Kurz-Intro Photovoltaik

Berit Müller

bm@dgs-berlin.de

Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie LV BB e.V.

Die Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS)

- Deutschlands ältester Verein mit dem Ziel einer regenerativen ökologischen Energieversorgung => 1975 gegründet
- 2.700 Mitglieder davon 400 Firmen ohne Stimmrecht => Firmenunabhängiger Fachverband
- Nationale Vertretung der International Solar Energy Society (ISES)
- Die Bundes DGS e.V. wird dezentral geführt und durch das Präsidium ehrenamtlich geleitet
- Arbeit in Sektionen und Landesverbänden
- Wöchentlicher Newsletter und 4 x jährlich die Fachzeitschrift SONNENENERGIE www.sonnenenergie.de

DGS Landesverband Berlin Brandenburg

SolarAkademie
aktuell, fundiert und umfassend

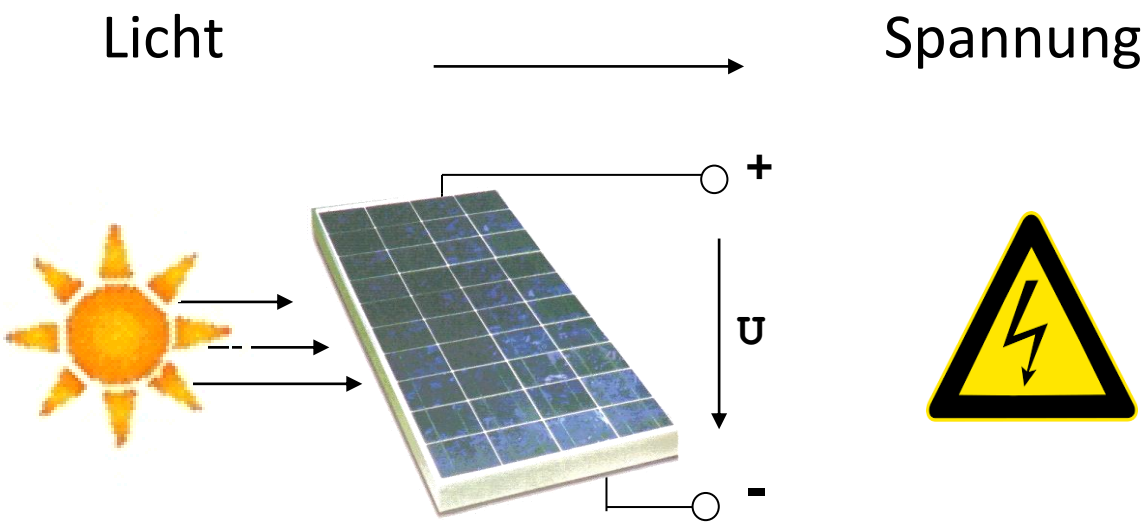
SolarProjekte
mitgestalten und vorausgehen

SolarServices
unabhängig und weltweit anerkannt

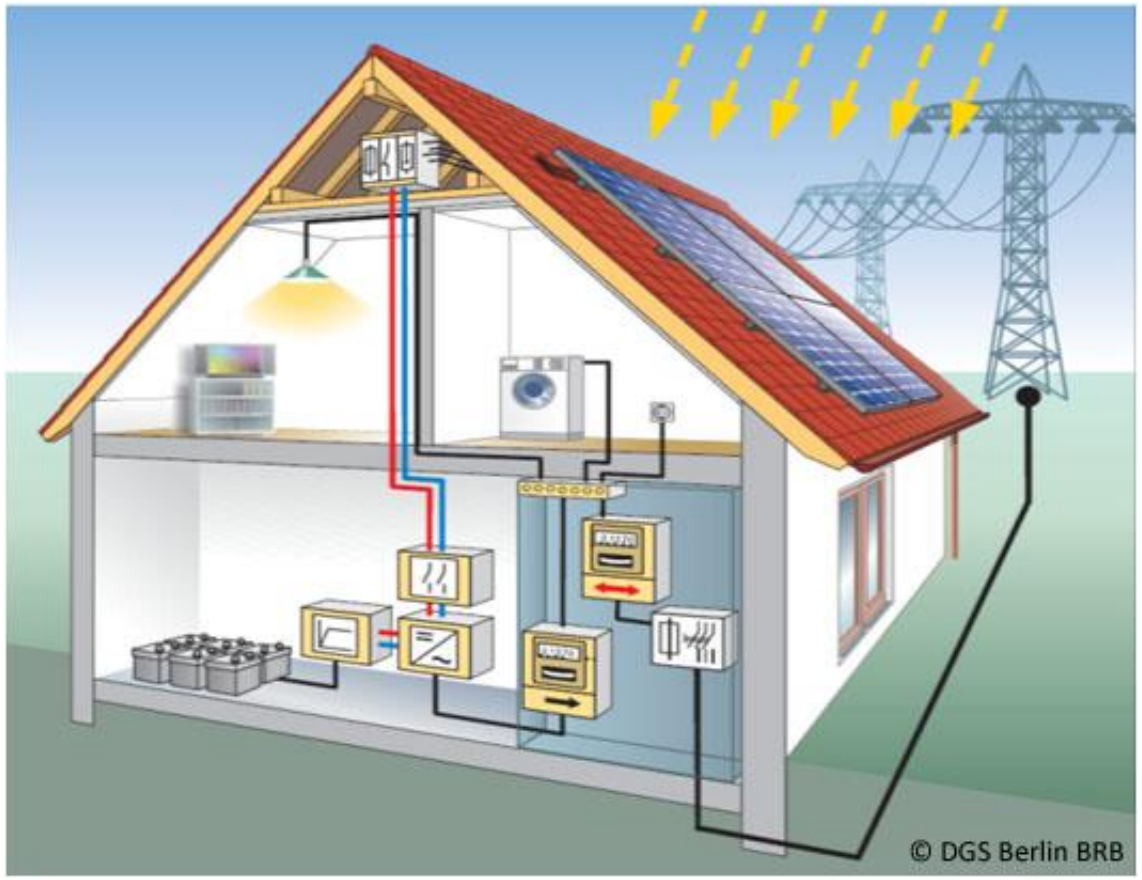
Sonnenlicht wird Elektrizität

Der photovoltaische Effekt

- Die direkte Umwandlung von solarer Strahlungsenergie (Licht) in elektrische Energie (elektrische Arbeit, Stromfluss).
- Kein Verschleiß, keine rotierenden Teile, keine Abgase, keine Geräusche, im Betrieb also völlig frei von Umwelteinflüssen.
- Keine andere Art der Stromerzeugung weist diese Besonderheiten alle gleichzeitig auf.



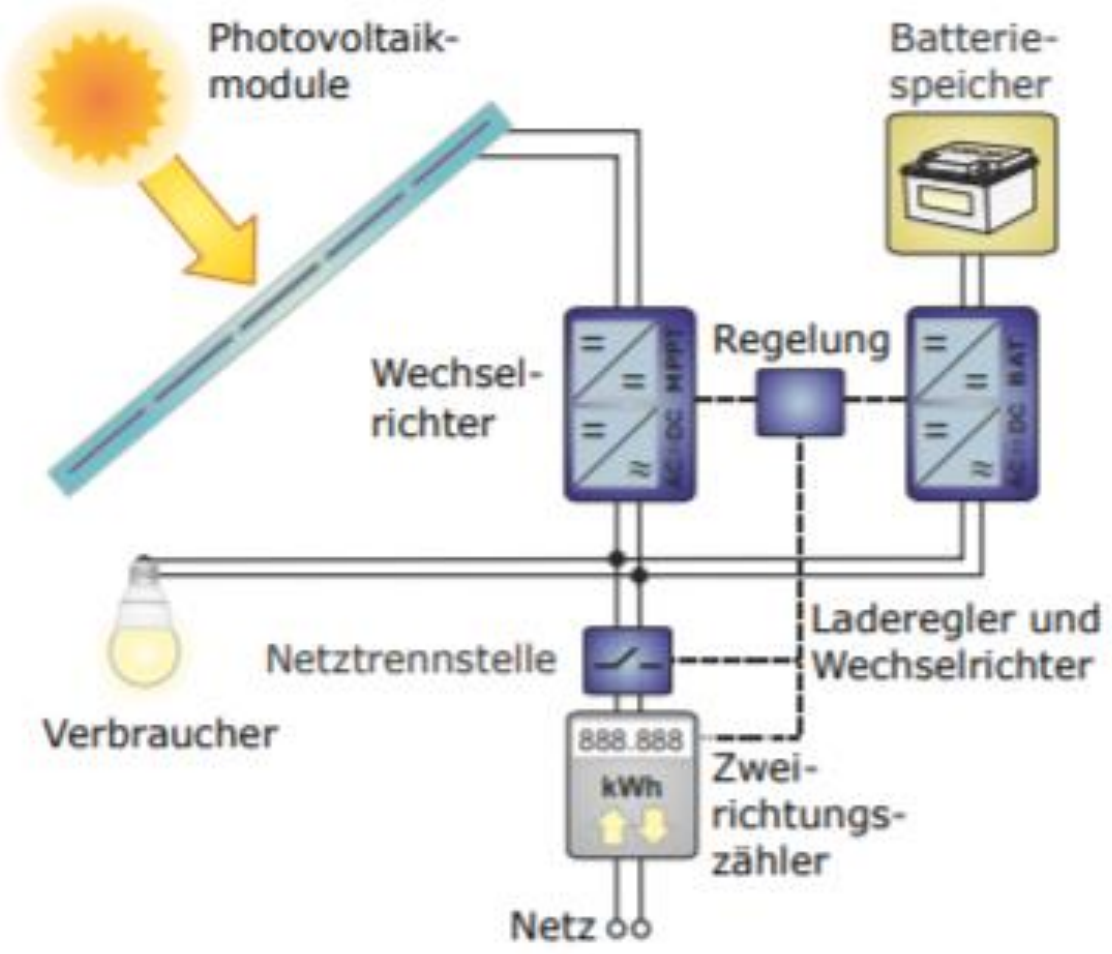
Das PV-Solarsystem

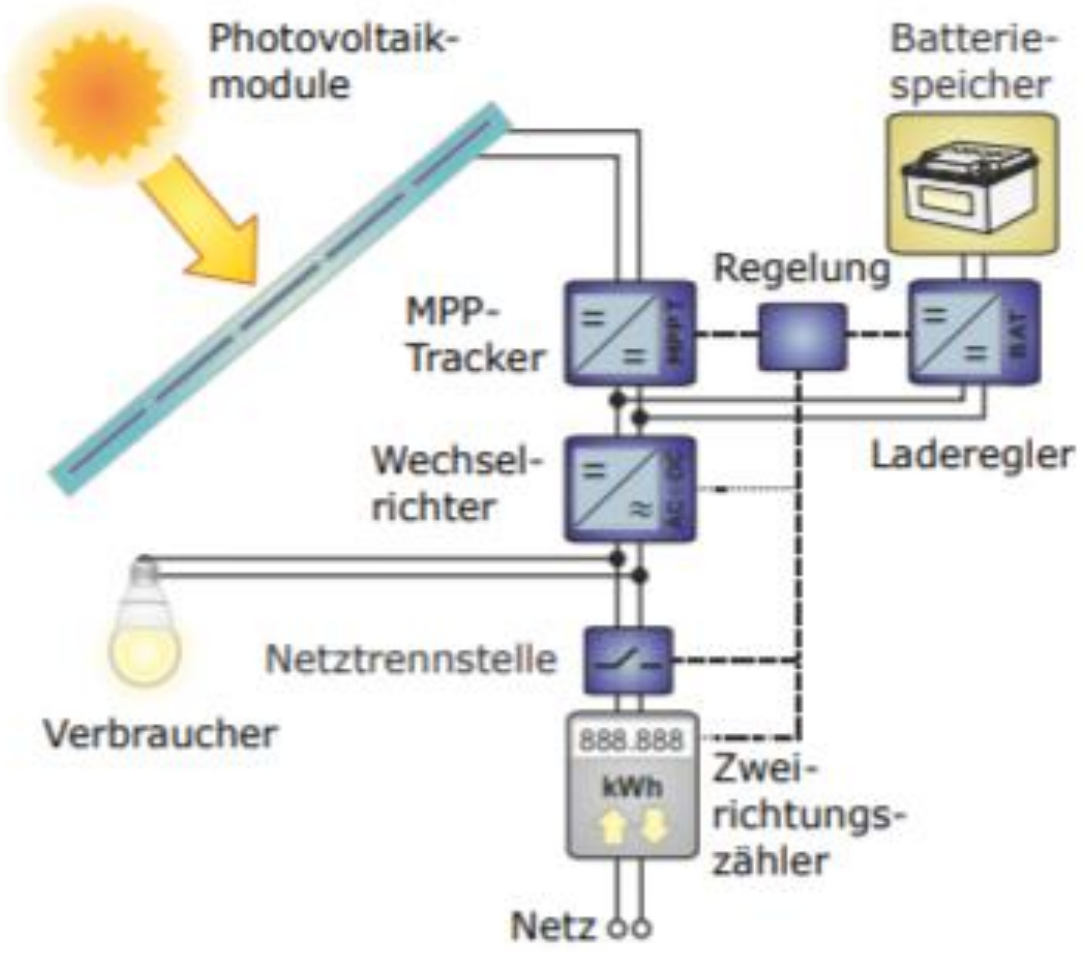


1. PV-Generator: PV-Module mit Montagegestell,
2. Generatoranschlusskasten (mit Schutztechnik);
3. Gleichstromverkabelung ,
4. DC-Hauptschalter;
5. Wechselrichter,
6. Wechselstromverkabelung,
7. Zählerschrank mit Stromkreisverteilung, Bezugs- und Einspeisezähler und Hausanschluss,
8. Batterie und Laderegler

Bei kleinen Anlagen alles integriert im WR

Anschluss von Speichern

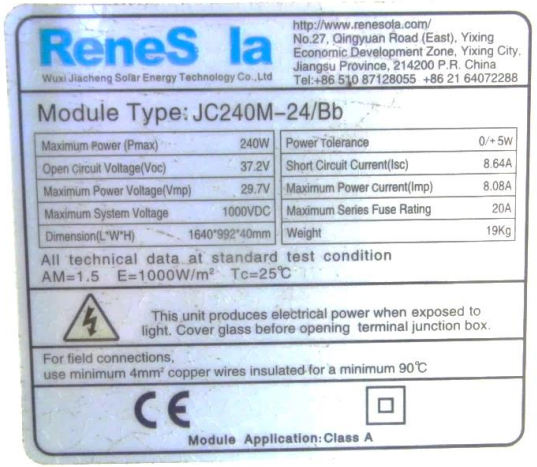




Quelle: Speicherstudie der HTW-Berlin (Volker Quaschning)

Grundlagen

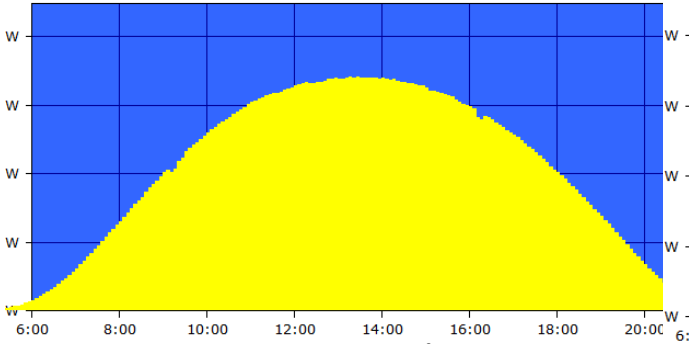
- Die **Nennleistung** eine PV-Moduls P_{Nenn} ist die Leistung unter Laborbedingungen mit definierten Werten für solare Einstrahlung, Lichtspektrum und Temperatur.
  $P_{Nenn} = P_{STC}$ in Watt peak [Wp]
  STC: Standard Test Conditions:
  1.000 W/m², 25°C Zelltemperatur, Air Mass (AM) = 1,5
- Die tatsächliche Leistung ist abhängig von
  - den Umgebungsbedingungen….
  - dem Gesamtsystem (Wirkungsgrade,… => PR)



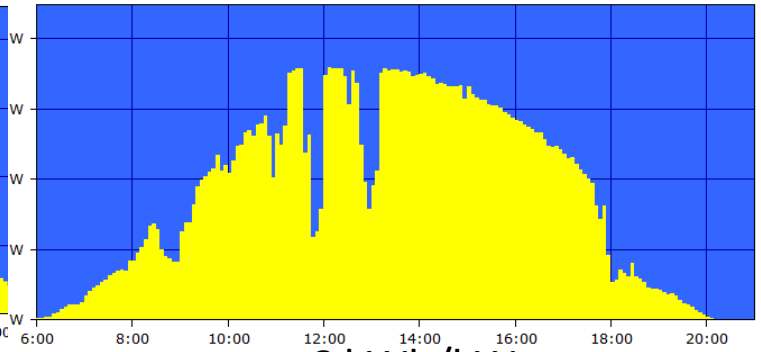
Quelle: DGS-Franken

Solare Einstrahlung

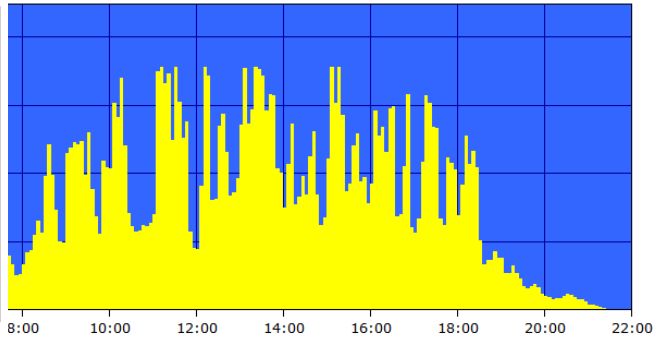
- Sonneneinstrahlung / Globalstrahlung / **Tagesertrag** in Deutschland an (Beispiel-)**Tagen** in Deutschland an einem Beispiel mit Südausrichtung



ca. 7 kWh/kWp

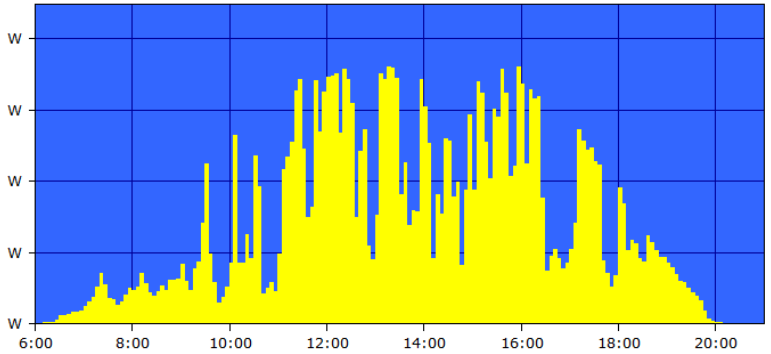


ca. 6 kWh/kWp

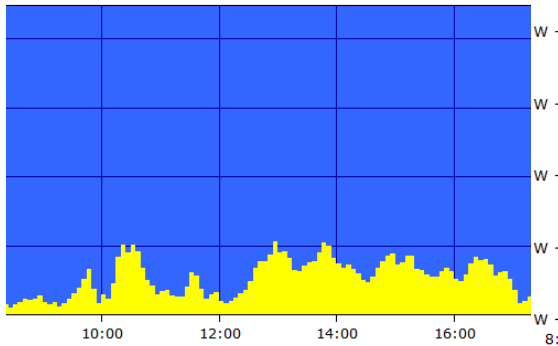


ca. 5 kWh/kWp

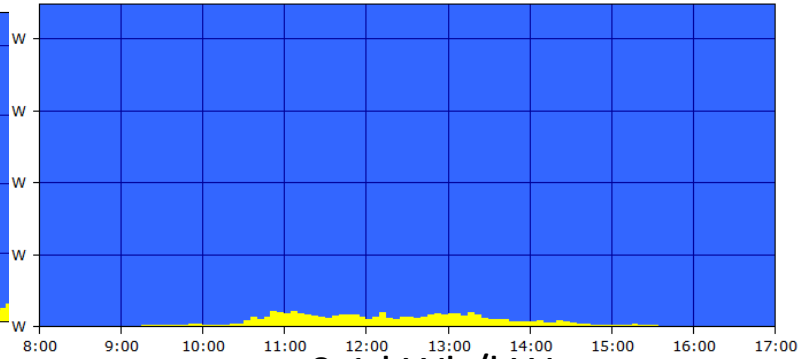
Hier: spezifischer Tagesertrag in kWh/(kWp d)



ca. 4 kWh/kWp



ca. 2 kWh/kWp

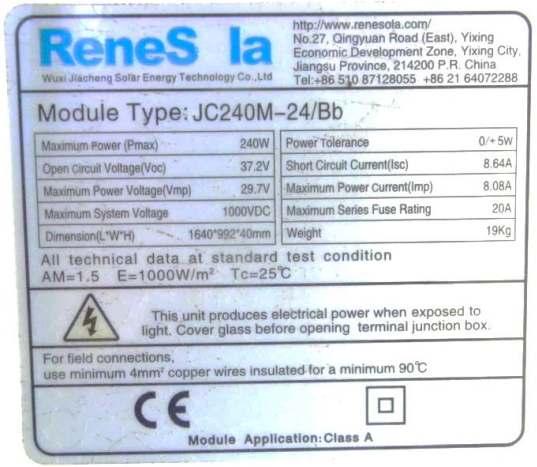


ca. 0,1 kWh/kWp

Quelle: SolarLog

Grundlagen

- Die Nennleistung eine PV-Moduls PNenn ist die Leistung unter Laborbedingungen mit definierten Werten für solare Einstrahlung, Lichtspektrum und Temperatur.
  $P_{Nenn} = P_{STC}$ in Watt peak [Wp]
  STC: Standard Test Conditions:
  1.000 W/m², 25°C Zelltemperatur, Air Mass (AM) = 1,5
- Der **Ertrag** in [kWh] einer PV-Anlage
  entspricht der elektrischen Arbeit der PV-Erzeugung.
- Der **Jahres-Ertrag** in [kWh/a] einer PV-Anlage
  entspricht der elektrischen Arbeit der PV-Erzeugung eines Jahres.
- Der **spezifische Jahresertrag**
  in [kWh/(kWp a)] entspricht dem Ertrag einer PV-Anlage bezogen auf die Nennleistung, bezogen auf ein Jahr. (B: ca.950 kWh/kWp*a)

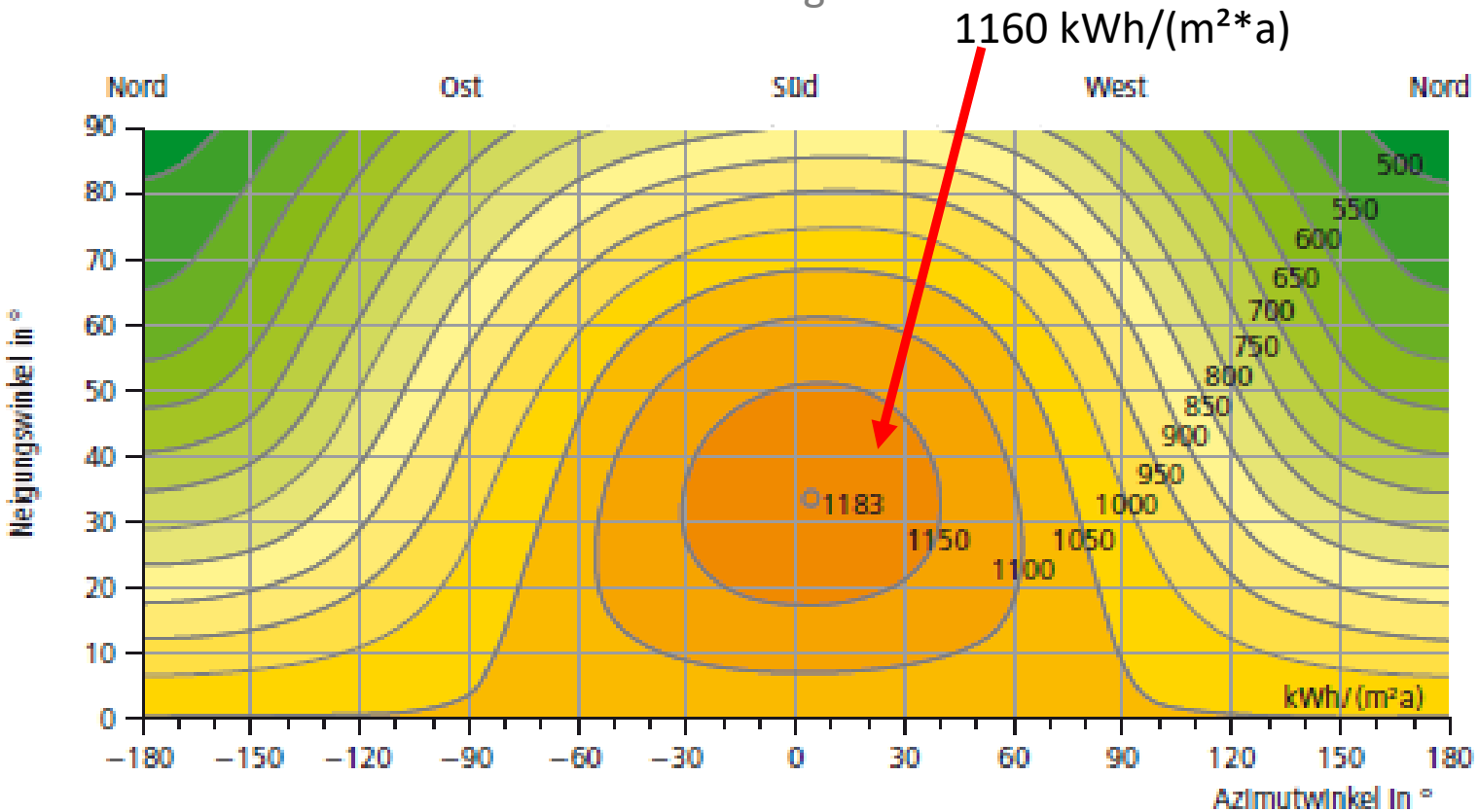


Quelle: DGS-Franken

Grobkalkulation

60	Module (1,6m²)	96	m²	1183	
300	Watt	18	kWp	1150	
18	% Wirkungsgrad		spez.Jahresertrag	1160	kWh/(m²*a)
40	°Dachneigung		Anlagenertrag	16.036	kWh/a
20	°SSW	30	% Eigenverbrauch	1443,23	€/a
80	% Performance R	30	cent/kWh	-125,08	€/a
8,4	cent/kWh	70	% Einspeisung	942,907	€/a
2,6	cent EEG-Umlage		**Ertrag**	**2261,05**	€/a
30600	€ Anlagenkosten		Amortisationszeit	13,5	Jahre

- Globalstrahlung auf die Generatorebene
- Globalstrahlung auf die gesamte Generatorfläche
- $E_{ideal} = E_{gen} * \eta$ Modul
- Ertrag bei PR 80%
- Prozentualer Einfluss der Verschattung

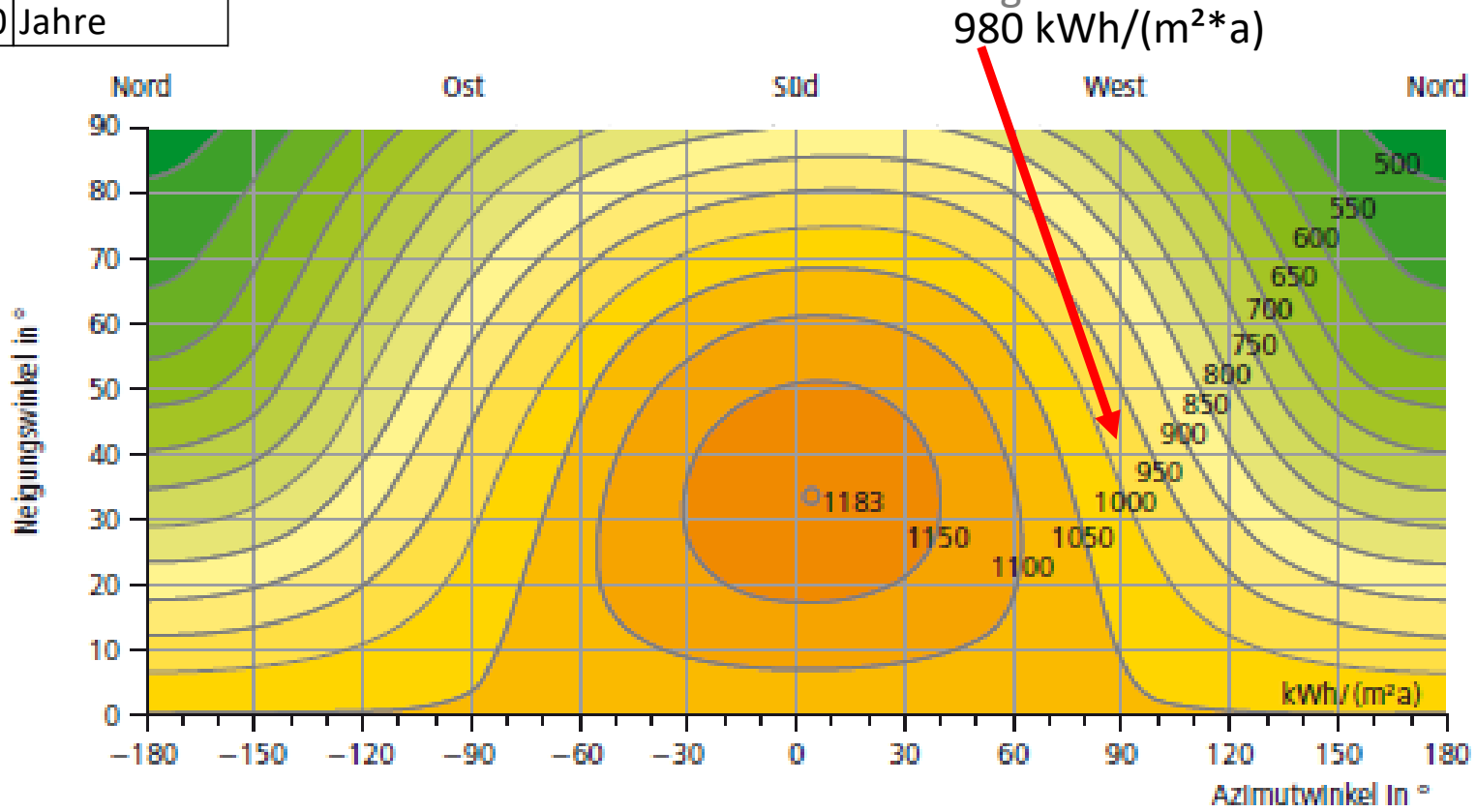


Grobkalkulation Ost-West

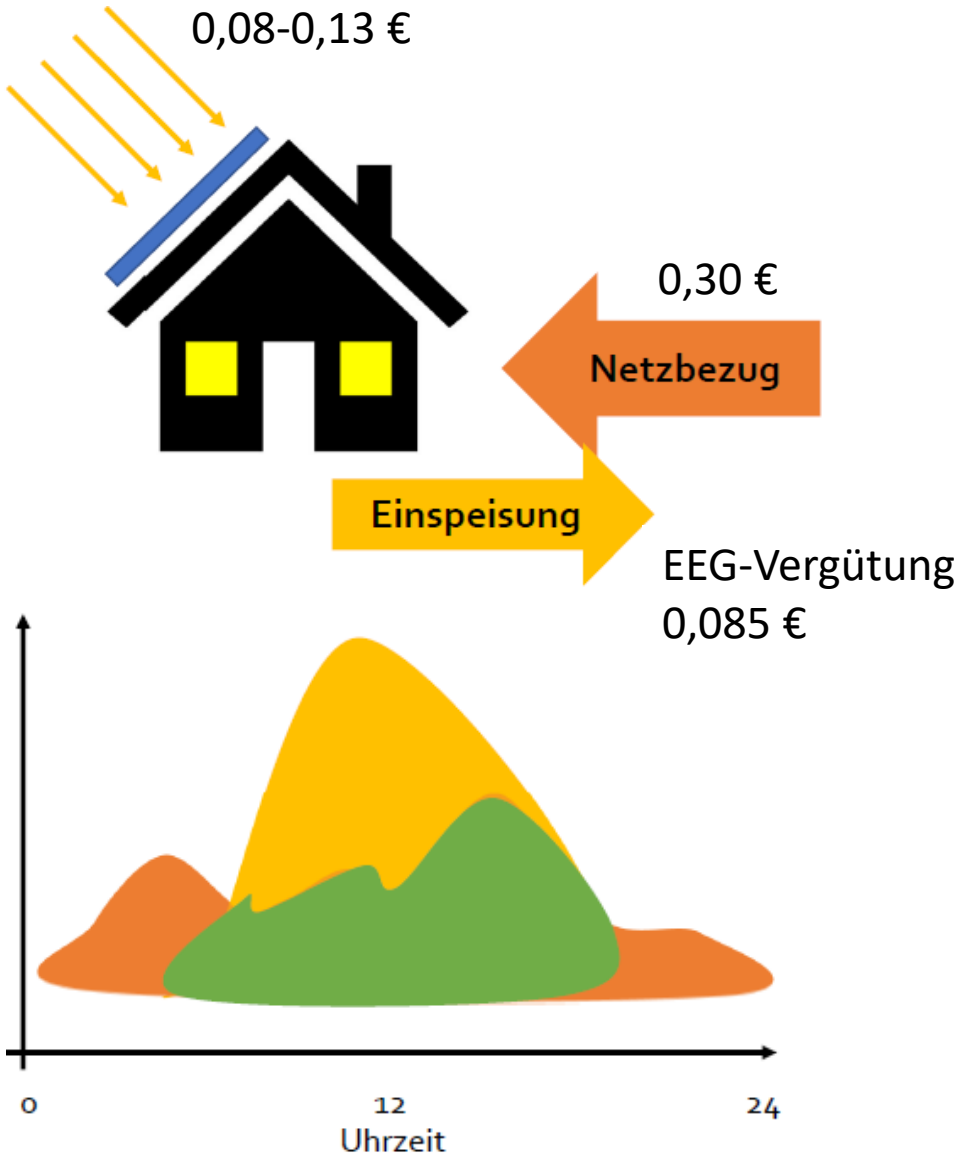
60	Module (1,6m²)	96	m²		
300	Watt	18	kWp		
18	% Wirkungsgrad		spez.Jahresertrag	980	kWh/(m²*a)
40	°Dachneigung		Anlagenertrag	13.548	kWh/a
90	°OW	30	% Eigenverbrauch	1219,28	€/a
80	% Performance R	30	cent/kWh	-105,67	€/a
8,4	cent/kWh	70	% Einspeisung	796,594	€/a
2,6	cent EEG-Umlage		**Ertrag**	**1910,2**	€/a
30600	€ Anlagenkosten		Amortisationszeit	16,0	Jahre

- Globalstrahlung auf die Generatorebene
- Globalstrahlung auf die gesamte Generatorfläche
- $E_{ideal} = E_{gen} * \eta$ Modul
- Ertrag bei PR 80%
- Prozentualer Einfluss der Verschattung

- Kapitalkosten
- Abschreibungen
- MWSt ja/nein
- Dachmiete



Wie wirtschaftlich ist PV?



Kosten der PV

- Investitionskosten!
- Betriebskosten
- (Finanzierungskosten)

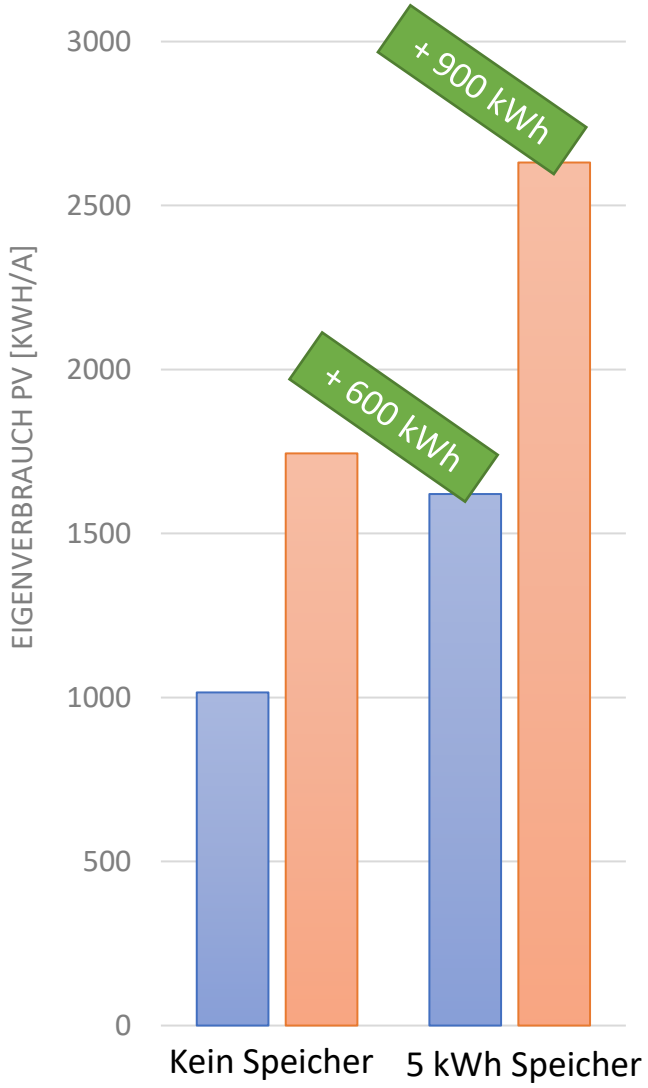
Stromgestehungs-kosten von ca. 8-13 ct/kWh

Einnahmen

- Einspeisevergütung nach EEG
  - ca. 8,5 ct/kWh
  - Deckt kaum die Kosten der PV-Anlage (Stromgestehungskosten)
- Eigenverbrauch vermeidet Netzstrom (ca. 30 ct/kWh)
  - Einsparungen von etwa 20 ct/kWh möglich
  - Größter wirtschaftlicher Hebel

Lohnt sich ein Batteriespeicher?

PV-Eigenverbrauch mit und ohne Speicher



	PV-Produktion: 5000 kWh/a 5 kWh-Batterie	
	2500 kWh/a Stromverbrauch	5000 kWh/a Stromverbrauch
Zusätzlicher Eigenverbrauch durch Batterie	600 kWh/a	900 kWh/a
Jährliche Ersparnis	114 €/a	170 €/a
Kumulierte Einsparung in 20 Jahren	2500 €	3800 €
Kumulierte Kosten für die Batterie in 20 Jahren	6000 €	
Differenz	**-3500 €**	**-2200 €**
Kosten für die Batterie in 20 Jahren (inkl. Förderung)	4500 €	
Differenz	**-2000 €**	**-700 €**

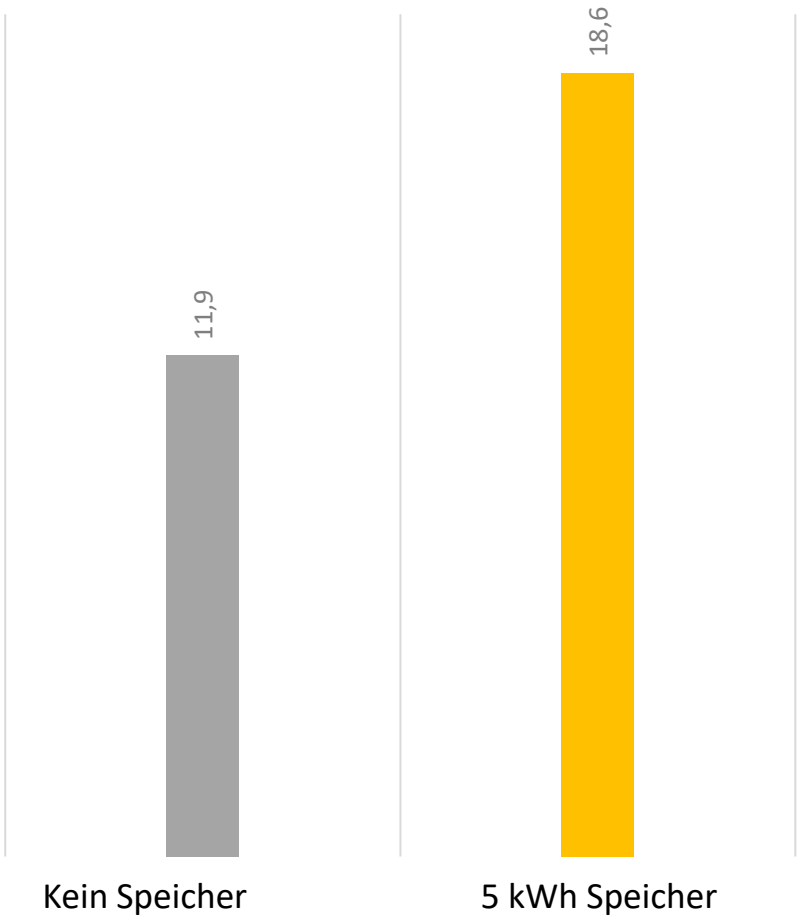
+ 30 ct/kWh eingesparter Netzstrom
- 10 ct/kWh entgangene Einspeisevergütung

Kalkulationszins 1%
Strompreissteigerung: 1% p.a.

Investition: 800 €/kWh
Preissenkung: -5% p.a.
Lebensdauer: 10 Jahre

Lohnt sich ein Batteriespeicher?

Amortisationszeit mit und ohne Speicher bei 5000 kWh Jahrsverbrauch



Investition (Batterie): 800 €/kWh
Preissenkung: -5% p.a.
Lebensdauer: 10 Jahre

Kalkulationszins 1%
Strompreissteigerung: 1% p.a.

Batterien erhöhen den PV-Eigenverbrauch

- (teurer) Strombezug aus dem Netz wird somit reduziert

PV-Batteriesysteme sind wirtschaftlich darstellbar

- Amortisationszeiten zwischen 15 und 20 Jahren sind derzeit möglich

Wirtschaftlichkeit von PV-Batteriesystemen steigt, wenn:

- Kosten ↘
- Netzstrompreis ↗
- Lebensdauer ↗

Allerdings sind die Batterien (noch) relativ teuer

- Systeme ohne Batteriespeicher amortisieren sich in der Regel schneller

Unterkonstruktion - Aufdachsysteme, Flachdach

Ausrichtung: Süd oder Ost-West

Optimierung zwischen Anlagenertrag und Bedarfslastprofil

- Belegung mit mehr Nennleistung pro Grundfläche z.B. bei kleinen Flachdächern.
- Eigenverbrauchsoptimierung je nach Verbrauchskurve

Quelle: DGS-Franken

Dachintegration / PVT

Fragen gerne an

bm@dgs-berlin.de

Dipl.Ing.Energietechnik

Seit 1995 beruflich im Bereich EE tätig, seit 2018 GF bei DGS-BB

- Projekte/Seminare zu EE, Umwelt und Gesellschaft (Schwerpunkt Solar und Biogas)
- Bau verschiedener ST und PV Anlagen
- Biogas, Energieanalysen NWG, Energiesystemanalysen
- Lehraufträge TU-B, HTW-B und ENSAM/ESTP

Vorstandsmitglied bei VITOS, gemeinnütziger Verein in SaAnh., Bildungsarbeit und Kommunikationsprojekte im Bereich EE, Umwelt und Gesellschaft