

# PV-Fassadenanlagen – eine Einführung

**Christian Renken**

Geschäftsleiter

**CR Energie GmbH**  
Z.I. En Bovéry 52  
CH-1868 Collombey  
T 076 437 40 39  
[info@crenergie.ch](mailto:info@crenergie.ch)

Mit Unterstützung von



VESE PV-Praxis 2024, Selbstbau- und Anlagenbetreibertagung, 30.11.2024, Uetikon am See (ZH)

# Referent

- Inhaber und Geschäftsleiter der CREnergie GmbH seit 2014
  - PV-Fassaden und PV-Anlagen-Planung schweizweit,
  - Realisation im 2015: bifaziale PV Fassade CSEM in Neuenburg
- Wissenschaftlicher Mitarbeiter PV Labor BFH Burgdorf
  - Langzeitmessungen, Betriebsverhalten PV-Anlagen
- Verkaufsleiter und Leiter Abteilung Solarsysteme, 3S Swiss Solar Systems
  - System MegaSlate
  - Realisation: Fertigung der PV-Module «Neue SAC Hütte Monte Rosa»
- Senior Researcher PV-Labor BFH Burgdorf
  - GVB-Projekte: Brandprävention und Brandschutz PV an Hochhäusern
  - InnoSwiss-Projekt: Entwicklung Lamellensystem
- Erstellung diverser BFE-Studien über Systemtechnik und Wirtschaftlichkeit von gebäudeintegrierter PV



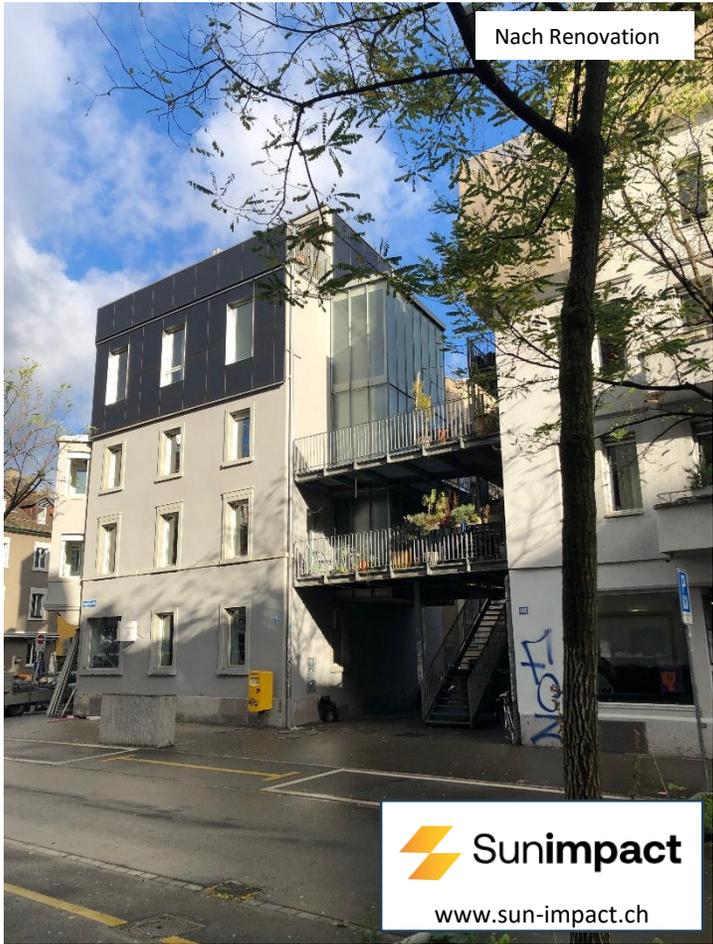
Dipl. Ing. (FH)  
Elektrische Energietechnik  
Energieberater Gebäude  
mit eid. Fachausweis  
GEAK Experte

## Solarplanung und energetische Gebäudeoptimierung

- **Planung architektonischer Solarfassaden und -Dächer**  
Machbarkeit, Vorstudien, Projektierung, Ausschreibung, Realisierung, Bewirtschaftung
- **Energieberatung**  
Energieanalyse Gebäude, GEAK+, Sanierungskonzepte inkl. Energienachweis
- **Wirtschaftlichkeitsanalysen: Solar im Neubau und bei Sanierung**
- **Expertisen und Studien über integrierter Solartechnik**  
Zustandsanalyse, Systemoptimierung, Systementwicklung
- **Qualitätssicherung PV-Anlagen**  
Betriebsüberwachung & Unterhalt



# Photovoltaik als Teil der Architektur, Solarplanung CR Energie



MFH Josefstrasse 144, ZH / Vera Gloor Architekten, in Realisation 2024

# Photovoltaik als Teil der Architektur, Solarplanung CR Energie



MFH Dörflistrasse 38, ZH Oerlikon / BKG Architekten, Fertigstellung 2023



# Photovoltaik als Teil der Architektur, Solarplanung CR Energie



MFH Rechweg 14, Dübendorf / Kämpfen Zinke + Partner, Fertigstellung 2022

# Photovoltaik als Teil der Architektur, Solarplanung CR Energie



Wohnhaus in Freienbach SZ / Lamoth Reimann Architekten, Fertigstellung 2023

# Photovoltaik als Teil der Architektur, Solarplanung CR Energie



Gewerbehäus Josefstrasse 84, ZH / BKG Architekten / Halter Renovationen, Fertigstellung 2022

# Photovoltaik als Teil der Architektur, Solarplanung CR Energie



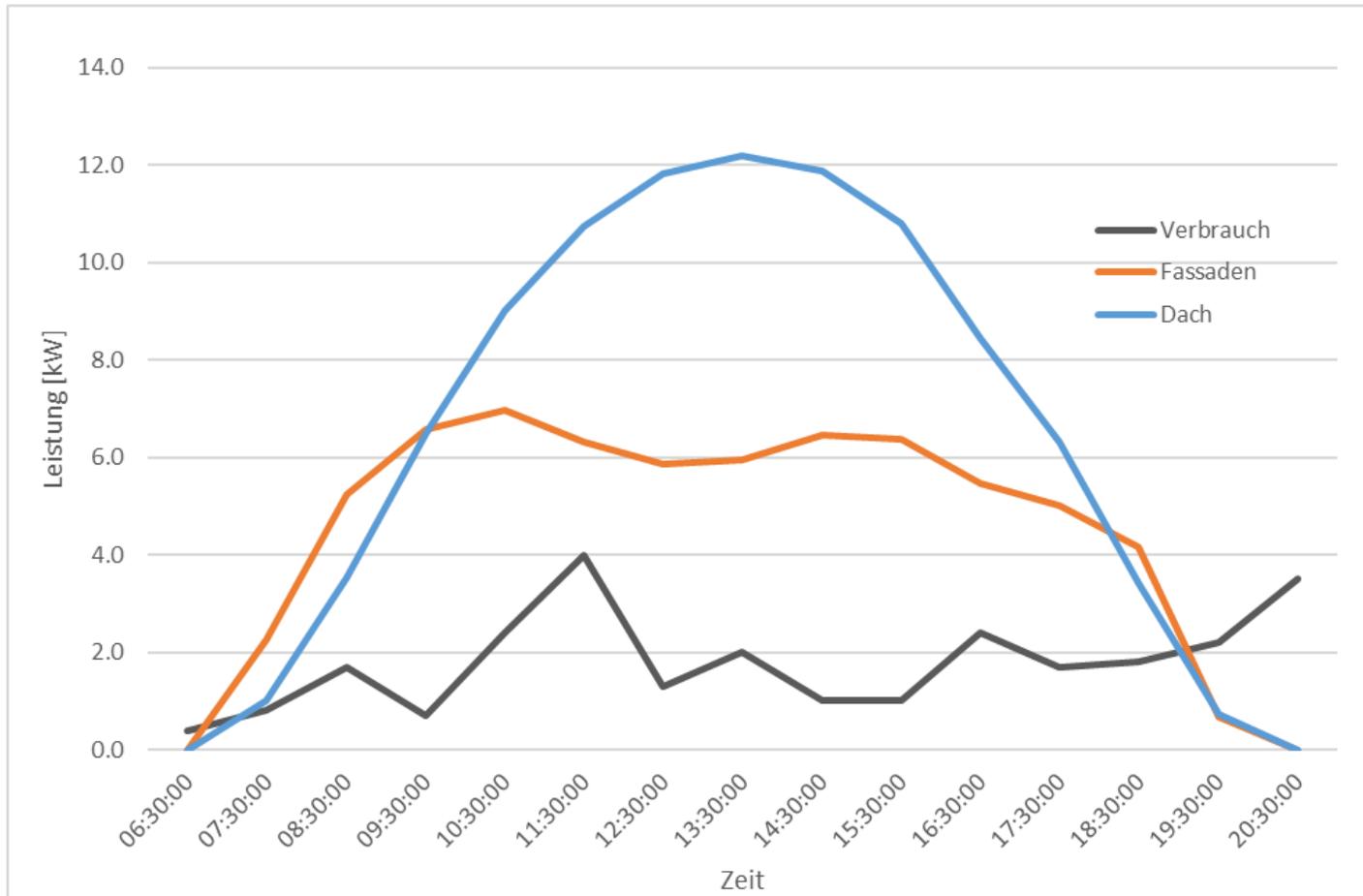
MFH Weidstrasse 18, Thalwil / Kämpfen Zinke + Partner, Fertigstellung 2023

# Funktion und Performance

Mit Unterstützung von



# Verlauf der Tagesproduktion



Verbrauch und Tagesproduktion PV am 23.08.2023: Dachanlage und Fassadenanlagen Ost, Süd, West und Nord

# Umlaufenden Photovoltaikfassaden Dörflistrasse Jahresproduktion

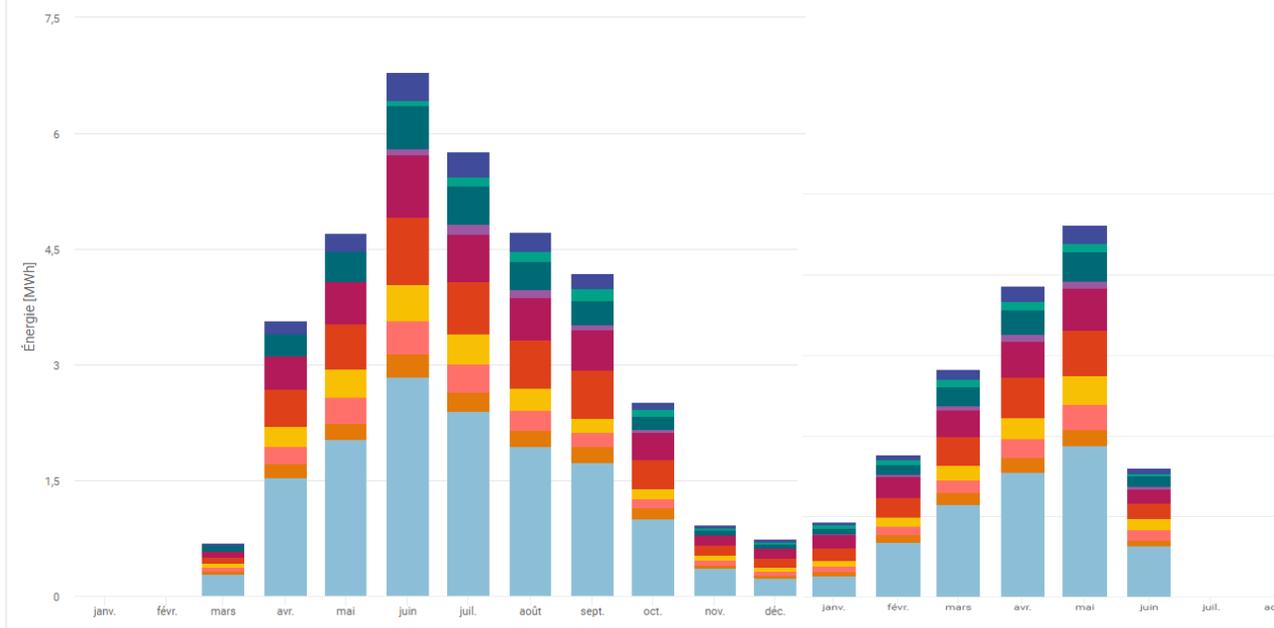
Anteil an Produktion: Fassade 60% (23'600kWh), Dach 40% (16'000kWh)

APPAREILS

Comparaison → kWh/kWp

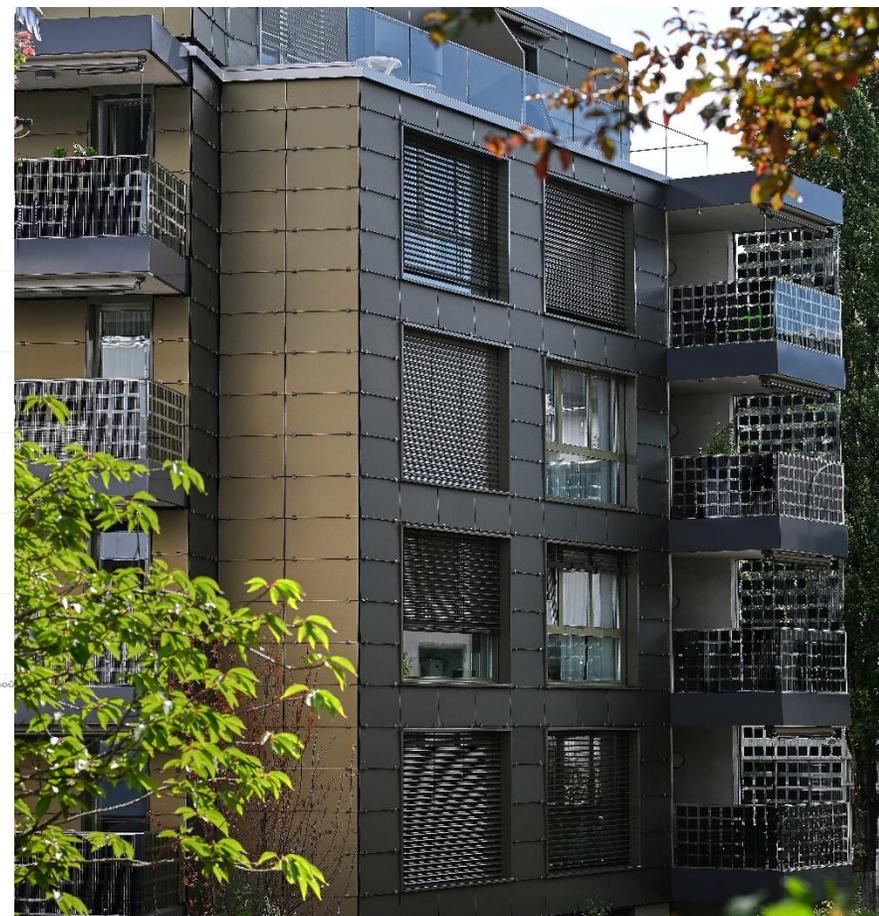
Énergie

- Symo 3.0-3-M (1) N/A
- Symo 4.5-3-M (1) N/A
- WR 1 Fassade Süd
- WR 2 Fassade Süd
- WR 3 Fassade West
- WR 4 Fassade West
- WR 5 Fassade Ost
- WR 6 Fassade Ost
- WR 7 Fassade Nord
- WR 8 Fassade Nord
- WR 9 Balkongeländer
- WR 10 Dach



2023: 34'600kWh

2024: 15'600kWh



# Anteil Energieertrag PV-Fassaden und PV-Dach

Objekte: Affolternstrasse 158 &  
Oberwiesenstrasse 67/69, ZH

Jahresertrag: ca. 72'000 kWh,  
Ertragsbetrag:

Fassaden 41%, Dächer 59%

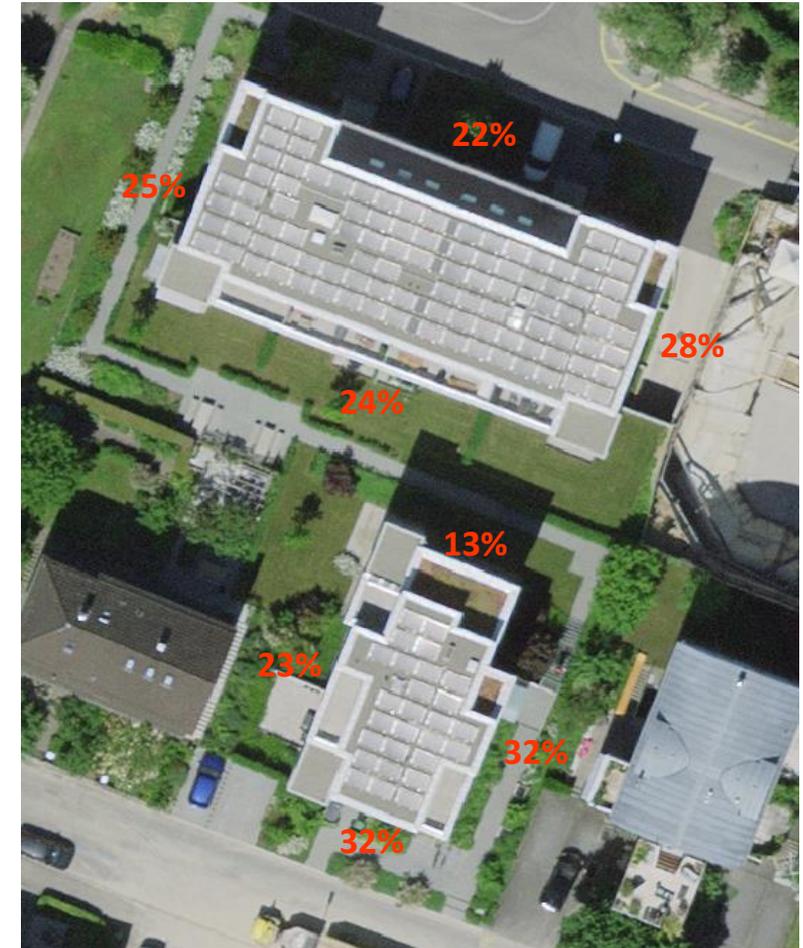


Oberwiesenstrasse  
Flachdachanlage:  
29.34 kWp, Fläche 166 m<sup>2</sup>  
1'130 kWh/kWp (2020)

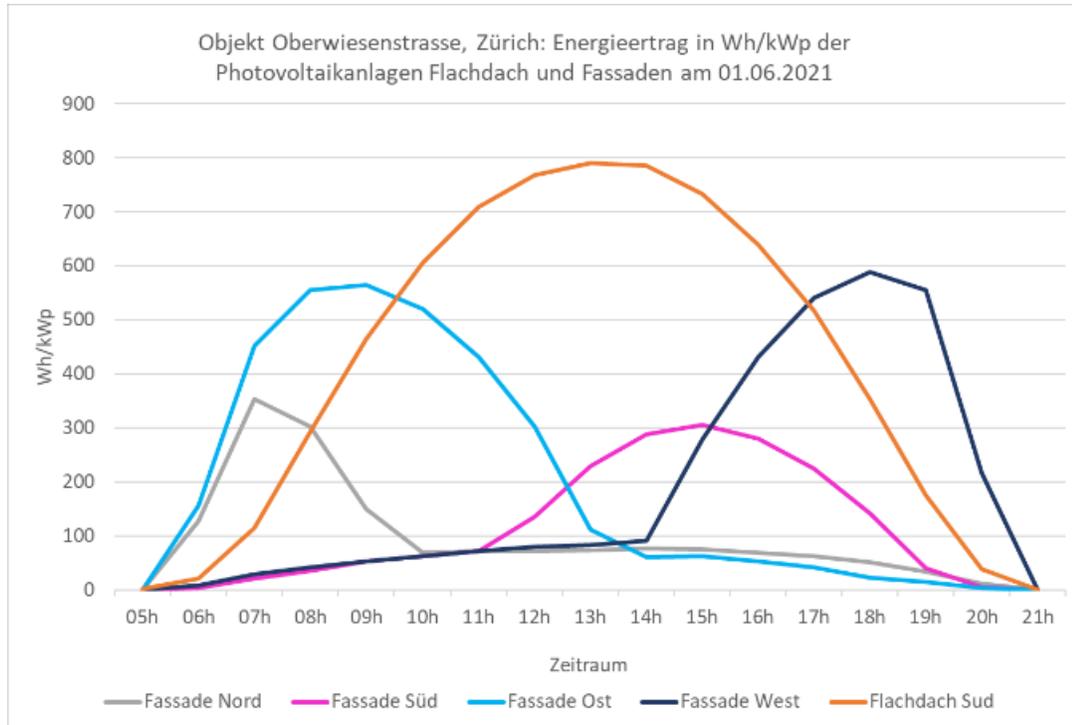
Fassadenanlagen:  
52.82 kWp, Fläche 481 m<sup>2</sup>  
SW 450, SO 425, NW 400, NO 205 kWh/kWp/a

Affolternstrasse  
7.96 kWp, Fläche 45m<sup>2</sup>  
1'190 kWh/kWp (2020)

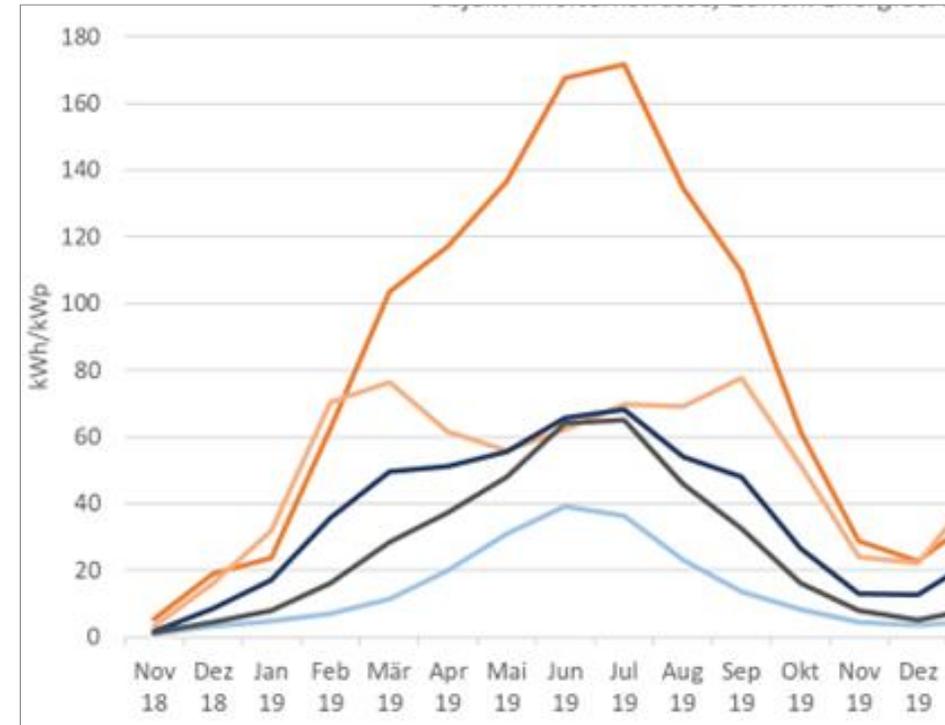
Fassadenanlagen:  
32.74 kWp, Fläche 302 m<sup>2</sup>  
SW 620, SO 375, NW 310, NO 190 kWh/kWp/a



# Verlauf der Solarproduktion umlaufender Photovoltaikfassaden

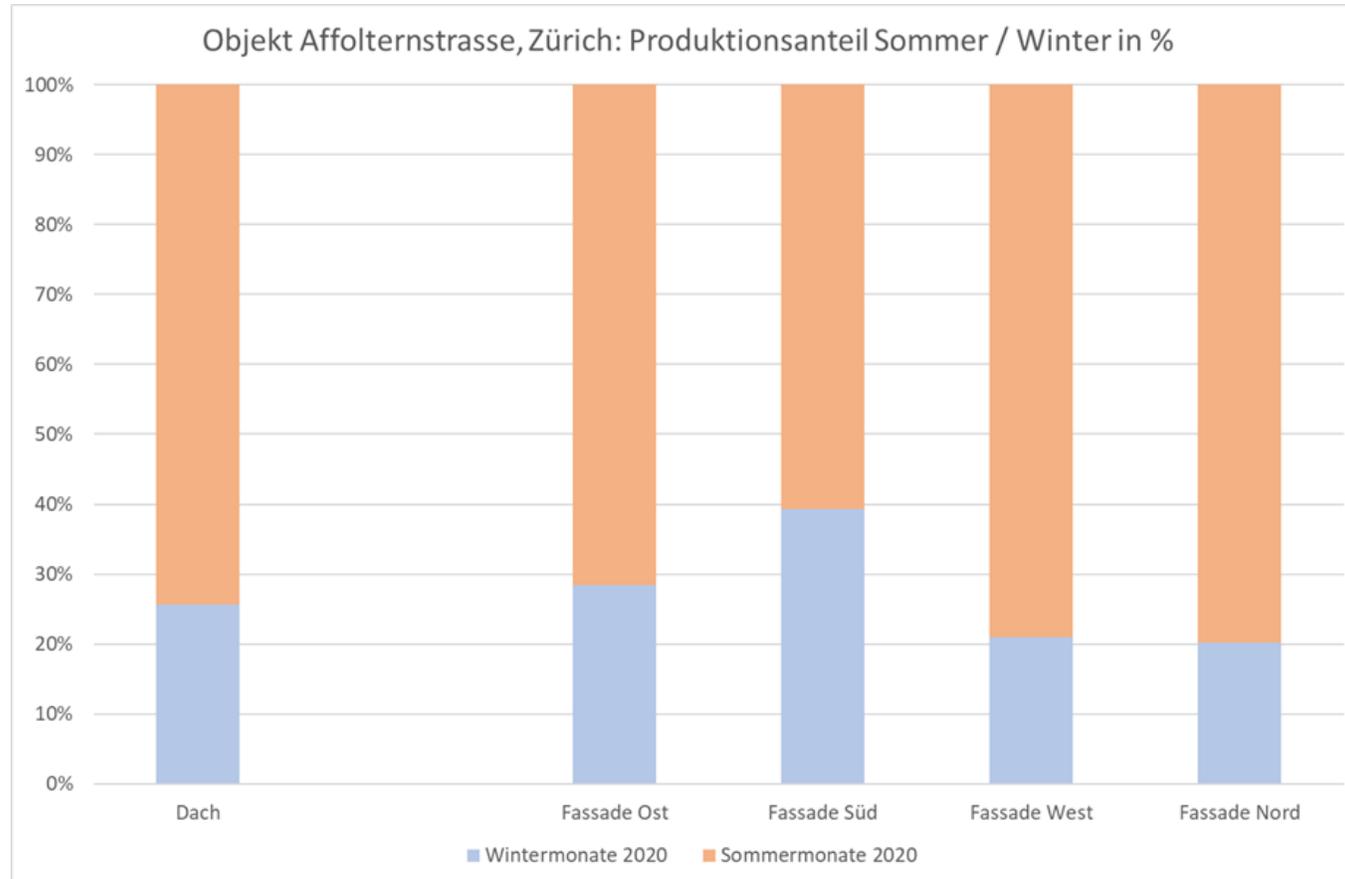


Normiertes Tagesproduktionsprofil



Normiertes Jahresproduktionsprofil

# Anteil Winterproduktion



## Anteil Winterproduktion:

- Dach 25%,
- Südfassade 40%
- Ost- oder Westfassade, südorientiert ca. 30%
- Ost- oder Westfassade, nordorientiert 20% - 25%
- Nordfassade ca. 20%

# Energieertrag Südfassaden & Anteil Winterproduktion



Fassade Nespresso, Avenches,  
80kWp  
60'000 kWh/a,  
750kWh/kWp/a  
Anteil Winterproduktion: 42%



Fassade Birg, Schlithorn  
(2'700m.ü.M.)  
1'100 kWh/kWp/a  
Anteil Winterproduktion: 58%



Fassade CSEM, Neuchâtel, 69kWp  
53'800 kWh/a,  
780kWh/kWp/a  
ca. 13% Zusatzertrag mit bifazialer Zelle  
Anteil Winterproduktion: 40%



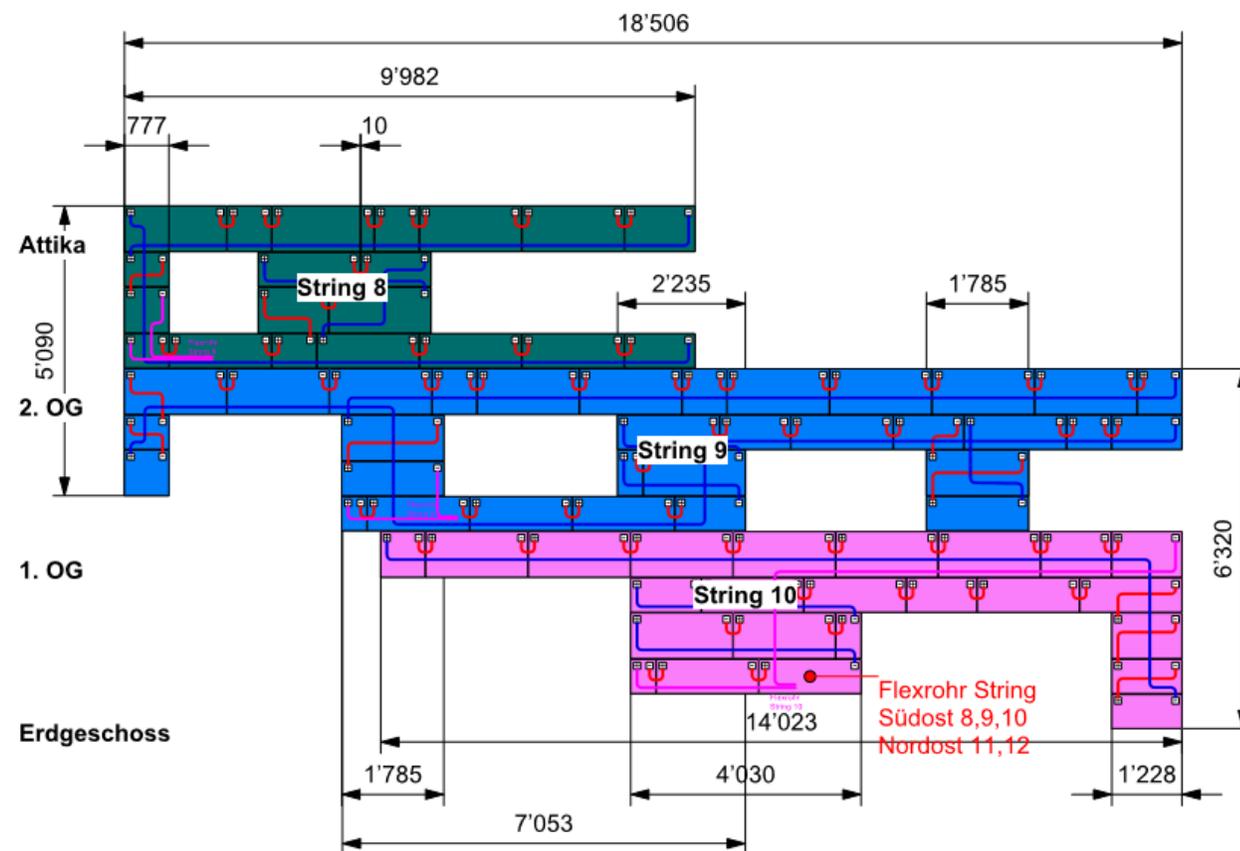
Fassade Jungfraujoch  
(3'450 m.ü.M.) 1.152kWp  
1'450 kWh/kWp/a  
Anteil Winterproduktion: 46%

## Ertragsbestimmende Faktoren

- Ausrichtung der Solarflächen
- Flächennutzung mit Solar
- Beschattung (5% - 25% Ertragseinbusse)
- Performance der Solarmodule:  
farbbeschichtete Module 10 % – 15 %,  
Standardmodule >20%
- Klimatische Bedingungen



- Wechselrichterkonzept und Strings abhängig von der Beschattungssituation an den Fassaden auslegen.
- String-Wechselrichter bieten hohe Performance und Dauerhaftigkeit, benötigen allerdings Platz im Technikraum.
- Mit Leistungsoptimierer und Micro-Wechselrichter ist die Planung einfacher, für den wirtschaftlichen Unterhalt muss die Zugänglichkeit zu den Geräten gewährleistet werden.



Beispiel Stingplan Südost-Fassade MFH Weidstrasse / Planeco

# Planung und Umsetzung

# Systematische Solarplanung und Realisation

Projektphasen, Gesuche und Abnahmen im Phasenmodell gemäss SIA112					
Projektphase, Kontrollorgane	Bauherrschaft / Architekt	Solarplaner	Fassadenplaner	Lieferant	Fassadenbauer / Solarteur
1 Strategische Planung	Entwurf Solarintegration Fassade	Machbarkeitsstudie: Solarertrag, Kostenschätzung, Renditeberechnung	Machbarkeitsstudie: Kostenschätzung		
2 Vorstudie	Definition und technische Dokumentation des Systemaufbaus			Bereitstellung Solarmodulmuster, Kostenschätzung	
Bauamt	Baugesuch				
Netzbetreiber		Technisches Netzanschlussgesuch (TAG)			
Gebäudeversicherung & kantonaler Brandschutzexperte	Prüfung und Freigabe der Brandschutzmassnahmen				
3 Projektierung	Bauprojekt mit Erstellung der Detailpläne und Bestimmung der Materialien und Komponenten				
4 Ausschreibung	Devisierung des Gewerks				Offerten Unternehmer
Vergabe / Werksvertrag					
5 Realisation	Korrek und Freigabe Werkspläne				Erstellung Werkspläne
				Produktion	Bestellung
					Installationsanzeige (IA)
	Teilabnahmen Gewerk				Fassade bauen, Elektrik installieren, Solarmodule montieren
					Sicherheitsnachweis
	Schlussabnahme				Inbetriebnahme
Auditor*in / Netzbetreiber					Beglaubigung
					Subventionsantrag
6 Bewirtschaftung		Überwachung, Kontrolle Performance			Service

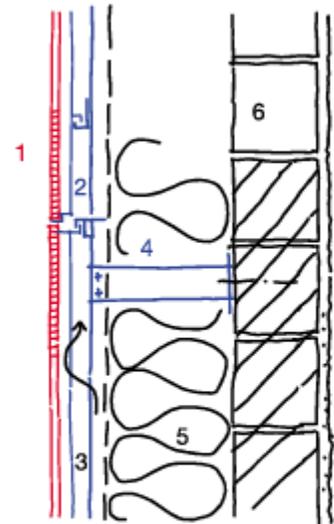
# Brandschutz

Mit Unterstützung von



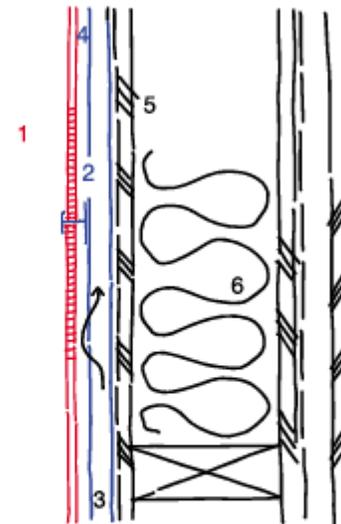
# Vorgehängte hinterlüftete Fassade (VHF) mit Photovoltaik

Aussenwandkonstruktion in Massivbau mit hinterlüfteter Aussenwärmedämmung auf Unterkonstruktion Backsteinschale



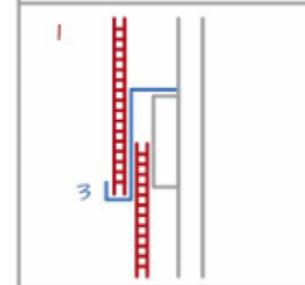
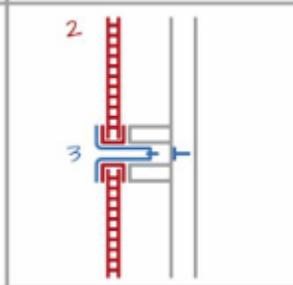
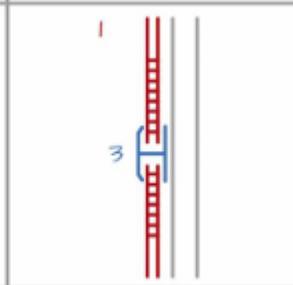
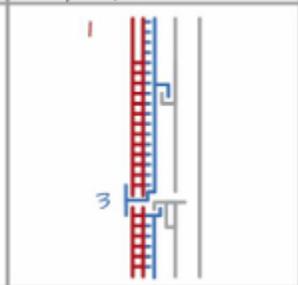
1 Photovoltaikmodul (Bekleidung)  
z.B. ohne Rahmen / 2 Aufhängesystem der Bekleidung / 3 Hinterlüftungsebene / 4 Unterkonstruktion / 5 Wärmedämmung / 6 Tragwerk, Massivbauweise

Aussenwandkonstruktion in Holzbauweise auf Unterkonstruktion Holzelement



1 Photovoltaikmodul (Bekleidung)  
z.B. ohne Rahmen / 2 Aufhängesystem der Bekleidung / 3 Hinterlüftungsebene / 4 Unterkonstruktion / 5 äussere Beplankung plus evtl. diffusionsoffene Fassadenbahn / 6 Holzbauelement mit Wärmedämmung

Gängige Befestigungstechniken für Photovoltaikfassaden

mit Modülhaken geschuppt	mit Modulklemmen	mit Montageklemmen eingehängt	mit Montageschiene, Verklebung SSG oder Acryl-Tape
			
1 PV-Modul ohne Rahmen / 2 PV-Modul mit Rahmen / 3 Absturzsicherung			

Quelle: SIA2062

# Ausgangslage Brandprävention Photovoltaikfassaden

- Solarmodule liefern Brandbeitrag, Brandverhaltensgruppe RF3 oder RF2
- Für Solarfassaden gelten die VKF-Brandschutzvorschriften für Aussenwandbekleidungssysteme
- Für mittlere Gebäude (ab 11m bis 30m) werden VKF anerkannte Systeme oder ein Nachweisverfahren verlangt
- Gemäss Brandschutzvorschriften sind Photovoltaikfassaden ab 30m nicht zulässig
- Im VKF-Brandschutzmerkblatt «Solaranlagen» und dem Swissolar Stand-der-Technik-Papier zum Brandschutzmerkblatt wird das Thema Photovoltaikfassaden nicht explizit behandelt.

		Gebäude geringer Höhe				Gebäude mittlerer Höhe				Hochhäuser			
		Klassifiziertes System	Aussenwandbekleidung	Wärmedämmschicht, Zwischenschicht	Lichtbänder	Klassifiziertes System	Aussenwandbekleidung	Wärmedämmschicht, Zwischenschicht	Lichtbänder	Klassifiziertes System	Aussenwandbekleidung	Wärmedämmschicht, Zwischenschicht	Lichtbänder
Beherbergungsbetriebe [a]	Bauliches Konzept	RF1	RF2 (cr)	RF3	RF3	RF1	RF2 (cr [2])	RF3	RF3	RF1	RF2	RF3	RF3
	Löschanlagenkonzept	RF1	RF2 (cr)	RF3	RF3	RF1	RF2 (cr)	RF3	RF3	RF1	RF2	RF3	RF3
Übrige Nutzungen	Bauliches Konzept	RF2 (cr [1])	RF2 (cr)	RF2 (cr)	RF3	RF2 (cr [1] [2])	RF2 (cr [2])	RF2 (cr [2])	RF3	RF1	RF2	RF3	RF3
	Löschanlagenkonzept	RF2 (cr [1])	RF2 (cr)	RF2 (cr)	RF3	RF2 (cr [1])	RF2 (cr)	RF2 (cr)	RF3	RF1	RF2	RF3	RF3

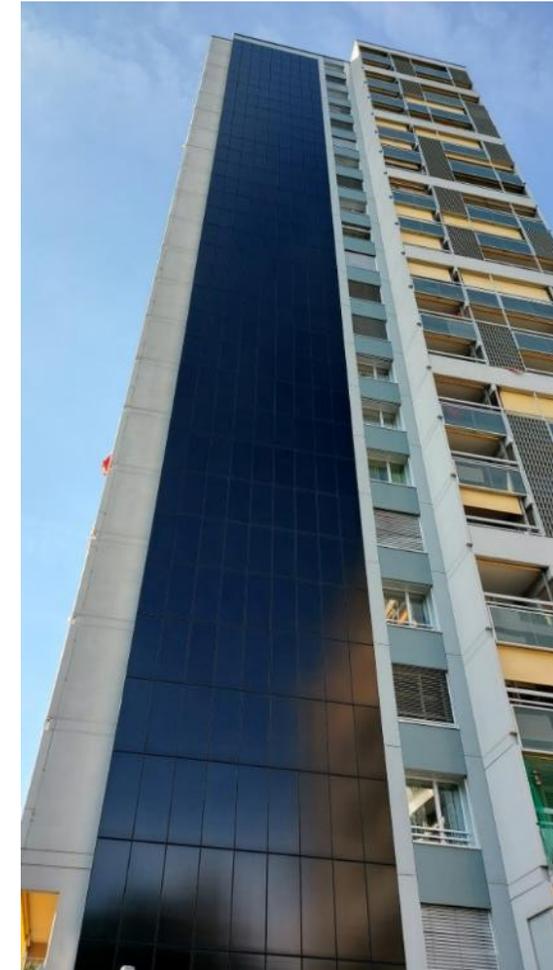
[1] Raumseitige Abdeckung gemäss Ziffer 2, Abs. 2 erforderlich.

[2] In VKF-anerkannten oder gleichwertigen Konstruktionen sind Baustoffe der RF3 zulässig.

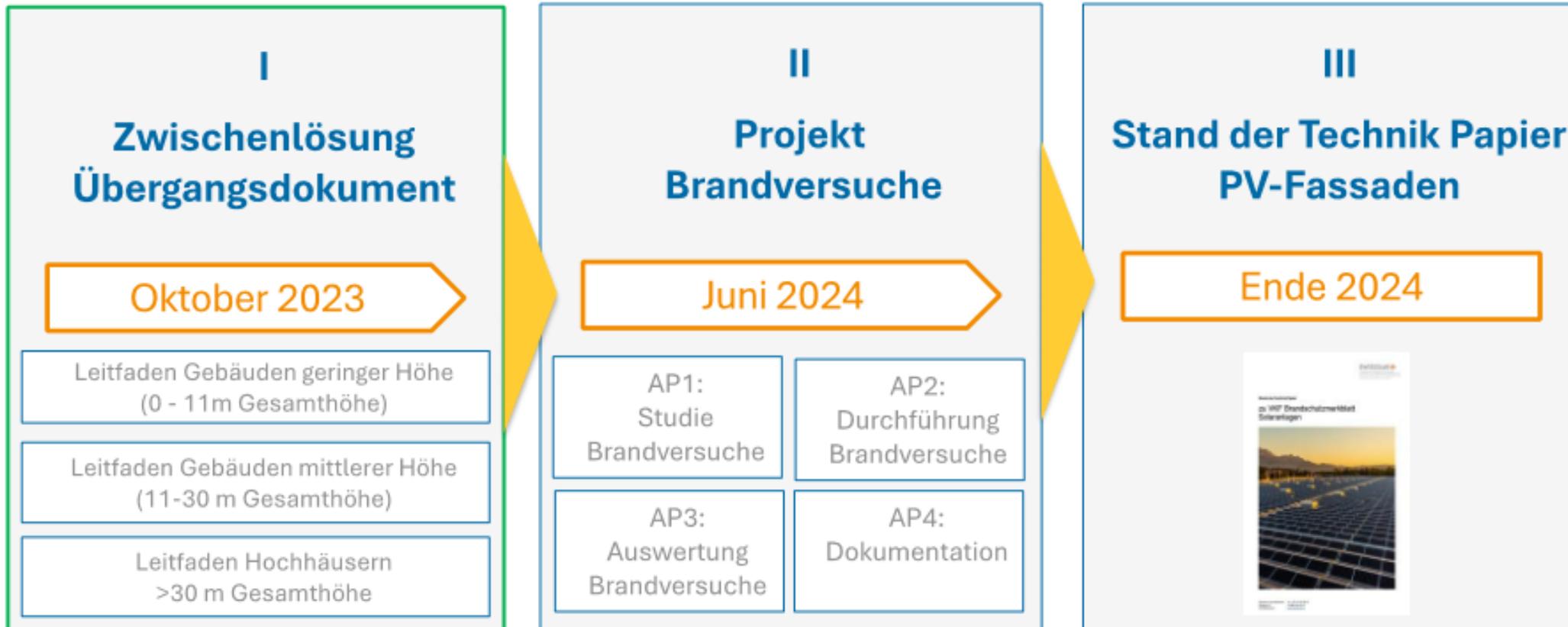
Anforderungen an das Brandverhalten von Aussenwandbekleidungen gemäss VKF

## Engagement für einen gemeinsamen Lösungsweg

- Arbeitsgruppe Gebäudeversicherung des Kanton Bern erstellte Leitfaden «Brandprävention PV-Fassaden an Hochhäusern»
- Arbeitsgruppe der Verbände Swissolar, Gebäudehülle Schweiz und Schweiz. Fachverband hinterlüftete Fassaden - SFHF mit Antrag an VKF für die Erstellung eines Stand-der-Technik-Papiers
- Objektspezifische Brandversuche von diversen Unternehmungen
- Seit 2023: Übergangsdokument für Planung und Brandschutznachweis „Brandschutz für hinterlüftete Photovoltaikanlagen an Fassaden“



# Geplantes Stand-der-Technik-Papier PV-Fassaden



Quelle: Swissolar

## **Gebäude geringer Höhe bis 11m Gesamthöhe:**

Materialanforderungen VKF-BSR «14-15 Verwendung von Baustoffen», keine Schutzziel, Feuerwehr kann intervenieren

## **Gebäude mittlerer Höhe (bis 30m Gesamthöhe)**

Aussenwandbekleidung mit Brandschutzmassnahmen unterteilen, sodass sich ein Brand um nicht mehr als zwei Geschosse oberhalb des Brandgeschosses ausbreiten kann.

Zugang die Feuerwehr ans Gebäude muss gewährleistet sein

## **Hochhäuser (30m bis 100m Gesamthöhe)**

Aussenwandbekleidung mit Brandschutzmassnahmen pro Etage unterteilen, sodass sich bei Brand das Feuer nicht auf die nächste Geschossebene ausbreiten kann.

Vertikalen Fluchtwege dürfen nicht beeinträchtigt werden.



# Nachweisverfahren und Qualitätssicherung

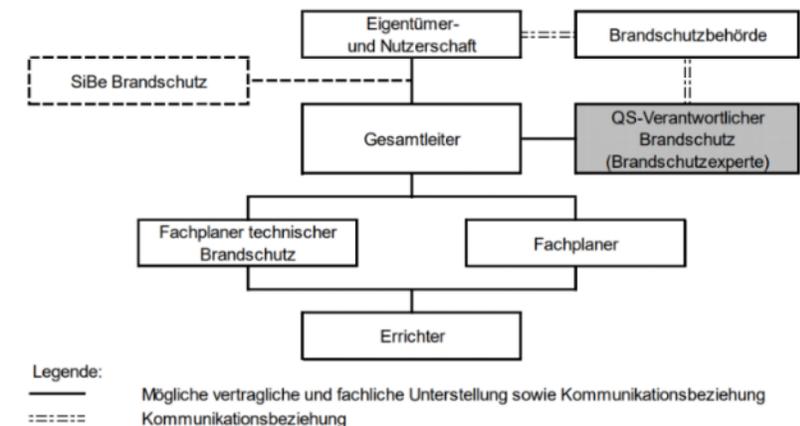
## Systematik

Die übergeordneten Schutzziele der Brandschutzvorschriften müssen durch zusätzliche Massnahmen nachgewiesen und erreicht werden.

- Objektspezifische Schutzziele müssen definiert werden
- Eine Grobkonzept ist bei der Brandschutzbehörde einzureichen

## Qualitätssicherung im Brandschutz nach VKF-BSR «11-15

- Nachweisverfahren erfolgt durch einen VKF anerkannten Brandschutzexperten gemäss Qualitätsstufe QSS3.
- Der QSS3 ist erste Ansprechperson gegenüber der Brandschutzbehörde
- Im Nachweisverfahren sind weiter Bauherr, PV-Planer, Fassadenplaner involviert



# Systemkategorien für das Nachweisverfahren

## Drei Systemkategorien zur Bestimmung des Nachweisverfahrens

- Systemkategorie 0: kein Nachweis erforderlich
- Systemkategorie 1: Nachweisverfahren mit argumentativen Nachweisen möglich
- Systemkategorie 2: Nachweis nur mit Nachweis mittels Brandversuche

SWISSOLAR   
Schweizerischer Fachverband für Sonnenenergie

### Brandschutz für hinterlüftete Photovoltaikanlagen an Fassaden

Übergangsdokument für Planung und Brandschutznachweis  
gültig bis 31.12.2024



Version 1.00  
Zürich, 26.10.2023  
Übergangsdokument für Planung und Brandschutznachweis  
© Copyright Swissolar

Swissolar  
Geschäftsstelle  
Neugasse 6  
CH-8005 Zürich

Tel +41 44 250 88 33  
[info@swissolar.ch](mailto:info@swissolar.ch)  
[www.swissolar.ch](http://www.swissolar.ch)

Swissolar | Neugasse 6 | CH-8005 Zürich

# Gebäude mittlerer Höhe

## Systemkategorie 0:

- VKF-anerkannte oder gleichwertige Konstruktion

## Systemkategorie 1:

- Geschossweise horizontale Brandschutzmassnahme
- Glas-Glas PV- Module min. 2 x 4 mm, wenn gerahmt reduzierte Glasstärke min. 2 x 1.6 mm
- Klassifizierung von mindestens B-s3,d1 gemäss SN EN 13501-1
- Keine Modulwechselrichter und Optimierer in der Hinterlüftung

## Vereinfachte Bedingungen:

- Gebäude mit Löschanlagenkonzept
- Aussenwand mit Feuerwiderstand inkl. Fenster, PV- Module mit Glas-Folien Klassifizierung RF2 (cr) möglich

## Systemkategorie 2:

- Anlagen, die einzelne Anforderungen der Systemkategorie 1 nicht erfüllen
- Brandschutzkonzept des Gebäudes entspricht den Brandschutzvorschriften



Zusätzlich zu den Bestimmungen gemäss Stand-der-Technik-Papier „Brandschutz Solaranlagen“:

- Anschlusskabel / Stecker, Kabelführung n der Fassade, Wechselrichterkonzept
- Bauliche Schutzmassnahmen, wie horizontale / vertikale Brandschutzmassnahmen
- Erstellung eines Unterhaltskonzepts

	<b>Gebäude geringer Höhe</b>	<b>Gebäude mittlerer Höhe</b>	<b>Hochhäuser</b>
Überwachung	Empfohlen	Pflicht	Pflicht
Inspektion mindestens alle	5 Jahre (empfohlen)	3 Jahre	2 Jahre

# Energetische und wirtschaftliche Bewertung

Mit Unterstützung von



Studie an fünf realisierten Gebäuden, zwei Sanierungen und drei Neubauten

- Abgrenzung der Investitionskosten – Bauteil und Solar
- Berechnung der realen Ausführung sowie Ausführungsvarianten am Objekt
- Bewertung der Wirtschaftlichkeit – Eigenkapitalrendite als relevante Kenngrösse



Berechnungsformel:

$$\text{Eigenkapitalrendite} = \frac{\text{Abschreibung Investition} + \text{Erlös PV} - \text{Unterhalt PV} - \text{Annuität Fremdkapital}}{\text{Eigenkapitalinvestition} - \text{Förderbeiträge} - \text{Steuerabzug}}$$

Annahmen: Eigenkapitalanteil: 30%

Gewichtete Nutzungsdauer: Fassade mit PV: 35 Jahre, Fassade ohne PV: 50 Jahre

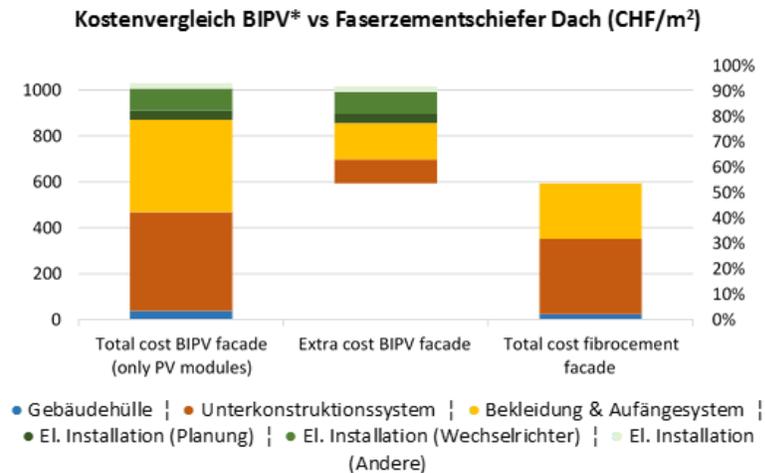
Kalkulationszinssatz: 1.5%

# Investitionskosten vollintegrierte PV-Fassade

## Mehrfamilienhäuser Zürich – Neubauten, 2018

### Kennzahlen

PV Module	Monokristallin, div., farbig
Traditionelle Vergleichsbekleidung	Faserzementschiefer
Fassadefläche	1062 m <sup>2</sup>
Gesamtkosten BIPV	1032 CHF/m <sup>2</sup>
Gesamtkosten Faserzementziegel	595 CHF/m <sup>2</sup>
Extrakosten BIPV	437 CHF/m <sup>2</sup>
Extrakosten BIPV	42 %



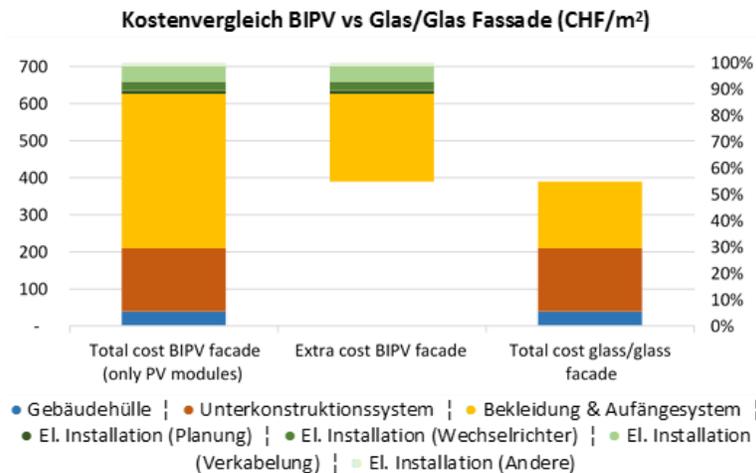
- Gesamtkosten Solarfassade: 1'032 CHF/m<sup>2</sup>
- Basiskosten einer inaktive Faserzementfassade : 595 CHF/m<sup>2</sup>
- Massgefertigte Solarfassade mit Farbbeschichtung, Zusatzkosten Photovoltaik: 437 CHF/m<sup>2</sup> entspricht 42%
- EiV ab April 2025 mit Neigungswinkelbonus: ca. 120 CHF/m<sup>2</sup> (400.- CHF/kWp zuzgl. zur Basisvergütung)

# Investitionskosten kostenoptimierte PV-Fassade

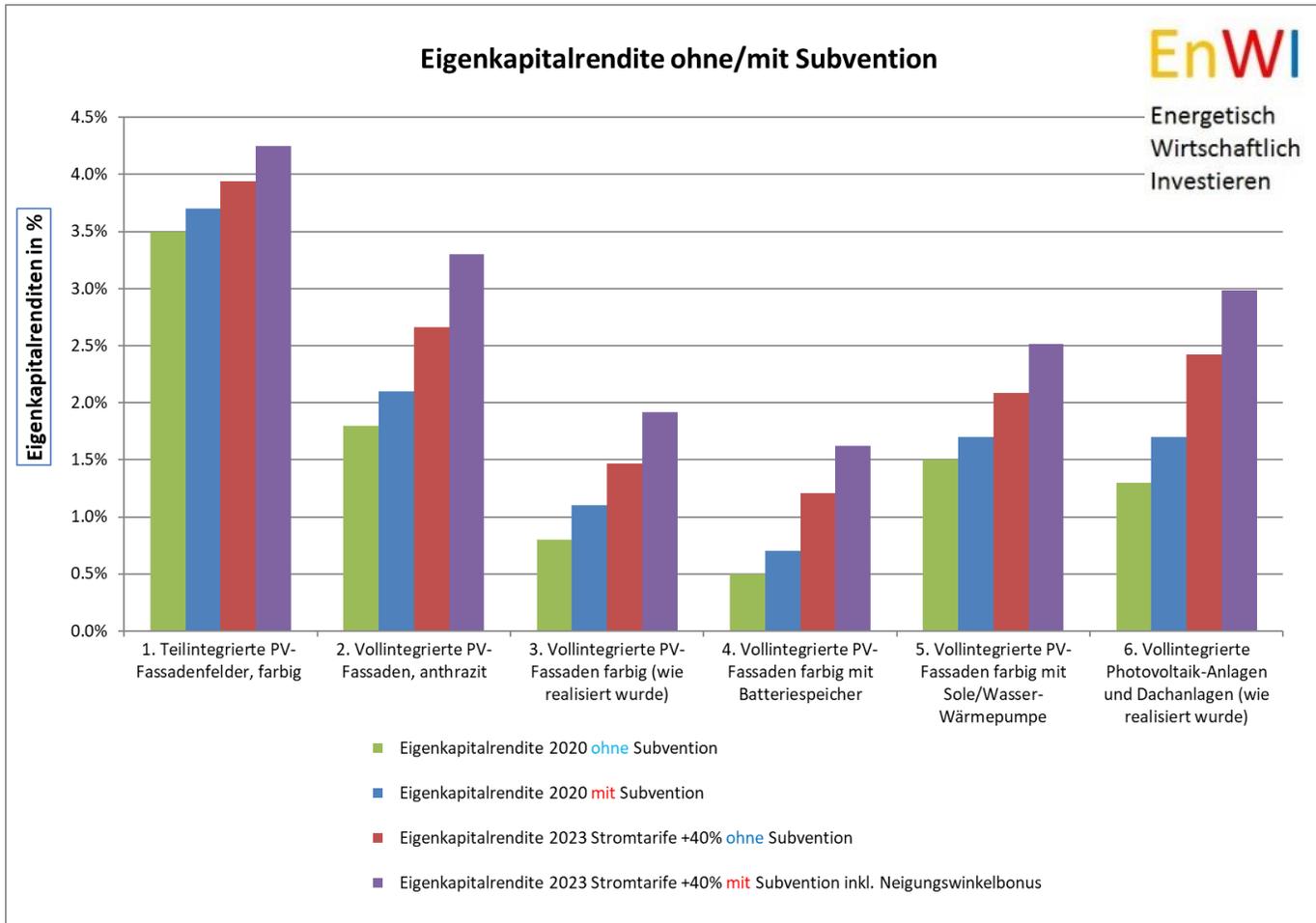
## Mehrfamilienhaus DeltaRosso Vacallo – Neue Fassade, 2017

### Kennzahlen

PV Module	Monokristallin, div
Traditionelle Vergleichsbekleidung	Glas/Glas
Fassadefläche	487.5 m <sup>2</sup>
Gesamtkosten BIPV	710 CHF/m <sup>2</sup>
Gesamtkosten Glas/Glas	390 CHF/m <sup>2</sup>
Extrakosten BIPV	320 CHF/m <sup>2</sup>
Extrakosten BIPV	45 %



- Gesamtkosten Solarfassade: 710 CHF/m<sup>2</sup>
- Basiskosten für die inaktive Glasfassade: 390 CHF/m<sup>2</sup>
- Kostenoptimierte Solarfassade mit einfacher Befestigung und einheitlichen Solarmodulen, Zusatzkosten Photovoltaik: 320 CHF/m<sup>2</sup> entspricht 45%
- EIV ab April 2025 mit Neigungswinkelbonus: ca. 160 CHF/m<sup>2</sup> (400.- CHF/kWp zuzgl. zur Basisvergütung)



- Rendite aus Abschreibung der Basiskosten und Amortisation der Zusatzkosten «Solar» berechnen
- Architektonisch aufwendige Gestaltung, wie Farben, vollflächige Integration reduzieren die Solarrendite
- Maximierung des Eigenstromverbrauchs, z.B. durch Wärmepumpe, steigert die Rendite
- Mit steigenden Stromtarife werden stationäre Speicher finanziell interessant
- Plusenergiegebäude dank der Kombination aus PV-Dach und -Fassade

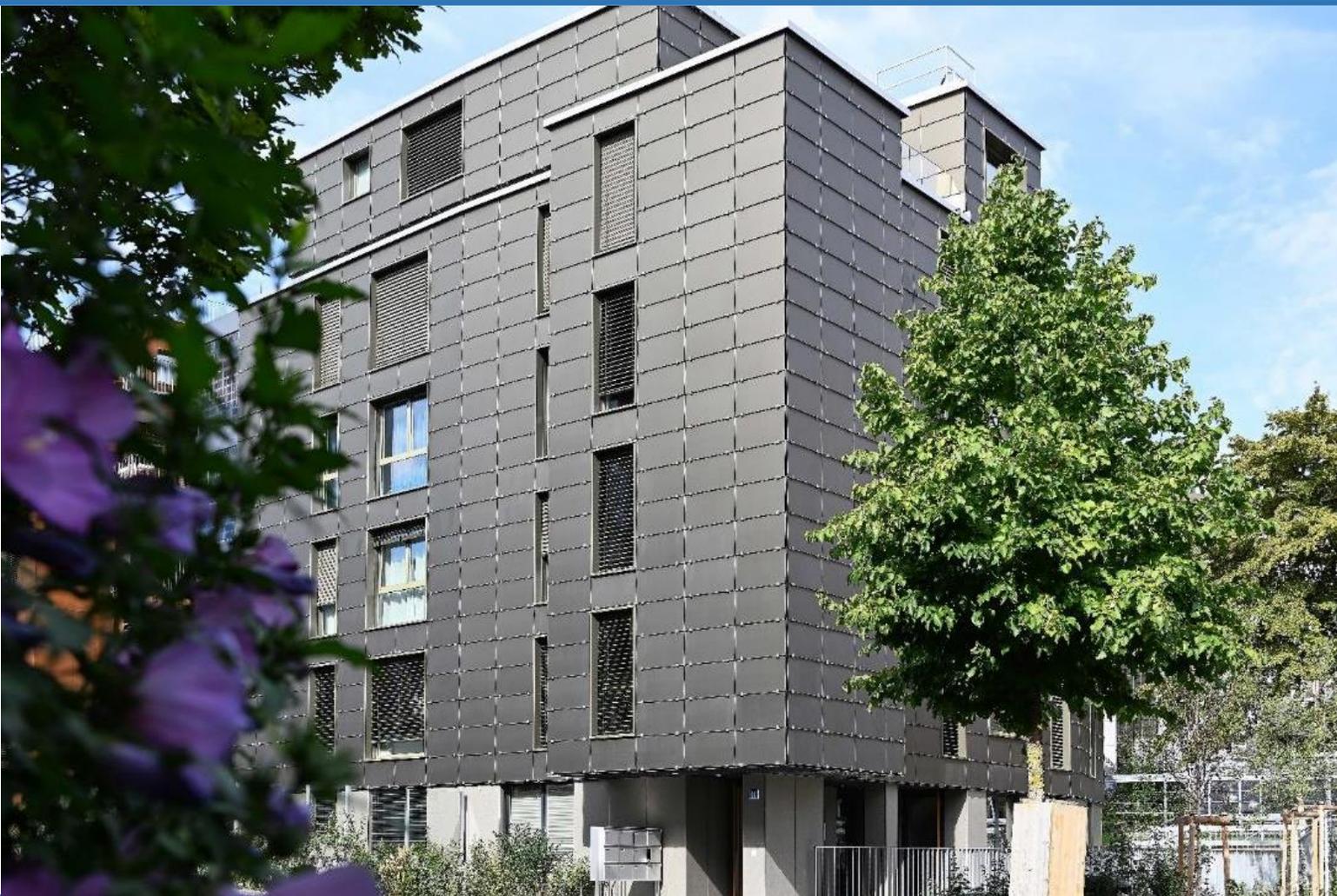
### Resultat

- Solarfassaden liefern wertvolle Grundlastenergie und keine Spitzenerträge
- An hohen Gebäuden übersteigt die Produktion umlaufender PV-Fassaden, die der Dachanlage
- Bei mehrgeschossigen Gebäuden kann nur mit PV-Fassaden eine Plusenergiebilanz erreicht werden
- PV-Fassaden bieten eine bessere Energiebilanz für das «Energiesystems Gebäude» und steigern den Autarkiegrad

### Betriebsverhalten der Teilfassaden:

- Südfassade: Effizient, bester Winterstromlieferant, bei vielen Objekten begrenztes Flächenpotential.
- Ost- und Westfassade: Liefern wertvolle Energie zu den Randzeiten.
- Nordfassade: Ertragspotential wird oft unterschätzt. Nordfassaden bieten grosses Flächenpotential und können bis zu 20% zum Gesamtertrag beitragen.

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit



Publikationen zum Thema Solarfassade:

2019, Broschüre «Solararchitektur – jetzt und für die Zukunft», im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE), CO-Autor

<https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/9662>

2020, Handlungsanweisung - Energetische und wirtschaftliche Bewertung integrierter Solaranlagen

<https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/10325>

2021, Leitfaden - Planungshinweise für den Einsatz gebäudeintegrierter Photovoltaikanlagen mit bifazialen Siliziumzellen

<https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/10614>

2022 Studie - Mehr Winterstromproduktion mit PV-Fassaden an MFHs, Messdatenanalyse an fünf Liegenschaften

<https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/11026>