

# 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

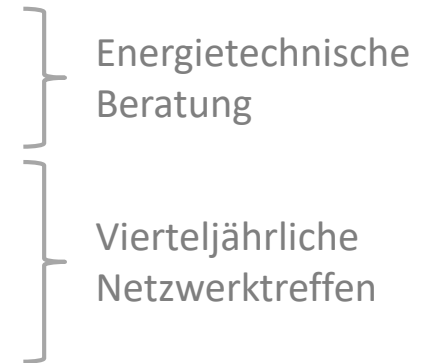
---

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 15 Energieeffizienz-Netzwerke für Kommunen und Unternehmen
  - Die Stadt Schlüsselfeld ist zusammen mit 10 weiteren Kommunen aus dem Landkreis Bamberg seit 2017 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?
  - Spezielle Betreibermodelle? → Mieterstrom
  - 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 m<sup>2</sup>/kW<sub>peak</sub>
- Aufgeständerte Installation je nach Ausrichtung und Winkel

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

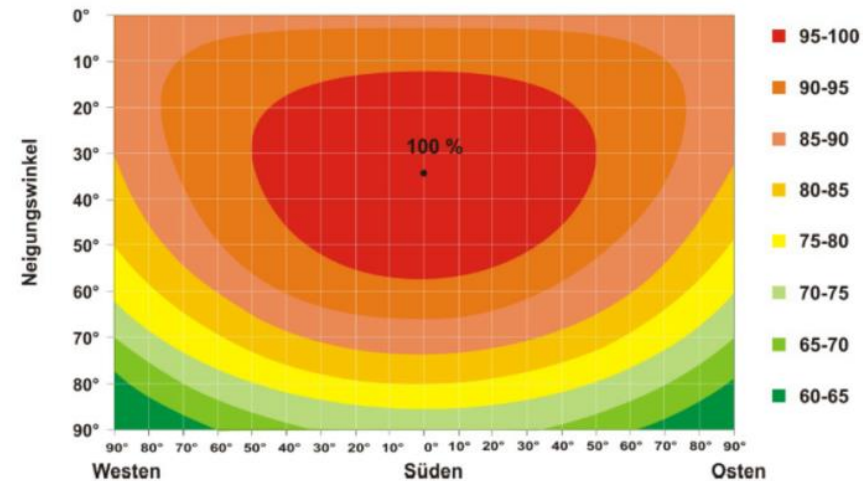
- Dachflächenangebot bei Ein- bis Zweifamilienhäusern eher klein → Leistung der Anlage i.d.R. nur wenige kW<sub>peak</sub> groß

- Der „**Beispiel-Haushalt**“ (repräsentatives, durchschnittliches Einfamilienhaus) weist hier ca. 5 kW<sub>peak</sub> installierte PV-Leistung auf



# Ertrag

- Optimaler Ertrag im Lkr. Bamberg bei ca. 1.100 kWh/kW<sub>peak</sub>
- Spezifischer Ertrag (kWh/kW<sub>peak</sub>) 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<sub>peak</sub>)
  - Nicht optimal Süd
  - Leichte Verschattungsverluste



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



# Betriebsarten (1)

---

- Anlage kann in **Volleinspeisung** den gesamten erzeugten Strom einspeisen und erhält i.d.R. eine 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
- Strombezugspreis liegt zum Teil deutlich höher als die Einspeisevergütung → Stromeigennutzung heutzutage die gängigere Betriebsweise
- Häufiger Fall: Immobilienbesitzer möchte eine PV-Anlage errichten, Objekt ist aber vermietet → Optionen?
  - Volleinspeisung
  - Strom könnte ggf. als **Mieterstrom** an die Mieter veräußert werden

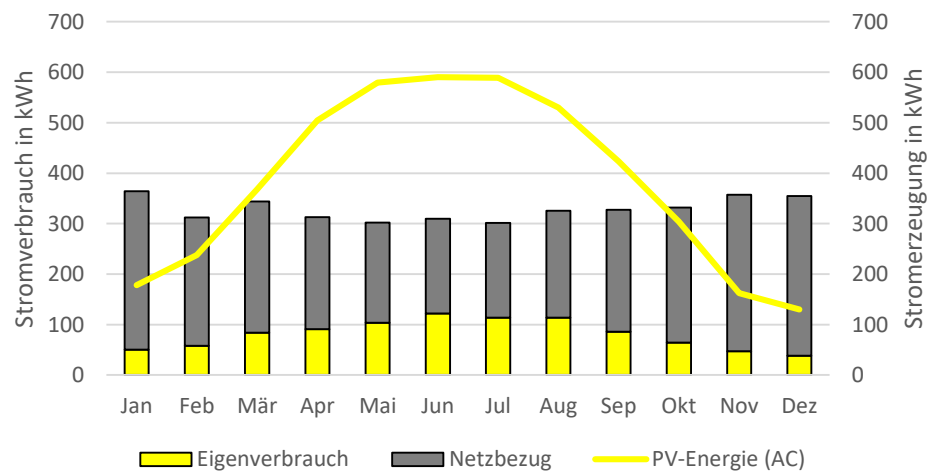
## Betriebsarten (2)

---

- Zwei **wichtige Begriffe** im Zusammenhang mit Stromeigennutzung:
  - Stromeigennutzung -  
Anteil des vor Ort direkt genutzten Stroms an der gesamten Stromerzeugung
  - Solarer Deckungsgrad (Autarkiegrad) -  
Anteil des vor Ort direkt genutzten Stroms am gesamten Strombedarf des Haushalts
- Für ein optimales Verhältnis von Stromeigennutzung und solarem Deckungsgrad gilt (Faustformel): rund  $1 \text{ kW}_p$  pro 1000 kWh Strombedarf
- Bei dieser Auslegung können Eigennutzungs- als auch solare Deckungsgrade von ca. 20 – 30 Prozent erzielt werden
- Wesentlich größere Anlagen sorgen i.d.R. nur noch begrenzt für höheren solaren Deckungsgrad  $\leftrightarrow$  die Stromeigennutzung sinkt dabei

## Betriebsarten (3)

- Stromeigennutzung mit Überschusseinspeisung – Beispiel
  - Strombedarf: 4.000 kWh pro Jahr (2 Erwachsene, 1-2 Kinder)
  - Anlagengröße: 5 kW
  - Jährlicher Ertrag : 4.600 kWh (920 kWh/kW<sub>p</sub>)



- Ergebnis
  - Bei üblichem Nutzerverhalten rund 20 % Stromeigennutzung
  - Solarer Deckungsanteil ca. 25 % („Autarkiegrad“)

# Steigerung der Stromeigennutzung mittels Stromspeichern (1)

---

- Ziel: steigern der Stromeigennutzung und des solaren Deckungsgrades
- Überwiegend etablierte Technologien:
  - Blei-Akkumulatoren
  - Lithium-Ionen-Akkumulatoren → aktuell die gängigste Ausführung
- **Kapazität des Speichers muss immer zu Anlagengröße und Verbrauch passen**

- Faustwerte:

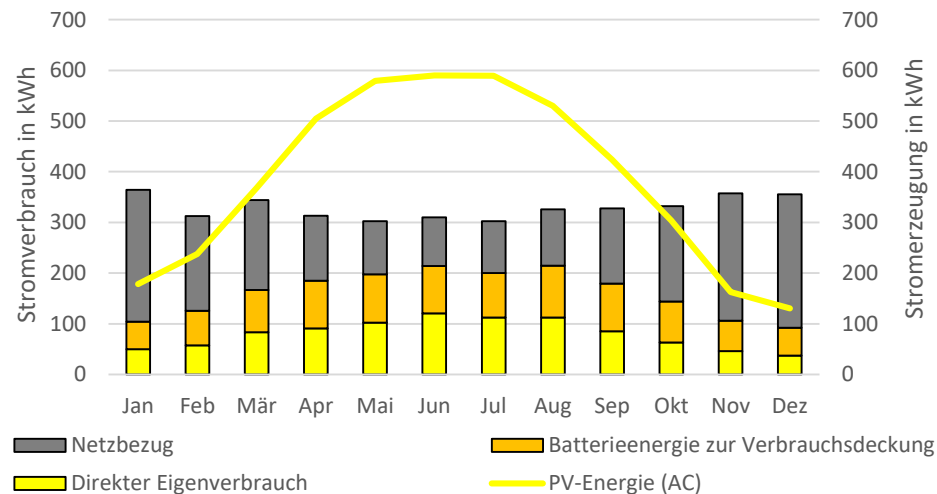
in etwa  $1 \text{ kW}_p$  pro  $1000 \text{ kWh}_{\text{Verbrauch}}$   $\leftrightarrow$   $1 \text{ kWh}$  Kapazität pro  $1000 \text{ kWh}_{\text{Verbrauch}}$

PV-Anlage Speicher

- Bei dieser Auslegung können Stromeigennutzung und solarer Deckungsgrad auf von ca. 30 % auf rund 50 – 60 % gesteigert werden

# 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<sub>peak</sub>
- Spezifische Investitionskosten sinken mit steigender Anlagengröße
- Für 2019 vorerst keine merklich sinkenden Anlagenpreise erwartet



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

- Für das Beispiel-Haus mit 5 kW<sub>peak</sub> wird ein spezifischer Systempreis von rund 1.400 Euro/kW<sub>p</sub> 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 für das Beispiel-Haus zuvor (ohne Speicher):

---

Anlagennennleistung	5 kWp
Spezifischer Jahresertrag	920 kWh/kW <sub>p</sub>
Jährliche Leistungsminderung	0,5 %
<hr/>	
Wirtschaftliche Nutzungsdauer	20 Jahre
Investitionssumme gesamt (netto)	7.000 Euro
Jährliche Betriebskosten (netto)	100 Euro
<b>Solarstromgestehungskosten</b>	<b>10,3 Cent/kWh</b>

# 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 01.01.2019 <sup>4</sup>	11,47	11,15	9,96	7,93
ab 01.02.2019 <sup>4</sup>	11,35	11,03	9,47	7,84
ab 01.03.2019 <sup>4</sup>	11,23	10,92	8,99	7,76
ab 01.04.2019 <sup>4</sup>	11,11	10,81	8,50	7,68

4) Degressionsberechnung nach § 49 EEG 2017 (anzulegender Wert abzüglich 0,4 Cent/kWh nach § 53 EEG 2017)

<https://www.bundesnetzagentur.de>

Übliche Einfamilienhaus-Größe

- Beispiel-Haushalt: Stromgestehungskosten rund 10,3 Cent/kWh
- Vergütungssatz bis 10 kW bei 11,1 Cent (April 2019)

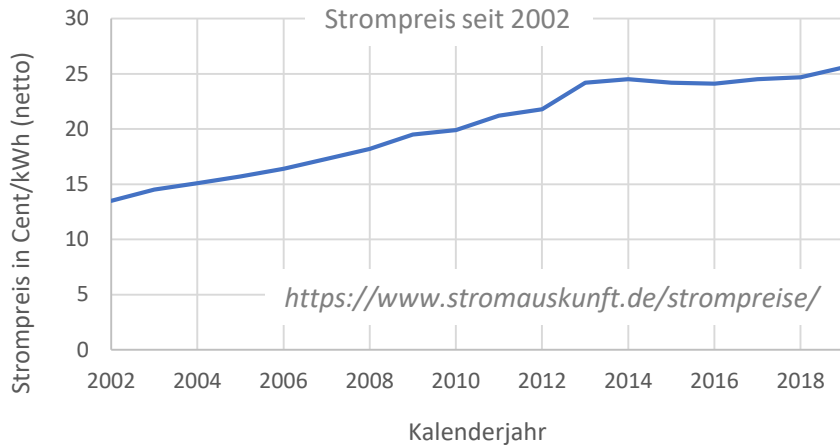
} Volleinspeisung grundsätzlich denkbar

# Einnahmen bei Stromeigennutzung

---

- **Vermiedener Strombezug** kann als Einnahme gegengerechnet werden
- Ab einer Anlagengröße von  $10 \text{ kW}_{\text{peak}}$  müssen für jede Kilowattstunde selbst genutztem Strom 40 % der aktuell gültigen **EEG-Umlage** (6,4 Cent/kWh) abgeführt werden
- **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 Energieversorger)

# Wirtschaftlichkeit bei Stromeigennutzung mit Überschusseinspeisung



- Beispiel Einfamilienhaus:

- Strompreis 25 Cent/kWh
- Einspeisevergütung 11,11 Cent/kWh (April 2019)
- 20 % Stromeigennutzung
- EEG-Umlage auf Eigenstrom entfällt ( $< 10 \text{ kW}_p$ )

→ Mittlere Stromgestehungskosten ca. 10,3 Cent/kWh

→ Mittlere Einnahmen über 20 Jahre in etwa 13,9 Cent/kWh

} Attraktiver als  
Volleinspeisung!

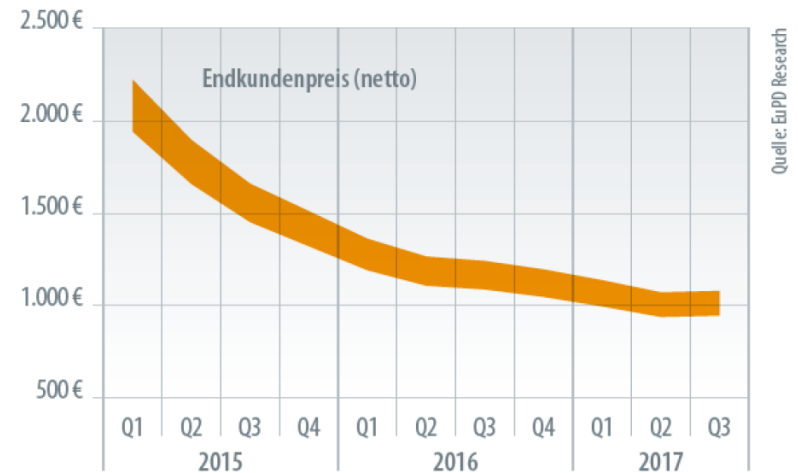
# Besonderes Modell: Mieterstrom

---

- 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

# Investitionskosten (inklusive 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 beispielhafte Einfamilienhaus werden folgende Anlagendaten angenommen
  - Installierte Anlagenleistung: 5 kW<sub>peak</sub> → 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. 10,3 Cent/kWh
- Auch jährliche Betriebskosten mit Speicher merklich höher (Wartung, Versicherung,...)
- Rechnung für das Beispiel-Haus inklusive Speicher:

Anlagennennleistung	5	kWp
Spezifischer Jahresertrag	920	kWh/kW <sub>p</sub>
Jährliche Leistungsminderung	0,5	%
Wirtschaftliche Nutzungsdauer	20	Jahre
Investitionssumme gesamt (netto)	11.000	Euro
Jährliche Betriebskosten (netto)	170	Euro
Solarstromgestehungskosten	16,4	Cent/kWh



# Wirtschaftlichkeit (inklusive Stromspeicher) (1)

---

- Wie im Beispiel zuvor gesehen: Stromeigennutzung wirtschaftlich normalerweise vorteilhafter als Einspeisung
  - Batteriespeicher können die Stromeigennutzung merklich erhöhen → mittlere Einnahmen höher als noch zuvor im Beispiel ohne Speicher
  - Im Gegenzug: Stromgestehungskosten mit Stromspeichern deutlich höher als ohne
- Aktuell wiegen die Mehreinnahmen, die Kosten des Speichers i.d.R. (noch) nicht auf
- Gesamtmaßnahme (PV-Anlage und Speicher) kann trotzdem noch wirtschaftlich tragfähig sein → die Rendite aber sinkt

## Wirtschaftlichkeit (inklusive Stromspeicher) (2)

- Beispiel Einfamilienhaus:
    - Strompreis 25 Cent/kWh
    - Einspeisevergütung 11,11 Cent/kWh (April 2019)
    - Jetzt: 50 % Stromeigennutzung
    - EEG-Umlage auf Eigenstrom entfällt ( $< 10 \text{ kW}_p$ )
  - Mittlere Stromgestehungskosten ca. 16,4 Cent/kWh  
(ohne Speicher 10,3 Cent/kWh)
  - Mittlere Einnahmen über 20 Jahre in etwa 18,1 Cent/kWh  
(ohne Speicher 13,9 Cent/kWh)
- Weniger Attraktiv als  
Eigenstromnutzung  
ohne Speicher
- Steigende Strom- und/oder sinkende Speicher-Kosten können die Wirtschaftlichkeit verbessern
  - Speicher lassen sich auch zu späterem Zeitpunkt nachrüsten



## Zwischenfazit zur Wirtschaftlichkeit

---

- **Volleinspeisung** ist nach wie vor ein denkbares Modell → fester EEG-Vergütungssatz
- **Stromeigennutzung** aber die wirtschaftlich attraktivere Variante
- Eine Kombination mit **Speichern** ist wirtschaftlich aktuell noch grenzwertig
- Sinkende Vergütung und steigende Strompreise machen Speicher **perspektivisch** interessanter
- Insbesondere interessant werden Speicher für Bestandsanlagen, die ab 2021 anfangen aus der Vergütung zu fallen → Netzeinspeisung dann wesentlich weniger lukrativ
- Zu beachten: bei Anlagen größer  $10 \text{ kW}_p$  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

## Vergleich von Angeboten

---

- Empfehlenswert **mehrere Unternehmen** anzufragen → Preisspanne zum Teil sehr weit
  - Am besten zu **Vor-Ort-Termin** einladen um ein möglichst detailliertes Angebot zu erhalten
  - 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

# Marktstammdatenregister

---

- Ganz aktuell – seit 31.1.2019 online
- Jeder Anlagenbetreiber muss sich und seine Energieerzeugungsanlage(n) beim Marktstammdatenregister (MaStR) der BNetzA registrieren
- Ziele sind z. B.:
  - Einheitliche und vollständige Datenbasis aller Strom- und Gaserzeugungsanlagen
  - Vereinfachung verschiedener Meldepflichten
- Betrifft sowohl Bestands- als auch Neuanlagen
- Betreiber von Bestandsanlagen werden noch angeschrieben → es gelten Übergangsfristen
- Betrifft auch Stromspeicher
- MaStR über online Portal *www.marktstammdatenregister.de*
- Es gibt einen Online-Einrichtungsassistenten der Hilfestellung gibt

# 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 denkbar,...
- ...wirtschaftlich noch attraktiver ist die Stromeigennutzung
- Kleiner 10 kW<sub>peak</sub> entfällt die EEG-Umlage auf Eigenstrom
- Batteriespeicher (aktuell) schwierig wirtschaftlich zu betreiben
- In (größeren) Mietshäusern auch Mieterstrommodell zur Stromnutzung vor Ort denkbar
- Dazu i.d.R. Dienstleister für die Abwicklung notwendig
- Registrierung im Marktstammdatenregister auch für Bestandsanlagen Pflicht



**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](mailto:info@ifeam.de)  
[www.ifeam.de](http://www.ifeam.de)