

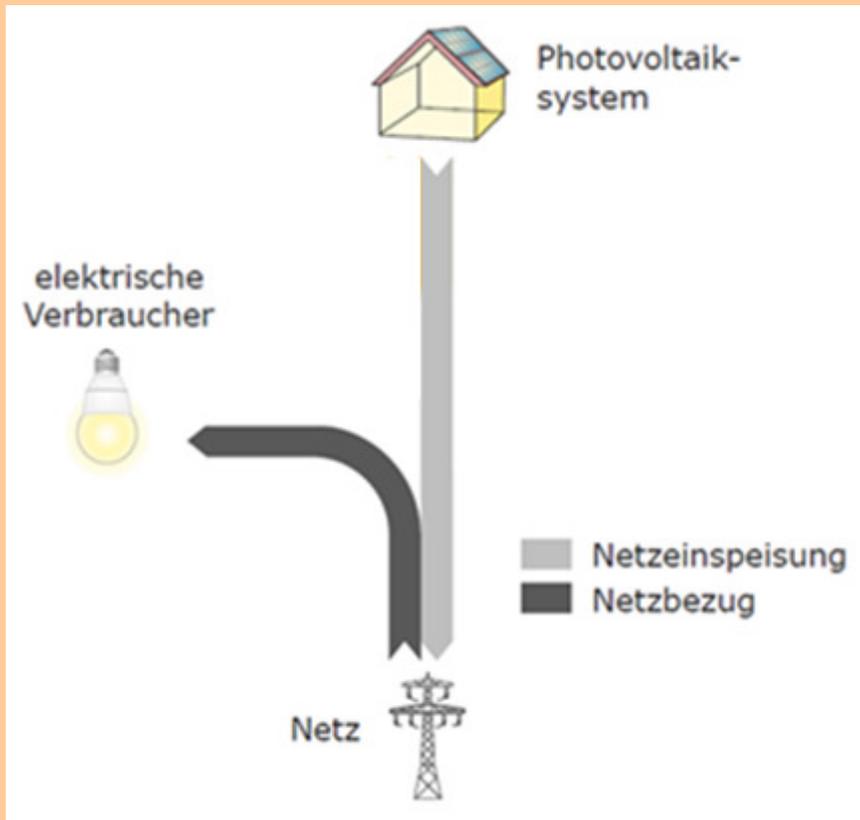
Herzlich willkommen

Photovoltaik & Solarstromspeicher & Eigenverbrauch

Referent: Dipl. Ing. Franz Hantmann, LV-NRW der DGS

Grafiken von der hwt-Berlin Prof. Quaschnig

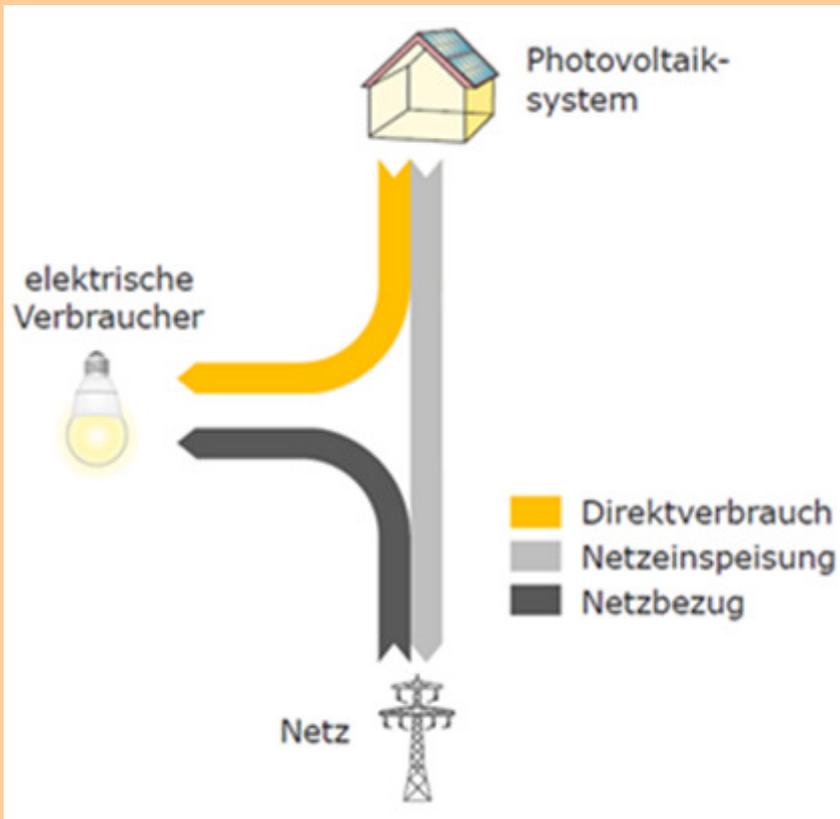
Entwicklung der Photovoltaik



Bis 2010 gab es die nur die sogenannte 100%-Einspeisung mit EEG-Vergütung.

Die Einspeisevergütungen bzw. die Produktionskosten für eine PV-kWh waren bis zu viermal höher als die Bezugspreise aus dem Netz.

Entwicklung der Photovoltaik

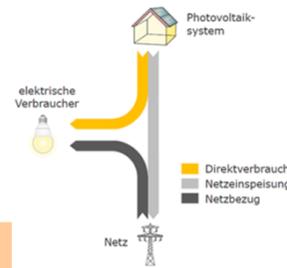


Erstmals im Jahr 2010 gab es neben der EEG-Vergütung eine Förderung des Eigenverbrauchs.

Diese Förderhöhe ergab zusammen mit dem damaligen Bezugspreis etwas mehr als die EEG-Einspeisevergütung.

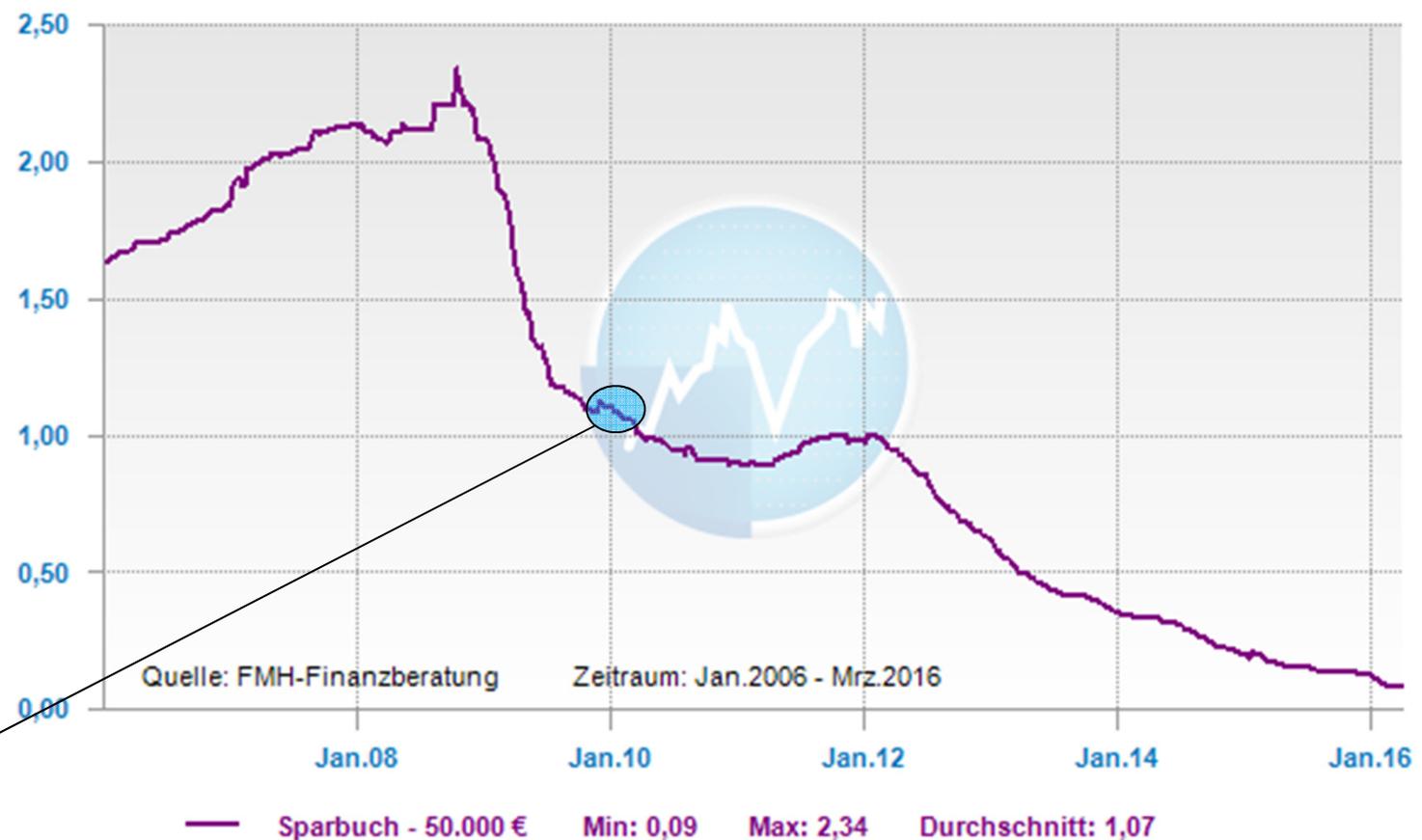
Die ersten Eigenverbrauchsanlagen wurden gebaut.

Entwicklung der Photovoltaik

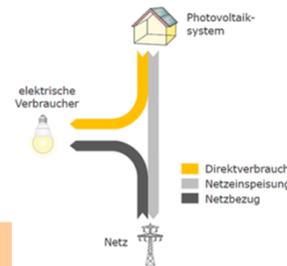


Beispiel 10 kWp PV-Anlage mit einem Ertrag von 9400 kWh pro Jahr und 4000 kWh Verbrauch

Inbetriebnahme	Jan 10
EEG-Einspeisevergütung in Ct/kWh	39,14
Vergütung für Eigenverbrauch in Ct/kWh	22,76
Eigenverbrauchsquote	17%
Strombezugspreis in Ct/kWh	23,4
Investition für 10 kWp	30.000 €
Einahmen pro Jahr	3.791 €
Ausgaben, VS, Rücklagen etc.	300 €
Überschuss/Investion	11,6%
Entwicklung Bankzins	1,2%
Delta Verzinsung	10,4%



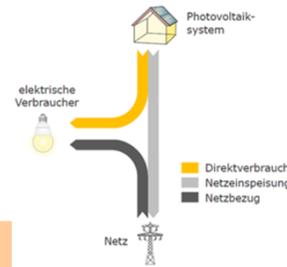
Entwicklung der Photovoltaik



Beispiel 10 kWp PV-Anlage mit einem Ertrag von 9400 kWh pro Jahr und 4000 kWh Verbrauch

Inbetriebnahme	Jan 10	Jan 11	Jan 12	Jan 13	Jan 14	Jan 15	Jan 16
EEG-Einspeisevergütung in Ct/kWh	39,14	28,74	17,02	13,68	12,88	12,62	12,31
Vergütung für Eigenverbrauch in Ct/kWh	22,76	12,36	8,05	0	0	0	0
Eigenverbrauchsquote	17%	17%	17%	17%	17%	17%	17%
Strombezugspreis in Ct/kWh	23,4	25,1	25,8	28,8	29,4	29,2	29,2
Investition für 10 kWp	30.000 €	25.500 €	17.500 €	16.000 €	15.500 €	14.500 €	14.000 €
Einahmen pro Jahr	3.791 €	2.841 €	1.869 €	1.528 €	1.475 €	1.451 €	1.427 €
Ausgaben, VS, Rücklagen etc.	300 €	255 €	175 €	160 €	155 €	145 €	140 €
Überschuss/Investion	11,6%	10,1%	9,7%	8,5%	8,5%	9,0%	9,2%
Entwicklung Bankzins	1,2%	0,9%	1,0%	0,6%	0,3%	0,2%	0,2%
Delta Verzinsung	10,4%	9,2%	8,7%	7,9%	8,2%	8,8%	9,0%

Entwicklung der Photovoltaik



Die **Grenzkosten (LCOE)** werden mit folgender Formel vom Fraunhoferinstitut berechnet:

$$LCOE = \frac{I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{A_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{M_{el}}{(1+i)^t}}$$

- LCOE Stromgestehungskosten in Euro/kWh
- I_0 Investitionsausgaben in Euro
- A_t Jährliche Gesamtkosten in Euro im Jahr t
- M_{el} Produzierte Strommenge im jeweiligen Jahr in kWh
- i realer kalkulatorischer Zinssatz in %
- n wirtschaftliche Nutzungsdauer in Jahren
- t Jahr der Nutzungsperiode (1, 2, ..., n)

Als "realer kalkulatorischer Zinssatz" (dieser ist mit entscheidend für die Höhe Grenzkosten) wird hier der **Durchschnittszins von derzeitigen Finanzierungen** (z.B.: 1,7% und 10 Jahre fest, danach 5%) angenommen und über den gesamten Betrachtungszeitraum von 25 Jahren angesetzt:

3,63% kalkulatorischer Zins

LCOE (20) = 0,118 €/kWh	PV
LCOE (25) = 0,104 €/kWh	
LCOE (30) = 0,095 €/kWh	

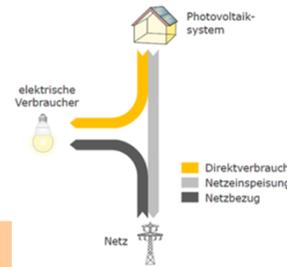
LCOE (20) = 0,167 €/kWh	PV & Speicher
LCOE (25) = 0,148 €/kWh	
LCOE (30) = 0,138 €/kWh	

Der in den letzten Jahren rapide gesunkene Preis bei PV-Anlagen hat zu **Stromgestehungskosten** geführt, die deutlich unter den **Bezugskosten** liegen.

Nebenstehendes Beispiel gilt für eine **10 kWp-Anlage**.

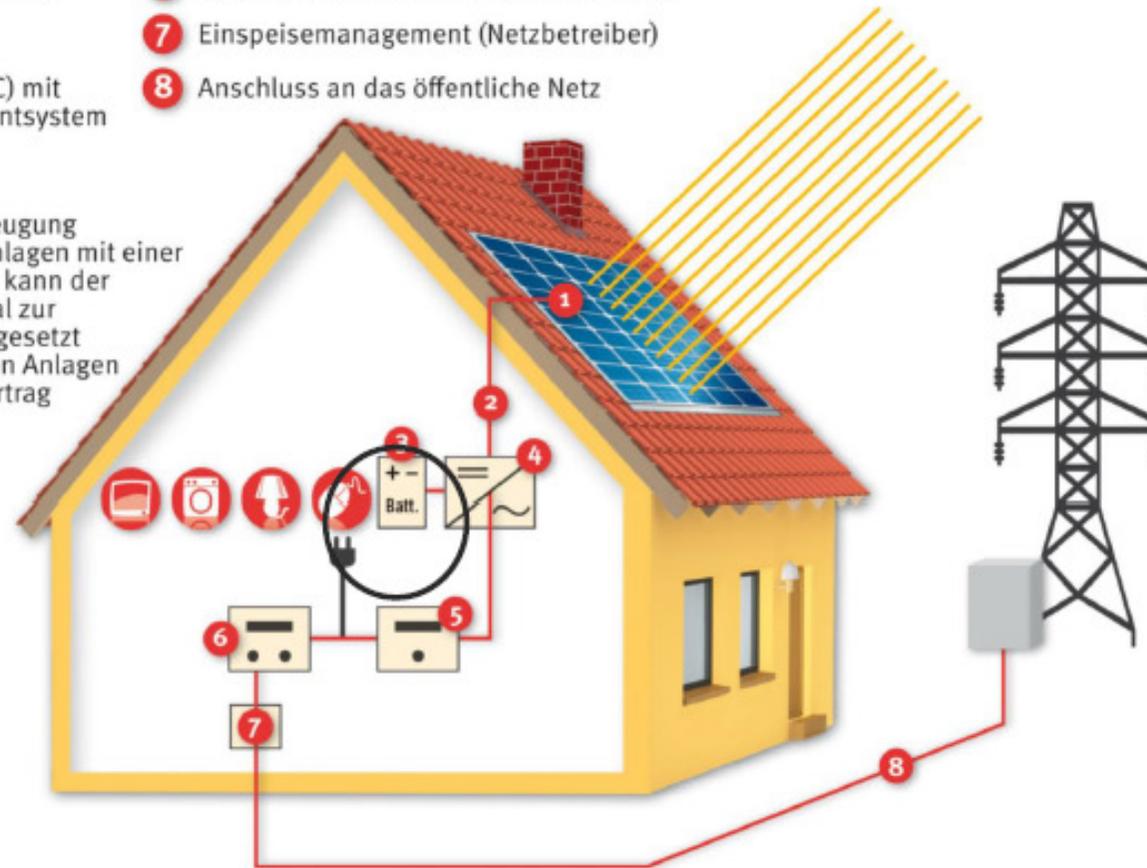
Mit der Anlagengröße sinkt der kWh-Preis noch weiter.

Entwicklung der Photovoltaik

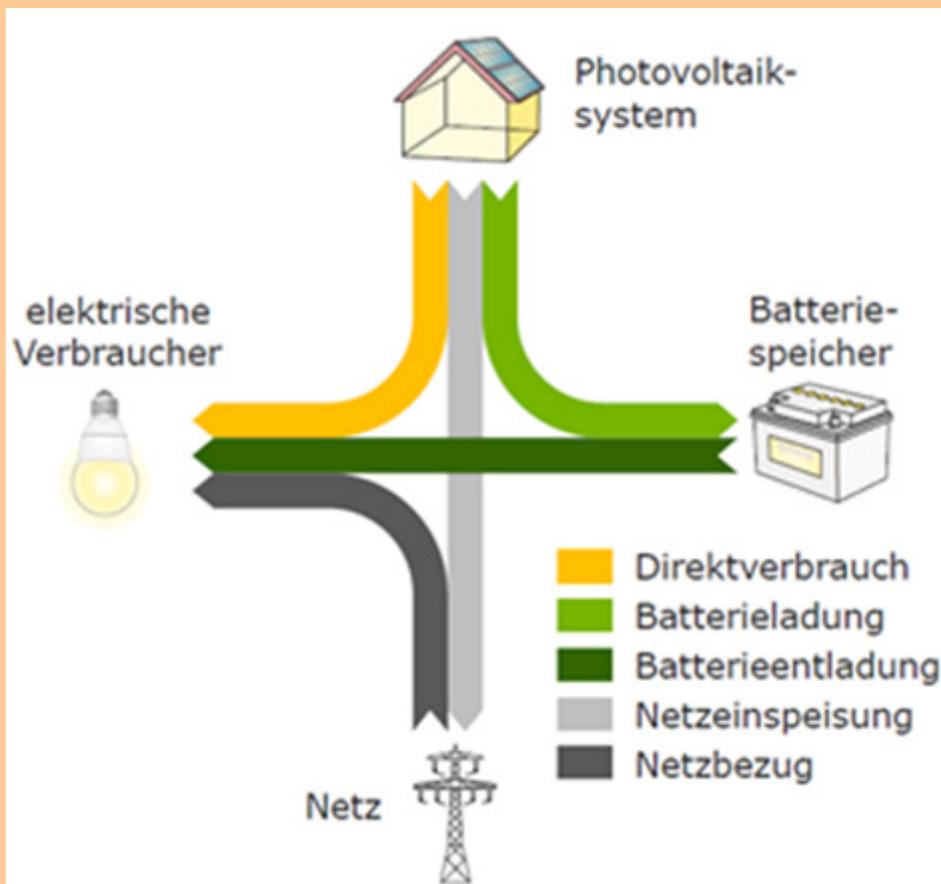


Aufbau einer PV-Anlage

- 1 Solargenerator (Module)
- 2 Kabelverbindung
- 3 Batteriespeicher (DC) mit Speichermanagementsystem
- 4 Wechselrichter
- 5 Stromzähler für Erzeugung (Bei Photovoltaik-Anlagen mit einer Leistung bis 10 kWp kann der Stromzähler optional zur Ertragskontrolle eingesetzt werden. Bei größeren Anlagen mit höherem Solarertrag ist er Pflicht.)
- 6 Stromzähler für Bezug und Einspeisung
- 7 Einspeisemanagement (Netzbetreiber)
- 8 Anschluss an das öffentliche Netz



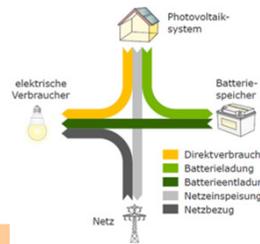
Der Solarstromspeicher



Auch die Solarstromspeicher-Preise sind in den letzten Jahren erheblich gesunken.

Die Grenzkosten für eine gespeicherte PV-kWh sind zwischenzeitlich (siehe Grenzkosten) unter bestimmten Rahmenbedingungen bereits niedriger als der Strom-Bezugspreis.

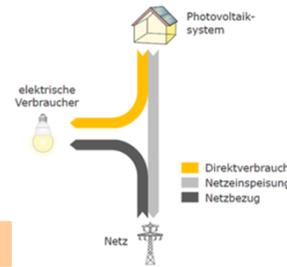
Solarstromspeicher -Technik



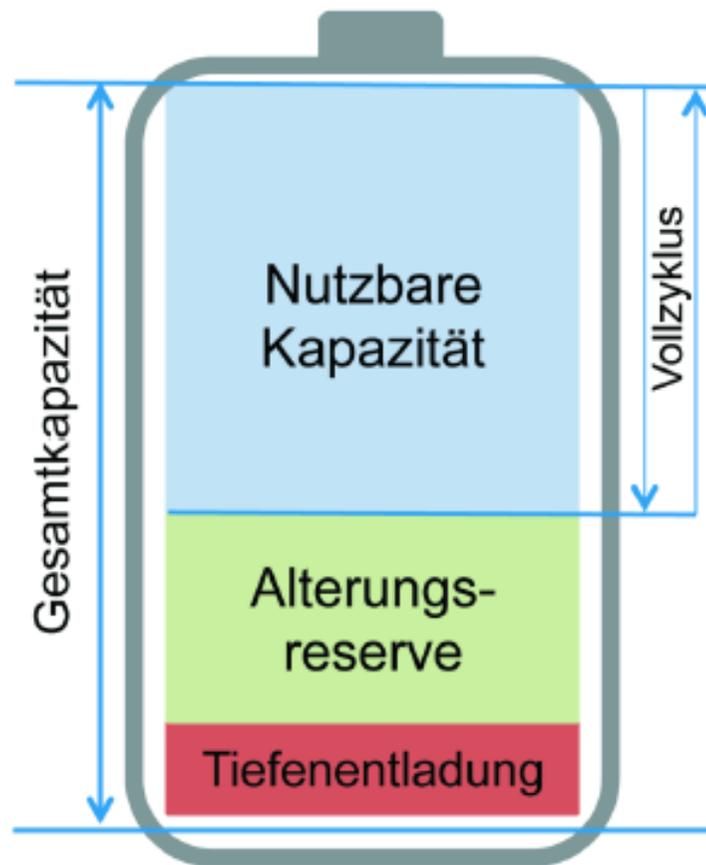
Wir unterscheiden zwischen folgenden Varianten:

1. Blei(Pb)- und Lithium-Ionen(Li)- Speicher
2. AC- und DC- Kopplung
3. Niedervolt- und Hochvolt-Akkusystemen
und den Kombinationen der drei Varianten.

Solarstromspeicher - Kapazität

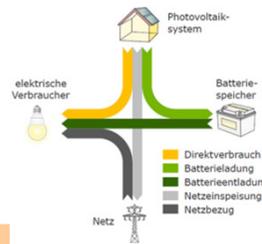


Speicherkapazität



- Oft wird von Herstellern die Bruttokapazität angegeben, welche für die Nutzung allerdings gar nicht zur Verfügung steht.
- Die nutzbare bzw. Netto- Kapazität ist die für den Betrieb relevante Kapazität
- Nutzbare Kapazität =
Bruttokapazität x DoD in %

Solarstromspeicher – Pb oder Li?



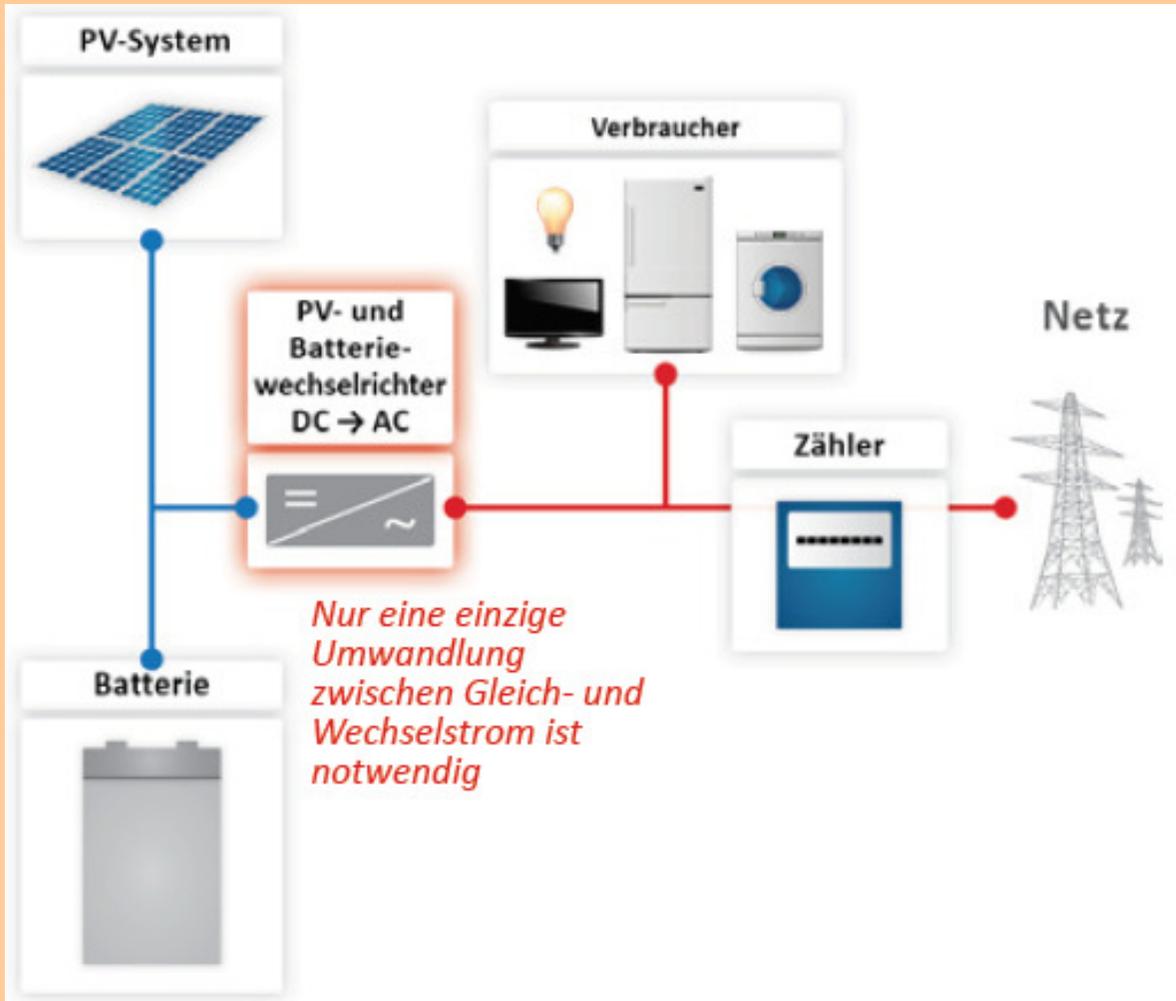
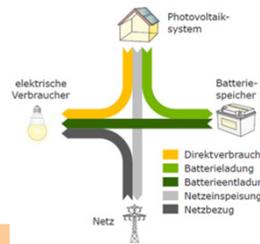
1. Für den **Bleispeicher** „spricht über 100 Jahre Erfahrung“, andererseits haben

- Bleispeicher ein DoD von maximal 50%,
- ca. 2500 bis 3500 Vollladezyklen,
- einen Wirkungsgrad von ca. **92%** und
- müssen **regelmäßig gewartet** werden!

2. **Lithium-Ionen-Speicher** haben

- ein DoD von maximal 90%,
- ca. 6000 bis 10000 Vollladezyklen,
- einen Wirkungsgrad von ca. **98%** und sind
- **wartungsfrei** (eine Firma gibt bereits 15 Jahre Garantie)

Solarstromspeicher - Kopplung

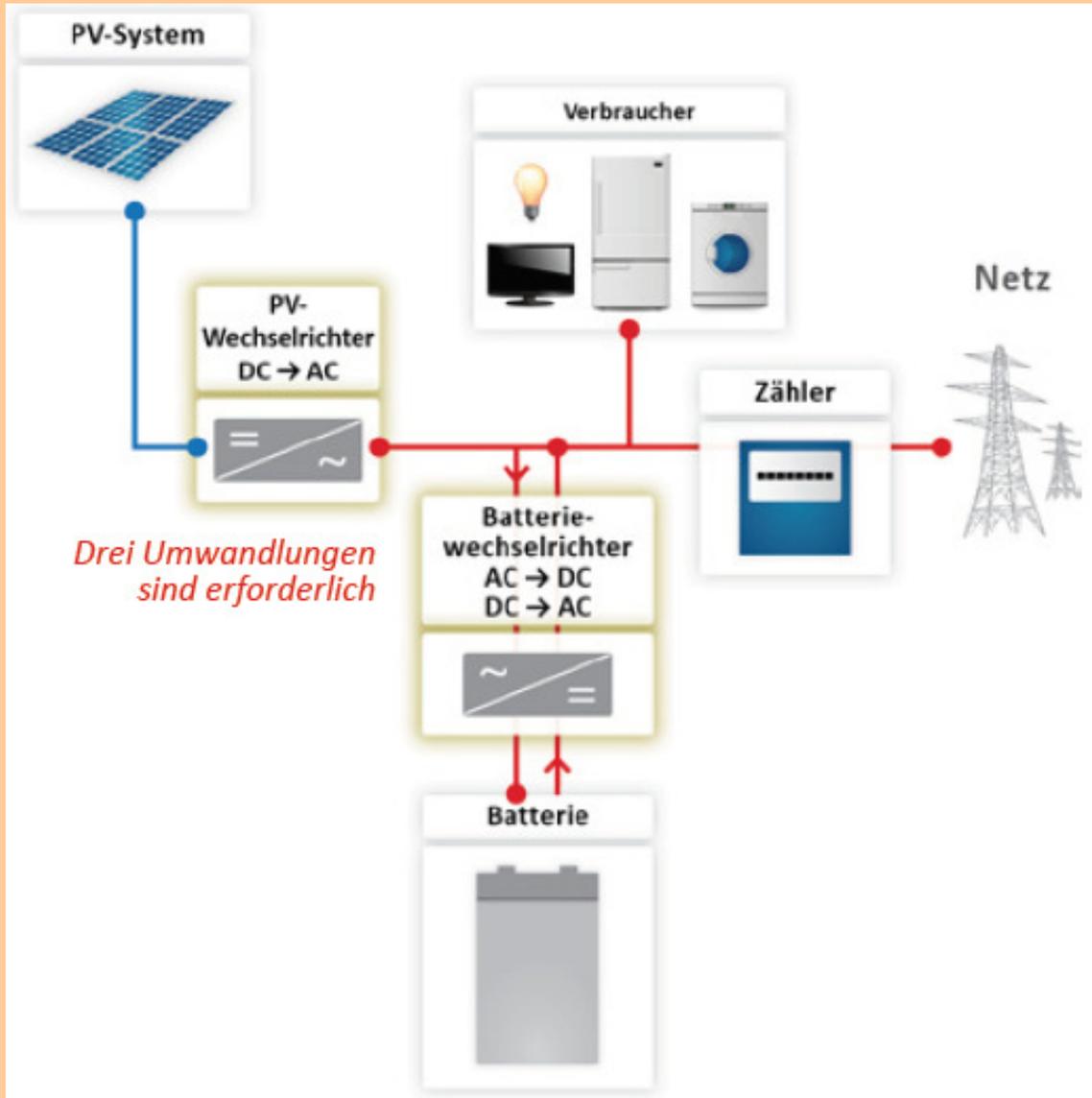
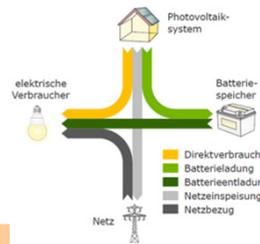


1. DC-Kopplung:

Eine DC-gekoppelte Batterie hat den großen Vorteil, dass nur eine Umwandlung von Gleich- zu Wechselstrom notwendig ist.

Dadurch werden die technisch nicht vermeidbaren Umwandlungsverluste minimiert.

Solarstromspeicher - Kopplung

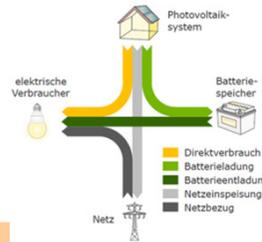


2. AC-Kopplung:

Die AC-gekoppelte Batterie hat den Vorteil, dass sie einfach und systemunabhängig in PV-Bestandsanlagen eingebaut werden können.

Nachteilig wirken sich die drei Wandlungsstufen auf den Systemwirkungsgrad aus.

Solarstromspeicher -Technik



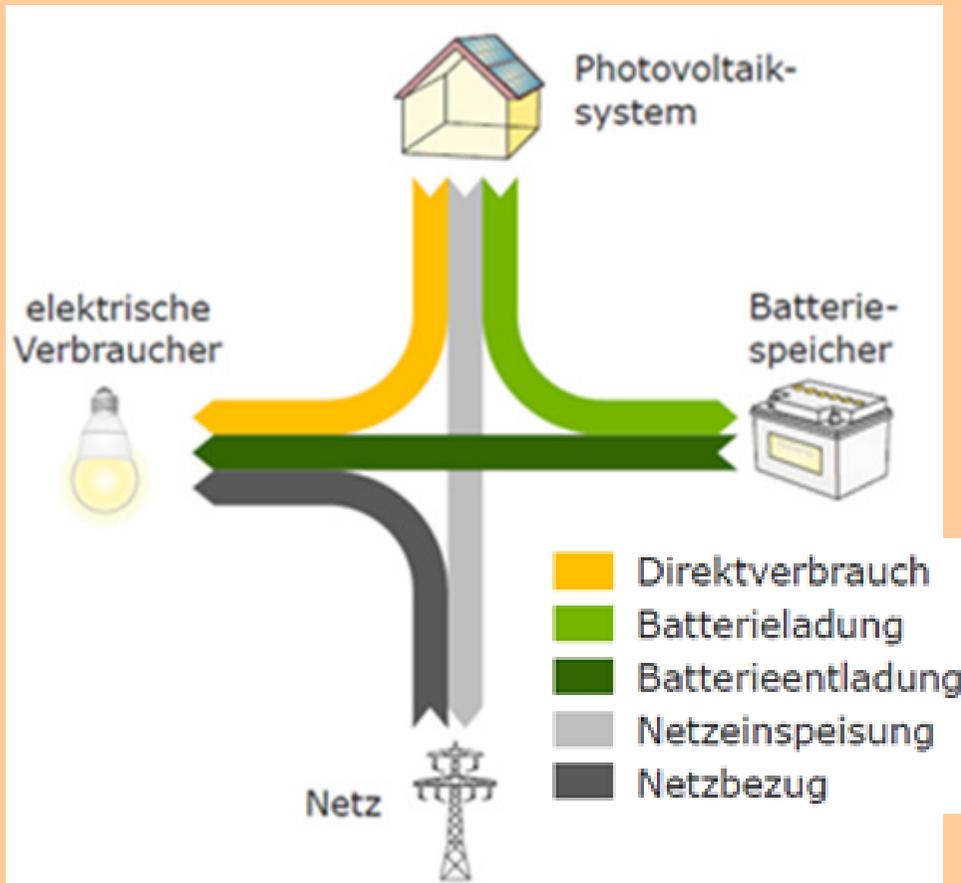
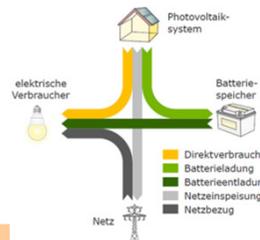
Die Kombination der drei Varianten (wir haben 14 Kombinationsmöglichkeiten nach uns bekannten technischen Daten berechnet)

1. **Pb oder Li**
2. **AC oder DC**
3. **Hoch – oder Niedervolt**

führen zu folgendem Ergebnis:

- **Eine Kombination Li-Hochvolt(bis 600 V)-Akku und DC-Kopplung hat den höchsten System-Wirkungsgrad (ca. 91%)**
- **Eine Kombination Pb-Niedervolt(48/48 V)-Akku und AC-Kopplung hat den niedrigsten Systemwirkungsgrad (ca. 67%)**

Der Solarstromspeicher in der Praxis

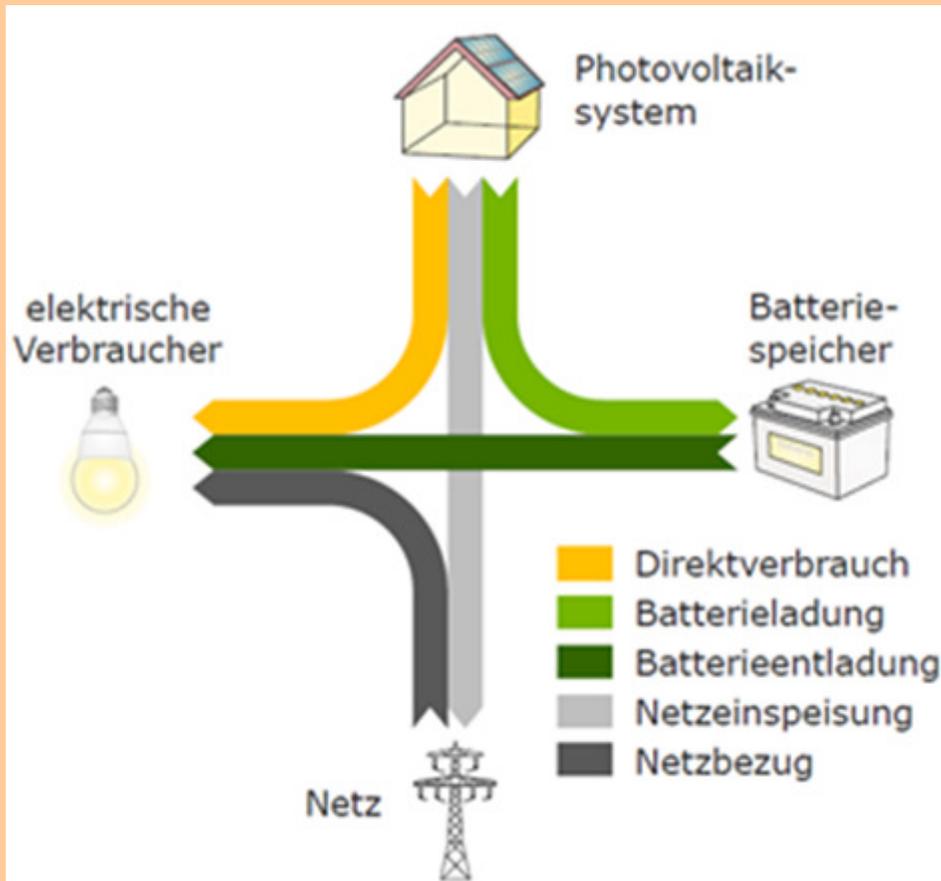
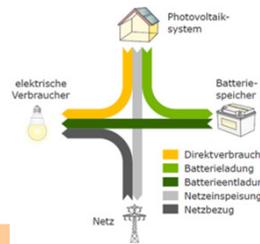


Praxisergebnisse einer 10 kWp-PV-Anlage (5 kWp auf dem Süd- und 5 kWp auf dem Westdach), einem 7,9 kWh-netto-Speicher Hochvoltsystem und einem Vorverbrauch von 6500 kWh pro Jahr sehen Sie auf folgenden Folien.

Prognostiziert waren:

2.692 kWh	}	4.779 kWh	Eigenverbrauch mit Batterie
2.290 kWh			
2.087 kWh	}	4.178 kWh	Netzeinspeisung
1.721 kWh			

Der Solarstromspeicher in der Praxis



Praxisergebnisse einer 10 kWp-PV-Anlage (5 kWp auf dem Süd- und 5 kWp auf dem Westdach), einem 7,9 kWh-netto-Speicher Hochvoltsystem und einem Vorverbrauch von 6500 kWh pro Jahr sehen Sie auf folgenden Folien.

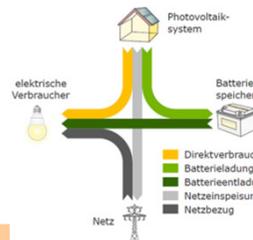
Autarkiegrad

74%

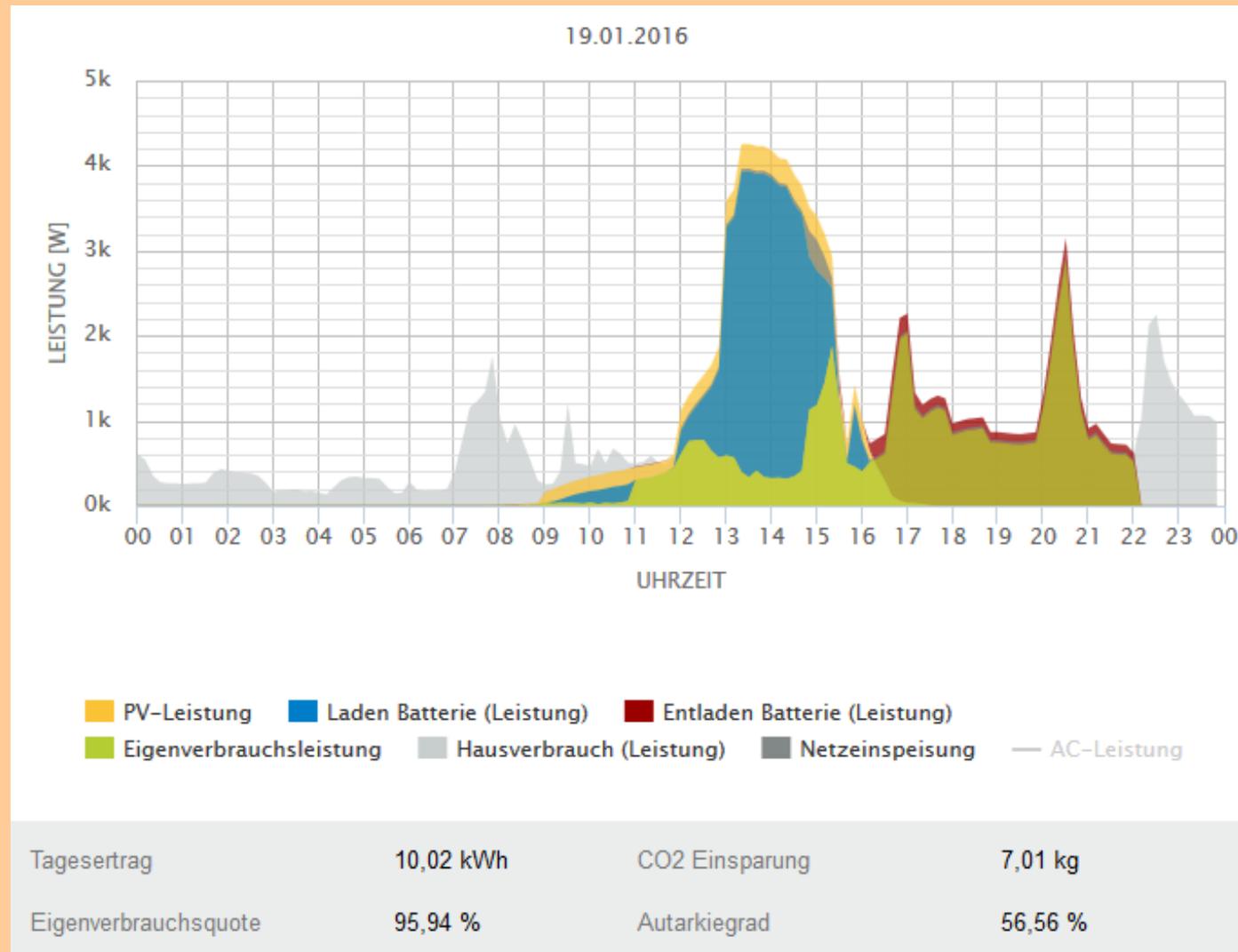
Eigenverbrauchsquote

52%

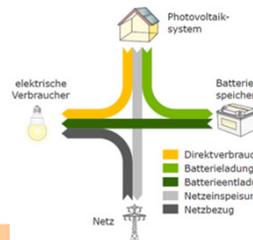
Speichersystem in der Praxis



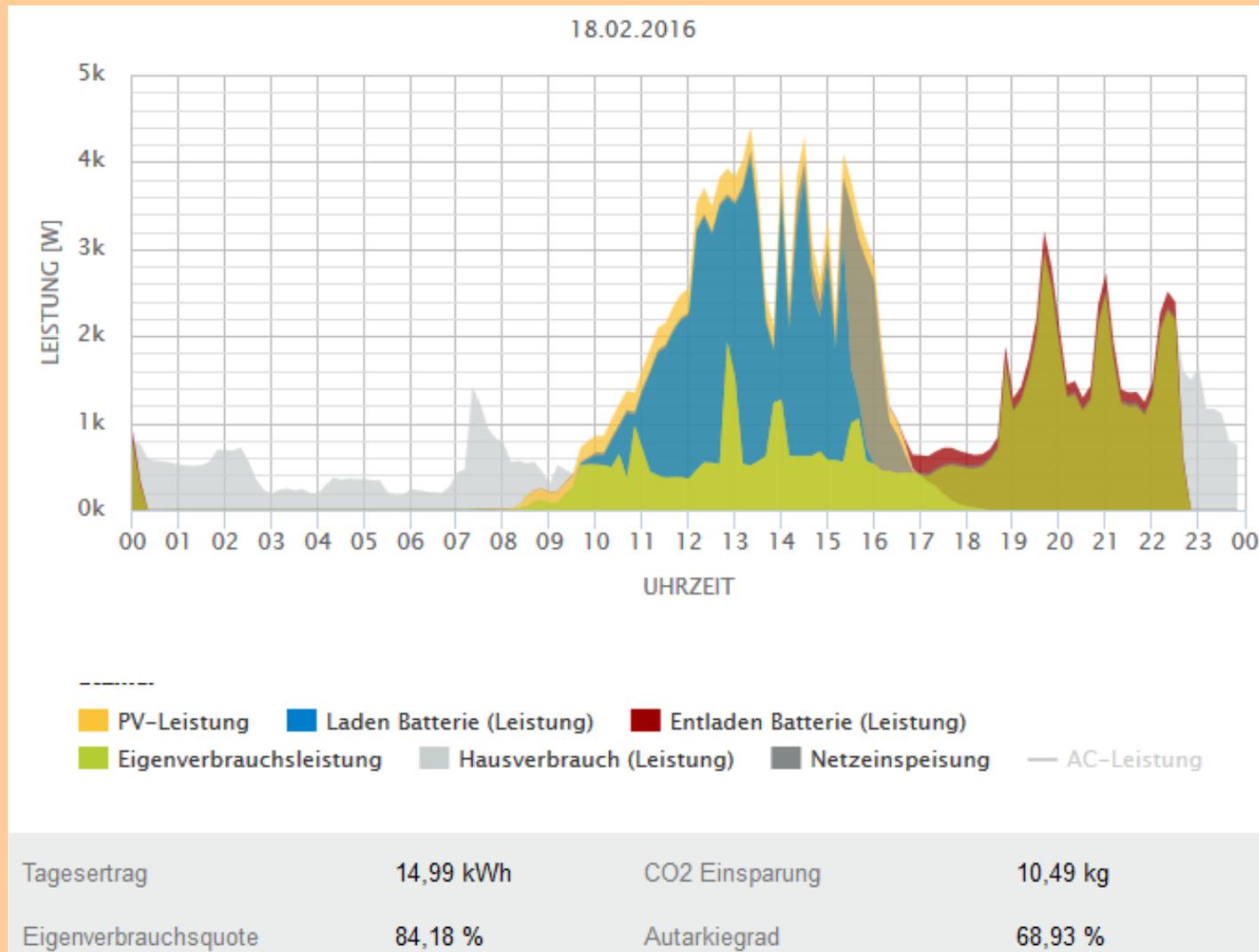
10 kWp-PV-Anlage auf Süd- und Westdach – 7,7 kWh-netto-Speicher – 6500 kWh Verbrauch



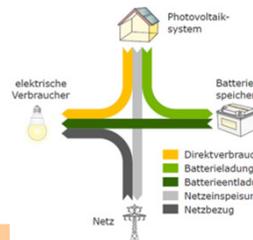
Speichersystem in der Praxis



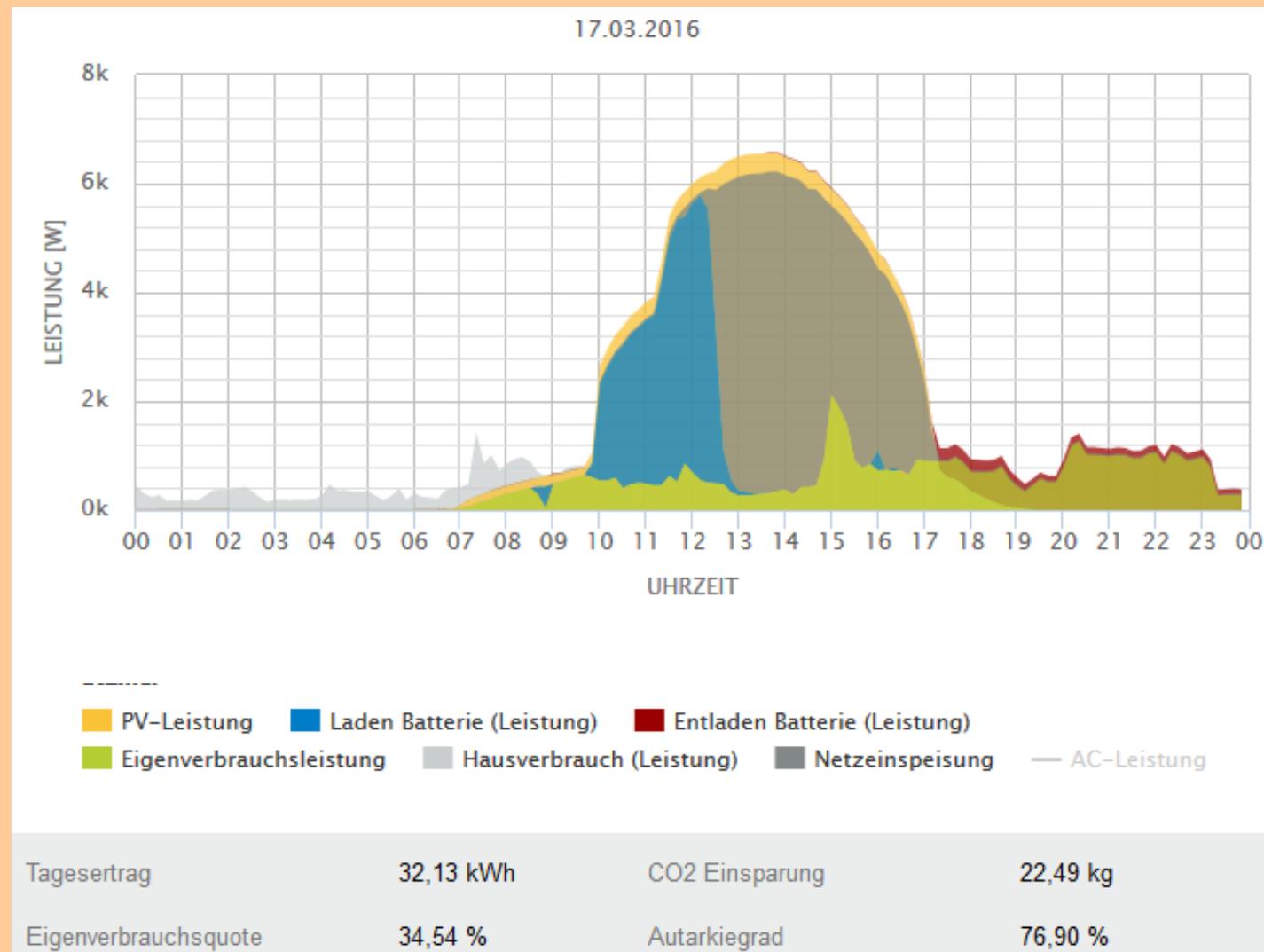
10 kWp-PV-Anlage auf Süd- und Westdach – 7,7 kWh-netto-Speicher – 6500 kWh Verbrauch



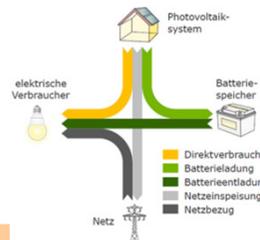
Speichersystem in der Praxis



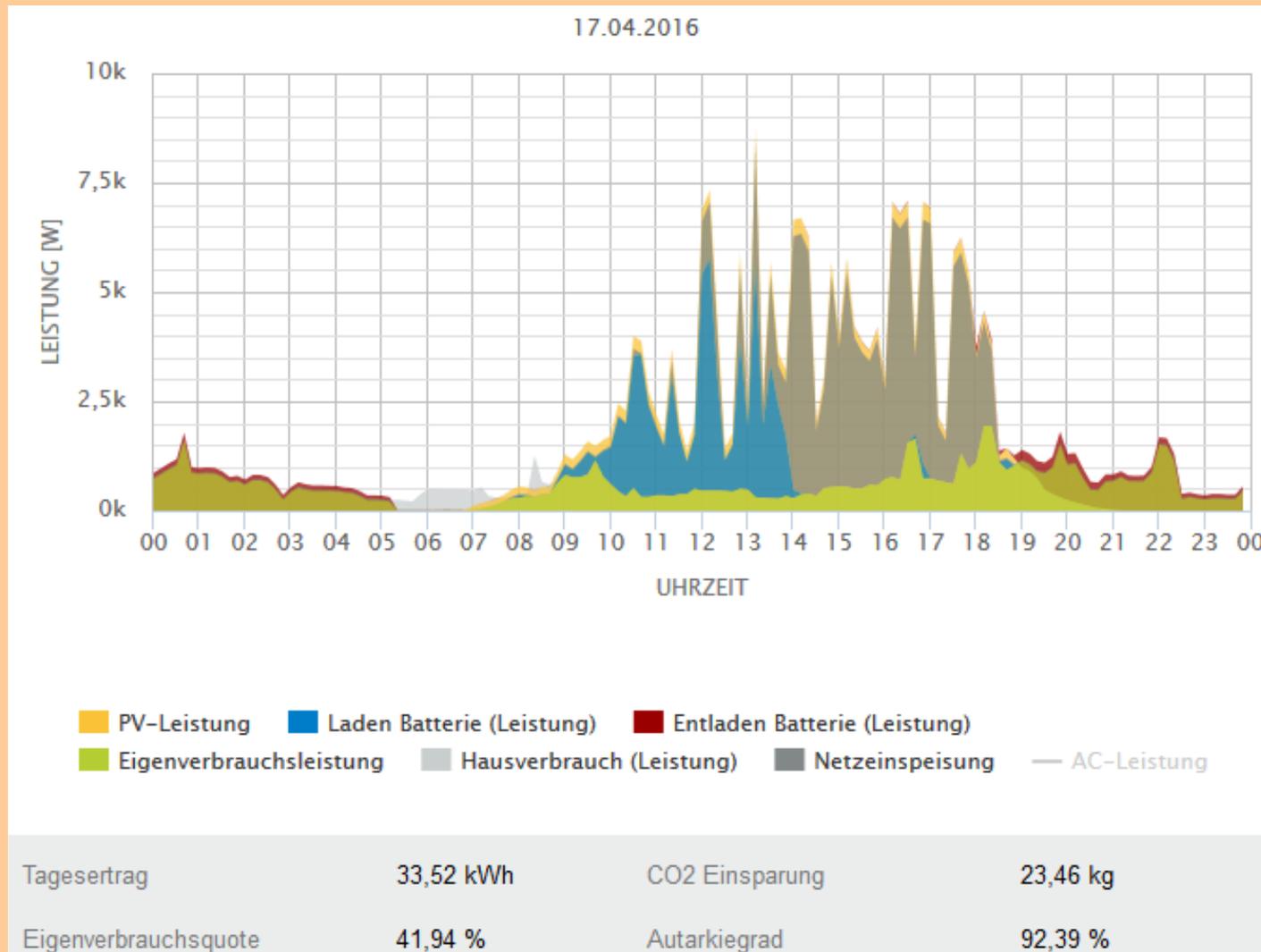
10 kWp-PV-Anlage auf Süd- und Westdach – 7,7 kWh-netto-Speicher – 6500 kWh Verbrauch



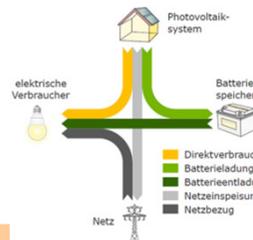
Speichersystem in der Praxis



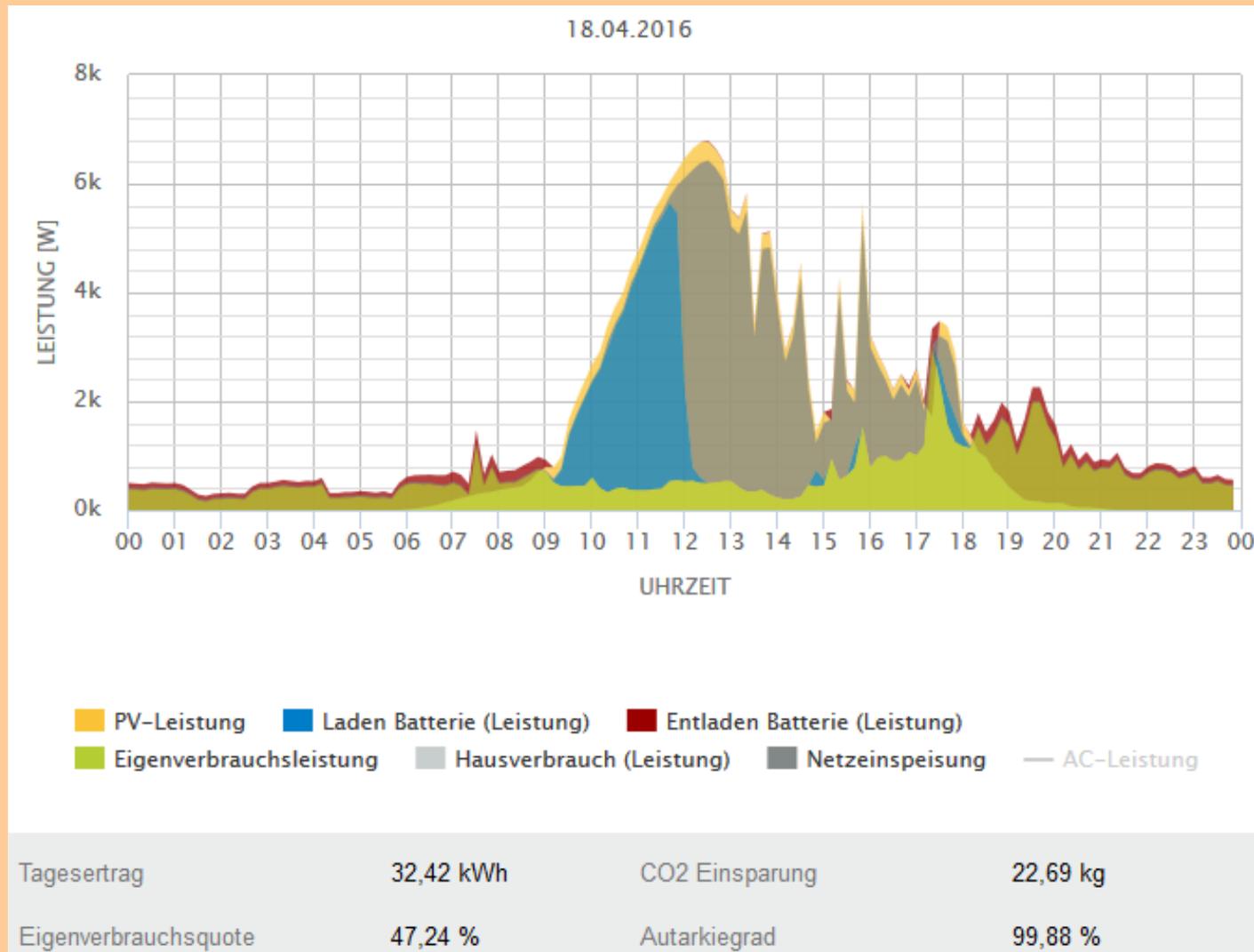
10 kWp-PV-Anlage auf Süd- und Westdach – 7,7 kWh-netto-Speicher – 6500 kWh Verbrauch



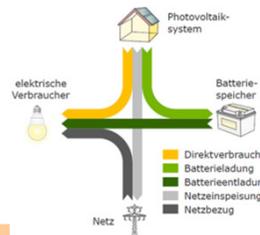
Speichersystem in der Praxis



10 kWp-PV-Anlage auf Süd- und Westdach – 7,7 kWh-netto-Speicher – 6500 kWh Verbrauch

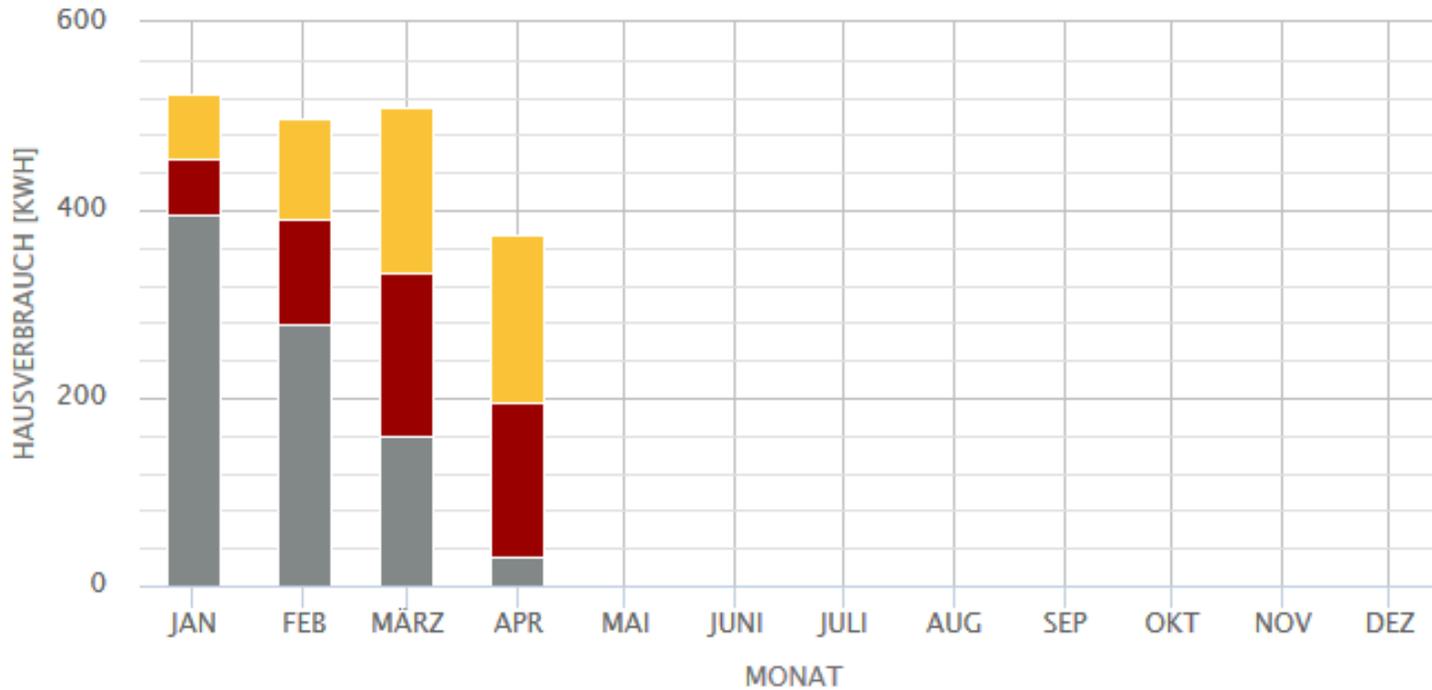


Speichersystem in der Praxis



JAHRESAUSWERTUNG VERBRAUCH

01.01.2016 bis 31.12.2016



Stamer

■ Deckung aus PV-Generator
 ■ Deckung aus Batterie
 ■ Deckung aus Stromnetz

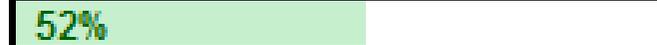
Nach knapp 4 Monaten ist der prognostizierte Autarkiegrad noch nicht erreicht.

Hochgerechnet aufs ganze Jahr dürfte der Prognosewert erreicht werden.

Autarkiegrad

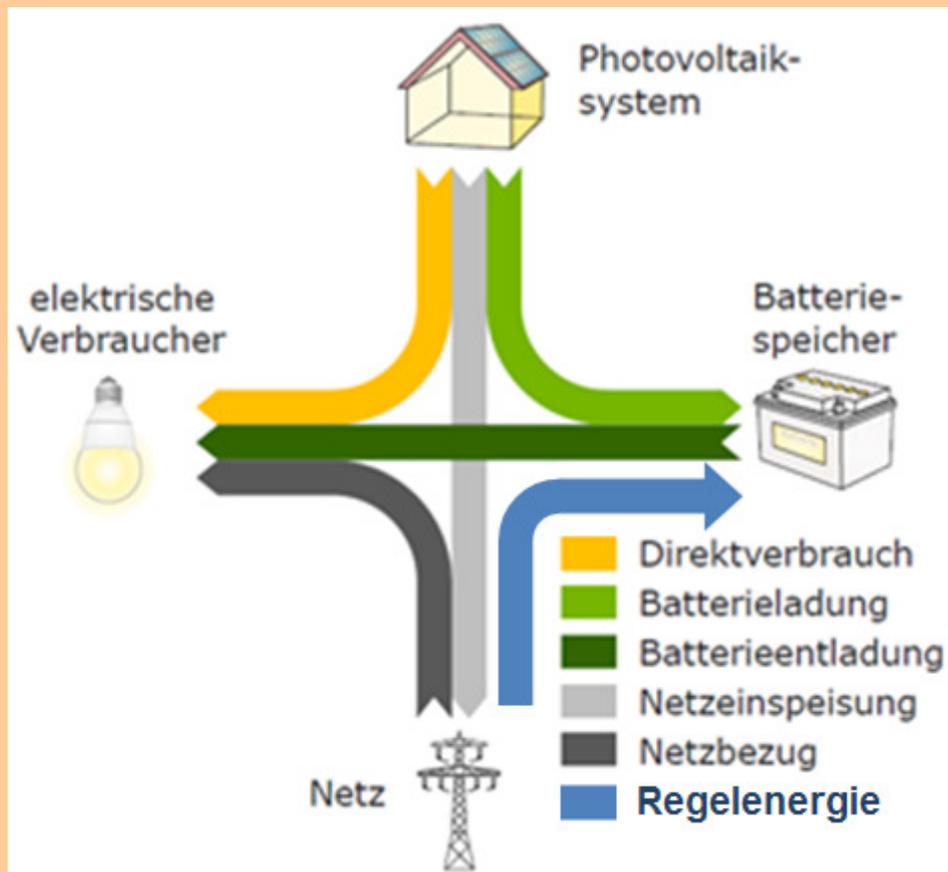


Eigenverbrauchsquote



Jahresertrag	1.689,73 kWh	CO2 Einsparung	1.182,81 kg
Eigenverbrauchsquote	61,48 %	Autarkiegrad	54,57 %

Regelenergie – Im Stromnetz „Regelleistung“

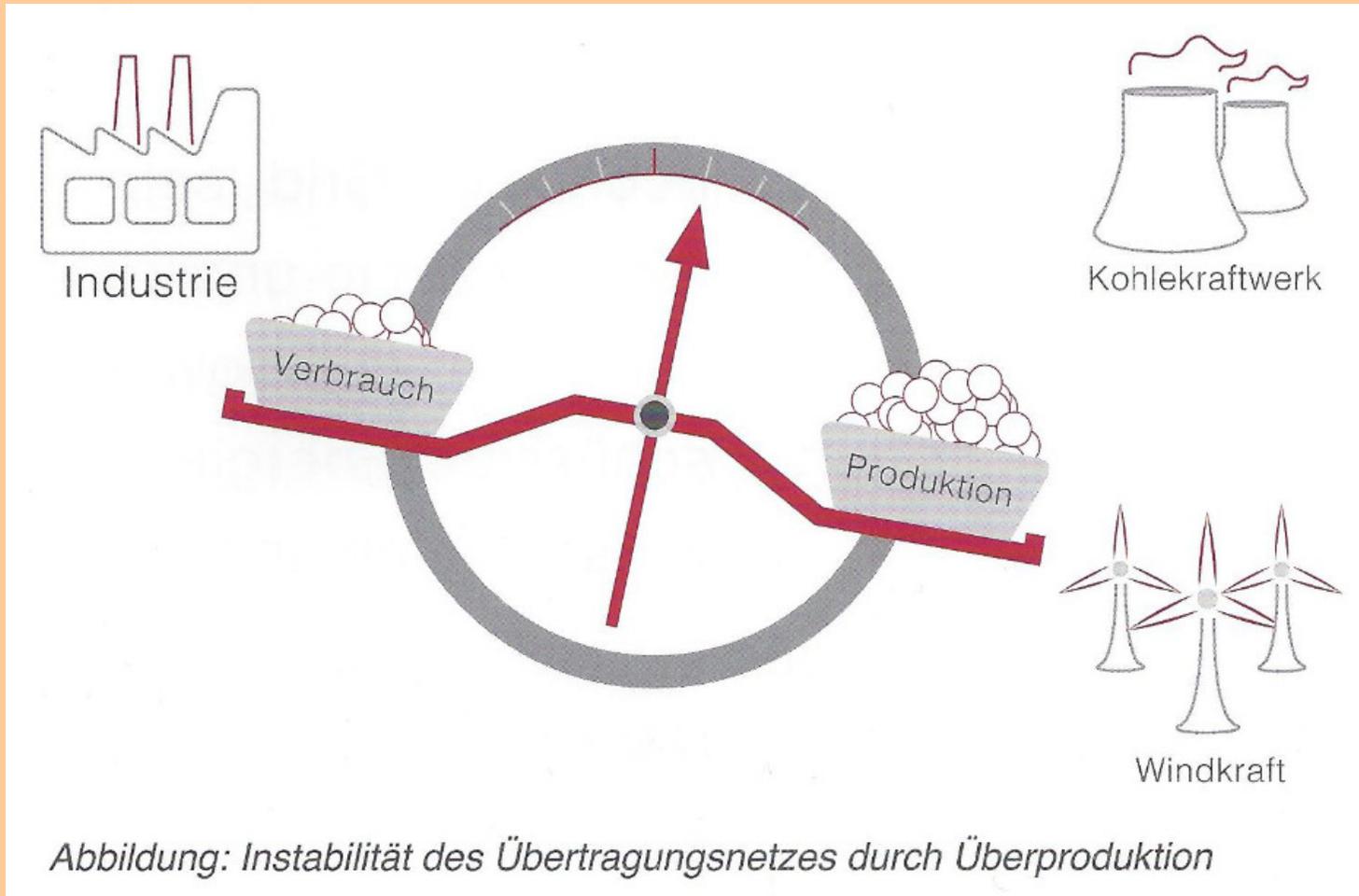


Definition nach WIKIPEDIA:

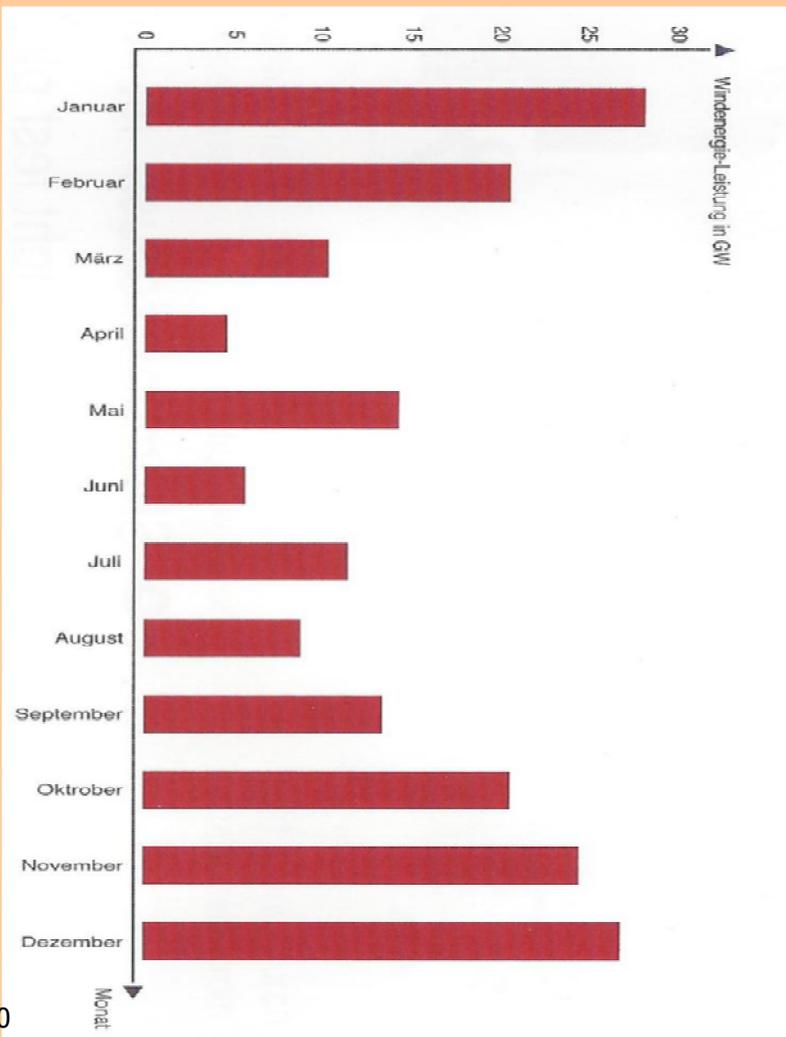
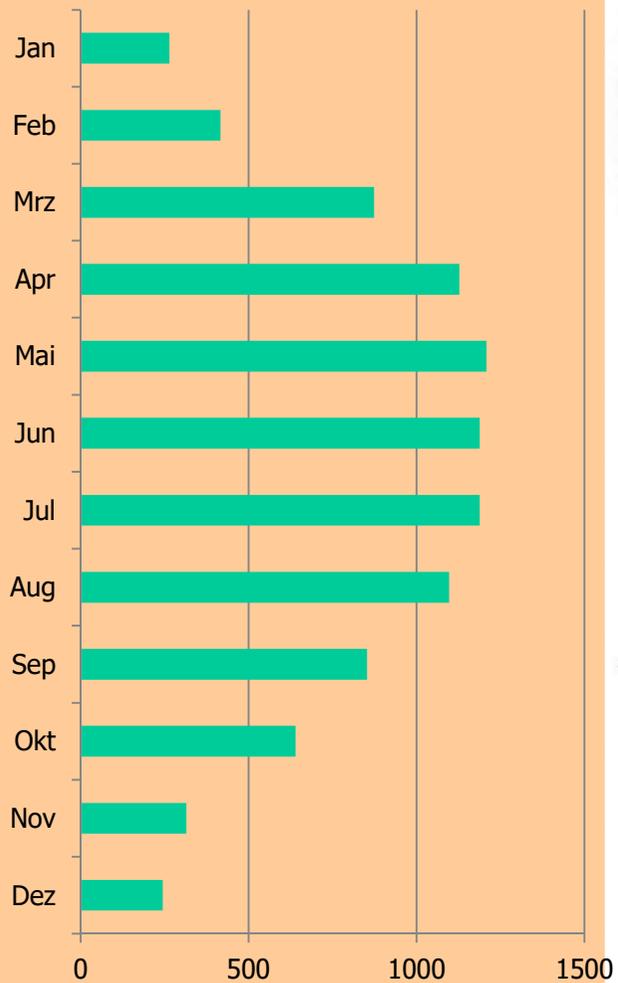
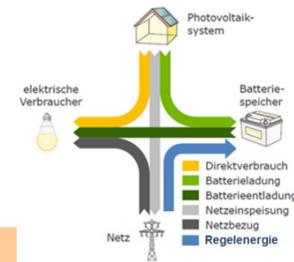
„Die Regelleistung, auch als Reserveleistung bezeichnet, gewährleistet die Versorgung der Stromkunden mit genau der benötigten elektrischen Leistung bei unvorhergesehenen Ereignissen im Stromnetz.“

Ist der Einsatz von Regelleistung bzw. Regelenergie bei Solarstromspeichern sinnvoll?

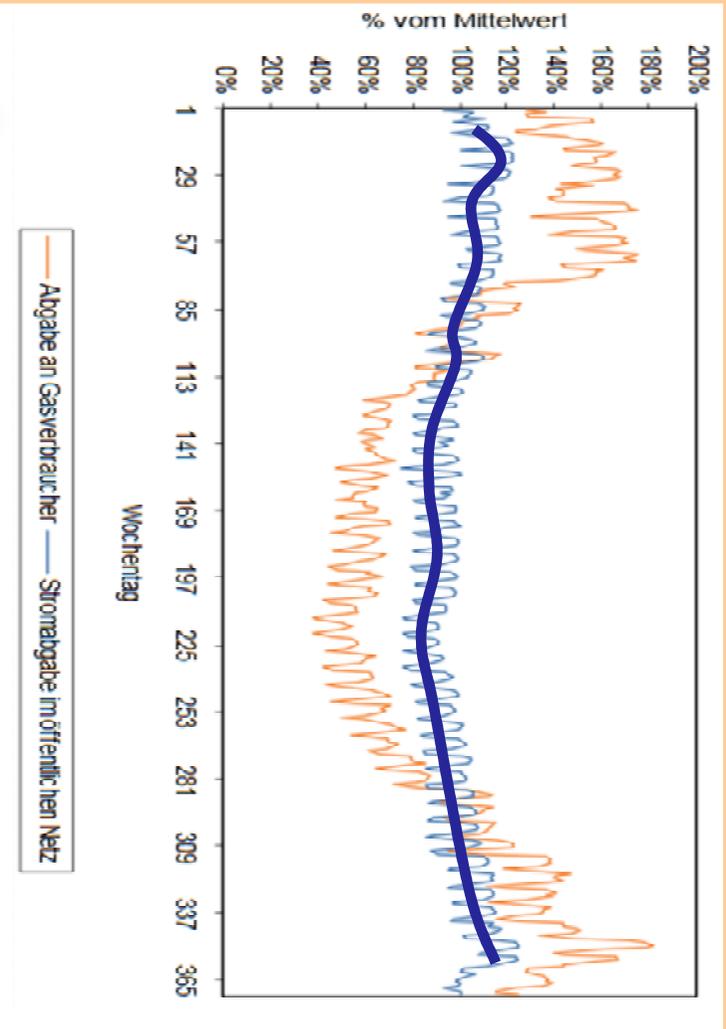
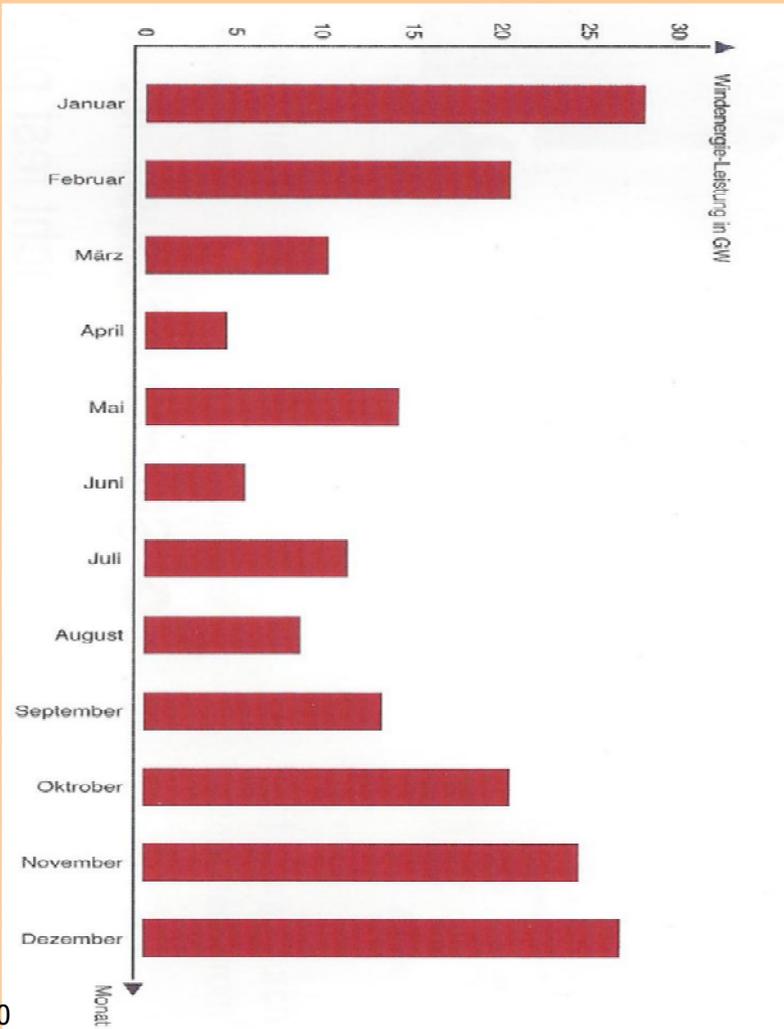
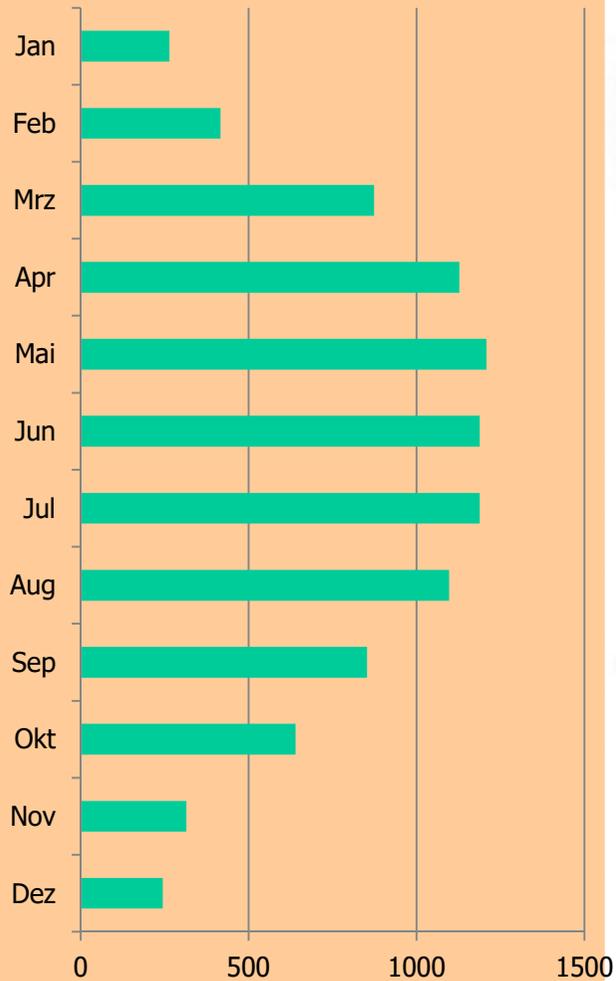
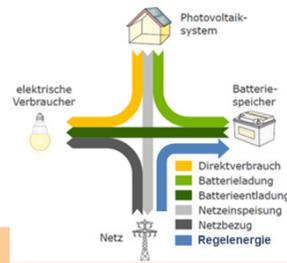
Regelenergie



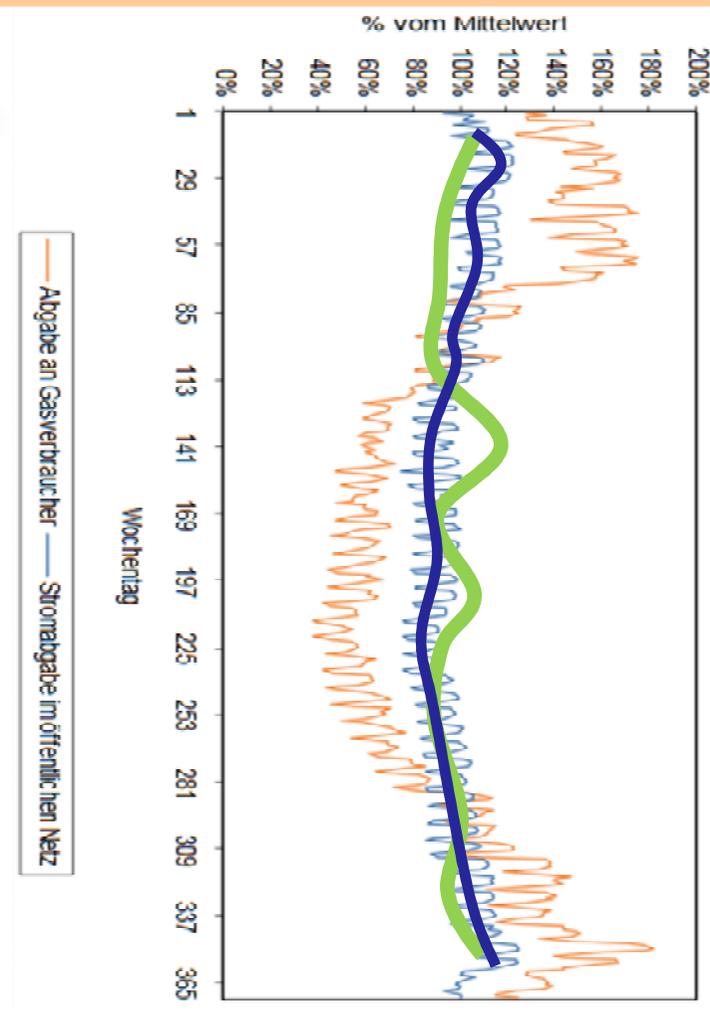
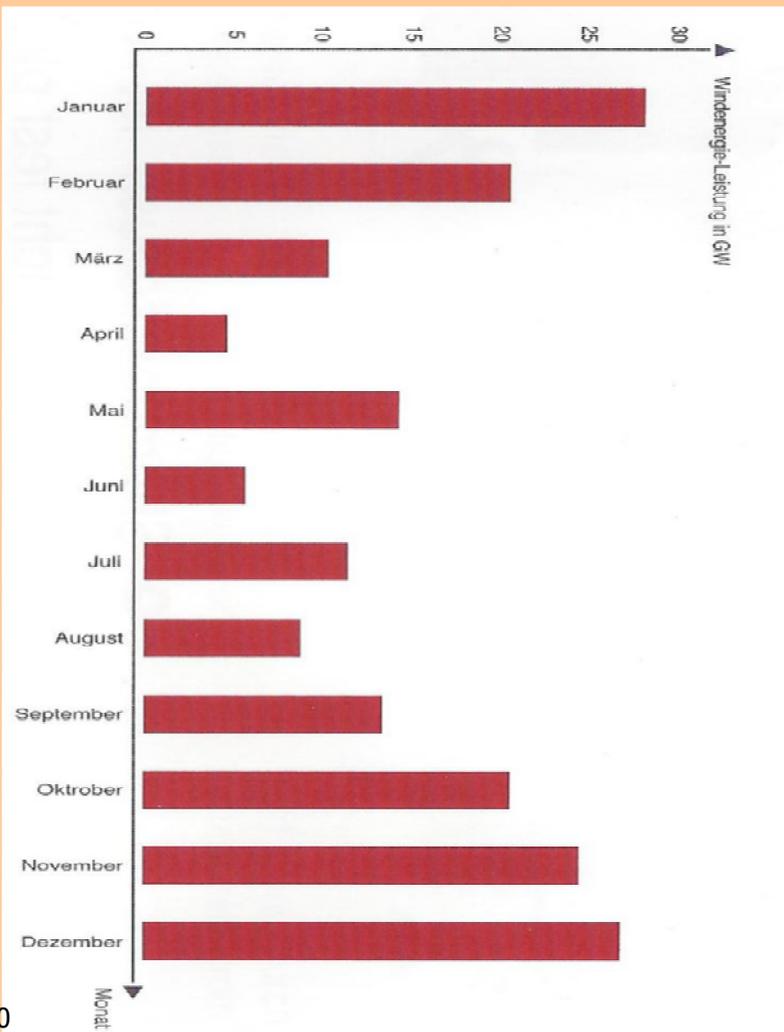
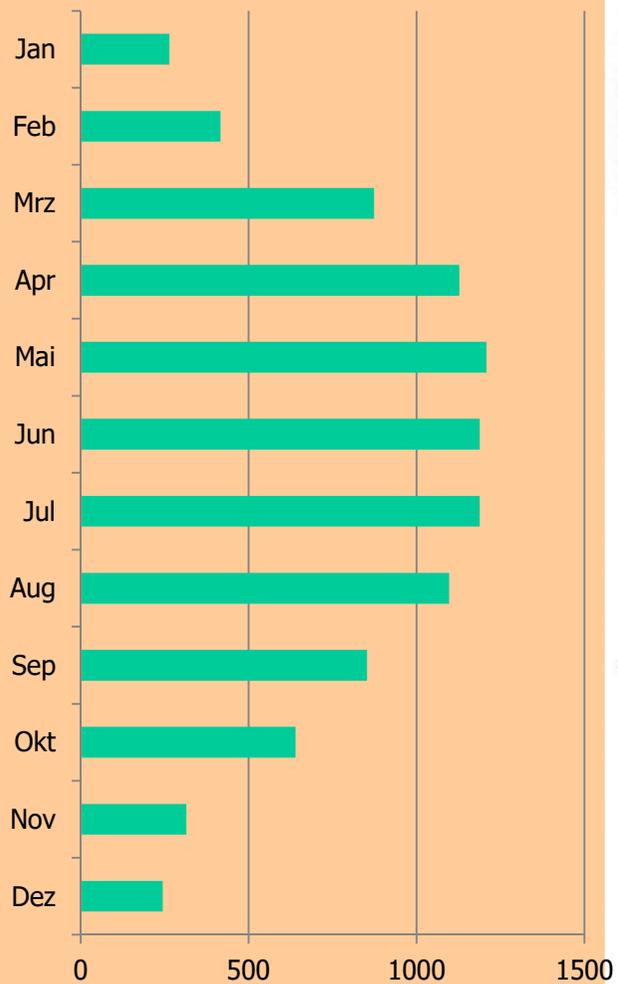
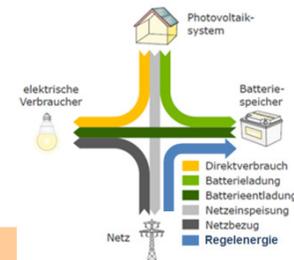
Regelenergie



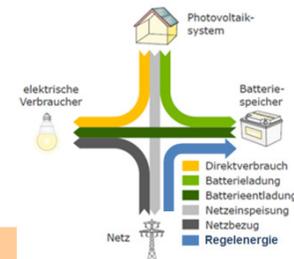
Regelenergie



Regelenergie



Regelenergie



Sind Solarstromspeicher für die Aufnahme von negativer Regelenergie geeignet?

Ja, wenn dafür eine **zusätzliche Technik** zur Ansteuerung des Speichersystems installiert wird. Diese Ansteuerung ist bei AC-gekoppelten Systemen relativ einfach. Hier ist eine Zusatzinvestition in Höhe von 1200 bis 1500 € erforderlich.

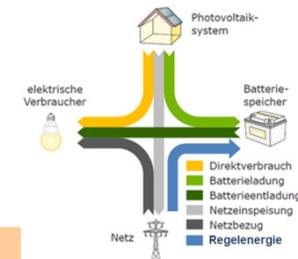
Diese Zusatztechnik wird mit folgender Berechnung beworben:

- Pro Jahr 800 kWh geschenkter Netzstrom in den Speicher a 43,9 Ct/kWh = 351,23 €
- Daraus die Amortisationszeit: $1490 \text{ €} / 351,23 \text{ € pa} = 4,24 \text{ Jahre}$

Nicht berücksichtigt werden dabei:

- Die steuerlichen Belange
- Der Systemwirkungsgrad
- Die Kosten der Netzgebühren
- Die Kosten für Zähler-Eichung und
- dass die versprochenen „geschenkten“ kWh nicht garantiert werden können!

Regelenergie



Sind Solarstromspeicher für die Aufnahme von negativer Regelenergie geeignet?

Diese Zusatztechnik wird mit folgender Berechnung beworben :

- Pro Jahr 800 kWh geschenkter Netzstrom in den Speicher a 43,9 Ct/kWh = 351,23 €
- Daraus die Amortisationszeit: 1490 € / 351,23€ pa = 4,24 Jahre

Nach unserer Recherche ergeben sich folgende Werte:

Aufwand pro Jahr:

• Umsatzsteuer 800 kWh a 25 Ct	= 32 €
• Netzgebühren	= 20 €
• Eichgebühren	= 4 €
• Steuern auf Einnahme	= 50 €
Summe Aufwand	= 106 €

Vorteil pro Jahr:

• 800 kWh x 67% a 25 Ct	= 134 €
Summe Vorteil	= 134 €
Überschuss Vorteil-Aufwand:	28 €

Kann jetzt noch von Amortisation gesprochen werden?

Der Solarzweig



Der Solarzweig



Der Solarzweig – Klein-PV-Anlage

Für die eigene Solarstromversorgung:

- 1** Auch die Klein-PV-Anlagen sind anmeldungspflichtig! Das heißt, dass Sie deren Inbetriebnahme Ihrem Netzbetreiber anmelden müssen.
- 2** Nur Digitale Zähler haben die sogenannte Rücklaufsperrung eingebaut. Beim klassischen Zähler ist dies nicht immer der Fall. Deshalb wird Ihr Netzbetreiber diesen ggf. austauschen.
- 3** Damit die Klein-PV-Anlage technisch einwandfrei in ihr Hausnetz eingebaut wird, empfehlen wir, die Einbindung von einer Elektrofachkraft durchführen zu lassen.
- 4** Wenn die Klein-PV-Anlage als 100%-Eigenverbrauchsanlage ausgelegt ist, gibt es keine EEG-Vergütung (es wird ja nichts eingespeist) und der Gewinn muss nicht versteuert werden.

Solarzweig oder richtige PV-Anlage

Wie sieht die Wirtschaftlichkeit aus?

**Detailbetrachtung zur ökonomischen WIR
gerne im Anschluss mit der**

Schnellanalyse zu Rentabilität von PV- Anlagen

Fazit:

Solarstromspeicher sind unter bestimmten Rahmenbedingung bereits heute wirtschaftlich.



Was ökologisch
sinnvoll ist, zahlt sich auch
ökonomisch aus.

