

Eigenstromerzeugung mittels Photovoltaikanlagen für Haushalt und Gewerbe - wirtschaftlich und ökologisch erfolgreich gestaltet

Veranstaltung „Energiedialog der LA21 für Dresden“

am 24. Mai 2016 im DREWAG- Treff

Vortrag von Dr. Peter Volkmer,



IGUS GmbH / VEE

Was will ich zeigen

*Es wird gezeigt, **die Kosten für elektrischen Strom aus Photovoltaikanlagen (PVA) sind erheblich gefallen.** Sie liegen unter den Tarifen für Haushaltskunden und je nach Größe der PVA selbst auch unter denen von Gewerbekunden. Diesen Strom selbst zu erzeugen und zu verbrauchen kann in vielen Fällen sehr wirtschaftlich sein. **Bei entsprechender Höhe der solaren Stromnutzung können mit den Einsparungen an Stromkosten die Investition refinanziert und auf das Eigenkapital eine gute Rendite erzielt werden.***

Zusätzlich können durch Eigenstromversorgungsanlagen Lastspitzen im Netz gesenkt und Verbrauchsprofile optimiert werden.

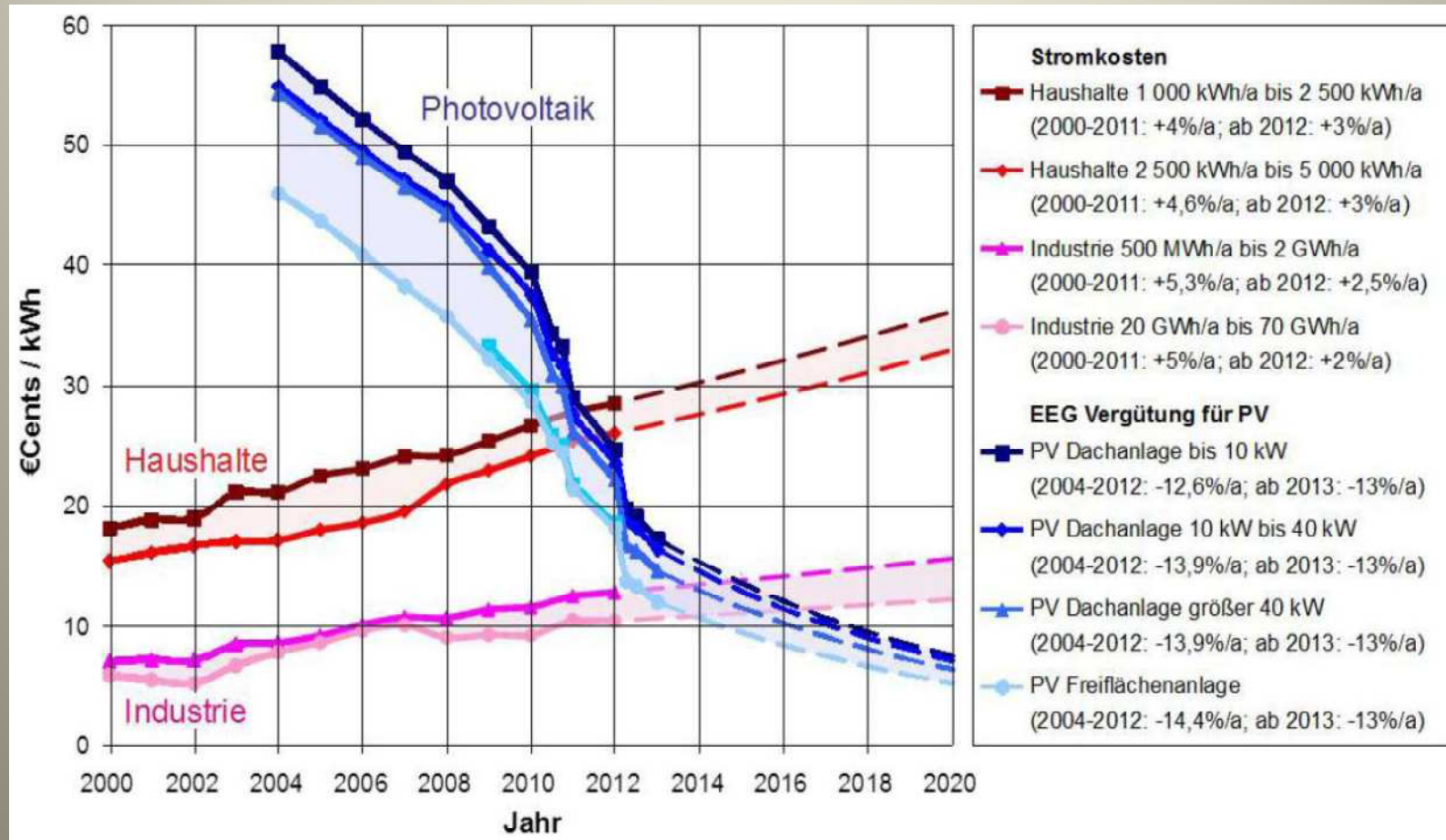
*Natürlich wird auch ein **ökologischer Mehrwert geschaffen werden, indem erhebliche CO₂ - Emissionen vermieden** werden. Für viele Akteure auch eine Grund, was zu tun, ohne den wirtschaftlichen Vorteil im Vordergrund zu sehen.*

*Ich werde in meinem Vortrag über die **aktuellen gesetzlichen wie auch steuerliche Rahmenbedingungen** informieren.*

*Und es werden verschiedene **Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen** unter Einbeziehung der derzeitigen Anlagekosten angestellt und das an **konkreten technische Varianten und Beispiele** gezeigt.*

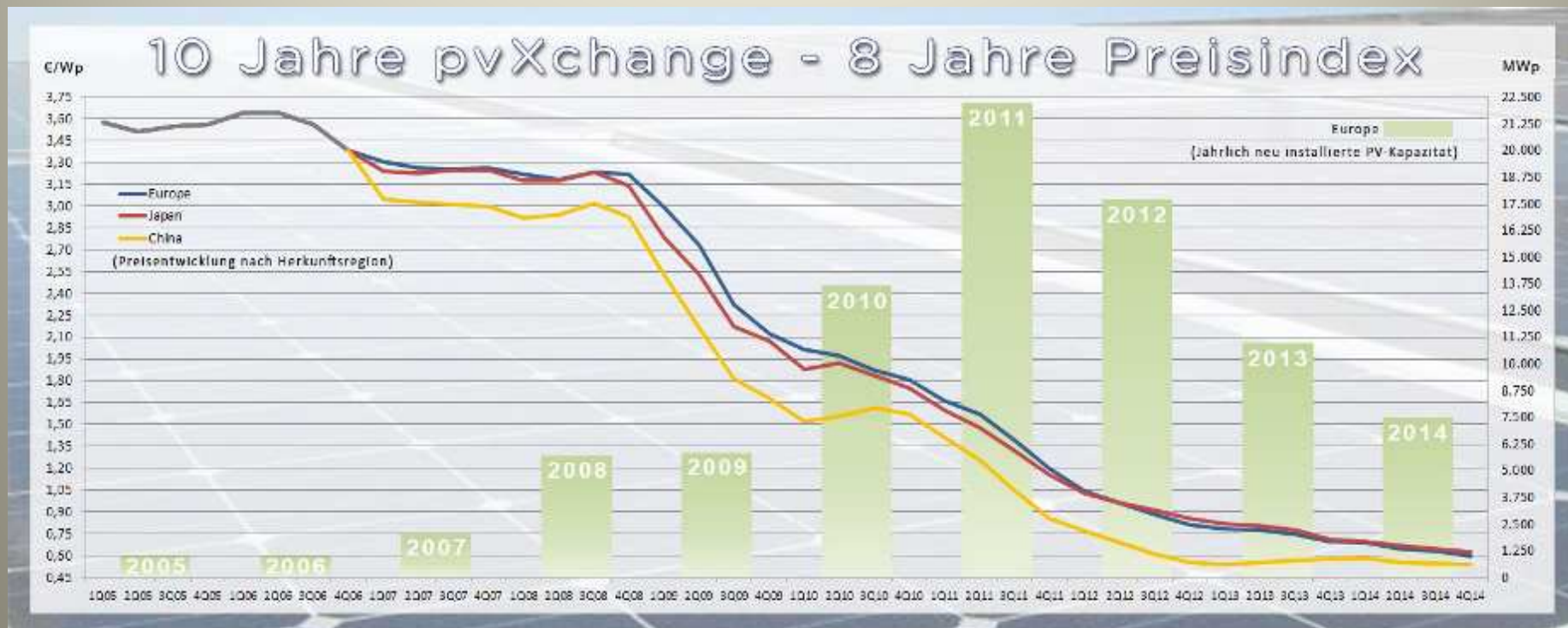
Entwicklung der Kosten für solaren Strom und für Strom aus dem Netz

Vom ISET gibt es die folgende sehr informative Darstellung der Kostenentwicklungen



Preiseentwicklung von PVA Moduln

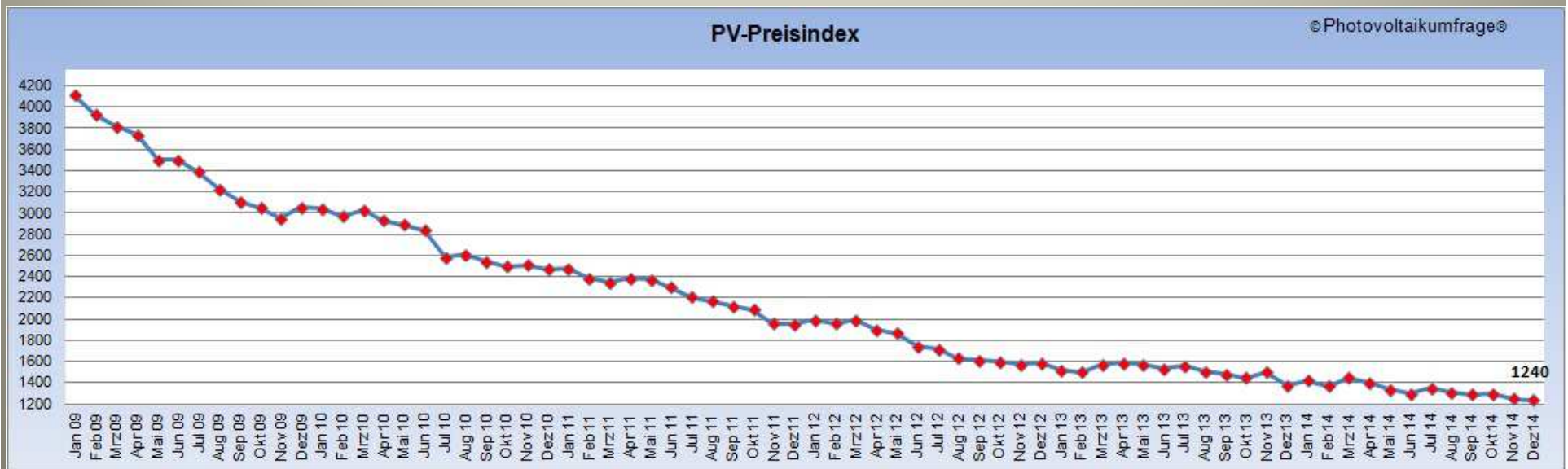
Vom pvXchange-portal gibt es, passend dazu, die Preiseentwicklung der Module



Die Modulpreise sind in 9 Jahren um den Faktor 8 seit Ende 2005 gefallen ! Ähnliches ist bei den Wechselrichtern festzustellen.

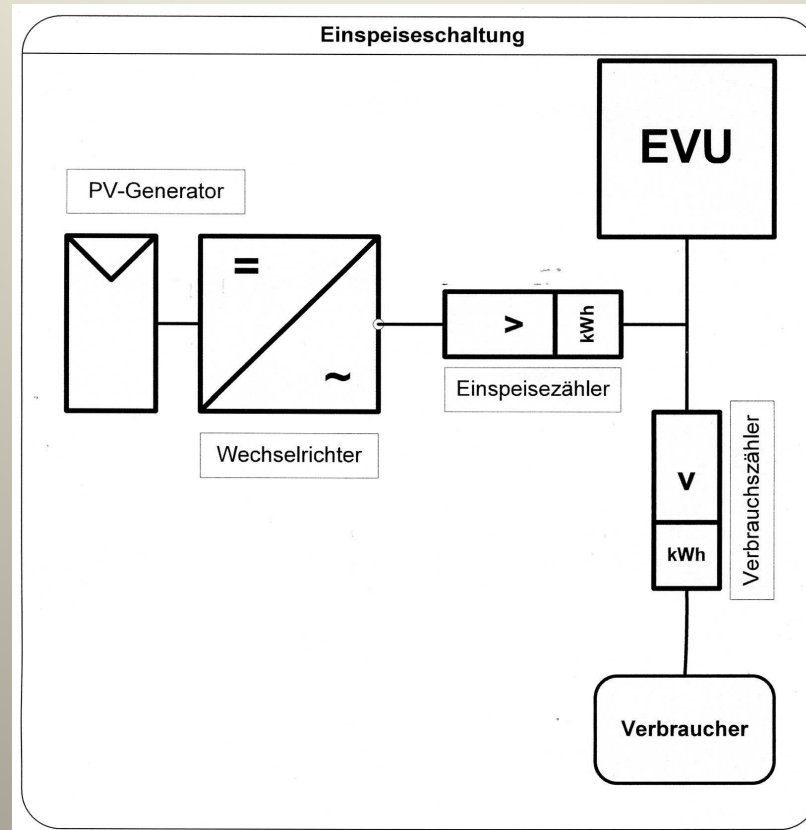
Spezifische Preise von PVA

Beim Preisindex (5) , der den Preis pro kWp bei einer Anlage von 5kWp anzeigt sieht man folgende starke Preis-Degression. In 5 Jahren hat sich der Preis um den Faktor 3,4 verringert. Das ist eine Preis-Degression eines Produkts, das seines gleichen nicht finden wird. Die Verringerung des Preises resultiert aus besserer Eigenschaft und gesunkenen Produktionskosten



Die Technik einer Einspeise-PVA

Die einfache Einspeise-PVA hat folgenden Schaltung und Basiselemente:



Der Solarstrom geht direkt ins Netz des EVU kommt aber bei Bedarf über den Verbrauchszähler gleich wieder ins Haus

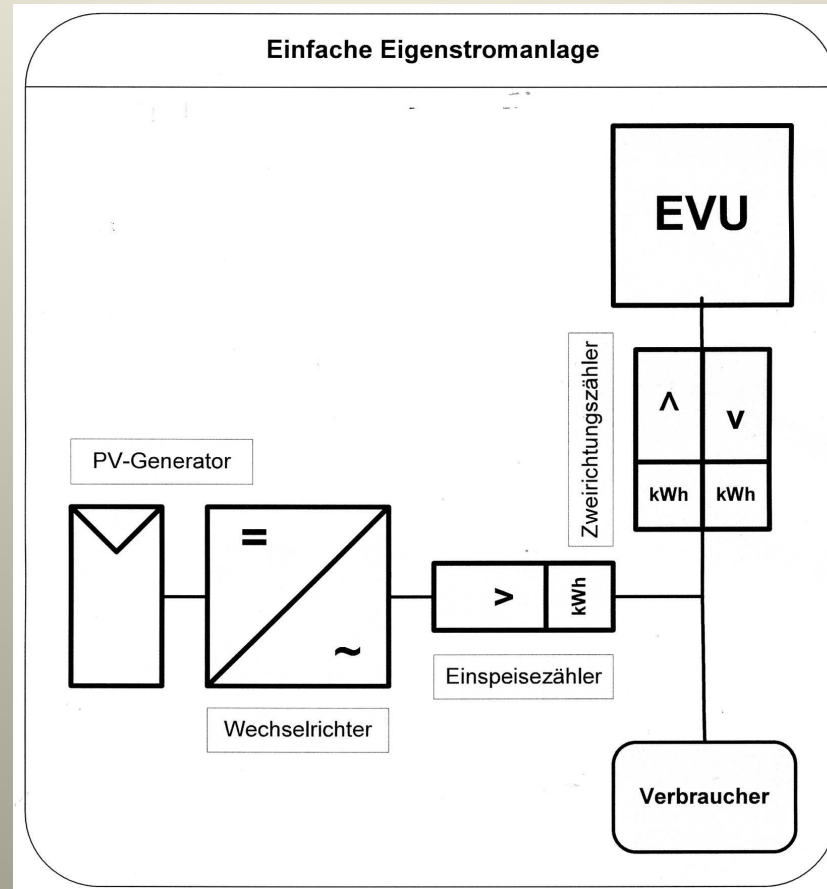
Elemente einer Einspeise-PVA

Eine solche Anlage besteht aus folgenden Elementen und Baugruppen:

- den **Solarmodulen**, die bei polykristallinen Zellen eine typische Leistung von 250 Wp und einer typischen Leerlauf-Spannung von 20 VDC haben.
- den zu **Strings** in Reihe zusammengeschalteten Moduln, die eine höhere String-Leerlaufspannung von 200 bis 400 VDC und damit eine String-Leistung von 2,5 bis 5 kWp erreichen
- dem **Wechselrichter**, der aus der Gleichspannung der Strings eine 50 Hz zwei- oder dreiphasige Wechselspannung von (240 +dU) VAC erzeugt, die phasenkonform in das EVU-Netz eingespeist wird. Der Wirkungsgrad der Umwandlung erreicht Werte von 93 bis 96 %.
- dem **Einspeisezähler** im Zählerschrank, der den Solarstrom zählt, der in das Netz des abnehmenden EVU eingespeist wird und Grundlage für die Berechnung der Einspeisevergütung ist sowie die **Sicherungsautomaten zum Schutz und zur Trennung der PVA**.
- dem **Überspannungsschutz** vor dem Eingang der Strings am Wechselrichter
- dem sog. **Feuerwehr-Trennschalter**, der die Strings vom Wechselrichter trennt und öffentlich zugänglich ist.
- und schließlich dem **Unterbau zur Befestigung** der Module, je nach Art des Daches

Die Technik einer einfachen Eigenstrom-PVA

Die einfache Eigenstrom-PVA hat folgenden Schaltung und Basiselemente:

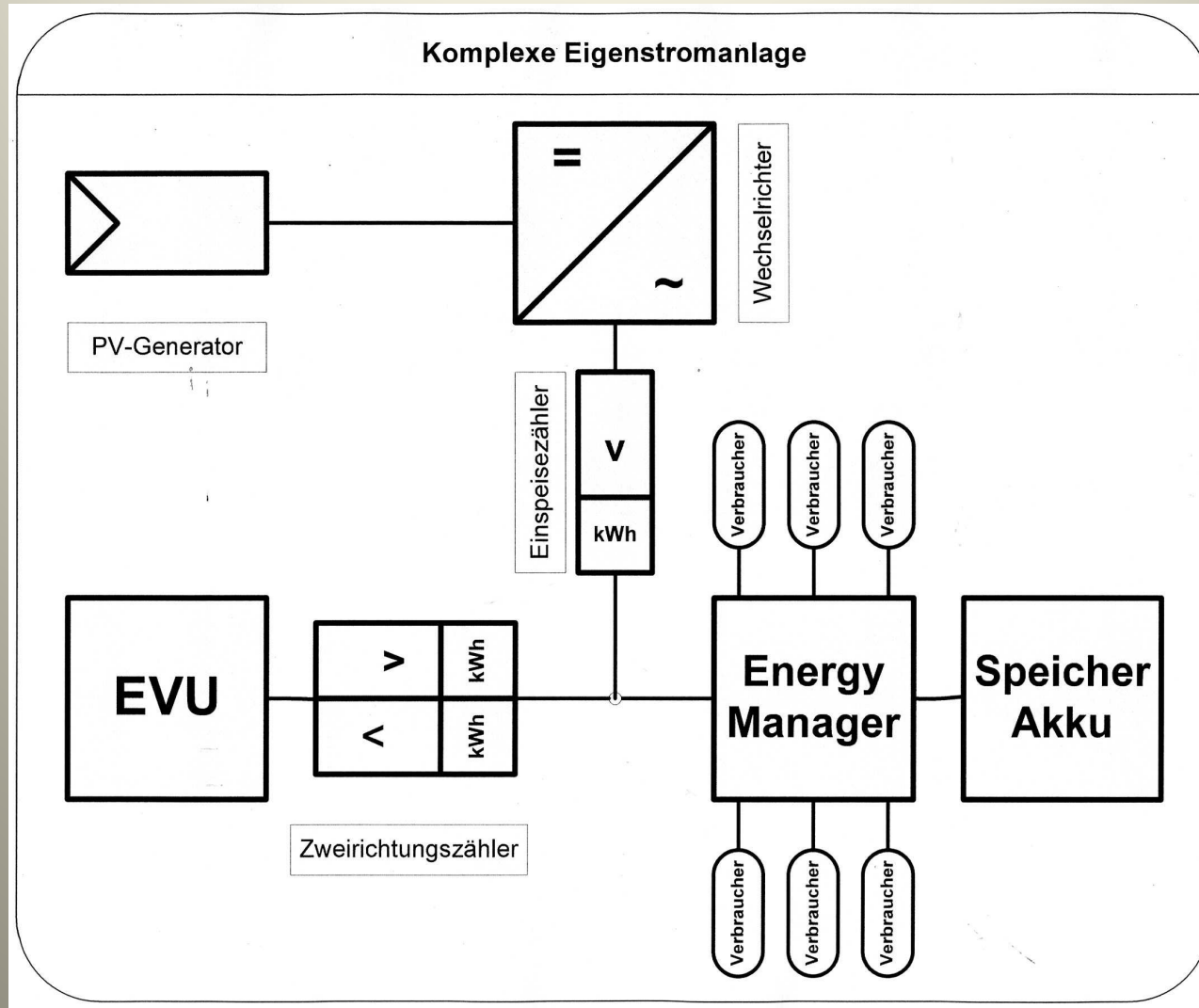


Der einzige Unterschied zur Einspeisevariante besteht darin, dass die Solareinspeisung in das Hausnetz geht und anstelle des Bezugszählers ein Zweirichtungszähler eingebaut wird.

Grundlagen der Eigenstrom-Erzeugung und Nutzung

- Eine Anlage zur Nutzung von Solarstrom aus einer PVA am Standort der Anlage, also im Wohnhaus oder in der Betriebsstätte durch den Eigentümer oder dem Mieter besteht zunächst aus einer Standard-PVA wie oben dargestellt, nur der dortige Einspeisezähler wird nun zum **PVA-Erzeugungszähler**, da nicht mehr alles eingespeist werden wird.
- Bei der Einspeisungsanlage wird der PVA-Erzeugungszähler nun auf das Hausnetz aufgeschaltet und im Gebäude vorhandener Strombedarf wird – physikalisch bedingt - vorrangig durch den Solarstrom abgedeckt. Überschüssiger Strom wird zur Einspeisung geleitet. Fehlender Strom wird aus dem Netz bezogen.
- **Grundlage für alle Arten der Eigenstromnutzung ist ein Zweirichtungszähler**, was heutzutage elektronisch gut gelöst wird. Der Zähler zählt einmal den Strom, der an der Zählstelle vom EVU in Verbrauchsstelle fließt und er zählt den Solar-Teil-Strom der von der Solaranlage erzeugt und nicht in der Verbrauchsstelle genutzt wurde, also den Überschuss an Solarstrom, der über diesen Zähler eingespeist und danach abgerechnet wird.
- Ist der Betreiber der PVA nicht der Verbraucher selbst, dann ist er **Solarstrom-Versorger** und rechnet den an den Verbraucher gelieferten Strom aus der Differenz von PVA-Erzeugungszähler gemessenen Strom und den über die Einspeisung gezählten Strom ab. In der Regel ist er Pächter des Daches auf dem Gebäude, auf dem die PVA montiert ist.

Die Technik einer extensiven Eigenstrom-PVA



Besonderheiten der komplexen Eigenstrom-Erzeugung und Nutzung

Bei der Komplexen Eigenstromanlage gibt es als spezielle Komponente den **Energy Manager und optional den Speicher Akku.**

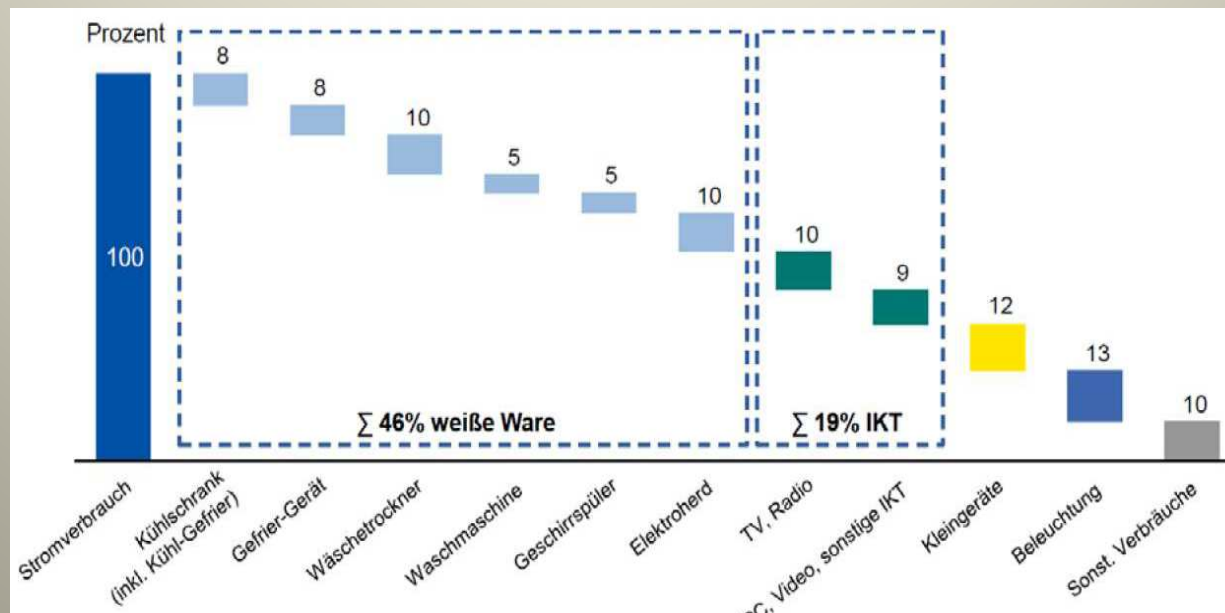
Der **Energy Manager** steuert die Zuschaltung verschiedener Verbraucher so, dass Solarstrom maximal genutzt wird.

- * Wenig Solarstrom – kleine Verbraucher
- * Viel Solarstrom – große oder mehrere Verbraucher
- * Solarstrom und keine Verbraucher – Aufladung des Speicher-Akkus.

Er kann auch in Abhängigkeit von der Netz-Situation, für die er vom EVU eine Info bekommt, z. B. mittags bei Solarstromüberschuss , vorrangig zugeschaltet werden.

Das ist dann auch unter den Begriff Digitalisierung der Energieversorgung einzuordnen

Stromverbrauch im Haushalt



Quelle ISE

Gesetzliche Rahmenbedingungen

Einspeisegesetz EEG

Die Einspeisevergütung wird nach wie vor gezahlt für jede ins Netz eingespeiste Kilowattstunde Strom, 20 Jahre lang, aber nur für Anlagen bis 100 kWp

Einspeisevergütung für PVA nach EEG 2014 - für April 2016			
Anlagentyp	Anlagengröße	Vergütung €cent/kWh	Minderung gegenüber Vormonat
Dachanlage auf Wohngebäuden	bis 10 kWp	12,31	0,00%
	>10 bis 40 kWp	11,97	
	>40 bis 100 kWp	10,71	
Dachanlage auf Sondergebäuden, Freiflächenanlage	bis 100 kWp	8,53	

Eigenstromabgabe

- Photovoltaik Anlagen über 10 kWp Leistung, die seit dem 01.08.2014 neu in Betrieb genommen wurden, müssen bei Eigenverbrauch des Solarstroms eine Abgabe zahlen
- die Abgabe orientiert sich an der aktuell geltenden EEG Umlage (2016: 6,354 Cent/kWh)
- die Höhe der Abgabe pro selbst verbrauchter Kilowattstunde Solarstrom liegt laut EEG 2014 bis Ende 2015 bei 30%, ab 2016 bei 35% und ab 2017 bei 40% der jeweils geltenden EEG Umlage
- **ausgenommen von dieser Regelung sind Neuanlagen bis zu 10 kWp Leistung**
- bis zum 15. Oktober eines Jahres geben die Übertragungsnetzbetreiber die EEG Umlage für das darauf folgende Kalenderjahr bekannt

Steuerliche Randbedingungen für Eigenstrombezug

Auf den bezogenen Eigenstrom ist vom Selbst-Verbraucher die übliche Umsatzsteuer von 19 % zu entrichten. Basis für die Berechnung sind die sich ergebenden Kosten für den selbst an kWh genutzten Strom, berechnet mit dem Tarif des Stroms vom EVU. Dazu kommt noch ein Tarif-Aufschlag: die Kosten der Messeinrichtung, aufgeteilt auf die Gesamtmenge an verbrauchten Strom.

Das ist zwar widersinnig, da das von sich selbst gekaufte Produkt nur einen Wert hat, der auf Basis der Solarstromkosten berechnet werden müsste.

Auf eingespeisten Strom wird wiederum vom EVU auch eine Umsatzsteuer an den Einspeiser entrichtet, wenn der Betrieb der Anlage gewerblich erfolgt, was auf jeden Fall von Vorteil ist.

Diese Steuern werden im Rahmen der betriebswirtschaftlichen Abrechnung fällig.

Diese betriebswirtschaftliche Abrechnung stellt für den „Kleinunternehmer“ einer Anlage bis 10 kWp keine schwierige Aufgabe dar.

Die Wirtschaftlichkeit der Eigenstromnutzung

Im Bereich bis 100 kWp besteht noch eine freie Entfaltungsmöglichkeit für Akteure, eine PVA zu errichten und in der Regel auch wirtschaftlich zu betreiben.

Insbesondere bei der Eigenstrom-Erzeugung- und Nutzung kommt ein erheblicher Vorteil zum Tragen:

die Gestehungskosten für eine kWh Strom aus PVA können inzwischen gut gegen die Netzentgelte der EVU antreten und diese unterbieten.

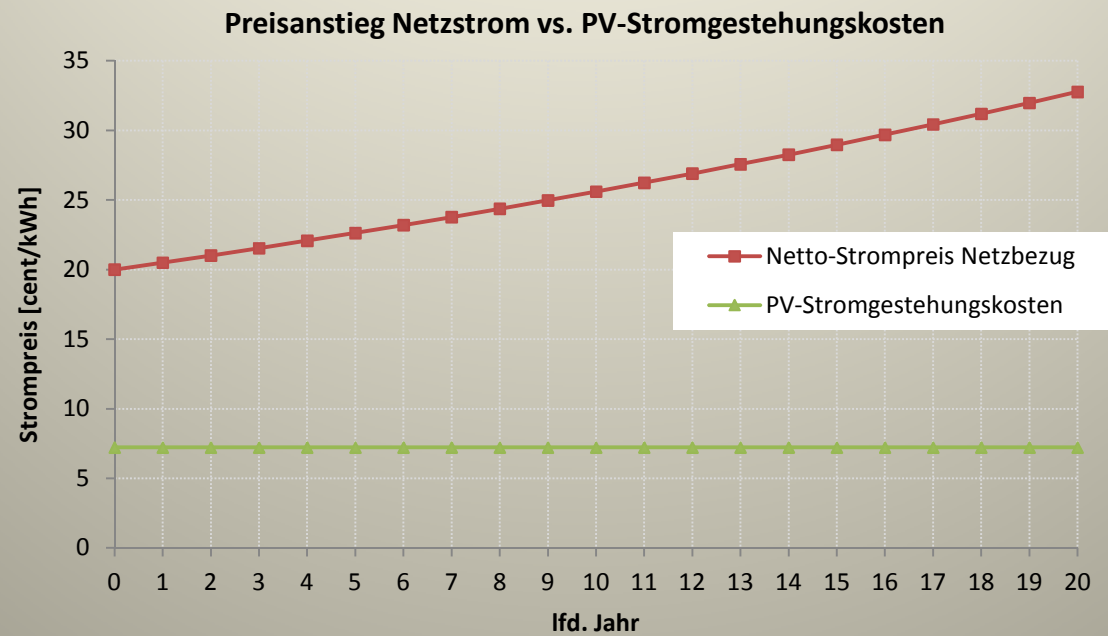
Hinzukommt der Effekt, dass die Gestehungskosten bei PVA konstant bleiben, aber die Netztarife in den 20 Jahren ständig steigen werden.

Insbesondere bei bei Privatkunden ist der Unterschied schon erheblich. Hinzukommt, dass das in der Regel Anlagen < 10 kWp sind und damit keine Umlage anfällt. Bei einem 4-Personen-Haushalt hat man einen Verbrauch von 4 MWh/a. Eine PVA erzielt im Jahr 1 MWh pro kWp, d. h. eine PVA von 4 kWp (= ca. 32 qm Fläche) würde ausreichen.

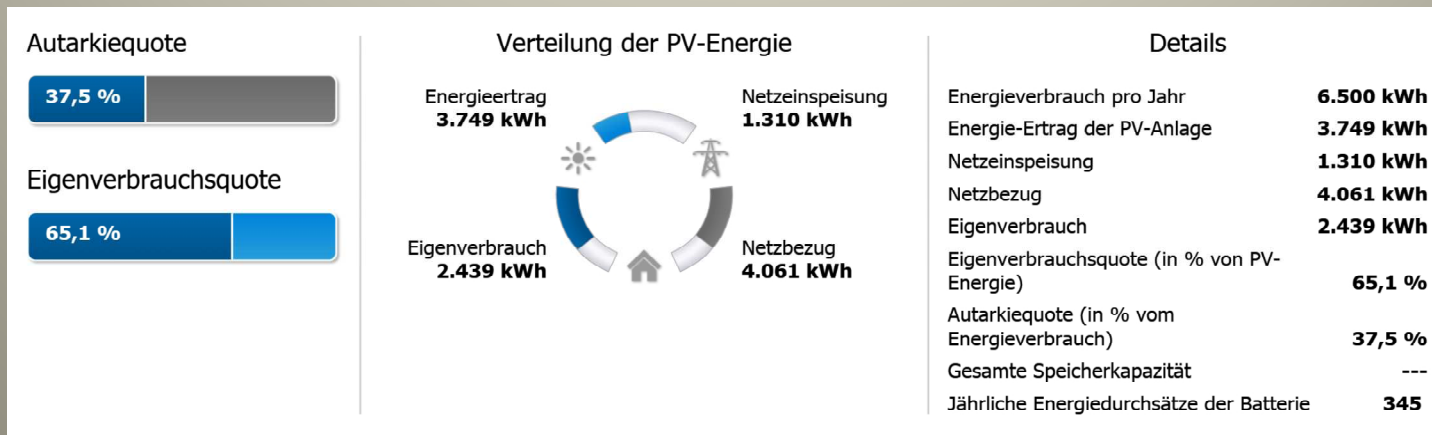
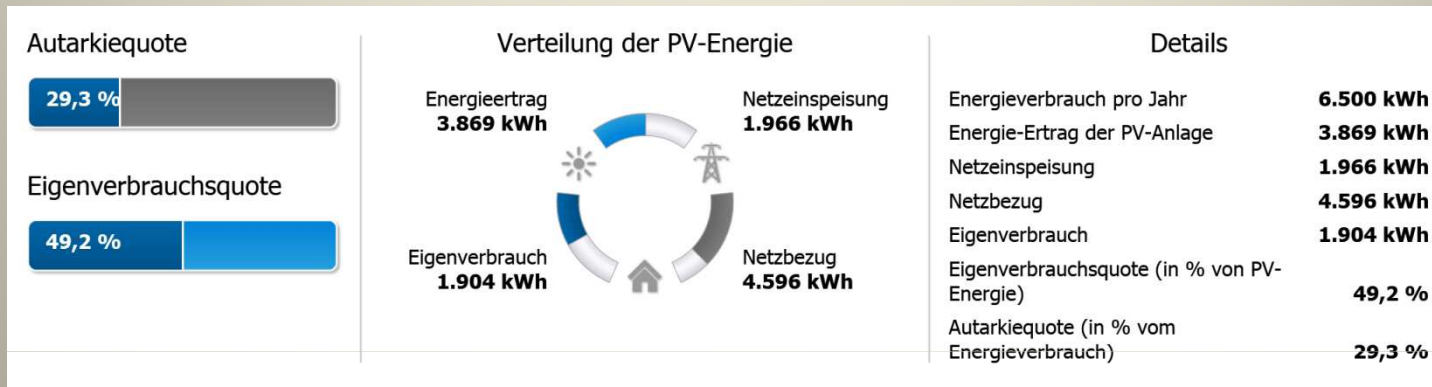
Auch bei Gewerbebetrieben mit bis zu 100 MWh/a kann sich die Eigenstromnutzung lohnen.

Das wird an Beispielen belegt werden.

Stromkosten-Vergleich



Optimierung Solarstromnutzung mittels Energy-Manager - Speichersystem



Mögliche Betriebsformen von Eigenstromanlagen

Es gibt zwei Varianten, Eigenstromanlagen zu errichten und dann zu betreiben sowie dann den Strom zu verbrauchen:

1. Der Stromverbraucher ist der Errichter/Investor und Betreiber
2. Es gibt einen Errichter/Investor und Betreiber, der den Solarstrom an den Verbraucher im Gebäude verkauft, einen Solarstromversorger

Zu Erstens gibt es nicht viel hinzuzufügen. Es ist der Normalfall bei privaten Solar-Eigenstromnutzern.

Bei Zweitens gibt es Besonderheiten.

Dem Solarstromversorger wird das Dach auf dem Gebäude oder Teile davon zur Nutzung überlassen. In der Regel läuft das über einen Pachtvertrag mit Eintragung einer Dienstbarkeit in das Grundbuch. Es ist eine Pacht zu zahlen.

Der Pachtvertrag ist verbunden mit einem Stromliefervertrag an den Solarstromverbraucher. Hier wird der Strom zu einer günstigeren Kondition im Vergleich zum Netztarif verkauft, fix oder gleitend.

Auch diese Konstruktion – die eigentlich nur bei Gewerbebetrieben zur Anwendung kommt - kann wirtschaftlich gestaltet werden.

Beispiel 1 – Privater Eigenstromnutzer (1)

Investor , Betreiber und Verbraucher: 4-Personen-Haushalt im EFH

Anlagen Eckdaten

- Installierte Modulleistung **3,12 kWp**
- Prognostizierter PV-Jahresertrag ca.: **3.348 kWh**
- Spezifischer Jahresertrag ca.: **1.073 kWh/kWp**
- Eigenverbrauchsquote (bei 3.500 kWh Jahresverbrauch) ca.: **63,7 %**
- Autarkiegrad (bei 3.500 kWh Jahresverbrauch) ca.: **61 %**
- Eigenverbrauchsquote (bei 6.000 kWh Jahresverbrauch) ca.: **69,9 %**
- Autarkiegrad (bei 6.000 kWh Jahresverbrauch) ca.: **39 %**

Installation auf Satteldach, Südseite

Beispiel 1 – Privater Eigenstromnutzer (2)

Anlagenelemente



Beispiel 1 – Privater Eigenstromnutzer (3)

Bilder der Anlage



Beispiel 1 – Privater Eigenstromnutzer (4)

Wirtschaftlichkeitsberechnung

alles netto	mit Speicher		ohne Speicher	
Investkosten	9.000,00	€	6.000,00	€
Förderung Speicher	2.000,00	€	0,00	€
Eigenkapital 20 %	1.400,00	€	1.200,00	€
Betriebskosten 20 a	4.200,00	€	3.600,00	€
PV-Generator	3,20	kWp	3,20	kWp
Ertrag 20 a	66.100,00	kWh	66.100,00	kWh
Kosten kWh Solar	0,20	€/kWh	0,15	€/kWh
Einspeisevergütung	0,12	€/kWh	0,12	€/kWh
Kosten kWh EVU	0,27	€/kWh	0,27	€/kWh
Steigerung	3,00	%/a	3,00	%/a
Endpreis kWh EVU in 20a	0,43	€/kWh	0,43	€/kWh
Eigenverbrauchsquote	90,00	%	30,00	%
Jahresverbrauch, gesamt	4.000,00	kWh	4.000,00	kWh
Mittelwerte/a				
Kosten, wenn EVU Strom gesamt	1.404,00	€/a	1.404,00	€/a
Teil-Kosten EVU Strom	140,40	€/a	982,80	€/a
Teil-Kosten Solarstrom	718,91	€/a	174,28	€/a
Stromkosten Mix gesamt	859,31	€/a	1.157,08	€/a
Kostenreduktion	544,69	€/a	246,92	€/a
Erlös EEG	49,20	€/a	344,40	€/a
Erlös gesamt	593,89	€/a	591,32	€/a
in 20 Jahren				
Kostenreduktion, gesamt	11.877,79	€	11.826,37	€
Tilgung	7.000,00	€	6.000,00	€
Kapitalkosten 3 % 10 Jahre	1.680,00	€	1.440,00	€
Erlös gesamt	3.197,79	€	4.386,37	€
Überschuss zu EK	1.797,79		3.186,37	
Eigenkapital-Rendite	1,28		2,66	
Verzinsung/a EK	6,42	%	13,28	%

Energiedialog der LA 21 - PVA-
Eigenstrom

Beispiel 1 – Privater Eigenstromnutzer (5)

Anmerkungen zu Wirtschaftlichkeit und Ökologie

1. Eine wirtschaftlich arbeitende Eigenstromnutzungs-PVA für Privathaushale z. B. in Einfamilienhäuser ist mit geringer eigener Beteiligung (Eigenkapital) realisierbar.
2. Mit einer solchen PVA kann man pro kWp in 20 Jahren ca. 18 t CO₂ vermeiden, in der Beispielanlage insgesamt 58 t.
 - * Mit 1.500 solchen privaten Klein-PVA ließe sich bilanziell ein Braunkohle-Kraftwerk von 500 MW vermeiden.
 - * Damit ließe sich z. B. auch in 20 Jahren CO₂ vom eigenen PKW von einer Fahrstrecke von insgesamt ca. 580.000 km kompensieren, wenn der PKW eine spezifische Emission von 100 g/km aufweist. Die Emissionsminderungsbilanz bleibt dann immer noch positiv. Wer fährt schon im Jahr 29.000 km?
3. Eine Anlage mit Speicher erhöht die Ausbeute an Solarstrom im Eigenverbrauch.
4. Aufgrund der noch hohen Preise für Speicher ist die Wirtschaftlichkeit trotz Förderung immer noch nicht so gut, wie ohne. Aber wie bei den Modulen stehen wir am Anfang einer erheblichen Preisdegression, insbesondere auch weil es noch einen Parallelmarkt, die e-Mobilität, gibt, der auch stark auf niedrige Preise der Batterien angewiesen ist.
5. Für manchen ist es ein schönes, gewolltes Gefühl, seinen Strom im erheblichen Maße von der Sonne zu beziehen.

Beispiel 2 – Gewerbebetrieb(1)

Anlagendaten

- Gewerbebetrieb als Solarstromverbraucher
- Externer Investor als Errichter und Betreiber und damit Solarstromversorger im Gebäude
- Installierte Leistung: 17,4 kWp
- Montage auf Flachdach ohne Dachdurchdringung
- Jährlicher Ertrag: 18.000 kWh
- Gewerblicher Gesamtverbrauch 26.000 kWh
- Eigenverbrauchsquote (real) 53 %
- Autarkigrad (real) 35 %
- Stromkosten (alles netto)
- EVU 22,58 €cent/kWh
- EEG-Einspeisung 19,05 €cent/kWh

Beispiel 2 – Gewerbebetrieb(2)

Bild der Anlage



Beispiel 2 – Gewerbebetrieb(3)

Wirtschaftlichkeitsberechnung

Investkosten	30.000,00	€		
Eigenkapital 20 %	6.000,00	€		
Betriebskosten 20 a	8.000,00	€		
PV-Generator	17,40	kWp		
Jahres Solar-Ertrag	18.000,00	kWh		Verkaufspreis
Kosten kWh Solar	0,11	€/kWh	0,20	€/kWh
Einspeisevergütung	0,1200	€/kWh		
Kosten kWh EVU			0,2285	€/kWh
Steigerung			2,50	%/a
Endpreis kWh EVU in 20a			0,3428	€/kWh
Eigenverbrauchsquote	50,00	%	50,00	%
Jahresverbrauch, gesamt	26.000,00	kWh	26.000,00	kWh
Mittelwerte/a				
Kosten, wenn gesamt nur EVU Strom			7.426,25	€/a
Teil-Kosten EVU Strom			3.713,13	€/a
Gutschrift/Teil-Kosten Solarstrom	1.227,78		2.600,00	€/a
Stromkosten Mix, gesamt			6.313,13	€/a
Kostenreduktion			1.113,13	€/a
Erlös EEG	1.560,00	€/a	0,00	€/a
Erlös gesamt	2.787,78	€/a	1.113,13	€/a
in 20 Jahren				
Erlöse, gesamt	55.755,56	€		
Tilgung	30.000,00	€		
Kapitalkosten 3 % 10 Jahre	7.200,00	€		
Erlös gesamt	18.555,56	€		
Überschuss zum EK	12.555,56			
Eigenkapitalrendite	2,09		Kostenminderung	
Verzinsung/a EK	10,46	%	14,99	%

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!
Ich hoffe, ich habe Ihnen Mut gemacht,
Eigenstromerzeugung mit PVA
anzugehen.

Dr. rer. nat. Peter Volkmer

IGUS GmbH, Else-Sander-Str. 8, 01099 Dresden

info@igus-dresden.de

www.igus-dresden.de

Es kommen beim Leseexemplar nun noch zwei Blätter!

- nachträglich hinzugefügt - Meine Antworten auf Fragen in der Diskussion

- **Garantiefragen**

Die Erfahrungen von Anlagen, die schon länger laufen, zeigen: Wenn die Module 10 Jahre ohne Probleme gelaufen sind, halten Sie auch 20 Jahre durch. Eine 10-Jahresgarantie reicht aus. Wichtig Grundlage dafür ist die permanente monatliche Datenaufnahme der Leistungsdaten, damit man vor Ende der Garantiezeit erkennt, dass Garantieleistungen in Anspruch genommen werden müssen.

- **Versicherung**

Neben der Haftpflicht ist eine Maschinen-Bruchversicherung erforderlich für Schäden, die nicht durch die Garantie abgedeckt sind, wie z. B. neuerdings Schäden durch Extrem-Hagel, Blitzschaden an den Moduln oder an der Elektronik.

- **Haltbarkeit von Batterien bei Speicheranlagen**

Man muss bei einer Speicheranlage damit rechnen, dass es mindestens einen Austausch der aktiven Speicher-Baugruppen geben wird. Die Kosten dafür sind in die Betriebskosten mit aufzunehmen, wenn es um die Wirtschaftlichkeit geht.

Etwas zur Wirkung der Arbeit der IGUS GmbH

im Fachbereich Planung und Errichtung Energieanlagen zur Nutzung EE

- 12 WindKA: 12 Anlagen, gesamt 26 MW: ca. 60 GWh/a Ertrag, ca. 60.000 Personen können mit 100 % EE - Strom versorgt werden
- BGA: 10 Anlagen, gesamt 4 MW: ca. 30 GWh/a Ertrag, ca. 30.000 Personen können mit 100 % EE - Strom versorgt werden
- WasserKA: 1 Anlage, 180 kW: ca. 0,90 GWh/a Ertrag, ca. 900 Personen können mit 100 % EE - Strom versorgt werden
- PhVA: 22 Anlagen, gesamt 520 kWp: ca. 0,52 GWh/a Ertrag, 520 Personen werden mit 100 % EE - Strom versorgt

In Summe werden damit ca. 100.000 Personen mit 100 % EE - Strom versorgt

Anmerkung: Hierbei wurde angenommen, dass der Jahresverbrauch pro Person 1.000 kWh beträgt (gilt für 4-Personen Haushalt)