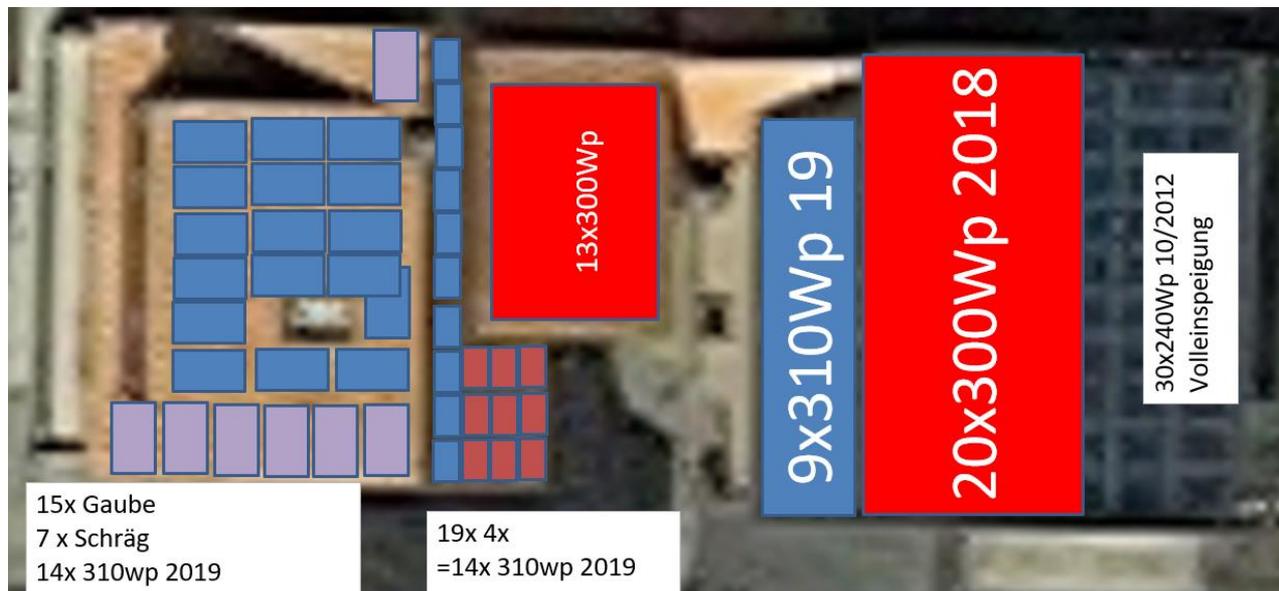


"Eine PV-Anlage gehört auf jedes Dach! Eine Investition in die Zukunft, die sich auszahlt!„ 16.11.2019



Agenda

- Vorstellung der NiFaR
- Potentiale von Photovoltaikanlagen
- Technik
 - Modultypen
 - Bestandteile einer PV Anlage
- Rechtliches
- Planung einer PV Anlage
- Bau und Inbetriebnahme
- PV Anlagen in der Praxis
- Monitoring und Erfahrungen aus dem Betrieb
- Wünsche an die Regulatorik

Standorte der Ostfalia mit Fakultäten

Salzgitter



- Verkehr-Sport-Tourismus-Medien

Suderburg



- Bau-Wasser-Boden
- Handel und Soziale Arbeit (i.Gr.)

Wolfsburg



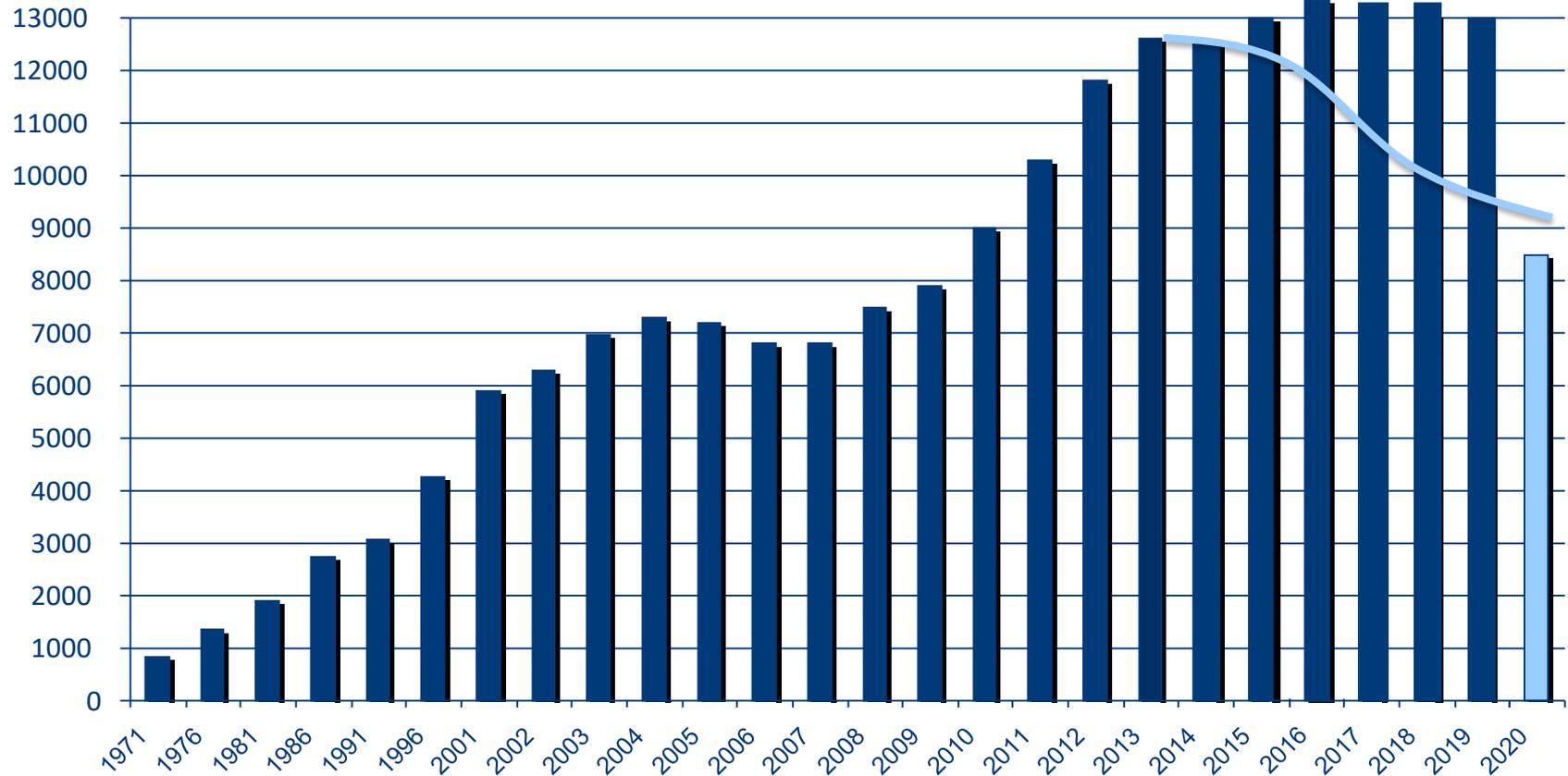
- Fahrzeugtechnik
- Gesundheitswesen
- Wirtschaft

Wolfenbüttel



- Elektrotechnik
- Informatik
- Maschinenbau
- Recht
- Soziale Arbeit
- Versorgungstechnik

Entwicklung der Studierendenzahlen



Niedersächsische Lernfabrik für Ressourceneffizienz (NiFaR)

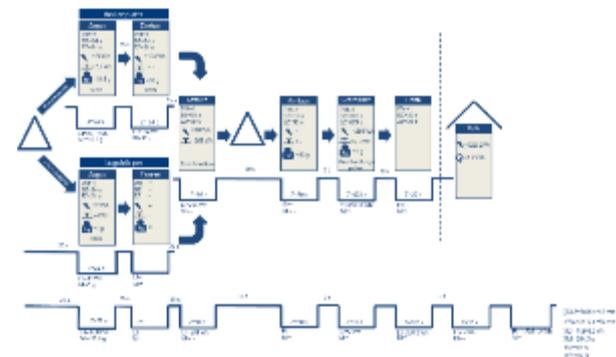
- Förderung durch EFRE 2011-2014
- Kompetenzzentrum für Ressourceneffizienz in der Produktion
- Gründung des gemeinnützigen Vereins NiFaR e.V.
- Ziel: Weiterbildung von Mitarbeitern aus Unternehmen zu den Themen Energie- und Materialeffizienz
- Training in einer realen Fabrikumgebung
- Philosophie: **Einsparpotenziale erleben!**



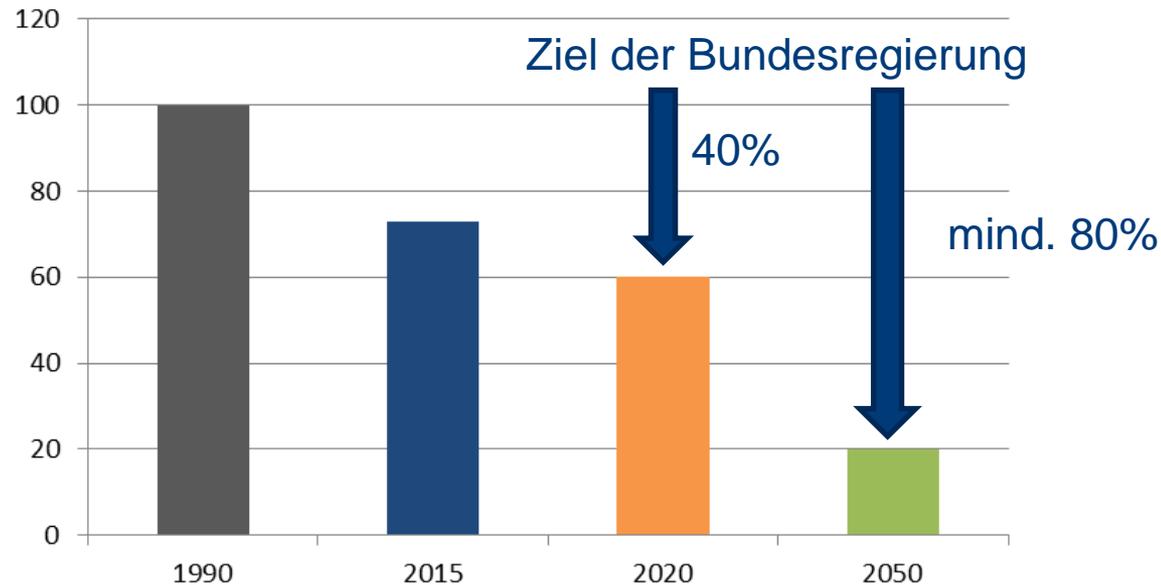
Schulungsangebot

- Energieeffizienz in der Produktion - Grundlagen
- Energieeffizienz in Produktion
- Energieeffiziente Prozessoptimierung – Energiewertstrom
- Energieeffiziente Roboterprogrammierung
- Über Lean Management zur materialeffizienten Produktion
- Digitalisierung und Ressourceneffizienz

Bis Dezember 2018 über 400 Teilnehmer aus Unternehmen in den Schulungen.



Motivation - CO₂-Emissionen



Ohne eine drastische Verbesserung der Energieeffizienz sind die Klimaschutzziele in der BRD nicht zu erreichen. CO₂ – Emissionen werden an Bedeutung gewinnen.

Motivation - Niedersachsen

- Entwurf Niedersächsisches Klimagesetz - Nds. KlimaG und Leitbild einer nachhaltigen Energie-und Klimaschutzpolitik
- Reduzierung der Treibhausgasemissionen zum Jahr 2050 um 80 - 95 % gegenüber dem Basisjahr 1990
- Für den Bereich der Landesverwaltung wird für den Zeitraum bis zum Jahr 2030 eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um 70 % gegenüber dem Stand von 1990 angestrebt
- Bis zum Jahr 2050 soll eine weitestgehend klimaneutrale Landesverwaltung erreicht werden
- Der Endenergieverbrauch muss bis 2050 um 47 % sinken, um weiterhin Versorgungssicherheit gewährleisten zu können
- Energieversorgung schrittweise auf 100 % erneuerbare Energiequellen umstellen
- Gewährleistung einer „verlässlichen, bezahlbaren sowie umwelt- und klimaverträglichen und damit langfristig nachhaltigen Energieversorgung“

[Nds. Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz]

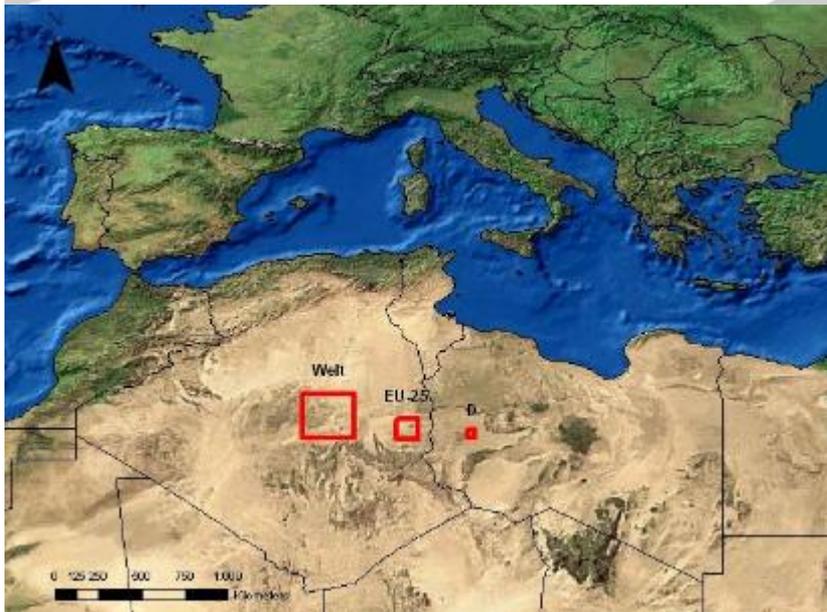
**Wie viel Platz benötigen wir,
um die gesamte Welt mit
Solarstrom zu versorgen?**



Quelle: Winter, Lisa: Eco-balance of a Solar Electricity
Transmission from North Africa to Europe
© 2016 Katapult BF

Wie viel Platz benötigen wir, um die gesamte Welt mit Solarstrom zu versorgen?

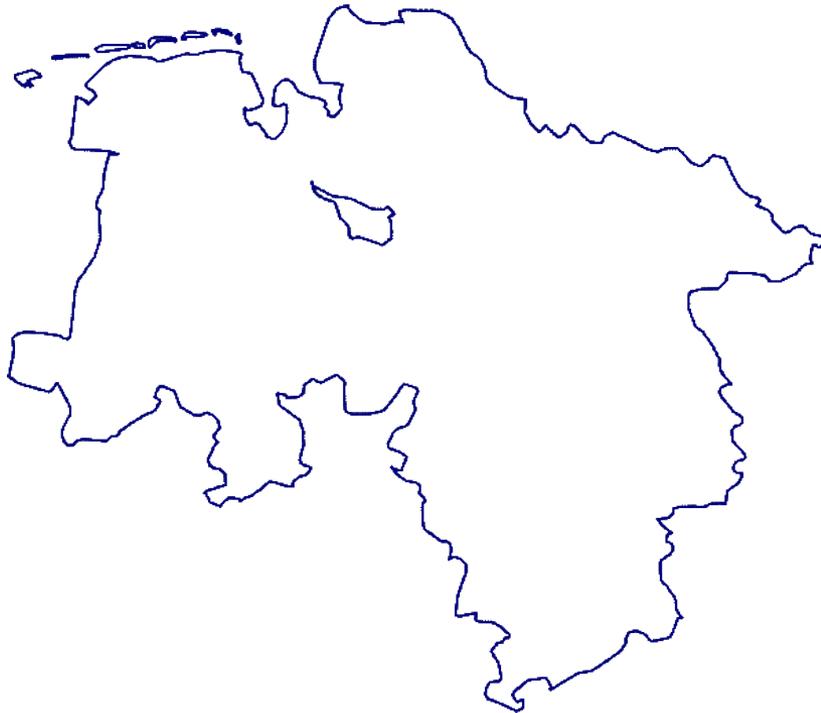
Ganze Welt 245 x 245 km
Europa 110 x 110 km
Deutschland 45 x 45 km



■ Welt ■ EU ■ GER

Quelle: Winter, Lisa: Eco-balance of a Solar Electricity
Transmission from North Africa to Europe
© 2016 Katapult BF

Potenzial der Photovoltaik in Niedersachsen



Flächen [ha]

Niedersachsen:	4.761.400
davon Industrie:	66.219
Für PV nutzbare Dachfläche: (Statik nicht berücksichtigt)	7.000
Installierte Leistung 2016:	3,6 GWp

- mögliche installierbare Leistung: 14 GWp
- möglicher Jahresertrag: 12.000 GWh

Stromverbrauch	
Industrie Niedersachsen:	25.000 GWh

Stromentstehungskosten von Energietechnologien in 2018

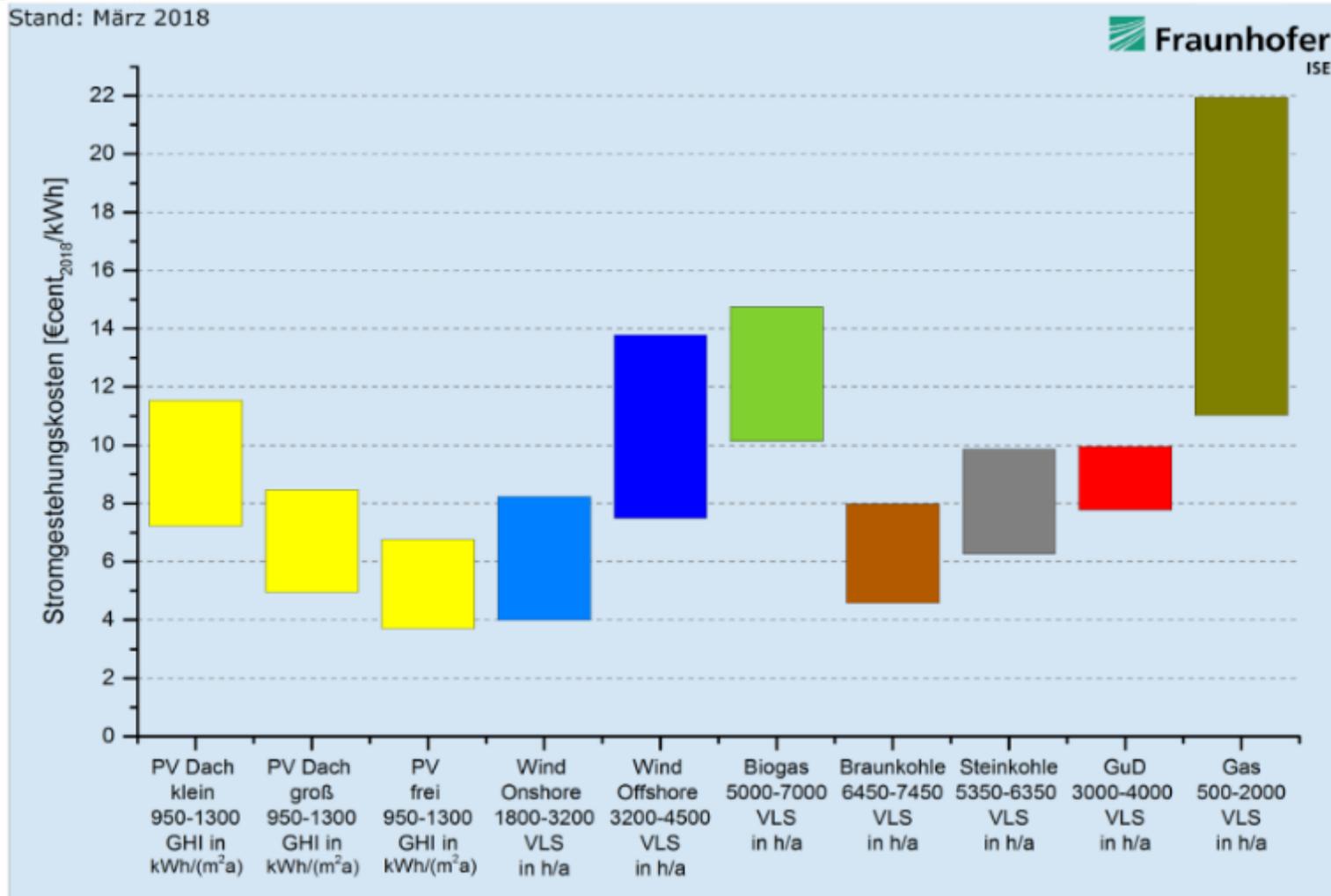
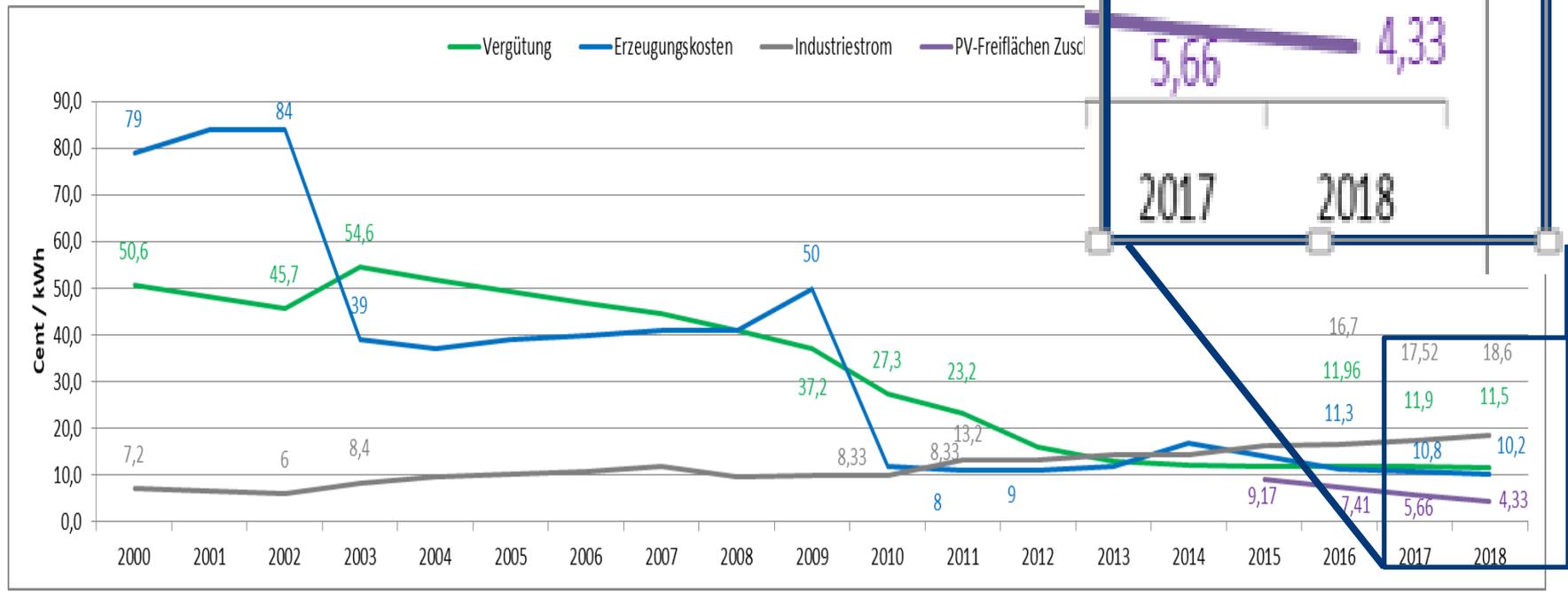


Abbildung 4: Stromgestehungskosten für erneuerbare Energien und konventionelle Kraftwerke an Standorten in Deutschland im Jahr 2018.

Entwicklung der Wirtschaftlichkeit von PV-Anlagen

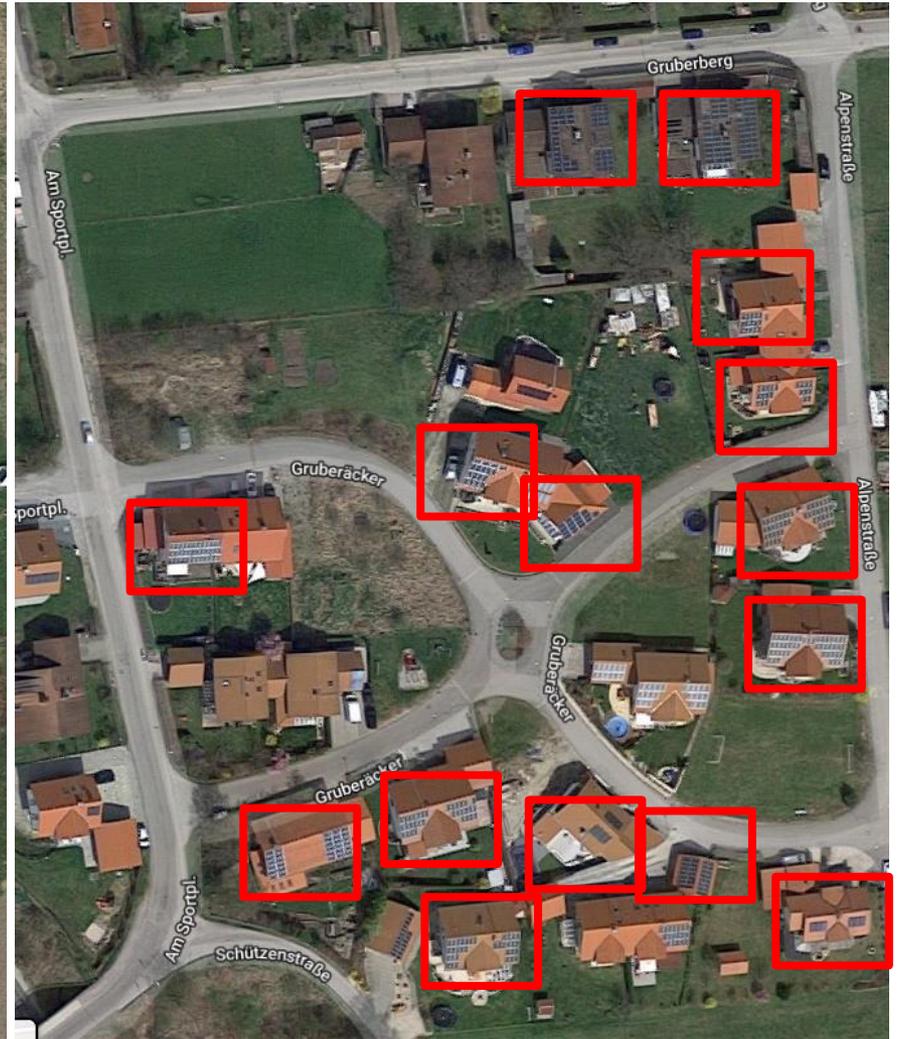
- PV-Stromerzeugungskosten auf unter 10 ct/kWh gesunken
- Industriestrombezugspreis auf ca. 19 ct/kW (inkl. Steuer) gestiegen ("bdew Studie")
- Vergütung für ins Netz eingespeisten PV-Strom liegt, abhängig von der Anlagengröße, bei 10 ct/kW (netto)
- Förderung für Freiflächenanlagen > 750 kWp auf ca. 4,33 ct/kW gefallen



Schätzfrage: Wo ist Bayern ? Wo Niedersachsen ?



Schätzfrage: Wo ist Bayern ? Wo Niedersachsen ?

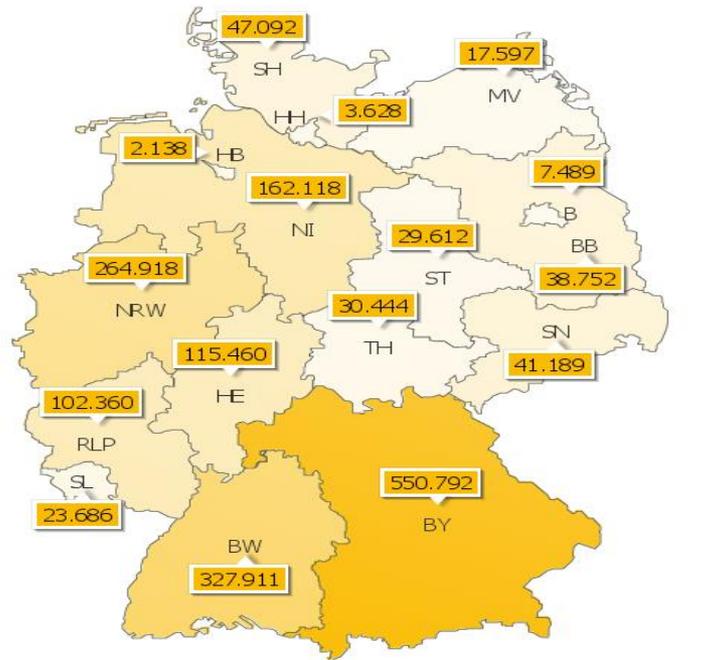


Bundesländer im Vergleich



Anzahl Photovoltaikanlagen

Jahr: 2018



Deutschland
1.765.186

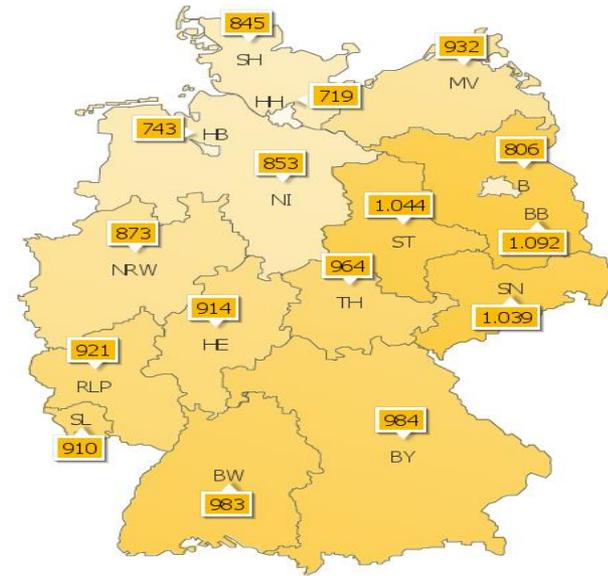


www.foederal-erneuerbar.de Quellen: BNetzA 2019a



Durchschnittliche Jahresvolllaststunden Photovoltaik

Jahr: 2015, in h/a



Deutschland
952



www.foederal-erneuerbar.de Quellen: BDEW 2016a

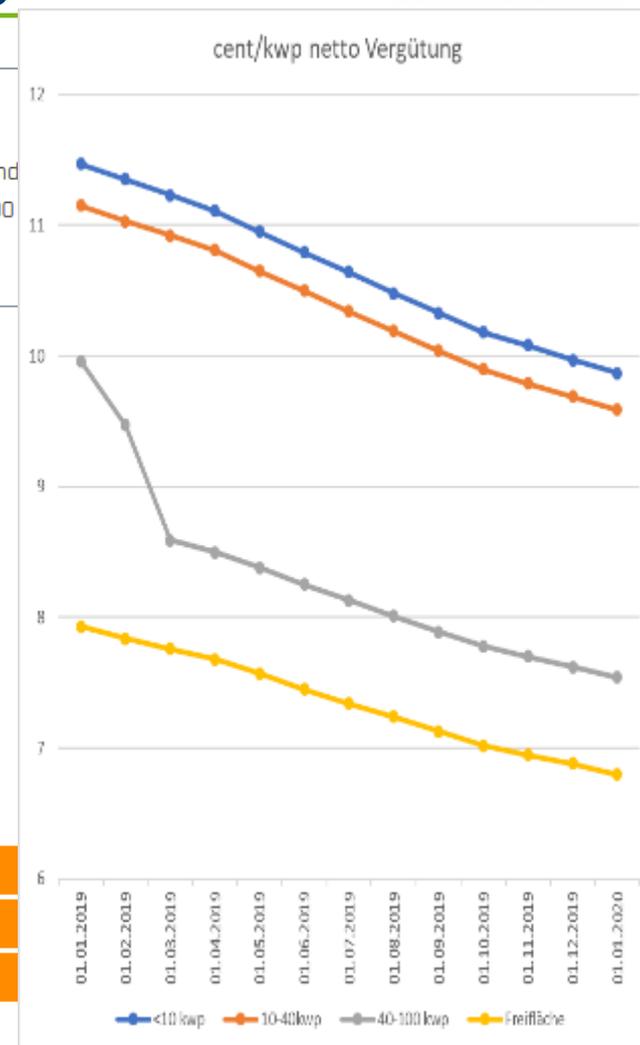
Anmerkungen:
Bei der Berechnung der Volllaststunden sind nur Anlagen berücksichtigt, die das ganze Jahr am Netz waren. Verzerrungen durch Neuanlagen, Abschaltungen oder Stillstände sind damit ausgeschlossen. In der hier dargestellten Durchschnittsangaben fließt der gesamte Anlagenbestand ein, die Werte von Neuanlagen liegen durch effizientere Techniken üblicherweise höher. Auch weisen Länder mit vielen Freiflächenanlagen wie etwa Brandenburg oder Sachsen-Anhalt höhere Volllaststunden auf als Länder, die eher durch Dachflächenanlagen geprägt sind wie etwa Baden-Württemberg oder die Stadtstaaten. Dies resultiert aus den besseren Möglichkeiten bei Positionierung und Technik, etwa über Nachführung der Module, bei Freiflächenanlagen. Natürlich sind die Volllaststundenzahlen aber auch stark von den jeweiligen Wetterbedingungen des Jahres beeinflusst.

„Solarscheunen“ in Bayern



Vergütungssätze ab 1.1.2019 PV Anlagen

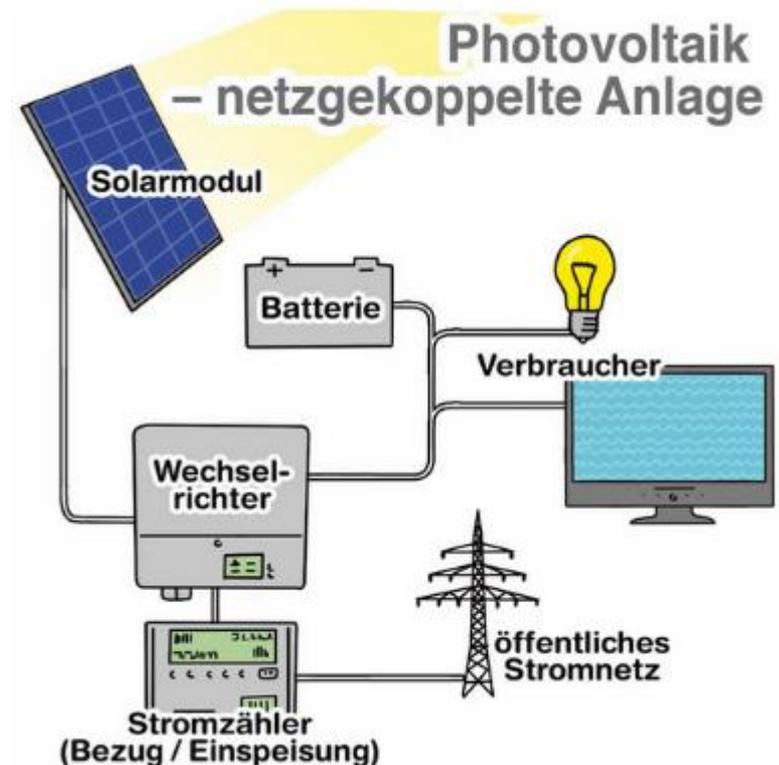
Inbetriebnahme	Dachanlagen bis 10 <u>kWp</u> (Ct/kWh)	Dachanlagen bis 40 <u>kWp</u> (Ct/kWh)	Dachanlagen bis 100 <u>kWp</u> (Ct/kWh)	Anlagen auf Nichtwohngebäuden im Außenbereich, Dachanlagen und Anlagen auf Freiflächen bis 100 <u>kWp</u> (Ct/kWh)
Ab 01.01.2019	11,47	11,15	9,96	7,93
Ab 01.02.2019	11,35	11,03	9,47	7,84
Ab 01.03.2019	11,23	10,92	8,99	7,76
Ab 01.04.2019	11,11	10,81	8,50	7,68
Ab 01.05.2019	10,95	10,65	8,38	7,57
Ab 01.06.2019	10,79	10,50	8,25	7,45
Ab 01.07.2019	10,64	10,34	8,13	7,34
Ab 01.08.2019	10,48	10,19	8,01	7,24
Ab 01.09.2019	10,33	10,04	7,89	7,13
Ab 01.10.2019	10,18	9,90	7,78	7,02
Ab 01.11.2019	10,08	9,79	7,70	6,95
Ab 01.12.2019	9,97	9,69	7,62	6,88
Ab 01.01.2020	9,87	9,59	7,54	6,80



Degressionsberechnung nach § 49 EEG 2017 Abs. 3 in Abhängigkeit vom Zubau.

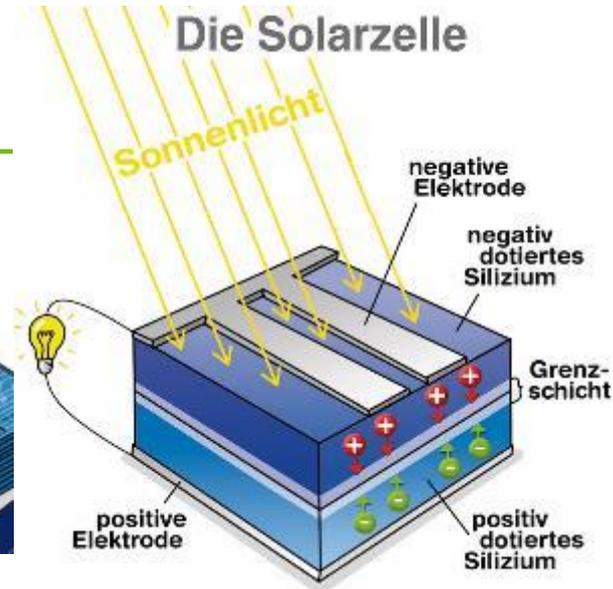
Bestandteile einer PV Anlage

- Module
sammeln die Sonnstrahlung ein
- PV Kabel
verbinden die Module mit dem WR
- Unterkonstruktion
verbindet die Module mit dem Gebäude
- Wechselrichter (WR)
wandelt den Gleichstrom der Module in Wechselstrom um und ist mit dem Stromnetz verbunden
- Stromzählerzähler
ist als Zweirichtungszähler Pflicht
- Zusätzliche Vorrichtungen
 - Überspannungsschutz
 - Datenerfassung und Onlineportal
 - Trenneinrichtungen usw...



■ Modultypen

■ Polykristalline Solarzellen



■ Monokristalline Solarzellen



■ Dünnschichtzellen

Der Wirkungsgrad von Dünnschichtmodulen ist geringer als der von kristallinen Zellen.

PV Module

- Poly oder Mono

Der Wirkungsgrad bei monokristallinen Modulen ist mit 16-21% höher als bei polykristallinen Solarmodulen mit ca. 13-16%. Daher sind polykristalline Module günstiger.

- Zellen Anzahl

60er sind Standard für Wohnhäuser

Tabelle 1: Beispiele für Solar modul-Größen je nach Anzahl von 6"-Zellen

Anzahl Zellen	Verteilung der Solarzellen	Größe Photovoltaik-Modul
36 Zellen	4 x 9	1500 x 690 mm
48 Zellen	6 x 8	1320 x 1000 mm
54 Zellen	6 x 9	1480 x 1000 mm
60 Zellen	6 x 10	1640 x 1000 mm
72 Zellen	6 x 12	2000 x 1000 mm



PV Module - Begriffe aus der Werbung

- Standard Module

Rahmen: Silber, Mono bzw. Poly 60 Zellen



- Black

Rahmen: schwarz

Aktuell teilweise preiswerter als Standard



- All Black / Full Black / Rückseite Black

Auch die Busbars (Zellenverbindungen) sind schwarz.

Die sonst weiße Rückseitenfolie kann auch in schwarz ausgeführt werden.

Hat eventuell im Bereich Denkmalschutz Vorteile.



PV Module - Begriffe aus der Werbung

- **Blendfreie Module**
Bei dichter Wohnbebauung und ungünstigen Konstellationen verhindern diese Module Probleme mit Anwohnern
- **Glas-Glas Module**
Mit Glas-Rückseite
- **Bifaciale PV-Module**
Sammeln beidseitig Energie, Einsatz z.B. Zäune
- **Transparente Module für z.B.: Terrassen**
- **Farbige Module**
Für besondere Einsatzfälle, z.B. beim Denkmalschutz.
Der Wirkungsgrad ist jedoch kleiner.



Materialen aus denen Module hergestellt werden und was geschieht nach Verwendung

- Die Zellen selbst sind aus Silicium
 - Silicium ist das zweithäufigste chemische Element
 - Früher Restmaterial aus Chipherstellung
- Aluminium → Rahmen
- Glas → Deckplatte oder auch Rückseite
- Kunststoff → Rückseite und Kabelisolierung
- Kupfer und Edelmetalle → Kabel und Leiterbahnen
- Lot → für die Verbindungen der Zellen
- **90 % des PV-Moduls werden recycelt**

- **Ab 2021 werden nennenswerte Mengen anfallen**
- **Für Privatpersonen und Installationsbetriebe kostenlos**
 - **Importeure/Hersteller sind verantwortlich (Elektronikgerätegesetz)**
- Lebensdauer der Module mindestens 25-30 Jahre
 - Ein Modul hat schon 100 Jahre Tests überstanden



Jahr	Abfallmenge in 1.000 t
2025	14 - 22
2030	162 - 223
2035	1.800 - 2.900
2050	4.900 - 9.600

PV Module - Begriffe aus Werbung / Technik

Steckertypen für die Verbindung der Module und zum Wechselrichter

MC4 von Multi-Contact

- Standard bei den meisten Modulen

Andere Stecker

- PV4 Solarlok
- H4 Amphenol Helios H4

- Falls verschiedene Stecker an den Modulen oder dem Wechselrichter angebracht sind können die in der Regel getauscht werden (Hersteller fragen !!)

Niemals unter Last stecken oder trennen !



Multi-Contact MC4 Stecker

- Solar-Stecker
- Solar-T-Verteiler
- konfektionierte Solarkabel
- Crimpwerkzeug

Multi-Contact MC4 Stecker **jetzt anzeige**



Amphenol Helios H4 Solar-Stecker

- steckkompatibel zu MC 4 Solar-Steck
- Solar-Stecker
- Crimpwerkzeug

Amphenol Helios H4 Solar-Stecker **jetzt**



Wieland PST40i1 Solar-Stecker

- steckkompatibel zu MC 4 Solar-Steck
- Solar-Stecker
- Crimpwerkzeug

Wieland PST40i1 Solar-Stecker **jetzt an:**



Weidmüller PV-Stick

- Solar-Stecker mit Push In Anschluss
- stecken, drehen, fertig
- kein Crimpwerkzeug erforderlich
- Steckgesicht entsprechend MC4

Weidmüller PV-Stick **jetzt anzeigen!**

PV Solarkabel

- Querschnitt von 4 mm² bis 25 mm²
- Meist 4-6 mm²
- Das sollten die Kabel können:
 - Witterungs- und UV-Beständigkeit nach HD 605/A1
 - Spannungsfestigkeit bis etwa 1.000 V
 - Säuren- und Laugenbeständigkeit nach EN 60811-2-1
 - Ozonbeständigkeit nach EN 50396
 - Für Temperaturbereiche von - 40° C bis + 125° C geeignet
 - Abriebfestigkeit / Mechanische Festigkeit
 - Kurzschlussfestigkeit selbst bei hohen Temperaturen von 250° C
 - Geringe Außendurchmesser, um Platz zu sparen
 - Flammwidrigkeit nach IEC 60332-1-2
 - Halogenfrei nach EN50267-2-2
- Erfahrungen aus der Praxis
 - Farbige Kabel für die Zuleitungen verwenden (blau= - , rot = +)
 - Kabel in Rohren führen, eventuell nach plus/minus getrennt
 - Bei unseren Anlagen in Regenfallrohren außen am Haus
 - Bei der Verlegung auf korrekte Befestigung achten



Unterkonstruktion

- Hält die Module auf dem Haus
 - Windlasten (Druck und Sog!!)
 - Schneelasten
 - Temperaturunterschiede auf dem Dach sind extrem -40 bis +70
- Für verschiedene Dacheindeckungen werden verschiedene Systeme angeboten
- Bei Flachdächern bis zu bestimmten Winkeln können Systeme mit Ballastierung verwendet werden. Dadurch wird die Dachhaut nicht durchdrungen.
- Auf die Verlegung der Kabel ist zu achten!
- Kosten sind nicht vernachlässigbar !
- **Das Dach sollte nach Montage der PV Anlage noch dicht sein !!**



Wechselrichter / Stringwechselrichter

■ Stringwechselrichter

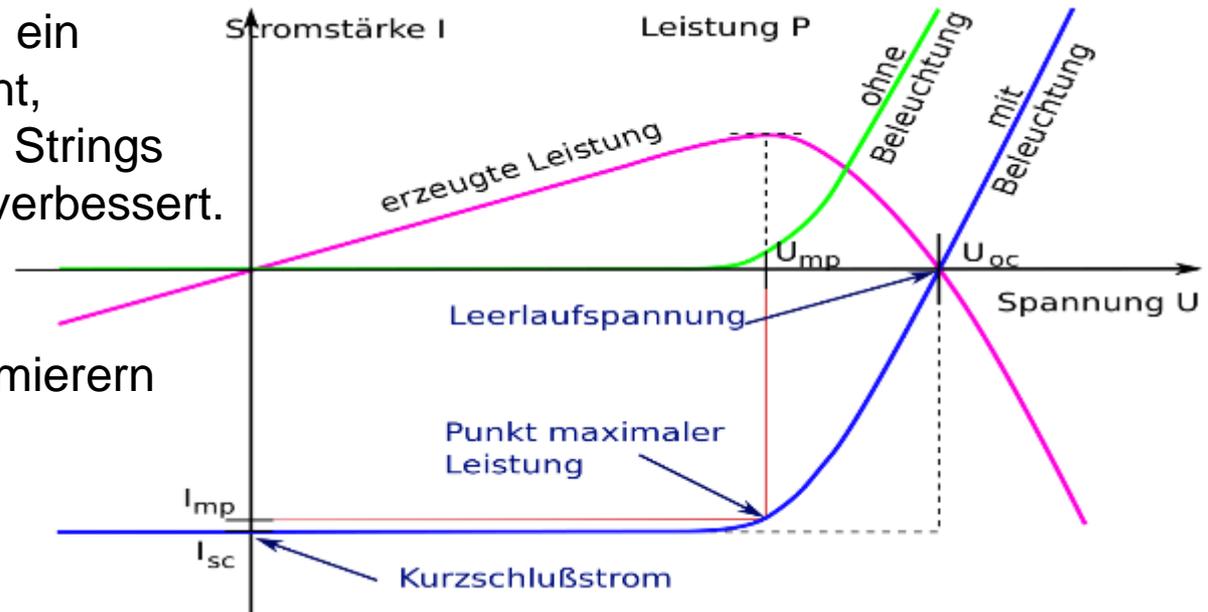
- Die Module werden zu Strings zusammen gefasst und der Wechselrichter wandelt zentral den Gleichstrom in Wechselstrom
- Jedes Modul erzeugt eine Spannung
- Der Strom der durch alle Module fließt ist gleich
- Die Spannungen addieren sich
- Die Anzahl der Module muss auf den Wechselrichter angepasst sein
- **Das schwächste Modul bestimmt die Leistung aller anderen Module!**
- Jeder MPP Tracker hat eine Mindest- und eine Maximalspannung
- Meist besitzen die WR mehr als 1 MPP Tracker so dass mehr als 1 String angeschlossen werden kann. Meist sind es 2 manchmal auch drei Strings.
- Auf der nächsten Folie sind die nötigen Daten für die Auslegung dargestellt
- **Die Auslegung sollte ein Fachmann vornehmen!**



MPP Tracking für Interessierte

- Modulwechselrichter
 - Der WR muss ständig den optimalen Betriebspunkt des Strings suchen. Das macht eine elektronische Schaltung der MPP Tracker
- https://de.wikipedia.org/wiki/Maximum_Power_Point_Tracking

- Neuere WR besitzen ein Schattenmanagement, das die Leistung des Strings bei Verschattungen verbessert. Einige Hersteller meinen, dass dann der Einsatz von Optimierern nicht nötig ist



Technische Daten der Kostal Plenticore Plus Familie

Leistungsklasse		4.2	5.5	7.0	8.5	10
Max. PV-Leistung ($\cos \varphi = 1$)	kWp	6,3	8,25	10,5	12,75	15
Max. PV-Leistung pro DC-Eingang	kWp	6,5				
Nominale DC Leistung	kW	4,33	5,67	7,22	8,76	10,31
Bemessungseingangsspannung ($U_{DC,r}$)	V	570				
Start Eingangsspannung ($U_{DCstart}$)	V	150				
Eingangsspannungsbereich ($U_{DCmin} - U_{DCmax}$)	V	120...1000				
MPP-Bereich bei Nennleistung im Ein-Tracker-Betrieb ($U_{MPPmin} - U_{MPPmax}$)	V	350...720 ³⁾	450...720 ³⁾	-	-	-
MPP-Bereich bei Nennleistung im Zwei-Tracker-Betrieb ($U_{MPPmin} - U_{MPPmax}$)	V	180...720 ³⁾	225...720 ³⁾	290...720 ³⁾	345...720 ³⁾	405...720 ³⁾
MPP-Bereich bei Nennleistung im Drei-Tracker-Betrieb ($U_{MPPmin} - U_{MPPmax}$)	V	140...720 ³⁾	160...720 ³⁾	195...720 ³⁾	230...720 ³⁾	275...720 ³⁾
MPP-Arbeitsspannungsbereich ($U_{MPPworkmin} - U_{MPPworkmax}$)	V	120...720 ³⁾				
Max. Arbeitsspannung ($U_{DCworkmax}$)	V	900				
Max. Eingangsstrom (I_{DCmax}) pro DC-Eingang	A	13				
Max. PV-Kurzschlussstrom ($I_{SC,PV}$) pro DC-Eingang	A	16,25				
Anzahl DC-Eingänge		3				

■ Modulwechselrichter

- Bei Modulwechselrichtern sitzt an jedem Modul ein Wechselrichter, der den Gleichstrom in Wechselstrom wandelt
- Das wird z.B. bei den seit 2019 erlaubten „Balkonanlagen“ so gemacht
- Vorteil: jedes Modul wird optimal ausgenutzt
- Nachteil: etwas verminderte Leistung

■ Optimierer

- Um den Nachteil bei Teil-verschatteten Anlagen auszugleichen, werden Moduloptimierer eingesetzt.
- Sie optimieren die Ausgangsleistung für das Modul

■ SolarEdge

- Solaredge setzt an jedem Modul Optimierer ein, so dass der Solaredge Wechselrichter nicht mehr für das MMP Tracking zuständig ist
- Dies ermöglicht ein Monitoring jedes einzelnen Moduls und längere Strings



Planung einer Anlage

- Bedarf / Wünsche
 - Verbrauchsdaten
 - Geplante neue Verbraucher
 - Elektromobilität
 - Wärmepumpe
 - Schwimmbad
 - Sauna
 - Eigenverbrauch
 - Autarkie
- Möglichkeiten
 - Dachflächen / Ausrichtung
 - Terrassen
 - Hausanschluss → Energieversorger
 - Hausanschluss technisch

Planung einer Anlage - Bedarf / Wünsche

- Verbrauchsdaten
 - Aus der Stromrechnung ersichtlich oder Schätzung
- Geplante neue Verbraucher
 - Elektromobilität
 - Bedarf berechnen (Jährliche Fahrleistung in km * Verbrauch des Autos kwh/100km * Prozentsatz des Ladens zuhause /100
 - Beispiel: $25.000 \text{ km} * 20 \text{ kwh}/100\text{km} * 50\% / 100 = 2.500$
 - Wärmepumpe
 - Heizungsfachmann oder Energieberater fragen
 - Eigenverbrauch
 - Ohne Akku sind es normalerweise 25 - 30 %
 - Mit Akku ca. 80 %
 - Autarkie
 - Schwierig bzw. nicht möglich oder sinnvoll
- **Fazit: So groß wie möglich bauen! Dächer voll belegen!**

Planung einer Anlage - Möglichkeiten

- Globalstrahlung
 - Deutschland Durchschnitt: 1.050 kWh/m²*a
 - Norddeutschland: < 950 kWh/m²*a
 - Süddeutschland: > 1.200 kWh/m²*a
- Dachneigung
 - Neigungswinkel zwischen 30° und 35°
 - Norddeutschland: eher steiler
 - Süddeutschland: eher flacher
 - Heute meist ohne Aufständering
- Himmelsrichtung
 - Optimale Ausrichtung: 0° Süden
 - Verluste unter 5 % bei Südost/Südwest
 - Verluste ca. 20 % bei Ost/West



- **Alles kann vom Solarteur simuliert werden - inkl. Verschattungen!**

Planung einer Anlage - Hausanschluss

- **Netzbetreiber**
 - Bis 30,0 kwp muss die Anlage angeschlossen werden
Sollte das Kabel zu schwach sein muss der Netzbetreiber auf seine Kosten ein neues verlegen
 - Es zählen ALLE Anlagen an der Anschlussstelle
 - Über 30,0 kwp erfolgt eine Prüfung der Zuleitung
Bei zu kleiner Zuleitung muss der Kunde die Kosten tragen
- **Hausanschlusskasten/Zählerplatz**
 - Die bisher gültige VDE-AR-N 4101 wurde am 1.4.2019 von der VDE-AR-N 4100:2019-04 abgelöst und ist für alle neu zu errichtenden Zähleranlagen bindend.
 - **Das bedeutet unter Umständen einen neuen Schrank !**



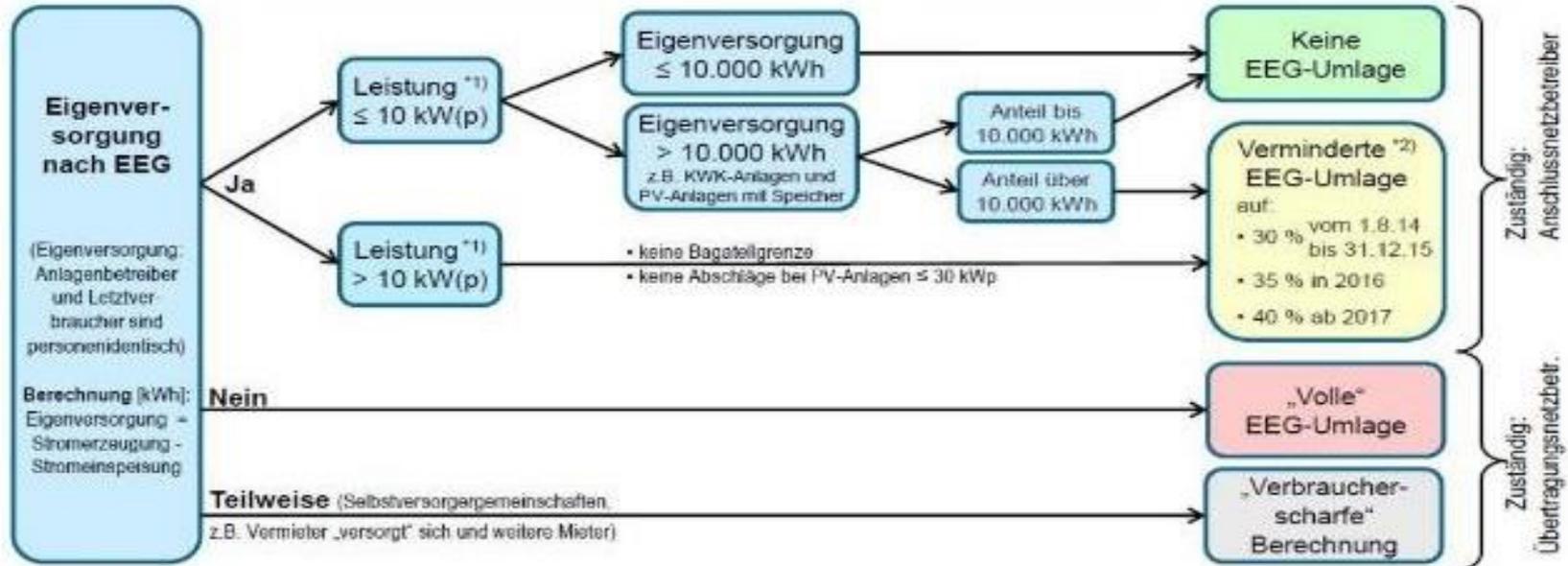
Auswahlmatrix zur EEG-Umlage § 61 ff EEG 2017

Prozessablauf zur EEG-Umlage auf Eigenversorgung



Abwicklung der Eigenversorgung nach EEG 2014

(betrifft insbesondere Stromerzeugungsanlagen mit Inbetriebnahme ab 1.8.2014)



Hinweis: Diese Grafik kann nicht alle Regelungen des EEG und der Ausgleichsmechanismusverordnung abbilden.

^{*1)} § 32 Abs.1 EEG 2014 „Anlagenzusammenfassung“ ist zu beachten.

^{*2)} Eine verminderte EEG-Umlage ist nur für EE-Anlagen bzw. hocheffiziente KWK-Anlagen möglich, weitere Voraussetzung sind die Einhaltung von Meldepflichten.

Kalkulation einer PV Anlage

- Mit der Angebotserstellung erhält man eine Kalkulation der Wirtschaftlichkeit der Anlage unter Berücksichtigung von:
 - Standort (Globalstrahlung)
 - Ausrichtung (Süd – Ost – West)
 - Verschattungen
 - Kosten der Anlage
 - Eigenverbrauchsanteil
- Dabei sind die Annahmen der Stromkosten zu prüfen
 - Steigerungsraten von 5% werden teilweise angenommen, ob die realistisch sind muss jeder selbst entscheiden
- Da es eine Investition für einen Zeitraum von 20+x Jahren ist sind in den Angeboten viele Annahmen enthalten
- Wer klein anfangen möchte kann auch eine Balkonanlage betreiben
 - bis 600 Wp erlaubt, Steckdosenzustand beachten
 - Diese sind selbst beim Netzbetreiber zu melden

Kalkulationsrechenblatt

- **Überschlagsrechnung**
 - Ohne Zinsen
 - Ohne Preissteigerung
 - Ohne Steuern
- **Nötige Daten**
 - Ertrag je kWp
 - Kosten je kWp
 - Verbrauch
 - Strompreis

1	Kosten PV Anlage je kWp	1.200,00 €
2	Ertrag je kWp	850 kW/kWp
3	Laufzeit	20 Jahre
4	Gesamtertrag in Laufzeit	17000 kWh
5	Kosten je kWh	7,06 Cent/kWh
8	Strompreis	26,05 Cent/kWh
9	Jahresverbrauch	4500 kWh
10	Eigenverbrauchsanteil	33%
11	EEG Vergütung	9,74 Cent/kWh
12	Kosten je Jahr 100% Zukauf	1.172,27 €

18	Anlagengröße	10,0 kWp	
19	Anlagenkosten	11.988,00 €	Über die Laufzeit
20	Jahresertrag	8492 kWh	169830 kWh
21	Ersparniss je Jahr aus Eigenverbrauch	282,03 €	5.641 €
22	Einspeisung je Jahr	7007 kWh	140130 kWh
23	Vergütung je Jahr aus EEG	682,43 €	13.649 €
24	Ertrag nach 20 Jahren		19.289 €
24	Gewinn		7.301 €

PV Anlagenkosten 2019/2020

Solarstromanlagen mit kristallinen Solarmodulen kosten gegenwärtig 1.000 - 1.800 €/kWp. Anlagen mit Dünnschichtmodulen sind in der Anschaffung deutlich günstiger, die Kosten sind gegenwärtig rund 700 - 1.300 €/kWp, sie benötigen für denselben Ertrag aber die ca. 1,5-fache bis bis doppelte Modulfläche.

In absoluten Zahlen ausgedrückt sind es derzeit folgende Richtwerte:

Die Kosten für eine PV-Anlage

- mit 3 kWp belaufen sich aktuell auf ca. 5.500 €,
- mit 6 kWp ca. 9.000 € und
- mit 9 kWp ca. 13.000 €.

Darin sind enthalten

- ca. 40-50 % für den PV-Generator/die Photovoltaikmodule auf dem Dach
- ca. 15-20 % (1.000 - 2.000 Euro) Photovoltaik-Kosten auf der Anschaffungsseite für den Wechselrichter,
- ca. 10-15 % für die weniger auffälligen Anlagenteile wie Kabel, Anschlüsse, Klemmen, Dachhaken, Unterkonstruktion etc.
- ca. 15-20 % Handwerkskosten für PV-Montage, Gerüst und Installationsarbeiten

Abfolge nach Beauftragung

- Anlage im Marktstammdatenregister anmelden (Anlage in Planung)
 - <https://www.marktstammdatenregister.de>
 - Der Betreiber ist dazu verpflichtet!
- Altanlagen müssen übertragen werden!
 - Bis zum 31.12.2019 sind Stromspeicher, die ausschließlich mit erneuerbarem Strom geladen werden, als eigenständige Einheit im MaStR zu registrieren.

Art der Anlage	Inbetriebnahmedatum	Registrierungsfrist
EEG- und KWK-Anlagen	vor dem 1. Juli 2017	31. Januar 2021
EEG- und KWK-Anlagen	ab dem 1. Juli 2017	1 Monat nach Inbetriebnahme der Anlage
Abweichende Regelung für zwischen 1.7.2017 und 31.1.2019 registrierte EEG- und KWK-Anlagen in Betrieb*	nicht relevant	Eintragung im Webportal bis 31. Januar 2021



Abfolge nach Beauftragung

- Anlage wird vom Solarteur oder Elektriker beim Netzbetreiber angemeldet bzw. die Errichtung wird angefragt
- Nach erfolgter „Genehmigung“ kann der Bau beginnen
- Inbetriebnahme-Tag
 - Der Tag der Inbetriebnahme ist der Stichtag für die EEG Vergütung
 - Alle Module und der Konverter müssen montiert und verbunden sein
 - Die Anlage muss eingeschaltet werden
 - Dazu muss die Anlagen nicht zwingend mit dem Netz verbunden werden; da jedoch die meisten Konverter ohne Netzspannung nicht hochfahren, muss der Konverter mit dem Netz verbunden werden
 - Die Funktion des Konverters und die Module müssen fotografisch dokumentiert werden
 - Danach MUSS die Anlage wieder außer Betrieb genommen werden da ein Einspeisen ohne den neuen Zähler NICHT erlaubt ist!

Abfolge nach Beauftragung

- Der Betreiber muss die Anlage im Marktstammdatenregister als betriebs-bereit melden. Die Bestätigung muss dem Netzbetreiber übergeben werden.
- Der Solarteur meldet die Inbetriebnahme beim Netzbetreiber
- Der Netzbetreiber beauftragt die Zählersetzung
- Vereinbarung Termin zur Zählersetzung

Der Zeitraum zwischen Inbetriebnahme und Zählersetzung liegt zwischen 1-8 Wochen. In dieser Zeit ist ein Betrieb der Anlage verboten.

- Der Zähler wird gesetzt, evtl. werden dabei Einspeisebegrenzungen geprüft
- Nach Zählersetzung erhält der Betreiber den Rechnung für die Zählersetzung
- Vom Netzbetreiber werden die monatlichen Abschläge berechnet und dem Betreiber mitgeteilt
- Umstellung auf jährliche Zahlung ist möglich.
- Die Mehrwertsteuer kann vom Finanzamt zurückgeholt werden
 - Kleinunternehmer oder nicht Man muss sich entscheiden ;-)

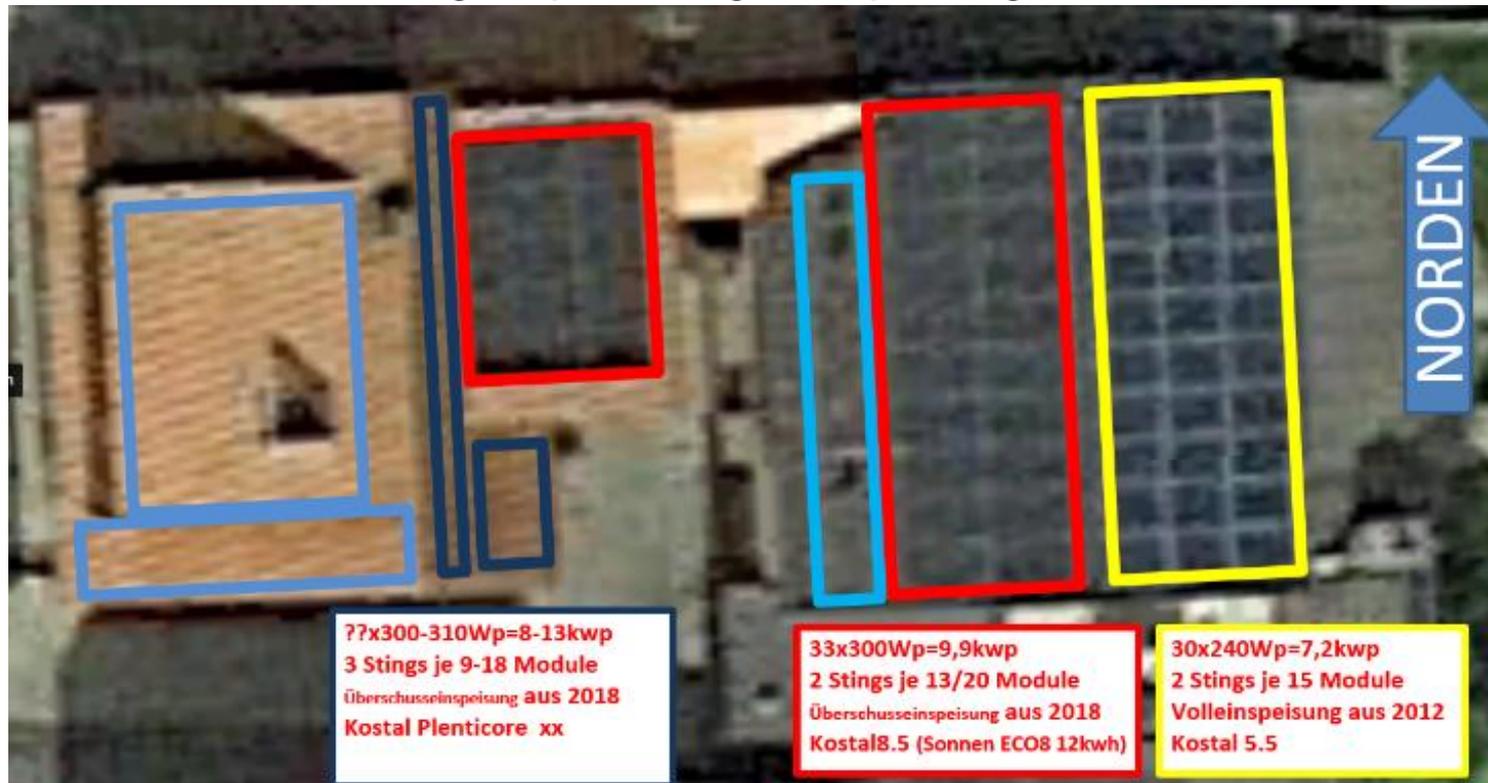
Konkrete Schritte zum Bau einer Anlage

- Solarteure finden (Internet, Empfehlungen von PV Anlagen Besitzern..)
 - Daten zum Stromverbrauch kennen
 - Stromanschluss und sonstige Räume für Besichtigung vorbereiten
- Termin zur Besichtigung und Gespräch vereinbaren (1-2 Stunden)
 - Im Gespräch alle Wünsche angeben
 - Mindestens 3 verschiedene Firmen anfragen/Angebote einholen
- Wichtige Punkte für das Gespräch
 - Größe der Anlage
 - Speicher
 - Gerüst bzw. Baustelleneinrichtung
 - Anmeldung beim Netzbetreiber und Elektroarbeiten
 - Termine
 - Wartungsvertrag

Planung einer Anlage - Möglichkeiten

Dachflächen

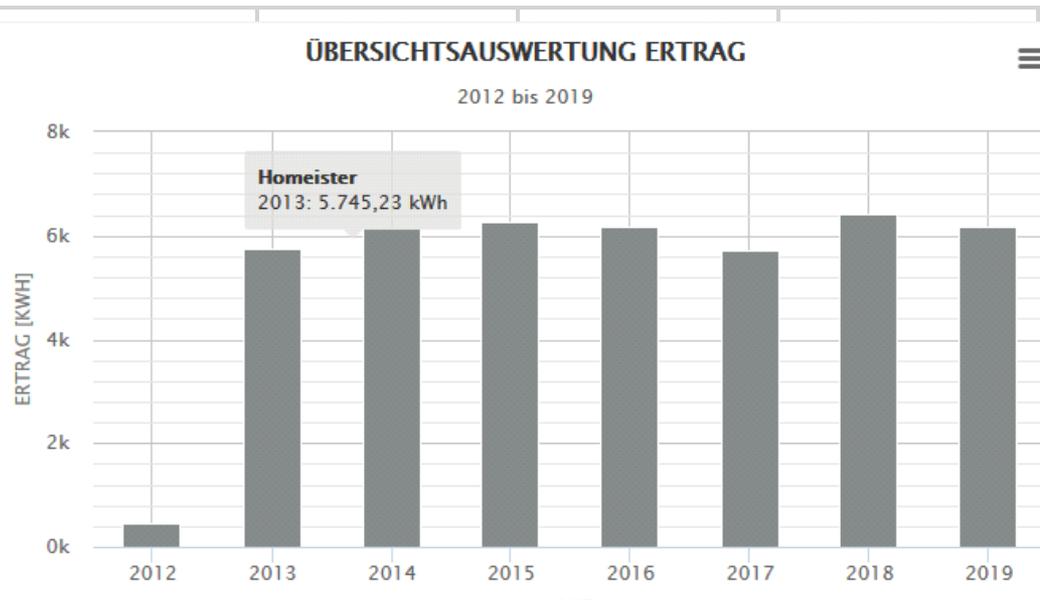
- Vorhandene Dachflächen bewerten:
Dachfenster / Ausrichtung / Dacheindeckungsart usw.
- Eine erste Bewertung ist per Google Maps möglich



- Ausrichtung Ost
- Standort Bad Salzdetfurth
- 30x240 wp Poly Module (Canadian Solar)
- Kostal Piko 5.5
- Abregelung auf 70 %
- Vergütung 18,36 ct/kWh seit 07/2018 in Volleinspeisung



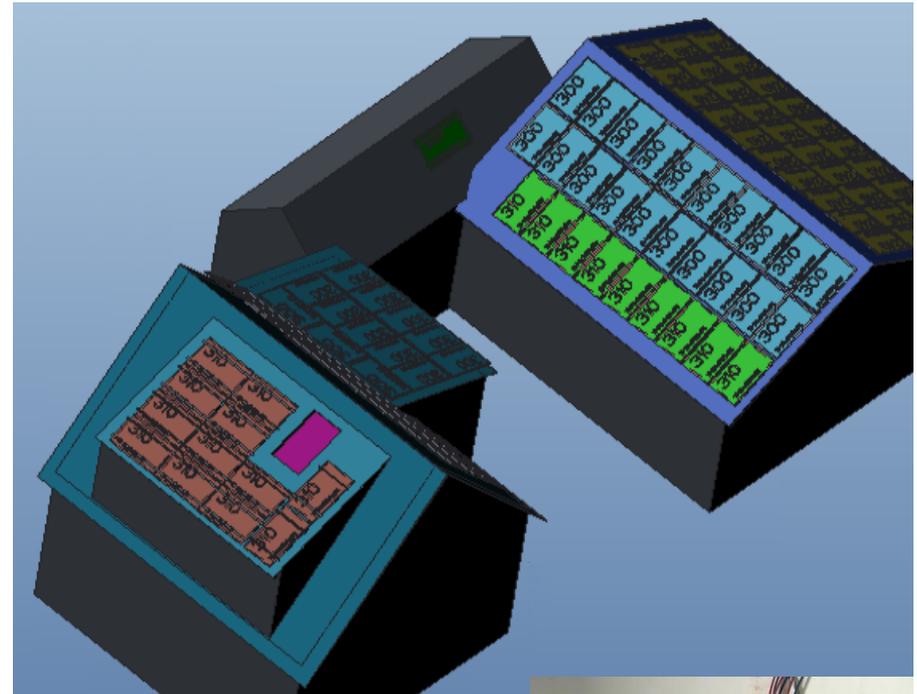
Jahr	Ertrag	kWh/kWp
2012	447	843
2013	5745	798
2014	6137	852
2015	6259	869
2016	6159	855
2017	5723	795
2018	6414	891
2019	6173	857



- Ausrichtung Ost/West
- Standort Bad Salzdetfurth
- 33 x 300 wp Mono Module (Hyundai)
- Kostal Piko 8.5
- Abregelung auf 50 % dynamisch
- Sonnenbatterie eco 8.0
- 6750er Sonnenflat (Fa. Sonnen)
- 22kw Sonnencharger (Fa. Sonnen)
- Eigenverbrauch
- Stromverbrauch ca. 6200 kWh
- EEG Vergütung 12,2 ct/kWh



- Ausrichtung Ost/West
- Standort Bad Salzdetfurth
- 19 x 310 wp Mono Module
23 x 300 wp Mono
(Hyundai)
- Kostal Plenticore Plus10
- Abregelung auf 70 % fest
- Volleinspeisung
- EEG Vergütung 10,34 ct/kWp
- Perspektive 2020:
Wärmepumpe



Anlage 3: 2019

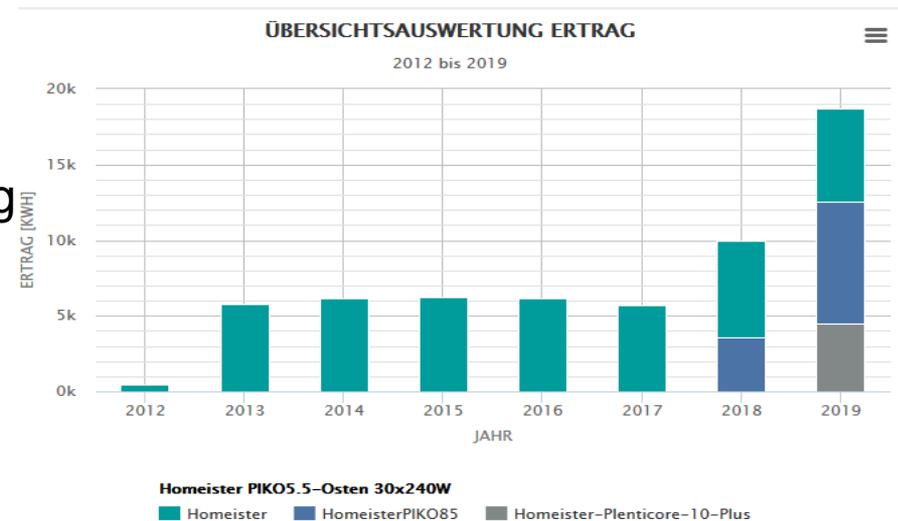
- String 1
 - 19 x 310 Ost 50°
- String 2
 - 12 x 300 West 25°
 - 1 x 300 Tigo West 50°
- String 3
 - 9 x 300 West 25°
 - 1 x 300 Tigo Süd 30°
- 19 x 310 + 23 x 300 = 12,79 kWp



Gesamtübersicht

Nr.	Module	Wp	Module	WR	Leistung	Wp/PWR	Drosselung	Pmax. Eff.
1	30x240	7200	30	Piko 5.5 Gen1	5500	1,31	70%	5040
2	33x300	9900	33	Piko 8.5 Gen2	8500	1,16	50%	4950
3	19x310/23*300	12790	42	Plenticore Plus 10	10000	1,28	70%	8953
		29890	105	30kWp Grenze zum Schutz des Hausanschlußkabels				18943
								Alle Tabellenwerte in Watt

- 30 kWp Grenze pro Hausanschluss ist nicht gerecht!
- 105 Module mit 29,89 kWp Leistung
- Erntewerte zum 15.11.2019
 - 59,19 MWh (59190 kWh)
 - 41,43 t CO2 Einsparung



Ertrag (komplett)	59,19 MWh	CO2 Einsparung	41,43 t
Eigenverbrauchsquote	---	Autarkiegrad	---
Ergütung	---	Eingesparte Stromkosten	---

- **Kostal Plenticore Plus 10**
 - 3 MPP Tracker
 - Schattenmanagement
 - 1 MPP Tracker für Akkuanbindung nutzbar
- **Kostal Piko 8.5**
 - 2 MPP Tracker
 - Schattenmanagement



A screenshot of the DC power display on the inverter. It shows the title 'Aktuelle DC-Leistung' and a table with columns for DC channel, Voltage (U), Current (I), and Power (P). The IP address 192.168.78.150 is visible at the bottom.

	U	I	P
DC 1	423 V	4.6 A	1950 W
DC 2	599 V	4.0 A	2386 W
DC 3	311 V	6.4 A	1985 W

192.168.78.150

- **Kostal Piko 5.5**
 - 3 MPP Tracker



A screenshot of the AC power display on the inverter. It shows the title 'Aktuelle AC-Leistung' and a table with columns for Phase, Voltage (U), Current (I), and Power (P). The status 'Einspeisen abgeregelt' is visible at the bottom.

	U	I	P
Phase 1	237 V	0.4 A	32 W
Phase 2	237 V	0.4 A	35 W
Phase 3	237 V	0.4 A	35 W

Einspeisen abgeregelt

Batteriespeicher

- Batterie der Firma Sonnen
SonnenBatterie eco 8.0
- 6 Module je 2 kWh
- 12 kWh Kapazität
- Ausbau auf 16 kWh möglich
- Konverterleistung 3,3 kw
- Aktuell 222 Vollladezyklen
- In Betrieb seit 08/2018



Anlage 2: West 20x300 Wp



Anlage 2: Ost 13x300 Wp



PV Anlagen im Landschaftsbild



Eindrücke aus der Bauphase Anlage 3



Tigo
Optimierer



Blick in den Hausanschlusskasten



Grössere Stromschielen für 22 kW
Sonnencharger (Wallbox)

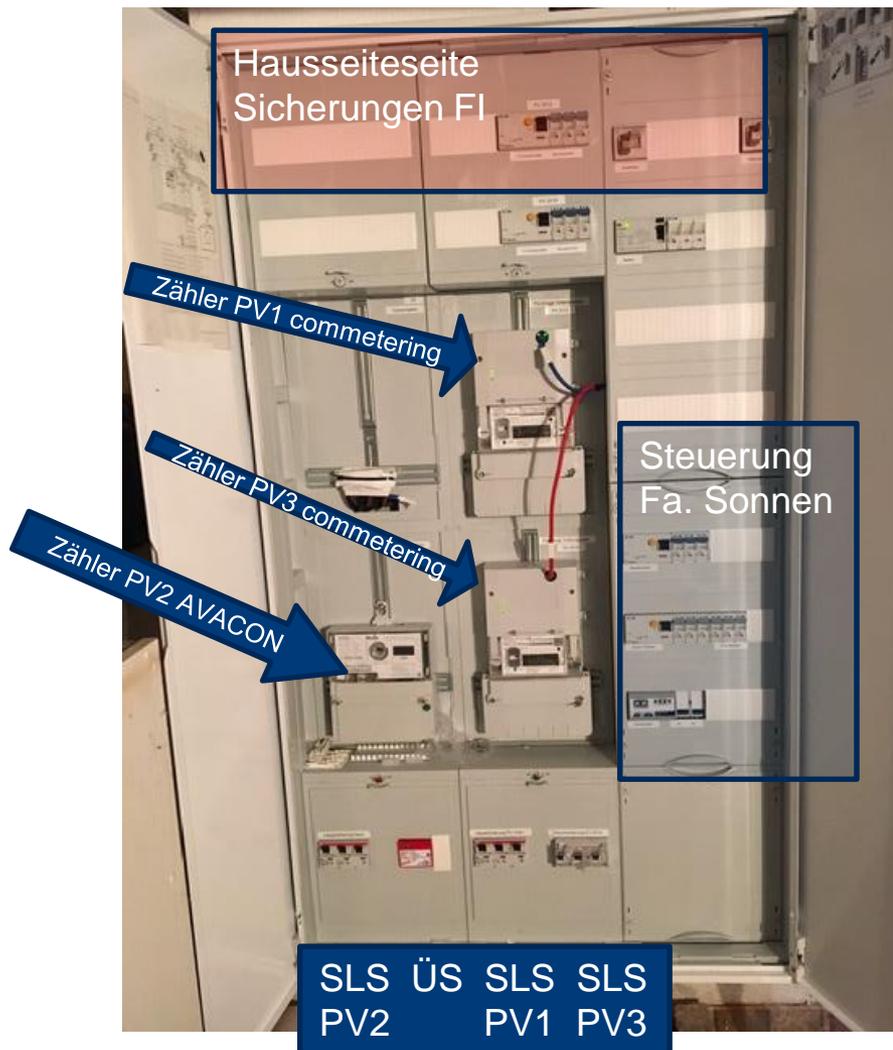


Netzwerk und MODBUS für die
Steuerung der Sonnenbatterie
und die Zähler

Überspannungsschutz seit
dem 1.4.2019 Pflicht bei
Anschluss von PV Anlagen
(AVACON > 10 kWp)
400-500 €



Aktueller Stand (drei Zähler PV1+PV3 und Verbrauch mit PV2)

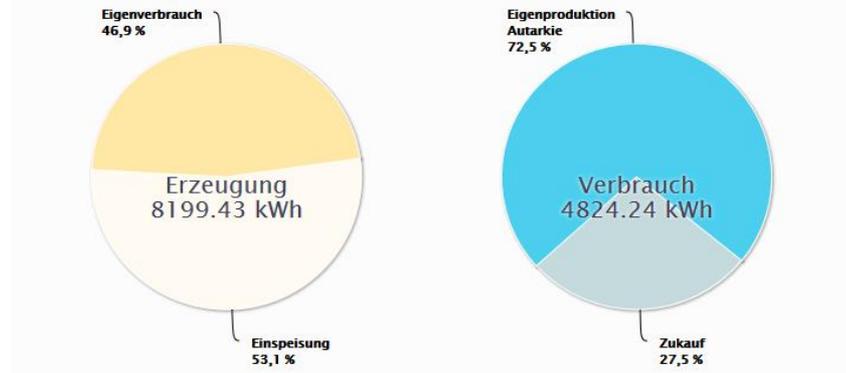
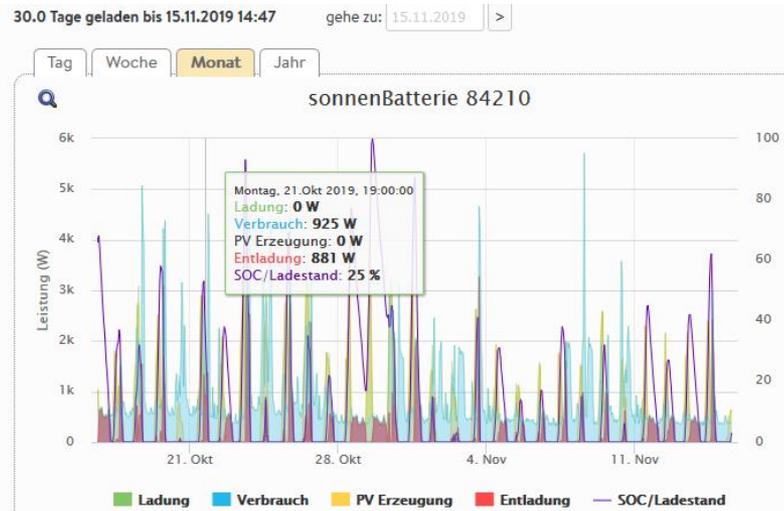
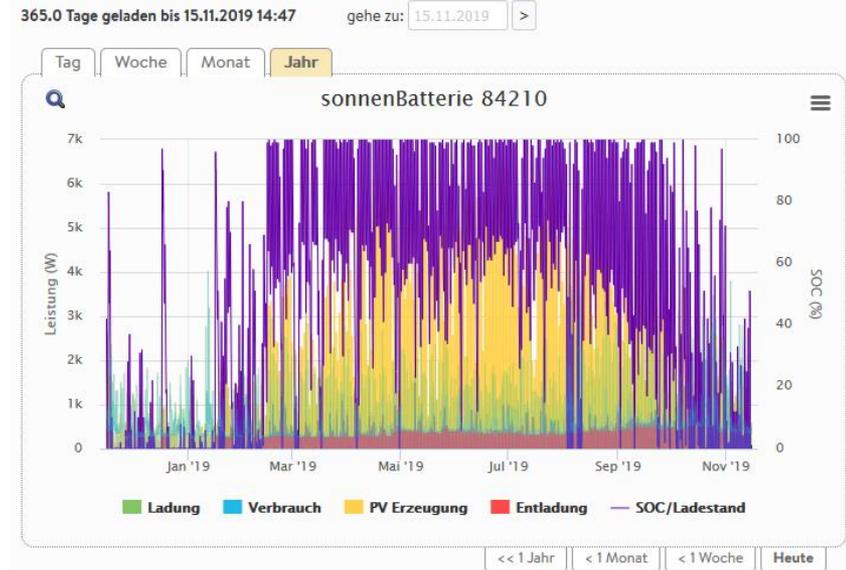
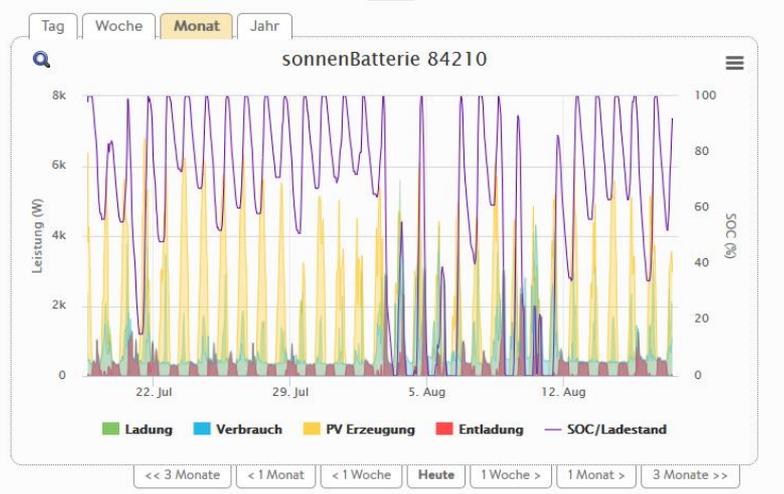


- Hausanschluss
- 1400 Höhe

TAR Niederspannung VDE-AR-N 4100 Berichtigung 1 2019-10

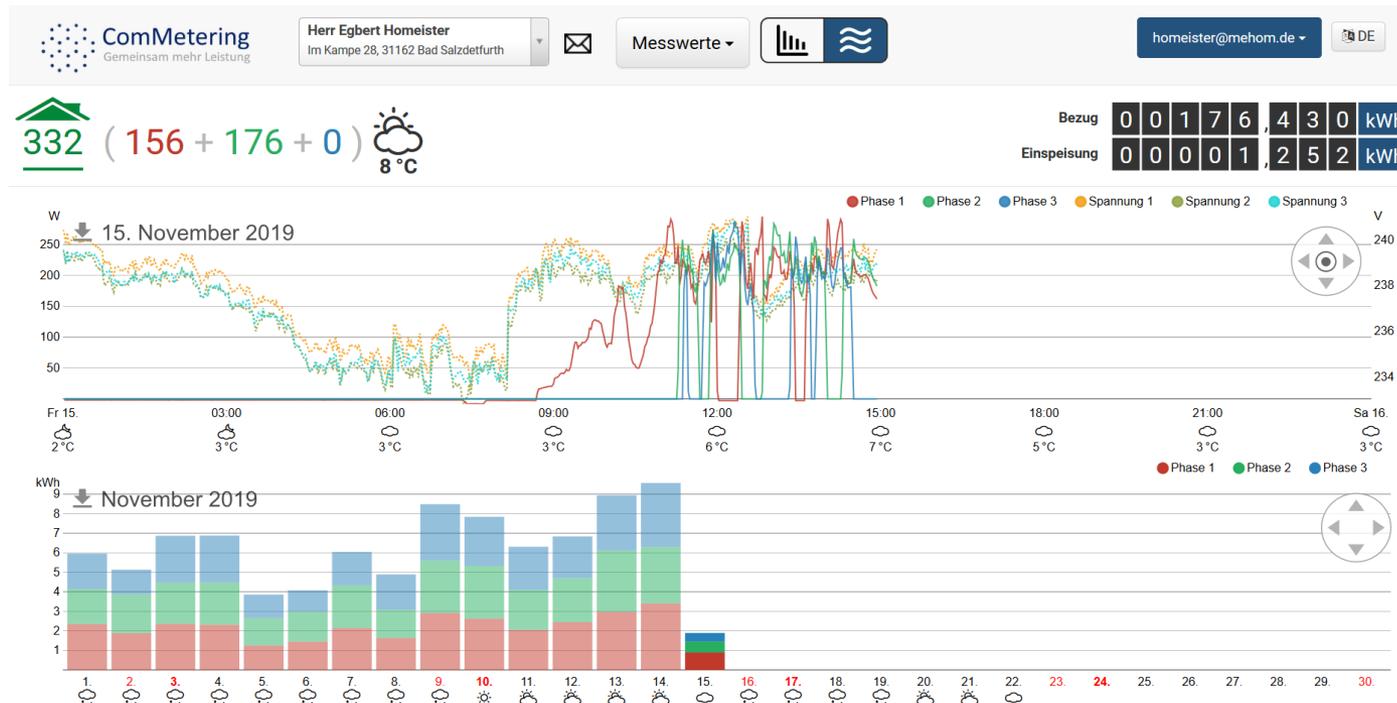


Betriebsdaten Anlage 2 mit Sonnenbatterie August / November und ein Jahr



Smartmeter für PV Anlagen

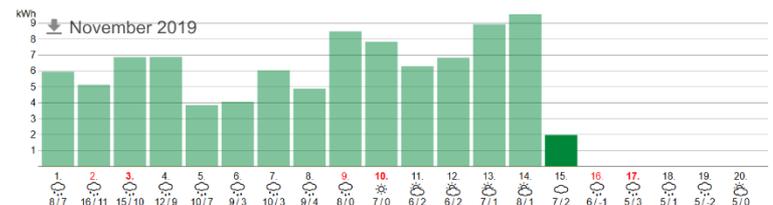
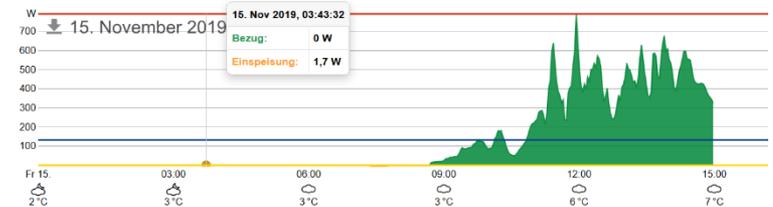
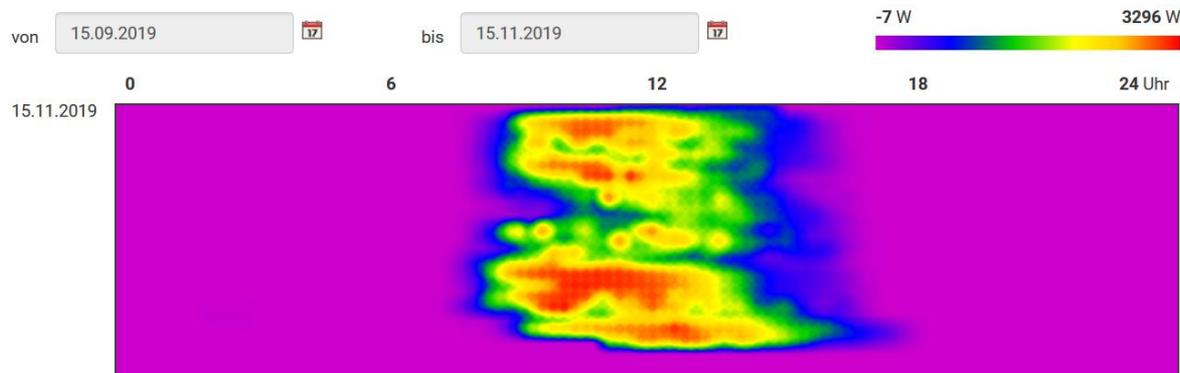
- Smartmeter-Rollout bis 2032
- Kosten max. 100 € je Jahr
- Rollout nach Verbrauch, aktuell > 10.000 kwh je Jahr
- Kunde hat freies Wahlrecht des Messstellenbetreibers
 - Spinoff aus dem Photovoltaikforum www.commetering.de



Smartmeter für PV Anlagen

- Aktuell 202 Kunden, je mehr es werden desto preiswerter wird es für alle !

Heatmap des Stromverbrauchs



- ab 100 Community Mitglieder: 2,5% Preisnachlass
- ab 250 Community Mitglieder: 3,5% Preisnachlass
- ab 500 Community Mitglieder: 4,5% Preisnachlass
- ab 750 Community Mitglieder: 5,5% Preisnachlass
- ab 1.000 Community Mitglieder: 6,5% Preisnachlass

Zusammenfassung

PV Anlagen sind eine Investition in die Zukunft, da sie

- langlebig sind (bis 90 Jahre)
- dauerhaft CO2 freien Strom erzeugen
- Sich monetär bezahlt machen
 - 20 + 1 garantiert und danach höchstwahrscheinlich auch
 - Renditen sind unterschiedlich hoch aber immer vorhanden!
- Spaß machen - Strom vom eigenen Dach gibt einfach ein gutes Gefühl
- die Entsorgung (irgendwann mal) keine Probleme erzeugt
- **sie perfekt zur Elektromobilität passen !**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Und: Dächer vollmachen! Je grösser, desto besser