

Mit Unterstützung von Bund, Land und Europäischer Union

 Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus

 LE 14-20
Umfeld für den Landwirt

 Das Land
Steiermark
→ Regionen



Europäischer
Landwirtschaftsfonds für
die Entwicklung des
ländlichen Raums
Hier investiert Europa in
die ländliche Gebiete.



PV MAX Leitfaden

zur maximale Eigenstrom-Nutzung von PV-Anlagen für Betriebe



Inhalt

Über das Projekt.....	4
Elemente der Eigenstromversorgung.....	5
PV-Anlagen	5
Arten.....	6
Ausrichtung und Neigung der PV-Anlagen	7
Kosten.....	7
Technische Infos	8
Richtwerte	8
Wechselrichter	9
Funktion.....	9
Arten.....	10
Die richtige Wahl	10
E-Speicher.....	11
Arten der Stromspeicherung:.....	11
Lithium-Ionen	12
Redox Flow	12
Salzwasser	14
Energiemanagement	15
Lastmanagement – Lastenprofile.....	15
Definition & Erklärung.....	15
Ermittlung von Lastprofilen.....	17
Inselbetrieb inkl. Blackout Schutz	18
Inselanlagen.....	18
Zu Bedenken.....	18
Kosten.....	19
Blackout Schutz	19
Energiemonitoring Tools	19
EOS	20
Fronius -Solar.web:.....	21
Energie Steiermark	21
Energiegemeinschaften.....	22
Allgemeines	22

Arten.....	23
Gemeinschaftliche Erzeugungsanlage.....	23
Erneuerbare-Energiegemeinschaft (EEG).....	23
Bürger-Energiegemeinschaft (BEG).....	23
Lokale Smart Grids – Direktleitungssysteme WEIZconnected, SoWeiTconneced	24
Technische Berechnungen/Programme.....	25
PV- und Speicher-Dimensionierung	26
SUSI.....	27
Klima energie fonds, PV-Austria	27
WEIZ.....	27
PV-Max Berechnungsprogramme	28
Praktische Beispiele.....	30
Holzverarbeitender Betrieb.....	30
Ergebnisse.....	31
Ergebnis der Wirtschaftlichkeit:	32
Zusammenfassung.....	33
Empfehlungen	33
Referenzen	35

Über das Projekt

Die Entwicklung der **Energierregion Weiz-Gleisdorf** orientiert sich an der „**Vision 2050 – Die Region blüht**“.

Erarbeitet wurde diese regionale Vision gemeinsam mit der **Bevölkerung** der Energierregion im Rahmen eines umfassenden Beteiligungsprozesses im Jahr 2011. So wurde gemeinsam das Ziel festgelegt, dass die Region langfristig **energieautark** werden und vollständig aus fossiler Energie aussteigen will.

Die Region hat als attraktiver Wirtschaftsstandort einen hohen Strombedarf, was die maximale Nutzung von PV-Anlagen (bestehende und neue) zu einem essenziellen Thema macht.

Im Rahmen des LEADER-Projekts PV-Max werden Konzepte zur Verbesserung der Eigenstromnutzung für Einfamilienhäuser, Siedlungshäuser, öffentliche Gebäude und Versorgungsanlagen und Betriebe erstellt.

Schon jetzt gibt es in der Energierregion mehr als 500 PV-Anlagen. Diese werden primär als Kleinanlagen (ca. 5 kWp) für den Betrieb bei Einfamilienhäusern eingesetzt.

Durch die Planung und Installation dieser PV- und Speicheranlagen durch regionale Fachunternehmen wurde eine hohe Planungs- und Umsetzungskompetenz generiert, die nun auch für größere PV- und Speicheranlagen von Betrieben genutzt werden kann.

Die wirtschaftlichen und ökologischen Anwendungsmöglichkeiten von PV- und Speicheranlagen sind besonders bei gewerblichen-, landwirtschaftlichen-, Industrie-, Handels- und Tourismusbetrieben vielfältig und ökonomisch sehr attraktiv.

Das Projekt „PV-Max“ unterstützt diese Strategie der optimierten Nutzung und des Ausbaus von PV-Anlagen mit Speicher.

In diesem Leitfaden werden Grundkenntnisse vermittelt und Anwendungsmöglichkeiten für den effizienten und Eigenstrom-maximierenden Einsatz von PV- und Speicheranlagen dargestellt. Die angeführten Links und Berechnungsbeispiele sollen zur vertiefenden Befassung mit diesem Thema anregen und anleiten.

Elemente der Eigenstromversorgung

PV-Anlagen

Photovoltaik (oder Fotovoltaik) ist die direkte Umwandlung von Lichtenergie in elektrischen Strom. Dies geschieht mittels Solarzellen, die das Sonnenlicht als Energiequelle in Solarstrom umwandeln.

Photovoltaik wurde zuerst in Inselanlagen z. B. in der Raumfahrt verwendet. Beinahe jeder ist mit der Verwendung von Photovoltaik vertraut (z.B.: Solarzelle eines Taschenrechners), mittlerweile wird Photovoltaik aber Großteils zur Stromerzeugung in netzgekoppelten Photovoltaikanlagen eingesetzt.

Mit einer Photovoltaik-Anlage haben Sie Ihr eigenes Kraftwerk und sind von der öffentlichen Energiezufuhr sowie den Steigerungen der Energiekosten unabhängig. [1]

In Abbildung 1 sind die Bestandteile einer Photovoltaik Anlage grafisch dargestellt, die in diesem Leitfaden noch weiter erklärt werden.

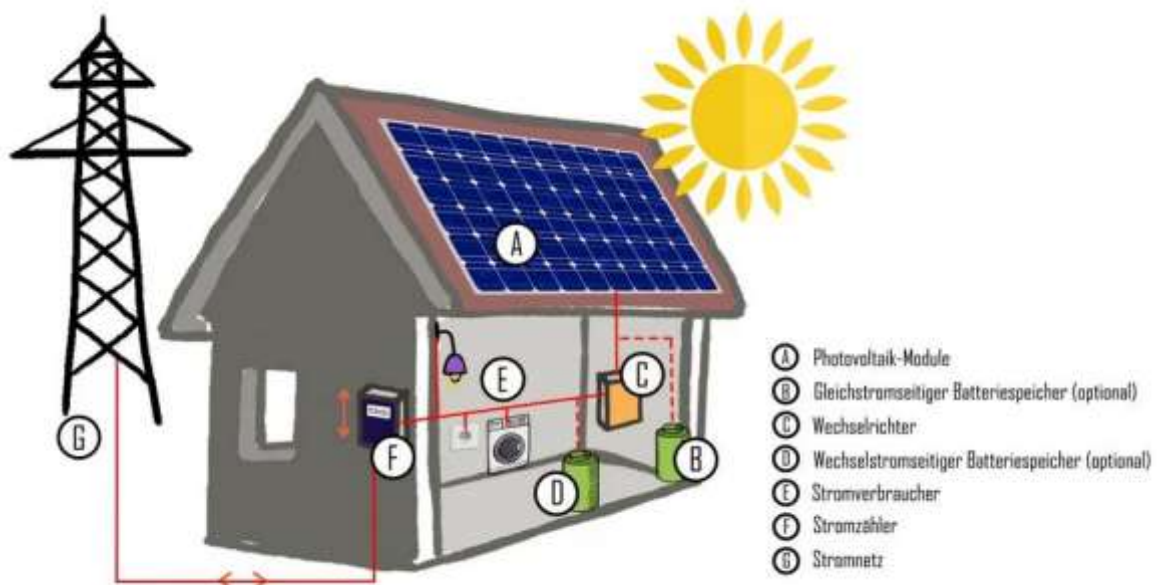


Abbildung 1: Bestandteile einer Photovoltaik Anlage; <https://pvaustria.at/technische-grundlagen/>

Arten

Photovoltaikanlagen können nach den folgenden Kriterien unterschieden werden:

Montageart:

- Aufdachanlagen
- Indachanlagen
- Gebäudeintegrierte Photovoltaik (Fassaden,...)
- Freiflächenanlagen
- Netzgekoppelte Photovoltaikanlagen
- Insel Photovoltaikanlagen [2]

Herstellungsart

Zusammensetzung:

- Monokristalline PV-Module
- Polykristalline PV-Module
- Dünnschicht-PV-Module mit amorphem Silizium (a-Si)
- Dünnschicht-PV-Module mit Cadmium-Tellurid (CdTe)
- CIGS-PV-Module [3]

Vergleich Poly- vs. Monokristallin

- Mit guten monokristallinen Modulen bekommt man mehr Leistung auf die gleiche Fläche als mit polykristallinen Modulen.
- Mono ist teurer als Poly, daher ist der Preis auch meist ein Nachteil für Mono Module.
- Alle Zellen – monokristallin wie polykristallin – verlieren über die gesamte Lebensdauer kontinuierlich an Leistung. Auch hier geht aber der Punkt deutlich an die polykristalline Technik: Polykristalline Zellen verlieren deutlich weniger an Leistung über die Lebenszeit im Vergleich zu der monokristallinen Technik. [17]

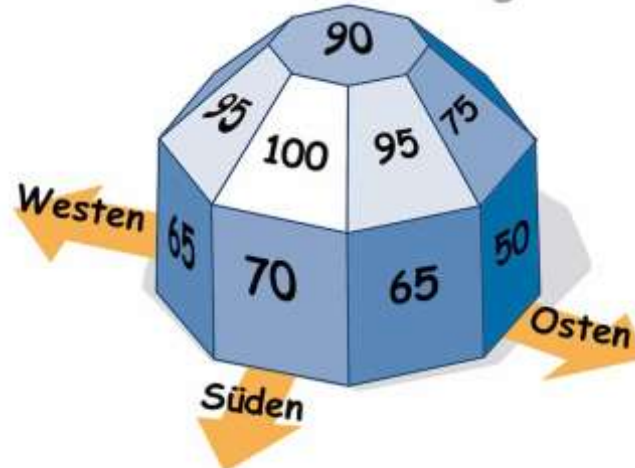


Abbildung 2: Monokristallin (links); Polykristallin (rechts); <https://www.photovoltaik.info/poly-oder-mono-was-ist-der-unterschied-was-ist-besser/>

Ausrichtung und Neigung der PV-Anlagen

Diese Grafik zeigt die vielfältigen Installationsmöglichkeiten von PV-Anlagen. Sowohl Süd-West und Ost-Orientierung als auch die horizontal und vertikal Installationen können technisch UND wirtschaftlich interessant und relativ attraktiv sein.

Ausrichtung und Neigung der Anlage haben Einfluss auf den Ertrag.



Angaben in Prozent

Abbildung 3: Ausrichtung und Neigung PV-Anlagen; www.solaranlagen-ratgeber.de/

Kosten

Die Kosten für eine PV-Anlage sind je nach Bedarf sehr unterschiedlich und hängen von den folgenden Faktoren ab:

- Die Anzahl der benötigten Module
- der Wechselrichter
- das Montagesystem
- Blitzschutz
- Planung
- Administration
- Förderungen
- Lieferung
- Baukoordination
- Errichtung
- Entsorgung
- Elektrotechnik
- Netzanschluss
- unterschiedliche Vorschriften der Netzbetreiber [2]

Vor dem Kauf sollten Angebote von verschiedenen Anbietern eingeholt und miteinander verglichen werden. Die Kosten für die oben aufgelisteten Punkte sollten im Vorhinein abgeklärt und vertraglich fixiert werden.

Technische Infos

Es gibt zwei wichtige Einheiten, die man kennen sollte, wenn man über die Anschaffung einer PV-Anlage nachdenkt:

Die Kilowattstunde (kWh als Maß für den Anlagenenertrag

Als Maßeinheit für eine Energie gibt die Kilowattstunde an, wieviel Strom eine Photovoltaik Zelle mit einer Leistung von einem Kilowatt in einer Stunde erzeugt und ist somit ein Maß für den Stromertrag/die Stromproduktion.

Um ein besseres Gefühl für diese Einheit zu bekommen sind nachfolgend ein paar Beispiele gegeben, was man mit **1 kWh** machen kann:

- Einmal die Wäsche waschen
- 7 Stunden Fernsehen
- 50 Stunden einen Raum mit einer Energiesparlampe beleuchten [2]

Kilowatt-Peak (kWp) als Maß für die Leistung von Photovoltaik

kWp ist die Abkürzung für Kilowatt-Peak und gibt an, wieviel kW Höchstleistung eine Photovoltaik Anlage erbringen kann. Dieses Maß dient zum Vergleich von unterschiedlichen Modulen. 1 kWp entspricht etwa 1.000 kWh. [2]

Richtwerte

Um die richtige Wahl für sein Eigenheim zu treffen, ist es wichtig seinen Jährlichen Energiebedarf zu kennen. Für Photovoltaikanlagen gilt der Richtwert: 1 kWp entspricht etwa 1.000 kWh und pro kWp muss man mit einem Flächenbedarf von etwa 4,5 – 5,5 m² rechnen. Kosten für übliche Größenordnungen sind in der nachstehenden Tabelle angeführt.[2]

Anlagengröße (Fläche)	Anlagenleistung (kWp)	Preis inkl. USt
20 m ²	4,125 kWp	ab 8.490,- Euro
30 m ²	6,00 kWp	ab 10.490,- Euro
41 m ²	8,25 kWp	ab 13.490,- Euro
50 m ²	10,12 kWp	ab 15.790,- Euro
75 m ²	15,00 kWp	ab 20.990,- Euro

Je nach Betriebsgröße und Betriebsart kann der Stromverbrauch von ca. 2.500 kWh/a – also ähnlich wie ein typischer Haushalt-Strombedarf – bis zu mehreren 100.000 kWh/a betragen. Dementsprechend wird die PV-Modulfläche von etwa 6 m² bis mehrere 100 m² reichen. Die Kosten werden dann ebenfalls der PV-Größe entsprechend zu kalkulieren sei, wobei der Anlagenpreis je kWp mit der Größe der PV- und Speicheranlage signifikant reduziert ist.

Wechselrichter

Funktion

Solarmodule liefern bei Sonneneinstrahlung Gleichspannung. Möchte man den produzierten Strom in das öffentliche Netz einspeisen muss die Gleichspannung an die 240 Volt und 50 Hertz des Stromnetzes angeglichen werden. Diese Aufgabe übernimmt der Wechselrichter. Er nimmt die Gleichspannung auf der Modulseite entgegen und formt sie auf die 240 Volt auf der Netzseite wie in Abbildung 4 dargestellt.

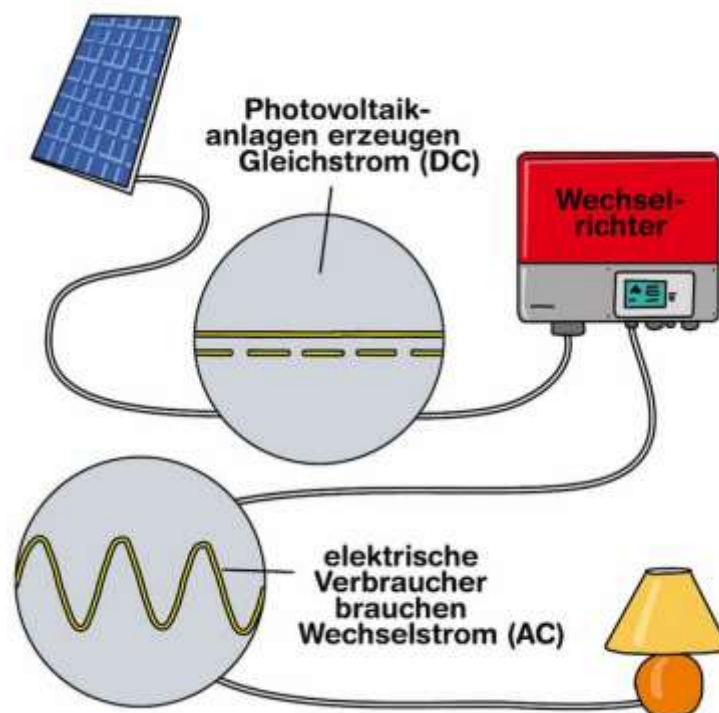


Abbildung 4: Funktion eines Wechselrichters; <https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-technik/wechselrichter>

Arten

Strangwechselrichter

Bei einem Strangwechselrichter wird ein kompletter Strang von in Reihe geschalteten Photovoltaik Modulen angeschlossen. Die gelieferte Gleichspannung wird auf der Netzseite in Wechselspannung gewandelt. Hat der Wechselrichter die Möglichkeit gleich mehrere Stränge (Strings) anzuschließen, spricht man von einem Multistring Wechselrichter.

Modulwechselrichter

Ein Modulwechselrichter wird direkt an ein einzelnes Solarmodul angeschlossen und wandelt ebenfalls deren Gleichspannung auf eine Wechselspannung. Die Ausgänge der einzelnen Modulwechselrichter werden parallelgeschaltet und gesammelt an das Netz angeschlossen.

Zentralwechselrichter

Von einem Zentralwechselrichter spricht man in der Regel nur bei sehr großen Photovoltaikanlagen. Er ist in einem eigenen Technikraum untergebracht und nimmt oft viele Quadratmeter in Anspruch. Er kommt hauptsächlich in Anlagen professioneller Betreiber zum Einsatz. [4]

Die richtige Wahl

Das wichtigste Kriterium bei der Auswahl ist neben dem Preis und der Qualität, der Wirkungsgrad des Gerätes. Da er bei einem bestimmten Arbeitspunkt am höchsten ist, sollte er auch richtig dimensioniert sein. Ebenfalls sollte man darauf achten, dass der Hersteller eine erweiterte Garantie auf die Funktionstüchtigkeit gibt, die über die üblichen zwei Jahre hinausgeht.

E-Speicher

Unter einem Stromspeicher kann man sich eine größere Batterie vorstellen, die wie ein Akku geladen und entladen werden kann. Am Tag lädt der erzeugte PV-Strom den Speicher auf, wenn der Eigenbedarf des Hauses abgedeckt ist. Erst wenn der Speicher vollständig aufgeladen ist, wird weiterer überschüssiger PV-Strom in das Netz gespeist. In der Nacht, wenn die Photovoltaik-Anlage keinen Strom produziert, wird dieser aus dem Speicher bezogen. [5]

Arten der Stromspeicherung:

Konventionelle Stromspeicherung:

Die Batterie wird mit Aufgehen der Sonne geladen und ist in den Mittagsstunden (Zeitraum in dem der meiste PV-Strom produziert wird) vollgeladen. Danach speist die PV-Anlage den überschüssigen PV-Strom in das Netz ein. Eine Entlastung des Netzes, vor allem in den Mittagsstunden, ist somit nicht gegeben.

DC-gekoppelter Stromspeicher:

Für die DC-seitige Version wird die Batterie zwischen der PV-Anlage und dem Wechselrichter installiert. Der PV-Strom muss auf dem Weg in die Batterie nur eine Spannungsanpassung durchlaufen, da der Strom aus der PV-Anlagen eine weit höhere Spannung als die der Batterie hat.

Vorteil:

- Der Vorteil liegt hier in der höheren Effizienz, da Umwandlungsverluste vermieden werden.

Netzoptimierte Stromspeicherung:

Bei einem netzoptimierten Betrieb der Batterie wird die Batterie in Abhängigkeit vom Netzzustand geladen. In diesem Falls speist die PV-Anlage den Strom Vormittag über in das Netz ein. Erst in den Mittagsstunden wird der PV-Strom in der Batterie gespeichert, bis die Batterie vollgeladen ist. Damit trägt die Batterie in den Mittagsstunden zu einer Entlastung des Stromnetzes bei.

AC-gekoppelter Stromspeicher:

In der AC-seitigen Version hingegen wird die Batterie zwischen Wechselrichter und dem Hausnetz montiert. Bei dieser Version muss der Strom zwei Mal transformiert werden: Einerseits wird der (gleichgerichtete) PV-Strom vom Wechselrichter in Wechselstrom und für die Speicherung von einem zusätzlichen Batteriewechselrichter wiederum in Gleichstrom umgewandelt.

Vorteile:

- eigene Geräte könne direkt mit Wechselstrom versorgt werden,
- flexibel da für alle Anlagenarten und Anlagenkombinationen verwendbar und
- einfacher nachträglicher Einbau.

Lithium-Ionen

Lithium-Ionen Speicher gibt es in verschiedenen Ausführungen. Die verbreitetsten Varianten sind Lithium-Polymer-, Lithium-Eisenphosphat- und Lithiumtitanat-Akkus.

Der Lithium-Ionen Speicher zeichnet sich dadurch aus, dass er sehr oft geladen und entladen werden kann und dabei eine höhere Tiefenentladung sowie höheren Wirkungsgrad aufweist. Charakteristisch ist außerdem die hohe Energiedichte. Ein negativer Aspekt ist allerdings die mögliche Überhitzung bei Überladung des Speichers. Dieses Problem lösen heutzutage jedoch intelligente Ladesysteme.

Die Lebensdauer von Lithium-Ionen Speichern wird meist nicht in Jahren angegeben, da diese stark von den Ladezyklen abhängig ist. Durchschnittlich werden für Lithium-Ionen-Batterien 5.000 bis zu 7.000 Vollzyklen erreicht. Batterien im Zusammenhang mit PV-Systemen haben in der Regel eine Zyklenzahl von 100 bis 200 Zyklen im Jahr. Die Zyklenzahl von Lithium-Ionen Speichern reicht somit für die gesamte Lebensdauer der Anlage aus.

Für Lithium Speichersysteme mit einer Kapazität von 5 kWh ist mit einem derzeitigen Nettopreis von 1.100 Euro bis 2.100 Euro pro kWh zu rechnen, zur Mehrwertsteuer muss man dann allerdings auch noch die Einbaukosten dazurechnen. [5]

Redox Flow

Redox-Flow-Batterien - auch Flüssigbatterie, Flussbatterie oder Nasszelle genannt - basieren auf einem flüssigen elektrochemischen Speicher. Dieser besteht aus einem Elektrolyten (häufig Vanadium), der in Tanks in unterschiedlichen Oxidationsstufen gespeichert wird. Der Strom wird ähnlich wie bei der Brennstoffzelle an einer Membran produziert. Die Größe der Membran bestimmt die Leistung (kW), die Energie (kWh) hängt von der Tankgröße ab - der Menge der eingesetzten Flüssigkeit.

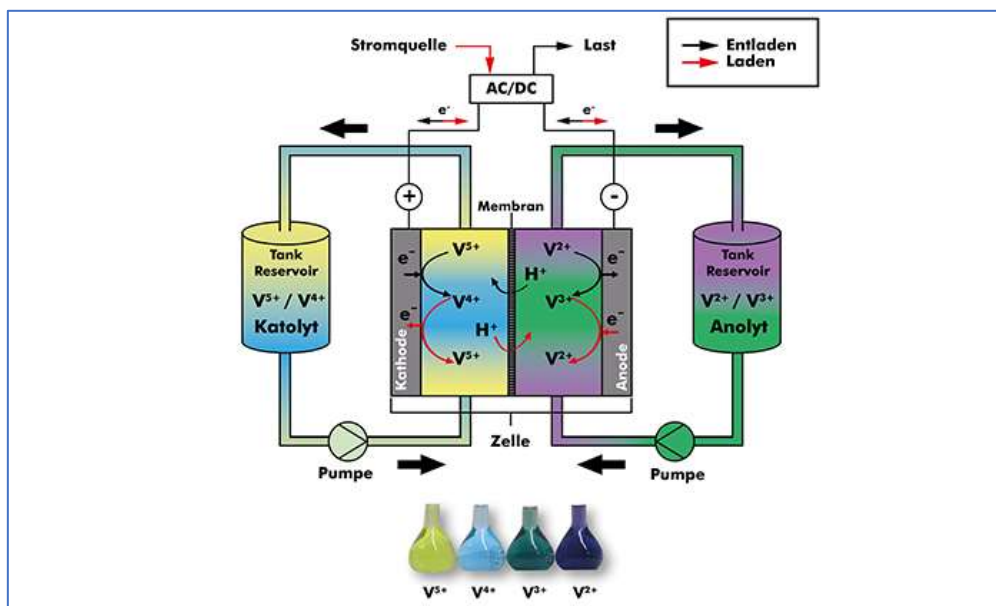


Abbildung 5, Schema Vanadium Redox Flow Batterie, Schmid Group

Bisher ist ihre Fertigung noch sehr aufwändig, den Redox-Flow-Stromspeichern wird jedoch ein großes Potenzial als Netzspeicher für die Energiewende, etwa zur Verschiebung von Sonnenenergie für den Verbrauch während der Nacht, prognostiziert.

- Energie und Leistung können bei der Redox-Flow-Batterie unabhängig voneinander skaliert werden.
- Redox-Flow-Batterien benötigen zur Herstellung keine seltenen Rohstoffe wie z. B. Lithium. Das Vanadium für den gängigen Vanadium-Akkumulator gehört zu einem der häufigsten Elemente.
- Redox-Flow-Batterien sind feuersicher, weil ein „thermal runaway“, also eine unkontrollierte Erhitzung, ausgeschlossen werden kann.
- Zudem sei sie weniger giftig und auch ein Recycling sei im Gegensatz zu Lithium-Ionen-Batterie kein Problem.
- Aufgrund einer geringen Energiedichte sind die Batterien groß und schwer und für Elektronikgeräte oder Elektroautos eher ungeeignet. [6]

Redox-Flow-Batterien sind im Vergleich zu Lithium-Ionen-Akkus im Moment je nach Anbieter etwas billiger, gleich oder noch etwas teuer. Die Anzahl der Batterieanbieter ist derzeit noch relativ gering. Zudem sind die Anbieter international tätig weshalb die Beratung und Bestellung dieser Batterien noch aufwendig ist. Wegen der im Vergleich zu Lithium-Batterien niedrigeren Energiedichte - Lithium: ca. 50 kWh/m³, Redox-Flow: ca. 15 kWh/m³ - und brauchen Redox Flow Batterien den 3-fachen Platz. Allmählich gibt es auch Redox Flow Anbieter für Kleinanlagen (ca. 30 kWh), die auch für den privaten Bedarf gut eingesetzt werden können.



Abbildung 6: Redox Flow Batterie für KMUs



Abbildung 7: Redox Flow Batterie für Kleinspeicher

Für größere Speicherkapazitäten, wie diese besonders bei Betrieben eingesetzt werden könnten, weil dort der Strombedarf höher ist und weil eventuell Argumente wie Versorgungssicherheit, Stromstabilität, Vermeidung von Energieausfällen, die zu Produktionsstopps oder Ausfällen bei sensiblen Waren (z.B. Lebensmittel, Kühlwaren) und Komfortniveaus (z.B. Klimatisierung in Tourismus- und Veranstaltungsbetrieben) bedeutend sind, gibt es bereits technisch und wirtschaftlich interessante Speichersysteme mit Redox Flow- Technologie.



Abbildung 8: Redox Flow-Speicher für mittelgroße Anwendungen, CellCube, NÖ

Salzwasser

Natrium-Batterien sind sehr neu am Markt, weswegen es noch wenige Langzeiterfahrungswerte gibt. Diese Batterie basiert auf Salzwasser, enthält keine umweltschädlichen Materialien oder kritischen Rohstoffe und ist leicht zu recyceln. Der Wirkungsgrad liegt bei 80 bis 90 %. Durch die geringere Energiedichte ist der Platzbedarf, im Vergleich zu anderen Technologien, höher. [5]

Ein Beispiel für einen Aquion Salzwasserspeicher ist die Aquion AH1 S30-0080 Salzwasserbatterie (48 V) mit einer Kapazität von 48,3 Ah bei 20 Stunden und einer entnehmbaren Energie von maximal 2,6 kWh. Der Produktpreis beträgt 1.550 €. [7]

Energiemanagement

„Energiemanagement ist die Kombination aller Maßnahmen, die bei einer geforderten Leistung einen minimalen Energieeinsatz sicherstellen. Es bezieht sich auf Strukturen, Prozesse und Systeme sowie auf menschliche Verhaltensweisen und -änderungen.“ (Definition lt. Gabler Wirtschaftslexikon)

Der Begriff Energiemanagement steht für eine systematische Energieverbrauchsanalyse sowie die anschließende Planung und Durchführung von Optimierungsmaßnahmen des Energieverbrauchs. Auch die Überwachung und kontinuierliche Weiterentwicklung der Verbesserungsmaßnahmen gehört zu diesem Managementbereich. Dabei gibt die Norm ISO 50001 relevante Anforderungen an die Zertifizierung eines Energiemanagementsystems (EnMS) vor. Erfüllt das EnMS die Forderungen der Norm, so können Unternehmen ihre Energieeffizienz durch eine Verringerung des Energieeinsatzes verbessern und sowohl energiebezogene Kosten als auch Umweltbelastungen reduzieren. (Definition lt. ISO 50001) [8]

Lastmanagement – Lastenprofile

Definition & Erklärung

Lastmanagement

Lastmanagement heißt Maßnahmen zu treffen, die den Verbrauch von Energie optimieren. Dabei wird der Lastgang (Lastprofil) eines Unternehmens harmonisiert und gleichmäßig gestaltet, so dass bessere Konditionen im Energieeinkauf erlangt und die Energiekosten gesenkt werden können. Die Lastoptimierung (durch das Lastmanagement) ist eine wirksame Energieeffizienzmaßnahme.

Durch ein gezieltes Management des Energiebezugs können

- Lastspitzen reduziert,
- das Lastprofil harmonisiert,
- der Leistungspreis reduziert,
- bessere Benutzungsstunden erreicht [9]

Lastprofil

Ein Lastprofil ist der zeitliche Verlauf der von einem Strom- oder Gasverbraucher bezogenen Leistung. Das Lastprofil eines Verbrauchers z. B. für elektrische Energie oder Erdgas zeigt den zeitlichen Verlauf der bezogenen Leistung an. Es kann als Tagesprofil für einen Tag gelten, aber es gibt auch z. B. Jahresprofile, die die jahreszeitlichen Schwankungen zeigen. Andere (gleichbedeutende) Bezeichnungen sind Lastkurve und Lastgang.

Abbildung 1 zeigt als Beispiel das Tages-Lastprofil eines imaginären Kleinverbrauchers im Sommer und im Winter. Es zeigt gewisse Lastspitzen: morgens nach dem Aufstehen, mittags beim Kochen und abends für Beleuchtung. Generell ist die bezogene Leistung im Winter höher, insbesondere in der abendlichen Spitze, weil dann mehr elektrisches Licht benötigt wird.

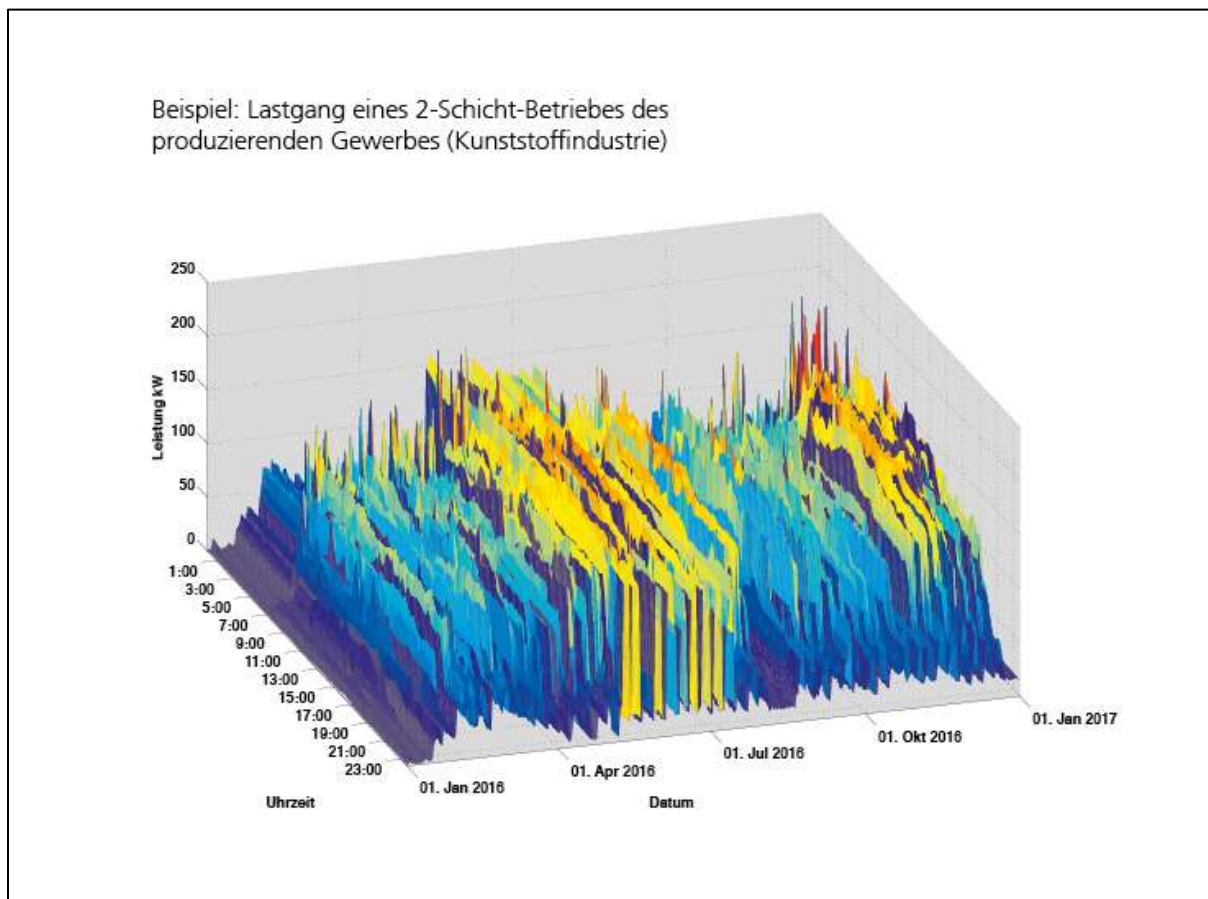


Abbildung 9: Lastprofil produzierender Betrieb, EVU, D

Das konkrete Lastprofil hängt besonders in Wirtschaftsunternehmen erheblich von dessen technischen Anlagen und Geräteausstattung sowie vom tatsächlichen Einsatz/Betrieb der Stromabnehmer ab. Je nach Schichtbetrieb und Einsatzzeiten/Einsatzintensität können unterschiedliche Strombedarfsspitzen und verschiedenen Zeiten auftreten. Eine detaillierte Analyse des zeitbezogenen Strombedarfs ist gerade bei Unternehmen mit hohem Stromkonsum sehr sinnvoll, um eine bedarfsorientierte und wirtschaftlich optimierte PV- und Speicher-Anlage mit dem Ziel einer maximalen Eigenstromnutzung zu erreichen.

Ermittlung von Lastprofilen

Bei größeren Strom- und Gasverbrauchern erfolgt eine registrierende Leistungsmessung: Ein Lastgangzähler ermittelt den konkreten Lastgang (mit einer Zeitauflösung von meist 15 Minuten), wobei die Daten automatisch an den Verteilungsnetzbetreiber übermittelt werden. Diese Daten können dann für die Abrechnung verwendet werden.

Bei Kleinverbrauchern lohnt sich eine Lastgangmessung nicht. Hier wird dem Stromtarif ein Standardlastprofil (SLP) zugrunde gelegt. Es gibt unterschiedliche Standardlastprofile z. B. für Haushalte, Gewerbe, Landwirtschaft, Wochenendbetriebe und Heizwärmespeicher, die jeweils noch nach dem geschätzten Jahresverbrauch skaliert werden.

Das hier dargestellte standardisierte Stromlastprofil für einen typischen produzierenden Betrieb liefert auch Stromdaten je Monat. Diese normierten Stromverläufe sind geeignet, um den jeweiligen Jahresstrombedarf je Wirtschaftsjahr relativ gut abzubilden.

Das Profil eines einzelnen Kunden kann aber erheblich vom verwendeten Standardlastprofil abweichen, dennoch ist es für die Jahresberechnung *im Mittel* über viele Kunden durchaus sehr genau.

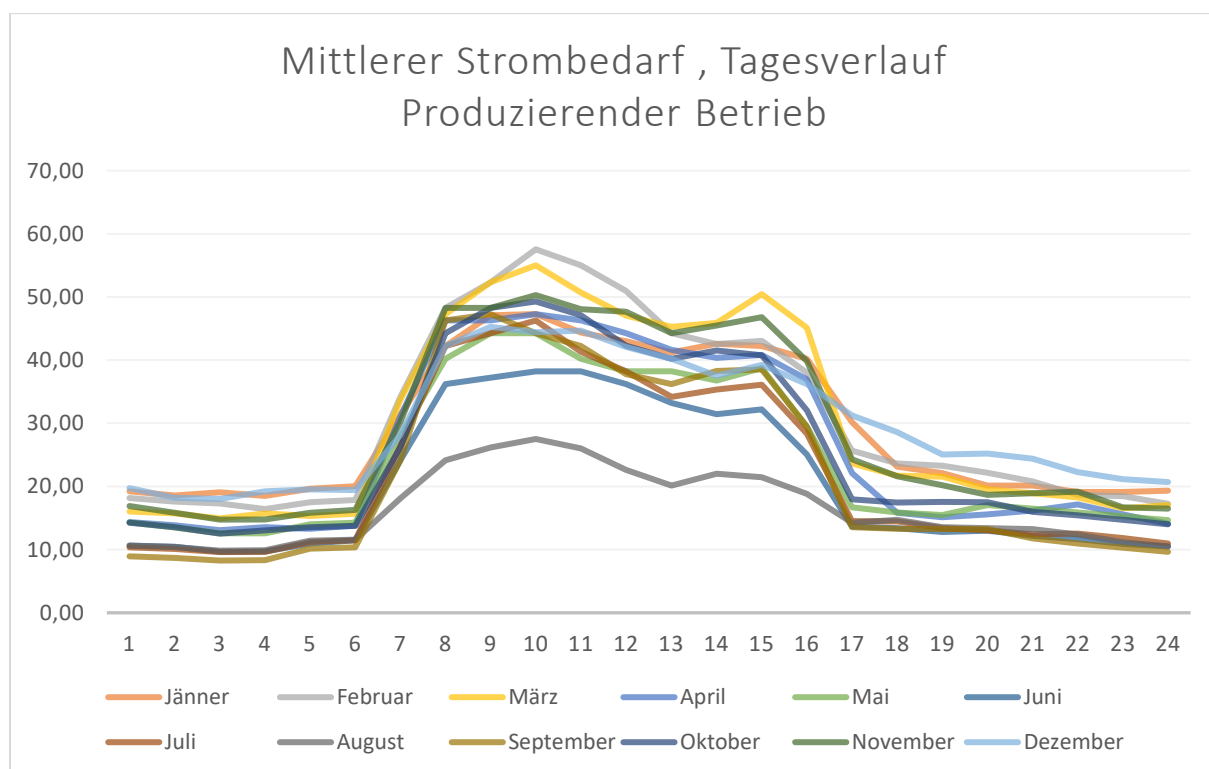


Abbildung 10, Normierter mittlerer Tages-Strombedarf eines typischen produzierenden Betriebes, PV-Max Programm W.E.I.Z.

Inselbetrieb inkl. Blackout Schutz

Inselanlagen

Von einer PV-Anlage mit Inselbetrieb spricht man immer dann, wenn eine Solaranlage ohne Anschluss an das öffentliche Stromnetz betrieben wird. Mit einer Solar-Inselanlage lässt sich somit ein **Maximum an Autarkie** und damit ein System zur Selbstversorgung realisieren.

PV-Inselanlagen ermöglichen es auch fernab vom öffentlichen Stromnetz, Strom zu erzeugen, verbrauchen und zwischenzuspeichern. Aus diesem Grund werden PV-Anlagen mit Inselbetrieb meistens dort eingesetzt, wo keine Stromleitungen vorhanden sind oder aber die Anbindung an das Stromnetz zu teuer wäre – z.B. auf Ferien- und Gartenhäusern, einem Wohnwagen, einer Berghütte oder einem Boot. Mit einer Solar-Inselanlage können elektrische Geräte auch ohne einen Netzanschluss mit selbst produziertem Solarstrom betrieben werden. [11]

Zu Bedenken

Bei der Planung und Auslegung eines Inselsystems müssen verschiedene Randbedingungen berücksichtigt werden. So hängt die optimale Auslegung eines Stromversorgungssystems vor allem von folgenden fünf Faktoren ab:

Notwendige Anschlussleistung

- Energieverbrauch
- Art der Verbraucher
- Nutzungszeitraum
- Meteorologische Randbedingungen

Eine Inselanlage sollte insbesondere möglichst bedarfsgerecht ausgelegt sein, denn nur dann rechnet sie sich ökonomisch wie ökologisch. Da kein Überschuss ins öffentliche Netz gespeist werden kann, sollte der solar erzeugte Strom möglichst zu 100 Prozent verbraucht werden, sofort oder nach der Zwischenlagerung im Stromspeicher.

Daher ist der tägliche Energiebedarf ein wichtiger Anhaltspunkt, der zuerst bestimmt werden sollte. Wie viel elektrischen Strom Sie pro Tag brauchen, erfahren Sie, wenn Sie die einzelnen Verbraucher in Ihrem Haushalt samt deren Verbrauchsdaten auflisten, zum Beispiel Beleuchtungsanlage, Radio oder Kühlschrank – jeweils mit ihrer Nennleistung, der täglichen Betriebszeit und der Nutztage pro Woche. Damit Sie weder zu wenige noch zu viele Inselmodule installieren, sollten Sie den Energiebedarf eher großzügiger berechnen. Im Zweifelsfall fragen Sie hierzu einen Fachmann um Rat!

Der optimale Solarertrag der Inselanlage hängt von den Standortbedingungen ab, die am Installationsort herrschen. Ebenso spielen die Neigung der Solarmodule zur Sonne und ihre Ausrichtung eine Rolle, wenn es um den Solarertrag geht. Mobile Inselanlagen auf Wohnmobilen haben meist einen Anstellwinkel von null Grad, sind also waagrecht zur Sonne

angeordnet, während Inselanlagen, die Sie an die Fassade Ihrer Berghütte oder Ihres Gartenhauses montieren im 90-Grad-Winkel zur Sonne hängen.

Als weiterer Stromerzeuger werden in größeren Anlagen insbesondere Dieselgeneratoren (PV-Diesel-Hybrid Inselssysteme) eingesetzt. Diese dienen nicht nur als Back Up, sondern reduzieren auch die für einen autarken Inselbetrieb nötige PV-Anlagengröße und verbessern so die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems.

Aus ökonomischer Sicht sind Inselssysteme mit Batteriespeicher im kW-Leistungsbereich deutlich günstiger als Anlagen, bei denen ausschließlich Dieselgeneratoren eingesetzt werden. Sogar größere Hybridsysteme, bei denen ein Dieselgenerator zur Vermeidung langfristiger Batteriespeicherung eingesetzt wird, können zu geringeren Kosten betrieben werden als Stationen, die ausschließlich mit Dieselaggregaten arbeiten. Dies ist auf den hohen Wartungsaufwand, die kurze Lebensdauer und den sehr schlechten Teillastwirkungsgrad von Dieselgeneratoren zurückzuführen. [12]

Kosten

Die Preise von Inselanlagen richten sich nach der Leistung, die die Anlagen erzielen. Oft wird hier stufenweise in kleine, mittlere und große Insel-Komplettanlagen unterschieden. Kleine Inselanlagen mit einem Kennwert von 60 Watt gibt es schon für weniger als 400 Euro.

Nach oben hin sind sowohl Leistung als auch der daraus resultierende Preis offen. Komplette Anlagen liegen schnell im Bereich 8.000 bis 11.000 Euro.

Blackout Schutz

Viele der errichteten Photovoltaik Anlagen schützen nicht vor einem Blackout – garantieren also keine Stromversorgung, wenn vom Netz kein Strom mehr zur Verfügung steht, da sie selber auf diesen Strom vom Netz angewiesen sind. Die PV-Anlage muss die Funktion besitzen, sich vollständig vom Stromnetz abzukoppeln, also im Inselbetrieb zu funktionieren, um im Falle eines Blackouts weiterhin Strom an den Betrieb zu liefern.

Energiemonitoring Tools

Um den eigenen Stromverbrauch sowie die Stromerzeugung immer im Überblick zu haben und sogar selbst steuern zu können, haben verschiedene Anbieter Tools für erleichtertes Energiemonitoring entwickelt.

EOS

Der EOS-Energiemanager misst und visualisiert den aktuellen Energiebedarf - je Stunde, Tag, Monat, Jahr, frei nach Benutzerwahl – und unterstützt so den Energiekunden den jeweiligen Energiebedarf zu optimieren.

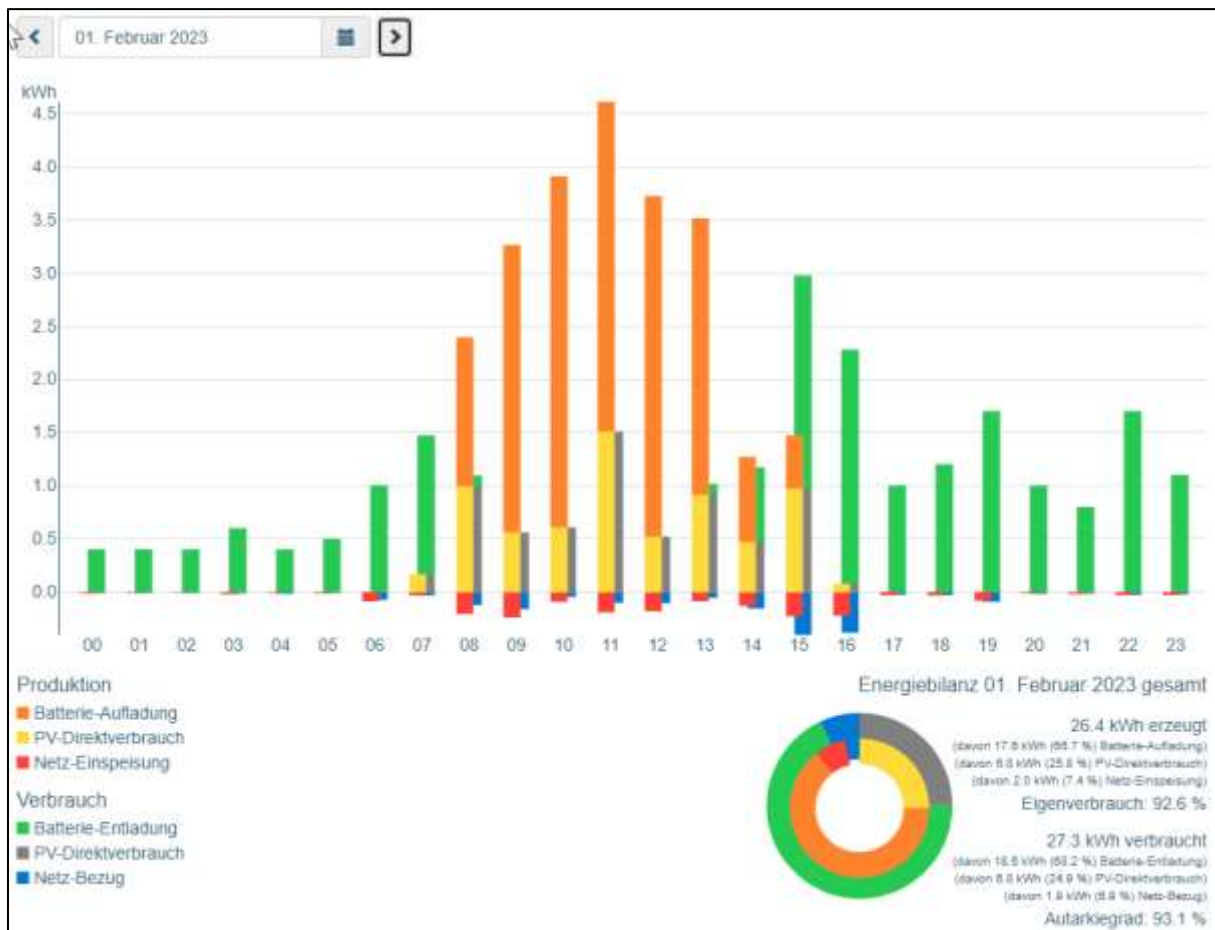


Abbildung 11: Energiebilanz, landw. Betrieb, EOS

Fronius -Solar.web:

Mit dem kostenlosen Online-Tool Fronius Solar.web behalten Sie Ihren Energieertrag und -verbrauch immer im Blick und können so das meiste aus Ihrer Photovoltaik-Anlage herausholen.

- Auf Nummer sicher: Energieertrag überwachen
- Mehr sparen: Energieverbrauch optimieren
- State of the art: PV-Anlage immer up-to-date halten

Mit Solar.web finden Sie heraus...

- ...ob Sie versteckte Stromfresser zuhause haben.
- ...ob sich ein Batteriespeicher für Sie rechnet.
- ...ob sich die Warmwasserbereitung mit PV für Sie lohnen würde.
- ...wie Sie mit kleinen Änderungen (z.B. Waschmaschine zwei Stunden früher einschalten) Geld sparen können. [13]



Abbildung 12: Fronius - Energiedarf pro Jahr, verschiedene PV-Modulsysteme, W.E.I.Z.

Energie Steiermark

Wer einen Stromvertrag der Energie Steiermark besitzt und bereits einen SmartMeter installiert hat, kann über die nachfolgende Website ein Zusatzpaket erwerben. Damit kann der Stromverbrauch jederzeit abgerufen werden, und die Benützung stromintensiver Geräte auf Zeiten verschoben werden, wenn der Strompreis gerade günstiger ist.

<https://www.e-steiermark.com/privat/leistungen/smart-meter#c3318>

Energiegemeinschaften

Allgemeines

In einer Energiegemeinschaft können sich unterschiedliche Akteure zusammenfinden und erzeugte Energie teilen; sie also gemeinsam verbrauchen, sie speichern und/oder verkaufen. Ein eingebautes intelligentes Messgerät (Smart Meter) und die Messung und Speicherung von Viertelstundenwerten (Opt-In) sind die Voraussetzung, um innerhalb der Energiegemeinschaft die Abrechnung durchführen zu können.

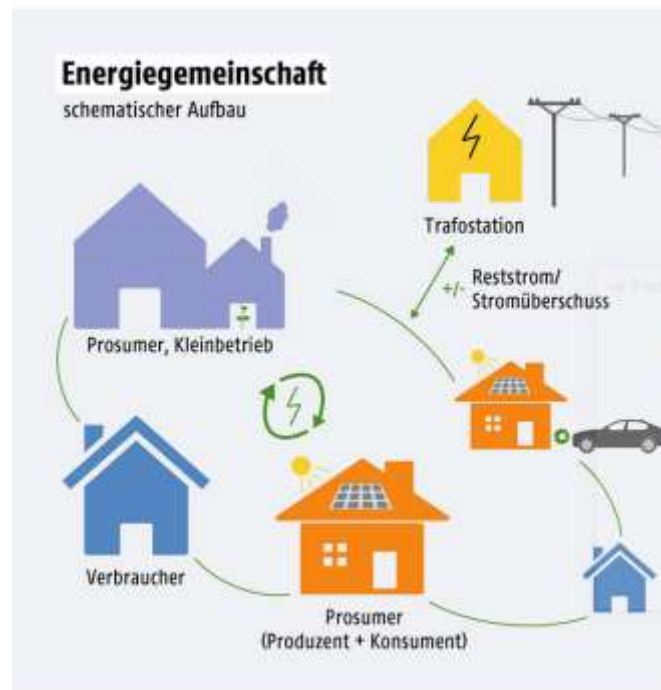


Abbildung 13: So funktioniert eine Energiegemeinschaft; <https://orf.at/stories/3265040/>

Als Teilnehmerin bzw. Teilnehmer einer Energiegemeinschaft haben Sie aber weiterhin auch Ihren frei gewählten Energieliefervertrag und Ihren Netznutzungsvertrag, da die Energiegemeinschaft Ihre Versorgung aus dem öffentlichen Netz nicht gänzlich ersetzen kann. Zusätzlich besteht ein Vertragsverhältnis/Mitgliedschaftsverhältnis zwischen Ihnen und der Energiegemeinschaft. [14]

Alle weiteren Fragen zu Energiegemeinschaften werden auf der folgenden Website beantwortet:

<https://energiegemeinschaften.gv.at/faq/>

Mit dem Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz (EAG) ist es möglich Energiegemeinschaften zu gründen. Menschen, bspw. aus ganz Österreich, können sich zu einer Energiegemeinschaft zusammenschließen und so die eigenerzeugte Energie gemeinsam nutzen. [15]

Arten

Gemeinschaftliche Erzeugungsanlage

- Stromerzeugung und -verbrauch innerhalb des Gebäudes ist möglich
- Stromerzeuger kann alle Verbraucher an der gemeinsamen „Hauptleitung“ versorgen
-> Anlage damit auf das Gebäude beschränkt
- Smart Meter für Abrechnung ist erforderlich
- Gesetzliche Grundlage: § 16a EIWOG

Erneuerbare-Energiegemeinschaft (EEG)

- Stromerzeugung und -verbrauch lokal möglich
- Beschränkt auf Netzebenen 7 bis 5 im Konzessionsgebiet eines Netzbetreibers
- 100% erneuerbare Energie
- Reduzierter Stromnetztarif für innerhalb EEG erzeugten und verbrauchten Strom
- Entfall des Erneuerbaren-Förderbeitrag sowie der Elektrizitätsabgabe für innerhalb erzeugten/verbrauchten Strom
- Smart Meter für Abrechnung erforderlich
- Gesetzliche Grundlage: § 79 und 80 EAG; § 16c bis § 16e EIWOG

Bürger-Energiegemeinschaft (BEG)

- Stromerzeugung und -verbrauch über ganz Österreich ist möglich
- Auf Strom beschränkt
- Smart Meter für Abrechnung ist erforderlich
- Gesetzliche Grundlage: § 79 und 80 EAG; § 16b sowie § 16d und § 16e EIWOG [15]

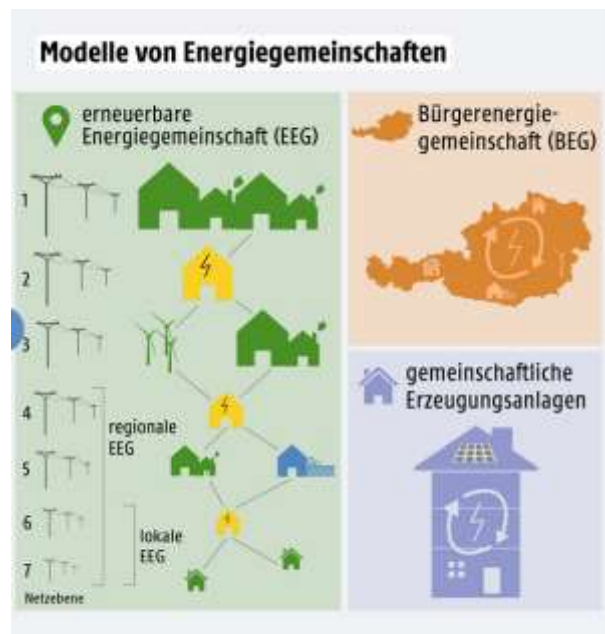


Abbildung 14: Arten von Energiegemeinschaften; <https://orf.at/stories/3265040/>

Mit Unterstützung von Bund, Land und Europäischer Union



Lokale Smart Grids – Direktleitungssysteme WEIZconnected, SoWeitconnected

Im Bezirk Weiz gab es bisher bereits zwei Projekte, jeweils zum Thema Energiegemeinschaften.

Im Projekt WEIZconnected wurde eine direkte Stromleitung zwischen den Gebäuden W.E.I.Z. 2 und W.E.I.Z 3 errichtet, um gemeinsam den Strom aus den installierten PV-Anlagen nutzen zu können.

Im Projekt SoWeitconnected lag der Fokus auf der Nachbargemeinde Thannhausen. Das Gemeindezentrum besitzt eine PV-Anlage, deren Strom sie mit dem Kindergarten teilt, der somit gegen ein Blackout geschützt ist.

Technische Berechnungen/Programme

Um eine passende Wahl beim Kauf einer Photovoltaik Anlage und dem Zugehörigen Speicher zu treffen, sollte der eigene durchschnittliche Stromverbrauch pro Tag bekannt sein.

Überschlagsartig kann die Größe für Speicher und PV-Anlage auf folgende Art berechnet werden:

Die erforderliche Speicherkapazität hängt von der benötigten Strommenge, vom Tag-Nacht-Verhältnis und von der Leistung Ihrer Photovoltaikanlage ab. Indem Sie Ihren Jahresstromverbrauch durch 365 Tage teilen, erhalten Sie den durchschnittlichen Strombedarf pro Tag.

Üblich ist die Verwendung des Faktors 1/3, wenn tagsüber mehr Strom als nachts benötigt wird. Liegt der Nachtverbrauch höher, können Sie den Faktor 1/2 einsetzen. Genauere Werte können Sie verwenden, nachdem Sie die prozentuale Verteilung des Strombedarfs tagsüber und nachts ermittelt haben: Lesen Sie an mehreren Tagen jeweils um 6.00 Uhr morgens und um 18 Uhr abends den Stromzähler ab, um die Aufteilung des Strombedarfs festlegen zu können.

Liegt der Gesamtstromverbrauch bei etwa 6.000 kWh und der Nachtverbrauch ist erhöht, ist folgendermaßen zu rechnen: $6.000 \text{ kWh} / 365 \times 1/2 = 8,22 \text{ kWh}$. Die Speicherkapazität sollte bei aufgerundet 8,5-9 kWh liegen. Eine optimale Aufladung ist gewährleistet, wenn die Photovoltaikanlage ca. 8 kWp groß ist. [7]

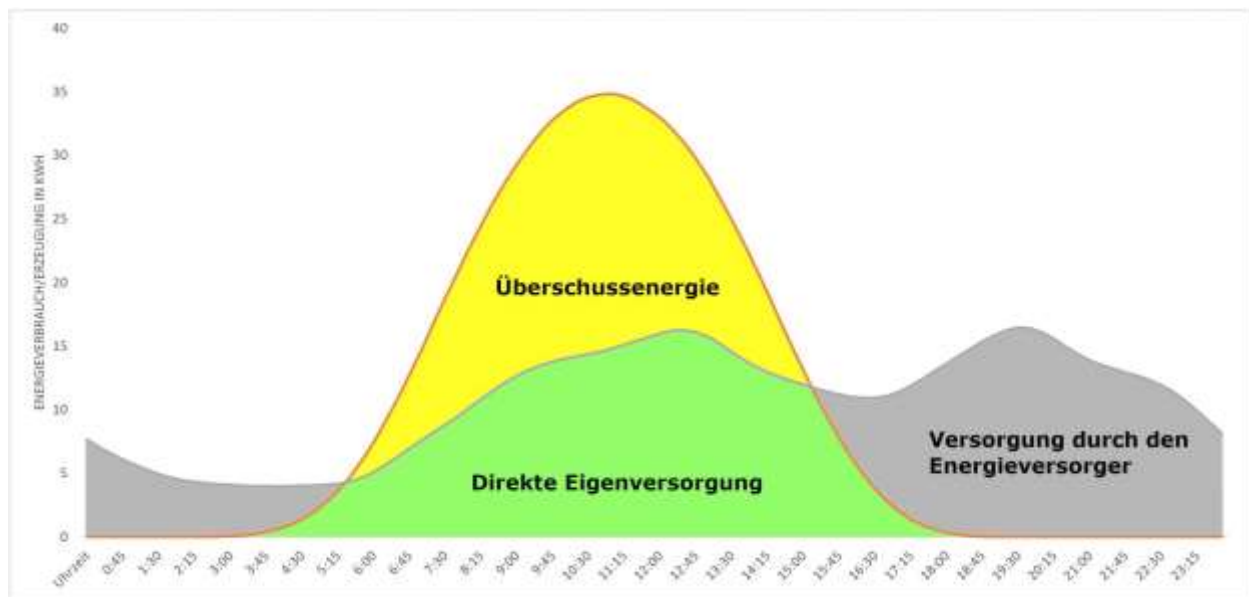
PV- und Speicher-Dimensionierung

Die optimale Leistung bzw. Größe der PV-Anlage hängt vom aktuellen sowie geplanten Stromverbrauch ab, aber auch vom Betriebsmodell.

Um eine fundierte Aussage zur optimalen Anlagengröße für den Haushalt bzw. das Unternehmen tätigen zu können, wird optimalerweise das elektrische Lastprofil überprüft. Damit kann abgelesen werden, zu welcher Uhrzeit, an welchem Tag, oder auch zu welcher Jahreszeit, besonders viel Strom benötigt wird. Da die Stromerzeugung einer PV-Anlage typischerweise zu Mittag am stärksten ist, kann auf den ersten Blick bereits abgeschätzt werden, wie groß die PV-Anlagen sein sollte.

Messungen über einen längeren Zeitraum sind hilfreich, ähnlich der Messungen eines Smart-Meters, es können aber auch standardisierte Lastprofile verwendet werden.

Wird das Lastprofil über das Erzeugungsprofil der PV-Anlage gelegt, wird sichtbar wieviel Strom selbst genutzt werden kann, wieviel gespeichert oder ins Netz eingespeist wird und wieviel aus dem Netz bezogen wird. [16]



Mit Unterstützung von Bund, Land und Europäischer Union



SUSI

SUSI steht für „Strom-Unabhängigkeits-Simulation“. Mit dem Tool können durch Angabe der Eigenen Daten Informationen zum Nutzungsgrad/Autarkie, ein Strom-Flussdiagramm, der Jahresverlauf, die CO₂-Bilanz und die Wirtschaftlichkeit abgerufen werden.

<https://www.energieinstitut.at/tools/susi/>

Klima energie fonds, PV-Austria

Unter dem folgenden Link steht ein kostenloses Berechnungs-Tools zur Verfügung, um vor der Anschaffung einen Überblick über die Bedürfnisse und Kosten zu erhalten.

https://pvaustria.at/sonnenklar_rechner/

WEIZ

Im Zuge des Projektes Store4HUC gefördert von Interreg Central Europe wurde ein Tool zur Berechnung von PV- und Speicher-Größe entwickelt. Dieses kann kostenlos unter folgendem Link downgeloadet werden.

[Sie können den Rechner hier herunterladen! \(100 MB\)](#)

Eine genaue Anleitung für die Berechnung ist in dem Download enthalten.

PV-Max Berechnungsprogramme

Für die Ermittlung der optimalen Eigenstromnutzung einer PV-Anlage mit technischen (z.B. Speicher), organisatorischen (z.B. Energiegemeinschaften) und konzeptionellen (z.B. effizienten Dimensionierung der PV-Anlage) Maßnahmen sind durch das Projektteam W.E.I.Z. entsprechende Kalkulationsprogramme entwickelt und im Praxisbetrieb bei Energieberatungen eingesetzt worden.

Ausgehend vom Strombedarf je Haushalt, Wohnanlage, öffentlicher Einrichtung oder Betrieb liefert das PV-Max-Kalk-Programm mittels standardisiertem oder realem Lastprofil eine optimierte Dimensionierung der PV- und Speichereinrichtungen. Neben der technischen Anlageneffizienz kann auch die Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage ermittelt werden. Dazu werden aktuelle Investitionskosten, sowie Energiepreise und Gebühren eingesetzt. Die vorgeschlagenen technischen und ökonomischen Daten können vom Benutzer je nach Bedarf gestaltet und aktualisiert werden.

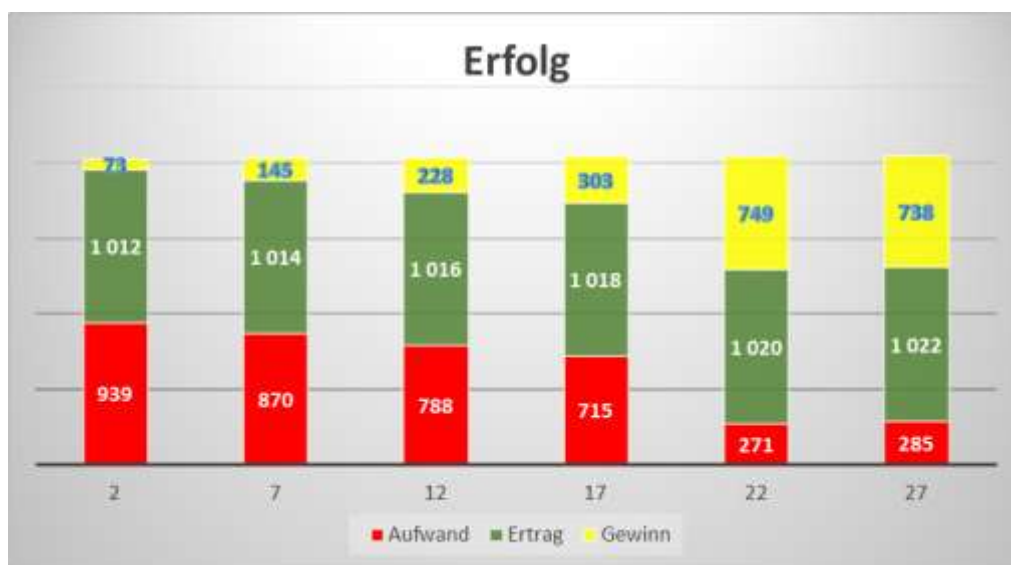


Abbildung 15: Erfolgsanalyse PV & SP, Privathaushalt, PV-Max-Kalk, W.E.I.Z.

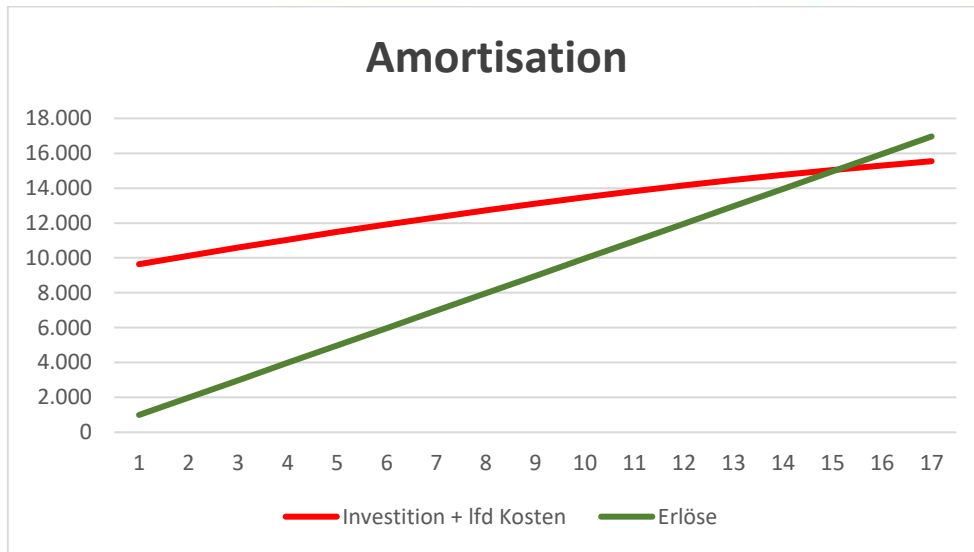


Abbildung 16: Grafik "Amortisation" PV & SP, Privathaushalt, PV-Max6-Kalk, W.E.I.Z.

Praktische Beispiele

Holzverarbeitender Betrieb

Zur Anwendung des Energieoptimierungsprogramms PV-Max der Weizer Energie-Innovations- Zentrum GmbH soll der Energiebedarf und die Eigenstromnutzung durch eine PV- und evtl. zusätzlich mit einer Speicheranlage für einen produzierenden Betrieb Einfamilienhaus mit folgenden Rahmenbedingungen berechnet werden.

Angaben zum Betrieb:

- Strombedarf: 200.000 kWh/a
- Leistungsspitze: 35 kW
- Anschlussleistungen: 120 kW
- Betrieb: 1 Schichtbetrieb, Sam/Son betriebsfrei
- Lastprofile: Daten vom EVU für mehrere Jahre vorhanden
- PV-Anlage: 100 kWp
- Speicheranlage: 50 kWh

Angaben zur Wirtschaftlichkeit:

- Fremdkapital für Investition
- Zinssatz: 4%
- Finanzierungslaufzeit: 15 a
- Bezugsstrompreis gesamt: 25 C€/kWh
- Netzeinspeisetarif: 15 C€/kWh

Ergebnisse

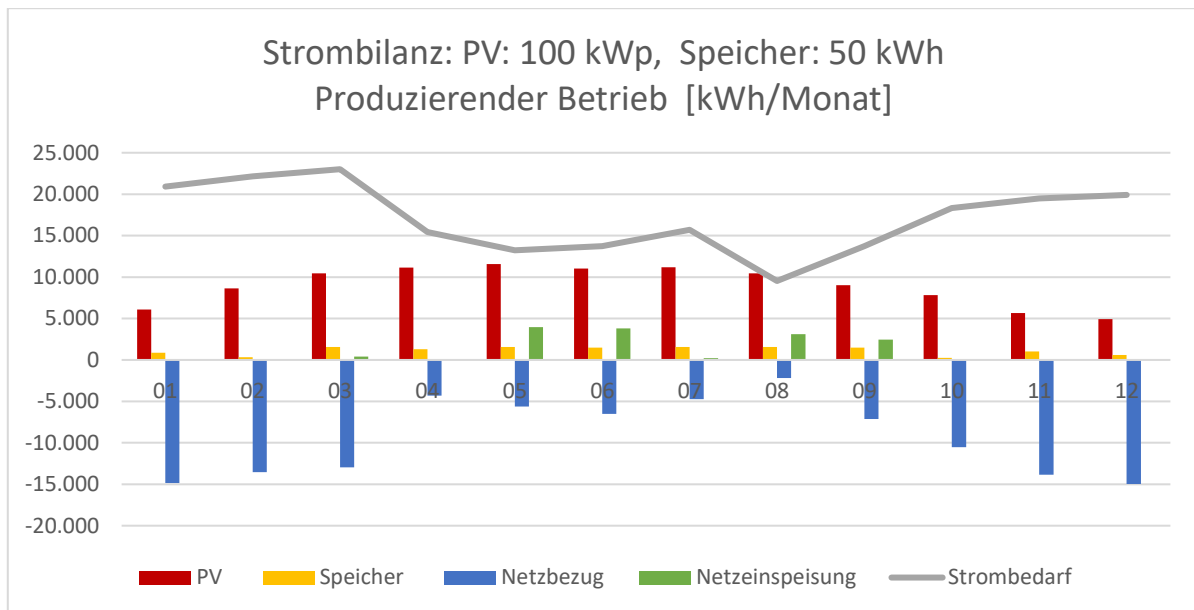


Abbildung 17: Beispiel Strombilanz, produzierender Betrieb, PV 100 kWp/ SP 50 kWh, PV-Max WEIZ

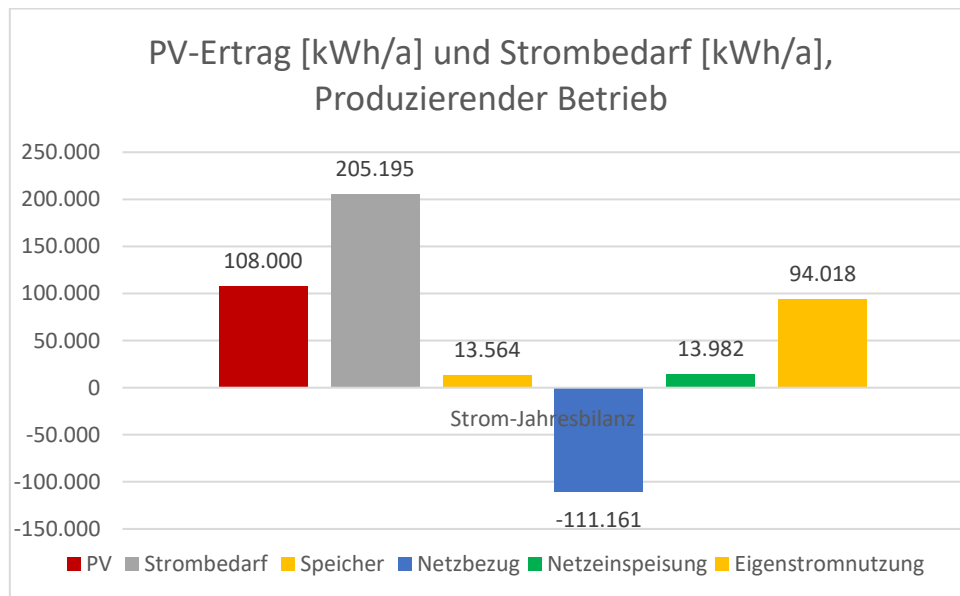


Abbildung 18: Beispiel PV-Ertrag und Strombedarf, produzierender Betrieb, PV 100 kWp/ SP 50 kWh, PV-Max WEIZ

Angaben zur Wirtschaftlichkeit:

- Fremdkapital für Investition
- Zinssatz: 5%
- Finanzierungslaufzeit: 15 a
- Bezugsstrompreis gesamt: 25 C€/kWh

- Netzeinspeisetarif: 15 C€/kWh

Ergebnis der Wirtschaftlichkeit:

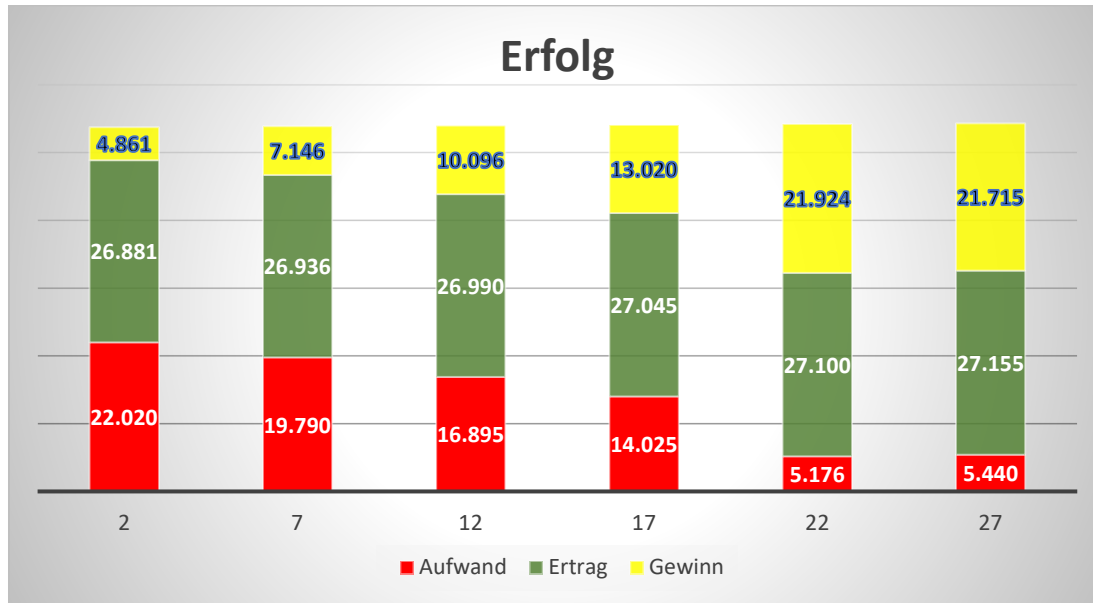


Abbildung 19: Erfolgsanalyse, produzierender Betrieb, PV 100 kWp, Speicher 50 kWh, PV-Max

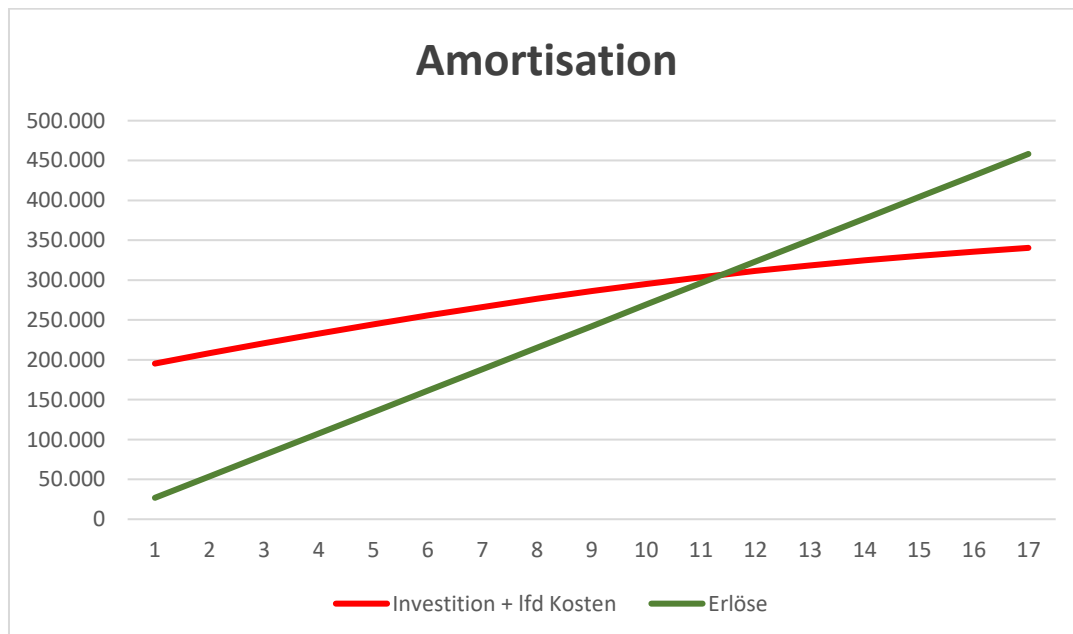


Abbildung 20: Rol-Analyse, produzierender Betrieb, PV 100 kWp, Speicher 50 kWh, PV Max WEIZ

Zusammenfassung

Das PV- und Speicher-Simulations-Programm „PV-Max“ der Weizer Energie- Innovations-Zentrum GmbH berechnet die Anlagen-Dimension sowie die Energiebilanz. Anschließend berechnet das Programm die Wirtschaftlichkeit der geplanten PV- und Speicheranlage. Diese Kalkulation ersetzt nicht die detaillierte Berechnung und Beratung durch die zu beauftragenden Anlagenanbieter. Dennoch sind Simulationsprogramme wie „PV-Max“ oder „SUSI“ als allgemeine Entscheidungshilfe für PV- und Speicheranlagen für eine optimierte Eigenstromnutzung sehr hilfreich.

Empfehlungen

Für die optimale Nutzung der elektrischen Energie einer PV-Anlage für Wirtschaftsbetriebe sollten nachstehende Rahmenbedingungen und Benutzerverhalten bestmöglich aufeinander abgestimmt und konsequent umgesetzt werden:

- Genaue Erfassung des Jahres-Strombedarfs in der Vergangenheit für mindestens 5 Jahre, wenn möglich durch eigene Stromlastprofile
- Kenntnis der lokalen Stromverbrauchsquellen, zumindest der wichtigsten 3 Stromverbraucher.
- Erfassung der Strombedarfszeiten der bedeutendsten Stromverbraucher. Wann wird wieviel Strom für den Betrieb dieser Verbraucher benötigt?
- Potentiale der Verbrauchseinsparungen für den Strombezug. Für welche Anlagen, Geräte und Energiebedarfssysteme könnten durch effizientere Technik und/oder organisatorische sowie zeitliche Änderungen/Verbesserungen der Strombedarf gesenkt werden?
- Prüfung von Standby- und lokal begrenzte Verbrauchsabschaltungen. Ist es technisch und organisatorisch möglich Stromverbrauchssysteme zeitlich befristet vollständig abzuschalten
- Analyse und Sondierung für den Einsatz von Energiemanagementsystemen. Sind im Haushalt Last- und Energiemanagementsysteme installiert? Wie effizient werden diese eingesetzt?
- Verbrauchsorientierte PV-Anlagen. Überprüfung der Dimensionierung und des Jahresertrages der bestehenden oder geplanten PV-Anlage.
- Prüfung der Nutzungsbilanz der PV-Anlage. Jahreserzeugung, Gesamt-Netzeinspeisung, PV-Eigenstromnutzung direkt, Speicherpotential.
- Potential – technisch und organisatorisch – für Eigenstrommaximierung durch:
 - lokale zusätzliche Direktnetzverbindungen zu verbundenen Strombedarfsnutzern im Unternehmen
 - „Mieterstrom-Systeme“ im lokal verbunden Stromverteilstromnetz
 - lokale und/oder regionale „Erneuerbare Energiegemeinschaften EEG“
 - Strom-Speicheranlage für den eigenen Betrieb
 - Beteiligung an lokal-zentralen Stromspeicheranlagen durch Inselstromnetze und/oder mittels lokale EEGs.
- Beratung, Konzeption und technische Anlagenplanung durch Fachunternehmen
- Beratung und Systemklärung durch öffentliche Energieversorgungsunternehmen

Mit Unterstützung von Bund, Land und Europäischer Union



- Zielsetzung für maximale Eigenstromnutzung
- Technische und wirtschaftliche Analyse der Ziele und Adaption der realisierbaren Ziele

Die in diesem Leitfaden beschriebenen Methoden und Berechnungssysteme (siehe diverse Links und Referenzen) können nützliche Instrumente für eine erfolgreiche Planung und Realisierung von PV-Max-Systemen sein und können Sie unterstützen Ihr Energiesystem ergänzt durch PV-Strom effizient, ökologisch und ökonomisch erfolgreich einzusetzen.

Referenzen

- [1] <https://www.raymann.at/photovoltaik.html>
- [2] <https://www.wegatech.de/ratgeber/photovoltaik/grundlagen/kwp-kwh/>.
- [3] https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-technik/photovoltaik-solarmodule#Die_5_gaengigen_Solarmodul-Typen.
- [4] <https://www.solaranlage.eu/photovoltaik/technik-komponenten/wechselrichter/wechselrichtertypen>
- [5] <https://pvaustria.at/pv-speicher/>
- [6] <https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/photovoltaik/stromspeicher/redox-flow-batterie>.
- [7] <https://photovoltaik.one/salzwasserspeicher>.
- [8] https://umweltmanagement.me/energiemanagement_iso_50001/.
- [9] <https://www.energiemanagement-und-energieeffizienz.de/energielexikon/lastmanagement/>.
- [10] <https://www.energie-lexikon.info/lastprofil.html>.
- [11] <https://www.zolar.de/blog/photovoltaik-inselbetrieb-bei-netzausfall->
- [12] <https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/solarenergie/solaranlage/inselanlage>.
- [13] <https://www.fronius.com/de/solarenergie/eigenheim/produkte-und-loesungen/anlagenueberwachung>.
- [14] <https://www.e-control.at/energiegemeinschaften>.
- [15] <https://pvaustria.at/eag-energiegemeinschaften/>.
- [16] <https://pvaustria.at/optimaler-eigenverbrauch/>.
- [17] <https://www.photovoltaik.info/poly-oder-mono-was-ist-der-unterschied-was-ist-besser/>.