

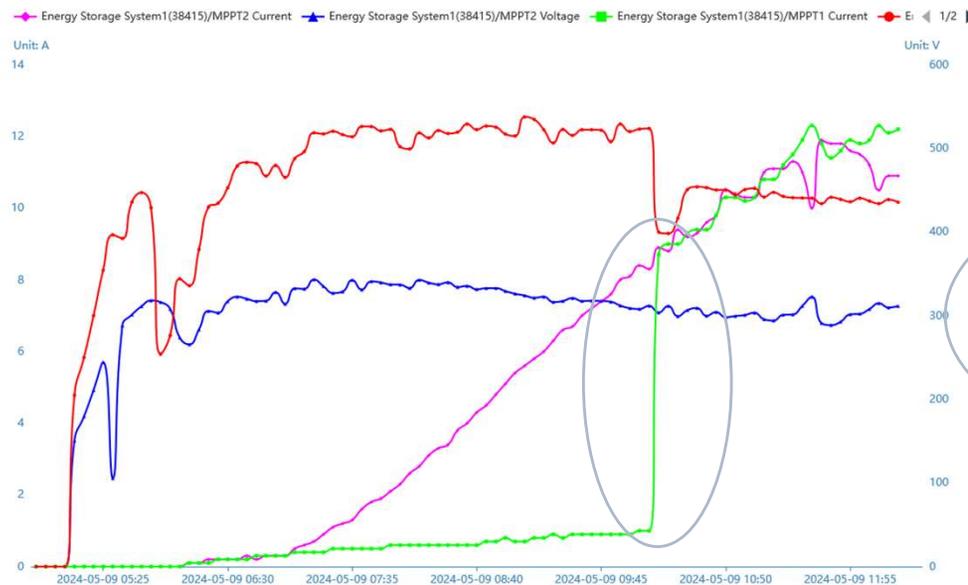


Photovoltaik und Batterie: Wie groß soll's werden?

- **PV-Ertrag**
- **Kosten und Wirtschaftlichkeit**
- **Größe der PV-Anlage**
- **Batteriespeicher**
- **Solarkataster-RLP (und NRW)**

DACHFLÄCHE

- PV Modul (Größe nicht standardisiert)
 - Spitzenleistung (Wp): typ. 400 Wp
 - $\sim 1.7 * 1.1 \text{ m}^2$, $\sim 200 \text{ Wp} / \text{m}^2$, $\sim 5 \text{ m}^2 / \text{kWp}$
- Ertrag-Faustformel:
 - 1 kWp bringt 1000 kWh/a (Süd, $\sim 20\text{-}45^\circ$), Ost/West 75 %, (Nord kann auch sinnvoll möglich sein)
- Verschattung kann Ertrag signifikant mindern
 - Stringaufteilung; Moduloptimierer; Bypassbereiche innerhalb des Moduls beachten



90% Leistungsverlust auf String 1 (MPPT1: Spannung blau, Strom grün) bis Schlagschatten vollständig in Bypassbereich gewandert ist.

PV-ERTRAG (AUSRICHTUNG)

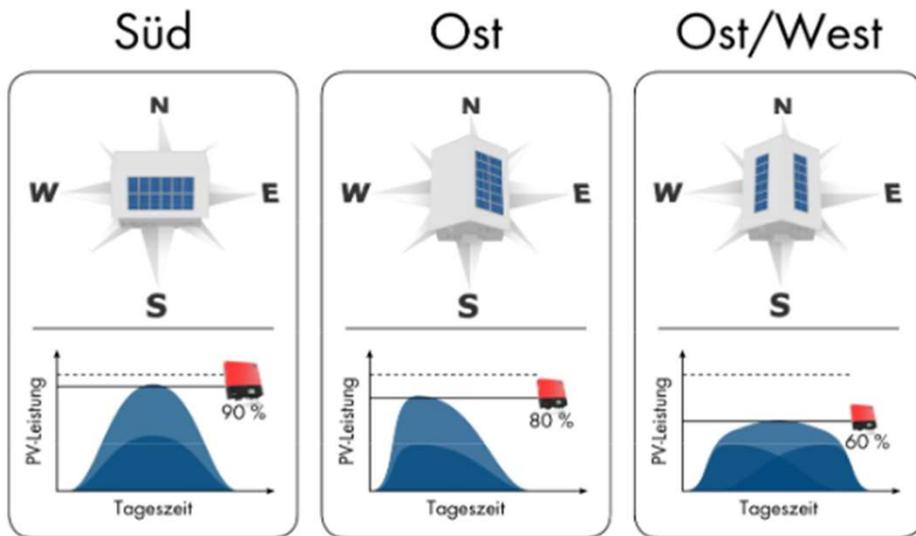


Abbildung 3: Schematische Darstellung verschiedener Ausrichtungen der PV-Anlage und der resultierenden Erzeugungprofile. Die geringere Maximalleistung der Solaranlage bei nicht nach Süden ausgerichteten PV-Anlagen ermöglicht den Einsatz kleinerer Wechselrichter. Quelle: Photobucket / HaraldLaible.

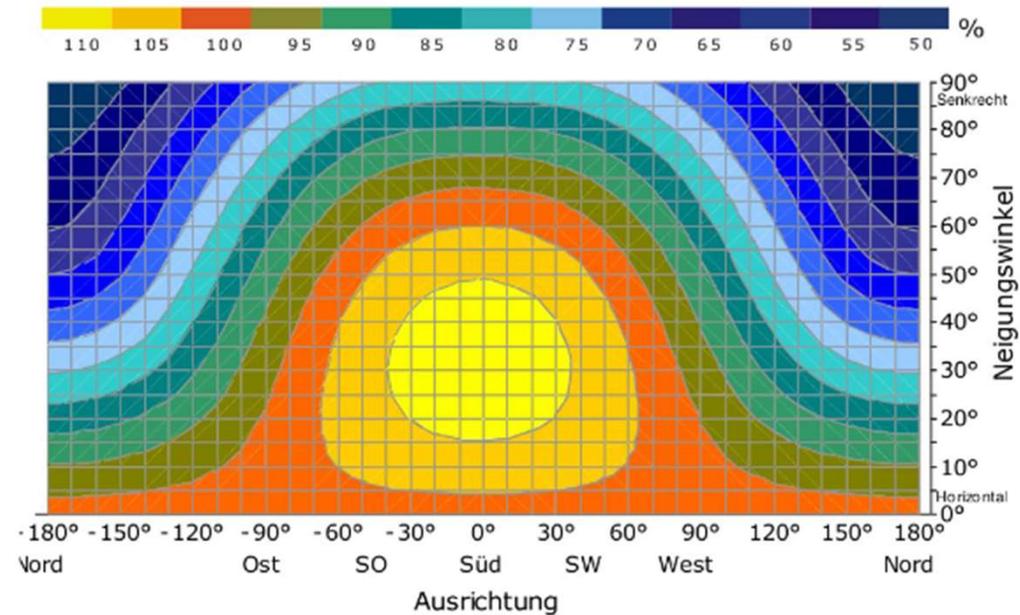
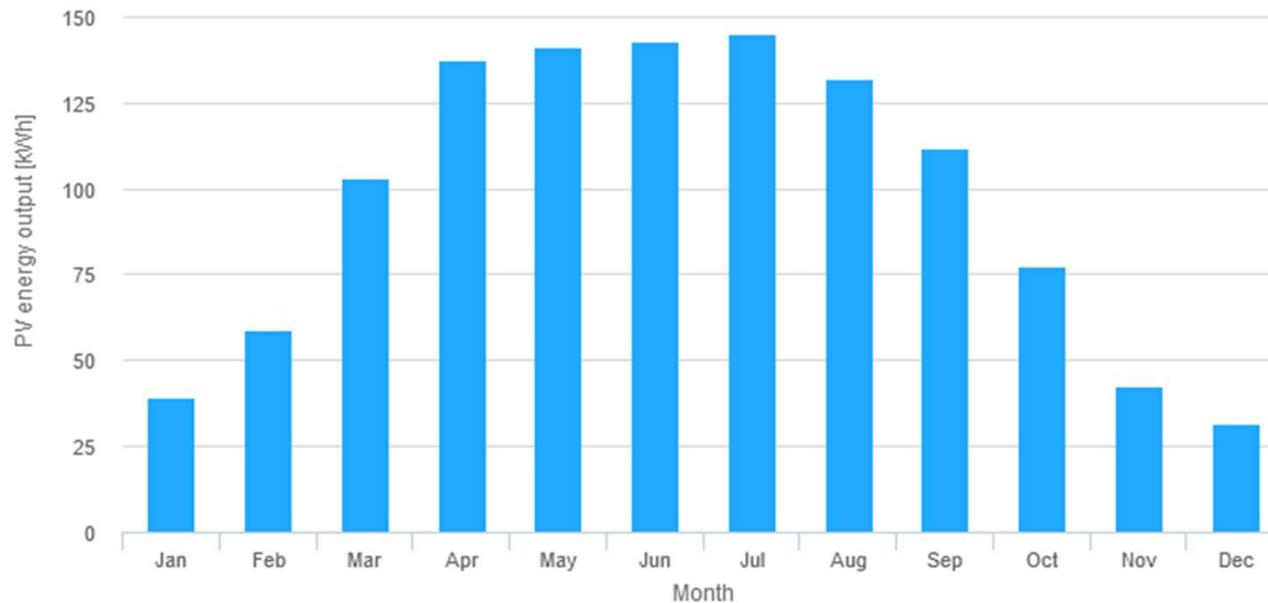


Abbildung 4: Einstrahlung der PV-Anlage bezogen auf die Einstrahlung auf die Horizontale. Quelle: Volker Quaschnig – 2019 – Regenerative Energiesysteme.

<https://solar.htw-berlin.de/wp-content/uploads/HTW-PV-Wegweiser.pdf>

(2021)

PV-ERTRAG JAHRESVERLAUF (SCHRÄGDACHANLAGE)



Daten von EU-PVGIS:

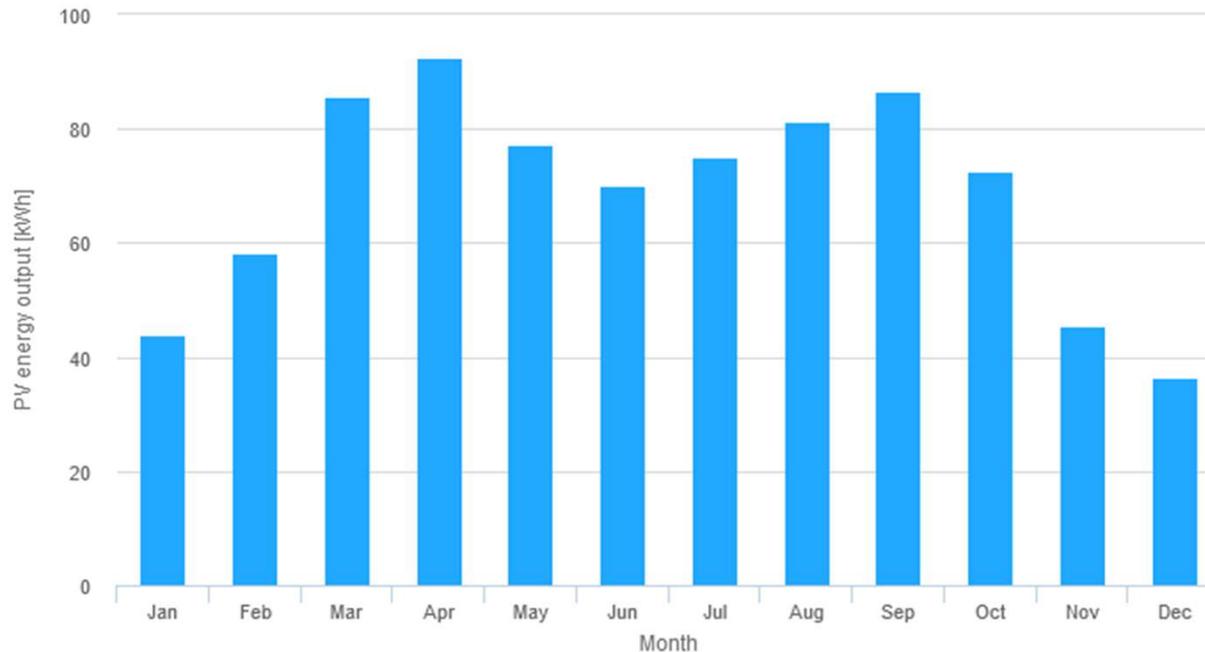
(re.jrc.ec.europa.eu)

- Ingelheim
- Südausrichtung
- 30° Neigung
- 1 kWp
- Jahresertrag ~ 1100 kWh

Sonnenhöhe mittags
(sonnenverlauf.de)

- Sommer 61°
- Winter 17° (Verschattung?!)

PV-ERTRAG JAHRESVERLAUF (BALKONKRAFTWERK)



Daten von EU-PVGIS:

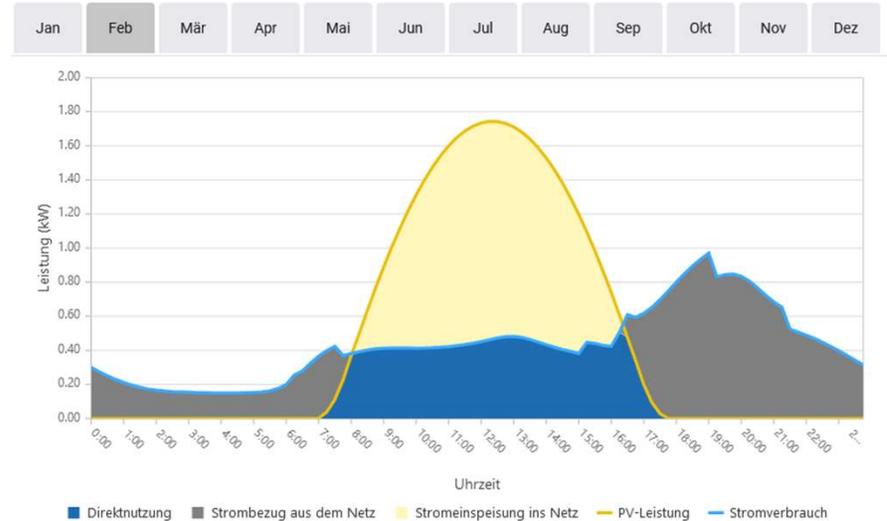
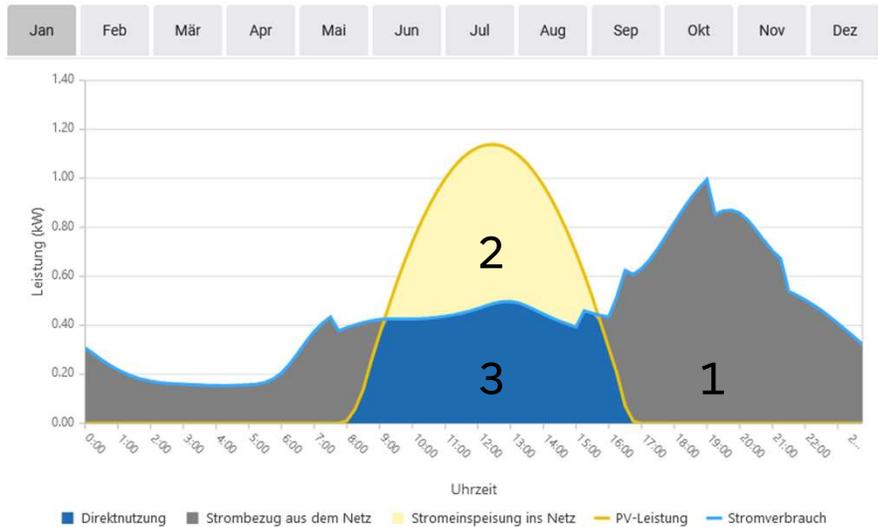
(re.jrc.ec.europa.eu)

- Ingelheim
- Südausrichtung
- **90° Neigung (senkrecht)**
- 1 kWp
- Jahresertrag ~ 800 kWh

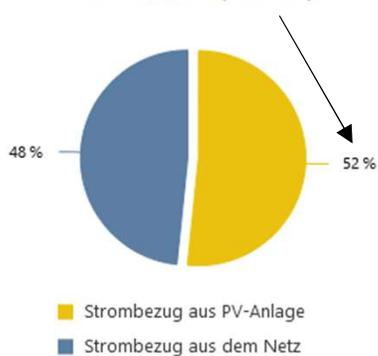
Sonnenhöhe mittags
(sonnenverlauf.de)

- Sommer 61°
- Winter 17° (Verschattung?!)

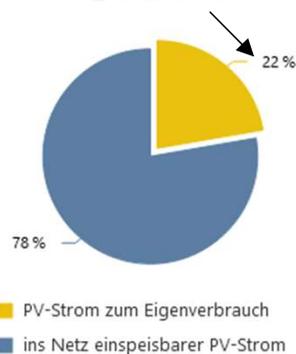
TAGESVERLAUF VON PV-ERTRAG UND STROMVERBRAUCH



Unabhängigkeit (Autarkie)

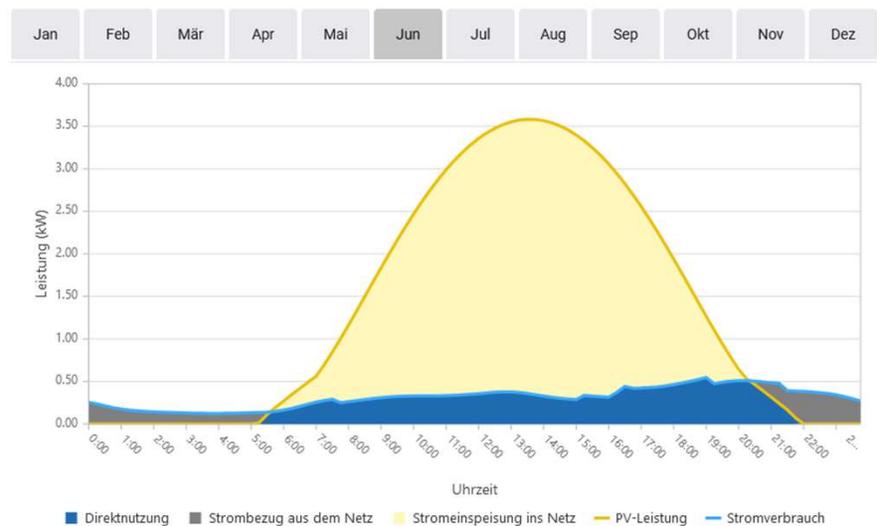


Eigenverbrauch



Autarkie =
 $'3' / ('1' + '3')$

Eigenverbr. =
 $'3' / ('2' + '3')$



Tagesverlaufskurven: Solarkataster-RLP, Süddach, 8 kWp

KOSTEN UND WIRTSCHAFTLICHKEIT (RAHMENBEDINGUNGEN)

- Einspeisevergütung **Teileinspeisung 8,11 ct/kWh** (bis 10 kWp)
 - nicht weiter betrachtet: Volleinspeisung 12,87 ct/kWh
- Amortisationsrechnungen (sehr vereinfacht!)
 - Betrachte nur Anschaffungskosten 1500 €/ kWp
 - $\text{Kosten} / (\text{Jahresertrag} * \text{Gewinn}) = \text{Amortisationsjahre}$
 - Minimaler Eigenverbrauch: Amortisation ~20 Jahre
 - $1500 \text{ €/kWp} / (1000 \text{ kWh/kWp} * a * 0,0811 \text{ €/kWh}) = 18.5 \text{ a}$
 - Maximaler Eigenverbrauch (bei 30 ct/kWh Strompreis): ~5 Jahre
 - $1500 \text{ €/kWp} / (1000 \text{ kWh/kWp} * a * 0,3 \text{ €/kWh}) = 5 \text{ a}$
- Realität liegt irgendwo dazwischen
 - Anschaffungsfixkosten, Zinsen, Versicherung, Reparatur
 - Lebensdauer Module > 20 Jahre, Wechselrichter 10-15 Jahre (?)

GRÖSSE DER PV-ANLAGE AN DEN STROMVERBRAUCH ANPASSEN?

- Hohe Eigenverbrauchsquote kein guter Zielparameter
 - Resultiert in zu kleinen Anlagen
- Hohe Autarkie ist zielführender
 - wieviel von meinem Eigenbedarf kann ich decken?
- Alte Daumenregel für Dachanlage: Peak Leistung ~1.0-1.5 kWp pro Jahresverbrauch / 1000 kWh (z.B. 5000 kWh Jahresverbrauch ergibt 7.5 kWp PV)
 - **Aber: kein scharfes Kriterium!**
 - wegen Fixkosten sinken die Kosten pro kWp bei größeren Anlagen
 - Stromverbrauch in der Zukunft? Wärmepumpe, E-Auto?
 - Stromkosten in der Zukunft?
- Devise heute: „Macht die Dächer voll!“
 - soweit es das Portemonnaie hergibt ...
 - **Daumenregel heute eher: 2.0-2.5 kWp pro 1000 kWh/a Stromverbrauch**

WIRTSCHAFTLICHKEIT UND KOSTEN (STUDIEN)

HTW Studie 2019 (https://www.verbraucherzentrale.nrw/sites/default/files/2019-03/VZNRW_HTW-BERLIN_PV-Wirtschaftlichkeit.pdf)

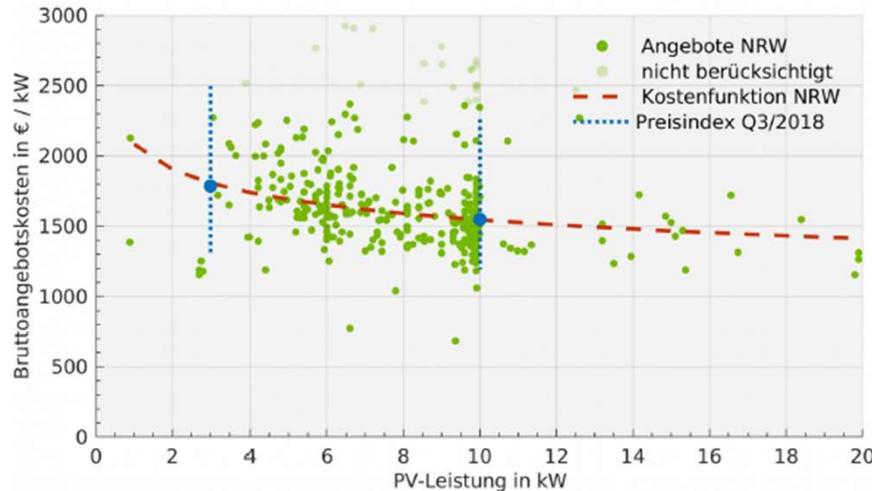


Abbildung 2.3: Nordrhein-westfälische Bruttoangebotspreise und Funktion der Investitionskosten sowie EUPD Preisindex in €/kW in Abhängigkeit von der PV-Leistung der angebotenen PV-Anlage (Daten: www.photovoltaikforum.com [5], EUPD Preisindex [4]).

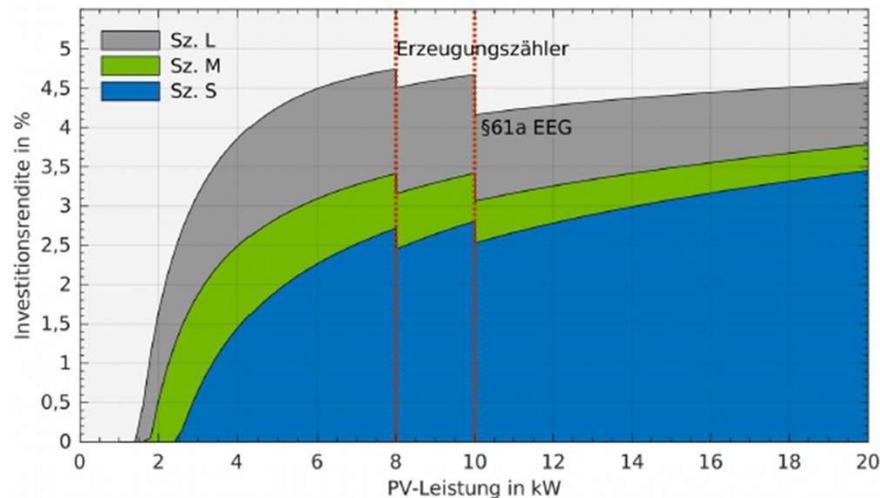


Abbildung 3.5: Investitionsrendite über 20 Jahre in Abhängigkeit von der PV-Leistung für die Szenarien S, M und L.

Spezifische Kosten sinken
mit Anlagengröße
(sind aber heute doch nicht
so viel niedriger als 2019 !?)

	„Sparer_in“	„Familie Mustermann“	„Mustermanns + E-Auto“
Kurzname	S	M	L
Energieverbrauch	3000 kWh/a	4500 kWh/a	(4500+2500) kWh/a
Lastprofil HTW Berlin ² [17]	Nr. 34	Nr. 46	Nr. 46 + [18]

Rendite steigt mit Anlagengröße
(Renditeanstieg auch bei hohen
PV-Leistungen realistisch?)

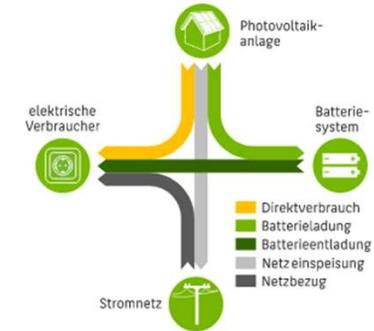
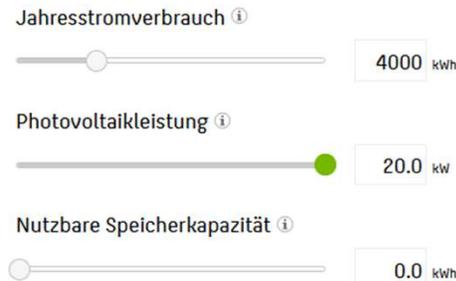
Die “Sprünge“ durch gestaffelte Zählerpreise
und EEG-Umlage gibt es heute so nicht mehr,
aber Trend gilt weiterhin.

WIE HOCH KANN DIE AUTARKIE WERDEN?

<https://solar.htw-berlin.de/rechner/unabhaengigkeitsrechner/?load=4000&pv=6.0&bat=0.0>

Vernünftige PV-Leistung ergibt etwa 30-35 % Autarkie (ohne Speicher). > 40% nur mit überdimensionierten Anlagen erreichbar.

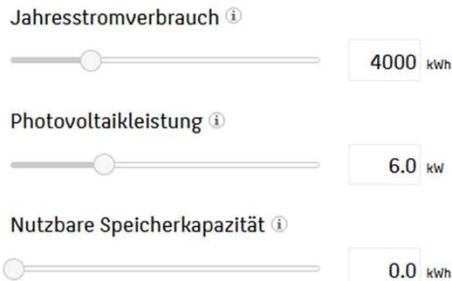
Unabhängigkeitsrechner



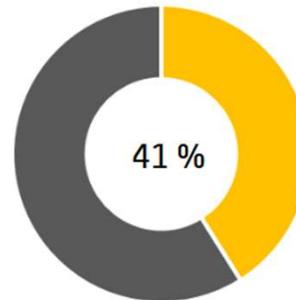
htw

Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin
University of Applied Sciences

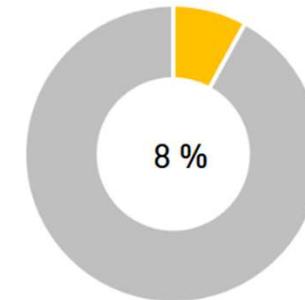
Unabhängigkeitsrechner



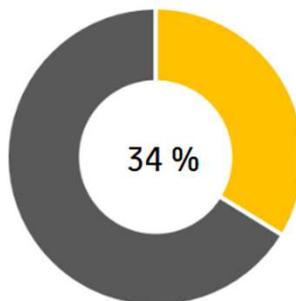
Autarkiegrad ⓘ



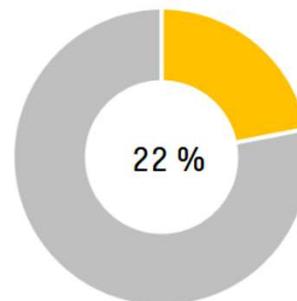
Eigenverbrauchsanteil ⓘ



Autarkiegrad ⓘ



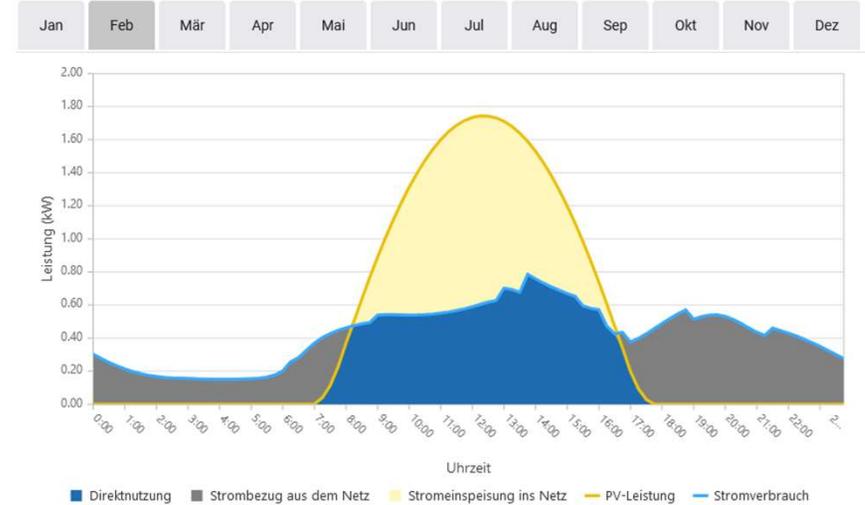
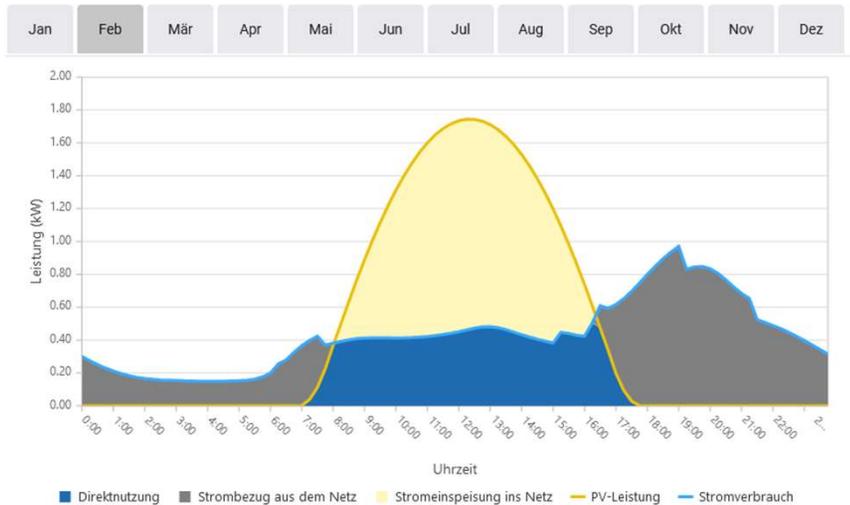
Eigenverbrauchsanteil ⓘ



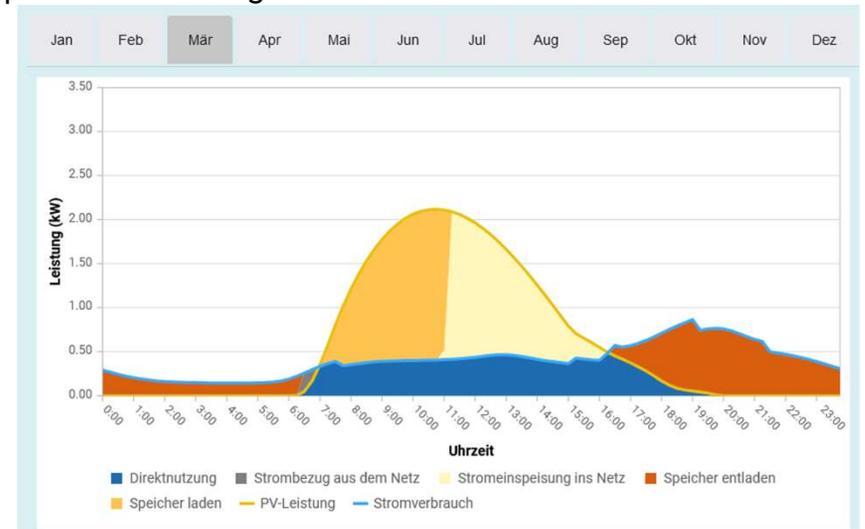
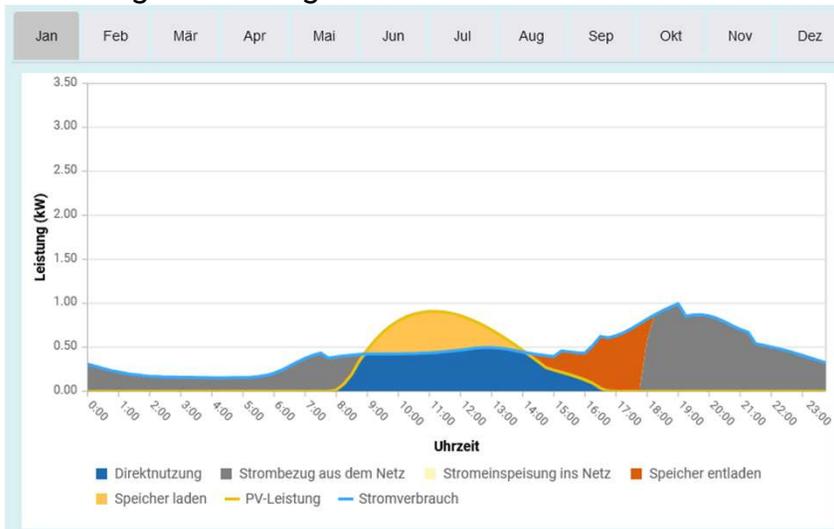
→ Link kopiert! ✓

ERHÖHUNG DES DIREKTVERBRAUCHS

- Nutzerverhalten anpassen: Verschiebe Verbrauchsspitzen in die Sonnenstunden
 - begrenztes Potential, beispielhaft hier der Unterschied zwischen dem besten und schlechtesten Lastprofil im Solarkataster-RLP



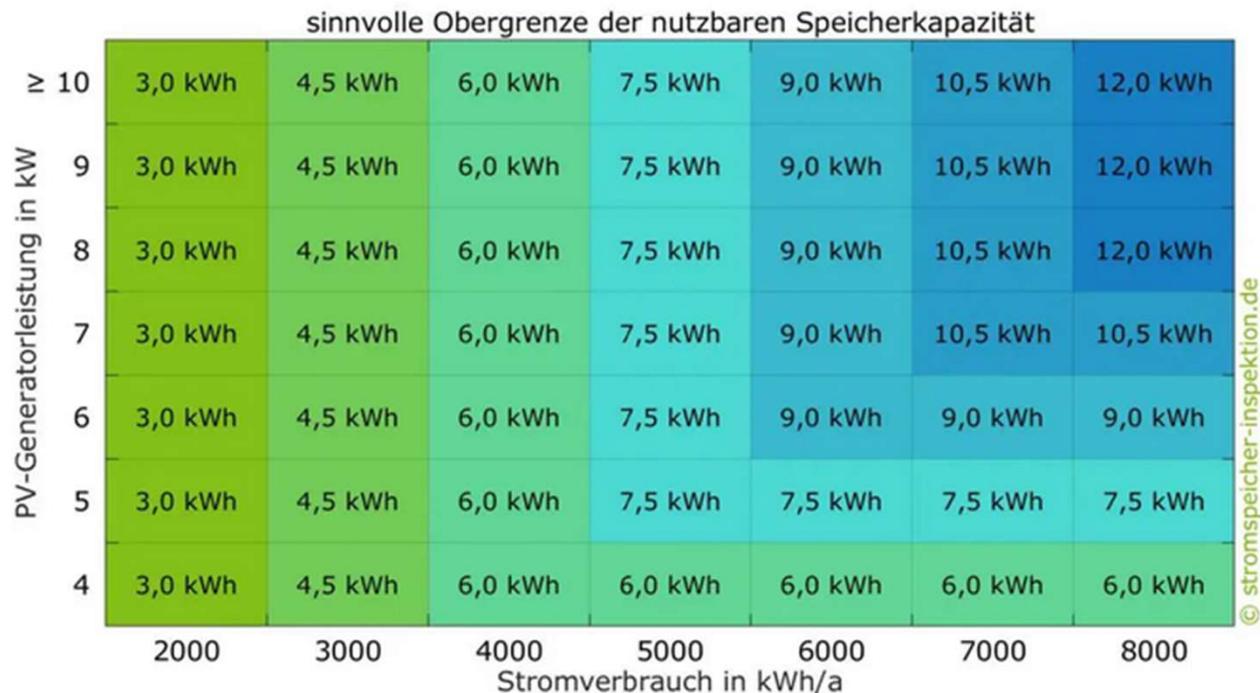
- Einsatz eines Batteriespeichers (Nachtverbrauch ~ 18-8 Uhr ist relevant)
- Tagesverlaufsgrafiken von Solarkataster-NRW für 8kWp Südausrichtung



SPEICHERGRÖSSE

- HTW-Berlin Empfehlung zum Speichereinsatz:

- nur wenn ausreichend PV-Überschuss vorhanden ist (Peak Leistung > 0.5 kWp pro Jahresverbrauch / 1000 kWh)
- nicht zu groß gegenüber PV (Speicherkapazität max = 1.5 kWh * PV-Leistung/kWp)
- Anpassung an Stromverbrauch: Speicherkapazität ~ 1.5 kWh / 1000 kWh/a (~ Nachtverbrauch)
- <https://solar.htw-berlin.de/faq-unabhaengigkeitsrechner/>



Empfohlene Obergrenze der nutzbaren Speicherkapazität in Einfamilienhäusern, die von der Größe der PV-Anlage und der Höhe des jährlichen Stromverbrauchs abhängt.

SPEICHER ANMERKUNGEN

- Ältere Studien (auch von HTW-Berlin): Speicher sind nur wirtschaftlich, wenn sie eher klein dimensioniert werden
- Preise jedoch (jetzt ~ 500 €/kWh) in den letzten Jahren noch stärker gesunken als bei den PV-Modulen, deshalb gestiegene Wirtschaftlichkeit
- Erfahrungswerte zur Lebensdauer noch eher spärlich
- Wärmepumpe und E-Auto auch in Betracht zu ziehen
- Größere Unabhängigkeit von zukünftiger Strompreisentwicklung
- Notstromversorgung möglich
- Entlastung des Stromnetzes
- Nachrüsten von zusätzlicher Kapazität kann schwierig sein

SOLARKATASTER

<https://solarkataster.rlp.de/>

Dachflächen – Ertrag – Wirtschaftlichkeit

(siehe auch www.solarkataster.nrw.de mit neuerer Version des Ertragsrechners)

The screenshot displays the Solarkataster web application interface. On the left, a sidebar contains navigation and filter options: 'Hintergrund' (background), 'Adresssuche' (address search), 'Strom' (electricity) with a sub-menu for 'Photovoltaik', 'Wärme' (heat) with a sub-menu for 'Solarthermie', and 'Denkmalschutz' (monument protection). The 'Photovoltaik' sub-menu is expanded, showing 'Potenzialflächen' (potential areas) with color-coded categories: Flachdach (flat roof), Nordausrichtung (north-facing), Ostausrichtung (east-facing), Westausrichtung (west-facing), and Südausrichtung (south-facing). Below this, 'Solar nutzbare Einstrahlung' (solar usable irradiation) is shown with a color scale from 'sehr hohe Einstrahlung' (very high) to 'sehr geringe Einstrahlung' (very low). A 'Denkmalschutz' (monument protection) filter is also present.

The main map shows a residential area with buildings overlaid with color-coded solar potential. A large circular building is highlighted in orange, indicating high potential. Other buildings are shown in various colors, from green (low potential) to red (high potential). The map includes street names like 'Ludwig-Langstädter-Straße', 'Am Gaisberg', 'Drosselweg', 'St-Kilian-Straße', 'Falkenstraße', 'Georg-Rückert-Straße', 'Erlanger-Straße', and 'Gemschlagel'. A scale bar indicates 30 meters.

On the right, a 'Photovoltaik' (Photovoltaics) panel is open, displaying the following information:

Das gewählte Gebäude hat folgende geeignete Dachflächen:

Ausrichtung	geeignete Modulfläche [m²]	nutzbare Einstrahlung [kWh/m²*Jahr]	max. Leistung [kWp]	potenzieller Stromertrag [kWh/Jahr]
<input type="checkbox"/> Flach	64	1.273	12,3	13.501
<input type="checkbox"/> Nord	428	840	83,4	59.590
<input type="checkbox"/> Ost	194	904	37,7	28.570
<input type="checkbox"/> Süd	507	980	98,3	95.842
<input type="checkbox"/> West	230	959	44,6	38.982
Gesamt	1.423	1.000,333	276,3	236.485

Buttons: 'weiteres Gebäude hinzunehmen' (add more buildings), 'Ertragsrechner starten' (start calculator).

Text: 'Setzen Sie Haken in die Kästen vor den Dachflächen, die in die detaillierte Ertragsberechnung einfließen sollen. Starten Sie dann den Ertragsrechner.' (Check the boxes for roof areas that should be included in the detailed yield calculation. Then start the yield calculator.)