



Photovoltaik

Technik & Modelle



Grundlagen (frei nach Wikipedia)

- **Geschichte der Photovoltaik**

- photoelektrische Effekt
- 1839 von Alexandre Edmon Becquerel

- 1934 wurde erst weiter daran geforscht
- 1940 erstmals an Silizium geforscht
- 1948 erstmals n-p Übergang skizziert
- Grundlage der heutigen Solarzellen
- Wirkungsgrad von 4%

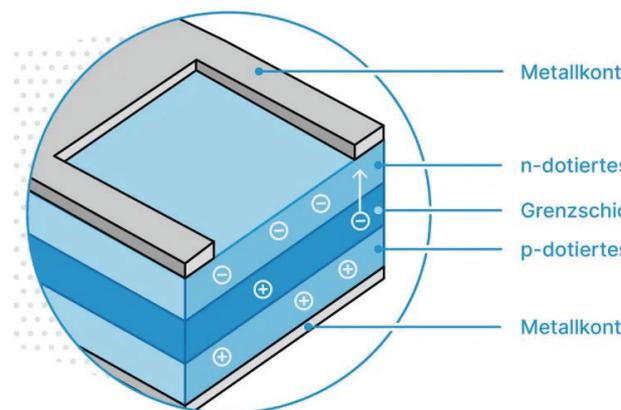
- 1958 erster Satellit im All

- 2000 EEG

- größter Solarpark 2245 MW

Wie viele Module werden das sein?

- **Wie funktioniert es**



- Lichtwelle regt Bewegung der E
- Negative Ladung fließt zum Plus
- Stromkreis entsteht durch
 - Verkabelung der Module
 - Wechselrichter DC/AC
 - 220 V Hausnetz



Begriffsklärung

- **EEG** - Erneuerbaren Energien Gesetz
- **EEG-Vergütung** - im Gesetz festgeschriebene Vergütung
- **Einspeisung** - Abgabe des erzeugten Stroms an Energieversorger
- **Eigenverbrauch** - Strom der unmittelbar selbst verbraucht wird
- **Direktvermarktung** - Form der im EEG festgeschriebenen Vermarktung & Vergütung
- **PPA** - „Power Purchase Agreement“ = Sonderform des Stromliefervertrages
- **HKN** – Herkunftsnachweis „CO2“ eine „Vorform“ des CO2-Zertifikates

- **Unstimmigkeiten**

EEG-Vergütung - darauf hat jeder Ansp eine EEG-konforme Anlage beantragt, und anmeldet

Börsenstrom & Handel - mit PV-Anlag Zugang zum Börsenhandel,

CO2 - im EEG sind CO2-HKN's bereits nur in der "Sonstigen Direktvermarktun man HKN's

Direktvermarktung - die Vermarktung über einen Dienstleister gegen Gebühr eigenständiger Verkauf von Strom aus Solaranlagen



Begriffe Technik - Solarmodul



Ausführungen:

- Komplett schwarz
- Transparent
- Bifacial (aktive Rückseite)
- Flexible, ultraleicht





Begriffe Technik – Wechselrichter



Ausführungen:

- Microwechselrichter
- Einphasig / dreiphasig
- Hybrid für Speicher
- Gewerbesysteme
- Zentralwechselrichter



Begriffe Technik – Unterkonstruktion



Ausführungen:

- Indach
- dachparallel
- aufgeständert





Begriffe Technik

- **Solarmodul** = erzeugt Strom
- **Wechselrichter** – wandelt Gleichstrom aus Solarmodul zu Wechselstrom im Hausnetz
- **Batteriespeicher** – speichert Gleichstrom
- **Technologie Solarmodule**
 - **polykristallin** Wirkungsgrad 14-18%
 - **monokristallin** Wirkungsgrad 18-24%
 - **dünnschicht** Wirkungsgrad 8-12%
 - N-Type / TopCon spezielle Veredlung

Derzeitiger Industriestandard: TopCon
Höhere Wirkungsgrade: ABC / IBC - Aufbau

TopCon = Entwicklung Fraunhofer ISE

- **Herstellungsformen**
- **Dünnschicht**
 - Silizium wird verdampft und auf Trägermaterial aufgebracht
- **mono/poly**
 - Siliziumschmelze wird zu Blöcken gegossen und daraus Zellen geschnitten und weiter veredelt
- **Perowskit**
 - Kristallstruktur, die auf Trägermaterial aufgebracht wird z.B. Mono-Zellen



Gesetzliche Grundlagen

- **EEG** - Erneuerbaren Energien Gesetz
 - Grundlagendefinition was sind nach EEG Förderfähige Anlagen
 - Größe, Leistung, Art der Anlage
 - Vergütungssätze über 20 Jahre
 - ebenso Wind, Biomasse etc.
- **TAB / Energieversorger**
 - Antrag auf Einspeisung vor Bau
 - technische Anschlussbedingungen
 - Einspeiseleistung
 - maximale Einspeisung
- **Bauvorschriften**
 - analog zu Gebäuden, Flächennutzungsplan
 - Abstandflächen z.B. Wind (H10-Regel)
 - Länderregeln
- **Sonderregeln**
 - **PPA – Power Purchase Agreement**
 - **Agri-Voltaik - Doppelnutzung**
 - **Balkonkraftwerke**
 - **Inselanlagen**
 - **Post-EEG-Anlagen**
 - **Ausschreibungen**
 - **Innovations-Ausschreibungen**



EEG - Vergütung & Vorgaben

- **Volleinspeisung**

technische Umsetzung, Anlage lässt keine Eigenverbrauch zu

- **Überschußspeisung**

nicht selbst verbrauchter Strom wird eingespeist und vergütet

- **Direktvermarktung**

Anlagen ab 100 kWp bekommen börsenorientierte Vergütung, mindestens aber die im Gesetz festgelegte Vergütung

Einspeisevergütung für Solaranlagen bis 100 kW

Die EEG-Förderung der → Einspeisevergütung kann für Solaranlagen mit einer installierten Leistung bis 100 kW in Anspruch genommen werden. Für Solaranlagen in der Teileinspeisung (→ Überschusseinspeisung) gelten die regulären Fördersätze. Für Solaranlagen in der → Volleinspeisung gelten erhöhte Fördersätze.

Fördersätze – Einspeisevergütung

Bei Inbetriebnahme ab 1. August 2024 bis 31. Januar 2025 (§ 21 Abs. 1, § 53 Abs. 1 EEG)

Art der Anlage	Installierte Leistung (kW) bis	Teileinspeisung (ct/kWh)
	10	8,03
Gebäude oder Lärmschutzwände (§ 48 Abs. 2, 2a EEG 2023)	40	6,95
	100	5,68
Sonstige Anlagen (§ 48 Abs. 1 EEG 2023)	100	6,46

→ Veröffentlichte Fördersätze für die Vergangenheit und zugrundeliegende Berechnungen

Marktprämie für Solaranlagen bis 1.000 kW

Die EEG-Förderung der **Marktprämie** kann für Solaranlagen in der → Direktvermarktung in Anspruch genommen werden. Die Höhe der gleitenden Marktprämie wird auf Grundlage des jeweiligen „anzulegenden Wertes“ für die Solaranlage ermittelt. Die hier veröffentlichten anzulegenden Werte gelten für Solaranlagen mit einer installierten Leistung bis einschließlich 1.000 kW (1 MW). Für Solaranlagen in der Teileinspeisung → Überschusseinspeisung gelten die regulären Fördersätze. Für Solaranlagen in der → Volleinspeisung gelten erhöhte Fördersätze.

Anzulegende Werte – Marktprämie

Bei Inbetriebnahme ab 1. August 2024 bis 31. Januar 2025 (§ 20 EEG)

Art der Anlage	Installierte Leistung (kW) bis	Teileinspeisung (ct/kWh)
	10	8,43
Gebäude oder Lärmschutzwände (§ 48 Abs. 2, 2a EEG 2023)	40	7,35
	100	6,08
	400	6,08
	1.000	6,08
Sonstige Anlagen (§ 48 Abs. 1 EEG 2023)	---	6,86

→ Veröffentlichte Fördersätze für die Vergangenheit und zugrundeliegende Berechnungen



Geschäftsmodelle - Grundlagen

- **Globalstrahlung / Einstrahlung**

anzulegender Wert zur Ertragsberechnung der Photovoltaikanlage
→ Werte werden in Auslegungsprogrammen automatisiert ausgewählt

Maßeinheit: kWh/m²

Berechnung: kWh/KWp (ca. 83-85%)
(Horizontale Strahlung \neq spez. Ertrag)

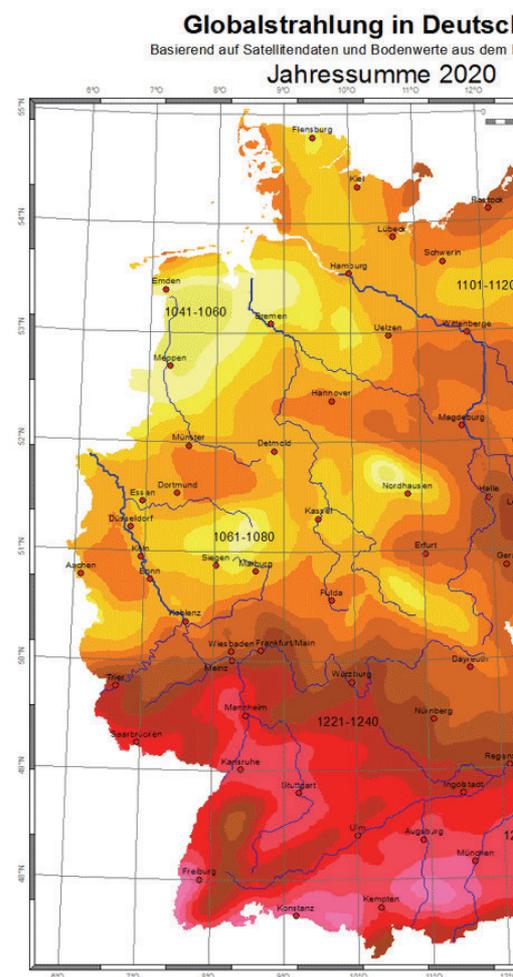
Standort Leipzig: ca. 1020 kWh/kWp

Vereinfachung zur Berechnung: 1000 kWh/kWp

Speicherkapazität EFH 10-15 kWh

< 10 kWh eher unrentabel weil überdurchschnittlich teuer

- Regionen mit niedrigerer oder höherer Einstrahlung





Ertragsverhalten pro Jahr

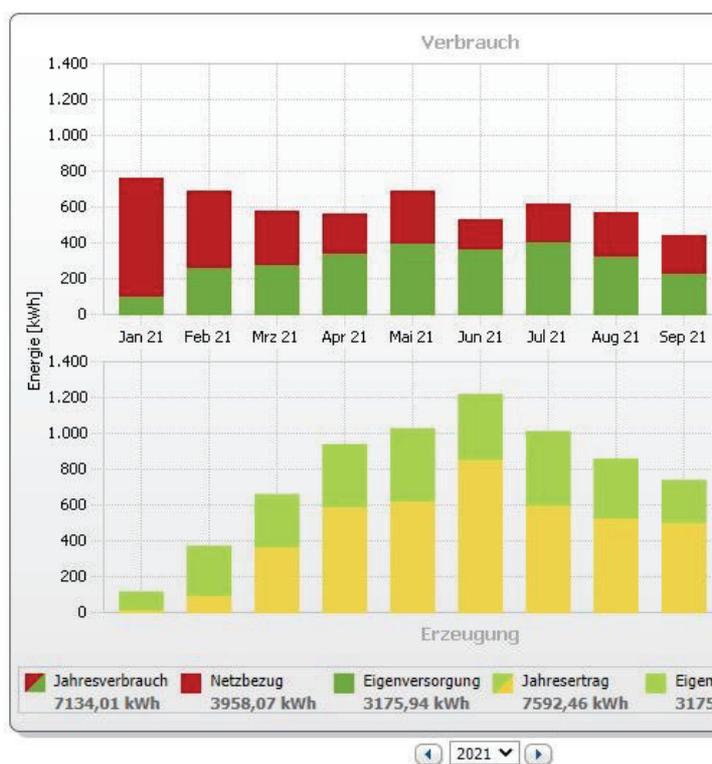
- Real-Auswertung Anlage
- 9,86 kWp (SMA-Portal)
- Jan/Dez ca. 100 kWh Ertrag
- Juni 1200 kWh
→ Durchschnitt 121 kWh/Tag

Was könnte das für eine Anlage sein?

- kleiner Speicher
- oder hoher Tagesverbrauch

Energiebilanz

Aktuell Tag Monat Jahr Gesamt





Ertragsverhalten nach Ausrichtung

- **Einstrahlung auf eine PV-Anlage**

- Idealausrichtung Süd bei 30-40 °
- Abweichung entstreichend zu korrigieren

Ertragsprognose = kWp * Faktor * Einstrahlung

		Dachausrichtung														
		Süd		Südost Südwest						Ost West		Nordost Nordwest				
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Dachneigung	0°	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%
	10°	93%	93%	93%	92%	92%	91%	90%	89%	88%	86%	85%	84%	83%	81%	81%
	20°	97%	97%	97%	96%	95%	93%	91%	89%	87%	85%	82%	80%	77%	75%	72%
	30°	100%	99%	99%	97%	96%	94%	91%	88%	85%	82%	79%	75%	72%	69%	66%
	40°	100%	99%	99%	97%	95%	93%	90%	86%	83%	79%	75%	71%	67%	63%	59%
	50°	98%	97%	96%	95%	93%	90%	87%	83%	79%	75%	70%	66%	61%	56%	52%
	60°	94%	93%	92%	91%	88%	85%	82%	78%	74%	70%	65%	60%	55%	50%	46%
	70°	88%	87%	86%	85%	82%	79%	76%	72%	68%	63%	58%	54%	49%	44%	39%
	80°	80%	79%	78%	77%	75%	72%	68%	65%	61%	56%	51%	47%	42%	37%	33%
	90°	69%	69%	69%	67%	65%	63%	60%	56%	53%	48%	44%	40%	35%	31%	27%

- **Variante senkrecht**

- 18 – 69 % Ertragsprognose
- z.B. Balkonkraftwerk

- **Variante waagrecht**

- 87 % Ertragsprognose
- z.B. Flachdach

- **Variante Gewe...**

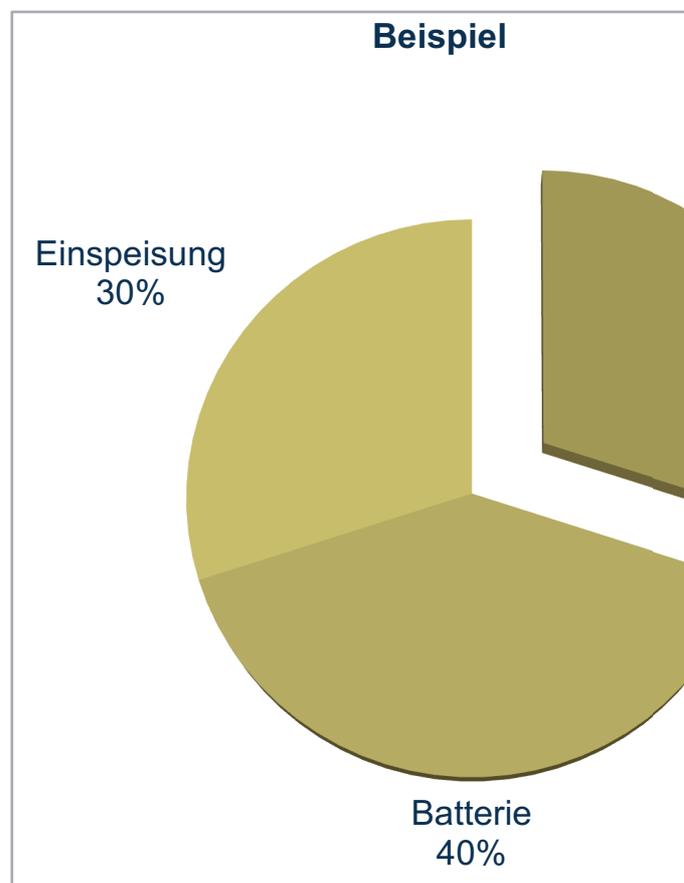
- 80-85% Zielprognos...
- Ost-West-Aufstände



Modelle und Kombinationen

- **Volleinspeisung**
- **Eigenverbrauch**
- **Eigenverbrauch + Speicher**
- **Kombination aus 1 – 3 auf einem NVP**
- **Inselbetrieb, netzunabhängig**
- **Spitzenlast-Modelle z.B. peak-shaving**
- **Modelle abhängig vom Verbraucher**

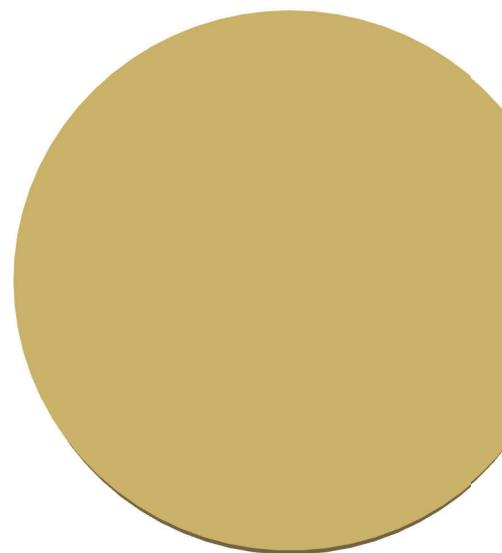
- **Einheiten:**
 - **kWp - Kilowatt peak - Spitzenleistung**
 - **kW – Kilowatt, reine elektrische Leistung**
 - **kWh – Batteriekapazität (1 kW je Stunde)**





Volleinspeisung

- **Anlagen-Konfiguration EFH**
 - Anlage ca. 10 kWp ca. 23 M/440 W
 - ohne Speicher
 - Prognose 10kWp*1000h = 10.000 kWh
- **Auslegung Volleinspeisung**
 - $10.000 \text{ kWh} * 12,73 \text{ cent/kWh} = 1.273 \text{ €/a}$
- **Kosten / Amortisation**
 - **Ca. 1.100-1.300 €/kWp = 11-13T € (netto)**
 - **$11.000 / 1.273 \text{ €} = 9-11 \text{ Jahre}$**
- **Anwendungsbereich**
 - Pachtkonzepte, Pachteinahmen
 - Hallen, Ställe
 - Nahezu keinen eigenen Strombedarf





Teileinspeisung / Überschusseinspeis

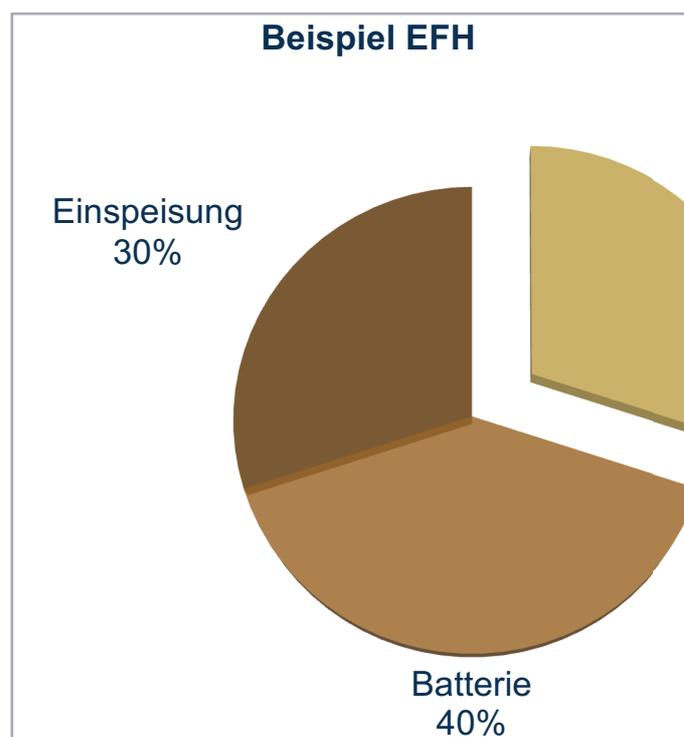
- **Grundannahmen**

- 30% Eigenverbrauch OHNE Speicher
- 70% Eigenverbrauch MIT Speicher

IMMER bezogen auf den vorhandenen Verbrauch

- **Anwendungsbereich**

- EFH, MFH
- Gewerbe mit hohem Nachtverbrauch
- Industrie zum Puffern





Teileinspeisung / Überschusseinspeisung

• Praxisbeispiel

- EFH 6000 kWh Strombedarf
- Dach Süd 30 Grad
- 3x6 Module = 18 Stück = 7,92 kWp
- Ertragsprognose ca. 7900 kWh

• Grundkosten Strom

- Grundgebühr = 20,-
- Preis pro kWh = 0,35 €/kWh
- Kosten €/Jahr = (-) 2340,- € / 195,- €/M

• Prognose PV-Anlage

- 7900 kWh
- MIT Speicher
- Kosten ca. 12.000 €
- Eigenverbrauch 70%
- Einspeisung 30% (EEG 8,03 cent)

- Eigenverbrauch 70% * 6000 kWh
- Wert = 6000 kWh * 70% * 0,39 cent
- Einsparung pro Jahr

Gesamtkosten Strom = 0,39 cent
=
Wert Eigenverbrauch

Einspeisung = Rest PV
7900 - 6000 * 70% =
EEG-Vergütung =

Gesamtfazit PV-Anlage

Kosten einmalig ca. 12.000 € | jährlich ca. 1 % Versicherung etc. = 120,- Euro

Rentabilität / Amortisation = 12.000 / 1638 + 297,11 - 120 = 6-7 Jahre

Reststrombezug = 1800 kWh * 0,35 + 12 * 20 = 870 € (72,50 €/M)



Teileinspeisung / Überschußspeisung

Gesamtfazit PV-Anlage

Kosten einmalig ca. 12.000 € | jährlich ca. 1 % Versicherung etc. = 120,- Euro

Rentabilität / Amortisation = $12.000 / 1638 + 297,11 - 120 = 6-7 \text{ Jahre}$

Was heißt das jetzt konkret?

- | | | |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Variante 1 – Voll bezahlt- Strompreis mtl. sinkt
- 195 €/mtl auf - 72,50 €- Einsparung 122,50 €/M- Einnahme PV = + 297,11 €/J- Konto: + 1767,11 jedes Jahr• Steuerliche Vorteile- z.B. haushaltsnahe Dienstleistungen (6000,-/20%)- 19% → 0% | <ul style="list-style-type: none">• Variante 2 – 20% Anzahlung- Kreditbetrag 10.000 €
10 Jahre Laufzeit, ca. 100,-- ALT:
- 195 € Stromkosten mtl.- NEU:
- 100,- Rate mtl.
- 72,50 Strom mtl.
+ 24,76 EEG
= -147,74 € „Kosten“Nach 10 Jahren? | <ul style="list-style-type: none">• Variante 3 – 100%- Kreditbetrag 12.000 €
20 Jahre Laufzeit- ALT:
- 195 € Stromkosten mtl.- NEU:
- 85,- Rate mtl.
- 72,50 Strom mtl.
+ 24,76 EEG
= -132,74 € „Kosten“EEG-Vergütung 20 |
|---|--|--|



Anwendungsfall Balkonkraftwerk

- **Anlagenkonfiguration Balkonkraftwerk**

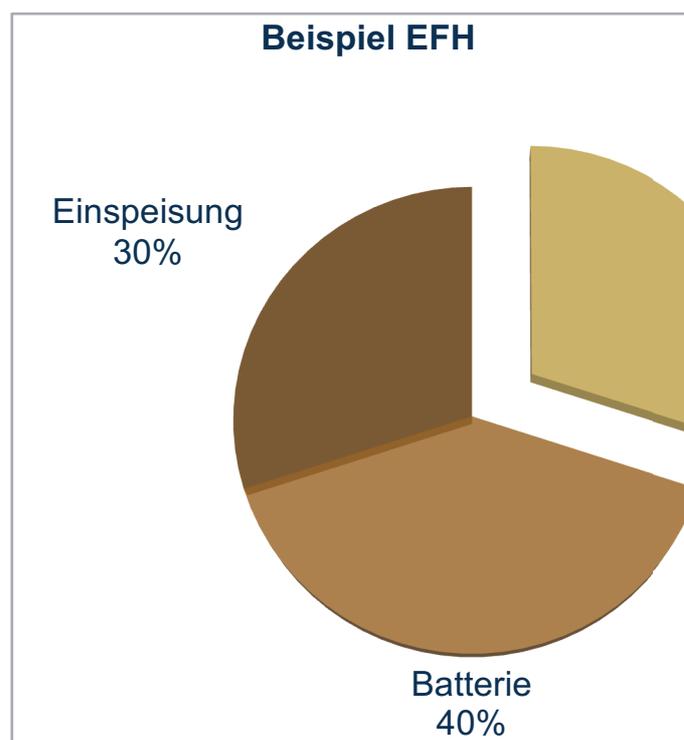
- Anlage 2 Module >800W
- Wechselrichter 800W, Steckdose
- Ausrichtung „Fast Süd“ = Faktor 60%
- Prognose $800W \cdot 1000h \cdot 60\% = 480.000 \text{ Wh}$
= 480 kWh

- **Kosten / Amortisation**

- Balkonkraftwerk ca. 300-400 Euro
- Einsparung $480 \text{ kWh} \cdot 0,35 \text{ cent} = 168 \text{ €/a}$
- Amortisation nach 2-4 Jahren

- **Warum ist das so lukrativ?**

- 480 kWh werden in den meisten Haushalten zu 100% Eigenverbrauch





Modell Balkonkraftwerk

- **Balkonkraftwerk für Mieter**

Darf man es verbieten?

Erst mal nein ... so weit:

- keine baulichen Veränderungen am Objekt vorgenommen werden

Duldung nur angemessen wenn:

- fachgerecht installiert
- baurechtlich zulässig
- optisch nicht störend
- leicht rückbaubar
- keine erhöhte Brandgefahr
- sonstige Gefahren, wie Absturz

Unklar:

- Bauaufsichtliche Zulassung, die bei Fassadenlagen sonst notwendig ist

- **Will man es als Vermieter?**

- **Änderungen an der Gebäudehülle**

- **Änderung der Optik**

- **Gefahrenpotential**

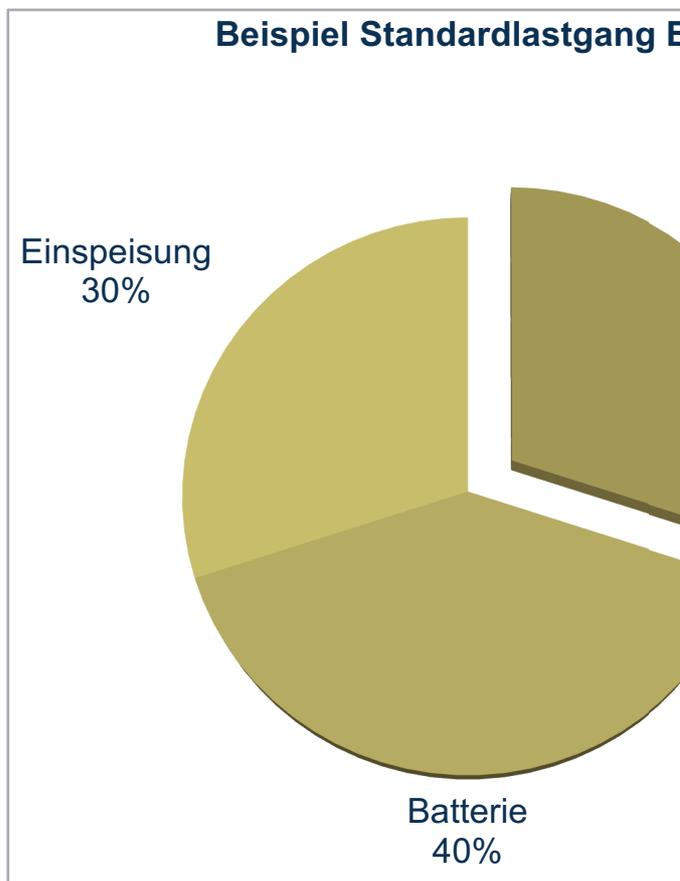
- **Lösungen für Eigentümer**

- gleich als Balkongeländer installieren
- Dachfläche als „Mieterstrom“ umsetzen
- Projekt YOOW.RE (2024)



Kombinationen

- **Volleinspeisung + Eigenverbrauch**
 - 2 getrennte Anlagen mit 2 Zählern
 - ausreichend Dachflächen
- **Photovoltaik & Großspeicher**
 - Überschüsse werden gespeichert
 - Batterie von außen Beladen
 - Last-Spitzen-Kappung
 - Reduzierung der Bereitstellungskosten





Volleinspeisung Gewerbe

- **Anlagenkonfiguration Gewerbe / Dachpacht**

- Anlage kleiner 100 kWp ca. 243 M/410 W
- ohne Speicher
- Prognose $100 \cdot 1000 = 100.000$ kWh

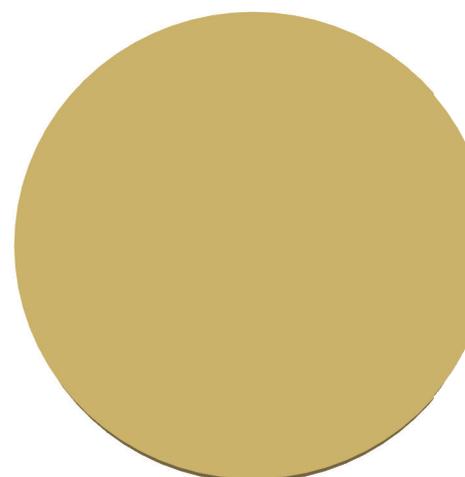
- **Auslegung Volleinspeisung**

- $100.000 \text{ kWh} \cdot 11,08 \text{ cent/kWh} = 11.080 \text{ €/a}$

- **Kosten / Amortisation**

- **Ca. $1.000 \text{ €/kWp} = 100.000 \text{ € (netto)}$**
- **$100.000 / 11.300 \text{ €} = 8-9 \text{ Jahre}$**

Beispiel Gewerbe





Kombinationen Gewerbe

- **Anlagenkonfiguration Gewerbe**

- Anlage ca 500 kWp ca. 1219 M/410 W
- Prognose 500*1000 = 100.000 kWh

- **Auslegung Eigenverbrauch**

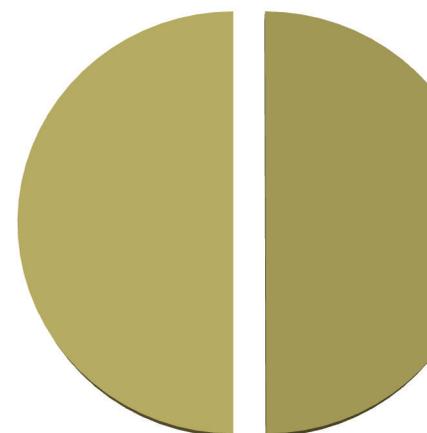
- 350.000 kWh * 6,08 cent/kWh = 21.280 €/a
- 150.000 kWh * 20 cent/kWh = 30.000 €/a

- **Kosten / Amortisation**

- Ca. 800 €/kWp = 400.000 € (netto)
- 400.000 / 21.280+30.000 € = 7,8 Jahre
- Anlage bekommt 20 Jahre EEG-Vergütung!

Beispiel Gewerbe 300.000

Einspeisung
50%





Anwendungsfall Solardachpflicht

- **Vorteile bei sofortiger Errichtung**
 - Einsparung Rüstkosten
 - Einsparung Elektroinstallation / Umbau
 - Einsparung Dacheindeckung
- **Maximaler Vorteil**
 - Dachintegrierte Anlage
 - keine zusätzliche Dacheindeckung
 - Integrierte Dachfenster
 - Kostenersparnis Dachziegel
- **Vorteile Förderungen + Anwendungen**
 - Energieeinsparung KfW
 - Mieterstrommodelle
 - Versorgung Allgemeinstrom, Heizungsunterstützung
 - E-Mobility (als Geschäftsmodell vor Ort)





Modell Energieberatung

- **„Dach voll machen“**

- EFH oder Gewerbe, maximale Belegung anstreben
- Geschäftsmodelle sondieren
- Verbrauchssituation analysieren
- Speicher für die Nacht
- Großspeicher für „Peak Shaving“ d.h. Lastspitzen-Kappung
- Erhöhung des Eigenverbrauchs z.B. durch Stromtankstellen / Wallboxen
- Stromsparen erhöht Eigenverbrauch
- Verbrauchssituationen ändern

- **Einwände „best of“**

- Unrentabel, zu teuer
- Solarmodule sind giftig
- Giftgas im Wechselrichter
- Photovoltaik lohnt sich nicht
- Man will nicht den Strom selber verdienen müssen

- **Einwände „the best of the best“**

- **Was ist wenn die Sonne nicht me**



Beispiel-Anlagen

- Dach: Ziegel
- Unterkonstruktion: einlagig, Dachhaken
- Modul: Glas-Glas, komplett schwarz
- Wechselrichter: Hybrid inkl. Speicheranschluss

• 14 Module 440 W = 6,12 kWp

- **inkl. Montage**
- **inkl. 10 kWh Batterie**
- **Anmeldung**
- **DC/AC Montage**

Preis ca. 12.300 Euro

• 21 Module 440 W = 9,24 kWp

- **inkl. Montage**
- **inkl. 10 kWh Batterie**
- **Anmeldung**
- **DC/AC Montage**

Preis ca. 14.300 Euro

• 30 Module 440 W = 13,2 kWp

- **inkl. Montage**
- **inkl. 10 kWh Batterie**
- **Anmeldung**
- **DC/AC Montage**

Preis ca. 19.600 Euro

- Offene Positionen
- Gerüst
- Elektro-Anschluß (Hausanschluß)
- Besonderheiten am Gebäude



Kontakt:

- Kontakt:

EEHD GmbH
Hauptstraße 10
06888 Lutherstadt Wittenberg

- PV-Anlagen

ROTHE.RE UG
Hauptstraße 10
06888 Lutherstadt Wittenberg

info@rothe.team