

An architectural rendering of a modern building with a photovoltaic facade. The building is multi-story with a grid-like facade of solar panels. In the foreground, there is a paved plaza with a bicycle rack and a bench. Trees and a street with cars are visible in the background.

# Leitfaden Photovoltaikfassade

Erstellt durch:

**Michael Tschofen, StV. Geschäftsführer Graphis, Architekt FH**

**[www.graphis.ch](http://www.graphis.ch)**

Stand 30.05.2022 mt

Bau- + Wohngenossenschaft  
Cooperative de construction et d`habitation

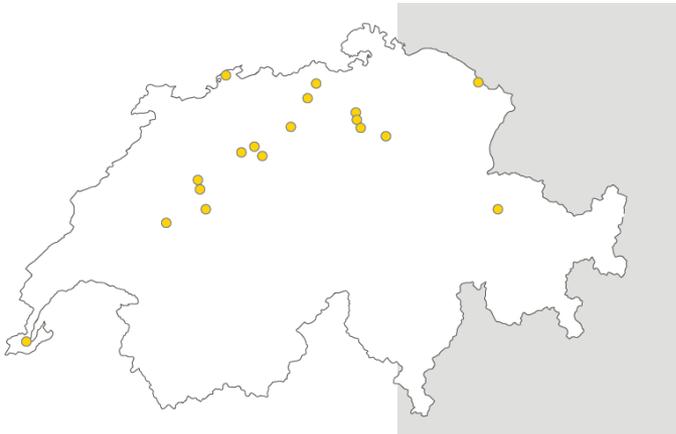
**Graphis**

# Leitfaden Photovoltaikfassade

**Kurz:**

**Wer ist Graphis?**

- 1945 gegründet, eigenständige, unabhängige, gemeinnützige Bau- und Wohngenossenschaft.
- Rund 1`330 Wohnungen an 18 Standorten in 9 Kantonen.
- Wir wachsen moderat!
- Genossenschaftsmitglieder sind Mieter, Nichtmieter und Unternehmen.
- Unsere Liegenschaften verwalten wir selber.
- Unsere Buchhaltung und Inkasso ist «Inhouse».
- Wir haben eine Bauabteilung.
- Und wir haben eigene Handwerkerequipen.



# Leitfaden Photovoltaikfassade

## Wie kommt es zum Leitfaden?

Graphis hat per 2021 in Allschwil BL eine neue Siedlung erstellt, wo eine der schweizweit grösste Photovoltaik-Fassade im Wohnungsbau realisiert wurde.

Um das entstandene Know-how mit weiteren Interessierten zu teilen, ist dieser Leitfaden entstanden.

Der Leitfaden berührt die Aspekte vom Entwurf, Planung, Realisierung bis Betrieb inkl. relevante Aspekte zum Bauherrenentscheid für die Photovoltaikfassade.

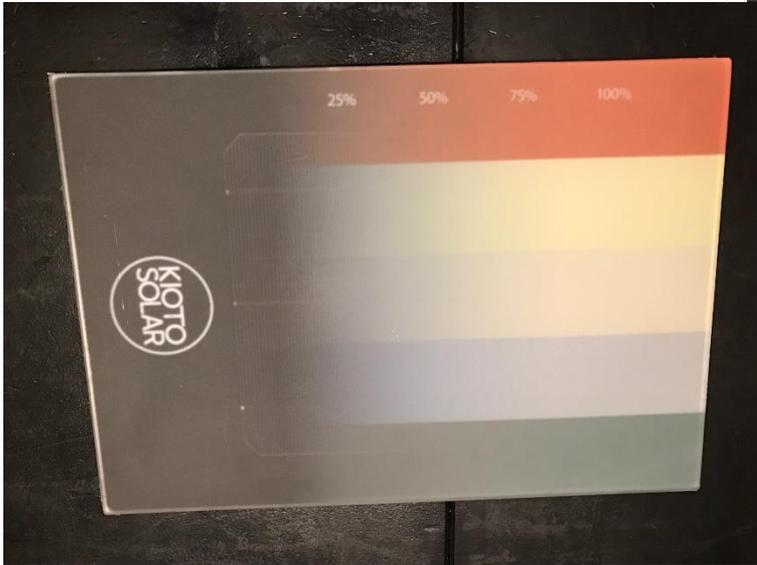
Er erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, soll aber Mut machen für Architekten und Planer sowie Bauträger ebenfalls Photovoltaikfassaden zu realisieren.

> Photovoltaikfassaden sind keine «Hexerei» und bereits heute kostendeckend realisierbar und betreibbar.

Vervielfältigung, Weiterleitung und Kopieren ausdrücklich erwünscht. 😊

# Leitfaden Photovoltaikfassade

## Gestaltung



## Beispiele

### Facts:

### Farben

- nahezu alle Farben sind möglich
- je nach Deckung des Siebdruckes (auf Glasrückseite) ergibt sich die Intensität > je mehr Deckung desto weniger Stromproduktion
- Muster oder auch ganze «Fototapeten» sind möglich

### Formate

- Formate bis zu 3 m Höhe und mehr, Breite ebenso

### Texturen

- kein Spiegeleffekt durch Aussen strukturiertes Glas
- grössere Strukturierung / verschiedene Texturen des Glases möglich



# Leitfaden Photovoltaikfassade

## Planung



### Legende Materialien und Farben

1. Photovoltaikmodule: Alu-Struktur mit Digitaldruck, Megapanel, Solarexcel P1800GS-D Schirm Quadrate, Farbe dunkel
2. Lichte: Aluminium verchromt, weiss (RAL 9005)
3. Fenster: Holz-Metall, weiss (RAL 9010)
4. Metallverklebung: Aluminium verchromt, dunkel (NCS S 7502-Y)
5. Sonnenschutz vertikal: Stoffkassette, Stoffbezug 'Yellow' von Sattler, Braun-grau
6. Störverklebung: Aluminium verchromt, dunkel (NCS S 7502-Y)
7. Metallverklebung zw. Fenster: Aluminium verchromt, dunkel (NCS S 7502-Y)
8. Stabkrageländer: Stabkragel (NCS S 7502-Y) Stahl, feuerverzinkt und pulverbeschichtet, Handlauf Alu horizontal weiss F
9. Störverklebung Balkenplatte: Stahl, feuerverzinkt und pulverbeschichtet, dunkel (NCS S 7502-Y)
10. vertikale Verklebung Balkenplatte: Holz-Alu, feuerverzinkt und pulverbeschichtet, weiss (RAL 9010)
11. Bodenplatte Balkon/Terrasse: keramische Platte, grau
12. Sperr- und Signalverlauf: CNL, blank
13. Deckenabstich Balken: Schiebelenk
14. Verklebung Störkassette: Aluminium verchromt, dunkel (NCS S 7502-Y)
15. Sonnen- und Schutzabdeckung: Aluminium verchromt, hellgrau
16. Stabkragel: weiss geölt (RAL 9010)
17. Abstreicherung Alu-Terrasse: Stahl feuerverzinkt u. pulverbeschichtet, Handlauf weiss (RAL 9010), Kernteil dunkel (NCS S 7502-Y)
18. Leuchtprofil Alu-Terrasse: Aluminium verchromt, weiss (RAL 9010)
19. Korkkassette BZM: Scherker, Kork-Alu-Metall, Stoffbezug 'Yellow' von Sattler, Braun-grau
20. Terrassenabstreicherung Alu: Metallverklebung verchromt, dunkel (NCS S 7502-Y)
21. Dachstuhl- und Dachstuhlverklebung: Aluminium weiss, Farbe
22. Dachstuhlverklebung Alu: feuerverzinkt, profiliertes Aluminiumblech, verchromt, weiss (RAL 9010)
23. Nischen Alu u. Holzblech: Aluminium verchromt, dunkel (NCS S 7502-Y)
24. Stabkragel Alu-Terrasse: CNL, blank
25. Abstreicherung Alu-Terrasse: Stahl feuerverzinkt, dunkel (NCS S 7502-Y)
26. Stabkragel Alu-Terrasse: CNL, blank
27. Stabkragel Alu-Terrasse: Stahl feuerverzinkt, hellgrau
28. Verklebung zw. Metallverklebung Eingang/Durchgang EGG: silbergedammt Metallblech, optisch durchgehende Einheit, verchromt, dunkel (NCS S 7502-Y)
29. feuerverzinkte Decke Eingang/Durchgang EGG: Flachblech, Aluminium verchromt, Farbe hell (RAL 9005)

## Tipp



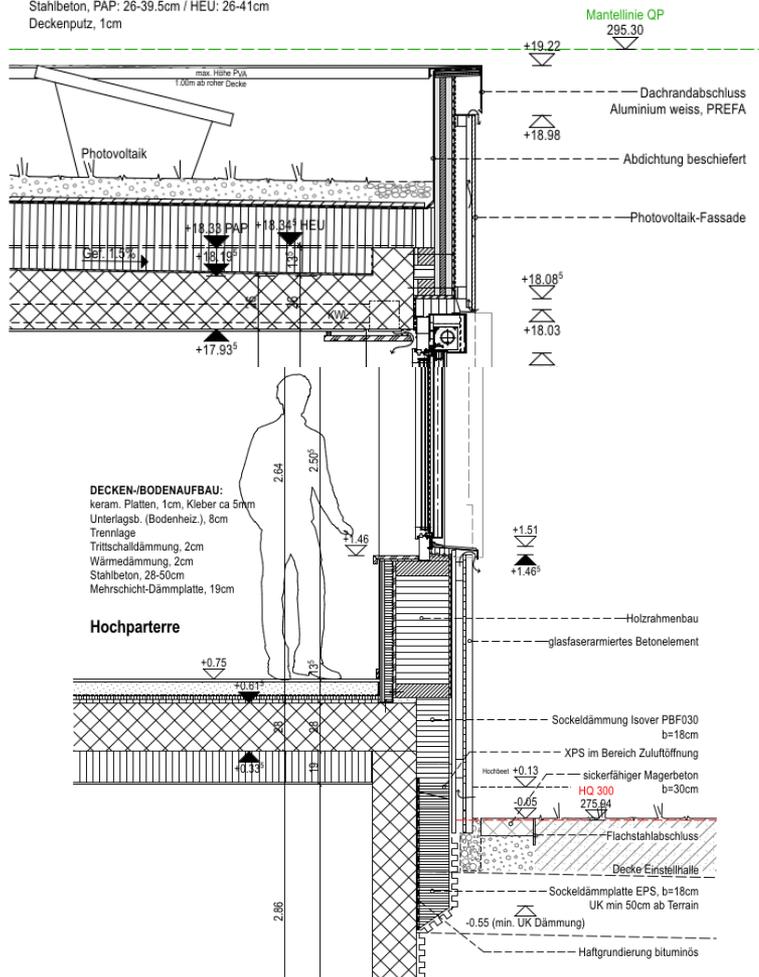
- Möglichst viele gleiche Formate spart Baukosten
- > auch später im Unterhalt beim Ersatz
- Reservemodule ans Lager nehmen (pos. in Ausschreibung)
- Unterhaltsarme Konstruktion wählen
- > Keine Kittfugen, Module einzeln demontierbar planen
- > Details / Abdichtungen mit Schlagregendichtheit
- genügend Hinterlüftung (Abtransport Wärme im Sommer)
- Bautoleranz einplanen (Fugen zwischen Module, Holzbauer / Baumeister-Toleranzen ggf. vertraglich ändern)
- Platz für Verkabelung und Leitungen zum Wechselrichter
- Keine rollende Planung!
- > Während Bau kann nichts mehr angepasst werden
- > Planung vor Baustart Aushub abschliessen.
- Nebst Architekt ausgewiesene Fachkräfte beiziehen für Fassadenplanung und Photovoltaikteil.
- Bei El. Tableau genügend Platz vorsehen für Zähler ZEV, ev. Ladestationen

# Leitfaden Photovoltaikfassade

## Planung

### DACHAUFBAU:

Extensive Dachbegrünung, einheimisches Saatgut Klasse 1, 10cm  
 Filter- und Drainschicht, 2cm  
 Bitumenabdichtung wurzelfest, 2-lagig, 1cm  
 Wärmedämmung, swissporEPS Roof ECO, 32cm  
 Dampfsperre, z.B. EVA 3.5 flam, 0.3cm  
 Stahlbeton, PAP: 26-39.5cm / HEU: 26-41cm  
 Deckenputz, 1cm



### DECKEN-/BODENAUFBAU:

keram. Platten, 1cm, Kleber ca 5mm  
 Unterlagsb. (Bodenheiz), 8cm  
 Trennlage  
 Trittschalldämmung, 2cm  
 Wärmedämmung, 2cm  
 Stahlbeton, 28-50cm  
 Mehrschicht-Dämmplatte, 19cm

### Hochparterre

## Tipp



- Abgeschlossene Planung vor Baubeginn
- > keine Überraschungen im Bau
- Rechtzeitige Bestellung (Werkvertrag) Fassade / Module
- > Fabrikation braucht Zeit.
- Ausschreibung: Info. Es gibt zz. noch wenige Unternehmen, welche Fassadenmodule in grösserer Anzahl herstellen können
- > Frühzeitiger Entscheid Wahl Fabrikant

### ZEV / Einspeisung / VNB / weiteres Modell

- Wahl Stromverbrauchersystem schon beim Bauherrenentscheid zur Photovoltaikfassade fällen, da Ertragsrelevant.
- > Relevant für Ausschreibung.
- > Falls Wahl nicht möglich, Varianten Ausschreiben.
- > Je nach Ort der Fassade sind die Vergütungsmodelle mit Kosten und Ertrag sowie Betriebskosten einander gegenüber zu stellen. So kann ein Entscheid erfolgen

### PV und Stromverbraucher abstimmen

- Grössere Stromverbraucher wie WP, Ladestationen etc. sollen mit PV-Anlagen kommunizieren können
- > Boiler- und Speicherladung tagsüber (grosse Speicher sinnvoll)
- > Steuerung / Energiemanagementsystem / Monitoring ist von Vorteil

# Leitfaden Photovoltaikfassade

## Ausführung / Vertragliches



Bau- + Wohngenossenschaft  
Cooperative de construction et d`habitation

## Tipp

### Werkvertrag

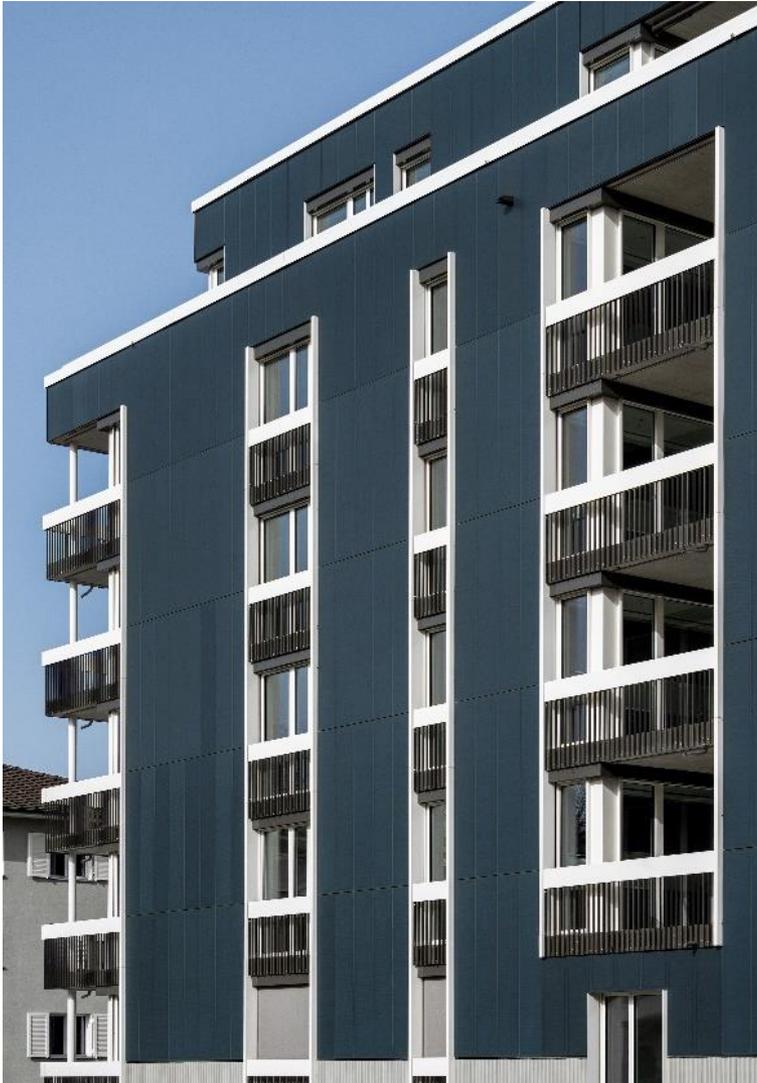
- Liefertermin Module / Unterkonstruktion absichern
- > je nach Grösse der Fassade bestehen lange Lieferzeiten
- > bei Lieferverzug Schadloshaltung Bauherr vereinbaren
- > Werkvertrag vor Baubeginn Aushub abschliessen
  
- Bautoleranzen ggf. beim Baumeister verschärfen (Ausschr.)
- > Fassadenbauer hat weniger Toleranz als Baumeister...
  
- Ganzes Gewerk Fassade über einen Unternehmer (ggf. hat dieser Unterakkordanten)
- > Haftungs- und Zuständigkeitsfragen im Bau und Betrieb

### Bauleitung

- Qualitätskontrollen vereinbaren durch externe Prüfung
- > z.B. durch SUPSI, Messung Ertrag der gelieferten Module
  
- Funktionskontrollen Module während Bau
  
- Gerüstverankerung nach Aussen (an Fassade i.d.R. nicht möglich)
  
- Reinigung Fassade durch Fassadenbauer beim Abgerüsten
  
- Fachbauleitung durch Photovoltaik- und Fassadenplaner

# Leitfaden Photovoltaikfassade

## Betrieb



Bau- + Wohngenossenschaft  
Cooperative de construction et d'habitation

### Tipp



#### Mieter

- Instruktion, acht geben wegen Verschattung der Module

#### Wartung

- Monitoring / Überwachung sicherstellen (z.B. über Wartungsvertrag, Fernüberwachung, Hauswartung, etc.)
    - > Wer macht's?
    - > Störung und Ausfall rechtzeitig bemerken
  - Bei technischen Störungen im Betrieb nach Garantiezeit
    - > Ansprechpartner / Servicefirma definieren (mit Vorteil Ersteller)
- #### Verwaltung
- ZEV oder Einspeisung? Periodische Prüfung und ggf. Systemwechsel je nach Tarife / Einspeisevergütungen
    - > Zuständige Person für Verwaltung definieren
    - > Diese managt auch allf. Auflagen, welche im Betrieb entstehen
    - > Die PVA Fassade ist wie ein Mietobjekt 😊

# Leitfaden Photovoltaikfassade

## Bauherr, Entscheidungshilfe Kosten / Rendite

Betrachtung Rendite (siehe nebenan):

- Künftige Ertragssituation\* checken. Diese ist je nach örtlichem Netzbetreiber unterschiedlich.
- \* Je nach Wahl der Struktur (ZEV, Einspeisung, VNB, etc.) und Solarstromüberschuss-Steuerung kann Ertrag optimiert werden. Verwaltungskosten bei ZEV einrechnen nicht vergessen.
- Mit Erstellungskosten gegenüber stellen. Im Bsp. wurden die Mehrkosten gegenüber einer herkömmlichen vorgehängten Fassade genommen. Grund siehe nachfolgend.

\* Bsp. Neubau Siedlung Allschwil

Variante		Flachdach	Fassaden
Fläche für PV	m²	400	2517
<b>PV-Generator</b>			
Leistungsabschätzung	kWp	73	326
Ausrichtungen	* (0= Süd)	41/131/-139/-49	
Neigung	°	10	90
Globalstrahlung auf Generatorebene (unverschattet)	kWh/m²	1240	605
Verschattungssituation		gut	gut
Prognose Jahresertrag	kWh	67'200	142'300
spezifischer Ertrag	kWh/kWp	920	436
<b>Preis Solarkraftwerk</b>			
		Flachdach	Fassaden
PV-Module Fassade	CHF		1'046'720
PV-Module Dach	CHF	30'500	
Montagekonstruktion Fassade	CHF		666'778
Montagekonstruktion Dach	CHF	10'248	
Permanente Arbeitssicherheit	CHF	20'148	
Wechselrichter und Optimierer	CHF	123'016	
Berührungsschutz Wechselrichter	CHF	7'930	
Anzeigetafel	CHF	3'400	
Monitoring	CHF	3'960	
DC-Material, SPD, Erdung	CHF	54'655	
AC-Anschluss und Netzeinbindung	CHF	36'100	
Arbeit	CHF	185'000	
Temporäre Arbeitssicherheit	CHF	Bauseits	
Hebezeug, Transport	CHF	40'000	
Solarplanung	CHF	25'000	
Gebühren (ESTI), Audit	CHF	6'300	
Wartungsvertrag (5 Jahre)	CHF	30'350	
Förderung (GREIV)	CHF	-122'500	
<b>Kosten Total</b>	<b>CHF</b>	<b>2'167'605</b>	
spezifischer Preis	CHF/kWp	5'428	

Preise basieren auf Angaben Planeco, exkl. MwSt.

Mehrkosten		Flachdach	Fassaden
Kosten geplante Fassade gemäss KV	CHF		-730'000
Kosten Sockel und Auskleidung Loggien	CHF		
<b>Mehrkosten Material PV-Fassade</b>	<b>CHF</b>	<b>1'437'605</b>	

Wirtschaftlichkeitsüberlegungen Primeo Energie		Flachdach	Fassaden
Einnahmen Stromverkauf Primeo Energie (20 Rp./kWh)	CHF	41'900	
<b>Einnahmen pro Jahr gesamt</b>	<b>CHF</b>	<b>41'900</b>	
Bruttorendite	%	2.91%	
Amortisation	a	34	

# Leitfaden Photovoltaikfassade

## Bauherr, Entscheidungshilfe

### Nachhaltigkeit am Rechenbeispiel

Kosten PVA Fassade im Vergleich zur Kompaktfassade:

(Der «Sprung» vorgehängte Fassade zu PVA-Fassade rentiert sich, deshalb folgt hier der Vergleich Kompaktfassade zu vorgehängtem System.

	Kosten	Lebensdauer	Zyklus	Kosten
		(Oberfläche)		
- Kompaktfassade (2`500 m <sup>2</sup> x Fr. 90.-)	0.22 Mio.	10 Jahre	4 x	0.90 Mio.
- vorgehängte Fassade (2`500 x 292.-, +320 %)	0.73 Mio.	40 Jahre	1 x	<u>0.73 Mio.</u>
	(+ 0.50 Mio.)			<u>0.17 Mio.</u>

**Einsparung !**

### Fazit:

- Die höhere Anfangsinvestition zahlt sich aus!
- Weniger Umtriebe für Verwaltung und Mieter!
- Nur 1 Baustelle statt 4 ! (Zusatzkosten oben nicht eingerechnet!)
- Wertigeres Produkt = Argument bei der Vermietung!
- Zufriedene Genossenschafter / Mieter!

# Leitfaden Photovoltaikfassade

## Bauherr, Entscheidungshilfe

### Fazit

Betrachtung Rendite:

Die Fassadenanlage ist kostendeckend:

- zu heutigen Strompreisen (2022)!
- anzunehmende steigende Strompreise ergeben eine Rentabilität der Anlage!
- Kosten je nach Kanton Steuerabzugsberechtigt

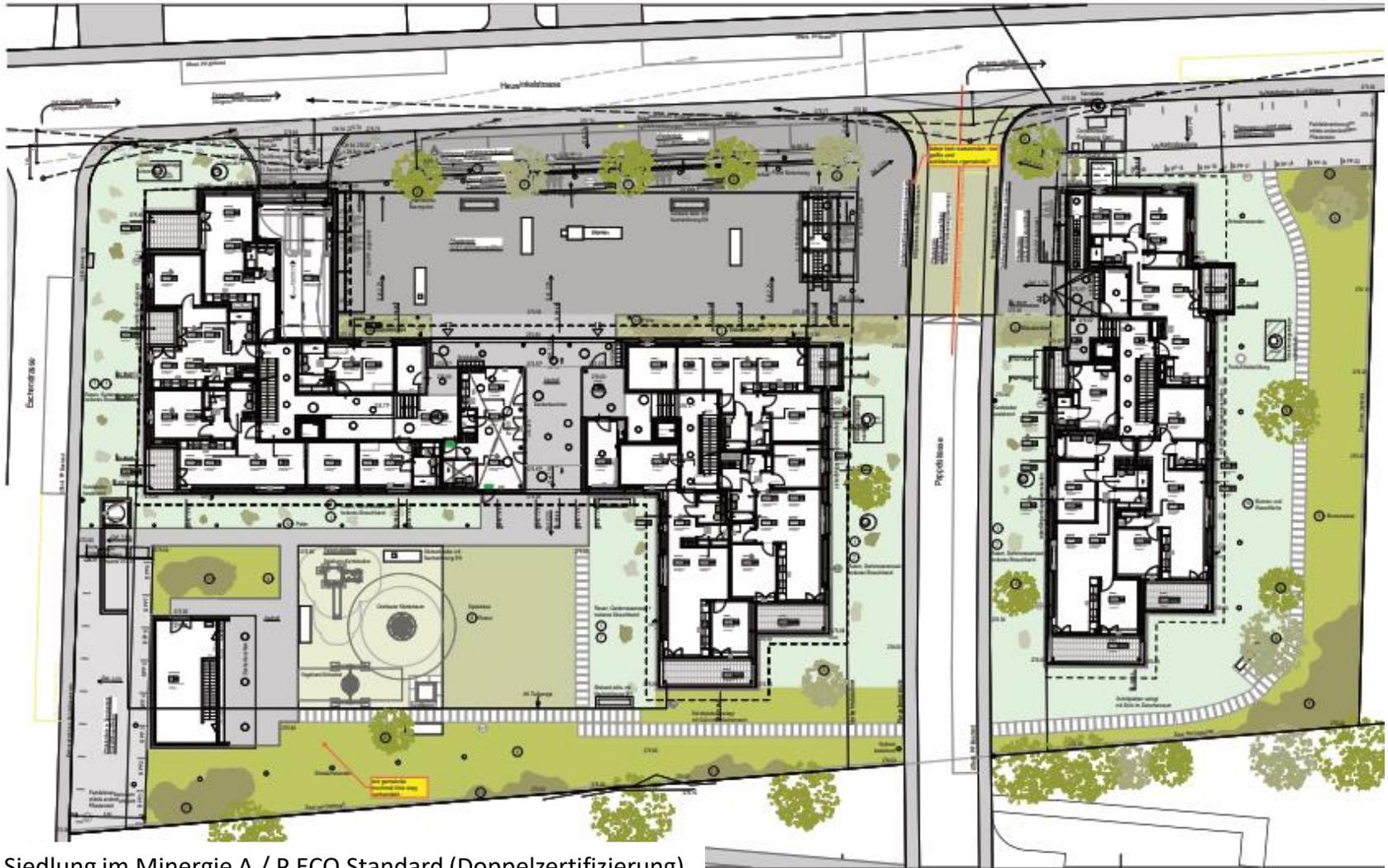
Mehrnutzen ausserhalb monetären Aspekten:

- Fassade ist gleichzeitig Wetterschutz
- Sehr geringer Unterhalt
- Vermietungsargument / wertige solide Fassade / grüner Strom

**Fazit:** für den Bauherr / Investor lohnt sich somit die Photovoltaikfassade auf lange Sicht. > und Sie ist nachhaltig

# Leitfaden Photovoltaikfassade

## Realisiertes Beispiel Siedlung Heuwinkel Allschwil BL



Siedlung im Minergie A / P ECO Standard (Doppelzertifizierung)

Bau- + Wohngenossenschaft  
Cooperative de construction et d'habitation

# Leitfaden Photovoltaikfassade

## Realisiertes Beispiel Siedlung Heuwinkel Allschwil BL



*im Heuwinkel*  
Energieeffizient Wohnen - Allschwil

4½ ZIMMER

Heuwinkelstrasse 17 - 1. - 4. Obergeschoss

Fr. 2'240.- + 315.- = Fr. 2'550.-  
(Fr. 246.-/m2a)



**Fläche:** 107.0 m<sup>2</sup>  
Wohnung-Nr. 17.4125 | 17.4225  
17.4325 | 17.4425  
Balkon 8.7 m<sup>2</sup>



# Leitfaden Photovoltaikfassade

**Sie sind dran 😊**

Vielen Dank für Ihr Interesse!

Wir hoffen Ihnen hiermit eine Starthilfe gegeben zu haben.

Für weitergehende Infos können Sie sich gerne an Graphis wenden.

Wir wünschen Gutes gelingen!

Herzlich Ihr

Mike Tschofen, Graphis Bau- und Wohngenossenschaft

Weiterführende Links:

- SIA Merkblatt 2062 (geplante Erscheinung Ende 2022)
- Fachverbände wie: [Swissolar.ch](http://Swissolar.ch), [Minergie.ch](http://Minergie.ch), etc.