



PV-Kostenvergleichsstudie für Gebäude in der Kernzone und Gebäude im Inventar der Denkmalschutzobjekte

Zürich, Oktober 2022, V2



Inhalt

- Allgemeine Informationen
- Beispiele inkl. Ergebnisse
 - Reiheneinfamilienhaus, Selbsthilfe Kolonie Eigenheim, Spenglerweg 29, Winterthur
 - Einfamilienhaus, Altikerstrasse 50, Dinhard
 - Schulhaus, Brunnenmoosstrasse 15, Kilchberg
- Anhang:
 - Unterlagen, Berechnungsgrundlagen
 - Visualisierung



Einleitung

__ Vorgaben und Ziele

Konkret sollen die Auswirkungen von gestalterischen Vorgaben für Photovoltaikanlagen anhand von drei Beispielen zusammengefasst werden.

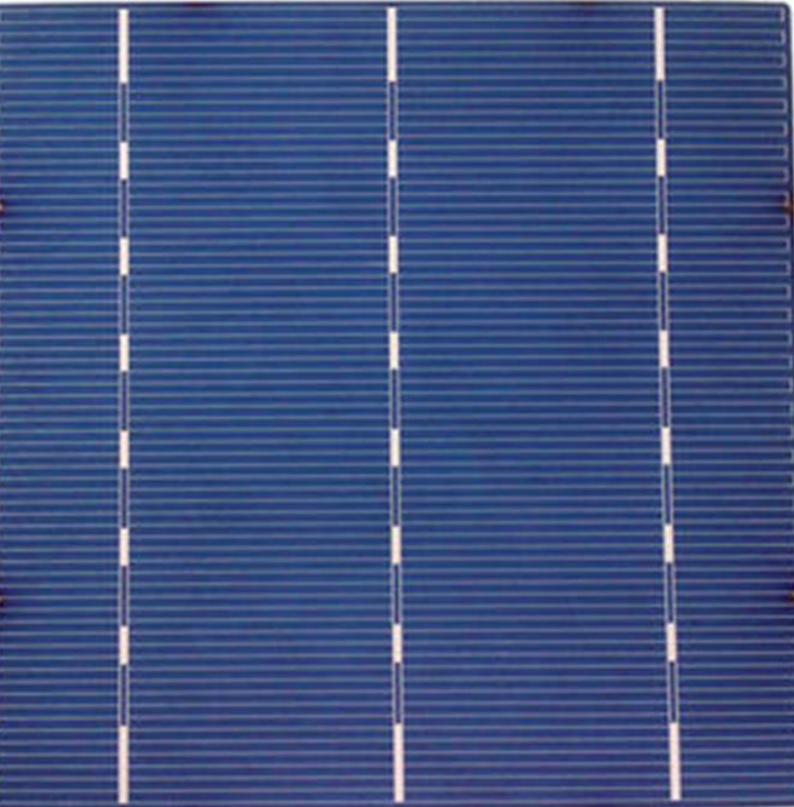
__ Methodik

Die Beispiele werden analysiert, Produktpreise abgefragt und die Auswirkungen auf die Kosten berechnet. Einsparungen durch den Ersatz von Ziegeln bei Indachanlagen sind nicht berücksichtigt.

Das Beispiel Spenglerweg basiert auf realen Produkten entsprechend der Visualisierung. Die anderen beiden Beispiele basieren auf gemittelten Werten von vier Angeboten für Indachsysteme.



Wie funktioniert Photovoltaik



Unterlagen Solarbildung Schweiz

Lichtenergie wird in den Solarzellen, respektive im Solarmodul zu Wärme (ca. 70 %) und elektrischer Energie (ca. 23 %) umgewandelt, der Rest wird wegreflektiert.

Über Verbindungsleitungen fliesst der Strom via Wechselrichter direkt ins Hausnetz.

Die Grösse der Anlage wird üblicherweise basierend auf der DC-Nennleistung bei voller Sonneneinstrahlung definiert, zum Beispiel 5 kW, und nicht über die Fläche.

Der Jahresertrag ist näherungsweise proportional zur Nennleistung, zum Beispiel 5000 kWh pro Jahr.

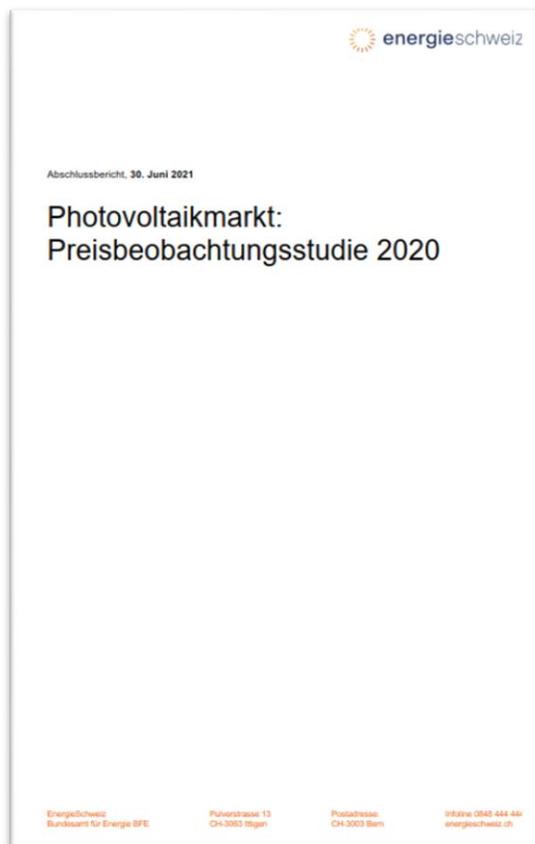


Begriffe und Abkürzungen

- _ PV: Photovoltaik
- _ kW: Einheit für die Leistung, hier gilt die Einheit für die Gleichstrom-Nennleistung bei Standard Testbedingungen mit 1000 W/m^2 Einstrahlung. (früher oft auch kWp genannt)
- _ EIV: Einmalvergütung, Förderbeitrag des Bundes, siehe www.pronovo.ch
- _ Standard: Standardsolarmodule in Ausführung schwarz
- _ Satiniert: Solarmodule mit satinierter Glasoberfläche
- _ Hellbraun: Solarmodule wo das Frontglas mit Farbe beschichtet ist



Fazit aus der Preisbeobachtungsstudie 2020



EnergieSchweiz

- Anlagen auf Neubauten sind um 10 bis 20 % günstiger als Anlagen auf Bestandsgebäuden.
- Kleinanlagen < 10 kW: ca. CHF 2500.- bis 5000.- /kW
- Vor allem bei den kleineren Anlagen bis ca. 10 kW gibt es grosse Preisunterschiede
- Mittlere Anlagen ab ca. 25 kW: CHF 1700.-
- Grosse Anlagen ab 100 kW: CHF 1300.-

Preise sind Anlagekosten ohne Planung und Gebühren.

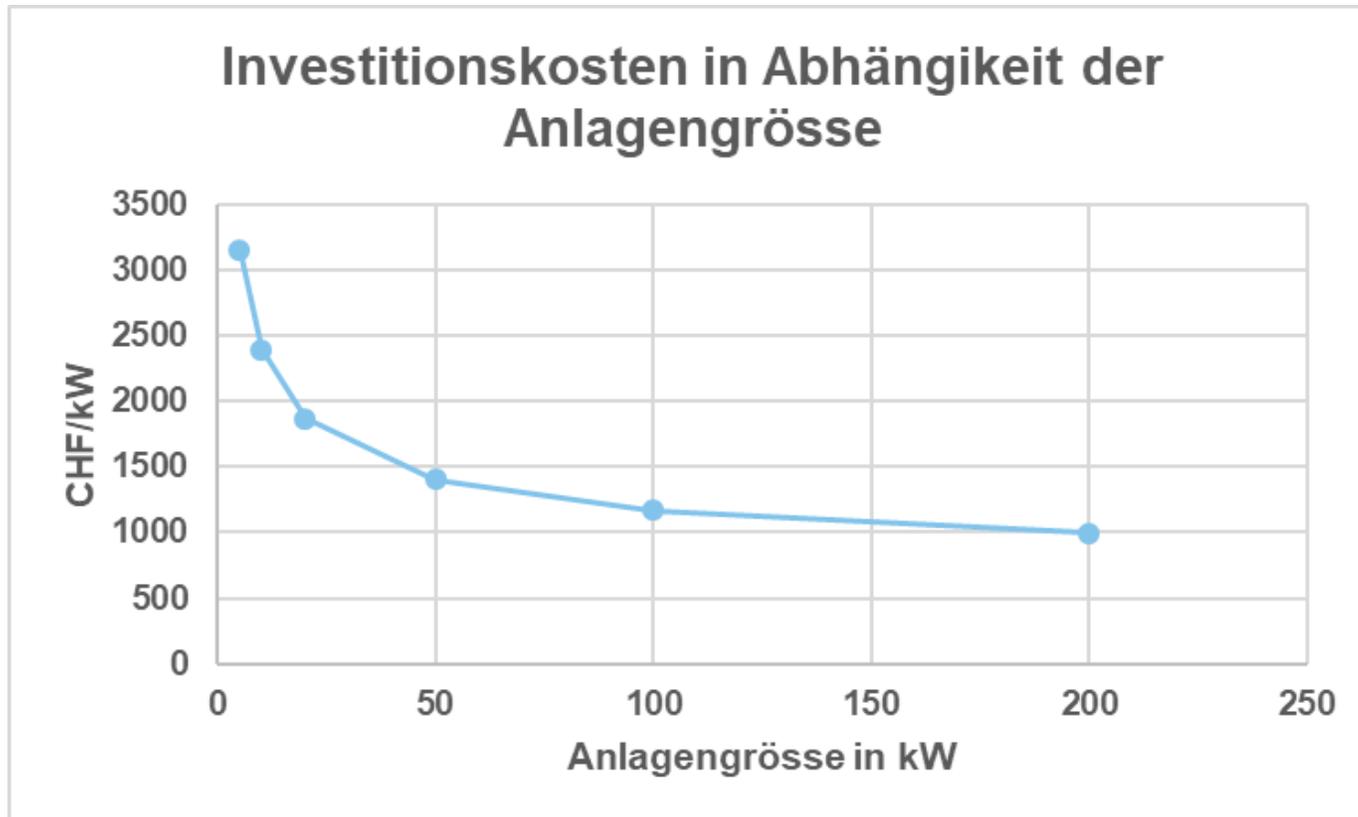


Aktueller Preisstand August 2022 für Standardanlagen

- _ Gegenüber der zuvor vorgestellten Preiserhebung sind inzwischen die Preise wieder leicht angestiegen.
- _ Die im August 2022 von der Sendung Kassensturz vorgestellten Preisbeispiele für typische Aufdachanlagen in Mittelland liegen bei ca. CHF 2400.- bis 2600.- pro kW.
- _ Entsprechende Indachpreise wären bei etwa CHF 2900.- bis 4000.- pro kW, dies vor allem wegen den Randabschlüssen und Einlaufblechen.
- _ Indachanlagen zeigen grössere Preisunterschiede



Preis in Abhängigkeit der Anlagengrösse



Preisbeobachtungsstudie 2020, EnergieSchweiz

PV-Kostenvergleichsstudie für Gebäude in der Kernzone und Gebäude im Inventar der Denkmalschutzobjekte

- Mix von Anlagen
- Installationspreise für betriebsbereite Anlagen
- Ohne Gebühren oder spezielle Bewilligungsverfahren.
- Kostenstand 2019



Relevante Kostenanteile bei gestalterischen Auflagen

- _ Solarmodule, Mehrpreis infolge Farbe, Oberfläche und Format
- _ Indach anstelle von Aufdach erfordert oft Anpassungen bei Randabschlüssen, beim Unterdach und bei der Lattung
- _ Bei Indachlösungen sind oft auch Blindmodule notwendig
- _ Allfällige Anpassungen beim Schneefang
- _ Planung, Bewilligungen, Gebühren ordentliches Verfahren

Beispiele



Reihen-EFH, Spenglerweg 29



maps.zh.ch

- Das Objekt steht in der Zone mit Sonderbauvorschriften und wird als schützenswert betrachtet.



- Als Rechenbeispiele werden je ein rechteckiges und ein L-förmiges Solarfeld gewählt.



Visualisierung Spenglerweg



PYXEL GmbH

- Variante Indach L mit Megaslate
- Nennleistung der Variante Standard: 3.74 kW
- Weitere Bilder im Anhang



Spenglerweg, Aufdach-Varianten «Rechteck» und «L»



«L», $P = 4.1 \text{ kW}$

Rechteck (Re), $P = 3.6 \text{ kW}$



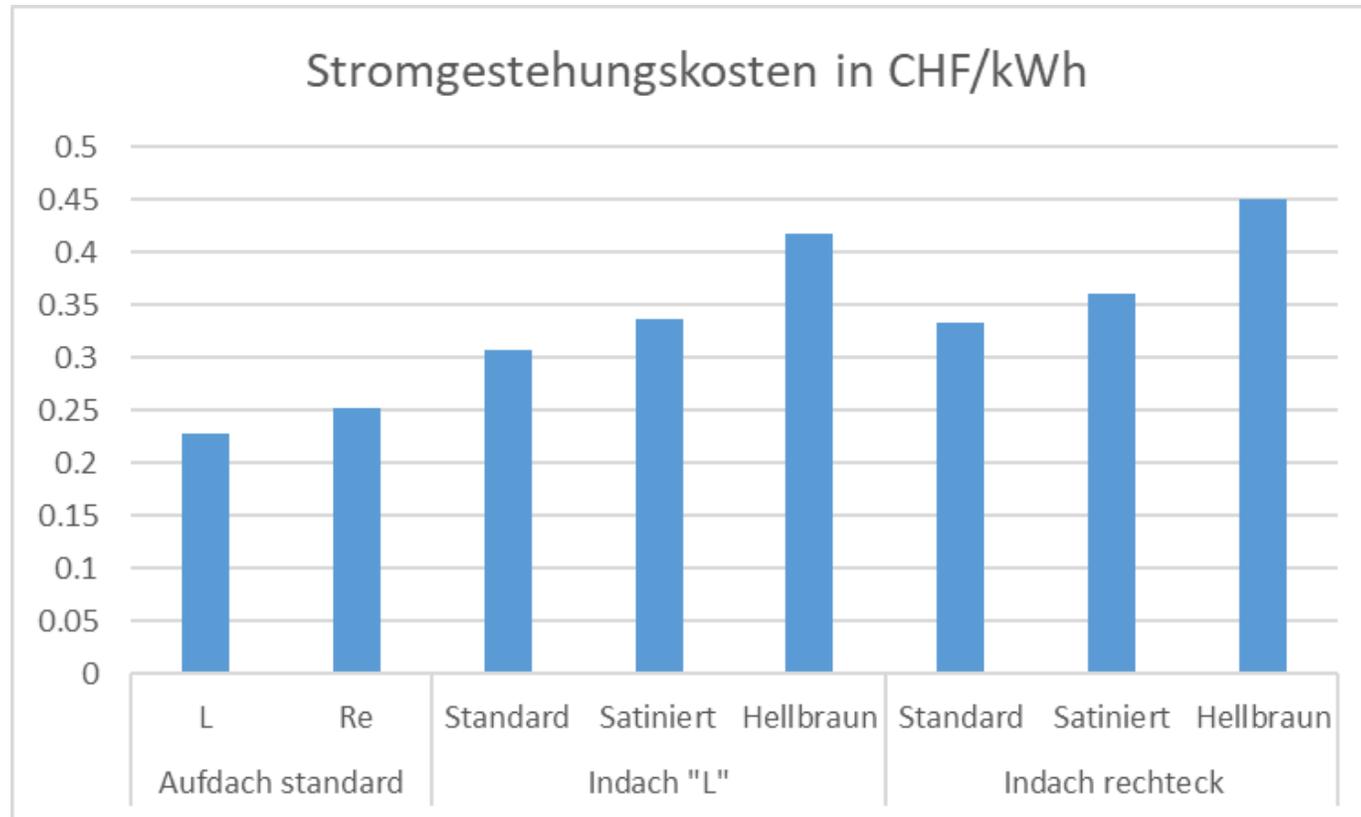


Spenglerweg, Flächen und Nennleistung

	Indach		Aufdach	
	Re	L	Re	L
Fläche, m ²	18.14	20.92	18.23	20.51
P _{Stc} , Standard, kW	3.26	3.74	3.65	4.10
P _{Stc} , Satiniert, kW	3.1	3.55		
P _{Stc} , Hellbraun, kW	2.54	2.92		



Spenglerweg, Stromgestehungskosten in CHF/kWh



Berechnungs-
grundlagen:

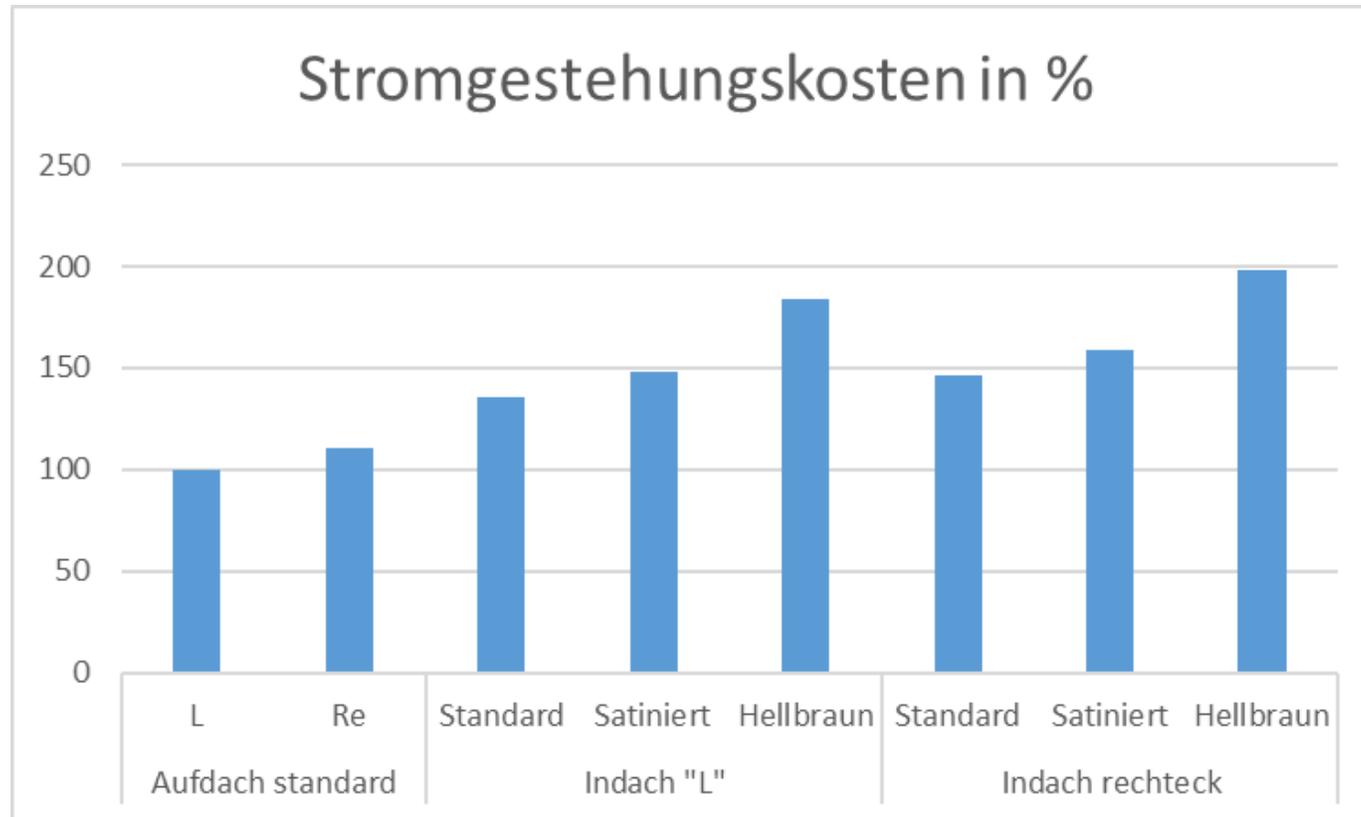
Zins: 2 %

Amortisation: 30 Jahre

Betriebskosten:
ca. 3 Rp/kWh



Spenglerweg; Kosten in Prozent von Aufdach standard «L»



Begründung:

- Kleine Anlage bedeutet hohe Grundkosten
- Ertragsminderung wegen Farbe und weniger EIV, weil diese auf der Nennleistung basiert



EFH, Altikerstrasse 50, Dinhard



maps.zh.ch

- _ Weilerkernzone
- _ Süd- und Ostdächer als Teilflächen mit Varianten
Aufdach und Indach
- _ Variante mit vollflächiger Belegung als
Indachlösung



PV- Layout EFH, Altikerstrasse 50, Dinhard



Bild links: Einzelflächen, funktioniert als Variante Indach oder Aufdach, belegte DF: ca. 80 m²

Bild rechts: Vollflächig, Kehlausführung anspruchsvoll, belegte DF: ca. 100 m²

Es wurde kein Schneefangbereich ausgespart, was bei EFH fallbezogen möglich ist.

PYXEL GmbH

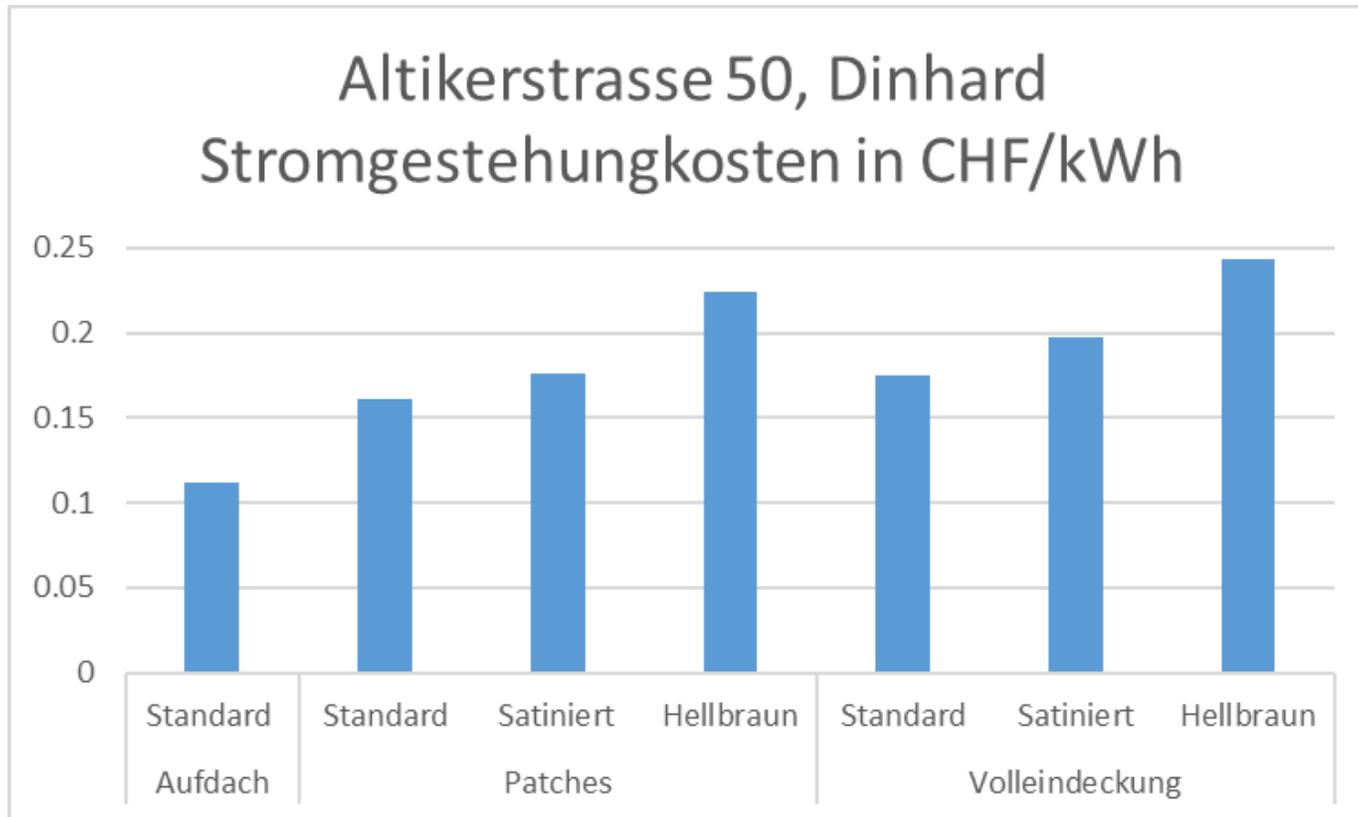


Altikerstrasse, Flächen und Nennleistung

	Aufdach	Indach
Solaraktive Fläche, m ²	80.0	100
P _{Stc} , Standard, kW	16	20
P _{Stc} , Satiniert, kW	-	19
P _{Stc} , Hellbraun, kW	-	15.6



Stromgestehungskosten in CHF/kWh der Varianten



Berechnungsgrundlagen:

Zins: 2 %

Amortisation: 30 Jahre

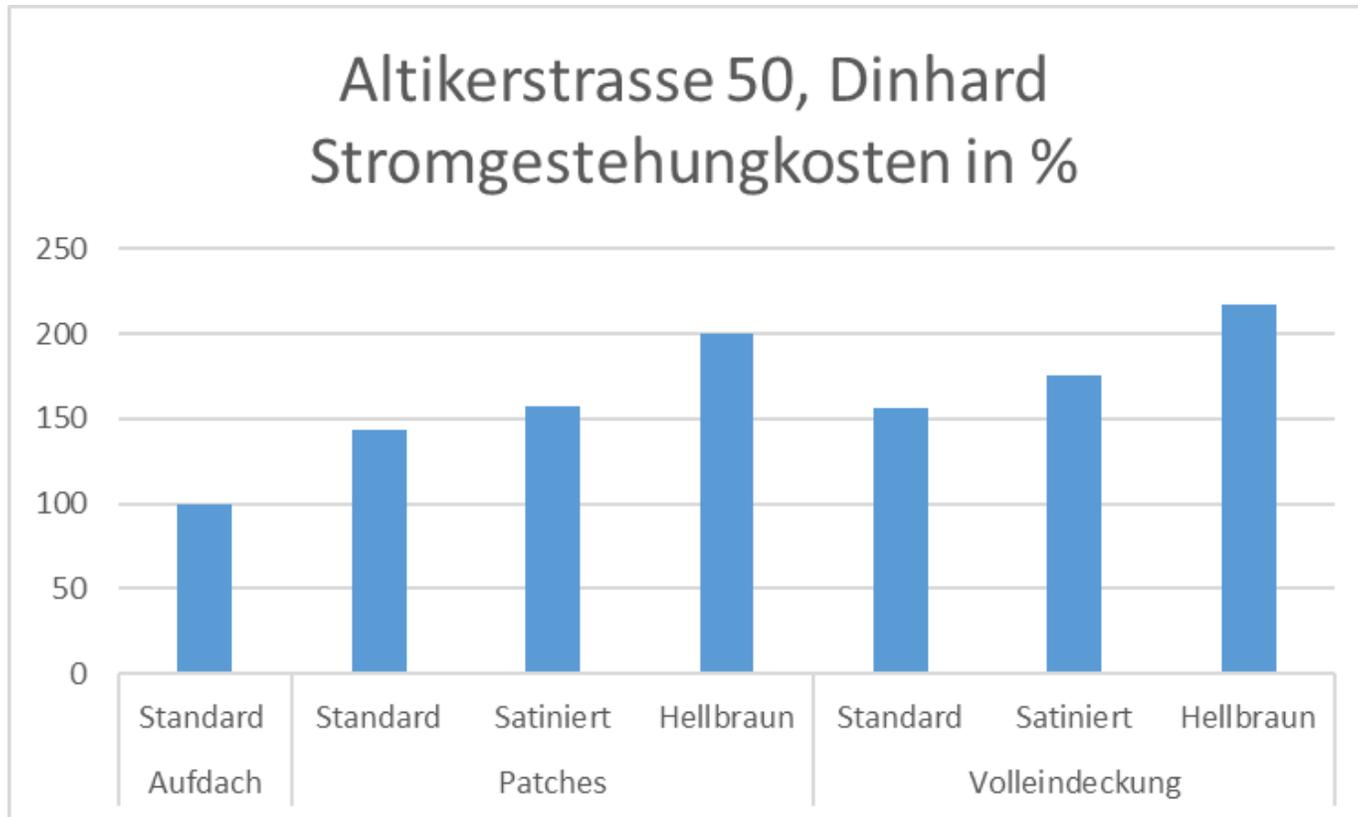
Betriebskosten:

ca. 3 Rp/kWh





Stromgestehungskosten in Prozent der Varianten

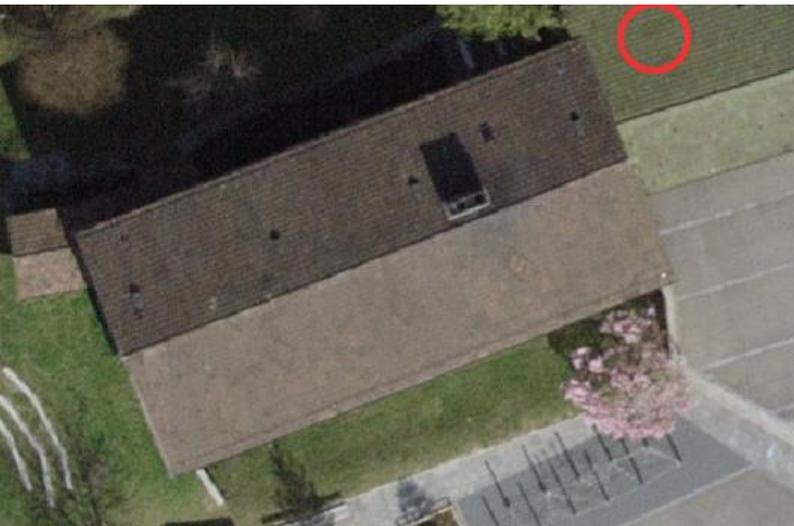


- Indach ist hier deutlich teurer wegen der Einzelflächen, u. A. weil es viele Randabschlüsse erfordert.
- Volleindeckung ist etwas teurer wegen den Sonder- und/oder Blindmodule.



Schulhaus, Brunnenmoosstrasse 15, Kilchberg

- Bestandteil einer inventarisierten Schulanlage
- Schutzziele wurde bei der Erstellung festgelegt
- Schneefang muss in Bezug auf die Funktion erhalten bleiben.





PV mit sichtbarem Ziegelrand oder vollflächig

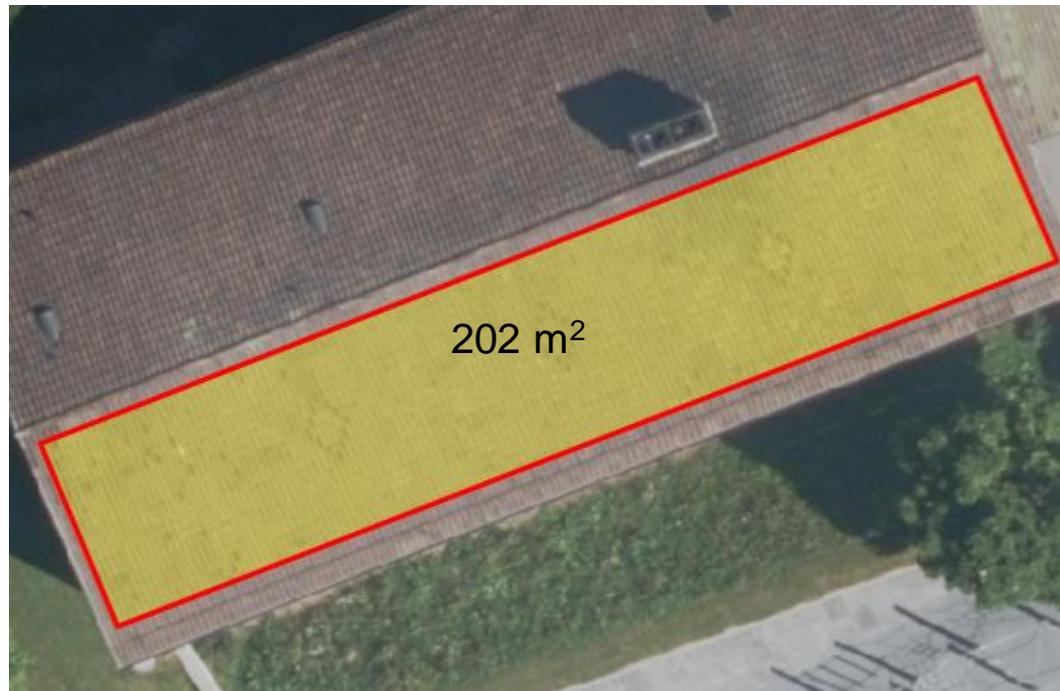


Bild links: Dachrand aus optischen Gründen sichtbar, geht als Variante Indach oder Aufdach, Schneefang bleibt wo er ist.

Bild rechts: Vollflächige Belegung Indach, Schneefang wird nach unten verschoben.

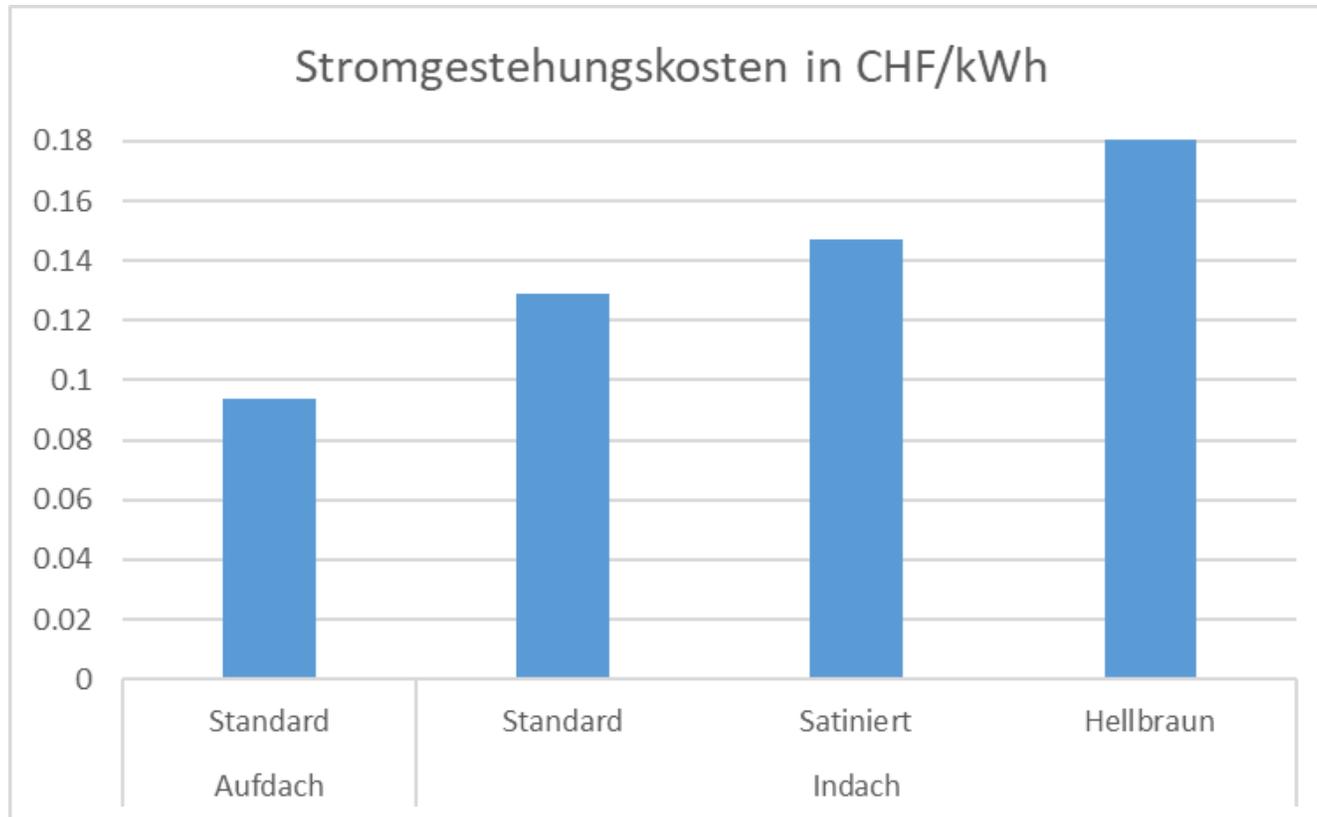


Brunnenmoos, Flächen und Nennleistung

	Aufdach	Indach
Fläche, m ²	202.20	240.50
P _{Stc} , Standard, kW	40.44	48.10
P _{Stc} , Satiniert, kW	-	45.70
P _{Stc} , Hellbraun, kW	-	37.52



Brunnenmoos, Stromgestehungskosten in CHF/kWh



Berechnungsgrundlagen:

Zins: 2 %

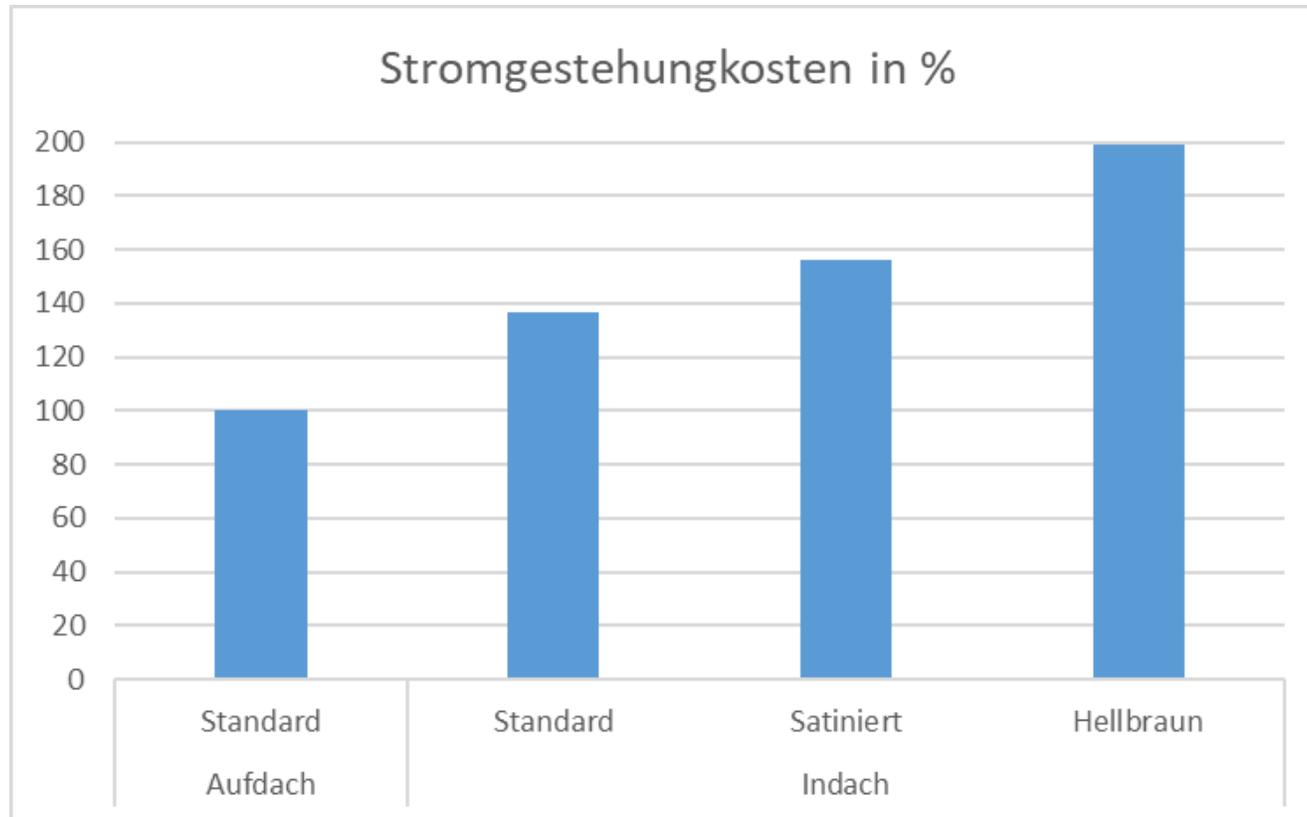
Amortisation: 30 Jahre

Betriebskosten:

ca. 3 Rp/kWh



Brunnenmoos, Stromgestehungskosten in % von Aufdach standard



Die Mehrkosten bei Indach sind im Vergleich zu den anderen Beispielen weniger ausgeprägt, weil die Option Indach hier eine grössere Anlage ermöglicht.



Ergebnisse zusammengefasst

Unterschied Aufdach zu Indach:

- _ Ertragsminderung nur bei schlechter Hinterlüftung (nur im Beispiel Dinhard sind 3 % gerechnet), ansonsten mehr Ertrag wegen besserer Flächenausnutzung.
- _ Stromgestehungskosten Indach: ca. 30 - 50 % höher

Unterschied Satiniert und Hellbraun im Vergleich zum Standard:

- _ Mindererträge: Satiniert ca. 5 %, Hellbraun ca. 22 %
- _ Stromgestehungskosten:
 - _ Satiniert: ca. 50 % höher
 - _ Hellbraun: ca. 100 % höher

Unterlagen, Berechnungsgrundlagen



Produkteauswahl

- _ Megaslate; <https://3s-solarplus.ch/produkte/megaslate-ii-black/>
- _ SOLRIF black, www.solrif.com , dazu sind keine konkrete Preisangaben eingetroffen
- _ Megasol indach, Nicer, <https://megasol.ch/nicer/>
- _ Sunage mit «Suncol-tile», <https://sunage.ch/>
- _ Freesuns, Solaris Classic, <https://freesuns.com/de/solar-ziegel-produkte>
- _ Aufdach mit Standardmodulen, schwarz



Erscheinungsbild von Gläsern

— Glasoberflächen

— Floatglas

— **Standardsolarglas mit Antireflexbehandlung (Standard schwarz)**

— **Satinierte Glasoberfläche**

— Strukturierte Glasoberfläche

— Glasfarben in unterschiedlichen Intensitäten

— Digitaldruck (zum Beispiel 3S und Megasol)

— Siebdruck (zum Beispiel Sunage)



Einfluss der Farbe auf den Ertrag

- Die Leistungsminderung korreliert stark mit der Farbintensität
- Typische Werte liegen zwischen 10 – 50 % Leistungsabnahme
- Wird ein braunton verlangt, kann das bedeuten:
 - Dunkelbraun mit wenig Leistungsminderung von nur etwa 10 %
 - Hellbraun mit starker Leistungseinbusse von etwa 30 %



Kostenvergleich von drei Indach-Varianten

Produktekosten gemäss Herstellerangaben			
	Standard in schwarz	Satiniert	Hellbraun
3-s	1	1.2	1.9
sunage:	1	1.1	1.3
Megasol	1	1.3	1.5
Freesuns	1	1.37	1.61
Durchschnitt	1	1.24	1.6

- Satiniert kostet rund 25 % mehr
- Farbe bedeutet in der Regel mindestens 50 % Mehrkosten
- Einfluss auf die Ertragsminderung und Gesamtkosten auf den folgenden Seiten.

Umfrage bei den Lieferanten im August 2022



Leistungseinbusse aufgrund der Oberfläche und Farbe

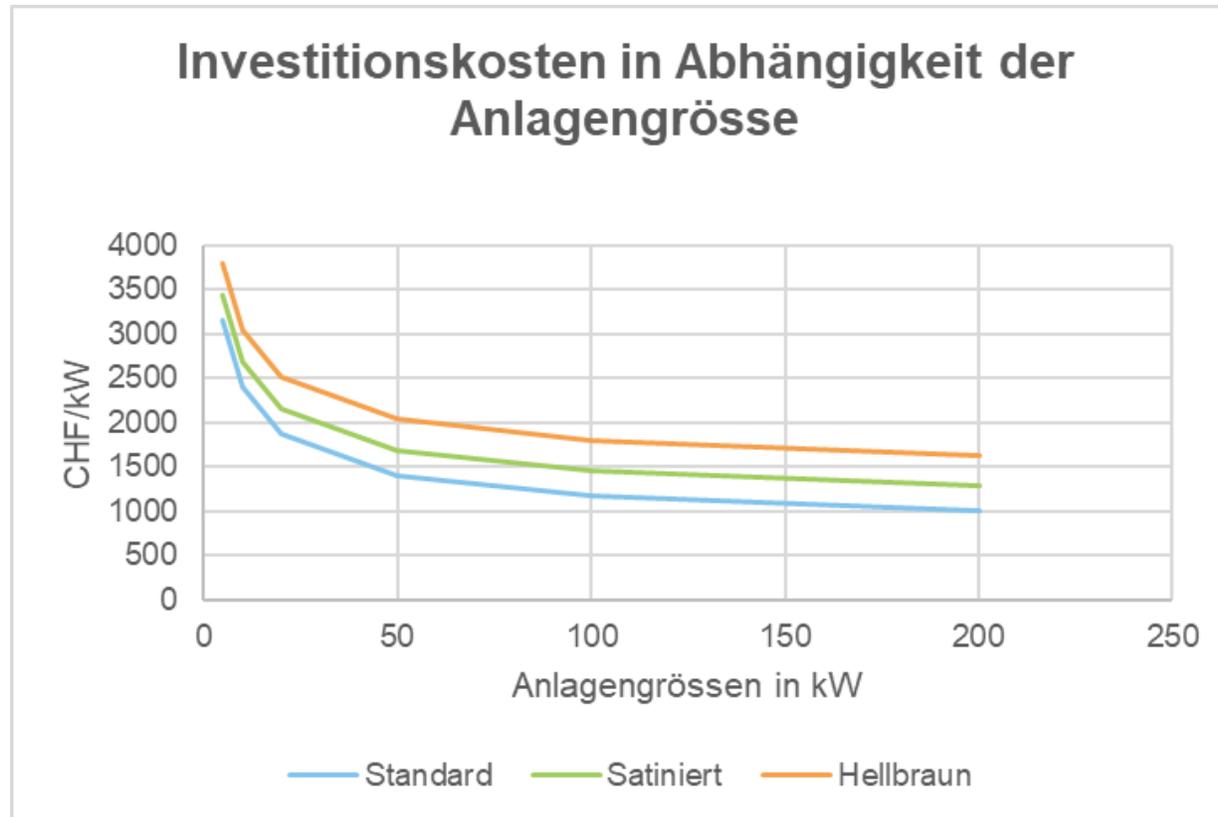
Veränderung beim Wirkungsgrad	Standard in schwarz	Satiniert	Hellbraun
3-s	1	0.98	0.75
sunage:	1	0.95	0.9
Megasol	1	0.93	0.82
Freesuns	1	0.92	0.65
Durchschnitt	1	0.95	0.78

- Satiniert reduziert den Wirkungsgrad um etwa 5 %
- Die aufhellende Farbe um etwa 20 %
- Bei weisser Farbe ca. 50 % Reduktion
- Je nach Verfahren kumuliert sich der Effekt

Umfrageergebnisse im August 2022



Verlauf der Anlagekosten in Bezug auf die Anlagengrösse



Die Grafik basiert auf der Annahmen, dass die Mengenrabatte und Synergien sich für alle drei Varianten gleich verhalten.

Die Preisstudie basiert mehrheitlich auf Aufdachanlagen.

Preisbeobachtungsstudie 2020, EnergieSchweiz, ergänzt durch Basler & Hofmann AG



Anmerkungen, Berechnungsgrundlagen

- _ In den Projektkosten sind Sockelkosten von 5000.- bis 7'000.- berücksichtigt
- _ Ein gewisser Mehraufwand für das Baubewilligungsverfahren ist enthalten, jedoch keine Kosten für zusätzliche Gutachten oder umfangreiche Planungskosten.
- _ Der Modulwirkungsgrad ist mit 20 % angenommen, aktuell verfügbare Produkte liegen typischerweise bei 18 – 22 %, in der Vergangenheit ist der Modulwirkungsgrad mit etwa 0.3 %-Punkten pro Jahr angestiegen.
- _ Es sind keine Einspareffekte durch Weglassen von Ziegeln oder anderen Arbeitsschritten berücksichtigt, dies ist relevant bei Neubauten oder Dachsanierungen.



Anmerkungen, Berechnungsgrundlagen

- _ Bei den Anlagekosten ist die EIV bereits abgezogen.
- _ Hingegen sind keine allfällige weitere kommunale oder kantonale Beiträge berücksichtigt, ebenso keine steuerlichen Einsparungen.
- _ Es handelt sich um eine vergleichende Kostenstudie, die effektiven, fallbezogenen Kosten können erheblich abweichen.
- _ Es sind mittlere Preise angenommen.
- _ Bei den Erträgen wurde ein mittlerer Erwartungswert über 30 Jahre gerechnet.



Ergebnisse der Berechnungen Spenglerweg

Berechnung der Stromgestehungskosten, ohne MWST

	Aufdach standard		Indach "L"			Indach rechteck		
	L	Re	Standard	Satinato	Hellbraun	Standard	Satinato	Hellbraun
Beispiel Spenglerweg 29								
Nennleistung kW	4.10	3.65	3.74	3.55	2.92	3.26	3.10	2.54
Investitionskosten netto, CHF	15'363	15'015	20'032	20'930	21'490	18'608	19'381	19'880
Zins & Amortisation pro Jahr	686	670	894	935	960	831	865	888
Ertrag, kWh/Jahr	3897	3464	3553	3375	2771	3097	2945	2413
Betriebskosten, CHF/Jahr	200	200	200	200	200	200	200	200
Stromkosten, CHF/kWh	0.23	0.25	0.31	0.34	0.42	0.33	0.36	0.45
in Prozent	100	111	135	148	184	146	159	198



Ergebnisse der Berechnungen Altikerstrasse

Berechnung der Stromgestehungskosten, ohne MWST

	Aufdach		Patches		Volleindeckung		
Altikerstrasse	Standard	Standard	Satiniert	Hellbraun	Standard	Satiniert	Hellbraun
Nennleistung kW	16.00	16.00	15.20	12.48	20.00	19.00	15.60
Investitionskosten netto, CHF	31'470	47'995	50'294	52'735	67'695	72'944	73'995
Zins & Amortisation pro Jahr	1405	2143	2246	2355	3023	3257	3304
Ertrag, kWh/Jahr	15200	15200	14440	11856	19000	18050	14820
Betriebskosten, CHF/Jahr	300	300	300	300	300	300	300
Stromkosten, CHF/kWh	0.11	0.16	0.18	0.22	0.17	0.20	0.24
in Prozent	100	143	157	200	156	176	217



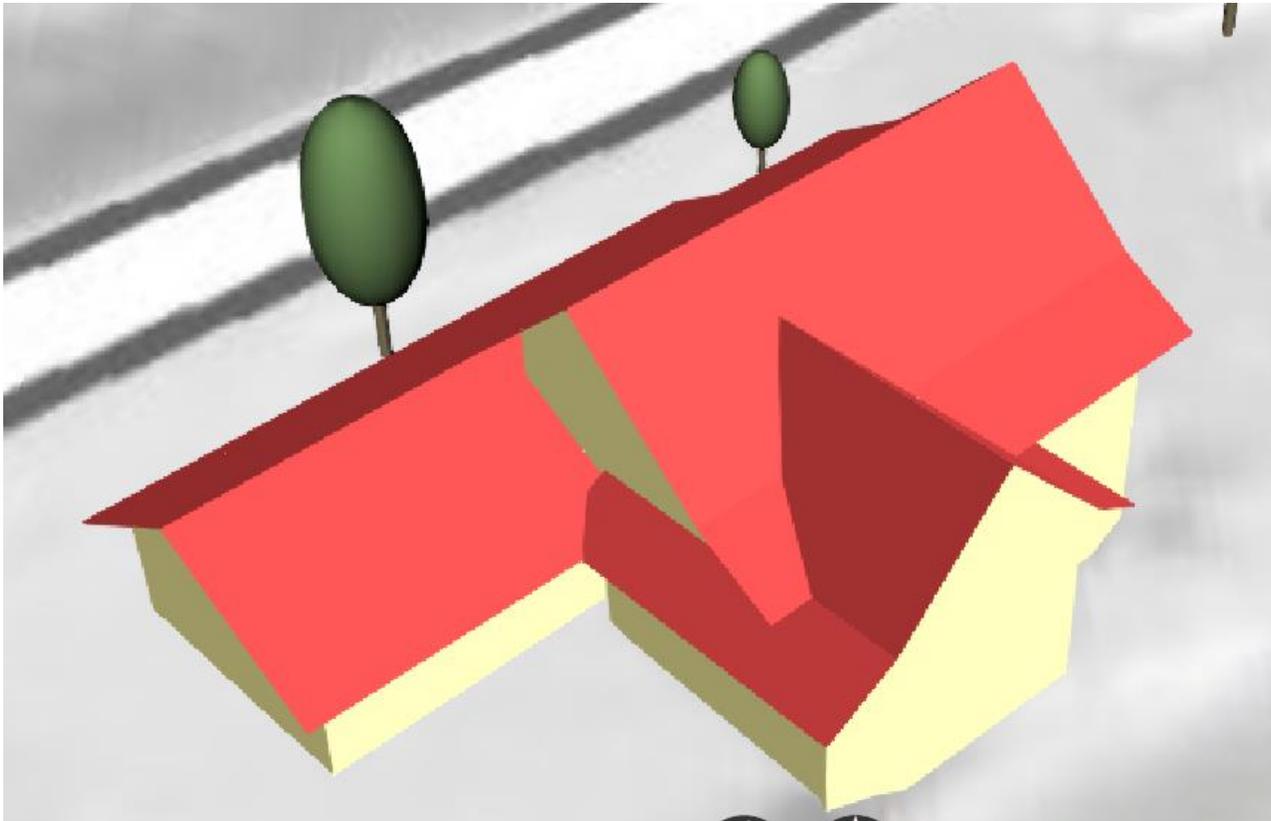
Ergebnisse der Berechnungen Brunnenmoosstrasse

Berechnung der Stromgestehungskosten, ohne MWST

Brunnenmoosstrasse 15	Aufdach			Indach		
	Standard	Satinato	Hellbraun	Standard	Satinato	Hellbraun
Nennleistung kW	40.44	38.41	31.52	48.10	45.70	37.52
Investitionskosten netto, CHF	65'125	70'837	74'815	115'983	127'190	133'789
Zins & Amortisation pro Jahr	2908	3163	3341	5179	5679	5974
Ertrag, kWh/Jahr	38418	36490	29944	45695	43415	35644
Betriebskosten, CHF/Jahr	700	700	700	700	700	700
Stromkosten, CHF/kWh	0.09	0.11	0.13	0.13	0.15	0.19
in Prozent	100	113	144	137	156	199



3D-Ansicht Altikerstrasse 50, Dinhard



www.map.geo.admin.ch

- Es werden alle Flächen mit Ausrichtung südost und südwest belegt
- Bei Indach auch die kleine Gibelfläche Richtung Nordost



PV- Layout EFH, Altikerstrasse 50, Dinhard



Bild links: Einzelflächen, funktioniert als Variante Indach oder Aufdach, aktive DF: ca. 80 m²

Bild rechts: Vollflächig, Kehlausführung anspruchsvoll, aktive DF: ca. 100 m² (20 % als inaktiv abgezogen)

Es wurde kein Schneefangbereich ausgespart, was bei EFH fallbezogen möglich ist.



Beispiel aus Basel, Standard Schwarz



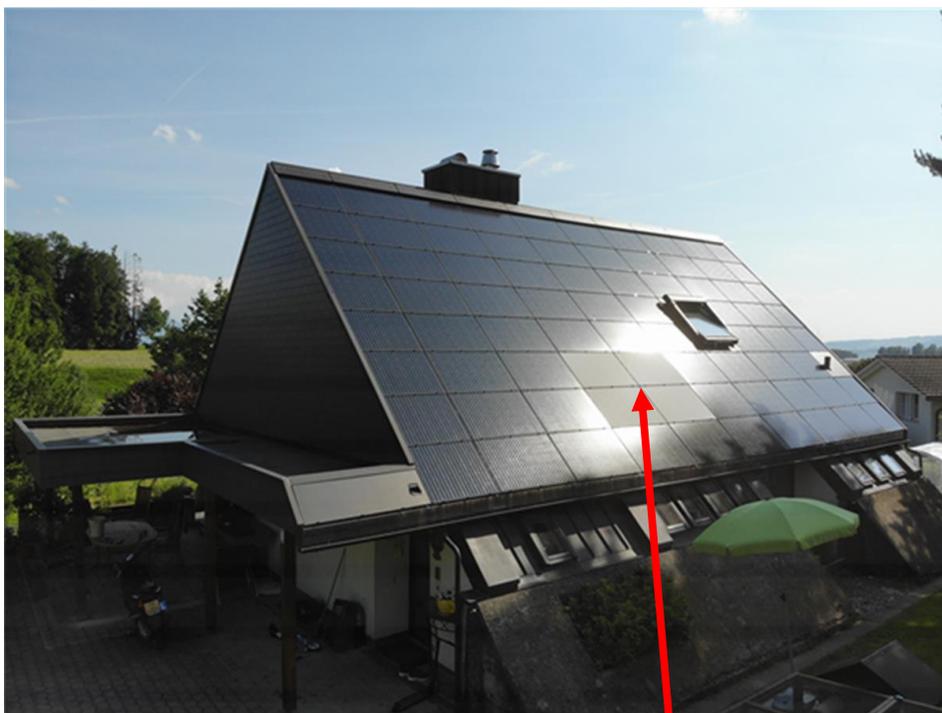
— Indach, Vollbelegung

Quelle unbekannt, nicht weiter verteilen

PV-Kostenvergleichsstudie für Gebäude in der Kernzone und Gebäude im Inventar der Denkmalschutzobjekte



Standardmodule und Version «satinert»



Im Bild links sind als Test vier Module satinert eingesetzt, rechts anschliessend das ganze Dach mit satinerten Modulen.

Quelle: Berner Fachhochschule



Beispiel Variante «hellbraun»



- Beispiel Indach
hellbraun mit
Megaslate von 3S

Quelle unbekannt, nicht weiter verteilen

Visualisierungen



Spenglerweg



PYXEL GmbH

— Aufdach, Rechteck,
schwarz



Spenglerweg



— Aufdach, L-Form,
schwarz

PYXEL GmbH

PV-Kostenvergleichsstudie für Gebäude in der Kernzone und Gebäude im Inventar der Denkmalschutzobjekte



Spenglerweg



PYXEL GmbH

PV-Kostenvergleichsstudie für Gebäude in der Kernzone und Gebäude im Inventar der Denkmalschutzobjekte

— Indach, Rechteck,
schwarz



Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Abfall, Wasser,
Energie und Luft

Spenglerweg



— Indach, Rechteck,
hellbraun

PYXEL GmbH

PV-Kostenvergleichsstudie für Gebäude in der Kernzone und Gebäude im Inventar der Denkmalschutzobjekte

Basler & Hofmann



Spenglerweg



— Indach, L-Form,
schwarz

PYXEL GmbH

PV-Kostenvergleichsstudie für Gebäude in der Kernzone und Gebäude im Inventar der Denkmalschutzobjekte



Spenglerweg



— Indach, L-Form,
hellbraun

PYXEL GmbH

PV-Kostenvergleichsstudie für Gebäude in der Kernzone und Gebäude im Inventar der Denkmalschutzobjekte



Altikerstrasse



— Aufdach, standard,
schwarz

PYXEL GmbH



Altikerstrasse



PYXEL GmbH

— Indach, Einzelfläche
(Patches), schwarz



Altikerstrasse



PYXEL GmbH

— Indach, Einzelfläche
(Patches), hellbraun



Altikerstrasse



— Indach, vollflächig,
schwarz

PYXEL GmbH



Altikerstrasse



PYXEL GmbH

— Indach, vollflächig,
hellbraun



Peter Toggweiler, Senior Experte, Basler & Hofmann
peter.toggweiler@baslerhofmann.ch, +41 44 387 13 50

**Mit bestem Dank für den Auftrag
und die gute Zusammenarbeit.**

Basler & Hofmann AG, Zürich