



Landesagentur für
Energie und Klimaschutz



Zukunftsperspektiven für PV-Anlagen im Bestand



Ein Leitfaden für Betreiberinnen und Betreiber über die Nutzungsmöglichkeiten bestehender PV-Anlagen mit individuellen Lösungsvorschlägen und Rechenbeispielen



Landesagentur für
Energie und Klimaschutz



Inhalt

Einleitung und Überblick	4
Welche Lösung passt zu meiner PV-Anlage	6
Vorüberlegungen für Weiterbetrieb	6
Weiterführung der Volleinspeisung	8
Eigenverbrauch des PV-Stroms	9
Direktvermarktung und Direktlieferung	11
Weitere Erlösmöglichkeiten	14
Recycling und Repowering	15
Eigenverbrauch optimieren	17
Anpassung des Stromverbrauchs	17
Den Eigenverbrauch mit Batteriespeicher optimieren	19
Mit Wärmepumpen den Eigenverbrauch steigern	21
Eigenverbrauchsoptimierung mit einem Elektro-Fahrzeug	22
Quellen	24
Impressum	25



Einleitung und Überblick

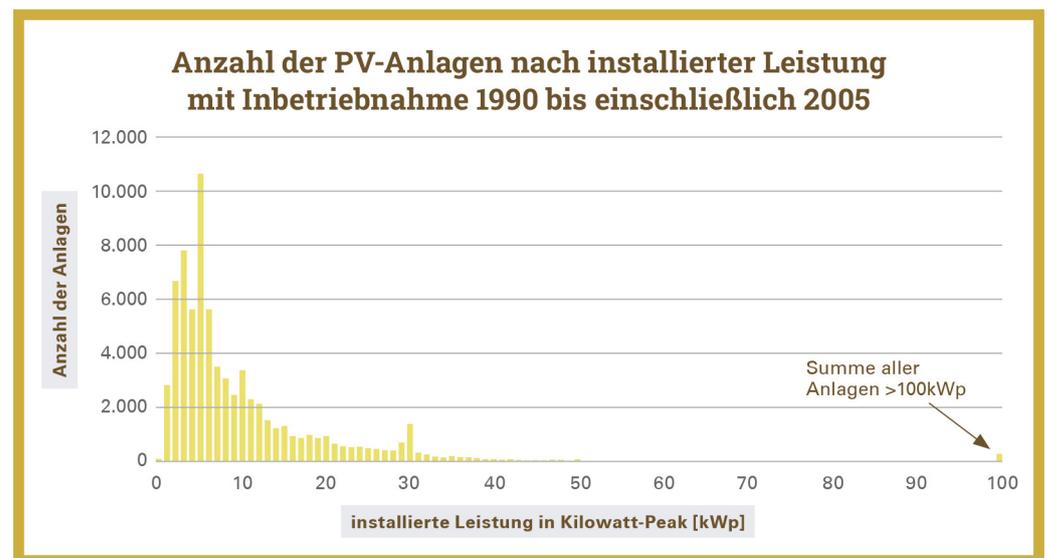
Betreibende von Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) erhalten für die Laufzeit von 20 Jahren zuzüglich des Jahres der Inbetriebnahme eine Vergütung nach dem **Erneuerbare-Energien-Gesetz – kurz EEG**. Für Anlagen, die vor dem Jahr 2000 in Betrieb gingen, gilt dieses Jahr als Inbetriebnahmejahr.

Damit endete erstmals zum 31. Dezember 2020 für alle PV-Anlagen aus der Zeit bis einschließlich 2000 die EEG-Förderung. Bei diesen Photovoltaikanlagen spricht man von **ausgeförderten Anlagen, Ü20-Anlagen oder Post-EEG Anlagen**. Nun stellt sich für die Betreiberinnen und Betreiber die Frage:

Wie kann ich auch in Zukunft meine Photovoltaikanlage wirtschaftlich betreiben?

Den Weiterbetrieb der Anlage zu planen und umzusetzen ist sowohl für den Einzelnen als auch für die Energiewende insgesamt von großer Bedeutung. In den Jahren bis einschließlich 2005 sind rund 75.700 PV-Anlagen in Bayern errichtet worden (siehe Abbildung 1). Insgesamt weisen diese Anlagen eine installierte Leistung von ca. 925 MWp auf und liefern ca. 940 GWh Strom im Jahr¹. Bis zum Jahr 2025 werden diese Anlagen aus dem 20-jährigen EEG-Förderzeitraum fallen.

Abbildung 1:
Anzahl der PV-Anlagen in Bayern je Größenklasse in kWp, die bis Ende 2025 das Ende der 20-jährigen EEG-Vergütung erreichen.
(Quelle: Energie-Atlas Bayern (2021); zu beachten ist, dass nur im Marktstammdatenregister eingetragene Anlagen dargestellt sind. Besonders bei Anlagen im niedrigeren Leistungsbereich ist anzunehmen, dass Anlagen nicht registriert wurden.)



1 Für eine genaue Berechnung sind Ausfallraten der Anlagen über die Förderdauer von 20 Jahren zu berücksichtigen (vergleiche hierzu Ökopol 2004)

Rechtlich sind Erneuerbare-Energie-Anlagen auch ohne den ursprünglichen Vergütungsanspruch weiterhin »Anlagen gemäß EEG«, womit der **Anspruch auf Netzanschluss sowie die vorrangige physikalische Abnahme des Stroms** garantiert bleiben. Jedoch müssen auch die technischen Vorgaben des EEG sowie Melde- und Registrierungspflichten, insbesondere in Bezug auf das Marktstammdatenregister, weiterhin eingehalten werden. Jeder sogenannte Wechsel in eine andere Veräußerungsform (z. B. Wechsel in die Direktvermarktung) muss in jedem Fall dem Netzbetreiber bekannt gegeben werden.

Für die Weiternutzung des PV-Stroms gibt es folgende Möglichkeiten:

- **Weiterführung der Einspeisung** in Höhe der sog. EEG-Anschlussförderung: Hier erfolgt eine Vergütung der eingespeisten Strommengen in Abhängigkeit vom Jahresmarktwert Solar abzüglich einer Vermarktungskostenpauschale (sog. EEG-Anschlussförderung)
- **Eigenverbrauch des Stroms:** Diese Option bietet die Möglichkeit, den Einkauf von Strom zu reduzieren und somit Stromkosten zu reduzieren.
- **Direktlieferung und Direktvermarktung:** Neben dem Einspeisen in das öffentliche Netz kann es vor allem bei größeren Anlagen eine wirtschaftliche Option sein, den Strom direkt oder über Dienstleister an Kunden zu vermarkten.
- **Weitere Erlösoptionen:** Neben den bisher genannten Optionen bieten Energieversorgungsunternehmen spezielle PV-Stromtarife oder Cloud-/Community-Lösungen an.
- **Recycling und Repowering:** Grundsätzlich besteht immer die Möglichkeit, die vorhandene PV-Anlage zu erweitern, Module auszutauschen oder die gesamte Anlage zu demonstrieren. Nicht mehr genutzte Module sollten dem Zweitmarkt zugeführt oder recycelt werden.





Welche Lösung passt zu meiner PV-Anlage?

VORÜBERLEGUNGEN FÜR DEN WEITERBETRIEB

Bestandsanalyse: Wie steht es um meine PV-Anlage?

Vor Beginn der konkreten Planung oder der Umsetzung von Maßnahmen sollte der **Zustand der eigenen PV-Anlage** erhoben werden.

Grundsätzlich sollten Betreibende regelmäßig den Zählerstand ablesen und den Wechselrichter prüfen. Auch eine einfache Sichtprüfung der PV-Anlage auf deutlich erkennbare Schäden, wie etwa lose Kabel, herunterhängende Teile oder Schäden an den Modulen, sollte regelmäßig erfolgen. Betreiber sollten im Blick haben, wie sich die Stromerträge der Anlage im Laufe der Jahre verringern. Die Module der PV-Anlage sollten nach 20 Jahren noch mindestens 80 % der installierten Leistung liefern können. Neben der technischen Seite kann auch ein gewachsener Baumbestand zu einer schleichenden Ertragsverschlechterung führen.

Vor Investitionen in den Weiterbetrieb bietet sich ein **E-Check für PV-Anlagen** an. Hierbei handelt es sich um eine normierte Prüfung durch einen zertifizierten Fachbetrieb, bei dem neben der Funktionsfähigkeit und dem Ertrag auch die Sicherheit der Anlage geprüft wird.

Besteht die Anlage die Prüfungen und verfügt noch über einen ausreichend hohen Wirkungsgrad, sollten noch das **Alter und der Zustand des Wechselrichters** überprüft werden. Allgemein ist davon auszugehen, dass in etwa alle 15 Jahre ein neuer Wechselrichter angeschafft werden muss. Neue Wechselrichter weisen höhere Wirkungsgrade auf, sodass der Ertrag der Anlage normalerweise ansteigen wird.

Mit dem Ende der zwanzigjährigen EEG-Vergütung sollte zudem kontrolliert werden, ob die bestehenden Versicherungskonditionen angepasst werden müssen. Vielleicht lassen sich die Kosten hier durch eine einfache Haftpflichtversicherung reduzieren.

Wie steht mein Haus da?

Erreicht eine Dachanlage das Ende der EEG-Vergütung, kann das ein Anlass sein, über das **energetische und ökologische Gesamtkonzept** eines Hauses oder eines Betriebs nachzudenken. Wenn z. B. die Sanierung und Dämmung des Daches notwendig ist oder weitere Maßnahmen anstehen, kann es auch sinnvoll sein, die bestehende PV-Anlage abzubauen, die Sanierungsmaßnahmen als Gesamtkonzept umzusetzen und anschließend eine neue PV-Anlage in Betrieb zu nehmen.

Wo will ich eigentlich hin?

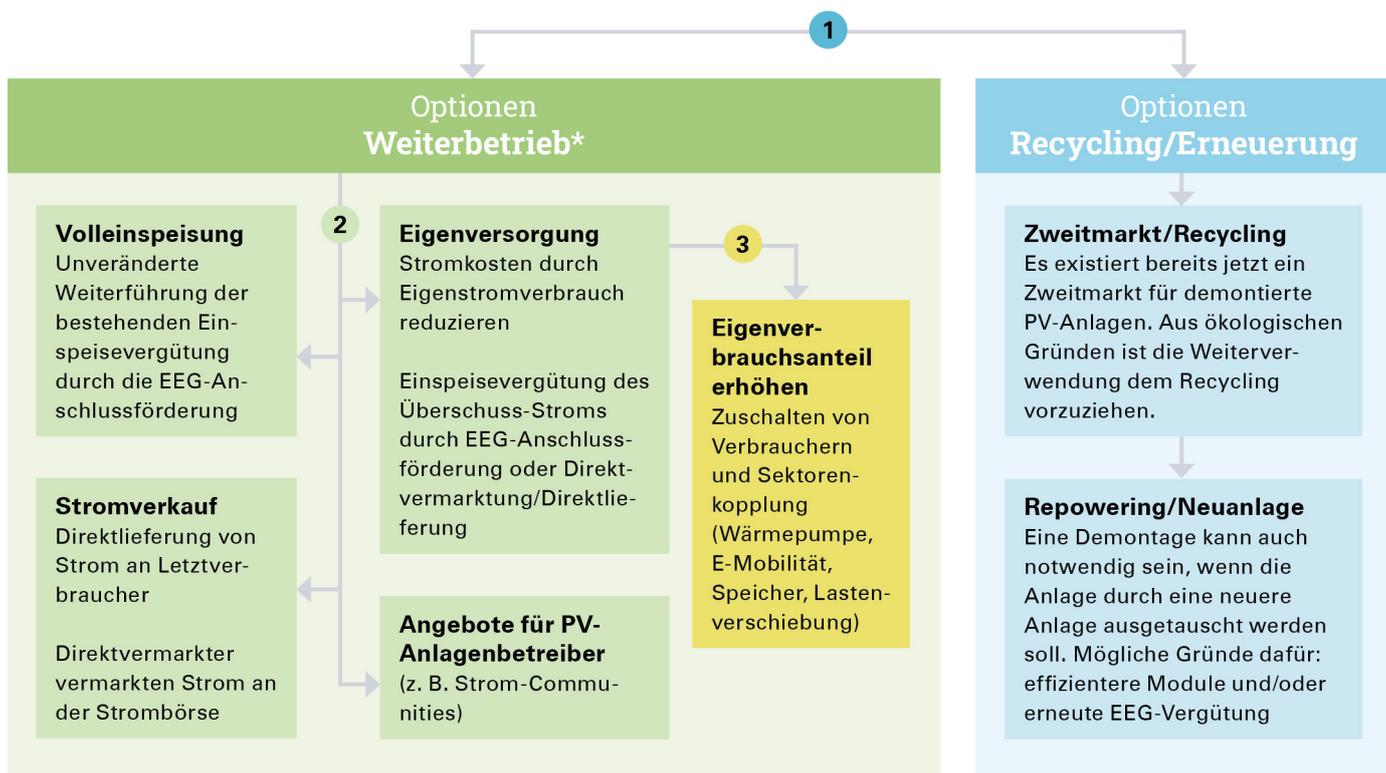
Bevor ein neues Weiterbetriebskonzept erarbeitet wird, sind daher einige **grundlegende Überlegungen** wichtig. Einige bedeutende Fragen für die eigene Anlage sind:

- Ist der Weiterbetrieb ohne weiteres technisch möglich oder sind größere Investitionen zur Sicherstellung des Weiterbetriebs nötig?
- Wie hoch sind meine Betriebskosten?
- Welche Gewinnerwartungen bestehen?
- Ist eventuell ein Repowering am Standort möglich und sinnvoll?
- Gibt es rechtliche Einschränkungen, wie eingeschränkte Nutzungsrechte bei gepachteten Gebäuden,

Beschränkungen bei der Installation von weiteren Gewerken, etc.?
Müssen Pachtverträge und Versicherungen verlängert werden?

Eine Hilfestellung für den Entscheidungsprozess stellt die Abbildung 2 dar. In der Grafik werden die gängigen Handlungsoptionen dargestellt sowie die grundlegenden Entscheidungsmomente aufgezeigt. In den weiteren Abschnitten dieses Leitfadens werden diese Möglichkeiten im Detail beschrieben.

Abbildung 2:
Zusammenfassender Überblick zu den möglichen Optionen und Hinweis auf grundlegende Entscheidungsmomente.



1 Für die Entscheidung zwischen einem Weiterbetrieb oder der Erneuerung/dem Recycling der Anlage ist der Gesamtzustand und die Funktionsfähigkeit der Anlage zu prüfen.

2 Die Wahl der Option zum Weiterbetrieb ist eine individuelle Entscheidung und hängt von der eigenen Situation ab. Der Leitfaden liefert hier Hilfestellungen, welche Fragen zu beantworten sind.

3 Wird die Option Eigenversorgung gewählt, bietet es sich an, auf elektrische Verbraucher zu setzen, um den Eigenverbrauch zu erhöhen. Zu prüfen ist, welche Möglichkeiten für den eigenen Fall sinnvoll sind.

* Mieterstrom, Peer-to-peer und ähnliche Modelle sind i.d.R. erst für größere Energiemengen interessant. Eine Erläuterung der Begriffe und Modelle folgt im Kapitel »Direktvermarktung und Direktlieferung«

WEITERFÜHRUNG DER VOLLEINSPEISUNG

Bei den PV-Anlagen, die in den Anfangsjahren des EEG in Betrieb genommen wurden, handelt es sich überwiegend um Kleinanlagen, die den erzeugten Strom vollständig in das öffentliche Netz einspeisen. Für solche ausgeförderte Anlagen besteht die Möglichkeit, die Volleinspeisung unverändert fortzuführen. Das EEG garantiert für Anlagen bis 100 kWp installierter Leistung auch nach dem Auslaufen des 20-jährigen Vergütungszeitraum eine Zahlung für jede in das öffentliche Netz eingespeiste Kilowattstunde, die sogenannte **Anschlussvergütung**.

Diese Option greift automatisch, wenn sich die Betreibenden nicht aktiv für eine andere Vermarktungsform entscheiden. Dann wird diesen durch den zuständigen Netzbetreiber, welcher auch bisher für die Abnahme des Stroms verantwortlich war, die Anschlussvergütung ausbezahlt. Der Zahlungsanspruch ist aktuell bis zum **Jahresende 2032** zeitlich begrenzt. Dabei ist es unerheblich, wann der individuelle EEG-Förderzeitraum für eine Anlage endet.

Die Höhe der Anschlussvergütung hängt vom sogenannten **»Jahresmarktwert Solar«** (JW Solar) ab. Der JW Solar wird aus den tatsächlichen Börsenstrompreisen errechnet, die der Strom aus PV-Anlagen über ein Jahr gemittelt erzielt hat. Die Werte der letzten Jahre sind in Tabelle 1 aufgeführt. Seit 2023 dürfen maximal 10 ct/kWh für die Berechnung der Anschlussvergütung angesetzt werden.

Zu beachten ist, dass der JW Solar noch um einen **Abzugsbetrag** reduziert werden muss. Dieser wird aus den voraussichtlichen Einnahmen und Kosten der Netzbetreiber für die Stromvermarktung berechnet und jeweils für das kommende Kalenderjahr veröffentlicht. Bei PV-Anlagen, die mit einem intelligenten Messsystem (iMSys; vgl. Infobox auf S. 7) ausgestattet sind, wird nur die Hälfte dieses Betrags abgezogen.

Tabelle 1:
Die Anschlussvergütung für ausgeförderte Anlagen wird jährlich aus dem Jahresmarktwert Solar (JW Solar) und einem Abzugsbetrag errechnet.
(Quelle: www.netztransparenz.de)

Jahr	2021		2022		2023	2024	
JW Solar in ct/kWh	7,552		22,306		7,200	(zu ermitteln)	
Abzugsbetrag in ct/kWh	ohne iMSys	mit iMSys	ohne iMSys	mit iMSys		ohne iMSys	mit iMSys
	0,400	0,200	0,184	0,092	0,000	1,808	0,904
Anschlussvergütung in ct/kWh*	7,152	7,352	22,122	22,214	7,200	(max. 8,192)	(max. 9,096)

Befindet sich die PV-Anlage in einem guten technischen Zustand, so ist bei dieser Option die Höhe der Einnahmen zwar ungewiss, es müssen aber auch in der Regel keine Investitionen getätigt werden und die Anlage speist weiterhin ein. Steht allerdings eine größere Investition an, vor allem der **Tausch der Wechselrichter** ist hier ein Thema, stellt man schnell fest, dass sich diese Kosten bei kleinen Anlagen bis ca. 5 kWp häufig nicht mehr amortisieren werden.

Folgende Tabelle veranschaulicht, welche **Kostenpunkte** zu berücksichtigen sind. Es handelt sich hierbei um eine stark vereinfachte Kostenbetrachtung, die zeitliche Effekte der Zahlungsfolge nicht berücksichtigt. Für die Anschlussvergütung wurde im Beispiel aufgrund der Jahresmarktwerte der letzten zehn Jahre sowie der derzeitigen Entwicklung der Börsenstrompreise ein Wert von 4,5 ct/kWh angesetzt.

Die Beispielrechnung zeigt, dass sich bei einer Anschlussvergütung von 4,5 ct/kWh und einmaligen Kosten von 400 € nur mehr eine sehr geringe Rentabilität für den Weiterbetrieb ergibt. Im Beispiel wurde angenommen, dass die PV-Anlage noch zehn Jahre nach dem Auslaufen der EEG-Vergütung weiterbetrieben werden kann und für die gesamte Zeit eine konstante Vergütung erhält. Bereits bei einer angenommenen Anschlussvergütung von 4 ct/kWh kann der angeführte Anlagen-Check jedoch voraussichtlich nicht mehr refinanziert werden. Wie sich die Wirtschaftlichkeit im Einzelfall darstellen wird, hängt deshalb nicht zuletzt vom Jahresmarktwert Solar und damit von der Entwicklung der Börsenstrompreise ab. Stehen größere Investitionen in den Weiterbetrieb an, wie etwa der Tausch der Wechselrichter, schneiden größere PV-Anlagen aufgrund von Degressionseffekten in der Wirtschaftlichkeit meist besser ab.

Statische Beispielrechnung: Volleinspeisung mit Anschlussvergütung

Installierte Leistung PV	5 kWp
Durchschnittlicher Ertrag	4.500 kWh/a
Einmalige Investitionen/Ausgaben	
Anlagen-Check	400 €
Jährliche Kosten	
Wartung und Instandhaltung	90 €/a
Kosten Einspeisezähler	20 €/a
Anlagenversicherung	50 €/a
Summe jährliche Kosten	160 €/a
Jährliche Erlöse	
Netzeinspeisung (bei 4,5 ct/kWh Vergütung)	203 €/a
Überschuss nach 10 Jahren	25 €

EIGENVERBRAUCH DES PV-STROMS

Im Teil »Steigerung des Eigenverbrauchs« werden die verschiedenen Möglichkeiten ausführlich dargestellt.

Viele PV-Anlagen, die in den kommenden Jahren das Ende des 20-jährigen EEG-Vergütungszeitraums erreichen, speisen den erzeugten Strom vollständig in das öffentliche Stromnetz ein.

Zum Zeitpunkt ihrer Inbetriebnahme war die EEG-Vergütung deutlich höher als die Kosten für den Strombezug aus dem öffentlichen Netz. Nach dem Ende des Förderzeitraums besteht



nun für Betreibende die Möglichkeit, den kostengünstig erzeugten Strom selbst zu verbrauchen und dadurch die Stromkosten zu senken.

Kleinere Ü20-Anlagen erhalten zwar noch die sogenannte Anschlussvergütung in Abhängigkeit der Börsenstrompreise, maximal jedoch 10 ct/kWh. Der Strom aus dem Netz kostet für Haushaltskunden hingegen über 30 ct/kWh. Auch bei Kunden mit einem deutlich höheren Stromverbrauch, etwa bei Industrie-, Gewerbe- oder landwirtschaftlichen Betrieben, kann in der Regel von einem höheren Strompreis ausgegangen werden, als über die Anschlussvergütung erzielt werden kann. Die Optimierung der Wirtschaftlichkeit gelingt deshalb in vielen Fällen über einen möglichst hohen Eigenverbrauch des erzeugten Solarstroms.

Voraussetzungen für Eigenverbrauch

Für die Umstellung von Volleinspeisung auf Eigenverbrauch sind in vielen Fällen lediglich Umbauarbeiten am Zählerschrank und der unmittelbar betroffenen Elektroinstallation erforderlich. PV-Anlagen, die vor 2009 in Betrieb gingen, haben meist einen separaten Einspeisezähler, um den in das öffentliche Stromnetz gelieferten Strom zu erfassen. Bei der Umstellung

auf Eigenstromnutzung wird der Einspeisezähler und der Bezugzähler des Haushalts durch einen sogenannten Zweirichtungszähler ersetzt, der beide Messrichtungen erfasst. Je nach Anlagengröße wird es sich hierbei bereits um eine moderne Messeinrichtung oder ein intelligentes Messsystem handeln (siehe Infobox).

Im Einzelfall kann auch ein etwas umfangreicherer Umbau einen höheren Aufwand erfordern, weil etwa Stromkabel neu verlegt werden müssen. Es bietet sich an, die Umrüstung Rahmen des Anlagen-Checks zu planen. Darüber hinaus muss der zuständige Netzbetreiber über die Umstellung auf eine Eigenverbrauchsanlage informiert werden.

Intelligente Messsysteme

Bei einem intelligenten Messsystem (iMSys) oder Smart Meter handelt es sich um einen digitalen Stromzähler bzw. eine »moderne Messeinrichtung«, die mit einer Kommunikationseinheit ausgestattet ist, dem Smart-Meter-Gateway. In den nächsten Jahren sollen in Deutschland im Rahmen des sogenannten »Smart-Meter-Rollouts« flächendeckend intelligente Messsysteme zum Einsatz kommen. Eine verpflichtende Nachrüstung sieht das Messstellenbetriebsgesetz bei einem Jahresstrombedarf von mehr als 6.000 kWh sowie bei Erzeugungsanlagen mit über 7 kW installierter Leistung vor. Für die Zählerkosten bestehen gesetzliche Preisobergrenzen. So darf der grundzuständige Messstellenbetreiber aktuell den Betreibenden von Anlagen bis 15 kW installierter Leistung nur einen Betrag von maximal 20 € jährlich in Rechnung stellen.

Produziert die Anlage mehr Strom, als selbst verbraucht oder gespeichert werden kann, fließt dieser im Regelfall als Überschusseinspeisung in das öffentliche Netz. Eine **Vergütung der Überschüsse im Rahmen der EEG-Anschlussförderung** ist auch nach der Umstellung auf Eigenverbrauch möglich. Nachfolgende Rechnung zeigt beispielhaft, wie sich die Wirtschaftlichkeit einer Eigenverbrauchsumrüstung für einen Einfamilienhaushalt mit

3.500 kWh Strombedarf im Jahr darstellt. Wie im vorherigen Beispiel wurde davon ausgegangen, dass die Anlage noch zehn weitere Jahre genutzt werden kann. Da die Investitionskosten der Anlage nach 20 Jahren als abgeschrieben betrachtet werden, ergibt sich bei Stromkosten von 33 ct/kWh und geringen Umrüstkosten von 500 € ein deutlich positives Bild.

Statische Beispielrechnung: Umstellung auf Eigenverbrauch

Installierte Leistung PV	5 kWp
Durchschnittlicher Ertrag	4.500 kWh/a
Eigenverbrauchsanteil PV-Strom	23 %
Einmalige Investitionen/Ausgaben	
Anlagen-Check	400 €
Umrüstung auf Eigenverbrauch	500 €
Jährliche Kosten	
Wartung und Instandhaltung	90 €/a
Anlagenversicherung	50 €/a
Summe jährlicher Kosten	140 €/a
Jährliche Erlöse/Einsparungen	
Netzeinspeisung (bei 4,5 ct/kWh Vergütung)	156 €/a
Einsparung Strombezug (Strompreis 35 ct/kWh)	359 €/a
Summe jährlicher Erlöse/Einsparungen	515 €/a
Überschuss nach 10 Jahren	2.854 €

DIREKTVERMARKTUNG UND DIREKTLIEFERUNG

Um mit dem Verkauf des eigenen Stroms die Erlöse zu optimieren, besteht die Möglichkeit, den Strom per Direktvermarktung oder Direktlieferung an Unternehmen oder andere Verbraucher zu veräußern. Diese Möglichkeit bietet sich aufgrund des Organisationsaufwandes insbesondere für Betreiber größerer PV-Anlagen an.

Direktvermarktung

Wird der Strom ins öffentliche Netz eingespeist, besteht die Möglichkeit, statt des Bezugs der Anschlussvergütung für ausgeführte Anlagen den Strom außerhalb des EEG über einen

Direktvermarkter zu vermarkten (die sog. »sonstige Direktvermarktung« gem. § 21a EEG). Die Direktvermarktungsunternehmen bezahlen für den Strom in der Regel eine **Vergütung in Abhängigkeit des Börsenstrompreises**, z. B. den Monatsmarktwert Solar (MW Solar) oder den Spotmarktpreisen, **abzüglich eines Vermarktungsentgelts**. Die Preistransparenz der Anbieter ist dabei teilweise gering und die geforderten Entgelte variieren stark. Meistens erfolgt die Entgeltabrechnung über eine vierteljährliche bis jährliche Pauschale, die abhängig von der Anlagengröße ist.

»Monatsmarktwert Solar« und »Jahresmarktwert Solar« werden von den Übertragungsnetzbetreibern online veröffentlicht: www.netztransparenz.de/de-de/Erneuerbare-Energien-und-Umlagen/EEG/Transparenz-anforderungen/Marktprämie/Marktwertübersicht

Der Wechsel in die Direktvermarktung muss bei dem zuständigen Netzbetreiber angezeigt werden. In der Regel übernimmt diese Aufgabe das Direktvermarktungsunternehmen. Ein Wechsel zwischen den Veräußerungsformen ist monatlich möglich, muss jedoch vor Beginn des jeweils vorangehenden Kalendermonats mitgeteilt werden. Wird beispielsweise im Januar ein Vertrag mit einem Direktvermarktungsunternehmen geschlossen, kann dieses den Strom ab März kaufen.

Für die Direktvermarktung ist üblicherweise eine **Viertelstundenmessung mit Datentransfer an den Direktmarkter** erforderlich. Dies kann beispielsweise mit einem intelligenten Messsystem oder bei größeren Anlagen durch einen Lastgangzähler (RLM-Zähler) erfolgen. Es können jedoch abweichende Regelungen zur Fernauslesung mit dem Direktvermarktungsunternehmen getroffen werden, insbesondere wenn die gesamte erzeugte Strommenge in das öffentliche Netz eingespeist wird (Volleinspeisung).



Zusätzlich ist eine **Fernsteuerbarkeit von Anlagen mit mehr als 25 kWp** installierter Leistung gesetzlich vorgeschrieben. Diese Steuerung erfolgt – sofern vorhanden – ergänzend zur

Fernsteuerung durch den Netzbetreiber über eine separate Schnittstelle (»DV-Schnittstelle«). Der Direktmarkter kann so über eine VPN-Verbindung die Einspeisedaten abfragen und gegebenenfalls steuernd auf die Anlage zugreifen, um die Einspeisung bei negativen Börsenstrompreise zu unterbinden. Durch die Einrichtung der erforderlichen Messtechnik und Fernsteuerung fallen für die Betreibenden neben den oben genannten Vermarktungsentgelten zusätzliche Kosten an.

Einige regionale Stromhändler haben spezielle Tarife für Ü20-Anlagen in ihr Portfolio aufgenommen. Solche Angebote sollten ebenso auf zusätzliche Kosten, wie etwa Gebühren für Messtechnik, sowie ergänzende Pflichten, wie beispielsweise Reststrombezug, überprüft werden.

Direktlieferung

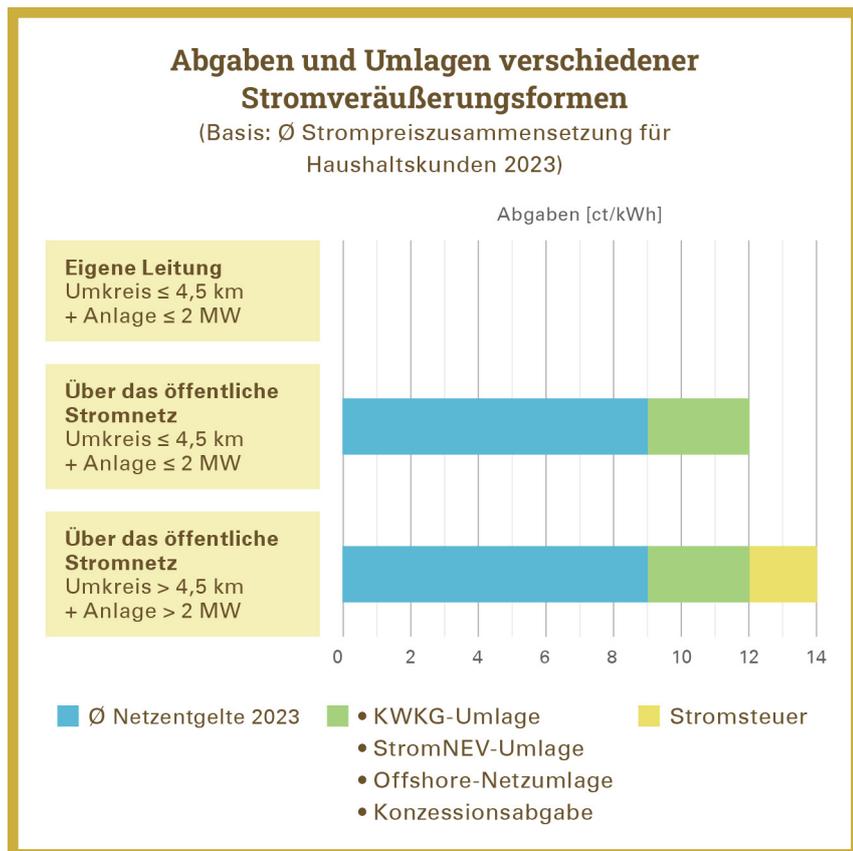
Wird der Strom direkt zu einem **individuell vereinbarten Strompreis an Dritte geliefert und verkauft**, wird von einer Direktlieferung oder auch von einem sogenannten Onsite-PPA gesprochen. Hierzu werden entsprechende Verträge zwischen den Anlagenbetreibern und den Abnehmern geschlossen. Erfolgt die Stromlieferung über eigene Leitungen und in unmittelbarer räumlicher Nähe zur Anlage, müssen keine Netzentgelte oder weitere netzbezogene Abgaben und Umlagen gezahlt werden. Bei einer Anlage mit einer Leistung von maximal zwei Megawatt mit Entnahmestellen in einem Radius von bis zu 4,5 km kann zudem die Stromsteuer entfallen. Die Erlaubnis auf Stromsteuerbefreiung muss gegebenenfalls beim zuständigen Hauptzollamt gestellt werden.

Der entstehende finanzielle Spielraum kann eine **günstigere Stromversorgung** der Verbraucher vor Ort

ermöglichen. So können über Direktlieferungsmodelle sowohl Industrie- und Gewerbeunternehmen als auch Kommunen und Privathaushalte mit lokal erzeugtem Strom versorgt werden. Für die meisten privaten Post-EEG-Anlagen stellt die Direktstromlieferung jedoch keine wirtschaftlich sinnvolle Option dar.

Ein Überblick zu den **Abgaben und Umlagen** bei der Stromvermarktung ist in der Abbildung 3 dargestellt. Je nachdem, welche Art von Leitung beziehungsweise Netz genutzt wird und welche Anlagengröße vorhanden ist, sind Umlagen und Abgaben, wie beispielsweise Netzentgelte, zu entrichten. Dies wirkt sich dementsprechend direkt auf den Strompreis in der Vermarktung aus.

Abbildung 3:
Abgaben und Umlagen bei verschiedenen Stromveräußerungsformen an Endkunden mit Beträgen für Haushaltskunden (Ø Strompreiszusammensetzung 2023); Datengrundlage: BDEW



anlage, meist einer PV-Anlage, direkt an Mietparteien oder die Nachbarschaft im gleichen Haus verkauft. Um keinen netzseitigen Pflichten des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) zu unterliegen, erfolgt sowohl die Erzeugung als auch die Belieferung hinter demselben Netzverknüpfungspunkt, sodass keine Durchleitung durch das öffentliche Netz stattfindet.

Zu beachten ist, dass bei dieser Art von Lieferbeziehung Anlagenbetreibende gewissen rechtlichen Anforderungen des EnWG nachkommen müssen. Dadurch kommen auf diese einige **energiewirtschaftliche Pflichten** zu, insbesondere Meldepflichten sowie bei der Belieferung von privaten Haushaltskunden inhaltliche Vorgaben hinsichtlich der Gestaltung des Stromlieferungsvertrages und der Abrechnung der gelieferten Strommengen. Häufig werden für die energierechtskonforme Abrechnung spezielle Dienstleister herangezogen, die entsprechende Software zur Erfassung der Strommengen und für die Erstellung einer energierechtskonformen Abrechnung bereitstellen.

Weitere Vereinfachungen ergeben sich im Rahmen der sogenannten **»gemeinschaftlichen Gebäudeversorgung«** nach § 42b EnWG. Hierbei handelt es sich um ein Konzept zur Mieterstromversorgung, bei dem die Anforderungen des EnWG weitgehend reduziert sind. Die vertraglichen Rahmenbedingungen für die Stromlieferung werden dabei in einem **Gebäudestromnutzungsvertrag** geregelt. Darin wird unter anderem ein Aufteilungsschlüssel festgelegt, wie der in der Gebäudestromanlage erzeugte Strom auf die einzelnen Parteien umzulegen ist. Voraussetzung für die Abrechnung der Strommengen ist die durchgängige viertelstündliche Messung des Strombezugs der teilnehmenden Verbraucher.

Anwendungsbeispiel Mieterstrom
Eine bekannte Form der Direktlieferung sind **Mieterstrommodelle**. Hierbei wird Strom aus einer Erzeugungs-

Bei der gemeinschaftlichen Gebäudeversorgung sind die Anlagenbetreibenden nicht verpflichtet, die komplette Stromversorgung der teilnehmenden Verbraucher zu übernehmen. Es wird dann lediglich der gelieferte PV-Strom abgerechnet. Für den Netzstrombezug müssen die Mietparteien einen **separaten Stromliefervertrag** mit einem öffentlichen Energieversorger abschließen.

Derjenige Strom aus der Mieter- oder Gebäudestromanlage, der nicht vor Ort verbraucht wird, kann in das **öffentliche Netz** eingespeist werden. Die Anlagenbetreibenden erhalten hier-

für noch die gesetzlich vorgesehene Einspeisevergütung für ausgeforderte Anlagen oder benötigen eine weitere Abnahmemöglichkeit, beispielsweise ein Direktvermarktungsunternehmen.

Inwiefern eine Mieterstromkonzept wirtschaftlich sinnvoll ist, hängt vor allem von den zusätzlichen Kosten für den Leitungsbau, die Umsetzung des Messkonzepts, den Messstellenbetrieb sowie den Netzstrompreisen ab. Auch die Gleichzeitigkeit von Stromerzeugung und -verbrauch und damit der tatsächlich vor Ort verbrauchte Stromanteil ist abzuschätzen und zu berücksichtigen.

WEITERE ERLÖSMÖGLICHKEITEN

Weitere Informationen werden durch die Verbraucherzentrale Bayern e.V. bereitgestellt und sind im Bayerischen Verbraucherportal genauer nachzulesen. »Strom-Communities« und »Strom-Clouds«: Was steckt dahinter?«

Direktlink zum Artikel:
https://www.vis.bayern.de/produkte_energie/preise_kosten/stromcommunities.htm

Strom Communities/Clouds

Mit Angeboten wie Strom-Communities bzw. -Clouds **kombinieren Anbieter die Abnahme des eingespeisten Stroms und die Belieferung** der Haushaltskunden in einem einzigen Produkt. Die Begriffe »Cloud« und »Community« sind hinsichtlich des Stromverkaufs und -bezugs jedoch nicht einheitlich definiert. Die Begriffe werden von den Anbietern uneinheitlich genutzt und sind oft mit unterschiedlichen Preisen und Konditionen verbunden. Häufig stehen diese Angebote im Zusammenhang mit dem Erwerb eines Stromspeichers oder dieser ist Voraussetzung für die Teilnahme an der Community.

Die Community/Cloud existiert allerdings nur virtuell. Eine Stromspeicherung findet außerhalb eines ggf. vorhandenen eigenen Speichers nicht statt. Daher wird mit diesen Modellen in der Regel nicht der »eigene« Strom vom Sommer im Winter genutzt, sondern es handelt sich um eine rein **bilanzielle Betrachtung**. Die energiewirtschaftlichen Prozesse im Hintergrund

sind die gleichen wie bei einer separaten Direktvermarktung des PV-Stroms und einer Strombelieferung mit Haushaltsstrom.

Die Angebote können grundsätzlich interessant sein. Allerdings zeigt sich, dass in vielen Fällen **Nachteile auftreten können**, wie z. B. zu große Dimensionierung eines anzuschaffenden Speichers oder höhere Stromkosten als beim klassischen Tarifmodell. Vor der Entscheidung für einen Community- oder Cloud-Tarif sollte geklärt sein, inwiefern die PV-Anlage und der Speicher zum eigenen Stromverbrauch passen, welche Investitions- und laufenden Kosten insgesamt anfallen oder was passiert, wenn der Stromverbrauch höher ist als geplant.

Herkunftsnachweise

Bei Anlagen, die keine EEG-Vergütung mehr erhalten, kann auch die »Grünstromeigenschaft« über Herkunftsnachweise vermarktet werden. Dazu muss die Anlage zunächst im **Herkunftsnachweisregister** registriert werden. Anschließend stellt das

Umweltbundesamt die Herkunftsnachweise für jede erzeugte Megawattstunde (1 MWh = 1.000 kWh) aus. Diese können dann entwertet werden, wenn die entsprechende Strommenge verkauft wird. Ein Herkunftsnachweis entspricht einer Megawattstunde er-

neuerbar erzeugtem Strom. Für Anlagen im kleinen Leistungsbereich lohnt sich das auch bei inzwischen deutlich gestiegenen Preisen für die Zertifikate in der Regel nicht, da die eingespeiste Strommenge zu gering ist.

RECYCLING UND REPOWERING

Sollte ein Weiterbetrieb der PV-Anlage nicht möglich sein, ist die Demontage durch einen Fachbetrieb empfehlenswert. Die Anlage sollte dann entweder dem Zweitmarkt, einer Vorbereitung zur Wiederverwendung oder dem Recycling zugeführt werden. Die nun freigewordene Fläche kann (nach vorheriger Überprüfung des Dachzustands) für eine neue PV-Anlage genutzt werden.

Zweitmarkt

Für PV-Anlagen und Module existieren **Zweitmarkt-Plattformen**, über die noch funktionsfähige Anlagenkomponenten (v.a. Module und Wechselrichter) verkauft werden können. Der Zweitmarkt bietet Anlagenbetreibern aber auch die Möglichkeit, z. B. bei Defekten oder Diebstahl ältere Modultypen oder nicht mehr lieferbare Module zu ersetzen.

Vorbereitung zur Wiederverwendung und Recycling

Ist die Gesamtanlage nicht für einen Weiterbetrieb oder den Zweitmarkt geeignet, wird sie zu Abfall, sofern sich die Eigentümerin oder der Eigentümer der Altmodule entledigen will. Die fachgerechte Entsorgung muss nach den Vorgaben des Elektrogerätegesetzes (ElektroG) erfolgen. Die Anlagenbetreibenden sind selbst für die Demontage der Anlage und die Anlieferung der Module sowie der Wechselrichter bei den **kommunalen Sammelstellen** oder den **Rücknahmestellen im Handel** verantwortlich. Hierzu sollte üblicherweise ein Demontagefachbetrieb beauftragt werden. Module aus privaten Haushalten können kostenfrei an bestimmten Wertstoffhöfen oder auch bei größeren PV-Händlern abgegeben werden. Die kommunale Abfallberatung des Landkreises oder der kreisfreien Stadt gibt Auskunft zur nächsten Rücknahmestelle.

Häufig tritt der Fall ein, dass nur ein geringer Anteil der PV-Module der gesamten PV-Anlage tatsächlich defekt ist. Viele Module funktionieren noch immer. Dafür bietet die Vorbereitung zur **Wiederverwendung der Altmodule** in einer zertifizierten Erstbehandlungsanlage die Möglichkeit, die Altmodule ggf. auch wieder über den Zweitmarkt zu vermarkten. Die Vorbereitung zur Wiederverwendung ist einer stofflichen Verwertung (Recycling) vorzuziehen.



Sofern keine Vorbereitung zur Wiederverwendung möglich ist, müssen die Altmodule und Wechselrichter in einer zertifizierten Erstbehandlungsanlage nach dem Stand der Technik stofflich verwertet werden. Verantwortlich dafür sind letztlich die **Hersteller und Importunternehmen** von PV-Anlagen, die ihre Produkte vor Inverkehrbringen bei der Stiftung Elektro-Altgeräte Register (ear) registrieren und eine insolvenz-sichere Garantie für die Entsorgung leisten müssen. Hersteller und Importunternehmen haben die Kosten für das Recycling zu tragen. Durch das Recycling von PV-Modulen können wertvolle Materialien zurückgewonnen werden, was zur Schonung der teils knappen Ressourcen beiträgt.

Repowering

Aufgrund der technischen Weiterentwicklung ist es möglich, bei gleichgroßer Dachfläche eine Anlage mit

signifikant höherer Leistung zu deutlich geringeren Kosten zu realisieren. Mit einer Neuanlage kann erneut die 20-jährige EEG-Einspeisevergütung in Anspruch genommen werden oder verstärkt auf eine Eigenverbrauchslösung gesetzt werden.

Das Repowering einer Dachanlage ist bereits dann möglich, wenn die ersetzten Module noch eine **Restlaufzeit der EEG-Vergütung** aufweisen. Der verbleibende Vergütungszeitraum und die Vergütungshöhe gehen dann auf die neuen Module über, allerdings nur bis zur Höhe der ursprünglich installierten Leistung (vgl. § 38h EEG). Der darüber hinaus gehende Anteil wird dagegen entsprechend den Rahmenbedingungen beim Inbetriebnahmezeitpunkts wie eine neue Anlage vergütet.





Eigenverbrauch optimieren

Weitere Informationen zu diesen Themen werden durch C.A.R.M.E.N. e.V. (Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk) mit der Broschüre »Photovoltaik-Anlagentechnik, Eigenverbrauch und Speicherung« bereitgestellt: www.carmen-ev.de/service/publikationen/publikationen-broschueren-und-flyer/



Für Post-EEG-Anlagen ist es häufig die wirtschaftlichste Lösung, den Strom nach dem Ende der EEG-Vergütung für den Eigenverbrauch zu nutzen. Die Steigerung des Eigenverbrauchs soll-

te jedoch kein alleiniger Kaufgrund für die Anschaffung neuer elektrischer Verbraucher sein und damit zu Lasten der Energieeinsparung gehen.

ANPASSUNG DES STROMVERBRAUCHS

Um den erzeugten Strom der eigenen PV-Anlage optimal zu nutzen, bietet es sich an, den eigenen Verbrauch anzupassen. Neben der zeitlichen Verschiebung der Lasten besteht die Möglichkeit, die Wärmeerzeugung mit (fossilen) Brennstoffen auf eine elektrische Erzeugung (z.B. eine Wärmepumpe) umzustellen.

Tipps für kleinere Anlagen

Soll der Anteil des eigenverbrauchten Stroms gesteigert werden, müssen zunächst Informationen über das Verbrauchsverhalten vorliegen. Haushalte weisen in der Regel in den Abendstunden den höchsten Stromverbrauch auf. Des Weiteren ist der Verbrauch im Winter höher als im Sommer. Allerdings spielt hier das individuelle Nutzerverhalten eine große Rolle, ebenso wie die Anzahl der Bewohner, der Effizienzstandard der Elektrogeräte, das Heizsystem des Hauses usw. Für Privathaushalte existieren gute **Standardlastprofile**, die es erlauben, den Eigenverbrauchsanteil gut abzuschätzen.

Private Haushalte haben beispielsweise folgende **Möglichkeiten, den Eigenverbrauch zu erhöhen:**

- Geräte dann einschalten, wenn die PV-Anlage Strom liefert. Das kann entweder direkt über Zeitwahlprogramme der Geräte geschehen, über zusätzliche Zeitschaltuhren oder über Systeme zur intelligenten Vernetzung (Energiemanagement- und Smart-Home-Systeme).
- Prüfen, ob es sinnvoll ist, Haustechnik auf Strom umzustellen. Beispielsweise besteht die Möglichkeit, Warmwasser über eine Wärmepumpe zu erzeugen oder das bestehende Heizsystem mit einem elektrischen Heizstab zu unterstützen.

Sehr **kleine Gewerbebetriebe ohne eigene Produktion**, wie etwa ein kleines Ladengeschäft, können einen Stromverbrauch aufweisen, der nicht über dem eines normalen Privathaushaltes liegt. Allerdings kann sich der Lastgang deutlich unterscheiden. Beispielsweise wird in einem Geschäft, das am Sonntag geschlossen ist, an diesem Tag auch deutlich weniger Strom verbraucht als werktags oder in

privaten Haushalten an einem Sonntag. Hier kann ein Verbrauchszähler Aufschluss über den individuellen Lastgang geben.

Tipps für größere Anlagen

Für Gewerbekunden werden meist eigene Stromtarife angeboten. In diesem Fall ist zwar der Strombezugspreis niedriger als bei Privathaushalten, aber dennoch lässt sich durch Eigenverbrauch eine Einsparung erzielen.

Um Rückschlüsse auf die Optimierungsmöglichkeiten ziehen zu können, sollte der eigene **Stromlastgang** erfasst werden. Hierzu muss mindestens eine viertelstündliche Messung des Verbrauchs erfolgen. Des Weiteren sollte bekannt sein, welche Verbraucher Spitzen im Lastprofil verursachen. Betriebe mit einem Stromverbrauch von mindestens 100.000 kWh pro Jahr verfügen in der Regel bereits über eine viertelstündliche Messung ihres Verbrauchs in Form eines RLM-Zählers und können so ihren Lastgang gut nachvollziehen.

Zunächst muss die Möglichkeit der **Verschiebung von Verbrauchsspitzen** genutzt werden. Dies kann etwa dadurch gelingen, dass durch eine intelligente Steuerung mehrere Verbraucher

nicht zeitgleich anlaufen bzw. betrieben werden.

Grundsätzlich sind alle Prozesse dazu geeignet, die eine Speicherfunktion haben oder die auf Vorrat erledigt werden können. Dazu können z. B. Druckluftsysteme, Lüftungsanlagen, verschiedenste Pumpen und strombasierte Wärmeerzeuger zählen, aber auch Schleifer, Mühlen etc. Einige Geräte lassen sich auch hinsichtlich ihrer maximalen Leistungsaufnahme drosseln.

Im **landwirtschaftlichen Bereich** hängt der Lastgang von vielen individuellen Faktoren ab. Bei Ackerbaubetrieben treten vor allem saisonale Spitzen auf, beispielsweise bei der Trocknung oder Einlagerung.

In Tierhaltungsbetrieben wird der Lastgang dagegen stark von der Haltungform und der eingesetzten Technik beeinflusst. Häufig sind die größten Stromverbraucher die Belüftung, Beleuchtung, Futteraufbereitung und gegebenenfalls der Melkvorgang und die Milchkühlung.

Eine **Verschiebung von Lasten** kann zum Beispiel erfolgen, indem man Güllepumpen dann laufen lässt, wenn die PV-Anlage Strom liefert. Auch die Futteraufbereitung kann bis zu einem gewissen Umfang verschoben werden. Milchviehbetriebe können beispielsweise durch eine Veränderung der Melkweisen und -zeiten die Höhe der morgens und abends auftretenden Verbrauchsspitzen verringern. Es kann sich auch lohnen, eine Umstellung auf elektrische Alternativen zu prüfen, wie etwa die Beheizung von Ferkelställen mit Infrarotlampen. Biogasanlagen sind geeignete Abnehmer für PV-Strom, da sie insgesamt einen hohen Strombedarf aufweisen. Sie benötigen Strom vor allem für die Einbringung der Substrate, die Rührwerke und die Pumpen.



DEN EIGENVERBRAUCH MIT BATTERIESPEICHERN OPTIMIEREN

Stationäre Batteriespeicher werden bisher meist dazu genutzt, den Eigenstromverbrauch aus einer PV-Anlage zu steigern und so den Netzstrombezug zusätzlich zu verringern. Je nachdem, wie sich die Größe der PV-Anlage zur Höhe des Stromverbrauchs verhält, sind teilweise auch ohne Speicher bereits hohe Eigenverbrauchsanteile möglich.

sein. Eine Überprüfung der Anlage durch eine Fachkraft in Form eines Anlagen-Checks ist vor der Anschaffung des Speichers ratsam.

Zudem muss geklärt werden, welche potentiellen **Aufstellungsorte** für den Speicher in Frage kommen. Neben den Möglichkeiten zur elektrischen Anbindung sollte berücksichtigt werden, dass am Standort möglichst ganzjährig moderate Temperaturen herrschen. Sehr hohe (> 30°C) als auch sehr niedrige Temperaturen (< 5°C) sind für die meisten Speichertypen ungeeignet.

Grundsätzlich sollte man sich bewusst machen, dass die Speicherung von Energie in einer Batterie stets mit **Umwandlungs- und Speicherungsverlusten** verbunden. Daneben verbrauchen Speichersysteme z. B. durch das Batterie-managementsystem und den Datentransfer selbst Strom zum Betrieb. Der Wirkungsgrad beträgt also stets weniger als 100 % und liegt in der Praxis teilweise deutlich darunter. Hier können sich zudem Unterschiede zwischen verschiedenen Produkten und Herstellern ergeben.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass Batteriespeicher **Alterungseffekten** unterliegen. Diese führen dazu, dass über die Jahre hinweg die verfügbare Speicherkapazität abnimmt. Hier sind insbesondere die Herstellergarantien zu beachten. Viele Hersteller von gängigen Heimspeicherbatterien auf Basis der Lithium-Ionen-Technologie gewähren eine zehnjährige Garantie auf die Batteriemodule. Hinzu kommt häufig die Garantie einer bestimmten Mindest-Zyklenzahl, die der Speicher während seiner definierten Nutzungsdauer erreichen sollte.

Die »Marktübersicht Batteriespeichersysteme« von C.A.R.M.E.N. e.V. bietet einen umfassenden Überblick über verfügbare Modelle und deren technische Eigenschaften: www.carmen-ev.de/service/marktueberblick/marktuebersicht-batteriespeicher/

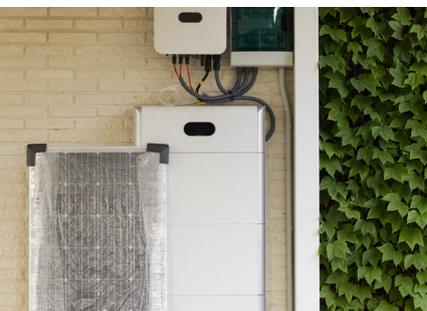
Da im Gewerbe oft der eigentliche Arbeitspreis für die kWh niedrig ist und der Leistungspreis die bedeutendere Rolle spielt, kann hier ein zusätzlicher Kaufgrund für einen Batteriespeicher die Kappung von Lastspitzen sein. Strom, der vormittags eingespeichert wird, kann dann z. B. eine Lastspitze in den Mittagsstunden verringern. Je nachdem, wie die Vertragsbedingungen mit dem Stromlieferanten ausgestaltet sind, ergeben sich dadurch Kosteneinsparungen.

Vorüberlegungen

Bei der Auswahl des Speichers sollten folgende Fragen beachtet werden:

- Wie groß soll der Speicher dimensioniert werden?
- Besteht die Möglichkeit eines geeigneten Aufstellungsortes?
- Wie soll der Speicher elektrisch eingebunden werden?
- Welche Neu-Installationen und Umbauten sind für die Einbindung des Speichers erforderlich?
- Soll der Speicher bei einem Stromausfall eine Notstromversorgung ermöglichen?
- Wie ist die Wirtschaftlichkeit über die voraussichtliche Betriebszeit zu bewerten?

Bei der Anschaffung eines Batteriespeichers als Ergänzung zu einer Ü20-PV-Anlage sollte vorab die **Funktionsfähigkeit der PV-Anlage** sichergestellt



Organisatorische Aufgaben

Spätestens einen Monat nach Inbetriebnahme muss der Speicher ins **Marktstammdatenregister** eingetragen sein. Die bestehende Versicherung der PV-Anlage muss ergänzt werden. Mindestens muss dem Versicherer die Anschaffung des Speichers gemeldet werden. Es kann eine Anpassung der Police notwendig oder sinnvoll werden. Beispielsweise sollten bei Ausfällen des Speichers daraus resultierenden Mehrkosten beim Strombezug abgedeckt sein. Unter Umständen muss noch geklärt werden, wie der Speicher steuerlich zu betrachten ist.

Auslegung eines Batteriespeichers

Bei der Dimensionierung eines Batteriespeichers sollten sowohl die verfügbaren Solarstromüberschüsse als auch der Strombedarf im Haushalt berücksichtigt werden. Für eine vereinfachte Auslegung können zwei Orientierungsgrößen herangezogen werden: das Verhältnis Verbrauch/Kapazität und das Verhältnis installierte PV-Leistung/Kapazität.

Um den meist recht kostspieligen Speicher nicht überdimensioniert auszulegen, gilt als grober Richtwert

folgende Faustformel: **Pro kWp installierter PV-Leistung sollte eine Nutzkapazität des Speichers von nicht mehr als 1 kWh bis maximal 1,5 kWh installiert werden.** Aber auch den individuellen Stromverbrauch sollte man berücksichtigen. Hier gilt als Faustformel, dass pro 1.000 kWh jährlichem Stromverbrauch etwa 1 kWh bis 1,5 kWh Nutzkapazität installiert werden sollten. Insbesondere bei Landwirtschafts- und Gewerbebetrieben müssen jedoch individuell ausgelegte Speicherlösungen entwickelt und entsprechend dimensioniert werden.

Hat eine private PV-Anlage zum Beispiel eine Leistung von 5 kWp und der zugehörige Haushalt einen Strombedarf von 3.500 kWh, so sollte anhand der Faustregeln die Speicher-Nutzkapazität bis etwa 5,25 kWh betragen. Es wird also deutlich, dass bei der Auslegung des Speichers durchaus Kompromisse gemacht werden müssen, wenn die Größe der PV-Anlage und die Höhe des Strombedarfs weit auseinanderliegen. Eine stark **vereinfachte Wirtschaftlichkeitsrechnung** zu diesem Beispiel findet sich in untenstehender Tabelle.

Statische Beispielrechnung: Umstellung auf Eigenverbrauch mit Speicherung	
Installierte Leistung PV	5 kWp
Durchschnittlicher Ertrag	4.500 kWh/a
Nutzkapazität Batteriespeicher	5 kWh
Eigenverbrauchsanteil PV-Strom	50 %
Einmalige Investitionen/Ausgaben	
Anlagen-Check	400 €
Umrüstung auf Eigenverbrauch	500 €
Batteriespeicher inkl. Installation	4.500 €
Jährliche Kosten	
Wartung und Instandhaltung	110 €/a
Anlagenversicherung	50 €/a
Summe jährlicher Kosten	160 €/a
Jährliche Erlöse/Einsparungen	
Netzeinspeisung (bei 4,5 ct/kWh Vergütung)	101 €/a
Einsparung Strombezug (Strompreis 35 ct/kWh)	788 €/a
Summe jährlicher Erlöse/Einsparungen	889 €/a
Überschuss nach 10 Jahren	1.888 €

Die Modellrechnung zeigt, dass sich bei der betrachteten PV-Anlage die Investition in einen Speicher mit einer Nutzkapazität von 5 kWh für einen Haushalt mit 3.500 kWh Strombedarf wirtschaftlich darstellen lässt. Im Vergleich zur Umstellung auf Eigenverbrauch ohne Speicherung ergeben sich jedoch hier keine wirtschaftlichen Vorteile. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass diese Betrachtung nur von einer 10-jährigen Nutzung des Speichers ausgeht. Wird nach 10 Jahren beispielsweise die PV-Anlage erneuert und der Speicher noch weitere Jahre genutzt, muss dies in der Kalkulation berücksichtigt werden. Für die Wirtschaftlichkeit einer Speicher-Nachrüstung ist eine **Ausnutzung von dessen Lebensdauer** wichtig.

Allgemein ist zu beachten, dass die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung je nach individuellen Kosten, der Nutzungsdauer des Speichers oder den eingesparten Strombezugskosten anders ausfallen kann. Im Vergleich zur Installation eines Batteriespeichers zusammen mit der Photovoltaikanlage kann sich das spätere **Nachrüsten als teurer** erweisen. Gerade bei älteren PV-Anlagen bzw. Elektroinstallationen kann es beispielsweise notwendig sein, dass für den Betrieb mit einem Batteriespeicher ein **neuer Zählerschrank** angeschafft werden muss. Bei kleinen PV-Anlagen mit geringen Überschüssen oder niedrigen Haushaltsstromverbräuchen lässt sich deshalb eine Speicher-Nachrüstung wirtschaftlich häufig nur schwer darstellen.

MIT WÄRMEPUMPEN DEN EIGENVERBRAUCH STEIGERN

Durch eine Wärmepumpe wird eine dauerhaft verfügbare Wärmequelle (i. d. R. **Umweltwärme** aus dem Erdreich, dem Grundwasser oder der Luft) genutzt, um Heizwärme bereit zu stellen. Dazu wird ein sogenanntes Kältemittel durch die Wärmequelle verdampft und unter Druck wieder kondensiert. Für diesen Prozess ist die Kompression

des Kältemittels nötig, die im Regelfall über einen elektrisch betriebenen Verdichter erfolgt.

Voraussetzungen

Je geringer die Unterschiede zwischen der Temperatur der Wärmequelle und der Vorlauftemperatur des Heizsystems sind, desto effizienter arbeitet

Der Einsatz von Wärmepumpen im unsanierten Gebäudebestand wird im Energie-Atlas Bayern unter www.energieatlas.bayern.de/neu/20318 diskutiert.





eine Wärmepumpe. Die benötigten Vorlauftemperaturen sollten deshalb nicht zu hoch sein und für den Betrieb einer Wärmepumpe bei **maximal 50-55 °C** liegen. Idealerweise ist ein **Niedertemperaturheizsystem** mit Vorlauftemperaturen bis etwa 35 °C vorhanden. Dazu sind in der Regel Flächenheizungen, wie Fußboden- und Wandheizungen, oder auch spezielle Niedertemperaturheizkörper notwendig. Die Gebäude sollten zudem über eine möglichst gute Dämmung, moderne Fenster sowie optimalerweise über eine kontrollierte Wohnraumbelüftung mit Wärmerückgewinnung verfügen, um den Raumwärmebedarf mittels einer Wärmepumpe möglichst effizient decken zu können.

Auslegung und Einbindung

Um eine Wärmepumpe richtig auslegen und somit den Stromverbrauch

EIGENVERBRAUCHSOPTIMIERUNG MIT EINEM ELEKTRO-FAHRZEUG

Elektro-Fahrzeuge nutzen einen Elektromotor direkt für ihr jeweiliges Antriebssystem. Dabei gibt es je nach Anwendung unterschiedliche Bauweisen. Grundsätzlich steigt durch die Umstellung auf einen batterieelektri-

abschätzen zu können, muss der **Heizwärmebedarf** bekannt sein. Dieser kann anhand der bisherigen Verbräuche der bestehenden Heizung abgeschätzt oder über die Gebäudedaten (Wandstärke, Dämmung, Raumgröße, etc.) ermittelt werden. Des Weiteren sollten geplante energetische Sanierungsmaßnahmen berücksichtigt und gegebenenfalls vorgezogen werden. In jedem Fall muss bei der Planung und Auslegung der Wärmepumpe eine Fachfirma herangezogen werden.

Dabei kann eine PV-Anlage nur einen Teil des für den Betrieb einer Wärmepumpe benötigten Stroms bereitstellen. Bei gängigen Wohngebäuden mit einem typischen Nutzungsverhalten kann man in einer ersten Abschätzung davon ausgehen, dass etwa **ein Viertel bis ein Drittel des Strombedarfs** der Wärmepumpe aus der PV-Anlage gedeckt werden kann. Der genaue Wert hängt von der Größe der PV, dem Wärmebedarf sowie der Art der Wärmepumpe und des Wärmeverteilsystems ab.

Der überwiegende Teil des Wärmepumpenstroms muss also in der Regel über das öffentliche Netz bezogen werden. Meist bieten die Stromversorger eigene Tarife für Kunden mit Wärmepumpen an. Häufig sind darin auch gestaffelte Arbeitspreise enthalten, die dazu anreizen sollen, die Wärmepumpen zu Zeiten von geringen Börsenstrompreisen anzusteuern.

schon Antrieb der Strombedarf zwar an, dafür sind elektrische Antriebe effizienter als Verbrennungsmotoren und klimafreundlicher, wenn der Strom zunehmend aus Erneuerbaren Energien stammt.

Die **Erhöhung des Strombedarfs** bei Anschaffung eines E-Autos gilt es für die persönliche Situation individuell einzuschätzen. Die durchschnittliche jährliche Fahrleistung eines PKW liegt laut Kraftfahrt-Bundesamt bei ca. 14.000 km (KBA 2021). Bei Annahme dieser Fahrleistung und bei einem durchschnittlichen Verbrauch von 20 kWh Ladestrom pro 100 km, ergibt sich ein Stromverbrauch von 2.800 kWh pro Jahr. Wird jedoch zum Beispiel lediglich die Hälfte der angenommenen 2.800 kWh zu Hause geladen, so führt die Anschaffung eines E-Autos zu einem Mehrverbrauch von 1.400 kWh im Jahr. Der Rest muss dementsprechend an anderen Ladestationen aufgenommen werden, etwa am Arbeitsplatz oder an öffentlichen Ladesäulen.

Um den Netzstrombezug zur Ladung des Elektrofahrzeugs möglichst gering zu halten, gibt es spezielle steuerbare Ladestationen. Diese lassen sich z. B. in ein Energiemanagementsystem einbinden und können so die Ladeleistung an die momentane PV-

Stromerzeugung bzw. die PV-Stromüberschüsse anpassen. Durch dieses **Überschussladen** wird es möglich, den Anteil des günstig selbst erzeugten Solarstroms am Energiebedarf des Fahrzeugs zu optimieren. Bei der Anschaffung eines neuen Wechselrichters oder Batteriespeichers sollte geprüft werden, welche überschussgesteuerten Ladestationen mit diesen kompatibel sind.

Auch im **landwirtschaftlichen Bereich** gibt es eine Reihe von Einsatzgebieten, in denen sich die Umstellung auf Elektro-Antriebe lohnen kann. Beispielsweise werden Hoflader oder Futtermischwägen häufig nur für kurze Zeiträume genutzt und können zwischenzeitlich wieder geladen werden. Gerade in der **Innenwirtschaft** können Elektro-Antriebe ihre Vorteile ausspielen. Hier kommt es im Betrieb häufig zu Stand- bzw. Leerlaufzeiten, in denen der herkömmliche Verbrennungsmotor ineffizient ist. Des Weiteren sind Elektro-Fahrzeuge leiser und verursachen weniger Schadstoffemissionen am Einsatzort.



Quellen

- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, Verbraucherzentrale Bayern e.V. (2019): »Strom-Communities« und »Strom-Clouds«: Was steckt dahinter? www.vis.bayern.de/produkte_energie/preise_kosten/stromcommunities.htm
- Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie (2021): Energie-Atlas Bayern. www.energieatlas.bayern.de
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2020): Merkblatt zur Ermittlung des Gesamtenergieverbrauchs. www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/ea_ermittlung_gesamtenergieverbrauch.html
- Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG 2023). www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/
- C.A.R.M.E.N. e.V. (2024): Nutzung von Umweltwärme mit Wärmepumpen – Überblick zu Technik und Anwendung. https://www.carmen-ev.de/wp-content/uploads/2024/02/Nutzung-von-Umweltwaerme-mit-Waermepumpen_2024.pdf
- C.A.R.M.E.N. e.V. (2023): Marktübersicht Batteriespeichersysteme. www.carmen-ev.de/service/marktueberblick/marktuebersicht-batterie-speicher/
- Clearingstelle EEG|KWKG (2023): www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/
- Deutsche Energieagentur (dena) (2021): Pilotprojekt Demand Side Management Bayern. www.dsm-bayern.de
- Fraunhofer ISE (2023): Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.html>
- Kraftfahrtbundesamt (KBA) (2021): Verkehr in Kilometern – Inländerfahrleistung. www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/vk_inlaenderfahrleistung/vk_inlaenderfahrleistung_node.html
- Netztransparenz.de (Herausgeber: 50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, TransnetBW GmbH, TenneT TSO GmbH) (2023): Netztransparenz. Informationsplattform der deutschen Übertragungsnetzbetreiber. www.netztransparenz.de
- Strom-Report (2021): Statistiken und Infografiken aus den Bereichen Energie und Umwelt. www.strom-report.de

Impressum

Zukunftsperspektiven für PV-Anlagen im Bestand

Herausgeber:

Landesagentur für Energie und Klimaschutz (LENK)
im Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160, 86179 Augsburg
Telefon: 0821 9071-0
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Konzept/Text/Redaktion:

Landesagentur für Energie und Klimaschutz (LENK)
Franz-Mayer-Straße 1, 93053 Regensburg
Telefon: 0941 465 319-050
E-Mail: info@lenk.bayern.de
Internet: www.lenk.bayern.de

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

Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Energie-Netzwerk
Schulgasse 18, 94315 Straubing
Telefon: 09421 960-300
E-Mail: contact@carmen-ev.de
Internet: www.carmen-ev.de

Gestaltung:

Ulrike Huber (uhu-design.de), Kolbermoor

Bildnachweise:

Titelbild: PantherMedia/Michael Piepgras, Innenseiten: PantherMedia/dimarik, PantherMedia/Brebca, PantherMedia/Kalinovsky, PantherMedia/gyn9037, PantherMedia/AirUbon, PantherMedia/anatoliy_gleb, PantherMedia/kle1njke@gmail.com, PantherMedia/PabloVivaracho, PantherMedia/MoleQL, PantherMedia/alexxyey.07

Stand:

Oktober 2024

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt.

Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die publizistische Verwertung der Veröffentlichung – auch von Teilen – wird jedoch ausdrücklich begrüßt. Bitte nehmen Sie Kontakt mit dem Herausgeber auf, der Sie – wenn möglich – mit digitalen Daten der Inhalte und bei der Beschaffung der Wiedergaberechte unterstützt.

Diese Publikation wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter der Telefonnummer 0 89 12 22 20 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.