

Photovoltaik Auslegung in der Praxis

Jochen Marwede

Helianthus Solar GmbH

Klimaschutzmanager der Ortsgemeinde Hochspeyer

Photovoltaik Unternehmer, Vorstand Wendeware AG - Software für die Energiewende, Klimaschutzmanager der Ortsgemeinde Hochspeyer, Projektmanager Bürgerbus Hochspeyer, Dipl.-Ing. Tiefbohrtechnik, Erdöl- und Erdgasgewinnung, Beirat Netzwerk Energiewende Jetzt e.V., Tubist, Vater, Ehemann, Beisitzer im Kreisvorstand Bündnis90/Die Grünen Kaiserslautern, Fraktionsvorsitzender Bündnis90/Die Grünen im Kreistag Kaiserslautern, VG Rat Enkenbach-Alsenborn

Jochen Marwede, Mai 2019



23 kWp, eigene Anlage



15 kWp



3,5 kWp



15,8 kWp, eigene Anlage



55 kWp, eigene Anlage



- ▶ (Schlüsselfertige Photovoltaikanlagen)
- ▶ Dachpacht für eigene PV Projekte ab ca. 200 m²
- ▶ PV Beratung
- ▶ Innovationsberatung

9,1 kWp



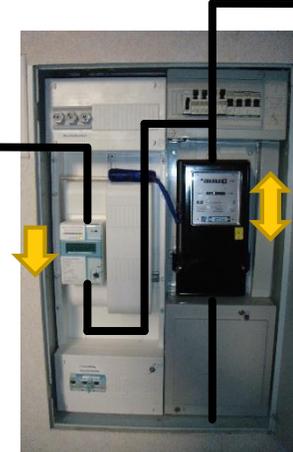
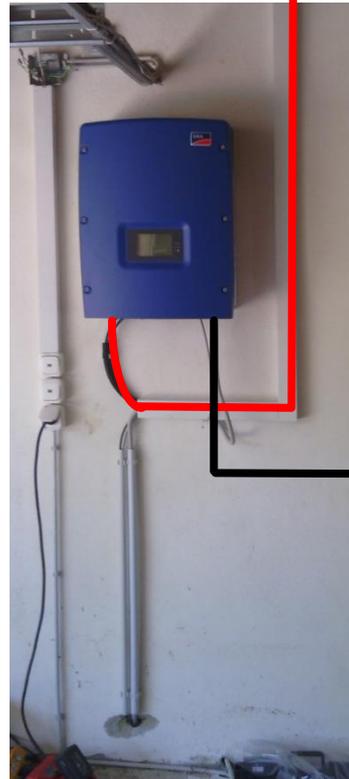
Komponenten



Wechselrichter:
Gute Auslegung wichtig
Schattenmanagement
Anlagenüberwachung



Module 1,65 x 1 m („60 Zeller“)
Polykristallin 265 bis 280 Wp
Monokristallin 270 bis 300 Wp
Dünnschicht: meiden

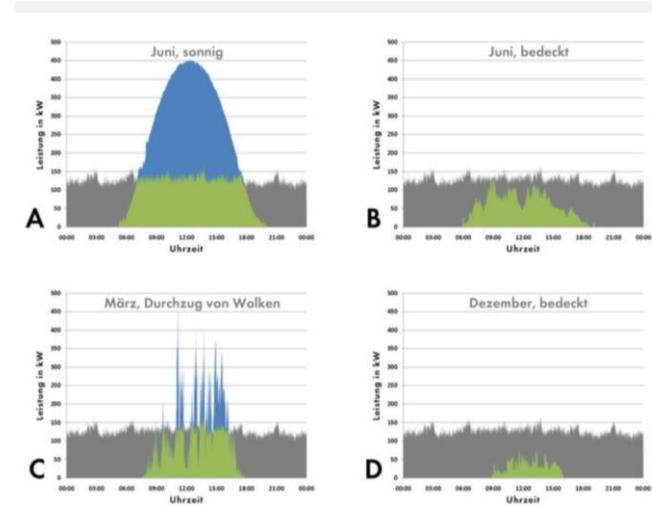


Kriterien für Photovoltaik

- ▶ Ziele
- ▶ Technische Gegebenheiten
- ▶ Randbedingungen

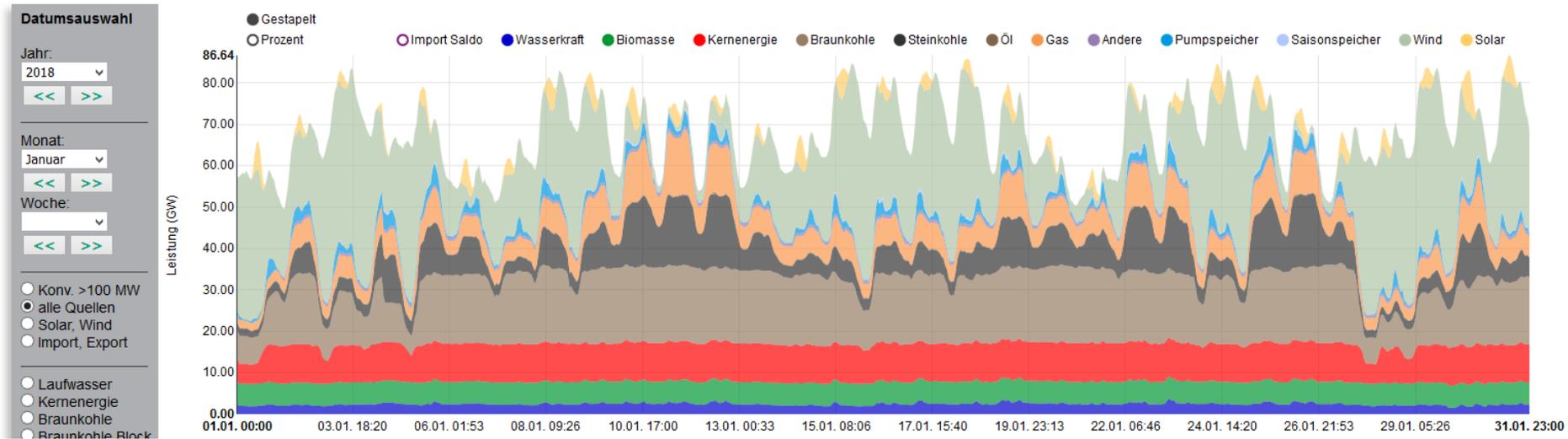
Ziele für Photovoltaik

- ▶ Beitrag zum Klimaschutz bei eigenen Aktivitäten
 - ▶ Eigenen Strombedarf decken
 - ▶ Zeitgleicher Eigenverbrauch
 - ▶ Bilanzielle Deckung des Strombedarfs
 - ▶ Eigenverbrauchsverschiebung / (Speicher)
- ▶ Beitrag zum Klimaschutz insgesamt
 - ▶ Vollständige Nutzung der Dachfläche !
- ▶ Zeichen setzen
 - ▶ Anzeigetafeln
 - ▶ Pressearbeit
 - ▶ Kinder- und Jugendbildung
- ▶ Geld sparen / Geld verdienen

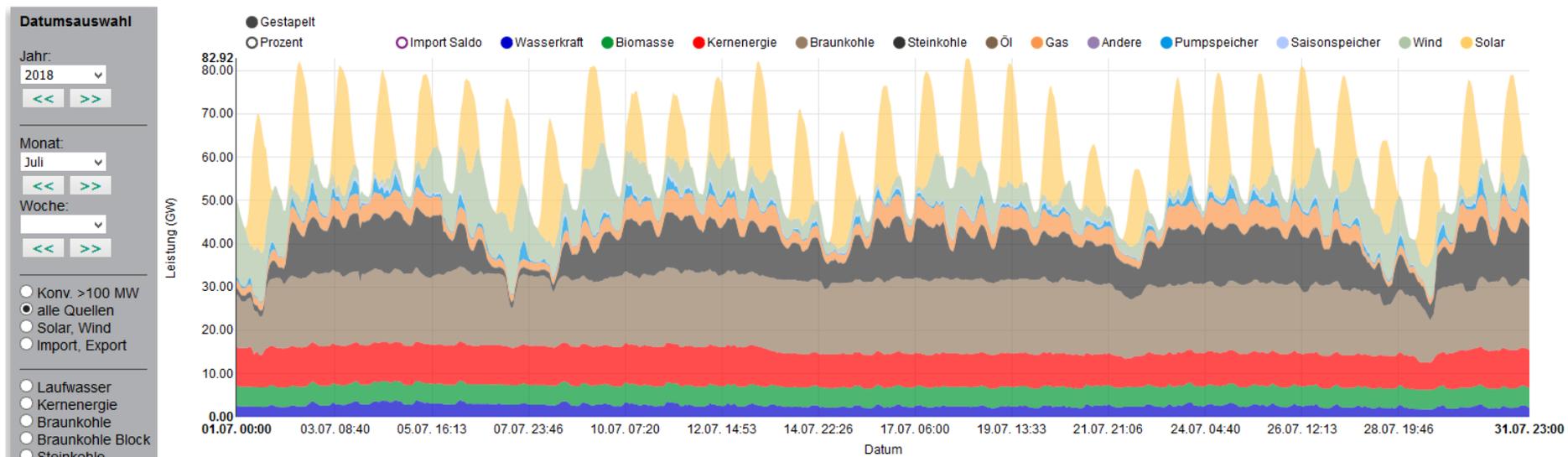


Stromversorgung Deutschland

Stromproduktion in Deutschland im Januar 2018



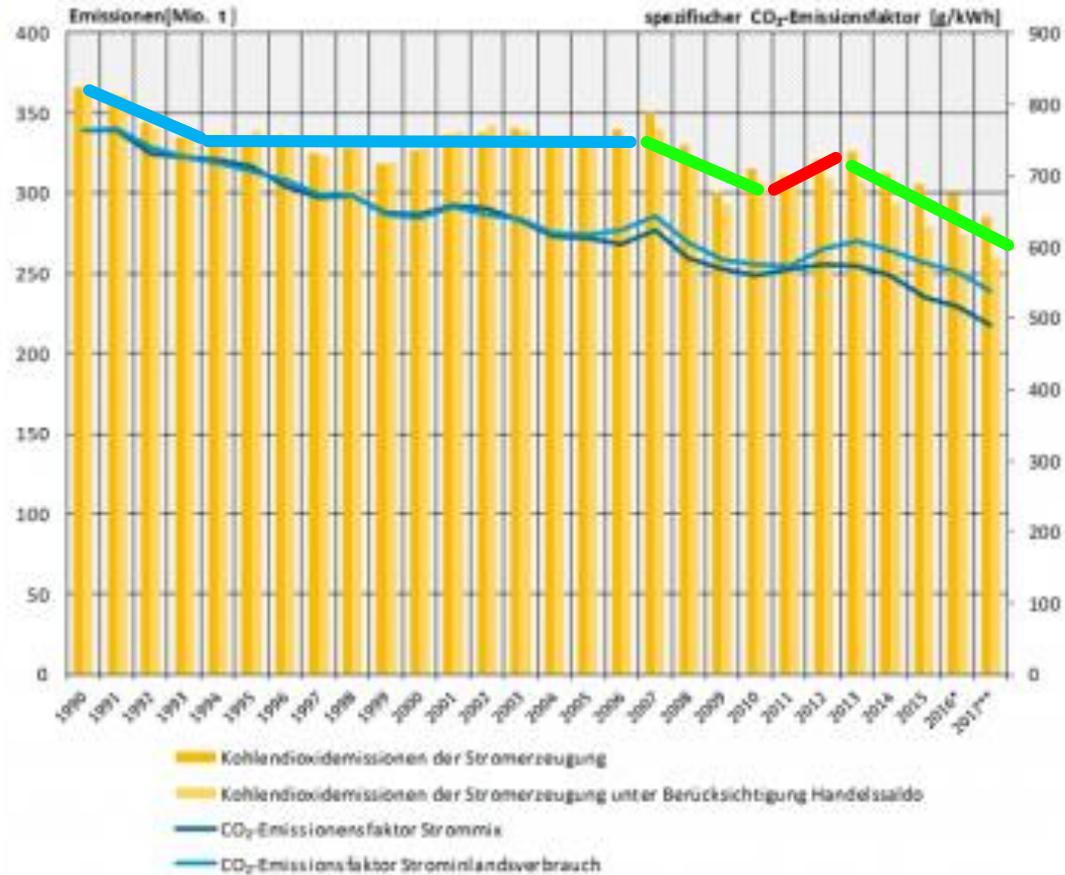
Stromproduktion in Deutschland im Juli 2018



CO₂ Intensität im Stromsektor

Jahr	Kohlendioxidemissionen der Stromerzeugung [Mio. t]	CO ₂ -Emissionsfaktor Strommix [g/kWh]	CO ₂ -Emissionsfaktor Strominlandsverbrauch [g/kWh]	Kohlendioxidemissionen der Stromerzeugung unter Berücksichtigung Handelssaldo [Mio. t]
1990	366	764	763	367
1991	361	764	765	361
1992	345	730	738	341
1993	335	726	725	335
1994	335	722	718	337
1995	335	713	706	338
1996	336	685	692	332
1997	325	669	673	323
1998	329	671	672	329
1999	318	647	646	319
2000	327	644	640	329
2001	336	659	656	337
2002	338	654	646	342
2003	340	635	639	338
2004	334	615	618	332
2005	333	611	616	330
2006	340	604	623	329
2007	351	623	642	341
2008	330	584	605	318
2009	300	569	582	293
2010	315	559	574	307
2011	311	569	573	308
2012	322	574	596	310
2013	326	573	607	308
2014	313	559	595	294
2015	305	528	577	280
2016*	300	516	565	274
2017**	285	489	537	260

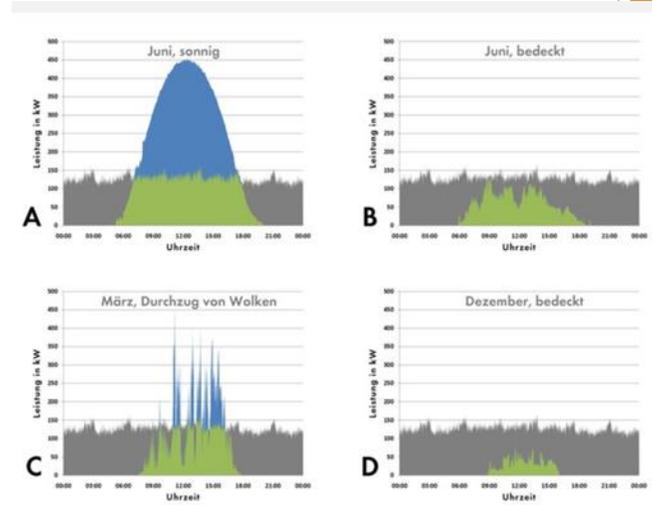
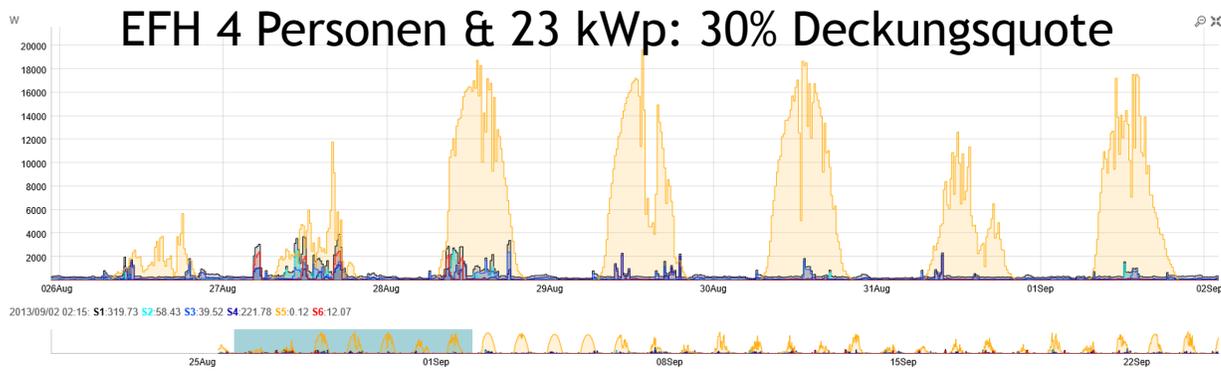
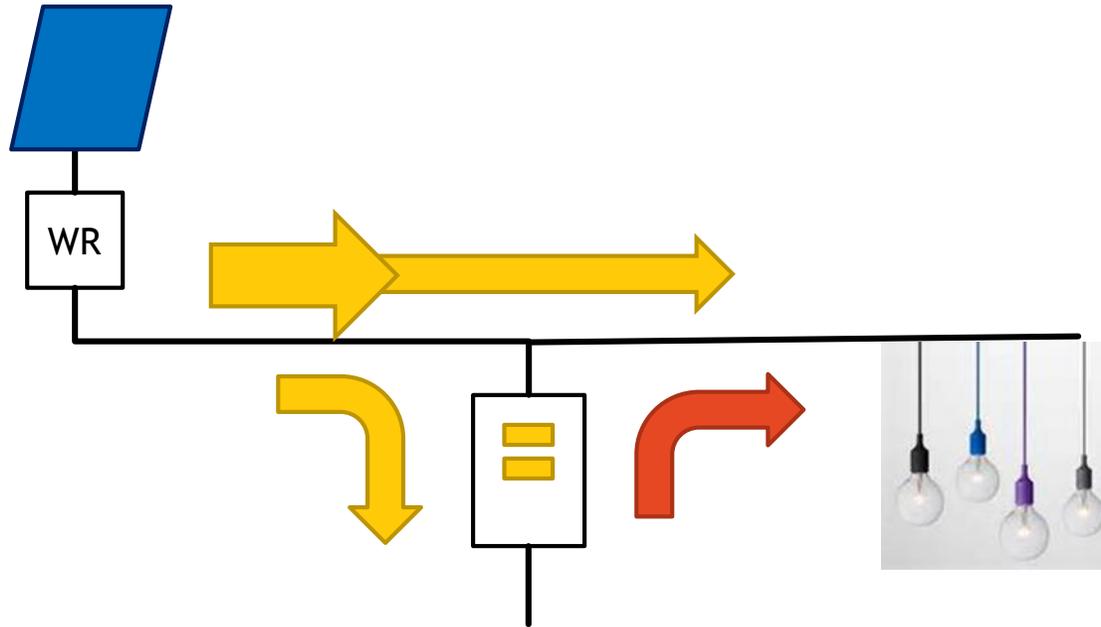
Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix 1990-2016 und erste Schätzungen 2017 im Vergleich zu CO₂-Emissionen der Stromerzeugung



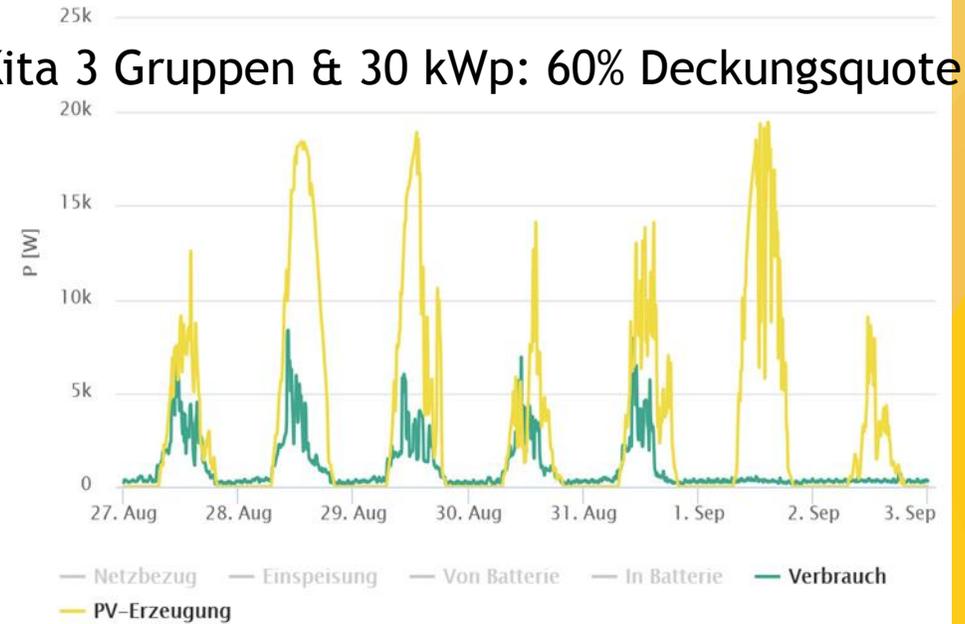
2016* vorläufig 2017** geschätzt

Quellen: Umweltbundesamt, eigene Berechnungen März 2018

Eigenverbrauch



Kita 3 Gruppen & 30 kWp: 60% Deckungsquote



Ziele - Geld verdienen

Zeitgleicher Eigenverbrauch
20 bis 40% Deckungsquote im Wohnhaus
50 bis 60% Deckungsquote in Kita oder Schule
Eigenverbrauchsquote hängt von Anlagengröße,
Verbrauch und Verbrauchsverhalten ab

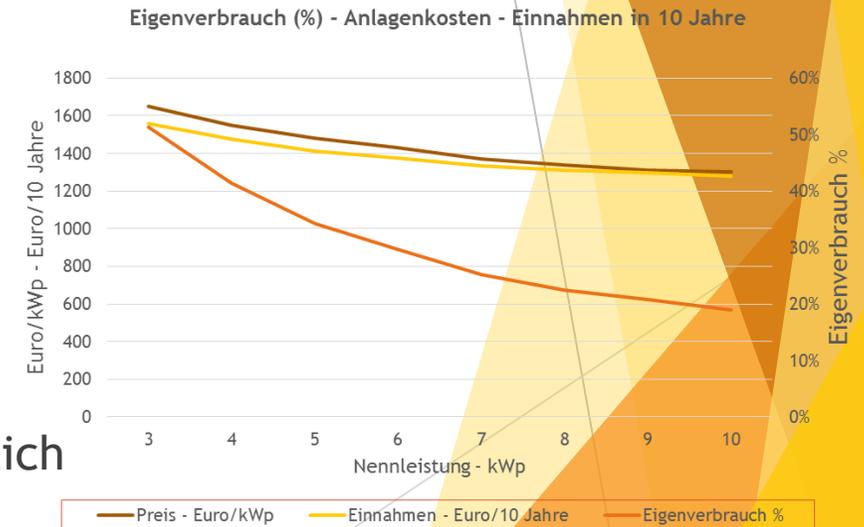
► Wertschöpfung

- Eigenverbrauch: 22 c/kWh netto (26 c/kWh inkl. MwSt)
 - Minus 40% der EEG Umlage bei Anlagen > 10 kWp → 19 c/kWh
 - Minus volle EEG Umlage wenn Anlagenbetreiber und Stromverbraucher nicht personenidentisch sind → 15 c/kWh

- Einspeisung: knapp 11 c/kWh

► Anlagenpreise

- 4 kWp: ca. 1.500 Euro/kWp
- 10 kWp: ca. 1.250 Euro/kWp
- 30 kWp: ca. 1.100 Euro/kWp
- >30 kWp auf einfachem Dach: unter 1.000 Euro/kWp möglich

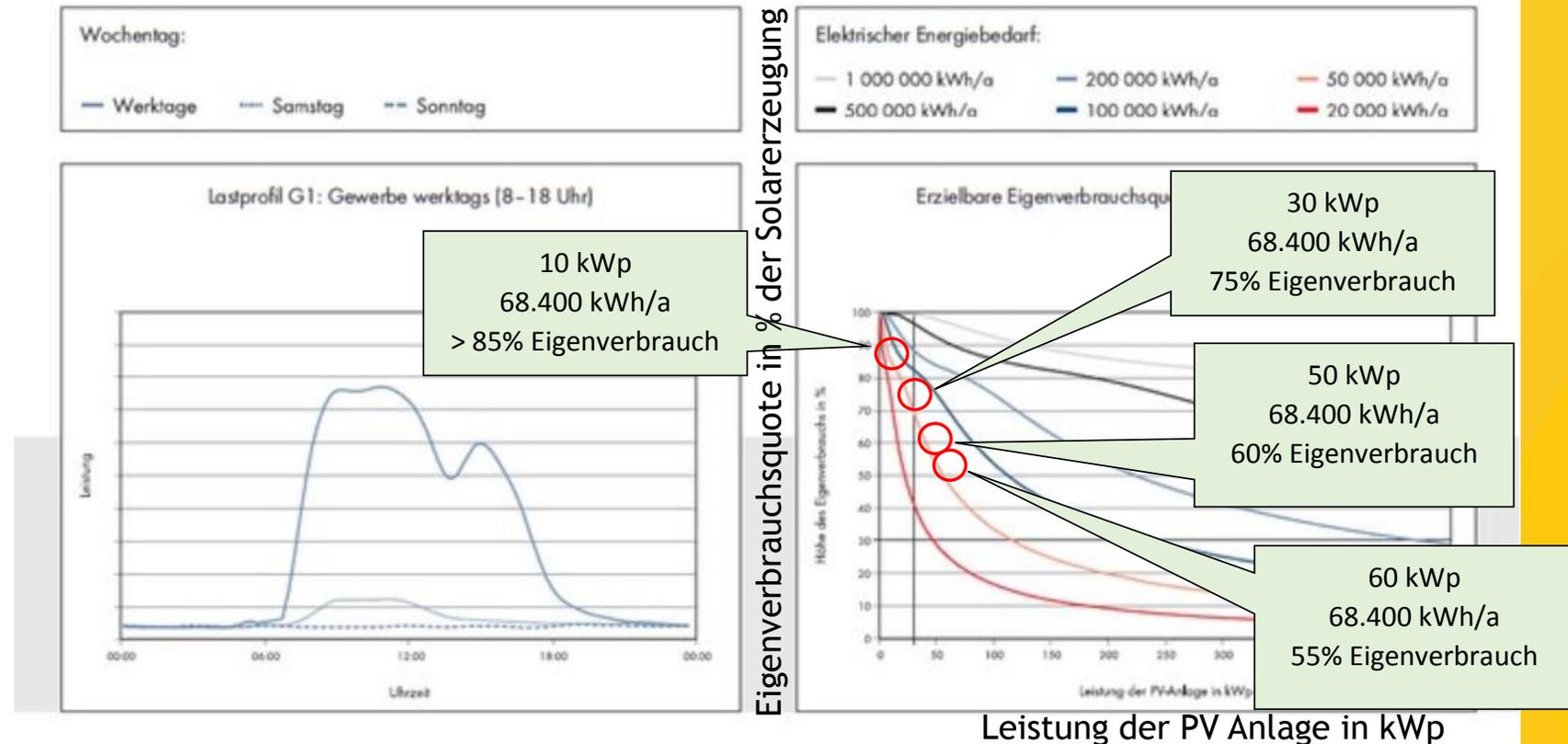


Ziele - Geld verdienen

- ▶ Rendite - typisch 3 bis 8%
 - ▶ Hohe Wertschöpfung durch Eigenverbrauch (EV)
 - ▶ Zusätzliche Module tragen sich aus Einspeisevergütung
 - ▶ mit Größe sinkender EV Anteil <-> mit Größe sinkende Anlagenpreise
 - ▶ Relative Rendite (fast) unabhängig von Größe
 - ▶ Sonstiger Aufwand bleibt fast gleich → groß bauen
 - ▶ Auch Volleinspeisung kann wirtschaftlich sein!
 - ▶ Einfacher wenn Betreiber ≠ Dachbesitzer ≠ Stromverbraucher
 - ▶ Gleicher ökologischer Nutzen

Eigenverbrauch Abschätzen

- ▶ Im Haushalt sind 30% Deckungsquote realistisch
- ▶ Bei Schulen und KiTas sind 60% Deckungsquote erreichbar
- ▶ Bei Verwaltungsgebäude mehr
- ▶ Bei Festhallen & Bürgerhäusern kommt es sehr auf die Belegung an
- ▶ SMA hat Graphiken veröffentlicht



Quelle: <http://www.sma.de/partner/expertenwissen/gewerblicher-eigenverbrauch-von-solarstrom.html>



Beispielrechnung EFH

	3 kWp	10 kWp	
Kosten	4.500 Euro	12.500 Euro	
Ertrag	2.700 kWh/a	9.000 kWh/a	900 kWh/kWp/a
Eigenverbrauch	1.000 kWh/a	1.400 kWh/a	1/3 Verbrauch
Einspeisung	1.700 kWh/a	7.600 kWh/a	
Wert EV	230 Euro/a	320 Euro/a	23 c/kWh netto
Wert Einspeisung	200 Euro/a	900 Euro/a	12 c/kWh netto
Jährliche Kosten	100 Euro/a	260 Euro/a	*
Gesamt pro Jahr	330 Euro/a	960 Euro/a	
Bezahlt nach	14 Jahren	13 Jahren	
Rendite	3,8%	4,5%	
Überschuss nach 20 Jahren	> 2.000 Euro	> 7.000 Euro	

* Versicherung und Rücklagen für Reparaturen



Beispielrechnung Kita

	10 kWp	30 kWp	
Kosten	12.500 Euro	33.000 Euro	
Ertrag	9.000 kWh/a	27.000 kWh/a	900 kWh/kWp/a
Eigenverbrauch	5.000 kWh/a	5.400 kWh/a	60% von 9.000
Einspeisung	4.000 kWh/a	21.600 kWh/a	
Wert EV	1.150 Euro/a	1.090 Euro/a**	23 c/kWh netto
Wert Einspeisung	480 Euro/a	2.590 Euro/a	12 c/kWh netto
Jährliche Kosten	260 Euro/a	500 Euro/a	*
Gesamt pro Jahr	1.370 Euro/a	3.180 Euro/a	
Bezahlt nach	9 Jahren	10 Jahren	
Rendite	9,5%	7,1%	
Überschuss nach 20 Jahren	> 16.000 Euro	> 30.000 Euro	

* Versicherung und Rücklagen für Reparaturen

** 23 c/kWh - 2,8 c/kWh EEG Umlage auf Eigenverbrauch

Technische Gegebenheiten - das Dach

► Größe

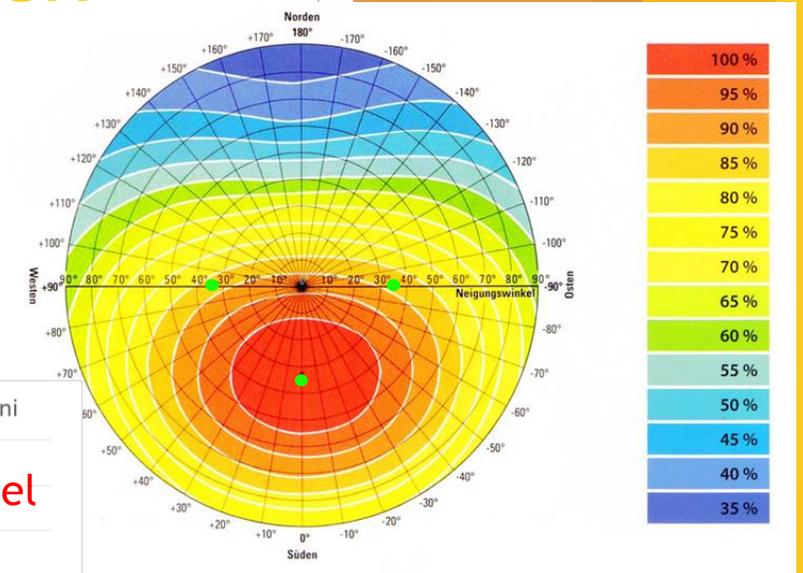
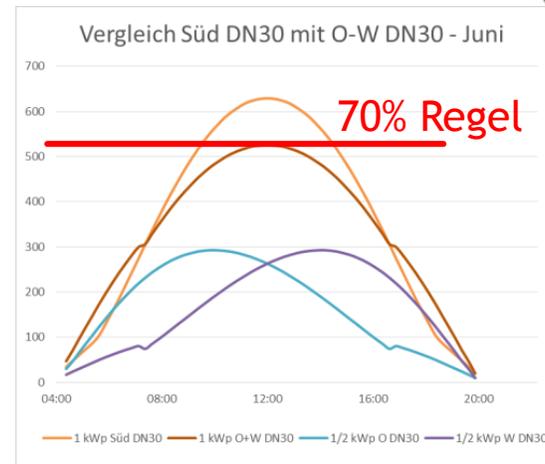
- 1 kWp benötigt ca. 7 m²
- Große zusammenhängende Flächen sind ideal

► Ausrichtung

- Süd ist sehr gut
- Ost-West bis 35 Grad Dachneigung ist gut
- Ost-West über 35 Grad Dachneigung ist OK
- Flaches Norddach kann gehen

► Neigung

- 10 bis 60 Grad unproblematisch (dachparallel)
- < 10 Grad wird Selbstreinigung durch Regen ein Problem
- > 60 Grad : nicht Routine, Erträge und Verschattung gut anschauen
- Bei Flachdach: Module 10 bis 15 Grad aufständern, früher rein Süd, heute Ost-West



Oder PVGIS (Internet):
Systemverluste auf 10%
setzen
Sehr gute Vorhersagen

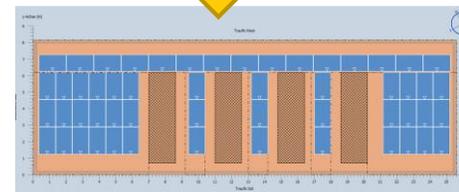
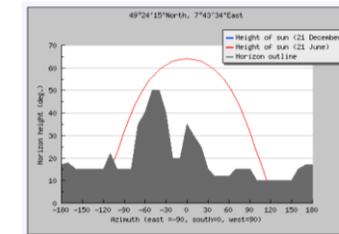
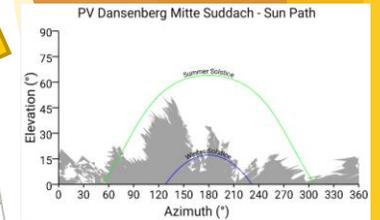
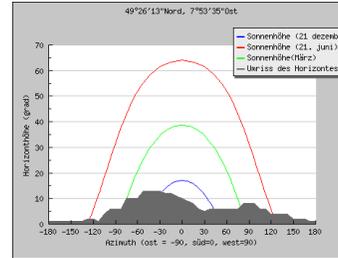
Technische Gegebenheiten - das Dach 2

- ▶ Statik: dachparallel ca. 15 kg/m², ballastiert auf Flachdach 25 bis 40 kg/m²
- ▶ Ziegeldächer
 - ▶ Zu 98% unproblematisch
 - ▶ Wenige inkompatible Ziegeltypen, Aufsparrendämmung verursacht extra Kosten
- ▶ Blechdächer
 - ▶ Kalzip und ähnlich: meist unproblematisch
 - ▶ Stehfalz (Kupfer, Zink, Titanzink)
 - ▶ Ausreichend Haften unter dem Blech?
 - ▶ Thermische Ausdehnung → keine langen Schienen
 - ▶ Insbesondere Titanzink kann spröde sein
 - ▶ Trapezblech: ideal! Günstig zu montieren, wenn man aufs Blech schrauben darf
- ▶ Flachdächer
 - ▶ Durchdringungsfreie Montage mit Ballast → Statik! & thermische Ausdehnungen
 - ▶ Bitumenbahnen oder Folie, mit oder ohne Kies → Kompatibilität der Materialien
 - ▶ Flachdächer haben oft bereits ein Dichtigkeitsproblem → hält die Folie noch 20 Jahre?
- ▶ Well-Eternit: früher Asbesthaltig! Dann keine PV drauf!!

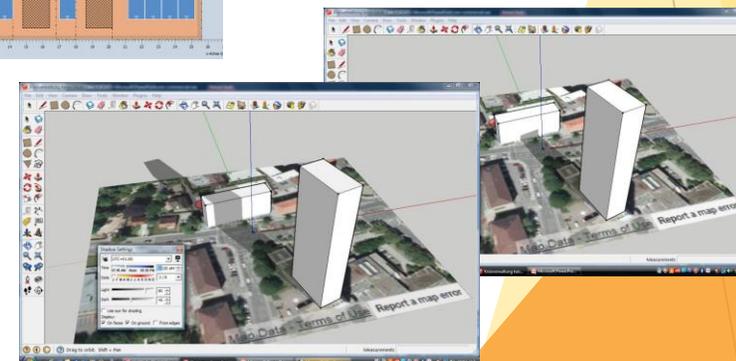


Technische Gegebenheiten - Verschattung

- ▶ Oft nicht so schlimm, wie zuerst befürchtet
- ▶ Verschattungsarten
 - ▶ Horizontverschattung (Tallage)
 - ▶ Nachbargebäude
 - ▶ Bäume (auch vorausschauend denken)
 - ▶ Dachaufbauten
- ▶ Gegenmaßnahmen
 - ▶ Dachbelegungsplan
 - ▶ Wechselrichter mit Verschattungsmanagement
 - ▶ Moduloptimierer (Solaredge, Tigo)
 - ▶ (Bäume stutzen)
- ▶ Muss gut angeschaut werden, aber kein KO Kriterium



	Variante 1 - groß		Variante 2 - mittel		Variante 3 - klein	
	Spezifischer Ertrag kWh/kWp/a	Ertrag kWh/a	Spezifischer Ertrag kWh/kWp/a	Ertrag kWh/a	Spezifischer Ertrag kWh/kWp/a	Ertrag kWh/a
Januar	12	365	12	233	12	123
Februar	25	745	27	519	27	269
März	58	1584	58	1123	59	580
April	85	2278	87	1681	88	875
Mai	107	3187	113	2169	111	1100
Juni	118	3500	118	2276	117	1157
Juli	121	3582	120	2358	121	1200
August	89	2637	90	1856	87	865
September	59	1742	65	1245	65	645
Oktober	36	1055	39	749	39	386
November	15	491	15	298	15	152
Dezember	5	277	5	176	5	51
Jahr	724	21502	763	14685	762	7544



Technische Gegebenheiten - Sonstige

- ▶ Blitzschutz
 - ▶ PV Anlage erhöht nicht das Risiko, dass es zum Blitzeinschlag kommt
 - ▶ Wenn äußerer Blitzschutz vorhanden ist, muss die Anlage fachgerecht eingebunden werden
- ▶ Schneefang
 - ▶ Schnee rutscht von glatter Glasoberfläche leichter ab
- ▶ Zählerkasten
 - ▶ Bestandsschutz geht verloren
 - ▶ Meist kein großes Problem
 - ▶ Achtung bei Anlagen > 30 kVA
- ▶ Anlagenüberwachung
 - ▶ Fernauslese
 - ▶ Display
 - ▶ Organisatorische Verantwortung !



Sonstige Randbedingungen

- ▶ Stromverbrauch
 - ▶ Hoher Verbrauch tagsüber erhöht Wertschöpfung aus Eigenverbrauch
 - ▶ Aber
 - ▶ Stromsparen ist oft am wirtschaftlichsten
 - ▶ Auch Einspeisung ist wirtschaftlich, besonders als Erweiterung
 - ▶ Hoher Eigenverbrauch ist schön, aber nicht alles bestimmend
- ▶ Finanzierung
 - ▶ Eigenmittel
 - ▶ Kredit (z.B. KfW)
 - ▶ Fördermittel
- ▶ Optik
 - ▶ Einfache rechteckige Modulfläche ist der beste Schritt
 - ▶ Wichtig bei bestimmten Gebäuden → schwarz / schwarze Module
- ▶ Sonstige
 - ▶ Eigentumsverhältnisse
 - ▶ Netzverträglichkeit
 - ▶ Größengrenzen



Grenzwerte für die Anlagengröße

- ▶ Folgende Größen sollte man einhalten, oder deutlich überschreiten
 - ▶ ab 10 kWp: verminderte EEG Umlage auf Eigenverbrauch, Erzeugungszähler
 - ▶ ab 30 kWp: Rundsteuerempfänger verpflichtend
 - ▶ ab 30 kVA Wechselrichterleistung: externer Netz- und Anlagenschutz & Wandlerzähler erforderlich
 - ▶ ab 100 kWp: verpflichtende Direktvermarktung, registrierende Lastgangmessung
 - ▶ ab 750 kWp: Ausschreibung
- ▶ 10,5 kWp oder 101 kWp machen wenig Sinn, 13 kWp oder 130 kWp schon
- ▶ Bei deutlicher Überschreitung sind das keine wichtigen Hürden

Sicherheit

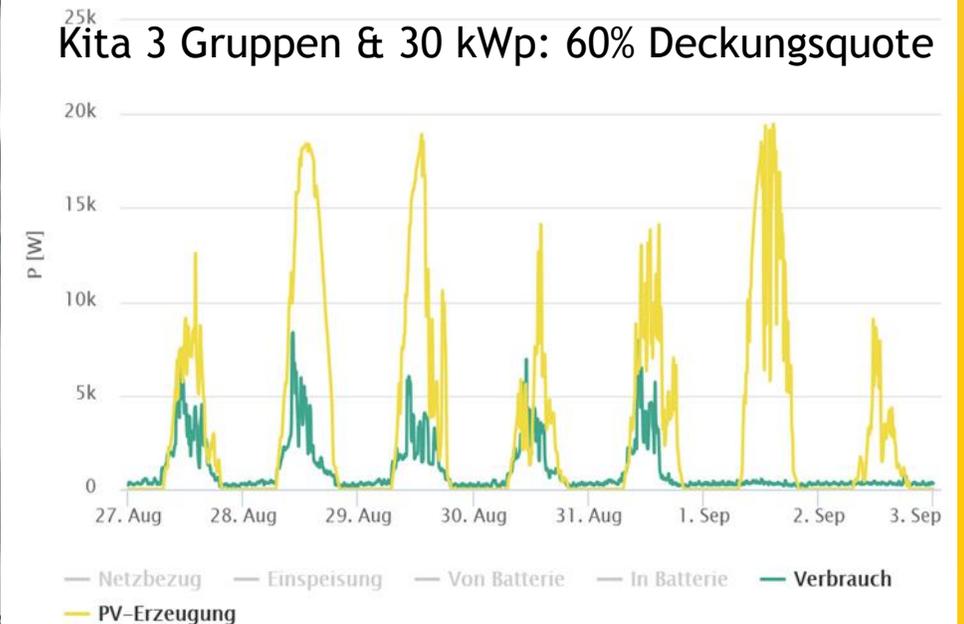
- ▶ Unproblematisch, WENN richtig montiert wird
- ▶ Gleichstromkabel von Modulen bis Wechselrichter führen immer Spannung
 - ▶ kurze Kabelwege im Haus
 - ▶ nicht durch Wohn-, Schlaf- oder Gruppenräume oder Fluchtwege
 - ▶ Kabelllaufplan im Zählerschrank
 - ▶ Feuerwehr weiß, was zu tun ist, und löscht auch mit PV Anlage
- ▶ Suchen Sie sich eine vertrauenswürdigen Handwerker
 - ▶ fragen Sie Nachbarn / Nachbargemeinden mit PV Anlagen
 - ▶ lassen Sie sich beraten
- ▶ Bei besonderem Sicherheitsbedürfnis gibt es technische Lösungen
 - ▶ (Feuerwehrscharter)
 - ▶ SolarEdge / Tigo Moduloptimierer



Kita Schelmenhaus

30 kWp (120 PV Module)

Dach von Ortsgemeinde gepachtet



Grobanalyse

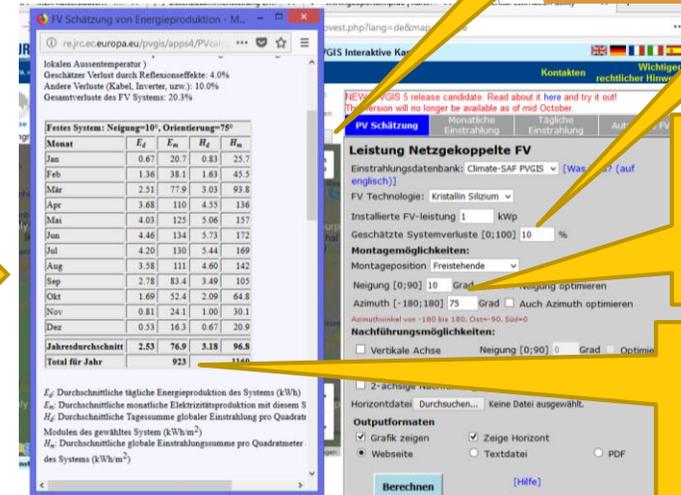
- ▶ **Dächer anschauen**
 - ▶ 1 kWp = 7 m²
 - ▶ Süd, Ost, West sind gut
 - ▶ Nord bei flacher Neigung kann OK sein
 - ▶ Verschattung abschätzen (lassen), oft nicht so schlimm wie es scheint
- ▶ **Liegenschaft**
 - ▶ Verbrauch und Verbrauchsprofil ermitteln
 - ▶ Viel Verbrauch tagsüber ist gut
 - ▶ Eigenverbrauchsquote abschätzen
- ▶ **Kommerziell**
 - ▶ PV Betreiber = Stromverbraucher?
 - ▶ Dachverpachtung
 - ▶ Dachverpachtung und Anlagenrückpacht
- ▶ **Grobe Rechnung**
 - ▶ Jährliche Einkünfte aus Eigenverbrauch und Einspeisung
 - ▶ Gesamtkosten
 - ▶ Gesamtkosten / jährliche Erlöse < 13 → ein genauerer Blick lohnt sich

Beispiel VG Verwaltungsgebäude



geoportal.rlp.de
auf Luftbild ausmessen

Belegung abschätzen:
46 m x 25 m = 1.150 m²
8 m² / kWp
Platz für 144 kWp
Minus Randabstände, Aufbauten, etc.
→ 100 kWp
Ost-West Flachdach System
Ausrichtung 75 Grad (West), -105 Grad (Ost), 10 Grad geneigt
Auf Turnhalle für Verwaltung



Adresse eingeben

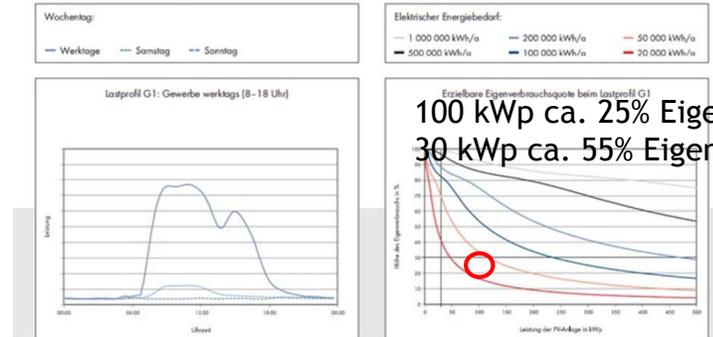
Systemverlust auf 10% setzen

Neigung und Ausrichtung eingeben (Süd = 0 Grad, West = 90 Grad, Ost = -90 Grad)

Ergebnis:
West: 923 kWh/kWp/a
Ost: 886 kWh/kWp/a
Durchschnitt: 905 kWh/kWp/a

Ertrag abschätzen mit PVGIS:
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=de&map=europe>

Verbrauch: 60.000 kWh/a
„Gewerbe - werktags“

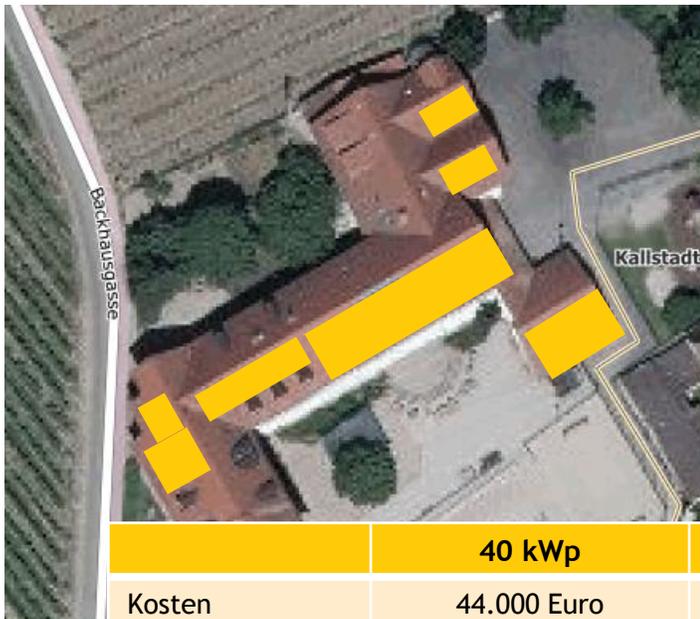


100 kWp ca. 25% Eigenverbrauch
30 kWp ca. 55% Eigenverbrauch

	100 kWp	30 kWp	
Kosten	100.000 Euro	33.000 Euro	
Ertrag	90.500 kWh/a	27.000 kWh/a	900 kWh/kWp/a
Eigenverbrauch	22.500 kWh/a	14.500 kWh/a	nach SMA Chart
Einspeisung	68.000 kWh/a	12.500 kWh/a	
Wert EV	4.500 Euro/a	2.900 Euro/a	20 c/kWh netto
Wert Einspeisung	6.800 Euro/a	1.250 Euro/a	10 c/kWh netto
Jährliche Kosten	1.500 Euro/a	500 Euro/a	
Gesamt pro Jahr	11.300 Euro/a	3.650 Euro/a	
Bezahlt nach	9 Jahren	9 Jahren	
geeignet	Ja	Ja	

Eigenverbrauch abschätzen: <http://www.sma.de/partner/expertenwissen/gewerblicher-eigenverbrauch-von-solarstrom.html>

Beispiel KiTa



z.B. Süddach
 24 lang ab Gauben
 7 m Ortganglänge
 35 Grad Neigung?
 -30 Grad Ausrichtung
 4 Modulreihen à 23 Module
 Minus bestehende Anlage:
 Insgesamt 77 Module à 300 Wp
 23,1 kWp

Insgesamt ca. 40 kWp

	40 kWp	10 kWp	
Kosten	44.000 Euro	12.500 Euro	
Ertrag	40.800 kWh/a	10.200 kWh/a	1.020 kWh/kWp/a
Eigenverbrauch	14.400 kWh/a	5.100 kWh/a	geschätzt
Einspeisung	26.400 kWh/a	5.100 kWh/a	
Wert EV	2.880 Euro/a	1.170 Euro/a	20 o. 23 c/kWh netto
Wert Einspeisung	2.900 Euro/a	610 Euro/a	11 o. 12 c/kWh netto
Jährliche Kosten	850 Euro/a	260 Euro/a	
Gesamt pro Jahr	4.930 Euro/a	1.520 Euro/a	
Bezahlt nach	9 Jahren	8 Jahren	
geeignet	Ja	Ja	

Ertrag:
 Südflächen: 1.040 kWh/kWp/a
 Westflächen: 950 kWh/kWp/a

Gesamt: 1.020 kWh/kWp/a

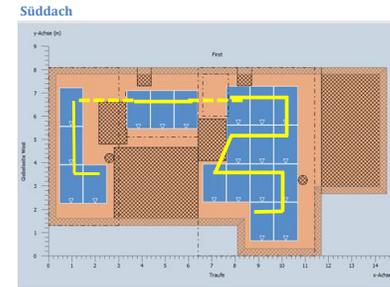
Bei 40 kWp: 40.800 kWh/a

Verbrauch: 24.000 kWh/kWp/a
 Deckungsquote KiTa: 60%
 Eigenverbrauch: 14.400 kWh/a
 Eigenverbrauchsquote: 35%

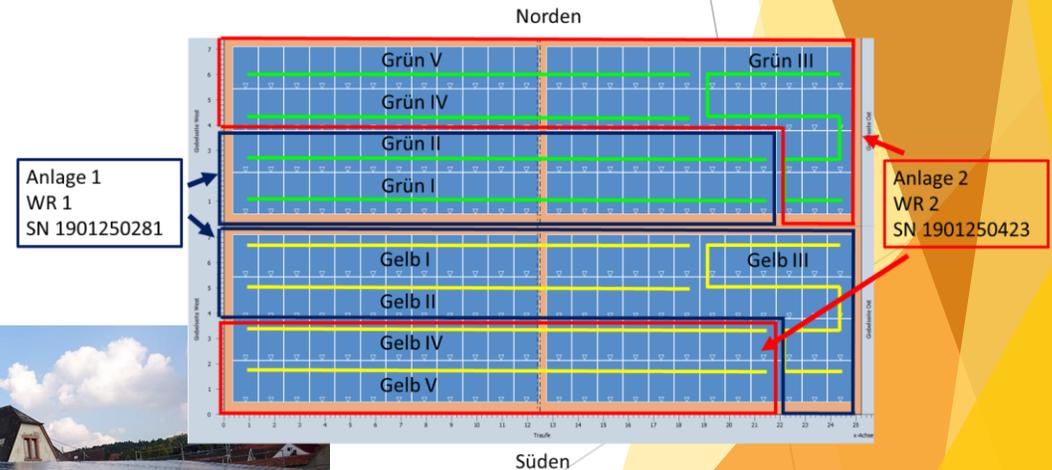
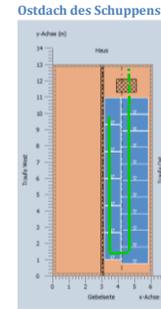
Bei 10 kWp sind die 60% nicht ganz zu erreichen.
 Eigenverbrauchsquote: 50%

Detailauslegung

- ▶ Dachbelegung
 - ▶ Module sind 1 m x 1,65 m, 2 cm Abstand rundum
 - ▶ Erstmal Vollbelegung (von Hand, mit Design Software)
 - ▶ Stränge mit gleicher Ausrichtung
 - ▶ Stranglänge typisch 8 bis 22 Module
 - ▶ Grenze nach unten ist Wechselrichter Startspannung
 - ▶ Grenze nach oben ist Leerlaufspannung bei 10 Grad C
- ▶ Wechselrichter wählen
 - ▶ Kurze Stränge einphasig (bis 4,6 kVA)
 - ▶ Lange Stränge 3-phasig
 - ▶ Anzahl der MPPT
 - ▶ Spannungs- und Stromgrenzen
 - ▶ Sonstige Features

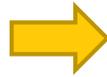


Belegung mit 19 Modulen, 1 Strang á 19 Module an eigenem MPPT Eingang



Ertragsermittlung

- ▶ PVGIS10
- ▶ PVSol



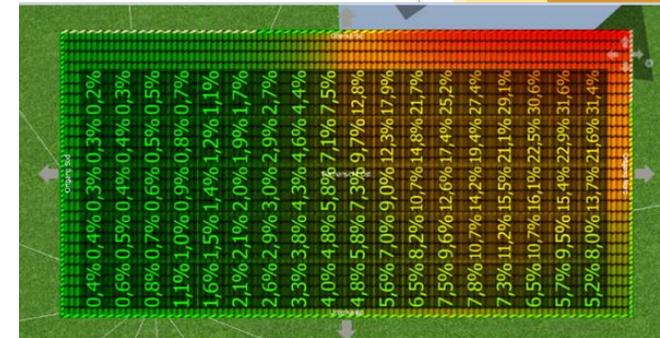
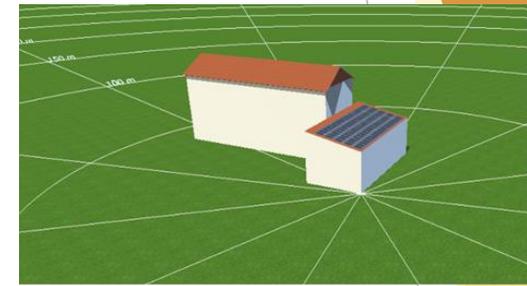
Festes System: Neigung=10°, Orientierung=75°

Monat	E_g	E_m	H_g	H_m
Jan	0,67	20,7	0,83	25,7
Feb	1,36	38,1	1,63	45,5
Mär	2,51	77,9	3,03	93,8
Apr	3,68	110	4,55	136
Mai	4,03	125	5,06	157
Jun	4,46	134	5,73	172
Jul	4,20	130	5,44	169
Aug	3,58	111	4,60	142
Sep	2,78	83,4	3,40	105
Okt	1,69	52,4	2,09	64,8
Nov	0,81	24,1	1,00	30,1
Dez	0,53	16,3	0,67	20,9
Jahresdurchschnitt	2,53	76,9	3,18	96,8
Total für Jahr				1160

E_g Durchschnittliche tägliche Energieproduktion des Systems (kWh)
 E_m Durchschnittliche monatliche Elektrizitätsproduktion mit dem System (kWh)
 H_g Durchschnittliche Tagessumme globaler Einstrahlung pro Quadratmeter des gewählten Systems (kWh/m²)
 H_m Durchschnittliche globale Einstrahlungssumme pro Quadratmeter des Systems (kWh/m²)

Leistung Netzgekoppelte FV
 Einstrahlungsdatenbank: Climate-SAF PVGIS [Was ist's? (auf englisch)]
 FV Technologie: Kristallin Silizium
 Installierte FV-Leistung 1 kWp
 Geschätzte Systemverluste (0;100) 10 %
Montagemöglichkeiten:
 Montageposition: Freistehend
 Neigung (0;90) 10 Grad Neigung optimieren
 Azimut (-180;180) 75 Grad Auch Azimut optimieren
Nachführungsmöglichkeiten:
 Vertikale Achse Neigung (0;90) 0 Grad Optimi
 Geneigte Nachführung Neigung (0;90) 0 Grad Optimi
 2-achsige Nachführung
 Horizontaldaten: Durchsuchen... Keine Datei ausgewählt.
Outputformaten
 Grafik zeigen Zeige Horizont
 Webseite Textdatei PDF
 Berechnen [Hilfe]

Ertrag abschätzen mit PVGIS:
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=de&map=europe>



- ▶ 70% Regelung
 - ▶ Auf perfektem Süddach minus 3 bis 5% Jahresertrag
 - ▶ Auf Ost-West-Dach minus 0 bis 1% Jahresertrag

Kostenabschätzung

					Einkauf	nach Skonto	Euro/kWp
					Euro netto	0%	7,440
Module	24	Heckert NeMo P	310	Wp	2604,00	2604,00	350
Wechselrichter	1	SMA STP 7000 TL-20			1307,00	1307,00	176
	0				0,00	0,00	
Montagegestell	1	schletter einlagig			816,00	816,00	110
Kabel	1	Kabel / Kabelbinder / etc			72,00	72,00	10
	0		0	Wp	0,00	0,00	0
RSE	1	Blitzschutz			0,00	0,00	0
AC Anschluss	1	Komplett Eigenverbrauch			800,00	800,00	108
Montage	1	Gestell- und Modulmontage	400		1480,00	1480,00	199
						7079	951
					Kosten	7079,00	951
					Angebot	8704,80	1170
					MWSt	1653,91	
					brutto	10358,71	
					Marge	1626	219

34 Euro / Modul

600 bis 1200 Euro
45 Euro / Modul

Typische Preise

- ▶ 3 bis 5 kWp 1.500 Euro/kWp
- ▶ 5 bis 10 kWp 1.300 Euro/kWp
- ▶ 10 bis 30 kWp 1.200 Euro/kWp auf Ziegel, 1.000 Euro/kWp auf Blech
- ▶ 100 kWp 1.000 Euro/kWp auf Blechdach

- ▶ Flachdach plus 100 Euro/kWp bei Ost-West Aufständigung
- ▶ Indach plus 250 Euro/kWp bei Nachrüstung
Kostenneutral bei Neubau

- ▶ Schwarze Module plus 50 Euro/kWp
- ▶ Blitzschuteinbindung plus 400 Euro pro Strang
- ▶ Sonderfaktoren viele Preistreiber von Gerüst bis neuer Zählerschrank



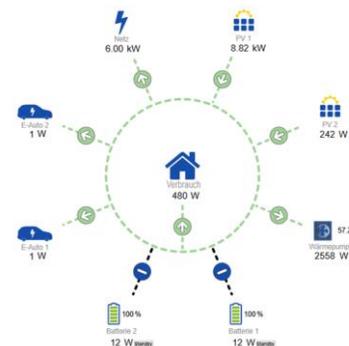
Die Sonne dreifach nutzen

ein H.ausgezeichnetes Gebäude



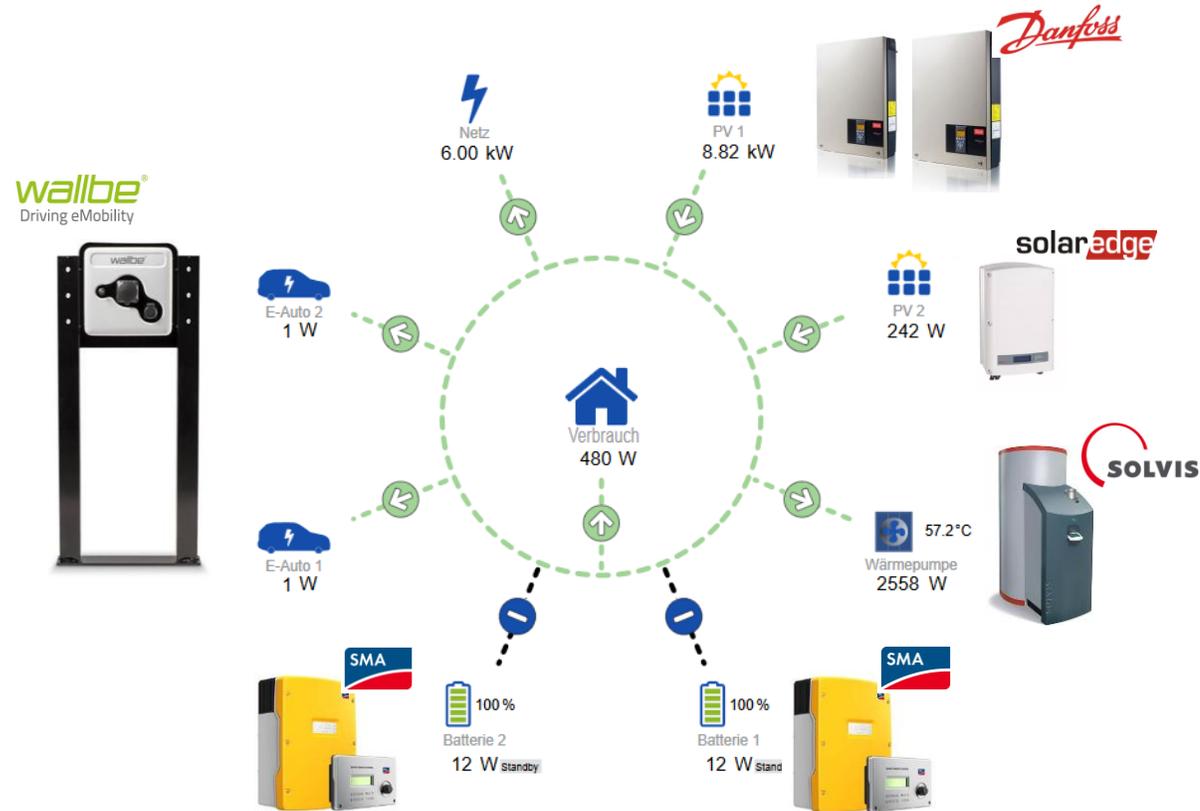
Erweiterung der Haustechnik 2018 2019

- ▶ 5 kWp PV Anlage auf der Garage
 - ▶ Nord-Dach, verschattet, für Grundversorgung (& Erkenntnis)
- ▶ 2 x 7,2 kWh Batteriespeicher
 - ▶ Erwartung: März bis September kaum noch Netzbezug
- ▶ 2 x 22 kW Ladesäule
 - ▶ 2 Autos einstecken
 - ▶ Gesteuert laden
- ▶ Amperix mit myPowerGrid
 - ▶ Energietransparenz
 - ▶ Steuerung



Amperix mit myPowerGrid

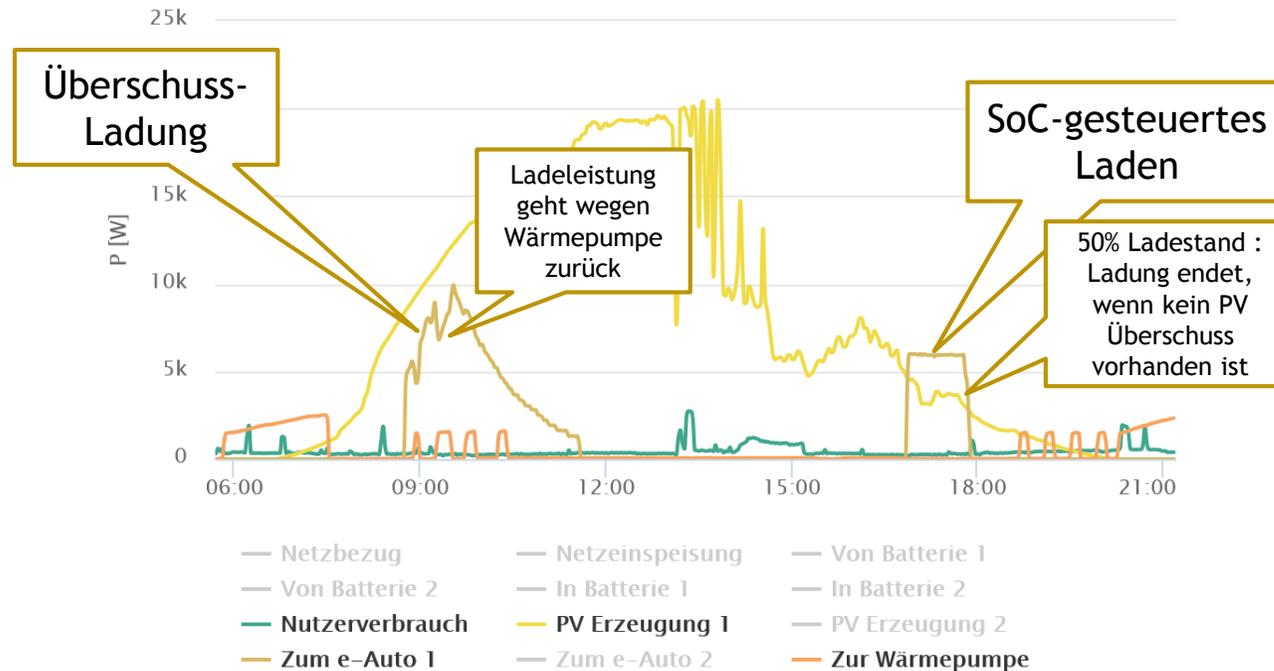
Wendeware AG
Software für die Energiewende



Einfamilienhaus mit wachsender Haustechnik
verschiedener Hersteller

Integration verschiedener Hersteller mit einem
Energie Management System:

- Photovoltaik 1 : 2 x Danfoss TLX :
Erzeugungsdaten über eHZ
Erzeugungszähler
- Photovoltaik 2: SolarEdge : Daten per
Modbus TCP direkt vom Wechselrichter
- Speicher : 2 x SMA Sunny Island mit Sony
Fortellion Batterien, Daten und Steuerung
per Modbus TCP, zusätzlich Siemens Hut-
schienenzähler phasenscharf per Modbus
TCP
- Wärmepumpe : Solvis ohne Web-Interface,
elektrische Leistung über Siemens
Hutschienenzähler, Temperatur via 5 x 1-
Wire Temperatursensoren
(Warmwasserspeicher, Sole Vor- und
Rücklauf, Solarthermie Vor- und Rücklauf)
- Ladesäule Wallbe Pro : 2 x 22 kW,
Steuerung des Ladecontrollers per Modbus
TCP, Zählerauslesung per Modbus RTU
- Kaskadenmessung vom
Messstellenbetreiber: Auslesen von 3 eHZ
Zählern mit optischen Leseköpfen,
notwendig mit 2 PV Anlagen aus
unterschiedlichen Jahrgängen



Der Ladestand des eAutos wird erfasst und bei der Ladung berücksichtigt. Dadurch sind intelligente Ladestrategien möglich, die ohne Komfortverlust die Nutzung eigener Solarenergie maximieren und/oder die Vermeidung von Netzengpässen ermöglichen. Auch eine koordinierte Steuerung von mehreren Ladepunkten ist möglich, z.B. abhängig von der Last am Ortsnetztrafo.

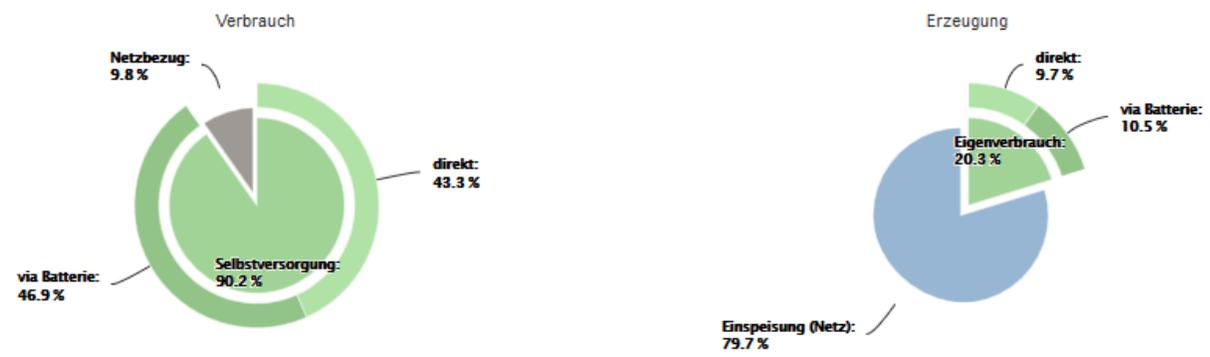
Überschuss-Ladung:

- Auto am Abend vorher eingesteckt
- Ladung beginnt wenn PV Überschuss die voreingestellte Ladeschwelle überschreitet
- Ladeleistung folgt der Solarleistung
- Hausverbrauch und Wärmepumpe haben Vorrang

SoC-gesteuertes Laden:

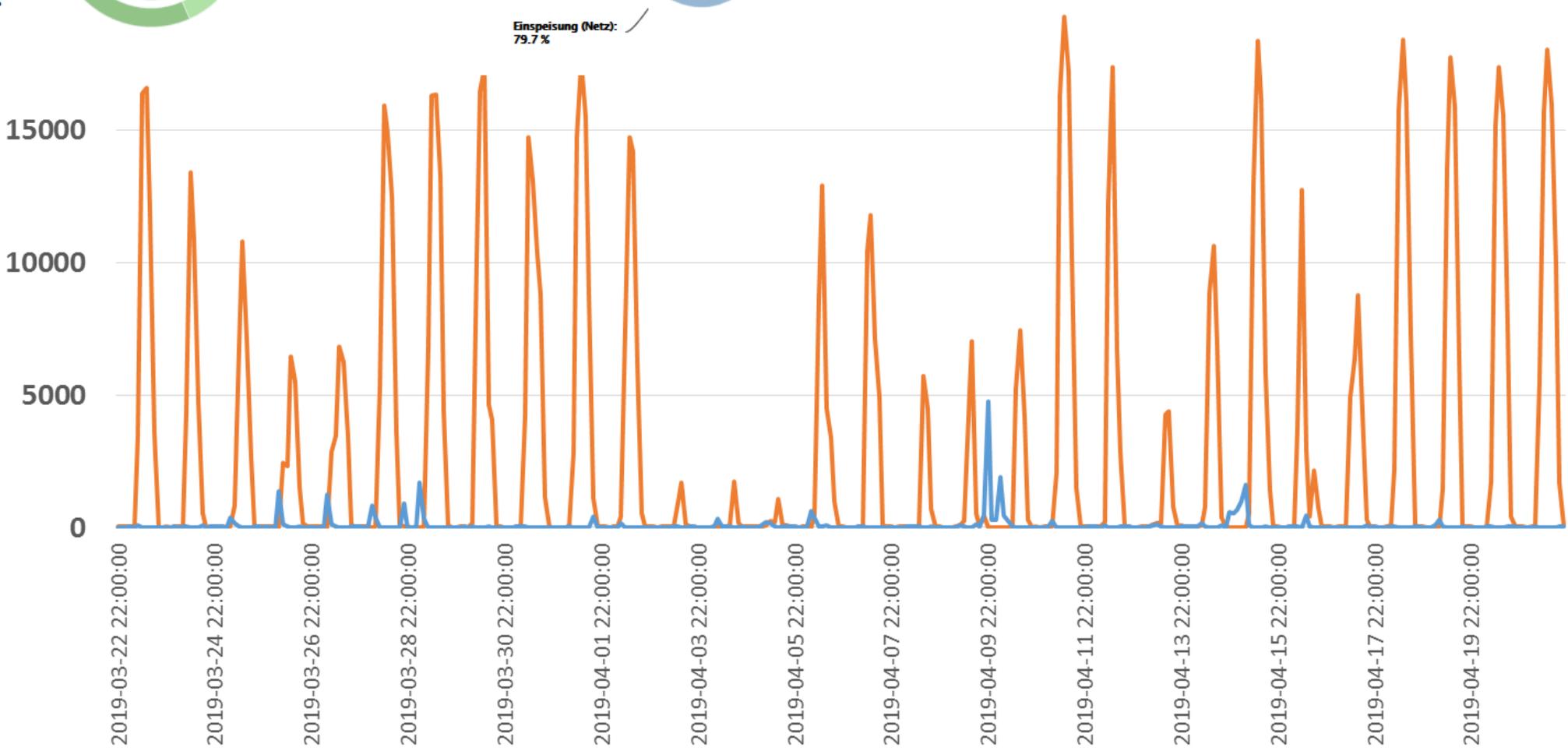
- Abends wieder eingesteckt
- System lädt das Fahrzeug mit voreingestellter Mindestleistung
- Ladung stoppt bei voreingestelltem Ziel-Ladestand des Autos → gewünschte Mindestreichweite ist verfügbar
- Weitere Ladung nur mit PV Überschuss, z.B. am nächsten Tag
- Vor längeren Fahrten setzt man den Ziel-Ladestand auf 100%

30 Tage Netzbezug und Einspeisung mit Batteriespeicher



— Netzeinspeisung — Netzbezug

Leistung in Wa



Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

