# Mein Weg zur eigenen Photovoltaik-Anlage
# Tipps aus der Praxis

Förderverein für Solarenergie und erneuerbare Energiegewinnung Bettingen

Bettingen, 15. Mai 2024

Laurent Schwärzler, gutachter-pv.ch

# Agenda

| | |
|---|---|
| 19:30 | Allgemeines |
| | - Energieverbrauch CH |
| | - Ökologie und Gestehungskosten PV |
| | - Allgemeines Photovoltaik (PV) |
| | - Richtwerte PV |
| 20:00 | Ihr Projekt |
| | - Was ist eine qualitativ hochwertige PV-Anlage? |
| | - Wahl Installateur |
| | - Wartung |
| | - Details und Stolpersteine |

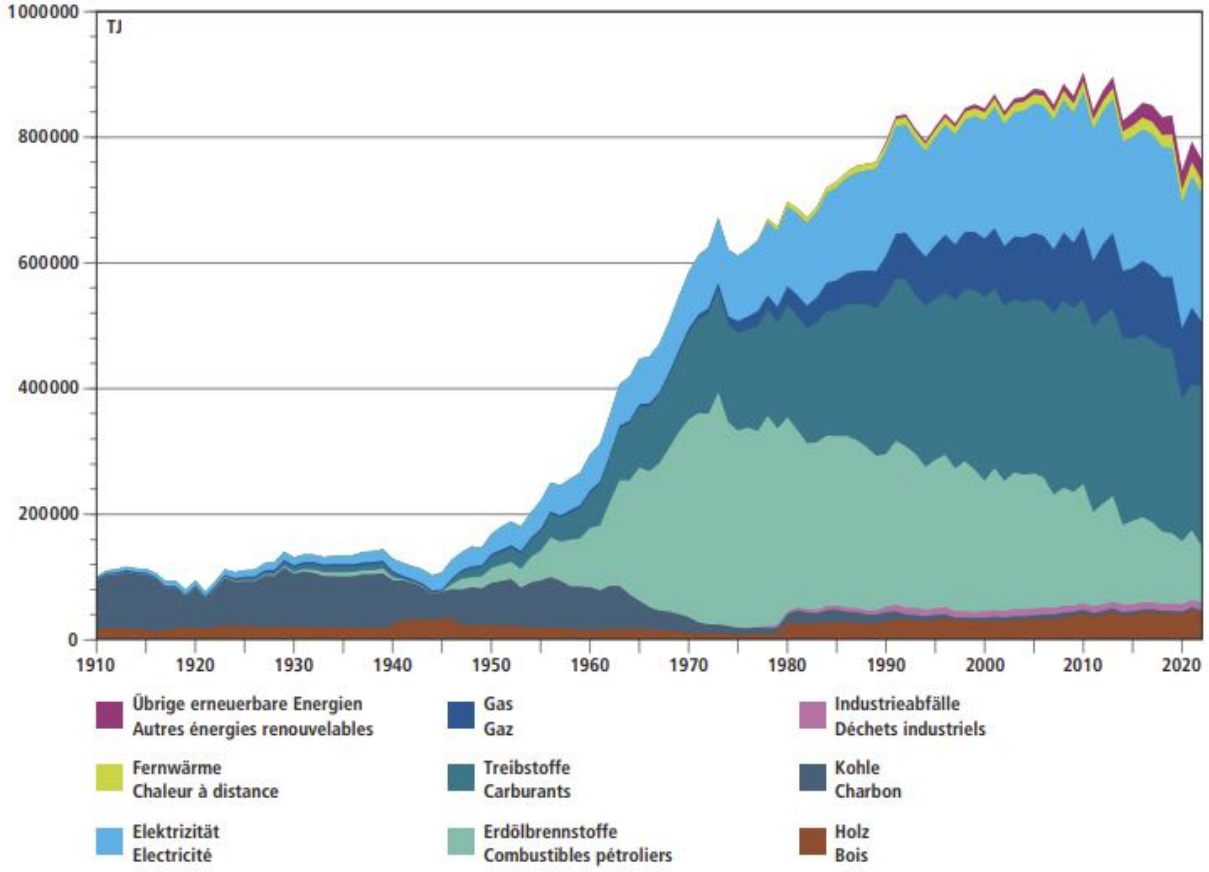
# Ihr Referent

## Laurent Schwärzler

- El.Ing. FH (Elektromechaniker)
- Inhaber Solaik GmbH
  Installation und Service von PVA
  solaik.ch
- Gutachter für PV-Anlagen (TÜV zertifiziert)
  unabhängige Expertendienstleistungen
  gutachter-pv.ch
- Gründer "Netzwerk Photovoltaikgutachter Schweiz"
  photovoltaikgutachter.ch

# Schweizer Endenergieverbrauch nach Energieträgern

Fig. 1 Endenergieverbrauch 1910–2022 nach Energieträgern
Consommation finale 1910–2022 selon les agents énergétiques



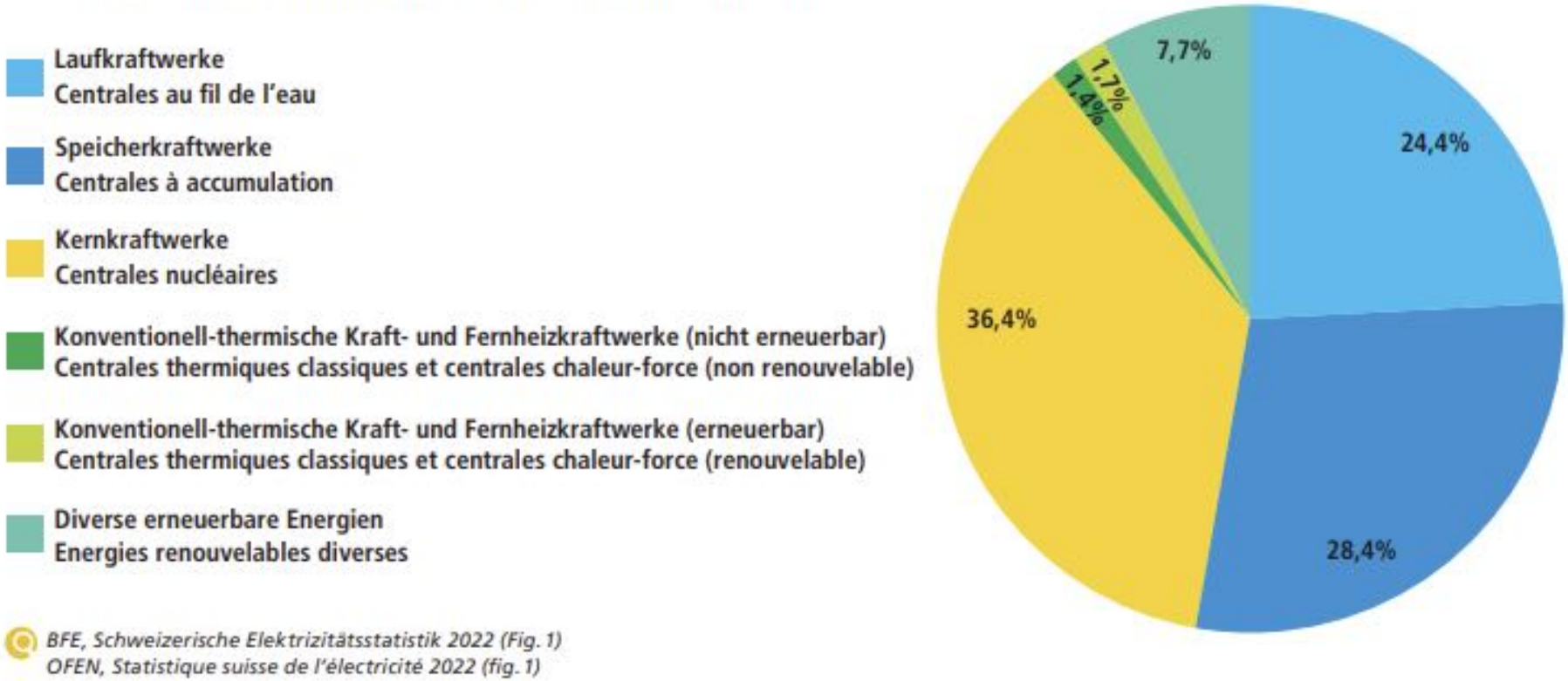

*BFE, Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2022 (Fig. 1)*
*OFEN, Statistique globale suisse de l'énergie 2022 (fig. 1)*

Die Schweiz hängt zu fast 80 % von nichterneuerbaren, nicht einheimischen Energien ab. Dazu gehören Erdölprodukte, Erdgas, Uran und Kohle.

Wichtigste erneuerbare Energiequelle ist die Wasser-kraft mit einem Anteil von 15% an der Endenergie.

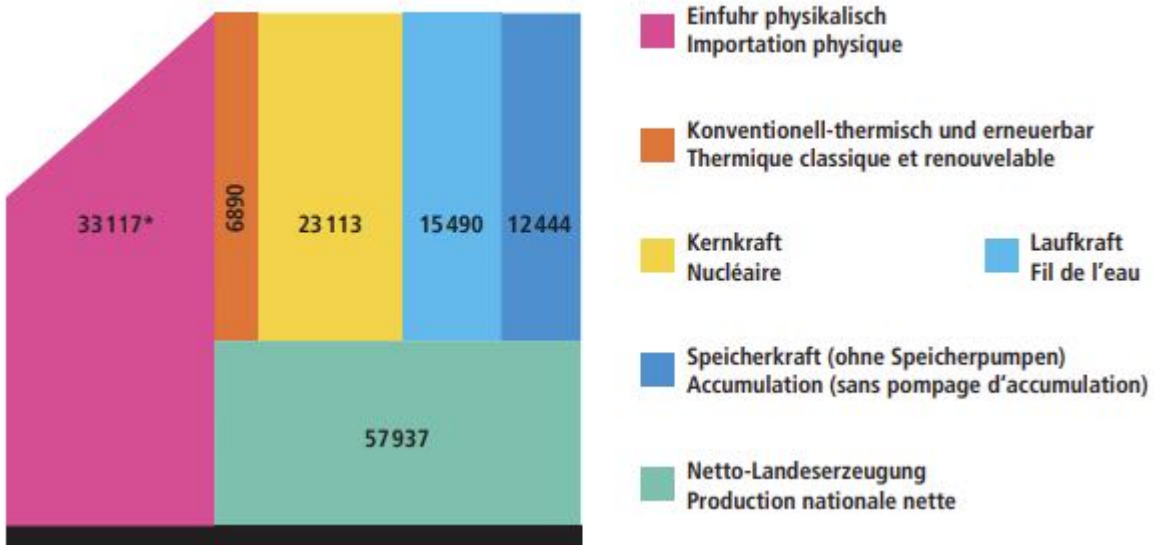
# Stromproduktion Schweiz: Kraftwerkkategorien

**Fig. 1 Stromproduktion 2022 nach Kraftwerkkategorien**
**Production d'électricité en 2022 par catégories de centrales**




*BFE, Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2022 (Fig. 1)*
*OFEN, Statistique suisse de l'électricité 2022 (fig. 1)*

# Stromverbrauch Schweiz: Kraftwerkkategorien



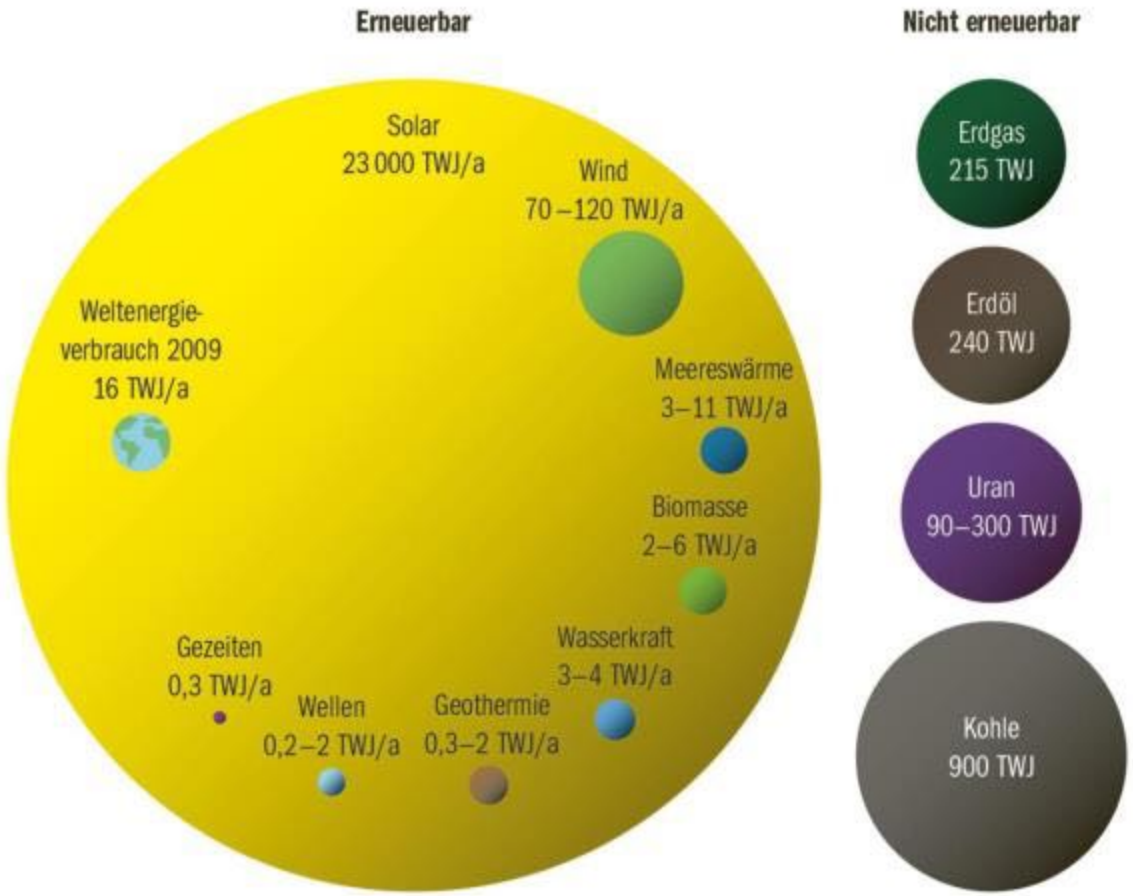

© BFE, Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2022 (Fig.7)

Achtung:

Rund 30% des verbrauchten Stroms wird eingeführt.

Der eingeführte Strom stammt vorwiegend aus konventionellen thermischen Kraftwerken, die mit fossilen Brennstoffen betrieben werden (Kohle, Erdgas oder Erdöl).

# Potenzial weltweit




Christof Bucher, Photovoltaikanlagen, Faktor Verlag 2021

## Ressourcen Global

- Sonne ist mit Abstand grösste Ressource (1500 x Weltbedarf)
- Weltbedarf: 140'000 TWh (Schweiz: 250 TWh)
- **Nicht-Erneuerbare** (Kohle, Uran, Erdöl, Gas): Gesamtpotenzial (alles, was in der Erde steckt)
- **Erneuerbare**: Potenzial pro Jahr

# Mythos 1: dreckig

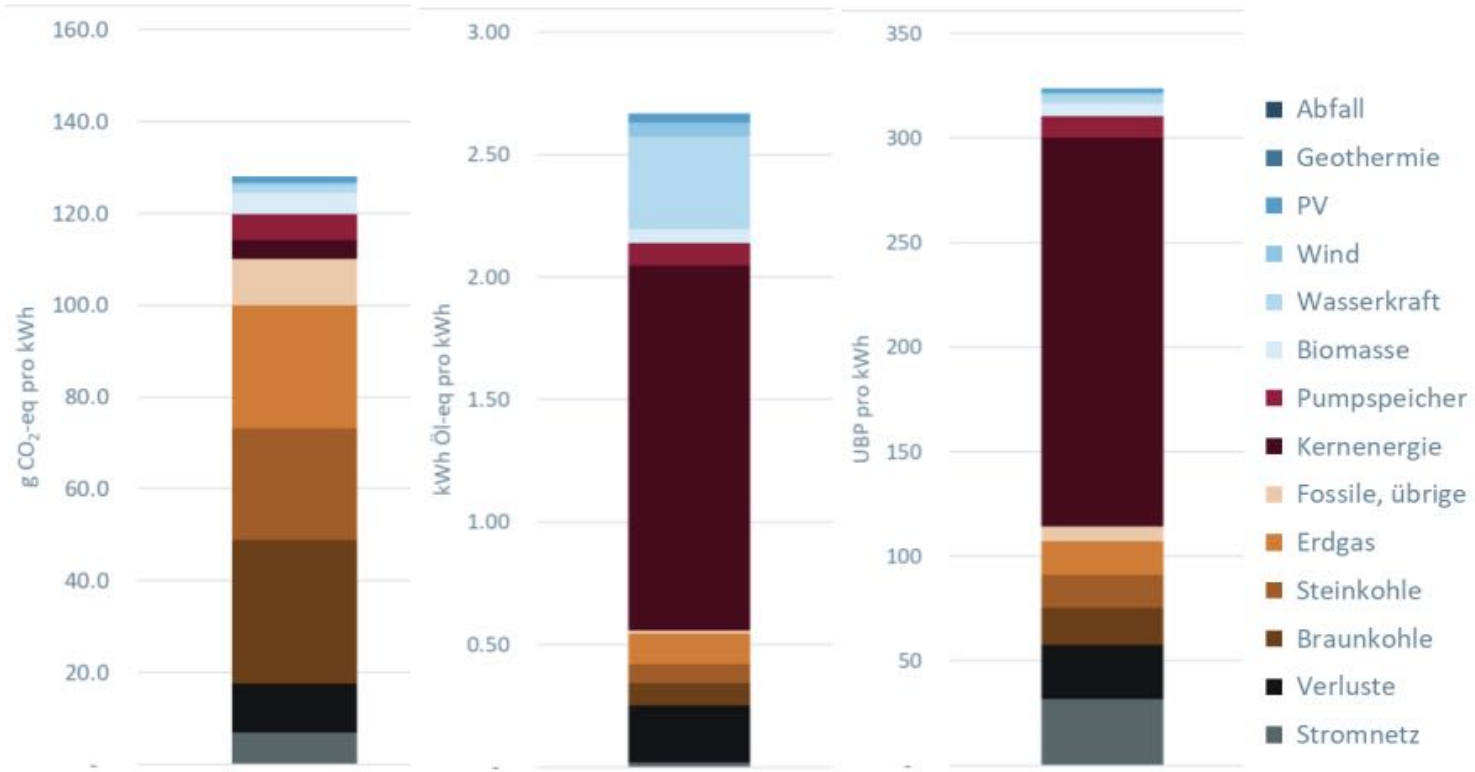
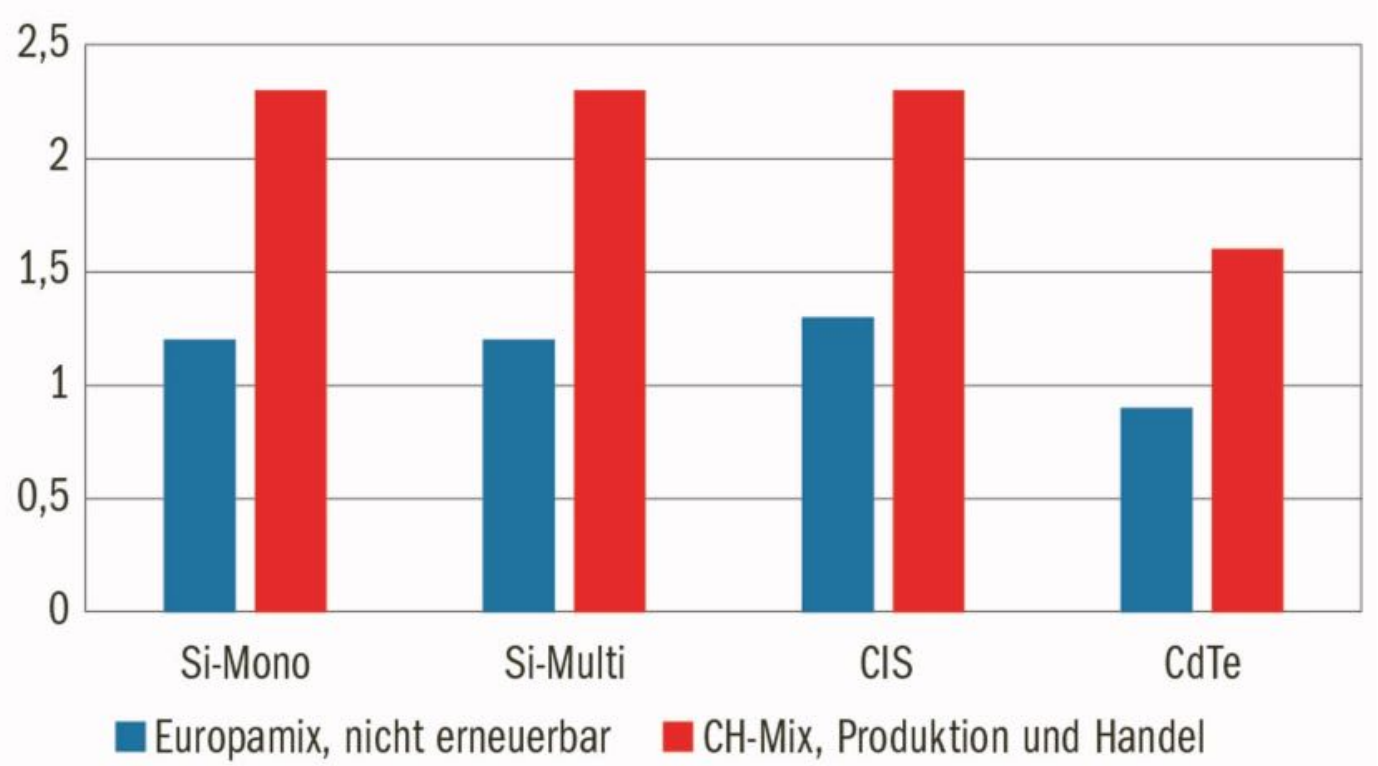



Fig. 7.1 Umweltkennwerte (links: Treibhausgasemissionen, mitte: Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, rechts: Gesamtumweltbelastung) des Schweizer Verbrauchermixes basierend auf Produktion und kommerziellem Handel 2018 (Frischknecht et al. 2020a).

© Umweltbilanz Strommixe Schweiz 2018, Luana Krebs, Rolf Frischknecht

# Mythos 2: generiert nie die eingesteckte Energie!

## Energierückzahldauer einer PV-Anlage



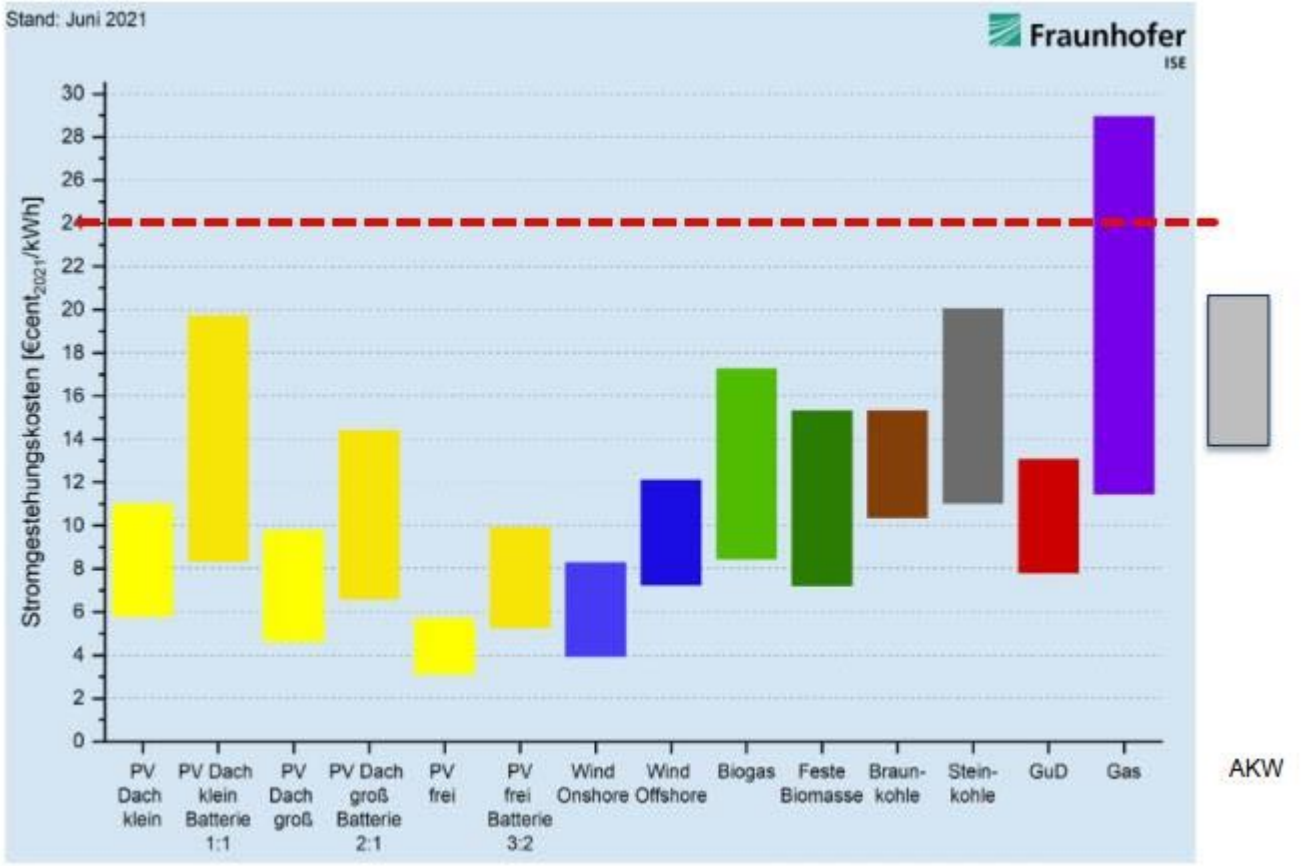

© Christof Bucher, Photovoltaikanlagen, Faktor Verlag 2021

Diese Frage wird nur bei der PV gestellt!

→ konventionelle Energiesysteme werden ja dauernd mit neuer Energie versorgt und "amortisieren« sich nie!

# Mythos 3: zu teuer!

## Kosten verschiedener Kraftwerktypen




PV-Anlagen produzieren den günstigsten Strom!

Durchschnittliche Stromkosten Bettingen (Jahreskosten / Jahresbezug) in Rp.//kWh

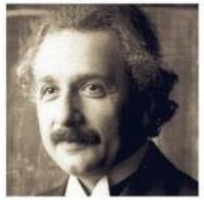
Stromgestehungskosten erneuerbare Energien, Fraunhofer ISE
Juni 2021 https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2021_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf. AKW: gemäss Lazard (2021)

# Zeitstrahl Photovoltaik

**1839** Alexandre Edmond Becquerel beobachtet, dass zwischen zwei Platinelektroden in einer galvanischen Zelle mehr Strom fliesst, wenn sie mit Sonnenlicht bestrahlt werden.

**Ab 1870** entdecken mehrere Forscher unabhängig voneinander in Experimenten den photoelektrischen Effekt bei dem für die Photovoltaik eher wenig geeigneten Halbmetall Selen.

**1904** Albert Einstein liefert die Erklärung des photoelektrischen Effekts und beschreibt die Quantennatur des Lichts. Dafür wird er im Jahr 1921 mit dem Nobelpreis geehrt.



**1916** Jan Czochralski erfindet im Metalllabor der AEG Berlin ein Ziehverfahren für monokristallines Silizium. Sein inzwischen modifiziertes Verfahren wird noch heute eingesetzt.

**1953** wird an den Bell Laboratories in New Jersey die erste Siliziumsolarzelle gebaut. Sie wird 1954 der Öffentlichkeit vorgestellt und 1955 erstmals zur Stromversorgung eines Telefonverstärkers eingesetzt.

**1958** fliegt der erste mit einer Solarzelle bestückte Satellit ins Weltall. Vanguard I piepst bis 1964 ununterbrochen auf 108 MHz und übertrifft damit die Erwartungen an die Lebensdauer des Stromversorgungssystems. Fortan konzentriert sich die Entwicklung der Solarzellen auf den Einsatz im Weltraum, wo Photovoltaik als Stromversorgung bis heute nicht wegzudenken ist.

**1973** Mit der Ölpreiskrise erhält Photovoltaik erstmals Aufmerksamkeit für terrestrische Anwendungen abseits von Inselsystemen. Mitte der 1970er-Jahre werden erstmals mehr Solarzellen für terrestrische Anwendungen als für die Raumfahrt hergestellt.

**1978** Als eine der ersten Solarorganisationen weltweit wird der Sonnenenergie Fachverband der Schweiz (SOFAS) gegründet, aus dem über mehrere Stationen 2006 der heutige Fachverband Swissolar hervorgeht.

**1980** Ab den 1980er-Jahren werden vermehrt dezentrale Energieversorgungssysteme auf Photovoltaik umgerüstet. Die USA sind eine treibende Kraft für die Entwicklung.

**1981** Im April wird am Eidgenössischen Institut für Reaktorforschung (EIR), dem späteren Paul-Scherrer-Institut, abseits der Öffentlichkeit erstmals in Europa eine PV-Anlage mit dem Stromnetz verbunden.

**1982** Die Gruppe Ticino Solare (Tiso) nimmt auf dem Dach der heutigen Fachhochschule der Südschweiz (Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana, Supsi) eine PV-Anlage in Betrieb. Sie wird oft als erste Netzverbundanlage Europas betrachtet. Die 10-kW-Anlage ist seither ununterbrochen in Betrieb und liefert heute noch rund 70 % der ursprünglichen Leistung.

**1985** Das erste Solarautorennen «Tour de Sol» findet statt. Die Route führt in fünf Etappen von Romanshorn nach Genf. Bis 1993 wird die Tour de Sol regelmässig durchgeführt.

**1987** wird die erste private Netzverbundanlage der Schweiz ans Netz angeschlossen, einphasig mit 3 kW Nennleistung. Für die Anlage braucht es eine Bewilligung des Eidgenössischen Starkstrominspektorats (ESTI).

**1988** Das Photovolatiklabor der heutigen Berner Fachhochschule (BFH) wird unter der Leitung von Prof. Dr. Heinrich Häberlin gegründet und markiert eine Säule des Solar-Pioniergeistes, für den Burgdorf zu dieser Zeit über die Landesgrenze hinaus bekannt war.

**1989** initiiert die Firma Alpha Real in der Schweiz mit dem 333-Dächer-Programm das erste von vielen ähnlichen Programmen und demonstriert damit erstmals die grossflächige Anwendung dezentraler Einspeisung. Es folgen das 1000-Dächer-Programm in Deutschland (1990), das 70 000-Dächer-Programm in Japan (1994) und das 1 000 000-Dächer-Programm in den USA (1997).

**1990** Das Eidgenössische Starkstrominspektorat (ESTI) publiziert mit dem Dokument 233.0690 «Photovoltaische Energieerzeugungsanlagen – Provisorische Sicherheitsvorschrift» erstmals eine Weisung zur Photovoltaik. Sie gilt als Meilenstein und dient als Vorlage für ähnliche Dokumente in Österreich und Deutschland.

**1991** Die Stadt Burgdorf führt mit dem «Burgdorfer Modell» das nach eigenen Angaben weltweit erste Einspeisevergütungssystem für PV-Anlagen ein. Es gilt als Vorläufer des neun Jahre später in Deutschland eingeführten Erneuerbare-Energien-Gesetzes.
**1. Januar 1991** Deutschland ratifiziert das Stromeinspeisegesetz und schafft damit eine gesetzliche Grundlage für die Abnahme- und Vergütungspflicht von Strom aus erneuerbaren Quellen. Die Höhe der Vergütung richtet sich nach dem lokalen Endkundenpreis von Strom und ist damit mehr als zehnmal tiefer als die Gestehungskosten von Solarstrom.

**1992** Weltweit übersteigt die DC-Nennleistung aller installierten PV-Anlagen 100 MW.
**Februar 1992** Mit 560 kW DC-Nennleistung wird auf dem Mont-Soleil die grösste PV-Anlage Europas in Betrieb genommen. Mit den gleichen PV-Modulen werden in den Folgejahren die PV-Anlagen auf dem Jungfraujoch und auf dem PV-Labor in Burgdorf erbaut.

1839 1953 1981 1989 1991

Bildquellen: 1839: Wiki Commons; 1904: GL Archive / Alamy Stock Photo; 1953: Nokia Bell Labs; 1981: Thomas Nordmann; 1982: Supsi

Bildquellen: 1985: Schweizer Solarpreis 2020; 1988: BFH; 1989: Markus Real; 1992: BKW

# Zeitstrahl Photovoltaik

**1994** Als Folge des Reaktorunfalls von 1986 in Tschernobyl gründen die als «Stromrebellen» bekannten Aktivisten die Elektrizitätswerke Schönau GmbH (EWS) im Schwarzwald. In einer bisher nie da gewesenen Demokratiebewegung im Energiebereich übernehmen die EWS 1997 das örtliche Stromnetz und fördern die nachhaltige Energieversorgung. Dieses Ereignis hat Ausstrahlung auf ganz Deutschland.

**1996** Das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (EWZ) lanciert die Solarstrombörse. Es garantiert den Produzenten einen ungefähr kostendeckenden Abnahmepreis über 20 Jahre. Die Kundschaft kann fortan Solarstrom als Produkt beziehen.

**1997** In der Schweiz übersteigt die DC-Nennleistung aller installierten PV-Anlagen 10 MW.

**2000** Deutschland führt das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) ein und damit das Prinzip, dass die Stromproduktion aus erneuerbaren Quellen mit einer Lenkungsabgabe auf dem Stromverbrauch finanziert wird.
Weltweit übersteigt die DC-Nennleistung aller installierten PV-Anlagen 1 GW.

**2005** Das Kapitel «7.12 Photovoltaik(PV)-Stromversorgungssysteme» wird in die Schweizer Niederspannungs-Installationsnorm (NIN) aufgenommen. Damit beginnt die Verankerung von PV in der Elektroinstallationsbranche.

**2008** Weltweit übersteigt die DC-Nennleistung aller installierten PV-Anlagen 10 GW.

**2009** Mit der Revision des Schweizerischen Energiegesetzes (EnG) wird die Kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) ins Leben gerufen. Sie wird über eine auf 0,6 Rp./kWh gedeckelte Abgabe auf den Stromtarif für Endverbraucher finanziert und ist bald stark überbucht. In den folgenden Jahren werden die Förderbedingungen regelmässig angepasst, unter anderem wird der Deckel für die Abgaben schrittweise auf bis zu 2,3 Rp./kWh angehoben. Allein die Energieverordnung (EnV) wird zwischen 2009 und 2021 20-mal revidiert.

**2010** In der Schweiz übersteigt die DC-Nennleistung aller installierten PV-Anlagen 100 MW.

**2011** Nach dem Reaktorunfall in Fukushima beschliesst der Bundesrat den schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie. Das Parlament und später das Stimmvolk stützen diesen Beschluss.

**2012** Noch weiss es niemand, doch am 30. Juni 2012 wird die letzte PV-Anlage für die KEV angemeldet, die 2020 in das Einspeisevergütungssystem (EVS) aufgenommen wird. Später angemeldete Anlagen erhalten nur noch Zugang zur Einmalvergütung (EIV).
Weltweit übersteigt die DC-Nennleistung aller installierten PV-Anlagen 100 GW.

**2013** Am 3. März wird das Schweizer Raumplanungsgesetz (RPG) mit knapp 63 % der Stimmen in der Volksabstimmung angenommen. Als Folge davon brauchen ab dem 1. Mai 2014 genügend angepasste Solaranlagen keine Baubewilligung mehr.
**1. Dezember 2013** Die Grenze der Planvorlagepflicht für PV-Anlagen beim Eidgenössischen Starkstrominspektorat (ESTI) wird von 10 kVA auf 30 kVA angehoben.

**2014** In der Schweiz übersteigt die DC-Nennleistung aller installierten PV-Anlagen 1 GW.
**1. April 2014** Mit der parlamentarischen Initiative 12.400 wird zum Abbau der immer länger werdenden KEV-Warteliste die EIV für PV-Anlagen mit bis zu 30 kW DC-Leistung eingeführt. Bald zeigt sich: Das Instrument wirkt und ist marktnäher als die KEV. Deshalb wird die EIV ab 2018 auf alle PV-Anlagen bis 50 MW erweitert und löst die KEV als Fördersystem für neue Anlagen ganz ab. Gleichzeitig wird der Eigenverbrauch im Gesetz verankert.
**Juni 2014** Mit einer Publikation in der Fachzeitschrift «Bulletin» von Electrosuisse und dem Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE) «legalisiert» das ESTI steckbare PV-Anlagen (Plug-and-play-Anlagen) bis zu 600 W AC-Leistung.

**2015** Zwar gibt es dazu kein genaues Datum, doch etwa in diesem Jahr wird die Netzparität für eine durchschnittliche PV-Anlage in der Schweiz erreicht. Ab jetzt ist Strom vom eigenen Dach günstiger als Strom aus der Steckdose.
**1. Januar 2015** Die NIN 2015 tritt in Kraft. Erstmals werden darin Details zu Batteriespeichersystemen geregelt. Dazu gehört etwa, dass für geschlossene Batteriespeichersysteme keine besonderen Raumanforderungen gelten.

**2017** Am 21. Mai 2017 wird das Energiegesetz (EnG) in der Volksabstimmung mit 58,2 % der Stimmen angenommen. Das Volks- und Ständemehr wird gemeinhin als «Ja zur Energiestrategie 2050» angesehen.

pronovo

**2018** Mehrere kleine Meilensteine werden in den Prozessen rund um die Energiestrategie der Schweiz gesetzt:
- Das neue Energiegesetz, die totalrevidierte Energieverordnung (EnV) sowie die Energieförderungsverordnung (EnFV) treten in Kraft. Der Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (ZEV) wird eingeführt.
- Die Kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) wird vom Einspeisevergütungssystem (EVS) abgelöst. Damit wird die gesetzliche Forderung, dass die Einspeisevergütung kostendeckend sein soll, hinfällig.
- Die bisher von der Swissgrid abgewickelte Administration von Fördergeldern für KEV, EVS und EIV sowie die Ausstellung von Herkunftsnachweisen wird an Pronovo, eine 100%-ige Tochter der Swissgrid, übertragen.
- Die Vergütungsdauer für PV-Anlagen im EVS mit Inbetriebnahme ab dem 1. Januar 2018 wird auf 15 Jahre reduziert.

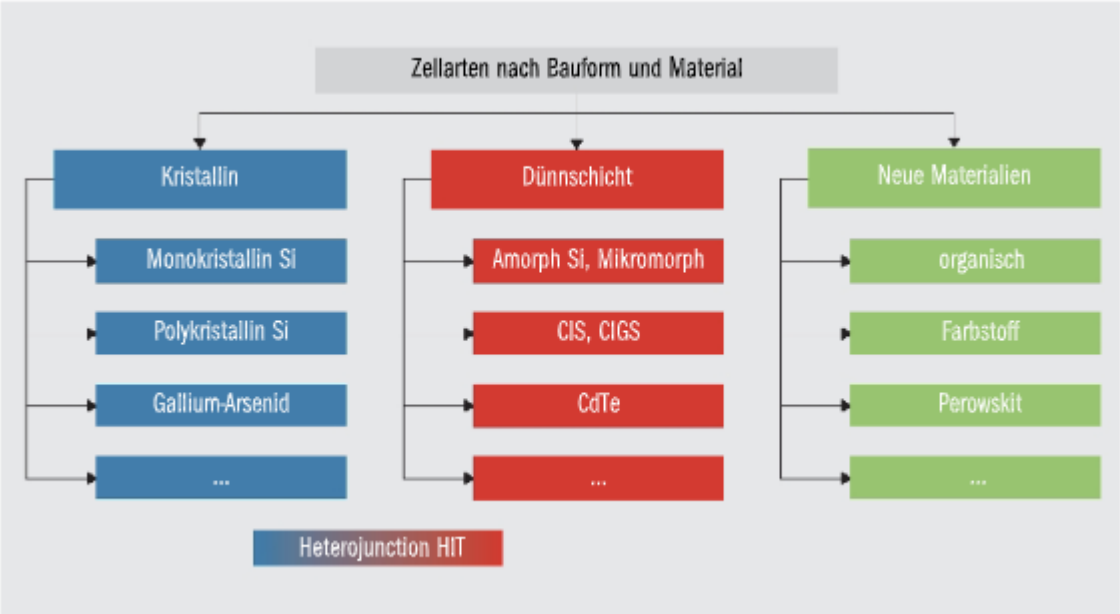
**2021** Mit der Revision der Verordnung über das Plangenehmigungsverfahren für elektrische Anlagen (VPeA) entfällt am 1. Juli 2021 die Planvorlagepflicht für PV-Anlagen am Niederspannungsnetz unabhängig von ihrer Leistung.

**2022** Weltweit übersteigt die DC-Nennleistung aller installierten PV-Anlagen 1 TW.

**2031** Am 1. Januar läuft die Einmalvergütung für PV-Anlagen in der ursprünglichen Form gemäss Energiegesetz vom 1. Januar 2021 aus.

1996 — 2000 — 2009 — 2018

# Zellentypen




| Zellentyp | Vorteile | Nachteile |
|---|---|---|
| Kristalline Siliziumzellen | ▮ Hoher Wirkungsgrad<br>▮ Hohe Lebensdauer<br>▮ Silizium ist eines der am häufigsten vorkommenden Elemente auf der Erde<br>▮ Synergien mit der Elektronikindustrie | ▮ Energieintensive Herstellung der Wafer aus Reinstmaterial<br>▮ Module müssen aus einzelnen Wafern zusammengebaut werden |
| Dünnschichtzellen | ▮ Geringer Material- und Energieverbrauch in der Herstellung<br>▮ Homogenes Erscheinungsbild<br>▮ Potenziell sehr günstige Produktionsverfahren | ▮ Meist tiefere Wirkungsgrade als kristalline Zellen<br>▮ Teilweise Verwendung von seltenen oder giftigen Materialien (Ga, In, Cd, Te)<br>▮ Produktionsmaschinen sehr technologiespezifisch |
| Neue Materialien | ▮ Potenziell sehr kostengünstig<br>▮ Teilweise sehr rasche Wirkungsgradsteigerung (Perowskite) | ▮ (Noch) nicht qualifiziert respektive marktreif für die Energieproduktion<br>▮ Meist nicht langzeitstabil, trotz jahrzehntelanger Forschung (organische Zellen, Perowskite) |

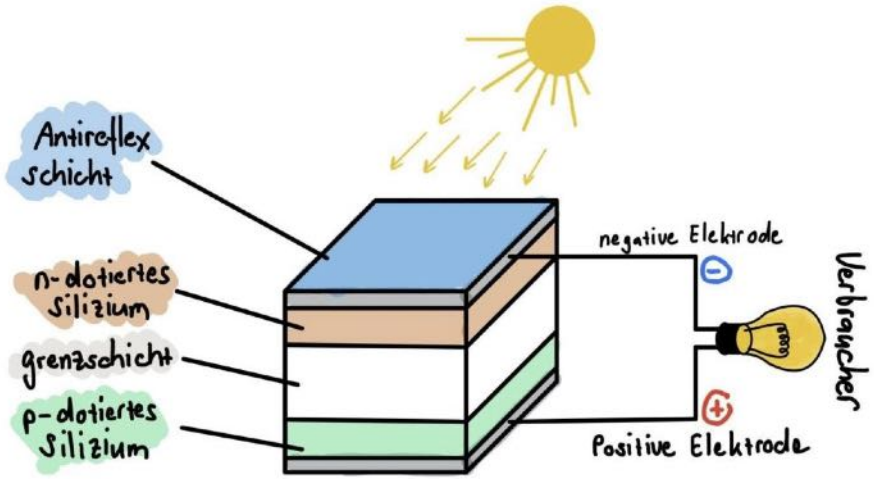
© Photovoltaikanlagen, Christof Bucher

## Marktanteile: Mono: 80%, Poly: 15%

© Fraunhofer ISE 2021

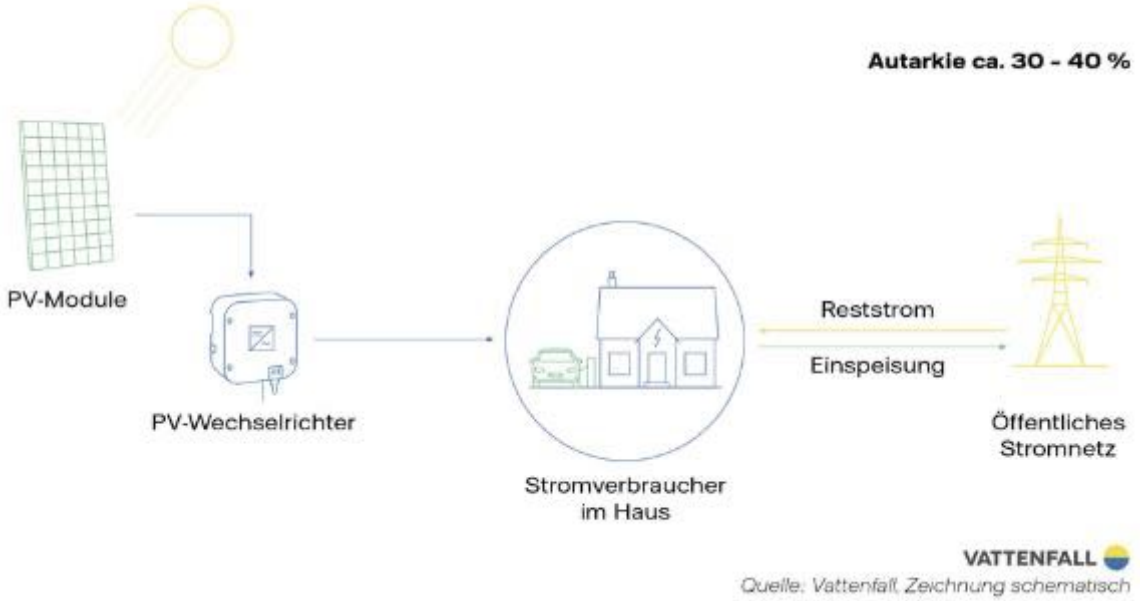
# Wie funktioniert PV

## PV-Zelle kristallin

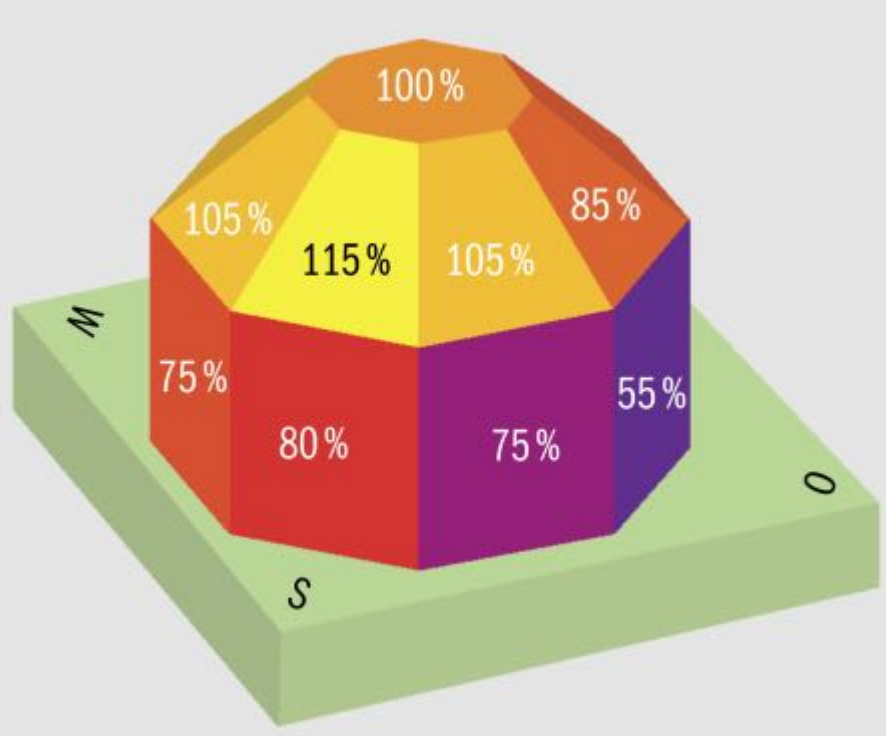



© Zevvy.ch

## PV-Anlage netzgekoppelt



# Einfluss von Neigung und Ausrichtung




Grösster Ertrag Schweiz:

- Ausrichtung Süd
- Neigung 30°

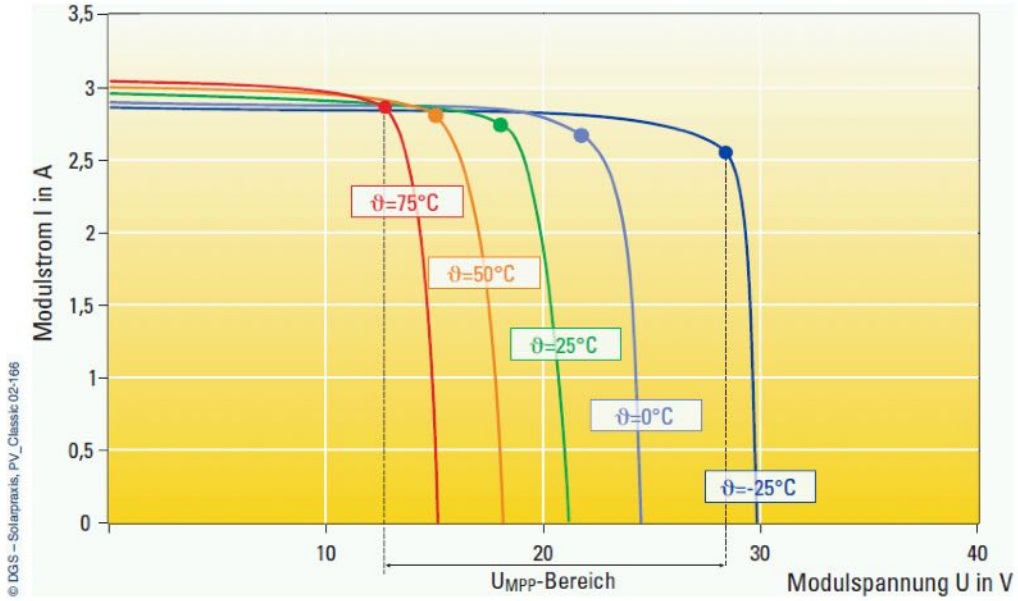
Aber:

- Das Dach gibt vor!
- Ost/West deckt Verbrauchskurve besser ab
- auch Norddächer möglich

# Einfluss von Einstrahlung und Temperatur

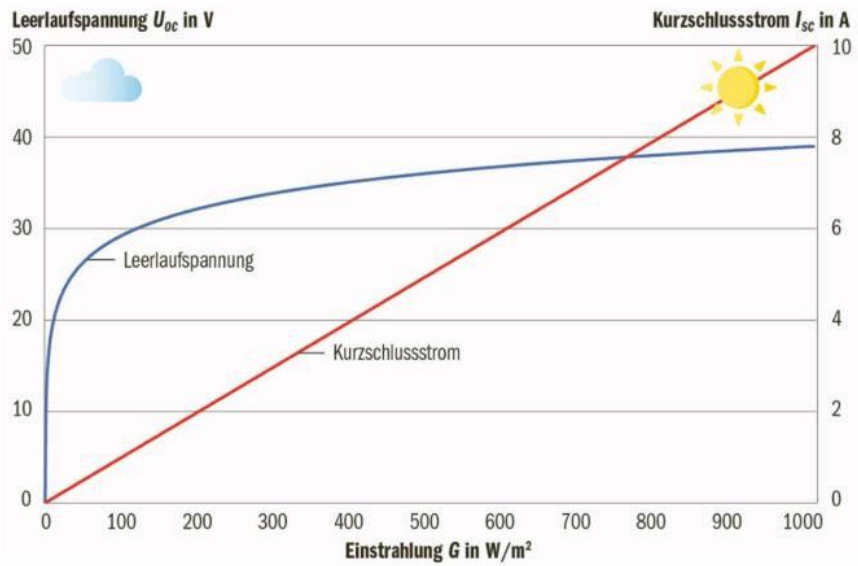
Die Spannung verkleinert sich bei höherer Temperatur!

→ ca. -3% pro 10°C!!



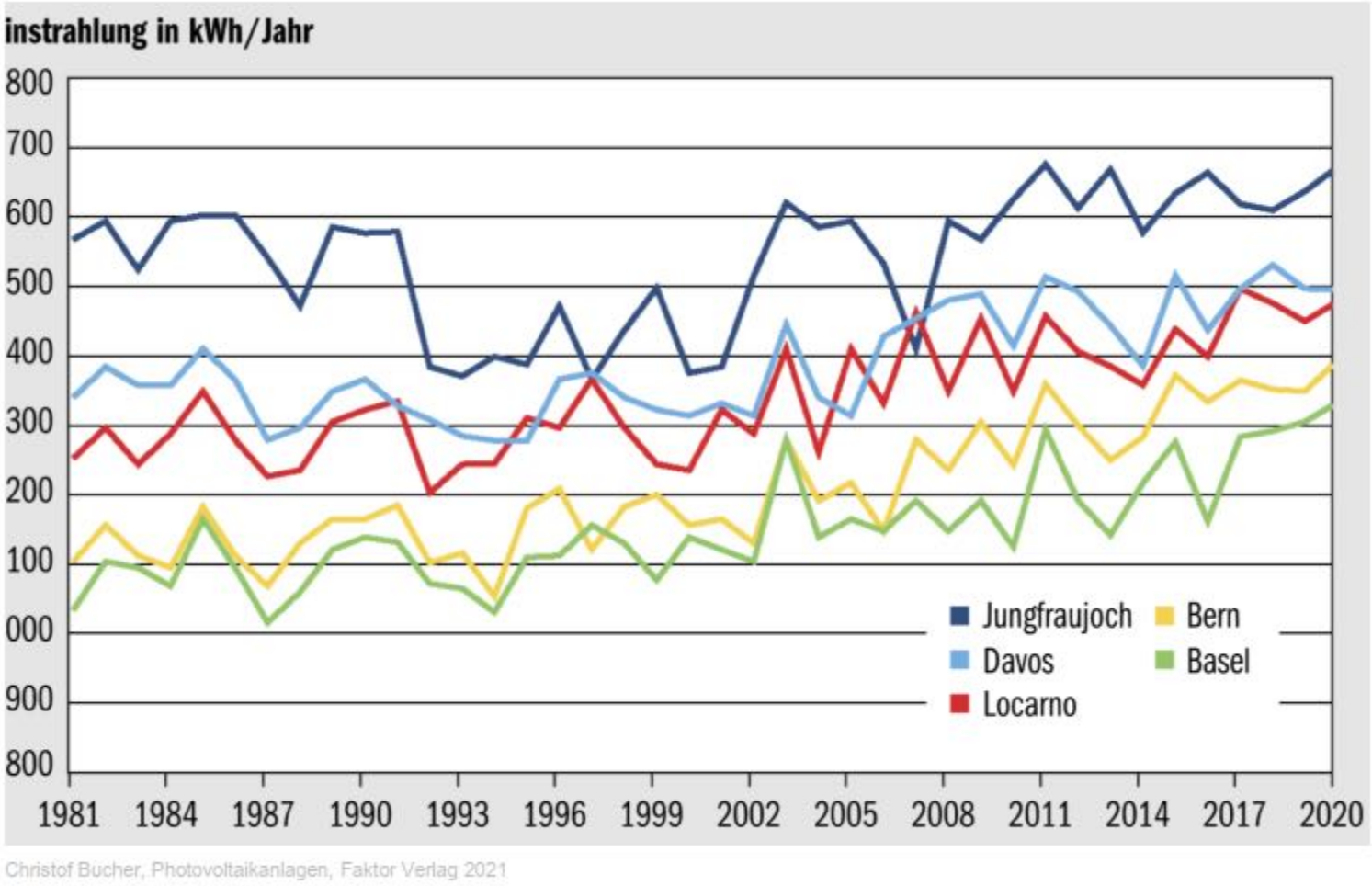

© DGS

Der Strom ist direkt proportional zur Einstrahlung.




© DGS

# Die Einstrahlung nimmt zu



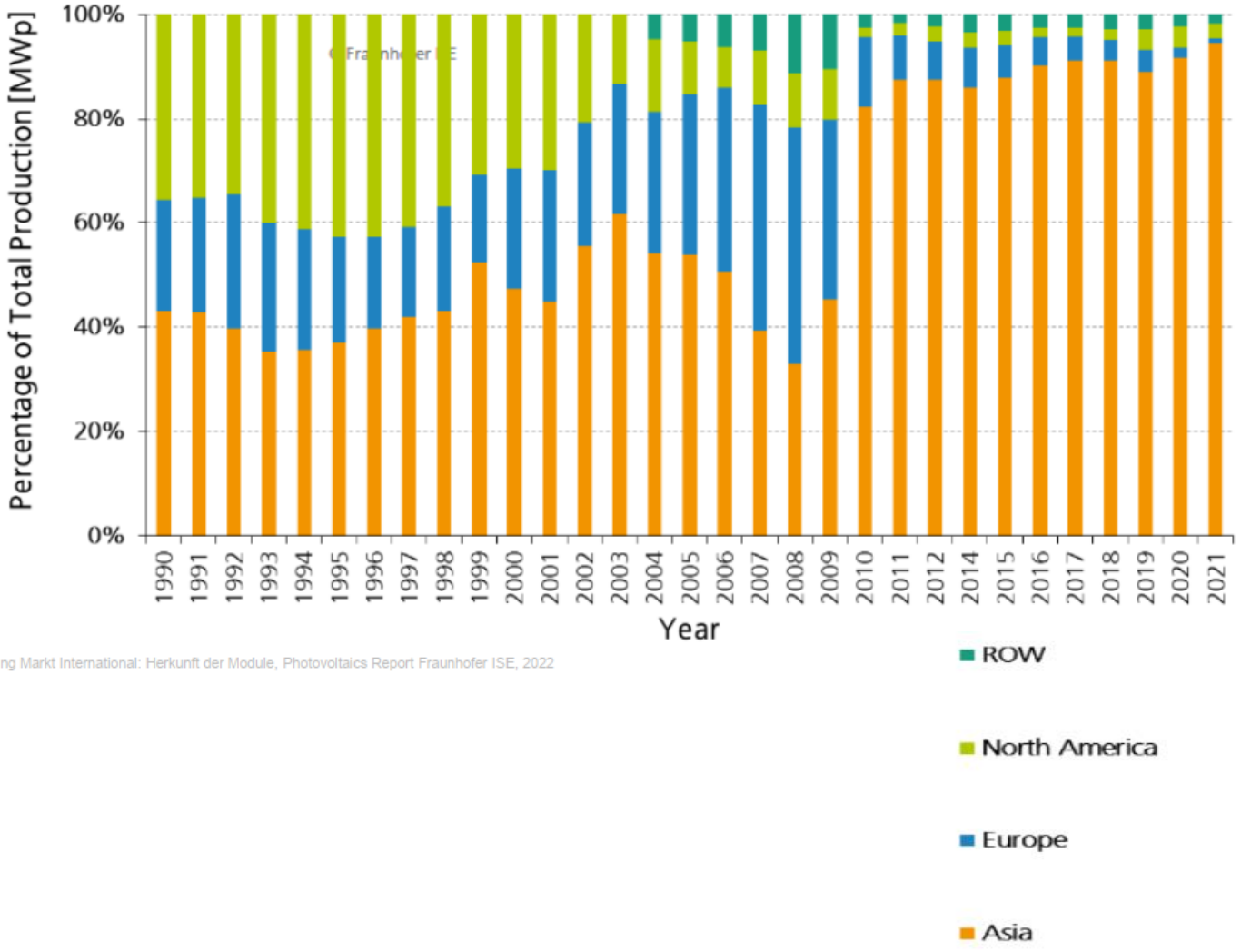

Christof Bucher, Photovoltaikanlagen, Faktor Verlag 2021

Solaren Ressource ist nicht konstant

- Strahlung ausserhalb der Alpen nimmt zu - Unterschiede werden kleiner!
- Heute rund 10 % mehr Einstrahlung als in den 80-er Jahren

Degradation PV wird aufgehoben!

# Herkunft der Module: Asien (China) vs. EU




Entwicklung Markt International: Herkunft der Module, Photovoltaics Report Fraunhofer ISE, 2022

- je grösser die Fa., desto mehr eigene F+E, sowie aktuelle Produktionslinien. Wenn Probleme, dann bekannt
- Garantie: Fa. muss noch bestehen! (Einfordern immer schwierig!)
- Zelle "immer" aus China!

# Richtwerte PV

## Leistung/Energie/Fläche/Kosten

**Leistung**
1kWp (Kilowatt Peak) ist die normierte Modulleistung bei 1000W Sonneneinstrahlung.

**Energie**
Jedes kWp liefert pro Jahr rund 1000kWh elektrischen Strom. [1)]

**Fläche**
1kWp belegt rund 7m² Dachfläche (Schrägdach).

**Kosten (schlüsselfertig)**
Pro kWp muss mit einer Investition von rund CHF 2'750.-- gerechnet werden. [2)]

**1kWp Modulleistung**

entspricht

**1000kWh Energie**

braucht

**7m² Fläche**

kostet

**2'750.-- Franken**

[1)] Gerechnet bei optimaler Ausrichtung und Neigung
Stromverbrauch EFH: rund 4'000kWh/Jahr (ohne Heizung und Warmwasser)

[2)] schlüsselfertig exkl. MWST

**Beiträge EIV (ca. 20% der Investition, weitere ca. 18% durch Steuerabzug)**
(für Anlagen kleiner 30 kW)

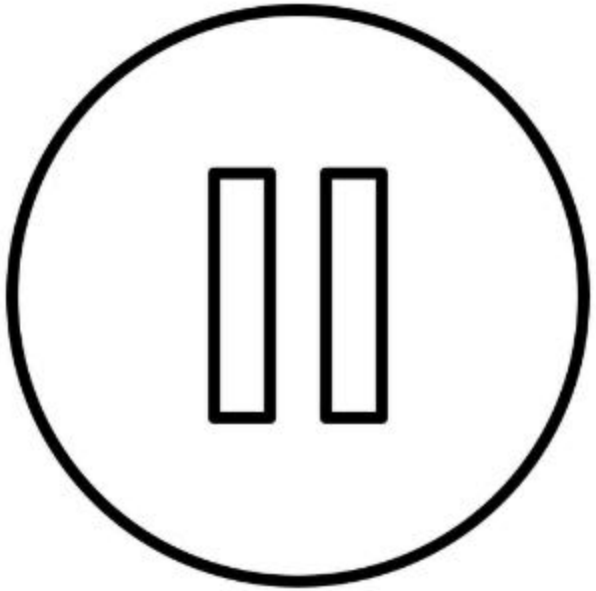
| | | | |
|---|---|---|---|
| Angebaut: | 0.-- + 400.--/kWp | ab 01.04.2024 | 0.-- + 380.--/kWp |
| Integriert: | 0.-- + 440.--/kWp | | 0.-- + 420.--/kWp |

Solaik GmbH, Tel. 061 599 15 25, E-Mail: info@solaik.ch, www.solaik.ch

## Eigenverbrauch

| Optimierung | Eigenverbrauch |
|---|---|
| keine Optimierung | 20-30% |
| grosse Verbraucher (Boiler, WP, Elektromobil) | 30-50% |
| Batteriespeicher | 50-70% |

# Pause



PAUSE

# Ihr Projekt

- Was ist eine qualitativ hochwertige PV-Anlage?
- Wahl Installateur
- Bewilligungen
- Wartung
- Details und Stolpersteine

# Was ist eine qualitativ hochwertige PV-Anlage

- optimal auf die Bedürfnisse und Anwendung ausgelegt
- alle Bauteile richtig dimensioniert
- hochwertige Bauteile
- fachmännisch installiert
- gut Dokumentiert
- Überwacht

# Mein Installateur

Meine subjektive Meinung!

- Mitglied Swissolar oder gar Solarprofi
- ein paar Jahre Berufserfahrung
- Baufachmann (z.B. Zimmermann)
- sehr regional
- Empfehlungen von Bauherren einholen
- Vertrauenssache!

Solarprofi Charta

«Die Solarprofis» ist ein Qualitätslabel für zertifizierte Unternehmen, die Solaranlagen unter Berücksichtigung der geltenden Gesetze und der allgemein anerkannten Regeln der Technik planen, installieren oder verkaufen. Dabei wird eine umfassende, kompetente und faire Beratung angeboten.

- Statement!
- Zertifizierung
- Weiterbildung
- Ombudsstelle

# Unterstützung durch Gutachter

Allein die Begleitung durch einen externen Fachmann führt zu mehr Qualität!

- Projektbegleitung
- Montagekontrolle
- Abnahmekontrolle
- Kontrolle vor Ablauf der Garantiefrist

→ Ankündigen / mit Installateur absprechen!

# Eignung Ihrer Liegenschaft

- Ausrichtung und Neigung
- Verschattungen
- Potential und Bedürfnis
- Zustand des Daches
- Bewilligungen

→ Ihr Installateur hilft Ihnen!

Nur wenige Flächen eignen sich nicht für PV

# Wie gross soll die Anlage sein?

- wirtschaftlich: Produktion = Verbrauch (oder kleiner)

  → je höher der Eigenverbrauch, desto wirtschaftlicher!
- je grösser, desto günstiger (CHF/kWp)
- nur Teilbelegung: gute Dachfläche verschenkt!
- CH: wir brauchen viel mehr Strom!

# Bewilligungen

| | |
|---|---|
| Baubehörde | →Nur Meldepflicht! (wenn genügend angepasst)<br><br>**ausser**:<br><br>Kernzone oder Baudenkmal von nationaler- oder kantonaler Bedeutung (oder in deren Nähe)!<br><br>Link: Energie Schweiz, Leitfaden zum Melde- und Bewilligungsverfahren von Solaranlagen |
| Energieversorger | Anschlussgesuch (Leistung) |
| Fördergelder | erst nach Inbetriebnahme der Anlage |

# Wartung

→ geringer Wartungsaufwand (keine beweglichen Teile)

**aber**:

→ die lange Laufzeit (> 25 Jahre) sowie die "Ausgesetztheit" lässt eine gewisse Wartung als sinnvoll erachten….

→ Betreiber von elektrischen Anlagen sind für deren sicheren Betrieb zuständig!

# Wartung: empfohlene minimale Arbeiten

| | |
|---|---|
| monatlich | - Kontrolle der Datenlieferung (App oder Portal)<br>→ Anlage läuft und produziert<br>→ Internetverbindung ist intakt |
| jährlich | - Sichtkontrolle: Verschiebungen, Verschmutzung, Korrosion, Verfärbungen, Bewuchs, Kabel lose, Wassereintritt, Wärmeabfuhr WR (Lüftungsgitter), alle Schutzeinrichtungen intakt (Überspannungsschutz)<br>- Jahresertrag (keine Degradation) |
| nach Ereignissen | - Sturm, Hagel (unsichtbare Schäden), Blitzschlag (Leistungsminderung) |

## Modulbelegung

- Rücksichtnahme auf andere Gewerke und Service
- Wartung: PVA, Kollektoren, Kamin, Lüftung, Dachfenster
- Reinigung PVA

## Modulbelegung

- fehlende Wartungsgänge

Module dürfen nicht betreten werden!

## Verschattung

grossflächig

© SMA

kleine Zellverschattung

# Details und Stolpersteine

## Verschattung

grossflächig

- Ertragsminderung (berechenbar)
- Intelligente MPP-Tracker (Global MPP-Tracking)
  - → SMA: Shade Fix
  - → Fronius: Dynamic Peak Manager
- (Moduloptimierer)

kleine Zellverschattung

Unbedingt vermeiden!

# Details und Stolpersteine

## Moduloptimierer: nur bei Verschattungen!

© SolarEdge

### Vorteile

- MPP-Tracking pro  Modul
- unterschiedliche Ausrichtung und Neigung möglich
- ev. längere Stränge möglich
- Modulüberwachung
- ev. weitere Sicherheits-funktionen (Safe DC)

### Nachteile

- kleinere Erträge bei unverschatteten Dächern
- zusätzliche Hardware (mit deutlich höherer Ausfall-Wahrscheinlichkeit!)
- zusätzliche Stecker
- Störstrahlung (EMV)

## Gründach: nur mit passender Unterkonstruktion!

© Contec

Keine aerodynamischen UKs!

→ Immer Gründach-UKs!

# Details und Stolpersteine

## Blendung

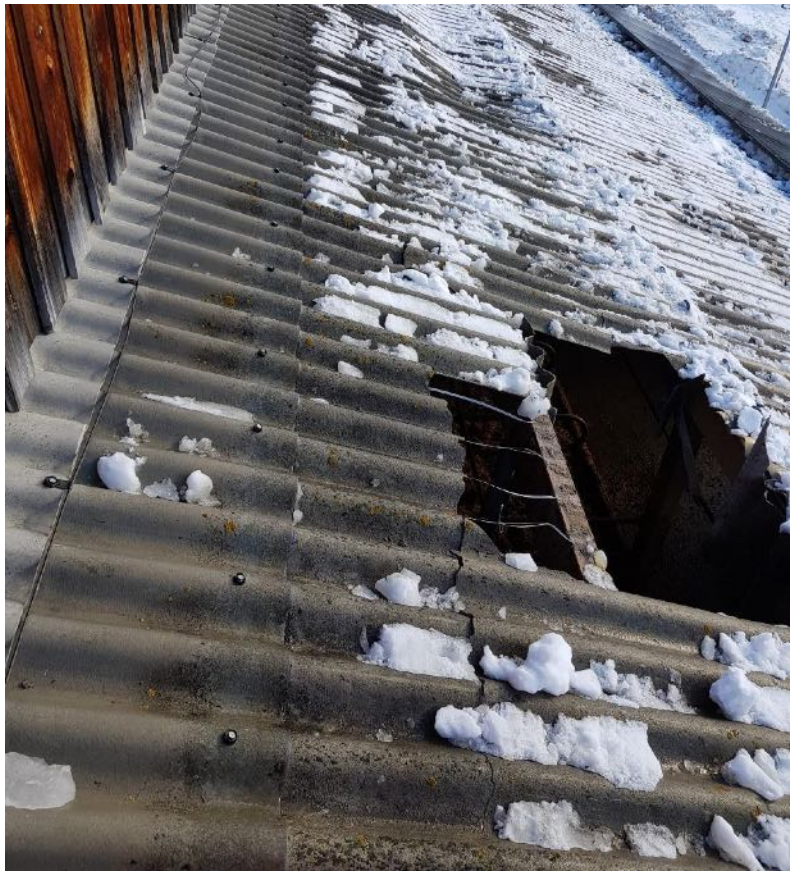
- seltener als genannt (Behörden "lieben" das Thema)
- Norddächer / Hanglagen!
- weniger bei flachen Winkeln
- naher Betrachter!
- reflexionsarm ≠ blendfrei!
- keine anerkannten Richt- oder Grenzwerte

## Montage Dachhaken

- Dachhaken darf nicht auf-liegen!
- Windböen

Eindringen von Wasser kann sehr lange unent-deckt bleiben!

## Schneefang → Sicherheit vs. Ertrag



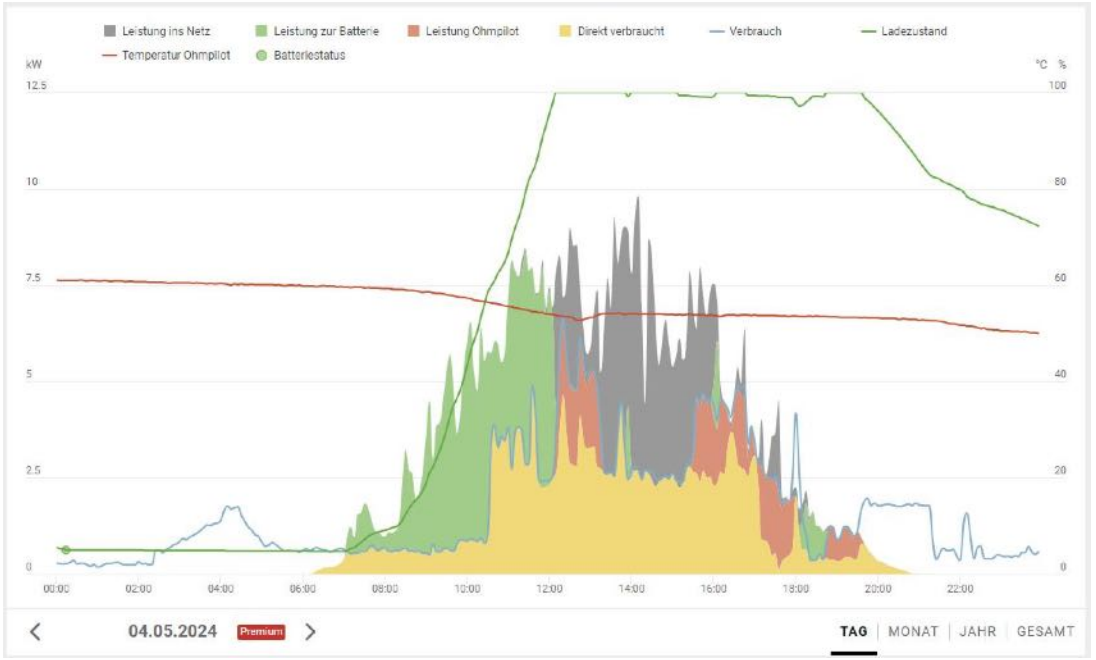
© Solarspar

- schnelleres Abrutschen auf Glas
- Personen, Nutztiere, Infrastruktur schützen
- öffentliche Zugänge!

# Nicht auf Module stehen!

© Energie Netzwerk GmbH

## Überwachung




- Ertragsdaten einsehbar
- Rückverfolgbarkeit über Jahre

- E-Mail-Alarmierung einrichten!
- Internet-Ausfall überwachen!

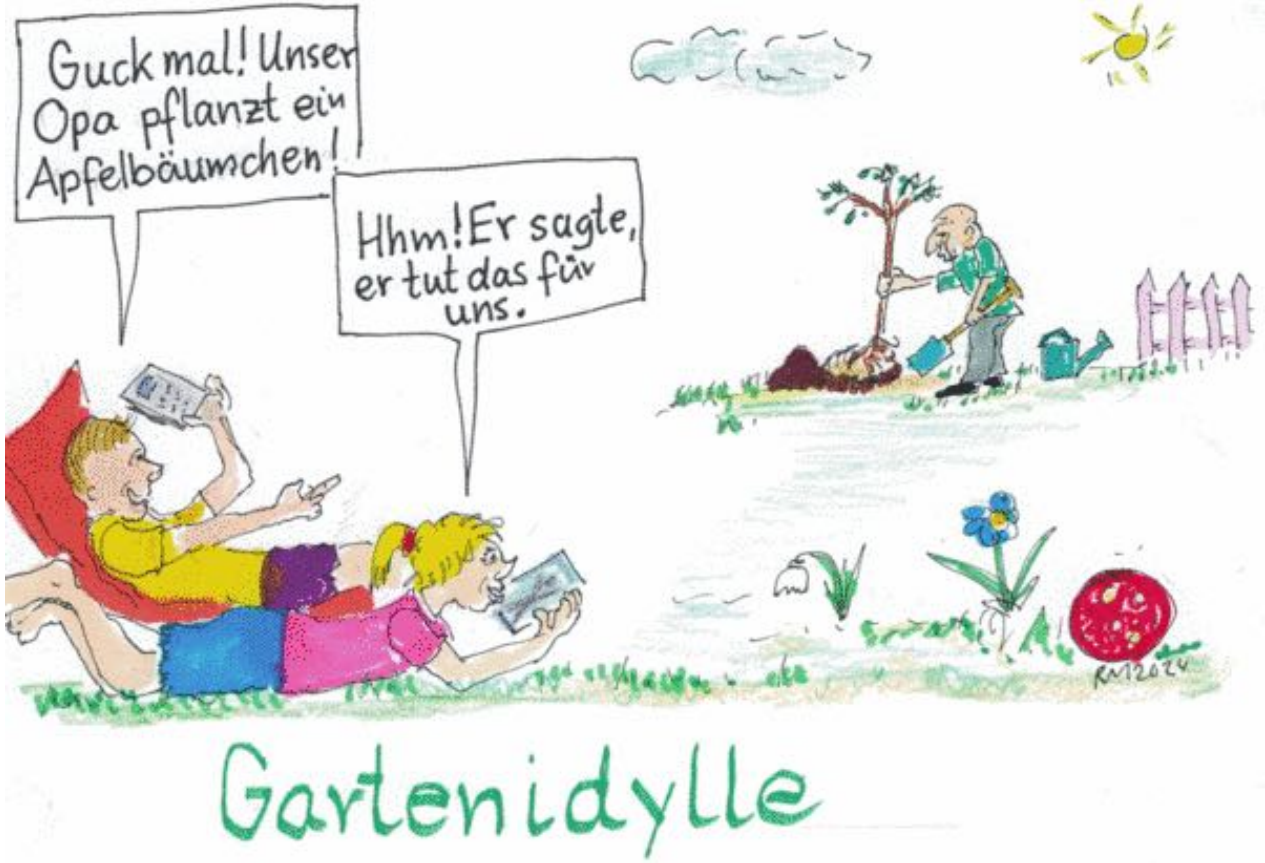
! keine PVA ohne Überwachung!

# **Dokumentation:** SN EN 62446-1

4 Anforderungen an die Systemdokumentation
4.1 Allgemeines
4.2 Systemdaten
4.2.1 Grundlegende Systemangaben
4.2.2 Angaben über Systementwickler
4.2.3 Angaben über Systeminstallateur(e)
4.3 Schaltplan
4.3.1 Allgemeines
4.3.2 Array – Allgemeine Festlegungen
4.3.3 Angaben zum PV-Strang
4.3.4 Elektrische Einzelheiten des Arrays
4.3.5 Wechselstromnetz
4.3.6 Erdung und Überspannungsschutz
4.4 Schaltplan des Strangs
4.5 Datenblätter
4.6 Angaben über die mechanische Konstruktion
4.7 Notsysteme
4.8 Betriebs- und Wartungsangaben
4.9 Prüfergebnisse und Inbetriebnahmedaten

- **Doku sehr oft mangelhaft!**
  - → Sicherheitsnachweis
  - → Elektroschema / Stringplan
  - → Statische Auslegung!
  - → Datenblätter
  - → Ein-/Ausschalten, Wartungsangaben
  - → Details zur Überwachung
  - → Einstellwerte
  - → Zugangsdaten (Passwörter)

# Danke für Ihre Aufmerksamkeit




© DGS