



SCHWEIZERISCHER
FACHVERBAND FÜR
HINTERLÜFTETE
FASSADEN

Rev. Mai 2020

TECINFO

Fachpublikation der Technischen Kommission SFHF

Die Fassade als Kraftwerk

Möglichkeiten der Integration
von Energiegewinnungs-
systemen in vorgehängten
hinterlüfteten Fassaden

Ziel und Zweck

Die vorliegende TECINFO-Ausgabe dient Architekten und Planern sowie auch Gebäudeeigentümern und Investoren als Hilfsmittel zur konkreten Auseinandersetzung mit der Integration von Systemen zur Gewinnung von erneuerbarer Energie in der vorgehängten hinterlüfteten Fassade. Hierbei werden in erster Linie Photovoltaik, Solarthermie und thermische Luftkollektoren behandelt. Neben dem Potenzial dieser Energiesysteme werden auch die zur Verfügung stehenden Technologien eingehend beschrieben und die damit verbundenen Herausforderungen für das jeweilige Zielpublikum verdeutlicht. Diese TECINFO wird ideal ergänzt durch das Merkblatt «Photovoltaik an hinterlüfteten Fassaden» vom Verband Gebäudehülle Schweiz.





INHALT

Ziel und Zweck	2
Hintergrund	4
Allgemeine Vorteile einer energieerzeugenden VHF	5
Sonneneinstrahlung	6
Energieleistung der Sonne in der Schweiz	7
Schon gewusst?	8
Die verschiedenen Energiegewinnungssysteme	9
Photovoltaik	9
Solarthermie	12
Thermische Luftkollektoren	14
Barrieren und Hindernisse	16
Herausforderungen	17
Interview mit einem Pionier	18
Vision «das Gebäude als Kraftwerk»	20
Kennwerte und Ertragszahlen	21
Energiegewinnung mit der Gebäudehülle	22
Zusammenfassung und Ausblick	23

Ventilator wird zu TECINFO

Der Inhalt dieser TECINFO ist identisch mit «Ventilator 5» vom März 2015.



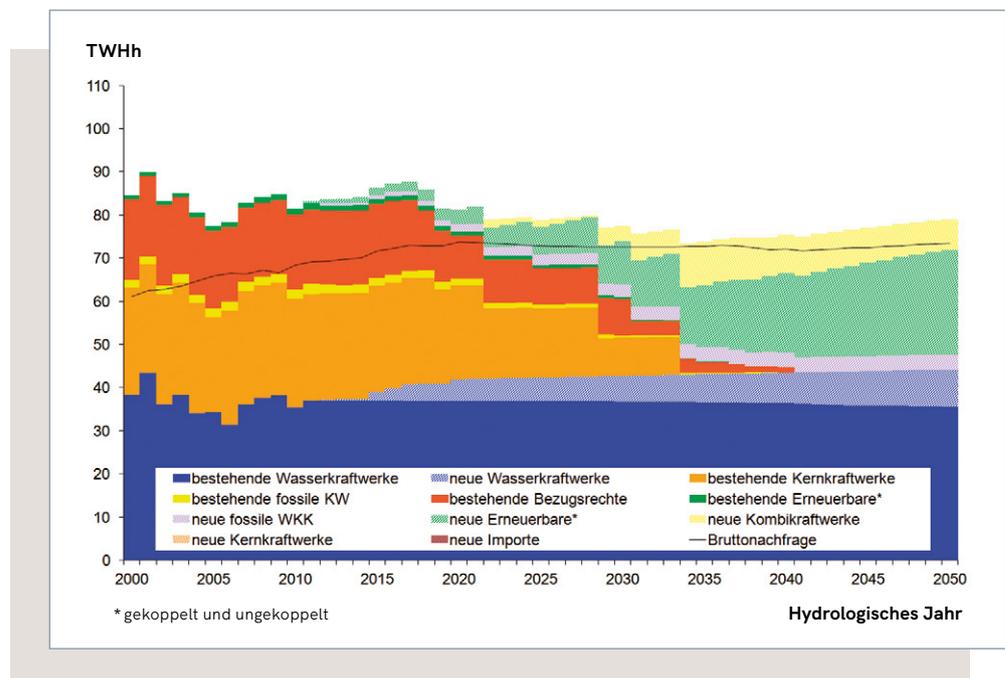
Hintergrund

Im Jahr 2011 haben die Schweizer Regierung und das Parlament den Ausstieg aus der Atomenergie beschlossen. Dies hat zur Folge, dass der bisherige Anteil der Atomenergie an der Stromproduktion in der Schweiz künftig auf andere Weise gewonnen werden muss. In diesem Zusammenhang wird immer öfter der Begriff «Energiewende» genannt. Diese soll durch die Energiestrategie des Bundes bis zum Jahr 2050 umgesetzt werden.

Bis dahin werden Systeme für die Gewinnung von erneuerbarer Energie eine zunehmende Rolle spielen. Dies wird durch die unten dargestellte Grafik zum prognostizierten Energiemix bis ins Jahr 2050 eindrücklich belegt. Gerade für ein kleines Land wie die Schweiz stellt dieser Sachverhalt eine grosse Herausforderung dar, da zur Nutzung der solaren Energiegewinnung entsprechende Flächen zur Verfügung stehen müssen. Die besondere Topologie der Schweiz verlangt einen bewussten Umgang mit der begrenzt vorhandenen Siedlungsfläche. Grossflächige Solarparks, wie man sie von anderen europäischen Ländern kennt, sind in

der Schweiz nur begrenzt möglich. Es bietet sich daher an, energiegewinnende Systeme in die Gebäudehülle des Schweizer Baubestandes zu integrieren. Der prognostizierte Trend steigender Energiekosten und sinkender Investitionskosten für die erneuerbaren Technologien begünstigt diese Tendenz zusätzlich. Diese Argumentation verdeutlicht, dass sich die funktionalen Aspekte der Gebäudehülle zukünftig ändern werden. Zusätzlich zu den bisherigen Funktionen wie Wetterschutz und Ästhetik kommt nun der Aspekt der Energiegewinnung dazu: Die Gebäudehülle übernimmt die Rolle eines Kraftwerks.

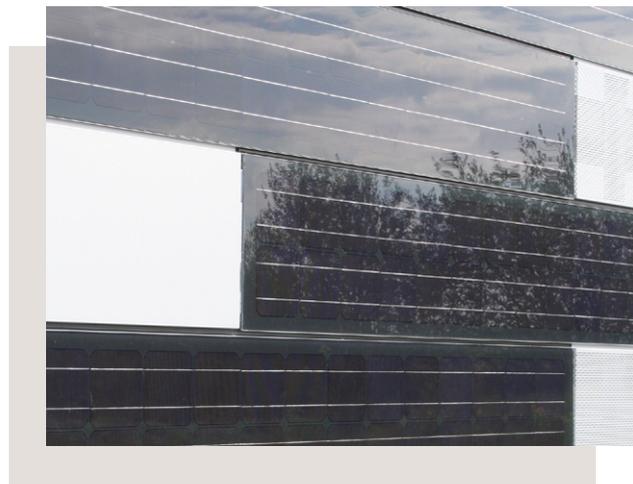
Entwicklung des Elektrizitätsangebots 2000 bis 2050 in TWh, Variante C&E, Szenario «Politische Massnahmen Bundesrat (POM)»



Allgemeine Vorteile einer energieerzeugenden VHF

Die vorgehängte hinterlüftete Fassade (VHF) ist gegenüber anderen Fassadensystemen prädestiniert für die Integration von Systemen zur Erzeugung erneuerbarer Energie.

- Nur energieerzeugende Konstruktionen können sich selber amortisieren.
- Da ein energieerzeugendes System in der Fassade auch funktionelle Aufgaben einer Fassadenbekleidung wahrnimmt (z.B. Witterschutz), sind die relativen Mehrkosten für eine fassadenintegrierte Anwendung gegenüber einer Anwendung im Dach geringer.
- Die marktüblichen Unterkonstruktionssysteme können ohne grosse Änderungen für den Einbau von Modulen verwendet werden.
- Die Anschlussdetails sind einfach zu lösen.
- Der erforderliche Hinterlüftungsraum kann einfach den entsprechenden Bedürfnissen angepasst werden.
- Die technischen Installationen können geschützt im Hinterlüftungsraum geführt werden.
- Bei der energetischen Ertüchtigung eines bestehenden Gebäudes durch zusätzliche Wärmedämmung kann mit wenig Zusatzaufwand ein System zur Energiegewinnung eingebaut werden.



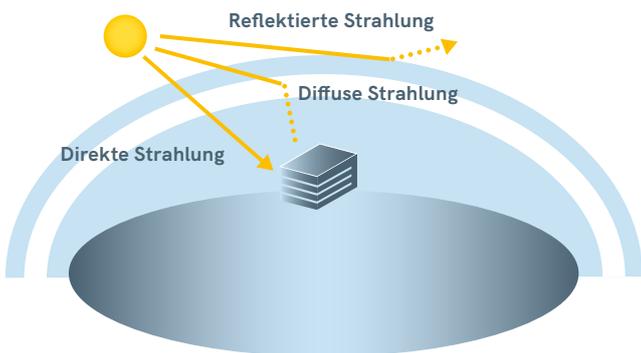
- PV-Module und Kollektoren sind in der VHF optimal kombinierbar mit verschiedensten Fassadenbekleidungen (Form, Farbe, Struktur etc.). Die gesamte Erscheinung der Fassade wird dadurch erheblich aufgewertet.
- Im Gegensatz zu Aufdachanlagen spielen Verschmutzungen und damit verbundene Leistungseinbußen in der Fassade eine wesentlich geringere Rolle. Leistungseinbußen durch schneebedeckte Module können in der Fassade praktisch ausgeschlossen werden.
- Die Wartung und der Austausch von defekten Komponenten kann problemlos erfolgen.
- Energieerzeugende Fassadensysteme überzeugen durch eine eigenständige Amortisation und aufgrund der verwendeten Werkstoffe durch eine hohe Lebenserwartung. Gerade bei tiefstehender Sonne im Winter ist der Ertrag in der Fassade gegenüber dem des Daches höher. Da im Winter weniger Strom aus erneuerbarer Energie zur Verfügung steht, ist dieser so gewonnene Strom «wertvoller».

Sonnen- einstrahlung

Globalstrahlung

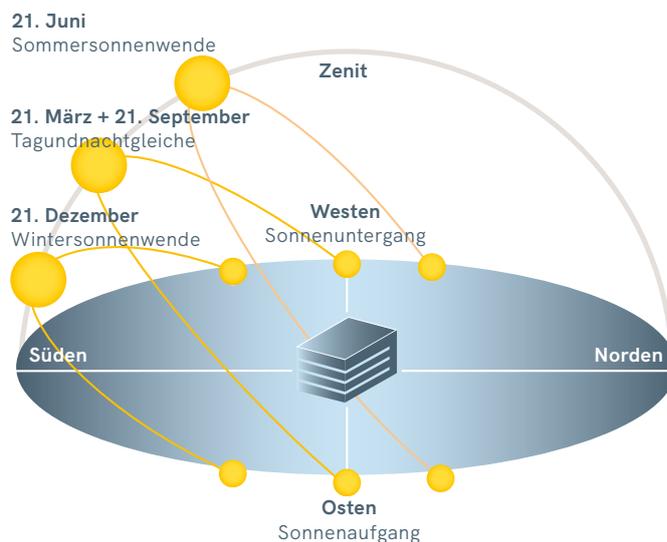
Unter Globalstrahlung versteht man die gesamte an der horizontalen Erdoberfläche auftreffende Sonnenstrahlung. Da die meisten Anwendungen wie z. B. Photovoltaikanlagen oder Gebäudefassaden nicht horizontal angeordnet sind, muss die Globalstrahlung für jede beliebige Ausrichtung umgerechnet werden. Die Globalstrahlung kann in direkte Strahlung und in diffuse Strahlung aufgeteilt werden.

- **Die direkte Strahlung** erreicht uns direkt von der Sonne.
- **Die diffuse Strahlung** erreicht die Erdoberfläche indirekt, indem die Sonnenstrahlen von Wolken, Wasser oder Staubteilchen in der Atmosphäre gestreut oder vom Gelände reflektiert werden. Die Bedeutung der diffusen Strahlung ist höher bei bewölktem oder trübem Himmel sowie in schneebedecktem Gelände.
- **Die reflektierte Strahlung:** ein Teil der Strahlung wird bereits bei Eintritt in die Atmosphäre reflektiert.



Sonnenscheindauer

Die Sonnenscheindauer zeigt an, ob und wie lange die Sonne geschienen hat. Sie wird anhand der direkten Strahlung hergeleitet und ist von klimatologischer Bedeutung, da sie seit Langem an Stationen direkt gemessen wird. Die volle Nutzung der Sonnenscheindauer in Form direkter Einstrahlung ist nur bei speziellen Anwendungen möglich.

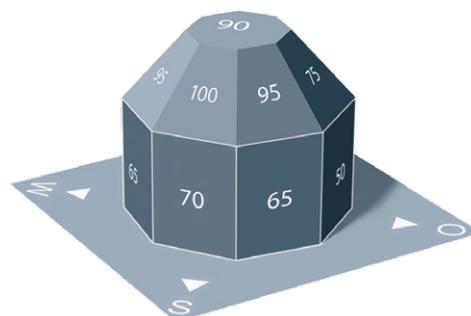


Direkt-Normalstrahlung

Die Direkt-Normalstrahlung ist die direkte Strahlung, die senkrecht zur Einstrahlungsrichtung der Sonne auftrifft. Die Planung von solarthermischen Kraftwerken setzt eine genaue Abschätzung der Direkt-Normalstrahlung voraus.

Strahlung auf geneigte Oberflächen

Es existiert weitläufig die Meinung, dass Photovoltaikanlagen immer mit einer Neigung von 20° bis 30° nach Süden ausgerichtet sein müssen (100 Prozent Ertrag). Die untenstehende Grafik verdeutlicht jedoch, dass gut ausgerichtete Anlagen in der Fassade ebenfalls hohe Erträge (70 Prozent) erzielen. Auch bei nicht optimaler Ausrichtung lassen sich dennoch sehr hohe Erträge erwirtschaften.



Quelle Grafiken:
MeteoSchweiz

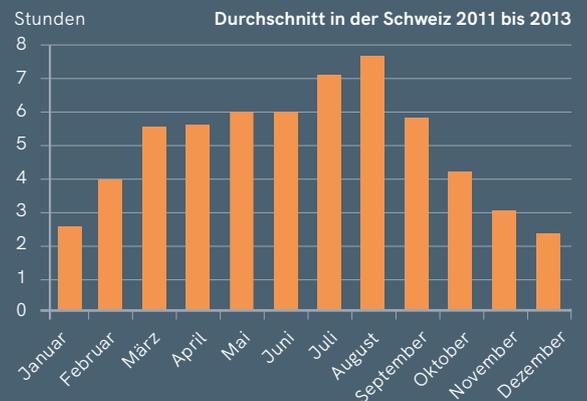
Energieleistung der Sonne in der Schweiz

Die Sonneneinstrahlung in der Schweiz beträgt je nach Region zwischen 1000 und 1500 kWh pro m² und Jahr, was eine sehr gute Voraussetzung für die Nutzung der Solarenergie darstellt.

Die Sonne liefert der Schweiz jährlich 220 Mal mehr Energie, als wir verbrauchen. Gemäss dem Branchenverband Swissolar könnte mit Photovoltaik bis 2025 20 Prozent des heutigen Strombedarfs in der Schweiz gedeckt werden. Die Sonneneinstrahlung hängt von der Jahreszeit und der Witterung ab. Die Sonnenenergie allein kann den Energiebedarf der Schweiz nicht decken, jedoch in Kombination mit anderen erneuerbaren Energiequellen einen beträchtlichen Beitrag leisten.

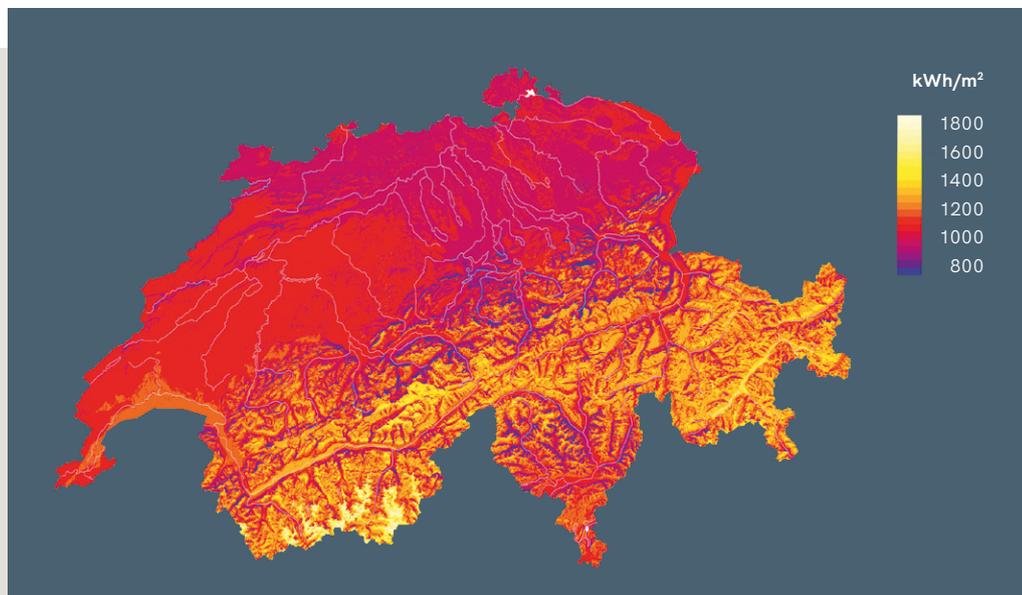
In der Schweiz stehen mehr als 150 Quadratkilometer geeigneter Oberflächen wie Fassaden, Dächer und Parkplätze zur Verfügung, welche zur Produktion von Solarenergie genutzt werden können.

Sonnenscheindauer pro Tag

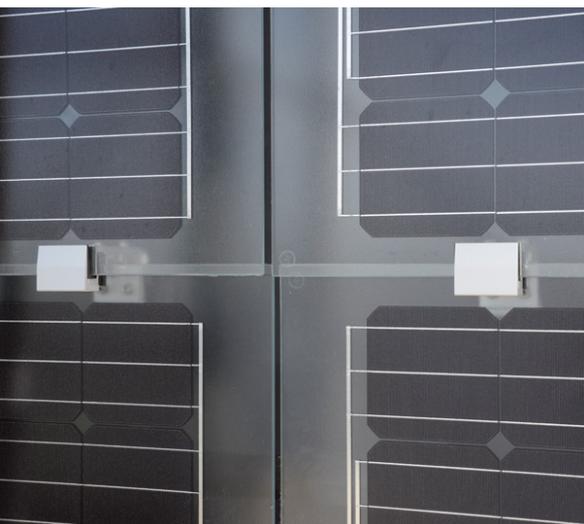


Quelle: MeteoSchweiz

Quelle: www.meteonorm.com



Schon gewusst?



Autarke Gebäude	Bedeutung unabhängig. Die vom Gebäude benötigte Energie wird selber gewonnen.
Degradation	Minderung der Anlageleistung über eine bestimmte Zeit (wird meist in Prozent angegeben).
EIV	Einmalvergütung. Dabei handelt es sich um eine einmalige Investitionshilfe.
Energiestrategie 2050	Das Ziel der Strategie besteht darin, bis im Jahr 2050 den Energieverbrauch zu senken und den Anteil der erneuerbaren Energie in einem zeitgemässen und wirtschaftlich tragbaren Rahmen zu erhöhen.
KEV	Kostendeckende Einspeisevergütung. Mit der KEV wird der Bau von neuen Energiegewinnungsanlagen, welche Strom aus erneuerbaren Energien erzeugen, gefördert. Swissgrid ist die zentrale Anlaufstelle für die Anmeldung.
kWh/a	Energiemenge (Bedarf oder Ertrag) gemessen in Kilowattstunden bezogen auf den Zeitraum eines Jahres.
kWp Anlageleistung	Die Leistung einer PV-Anlage wird in Kilowatt Peak (kWp) angegeben. Die Bezeichnung «Peak» bezieht sich dabei auf die höchstmögliche Leistung der Anlage. Die Spitzenleistung der Solarmodule wird auch als Nennleistung bezeichnet.
Payback	Rückfluss der getätigten Investitionskosten in Form von Energie.
Peaktime	Zeitraum mit dem höchsten zu erwartenden Ertrag.
Photovoltaik	Technologie zur Umwandlung der Sonnenstrahlung in elektrische Energie.
Solarthermie	Technologie zur Umwandlung der Sonnenstrahlung in nutzbare thermische Energie.
Solare Luftkollektoren	Technologie zur (Vor-)Erwärmung von Frischluft und zur Nutzung dieser Luft für Heiz-, Lüftungs- oder Trocknungszwecke.
Wirkungsgrad	Der Wirkungsgrad gibt an, wie viel der durch die Sonneneinstrahlung verfügbaren Energie in Strom umgewandelt werden kann (Angabe in Prozent).

Die verschiedenen Energiegewinnungssysteme

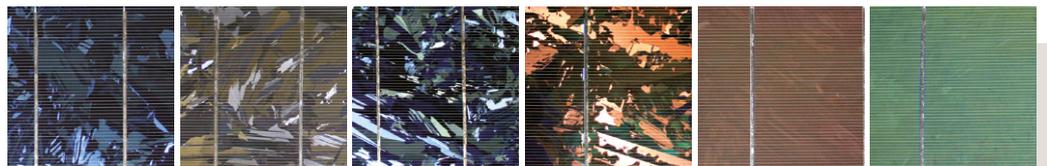
Photovoltaik

Der Begriff Photovoltaik steht für die Umwandlung solarer Strahlung in Elektrizität. Die so gewonnene Energie kann zum Eigengebrauch oder zur Einspeisung in das Stromnetz verwendet werden.

PV-Module können einfach installiert und verkabelt werden (plug&play). Dabei können die Kabel geschützt vor Umwelteinflüssen im Hinterlüftungsraum geführt werden.

Der Gestaltungsvielfalt sind keine Grenzen gesetzt, da die PV-Module in objektbezogenen Formen und verschiedenen Größen herstellbar sind.

Darüber hinaus stehen verschiedene Farben für Zellen und Folien oder auch transparente Module für individuelle Gestaltungsmöglichkeiten zur Verfügung.

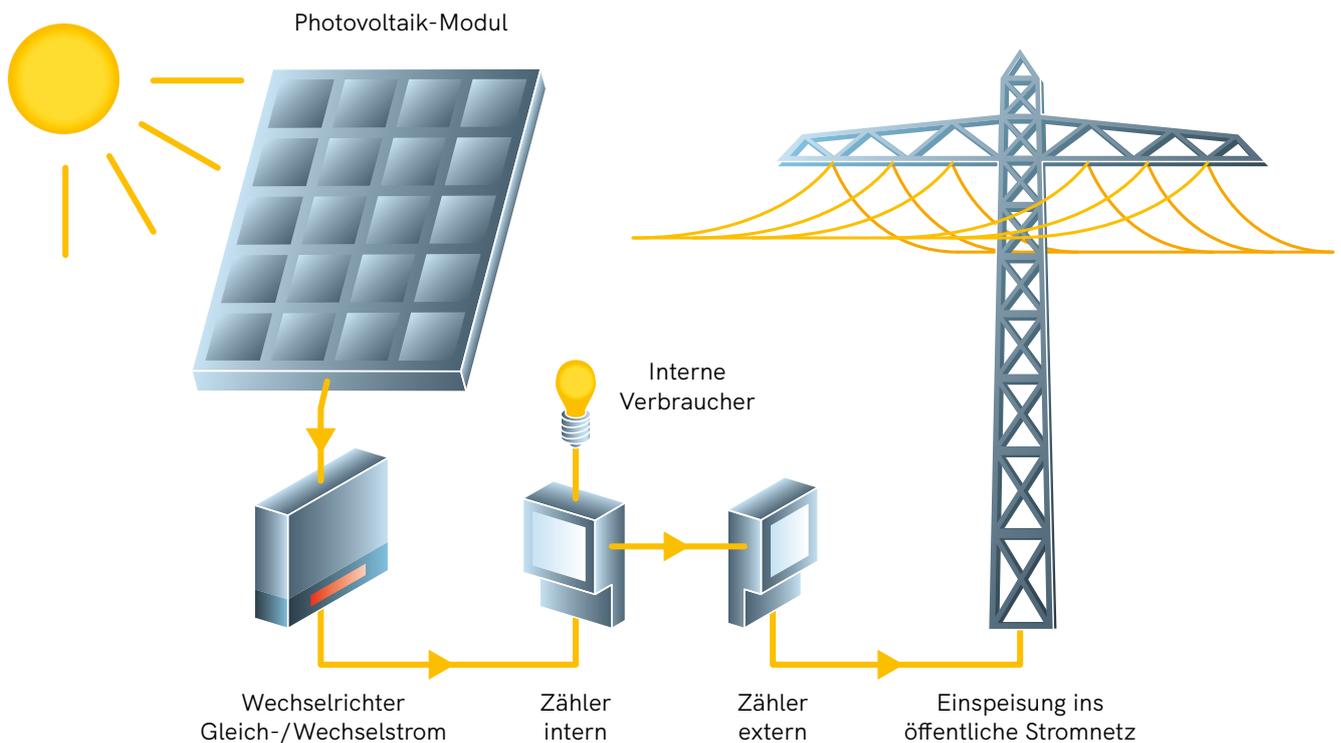


Zur Herstellung der Photovoltaik-Zelltypen existieren verschiedene aktive Materialien und Technologien, deren gängige Typen nachfolgend dargestellt und charakterisiert sind:

Technologie	Charakteristik	Wirkungsgrad Kosten	Aussehen
Kristallin			
Monokristallines Silizium	Homogenes Erscheinungsbild, tiefes Blau bis dunkles Anthrazit		
Polykristallines Silizium	Lebhaftes Erscheinungsbild		
Dünnschicht			
CIS (Kupfer-Indium-Diselenid) CdTe (Cadmium-Tellurid)	Geeignet für Einsatzumgebungen mit geringer Lichteinstrahlung		
a-Si (Amorphes Silizium)	Dunkelbraune bis violette Färbung		

Ein Photovoltaik-System setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:

Photovoltaik-Modul	Die Zellen des Solarmoduls wandeln das Sonnenlicht durch den photovoltaischen Effekt in Gleichstrom um.
Wechselrichter	Wandelt den Gleichstrom aus den Modulen in phasengleichen Wechselstrom um.
Verkabelung	Verbindet die Systemkomponenten miteinander und transportiert den erzeugten Strom.
Solarstromzähler	Misst die Leistung und die damit erzeugte Energiemenge.
Umschalter	Entscheidet, ob Strom ins Stromnetz eingespeist oder daraus bezogen wird.
Einspeise- und Bezugszähler	Misst die Energiemenge, die aus dem Netz bezogen oder ins Netz eingespeist wird.
Speicher in Verbindung mit Laderegler (optional)	Eröffnet die Möglichkeit, den selbst produzierten Strom für eine spätere Verwendung zwischenzuspeichern.





Kasparstrasse in Bern

Installierte Leistung	43,07 kWp
Jahresertrag	30 500 kWh
Technologie	Dünnschicht
Fläche PVA	330 m ²
Ausrichtung	Süd



Buchenhof in Sursee

Installierte Leistung	148 kWp
Jahresertrag	88 000 kWh
Technologie	Dünnschicht
Fläche PVA	1602 m ²
Ausrichtung	Ost / Südost / Süd / Südwest



Wohn- und Gewerbehaus Kobiboden in Einsiedeln

Installierte Leistung	27,30 kWp
Jahresertrag	20 622 kWh
Technologie	monokristallin
Fläche PVA	155 m ²
Ausrichtung	Südost / Südwest

Solarthermie

Die Technologie der Solarthermie wandelt solare Strahlung in nutzbare Wärme um.



Das unten skizzierte Funktionsprinzip ist sehr einfach: In einem speziell beschichteten Absorber zirkuliert in Rohrleitungen eine Wärmeträgerflüssigkeit. An diese Flüssigkeit wird die Wärme des Sonnenlichts abgegeben. Die so erwärmte Flüssigkeit wird in den Wärmetauscher des Speichers geleitet, wo sie die Wärmeenergie auf das Brauch- oder Heizungswasser überträgt.

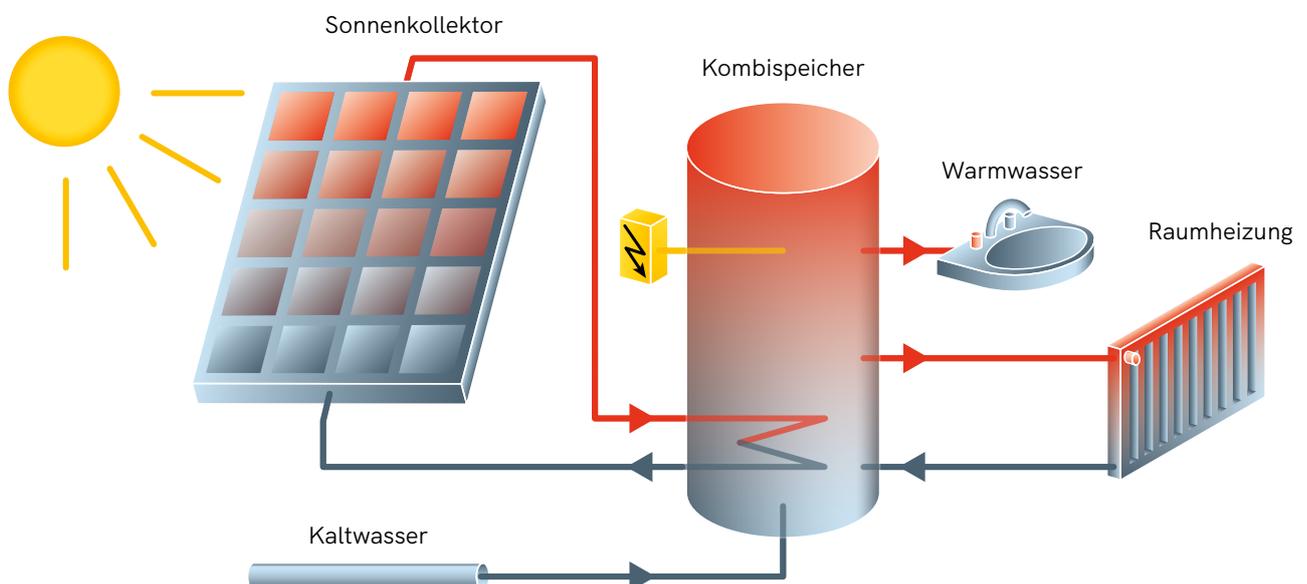
Das System setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:

- Kollektor
- Leitungssystem
- Speicher
- Wärmetauscher

Kollektorentypen

- Röhrenkollektoren
- Flachkollektoren

Vor allem im Winter zeigen sich die Vorteile eines in die Fassade integrierten Systems im Gegensatz zu einer Anwendung auf dem Dach, weil der Schnee den Kollektor nicht bedecken kann. Gerade bei niedrigen Temperaturen und intensiver Sonneneinstrahlung im Winter arbeiten die Solarkollektoren sehr effektiv. Damit liefern die Kollektoren gerade zu dieser Jahreszeit einen wertvollen energetischen Beitrag.





Einfamilienhaus in Oberbüren

Jahresertrag	4200 kWh
Kollektorfläche	20 m ²
Ausrichtung	Südost



Plusenergiehaus in Bennau

Jahresertrag	30 000 kWh
Kollektorfläche	146 m ²
Ausrichtung	Südwest



Einfamilienhaus in Gams

Jahresertrag	1200 kWh
Kollektorfläche	6 m ²
Ausrichtung	Südwest

Thermische Luftkollektoren

An direkt bestrahlten Oberflächen erwärmt sich die Umgebungsluft auch in den kalten Jahreszeiten relativ schnell.

Die Technologie der solaren Luftkollektoren nutzt diesen Sachverhalt, indem die Schicht erwärmter Luft z. B. über Mikroperforationen in der Oberfläche von Blechen kontrolliert in den Hinterlüftungsraum angesaugt wird.

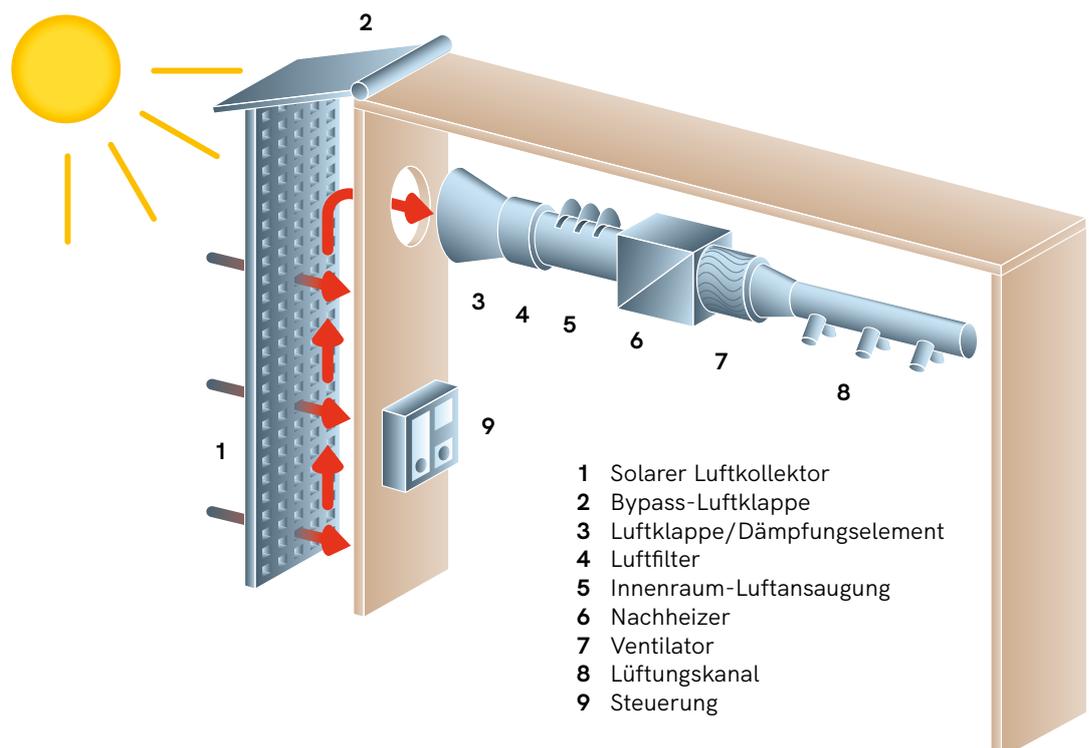
Mit dem Prinzip einer hinterlüfteten Fassade wird die so erwärmte Frischluft über ein Lüftungssystem direkt in das Gebäude geleitet oder – falls die Kollektorausstrittstemperatur nicht ausreichend ist – durch einen nachgeschalteten Luftheizer auf das gewünschte Temperaturniveau gebracht.

Solare Luftheizsysteme setzen sich aus folgenden Komponenten zusammen:

- unabgedeckte, in der Regel mikroperforierte Bleche als Absorber
- Hinterlüftungsraum als Luftsammler
- Lüftungssystem mit Ventilator, Luftfilter und ggf. Luftzusatzheizer

Durch solare Luftkollektoren lassen sich gemäss Herstellerangaben bis zu 50 Prozent des Heizwärmebedarfs von Gebäuden mit Grossfassaden wie Industrie- und Lagerhallen sehr effizient decken. Da solche Luftheizsysteme einfach aufgebaut sind und sehr wenig Hilfsenergie und Wartung für den Betrieb benötigen, überzeugen sie auch mit einer optimal kurzen Amortisationszeit. Ein weiterer Vorteil ist die Tatsache, dass sich diese Technologie quasi unsichtbar in den Fassadenaufbau integrieren lässt. Insbesondere bei Sanierungen oder Erneuerungen der Gebäudehülle bietet sich die Integration eines thermischen Luftkollektors optimal an, da die Lüftungsanlage den nötigen Raumlftwechsel sicherstellt und für eine gute Luftqualität im Gebäude sorgt.

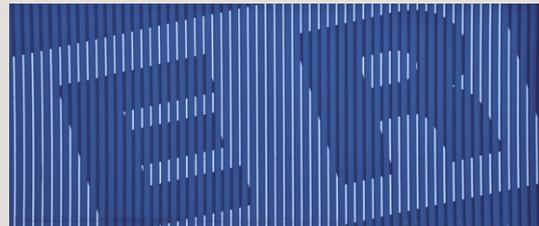
Luftkollektoren sind in der Fassade mit PV-Anlagen kombinierbar. In diesem Fall können mit der zirkulierenden Luft die PV-Module gekühlt werden. Andererseits kann mit dem erzeugten Strom unter anderem der Ventilator betrieben werden.





Leister Elektrogerätebau in Sarnen

Installierte Leistung	118 000 kWh
Kollektorfläche	1380 m ²
Ausrichtung	Süd



Vegasin-Halle, Hochschule Luzern in Horw

Luftkollektor in Kombination mit Photovoltaik-Laminaten

Installierte Leistung	3900 kWh
Kollektorfläche	24 m ²
Ausrichtung	Süd



Barrieren und Hindernisse gegenüber energiegewinnenden Systemen in der Fassade

Die in dieser TECINFO gezeigten zahlreichen Fotos verschiedener Referenzobjekte verdeutlichen, welche Möglichkeiten zur Integration energiegewinnender Systeme in der vorgehängten hinterlüfteten Fassade heutzutage bestehen und bereits erfolgreich umgesetzt werden konnten. Dennoch werden immer wieder Argumente vernommen, die gegen die Realisierung solcher Fassaden sprechen. Bei genauerer Untersuchung entpuppen sich diese Argumente jedoch leider allzu oft als Vorurteile.

So werden beispielsweise immer wieder durch unerfahrene Architekten die eingeschränkte Gestaltungsvielfalt und ein fehlendes Farbangebot bemängelt. Dabei wird jedoch vergessen, dass sehr wohl die Möglichkeit besteht, mit farbigen Zellen oder Folien individuelle Akzente zu setzen (Seite 9).

Darüber hinaus gibt es heutzutage sogar Möglichkeiten, individuelle Modulgrößen in einem standardisierten Fertigungsverfahren kostengünstig herzustellen, sodass die Rastereinteilung der Fassade nicht zwingend auf die Grösse von Standardmodulen abgestimmt werden muss.

Der oftmals genannten städtebaulichen Verschattungsproblematik lässt sich durch den Einsatz neuer Modultypen mit intelligenten Verschaltungen entgegenwirken. Selbstverständlich müssen wie bei jedem Bauvorhaben auch bei der Planung und Realisierung solaraktiver Fassaden gewisse Vorschriften und Randbedingungen beachtet werden.

Nachfolgende Darstellung hilft dabei, dass sich bei besonderen Randbedingungen und Einflussfaktoren keine Stolpersteine entwickeln:

Der Idealfall: Die Monte-Rosa-Hütte in Zermatt.
Architektur mit Vorbildcharakter im Bereich Energie- und Ressourceneffizienz mit vielen Auszeichnungen.

Ästhetik

- Gebäudeform
- Farbgebung
- Charakteristik
- Materialkombinationen

Umgebungsgestaltung

- Bepflanzung
- Nachbargrundstücke

Bauvorschriften

- Gestaltungsvorschriften
- Grenzabstände
- Spiegelungen
- Farbgebung

Verschattung

- Gebäudeabstände
- Gelände
- Pflanzen, Bäume etc.
- Technische Installationen



Foto: Tonatiuh Ambrosetti

Herausforderungen

Die Integration von energieerzeugenden Systemen in der Gebäudehülle stellt viele Projektbeteiligten vor neue Herausforderungen. Für eine erfolgreiche Projektabwicklung ist ein ganzheitlicher Planungsansatz zwingend erforderlich.

Hierzu ist bereits bei Projektbeginn ein Zusammenschluss von verschiedenen Akteuren (Elektroplaner, Heizungs- und Lüftungsplaner, Solateure, Architekten, Fassadenbauer etc.) notwendig. Eine interdisziplinäre Vorgehensweise, die sich über sämtliche Projektphasen

erstreckt, dient der Projektförderung und ist hinsichtlich eines erfolgreichen Projektabschlusses sehr von Vorteil. Diesen Ansatz haben bereits heute einige Fassadenbauer erkannt und beschäftigen zunehmend Solateure.

Phase	Bauherrschaft	Fachplaner Fassade	Fachplaner Solar	Fassadenbauer	Solarlieferant	Solateur
1 Strategische Planung						
Beratung			■			
2 Vorstudien						
Vorstudie		■	■			
3 Projektierung						
Vorprojekt		■	■			
Bauprojekt		■	■			
4 Ausschreibung						
Devisierung		■	■			
Offertbearbeitung				■	■	■
5 Realisierung						
Fassade erstellen				■		
Solarmodule liefern					■	
Solarmodule montieren				■	■	■
Elektrik montieren					■	■
Systemverantwortung Fassade				■	■	
Systemverantwortung Energiegewinnung					■	■
6 Betrieb						
Überwachung	■					
Service, Erfolgskontrolle					■	■

Systemverantwortung Fassade	Systemverantwortung Energiegewinnung
■ Verantwortlich	■ Verantwortlich
■ Unterstützend	■ Unterstützend

Interview mit einem Pionier im Bereich der solaren Energiegewinnung

SFHF

Ihr Büro befasst sich seit 20 Jahren mit Solartechnik. Wie hat sich das Aufgabengebiet über diese Zeit verändert?

Reto Miloni

In einer Welt von konstantem Wandel ändern sich Aufgaben und Anfragen sehr häufig. Davon betroffen sind natürlich auch immer aktueller werdende Themen wie die Energiewende und die Nutzung von erneuerbaren Energien. Wer sich heute Gedanken zur Solartechnologie macht, denkt morgen schon einen Schritt weiter in Richtung Plusenergie und übermorgen an das Thema Energiespeicherung.

Themen wie Energiewende, Atomausstieg, Klimawandel und Ressourcenknappheit bestimmen die Medien. Welchen Einfluss haben diese Begriffe auf die Planung und Ausführung der Gebäudehülle?

Auf der einen Seite versuchen wir natürlich, die Verluste am Gebäude zu eliminieren, indem wir immer mehr dämmen. Auf der anderen Seite ist es jedoch auch nötig, die Einnahmen zu optimieren. Es ist nicht sinnvoll, die letzte Kilowattstunde wegzudämmen. Dafür müssen wir die Gebäudehülle mit einem guten U-Wert ausstatten, um die Wärmeerzeugung zu minimieren. Daneben sollten wir die Gewinne maximieren und energieerzeugende Solarkomponenten, z. B. PV in Fassaden und Dächern integrieren.

«Die letzte Kilowattstunde wegzudämmen, macht nicht viel Sinn.»

Sie sprechen die PV in der Fassade an. Wo sehen Sie denn die Vorteile einer PV-Fassade gegenüber einer Anwendung dieser Technologie im Dach?

Bei dachparallelen Anlagen sind die Verschmutzung und Schneeabdeckung in den Wintermonaten stets ein heikles Thema. In der Fassade haben wir im Gegensatz zum Dach in etwa 30 Prozent weniger Jahresertrag. Dafür sind die Erträge in der kritischen Winterzeit aufgrund des niedrigen Sonnenstands bei der Fassade gegenüber jenen des Daches höher. Dadurch ist die Spitzenabdeckung im Winter relativ gesehen bedeutender als im Sommer.

«Pro Jahr stehen 3 Mio. m² geeignete Fassadenfläche zur Verfügung.»

Jährlich entstehen in der Schweiz bei Neubauten oder Renovationen 15 Mio. m² Fassadenfläche neu. Davon sind 20 Prozent oder 3 Mio. m² für PV geeignet. Will heissen:



Reto Miloni

Dipl. Architekt ETH/SIA;
Geschäftsführer der Miloni Solar AG, Wettingen (AG);
mehrfacher Preisträger nationaler und internationaler Solarpreise

Wir hätten ein jährliches Potenzial von 500 MW Leistung, das wir für die Solarstromerzeugung in Fassaden nutzen könnten. Zum Vergleich: Das 2019 vom Netz gehende AKW Mühleberg hat 373 MW Leistung.

Welchen Beitrag könnten denn diese energiegewinnenden Fassaden im Hinblick auf die Umsetzung der Energiestrategie 2050 leisten?

Im Moment scheint die Energiestrategie 2050 noch etwas weit weg. Wichtig für den Ausblick in die Zukunft ist jedoch vor allem das, was man bereits heute umsetzen kann. Hierzu haben die EU27 beschlossen, dass bis zum Jahr 2020 20 Prozent der Energieerzeugung auf erneuerbarer Basis stehen soll. Hier spielt neben Wind- und Wasserkraft vor allem die Photovoltaik mit den aktuell grössten Zuwachsraten eine entscheidende Bedeutung. In der MuKE 2014 (neue Musterenergievorschriften der Kantone) schlägt die Konferenz der Schweizer Energiedirektoren ähnlich zu EU27 vor, dass Gebäude pro Quadratmeter Energiebezugsfläche 10 W Strom selber erzeugen sollen. Gebäude der Zukunft werden also bewohnbare Kraftwerke.

Welche Besonderheiten gibt es in der Planung und Ausführung einer energieaktiven Fassade im Unterschied zu einer herkömmlichen Fassade?

Weil die kristalline PV-Technologie als aktuell leistungsfähigste Technologie temperaturabhängig ist, besitzen vorgehängte hinterlüftete Fassaden bei der Integration von PV beste Voraussetzungen: Der Hinterlüftungsraum bietet Platz zur Aufnahme der Aufhängesysteme und der Verkabelung.

«Positives Umweltimage mit Energiefassaden.»

Kommen wir zum Gebäudeeigentümer: Aus welchem Grund entscheidet er sich für eine energieaktive Fassade? Ist es einfach Überzeugung oder sind es auch wirtschaftliche Überlegungen?

Gemäss einer Studie mit Versicherungs- und Immobiliengesellschaften dominieren zwei hauptsächliche Argumente den Entscheid, ob Fassaden solar genutzt werden oder nicht: Es sind weniger die Energiefrage und die Sorge um das Überleben unserer Welt, als die Themen Wirtschaftlichkeit und Marketing. In anderen Worten: Es geht darum, der Konkurrenz einen Schritt voraus zu sein und ein positives Umweltimage zu definieren. Wenn sich dazu die energieaktive Fassade als einziger Fassadentyp überhaupt noch selbstständig amortisiert, dann ist man zufrieden. Wie lange dieser Payback dauert, ist ziemlich egal.

«Neue gestalterische Möglichkeiten.»

Im heutigen Umfeld spielt gerade bei Immobiliengesellschaften das verdichtete Bauen eine zentrale Rolle. Wie lässt sich eine energieerzeugende Fassade mit diesem Begriff vereinbaren?

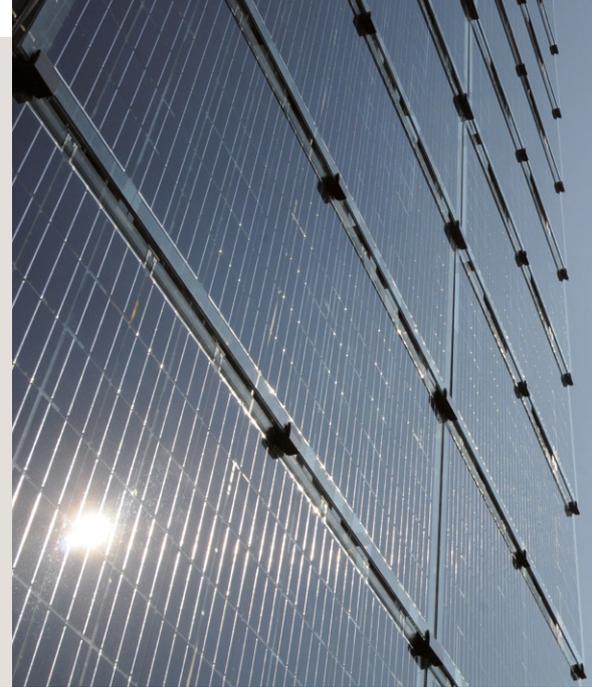
Prinzipiell sehr gut. PV in der Fassade eröffnet die Möglichkeit, der Monotonie unserer Städte entgegenzuwirken und in eine gestalterische Vielfalt umzuwandeln. Gerade bei den Hochhäusern können die Hälfte bis zwei Drittel von der Geschosshöhe photovoltaisch bekleidet werden.

Kleinere Gebäude mit zwei oder drei Stockwerken sind demnach weniger für die Nutzung von Energiefassaden geeignet?

Es gibt keinen Grund, an welchem Gebäude auch immer, auf PV zu verzichten. Im einen Fall bekleiden wir mit PV eine opake Fassade, im anderen Fall sind es Glasbrüstungen. Die Atomlobby wollte uns lange Zeit bewusst machen, dass mit PV nicht die gesamte Schweiz versorgt werden könnte. Darum geht es ja auch gar nicht: Jedes Gebäude kann da, wo es steht, standortgerecht seinen spezifischen Beitrag zur Stromversorgung leisten. Diese Energie muss nicht erzeugt und verlustreich über grosse Distanzen zum Verbraucher übertragen werden. Ein Beispiel: Um den von einer 4-köpfigen Familie benötigten Haushaltsstrom von ca. 4500 kWh zu erzeugen, reicht eine PV-Anlage mit 5 kW Leistung. Diese erfordert auf dem Dach oder in Südost- bis Südwestfassaden 30 m² Fläche. Das bringen Sie am bescheidensten «Reihenhüsl» unter!

Objekte mit PV-Fassaden werden heute jedoch noch immer als Einzelobjekte wahrgenommen und sind noch nicht als Standard gesetzt. Woran liegt es, dass heutzutage nicht mehr energieaktive Fassaden realisiert werden, oder anders gefragt: Wie bewegt man Eigentümer und Architekten dazu, über energieaktive Fassaden nachzudenken und sich dafür zu entscheiden?

Dazu müssen bei diesen Personen zuallererst Wissenslücken geschlossen und Unsicherheiten genommen werden. Grundsätzlich ist aber bei fassadenintegrierten Systemen



eine tolle Entwicklung im Gange. Die PV-Anlagen auf den Dächern waren getrieben von der Notwendigkeit der Kostenreduktion. Man ging dazu über, einfache, billige und zu meist hässliche Systeme auf Dächer zu montieren. Das war sozusagen die Pflicht, heute jedoch kommt die Kür und das grosse Erwachen. In Fassaden können und dürfen wir aber nicht die gleiche Lieblosigkeit anwenden, mit der wir PV-Systeme gewissermassen Ex und Hopp auf Dächer geknallt haben. Heute ist es die Aufgabe von Architekten, Fassadenbauern und Ingenieuren, die Komponenten auch formal und konstruktiv sauber in die Fassaden zu integrieren.

Werfen wir einen Blick in die Zukunft. Können Sie abschätzen, wohin die Entwicklung geht und welchen Stellenwert die energieaktive Fassade zukünftig haben wird?

Vor dem Hintergrund, dass 75 Prozent des Gebäudebestandes in der Schweiz älter ist als 25 Jahre und aufgrund eines extrem hohen Energieverbrauchs dringend energetisch saniert werden muss, gibt es natürlich ein erhebliches Potenzial für die energieaktive Fassade. Bei dieser Gebäudeklasse lohnt es sich, zusätzlich zur sowieso benötigten Dämmung auch über ein Investment in PV nachzudenken. Neben erheblichen Kosteneinsparungseffekten durch Nutzung von entstehenden Synergien erreicht man durch die PV-Module einen hochwertigen Schutz der darunterliegenden Dämmung.

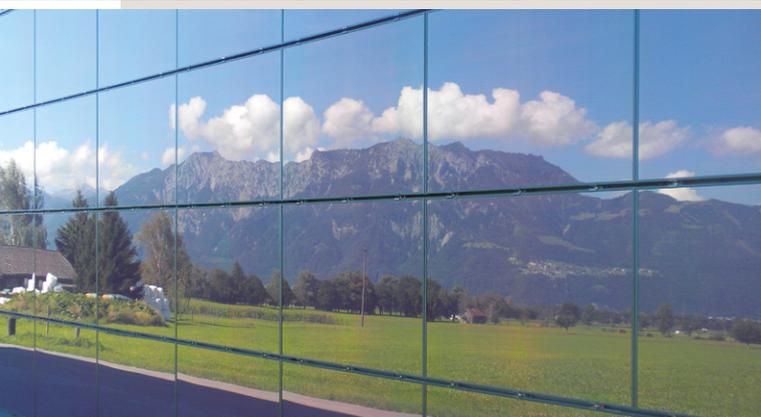
«Erhebliches Potenzial für Energiegewinnung.»

Der Begriff der «solaren Dämmung» stellt aus meiner Sicht den besten Fassadentyp dar. Es ist vorauszusehen, dass wir die Klimaschutzziele der eingangs erwähnten Energiestrategie nicht erreichen können, wenn wir uns nicht um die bestehenden Gebäude kümmern. Auf der anderen Seite entstehen natürlich nach wie vor Neubauten an den verschiedensten Orten und es wäre mehr als schade, wenn man nicht sowohl im Bestand als auch im Neubausegment auf energetisch aktive Fassaden setzt.

Besten Dank für das interessante Interview!

Vision «das Gebäude als Kraftwerk»

An dieser Gewerbehalle wurden verschiedene Technologien von Photovoltaik-Modulen montiert. Jeder Typ und jede Position wird kontinuierlich überwacht. Dadurch können wertvolle Messwerte und Erfahrungen zu den verschiedenen Technologien und deren Wirkungsgrade und Erträge in Abhängigkeit der jeweiligen Ausrichtung zur Sonne gesammelt werden.



Solarer Plusenergiebau Heizplan AG in Gams

Photovoltaik-Fassaden

Installierte Leistung	20,1 kWp
Jahresertrag	13 100 kWh
Technologie	monokristallin amorph
Fläche PVA	193 m ²
Ausrichtung	Ost/Süd

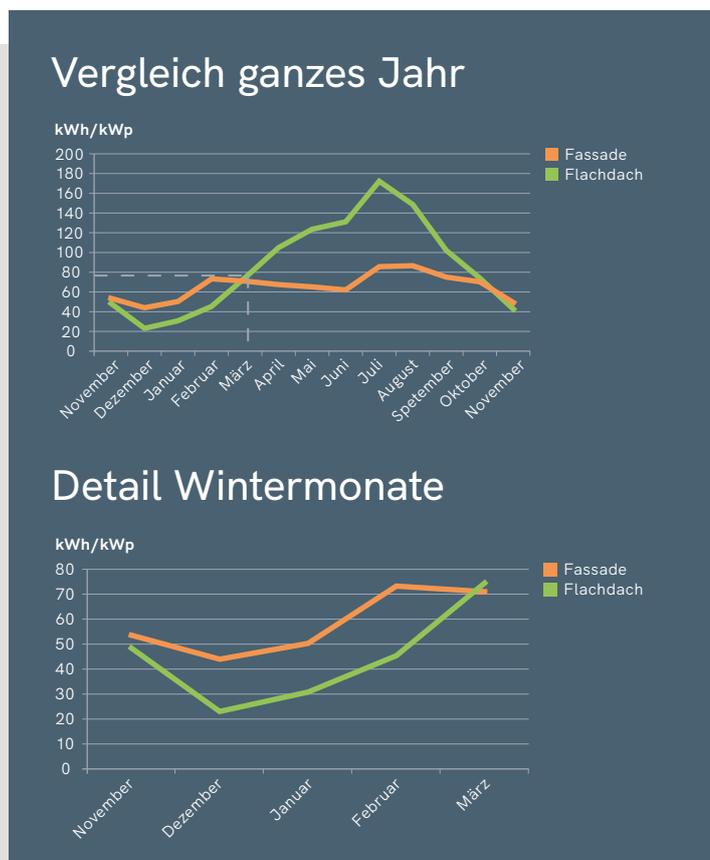
Gesamtgebäude

Installierte Leistung	60,6 kWp
Jahresertrag	58 300 kWh
Technologie	monokristallin polykristallin amorph Solarthermie
Fläche solarer Nutzung	492 m ²
Ausrichtung	Ost/Süd/West/Dach

Kennwerte und Ertragszahlen

Exemplarische Kennwerte und Ertragszahlen zum Plusenergiebau der Firma Heizplan AG

Vergleich der PV-Leistungsdaten bei Anwendung in Dach und Fassade

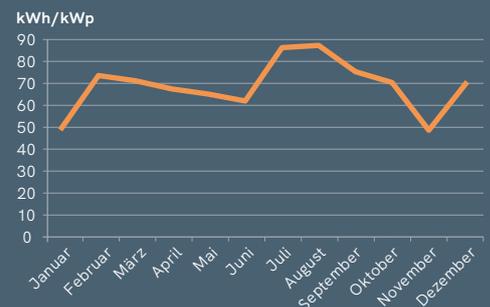


Die in den beiden Diagrammen dargestellten Kurven vergleichen die Photovoltaik-Ertragswerte (normiert auf kWh/kWp) bei einer Anwendung im Dach und in der Fassade. Aus dem Kurvenverlauf ist ersichtlich, dass die Erträge der fassadenintegrierten Photovoltaik in den Wintermonaten November bis März deutlich höher ausfallen als die der aufgeständerten Anlage im Dach.

Dieser Sachverhalt resultiert zum einen aus dem tiefen Sonnenstand im Winter, wodurch die PV-Module in der Fassade eine bessere Sonneneinstrahlung aufweisen. Zum anderen wird bei einer fassadenintegrierten Photovoltaik-Anwendung die Stromproduktion nicht durch eine Schneeabdeckung wie im Dach behindert. Darüber hinaus ist deutlich zu erkennen, dass die Stromproduktion in der Fassade über das gesamte Jahr gleichförmiger verläuft und keine dermassen ausgeprägten Peaks (negativ wie positiv) wie die Anwendung im Dach aufweist.

Vergleich der PV-Leistungsdaten nach Ausrichtung

Süd-Fassade



Ost-Fassade



Die in den beiden Diagrammen dargestellten Kurvenverläufe zeigen die jeweiligen Photovoltaik-Ertragswerte (normiert auf kWh/kWp) für die Ausrichtungen nach Süden (oben) und Osten (unten).

Die Südausrichtung gilt nach wie vor als optimaler Fall für die solare Energiegewinnung. Dies wird durch den Kurvenverlauf der süd-ausgerichteten Fassade anschaulich bestätigt.

Auffallend ist jedoch die Tatsache, dass auch die ostausgerichtete Fassade hervorragende Ertragswerte während der Sommermonate liefert. Diese liegen nahezu auf dem gleichen Niveau wie die der Süd-Fassade, weshalb auch eine Belegung der nicht optimal ausgerichteten Fassadenflächen durchaus sinnvoll ist.

Energiegewinnung mit der Gebäudehülle aus Sicht eines Praktikers

Peter Schibli sieht ein grosses Potenzial für Fassaden zur solaren Energiegewinnung.

«Das Potenzial zur Gewinnung solarer Energie in der Fassade ist enorm, da zum einen bereits bestehende grosse Fassadenflächen ungenutzt zur Verfügung stehen und jedes Jahr weitere zur Energiegewinnung geeignete Neubauten errichtet werden. Immer mehr Gebäudeeigentümer entscheiden sich für energieaktive Fassaden, da diese gegenüber herkömmlichen Fassadenbekleidungen nur einen vertretbaren Mehrpreis aufweisen und sie sich als einziger Fassadentyp quasi selbst amortisieren. So sind heutzutage relativ kurze Amortisationszeiten von 10 bis 15 Jahren in der Fassade üblich.»

«Die Gebäudehülle ist bereits heute als Teil des gesamten Energiesystems eines Gebäudes zu betrachten. Heutige PV-Systeme sind intelligent und miteinander vernetzt. Ein modernes Gebäude ist in der Lage, Energie zu produzieren und diese dem Gebäude sofort oder zu einem späteren Zeitpunkt zur Verfügung zu stellen.»



Peter Schibli

Gründer und Inhaber der Firma Heizplan AG in Gams (SG). Gegründet 1983, gewann mehrere Schweizer und Europäische Solarpreise, unter anderem auch den Norman Foster Solar Award 2011.

«Die Fassade ist zur Energiegewinnung in den Wintermonaten ideal. Bei tiefem Sonnenstand können die nahezu horizontal ausgerichteten Dachkollektoren nur einen Bruchteil ihres Wirkungsgrades liefern. Eine Ergänzung durch die Fassade ist ideal. Die fast rechtwinklige Sonneneinstrahlung auf die Fassade ermöglicht auch im Winter einen hohen Wirkungsgrad!»

«Zur Fassadengestaltung bestehen heutzutage auch bei energieaktiven Fassaden unzählige architektonische Gestaltungsmöglichkeiten, wie beispielsweise farbige Modultypen und individuelle Formate. Das ist jedoch nur der Anfang. In naher Zukunft werden wir energiegewinnende Flächen in allen Formen und Farben ausführen. Die Technik wird sich rasant weiterentwickeln, dreidimensionale Folien werden die starren Systeme ablösen. Moderne Architektur ist heutzutage auch eine energiegewinnende Architektur!»



Zusammenfassung und Ausblick

Bereits heute gibt es zahlreiche Gebäude, bei denen der Einsatz von erneuerbaren Energiesystemen in der Fassade eine zentrale Rolle spielt und das Aussehen des Gebäudes wesentlich prägen. Diese Tatsache wird durch die vielen fotografischen Darstellungen aussagekräftiger Referenzobjekte in dieser Dokumentation eindrücklich untermauert.

Der Einsatz dieser neuen Technologien in der Fassade wird auch in der weiteren Zukunft erheblich zunehmen und sich zukünftig zum Standard entwickeln. Dafür sprechen zahlreiche Argumente. Dazu gehört zum Beispiel der weitere technische Fortschritt und insbesondere auch die Tatsache, dass sich diese Fassadentypen im Gegensatz zu herkömmlichen Konstruktionen über ihre Lebensdauer selber amortisieren. Die erhöhten Anforderungen an den zukünftig erstellten Gebäudepark in der Schweiz hinsichtlich einer ausgeglichenen oder sogar positiven Energiebilanz werden diesen Trend zusätzlich forcieren.

Die in dieser Publikation vorgestellten und befragten Personen werden in Bezug auf das solare Bauen als Pioniere wahrgenommen. Es benötigt

solche Persönlichkeiten in ihrer Vorreiterrolle, um Vorbehalte und Unsicherheiten auszuräumen. Darüber hinaus ist es wichtig, mögliche Stolpersteine bereits in der Planungsphase zu erkennen und zu umgehen. In dieser Hinsicht soll die vorliegende TECINFO sensibilisieren und behilflich sein.

Zusammen mit dem Merkblatt «Photovoltaik an hinterlüfteten Fassaden» vom Verband Gebäudehülle Schweiz soll sie den Leser auf die zukünftigen Herausforderungen im solaren Bauen vorbereiten, damit der Einsatz erneuerbarer Energiesysteme auch bei fassadenbezogenen Anwendungen sinnvoll geplant und ausgeführt werden kann.

Lassen wir die Zukunft bereits heute beginnen ...!

Quellenangaben

Reto Miloni, Miloni Solar AG, 5430 Wettingen
Peter Schibli, Heizplan AG, 9473 Gams
SIA, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, 8001 Zürich
Gebäudehülle Schweiz, Verband Schweizer Gebäudehüllen-Unternehmungen, 9240 Uzwil
MeteoSchweiz, Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie, 8058 Zürich-Flughafen
Meteonorm/Meteotest, 3012 Bern
Swissolar, 8005 Zürich
EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie, 3063 Ittigen
Electrosuisse, 8320 Fehraltorf
Prognos AG, 4010 Basel
Tonatiuh Ambrosetti, Architekturfotograf, 1006 Lausanne

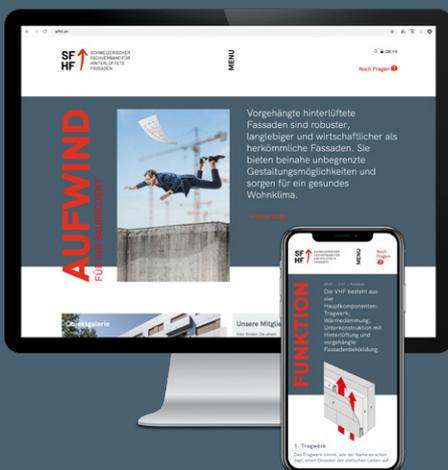
Infos zum Verband

Der Schweizerische Fachverband für hinterlüftete Fassaden (SFHF) verdeutlicht gegenüber Architekten, Planern, Verarbeitern und Bauherren die Vorteile moderner hinterlüfteter Fassaden durch aktuelle Informationen und ausführliche Fachberatung.

Führende Fassadenbauer und Bauproduktehersteller zählen auf die Kompetenz und Marktkraft des SFHF: Der unabhängige Fachverband vertritt – auch international – die Interessen seiner Mitglieder gegenüber Behörden, Institutionen und verwandten Fachverbänden. Er erarbeitet Richtlinien und Empfehlungen und steht im Dialog mit Fach- und Normenkommissionen. Damit trägt er entscheidend dazu bei, die fachlichen Voraussetzungen zur Qualitätssicherung der «vorgehängten hinterlüfteten Fassade» zu schaffen.

Der SFHF organisiert für seine Mitglieder und aussenstehende interessierte Baufachleute regelmässig Fachtagungen zu aktuellen Themen und Trends rund um die «hinterlüftete Fassade».

Darüber hinaus setzt der SFHF mit der aktiven Förderung der Berufsbildung auch wichtige Meilensteine für die Zukunft der Branche.



Mehr Informationen finden sich unter www.sfhf.ch oder kontaktieren Sie uns unter info@sfhf.ch