

# Erzeugungskosten der PV Energie

14.04.2025 | Swissolar

Jean Cattin, Technischer Berater

## Schweizerischer Verband der Solarbranche

- **Erfahrung:** aktiv seit 1978
- **Mitglieder:** ca. 1300 Unternehmen
- **Mitarbeitende** an drei Standorten: Zürich, Yverdon-les-Bains, Avegno



# Übersicht

- LCOE Definition
- Typische CAPEX und beeinflussfaktoren
- OPEX Schätzung
- Beispiele für typische Anlagen
- Vergleich zu Strompreis
- Fassaden

# Wie viel kostet eine kWh: LCOE

- **Selbstkosten** -> ohne Abzinsung
- Stromgestehungskosten, **(Levelized Cost of Electricity, LCOE)** [CHF/kWh].

$$\text{LCOE (CHF/kWh)} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{\text{Investition}_t + \text{kosten}_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{\text{Energie}}{(1+i)^t}}$$

Mit:

- n: Lebensdauer des Systems (Jahre)
- i: Abzinsungssatz

# Wie viel kostet eine kWh: LCOE Annäherung

- **Selbstkosten** -> ohne Abzinsung
- Stromgestehungskosten, (**Levelized Cost of Electricity, LCOE**) [CHF/kWh].

Annäherung mit der Annuitätenmethode:

$$\begin{aligned} \text{LCOE}_{\text{approx}} \text{ (CHF/a)} &= \frac{\text{CAPEX} + \text{OPEX (Jahresdurschnitt)}}{\text{Produktion}} \\ &= \frac{\text{Annuitäten} + \text{Betriebskosten (CHF/a)}}{\text{Produktion (kWh/a)}} \end{aligned}$$

# Annuität Berechnung

Annuität = Investition \* ANF (Lebensdauer, Zinsen)  
= zurückzuzahlender Betrag pro Jahr

## Beispiel:

- CAPEX: CHF 10'0000
- Rückzahlungsdauer: 30 Jahre
- Zinsen: 2 %

$$\text{ANF} = \text{Annuitätsfaktor} = \frac{\text{Zinsen} * (1 + \text{Zinsen})^{\text{Lebensdauer}}}{(1 + \text{Zinsen})^{\text{Lebensdauer}} - 1}$$

$$= \frac{0.02 * (1 + 0.02)^{30}}{(1 + 0.02)^{30} - 1} = 4.46\%$$

Annuität = CHF10'000 \* 4.46% = **CHF 446**

## Annuitätsfaktor (ANF):

Zinssätze	0	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %
Dauer des Betriebs	%	%	%	%	%	%
20 Jahre	5.00	5.54	6.12	6.72	7.36	8.02
25 Jahre	4.00	4.54	5.12	5.74	6.40	7.10
30 Jahre	3.33	3.87	4.46	5.10	5.78	6.51

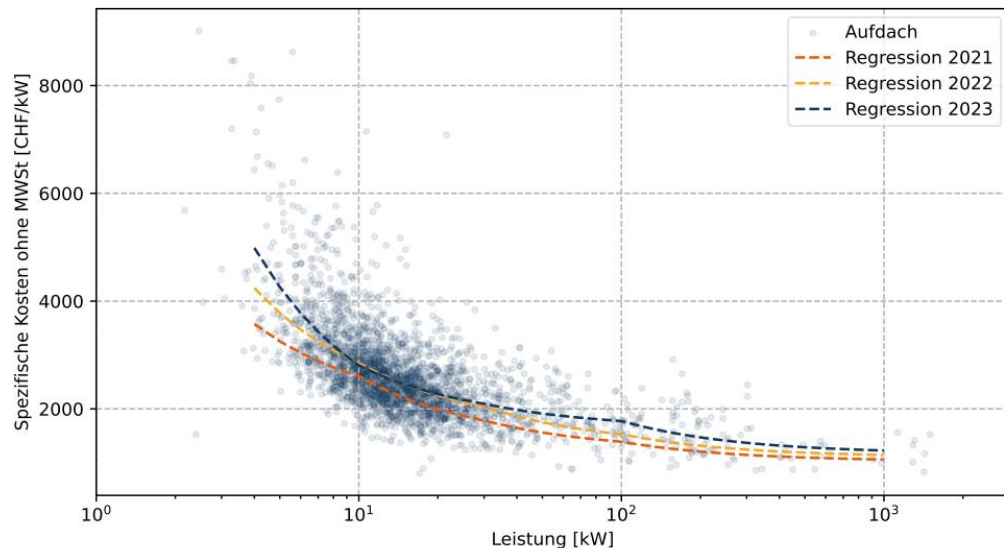
# CAPEX Schätzung

Quelle: BFE Jährliche PV Marktbeobachtung Studie

## Der Preis hängt hauptsächlich von der Leistung ab!

Je grösser die installierte Leistung, desto geringer sind die spezifischen Kosten.

- Medianpreis 10-30 kW:  
2400 CHF/kW
- Grössere Anlagen kosten etwa 2x bis 3x weniger
  - Gleiche Fixkosten

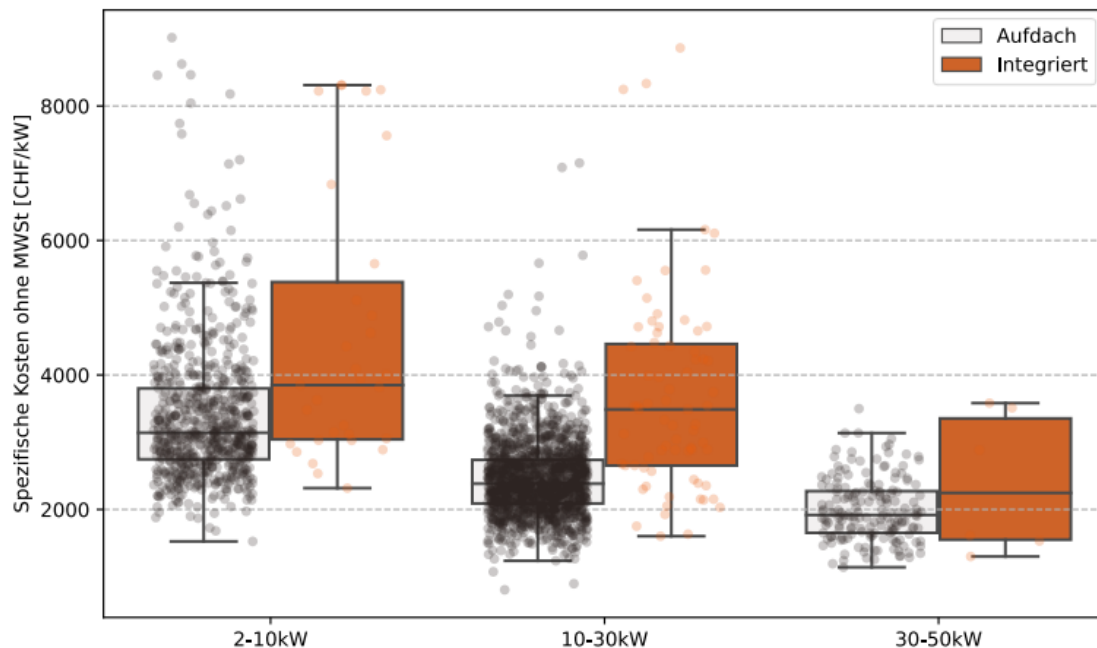


Spezifische Kosten vor Steuern für Aufdach PV-Anlagen in Abhängigkeit von der installierten Leistung in logarithmischer Skala. Die blaue Kurve ist die stückweise lineare Regression der Kosten der im 2023 Aufdach Anlagen, hier ausgedrückt als spezifische Kosten.

Quelle: [BFE](#) « Photovoltaikmarkt: Preisbeobachtungsstudie 2023 », 13. Juni 2023.

# PV Marktbeobachtungsstudie 2023 - Einflussfaktoren

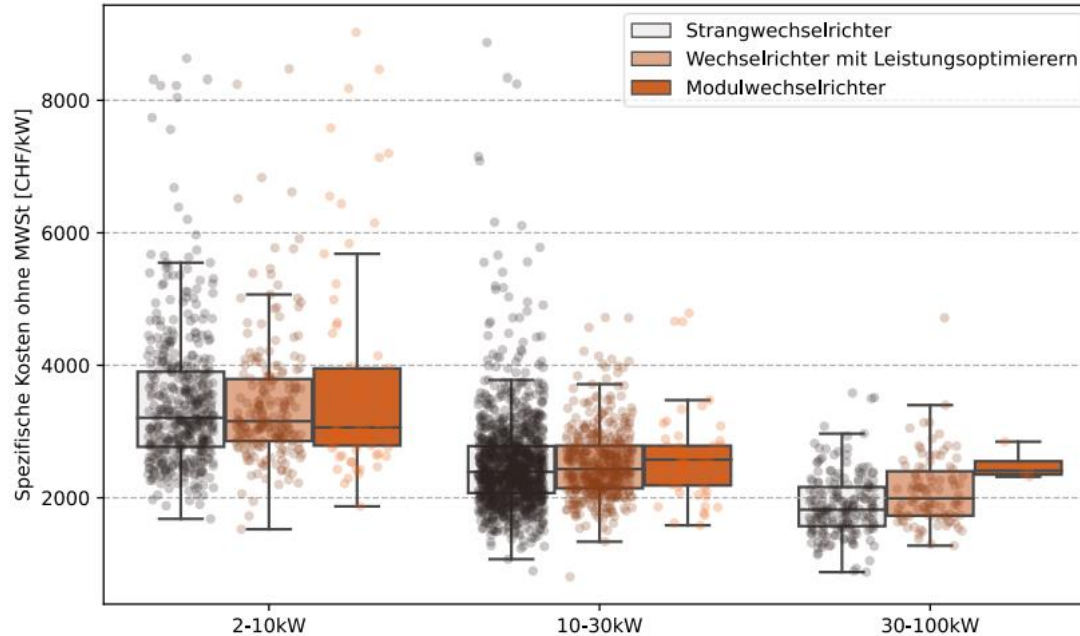
**Indach Anlagen: +20 bis +50%.**





# PV Marktbeobachtungsstudie 2023 - Einflussfaktoren

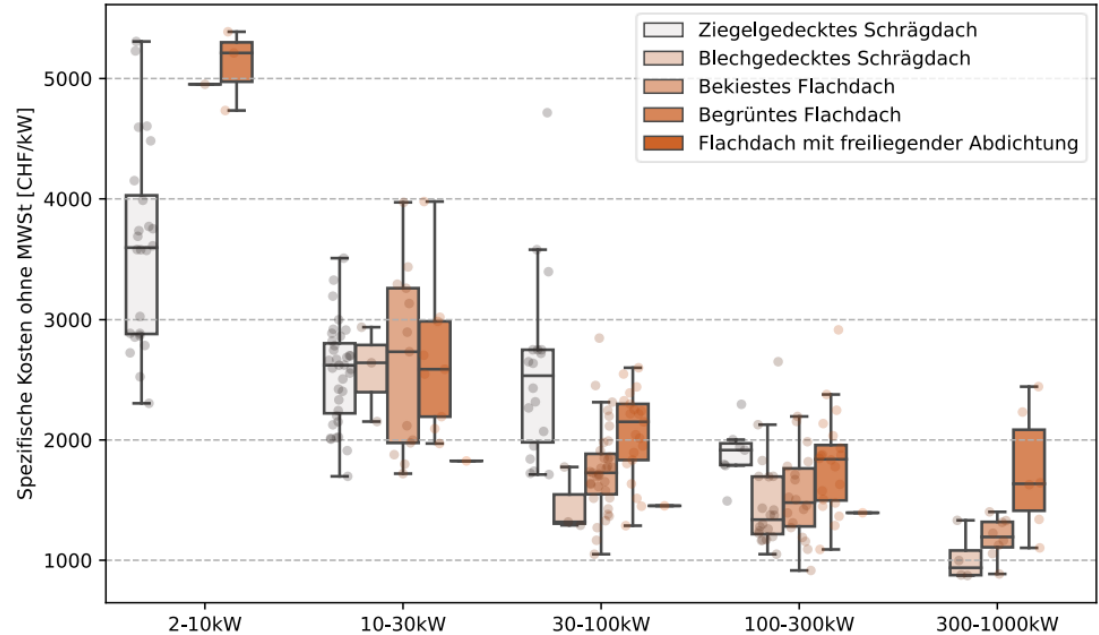
## Wechselrichter Typ:



# PV Marktbeobachtungsstudie 2023 - Einflussfaktoren

## Dachtyp

- Kaum Unterschiede im Bereich von 10-30 kW



Verteilung der spezifischen Kosten vor Steuern für 5 Dachtyp und Leistungsbereiche.

# PV Marktbeobachtungsstudie - Einflussfaktoren

Verschiedene Faktoren :

- **Geschütztes Gebäude:**
  - kann zu erheblichen Mehrkosten führen (spezielles Material)
- **Elektrische Anschlüsse und Schalttafeln;**
  - die Kosten können schnell steigen, wenn ein neuer Schaltschrank aufgestellt werden muss, der Elektroraum nicht ausreichend dimensioniert ist oder das Anschlusskabel ausgetauscht werden muss.
- **ZEV** (Zusammenschluss zum Eigenverbrauch):
  - Änderung der Stromtafel, Anbringen von privaten Zählern
  - Ab 2025: Virtuelle ZEV möglich

# OPEX Schätzung

- Betriebskosten, Wartung und Instandhaltung der PV-Anlage:
  - Reparatur, Teilersatz und Wartung
  - Monitoring
  - Reinigung
  - Versicherung (KGV) und Verwaltung
- Man kann auch für jedes Jahr eine individuelle Prognose erstellen (z. B. Austausch des Wechselrichters im Jahr 10).
- Die Wartungskosten können Preiserhöhungen unterliegen

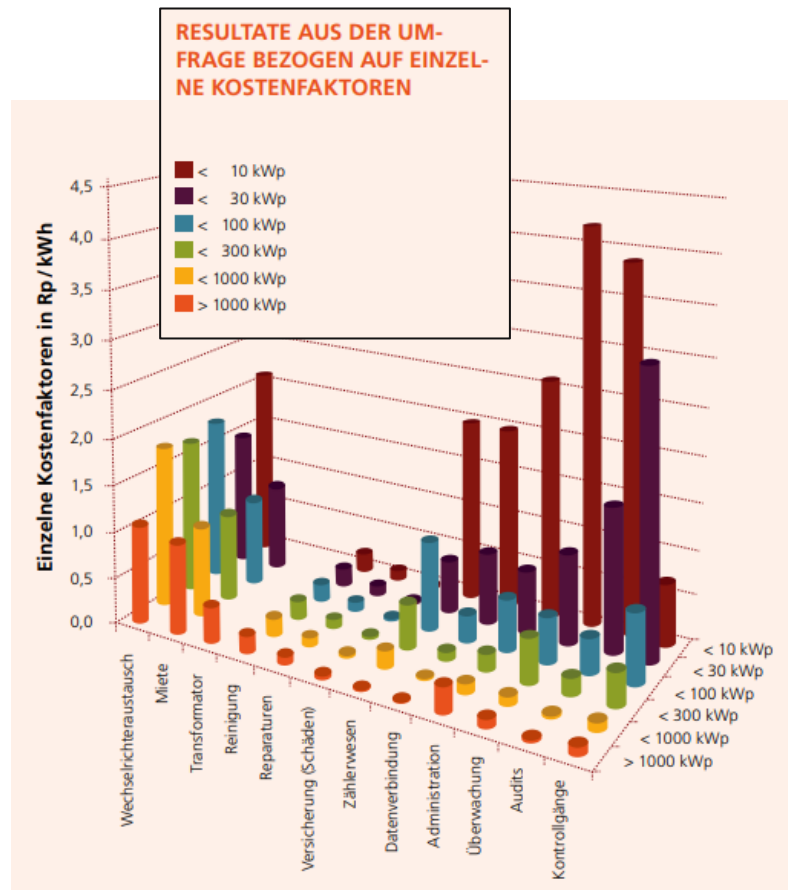
# Betriebs- und Wartungskosten

Die Wartungskosten werden oft als ein Teil der Stromerzeugung berechnet.

Die folgenden Werte sind realistisch:

- Kleine Anlagen: 3-5 Rp/kWh
- Mittlere Anlagen: 3-4 Rp/kWh
- Grosse Anlagen: 1.7-3 Rp/kWh
- Sehr grosse Anlagen: 1.4-3 Rp/kWh
- Gründach: **+1 Rp/kWh**

Ein realistischer Durchschnittswert für OPEX ist **3 Rp/kWh**.



EnergieSchweiz: Betriebskosten von PV-Anlagen (2017)

# Energiekosten Aufdach: 10kW, 15kW und 150kW

Annahmen und Berechnungen:

	10 kW	15 kW	150 kW
Bruttoinvestitionen*	28 100 CHF	36 800 CHF	236 000 CHF
Förderung	3 600 CHF	5 400 CHF	44 300 CHF
Spezifischer Ertrag	1050 kWh/kW		
Jährliche Produktion	10 500 kWh	15 750 kWh	157 500 kWh
Wartungskosten	4 Rp/kWh	4 Rp/kWh	3 Rp/kWh
Lebensdauer	25 Jahre		

\* Gemäss [BFE-Formel](#) "PV Marktbeobachtungsstudie 2023", 13. Juni 2024

# Beispiel LCOE für eine 10 kW Anlage

– Jahresproduktion = 10 kW \* 1050 kWh/kW = 10'500 kWh

– Pauschale Wartungskosten = 0.04 CHF/kWh

– Annuität :

Annuität = Investition \* ANF(Laufzeit, Zinsen) = Investition \* ANF(25, 2%)

= 24'500 \* 5.12%

= 1254 CHF/Jahr

**LCOE = 1254 CHF / 10'500 kWh + 0.04 CHF/kWh = 15.9 Rp/kWh**

# LCOE vs Leistung

	10 kW	15 kW	150 kW
Nettoinvestitionen	24 500	31 400	191 700
Jährliche Produktion	10 500	15 750	157 500
Wartungskosten	4 Rp/kWh	4 Rp/kWh	3 Rp/kWh
Lebensdauer	25 Jahre		
Annuität	1 254 CHF	1 608 CHF	9 815 CHF
LCOE	15.9 Rp/kWh	13.7 Rp/kWh	9.2 Rp/kWh



Je **grösser** (Leistung) die Anlage ist,  
desto mehr **sinkt** der **Selbstkostenpreis**

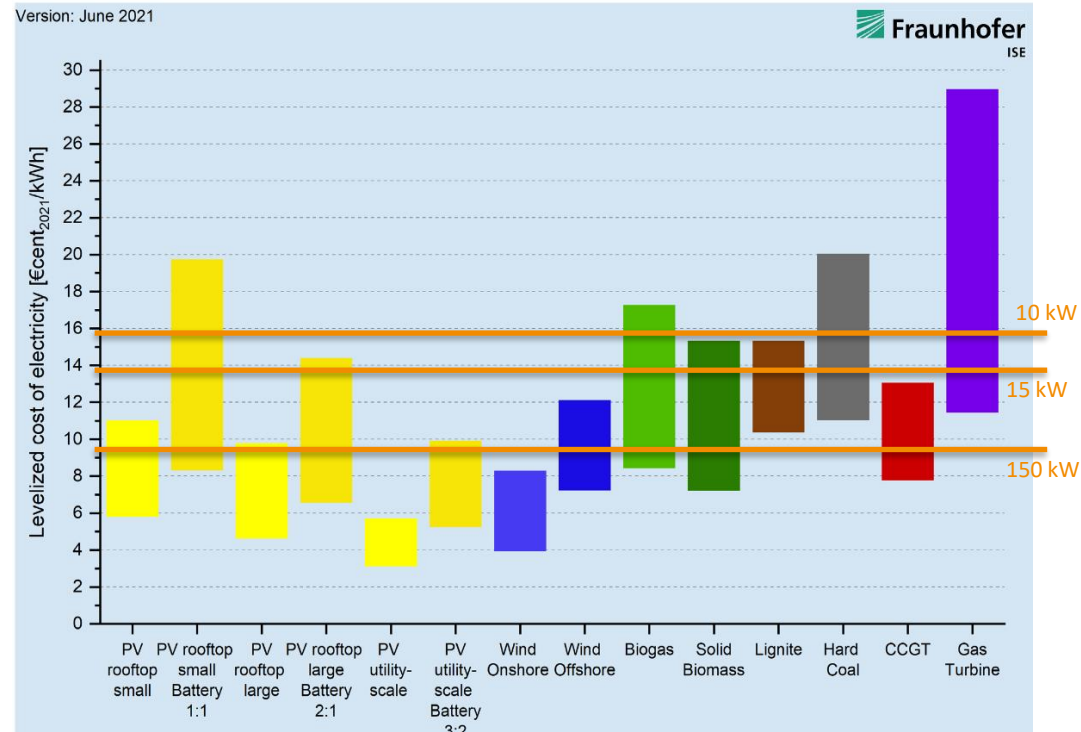


# Weitere Beispiele für Kosten der Stromerzeugung

- Man sieht, dass PV zu den günstigsten Preisen gehört!

LCOE von erneuerbare Energien Technologien und konventionellen Kraftwerken an verschiedenen Standorten in Deutschland in 2021.

Quelle: [Fraunhofer ISE](#), 2021, Levelized Cost of Electricity-Renewable Energy Technologies.



# Vergleich zum Strompreis

Der Standard-Stromtarif (Plus) bei [Groupe E](#) in 2025 beträgt **26.34 Rp/kWh**:

- 8.29 Rp/kWh für die Netznutzung
- 15.75 Rp/kWh für Energie
- 0 Rp/kWh Steuern (variiert je nach Kanton und Gemeinden)
- 2.3 Rp/kWh Netzzuschlag für erneuerbare Energien (Art. 35 EnG)

## Wofür bezahlen die Endverbraucher?

### Energietarif

■ 49% Bezogene Energie

### Netznutzungstarif

■ 5% Übertragungsnetz (Swissgrid)

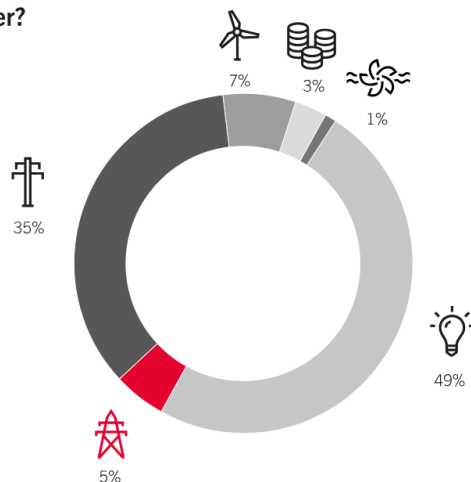
■ 35% Verteilnetze

### Abgaben

■ 7% Förderung erneuerbarer Energien

■ 3% Kantonale und kommunale Abgaben

■ 1% Stromreserve



Quelle: [Swissgrid](#), Alles über Strom

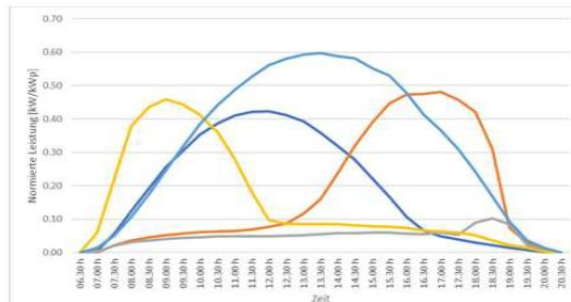
# PV Fassaden

Das Produktionsprofil hängt stark vom Azimut und der Jahreszeit ab

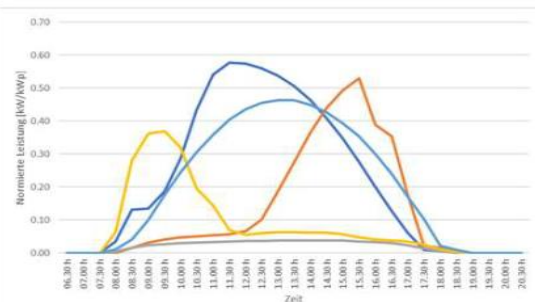
- Durchschnittliche spezifische Kosten: 3500 CHF/kW (laut Planair-Erfahrung)
- Geschätzte durchschnittliche Selbstkosten:
  - 22 Rp/kWh (Süd, 700 kWh/kWh spez. Ertrag)
  - Abhängig von Azimut und Gesamtleistung, schwierig, eine allgemeine Schätzung abzugeben

## Tägliche Produktion

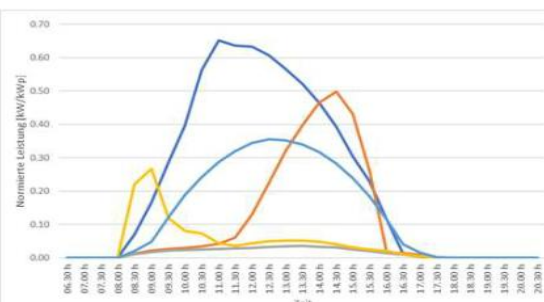
Süd-Ost Süd-West Nord-West Nord-Ost Dach



Sommer (23.08.23)



Herbst/Frühjahr (11.10.23)



Winter (03.02.24)

Quelle: Christian Renken, [22. Schweizer Photovoltaik-Tagung](#), 21./22. März 2024, STCC Lausanne

# Finaler Vergleich

	10 kW	15 kW	150 kW	Südfassade	Ostfassade
LCOE [Rp/kWh]	15.85	13.60	9.18	~22	~28

- Energiepreis bei Groupe E (Basic) in 2025: 15.35 Rp/kWh
- Übernahmevergütung von Gruyère Energie in 2025: 8.9 Rp/kWh

# Fragen | Inputs | Diskussion

Jean Cattin

[cattin@swissolar.ch](mailto:cattin@swissolar.ch)

024 566 52 13

