

Balkonkraftwerk und Smart Grid

Die Energiewende selbst in die Hand nehmen

Joachim Brinkmann

IoT² Werkstatt

iBT

Institut für Betriebs- und
Technologiemanagement
Institute for Operations and Technology Management



Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

Disclaimer

- Diese Präsentation wurde mit größter Sorgfalt erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte kann jedoch keine Gewähr übernommen werden.
- Die Präsentation stellt keine technische, Rechts- oder Steuerberatung dar. Diese muss individuell unter Berücksichtigung des Einzelfalls erfolgen.
- Die Rahmenbedingungen und die Empfehlungen beruhen auf dem Kenntnisstand zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Präsentation.

Weitere Informationen unter: www.umwelt-campus.de/balkonkraftwerk

Stand:08.07.24



Institut für Betriebs- und
Technologiemanagement
Institute for Operations and Technology Management



Umwelt-Campus
Birkenfeld

H O C H
S C H U L E
T R I E R

Wer sind wir?



Prof. Dr.-Ing. Klaus-Uwe Gollmer

Professor für Modellbildung und Simulation
IoT²-Werkstatt am UCB, Makerspace INNODIG

Tel.: +49 6782 17-1223

k.gollmer@umwelt-campus.de

www.umwelt-campus.de/k.gollmer



Joachim Brinkmann, M.Sc.

Doktorand, Lehrkraft für erneuerbare Energien,
wissenschaftlicher Mitarbeiter

Schwerpunkte: additive Fertigung, Energieeffizienz,
Ressourcenmanagement

Tel.: +49 6782 17-1900

j.brinkmann@umwelt-campus.de



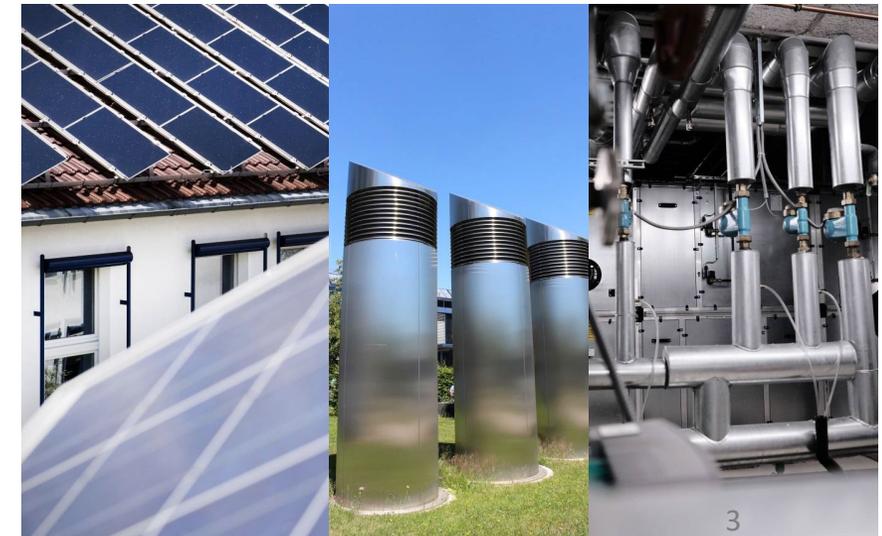
Umwelt Campus Birkenfeld

- Zero Emission - 100%
 - Photovoltaik
 - Biomasse
 - Wärmerückgewinnung
- Regenwassernutzung
- Nachhaltigkeit
- Campusbiotop

DIE GRÜNSTE HOCHSCHULE DEUTSCHLANDS
#6 der Weltrangliste im Green Metric Ranking



- Hochschulranking zur Nachhaltigkeit
- 2023: International Platz 3, national 1. Platz
 - > 1000 Hochschulen
- Weltweit Platz 3 beim Sektor Klima- und Energiewende

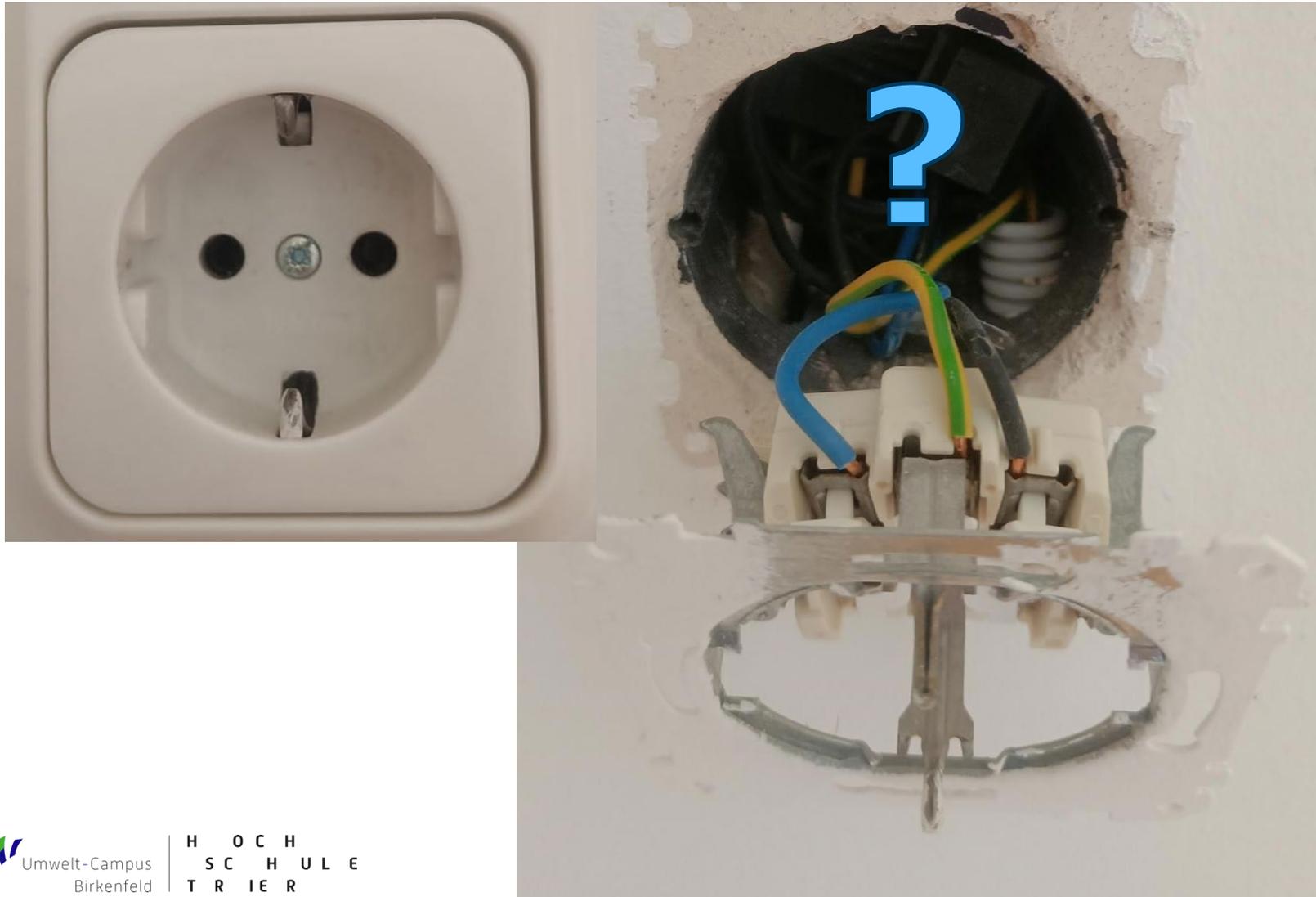


Agenda

- „Stromverbrauch“ im Haushalt und was ist mit Leistung, Arbeit, Stromkosten?
- Photovoltaik – technische Grundlagen
- Was kann ich selbst nutzen?
- Planung und Installation
- Rechtliche Randbedingungen

- Workshop – Live Zusammenbau

Lebenswelt - Welcher Strom kommt aus meiner Steckdose?



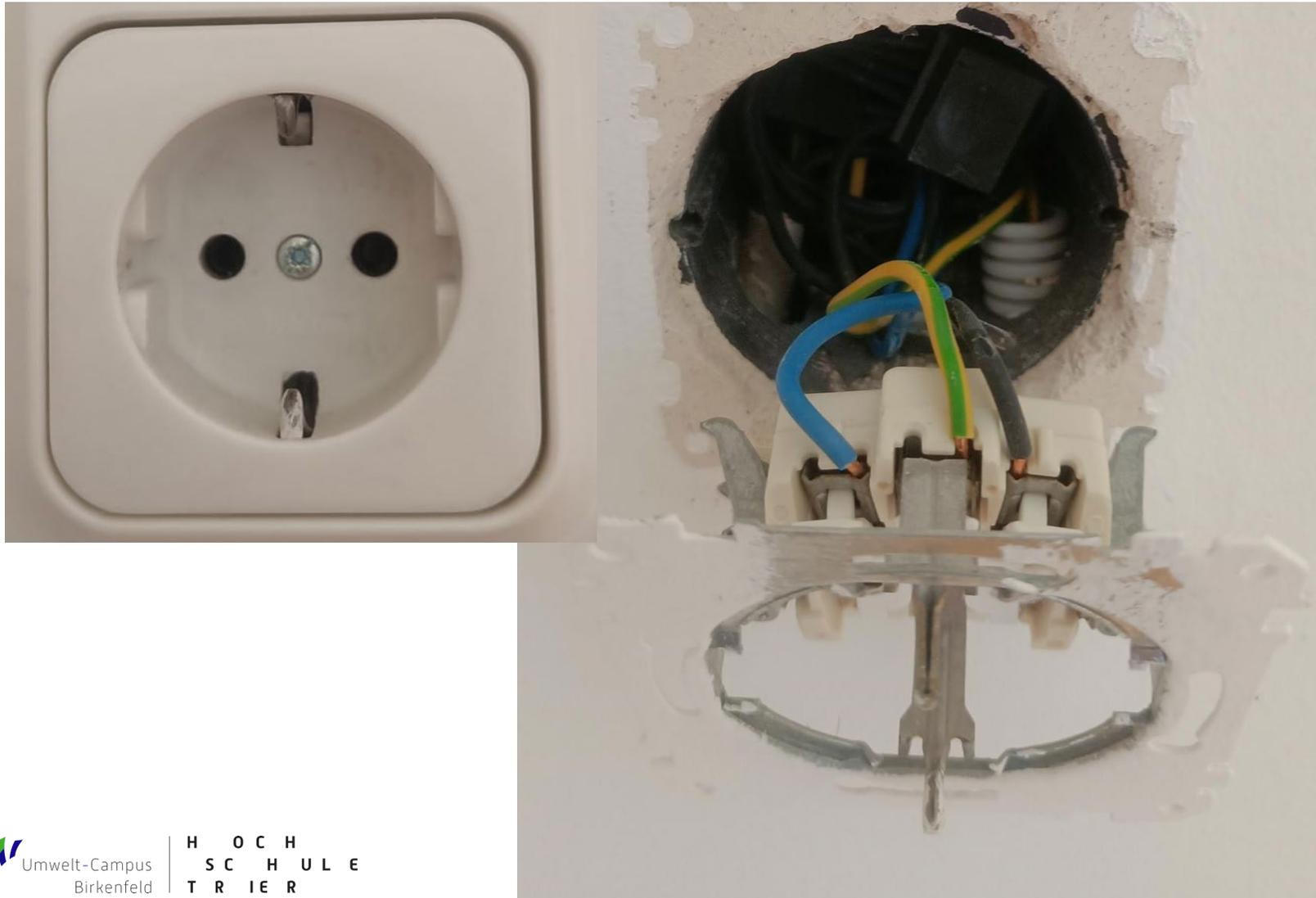
**Bei mir sind es drei
Kabel**

Wozu so viele?

Schwarz = Kohle
Blau = Erdgas
Gelb/Grün = Erneuerbare

?

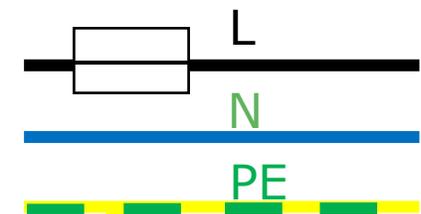
Lebenswelt - Welcher Strom kommt aus meiner Steckdose?



**Bei mir sind es drei
Kabel**

Wozu so viele?

~~Schwarz = Kohle
Blau = Erdgas
Gelb/Grün = Erneuerbare~~



Niederspannungsnetz



Schritt 1: Theorie, Begriffe – was muss ich eigentlich bezahlen?
-> **Elektr. Leistung, Arbeit, Strom, Grundlast**

(Elektrische) Helfer im Haushalt



<https://www.crayon.com/>



Mr. Bean hat eine kleine **Leistung** (z.B. 10 Watt)

Supermann hat eine große **Leistung** (z.B. 1000 Watt) und kann so viel mehr Arbeit pro Stunde leisten

Angenommen, ich möchte mein Dach neu decken (d.h. eine bestimmte Arbeit verrichten lassen):

- > Mr. Bean braucht 100 Stunden [10 Watt mal 100 Stunden]
- > Supermann wäre in 1 Stunde fertig [1000 Watt mal 1 Stunde]
- > Beide verrichten aber die gleiche Arbeit

-> **Arbeit ist also Leistung mal Zeit** ($E = P \cdot t$), Einheit: Watt mal Stunden, Wh

Leistung typischer Geräte im Haushalt

Herd:	4000 Watt
Elek. Heizlüfter	1000 Watt
Föhn:	1000 Watt
Wasserkocher:	1000 Watt
TV:	100 Watt
Notebook:	50 Watt
Handyladegerät:	5 Watt
Ladegerät Standby	0.5 Watt

Was kostet mich denn ein Gerät mit einem Watt im Jahr?



=



<https://www.craiyon.com/>

Abgerufene Arbeit (Leistung mal Zeit) mal Tarif = zu zahlender Rechnungsbetrag

1 W * 24 Stunden/Tag * 365 Tage/Jahr = 8760 Wh/Jahr -> Mit 40 ct pro kWh sind das 3.50 € pro Jahr



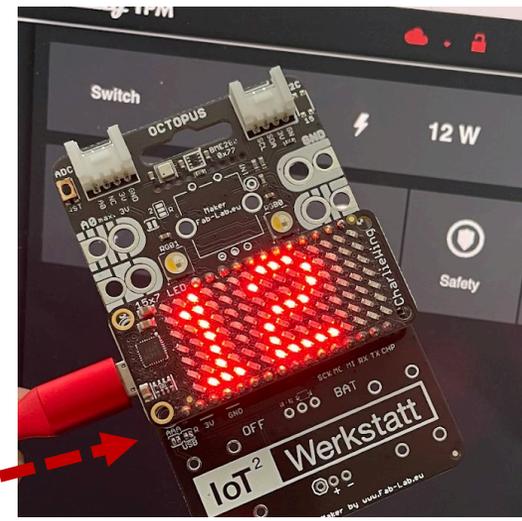
Vermeidung vor Kompensation!

-> Jede eingesparte kWh ist wichtig

Grundlast analysieren: Shelly Smart Meter



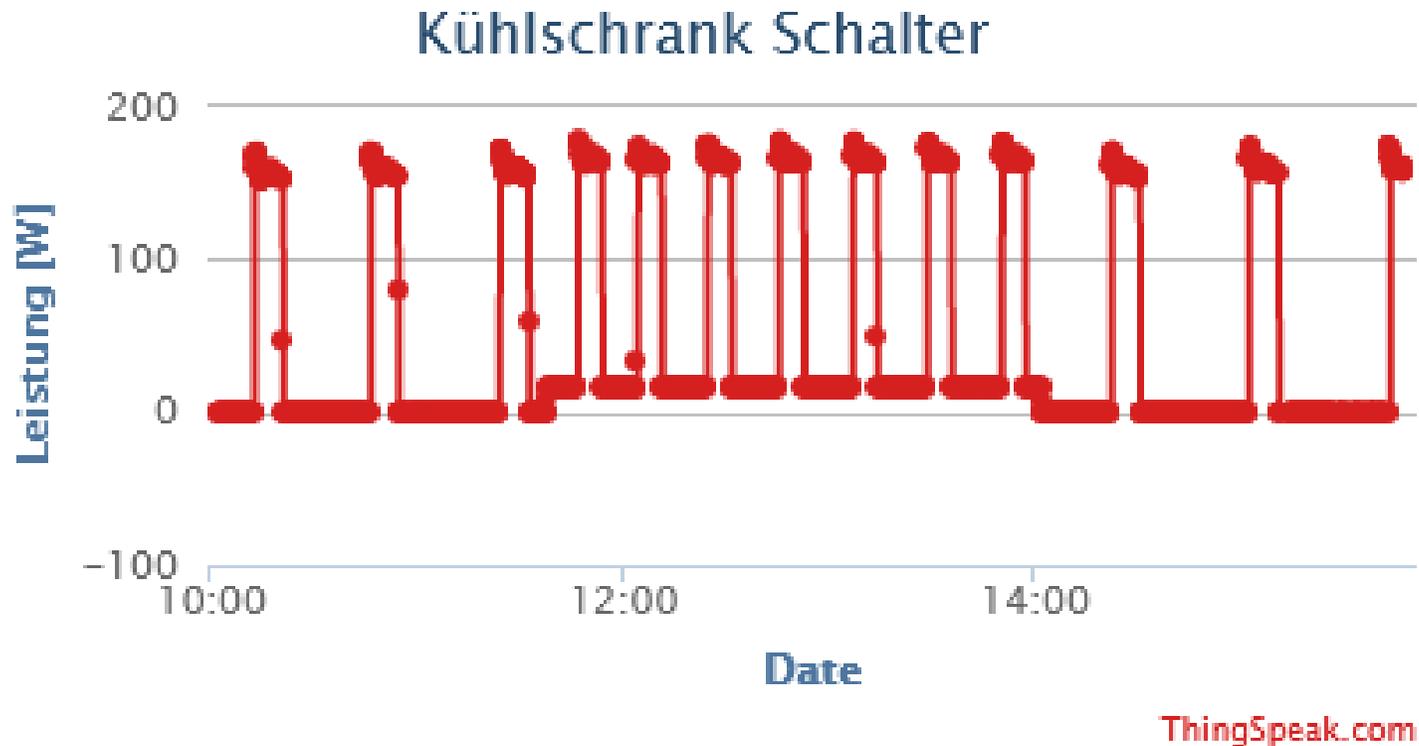
WiFi-Access Point
SSID: shellyplug-s-442A8B
Pass:



WiFi-Access Point
SSID: hackathon
Pass: IoTWerkstatt



Verschiedene Programme (Arbeitsabläufe)



- Manche (ältere) Kühl-/Gefrierkombination hat „Schnellfrost“ Betrieb (orangener Schalter im Bild)
- > der wird oft nicht zurückgesetzt („vergessen“)
- > Konsequenz: Zusätzliche 10 Watt im Standby und häufigerer Kompressorlauf
- > Mindestens 20 Watt höherer Leistungsbedarf (10 W Heizung, im Kühlschrank, unglaublich)
- > **Zusätzliche Kosten:** 20 Watt mal 3,50 €/Watt = **70 € im Jahr**



Photovoltaik, die Lösung in der Energiewende?

-> Vom Konsumenten zum Produzenten

Balkonkraftwerk – was ist das?

Photovoltaikanlagen

- Dachanlagen, Freiflächenanlagen
- Bis 30 kW_{peak} privat
- Einspeisevergütung, Steuerpflicht
- Genehmigungspflichtig



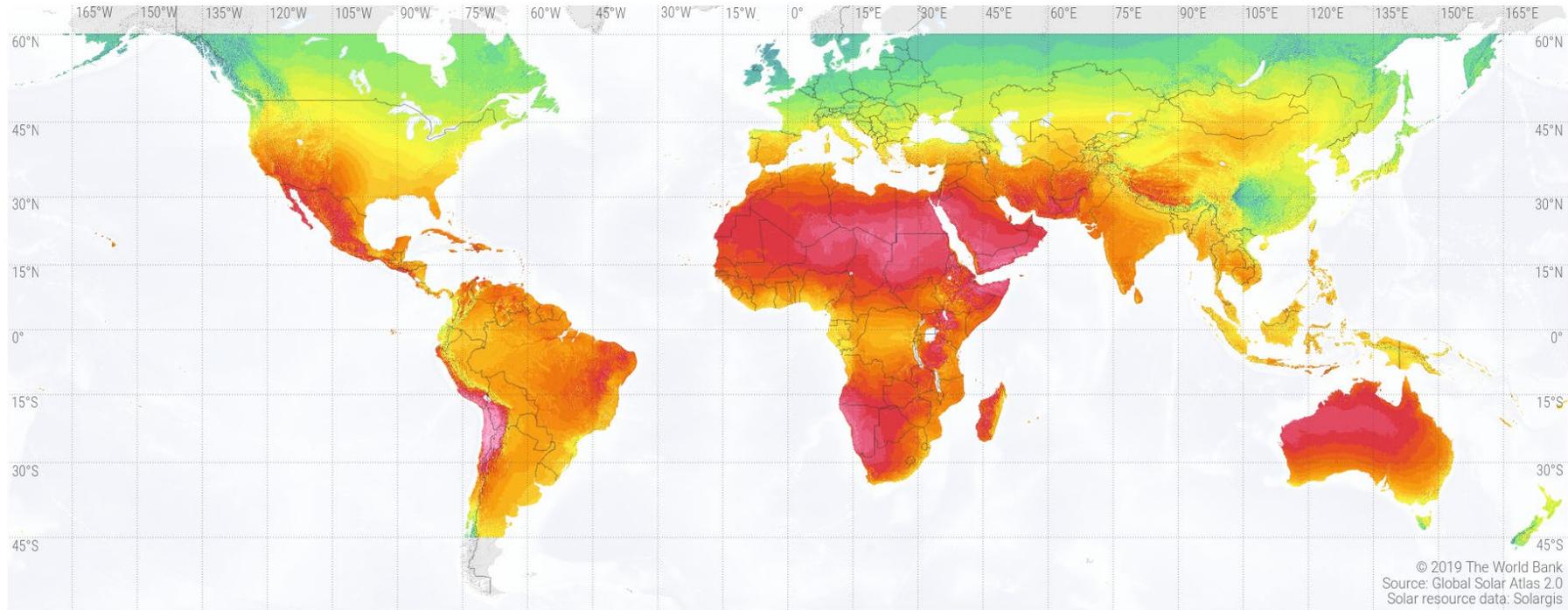
Balkonkraftwerk

- Mikroanlage: Balkon, Garage, Tisch, ...
- max. 800 W_{peak} (max. 2000 W Modulleistung)
- Weder Einspeisevergütung, noch Steuerpflicht
- Nur anmelden, keine Genehmigungspflicht

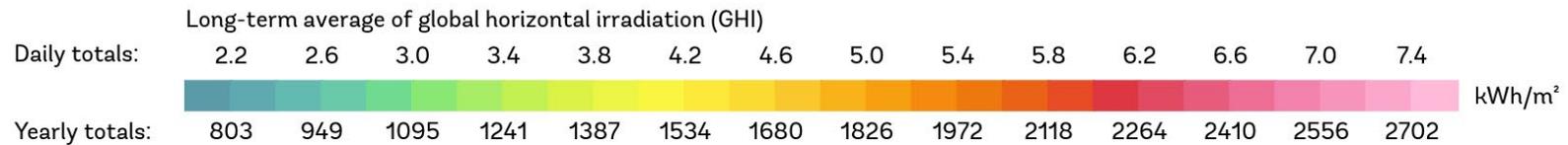


Theoretisches Potenzial der Sonne

SOLAR RESOURCE MAP GLOBAL HORIZONTAL IRRADIATION



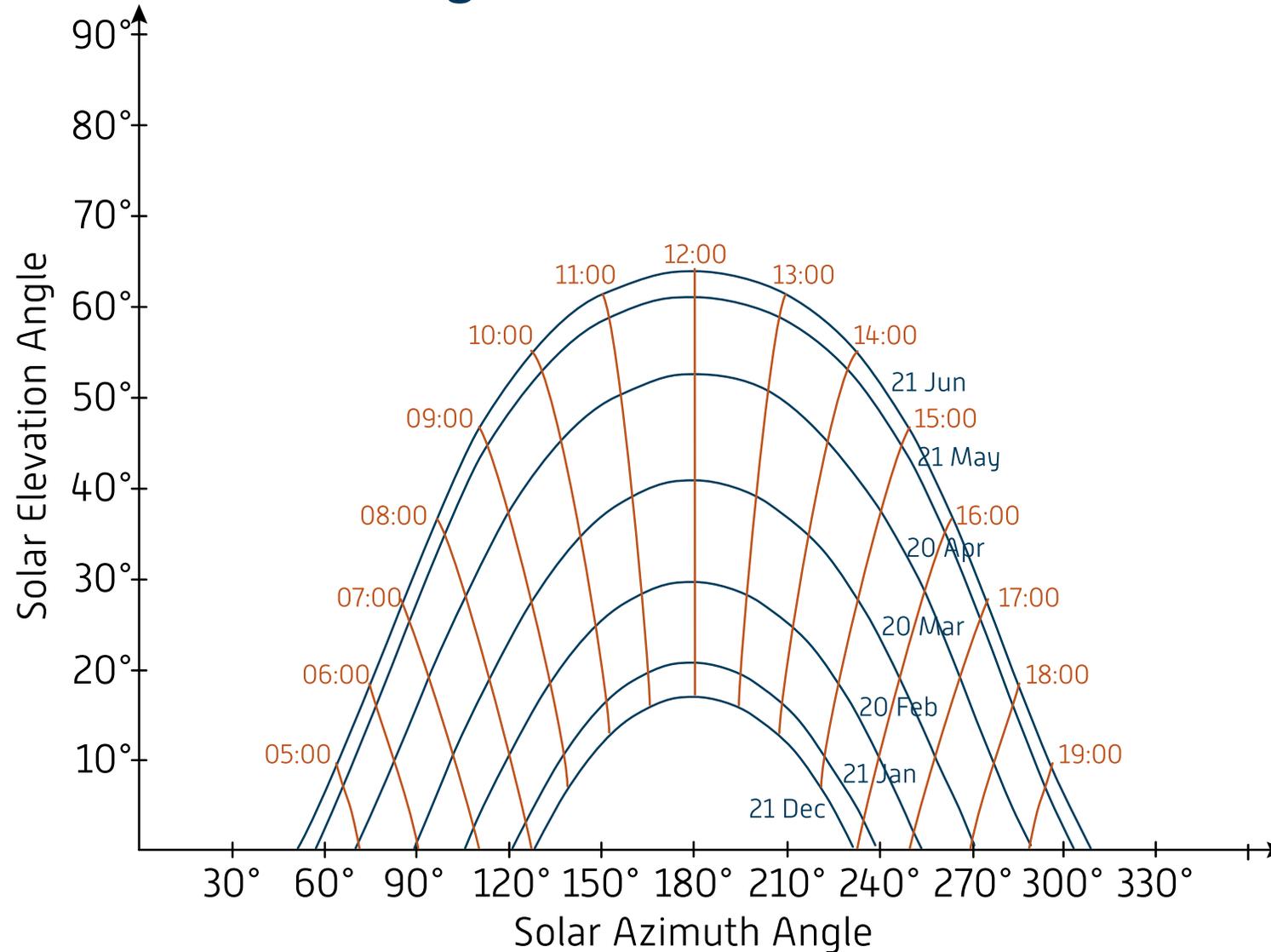
© 2019 The World Bank
Source: Global Solar Atlas 2.0
Solar resource data: Solargis



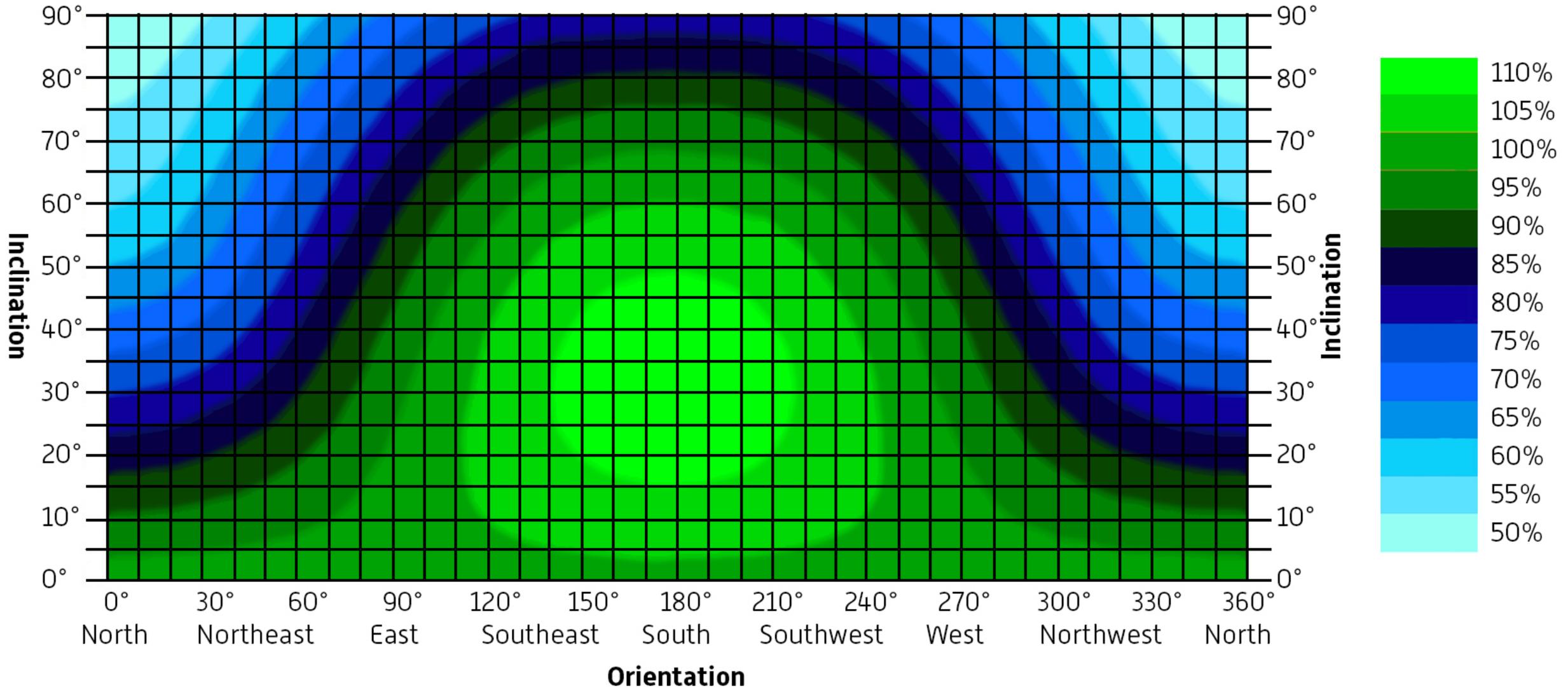
This map is published by the World Bank Group, funded by ESMAP, and prepared by Solargis. For more information and terms of use, please visit <http://globalsolaratlas.info>.

Quelle: 2020 The World Bank, Source: Global Solar Atlas 2.0, Solar resource data: Solargis; Lizenz: CC BY 4.0

Bewegung der Sonne entlang des Horizonts

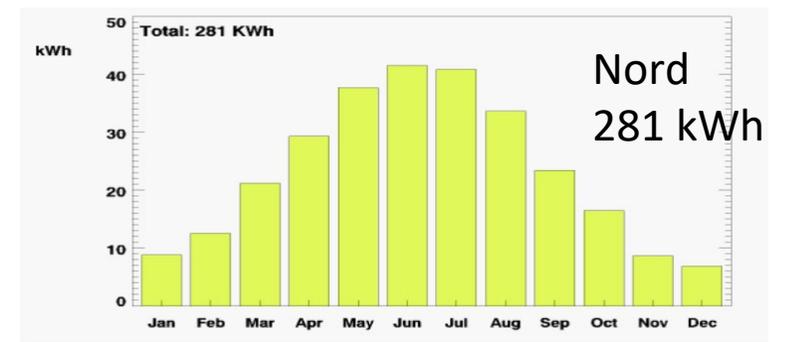
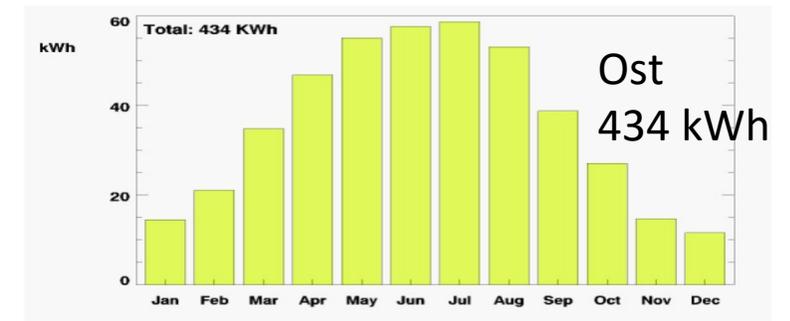
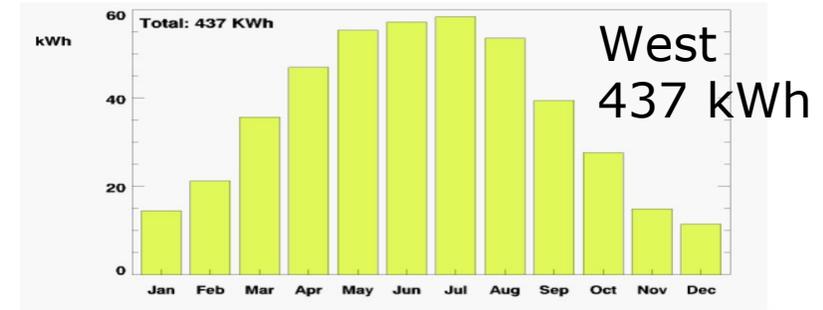
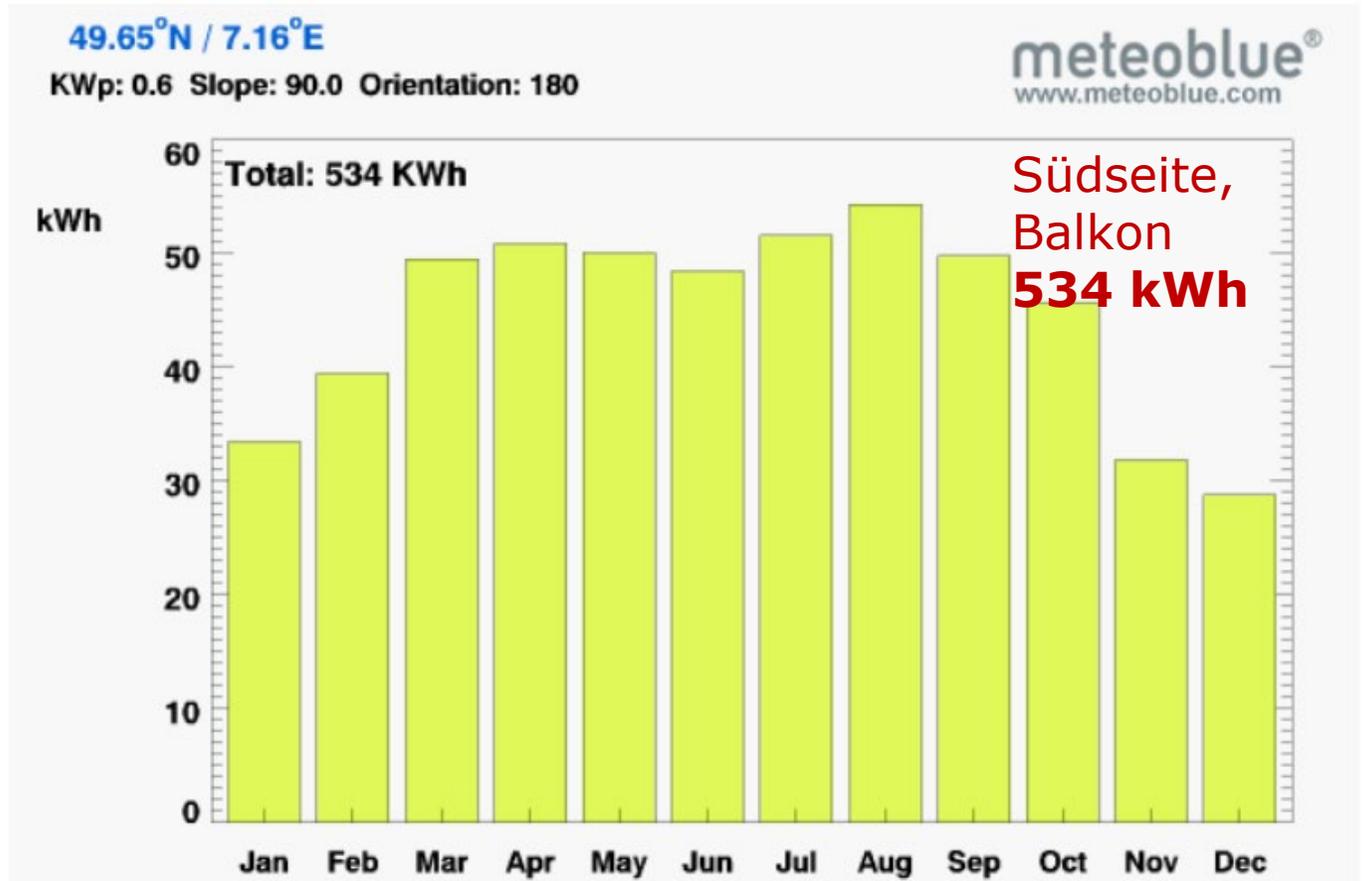


Einstrahlungsgewinn durch Modulausrichtung und -neigung



Theoretische Ertragssimulation

Ertragsberechnung Ihrer Photovoltaik-Anlage



<https://www.solarserver.de/pv-anlage-online-berechnen/>



Den eigenen PV-Strom produzieren.

-> **Was kann ich davon wirklich nutzen?**

PV-Leistung, nutzen wenn sie verfügbar ist!

Die Solarenergie kann im einfachen Fall nicht gespeichert werden.
Wir müssen die **Leistung der Sonne sofort selbst nutzen**, sonst verschwindet sie im Stromnetz (und hilft den Nachbarn).

Grobe Abschätzung: per Simulation (oder Messung der Grundlast)



71 % der Arbeit wird selbst genutzt

<https://www.volker-quaschnig.de/software/unabhaengig/index.php>

Wirtschaftlichkeit, Amortisation

4 Personenhaushalt, Jahresverbrauch 3000 kWh/Jahr
Balkonkraftwerk 2 Module (600 Watt), 530 kWh/Jahr

Eigennutzung 71 % = 376 kWh/Jahr

Strompreis 0.4 € / kWh

Einsparung $376 * 0.4 = 150$ €/Jahr

Investition Kraftwerk ~ 600 € (aktuell auch günstiger, Nebensaison)

-> **Amortisation nach 4 Jahren**



Fazit

-> Hohe Eigennutzung anstreben

Amortisation bereits nach ca. 4 Jahren möglich.

Bei steigenden Energiekosten und höherer Eigennutzung oder einer Förderung natürlich schneller.



-> Planung, Anmeldung und Installation

Planung

- Balkon (Beschaffenheit des Geländers)
- Garage
- Gartenhütte/Verschlag
- Ungenutzte Fläche
- Einfach erreichbare Dachflächen
- Fläche



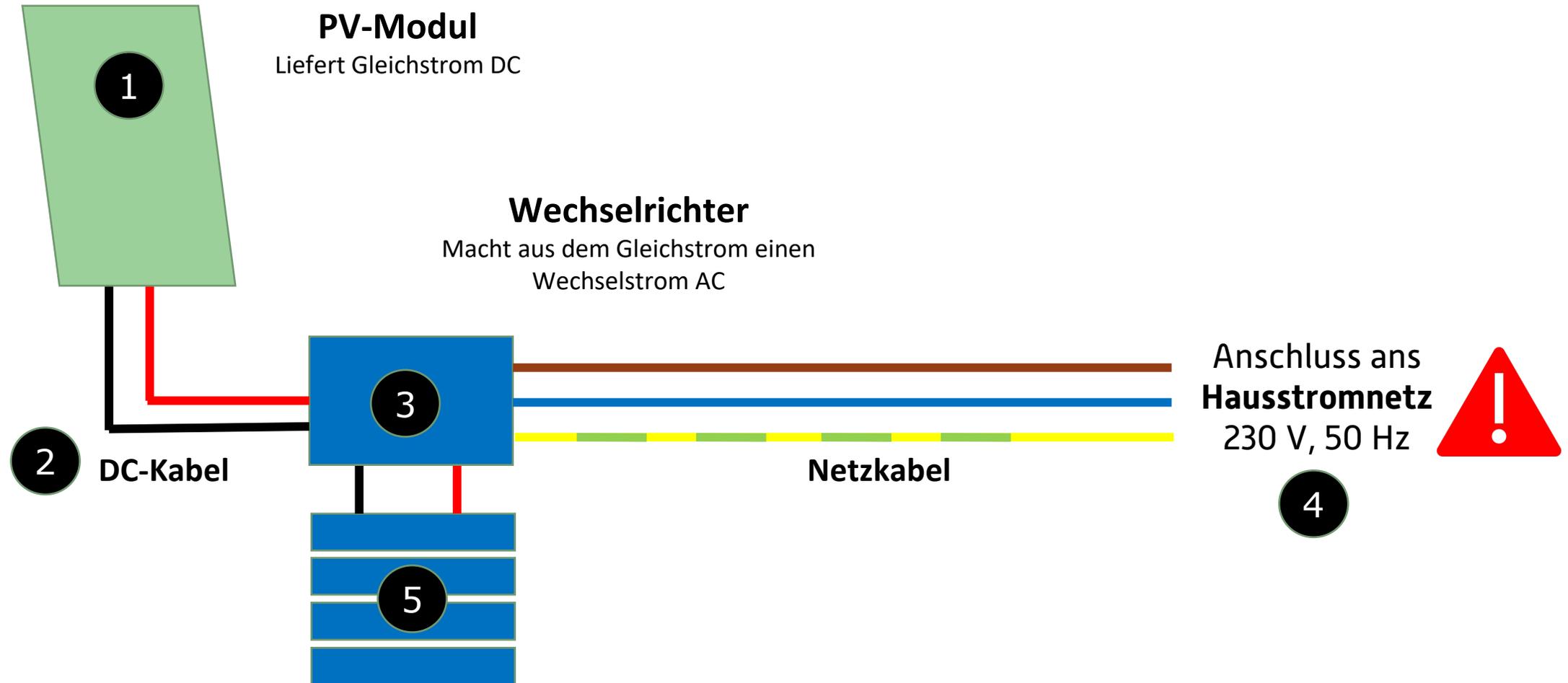
- Montage
- Elektrische Versorgung
- Witterungsverhältnisse
- Ausrichtung

Planung

- Balkon (Beschaffenheit des Geländers)
- Garage
- Gartenhütte/Verschlag
- Ungenutzte Fläche
- Einfach erreichbare Dachflächen
- Fläche



Balkonkraftwerk – Bestandteile



Varianten

	Polykristallin	Monokristallin	Dünnschicht- module	Bifaciale Module
Farbe	Blau	Schwarz (beliebig)	Blau, schwarz	Schwarz (monokristallin)
Wirkungsgrad	Bis ca. 19 %	Bis ca. 23 %	Bis ca. 15 %	Bis ca. 22 %
Kosten	Geringer	Höher	Sehr hoch	Höher (auch Konstruktiv)
Bauform	Klassisch	Klassisch	Ca. 1/10, flexible möglich	Beidseitig, transparent
Vorteile	Günstiger	Efizienter	Besonders bei diffusem Licht gut, sehr leicht	5 – 30 % Mehrertrag

Richtige Wahl beim Balkonkraftwerk:

- Verfügbarkeit
 - Wirkungsgrad nicht so relevant wegen der Überdeckung (400W Modul, 300 W WR)
 - Möglichkeit der Befestigung
 - Vorsicht bei Überkopfmontage und ab 4 m Höhe
- hier Glas/Glas oder Überkopffertifizierte Module nutzen

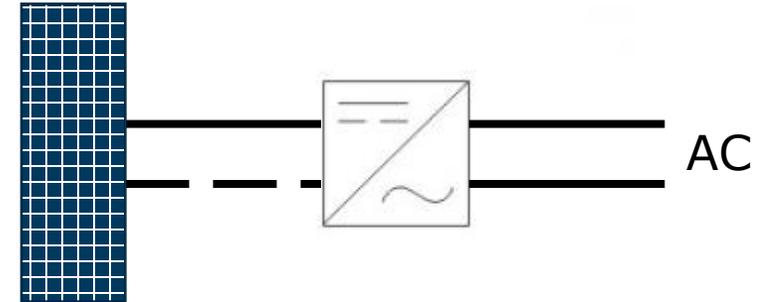
Aktuelle Entwicklungen:

- Halbzellentechnologie
- Flexible Solarfolien
- Durchsichtige Solarfolien

Wechselrichter

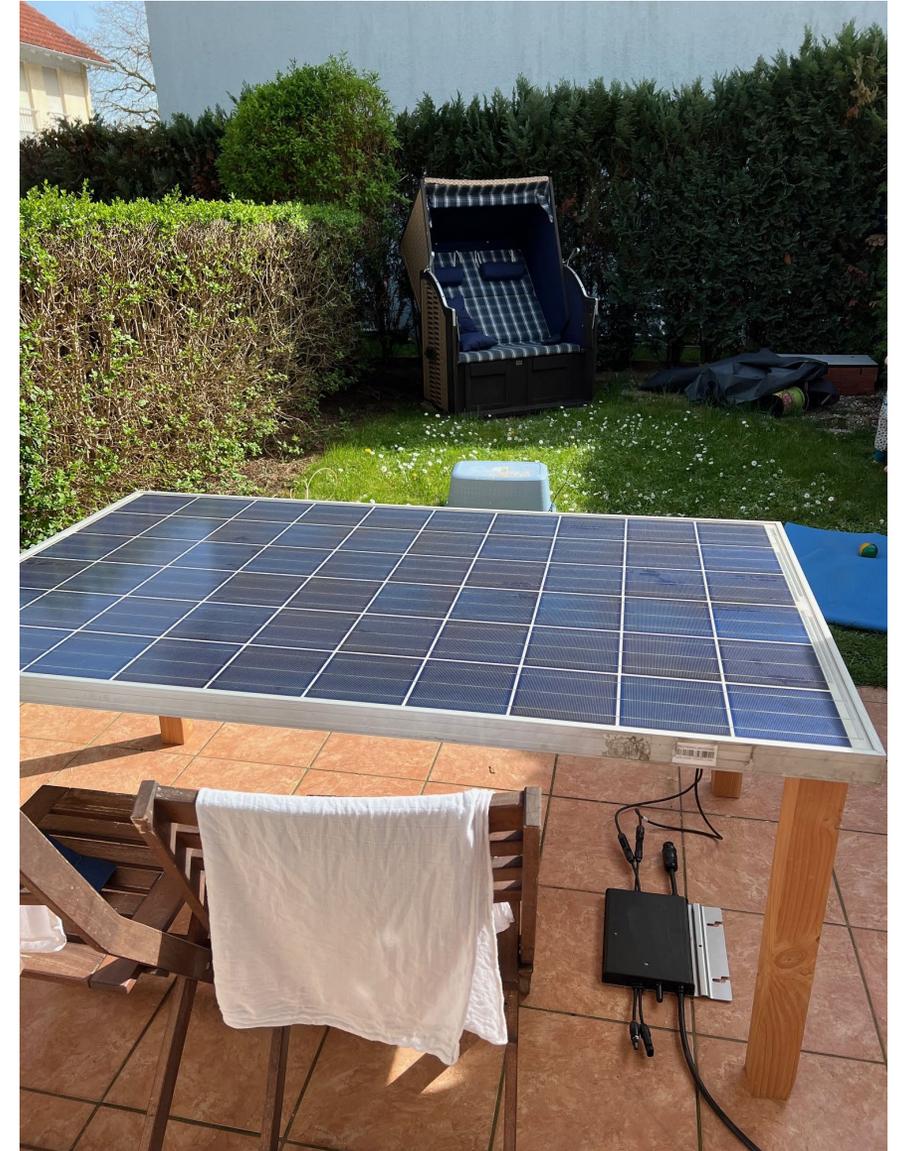
Wechselrichter transformiert den Gleichstrom DC des Moduls in Wechselstrom AC.

- Maximalleistung offen
- Einspeiseleistung maximal 800 W
- Abschaltvorrichtung nach VDE-AR-N 4105
- Installation nach VDE 0100-551-1
- Montage Witterungsoptimiert
- Möglichst belüftet und schattig
- Wlan vorteilhaft für das Monitoring



Montagearten

- Geländerhaken oder Profile verwenden
- Absturzsicher montieren,
- Windsicher (ggf. mit Gehwegplatten beschweren), Windlast prüfen
- Auf Hinterlüftung achten,
- Zustimmung des Eigentümers, der Eigentümergeinschaft ist erforderlich.



Was hat sich 2024 geändert?

1. Anhebung der Einspeiseleistung von 600 W auf 800 W (europäischer Vereinheitlichung)
Anpassung der VDE AR 4105, DIN VDE V 0126-95 (Entwurf)
2. Duldung Rücklaufender Ferrariszähler
Anpassung Messstellenbetriebsgesetz, Stromzugangsverordnung,
Stromnetzentgeltverordnung
3. Vereinfachte Anmeldung – nur im Marktstammdatenregister
4. Duldung des Schukosteckers
Anpassung VDE AR 4105
5. Richtlinie zur sicheren Installation und Betrieb von MiniPV Anlagen (VDE – Entwurf)
6. Mietrecht: seit 04.07.2024 gehören BKW zu den privilegierten Maßnahmen. Keine Zustimmung des Eigentümers mehr erforderlich.

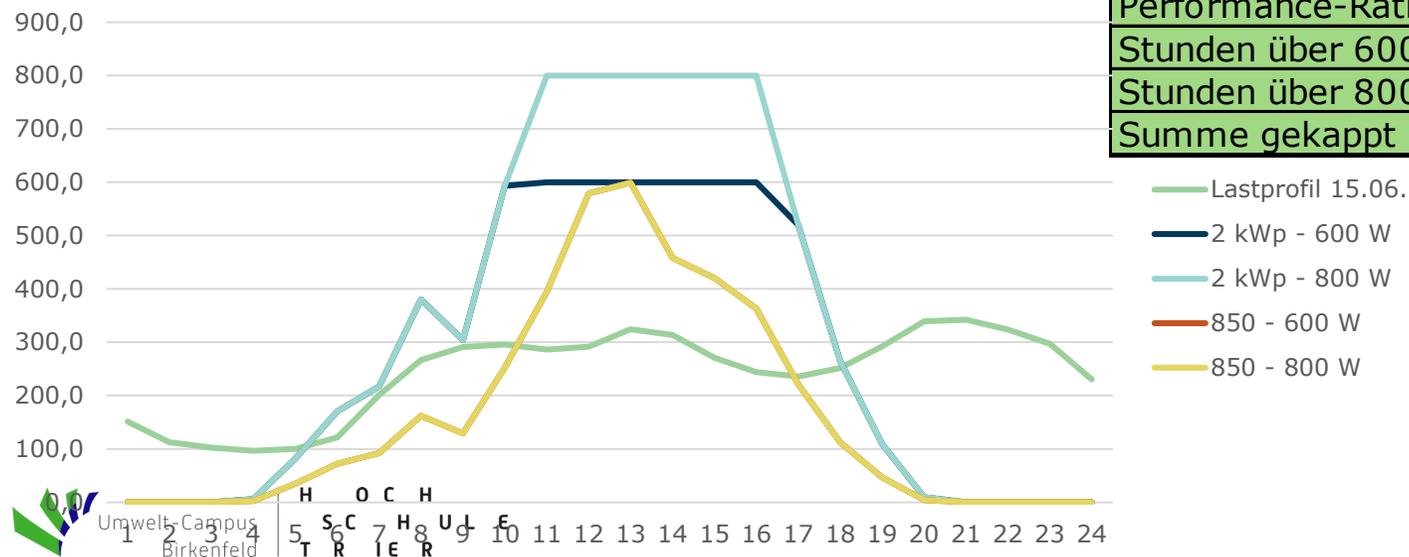
Quellen:

<https://www.vde.com/de/presse/pressemitteilungen/2023-01-11-mini-pv>
https://epetitionen.bundestag.de/content/petitionen/_2023/_02/_17/Petition_146290.html
https://www.bmj.de/SharedDocs/Gesetzgebungsverfahren/DE/2023_Online-Versammlungen_Steckersolargeräte_Dienstbarkeiten.html?nn=110490
https://www.haufe.de/immobilien/verwaltung/balkonkraftwerk-das-gilt-fuer-weg-vermieter_258_626800.html

Was ist mit größeren dafür gedrosselten Wechselrichtern?

Beispiel:

- Hm-1500 mit 4 Modulanschlüssen
- Softwareseitig auf 800 W gedrosselt
- 4 Module à 400 W
- Nachteil niedrige Eigenverbrauchsquote und somit eine längere Amortisation.
- höhere Anschaffungskosten



Annual values		
Parameter	Unit	Value
Yield	kWh	1.920
Direct radiation in module plane	kWh/m ²	824
Diffuse radiation in module plane	kWh/m ²	521
Reflected radiation in module plane	kWh/m ²	23
Global radiation in module plane	kWh/m ²	1.368
Specific yield	kWh/kWp	1.130
Annual efficiency	%	12,9
Performance-Ratio	%	1
Stunden über 600 W		1.364
Stunden über 800 W		888
Summe gekappt	kWh	1.706

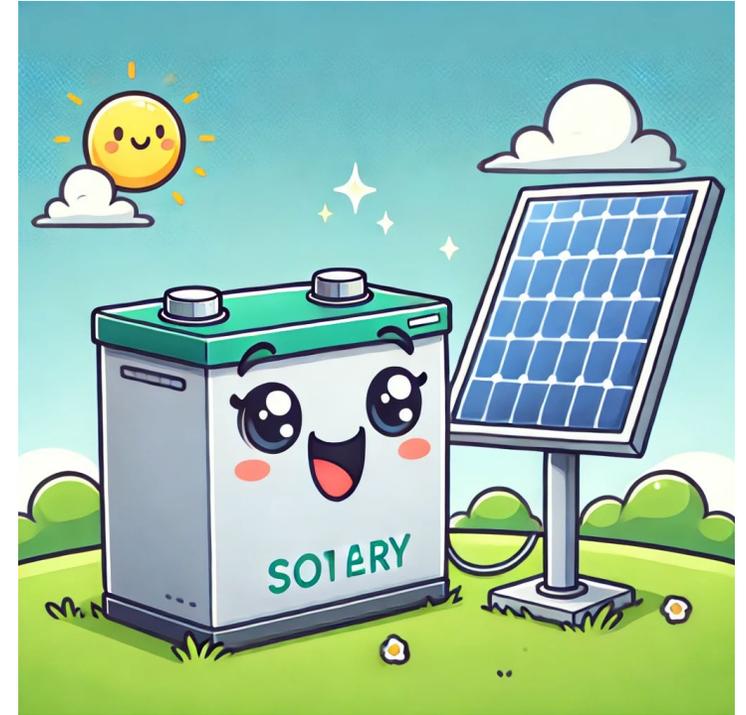
Lohnt sich denn ein Speicher für Nachts?

Rückwärtsrechnung des Speichers:

- Investitionskosten 800 €
- Speicherkapazität 2 kWh
- Lebensdauer 1000 Ladezyklen
- Kosten pro kWh 0,40 €/kWh

Nebenbedingung: 200 Vollzyklen im Jahr

Stromgestehungskosten von PV nicht eingerechnet



Grundsätzlich rechnen sich Speicher mit BPV eher nicht.

Lohnt sich eine Einspeisung?

- Einspeisevergütung EEG 2023:
 - 8,2 cent/kWh bei Überschusseinspeisung
 - 13 cent/kWh bei Volleinspeisung
- Bürokratisch einfacher seit 2023
- Im Beispiel: Einspeisung von 29 % des Ertrags (nicht steuerlich bereinigt):

$$\text{Einspeisevergütung}_{\text{Überschuss}} = 29 \% \cdot 530 \text{ kWh} \cdot 0,082 \text{ €} = 12,60 \text{ €}$$

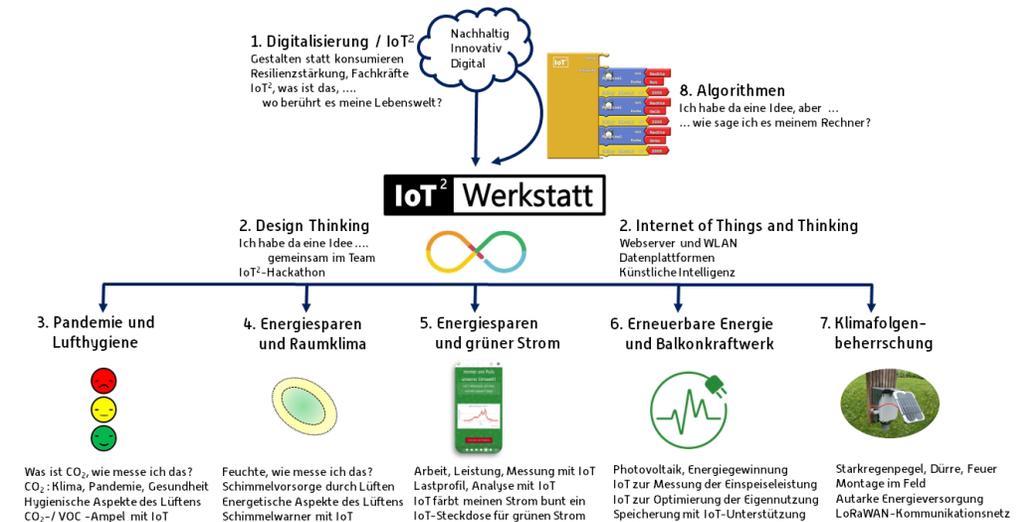
Planungscheckliste

- ✓ Fläche mit nutzbarer Ausrichtung finden > 4 m²
 - ✓ Auf Verschattung prüfen
 - ✓ Mieter: Standort im Dialog mit Eigentümer festlegen
 - ✓ Genügend Montageplatz für 1 bzw. 2 Module
 - ✓ Geeignete Montageart: Aufständerung, Dachhalter, Haken, Beschwerung
 - ✓ Montage: Windlast, Absturzsicherung und Statik geprüft
 - ✓ Elektrische Anschluss (Fachkundiger Anschluss nach Norm)
 - ✓ Module und Wechselrichter sind kompatibel (Isc, Uoc, Pmax)
 - ✓ Montage der Module
 - ✓ Wechselrichter sollte Witterungsgeschützt (schattig) montiert werden
-
- ✓ Anmeldung im Marktstammdatenregister
 - ✓ Anschluss an das Hausnetz

Fazit und Motivation

„Strom kommt ab sofort auch **in** die Steckdose“

Bitte bauen Sie ihr Balkonkraftwerk gemeinsam mit Kindern, Enkelkindern oder der Nachbarschaft



Temperature change in Nordrhein-Westfalen since 1881



Living in a complex world

1890

1920

1950

1980

2010

Source: Ed Howkins, University of Reading (accessed: 19.01.2023)