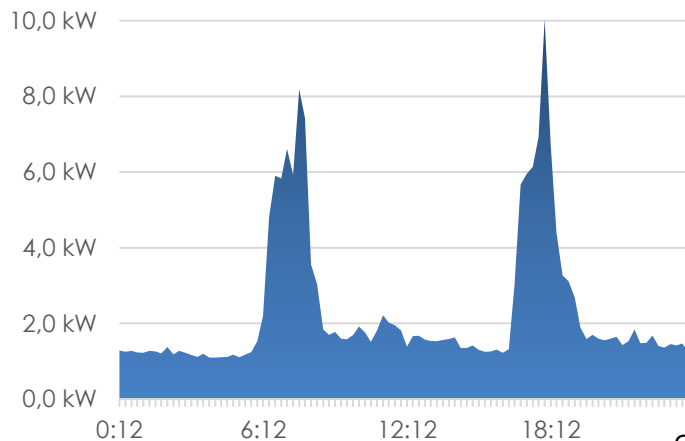
Beispielhafter Lastgang Zuchtsauen
(160 Zuchtsauen)



Beispielhafter Lastgang Milchviehbetrieb
(70 Kühe, AMS)



Beispielhafter Lastgang Milchviehbetrieb



Quelle: AELF Rosenheim, Landesanstalt für Landwirtschaft
https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/energieverbrauch_im_milchviehstall_065687.pdf

Eigenverbrauch

Eigenverbrauch durch Photovoltaik

Verbrauchsprofil	Stromerzeugung / Stromverbrauch [%]					
	20	50	75	100	125	150
	Eigenverbrauchsquote [%]					
Haushalt	88	66	51	42	36	31
Milchvieh (zwei Melkzeiten)	81	57	44	37	31	28
Milchvieh (AMS)	82	61	47	38	32	28
Veredelungsbetrieb	91	71	56	46	39	34
Gartenbau	64	42	31	26	22	19

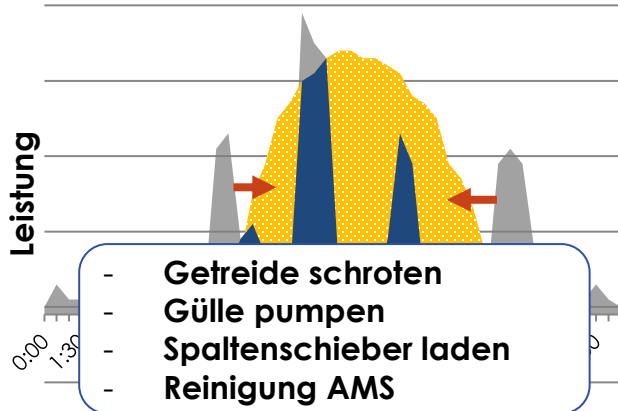
Oder einschlägige Online-Rechner, z. B. <https://pvsol-online.valentin-software.com/>
und <https://solar.htw-berlin.de/rechner/unabhaengigkeitsrechner/>

Eigenverbrauchsoptimierung

Analyse der Bedingungen

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

Verlagerung von Verbrauch zu Erzeugung



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

Elektrifizierung



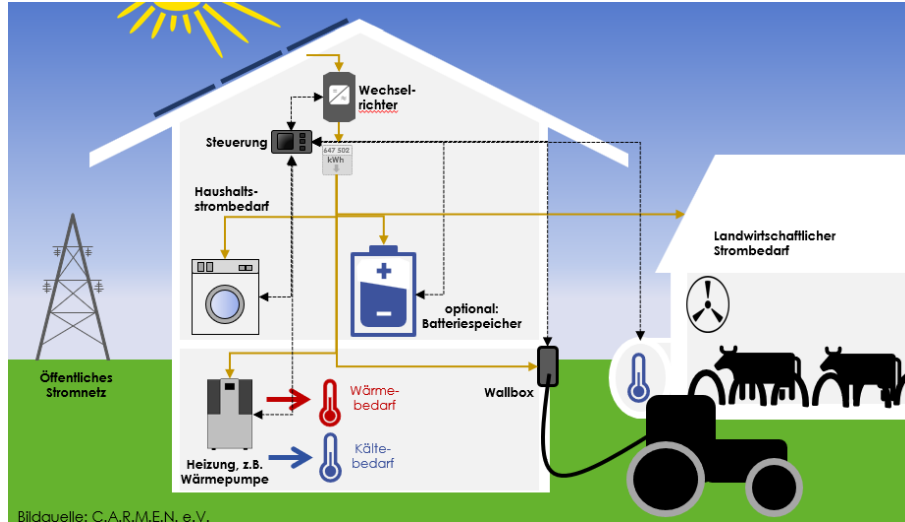
- E-Futtermischer/-schieber
- Spaltenschieber
- Wärmepumpe
- Elektrofahrzeuge

Speicherung

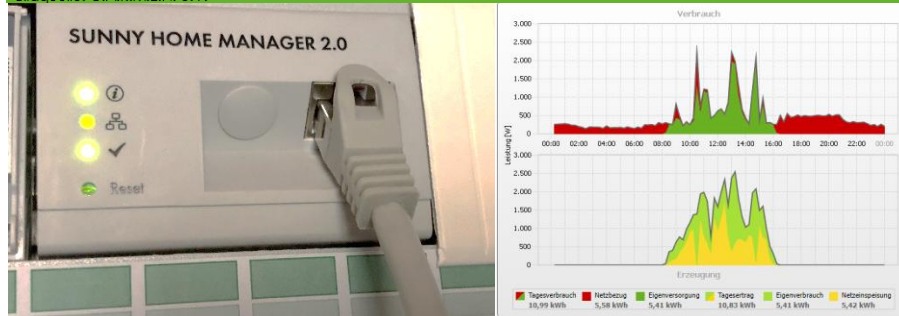


- Batteriespeicher
- Warmwasserspeicher
- Eiswasserspeicher

Intelligentes Energiemanagementsystem



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



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

Funktionen:

1. misst kontinuierlich:
 - PV-Erzeugung
 - Verbrauch
2. steuert dynamisch:
 - Wallbox
 - Wärmepumpe
 - andere steuerbare Lasten

→ **steigert Eigenverbrauch!**

Power-to-Heat

Heizstab

Zusatzheizung im Pufferspeicher – häufig nachrüstbar
Primärer Wärmeerzeuger wird insb. im Sommer entlastet
Kosten ca. 1.000 €

~1:1

Brauchwasser-Wärmepumpe

Innenstehende Luft-Wasser-Wärmepumpe (+ Luft-Temperatur)
Mit Pufferspeicher ca. 200-300 l
Kosten ca. 2.000 – 3.000 €

~ 1:3

Heizungs-Wärmepumpe

Ansteuerung über EMS, Smart Meter oder Relais am WR
Einbindung in Steuerung: „SG ready“
Verschiedene Wärmequellen möglich (v.a. Außenluft, Erdreich, Grundwasser, Abwärme)

~ 1 :
2,5-4,5

Eigenverbrauchoptimierung: Power to Vehicle



Optimale Kombination mit PV:

**Wallbox mit Steuerung zum
Überschussladen**

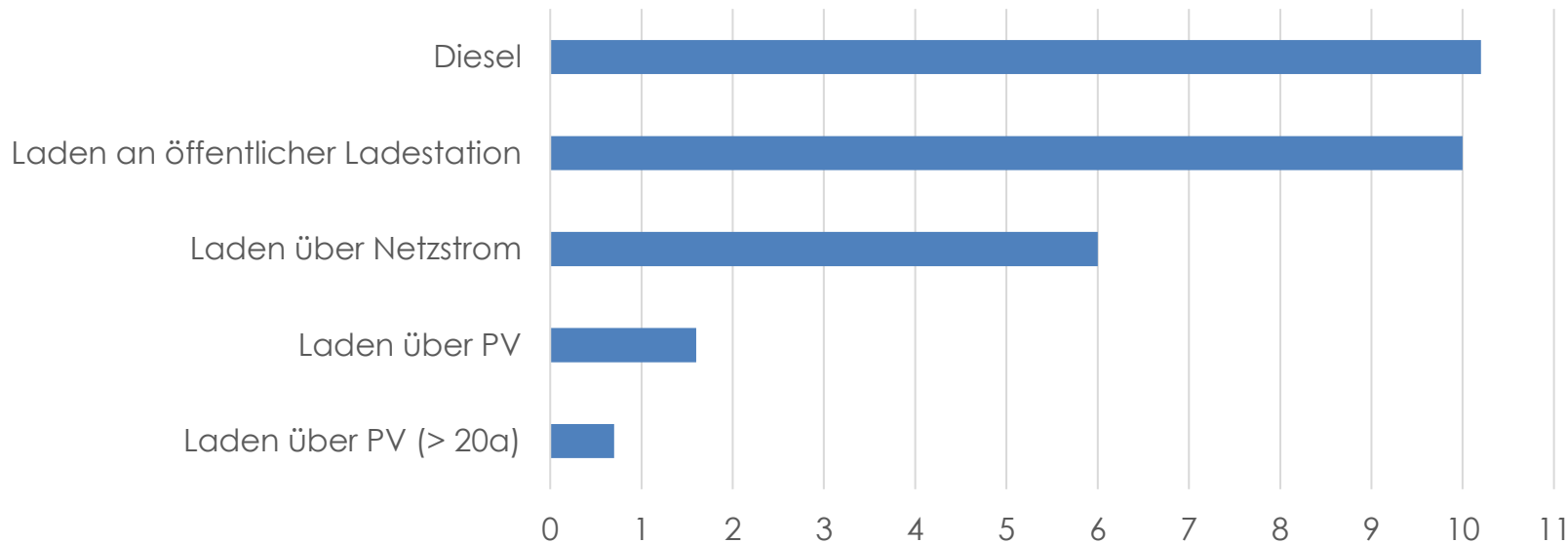


Bildquelle: C.A.R.M.E.N. e.V.



Kostenvergleich

Energiekosten pro 100 km in €



Annahmen: Gestehungskosten PV: 0,08 €/kWh (> 20a: 0,035 €/kWh); Stromkosten Netz: 0,30 €/kWh; Stromkosten Ladestation: 0,50 €/kWh; Verbrauch E-Auto: 20 kWh/100 km, Verbrauch Verbrenner-Auto: 6 l/100 km, Dieselpreis: 1,7 €/l

Gliederung

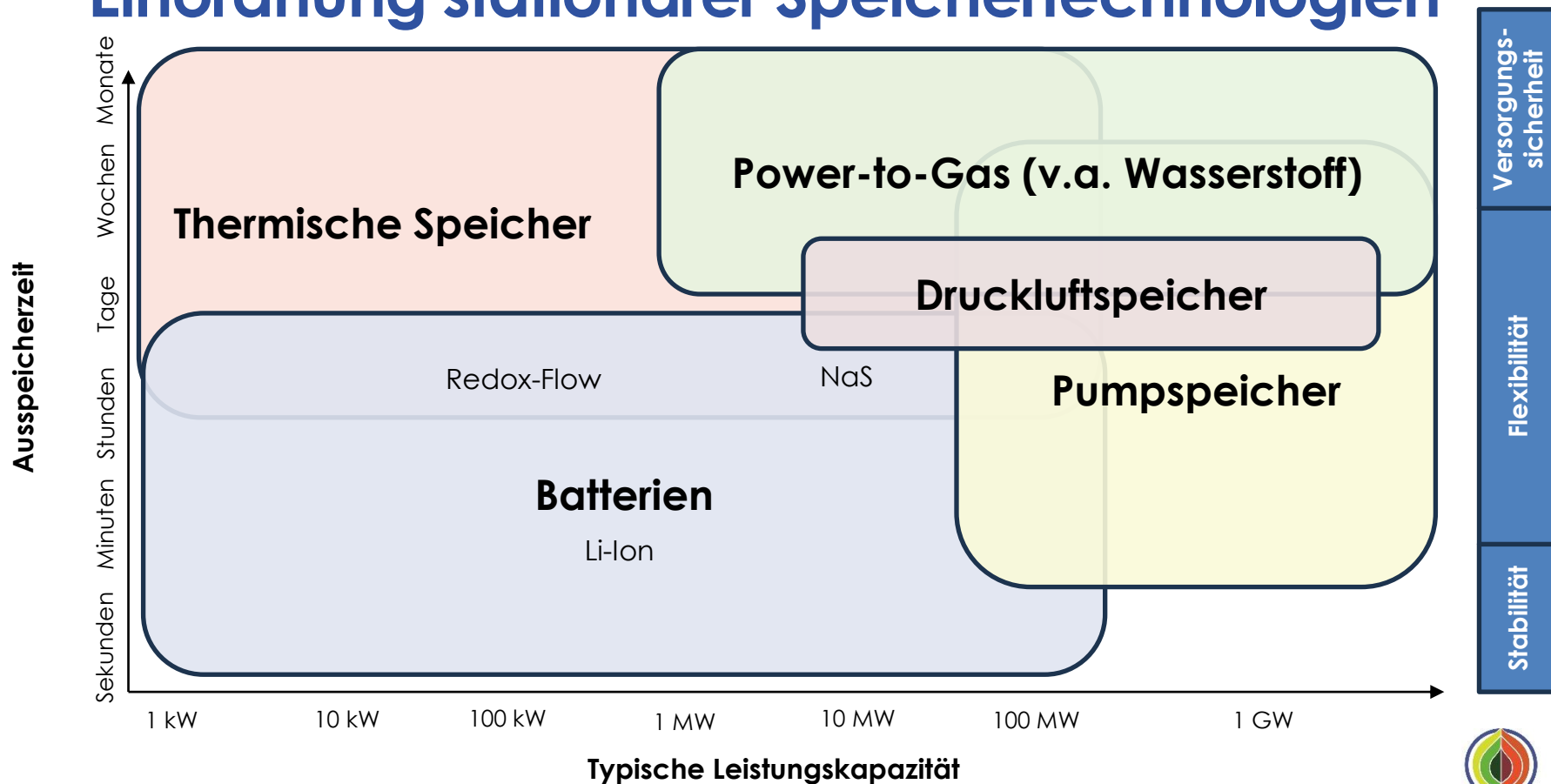
Aktueller Überblick

Eigenverbrauchsoptimierung

Stromspeicher



Einordnung stationärer Speichertechnologien



Übersicht Energiespeicher

Energiespeicher

Stromspeicher

Thermische Speicher

z.B.
WW-Speicher
Feststoffspeicher
Paraffinspeicher
Eisspeicher
Sorptionsspeicher

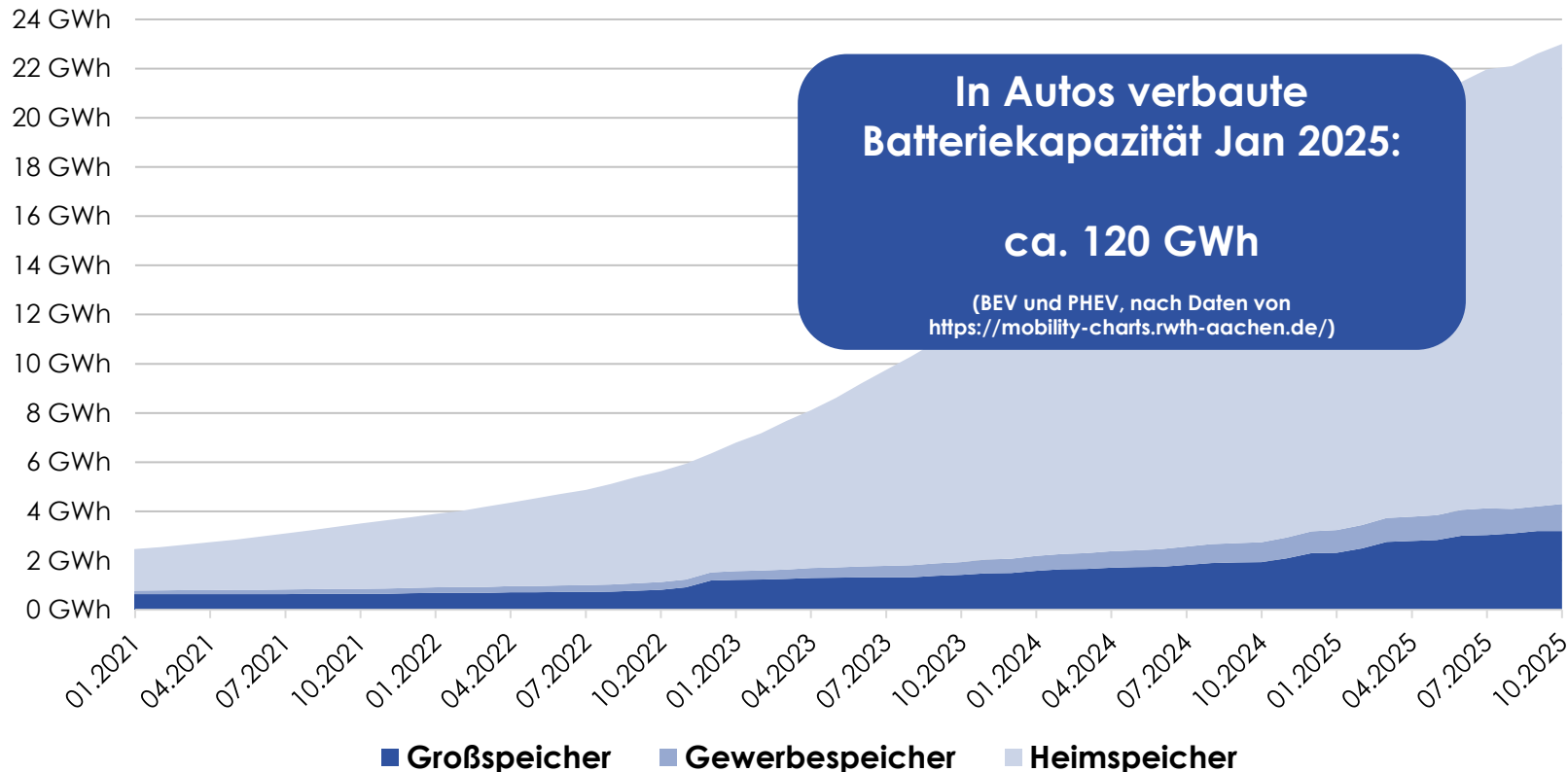
Chemische Speicher

z.B.
Wasserstoff

Auswahl der Speichertechnologie

- Anforderungen an Speicher werden durch Anwendung bestimmt:
 - Energieform
 - Ein- und Ausspeicherleistung
 - Reaktionszeit
 - Speicherkapazität und –horizont
 - Platzbedarf / Gewichtsanforderungen
- Anwendung legt auch ökonomisches Umfeld fest (Energiepreise, Auslastung des Speichers,...)
- Vergleich verschiedener Technologien nur nach konkreter Anwendung sinnvoll

Entwicklung der station. Batteriekapazität in D (MaStR)



Stand: Oktober 2025

Quelle: Eigene Darstellung nach Daten von www.battery-charts.de und Figgenger et al. (2023)

C.A.R.M.E.N.-Marktübersicht Batteriespeicher

- Seit 2024
- Jährliche Aktualisierung
- Online verfügbar
- Vergleich verschiedener Batteriespeichersysteme

Version 2025:

- Über 500 Systeme
- 24 Hersteller

Unternehmen : Produkt : Zelltypus : Systemkonfiguration :

Anzahl der Phasen : Maximale Entladeleistung [kW] : Maximale Entladerate [C] :

Speichersysteme bis 30 kWh Nutzkapazität

10 Einträge anzeigen

Zelltypus	Nutzkapazität [kWh]	Maximale Entladeleistung [k...
-----------	---------------------	--------------------------------

Verfügbar unter

<https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick/marktuebersicht-batteriespeicher/>

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

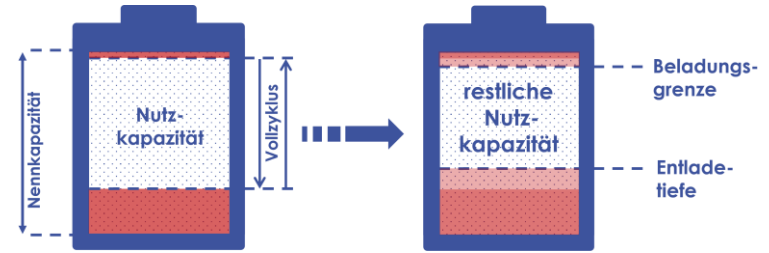
Technologievergleich

	Redox-Flow-Batterien	Lithium-Ionen-Batterien	Natrium-Ionen-Batterien
Lebensdauer	>20 Jahre	10 - 20 Jahre / 3.000 – 10.000 Zyklen	Voraussichtlich vgl. Li-Ionen
Energiedichte	ca. 30-50 Wh/l (Vanadium-Basis)	ca. 190 Wh/kg (bis über 250 Wh/kg); LiFePO ₄ eher geringer	derzeit ca. 150 Wh/kg
Systemwirkungsgrad	60 - 85 %	85-95 %	Voraussichtlich vgl. Li-Ionen
Besonderheiten	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Geringe zyklische Alterung/ Langlebigkeit ✓ Hohe Sicherheit ✓ separat skalierbare Energie- & Leistungseinheit 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hohe Energie- und Leistungsdichte ✓ Preisentwicklung durch Massenproduktion ✓ Höhere Sicherheit bei LiFePO₄ 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ keine kritischen Rohstoffe ✓ Materialien 30 % günstiger als LiFePO₄ ✓ gutes Verhalten bei niedrigen und hohen Temperaturen ✓ Sicherheit

Anwendungsbereiche Stromspeicher

Reduktion der Energiekosten		
<ul style="list-style-type: none">• Lastspitzenkappung• Eigenverbrauchs-optimierung	Erhöhung der Versorgungssicherheit	
	<ul style="list-style-type: none">• Notstromversorgung• Erhöhung der Netzanschlussleistung• Stabilisierung der Stromversorgung	Aktive Einnahmengenerierung
		<ul style="list-style-type: none">• Energiehandel• Time Shifting• Bereitstellung von Regelenergie

Alterung des Speichers



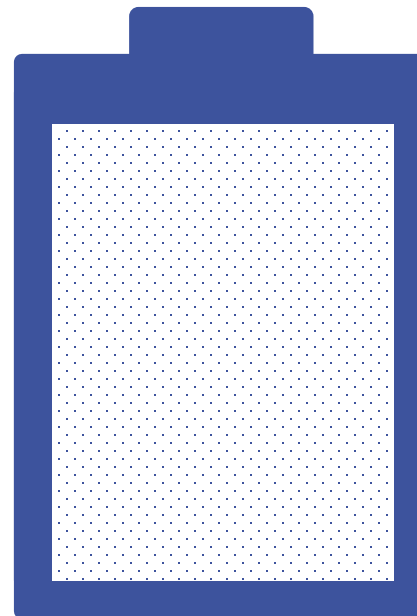
Negative Einflüsse auf Alterung bei Lithium-Speichern:

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

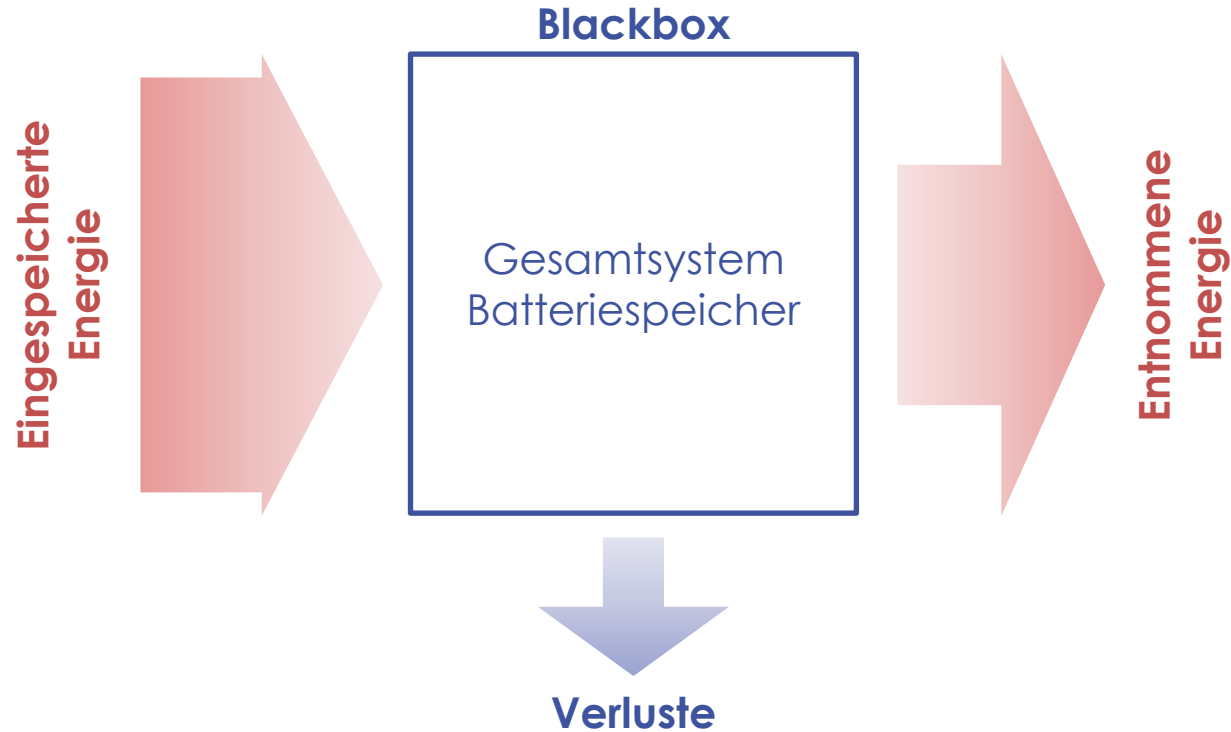
Überlagerung von zyklischer und kalendarischer Alterung:
Realistische Werte für Lithium Batterien im Heimspeicherbereich
ca. 15 Jahre

Aufstellungsort

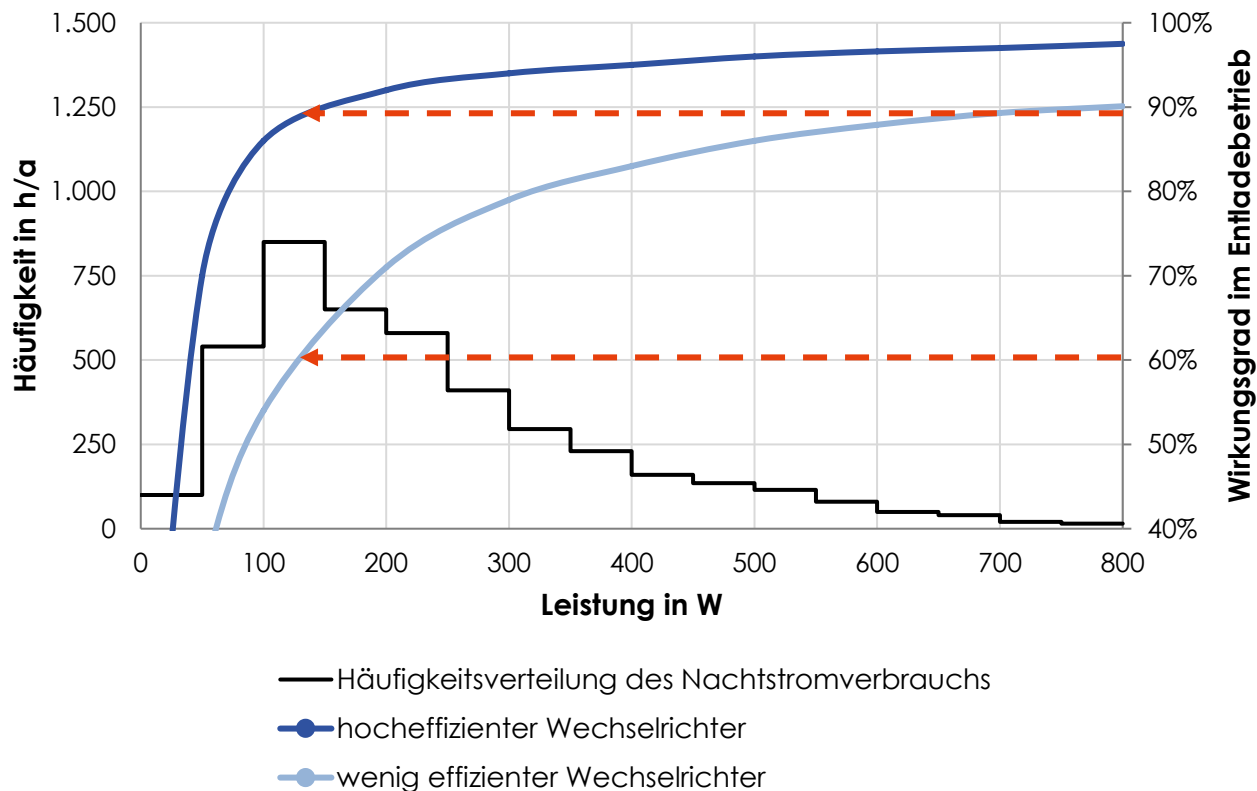
- Anschlüsse, Schalter, Displays in trockener und sauberer Umgebung und leicht zugänglich
- Internet-, Hausanschluss
- PV-Anschluss
- Erdung, Blitzschutz
- Abstand zu Zündquellen
- Vom Hersteller angegebene Umgebungstemperatur einhalten



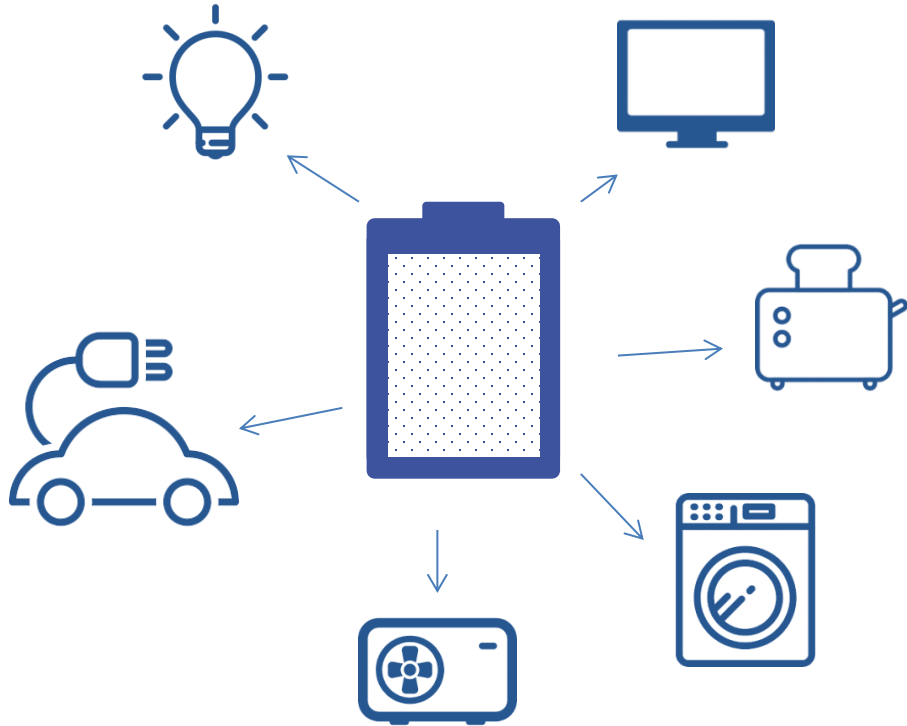
Gesamtwirkungsgrad



Teillastwirkungsgrade Hybridwechselrichter



Lade - und Entladeleistung

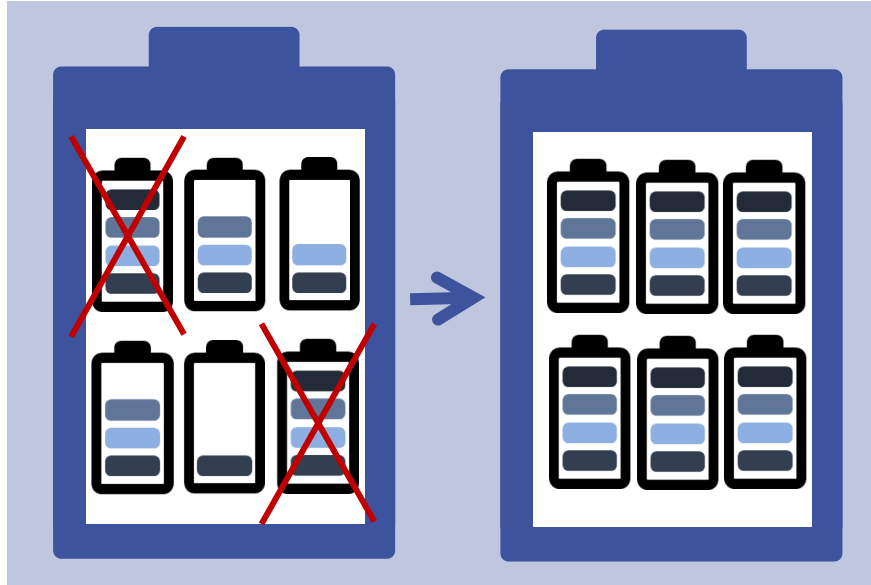


C-Rate

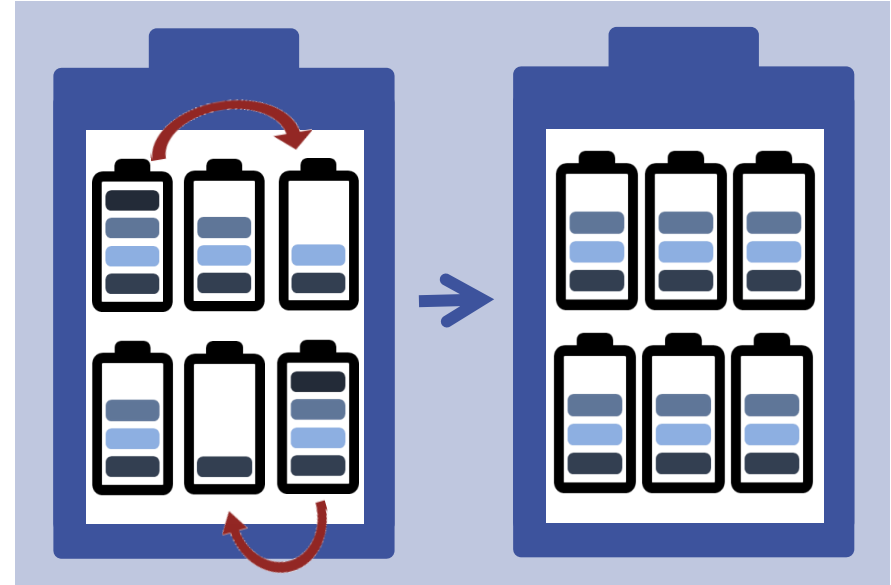
Die C-Rate gibt an, wie schnell der Speicher im Verhältnis zur Speicherkapazität entladen werden kann.

Beispiel: Bei 2 C entlädt der Speicher in 30 Minuten,
bei 0,5 C in 2 h

Batteriezellen-Balancing



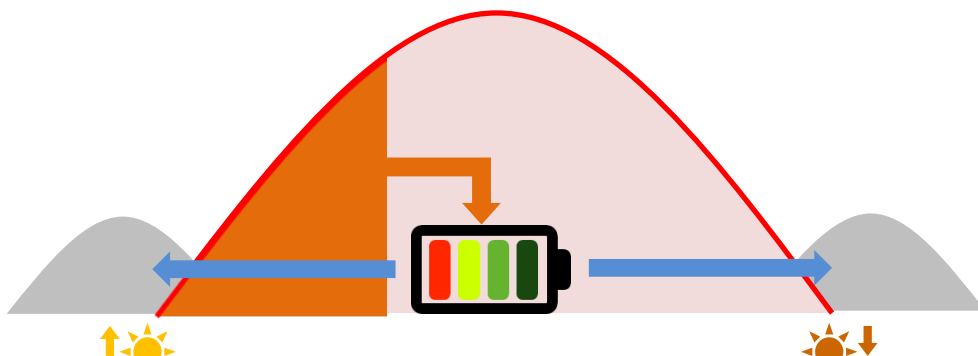
Passives Balancing
hier: beim Ladevorgang



Aktives Balancing

Ladestrategien – Netzdienlichkeit

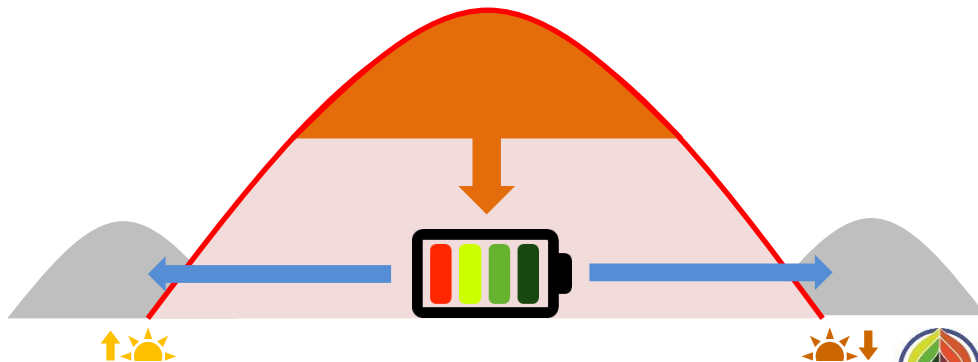
Normales Laden



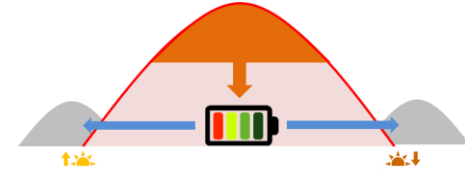
Beladung des Speichers sobald
solare Überschüsse bestehen
→ volle PV-Leistung zur Mittagszeit
belastet das Netz

Prognosebasierte Beladung
→ reduzierte „Mittagsspitze“
erhöht Netzkapazität

Netzdienliches Laden



Prognosebasierte Speicherbeladung

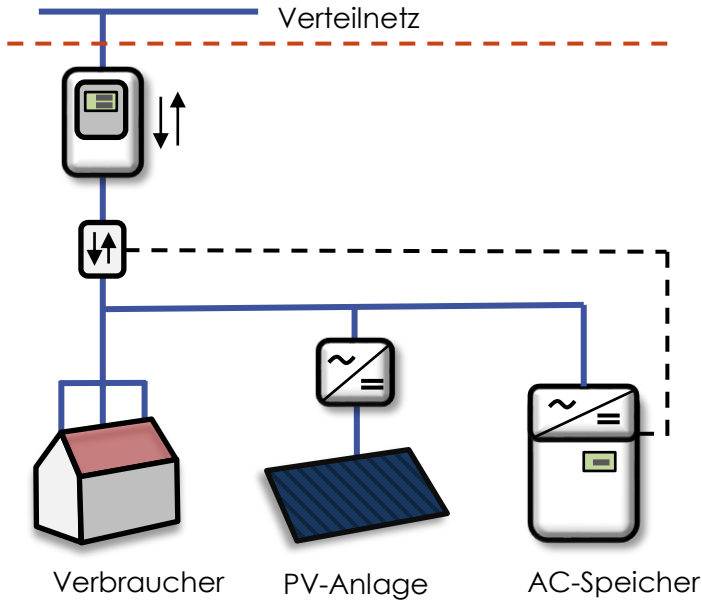


Potentiale der prognosebasierten Batterieladung

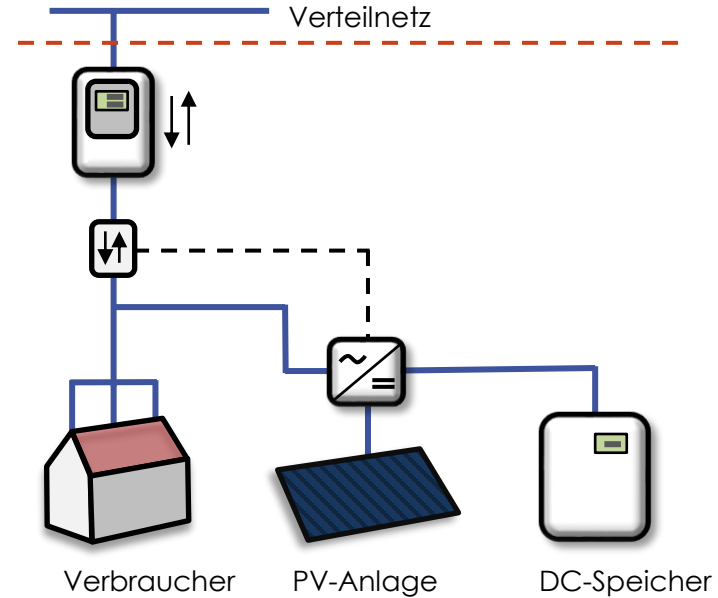
- Netzdienlichkeit: Entlastung der Stromnetze durch „Kappung“ von Mittagsspitzen
- Nutzungsdauer: Verringerung der Standzeiten bei hohen Ladezuständen
→ verringerte Alterung
- EEG (Leistungsbegrenzung/negative Strompreise): Höhere Netzeinspeisung aus PV bei Leistungsbegrenzung mit DC-Speichern bzw. bei dynamischer Einspeisebegrenzung
- Stromvermarktung: höhere Erlöse durch Verlagerung der Einspeisung möglich, geringere Förderzahlungen

Weblink: [„So aktivierst du die prognosebasierte Batterieladung“ \(htw Berlin\)](#)

AC- und DC-Kopplung des Speichers



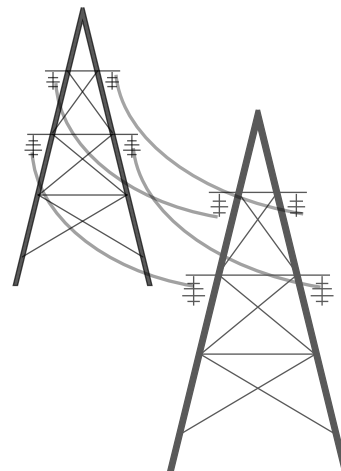
AC-gekoppeltes System



DC-gekoppeltes System

Notstromversorgung durch Batteriespeicher

- **Notstromversorgung:**
Steckdose am Speicher, einzelne Stromverbraucher können angeschlossen werden;
- **Backup-Fähigkeit / Ersatzstromversorgung:**
Stromversorgung bei Stromausfall; häufig muss dafür Schalter umgelegt werden; bei einphasigen Systemen kann nicht der gesamte Haushalt mit Notstrom versorgt werden;
- **Unterbrechungsfreie Stromversorgung („USV“):**
kontinuierliche Stromversorgung (Umstellung in Millisekunden) für den gesamten Haushalt bei Stromausfall;



Batteriespeicher

Berechnete Steigerung des Eigenverbrauchs in einem **Milchviehbetrieb mit zwei Melkzeiten**

Verhältnis PV-Strom zum Jahresverbrauch	Verhältnis Nutzkapazität [kWh] zur PV-Leistung [kWp]					
	0,4 : 1	0,6 : 1	0,8 : 1	1,0 : 1	1,2 : 1	1,4 : 1
	Steigerung des Eigenverbrauchs [Prozentpunkte]					
25 %	13	16	16	16	16	16
50 %	13	18	23	27	31	34
75 %	13	19	24	29	33	37
100 %	14	19	25	30	33	33
125 %	14	20	24	27	28	29
150 %	15	20	22	24	24	24

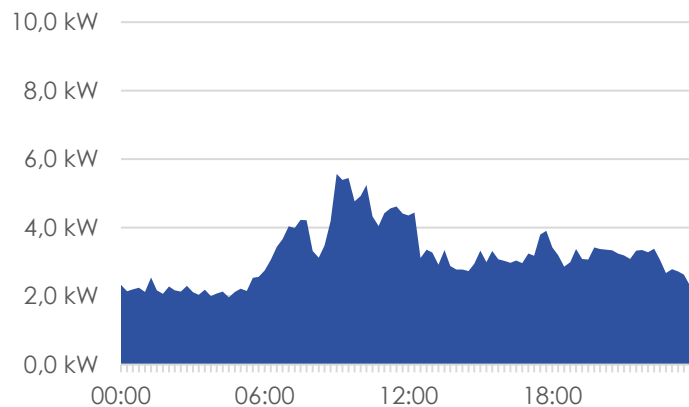
Richtige Speicherkapazität wählen

- **Speicher zu groß:**
 - unzureichende Nutzung bei höheren Investitionskosten:
geringere Wirtschaftlichkeit
- **Speicher zu klein:**
 - höhere spezifische Kosten bei kleineren Speichern
 - beschleunigte Alterung bei konstant hohen Ladeverhältnissen
 - hoher Netzbezug
- passend zum Lastprofil (Höhe und Zeiten Stromverbrauch) und der Anlagenleistung
- gegebenenfalls Berücksichtigen von Notstrom und anderen Funktionen

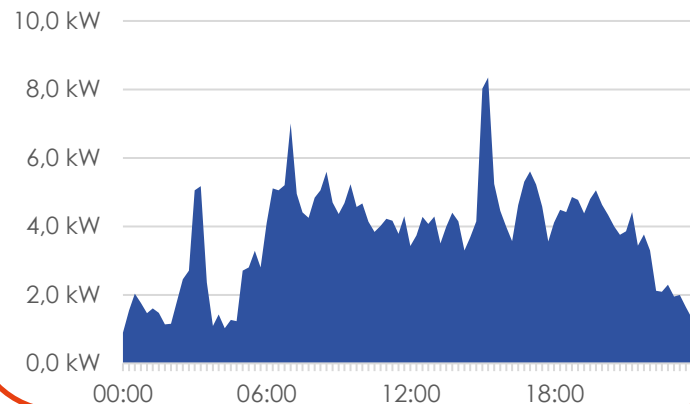


Lastgang

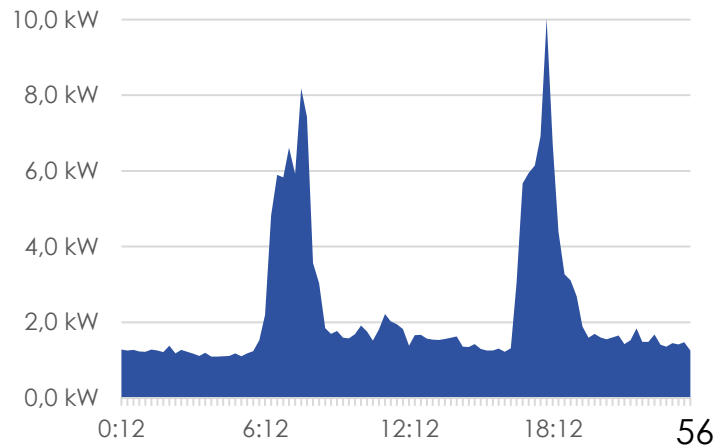
Beispielhafter Lastgang Zuchtsauen
(160 Zuchtsauen)



Beispielhafter Lastgang Milchviehbetrieb
(70 Kühe, AMS)



Beispielhafter Lastgang Milchviehbetrieb



Bsp. 1: Photovoltaik

Vereinfachte Beispielrechnung

Lastprofil
Milchviehbetrieb
mit AMS

Anlagendaten PV

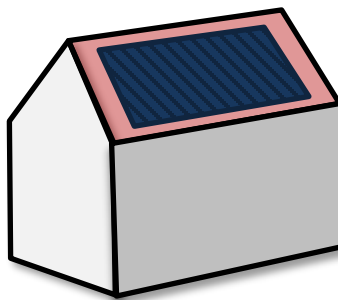
- inst. Leistung: 70 kW_p

Stromverbrauch 50.000 kWh
Strombezugskosten 27 Cent/kWh

Eigenverbrauch 22.884 kWh

- EV-Anteil: 32 %
- Autarkiegrad: 46 %

PV-Stromerzeugung
72.419 kWh



Investitionskosten

- Photovoltaik: 58.000 €

Betriebskosten 580 € p.a.
(inkl. Ersatzbeschaffungen PV)

Einnahmen & Einsparung

- EEG-Vergütung: 2.385 € p.a.
- Einsp. Verbrauch: 6.179 € p.a.
8.537 € p.a.

Amortisationsdauer: 7,6 a
Stromgestehungskosten: 5,3 Cent/kWh
Interne Rendite: 14,2 %

Annahmen: Zeitraum: 25 a (20 a + 5 a Ausgleich), EEG-Vergütung: 6,35 ct/kWh, Einspeisung in Zeiten neg. Strompreise: 25 %, allg. Preissteigerung: 2 %, Netto-Preise, keine Berücksichtigung von Umsatz- und Ertragssteuern, 0,25 % p.a. Ertragsverlust PV, Gesamtwirkungsgrad Speicherung: 90 %, Lebensdauer Speicher (= 80 % Restkapazität): 17 a, dynam. Berechnung

Bsp. 2: Photovoltaik + Speicher

Lastprofil
Milchviehbetrieb
mit AMS

Vereinfachte Beispielrechnung

Anlagendaten

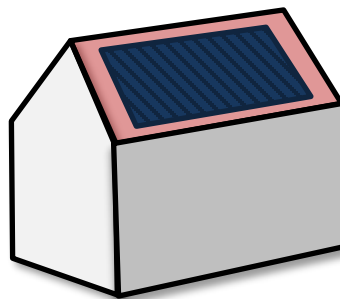
- inst. Leistung: 70 kW_P
- Nutzkap. Speicher 60 kWh

Stromverbrauch 50.000 kWh
Strombezugskosten 27 Cent/kWh

Eigenverbrauch 38.092 kWh

- EV-Anteil: 53 %
- Autarkiegrad: 73 %

PV-Stromerzeugung
72.419 kWh



Investitionskosten

- Photovoltaik: 58.000 €
- Speicher: 25.950 €

Betriebskosten 580 € p.a.
(inkl. Ersatzbeschaffungen PV)

Einnahmen & Einsparung

- EEG-Vergütung: 1.708 € p.a.
- Einsp. Verbrauch: 9.915 € p.a.
11.623 € p.a.

Amortisationsdauer: 8,0 a
Stromgestehungskosten: 5,3 Cent/kWh
Speicherungskosten: 12,2 Cent/kWh
Interne Rendite: 13,5 %

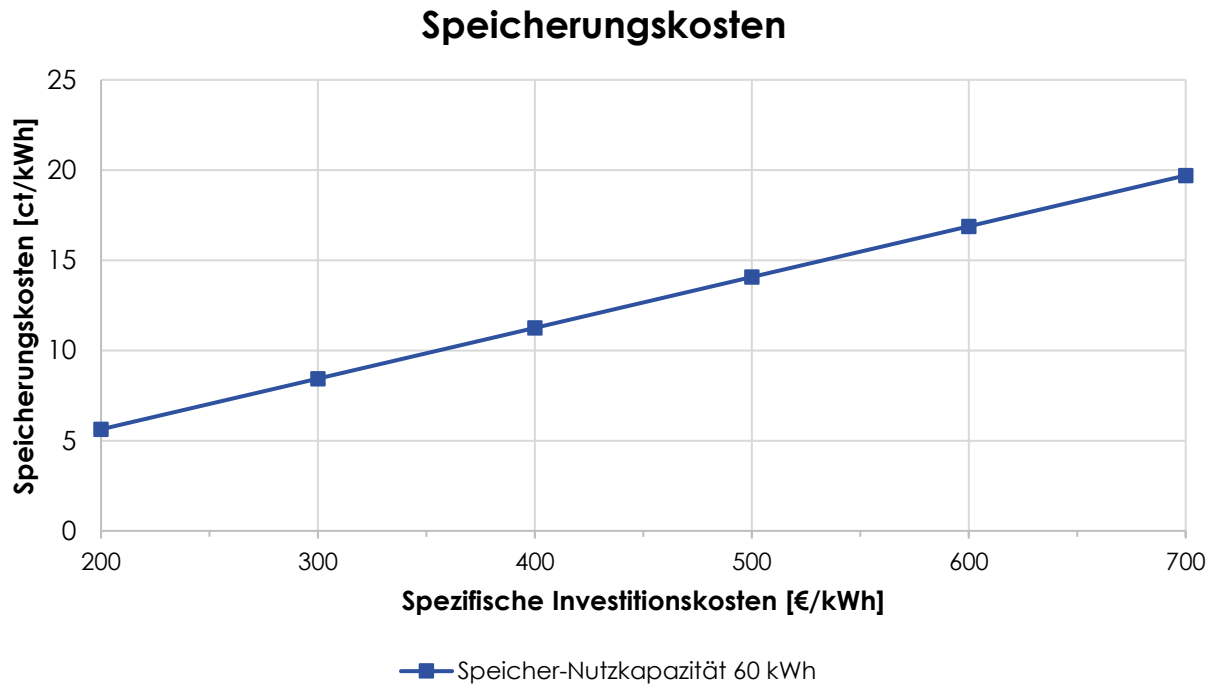
Annahmen: Zeitraum: 25 a (20 a + 5 a Ausgleich), EEG-Vergütung: 6,35 ct/kWh, Einspeisung in Zeiten neg. Strompreise: 21 %, allg. Preissteigerung: 2 %, Netto-Preise, keine Berücksichtigung von Umsatz- und Ertragssteuern, 0,25 % p.a. Ertragsverlust PV, Gesamtwirkungsgrad Speicherung: 90 %, Lebensdauer Speicher (= 80 % Restkapazität): 17 a, dynam. Berechnung



Betrachtung verschiedener Speicherkosten

50.000 kWh Strombedarf, PV 70 kW_p, Speicher 60 kWh

Lastprofil
Milchviehbetrieb
mit AMS

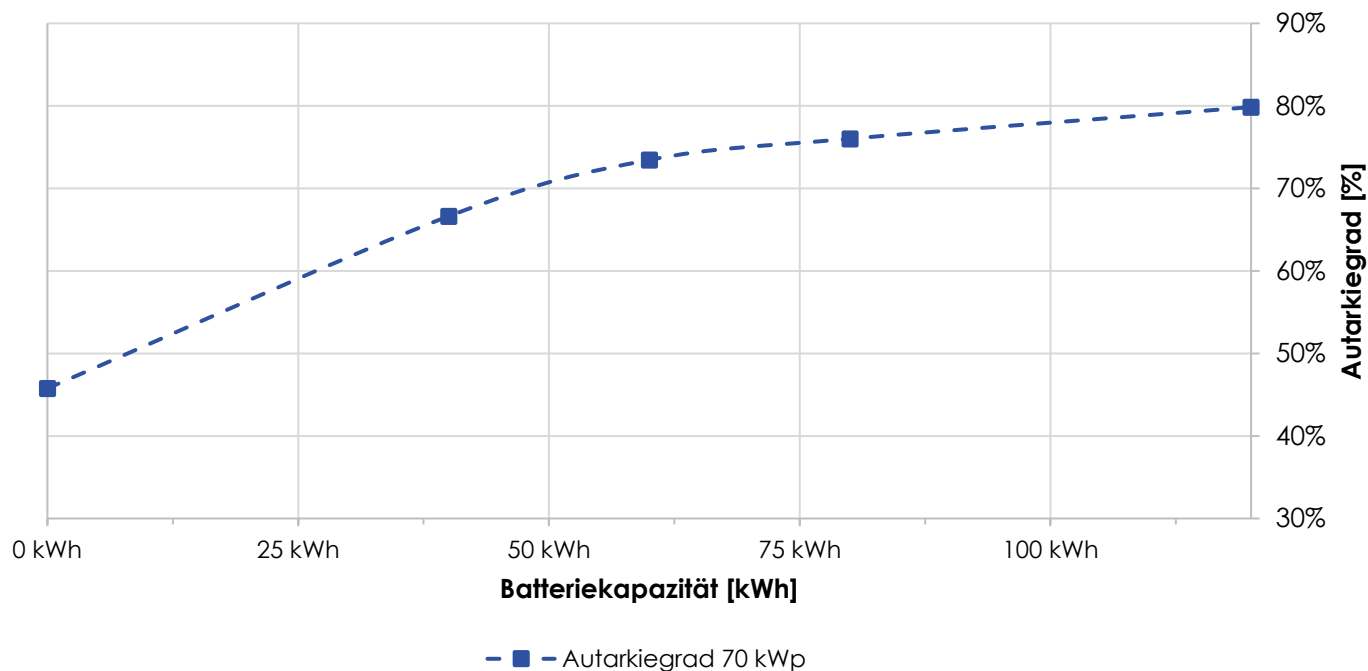


Betrachtung verschiedener Speichergrößen

50.000 kWh Strombedarf, PV 70 kW_p

Lastprofil
Milchviehbetrieb
mit AMS

Vergleich verschiedener Speichergrößen

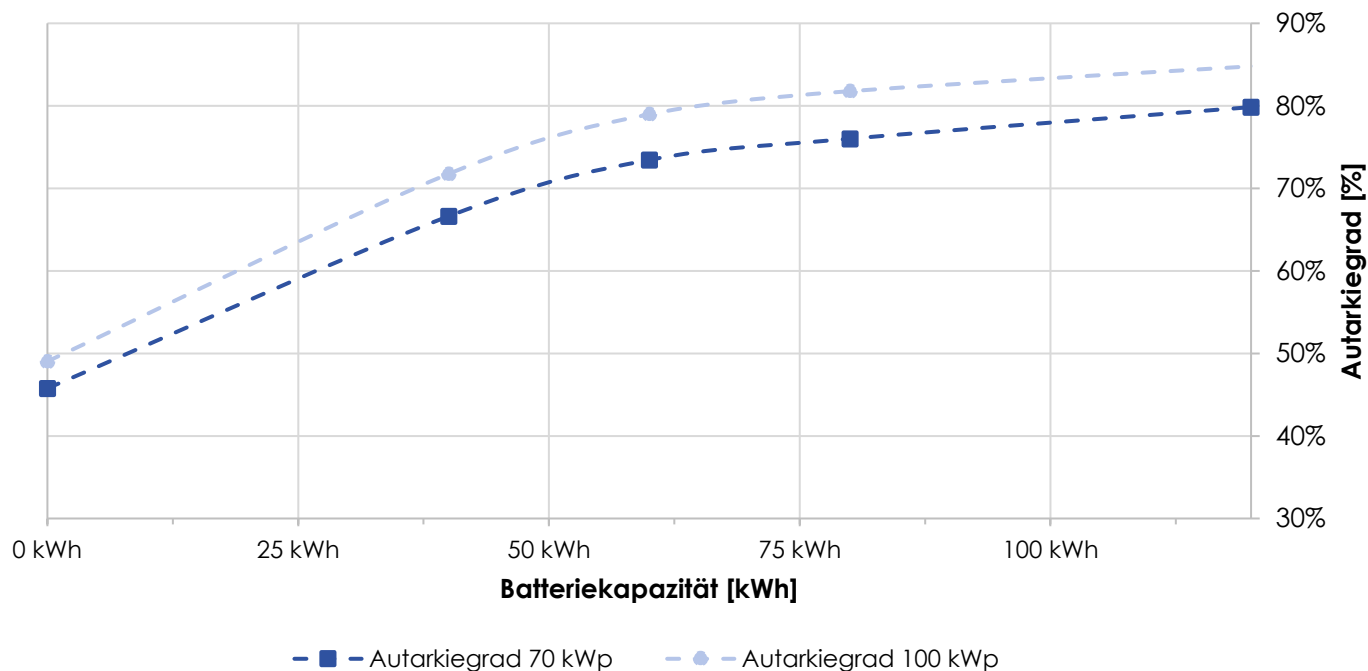


Betrachtung verschiedener Speichergrößen

50.000 kWh Strombedarf, PV 70 kW_p

Lastprofil
Milchviehbetrieb
mit AMS

Vergleich verschiedener Speichergrößen

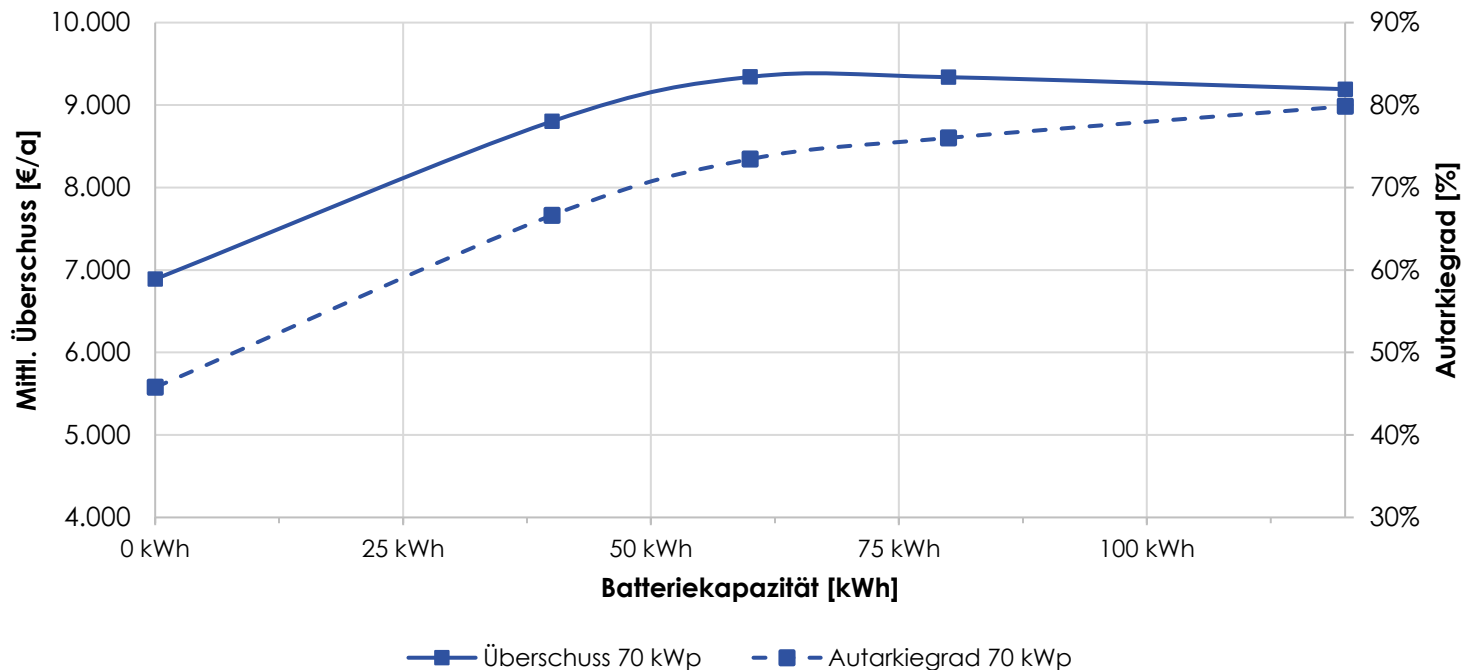


Betrachtung verschiedener Speichergrößen

50.000 kWh Strombedarf, PV 70 kW_p

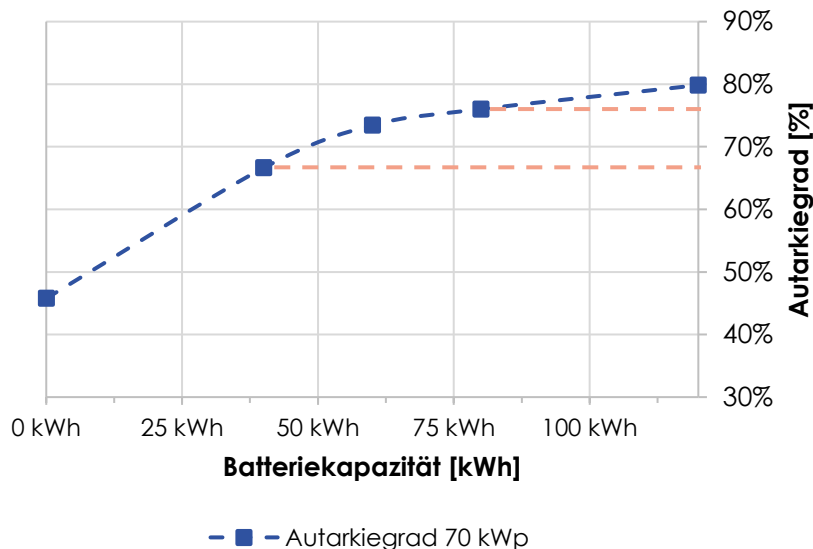
Lastprofil
Milchviehbetrieb
mit AMS

Vergleich verschiedener Speichergrößen



Dimensionierung

Vergleich verschiedener Speichergrößen



Faustformel

für eine PV-eigenverbrauchsoptimierte Auslegung

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

Unberücksichtigt:

- Notstromversorgung, Lastspitzenkappung etc.
 - Energiehandel
 - Stromzukauf über das öffentliche Netz
- Bei Heimspeichern: Spezifische Kosten bei kleinen Speichergrößen beachten!

Wirtschaftlichkeit Batteriespeicher

Wirtschaftlichkeit abhängig von:

- Preis und Betriebskosten
- Lebensdauer und Alterung
- Vollzyklen/a
- Wirkungsgrad
- Strompreis(-entwicklung)
- PV-Vergütung
- Notstromfähigkeit (Minimierung von Kosten durch Stromausfall)
- Peak-Shaving bei Leistungspreis
- Förderung
- Kombination mit dynamischen Strompreisen
- Teilnahme am Energiehandel
- ...



Speicher und EEG-Anlage

Flexible Speichernutzung

Regelungen zur gemischten Ein- und Ausspeicherung von Netz- und EEG-gefördertem Grünstrom

1. **Ausschließlichkeitsoption**

- Zwischenspeicherung ausschließlich von Strom aus erneuerbaren Energien

2. **Abgrenzungsoption**

- messtechnische Abgrenzung der Strommengen (z. B. Kaskadenschaltung mit zwei Zweirichtungszähler)

3. **Pauschaloption** (abh. von beihilferechtl. Genehmigung)

- PV-Anlagen mit max. 30 kW_p und Direktvermarktung
- pauschale Ermittlung des förderfähigen Anteils

Ermittlung der förderfähigen Strommenge nach Maßgabe einer Festlegung der Bundesnetzagentur (muss bis zum 30.06.26 erfolgen, Start der Konsultation von [MiSpel](#): 18.09.25)

Bundesprogramm Energieeffizienz in der Landwirtschaft

Programmteil: „CO₂-Einsparinvestitionen nach Energieberatung“

- z. B. Batteriespeicher, Photovoltaik, Steigerung Energieeffizienz von Bestandsanlagen
- verpflichtendes CO₂-Einsparkonzept durch Sachverständigen!

Max. Förderhöhe bei EE-Anlagen und Stromspeichern: 50 %

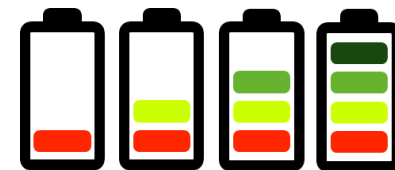
Max. Zuwendungshöhen: **1.200* (900) €** pro jährlich eingesparter Tonne CO₂
bei PV und Kleinwind: 1.500* (1.125) €/t CO₂

Voraussetzungen:

- Anlagengröße auf Eigenverbrauch abgestimmt
- Höhe der Förderung abhängig von der Einsparung an CO₂
- bei EE-Anlagen: keine Förderung über das EEG (sonstige DV erlaubt)

*kleine- und kleinste Unternehmen

Förderung Batteriespeicher (1)



Bundesprogramm Energieeffizienz in der Landwirtschaft

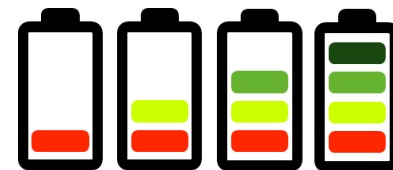
Programmteil: „CO₂-Einsparinvestitionen nach Energieberatung“

Verbrauchsprofil	Nutzkapazität / Inst. Leistung der PV [%]					
	40	60	80	100	120	140
	Steigerung Eigenverbrauchsquote [%]					
Milchvieh (zwei Melkzeiten)	13	18	23	27	31	33
Milchvieh (AMS)	13	18	23	28	33	34
Veredelungsbetrieb	13	18	23	27	29	30
Gartenbau	13	17	22	26	29	31

Beispiel: Milchviehbetrieb (AMS) mit 50.000 kWh Jahresstrombedarf und PV-Anlage mit 70 kW_P (jährlich 70.000 kWh Erzeugung) will einen Speicher mit 60 kWh nachrüsten.



Förderung Batteriespeicher (2)



Bundesprogramm Energieeffizienz in der Landwirtschaft

Programmteil: „CO₂-Einsparinvestitionen nach Energieberatung“

Beispiel: Milchviehbetrieb (AMS) mit 50.000 kWh Jahresstrombedarf und PV-Anlage mit 70 kW_p (jährlich ca. 70.000 kWh Erzeugung) will einen Speicher mit 60 kWh nachrüsten.

- Eigenverbrauchs-Steigerung um 23 %-Punkte
- Max. Förderquote 50 %
- Max. Zuwendung 1.200 € für kleine und kleinste Unternehmen pro jährlich eingesparte Tonne CO₂
- Emissionsfaktor Strom 0,363 t CO₂/MWh

→ **23 % * 70 MWh * 0,363 t CO₂/MWh * 1.200 €/t CO₂ = 7.013 €**

Bsp.: Investition von 24.000 € (zzgl. Kosten für CO₂-Einsparkonzept) → 29 % Zuschuss



Maschinenring Straubing

Steinach, 12. Januar 2026

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

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



LandSchafttEnergie



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