

Energieeffizienz-Netzwerk - Photovoltaik im privaten Anwenderbereich

Simon Heim

Institut für Energietechnik IfE GmbH
an der Ostbayerischen Technischen
Hochschule Amberg-Weiden

Gliederung

1. **Das Institut für Energietechnik an der OTH Amberg-Weiden**
2. Das Energieeffizienz-Netzwerk
3. Vortragsziele
4. Informationen zu Anlagenkonzipierung und -betrieb
5. Energiewirtschaftliche Informationen
6. Wichtige weitere Hinweise zur Umsetzung
7. Fazit

Das Institut für Energietechnik an der OTH Amberg-Weiden

- Gegründet 1998
- Institutsleitung Prof. Dr. Markus Brautsch
- Team aus 30 Wissenschaftlern und Ingenieuren
- Arbeitsschwerpunkte:
 - Ausarbeitung wissenschaftlich neutraler Energiekonzepte als Entscheidungsbasis für die Umsetzung konkreter Vorhaben
 - Anwendungsorientierte Forschung im Bereich Kraft-Wärme-Kopplung



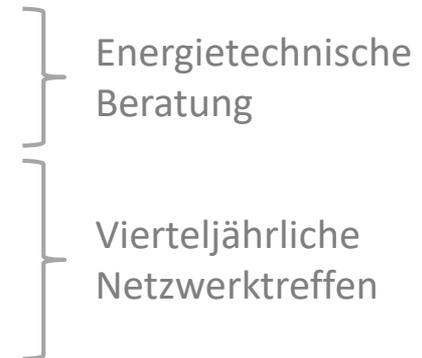
Bild: Staatliches Bauamt Amberg-Sulzbach / Fotostudio Ingo Böhle

Gliederung

1. Das Institut für Energietechnik an der OTH Amberg-Weiden
- 2. Das Energieeffizienz-Netzwerk**
3. Vortragsziele
4. Informationen zu Anlagenkonzipierung und -betrieb
5. Energiewirtschaftliche Informationen
6. Wichtige weitere Hinweise zur Umsetzung
7. Fazit

Das Energieeffizienz-Netzwerk

- Das IfE betreut mittlerweile mehr als 20 Energieeffizienz-Netzwerke für Kommunen, Kommunalunternehmen und die Industrie
 - Der Markt Wolnzach ist zusammen mit 10 weiteren Kommunen seit 2016 im Netzwerk engagiert
 - Ziele des Netzwerks:
 - Prüfung konkreter Maßnahmen vor Ort
 - Umsetzungsbegleitung
 - Informationen zu aktuellen Förderprogrammen
 - Gezielte Fachvorträge zu verschiedenen aktuellen Themen
 - Besichtigung umgesetzter Praxisbeispiele
- ...und im Zuge dessen gemeinsam voneinander lernen und neue Projektideen generieren



Gliederung

1. Das Institut für Energietechnik an der OTH Amberg-Weiden
2. Das Energieeffizienz-Netzwerk
- 3. Vortragsziele**
4. Informationen zu Anlagenkonzipierung und -betrieb
5. Energiewirtschaftliche Informationen
6. Wichtige weitere Hinweise zur Umsetzung
7. Fazit

Vortragsziele

- Aktuelle Situation der Photovoltaik im **privaten Anwenderbereich**
- Allgemein wichtige Fragen:
 - Welche Standortbedingungen sind geeignet? Welche Einflussfaktoren sind zu berücksichtigen?
 - Was muss man investieren?
 - Welche Betriebsweise kommt in Frage? Einspeisung oder Stromeigennutzung?
 - Photovoltaik in Kombination mit Stromspeichern?
 - ...
- Sehr große Dachanlagen ($> 100 \text{ kW}_{\text{peak}}$) oder Freiflächen-Anlagen nachfolgend nicht explizit behandelt
- Die einzelnen Punkte werden anhand eines „Beispiel-Haushaltes“ illustriert

Gliederung

1. Das Institut für Energietechnik an der OTH Amberg-Weiden
2. Das Energieeffizienz-Netzwerk
3. Vortragsziele
- 4. Informationen zu Anlagenkonzipierung und -betrieb**
5. Energiewirtschaftliche Informationen
6. Wichtige weitere Hinweise zur Umsetzung
7. Fazit

Anlagengröße

- **Flächenbedarf**

- Dachparallele Installation ca. 7 – 8 m²/kW_{peak}
- Aufgeständerte Installation je nach Ausrichtung und Winkel

- Auf **verschattende Objekte** achten (sowohl Umgebung, als auch Dachaufbauten)
→ sinnvoll und ggf. großflächig aussparen

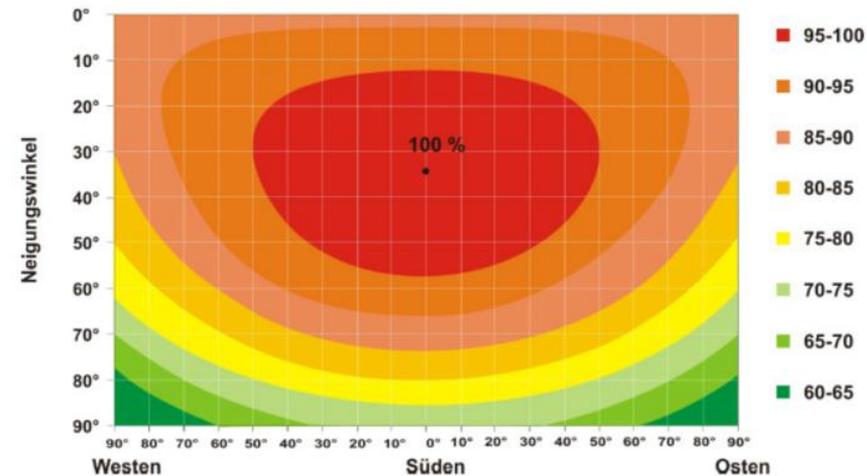
- Dachflächenangebot bei Ein- bis Zweifamilienhäusern eher klein → Leistung der Anlage i.d.R. nur wenige kW_{peak} groß

- Der „**Beispiel-Haushalt**“ (repräsentatives, durchschnittliches Einfamilienhaus) weist hier ca. 5 kW_{peak} installierte PV-Leistung auf



Ertrag

- Optimaler Ertrag in Wolnzach bei ca. 1.100 kWh/kW_{peak}
- Spezifischer Ertrag (kWh/kW_{peak}) variiert, je nach Ausrichtung und Neigung
- Früher möglichst ertragsoptimiert ausgerichtete Bauweise
- Mittlerweile auch Flächen mit weniger optimaler Ausrichtung interessant
- Beispiel-Haushalt mit einem Ertrag von ca. 4.600 kWh pro Jahr (920 kWh/kW_{peak})
 - Nicht optimal Süd
 - Leichte Verschattungsverluste



Quelle: S. Schröpf/W. Dotzler OTH Amberg-Weiden



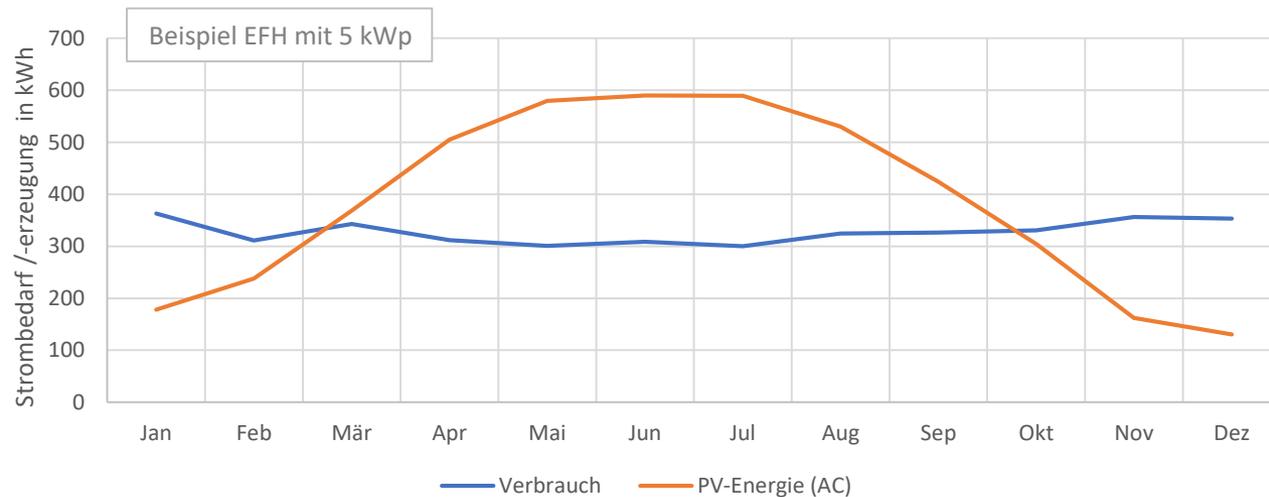
Betriebsarten (1)

- Anlage kann in **Volleinspeisung** den gesamten erzeugten Strom einspeisen → feste Einspeisevergütung über 20 Jahre (plus Inbetriebnahmejahr)
- Alternative: **Stromeigennutzung** mit Überschusseinspeisung → Direkte Nutzung des PV-Stroms vor Ort und somit senken des Strombezugs aus dem Netz
- Der Clou: Strombezugspreis liegt deutlich höher als die Einspeisevergütung → Stromeigennutzung heutzutage die gängigere Betriebsweise

- Zwei wichtige Begriffe im Zusammenhang mit Stromeigennutzung:
 - **Stromeigennutzung** (oder auch Stromeigennutzungsquote) - Anteil des vor Ort direkt genutzten Stroms an der gesamten Stromerzeugung
 - **Solarer Deckungsgrad** (oder auch Autarkiegrad) - Anteil des vor Ort direkt genutzten Stroms am gesamten Strombedarf des Haushalts

Betriebsarten (2)

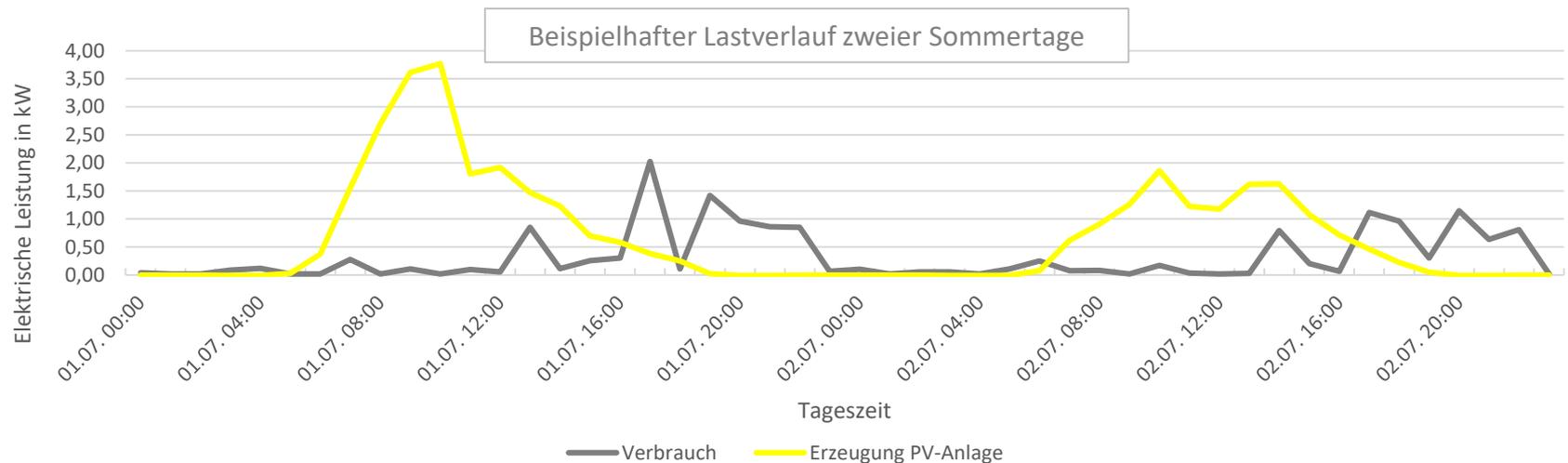
- Beide Kenngrößen zu maximieren ist nicht möglich → solares Angebot tages- und jahreszeitlich zu unterschiedlich
- Steigern des solaren Deckungsgrades geht meist zu Last der Stromeigennutzung und umgekehrt



- Stromspeicher helfen nur bedingt ↔ nicht für jahreszeitlichen, sondern für tageszeitlichen Ausgleich ausgelegt

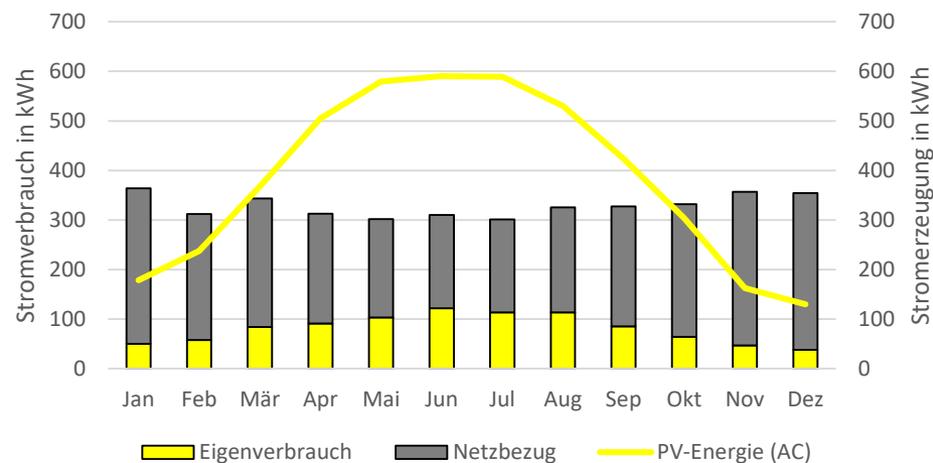
Betriebsarten (3)

- Für ein **ausgewogenes Verhältnis** von Stromeigennutzung und solarem Deckungsgrad gilt (Faustformel): rund 1 kW_p pro 1000 kWh Strombedarf
- Bei dieser Auslegung können Eigennutzungs- und auch solare Deckungsgrade von ca. 20 – 30 Prozent erzielt werden



Betriebsarten (4)

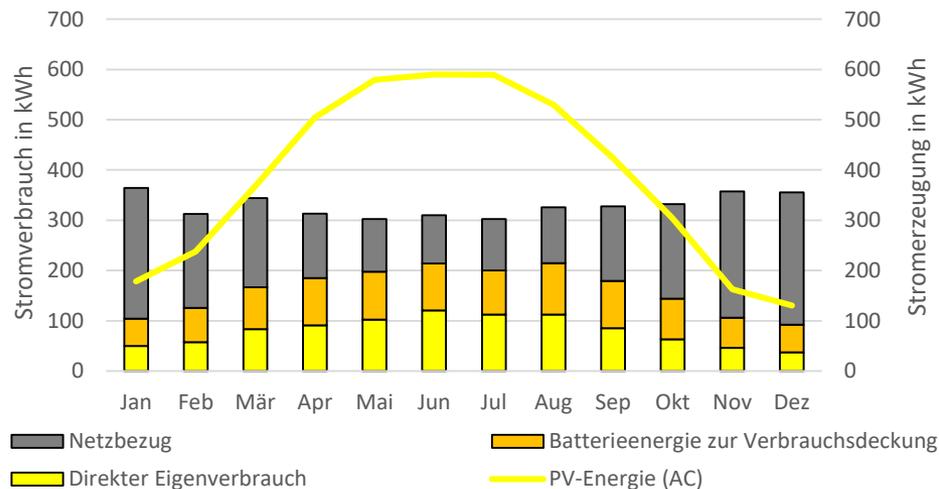
- Beispiel Haushalt – Stromeigennutzung mit Überschusseinspeisung
 - Strombedarf: 4.000 kWh pro Jahr (2 Erwachsene, 1-2 Kinder)
 - Anlagengröße: 5 kW_p
 - Jährlicher Ertrag : 4.600 kWh (920 kWh/kW_p)



- Ergebnis
 - Bei üblichem Nutzerverhalten rund 20 % Stromeigennutzung
 - Solarer Deckungsanteil beträgt ca. 25 %

Steigerung der Stromeigennutzung mittels Stromspeichern (2)

- Beispiel-Haushalt
 - Installation eines Speichers mit 4 kWh nutzbarer Kapazität



- Ergebnis
 - Steigerung der Stromeigennutzung von ca. 20 auf rund 50 Prozent
 - Steigerung des solaren Deckungsgrades von rund 25 auf in etwa 50 Prozent
 - Zum Teil merkliche Speicherverluste (bis zu 30 %)

Gliederung

1. Das Institut für Energietechnik an der OTH Amberg-Weiden
2. Das Energieeffizienz-Netzwerk
3. Vortragsziele
4. Informationen zu Anlagenkonzipierung und -betrieb
- 5. Energiewirtschaftliche Informationen**
6. Wichtige weitere Hinweise zur Umsetzung
7. Fazit

Investitionskosten

- Im Ein- bis Zweifamilienhaus-Bereich rund 1.300 – 1.500 Euro pro kW_{peak}
- Spezifische Investitionskosten sinken mit steigender Anlagengröße
- Für 2019 vorerst keine merklich sinkenden Anlagenpreise erwartet
→ hat sich bisher bestätigt



Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland, Fraunhofer ISE, 02/2019

- Für das Beispiel-Haus mit 5 kW_{peak} wird ein spezifischer Systempreis von rund 1.400 Euro/kW_p angenommen
→ Systempreis gesamt ca. 7.000 Euro (netto)



Stromgestehungskosten

- Darstellung der **Vollkosten** für die Erzeugung einer kWh PV-Strom (Investition auf 20 Jahre, jährliche Kosten für Wartung, Instandhaltung, Versicherung,...)
- Hier zunächst ohne Speicher:

Anlagennennleistung	5 kWp
Spezifischer Jahresertrag	1.100 kWh/kW _p
Jährliche Leistungsminderung	0,5 %
<hr/>	
Wirtschaftliche Nutzungsdauer	20 Jahre
Investitionssumme gesamt (netto)	7.000 Euro
Jährliche Betriebskosten (netto)	100 Euro
Solarstromgestehungskosten	8,6 Cent/kWh

Beispiel Haushalt

920 kWh/kWp



10,3 Cent/kWh

Einspeisevergütung

- Für Wohngebäude i.d.R. eine **feste Vergütung** für eingespeisten Strom nach dem EEG
- Höhe der Vergütung abhängig von der Anlagengröße (**Mischvergütung**)
- Vergütungssätze tendenziell sinkend (**Degression**)

Vergütungssätze in Cent/kWh - Feste Einspeisevergütung:				
Inbetriebnahme	Wohngebäude, Lärmschutzwände und Gebäude nach § 48 Absatz 3 EEG			Sonstige Anlagen bis 100 kWp
	bis 10 kWp	bis 40 kWp	bis 100 kWp	
ab 01.07.2019 ⁴	10,64	10,34	8,13	7,34
ab 01.08.2019 ⁴	10,48	10,19	8,01	7,24
ab 01.09.2019 ⁴	10,33	10,04	7,89	7,13
ab 01.10.2019 ⁴	10,18	9,90	7,78	7,02

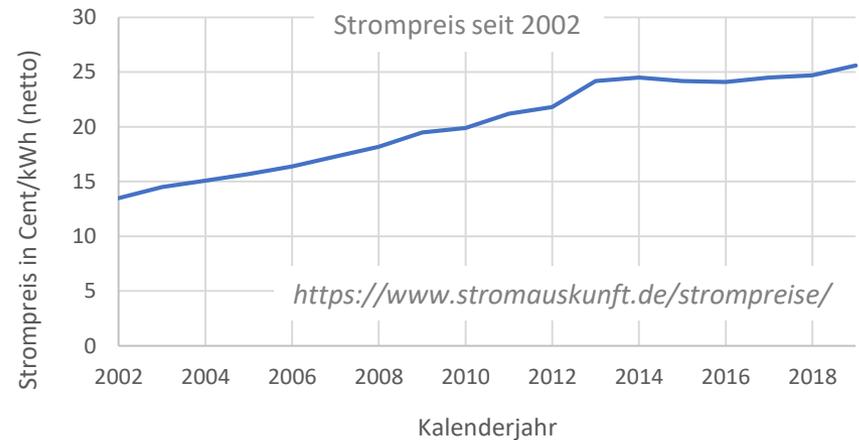
Übliche Einfamilienhaus-Größe

<https://www.bundesnetzagentur.de>

- Stromgestehungskosten im Beispiel bei rund 10,3 Cent/kWh (idealerweise 8,6 Cent/kWh)
 - Vergütungssatz bis 10 kW bei 10,2 Cent (Oktober 2019)
- } Volleinspeisung hier nur noch unter guten Bedingungen sinnvoll!

Einnahmen bei Stromeigennutzung

- **Vermiedener Strombezug** kann als Einnahme gegengerechnet werden
- Ab Anlagengröße von $10 \text{ kW}_{\text{peak}}$ → für jede Kilowattstunde Eigenstrom sind 40 % der aktuell gültigen **EEG-Umlage** (6,4 Cent/kWh) abzuführen
- **Überschussstrom** wird eingespeist und nach dem EEG vergütet
- Wichtig: „echte“ Stromeigennutzung nur bei **Personenidentität** von Anlagenbetreiber und Stromnutzer gegeben → andernfalls handelt es sich um eine „**Direktlieferung**“ (Anlagenbetreiber wird rechtlich zum Energieversorger)



Wirtschaftlichkeit bei Stromeigennutzung mit Überschusseinspeisung

- **Best-Case-Szenario** (1.100 kWh/kW_{peak} | 30 % Stromeigennutzung)
 - Stromgestehungskosten von ca. 8,6 Cent/kWh
 - Mittlere Einnahmen von ca. 14,6 Cent/kWh
 - Ca. 6 Cent „verdient“ → deutlich attraktiver als Volleinspeisung

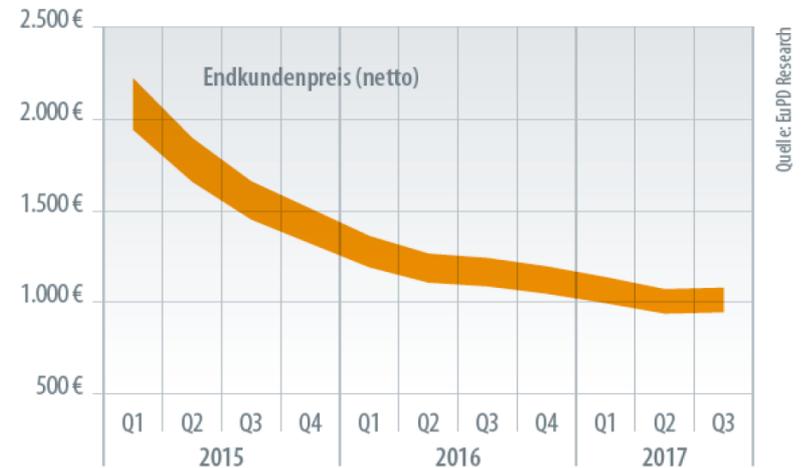
 - **Beispiel Einfamilienhaus:**
 - 920 kWh/kW_{peak}
 - 20 % Stromeigennutzung
 - Strompreis 25 Cent/kWh
 - Einspeisevergütung 10,2 Cent/kWh (Oktober 2019)
- Mittlere Stromgestehungskosten bei ca. 10,3 Cent/kWh
- Mittlere Einnahmen über 20 Jahre in etwa 13,1 Cent/kWh



} hier lohnt sich die Anlage

Investitionskosten Stromspeicher

- Investitionskosten Speicher rund 1.000 Euro pro kWh Speicherkapazität
- Allgemein werden (langfristig) immer noch weiter sinkende Preise erwartet
- Ab 2021 fallen die ersten Bestands-Anlagen aus der EEG-Vergütung → Speicher voraussichtlich verstärkt nachgefragt



DGS-Franken, Hr. Michael Vogtmann, Seminarunterlagen 26.2.2019

- Für das Beispiel-Einfamilienhaus werden folgende Anlagendaten angenommen
 - Installierte Anlagenleistung: 5 kW_{peak} → ca. 7.000 Euro
 - Installierte Speicherkapazität: 4 kWh → ca. 4.000 Euro
- Investition insgesamt somit rund 11.000 Euro



Stromgestehungskosten (inklusive Stromspeicher)

- Stromgestehungskosten für eine Anlage ohne Speicher bei ca. 8,6 Cent/kWh
 - Kosten durch den zusätzlichen Speicher höher
 - Der Ertrag bleibt gleich
- } Stromgestehungskosten steigen

Anlagennennleistung	5 kWp	Beispiel Haushalt
Spezifischer Jahresertrag	1.100 kWh/kW _p	920 kWh/kWp
Jährliche Leistungsminderung	0,5 %	
Wirtschaftliche Nutzungsdauer	20 Jahre	
Investitionssumme gesamt (netto)	11.000 Euro	
Jährliche Betriebskosten (netto)	170 Euro	
Solarstromgestehungskosten	13,8 Cent/kWh	16,4 Cent/kWh

Wirtschaftlichkeit (inklusive Stromspeicher) (1)

- Wie zuvor gesehen: Stromeigennutzung wirtschaftlich normalerweise vorteilhafter als Einspeisung
- Zusätzlicher Batteriespeicher kann die Stromeigennutzung merklich erhöhen
→ **Einnahmen** insgesamt höher als noch zuvor im Beispiel ohne Speicher
- Aber im Gegenzug: **Stromgestehungskosten** mit Stromspeichern deutlich höher
- **Best-Case-Szenario** (1.100 kWh/kW_{peak} | 60 % Stromeigennutzung)
 - Stromgestehungskosten von ca. 13,8 Cent/kWh
 - Mittlere Einnahmen von ca. 19,1 Cent/kWh
 - Ca. 5,3 Cent „verdient“ → etwas weniger als zuvor noch ohne Speicher (6 Cent/kWh)

Wirtschaftlichkeit (inklusive Stromspeicher) (2)

- Dies zeigt sich ebenso im **Beispiel-Einfamilienhaus**:
 - Jetzt mit Speicher: 50 % Stromeigennutzung (zuvor 20 %)
 - Mittlere Stromgestehungskosten ca. 16,4 Cent/kWh
 - Mittlere Einnahmen über 20 Jahre in etwa 17,6 Cent/kWh
 - Nur noch 1,2 Cent/kWh Mehreinnahmen (ohne Speicher noch bei rund 2,8 Cent/kWh)

- Speicher lassen sich gegebenenfalls auch zu späterem Zeitpunkt nachrüsten
 - Insbesondere dann interessant, wenn der Strom nach 20 Jahren nicht mehr vergütet wird...
 - ...oder die Strompreise entsprechend ansteigen



Zwischenfazit zur Wirtschaftlichkeit

- **Volleinspeisung** ist nach wie vor ein denkbares Modell → fester EEG-Vergütungssatz - die Erträge sollten dann aber auch wirklich gut sein
- **Stromeigennutzung** i.d.R. die wirtschaftlich attraktivere Variante
- Eine Kombination mit **Speichern** ist meist noch nicht wirtschaftlich konkurrenzfähig

- Sinkende Vergütung, sinkende Speicher- und steigende Strompreise machen Speicher **perspektivisch** interessanter

- Zu beachten: bei Anlagen größer 10 kW_p muss ein Teil der **EEG-Umlage auf Eigenstrom** gezahlt werden (40 %)

Gliederung

1. Das Institut für Energietechnik an der OTH Amberg-Weiden
2. Das Energieeffizienz-Netzwerk
3. Vortragsziele
4. Informationen zu Anlagenkonzipierung und -betrieb
5. Energiewirtschaftliche Informationen
6. **Wichtige weitere Hinweise zur Umsetzung**
7. Fazit

Wichtige weitere Hinweise zur Umsetzung

- Empfehlenswert **mehrere Unternehmen** anzufragen → Preisspanne zum Teil sehr weit
 - Am besten zu **Vor-Ort-Termin** einladen um ein möglichst detailliertes Angebot zu erhalten
 - Empfehlenswert eine **Ertragsprognose** mit anzufragen
 - Wichtig: die Angebote auf **Vollständigkeit** prüfen
 - Alle Teile von den Modulen bis zum Zubehör sollten im Angebot genau benannt sein (z. B. Typenbezeichnung und Datenblätter)
 - Auch aufstellen lassen, was bei der **Montage** enthalten ist
- eine fehlende Beschreibung kann im Nachhinein zusätzliche Kosten verursachen oder zur Installation minderwertiger Teile führen

Besonderes Modell: Mieterstrom

- Für „**echte**“ **Stromeigennutzung** ist eine **Personenidentität** des Stromverbrauchers und des Anlagenbetreibers notwendig
- Häufiges Szenario: Anlagenbetreiber = Gebäudeeigentümer (Vermieter) \neq Stromverbraucher (Mieter)
- Vermieter könnte den Strom direkt den Mietern veräußern \rightarrow Mieterstrommodell
- Der **Anlagenbetreiber wird zum Energieversorgungsunternehmen** mit allen Aufgaben und Pflichten (Rechnungsstellung, Reststromlieferung, volle EEG-Umlage und VIELES mehr)
- Betrieb des Mieterstrommodells übernehmen daher i.d.R. **Dienstleister**
- Modell in etwa ab 10 – 15 Wohneinheiten interessant

Marktstammdatenregister

- Seit 31.1.2019 online
- Jeder Anlagenbetreiber muss sich und seine Energieerzeugungsanlage(n) beim Marktstammdatenregister (MaStR) der BNetzA registrieren
- Betrifft sowohl Bestands- als auch Neuanlagen
- Betrifft auch Stromspeicher
- Betreiber von Bestandsanlagen werden noch angeschrieben → es gelten Übergangsfristen
- MaStR über online Portal *www.marktstammdatenregister.de*
- Es gibt einen Online-Einrichtungsassistenten der Hilfestellung gibt
- Bei Neuanlagen kann das ausführende Unternehmen die Registrierung mit übernehmen

Gliederung

1. Das Institut für Energietechnik an der OTH Amberg-Weiden
2. Das Energieeffizienz-Netzwerk
3. Vortragsziele
4. Informationen zu Anlagenkonzipierung und -betrieb
5. Energiewirtschaftliche Informationen
6. Wichtige weitere Hinweise zur Umsetzung
- 7. Fazit**

Fazit

- PV-Anlagen für private Betreiber nach wie vor attraktiv
- Volleinspeisung mit EEG-Vergütung bei sehr günstigen Verhältnissen denkbar,...
- ...wirtschaftlich wesentlich attraktiver ist die Stromeigennutzung
- Kleiner 10 kW_{peak} entfällt die EEG-Umlage auf Eigenstrom
- Batteriespeicher (aktuell) noch schwierig wirtschaftlich zu betreiben...
- ...diese lassen sich aber auch später nachrüsten
- Vor Umsetzung am besten mehrere Angebote anfragen
- ...und auf Vollständigkeit und optionale Posten prüfen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Institut für Energietechnik IfE GmbH an der
Ostbayerischen Technischen Hochschule
Amberg-Weiden

Kaiser-Wilhelm-Ring 23a
92224 Amberg

Tel.: 09621 / 482 - 3921
E-Mail: info@ifeam.de
www.ifeam.de