

Abschlussbericht, 13. Juni 2024

# Photovoltaikmarkt: Preisbeobachtungsstudie 2023

**Autoren**

Lionel Bloch, Planair SA

Yannick Sauter, Planair SA

Die vorliegende Studie wurde im Auftrag von EnergieSchweiz erstellt.  
Für den Inhalt sind alleine die Autoren verantwortlich.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Zusammenfassung der Studie</b> .....	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Methodik</b> .....	<b>5</b>
2.1	Herkunft der Daten.....	6
2.2	Studienrahmen.....	7
<b>3.</b>	<b>Statistische Datenanalyse</b> .....	<b>8</b>
3.1	Merkmale der PV-Anlagen.....	9
3.2	Marktrepräsentativität .....	12
<b>4.</b>	<b>Analyse der spezifischen Kosten</b> .....	<b>14</b>
4.1	Preise von Aufdachanlagen .....	14
4.2	Preise von integrierten Anlagen.....	18
4.3	Anlagenpreise nach Wechselrichtertyp .....	19
4.4	Anlagenpreise nach Dachart .....	20
4.5	Kostenkategorien .....	21
4.6	Zeitliche Entwicklung .....	24
<b>5.</b>	<b>Kostenfaktoren</b> .....	<b>25</b>
5.1	Kabelführung.....	25
5.2	Dachart und verfügbare Oberflächen .....	26
5.3	Architektonische Anforderungen (Farbe, Integration).....	26
5.4	Bauliche Situation .....	26
5.5	Sicherheit.....	27
5.6	Verwaltungskosten.....	27
5.7	Monitoring und Strommanagement .....	27
5.8	Elektrische Anschlüsse, Installationen und Sicherheitsmassnahmen .....	27
5.9	Markt und Konkurrenz.....	27
5.10	Öffentliche und private Aufträge .....	27
5.11	Zusammenschlüsse zum Eigenverbrauch.....	28
5.12	Interne Projektmanagementkosten und externe Planungskosten .....	28
<b>6.</b>	<b>Schlussfolgerung</b> .....	<b>29</b>
<b>7.</b>	<b>Dank</b> .....	<b>29</b>
<b>8.</b>	<b>Referenzen</b> .....	<b>29</b>

# 1. Zusammenfassung der Studie

Der schweizerische Photovoltaikmarkt boomt schon seit mehreren Jahren. Wie aus Abbildung 1 hervorgeht, nimmt die in der Schweiz jährlich installierte Photovoltaikleistung schnell zu.

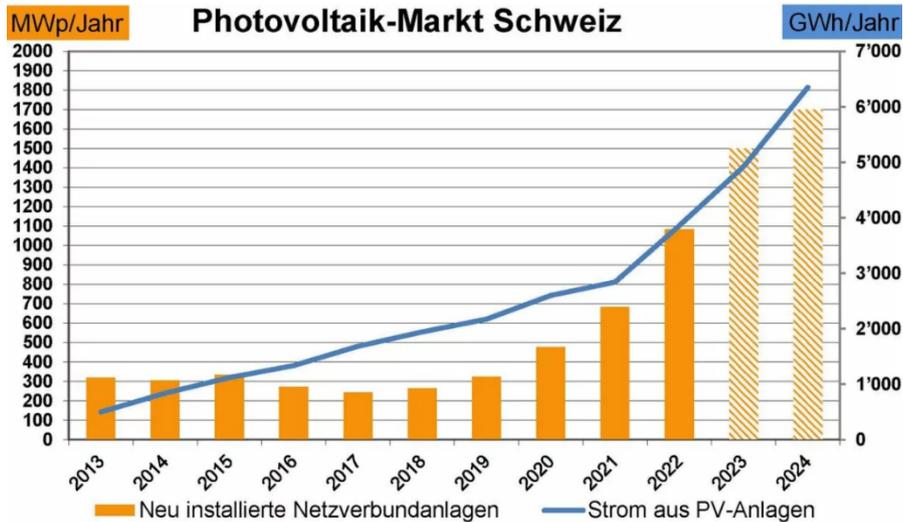


Abbildung 1: Entwicklung des schweizerischen Photovoltaikmarkts. Die zusätzliche Photovoltaikkapazität wird für 2023 auf 1500 MW geschätzt (Swissolar, 20.12.2023) [1].

Bis zum Jahr 2020 führte dieses Marktwachstum zu sinkenden Kosten bei den Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen). Der vorliegende Bericht analysiert diese Kosten für 2023 und nennt die für die Kostenentwicklung massgeblichsten Merkmale (Leistung, Anlagentyp usw.) unter Berücksichtigung verschiedener Einflussgrössen (Module, Arbeitskosten usw.).

Für diese Studie wurden insgesamt 2937 Datensätze ausgewertet. Sie konzentriert sich insbesondere auf die 2788 realisierten Aufdachanlagen. Die spezifischen Kosten (CHF/kW) dieser Anlagen nehmen mit der installierten Leistung (kW) ab (vgl. Abbildung 2).

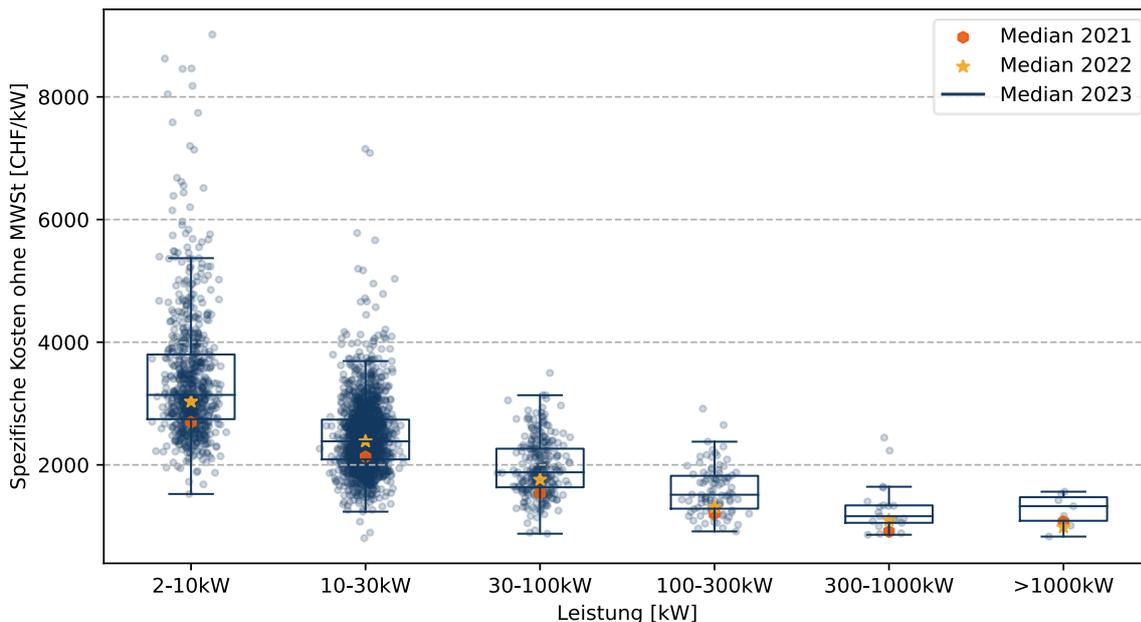


Abbildung 2: Spezifische Kosten (ohne MWST) von Aufdachanlagen als Boxplots, nach Leistungsbereich. Der blaue Balken, der gelbe Stern und das orange Achteck kennzeichnen den Median der spezifischen Kosten für den jeweiligen Bereich in den Jahren 2023, 2022 bzw. 2021. Die Ränder der Box stehen für die 25 %- und 75 %-Quartile, womit 50 Prozent aller Datensätze dazwischen liegen.

Der bis 2020 beobachtete Trend einer jährlichen Abnahme der spezifischen Kosten hat sich umgekehrt. Wie Tabelle 1 zeigt, haben sich die Kosten einer im Jahr 2023 offerierten Anlage gegenüber 2022 um durchschnittlich 7 Prozent erhöht.

Tabelle 1: Mediane der spezifischen Kosten von Aufdachanlagen in den letzten 5 Jahren. Die Tabelle weist auch die relative Veränderung zum Vorjahr aus.

Leistungsbereich [kW]	Median Spezifische Kosten [CHF/kW]						Veränderung im Vergleich zum Vorjahr				
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023
2-10	2953	2914	2692	2696	3032	3141	-1%	-8%	0%	12%	4%
10-30	2214	2201	2071	2131	2384	2384	-1%	-6%	3%	12%	0%
30-100	1589	1466	1407	1529	1759	1879	-8%	-4%	9%	15%	7%
100-300	1236	1217	1132	1202	1312	1513	-2%	-7%	6%	9%	15%
300-1000	1016	990	919	913	1097	1163	-3%	-7%	-1%	20%	6%
>1000		777	819	1075	982	1326		5%		-9%	

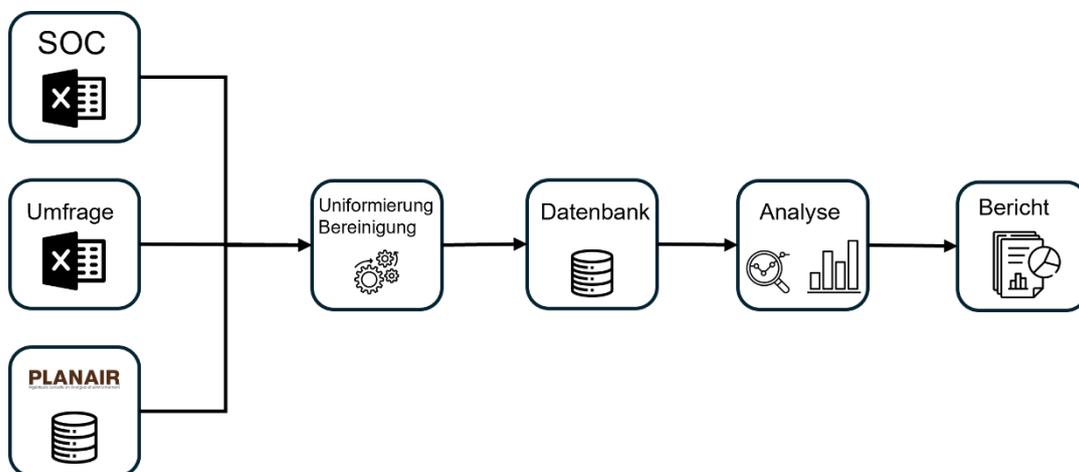
Aus der Studie ergibt sich, dass die Zusammensetzung dieser Kosten von der Anlagengrösse abhängig ist. Insbesondere nimmt der Kostenanteil der Module bei steigender Leistung zu und kann bis zu 40 Prozent erreichen. Neben den Modulkosten schlagen auch die Arbeitskosten mit 40 bis 60 Prozent erheblich zu Buche.

## 2. Methodik

Mit dieser Studie sollen der Median der spezifischen Kosten einer Aufdach-PV-Anlage bestimmt und die Kostenfaktoren identifiziert werden. Dazu wurden die Daten aus Offerten und Rechnungen für PV-Anlagen aus dem Jahr 2023 erhoben. Diese stammen aus drei unterschiedlichen Quellen:

1. Solar-Offerte-Check (SOC): Online-Analyse-Tool von EnergieSchweiz.
2. Umfrage: Wurde einer grossen Zahl schweizerischer Installationsbetriebe zugestellt.
3. Planair: Interne Datenbank aufgrund von Offerten und realisierten Anlagen.

Diese Daten wurden zuerst harmonisiert, von unzuverlässigen Sätzen befreit und danach in eine einzige Datenbank überführt. Diese diente als Grundlage, um die Kostenanalyse vorzunehmen und die Ergebnisse für den vorliegenden Bericht zu erzeugen.



## 2.1 Herkunft der Daten

Die Daten stammen zu einem grossen Teil aus den Offerten, die im Rahmen des Solar-Offerte-Checks<sup>1</sup> von EnergieSchweiz eingereicht wurden (Vergleich von PV-Offerten durch Experten von EnergieSchweiz). Sie beziehen sich im Wesentlichen auf Anlagen mit einer Leistung unter 30 kW. Von jeder Offerte wurden folgende Felder extrahiert:

- Erstellungsdatum der Offerte
- Leistung der Anlage
- Gesamtkosten ohne MWST
- Postleitzahl
- Anlagentyp
- Wirkungsgrad Module
- Wechselrichtertyp
- Kosten der Module
- Kosten der Wechselrichter
- Kosten des Montagesystems
- Kosten für die Baustellenabsicherung
- Verwaltungs- und Planungskosten

Die Daten der zweiten Quelle ergeben sich aus einer Umfrage bei einer grossen Zahl von Installationsbetrieben. Für jede Offerte bzw. Rechnung wurden die Felder gemäss Tabelle 2 erhoben. Die Anlagenkosten verstehen sich ohne MWST. Die spezifischen Kosten berechnen sich als Verhältnis dieser Kosten zur Leistung der Anlage (DC-Nennleistung).

Tabelle 2: Informationen, die bei den Installationsbetrieben erhoben wurden.

	Felder	MÖGLICHE ANTWORTEN
WESENTLICHE ANGABEN	Offerte oder Rechnung	Offerte oder Rechnung
	Erstellungsdatum der Offerte oder Rechnung	
	Leistung [kW]	
	Kosten der Anlage [CHF zzgl. MWST]	
	Postleitzahl	
	Anlagentyp	Integriert, Aufdach oder Fassade
ERGÄNZENDE ANGABEN	Neubau oder Bestandsgebäude	Neu oder Bestand
	Dachart	Bekiestes Flachdach, Flachdach mit freiliegender Abdichtung, begrüntes Flachdach, blechgedecktes Steildach, ziegelgedecktes Steildach, Sonstiges
	Wechselrichtertyp	Strangwechselrichter, Wechselrichter mit Leistungsoptimierern, Modulwechselrichter
	Monitoring in den Anlagenkosten enthalten	Ja/Nein
	Baustellenabsicherung in den Anlagenkosten enthalten	Ja/Nein
	Permanente Sicherheitsmassnahmen in den Anlagenkosten enthalten	Ja/Nein
FREIWILLIGE ANGABEN	Hinweise	
	Kosten der Module	
	Kosten der Wechselrichter	
	Kosten des Tragwerks	
	Kosten des Elektromaterials	
	Kosten für die Baustellenabsicherung	
	Kosten für permanente Sicherheitsmassnahmen	
	Arbeitskosten	
	Verwaltungs- und Planungskosten	
	Logistik- und Transportkosten	
Monitoringkosten		
Sonstige Kosten		

<sup>1</sup> <https://www.energieschweiz.ch/tools/solar-offerte-check/>

Bei der dritten Datenquelle handelt es sich um eine Datenbank des Planungsbüros Planair. Auch sie beruht auf Offerten und Rechnungen von Installationsbetrieben und verwendet dieselben Datenfelder wie die Umfrage.

## **2.2 Studienrahmen**

Die Studie bezieht sich auf PV-Anlagen, welche die nachstehenden Merkmale aufweisen. Die Gesamtkosten der einzelnen Anlagen beinhalten die folgenden Elemente, sofern diese in den Leistungen des Installationsbetriebs enthalten sind.

### **Allgemeiner Rahmen:**

- Die Daten basieren auf Rechnungen für Anlagen, die 2023 realisiert wurden, sowie auf Offerten aus demselben Jahr.
- Die Studie berücksichtigt ausschliesslich PV-Anlagen auf Dächern von Bestands- oder Neubauten.
- Die angegebenen Preise verstehen sich ohne MWST.

### **In den Kosten der PV-Anlagen enthaltene Leistungen:**

- Lieferung und Montage der elektrischen Komponenten von den Modulen bis und mit Netzanschlussstrennschalter des Gebäudes, einschliesslich Zubehör (Kabelrinnen und Kabelführungen, Elektrokästen)
- Lieferung und Montage des Befestigungssystems der Module, einschliesslich allfälliger Dach-Ballast- und -Befestigungselemente
- Lieferung und Installation des Monitoringsystems (Stromerzeugung bzw. -verbrauch)
- Planungsaufwand des Installationsbetriebs einschliesslich amtlicher Formalitäten, Ausführungs- und Betriebsdokumentation
- Lieferung und Einrichtung der Baustellenabsicherung (Absturzsicherung und Sicherung des Dachzugangs) und der Hebemittel
- Lieferung und Einrichtung der permanenten Sicherheitsmassnahmen (Sicherungsseile, Verankerungspunkte, Geländer)
- Bei integrierten Anlagen: Traglattung für die Module

### **Nicht enthaltene Leistungen:**

- Nicht vom Installationsbetrieb geleisteter Planungsaufwand: Ingenieurbüros (PV-Planer, Statiker, Dichtheitsprüfung, Architekt, Bauherrschaft, Bauleitung)
- Arbeiten für den Aufbau eines ZEV: Verkabelung, Zähler
- Speichersysteme samt Zubehör
- Regelungselemente für die Verbrauchssteuerung: Steuerung und Regulierung von Verbrauchsquellen (z. B. Wärmepumpe oder Haushaltgeräte)
- Anpassungsarbeiten Gebäude: Dachrenovation, statische Verstärkungen, Stärkung des Stromnetzes, Ertüchtigung der bestehenden Stromkästen
- Bei integrierten Anlagen: Unterkonstruktion der PV-Anlage (Unterspannbahn, Konterlattung), Spenglerarbeiten rund um das Modulfeld

### 3. Statistische Datenanalyse

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die erhobenen Daten sowie ihrer Repräsentativität für den Schweizer Markt. Für diese Studie wurden insgesamt 2937 Datensätze ausgewertet, wovon 84 Prozent aus dem Solar-Offerte-Check (SOC) stammen.

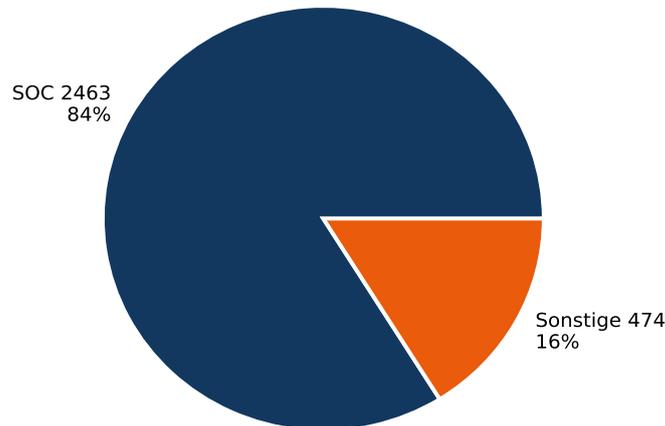


Abbildung 3: Anzahl und prozentualer Anteil der erhobenen Datensätze aus dem SOC einerseits, von Installationsbetrieben und Bauherren («Sonstige») andererseits.

Abbildung 4 weist die Verteilung der Anzahl PV-Anlagen und der kumulierten Leistung nach Leistungsbereich aus. Bei der erfassten Leistung handelt es sich um die DC-Leistung, die sich als Produkt der Modulzahl und ihrer STC-Nennleistung ergibt. Die Leistung der Anlagen, von denen Daten erhoben wurden, liegt zwischen 2 und 1500 kW.

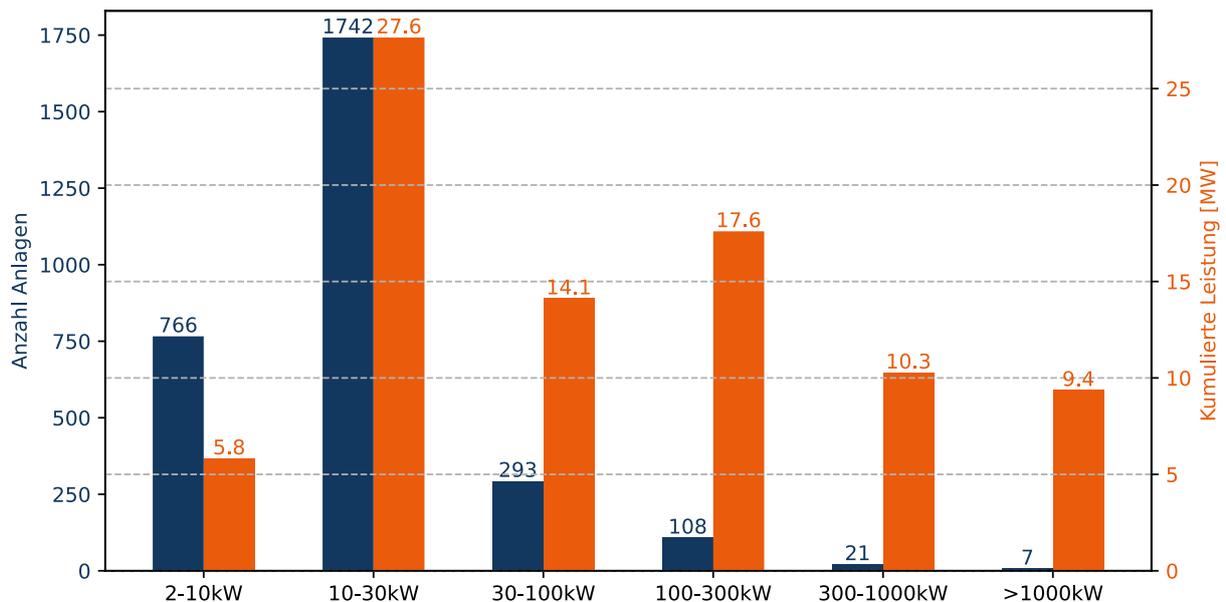


Abbildung 4: Verteilung der für die Studie erhobenen Daten, nach Leistungsbereich.

### 3.1 Merkmale der PV-Anlagen

Abbildung 5 stellt die Verteilung der wesentlichen Angaben aus Tabelle 2 dar. 95 Prozent der erhobenen Daten betreffen Aufdachanlagen. Die Kosten der Anlagen stammen in 90 Prozent der Fälle aus Offerten, in 10 Prozent aus Rechnungen. Der Anteil der Rechnungen liegt geringfügig höher als im Vorjahr [1], die Verteilung nach Halbjahren ist durchaus ausgewogen.

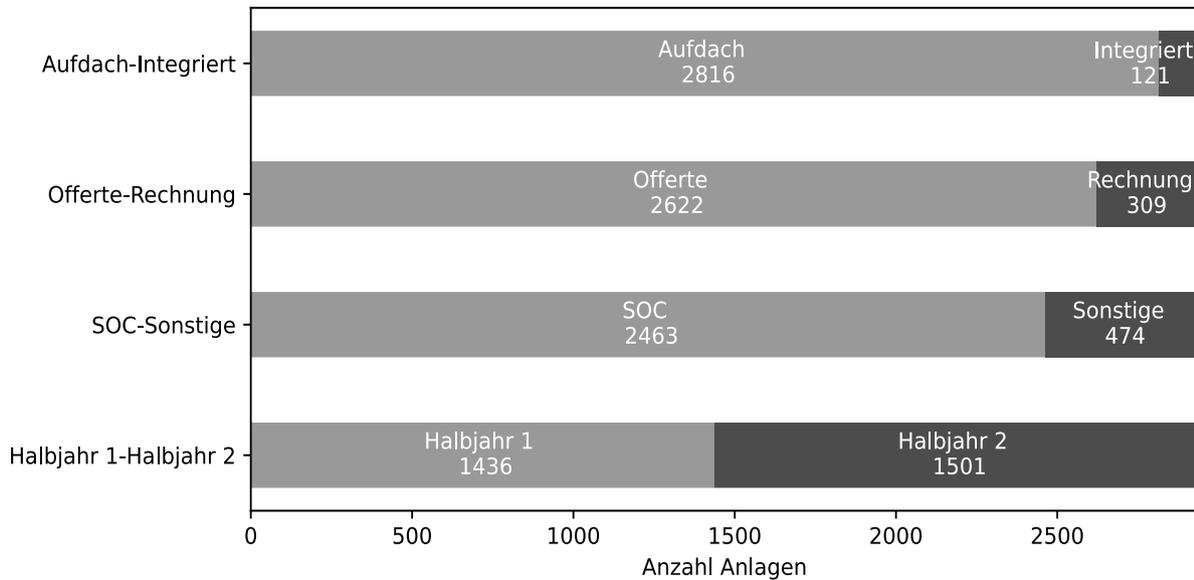


Abbildung 5: Verteilung der wesentlichen Merkmale.

Abbildung 6 zeigt, dass das Monitoring und die Baustellenabsicherung in rund 85 Prozent der Fälle in der Offerte enthalten sind. Dagegen umfassen lediglich 24 Prozent der Anlagen auch permanente Sicherheitsmassnahmen. Dieser Anteil nimmt bei den Anlagen von über 30 kW auf 42 Prozent zu.

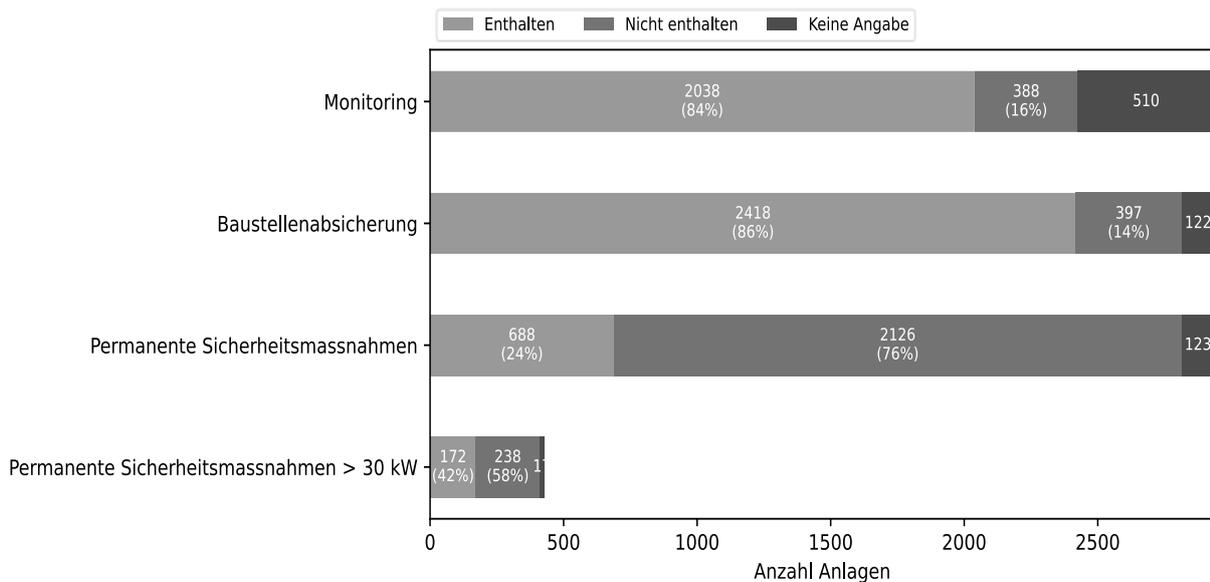


Abbildung 6: Freiwillige Merkmale, die zeigen, ob das Monitoring, die Baustellenabsicherung und permanente Sicherheitsmassnahmen in den Leistungen und Kosten der untersuchten PV-Anlagen enthalten sind.

Die Verteilung nach Wechselrichtertyp – Modulwechselrichter (5 %), Wechselrichter mit Leistungsoptimierer (28 %) oder Strangwechselrichter (67 %) – ist ähnlich wie im Vorjahr. Wechselrichter, die einen Optimierer aufweisen, fallen in die Kategorie «Wechselrichter mit Leistungsoptimierer». Huawei-Wechselrichter und das System von Tiko bieten eine partielle Leistungsoptimierung. Hinweis: Diese Einteilung der SOC-Daten erfolgte aufgrund der Bezeichnung und des Modells des Wechselrichters und ist deshalb fehleranfällig. Ein Huawei-Wechselrichter ohne weitere Angaben wurde als «Strangwechselrichter» eingeteilt.

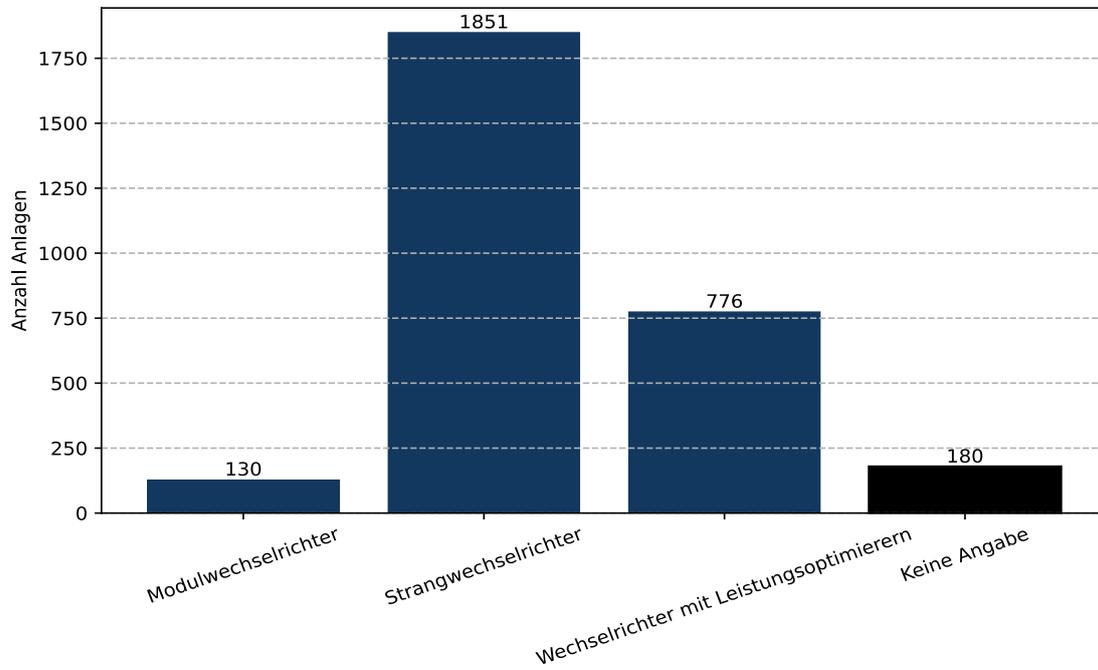


Abbildung 7: Der Typ des offerierten oder installierten Wechselrichters wurde für 94 Prozent der Anlagen angegeben.

Die Dachart (Abbildung 8) wurde nur für 10 Prozent der Anlagen angegeben, denn diese Information besteht bei den SOC-Daten nicht. Daher und weil die SOC-Dienstleistung hauptsächlich von Privaten beansprucht wird, um Offerten für kleinere PV-Anlagen zu beurteilen, handelt es sich bei den Dächern «Keine Angabe» wahrscheinlich grossteils um ziegelgedeckte Schrägdächer.

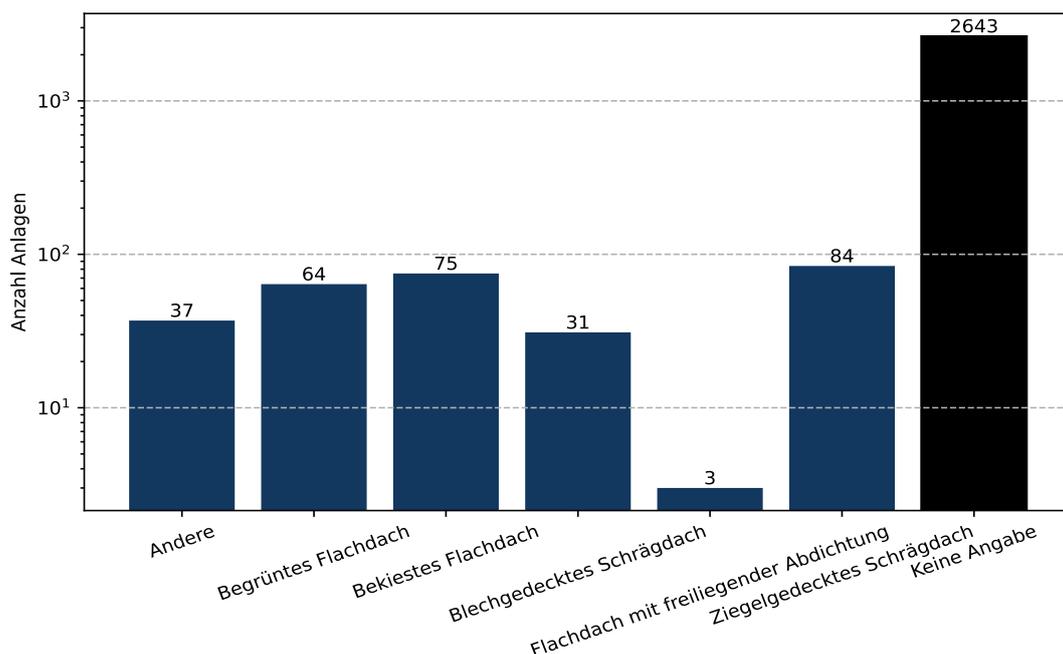


Abbildung 8: Verteilung der erhobenen Daten nach Dachart.

Abbildung 9 weist die Verteilung nach Herkunft der Module aus. Eine grosse Mehrheit der Module (81 %) wurden nicht in Europa hergestellt. Sie stammen hauptsächlich aus China. Lediglich rund 1 Prozent der PV-Anlagen wurde mit Modulen aus schweizerischer Produktion bestückt.

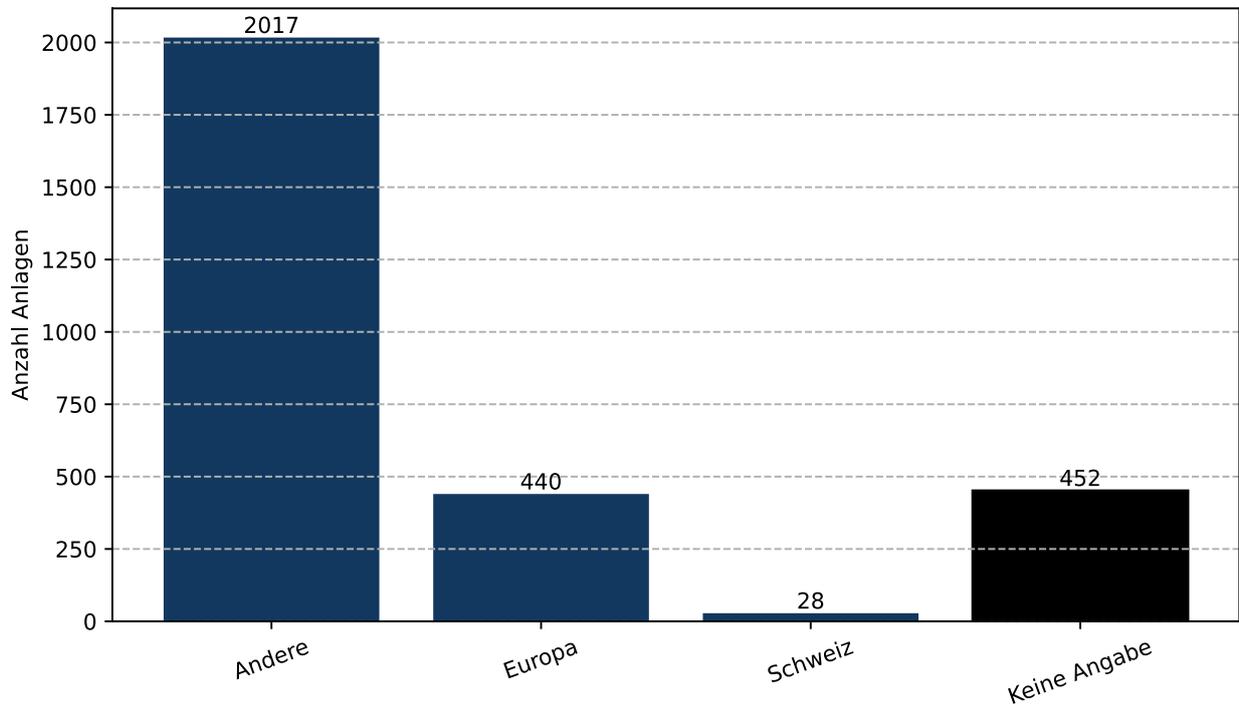


Abbildung 9: Verteilung nach Herkunft der Module. Bei Modulen der Kategorie «Keine Angabe» wurde die Herkunft nicht untersucht. Zweifellos stammen sie aber zu grossen Teilen aus China. Die Kategorie «Europa» versteht sich ohne die Schweiz.

Informationen zur Effizienz der gewählten Module liegen nur in 60 Prozent der Fälle vor. Abbildung 10 weist das Histogramm der Effizienz aus, deren Median im Jahr 2023 bei 21,5 Prozent lag.

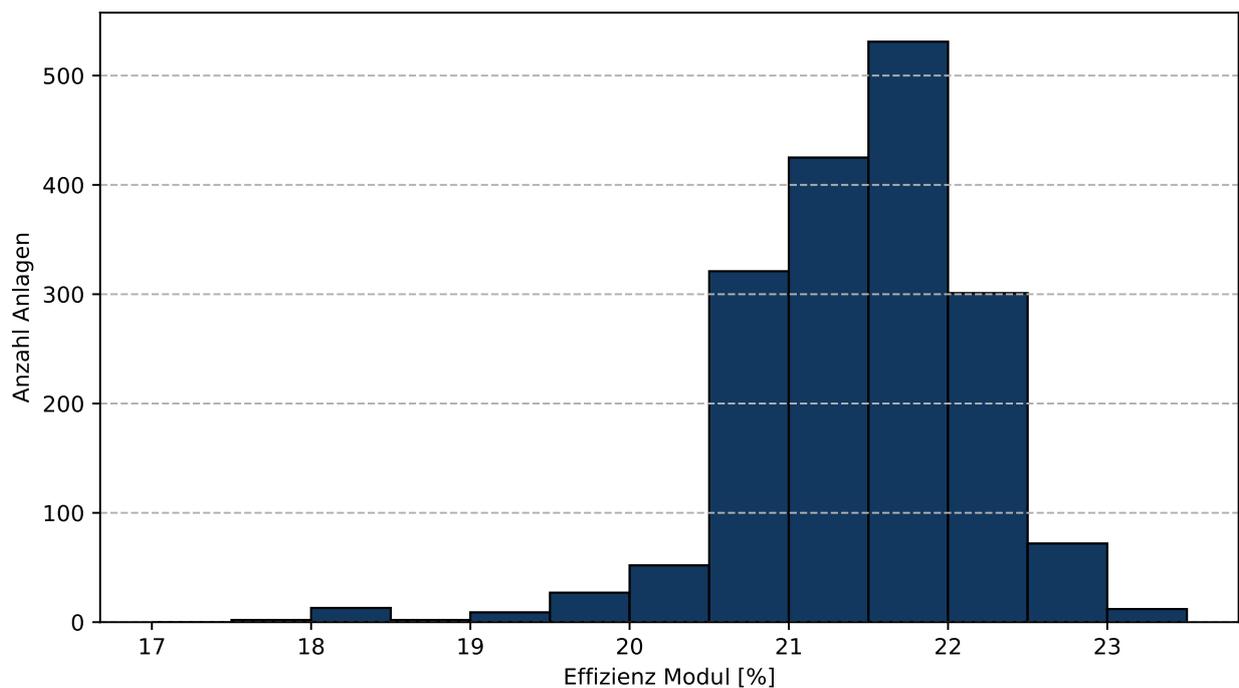


Abbildung 10: Histogramm der Modul-Effizienz.

### 3.2 Marktrepräsentativität

Um eine Preisstatistik zu erlangen, die für den Schweizer Markt repräsentativ ist, müssen die erhobenen Daten diesen Markt zuverlässig abbilden. Aktuell besteht keine nationale Statistik zur Verteilung der Wechselrichtertypen oder der Dacharten. Doch liegen Daten zur Verteilung der PV-Anlagen nach Leistungsbereichen vor. Diese Zahlen können für das Jahr 2022 der *Statistik Sonnenenergie* [2] entnommen werden. Da der Bericht 2023 noch nicht veröffentlicht ist, wird hier von einer ähnlichen Verteilung wie im Vorjahr ausgegangen.

Abbildung 11 zeigt, dass die im Rahmen der Preisbeobachtungsstudie erhobenen Daten für die errichteten Anlagen repräsentativ sind. Lediglich der unterste Leistungsbereich (0–4 kW) weist eine signifikant Abweichung auf. Doch verwendet die vorliegende Studie einen grösseren untersten Bereich (2–10 kW).

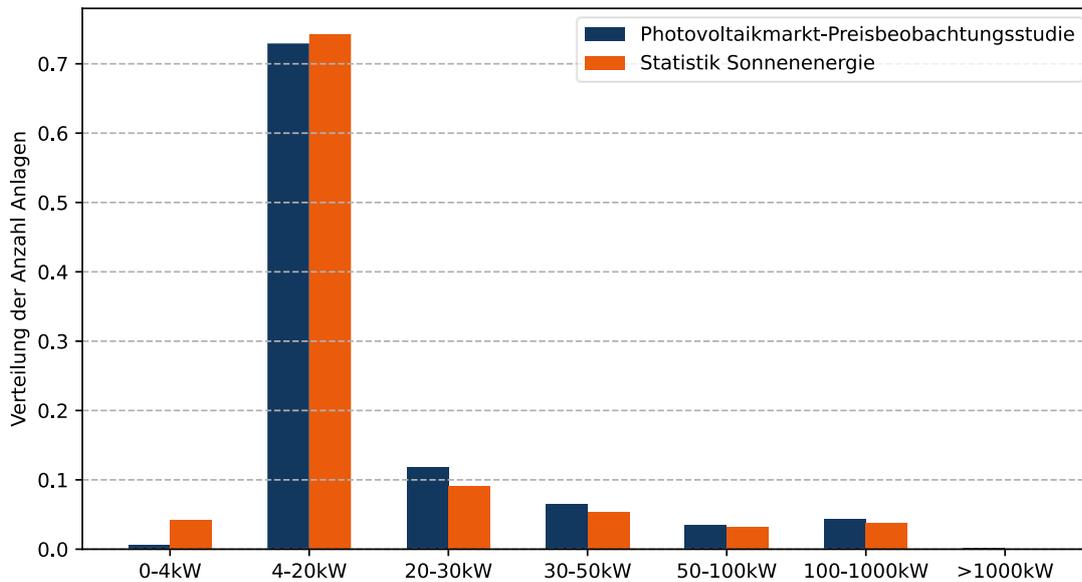


Abbildung 11: Verteilung der Anzahl PV-Anlagen nach Leistungsbereich [kW].

Abbildung 12 weist die Verteilung der PV-Anlagen nach Leistung statt nach Anzahl aus. Bei der Repräsentativität zeichnet sich hier derselbe Trend ab.

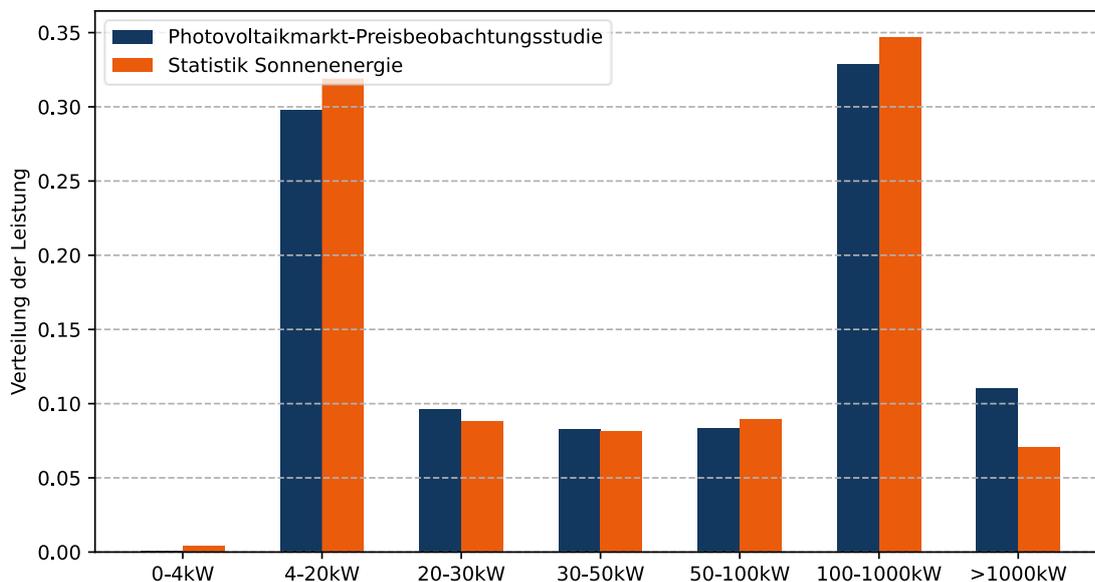


Abbildung 12: Verteilung der Leistung der PV-Anlagen, nach Leistungsbereich [kW].

Abbildung 13 schlüsselt die Datensätze nach Standortkanton auf. Dabei fällt auf, dass die Ost- und Zentralschweiz unterrepräsentiert sind.

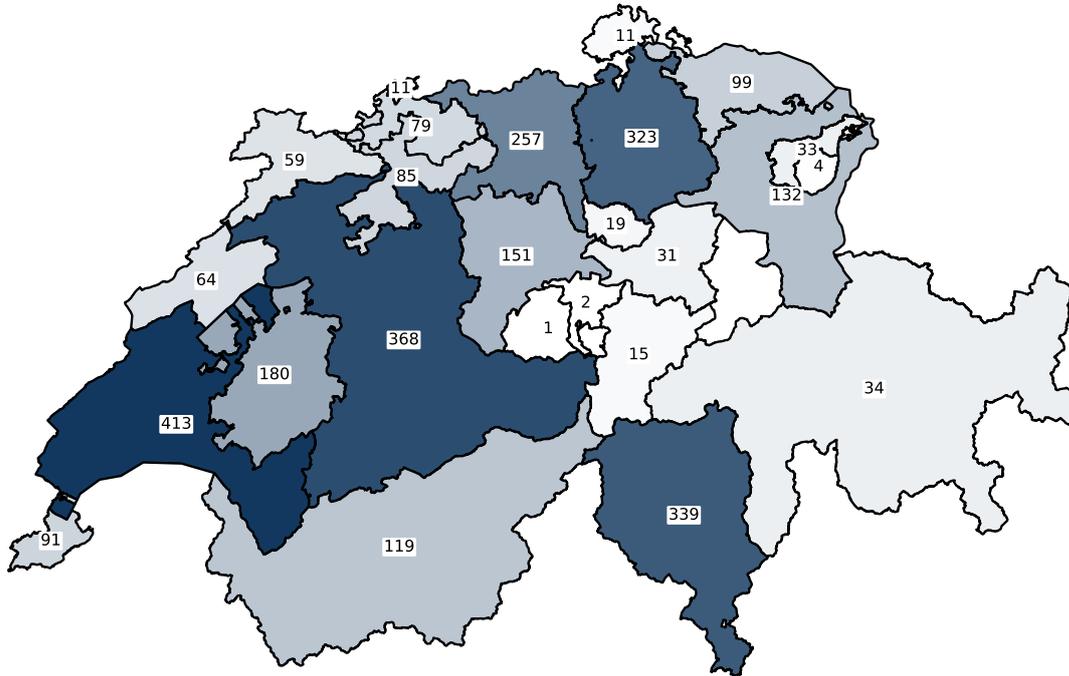


Abbildung 13: Anzahl Datensätze nach Standortkanton. Der Ort wird durch den Standort der Anlage und nicht des offerierenden Installationsbetriebs bestimmt.

## 4. Analyse der spezifischen Kosten

### 4.1 Preise von Aufdachanlagen

Abbildung 14 weist die Kosten (ohne MWST) von Aufdachanlagen mit einer Nennleistung unter 300 kW aus. Wie in Abbildung 4 gesehen, bezieht sich ein Grossteil der erhobenen Datensätze auf eine Leistung unter 30 kW. Die blaue Kurve bildet die stückweise lineare Regression für 2023 ab (Regression 2023). Die beiden anderen Kurven zeigen die jeweiligen Regressionen der Vorjahre.

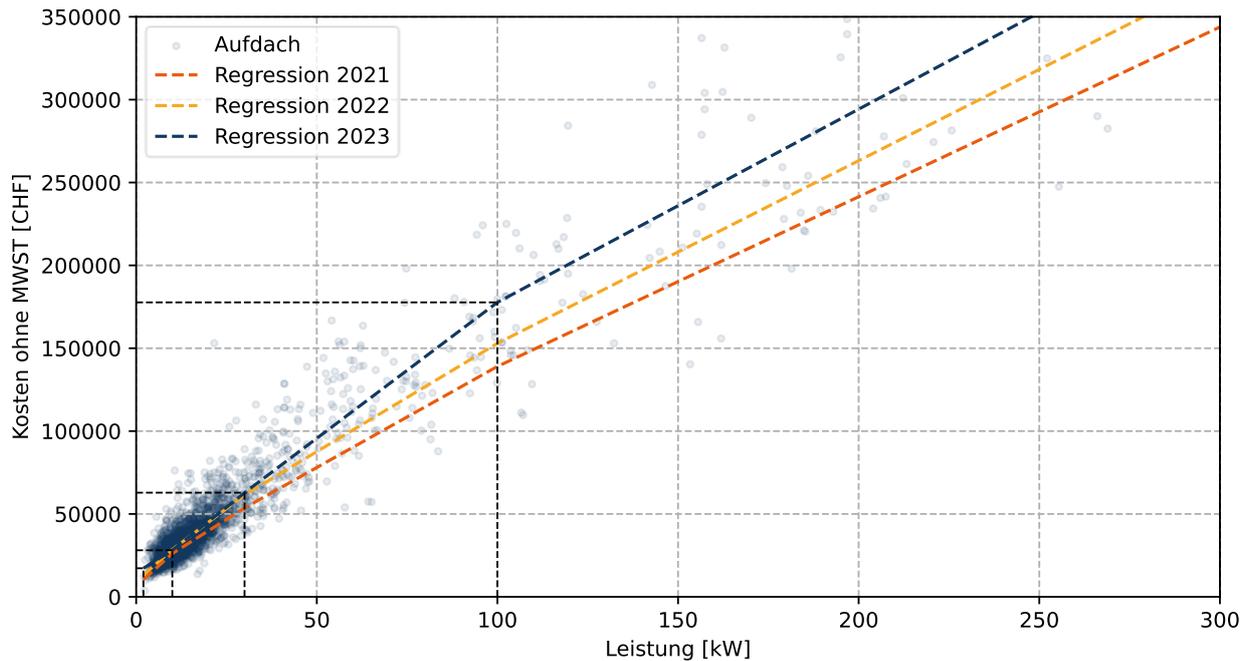


Abbildung 14: Kosten von Aufdachanlagen unter 300 kW im Jahr 2023. Die blaue Kurve stellt die stückweise lineare Regression dieser Kosten für 2023 dar.

Es zeigt sich, dass der leistungsabhängige Kostenanstieg nicht linear, sondern anfangs steil verläuft und dann abflacht. Anders gesagt nehmen die spezifischen Kosten – definiert als das Verhältnis zwischen Gesamtkosten und Anlagenleistung [CHF/kW] – mit zunehmender Leistung ab. Diese Abnahme ergibt sich aus dem Festkostenanteil, namentlich für Administration und Logistik.

Dieser Effekt bedeutet, dass eine lineare Regression über alle Leistungsbereiche hinweg nicht zweckmässig ist, weshalb für die Studie eine lineare Regression pro Leistungsbereich angewendet wird. Bei dieser Regressionsberechnung wird der Kostenfehler minimiert, indem für jeden Leistungsbereich eine affine Funktion verwendet wird, wobei die Kontinuität der Funktion an den Bereichsgrenzen gewährleistet wird. Die Koeffizienten der stückweisen linearen Regression sind in Tabelle 3 ersichtlich.

Ein Vergleich der Regressionen ergibt für 2023 eine Kostensteigerung für Aufdach-PV-Anlagen.

Tabelle 3: Parameter der stückweisen linearen Regressionen der Kosten von Aufdachanlagen, für die Jahre 2021, 2022 und 2023. R2 ist das Bestimmtheitsmass (Determinationskoeffizient) der Regression und gibt deren Qualität an.

Leistungsbereich [kW]	Regression 2021			Regression 2022			Regression 2023		
	a [CHF/kW]	b [CHF]	R2 pro Bereich	a [CHF/kW]	b [CHF]	R2 pro Bereich	a [CHF/kW]	b [CHF]	R2 pro Bereich
2-10	1970	6420	0.24	1930	9240	0.23	1358	14511	0.15
10-30	1374	12382	0.35	1646	12072	0.38	1737	10722	0.46
30-100	1221	16979	0.63	1307	22241	0.51	1640	13630	0.62
100-300	1024	36606	0.53	1102	42753	0.43	1166	61092	0.46

Die stückweise lineare Approximation der Kosten von Aufdachanlagen lässt sich also wie folgt berechnen:

$$\text{Regression 2023: Kosten ohne MWST [CHF]} = \min_k (a_k \cdot (\text{Leistung [kW]}) + b_k)$$

In Excel lässt sich diese Regression der Kosten (ohne MWST) [CHF] mit folgender Funktion nachbilden:

$$=\text{MIN}(\{1737;1640;1166\} * A1 + \{10722;13630;61092\}), \text{ wobei A1 die Leistung [kW] ab 10 kW ist.}$$

Die Regression ergibt also für jeden Leistungsbereich einen variablen ( $a$ ) und einen Festkostenbestandteil ( $b$ ).

Die Bestimmtheit R2 ist ein statistisches Mass, das die Qualität der linearen Regression bestimmt. Sie wird auf einer Skala von 0 bis 1 ausgewiesen, auf der 1 für eine vollkommene Übereinstimmung zwischen Daten und Regression steht. Für das Jahr 2023 fällt auf, dass R2 im Leistungsbereich 2–10 kW mit 0,15 besonders gering ausfällt und dass der variable Kostenanteil zwischen den Leistungsbereichen nicht systematisch abnimmt. Daher wurde R2 in der obigen Formel nicht berücksichtigt.

Für die zwei nächsten Leistungsbereiche 10–30 und 30–100 kW ergibt sich 2023 im Vorjahresvergleich eine Zunahme des variablen und eine Abnahme des festen Kostenanteils. Für den letzten Bereich 100–300 kW lässt sich ein Anstieg des variablen und des festen Anteils feststellen. Diese Kostenentwicklung wird unter Kapitel 4.6 detailliert analysiert.

Im Bereich über 300 kW ist die Datenlage mit 28 Sätzen zu klein für die Berechnung einer zuverlässigen Regression.

Abbildung 15 stellt die Abnahme der spezifischen Kosten dar. Die Leistungsskala auf der Abszisse ist logarithmisch, um alle Daten darstellen zu können. Zudem sind hier die Regressionen 2021, 2022 und 2023 dargestellt.

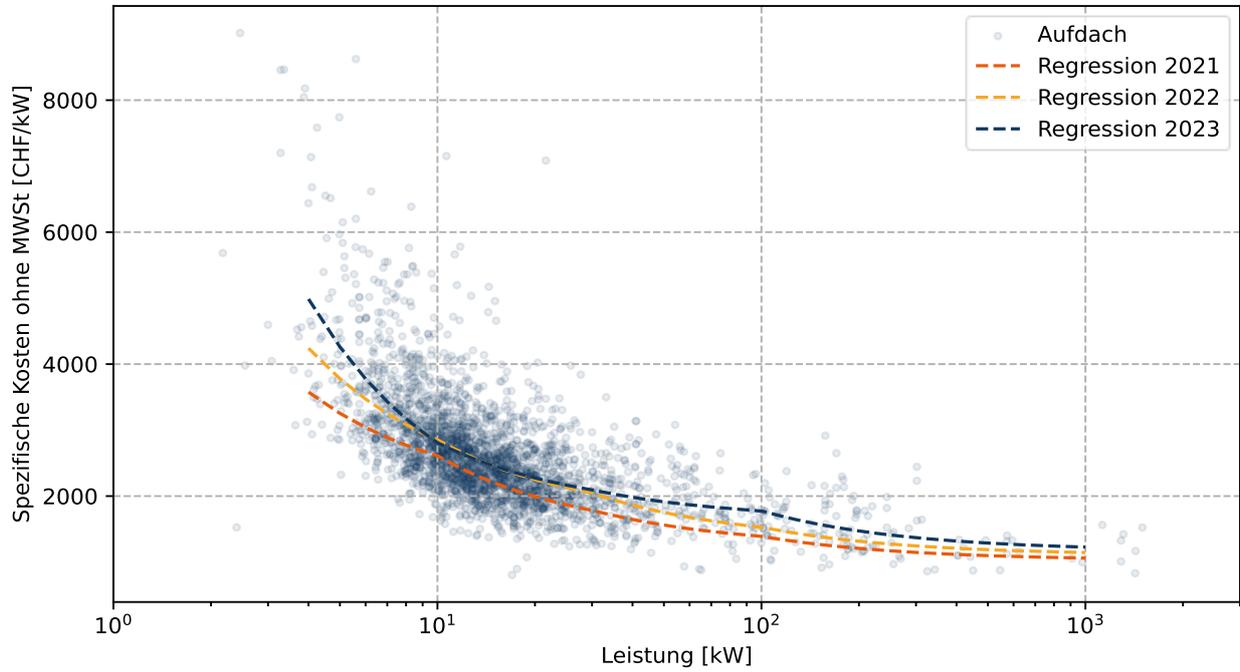


Abbildung 15: Spezifische Kosten (ohne MWST) von Aufdachanlagen nach installierter Leistung (logarithmische Skala). Die blaue Kurve stellt die stückweise lineare Regression der (spezifischen) Kosten von Aufdachanlagen 2023 dar.

Die Abhängigkeit der spezifischen Kosten von der Leistung lässt sich auch an den Medianen der einzelnen Leistungsbereiche ablesen. In Abbildung 16 ist die Verteilung der spezifischen Kosten nach Leistungsbereich mit Boxplots dargestellt. Ober- und Unterrand der Box stehen für die 25%- (Q1) und 75%-Quartile (Q3), womit 50 Prozent der Daten dazwischen liegen. Die blaue Linie kennzeichnet den Medianwert (Q2) der Daten 2023, die Sterne und Achtecke die Mediane der Vorjahre.

Wie in der vorherigen Abbildung gesehen, ist die Varianz der spezifischen Kosten in den ersten beiden Leistungsbereichen äusserst gross. Mit Ausnahme des Bereichs 10–30 kW liegen alle Mediane von 2023 über denjenigen der Vorjahre (2021 und 2022).

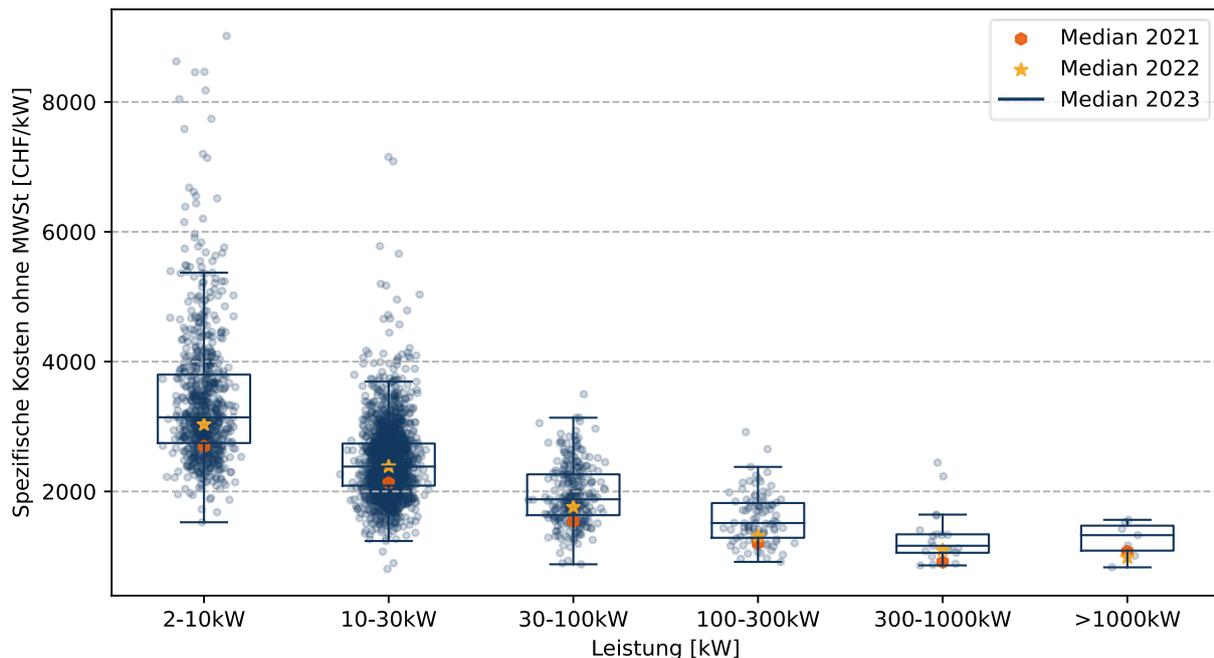


Abbildung 16: Spezifische Kosten (ohne MWST) von Aufdachanlagen als Boxplots, nach Leistungsbereich. Die blaue Querlinie kennzeichnet den Median der spezifischen Kosten 2023.

Tabelle 4 weist die Zahlenwerte aus Abbildung 16 aus.

Tabelle 4: Statistische Merkmale von Aufdachanlagen. Die Tabelle nennt für jeden Leistungsbereich die Perzentile 0 %, 25 %, 50 %, 75 % und 100 % der spezifischen Kosten.

Leistungsbereich [kW]	Anzahl Anlagen	Spezifische Kosten [CHF/kW]				
		Min	25%	Median	75%	Max
2-10	730	1525	2746	3141	3800	9016
10-30	1659	805	2089	2384	2738	7152
30-100	275	878	1635	1879	2264	3499
100-300	96	915	1286	1513	1822	2916
300-1000	21	861	1055	1163	1340	2444
>1000	7	831	1088	1326	1473	1563

## 4.2 Preise von integrierten Anlagen

Integrierte PV-Anlagen sind im Allgemeinen teurer als Aufdachanlagen. Abbildung 17 stellt den Vergleich der Kosten beider Anlagentypen in Form von Boxplots dar. Es zeigt sich, dass die spezifischen Kosten der 108 integrierten Anlagen in allen Leistungsbereichen grösser sind als bei den Aufdachanlagen.

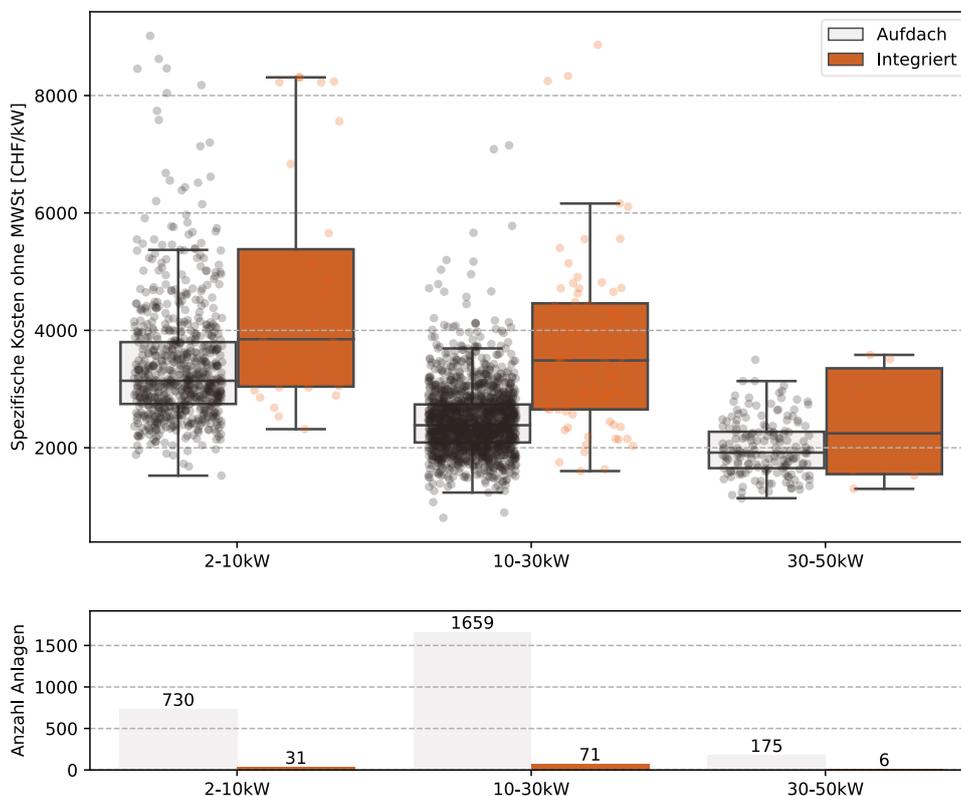


Abbildung 17: Oben: Verteilung der spezifischen Kosten (ohne MWSt) integrierter Anlagen in drei Leistungsbereichen. Unten: Anzahl Anlagen, nach Leistungsbereich.

Die Kosten für die Unterkonstruktion der PV-Anlage (Unterspannbahn, Konterlattung) und für die Spenglerarbeiten rund um das Modulfeld sind bei den integrierten Anlagen nicht berücksichtigt. Die Mehrkosten der integrierten gegenüber Aufdachanlagen ergibt sich aus der Differenz der Mediane für die einzelnen Leistungsbereiche. Wie aus Tabelle 5 hervorgeht, liegen sie zwischen 17 und 46 Prozent. Der Bereich 30–50 kW berücksichtigt lediglich 6 integrierte Anlagen, weshalb hier die Ungewissheit gross ist.

Tabelle 5: Mediane der spezifischen Kosten von Aufdach- und integrierten Anlagen, nach Leistungsbereich.

Leistungsbereich [kW]	Median spezifische Kosten [CHF/kW]		Mehrkosten integriert [%]
	Aufdach	Integriert	
2-10	3141	3849	23%
10-30	2384	3487	46%
30-50	1918	2246	17%

Bei Anlagen, die im Zusammenhang mit einer Dachrenovation oder einem Neubau errichtet werden, fallen die Mehrkosten geringer aus. Leider ist die Zahl der erhobenen Datensätze zu klein, um solche Effekte zu untersuchen. Zwischen 2 und 30 kW sind die Mehrkosten grösser als im Vorjahr. Dies geht auf eine ausgeprägtere Kostensteigerung beim Material (Module, Montagesysteme und Wechselrichter) für integrierte Anlagen zurück.

### 4.3 Anlagenpreise nach Wechselrichtertyp

In Abbildung 18 lassen sich die spezifischen Kosten von Aufdachanlagen nach Wechselrichtertyp vergleichen. In den Bereichen 2–10 kW und 10–30 kW zeichnet sich kein signifikanter Trend ab. Für den Bereich 10–30 kW bestehen bei den Modulwechselrichtern im Vergleich zu den anderen Systemen möglicherweise Mehrkosten, liegt ihr Median doch 9 Prozent über demjenigen der Strangwechselrichter. Die Differenz der Mediane von Anlagen mit Strangwechselrichter und mit Leistungsoptimierern liegt im Fehlerbereich und lässt keine gültigen Schlüsse zu.

Im Bereich 30–100 kW zeichnet sich hingegen ein Trend ab, wonach für Wechselrichter mit Leistungsoptimierer im Vergleich zu Strangwechselrichtern Mehrkosten anfallen (+9 Prozent). Auch bei den Modulwechselrichtern sind Mehrkosten ersichtlich, doch ist die Ungewissheit der spezifischen Kosten hier gross, weil in diesem Leistungsbereich lediglich 4 Anlagen mit Modulwechselrichtern ausgestattet wurden.

Der fehlende Trend bei Anlagen von unter 30 kW lässt sich schwer erklären. Doch gilt zu beachten, dass ein unwesentlicher Unterschied bei den spezifischen Kosten nicht bedeutet, dass die Kosten der unterschiedlichen Wechselrichter identisch sind. Die Strangwechselrichter stellen bei PV-Anlagen eher Festkosten, die beiden anderen Typen, die für jedes montierte Modul eine eigene elektronische Komponente erfordern, tendenziell variable Kosten dar. Die vorliegende Studie zeigt, dass die erwarteten Mehrkosten für Wechselrichter mit Leistungsoptimierer und Modulwechselrichter bei Anlagen unter 30 kW in Tat und Wahrheit in den Gesamtkosten kompensiert werden. Ab 30 kW erhält der variable Kostenanteil dieser beiden Typen grösseres Gewicht, was sich in erhöhten Gesamtkosten der Anlage niederschlägt.

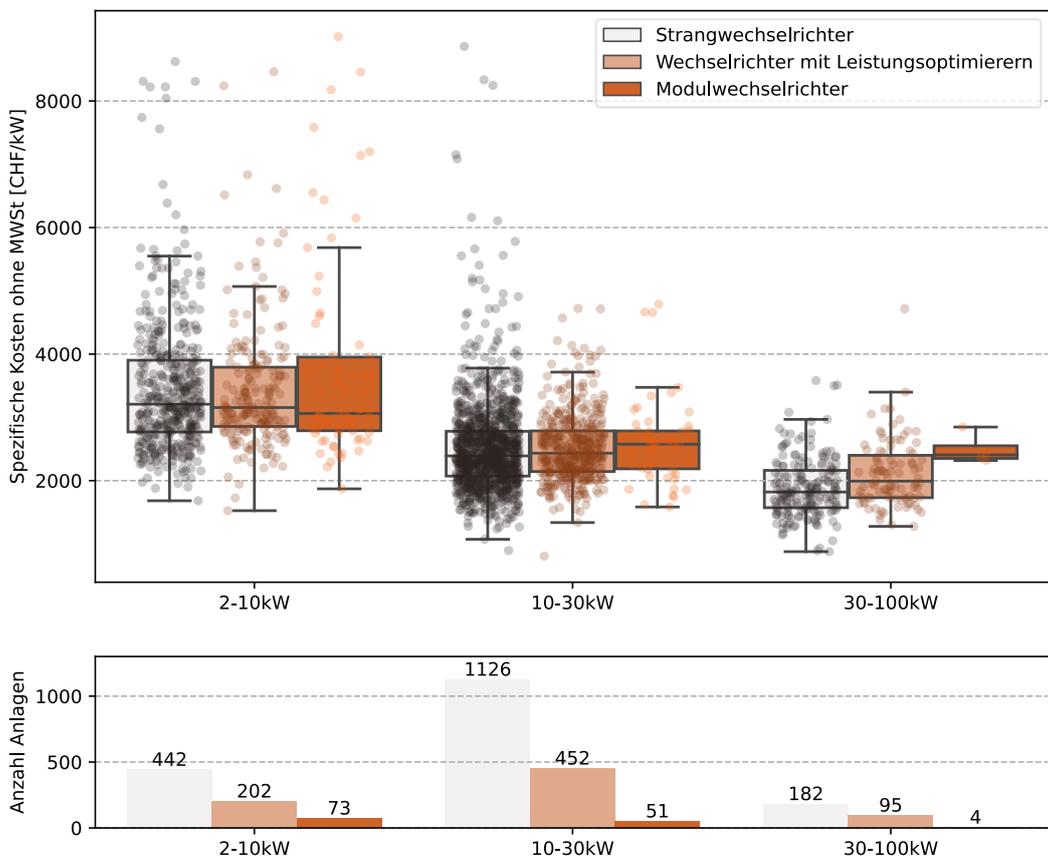


Abbildung 18: Oben: Verteilung der spezifischen Kosten (ohne MWST) für die drei Wechselrichtertypen, nach Leistungsbereich. Unten: Anzahl Anlagen, nach Leistungsbereich.

#### 4.4 Anlagenpreise nach Dachart

Bestimmte Dacharten können Mehrkosten verursachen. In Abbildung 19 sind die spezifischen Kosten von Aufdachanlagen nach Dachart und Leistungsbereich dargestellt. Selbstverständlich hängt die Verteilung bei der Dachart eng mit der Anlagenleistung zusammen. Anlagen unter 30 kW werden mehrheitlich auf Ziegeldächern montiert, über 30 kW auf Kiesflachdächern. Hinweise:

- <10 kW      Datenmenge für Interpretationen unzureichend
- 10–30 kW    Wegen hohem Festkostenanteil kaum Unterschiede
- 30–300 kW   Trend: Blech < Kies < Grün < Ziegel
- >300 kW    Datenmenge für Interpretationen unzureichend

Im Leistungsbereich 30–300 kW fällt auf, dass die spezifischen Anlagenkosten für Blechdächer 10 Prozent tiefer sind als der Median für Aufdachanlagen desselben Leistungsbereichs. Anlagen auf Ziegel- und Gründächern verursachen Mehrkosten von rund 20 Prozent. Die Wirtschaftlichkeit von Anlagen auf Gründächern wird zurzeit durch drei Faktoren geschmälert: ein rund 20 Prozent grösserer Investitionsaufwand, rund 30 Prozent höhere Wartungskosten [3] und eine geringere Leistungsdichte. Weil Wartungsgassen freigehalten werden müssen, ergeben sich eine kleiner installierbare Leistung und somit höhere spezifische Kosten.

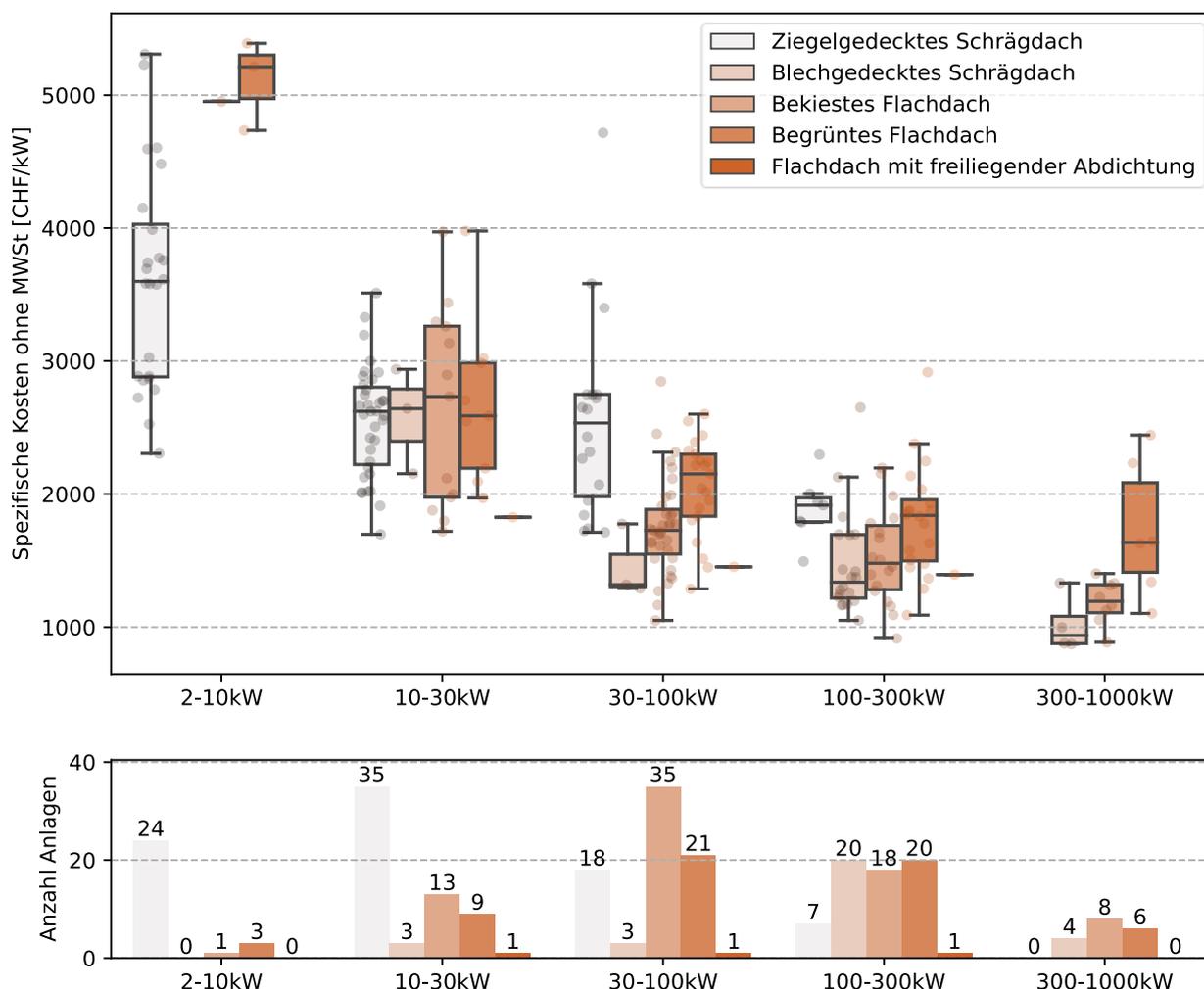


Abbildung 19: Oben: Verteilung der spezifischen Kosten (ohne MWST) für die fünf Dacharten, nach Leistungsbereich. Unten: Anzahl der jeweiligen Anlagen.

## 4.5 Kostenkategorien

Im vorliegenden Kapitel werden die Kostenkategorien von Aufdachanlagen analysiert. Dabei gilt die Hypothese, dass die Margen gleichmässig verteilt sind und nicht auf eine einzige Kostenkategorie entfallen. Tatsächlich ist es durchaus denkbar, dass ein Installationsbetrieb für die Arbeitskosten höhere Margen verrechnet als für die Materialkosten – oder umgekehrt. Dieser Bias ist wahrscheinlich, lässt sich hier aber nicht beziffern.

Die Analyse wurde für alle Aufdach-PV-Anlagen durchgeführt, deren Verteilung nach Leistungsbereich in Abbildung 20 dargestellt ist. Anders als in Abbildung 4 werden hier nur Aufdachanlagen dargestellt. Die spezifischen Kosten werden für jeden Leistungsbereich nach folgenden acht Kategorien aufgeschlüsselt:

- Kosten der Module
- Kosten der Wechselrichter
- Kosten des Montagesystems
- Kosten des Elektromaterials
- Kosten für die Baustellenabsicherung
- Arbeitskosten
- Verwaltungs- und Planungskosten (Installationsbetrieb)
- Logistik- und Transportkosten

Die Kosten ergeben sich aus dem Median der spezifischen Kosten in der fraglichen Kategorie unter Ausschluss von Nullwerten.

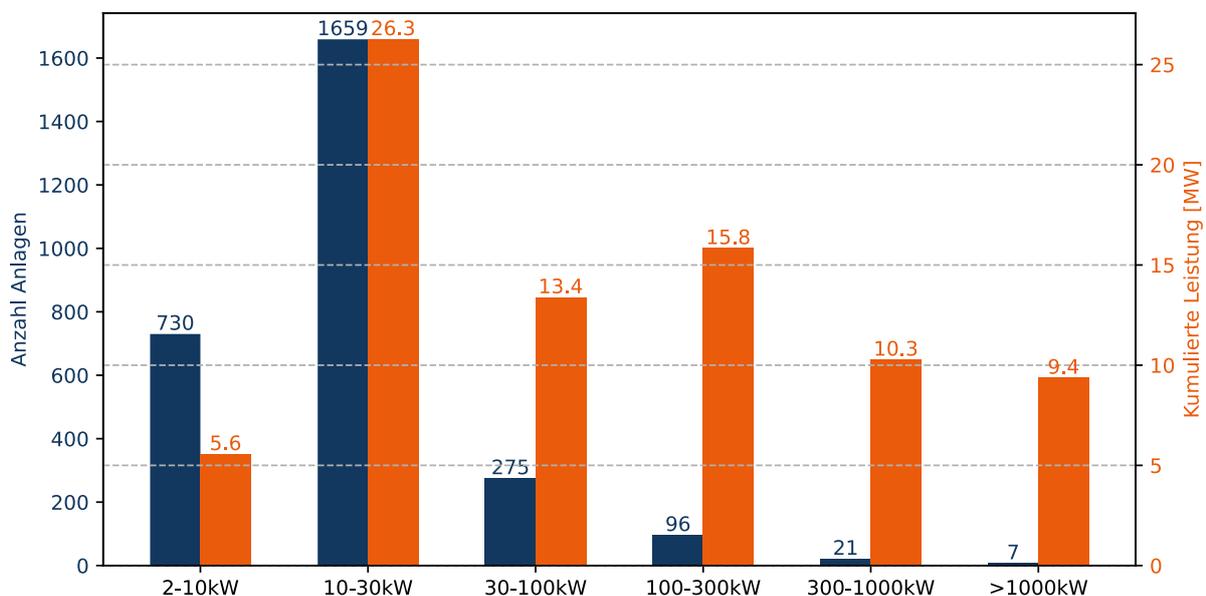


Abbildung 20: Anzahl und kumulierte Leistung der Aufdachanlagen, nach Leistungsbereich.

Abbildung 21 zeigt die Korrelation zwischen den einzelnen Kostenkategorien und der Anlagengrösse. Eine eindeutige lineare Korrelation ist lediglich bei den Modulen erkennbar. Die Kosten für Wechselrichter, Montagesystem, Elektromaterial und Arbeit scheinen ebenfalls einen variablen Anteil aufzuweisen, dessen Streuung aber grösser ist. Die Kosten für Baustellenabsicherung, permanente Sicherheitsmassnahmen und Logistik sind offenbar nicht immer mit der Anlagengrösse korreliert. Die Verwaltungs- und Planungskosten scheinen teils leistungskorreliert zu sein, teils pauschal festgelegt zu werden.

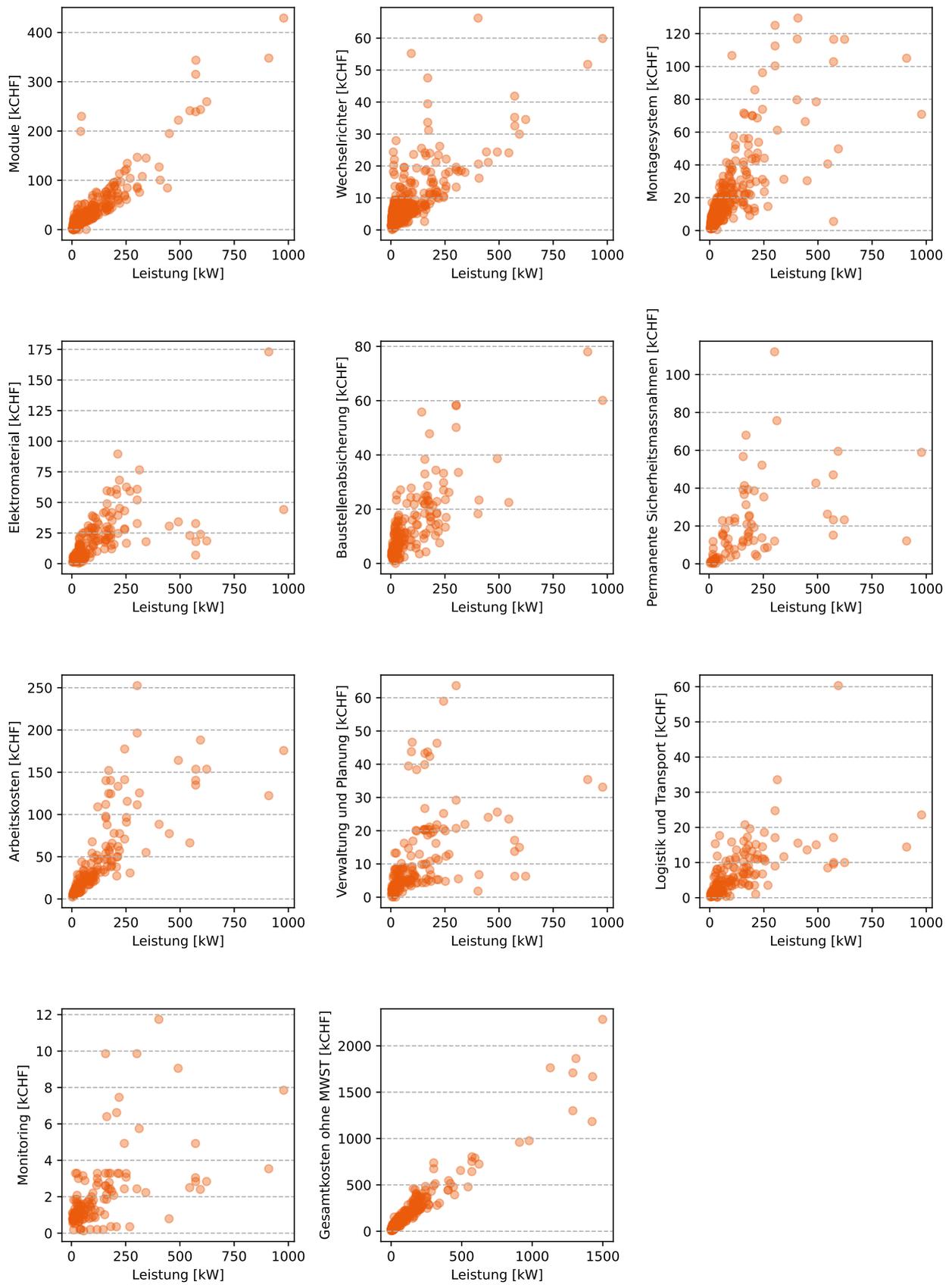


Abbildung 21: Kosten von Aufdachanlagen nach Kostenkategorie, in Abhängigkeit von der Anlagengrösse.

In Abbildung 22 ist die Aufschlüsselung nach Kostenkategorien dargestellt. Sie weist für jeden Leistungsbereich und jede Kostenkategorie den Median der spezifischen Kosten [CHF/kW], den Anteil des Medians an den spezifischen Kosten des Leistungsbereichs (Tabelle 4) und (in Klammern) die Anzahl der Punkte aus, mit denen der Median errechnet wurde. Die spezifischen Kosten der Kategorie «Sonstige» ergeben sich aus der Differenz zwischen dem Median der spezifischen Kosten des Leistungsbereichs und der Summe der Mediane der spezifischen Kosten der einzelnen Kategorien (1–8). Im Bereich 2–10 kW ist die Summe der Mediane gleich 3505 CHF/kW, während der Median der Gesamtkosten im selben Bereich 3141 CHF/kW beträgt. Diese rund 10 Prozent grosse Differenz ergibt sich daraus, dass in diesem Leistungsbereich mindestens 15 Prozent der Anlagen keine Baustellenabsicherung aufweisen.

Es zeigt sich, dass der auf die Module entfallende Kostenanteil mit zunehmender Leistung signifikant ansteigt; von 16 Prozent bei kleinen Anlagen auf nahezu 35 Prozent bei grossen Anlagen. Umgekehrt sinkt der Anteil der Wechselrichter mit zunehmender Anlagengrösse von 12 auf 5 Prozent. Daneben bleiben die Anteile des Montagesystems und der Arbeitskosten über alle Leistungsbereiche hinweg relativ stabil.

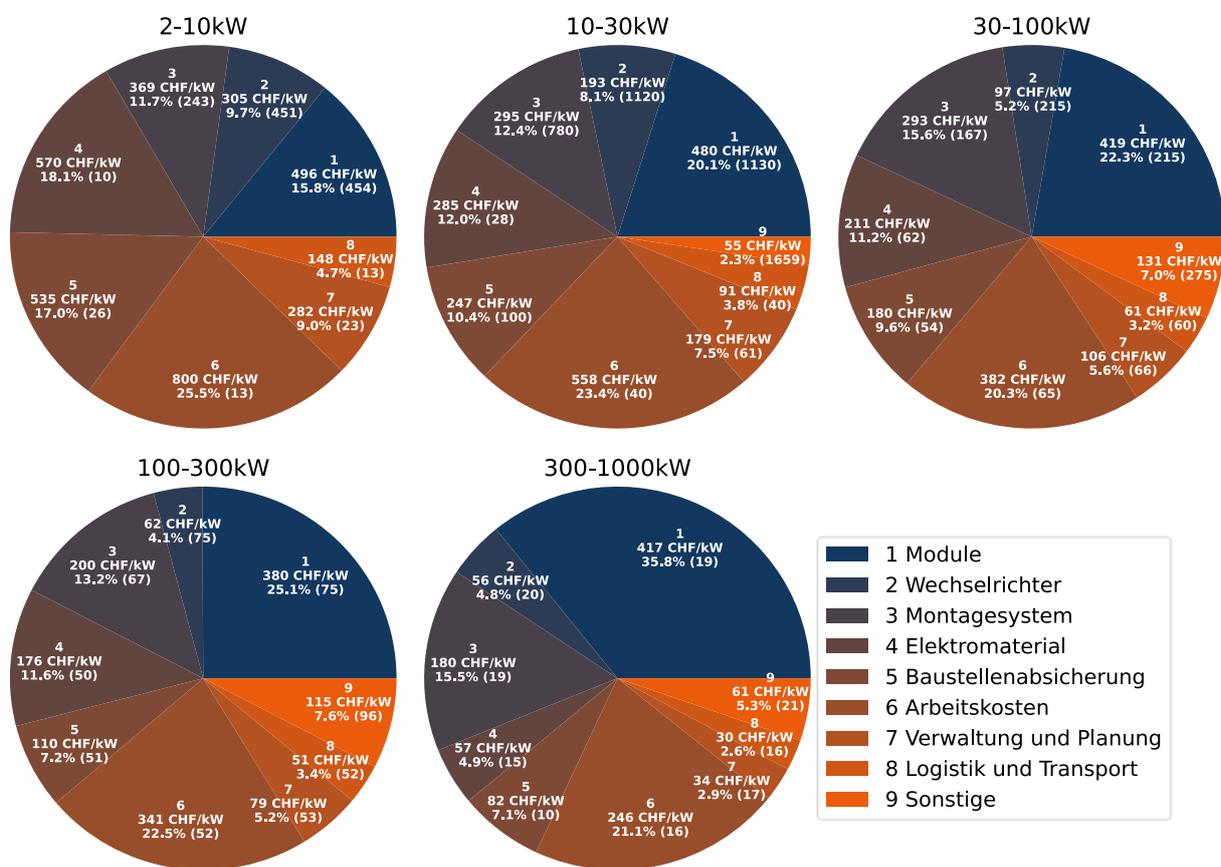


Abbildung 22: Die neun Kostenkategorien von Aufdachanlagen.

#### 4.6 Zeitliche Entwicklung

Im vorliegenden Kapitel wird die Kostenentwicklung zwischen 2018 und 2023 analysiert. Tabelle 6 weist die Mediane der spezifischen Kosten für Aufdach-PV-Anlagen nach Jahr und Leistungsbereich aus. Der rechte Bereich zeigt die relative Veränderung zum Vorjahr. Die Kostensteigerung, die 2022 festgestellt wurde, setzte sich auch 2023 fort, aber weniger ausgeprägt. Eine 2023 offerierte Anlage war durchschnittlich 7 Prozent teurer als noch 2022.

Tabelle 6: Mediane der spezifischen Kosten von Aufdachanlagen in den letzten 5 Jahren. Die Tabelle weist auch die relative Veränderung zum Vorjahr aus.

Leistungsbereich [kW]	Median Spezifische Kosten [CHF/kW]						Veränderung im Vergleich zum Vorjahr				
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023
2-10	2953	2914	2692	2696	3032	3141	-1%	-8%	0%	12%	4%
10-30	2214	2201	2071	2131	2384	2384	-1%	-6%	3%	12%	0%
30-100	1589	1466	1407	1529	1759	1879	-8%	-4%	9%	15%	7%
100-300	1236	1217	1132	1202	1312	1513	-2%	-7%	6%	9%	15%
300-1000	1016	990	919	913	1097	1163	-3%	-7%	-1%	20%	6%
>1000		777	819	1075	982	1326		5%		-9%	

Diese Kostensteigerung lässt sich auf verschiedene Faktoren zurückführen:

- Das grosse Nachfragewachstum (ca. +40 % installierte Leistung), die zu einer Kapazitätsauslastung der Installationsbetriebe führte. Dadurch sank der Konkurrenzdruck bei der Offerierung.
- Auch die Jahreststeuerung, die sich laut BFS 2023 auf durchschnittlich +2,1 Prozent belief,<sup>2</sup> trug zur Kostensteigerung für PV-Anlagen bei. Damit liessen sich die in Abbildung 23 ausgewiesenen steigenden Arbeitskosten teilweise erklären.
- Die starke Zunahme der Aluminiumpreise<sup>3</sup> namentlich 2022 hat die Kosten für Montagesysteme in die Höhe getrieben. Dies schlägt sich in der Entwicklung der Kostenzusammensetzung nieder (illustriert in Abbildung 23), wonach der Median der spezifischen Kosten um 155 bis 200 CHF/kW zugenommen hat.
- Im Leistungsbereich 100–300 kW, der am meisten gewachsen ist, nahm der Anteil der Anlagen auf Gründächern von 20 auf 30 Prozent zu. Diese teureren Anlagen führten zu einem Anstieg des Medians in diesem Leistungsbereich.
- Wie Abbildung 24 zeigt, ist der Preisindex der Solarmodule 2023 stark gesunken. Doch schlägt sich dieser Preiszerfall nicht vollumfänglich auf die Offertpreise nieder, weil die Modulreserven noch gross waren. Weltweit betragen sie Ende Jahr 150 GW. Dies entspricht 4 Monaten der installierten Leistung des Gesamtjahrs (407 GW). [4]

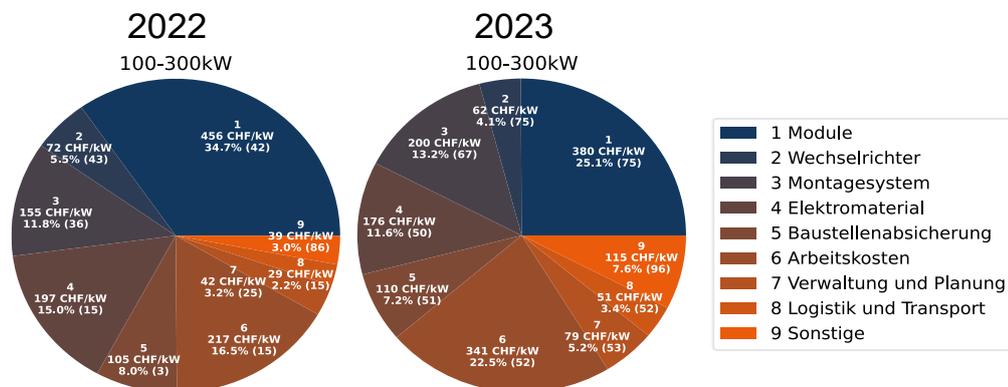


Abbildung 23: Vergleich der Kostenkategorien für den Leistungsbereich 100–300 kW. Im Vergleich zum Vorjahr nahm der Median der Kosten hier von 1312 auf 1513 CHF/kW zu.

<sup>2</sup> <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home.qnpdetail.2024-0006.html>

<sup>3</sup> <https://www.spqglobal.com/spdji/en/indices/commodities/sp-gsci-aluminum/#overview>

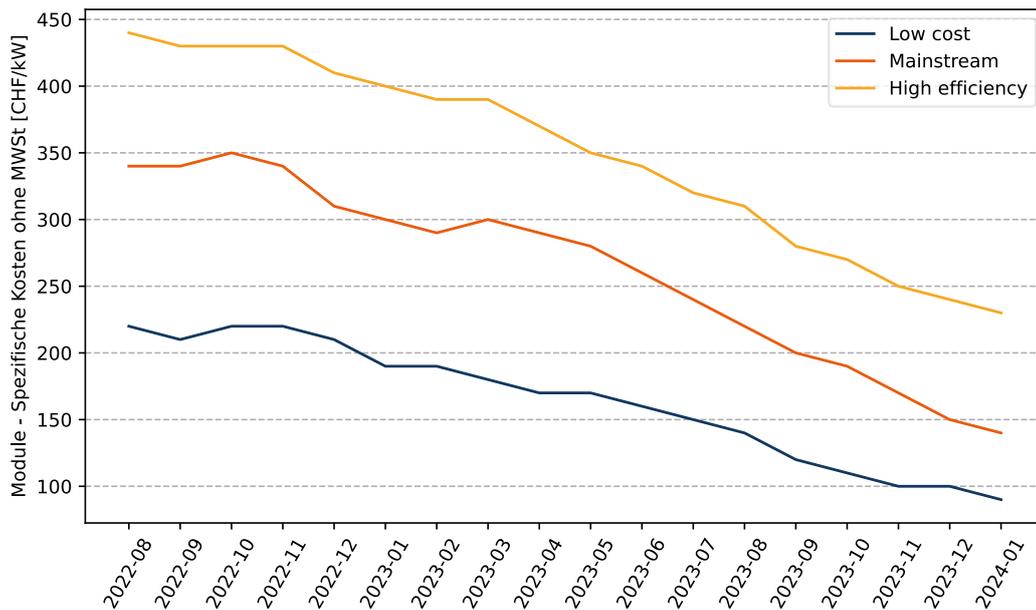


Abbildung 24: Index der spezifischen Kosten von Solarmodulen gemäss <https://www.pvxchange.com/Price-Index>.

## 5. Kostenfaktoren

Im vorhergehenden Kapitel wurde eine Referenzkurve (Regression 2023) aufgrund der Gesamtkosten von Aufdach-PV-Anlagen erstellt. In der Praxis hängen die Anlagenkosten von zahlreichen technischen Einflussgrössen ab, deren finanzielle Auswirkungen nicht immer statistisch nachvollziehbar sind. Der Anlagentyp (Aufdach- oder integrierte Anlage), der Wechselrichtertyp und die Dachart sind Faktoren, die mit den spezifischen Kosten quantitativ korreliert werden konnten. In diesem Kapitel soll qualitativ erklärt werden, wie bestimmte Faktoren im Vergleich zur Referenzkurve zu höheren oder tieferen Kosten führen können.

### 5.1 Kabelführung

Für Kabel, die auf Dächern unter den Modulen hindurch geführt werden, besteht keine Kanalpflicht. Ausserhalb der Modulfelder dagegen müssen die Kabel gegen äussere Einflüsse geschützt werden. Daher stellt die Länge der Dachverkabelung ausserhalb der Modulfelder (z. B. bis zur Fassade, bei Schwanenhalsausführung oder zur Verbindung zweier Modulfelder) einen wichtigen Kostenfaktor dar.

Innerhalb des Gebäudes wirken sich die Anzahl Bohrungen, die vorliegenden Kabelkanäle und die Kabelführungen durch nicht-technische Räume auf die Kosten aus. Zudem können grosse Kabellängen zusätzliche Blitzschutzanforderungen nach sich ziehen, während bei Kabelführungen durch brandgefährdete Bereiche bestimmte Anforderungen an die verwendete Kanalart zu beachten sind.

Bei einem Anschluss ausserhalb des Gebäudes können allfällige Ausschachtungen schnell zu erheblichen Mehrkosten führen.

## 5.2 Dachart und verfügbare Oberflächen

Die Dachart wirkt sich erheblich auf den Preis aus:

- Anlagen auf Trapezblech-Schrägdächern sind im Allgemeinen am günstigsten, sofern sie sich direkt am Blech befestigen lassen. Da das Befestigungssystem leicht ist und nur aus wenigen Elementen besteht, ist es entsprechend günstig. Zudem ist die Montage weniger zeitaufwändig.
- Anlagen auf anderen Schrägdächern (Ziegel- und Wellblechdach) oder auf Trapezblechdächern, die am Gebälk befestigt sind, kosten etwas mehr. Ihre Montage ist zeitaufwändiger, das Montagesystem besteht aus mehr Komponenten und Materialien.
- Bei Anlagen auf Flachdächern spielen weitere Faktoren hinein. Bekieste Dächer sind für Beschwerungssysteme zur Modulbefestigung geeignet, generieren aber auch Zusatzaufwand für die Dachpräparierung (Befestigung des Montagesystems unter der Kiesschicht). Bei einer koordinierten Montage (Neubau oder Renovation) kann das Montagesystem vor der Bekiesung errichtet und mit Kies beschwert werden, was kostendämpfend wirkt. Bei anderen Vorgehensweisen (Bekiesung mittels Blastechnik oder Lieferung und Verlegung von Ballastplatten) können die Material- und insbesondere die Arbeitskosten steigen.
- Generell erlauben Montagesysteme mit doppelseitiger Aufständigung wirtschaftlichere Projekte: Das Montagesystem ist billiger, mit der höheren Leistung lassen sich Skaleneffekte erzielen. Doch fällt der Energieertrag pro installierter Leistung etwas geringer aus.
- Immer mehr Dächer werden begrünt: Anlagen auf Gründächern verursachen diverse Mehrkosten. Für die Wartung müssen Gassen zwischen den Modulreihen freigehalten werden, und die Module müssen erhöht montiert werden. Dies führt zu einer geringeren Leistung und zu höheren spezifischen Kosten. Zudem sind die Wartungskosten auf Gründächern grösser.

Der Dachaufbau und die technischen Elemente auf dem Dach (Lüftungsgeräte, Kamine usw.) entfalten eine grosse Kostenwirkung:

- Eine Anordnung in mehreren Zonen wirkt sich auf die Kabelmenge, die Kabelführung, die Kosten des Montagesystems und das Volumen des erforderlichen Ballasts aus.
- Rechteckige und grosse Dächer und Modulfelder sind daher unter Kostengesichtspunkten sinnvoller.
- Wegen steigender Anforderungen und Labelvorgaben an die Energieeffizienz werden auf den Dächern immer mehr technische Anlagen errichtet. Dies macht die Modulanordnung komplexer und die verfügbare Fläche kleiner. Daher sind etwa Anlagen auf Minergie-Gebäuden relativ teuer.

## 5.3 Architektonische Anforderungen (Farbe, Integration)

Je nach architektonischen Anforderungen an das Gebäude (Wünsche der Eigentümerschaft, Architekturprojekt, amtliche Vorgaben, Schutzzonen, gewünschter Modellcharakter) werden spezielle Materialien eingesetzt, wie etwa gerahmte Module mit schwarzer Tedlar-Folie, farbige Module, Solarziegel, diskrete Befestigungssysteme oder kompliziertere Aufbauvarianten (unsichtbare Kabelführung, spezielle Modulanordnung). Das gewünschte Anforderungsniveau kann erhebliche Mehrkosten verursachen.

## 5.4 Bauliche Situation

Photovoltaikanlagen werden oft auf bestehende Dächer gebaut, wobei bisweilen, insbesondere aus statischen Gründen, eine vorgängige Dachrenovation nötig ist. Bei Renovationen und Neubauten sind folgende Kostenfaktoren wirksam:

- Kosten für die Koordination mit den anderen Gewerken.
- Kosten für die Bauleitung.
- Eine gute Koordination kann die Kosten für die Baustellenvorbereitung stark senken.
- Gewisse Kosten (insb. Baustellenabsicherung) können mit den anderen Unternehmen geteilt werden.

## 5.5 Sicherheit

Die Gebäudekonfiguration und die Modulordnung (besonders hohes Gebäude, erforderliche Gerüste) können sich auf die Kosten für die Baustellenabsicherung auswirken. Bei Neubauten und Renovationen können auch diese Kosten geteilt oder aber von einem anderen Unternehmen bzw. von der Bauleitung getragen werden.

Auch die permanenten Sicherheitsmassnahmen (Dachzugang und Sicherung der Dachkanten) können kostenintensiv sein. Selbst wenn sie nicht nur dem Betrieb der PV-Anlage dienen, werden sie doch oft ihrem Budget zugewiesen. Dabei stellen sie für das Gebäude einen echten Mehrwert dar.

Die Auswahl der permanenten Sicherungselemente ist gross: kiesbeschwerte Verankerungspunkte, am Bauwerk befestigtes Sicherungsseil oder Geländer. Die Kosten hängen stark von der gewählten Sicherungsart ab. Auch die Errichtung gemeinschaftlicher permanenter Sicherungsmassnahmen können erhebliche Mehrkosten verursachen.

## 5.6 Verwaltungskosten

Nicht für alle Baustellen gelten die gleichen Anforderungen. Für bestimmte Anlagentypen können Mehrkosten anfallen, etwa wenn sie bewilligungspflichtig sind. Die kantonalen Unterschiede bei den Formularen und der Abwicklung der Meldepflicht können sich auf die Kosten auswirken. Die unterschiedliche Auslegung des RPG in den Gemeinden führt dazu, dass der Anteil der bewilligungspflichtigen Gesuche grösser oder kleiner ist. Generell ist zu erwarten, dass der Verwaltungskostenanteil, namentlich mit der Einführung von Online-Plattformen (z. B. ElektroForm solar) sinken wird.

## 5.7 Monitoring und Strommanagement

Weil der Eigenverbrauch möglichst gross sein soll, ist das Monitoring von Stromerzeugung und -verbrauch attraktiv. Dazu werden Datenlogger oder Wechselrichter mit Kommunikationsfunktion und Messvorrichtungen am Einspeisepunkt verwendet. Mit solchen Geräten können die Verbrauchenden ihre Gewohnheiten anpassen und den Eigenverbrauch steigern. Doch schlagen sie sich in erhöhten Projektkosten nieder. Zudem umfassen immer mehr Projekte Steuerungen für Wärmepumpen oder für die Elektromobilität. Dafür werden Datenlogger, Mess- und Hausautomatikvorrichtungen eingesetzt.

## 5.8 Elektrische Anschlüsse, Installationen und Sicherheitsmassnahmen

Falls die bestehenden Stromkästen bereits gross genug sind, trägt der Anschluss der Eigenverbrauchsanlage nicht wesentlich zur Gesamtinvestition bei. Die Kosten können jedoch rapide steigen, wenn ein neuer Kasten montiert werden muss, der Elektroraum zu klein oder die Zuleitung ersatzbedürftig ist. Solche Kosten können bis zu 30 Prozent des Gesamtbudgets ausmachen.

Überdies sind abhängig von der Gebäudeart auch Brandschutzvorgaben einzuhalten. So können Brandschutzräume für Wechselrichter, Notabschaltvorrichtungen zur Erleichterung von Feuerwehreinsätzen und zusätzliche Schalt- und Trennvorrichtungen verlangt werden.

## 5.9 Markt und Konkurrenz

Die Marktsituation stellt einen eigenständigen Kostenfaktor dar. Grosse Konkurrenz zwischen den Installationsbetrieben führt zu sinkenden Gewinnmargen. Wenn die Betriebe überlastet sind, steigen die Kosten hingegen.

## 5.10 Öffentliche und private Aufträge

Bei öffentlichen Aufträgen fallen die Kosten möglicherweise höher aus als bei privaten. Das öffentliche Beschaffungswesen bedingt für den Installationsbetrieb das Ausfüllen einer ganzen Reihe amtlicher Doku-

mente, für die Bauherrschaft, die dafür in den meisten Fällen ein externes Planungsunternehmen beauftragt, das Zusammenstellen der Ausschreibungsunterlagen. So kann der Bau von Anlagen im Rahmen einer öffentlichen Beschaffung erheblich teurer sein.

### **5.11 Zusammenschlüsse zum Eigenverbrauch**

Seit der Einführung der revidierten Energieverordnung Anfang 2018 werden immer mehr Anlagen in Zusammenschlüssen zum Eigenverbrauch (ZEV) organisiert. Daraus ergeben sich höhere Kosten bei Bau und Betrieb. Die Mehrkosten für die Anlage ergeben sich aus der Anpassung bestehender Stromkästen, der Lieferung und Montage der privaten Zähler sowie der Veränderung der Eigentumsgrenzen zwischen Stromnetz und Innenanlagen. Aus den administrativen Massnahmen zur Schaffung des ZEV, der Einholung der verschiedenen Einwilligungen (Eigentümer, Mieter, Netzbetreiber), der Kommunikation und der Wahl des Dienstleisters ergeben sich für die Bauherrschaft zusätzliche Projektmanagementkosten.

### **5.12 Interne Projektmanagementkosten und externe Planungskosten**

Die hier genannten Kosten basieren hauptsächlich auf den Offerten der Installationsbetriebe und umfassen folglich weder interne Projektmanagementkosten noch externe Planungskosten. Diese Kosten sind assoziiert, weil sich die internen Managementkosten durch externe Planungsleistungen senken lassen. Es ist davon auszugehen, dass Management und Planung kleiner Anlagen (<100 kW) eher intern erfolgen, weshalb die betreffenden Kosten selten beziffert werden. Bei grossen Anlagen (>100 kW) kann die externe Planung zu erheblichen Mehrkosten in der Grössenordnung von 5 bis 10 Prozent führen.

## 6. Schlussfolgerung

Im Rahmen dieser Studie wurden die Kosten von 2937 PV-Anlagen analysiert, die hauptsächlich bei Installationsbetrieben erhoben wurden. Mit besonderem Fokus auf die 2788 Datensätze von Aufdachanlagen konnte die Studie die Mediane der spezifischen Kosten nach Leistungsbereichen aufschlüsseln und eine kontinuierliche generelle Referenzkurve ermitteln. Zusätzlich wurde die Wirkung verschiedener Anlagenmerkmale auf die spezifischen Kosten analysiert.

Mit der Analyse zur Kostenaufschlüsselung liessen sich die Mediane der spezifischen Kosten nach Leistungsbereichen und nach Kostenkategorie bestimmen. Die grössten Anteile entfallen auf die Arbeits- und die Modulkosten. Bei grossen Anlagen ist der Anteil der Modulkosten doppelt so gross wie bei kleinen Anlagen.

Wie der Vergleich der erhobenen Daten mit den Daten aus den Vorjahren zeigt, endete der rückläufige Trend der spezifischen Kosten 2021 und wendete sich 2022: Eine 2023 offerierte Anlage war durchschnittlich 7 Prozent teurer als noch 2022.

## 7. Dank

Wir danken allen Unternehmen und Privatpersonen, die uns bei der Erhebung der Daten unterstützt haben. Vor allem danken wir allen Installationsbetrieben, die mit den bereitgestellten Daten indirekt zu diesem Bericht beigetragen haben. Der vorliegende Bericht war nur dank den Beteiligten möglich, die Zeit in die Zusammenstellung der Merkmale ihrer PV-Anlagen investiert haben und uns ihre Kostendetails zugestellt haben.

## 8. Referenzen

- [1] Lionel Bloch, Yannick Sauter und Florent Jacqmin, « Photovoltaikmarkt: Preisbeobachtungsstudie 2023 », Juli 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/11449>
- [2] Thomas Hostettler und Andreas Hekler, « Statistik Sonnenenergie - Referenzjahr 2022 », BFE, Juli 2023
- [3] Rui Pereira und Markus Kohler, « Wie werden Betrieb und Unterhalt organisiert? Strategie und Umsetzung », präsentiert an der PV-Tagung 2024 in Lausanne, 22. März 2024. Abgerufen am 8. Mai 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.swissolar.ch/de/pv-tagung/programm>
- [4] Gaëtan Masson, « Snapshot of Global PV Markets 2024 », 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://iea-pvps.org/snapshot-reports/snapshot-2024/>