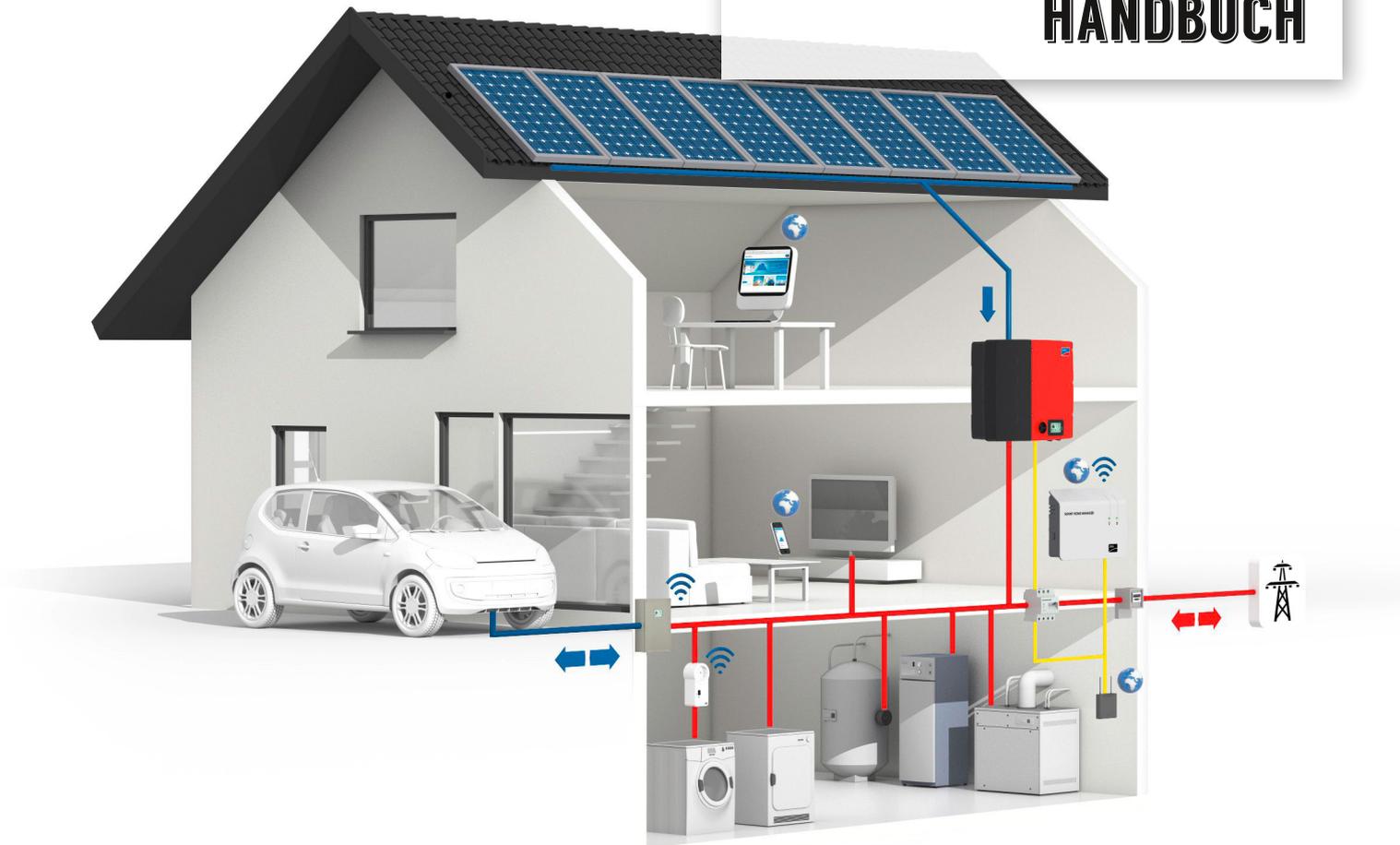


SOLARSTROM- EIGENVER- BRAUCH OPTIMIEREN

HANDBUCH



energie schweiz
Unser Engagement: unsere Zukunft.

INHALTSVERZEICHNIS

WORUM GEHT ES?

1	Einführung	4
1.1	Was ist der Unterschied zwischen Autarkie und Eigenverbrauch?	4
1.2	Lohnt sich Eigenverbrauch?	5

FÜR DEN VERBRAUCHER

2	Wie kann der Eigenverbrauch gesteigert werden?	6
2.1	Optimierung durch Wärmeerzeugung	7
2.2	Optimierung Haushaltsstrom	7
2.3	Optimierung durch Batteriespeicher	8
2.4	Optimierungsbereich Elektromobilität.....	9
2.5	Die Eigenverbrauchsgemeinschaft	10
2.6	Solarstrom im «Smart Home» und «Smart Office».....	11
2.7	Erreichbare Eigenverbrauchsanteile.....	11

FÜR DEN INSTALLATEUR

3	Konzepte und Steuerungen, Geräteübersicht.....	12
3.1	Wärmepumpen	12
3.2	Solar-Wechselrichter	16
3.3	Anschluss eines Batteriespeichers.....	20
3.4	Steuergeräte zur Eigenverbrauchsoptimierung	38
3.5	Einbindung in «Smart Home»	38

HANDLUNGSLEITFADEN

4	Sechs Schritte zu höherem Eigenverbrauch.....	39
---	---	----

WORUM GEHT ES?

1 EINFÜHRUNG

Seit April 2014 ist der Eigenverbrauch von lokal produziertem Photovoltaikstrom schweizweit zulässig. Eigenverbrauch bedeutet, den produzierten Solarstrom zeitgleich am gleichen Ort wieder zu verbrauchen. Dies erreicht man, indem man beispielsweise die Waschmaschine bei Sonnenschein laufen lässt. Seit 2018 wurde zudem der Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (ZEV) eingeführt, womit sich erweiterte Möglichkeiten für Produzenten und Konsumenten ergeben.

1.1 WAS IST DER UNTERSCHIED ZWISCHEN AUTARKIE UND EIGENVERBRAUCH?

Der Autarkiegrad ist ein Mass der Unabhängigkeit: Wie viel Prozent meines Stromverbrauchs kann ich mit selbst produziertem Solarstrom abdecken?

Der Eigenverbrauchsgrad dagegen gibt an, wieviel Prozent der gesamten Solarstromproduktion zeitgleich lokal verbraucht werden (siehe Abbildung 1).

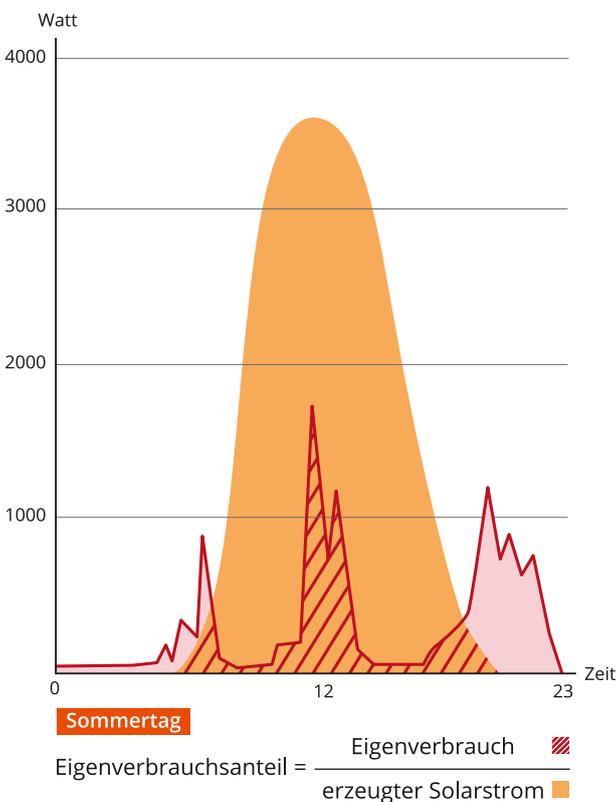
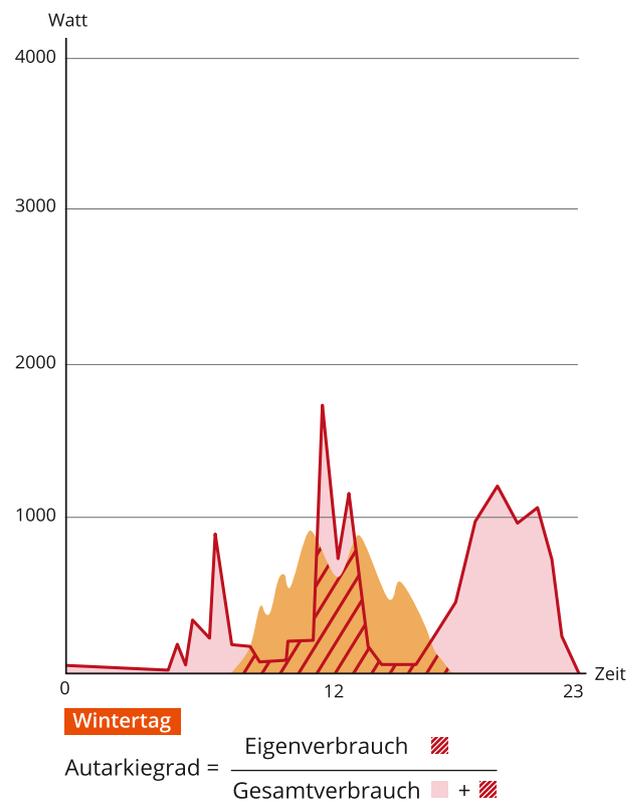


Abbildung 1: Beispiel für einen Tagesverlauf des Solarstroms (Quelle: VESE)

Dazu ein Beispiel:

Ein Haushalt verbraucht jährlich 4000 kWh Strom und produziert mit seiner Solarstromanlage 8000 kWh. Im Jahresmittel werden in diesem Haushalt 1200 kWh zeitgleich verbraucht, was einem Autarkiegrad von 30% und einem Eigenverbrauchsanteil von 15% entspricht.

Eine kleinere Solaranlage im gleichen Haushalt (3000 kWh Jahresproduktion, 900 kWh zeitgleicher Verbrauch) kommt auf einen Autarkiegrad von 22% und einen Eigenverbrauchsanteil von 30%. Mit Hilfe eines Eigenverbrauchsrechners (bspw. www.eigenverbrauchsrechner.ch) kann der individuelle Eigenverbrauchsgrad für Haushalte berechnet werden.



1.2 LOHNT SICH EIGENVERBRAUCH?

Die Kosten für Solarstrom liegen mit 8 bis 16 Rp/kWh im Allgemeinen tiefer als der Stromtarif für Haushalte (ca. 20 bis 35 Rp/kWh). Als Rücklieferertarif erhält man 2020 für die Einspeisung des nicht selbst verbrauchten Stromes ins öffentliche Stromnetz meistens nur zwischen 6 und 13 Rp/kWh.

Das heisst, dass sich mit einem höheren Eigenverbrauchsanteil (und geringerer Netzeinspeisung) die Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage erhöht. Folgendes vereinfachtes Beispiel illustriert das. Eine typische Anlage und ein typischer Haushalt weisen folgende Parameter auf:

Leistung PV-Anlage	6 kW
Investitionskosten netto	19'390 CHF
Einmalvergütung (ab 01.04.2020)	3040 CHF
Betriebskosten	150 CHF/Jahr
Lebensdauer	25 Jahre
Stromproduktion ca.	6000 kWh/Jahr
Haushaltsverbrauch Elektrizität	4000 kWh/Jahr
Anteil des Verbrauchs zu Hoch- und Niedertarifzeiten	Ca. 45% HT, 55% NT
Anteil Solarstromproduktion zu Hoch- und Niedertarifzeiten	Ca. 70% HT, 30% NT

Tabelle 1: Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung einer Photovoltaikanlage zum Eigenverbrauch

Für diese Parameter wird in Abbildung 2 in Abhängigkeit des Rücklieferertarifs und des Stromtarifs gezeigt, welcher Eigenverbrauchsgrad nötig ist, um eine Kapitalverzinsung von 1% zu erreichen. So ist zum Beispiel bei einem Rücklieferertarif von 10 Rp/kWh und einem Stromtarif von 22 Rp/kWh ein Eigenverbrauchsanteil von 40–60% nötig, damit die Anlage mit 1% rentiert¹.

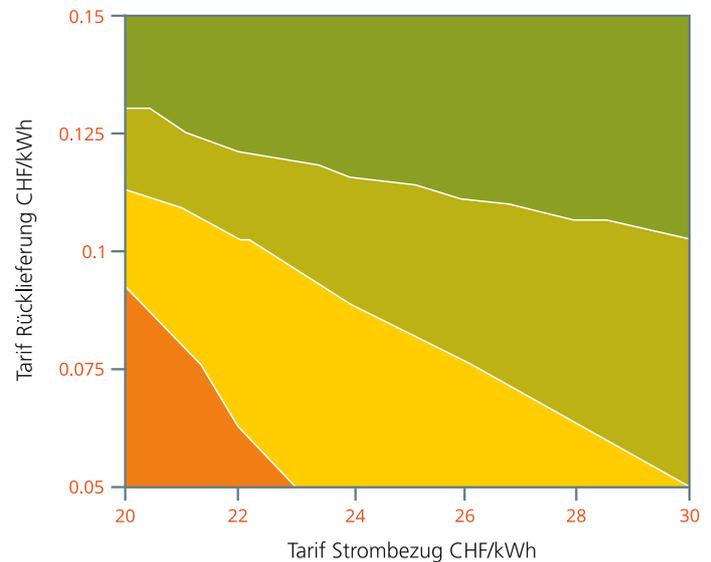
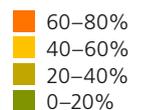


Abbildung 2: Nötiger Eigenverbrauchsgrad für eine Rentabilität von 1% einer PV-Anlage in Abhängigkeit von Stromtarif und Rücklieferertarif (Annahmen siehe Tabelle 1, Quelle: VESE)



Eigenverbrauchsoptimierung heisst, den Eigenverbrauchsanteil und so die Wirtschaftlichkeit der Anlage gezielt zu erhöhen. Dieses Handbuch zeigt die technischen Möglichkeiten der Eigenverbrauchsoptimierung für Einsteiger (Kapitel 2) und technisch Versierte sowie Installateure (Kapitel 3) auf.

Weitere Infos zur Wirtschaftlichkeit und ein Solar-Rendite-rechner sind zu finden unter www.sonnendach.ch und www.energieschweiz.ch/solarrechner.

Ihren Stromtarif finden Sie unter www.strompreis.elcom und den Rücklieferertarif in Ihrer Gemeinde unter www.pvtarif.ch.

¹ Bei der Berechnung ist zu beachten, dass die Strom- und Rücklieferertarife jährlich ändern können. Somit ist die Wirtschaftlichkeitsrechnung approximativ.

FÜR DEN VERBRAUCHER

2 WIE KANN DER EIGENVERBRAUCH GESTEIGERT WERDEN?

Wenn der Jahresverbrauch etwa der jährlichen Solarstromproduktion entspricht und der Eigenverbrauch nicht optimiert wird, kann ein Haushalt ohne Energiespeicher ca. 15% bis 30% seines selbstproduzierten Solarstroms zeitgleich verbrauchen. Durch eine Optimierung ist ein Eigenverbrauchsanteil von ca. 30% bis 70% erreichbar.

Dient der Strom auch der Wärmeerzeugung und/oder zum Laden eines E-Fahrzeugs, liegt dort das grösste Potenzial zur Steigerung des Eigenverbrauchs. So können eine Wärmepumpe mit Heizungsunterstützung oder die Elektromobilität je etwa die gleiche jährliche Strommenge wie der restliche Haushalt benötigen.

Abbildung 3 zeigt schematisch auf, welche Verbraucher im Haushalt am besten für die Optimierung eingesetzt werden können.

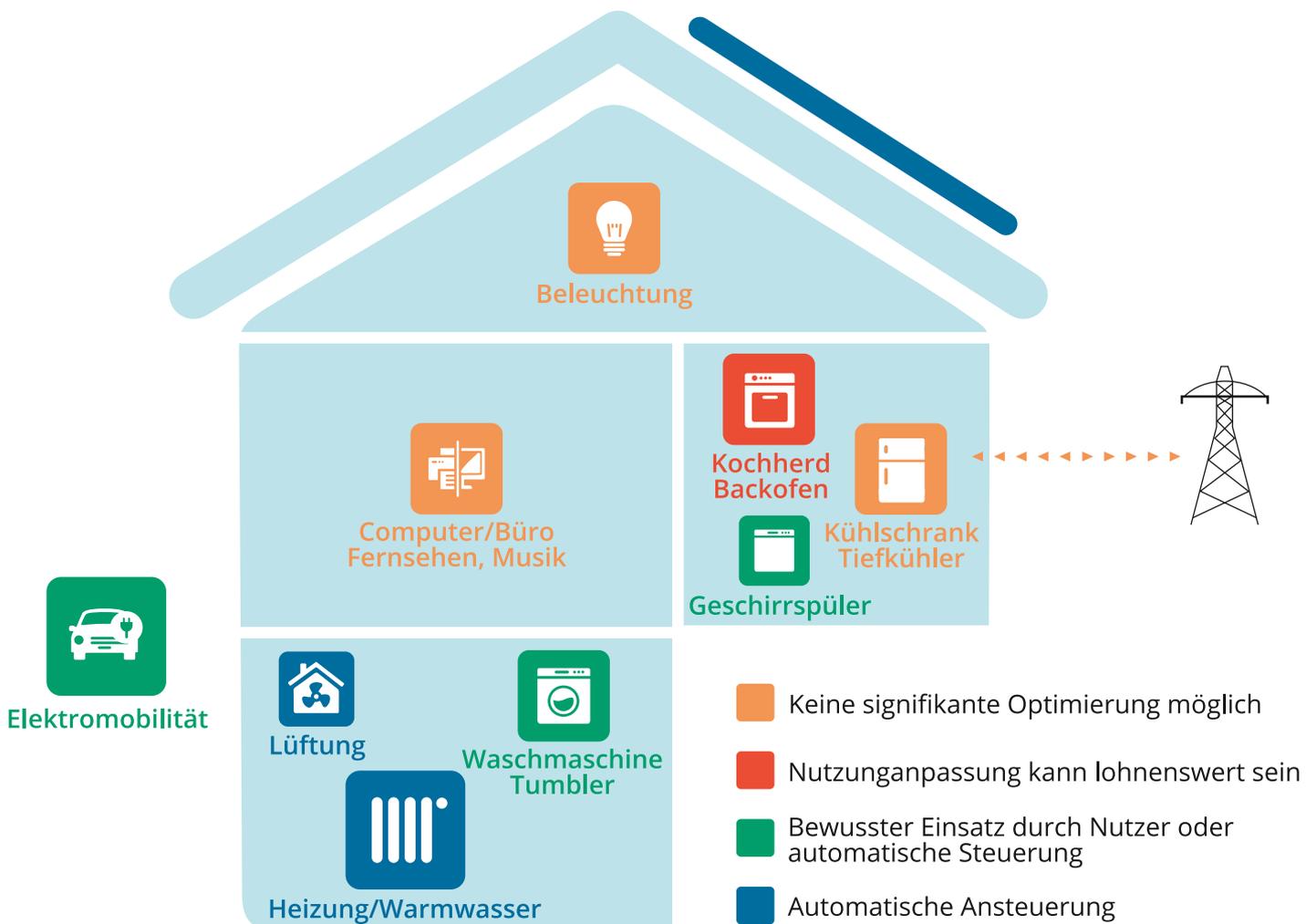


Abbildung 3: Optimierungsmöglichkeiten im Einfamilienhaus. Die Grösse der Kacheln steht für den Stromverbrauch der Geräte und somit für das Optimierungspotential. Die grün hinterlegten Geräte eignen sich gut für die manuelle Eigenverbrauchsoptimierung, die blau hinterlegten Geräte eignen sich gut für die automatische Eigenverbrauchsoptimierung (Quelle: VESE)

2.1 OPTIMIERUNG DURCH WÄRMEERZEUGUNG

Die Warmwasseraufbereitung beansprucht pro Tag bis zu 17 kWh². Eine Optimierung erfolgt dadurch, dass der elektrische Wärmerezeuger das Wasser nicht wie sonst üblich nachts, sondern tagsüber mit Solarstrom aufheizt. Dynamisch ansteuerbare, elektrische Heizstäbe haben den Vorteil, Solarstrom variabel von 0,5 bis über 10 kW 1:1 in Wärme umwandeln zu können. Daneben gibt es in Stufen schaltbare Heizstäbe. Heizstäbe können über eine normale Solaranlage (netzgebunden) mit einer einfachen Überschusssteuerung angesteuert werden oder die Solarmodule werden direkt an den Heizstab angeschlossen. Letzteres spart Kosten bei der Installation der Solaranlage, aber der produzierte Strom kann dann weder für andere Verbraucher noch zur Netz-Einspeisung benutzt werden.

Deutlich energieeffizienter als Heizstäbe sind Wärmepumpen, die mit 1 kWh Strom rund 3 kWh Wärme erzeugen, indem sie der Luft oder dem Untergrund Wärme entziehen. Bei der Ansteuerung von Wärmepumpen müssen verschiedene Dinge beachtet werden, so u.a. fixe Leistungsstufen, minimale Laufzeiten und Ruhezeiten.

Daneben gibt es modulierende Wärmepumpen, welche bedarfs- oder angebotsorientiert betrieben werden können (siehe auch Kapitel 3.1).

Warmwasser-Wärmepumpen beziehen typischerweise 0,5 kW über mehrere Stunden. Wärmepumpen, die auch als Heizung dienen, haben eine höhere Leistung und ermöglichen im Frühling und Herbst einen noch höheren Eigenverbrauch. Sinnvoll ist ein ausreichend gross dimensionierter Wärmespeicher, was je nach Situation auch durch die thermische Kapazität der Baumasse erfüllt werden kann.

LUFT-WÄRMEPUMPEN IN KOMBINATION MIT PV-ANLAGE HABEN EINEN ZUSÄTZLICHEN VORTEIL: SIE BENÖTIGEN WENIGER STROM, JE HÖHER DIE AUSSENLUFTTEMPERATUR IST. LAUFEN WÄRMEPUMPEN TAGSÜBER, ARBEITEN SIE DEUTLICH EFFIZIENTER, ALS WENN SIE NACHTS LAUFEN.

2.2 OPTIMIERUNG HAUSHALTSSTROM

Die Optimierung der anderen Verbraucher im Haushalt kann grundsätzlich auf zwei Arten erfolgen:

- **Von Hand:** Anpassung des Nutzerverhaltens, z.B. indem man die Waschmaschine bei Sonnenschein von Hand einschaltet (Waschmaschine und Geschirrspüler machen bis zu 30% des Haushaltstrombedarfs aus).
- **Automatisch:** Ein Steuergerät verschiebt das Einschalten auf Zeiten mit viel Solarstrom. Zum Beispiel wird die Waschmaschine so programmiert, dass sie automatisch bei genügend Sonnenschein einschaltet. Wird dies konsequent so gehandhabt, erhöht sich der Eigenverbrauch typischerweise um ca. 10%. In Kapitel 3 wird erklärt, wie das genau geht. Abbildung 4 zeigt auf, wie der Eigenverbrauch erhöht werden kann, indem das Waschen vom Abend auf den Mittag gelegt wird.

Kühlen mit der Sonne?

Es ist sinnvoll, auch die Klimaanlage und die Lüftung mit Solarstrom zu betreiben. Kühlschrank und Tiefkühler beanspruchen zusammen 15 bis 30% vom Haushaltsstrom. Es ist grundsätzlich möglich, die Geräte mittels Funksteckdose nur dann freizugeben, wenn überschüssiger Solarstrom vorhanden ist. Dafür sollte die Temperatur der Geräte 1 bis 2 Grad Celsius tiefer eingestellt werden, so dass dem Kühlgut über Nacht eine Kältereserve zur Verfügung steht. beispielsweise hat solar-Log eine Programmfunktion für Tiefkühler mit eigener Temperaturüberwachung. Weil die Qualität des Kühlguts bei Temperaturschwankungen leiden kann, ist hier der Einzelfall genau zu prüfen. Auch ist durch weitere technische Massnahmen sicherzustellen, dass eine Maximaltemperatur nicht überschritten wird.

Gewerbebetriebe optimieren die Nutzung ihrer Kühlung aufgrund von Stromangebot und Strompreis. In grossen Betrieben entspricht eine Kältereserve von einem halben Grad unter Umständen bereits einer grossen Energiemenge, die so kostenlos gespeichert werden kann. Kühlt ein Bauernbetrieb z.B. die Milch nicht direkt, sondern im Eiswasserkühlverfahren, kann Eis auf Reserve mit Solarstrom produziert werden.

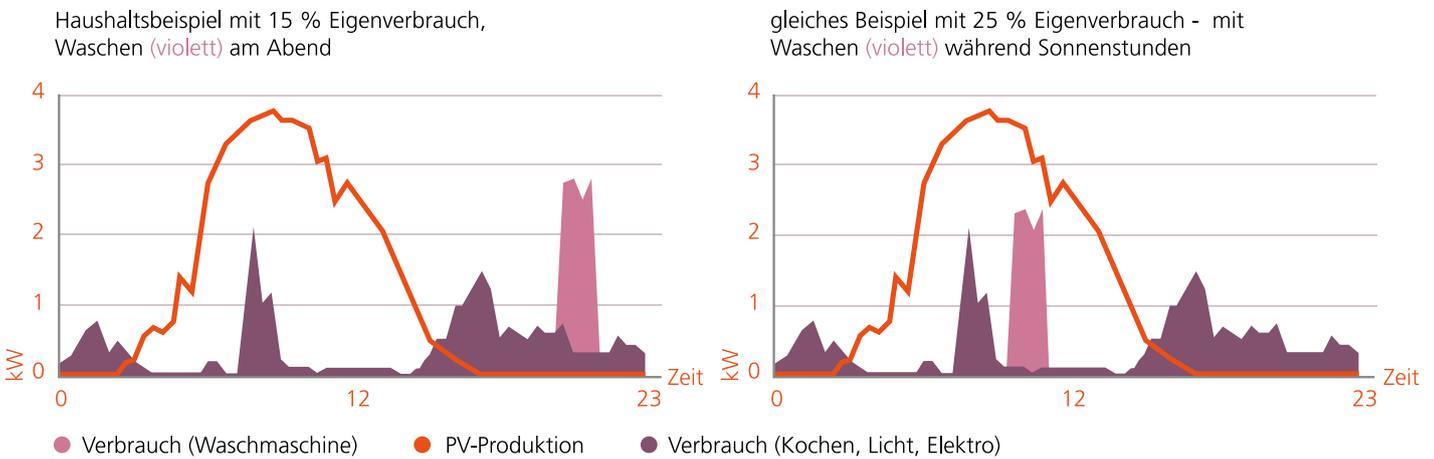


Abbildung 4: Erhöhung des Eigenverbrauches durch Waschen während Zeiten mit viel Solarstrom vom Dach. (Quelle: VESE)

2.3 OPTIMIERUNG DURCH BATTERIESPEICHER

Eine weitere Steigerung des Eigenverbrauchs kann durch Zwischenspeicherung erreicht werden: dann steht der tagsüber produzierte Solarstrom auch abends und nachts zur Verfügung. Diese Zwischenspeicherung erfolgt in der Regel mit Batterien, welche tagsüber mit Solarstrom aufgeladen werden und abends wieder entladen werden.

Dazu ein Beispiel: Für einen 4-Personen-Haushalt mit einem jährlichen Stromverbrauch von 4500 kWh (bzw. 4,5 MWh) und einer PV-Anlage mit einer Leistung zwischen 3 und 6 kWp Leistung ist ein Batteriespeicher mit einer Speicherkapazität von 4 bis 6 kWh (Größe ca. die eines kleinen Kühlschranks) angemessen. Damit kann der Eigenverbrauch von 30% auf bis zu 70% erhöht werden (weitere Infos: pv-speicher.htw-berlin.de > Online-Tools > Unabhängigkeitsrechner).

Die Grafik in Abbildung 5 zeigt auf, wie sich der Eigenverbrauchsanteil in Abhängigkeit der Größe der PV-Anlage und Speichergöße verhält. Auf der X-Achse ist die Leistung der PV-Anlage im Verhältnis zum Jahresverbrauch in MWh eingetragen, auf der Y-Achse die Speichergöße in kWh im Verhältnis zum Jahresverbrauch in MWh. Man erkennt, dass bei einer guten Abstimmung beider Parameter aufeinander hohe Eigenverbrauchsgrade erreichbar sind.

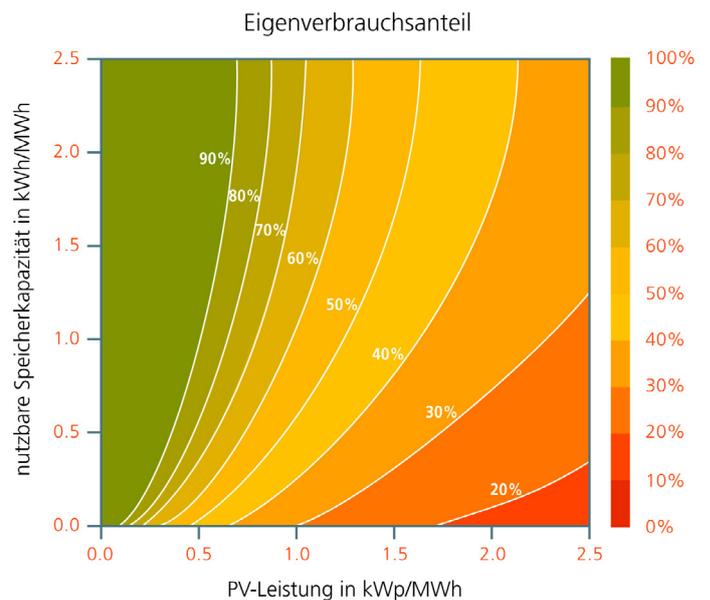


Abbildung 5: Eigenverbrauch in Abhängigkeit von der Batteriekapazität und PV-Anlagenleistung. Beide Werte sind jeweils im Verhältnis zum Jahresverbrauch des Haushaltes gesetzt (Quelle: HTW Berlin)

Der Markt für Batteriespeicher ist zurzeit sehr dynamisch. Regelmässig werden neue Speicher vorgestellt und dementsprechend sind viele Modelle auf dem Markt erhältlich. Allgemein sollten folgende Kriterien bei der Wahl eines Batteriespeichers beachtet werden (Details zu diesen Punkten finden Sie in Kapitel 3.3.):

- Technologie
- Speicherkapazität
- Anzahl Ladezyklen
- Einsatzzweck (Wochenend-Haus, EFH, MFH oder Büro)
- Verbrauchsprofil (davon abhängig sind die Grösse sowie gegebenenfalls die Technologie des Speichers)
- Ort, wo die Batterie aufgestellt wird (zu beachten sind der ideale Temperaturbereich der Batterien und die Sicherheit, da gewisse Speicher nicht im Wohnbereich platziert werden sollten).
- Die maximale Leistungsaufnahme und -abgabe des Speichers sollte zu der Leistung der PV-Anlage und deren angeschlossenen Geräte passen.
- Bei grösseren Anlagen: zusätzliche Aufgaben wie Peak-Shaving oder Netzdienstleistungen

Die aktuellen Preise der Batteriespeicher für ein Einfamilienhaus ergeben bei Lithium-Ionen-Speichern umgerechnet auf die Lebensdauer Speicherkosten von rund 7 bis 65 Rp/kWh³, bei Blei-Batterien sind diese höher. Hinzu kommt noch der Wert des Solarstroms von ca. 7 Rp (d.h. der Preis, den man alternativ für die Einspeisung bekäme). Dies bedeutet, dass der abends aus dem Speicher bezogene Strom dann 14 bis 72 Rp/kWh kostet. Die Speicherlösungen sind also noch nicht wirtschaftlich oder gerade an der Grenze zur Wirtschaftlichkeit. Aufgrund der zu erwartenden weiteren Preisreduktionen bei den Speichern in den nächsten Jahren kann sich dies zukünftig jedoch ändern.

2.4 OPTIMIERUNGSBEREICH ELEKTROMOBILITÄT

Elektrofahrzeuge sind je nach Modell mit Batteriekapazitäten von 5 bis 100 kWh ausgestattet. Somit steht ein weiterer Verbraucher zur Verfügung, der zur Optimierung des Eigenverbrauchs verwendet werden kann.

Sie können auch als Ersatz oder Ergänzung für einen stationären Batteriespeicher zum Einsatz kommen – insbesondere dann, wenn das Auto tagsüber oft zu Hause oder an einem anderen Ort mit Netzanschluss steht. Man spricht auch von Vehicle-to-Home (V2H), d.h. das Elektroauto wird in ein Smart Home integriert. Dies ist heute bereits standardmässig möglich, verschiedene Hersteller arbeiten in diese Richtung und erste Modelle sind auf dem Markt erhältlich. So bietet die Schweizer Firma EVTEC AG solch ein System an: Hier steuert der Energiemanager sowohl die Verbraucher im Haus als auch das Laden des Elektroautos. Sobald eine gewisse Mindestleistung erreicht wird, fängt die Autobatterie an zu laden. Abends, wenn der Stromverbrauch im Haus steigt, wird der Strom aus der Autobatterie wieder abgegeben. Bereits einige Modelle am Markt sind dafür vorbereitet.

Beim Kauf eines Elektrofahrzeuges sollte man darauf achten, dass das Auto bidirektionales Laden (ISO 15118) unterstützt. Aber auch ohne Entladung, bzw. «bidirektionales Laden», trägt ein Elektrofahrzeug, das tagsüber zu Hause mit Solarstrom geladen werden kann, zu einem grossen Teil zur Erhöhung des Eigenverbrauchs bei. Es wird empfohlen, sich bei der kantonalen Energiefachstelle oder beim zuständigen Energieversorger bezüglich der Vorschriften zu erkundigen.

³ Berechnet sich aus: Preis pro gespeicherte kWh = Investitionskosten/(Nutzbare Batteriespeicherkapazität × Gesamte Anzahl Zyklen × Ladeeffizienz)

2.5 DER ZUSAMMENSCHLUSS ZUM EIGENVERBRAUCH (ZEV)

In einem Mehrfamilienhaus oder einem Bürogebäude können sich mehrere Mieter, Stockwerkeigentümer oder Grundstückseigentümer zu einem ZEV zusammenschliessen. Wenn diese von der gleichen Solaranlage versorgt werden, erhöht sich aus statistischen Gründen der Eigenverbrauchsanteil, denn der Verbrauch wird so gleichmässiger (z.B. Ausgleich von Ferienabwesenheit etc.). Ein weiterer Vorteil sind die geringeren Investitionskosten pro Kilowatt für grosse Anlagen, wodurch der Preis pro kWh gegenüber einer Anlage für einen einzelnen Haushalt sinkt.

Es sind verschiedene Umsetzungsmodelle möglich, je nachdem wer die Anlage betreibt. Das kann der Eigentümer der Liegenschaft oder eine dritte Partei wie eine Solargenossenschaft oder der lokale Stromversorger (so genanntes Energie-Contracting) sein. Der Preis, den der Betreiber pro kWh festsetzt, orientiert sich an den Gestehungskosten der PV-Anlage.

Die Abrechnung erfolgt entweder durch die Betreiber selbst oder einen Dienstleister, der auch für den Betrieb und die Auslesung der Messzähler sorgt.

Abbildung 6 zeigt, wie die Mieter eines ZEVs mit Strom von der PV-Anlage auf dem Dach und aus dem Netz versorgt werden, sowie die erforderlichen Messeinrichtungen. Bevor ein Zusammenschluss zum Eigenverbrauch realisiert wird, sollte unbedingt abgeklärt werden, welche Tarife für sie gelten. Unter Umständen gelten für solche PV-Anlagen andere Tarife (z.B. Leistungstarife), die sich negativ auf die Wirtschaftlichkeit auswirken können. Weiter muss beachtet werden, dass ein ZEV nur zulässig ist, wenn die Produktionsleistung der Anlage oder der Anlagen mindestens 10 Prozent der Anschlussleistung des Zusammenschlusses beträgt. Der «Leitfaden Eigenverbrauch» sowie weitere Informationen für die Umsetzung von ZEVs sind zu finden unter www.energieschweiz.ch/eigenverbrauch.

1. Photovoltaikanlage
2. Privatzähler für jede Wohnung/Partei
3. Produktionszähler für die Solaranlage (ab 30 kVA vom VNB)
4. Hauptzähler, einziger Verbrauchszähler gegenüber dem VNB

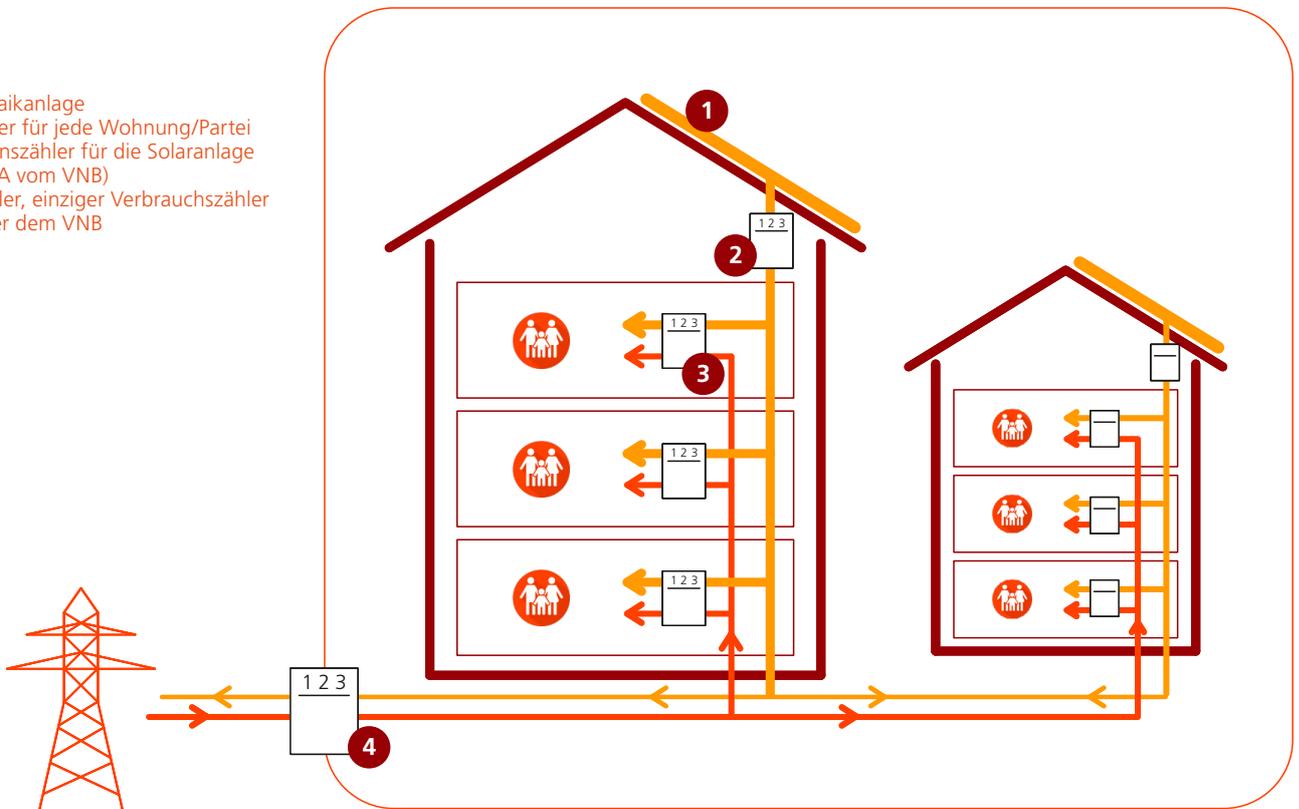


Abbildung 6: Zusammenschluss zum Eigenverbrauch

2.6 SOLARSTROM IM «SMART HOME» UND «SMART OFFICE»

«Smart Home» bzw. «Smart Office» dienen als Oberbegriffe für technische Verfahren und Systeme in Wohnräumen, Wohnhäusern und Büros. In deren Mittelpunkt stehen die Erhöhung von Wohn-, Lebens- und Arbeitsqualität, die Sicherheit und eine effiziente Energienutzung durch Vernetzung der Geräte sowie automatisierbare Abläufe. Abwesenheitsschaltungen ermöglichen beispielsweise Energieeinsparungen im Wärmebereich. In diesem Kontext ist auch die Ansteuerung von energieverbrauchenden Geräten je nach Energieverfügbarkeit und -tarif möglich. Die Optimierung vom Solarstrom-Eigenverbrauch ist ein Teilaspekt. Büros und Produktionsbetriebe sind aufgrund ihres Lastprofils prädestiniert für einen hohen Eigenverbrauch und erreichen oft einen höheren Eigenverbrauchsanteil als Ein- und Mehrfamilienhäuser.

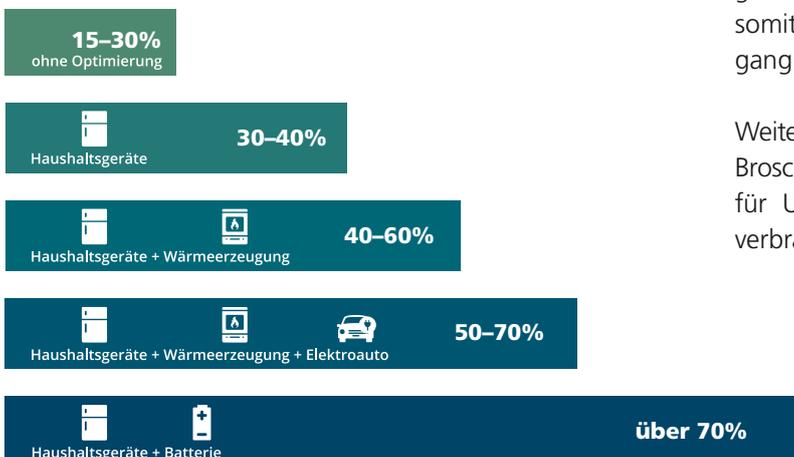
2.7 ERREICHBARE EIGENVERBRAUCHSANTEILE

Im Haushalt

Je nach Anzahl und Art der Geräte, die bei der Optimierung des Eigenverbrauchs eingebunden werden, können unterschiedlich hohe Eigenverbrauchsanteile erreicht werden. Abbildung 7 zeigt in der Praxis erreichbare Anteile für verschiedene Konstellationen.

In kleinen und mittleren Unternehmen (KMU)

In Gewerbebetrieben und KMU ist das Eigenverbrauchspotenzial sehr individuell, je nachdem, wann und welche Art



Stromverbraucher benutzt werden. Generell kann jedoch aufgrund der hohen Tageslast ein hoher Eigenverbrauchsanteil erreicht werden, meistens höher als im Wohnbereich. Falls eine regelmässige und hohe Tageslast vorliegt, kann auch bei einer relativ grossen PV-Anlage ein hoher Eigenverbrauch von mehr als 50% erreicht werden. Dies sind zum Beispiel Produktionsbetriebe mit hoher Automation und Wochenendschicht, Büros, Gemeinschaftsküchen und Einkaufszentren. Mit eigenverbrauchsoptimierten PV-Anlagen, welche nur einen Teil des Jahresverbrauchs abdecken, kann sogar ein Eigenverbrauchsanteil bis zu 100% erreicht werden. Wird am Wochenende nicht gearbeitet, liegt der Eigenverbrauchsanteil erfahrungsgemäss bei 60 bis 80%.

Ebenfalls interessant sind Heimbetriebe, also Altersheime und Spitäler mit hohem Verbrauch tagsüber während sieben Tagen pro Woche. Ein Altersheim mit einem Stromverbrauch von 300'000 kWh jährlich kann von einer 100 kWp-Anlage über 90% des Stroms zeitgleich vor Ort konsumieren. Landwirtschaftliche Betriebe mit mehreren Gebäuden und Kühlgeräten z.B. für Milch, Obst oder Gemüse können insgesamt auch zu einem hohen Eigenverbrauch (oftmals 50 bis 80%) führen.

Unternehmen mit einem Stromverbrauch von mehr als 100 MWh/a können ihren Strom auf dem freien Markt einkaufen. Zusammen mit den Gebühren für die Netznutzung und Abgaben entsprechen die Gesamtkosten pro kWh ungefähr dem Gestehungspreis einer grösseren Photovoltaikanlage (ab ca. 100 kWp, 8 bis 13 Rp/kWh). Falls ein genügend hoher Eigenverbrauchsanteil erreicht wird, können somit PV-Anlagen auch für Betreiber mit freiem Marktzugang wirtschaftlich sein.

Weitere Informationen dazu können Sie in der EnergieSchweiz-Broschüre «Solarstrom Eigenverbrauch: Neue Möglichkeiten für Unternehmen» finden (www.energieschweiz.ch/eigenverbrauch).

Abbildung 7: Richtwerte für die erreichbaren Eigenverbrauchsanteile in Abhängigkeit der optimierten Gerätegruppe. Weitere Konstellationen sind ebenfalls möglich und können zu noch höheren Eigenverbrauchsanteilen führen. (Quelle: VESE)

FÜR DEN INSTALLATEUR

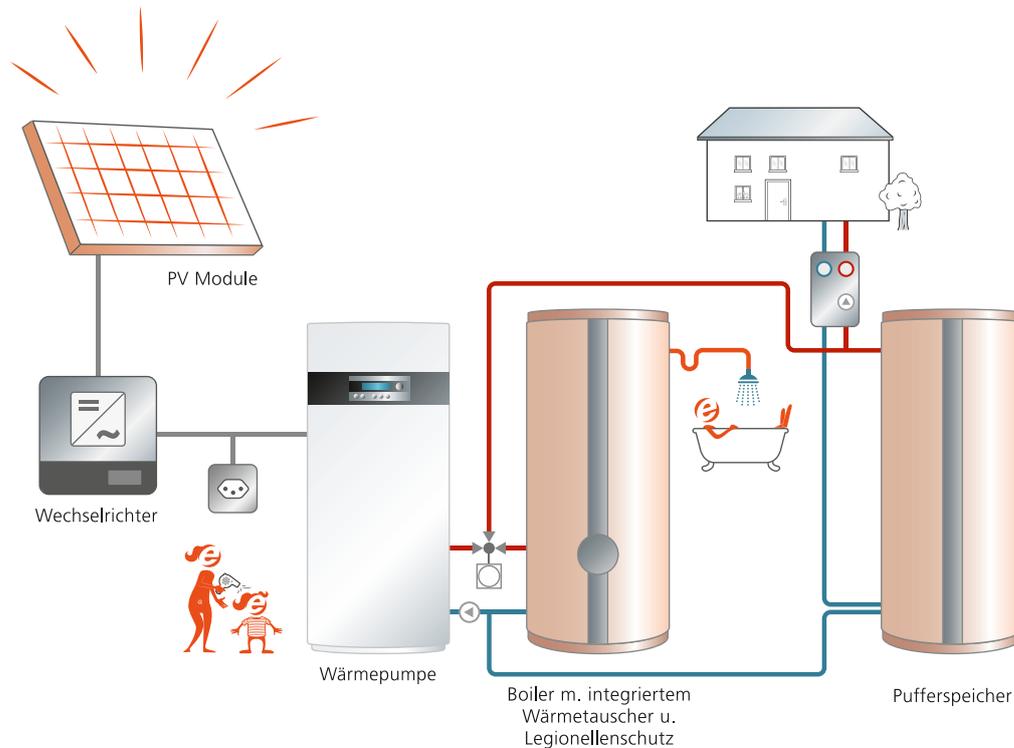


Abbildung 8: Hydraulisches Anschlusskonzept Wärmepumpe mit PV-Anlage (Quelle: VESE)

3 KONZEPTE UND STEUERUNGEN, GERÄTEÜBERSICHT

Die nachstehenden Angaben richten sich in erster Linie an Planer und Installateure, die eine Anlage konzipieren, aber auch an technikversierte Laien. Wer lediglich sein Verständnis des Eigenverbrauchs erhöhen will, kann Kapitel 3 überspringen und direkt zu Kapitel 4 «Sechs Schritte zu höherem Eigenverbrauch» übergehen.

Folgende Technologien und ihre grundsätzlichen Steuerungskonzepte sind in der Praxis im Einsatz:

1. Wärmepumpen
2. Solarwechselrichter
3. Batteriespeicher
4. Elektroladestationen
5. Separate Steuergeräte
6. «Smart Home»

Die folgenden Kapitel geben eine Übersicht der auf dem Markt erhältlichen Geräte, zugehörige Steuerungskonzepte und Anwendungsmöglichkeiten.

Hinweis:

Der Markt für Geräte zur Eigenverbrauchsoptimierung ist sehr dynamisch, die in den folgenden Tabellen gemachten Aussagen sind deshalb vor Planung und Ausführung zu überprüfen. Die Informationen in den Tabellen können die Realität nicht vollständig abbilden, da monatlich neue Geräte auf den Markt kommen. Es wurde aber Wert auf einen umfassenden Überblick der technischen Möglichkeiten (Stand Sommer 2020) gelegt.

3.1 WÄRMEPUMPEN

Eine Wärmepumpe kann mit einer Photovoltaikanlage nicht autark betrieben werden, da sie ganzjährig Strom benötigt, insbesondere in den sonnenarmen Wintermonaten für den Betrieb der Heizung. Von Dezember bis Februar produziert die Photovoltaikanlage je nach Standort jedoch nur einen geringen Teil (ca. 10 bis 15%) der Jahresenergie. Trotzdem kann mit einem Energiemanagementsystem der Eigenverbrauch der Solaranlage durch eine Wärmepumpe deutlich

Erhöhung des Eigenverbrauchs

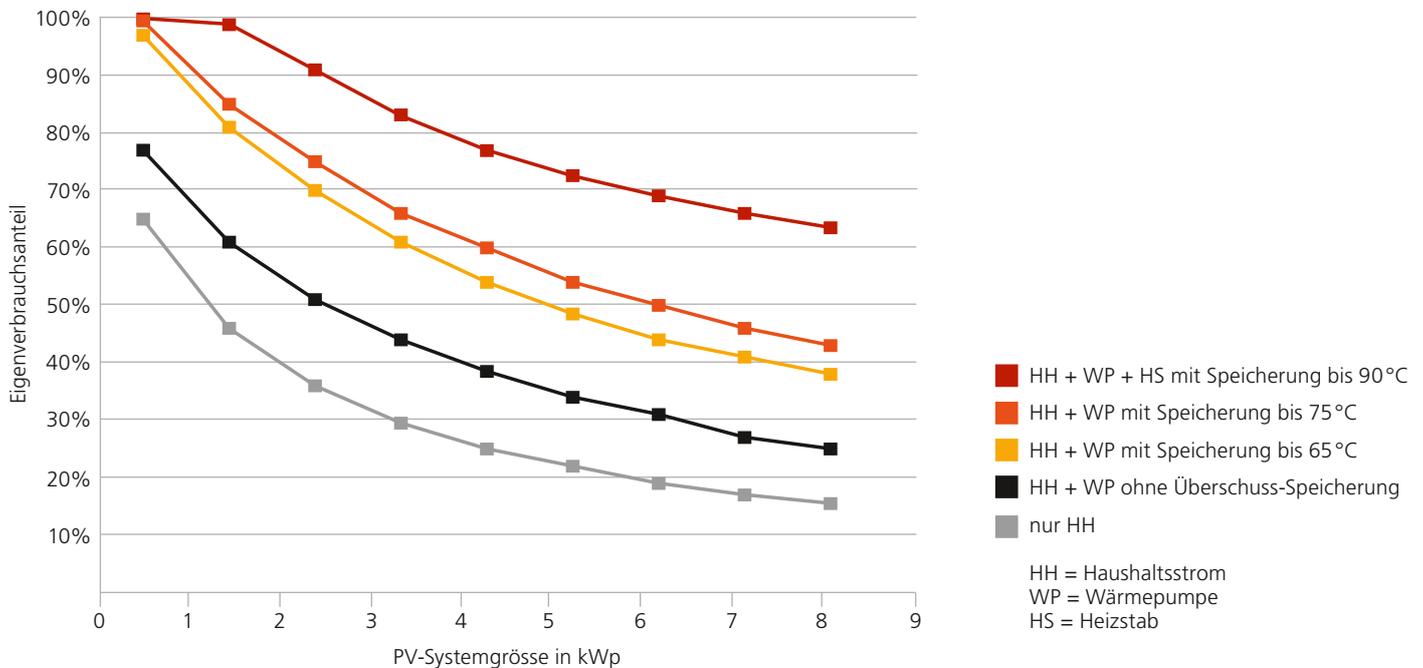


Abbildung 9: Weitere Erhöhung Eigenverbrauchs Anteil durch Temperaturüberhöhung. Deutlich sieht man, dass durch höhere Temperaturen im thermischen Zwischenspeicher die Höhe des Eigenverbrauchsanteils gesteigert werden kann. Bei einem solchen Vorgehen sind unbedingt die Herstellervorschriften zu beachten (Quelle: T. Tjaden, HTW Berlin, 2013)

erhöht werden. Durch eine Optimierung wird die Wärmepumpe automatisch eingeschaltet, wenn die PV-Anlage genügend Leistung produziert, so dass ein grösserer Anteil des Warmwassers und/oder der Heizenergie mit Eigenstrom erzeugt werden kann. Insbesondere der Anteil für das Brauchwarmwasser erhöht den Eigenverbrauch deutlich.

Hydraulische Anschlusskonzepte

Abbildung 8 zeigt ein typisches hydraulisches Anschlusskonzept. Damit der Solarstrom optimal genutzt werden kann, empfiehlt sich ein thermischer Pufferspeicher. Mit dem nicht sofort verbrauchten PV-Strom wird Wasser mit der Wärmepumpe erhitzt und im Pufferpeicher zwischengelagert. Bei der Einbindung empfiehlt es sich, einen schichtenden Speicher zu verwenden bzw. darauf zu achten, dass das Wasser im Speicher bei der Beladung durch die Wärmepumpe nicht zu stark durchmischt wird. Eine gute Schichtung erhöht den Wirkungsgrad (COP) der Wärmepumpe erfahrungsgemäss um einige Zehntel. Siehe dazu auch den Schlussbericht zum Projekt «CombiVolt» des Instituts für Solartechnik SPF.

Eine weitere Steigerung des Eigenverbrauchs ist möglich, wenn die Wärmepumpe mit Temperaturüberhöhung betrieben wird: also wenn z.B. der Wasserzweischenspeicher auf höherer Temperatur betrieben wird als notwendig und/oder Wärmeenergie im Betonkern («Betonkernaktivierung») oder in der allgemeinen Gebäudemasse («Raumtemperaturüberhöhung», z.B. auf 21 oder 22 Grad Celsius) gespeichert wird. Siehe dazu Abbildung 9. Allerdings muss beachtet werden, dass sich mit steigender Wärmepumpentemperatur der Wirkungsgrad (COP) der Wärmepumpe verschlechtert.

Steuerungen (Kommunikation)

In der Praxis werden mehrere Möglichkeiten zur Kommunikation der Wärmepumpe mit dem Wechselrichter eingesetzt:

- Verbindung Wechselrichter und Wärmepumpe mit einem Kabel. Der potentialfreie Schaltkontakt des Wechselrichters sendet bei genügend hoher Solarstromproduktion ein Signal an die Wärmepumpe. Diesem Signal liegt ein fest eingestellter Leistungswert der Photovoltaikanlage zu Grunde. Der Leistungswert beinhaltet den Bedarf der

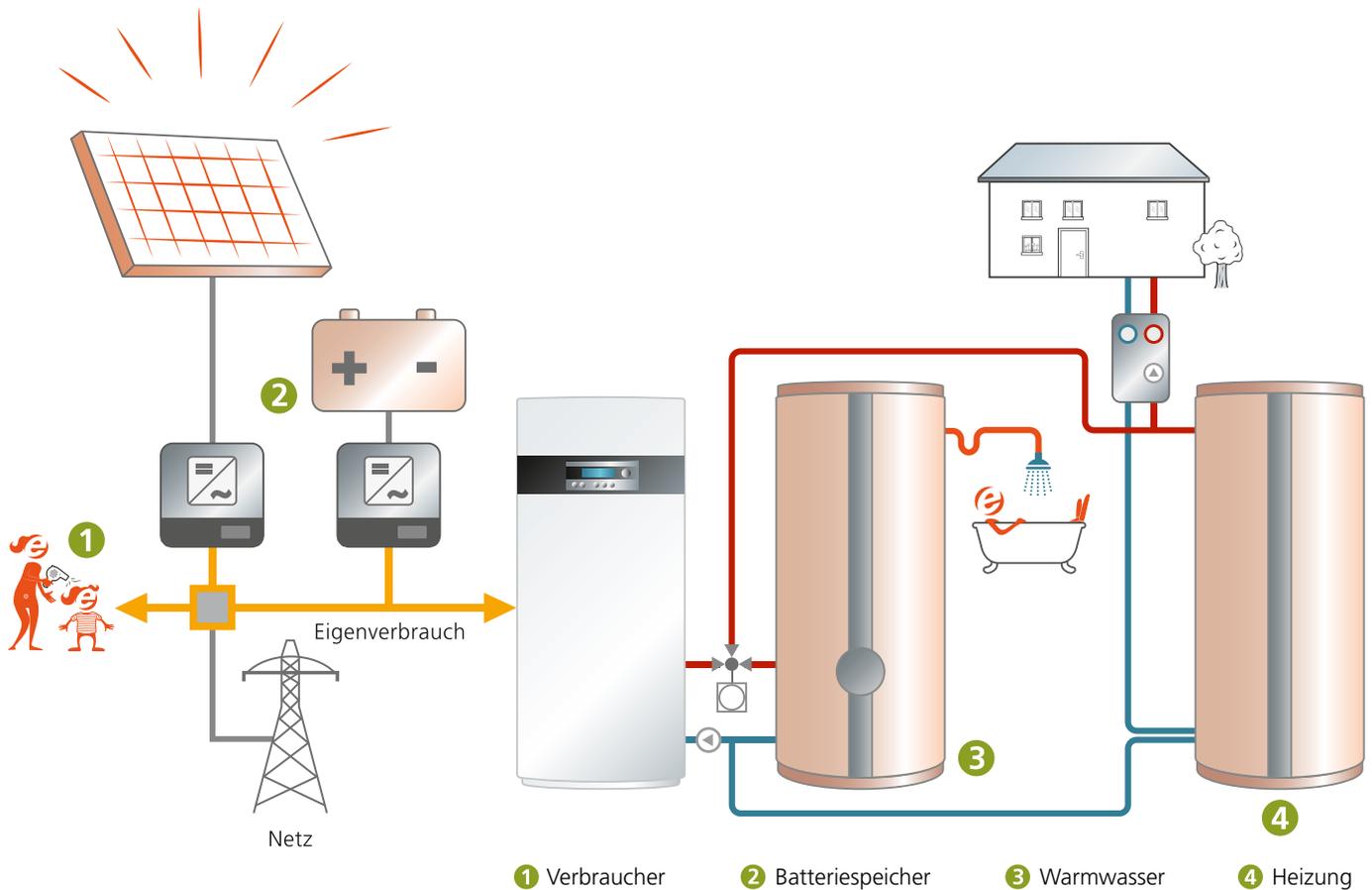


Abbildung 10: PV-System mit Batteriespeicher, Warmwasserspeicher und Wärmepumpe mit SG-Ready-Schnittstelle. Die Nummerierung gibt die mögliche Reihenfolge an, mit der die Komponenten als Speicher für Solarstrom vom Energiemanagement genutzt werden können. (Quelle: VESE)

Haushaltsgeräte und der Wärmepumpe. Aufgrund dieses fixen Leistungswerts kann der Solarstrom allerdings nicht optimal genutzt werden.

- Die Optimierung des Eigenverbrauchs wird mit der Schnittstelle SG Ready (SG = Smart Grid) der Wärmepumpe erreicht. Dabei handelt es sich um eine Schnittstelle, über welche vier Betriebszustände vorgegeben werden können.
 - Abschalten (max. 2 h),
 - Empfehlung für Normalbetrieb,
 - Empfehlung verstärkter Betrieb (z.B. Temperaturerhöhung, der WP-Regler entscheidet dies),
 - Einschalten, wenn irgend möglich.

Die Steuerung der Schnittstelle erfolgt entweder durch den Wechselrichter oder durch eine der folgenden Komponenten:

- Smart Meter: Die elektrische Leistungsfähigkeit der Wärmepumpe wird eingestellt und dient als Schaltkriterium. Der Smart Meter misst den Strom, der nach Versorgung aller anderen Verbraucher übrig bleibt.
- Energiemanagementsystem: Ein solches System erlaubt eine weitere Steigerung des Eigenverbrauchs. Darin können einzelne Verbraucher wie Waschmaschine, Tumbler oder Wärmepumpe mit ihrem Betriebsprofil hinterlegt und z.B. über Funksteckdosen, die SG-Ready-Schnittstelle oder busbasierte Kommunikationsarten eingeschaltet werden. Aufgrund von Wetterdaten erstellt das System Ertragsprognosen und entscheidet (sogenannte antizipierende Regelung), wann welcher Verbraucher, inkl. der Wärmepumpe, zugeschaltet werden kann.

Heizstab als Ergänzung oder Alternative zur Wärmepumpe

Warmwasser kann auch mit Heizstäben erzeugt werden. diese funktionieren wie ein grosser Tauchsieder und werden direkt in den Boiler eingebaut. Die energetische Effizienz beträgt allerdings nur ca. 1/3 einer Wärmepumpe. Die Anschlussleistung beträgt meistens zwischen 1 und 10 kW.

Steuerungskonzepte:

- a) «Ein-Aus-Steuerung»: der Heizstab wird entweder mit 100%-Leistung aktiviert oder abgeschaltet (z.B. durch Wechselrichtersignal)
- b) «PWM- oder Sinus-Steuerung»: Hier kann der Heizstab normalerweise zwischen 5% und 100% seiner Nennleistung betrieben werden. Solche Steuerungen, die zwischen Wechselrichter und Heizstab geschaltet werden, haben mehrere Hersteller im Angebot. Es ist darauf zu achten, dass der Wechselrichter oder der Eigenverbrauchsmanager einen entsprechenden Ausgang zur Ansteuerung des Heizstabs hat. Als Alternativen zur «PWM-Steuerung» werden auch Phasenanschnitts- oder Phasenabschnittsschaltungen angeboten. Da sie Netzstörungen verursachen können, sind allerdings nicht alle Geräte zugelassen und muss mit dem Energieversorger oder dem PV-Spezialisten abgeklärt werden.

Beispiel: eine 5-kWp-PV-Anlage produziert zu einem bestimmten Zeitpunkt 2 kW «Überschussstrom», der Heizstab hat eine Leistung von 3 kW. Würde man den Heizstab jetzt zu 100% einschalten («Ein-Aus-Steuerung»), so würden zusätzlich aus dem Netz 1 kW bezogen (3-kW-Heizstabelleistung; 2-kW-Solarstromleistung). Mit einer PWM-Steuerung könnte man den Heizstab mit 66% seiner Nennleistung betreiben, d.h. seine Aufnahmeleistung wäre dann ca. 2 kW, damit wäre der Solarstrom optimal ausgenutzt.

→ *Achtung: Eine elektrische Erwärmung des Warmwassers ist für Neuanlagen nur noch mit Photovoltaik-Strom erlaubt. Eine Steuerung des Elektrizitätswerkes ist trotzdem noch notwendig.*

Zur Ansteuerung der Wärmepumpe durch den Wechselrichter eignet sich eine Smart Relais Box als Schalter. SG Ready wird von allen namhaften Wärmepumpenherstellern angeboten, es sind auch weitere Kommunikationsschnittstellen möglich.

Abbildung 7 zeigt ein Beispiel für ein System, bei welchem der direkte Eigenverbrauch mit einer Batterie und einer Wärmepumpe zur Eigenverbrauchsoptimierung kombiniert wird. Mit solchen Systemen können sehr hohe Eigenverbrauchsanteile erreicht werden, die Ziffern in Abbildung 10 geben da-

bei die Reihenfolge an, in der ein Eigenverbrauchsmanager (in der Abbildung nicht dargestellt) die einzelnen Geräte ansteuern kann. PV-Strom wird also hier zuerst direkt verbraucht, der dann noch vorhandene Strom in der Batterie gespeichert und dann noch allfällig vorhandener PV-Strom mit Hilfe der Wärmepumpe als heisses Wasser gespeichert. Dieses Heisswasser kann dann abends zur Raumheizung und als Warmwasser genutzt werden.

Kühlen mit Wärmepumpen

Wärmepumpen können nicht nur heizen, sondern auch kühlen, falls sie so konzipiert sind. Dies macht insbesondere dann Sinn, wenn eine Photovoltaikanlage im System integriert ist. Dann kann das Gebäude bei ausreichender PV-Produktion ohne Strom vom Netz gekühlt werden. Es gibt zwei Möglichkeiten dafür:

- **Aktiv kühlen:** mit Luft/Wasser-Wärmepumpen, Verdichter ist in Betrieb und wird mit Solarstrom betrieben
- **Passiv kühlen:** mit Sole/Wasser-Wärmepumpen, Verdichter ist ausser Betrieb, Kühlung erfolgt nur mit Umwälzpumpe

Modulierende Wärmepumpe

Sogenannte «modulierende» oder auch «Inverter-Wärmepumpen» genannte Geräte enthalten eine elektronische Drehzahlregelung des Kompressors. Die Wärmeleistung wird hier dem effektiven Bedarf bzw. dem Solarenergieangebot angepasst. Daraus resultieren weniger Ein-/Ausschalt-Zyklen, längere Laufzeiten und damit ein tendenziell höherer Eigenverbrauch. Die modulierenden Wärmepumpen liegen preislich etwas höher, diese Mehrinvestition zahlt sich aber in der Regel schnell aus.

3.2 SOLAR-WECHSELRICHTER

Fast alle neuen Solar-Wechselrichter-Serien haben einen Relaisausgang, mit dem ein Haushaltgerät (z.B. eine Waschmaschine) freigegeben werden kann.

Es kann entweder eine Einschalt- und Ausschaltleistung festgelegt werden (z.B. bei Solarleistung 2500 W ein/2000 W aus); oder wenn die Einschaltleistung für x Minuten überschritten wird, wird das Freigabesignal für y Minuten aufrechterhalten (z.B. 2 Minuten über 2000 W abwarten, dann 60 Minuten Freigabe).

Hat ein Verbraucher keinen Steuerungseingang, kann eine vorgesetzte Schaltvorrichtung die Stromversorgung unterbrechen, wie in Abbildung 11 gezeigt: Der Wechselrichter steuert einen Schalter an, welcher die Stromzufuhr für die Geräte unten abschalten kann. Rechts neben diesem Schalter befindet sich noch ein Handschalter, welcher es erlaubt, die Geräte manuell zu aktivieren.

Waschmaschinen und Geschirrspüler setzen ihr Programm nach einem Stromunterbruch fort; dies ist üblicherweise im Hinblick auf Mittagssperrzeiten so vorgesehen, muss im Einzelfall aber unbedingt geprüft werden. Zusätzlich muss das

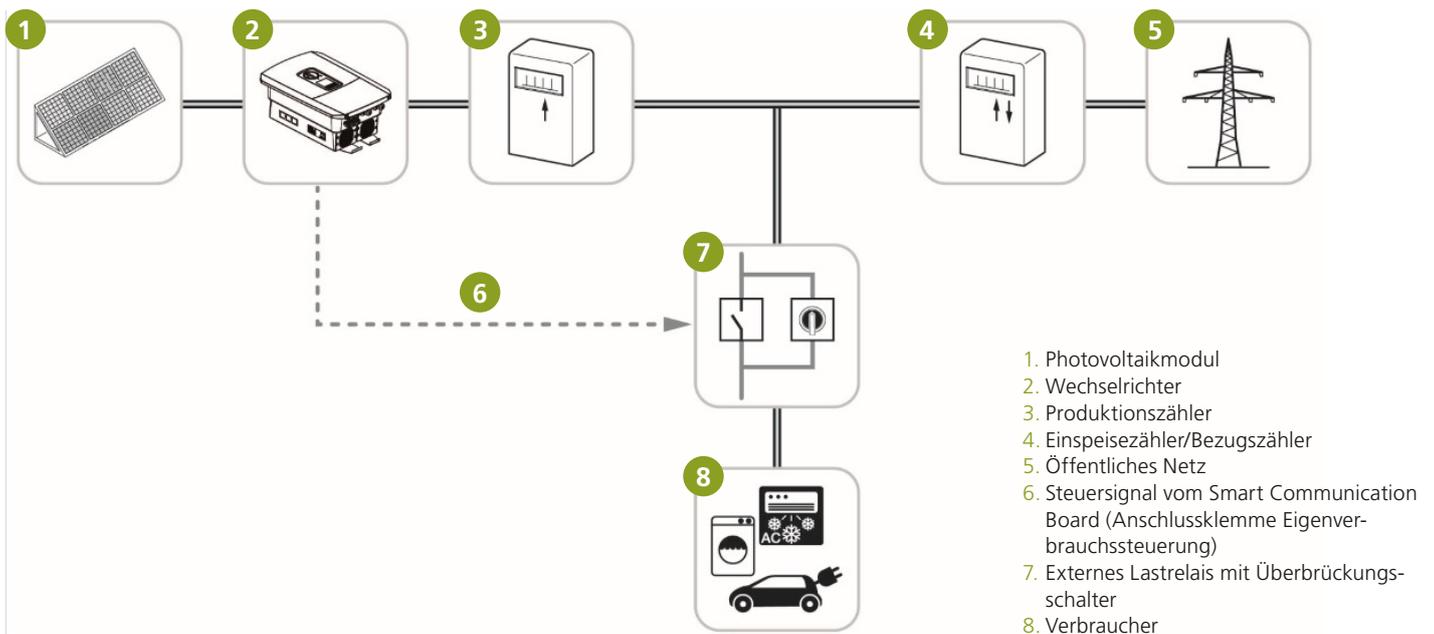


Abbildung 11: Vorgesetzte Schaltvorrichtung (Quelle: Kostal, 2020)

Programm vorgängig eingestellt werden. Da dies z.B. morgens vor der PV-Freigabe erfolgt, ist ein manueller Überbrückungsschalter zweckmässig: Überbrückungsschalter ein, Gerät programmieren, Überbrückungsschalter aus, warten auf Freigabe von PV.

Vorteil: Ausser der Verkabelung entstehen keine Mehrkosten.

Nachteil: Diese einfache Schaltung hat keine Intelligenz, die verhindert, dass bei bereits hohem Stromverbrauch (z.B. zum Kochen) zugeschaltet wird und Strom vom Netz bezogen wird (dies kann durch ein für viele Wechselrichter erhältliches, zusätzliches Leistungsmessgerät vermieden werden).

In Tabelle 2 wird eine nicht abschliessende Auswahl an Wechselrichtern und ihren wichtigsten Parametern gegeben (Stand: Sommer 2020). Dabei ist zu beachten, dass die Daten Herstellerangaben sind.

Wechselrichter mit integriertem Eigenverbrauchsmanagement wie z.B. Speichersteuerung

Produkt	1ph: H2.5 Flex, H3A Flex, H4A Flex, H5A Flex 3ph: M6A, M8A, M10A	RCT Power Inverter oder Power Storage DC	ET-Serie und BT-Serie	blueplanet hybrid 10.0 TL3
Anbieter	Delta Electronics	RCT Power GmbH	GoodWe Europe GmbH	KACO new energy GmbH
Link	https://solarsolutions.delta-emea.com/de/index.html	www.rct-power.com	www.goodwe.com	www.kaco-newenergy.com
Optimierungsbereich	Haushalt/Wärme	Haushalt/Wärme	Haushalt/Wärme	Haushalt/Kleingewerbe
Anzahl interne Relais	1	1	Ja	1
Kommunikation	1ph: WIFI 3ph: WIFI und RS-485	TCP, ModBus, Digital I/Os	RS-485, W-LAN, optional: LAN	Ethernet, RS-484
Einschaltlogik	Leistung	Einschaltleistung, stabiles Überschreiten	Einschaltleistung, stabiles Überschreiten	PV-Spannung, Batterieladestand, Hausverbrauch
Ausschaltlogik	Leistung, Zeit	Ausschaltleistung	Ausschaltleistung oder Laufzeit	PV-Spannung, Batterieladestand, Hausverbrauch
Bemerkungen	1ph: Monitoring und Kommissionierung über WIFI 3ph: Monitoring über WIFI oder RS-485+ Datalogger DC1; Kommissionierung über WIFI oder RS-485	Power Inverter ist reiner Solarwechselrichter, Power Storage ist Hybridwechselrichter mit der Möglichkeit, später Batterien nachzurüsten	3-phasiger, schiefastfähiger Notstrombetrieb mit Umschaltzeit < 10ms integriert. Hybrid-Wechselrichter mit integriertem Batteriemanager.	Integriertes Eigenverbrauchsmanagement mit vollständiger Kompensation des Hausverbrauchs, Kompatibel zu OpenEMS Energiemanagement
Ansteuerbare Speicher	Samsung SDI Speicher	Eigene Speicher (siehe Speichersysteme)	BYD: Battery-Box Premium HVM, Battery-Box Premium HVS/Pylontech: Powercube H1-48, Force-H2/Soluna (nur ET): Soluna 15K Pack HV/Dyness: Dyness Tower (T7, T10, T14, T17)	BYD Battery-Box HV/HVS/HVM Energy Depot DOMUS Batterien
Lade- und Entladeleistung Speicher	3 kW	10 kW	Bis zur maximalen Wechselrichterleistung und je nach Batteriemodell	Hochvoltssystem mit bis zu 25 A (10 kW) Lade- und Entladeleistung
Notstrom-/Inselfähigkeit Speichersystem	Inselfähig	Inselfähig, 10 sec Umschaltzeit	Bis zur maximalen Wechselrichterleistung und je nach Batteriemodell	3-phasiger Notstrombetrieb mit 10 kW Gesamtleistung oder Inselfähigkeit optional möglich. Schwarzstartfähig, solare Nachladung
				

Tabelle 2: Wechselrichter mit integriertem Eigenverbrauchsmanagement.

PLENTICORE plus 3.0–10	Sunny Boy, Sunny Tripower, Sunny Boy Storage	StorEdge Dreiphasen- Wechselrichter	Symo/Primo
KOSTAL Solar Electric GmbH	SMA Solar Technology AG	SolarEdge Technologies Inc.	Fronius International GmbH
www.kostal-solar-electric.com	www.sma.de	www.solaredge.com	www.fronius.com
Haushalt/Energie	Haushalt/Strom & Wärme	Haushalt/Wärme/Smart Energy	Haushalt/Wärme
1	0*	0	keine, nur Digitalsignale
LAN, RS-485, 4x digital I/O, Modbus (TCP)/SunSpec	RS-485, W-LAN, Speedwire (LAN), Modbus TCP, EEBUS 1.0, SEMP, SG-Ready	1 x Ethernet, 2 x RS-485 und W-LAN integriert, optional ZigBee und GSM	Modbus TCP/IP, Modbus RTU (RS-485), 6x Digital-IN, 6x Digital-Out, W-LAN, LAN
Einschaltleistung, stabiles Überschreiten	PV-Prognose (Muss- und Kann-Verbraucher), PV-Überschuss	Automatischer «Smart Saver» Modus mit Priorität Eigenverbrauchsoptimierung. Zeitplan (ToU – Time of use) optional wählbar.	Einschaltleistung, stabiles Überschreiten
Ausschaltleistung oder Laufzeit	PV-Prognose (Muss- und Kann-Verbraucher), PV-Überschuss	Kein Überschuss, minimale Laufzeit Verbraucher oder Ablauf Zeitplan	Ausschaltleistung, Laufzeitvorgabe
Energiezähler «KOSTAL Smart Energy Meter» als Zubehör erhältlich. Damit ist Schalten gemäss Rückspeiseleistung statt WR-Leistung möglich. 3 DC-Eingänge bzw. MPP-Tracker. Der 3. Eingang kann mittels optional erhältlichem Freischaltcode als Batterie-eingang konfiguriert werden.	*Optional sind über den Homemanager bis zu 12 Verbraucher im aktiven Energiemanagement steuerbar. SMA SMART HOME Kompatibilitätsliste für elektrische Verbraucher (www.SMA.de) <ul style="list-style-type: none"> • Verbrauchsanalyse einzelner Verbraucher • Optimierte Batterieladung in SMA Speichersystemen • Energiemanager mit integrierter Messeinrichtung 	Warmwasser-Controller, Smart Energy Switch und Smart Energy Relais werden via Funk (ZigBee) Standard angesteuert. Ein ZigBee Modul kann bis zu 10 Geräte steuern. Es empfiehlt sich einen SolarEdge Zähler zur Erfassung des Hausverbrauchs zu installieren und dynamisch zu regeln.	Mit ext. Stromzähler Berücksichtigung der Rückspeiseleistung. 12-V-Digitalkontakt, direkter Datenaustausch mit Loxone Miniserver, erweiterbar mit Fronius Smart Meter. Generell Kommunikation über Modbus TCP und/oder RTU (RS-485) mit anderen Geräten möglich; *Leistungsaufnahme vom Netz oder externen Erzeugungseinheiten für das Laden des Speichers. Wichtig: Die obig angegebenen Leistungen können nicht erreicht werden, wenn die Lade- und Entladeleistung durch den Speicher begrenzt wird.
BYD Battery-Box Premium, weitere Hersteller in Planung	u.a. BYD, LG-Chem (siehe Batterie Kompatibilitätsliste auf www.SMA.de)	kompatibel mit 48V Batterien der Hersteller BYD und LG Chem	BYD Premium HVM und HVS
6.5 kW	Siehe Nennleistung Datenblatt Sunny Boy Storage (2.5/3.7/5/6)	5	Max. AC-Entladeleistung: 6.22 kW, 8.25 kW und 10.3 kW (abhängig vom Wechselrichtertyp); Max. AC-Ladeleistung*: 6 kW, 8 kW und 10 kW (abhängig vom Wechselrichtertyp)
Nein	Sunny Boy Storage: Notstromfunktion oder Ersatzstrom (dazu automatische Umschaltbox notwendig)	Nein	Option 1: PV-Point (einphasig), Option 2: Full-Backup (dreiphasig, eine zusätzliche Netztrennung ist erforderlich z.B.: Enwitec-Box), Umschaltzeit der beiden Notstromlösungen: < 90 Sec.
			

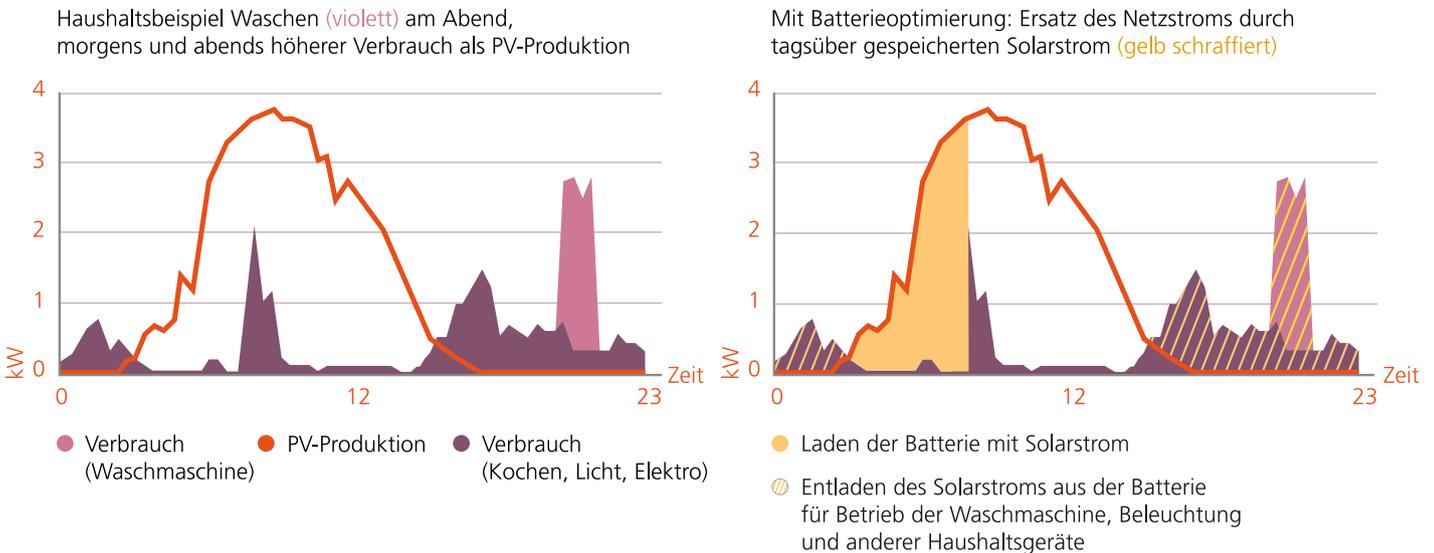


Abbildung 12: Erhöhung des Eigenverbrauchs mittels dem Einsatz einer Batterie. Hinweis: Hier wird ein beispielhafter Batterieladeverlauf gezeigt. In der Praxis können Batterien auch auf netzoptimiertes Laden (d.h. über den Tag verteilt) programmiert werden. (Quelle: VESE)

3.3 ANSCHLUSS EINES BATTERIESPEICHERS

Der Eigenverbrauchsanteil des produzierten Stroms kann durch den Gebrauch eines Batteriespeichers signifikant erhöht werden, wie in Abbildung 12 illustriert wird. Die Speicherung des Solarstroms war bisher sehr kostenintensiv. Aufgrund sinkender Batteriepreise, eher niedrigen Rücklieferstarifen und regional steigenden Strompreisen wird diese aber zunehmend wirtschaftlich interessant.

Es sind verschiedene Batterietechnologien auf dem Markt, wobei die Lithium-Ionen-Batterie ca. 80% der Neuinstallationen ausmacht. Ebenfalls verwendet werden Blei-, Natrium-Schwefel-, Nickel-Cadmium- und Redox-Flow-Batterien.

Mehr zum Thema Batteriespeicher gibt es auch in der Broschüre «Stationäre Batteriespeicher in Gebäuden» von EnergieSchweiz.

WAS MUSS BEI DEN BATTERIESPEICHERN BEACHTET WERDEN?

Lebensdauer, Anzahl Zyklen, nutzbare Speicherkapazität und Energiedichte

Ein Zyklus entspricht der Entladung der Batterie bis zu einer definierten Entladetiefe (in Prozent der Speicherkapazität) und dem anschließenden Wiederaufladen bis zu einer definierten Ladespannung.

Die Lebensdauer einer Batterie kann zum einen kalendarisch in Anzahl Jahren angegeben werden oder aber in Anzahl Zyklen. Die kalendarische Lebensdauer eines Batteriespeichers bezeichnet die Haltbarkeit der Batterie und ist eine theoretische Angabe. Wird ein Batteriespeicher weder entladen noch geladen, besitzt er nach Ablauf der kalendarischen Lebenszeit noch 80% der ursprünglichen Nennkapazität. Die kalendarische Lebensdauer hängt von Temperatur und Ladezustand ab und liegt für Lithiumspeicher bei 10 bis 20 Jahren, für Bleibatterien bei 5 bis 10 Jahren.

Investitions- und Speicherkosten

Technologie	Kalendarische Lebensdauer in Jahren	Lebensdauer in Zyklen	Investitionskosten (nur Batterie) in CHF/kWh	Speicherkosten kWh [Rp./kWh] ⁴
Blei	5–15	500–2000	200–400	10–80
Lithium-Ionen	5–20	1000–5000	350–650	7–65
Salz	10–15	1000–5000	700–1100	14–110

Tabelle 3: Übersicht Speicherkosten und Stromkosten für den Strom aus der Batterie

Sicherheit

Lithiumbatterien sind brennbar, daher unbedingt Sicherheitsempfehlungen beachten! Es ist wichtig, den richtigen Standort für die Batterie zu wählen, der die geeigneten Voraussetzungen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit etc.) bieten kann.

Die ideale Betriebstemperatur von Lithiumbatterien liegt bei 20 bis 40 Grad Celsius, bei Bleibatterien bei 10 bis 30 Grad Celsius. Der Batteriespeicher sollte aus Sicherheitsgründen nicht an einem publikumsreichen Ort aufgestellt werden (z.B. im Eingangsbereich des Wohnhauses).

Wichtiger ist die Lebensdauer in Anzahl Zyklen, die von den Herstellern für jede Batterie angegeben wird. Nach Erreichen dieser Anzahl Zyklen hat die Batterie noch 80% ihrer Nennkapazität und kann noch immer benutzt werden. Lithiumbatterien weisen eine geringe Abnutzung auf und können oftmals bis 10'000 Zyklen erreichen. Bei Bleibatterien hingegen liegt die Anzahl Zyklen bei 500 bis 2000, neueste Modelle erreichen bis zu 4000 Zyklen. Die Zyklenzahl hängt nicht nur von der Technologie, sondern auch von der Batteriequalität und dem Betriebsmodus ab.

Eine Batterie sollte nicht zu 100% entladen werden, da die sogenannte Tiefentladung der Batterie schadet. Daher spricht man von der nutzbaren Speicherkapazität einer Batterie. Bei Lithiumbatterien liegt diese bei 80 bis 90%, Bleibatterien hingegen sind empfindlicher und sollten nur zu ca. 50% entladen werden.

Die Energiedichte einer Batterie besagt, wieviel Energie pro Masse gespeichert werden kann. Sie beträgt bei Lithiumspeichern je nach Technologie 80 bis 250 Wh/kg und bei Bleibatterien 30 bis 50 Wh/kg. Je höher diese Zahl ist, desto geeigneter ist die Batterie für das Elektroauto. Bei stationären Anwendungen ist hingegen eine hohe Energiedichte weniger entscheidend.

⁴ Berechnet sich aus: Preis pro gespeicherte kWh = Investitionskosten / (Nutzbare Batteriespeicherkapazität × Gesamte Anzahl Zyklen × Ladeeffizienz)

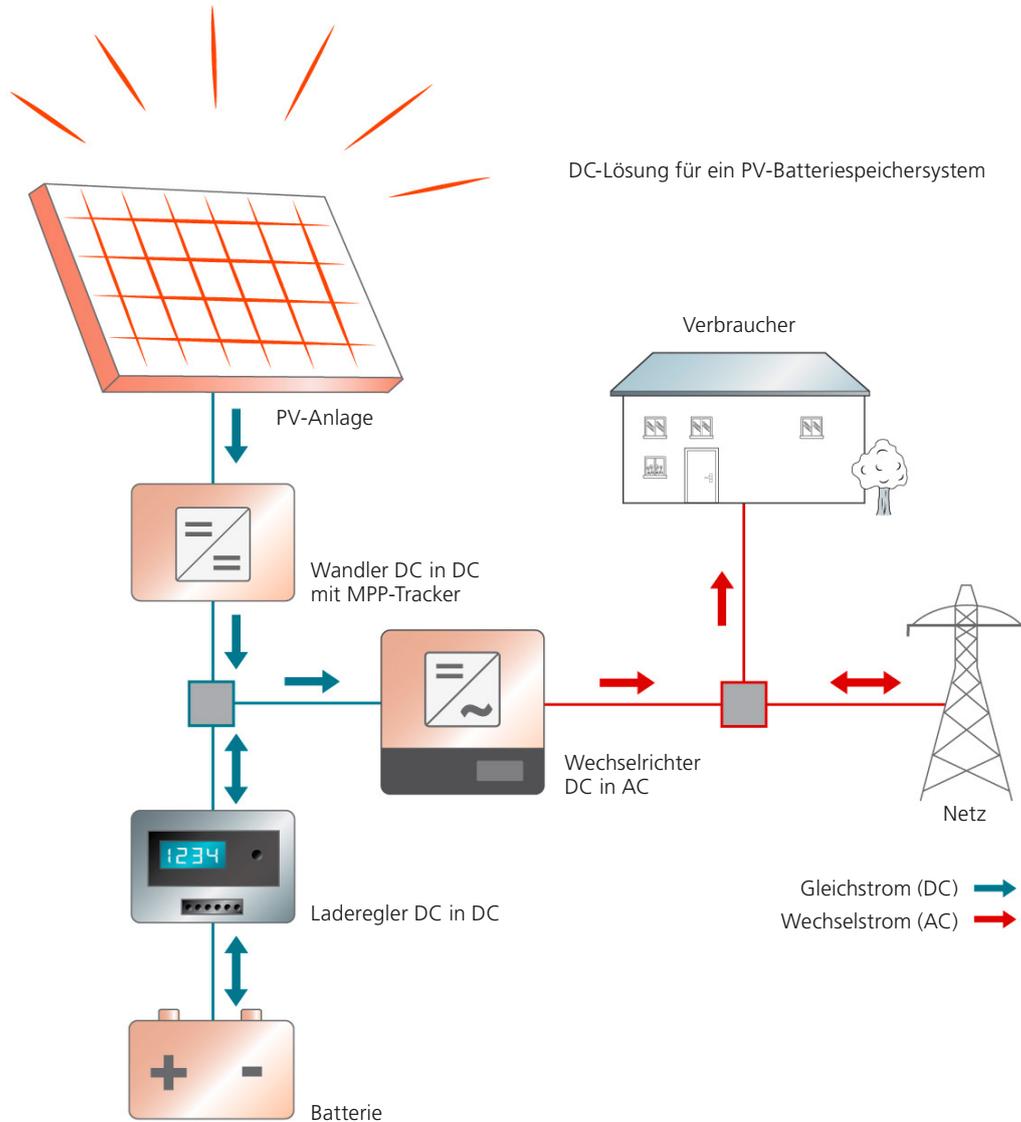


Abbildung 13: DC-gekoppelter Batteriespeicher (Quelle: VESE)

DC- vs. AC-Kopplung

Bei der Auswahl des richtigen Batteriesystems gilt es, neben der Speichertechnologie zwei weitere Freiheitsgrade in der Systemtopologie zu beachten. Der erste betrifft den Verknüpfungspunkt des Speichers mit dem Stromnetz des Hauses, der mit Gleichstrom (DC) oder Wechselstrom (AC) gekoppelt sein kann. Der zweite Freiheitsgrad bezieht sich bei AC-Kopplung auf den Stromfluss, der ein- oder dreiphasig erfolgen kann. Jedes der Konzepte hat seine Vor- und Nachteile (siehe dazu nachfolgende Tabelle Seite 24).

Wenn bereits eine PV-Anlage vorhanden ist und diese durch eine Batterie ergänzt werden soll, wird üblicherweise die AC-Kopplung bevorzugt. Bei einer Neuanlage hingegen besteht die Tendenz zur DC-Kopplung.

AC-Lösung für ein PV-Batteriespeichersystem

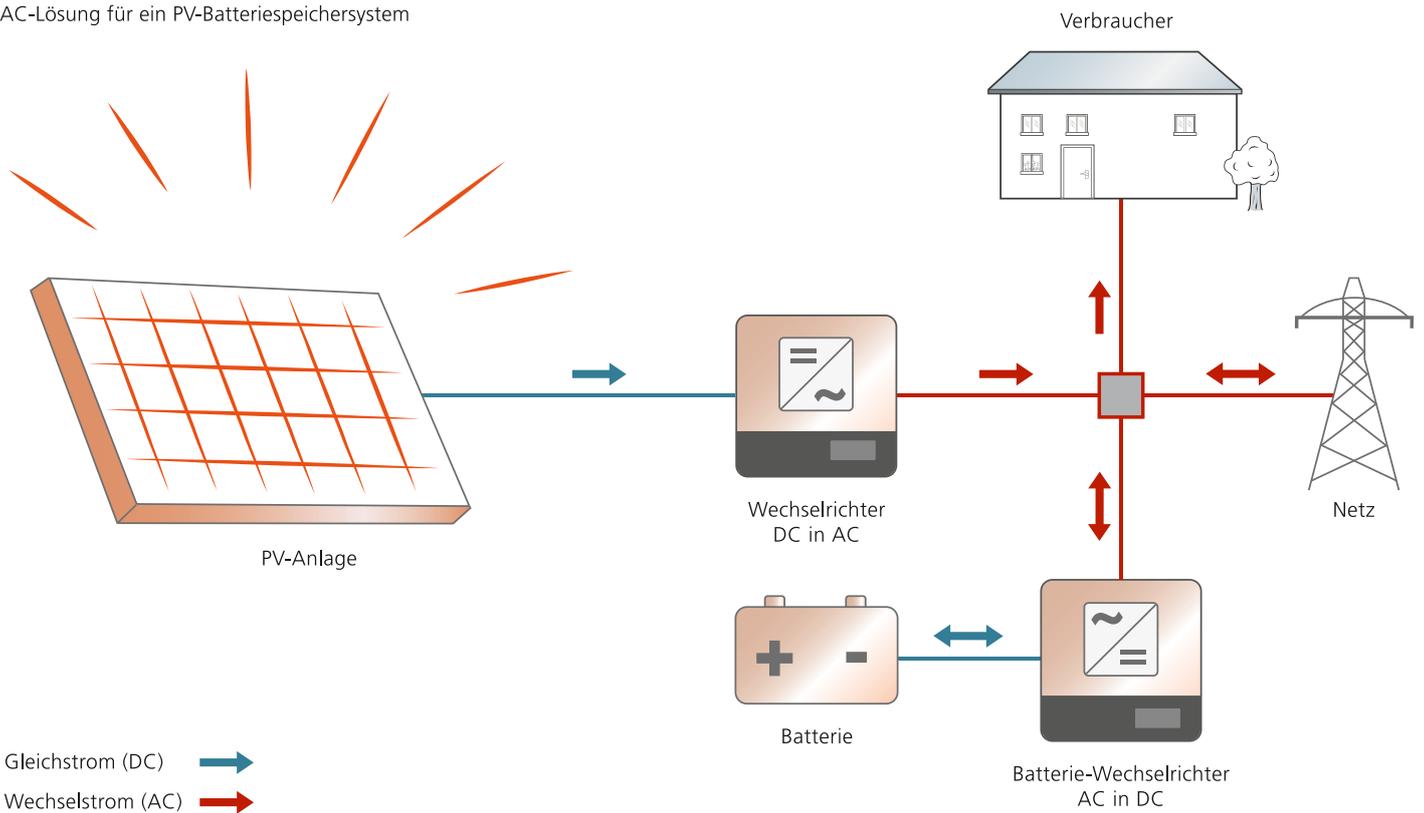


Abbildung 14: AC-gekoppelter Batteriespeicher (Quelle: VESE).

Manche Batteriespeicher speisen nur in eine Phase ein, so wie auch ganz kleine PV-Anlagen. Solche asymmetrischen Netzbelastungen sind jedoch nur bis zu einer Leistung von 3.6 kWp und nicht bei allen Netzbetreibern erlaubt. Um den Eigenverbrauch in diesem Fall zu erhöhen, muss das Speichersystem nach dem Summenstrom aller Phasen regeln und einen saldierenden Zähler enthalten.

Abbildung 13 und 14 zeigen je, wie ein DC bzw. AC-gekoppelter Batteriespeicher im Haushalt eingebunden werden kann.

	DC-Kopplung	AC-Kopplung
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Kompakte Lösung aus Wechselrichter, Laderegler und Batterie • Solarstrom benötigt nur Spannungsanpassung vor der Speicherung, somit tendenziell etwas höherer Wirkungsgrad • In vielen Fällen kostengünstiger bei Neuanlagen, nur ein Gerät 	<ul style="list-style-type: none"> • Wechselrichter kann unabhängig von Batterie gewählt werden • Ideal für bereits bestehende PV-Anlagen • Flexibel beim Nachrüsten • Batteriekapazität flexibler • Solar- und Batteriewechselrichter können frei kombiniert werden (auch von verschiedenen Herstellern) • Batterie kann auch vom Netz gespeist werden
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Batterie kann in den meisten Fällen nicht vom Netz gespeist werden • Alle Komponenten müssen optimal aufeinander abgestimmt werden (auch PV-Anlage auf Batterie) • Spätere Erweiterung schwierig 	<ul style="list-style-type: none"> • Tendenziell etwas geringerer Wirkungsgrad als DC-Systeme • Tendenziell etwas teurer und aufwändiger, da zwei separate Geräte: Solar- und Batteriewechselrichter
	Einphasig	Dreiphasig
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Technisch am einfachsten und am kostengünstigsten 	<ul style="list-style-type: none"> • Gleichmässiges Einspeisen auf allen Phasen • Höhere Einspeise- und Ladeleistung als bei einphasigem Betrieb möglich
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Kann zu Asymmetrien im Stromnetz führen • Inselbetrieb nur einphasig möglich (je nach Gerät aber auch Phasenbrücke im Inselbetrieb möglich)⁵ Einspeise- und Ladeleistung der Batterie sind begrenzt • Anschluss nicht überall erlaubt (vorher mit dem EW abklären) 	<ul style="list-style-type: none"> • Höherer technischer Aufwand und damit teurer • Im Inselnetzbetrieb unter Umständen nur Versorgung von reinen Drehstromverbrauchern («Dreieckschaltung») möglich. Damit auch einphasige und sterngeschaltete Verbraucher betrieben werden können, braucht es einen Batterie-Wechselrichter in «Vierleitertechnik» • Tendenziell geringerer Wirkungsgrad als einphasige Lösungen (aufgrund höherer Zwischenkreis-spannung)

Tabelle 4: Verschiedene Batteriekopplungen mit Vor- und Nachteilen

⁵ Ein Inselbetrieb erfordert Änderungen der Hausinstallation.

Inselnetz: Mit «Inselnetz» oder auch «Backupsystem» bezeichnet man die Fähigkeit eines Wechselrichters, auch dann Strom abzugeben, wenn das öffentliche Netz ausgefallen ist (normalerweise schalten Wechselrichter aus Sicherheitsgründen ab, sobald das öffentliche Netz ausgefallen ist). Für den PV-Eigentümer bedeutet dies, dass er auch im Falle eines Ausfalls des öffentlichen Stromnetzes («Stromausfall») Solarstrom zur Verfügung hat. Technisch gesehen wird das Haus in diesem Falle durch einen Leistungsschalter vom öffentlichen Stromnetz abgehängt, daher der Begriff «Insel». Nicht jeder Wechselrichter bzw. jede Batteriesteuerung ist «inselfähig». Eine allfällige Batterie kann DC oder AC gekoppelt werden.

Dabei unterscheidet man allgemein drei Arten, auch wenn teilweise die Begriffe vermischt werden:

Notstromfähig ist ein System (Speicher und Wechselrichter), wenn es auch ohne Netz noch Strom vom

Speicher an das Gebäude abgeben kann. Das System funktioniert jedoch nur so lange, bis der Speicher leer ist. Dies ist bei rein AC-gekoppelten Systemen der Fall, wo die Solaranlage auf einem anderen Abgang ist.

Inselfähig ist ein System, wenn nicht nur der Speicher Strom an das Gebäude abgeben kann, sondern auch die Solaranlage noch weiterbetrieben wird. Es gibt auch Zwischenlösungen, bei welchen der Wechselrichter eine integrierte 230 Volt Wechselstrom Steckdose hat, welche noch Strom abgeben kann.

Ist ein System eine sogenannte USV, schaltet es so schnell (Millisekunden) auf die Notstromversorgung um, dass keine merkliche Unterbrechung in der Stromversorgung stattfindet und relevante Geräte wie z.B. Computer und Spital-Apparate nicht abstürzen. Ein USV-System ist nicht zwingend notstrom- oder inselfähig. Herkömmliche Solarbatterien sind keine USV.

Was ist bei der Auswahl des Batteriespeichers zu beachten?

Es gibt mittlerweile hunderte von Batteriespeichermodellen auf dem Markt, und regelmässig kommen neue dazu. Dementsprechend schwierig kann sich die Auswahl gestalten und eine Empfehlung kann innert Kürze überholt sein. In den Tabellen 5 und 6 sind die in der Schweiz gängigsten Modelle mit ihren Daten (Stand Sommer 2020) aufgelistet und einander gegenübergestellt. Dabei ist zu beachten, dass die Daten Herstellerangaben sind.

Für die Speichergrösse (in kWh) ist entscheidend, welche Verbraucher an den Speicher angeschlossen werden sollen. Im Idealfall wird eine mehrwöchige Lastgangmessung erstellt, um wiederkehrende Zyklen sowie den Stromverbrauch tagsüber resp. morgens/abends zu erfassen. Solche Lastgangmessungen können vom Elektrizitätswerk verlangt, falls moderne Zähler verbaut sind, oder vom Installateur erstellt werden, eine Selbsterfassung ist aber auch möglich z.B. mit Geräten wie «Smappee» (www.smappee.com). Während der Messung sollten die Massnahmen zur Eigenverbrauchsoptimierung (siehe weiter oben im Handbuch, z.B. Abwaschmaschine während Sonnenschein laufen lassen) bereits durchgeführt werden.

Die Batterie sollte so dimensioniert werden, dass sie sich im Laufe des Abends und darauffolgenden Morgens zu einem grossen Teil wieder entladen kann (um für eine erneute Solarstromaufnahme bereit zu sein). Die maximale Grösse bestimmt sich auch aus der Leistung des PV-Feldes: dies sollte, nach Abzug des zeitgleichen Eigenverbrauchs, in der Lage sein, die Batterie an einem sonnenreichen Tag vollständig aufzuladen.

Als Anhaltspunkte, basierend auf Erfahrungswerten, gelten:

- (a) nutzbare Batteriespeicherkapazität = 0,1 bis 0,15% des jährlichen Haushaltsstromverbrauchs
- (b) für Anlagen ab 5 kWp auf EFH: nutzbare Batteriespeicherkapazität = $1,5 \times$ Leistung des PV-Feldes
- der Richtwert ist dann der kleinere Wert aus (a) und (b)

Bei einem Einfamilienhaus mit 4500 kWh Jahresverbrauch und einer PV-Feldgrösse von 5 kWp würde dies z.B. einer Batteriekapazität von ca. 4,5 bis 7 kWh entsprechen.

Hinweis: Diese Auslegungsregeln sind nur als Anhaltspunkte zu verstehen, für eine korrekte Auslegung ist unbedingt ein Solarprofi beizuziehen.

Energiespeichersysteme (Speicher und Wechselrichter)

Produkt	StoraXe SRS20xx	GREENROCK Home	Hauskraftwerk S10E/S10E Pro	FENECON Pro Hybrid-Serie
Anbieter	ADS-TEC ENERGY	BlueSky Energy	E3/DC Hager AG Schweiz	FENECON GmbH
Link	www.ads-tec.de	www.bluesky-energy.eu	www.e3dc.com/ch	www.fenecon.de
Technologie	Li-NMC	Salzwasser (wässrige Natrium Ionen)	Lithium-Ionen	Li (LiFePO4)
Energiekapazität [kWh]	19–47 kWh	5–30 kWh	intern 5–19.5 kWh, Erweiterung bis 39 kWh	5.1 kWh–12.8 kWh (HVS)/ 8.3 kWh–22.1 kWh (HVM)
Zyklen	13'000	5000	Unbegrenzt innerhalb der Garantie (10 Jahre Systemgarantie)	6000
Maximale Entladeliefe	90%	100%	90–100%	95%
Anschluss	3-phasig	1 oder 3 phasig mit bis zu max. 3 MPP-Tracker	Wechselrichter 12 kW integriert, 3-phasig, 2 MPP-Tracker	3-phasig
Kopplung (DC, AC)	AC	AC, DC oder kombiniert AC/DC	AC, DC oder Hybrid	AC oder DC möglich
Schnittstellen	Ethernet, RJ45	Modbus/TCP	RS-232, USB, Ethernet, CAN, ModBus(TCP), KNX, SG Ready, myGEKKO, Loxone, xComfort	Modbus/TCP, OpenEMS
Erweiterung	auf Anfrage	in 2.5 kWh Schritten bis max. 30 kWh innerhalb von 9 Monaten	Parallelbetrieb mehrerer Systeme möglich, Wallbox, zweiter Wechselrichter 12kW, Notstrombetrieb (Blackstart fähig)	Modular bis max. 38.4 kWh (HVS)/ Modular bis max. 66.3 kWh (HVM)
Lade-/ Entladeleistung [kW]	18	je nach Anlagengrösse: 1 phasig: 1 kW–2,4 kW 3 phasig: 1.5 kW–7 kW	3–12 kW je nach Batteriekonfiguration	Wechselrichterabhängig zwischen 10–12 kW
Notstrom-/ Inselfähig?	inselfähig	inselfähig	inselfähig, 4 sec Umschaltzeit	inselfähig
integrierte oder kompatible WR?	integrierter Wechselrichter	integrierter Wechselrichter	integrierter Wechselrichter	Standardmässig mit: KACO blueplanet hybrid (Pro Hybrid-Serie)/ GoodWe ET-Serie (Pro Hybrid GW-Serie)/GoodWe BT-Serie (Pro AC GW-Serie)
				

Tabelle 5: Batterien sowie Speichersysteme mit integriertem Wechselrichter für Haushalt und KMU.

Scalebloc	salidomo 9 bis 36	LG ESS Home 8–10	MERITSUN Kompaktstromversorgung All-In-One
Hoppecke Schweiz GmbH www.intilion.com	Innovenergy GmbH www.innov.energy	LG Electronics www.lg.com/de/business/home-10-8	Offgrid Tech LTD www.offgrid-tech.ch
Li Ion	Salzschmelze Batterie	Lithium Polymer	LiFePo4
68.5 kWh	9.4–36 kWh in 9.4 kWh Schritten	7/9.8 kWh	5kWh
8000	4500 Vollentladezyklen	0	> 6000
90%	100%	95%	95% DOD
3-phasig	AC-Seite: 1- oder 3-phasig, DC-Seite: 48 V	3-phasig	AC 230V (22A) IN, PV 4000Wp (max. 145V)
AC oder DC möglich	AC Kopplung	DC	AC 230 V 50Hz
Modbus via Ethernet, Cloud Verbindung via LTE	Integration über Relaiskontakte von Heizstäben oder andern Verbrauchern	CAN	Wifi mit App, LC-Display, optional CAN oder RS Port
Skalierbar bis zu 16 Stk.	Ausbau von 9 kWh auf 18 kWh im gleichen Gehäuse, Koppelung von 2 x 18 kWh auf 36 kWh	Maximal 2 beliebige Batterien	230 V in mit Anschlussklemmen, Ausgang mit Steckdose oder Anschlussklemmen
30 kW/30 kW; 60 kW/60 kW	Inverter max. 9–15 kW je nach Typ	3.5kW/7kW (ESS Home 8), 5kW/7kW (ESS Home 10)	5000 VA (10'000 VA peak 100ms)
für Offgrid Anwendungen, Blackstart und Inselbetrieb	Standardmässig Notstrom (Batterie Nutzung nach Netzunterbruch), Option inselfähig (über PV nach- ladefähig bei Netzunterbruch)	inselfähig	Ja, beides. Standalone System
integrierter Wechselrichter	integrierter Wechselrichter	nur eigen (LG PCS), keine Kompatibilität	Komplettsystem mit Wech- selrichter und PV Ladegerät



Energiespeichersysteme (Speicher und Wechselrichter)

Produkt	RCT Power Storage System	sonnenBatterie 10 performance	Tesla Powerwall
Anbieter	RCT Power GmbH	sonnen GmbH	Tesla
Link	www.rct-power.com	www.sonnen.de	www.tesla.com
Technologie	Li (LiFePO4)	Li (LiFePO4)	Lithium-Ionen
Energiekapazität [kWh]	3.8–11.5 kWh	11–55 kWh	13.5 kWh
Zyklen	5000	> 10'000	Unbegrenzt
Maximale Entladetiefe	90%	ca. 91%	100%
Anschluss	3-phasig	3-phasig	1-phasig
Kopplung (DC, AC)	AC oder DC möglich	AC	AC
Schnittstellen	TCP, ModBus	Modbus, Ethernet, KNX, Lokale API	LAN, W-LAN, 4G
Erweiterung	innerhalb 18 Monate, in Schritten von 1,9 kWh	In Schritten von 11 kWh nachträglich erweiterbar, 9-fache Kaskadierung mit insg. bis zu 495 kWh Speicherkapazität möglich, auch als DC-Version erhältlich mit dem sonnenDC Modul, Integration des Speichersystems in eine KNX-Infrastruktur mit dem sonnenKNX Modul	Um jeweils 13.5 kWh erweiterbar, bis zu 135 kWh
Lade-/Entladeleistung [kW]	bis 10 kW	7 kW bei 11 kWh Speicherkapazität; 8 kW ab 22 kWh Speicherkapazität; in Kaskade bis zu 72 kW möglich	3.6 kW pro Powerwall
Notstrom-/Inselfähig?	inselfähig, 10 sec Umschaltzeit	Dreiphasige Notstromversorgung des Hausanschlusses (bis 35 A) oder von separaten Notstromkreisen mit der sonnenProtect 8000	inselfähig je nach Konfiguration
integrierte oder kompatible WR?	nur eigen, keine Kompatibilität	integrierter Wechselrichter	integrierter Wechselrichter
			

Tabelle 5: Batterien sowie Speichersysteme mit integriertem Wechselrichter für Haushalt und KMU.

TS 48 V	VARTA pulse/VARTA pulse neo/ VARTA element/VARTA one L/ VARTA one XL
TESVOLT GmbH www.tesvolt.com	VARTA Storage GmbH www.varta-storage.com
Lithium-Ion	Lithium-Nickel-Mangan- Kobaltoxid (NMC)/ Lithium-Eisenphosphat
9.6–144 kWh	3.3–13.8 kWh
6000–8000	4000 bis unbegrenzte Zyklen (je nach Typ)
100%	90%
3-phasig	1-phasig/3-phasig (je nach Typ)
AC	AC
CAN, ETH/ Modbus TCP/IP	XML, Modbus TCP (Sunspec) (je nach Typ)
jederzeit (auch nach Jahren), in 4.8 kWh Schritten	Zeitlich unbegrenzt erweiterbar. Bis zu 6 Geräte können im Verbund als Kaskade betrieben werden (je nach Typ)
9.9 kW bis 18 kW, je nach Typ und Grösse	1.8 kW–4.0 kW/ 2.0 kW–4.0 kW (je nach Typ)
inselständig	Notstromfähig (je nach Typ)
standardmässig mit SMA Sunny Island, optional mit Studer	Integrierter Batteriewechselrichter



Batterien (ohne Wechselrichter)

Produkt	BMZ Hyperion	BYD Battery Box PREMIUM HVS/HVM	LG Resu 3.3-10
Anbieter	BMZ GmbH	FENECON GmbH	LG Chem
Link	www.bmz-group.com	www.fenecon.de	www.lgesspartner.com
Technologie	Lithium-Ionen Technologie	LiFePO4	Lithium
Energiekapazität [kWh]	9-18 kWh	5.1-12.8 kWh (HVS)/ 8.3-22.1 kWh (HVM)	3.3-9.8 kWh
Zyklen	5000	6000	nicht spezifiziert
Maximale Entladetiefe	83% DOD	96%	90%
Kopplung (DC, AC)	DC	AC/DC möglich	AC/DC möglich
Schnittstellen	SMA Sunny Boy Storage (CAN), KOSTAL Plenticore Plus (RS-485)	Modbus/TCP, OpenEMS	CAN
Erweiterung	auf 4 bis 6 Module à 3 kWh	Modular bis max. 38.4 kWh (HVS)/Modular bis max. 66.3 kWh (HVM)	Mx. 2 beliebige Batterien (mit RESU Plus als Erweiterungskit)
Lade-/Entladeleistung [kW]	4.6 bis 9.2 kW - abhängig von Anzahl der Module und Eigen- schaften des Batteriewechselrichters	Wechselrichterabhängig von 10-12 kW	3-5 kW
			

Tabelle 6: Batterien sowie Speichersysteme ohne integrierten Wechselrichter für Haushalt und KMU.

LIONTRON LX48	MERITSUN Power Pack	Pylontech US200/US 3000	MyReserve 25
Offgrid-TeCH LTD	Offgrid-TeCH LTD	Offgrid-TeCH LTD	SOLARWATT GmbH
liontron-shop.ch	offgrid-tech.ch	offgrid-tech.ch	www.solarwatt.de
LiFePo4	LiFePo4	LiFePo4	Li-Ion (NMC)
2.56 kWh	2.4–9.6 kWh	2.4–3.5 kWh	2.4 kWh–72 kWh
> 6000 bei 90% DOD	> 6000 @25 °C	> 6000	unbegrenzt im Garantiezeitraum
90% DOD	100% DOD	90% DOD	100% (der nutzbaren Kapazität)
DC	DC	DC	DC
RS-232, RS-485, CAN	LC-Display, RS-232, RS-485, CAN optional	RS-232, RS-485, CAN	CAN, Ethernet, Bluetooth
maximal 8 Stück parallel	bis zu 48 Einheiten parallel	8 pro String, maximal 8 Strings	Pro MyReserve Command bis zu 5 Batteriemodule (je 2.4 kWh), Erweiterbar zur Clusteranlage mit bis zu 6 MyReserve Commands (max. 72 kWh).
Max. 50A	Ladung/Entladung 1.0C (0.5C @LFP200)	Ladung/Entladung: 0.5C	bis zu 4.5 kW pro MyReserve Command



Steuergeräte zur Eigenverbrauchsoptimierung

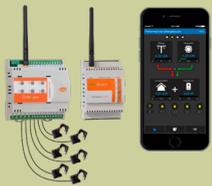
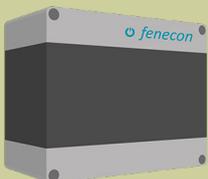
Produkt	4-noks Elios4you	SMARTFOX Pro	Powerdog S/M/L
Anbieter	Astrel Group srl	DAfi GmbH	Ecodata GmbH
Link	www-4-noks.it	www.smartfox.at	www.power-dog.eu
Optimierungsbereich	Haushalt/Wärme	Haushalt/Gewerbe/Wärme/Auto	Haushalt/Wärme/Auto
interne Relais	1	4x (künftig erweiterbar)	1 (S/M/L/LPR)
externe Aktoren	ZigBee Funksteckdosen und -schalter, Power-Reducer (für Elektroboiler), lineare Powermodulation 0–3 kW	SMARTFOX Car Charger, SMARTFOX Booster, SMARTFOX Meter, SMARTFOX TV, SMARTFOX Heizstab 15-Step, Wärmepumpen: IDM, Dimplex, Bösch (Modbus) andere per SG-Ready, Leistungssteller 3.5 bis 12kW, Ladestationen (Alfen, Keba, ABB, EATON, Mennekes, Wallbe, BMW...), Fronius Ohmpilot, EGO Smart Heater, ASKOMA ASKOHEAT+, SMARTFOX Umschaltrelais, SMARTFOX Schütz für Ladestation (Umschaltung 1ph/3ph), Loxone	Sehr vielfältig, frei programmierbar, u.a. Digital-, Analog-, Impulsausgänge, Relaisstation, Funksteckdosen, W-LAN-Steckdosen, div. Ladestationen, stufenlose Heizstäbe mit EMV Zulassung, MyPV, Solarinvert PowerUnit. Batteriespeicher: SMA, Varta, Fronius, Studer, LG, Mercedes, u.a. Prioritätensteuerung (z.B. Auto-Speicher-Warmwasser)
Kommunikation/Schnittstellen	Wifi, ZigBee	LAN/W-LAN, RS-485/CAN, PT1000, S0, 0–10 V, 4–20 mA, 4x Relais, Modulerweiterungsschnittstelle	USB, 1-Wire, RS-485, Can Bus Modul steckbar, M-Bus, Digital- und Analogeingänge, LAN
Anzeige	Mobile App, Webportal	Display am Gerät, Mobile App, Webportal, lokaler Webserver	Am Gerät, mobile App, Webportal, Fernwartung
Programmierung	Mobile App	Display, Laptop, Smartphone	Display, Notebook
Wetterprognose	Nein	in Planung	In Planung
Tarifoptimierung	Ja	Ja	Ja
Anzahl steuerbare Geräte	4x via Funk, 1x 0–10 V Power Reducer, 1x int. Relaisausgang	25 (5x Ladestationen, bis zu 8 Heizstäbe, Wärmepumpe, Batteriespeicher, Wechselrichter...)	50
Besonderheiten	Keine Wechselrichter-kommunikation, Messung via Stromwandler für einphasige (max. 6 kWp) oder dreiphasige (max. 100 kWp) PV-Anlagen, Messung von produzierter und eingespeister Energie.	Kostenloses, hochauflösendes Monitoring, Steuerung erfolgt wechselrichterunabhängig, WR-Einbindung per (LAN/W-LAN, RS-485, S0) z.B. SolarEdge, Fronius, Huawei, Kostal,..., Batteriesysteme integrierbar z.B. BYD, Varta, RCT... Stufenlose Warmwasseraufbereitung: (intelligente Legionellenfunktion, Wochenzeitschaltuhr, Niedertarif, Mindesttemperaturerhaltung). Verbraucher/Geräte per Relais: (Pool- & Wärmepumpe, Infrarot- und Fussbodenheizung, BHKW, Heizstäbe). Lastmanagement (Lastspitzenabschaltung). E-Mobilität: Lademanagement max. 5 Ladestationen, dyn. Überschussladung inkl. 1ph/3ph-Umschaltung, dynamische Hausanschlussbegrenzung, verschiedene Lademodi wählbar. Modbus TCP-Schnittstelle (z.B. Loxone).	Unterstützung fast aller Wechselrichter, flexible Programmierung, grosses Sortiment an Sensoren (u.a. Wasser-/Raumtemperaturen/Luftgüte) und Aktoren, Einbindung, stufenloser Heizstab mit Einstellungen Temperaturen, intelligentem Legionellenschutz, Heizzeiten, Frostschutz, Kommunikation mit Wärmepumpen per Netzwerk, Erfassung HT/NT, Verwaltung von verschiedenen E-Autos an einer Ladesäule, virtueller Zähler für Eigenverbrauch in z.B. MFH, Mietshäusern
Geräte-Richtpreis	Einphasig: ab 480.– CHF, Dreiphasig: ab 610.– CHF	ab 735.– CHF	ab 600.– CHF
			

Tabelle 7: Gängige Steuergeräte zur Eigenverbrauchsoptimierung.

FEMS – FENECON Energiemanagement System	AC ELWA-E/Powermeter/ AC THOR/AC THOR9s	TCR IP 4/Control Plus IP 8
FENECON GmbH	my-PV	Rutenbeck, in der CH: Asera AG
www.fenecon.de	www.my-pv.com	www.asera.ch
Haushalt/Wärme/Auto	Warmwasser/Raumwärme/E-Mobilität	Haushalt/Wärme
0, aber Relaisboards zubaubar (8 pro Relaisboard)	0–1 (je nach Typ)	4x10 A/8x16 A
Relais, Wärmepumpen: Kermi & SG-Ready, Ladestationen: Keba, ABL, Keywatt, weitere geplant, Batteriespeicher: Sämtliche FENECON-Speicher, von Pro Hybrid bis Industrial, Heizstäbe, BHKWs, allgemeine Lastschaltungen	kompatibel zu vielen Smart Home Systemen, Batteriespeicher, Wechselrichterhersteller und Ladestationen (ausser Powermeter)	keine/keine
RS-485, Modbus/TCP, Ethernet, USB	Modbus TCP, Sunspec Modbus TCP	LAN (UDP)/LAN, W-LAN, GSM
Online-Monitoring im Internet, auch optimiert für Smartphone sowie Offline Datenanzeige über lokales Netzwerk	Webportal, Grafik Touch Display (letzteres nur je nach Typ)	Webseite
OpenSource basiert, Quellcode: openems.io	Nein	Webseite
Ja, witterungsabhängige Ladestrategie der Batterie	nein, kompatibel zu diversen Herstellern (ausser Powermeter)	Nein
Ja, über FEMS Applikationen umsetzbar	Nein. Nur AC ELWA-E: kompatibel zu diversen Herstellern	Nein
unbegrenzt	Mit dem eigenen Powermeter 10 Stk. AC ELWA-E, Fremdansteuerung über kompatible Hersteller möglich bis zu 255 Teilnehmer	4–8
Basierend auf Open-Source-EMS «Open-EMS», dadurch herstellerunabhängig, zukunftsfähig und modular. Anwendungen können wie am Smartphone auf dem FEMS installiert werden. Gleiche Software für alle Grössenordnungen	kompatibel zu vielen Smart Home Systemen, Batteriespeicher, Wechselrichterhersteller und Ladestationen, einsetzbar vom Einfamilienhaus bis zu Mehrfamilienhäuser	Zur Ansteuerung von Verbrauchern wie Wärmepumpen (Ladezustand, PV Überschuss) Eingänge für Temperatursensor und Taster (pro Schaltkanal). Bedienung am Gerät, per APP, UDP, oder automatisch per integrierter Schaltuhr
im Paket «Pro Hybrid-Serie» bereits enthalten	839.– CHF, ausser Powermeter: 269.– CHF	ab 250.– CHF, www.asera.ch
		

Steuergeräte zur Eigenverbrauchsoptimierung

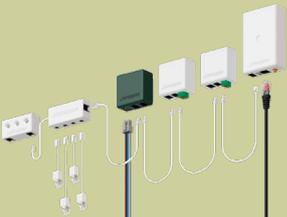
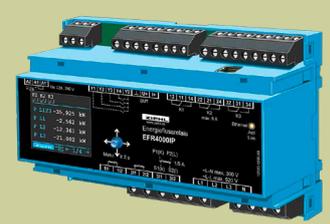
Sunny Home Manager 2.0	Smappee Infinity	smart-me
SMA Solar Technology AG	Smappee NV	smart-me AG
www.sma.de	www.smappee.com	www.smart-me.com
Haushalt/Wärme/Auto	Haushalt/Wärme/Auto/Solar	Haushalt/Wärme/Auto
0	10x Output-Modul mit je 2 Ausgängen = 20 Ausgänge	1x smart-me Plug/1-Phasen Meter 32 A) 3x smart-me 3-Phasen Meter MID 80A
Smart Home (Funksteckdosen): Edimax, AVM FRITZ!Box; Haushaltsgeräte (Geschirrspüler, WaMa, Trockner): Bosch, Siemens; Wärmepumpen, Heizstäbe und universelle Heizlösungen: MY-PV, AEG Haustechnik, Stiebel-Eltron, Tecalor, Vaillant, Wolf; Elektromobilität: SMA EV Charger, Mennekes	Möglichkeit, die Monophasen-Appliance mit einem «Smappee Switch» zu schalten, Schalten eines Schützes für ein- oder mehrphasige Systeme. Integration mit: Ladestationen: EVBox, KEBA, Alfen, Smappee, Powerdale und Greenflux; Batterie: Varta; Thermostat: Google NEST; Smart Home IFTTT, Niko, Smart Grid Ready-Wärmepumpen. Tatsächlicher und prognostizierter Energieverbrauch, Zeitplan, Präsenz und Aktivität, Netz Import oder Export	Potentialfreier Ausgang, digitaler Eingang, SG Ready für Optimierung WP/Heizstab, offene API Schnittstelle z.B. Loxone, KNX, digitalSTROM, Spline, Solarmanager
LAN	LAN, W-LAN, 3/4 G, ModbusRTU, Modbus TCP/IP, USB, RS-485, mehrere Digital-Ausgänge	W-LAN, S0 (S0 nicht beim smart-me Plug)
Mobile App, Webportal	Am Gerät, Mobile App, Webportal und Fernwartung	Mobile Android/iOS APP, Webportal
Mobile App, Webportal	Über Mobile App oder Webportal	Mobile Android/iOS APP, Webportal
Ja	Ist eine integrierte, sofort einsatzbereite Automatisierungs- und Optimierungsfunktion.	Nur in Verbindung mit Integration in anderes System wie z.B. Loxone
Ja	Ist eine integrierte, sofort einsatzbereite Automatisierungs- und Optimierungsfunktion.	Ja, virtuelle Tarife möglich
24 Geräte, davon 12 mit aktivem Energiemanagement	40	Unbegrenzt (beliebige smart-me Geräte können untereinander kombiniert werden)
Prognosebasiertes Energiemanagement zum Einsatz mit SMA-Wechselrichtern und Batteriesystemen. Integrierte 3-Phasen-Messung (bis 63 A direkt > 63 über Stromwandler), wird direkt am Netzanschlusspunkt montiert	Smartes Energiemanagement für jeden Energiebedarf. Energie, Solar, Gas und Wasser auf einen Blick. Echtzeitdaten und Datenverlauf per App und im Dashboard. Intelligente Steuerung und dynamischer Lastausgleich. Kompatibel mit IoT-Produkten und -dienstleistungen. Einfache Installation, geringer Wartungsaufwand, Fernupdates. Modular, zukunftssicher.	smart-me Geräte erfassen die Verbrauchsdaten von sämtlichen Energieträgern. Nutzer erhalten Visualisierungs Tools, optimieren über intelligente Regeln den Eigenverbrauch und können selbst Energieabrechnungen erstellen. Auch smart energy Geräte können mittels API an unser System gekoppelt werden.
k. A.	Von 250.– CHF bis 800.– CHF, abhängig der Anzahl Messungen und Funktionalitäten	smart-me Plug CH ab 110.– CHF, smart-me 1-Phasen Stromzähler ab 195.– CHF, smart-me 3-Phasen Meter 80 A MID ab 298.– CHF, smart-me M-Bus Gateway ab 498.– CHF
		

Tabelle 7: Gängige Steuergeräte zur Eigenverbrauchsoptimierung.

Solar Manager	Solar-Log Base 15/100/2000 und Solar Log 50 (Gateway)	Energieflussrelais EFR4000IP
Solar Manager AG	Solare Datensysteme GmbH	ZIEHL industrie-elektronik GmbH + Co KG
www.solarmanager.ch	www.solar-log.com	www.ziehl.de // www.trelco.ch
Warmwasser/Wärmepumpen/E-Lade- station/ Batterie-Speicher/Smart-plugs (Haushaltgeräte)	Haushalt/Wärme/E-Mobilität/Netz (EVU)	Haushalt/Wärme/Auto
0	neu mit Zusatzmodul MOD I/O	3
Relaisboxen, Smart-plugs (mystrom, smart-me), smarte Heizstäbe und Vorschaltgeräte (Askoheat+, myPV ElwaE und AC Thor), Wärmepumpen mit Sollwertoptimierung über LAN (Stiebel Eltron, Alpha Innotec, Heliotherm, S&W Futura HSW), alle anderen Wärmepumpen über SG Ready (vier Zustände) oder PV Ready, Autoladestationen (Überschussladen mit Keba, Etrac, Go-e, Juice Charger), Speichersysteme (Sonnen, Fronius, Solaredge, BYD, Kostal, Tesla, u.a.)	Relais, Funksteckdosen (Belkin und Gude), Relais-Box (8 Relais, gut SG Ready), Relaisstation, intelligente Verbraucher Warmwasser: EGO Smart Heater, my-PV Heizstäbe und AC THOR. Wärmepumpen: Stiebel Eltron, CTA, iDM und Hoval via Duplex-Protokoll, andere via SG Ready. Batteriespeicher: Varta, Sonnen, E3DC, Kostal, BYD, SMA, RCT. Ladestationen: KBEA, weitere folgen	Relaisausgänge, Analogausgänge, SG-Ready
LAN	Ausgang digital, 2x Ethernet, LAN, Modbus, PM+ (RSE), MOD I/O, RS-422, RS-485, S0-Eingang, Sunspec, Erweiterbar: eBus, KNX, M-Bus, USB, W-LAN	LAN, Digitaleingänge, Analogausgänge
Mobile App, Web Portal. Separate App für den Installateur für eine einfache Installation.	Lokal via Webinterface, APP, Webportal, Solarfox, iFrame Dashboard	am Gerät, Browser
Konfiguration via Mobile App und Web Portal	Notebook, Web-Portal (remote)	Display, Browser
Ja (Machine Learning basierte, ortsspezifische Voraussage der Produktion für die nächsten drei Tage; Berücksichtigung der Wetterprognose in der Regelung ist in Planung)	integriert (Visualisierung, bei iDM Wärmepumpen), im neuen WEB 4.0 wird mehr davon genutzt	Nein
Ja	geplant, für Smart Energy mit Logiken HT und NT umsetzbar	Nein
unbegrenzt	10	3 digital + 1 analog
Zeitnahe Daten auf allen Plattformen (Apps, Web) im 10 Sekunden-Takt. Priorisierung der eingebundenen Geräte (auch bei Verwendung einer Batterie). Energie-Statistik zum Überwachen/Vergleichen des Energieverbrauchs der eingebundenen Geräte. Anzeige auf der Zeitachse, wann welche Geräte eingeschaltet waren. Grosse Vielfalt an integrierten Geräten. Tiefe Integration von Wärmepumpen mit Sollwert-schiebungen. Schalten der E-Ladestationen und Smart-plugs direkt über die App. Lastmanagement in Planung. API in Planung. ZEV+Eigenverbrauch in Zusammenarbeit mit smart-me. Unternehmen mit Sitz in der Schweiz.	Inkl. umfassender PV-Überwachung > 100 Wechselrichter Hersteller, Webportal bis 30 kWp kostenlos, App eneest als modulares System mit Fokus auf Smart Energy. Base I/O Modul für Einspeise-Management (Wirk- und Blindleistungsregelung), Schnittstelle und Anbindung zur Direktvermarktung integriert, Zero Export Funktion (sprich der SL regelt die WR dynamisch nach dem Verbrauch, keine Netzseinspeisung)	Herstellerunabhängig mit verschiedensten Komponenten kombinierbar, stufenlose Regelung eines Verbrauchers, Ansteuerung Heizstäben in bis zu 7 Stufen. Weitere Funktion: Überwachung der maximalen Einspeiseleistung
ab 690.– CHF	Solar Log 50 (Gateway) ab 150.– CHF; Solar-Log Base 15 ab 300.– CHF; Solar-Log Base 100 ab 580.– CHF; Solar-Log Base 2000 ab 860.– CHF; Erweiterungslizenzen für SL 50 (bis 30 kWp) ab 50.– CHF Erweiterungslizenzen für Base 15 (bis 30 kWp) ab 68.– CHF; Erweiterungslizenzen für Base 100 (bis 250 kWp) ab 150.– CHF	654.– CHF, zusätzlich 3 handelsübliche Stromwandler nötig



Smart Home Systeme

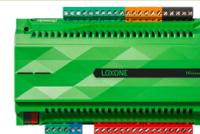
Produkt	Quinn Energy Managemet	digitalSTROM Server dSS20	eSMART-building	FHEM
Anbieter	Alpiq AG	digitalSTROM AG	eSMART Technologies AG	Open Source
Link	www.alpiq.com	www.digitalstrom.com	www.myesmart.com	www.fhem.de
Optimierungsbereich	Haushalt/Wärme/E-Mobilität	Haushalt, Wärme	Energie Monitoring/Wärme/Verwaltungsdienste*	Haushalt/Wärme/Auto
interne Relais	keine	Keine	0	verschieden
externe Aktoren	u.a. Digital, Analog, Modbus TCP, Modbus RTU, Mbus	Relais für Elektro-Verteilerschrank, Installations-Relais, Zwischenstecker, beliebig erweiterbar	Module über Powerline; Relais 10 A, Dimmer 150 W, 0..10 V/1..10 V Ausgänge, Dali	ca. 500 verschiedene Protokolle bzw. Geräte
Kommunikation	LTE Modul (eigenständige Kommunikation), Netzwerk und Steuerung	Direkt über bestehende Stromleitungen, 230 V	Bestehendes 230 V Netz, M-Bus für Zählererfassung, API Schnittstelle – Energie	EnOcean, ZigBee, KNX, LAN/W-LAN, Bluetooth, MQTT, 1Wire, Home-matic, etc
Anzeige	Webportal	Smartphone App, Wall-Displays (Tablets, Thanos, u:lux), Desktop Web-App	Touch-Panel, Mobile App, Webplattform	Webseite (div. Frontends), mobile Apps
Programmierung	Konfiguraton möglich über Webportal	Notebook, Cloud, Mobile App	Konfiguration vom Display, keine Programmierung	Perl-Skripte, Shell, etc
Wetterprognose	Nein	Ja	Ja	Ja
Tarifoptimierung	Ja	Ja	Ja	Ja
Besonderheiten	Neueste Machine-Learning-Expertise zur Prognose des kurzfristigen Energiekonsums, danach Steuerung flexibler Lasten mit dem Ziel, den Eigenverbrauch zu erhöhen. Die Lösung ist zu 100% automatisiert und wird von einer Visualisierungssoftware begleitet.	Geeignet für Neubauten und insbesondere auch Nachrüstungen, Vernetzung und intelligente Steuerung von beliebigen Verbrauchern über 230V, PV-Implementierung durch verschiedene Anbieter, z.b. www.netsolar.ch .	Sonderfunktionen für MFH wie zum Beispiel: Freecooling, Wetterstation, Hagelschutz, Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (ZEV), Anbindung Drittanbieter (webbasiert), Einfaches Mieterportal-Integration (Allthings, Streamnow, etc.) *Abrechnung und Nachricht an die Bewohner	Perl basierendes Open-Source System für Heimautomatisierung, mit Fokus auf dem versierten Anwender oder Bastler, grosse deutschsprachige Community.
Geräte-Richtpreis	Ab 1800.– CHF	Server: 539.– CHF, Meter: 224.– CHF, Relais ab 69.– CHF, zuzüglich ext. PV-Implementierung	Monitoring ab 750.– CHF, Komplettlösung mit Gegensprechanlage, Heizungssteuerung und Energie Monitoring inklusive Display ab 2990.– CHF. Haustechnik beliebig erweiterbar.	Software kostenlos
				

Tabelle 8: Übersicht Smart-Home-Systeme zur Eigenverbrauchsoptimierung.

enerFACE	Smart Energy Link	TNCALL	Miniserver/Miniserver GO
planergie ag	Smart Energy Link AG	TNC Consulting AG	Loxone Electronics GmbH
www.enerface.ch	www.smartenergylink.ch	www.tnc.ch	www.loxone.com
Haushalt/Wärme/Strom/Auto	Wärme/Elektromobilität/Haushalt	Haushalt/Wärme/Auto	Energie- und Lastmanagement/ Heizung/E-Mobilität und Haushalt
10	4	Industrie-PC mit universellen Schnittstellen	
Relais, 0-10Volt Eingänge, 0-10 Volt Ausgänge, Leistungssteller mit Netzfilter für Elektroheizsätze, Ladestationen, SG Ready Schnittstelle, Batteriespeicher	Alle Wechselrichter mit Sunspec-Protokoll, alle Wärmepumpen mit SGready, Direktintegration mit CTA, Stiebel Eltron; Dynamische Heizstäbe; Ladestationen: Zapcharger, Alfen, KEBA, ABB Lunic, Wallbe, easee (in Entwicklung), laufende Ergänzung; Batteriespeicher: Tesla Powerpack, 2nd-Life-Batterien (EVTEC Barista), Sonnen (in Entwicklung), laufende Ergänzung; KNX, eSmart	Wärmepumpen, regelbare Heizstäbe, Raumtemperaturregelung, Lüftungsanlagen, Batteriespeicher, E-Auto-Ladestationen. Strom-, Wärme- & Wasserzähler. System individuell und modular erweiterbar	Zentrale oder dezentrale Aktoren, z.B. Relais, Beschaltungsaktoren, Stellantriebe für Heizungsventile, Schaltaktoren für Licht und Steckdosen, Dimmaktoren und vieles mehr
W-LAN, LAN, 1 Wire, USB, RS-485, Digital- und Analog-eingänge, SO	Modbus, Mbus, RS-232, RS-485, LAN, W-LAN, KNX, USB, HDMI	Modbus, M-Bus, KNX, EnOcean, Ethernet, u.a.	Loxone Tree-Bus, Loxone Air Gebäudefunk, LAN, mit Extension auch Modbus, KNX und EnOcean; daneben zahlreiche weitere offene Schnittstellen
Webportal, Smartphone und Tablet	Web-Apps für Eigentümer, Verwaltung und Bewohner	Webportal optimiert für Mobile, Tablet & PC	App, Webseite
via Browser	Auf Kundenbedürfnisse konfiguriertes und getestetes System	System projektspezifisch vollständig vormontiert, konfiguriert und programmiert	Notebook (LAN), App, Webseite
ja kann mit eingebunden werden	Ja	Ja	Ja
Ja	Ja	Ja	Ja
In Hutschienen oder Wandmontage Gehäuse verfügbar. Sehr viele Sensoren wie Temperaturen, Wetterstationen, Feuchte, Druck, Wärmemengenzähler, Einstrahlungssensor, Windsensoren etc. verfügbar. Reports für ZEV und Eigenverbrauchsgemeinschaften in Form von Abrechnungen generierbar. Visualisierung auf Grossdisplays möglich. Einbindung in eigene Homepage möglich. White Label Lösung möglich. Energieverbrauchsprognose aufgrund der Vergangenheitsdaten aktivierbar.	Integrale Lösung für Eigenverbrauch und Elektromobilität in Mehrparteienhäusern und Arealen bestehend aus: Eigenverbrauchs-Optimierung, Lastspitzenmanagement, Energiemessung- und Verrechnung von Strom, Wärme, Wasser und Elektroauto-Ladungen, Energie-monitoring (Minergie-Monitoring), SmartGrid-Steuerung für Areale und Quartiere (Mittel- und Niederspannung). Alarmserver für technische Alarmer.	Abrechnungslösung, Eigenverbrauchsoptimierung und Lastmanagement für Elektromobilität aus einer Hand. Abrechnung für MFH von Strom (ZEV, E-Autos), Wärme, Wasser und Nebenkosten. Eigenverbrauchsoptimierung objektspezifisch über Ansteuerung von Wärmepumpen, regelbaren Heizstäben, Ladestationen und Einbindung von Batteriespeichern. Dynamischer Überlastschutz des Gebäudes bei Ausbau von E-Auto-Ladestationen.	Umfassendes System zur Gebäudeautomatisierung für Wohnen und Gewerbe; Einsatz bei Neubauten genauso wie bei Bestandsbauten; kostenfreie Software für Programmierung, Fernwartung und Visualisierung am Handy, Tablet oder PC
ab 385.- CHF	980.- CHF	Projektspezifisch	Miniserver 699.- CHF, Miniserver GO 425.- CHF



TNCALL



3.4 STEUERGERÄTE ZUR EIGENVERBRAUCHS-OPTIMIERUNG

Spezielle Geräte zur Eigenverbrauchsoptimierung werden von diversen Herstellern angeboten. Sie unterscheiden sich bezüglich Kommunikationsstandards, der Flexibilität der Programmierung sowie der Berücksichtigung von Wetterdaten oder Stromtarifen bei der Optimierung. Gewisse Eigenverbrauchsmanager lassen einem z.B. die Wahl, ob die Geräte kostenoptimiert und damit ggf. auch nachts bei Niedertarif oder voll eigenverbrauchsoptimiert laufen sollen. Wenn Wetterprognosedaten einfließen, kann z.B. das Rückspeisemaximum reduziert werden, indem bei sonniger Prognose eine Batterie/ein Elektrofahrzeug erst in den Mittagsstunden lädt, während bei nahendem Regen schon von morgens an geladen wird.

Vorteil: Energieverbrauch und -produktion werden illustrativ aufbereitet, umfassende Programmierungsmöglichkeiten für einen gezielt optimierten Geräteeinsatz.

Nachteil: Inklusiv Programmierung verursachen alle Varianten Kosten über 1000 Franken, die sich über den erhöhten Eigenverbrauch nicht zwingend amortisieren.

In Tabelle 7 sind die in der Schweiz gängigsten Systeme mit ihren Daten (Stand: Sommer 2020) aufgelistet und gegenübergestellt. Dabei ist zu beachten, dass die Daten Herstellerangaben sind.

3.5 EINBINDUNG IN «SMART HOME»

Smart-Home-Systeme gehen über die Solarstrom-Eigenverbrauchsoptimierung hinaus. Über Funkkommunikation oder Powerline kann von Heizung über Multimedia bis zum Schliesssystem die gesamte Haustechnik vernetzt werden.

Die PV-Einbindung ist eine kleine Ergänzung, die jedoch noch nicht in allen Systemen umgesetzt ist. Solche Smart-Home-Ansätze geben z.B. der Wärmepumpe nicht nur ein Freigabesignal, wenn Solarstrom vorhanden ist. Sie übernehmen die Komfortsteuerung umfassender, schalten auch in Abhängigkeit von Warmwasser- oder Raumtemperatur und berücksichtigen Wetterprognosen und Stromtarife.

In Tabelle 8 sind die in der Schweiz gängigsten Systeme mit ihren Daten (Stand: Sommer 2020) aufgelistet und gegenübergestellt. Dabei ist zu beachten, dass die Daten Herstellerangaben sind.

HANDLUNGSLEITFADEN

4 SECHS SCHRITTE ZU HÖHEREM EIGENVERBRAUCH

SCHRITT 1: WÄRMEERZEUGUNG MIT SOLARSTROM

Im Haus ist bereits eine Wärmepumpe oder ein Wärmepumpenboiler vorhanden: sorgen Sie dafür, dass die Wärmepumpe via Relais oder Smart Grid Ready Schnittstelle bei Solarstromüberschuss eingeschaltet wird. Eine neue Wärmepumpe oder ein Wärmepumpenboiler ist geplant: Achten Sie auf das Label «SG Ready» oder weitere Kommunikationsschnittstellen zu Smart Home Geräten, denn solche Anlagen können einfach eingebunden werden.

SCHRITT 2: HAUSHALTSGERÄTE MIT SOLARSTROM BETREIBEN

Die Geräte sollen manuell gesteuert werden: Sorgen Sie dafür, dass die Geräte dann eingeschaltet sind, wenn die Sonne scheint. Hilfreich dafür ist eine Anzeigelösung, welche die Stromproduktion und den aktuellen Verbrauch angibt (z.B. «Smappee»). Die Kosten dafür betragen ca. CHF 300.–.

Die Geräte sollen automatisch gesteuert werden: Installieren Sie eine Eigenverbrauchssteuerung, welche die Geräte gemäss Wetterprognose und produziertem Solarstrom ansteuert. Achten Sie bei neuen Haushaltsgeräten auf eine Ansteuermöglichkeit durch Wechselrichter oder Eigenverbrauchsmanager sowie darauf, dass die Haushaltsgeräte nach dem Unterbruch das vorgängig eingestellte Programm fortsetzen.

SCHRITT 3: BATTERIESPEICHER MIT SOLARSTROM LADEN

Prüfen Sie den Einsatz eines Batteriespeichers, wenn die installierte PV-Leistung mehr als 1 kWp pro 1000 kWh Jahresverbrauch beträgt. Achten Sie darauf, dass eine Eigenverbrauchsoptimierung integriert ist. Lassen Sie von einem Solarprofi ausrechnen, ob der Speicher wirtschaftlich betrieben werden kann und beachten Sie die Informationen zu Lebensdauer und Sicherheit. Falls eine Notstromlösung gewünscht ist, achten Sie darauf, ob Speicher und Wechselrichter bei Stromausfall ein Inselnetz aufbauen können.

SCHRITT 4: ELEKTROFAHRZEUG MIT SOLARSTROM LADEN

Bei bereits vorhandenen Elektrofahrzeugen: Wenn keine automatische Steuerung möglich ist, laden Sie das Fahrzeug dann, wenn möglichst viel Solarstrom produziert wird (siehe auch Schritt 2 für mögliche Anzeigeräte der aktuellen Stromproduktion).

Bei neuen Elektrofahrzeugen: Achten Sie darauf, dass das Fahrzeug bidirektionales Laden unterstützt. Wählen Sie eine Ladestation, die mit der Eigenverbrauchssteuerung kommunizieren kann.

SCHRITT 5: ANLAGENLEISTUNG ANPASSEN

Falls Sie noch keine PV-Anlage haben: dimensionieren Sie die Anlageleistung entsprechend dem Stromverbrauch und den oben genannten Massnahmen, um einen möglichst hohen Eigenverbrauchsanteil zu erreichen. Berücksichtigen Sie zukünftige grosse Stromverbraucher (z.B. Wärmeezeugung oder Elektroauto) und allfällige Speicherung mit Batterien. Prüfen Sie eine Ost-West-Ausrichtung der Anlage: diese hat zwar einen etwas geringeren Ertrag als eine Südanlage, bringt dafür aber morgens und abends höhere Erträge. Beachten Sie dabei aber: ein teilbelegtes Dach sollte immer die Notlösung sein, wenn ansonsten die Wirtschaftlichkeit gar nicht gegeben ist. Lassen Sie sich von Ihrem Solarteuer auf jeden Fall auch eine Offerte für ein voll belegtes Dach geben. Erfahrungsgemäss wird jedes weitere «kWp» deutlich preiswerter (der Planer, das Gerüst und die Nebenarbeiten fallen unabhängig von der Grösse der Solaranlage an).

SCHRITT 6: ZUSAMMENSCHLUSS ZUM EIGENVERBRAUCH (ZEV)

Wenn Sie ein Mehrfamilienhaus oder ein Areal mit mehreren Häusern besitzen oder bauen: Prüfen Sie die Möglichkeit, einen ZEV zu einzurichten. Gegenüber dem Energieversorger tritt der ZEV als ein einziger Verbraucher auf und innerhalb des ZEV wird der individuelle Stromverbrauch mit «privaten» Zählern abgerechnet. Durch den gemeinsamen Eigenverbrauch kann ein grösserer Anteil des Solarstroms genutzt werden und alle Teilnehmer profitieren von günstigeren Strompreisen.

WIE WEITER?

- Eine Anleitung für die erfolgreiche Umsetzung finden Sie unter www.energieschweiz.ch/eigenverbrauch und unter www.energieschweiz.ch/meine-solaranlage
- Weitere Unterlagen finden Sie auf den Webseiten des VESE (www.vese.ch) sowie von Swissolar (www.swissolar.ch)
- Kontaktieren Sie einen Solarprofi: www.solarprofis.ch
- Rufen Sie die EnergieSchweiz-Hotline an: 0848 444 444
- Werden Sie Mitglied bei VESE – dem Verband unabhängiger Energieerzeuger, um Erfahrungen auszutauschen und von Dienstleistungen für PV-Betreiber zu profitieren. www.vese.ch

Die Inhalte dieser Broschüre wurden durch den VESE erstellt.
Stand der Angaben: Sommer 2020

Sämtliche Angaben wurden nach bestem Wissen recherchiert, eine Gewähr oder Haftung für die Korrektheit oder Vollständigkeit der gemachten Informationen, Werte und Aussagen kann aber nicht übernommen werden, zumal sich diese schnell ändern können.

EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Postadresse: CH-3003 Bern
Infoline 0848 444 444, www.infoline.energieschweiz.ch
energieschweiz@bfe.admin.ch, www.energieschweiz.ch, twitter.com/energieschweiz

Vertrieb: www.bundespublikationen.admin.ch
Artikelnummer 805.529.D