

Ästhetische Integration von Solarenergie an sensiblen Gebäuden



Bildquelle: Amt für Raumentwicklung Graubünden

Im Auftrag von:



Denkmalpflege Graubünden / Amt für Kultur
Tgira da monuments dal Grischun / Uffizi da cultura
Servizio monumenti dei Grigioni / Ufficio della cultura



Amt für Energie und Verkehr Graubünden
Uffizi d'energia e da traffic dal Grischun
Ufficio dell'energia e dei trasporti dei Grigioni

Autoren:

Michel Haller, SPF Institut für Solartechnik, michel.haller@ost.ch

Evelyn Bamberger, SPF Institut für Solartechnik, evelyn.bamberger@ost.ch

Andreas Bohren, SPF Institut für Solartechnik, andreas.bohren@ost.ch

Carlo Vassella, Vassella Energie Sagl, carlo@vassella-energie.ch

15 Dezember 2021

Version: 1.4

Inhalt

1	Aufbau des Dokuments	1
Teil 1: Photovoltaik		
2	Referenz: Aufdachsysteme mit kristallinen Standardmodulen	3
3	Farblich angepasste Module	4
3.1	Module mit schwarz eloxiertem Rahmen, rahmenlose Module	4
3.2	Module mit schwarzer Rückseitenfolie und All Black Module	5
3.3	Farbige Module.....	6
4	Farblich angepasste Aufdachmontagesysteme	7
5	Indachsysteme mit Standard Modulgrösse	8
5.1	Indachsysteme mit überlappender Montage	8
5.2	Indachsysteme mit ebener Montage	9
6	Solardachziegel mit mehrfacher Ziegelgrösse	10
6.1	Solardachziegel als halbintegriertes Aufdachsystem	10
6.2	Solardachziegel als Indachsystem mit überlappender Montage.....	11
6.3	Solardachziegel als Indachsystem mit diagonal überlappender Montage	12
6.4	Halbintegrierte Aufdachsysteme für Stehfalzdächer.....	13
7	Solardachziegel (1:1 Ersatz)	14
7.1	Solardachziegel Falzziegel/Dachstein.....	14
7.2	Solardachziegel Biberschwanz	15
7.3	Solardachziegel Schiefer	16
7.4	Solardachziegel Mönch-Nonne	17
8	Semiflexible Module auf Metall oder Folie	18
8.1	Integrierte Systeme auf Metall	18
8.2	Semiflexible Module für Folien- und Bitumendächer	19
9	Fassadensysteme	20
Teil 2: Solarthermie		
10	Referenz: Aufdachsysteme mit Flachkollektoren	22
11	Indachsysteme mit Flachkollektoren	23
11.1	Standardsysteme.....	23
11.2	Massanfertigung	24
11.3	Solardach	25
12	Semiflexible Systeme mit unverglasten Kollektoren	26
13	Flachdach mit Vakuumröhrenkollektoren	27
14	Fassadensysteme	28
14.1	Fassadensysteme mit Flachkollektoren	28
14.2	Fassadensysteme mit farbigen Gläsern.....	29
14.3	Fassadensysteme mit Vakuumröhrenkollektoren.....	30
15	Systeme für Balkon, Vordach etc	31
15.1	Balkon und Vordach mit Flachkollektoren	31
15.2	Balkon mit Vakuumröhrenkollektoren.....	32
16	Systeme ausserhalb des Gebäudes	33

1 Aufbau des Dokuments

Teil 1 des Dokuments behandelt verfügbare Techniken für die Photovoltaik (PV). Zunächst wird ein Referenzsystem definiert, eine typische PV-Anlage, wie sie heute üblicherweise errichtet wird. Auf dieses Referenzsystem beziehen sich bei den weiteren Systemen alle relativen Angaben zu Mehrkosten oder Minderleistungen. In den weiteren Kapiteln folgen verschiedene Stufen der Anpassung. Als erstes werden Anpassungsmöglichkeiten beim Solarmodul betrachtet, dann beim Montagesystem für Standard-Aufdachmontagen. Als nächste Stufe werden Indachsysteme mit Standard Modulgrössen aufgeführt, bevor auf bestimmte Dacheindeckungen abgestimmte Gesamtsysteme folgen. Schliesslich werden mit flexiblen Modulen auf Metall oder Folie noch einige Sonderformen aufgeführt. Neben dem Dach kann auch die Fassade genutzt werden, wozu zum Ende von Teil 1 einige Beispiele vorgestellt werden.

In Teil 2 werden verfügbare Techniken für solarthermische (ST) Systeme vorgestellt. Zunächst wird ebenfalls ein Referenzsystem definiert, wie es aktuell am häufigsten installiert wird und worauf sich alle relativen Angaben beziehen. Es werden zunächst die Anpassungsmöglichkeiten für Dächer und dann für Fassaden, Vorbauten und Freiflächen vorgestellt.

Für jede Art der Anpassung wird eine Tabelle gemäss folgendem Muster aufgeführt:

Bilder	Beispielhafte Fotos mit Detail- und Gesamtaufnahmen einer Anwendung
Material	Materialangaben zu den verwendeten Komponenten
Anpassung Form an Dachstruktur	Angaben zur Anpassung der Form an die Dachstruktur
Farbliche Anpassung	Möglichkeiten der farblichen Anpassung, allenfalls mit Angabe der Farben
Rastermass	Deckbreite und –länge eines Elements
Grösse Gesamtelement	Gesamtbreite und –länge eines Elements
Nur PV: Leistung je Einheit	Leistung eines Elements bei Standard Test Bedingungen (Angabe in W_p)
Nur PV: Spezifische Leistung	Leistung eines Elements pro Quadratmeter (W_p/m^2) sowie prozentuale Abweichung zum Referenzsystem
Nur ST: Spezifischer Ertrag	Spezifischer Ertrag im Schweizer Mittelland (kWh/m^2) sowie prozentuale Abweichung zum Referenzsystem, siehe Einleitung Teil 2: Solarthermie

**Nur PV: Mehrkosten pro kW_p
(Schätzung)**

Ungefähre Mehrkosten der schlüsselfertig montierten PV-Anlage bezogen auf die Leistung (CHF/kW_p) im Vergleich zum Referenzsystem, ggfs. unter Abzug der Kosten der Originaldacheindeckung. Preise können je nach Grösse, Geometrie, Zugänglichkeit etc. des Daches/Gebäudes stark variieren.

Einteilung Mehrkosten:

\$: < 10 %
\$\$: 10 bis 40 %
\$\$\$: 40 bis 100 %
\$\$\$\$: > 100 %

Mehrkosten pro m² (Schätzung)

Ungefähre Mehrkosten des schlüsselfertig montierten Systems pro Quadratmeter Dachfläche (CHF/m²) im Vergleich zum Referenzsystem, ggfs. unter Abzug der Kosten der Originaldacheindeckung (PV oder ST). Preise können je nach Grösse, Geometrie, Zugänglichkeit etc. des Daches/Gebäudes stark variieren.

Einteilung Mehrkosten:

\$: < 10 %
\$\$: 10 bis 40 %
\$\$\$: 40 bis 100 %
\$\$\$\$: > 100 %

Anbieter (Beispiele)

Beispiele von Anbietern der Systeme (keine vollständige Liste)

Teil 1: Photovoltaik

2 Referenz: Aufdachsysteme mit kristallinen Standardmodulen

Die meistverbaute Form sind Aufdachsolaranlagen, bei denen die Originaldacheindeckung erhalten bleibt. Die Befestigung erfolgt in der Regel in der Dachunterkonstruktion (Sparren/Pfetten), Systeme gibt es für nahezu alle Dacheindeckungen. Auf dem Befestigungselement (Dachhaken, Stockschraube o.ä.) werden die Module auf einem Schienensystem mit Klemmen befestigt. Üblicherweise werden mono- oder polykristalline Glas-Folien Module mit Aluminiumrahmen eingesetzt. PV-Anlagen, die weder auf Bau- oder Kulturdenkmälern noch in Schutzzonen errichtet werden, gelten als gut angepasst und damit bewilligungsfrei, wenn sie:

- die Dachfläche im rechten Winkel um höchstens 20 cm überragen;
- von vorne und von oben gesehen nicht über die Dachfläche hinausragen;
- nach dem Stand der Technik reflexionsarm ausgeführt werden; und
- als kompakte Fläche zusammenhängen (Art. 32a RPV)



Bildquellen: Solarmarkt GmbH, Hanesun Austria GmbH¹

Material	Mono- oder polykristalline Glas-Glas oder Glas-Folien Module
Anpassung Form an Dachstruktur	Rechteck, keine Anpassung
Farbliche Anpassung	Nein
Rastermass	Typisch 1'020 x 1'670 mm ²
Grösse Gesamtelement	Typisch 1'000 x 1'650 mm ²
Leistung je Einheit	275 – 340 W _p
Spezifische Leistung	170 – 200 W _p /m ²
Mehrkosten pro kW_p (Schätzung)	-
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	-
Anbieter (Beispiele)	Standard

¹ www.solarmarkt.ch, <https://hanesun.ch>.

3 Farblich angepasste Module

Gegenüber Standard-Modulen gibt es eine Reihe einfacher Massnahmen für ein einheitlicheres Erscheinungsbild. Dazu trägt zunächst ein schwarz eloxierter Rahmen bei (3.1), als nächste Stufe auch eine schwarze Rückseitenfolie. Zusätzlich kann eine "Nadelstreifenoptik" verhindert werden indem die Busbars entweder abgedeckt, viele sehr feine Busbars oder rückseitenkontaktierte Zellen eingesetzt werden (3.2).

Neben diesen relativ einfachen Massnahmen sind farblich angepasste Module deutlich aufwändiger. Prinzipiell sind alle Farben und Muster umsetzbar, auch Strukturen im Glas sind möglich. Diese Module werden als Sonderanfertigungen hergestellt und sind damit entsprechend teuer. Daneben gibt es von einzelnen Herstellern erste Serien mit bestimmten Farben und/oder Glasstrukturen. Je nach Farbe und Technik weisen farbige Module deutliche Leistungseinbussen auf (3.3).

3.1 Module mit schwarz eloxiertem Rahmen, rahmenlose Module



Bildquellen: Solarmarkt GmbH, KONZEPT HAUS GmbH²

Material	Kristalline Glas-Glas oder Glas-Folien Module
Anpassung Form an Dachstruktur	Rechteck, keine Anpassung
Farbliche Anpassung	Schwarzer Rahmen oder rahmenlos
Rastermass	Typisch 1'020 x 1'670 mm ²
Grösse Gesamtelement	Typisch 1'000 x 1'650 mm ²
Leistung je Einheit	275 – 340 W _p
Spezifische Leistung	170 – 200 W _p /m ²
Mehrkosten pro kW_p (Schätzung)	\$
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$
Anbieter (Beispiele)	Trina, Soluxtec, Bisol, Aleo, JA Solar, LG, Panasonic etc.

² www.solarmarkt.ch, www.konzept-haus.info.

3.2 Module mit schwarzer Rückseitenfolie und All Black Module

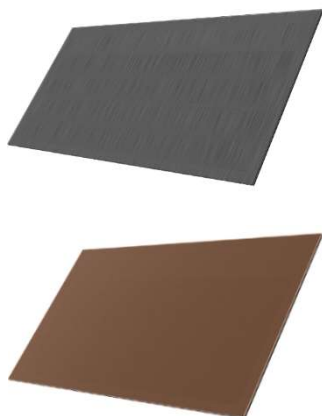


Bildquellen: Solarmarkt GmbH, Viessmann AG³

Material	Monokristalline Glas-Glas oder Glas-Folien Module
Anpassung Form an Dachstruktur	Rechteck, keine Anpassung
Farbliche Anpassung	Schwarzer Rahmen oder rahmenlos, schwarze Rückseitenfolie, ggfs. Abdeckung Busbars
Rastermass	Typisch 1'020 x 1'670 mm ²
Grösse Gesamtelement	Typisch 1'000 x 1'650 mm ²
Leistung je Einheit	275 – 340 W _p
Spezifische Leistung	170 – 200 W _p /m ²
Mehrkosten pro kW_p (Schätzung)	\$
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$
Anbieter (Beispiele)	LG, Aleo, Sunpower, Panasonic, JA Solar, Trina, Soluxtec, Sonnenstromfabrik etc.

³ www.solarmarkt.ch, www.viessmann.ch.

3.3 Farbige Module



Bildquellen: Megasol Energie AG, BISOL Group⁴

Material	Kristalline Glas-Glas oder Glas-Folien Modul
Anpassung Form an Dachstruktur	Rechteck, Sonderformen möglich
Farbliche Anpassung	Beliebige Farben und Muster möglich
Rastermass	Variabel
Grösse Gesamtelement	Variabel
Leistung je Einheit	Ca. 10 – 300 W _p je nach Grösse
Spezifische Leistung	Ca. 40 – 160 W _p /m ² je nach Farbe und Technik (-10 bis -80 % je nach Farbe und Technik)
Mehrkosten pro kW_p (Schätzung)	\$\$\$ bis \$\$\$\$ (je nach Farbe und Ausführung)
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$\$ (Standardfarben und -ausführungen) bis \$\$\$ (Sonderausführungen)
Anbieter (Beispiele)	Sunage, Megasol, Issol, Bisol, Ertex, Solaxess, Sunerg, Sonnenstromfabrik, Intelligent Solar

⁴ www.megasol.ch, <https://www.bisol.com>.

4 Farblich angepasste Aufdachmontagesysteme

Bei Aufdachsystemen bleibt die Original-Dacheindeckung erhalten. Die Befestigung erfolgt in der Regel in der Dachunterkonstruktion (Sparren/Pfetten), Systeme gibt es für nahezu alle Dacheindeckungen. Auf dem Befestigungselement (Dachhaken, Stockschraube o.ä.) werden die Module auf einem Schienensystem mit Klemmen befestigt. Alternativ werden Einlegesysteme mit durchgehenden Schienen angeboten. Unterschiede bestehen in der Aufbauhöhe, bei einlagigen Systemen beträgt diese ca. 10 cm, bei zweilagigen, einem sogenannten Kreuzverbund, bis 20 cm.



Bildquellen: Kibernetik AG, ALTEC Metalltechnik GmbH, photovoltaik4you⁵

Material	Montagesystem aus schwarz eloxiertem oder pulverbeschichtetem Aluminium
Anpassung Form an Dachstruktur	Nein, wie Standard Aufdachsystem
Farbliche Anpassung	Standardmässig schwarz, teils andere Farben wie Terracotta möglich
Rastermass	Beliebig
Grösse Gesamtelement	
Leistung je Einheit	Wie Referenz, je nach verwendetem Modul
Spezifische Leistung	Wie Referenz, je nach verwendetem Modul
Mehrkosten pro kW_p (Schätzung)	\$
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$
Anbieter (Beispiele)	Ernst Schweizer AG, K2 Systems, Novotegra, Altec Metalltechnik, Omniablock

⁵ <https://shop.kibernetik.ch>, www.altec-metalltechnik.de, <https://www.photovoltaik4you.com>.

5 Indachsysteme mit Standard Modulgrösse

Bei Indachsystemen bilden die PV-Module die Dacheindeckung. Die Originaleindeckung wird entweder vollflächig ersetzt oder bleibt als Rahmen in nicht durch die PV-Anlage genutzten Dachbereichen erhalten. Bei vollflächigem Ersatz werden Randabschlüsse in der Regel mit Dummymodulen realisiert. Alternativ sind auch Module in Sondermassanfertigungen möglich, diese sind aber teuer in der Herstellung und elektrisch schwierig zu integrieren.

Übliche Indachsysteme werden mit ähnlichen Modulformaten wie Aufdachsysteme verbaut. Meistens werden rahmenlose oder Module mit einem Spezialrahmen eingesetzt, die ähnlich wie Ziegel überlappend verlegt werden (5.1). Alternativ gibt es Systeme für gerahmte Standardmodule, die eben nebeneinander montiert werden. Diese haben einen etwas höheren Aufbau und können die Originaleindeckung allenfalls leicht überragen (5.2).

5.1 Indachsysteme mit überlappender Montage



Bildquellen: Arres Solarmarkt GmbH, Ernst Schweizer AG⁶

Material	Aluminium und/oder Stahl Montagesystem mit speziellen Glas-Glas oder Glas-Folien Modulen (rahmenlos oder mit Spezialrahmen)
Anpassung Form an Dachstruktur	Rechteck, Anpassungen an die Dachgeometrie mit Blindmodulen
Farbliche Anpassung	Schwarz oder Aluminium blank, teils andere Farben wie Terracotta möglich
Rastermass	Typisch 1'670 x 1'020 mm ²
Grösse Gesamtelement	Typisch 1'650 x 1'000 mm ²
Leistung je Einheit	275 – 340 W _p
Spezifische Leistung	170 – 200 W _p /m ²
Mehrkosten pro kW_p (Schätzung)	\$\$ bis \$\$\$
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$\$ bis \$\$\$

⁶ www.arres.ch, www.solarmarkt.ch, www.ernstschweizer.ch.

Anbieter (Beispiele)

Arres, 3S Solar Plus AG, Ernst Schweizer AG, Eternit, GSK Advanceng AG, Megasol, Soltop, blue energy systems GmbH, Solarwatt, Sunage SA, solarpartner

5.2 Indachsysteme mit ebener Montage



Bildquelle: Megasol Energie AG⁷

Material	Aluminium Montagesystem für gerahmte Glas-Glas oder Glas-Folien Modulen
Anpassung Form an Dachstruktur	Rechteck, Anpassungen an die Dachgeometrie mit Blindmodulen
Farbliche Anpassung	Schwarz oder Aluminium blank, teils andere Farben wie Terracotta möglich
Rastermass	Typisch 1'670 x 1'020 mm ²
Grösse Gesamtelement	Typisch 1'650 x 1'000 mm ²
Leistung je Einheit	275 – 340 W _p
Spezifische Leistung	170 – 200 Wp/m ²
Mehrkosten pro kW_p (Schätzung)	\$\$ bis \$\$\$
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$\$ bis \$\$\$
Anbieter (Beispiele)	Megasol, ClicCon, Alectron AG, Mecosun, Solarteam, Tritec, GSK Advanceng AG, Solarstand, solarpartner

⁷ www.megasol.ch.

6 Solardachziegel mit mehrfacher Ziegelgrösse

In diesem Abschnitt sind Systeme zusammengefasst, die ein mehrfaches der Ziegel der Originaleindeckung ersetzen. Es gibt Systeme, die auf speziellen Ziegeln montiert werden (6.1) und solche, die die Ziegel ersetzen (6.2). Die Randabschlüsse werden meist mit der Originaldacheindeckung realisiert, wobei auf die Kompatibilität der Systeme zu achten ist. Alternativ gibt es Systeme, die durch eine diagonale Verlegung (6.3) oder durch Wellenoptik (6.4) verschiedenen Dacheindeckungen ähneln, diese aber komplett ersetzen. Für Trapezblech- und Stehfalzdächer werden halbintegrierte Systeme mit geringer Aufbauhöhe und einer Anpassung der Module an das Rastermass des Daches angeboten (6.5).

Aufgrund der kleineren Modulgrösse sind solche Systeme deutlich aufwändiger in der Verlegung und vor allem der Verkabelung, aber wesentlich weniger aufwändig als Systeme, die eins zu eins Ziegel ersetzen.

6.1 Solardachziegel als halbintegriertes Aufdachsystem



Bildquelle: NELSKAMP GmbH⁸

Material	Spezialziegel mit aufgelegtem monokristallinen Modul
Anpassung Form an Dachstruktur	Rechteck, Überdeckung von 6 Ziegeln
Farbliche Anpassung	Schwarze Rückseitenfolie und schwarzer Rahmen
Rastermass	ca. 1'992 x 510-540 mm ² (6 Spezialziegel)
Grösse Gesamtelement	1'965 x 399 mm ² (Grösse PV-Element)
Leistung je Einheit	120 W _p
Spezifische Leistung	ca. 115 W _p /m ² (- 35 %)
Mehrkosten pro kW_p (Schätzung)	\$\$\$
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$\$
Anbieter (Beispiele)	Nelskamp

⁸ www.nelskamp.de.

6.2 Solardachziegel als Indachsystem mit überlappender Montage



Bildquellen: NELSKAMP GmbH, Braas BMI Group⁹

Material	Kristalline Glas-Glas oder Glas-Folien Module ggfs. mit Unterlage aus Ziegel, Kunststoff oder Metall
Anpassung Form an Dachstruktur	Rechteck, ersetzt 4 bis 8 Ziegel, Aufbauhöhe wie Originaleindeckung
Farbliche Anpassung	Standard schwarz, teils auch in Farbe möglich
Rastermass	z.B. 1'500 x 320 oder 1'984 x 394 mm ² (4 bis 8 Ziegel)
Grösse Gesamtelement	z.B. 1'530 x 370 mm ²
Leistung je Einheit	45 – 125 W _p
Spezifische Leistung	135 – 180 W _p /m ² (-5 % bis -25 %)
Mehrkosten pro kW_p (Schätzung)	\$\$\$
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$\$
Anbieter (Beispiele)	Nelskamp, Braas, Gasser Ceramic, Megasol, Issol

⁹ www.nelskamp.de, www.braas.de.

6.3 Solardachziegel als Indachsystem mit diagonal überlappender Montage

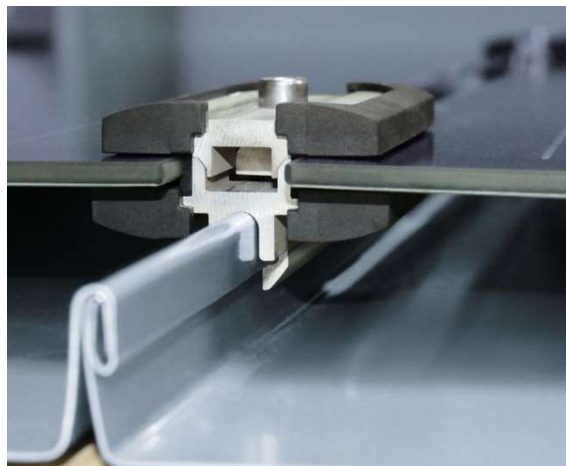


Bildquellen: SUNSTYLE AG, SolteQ Solardach GmbH¹⁰

Material	Kristalline Glas-Glas oder Glas-Folien Module
Anpassung Form an Dachstruktur	Diagonal überlappend verlegte Quadrate, Sonderformen für Randabschlüsse
Farbliche Anpassung	Standard schwarz, auch in Farbe möglich
Rastermass	z.B. 780 x 710 mm ²
Grösse Gesamtelement	z.B. 540 x 540 oder 870 x 870 mm ²
Leistung je Einheit	40 – 115 W _p
Spezifische Leistung	160 – 180 W _p /m ² , in grau oder rot 130 W _p /m ² (-5 % bis -30 %)
Mehrkosten pro kW_p (Schätzung)	\$\$\$
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$\$
Anbieter (Beispiele)	Sunstyle, SolteQ

¹⁰ www.sunstyle.com, www.solteq.eu.

6.4 Halbintegrierte Aufdachsysteme für Stehfalzdächer



Bildquelle: RHEINZINK GmbH & Co KG in D-Datteln¹¹

Material	Monokristallines Glas-Folien Modul mit Stehfalzklemmen
Anpassung Form an Dachstruktur	Rechteck auf Rastermass Stehfalz angepasst
Farbliche Anpassung	Nein
Rastermass	430 oder 530 mm
Grösse Gesamtelement	406 x 1640 oder 506 x 1640 mm ²
Leistung je Einheit	100 oder 150 W _p
Spezifische Leistung	140 oder 170 W _p /m ² (-5 % bis -20 %)
Mehrkosten pro kW_p (Schätzung)	\$\$
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$\$
Anbieter (Beispiele)	Rheinzink / Soluxtec

¹¹ www.rheinzink.de.

7 Solardachziegel (1:1 Ersatz)

Solardachziegel ersetzen in ihrer Form eins zu eins je einen Ziegel, auch die Verlegung erfolgt identisch oder zumindest ähnlich zur Originaleindeckung. Dadurch können Randabschlüsse einfach in der Originaleindeckung realisiert werden. Solardachziegel gibt es für verschiedenste Dacheindeckungen. Die Hauptschwierigkeit besteht im durch die Kleinteiligkeit entstehenden hohen Verkabelungsaufwand. Auch werden die Systeme bisher nur in Kleinstserien gefertigt.

7.1 Solardachziegel Falzziegel/Dachstein

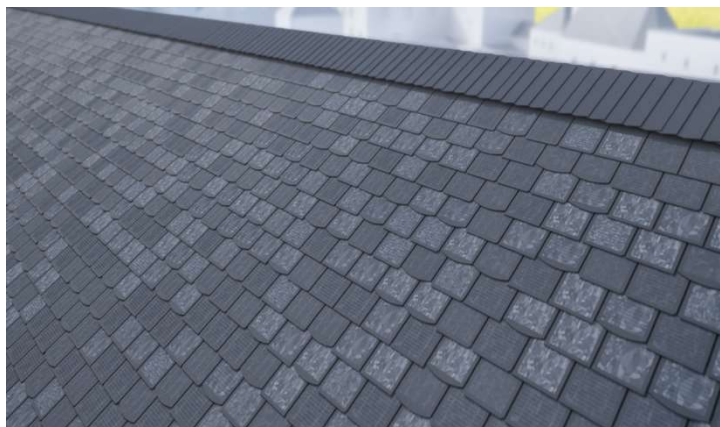
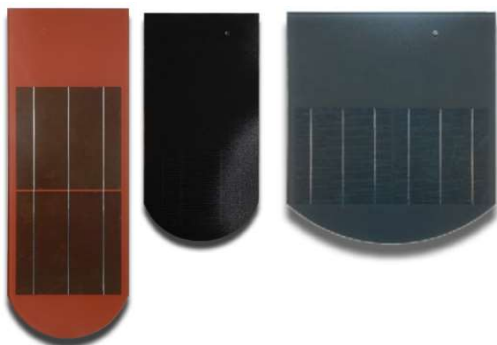


Bildquellen: Gasser Ceramic, SolteQ Solardach GmbH¹²

Material	Kristalline Siliziumzellen mit Glasabdeckung auf Ziegel (alternativ: auf Kunststoff oder als Glaselement)
Anpassung Form an Dachstruktur	Falzziegel
Farbliche Anpassung	Je nach Hersteller möglich
Rastermass	ca. 335 x 350 mm ²
Grösse Gesamtelement	ca. 370 x. 420 mm ²
Leistung je Einheit	ca. 10 – 20 W _p
Spezifische Leistung	ca. 60 – 160 W _p /m ² (-10 % bis -65 %)
Mehrkosten pro kW_p (Schätzung)	\$\$\$\$
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$\$\$
Anbieter (Beispiele)	Gasser Ceramic, Autarq Nelskamp, SolteQ, Gielleplast

¹² www.gasserceramic.ch, www.solteq.eu.

7.2 Solardachziegel Biberschwanz



Bildquelle: SolteQ Solardach GmbH¹³

Material	Kristallines Glas-Folien Modul
Anpassung Form an Dachstruktur	Biberschwanz
Farbliche Anpassung	Möglich
Rastermass	z.B. 184 x 410 oder 184 x 270 mm ²
Grösse Gesamtelement	z.B. 180 x 500 oder 180 x 380 mm ²
Leistung je Einheit	3 – 10 W _p
Spezifische Leistung	100 – 150 W _p /m ² (-15 % bis -45 %)
Mehrkosten pro kW_p (Schätzung)	\$\$\$\$
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$\$\$
Anbieter (Beispiele)	SolteQ

¹³ www.solteq.eu.

7.3 Solardachziegel Schiefer



Bildquelle: SolteQ Solardach GmbH¹⁴

Material	Kristallines Glas-Folien Modul
Anpassung Form an Dachstruktur	Rechteck, Form und Aufbau wie Schiefer-/Kunststein-/Faserzement-Schindeln
Farbliche Anpassung	Verschiedene Farben und Glasstrukturen
Rastermass	z.B. 335 x180 oder 545 x 340 mm ²
Grösse Gesamtelement	z.B. 330 x 500 oder 540 x 540 mm ² auch 810 x 400 mm ² oder 1630 x 400 mm ²
Leistung je Einheit	7 – 37 W _p
Spezifische Leistung	90 – 170 W _p /m ² (-5 % bis -50 %)
Mehrkosten pro kW_p (Schätzung)	\$\$\$\$
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$\$\$
Anbieter (Beispiele)	SolteQ, Freesuns, DAS Energy GmbH

¹⁴ www.solteq.eu.

7.4 Solardachziegel Mönch-Nonne



Bildquellen: Cotto Possagno S.p.A., Dyaqua Srls¹⁵

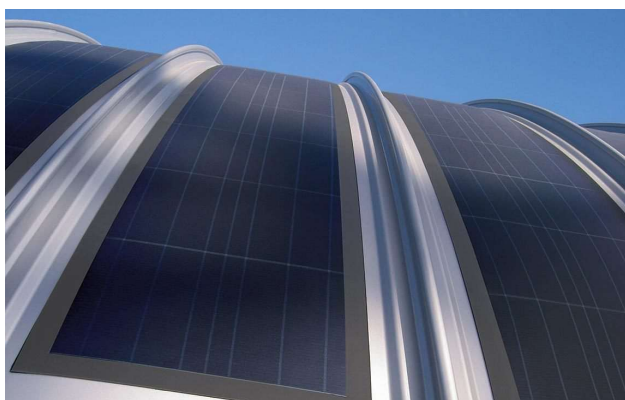
Material	Kristalline Siliziumzellen auf Ziegel (alternativ: auf Kunststoff oder als Glaselement)
Anpassung Form an Dachstruktur	Mönchziegel mit PV, Verlegung wie Mönch-Nonne System
Farbliche Anpassung	Je nach Hersteller möglich
Rastermass	ca. 200 x 360 mm ²
Grösse Gesamtelement	145-185 x 450-460 mm ²
Leistung je Einheit	ca. 7.5 W _p
Spezifische Leistung	ca. 80 – 112 W _p /m ² (-40 bis 55 %)
Mehrkosten pro kW_p (Schätzung)	\$\$\$\$
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$\$\$\$
Anbieter (Beispiele)	Cotto Possagno, Invent, Dyaqua

¹⁵ www.cottopossagno.com, www.dyaqua.it.

8 Semiflexible Module auf Metall oder Folie

Module mit einer Kunststoffabdeckung (z.B. ETFE) statt Glas können in einem gewissen Umfang biegsam gestaltet werden. Es kommen sowohl kristalline Zellen (geringe Flexibilität) als auch Dünnschichtmodule (hohe Flexibilität) zum Einsatz. Ein weiterer Vorteil semiflexibler Module ist ihr geringes Gewicht, dem gegenüber stehen höhere Kosten und tendenziell eine geringere Lebensdauer aufgrund der fehlenden Schutzschicht aus Glas. Meist werden die Module als fertige Elemente für Stehfalzdächer (8.1) oder als Dachbahnen für Foliendächer gefertigt (8.2). Teilweise können sie auch Vorort auf die vorhandene Dacheindeckung geklebt werden, dafür gelten allerdings hohe Anforderungen an die Sauberkeit der Materialien.

8.1 Integrierte Systeme auf Metall



Bildquellen: Kalzip Schweiz/FL, Flisom AG¹⁶

Material	Kristallines oder Dünnschicht (CIGS) Folienmodul auf Aluminium Profiltafeln
Anpassung Form an Dachstruktur	Semiflexibel, als Stehfalzdach
Farbliche Anpassung	Nein
Rastermass	z.B. 537 mm
Grösse Gesamtelement	z.B. PV-Modul: 355 x 2035 mm ²
Leistung je Einheit	z.B. 110 W _p
Spezifische Leistung	ca. 80 – 100 W _p /m ² (-45 % bis -55 %)
Mehrkosten pro kW_p (Schätzung)	\$\$\$
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$\$
Anbieter (Beispiele)	Kalzip, DAS Energy, Flisom

¹⁶ www.kalzip.com, www.flisom.com.

8.2 Semiflexible Module für Folien- und Bitumendächer



Bildquellen: DAS Energy / Kalzip, Flisom AG¹⁷

Material	Kristallines oder Dünnschicht (CIGS) Folienmodul auf Dachbahn
Anpassung Form an Dachstruktur	Semiflexible Dachbahn
Farbliche Anpassung	Nein
Rastermass	z.B. 1'260 – 1'440 mm
Grösse Gesamtelement	z.B. 1'500 / 1'550 x 3'470 mm ²
Leistung je Einheit	z.B. 460 W _p
Spezifische Leistung	ca. 80 – 100 W _p /m ² (-45 % bis -55 %)
Mehrkosten pro kW_p (Schätzung)	\$\$ bis \$\$\$
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$ bis \$\$
Anbieter (Beispiele)	DAS Energy / Kalzip, Flisom

¹⁷ www.kalzip.com, www.flisom.com.

9 Fassadensysteme

Auch die Fassade kann zur Integration von PV-Modulen genutzt werden. Die möglichen Flächen sind allerdings häufig begrenzt und eine Integration aufwändig. Eine Südfassade erreicht etwa 70 % des Ertrages eines Süddaches.

Prinzipiell können die gleichen Modultypen wie für Dachanlagen eingesetzt werden, wobei einige Sicherheitsaspekte zu beachten sind. Farbe und Form können ebenfalls entsprechend angepasst werden.



Bildquellen: Solvatec, ertex solartechnik GmbH¹⁸

Material	Kristalline Glas-Glas oder Glas-Folien Module
Anpassung Form an Dachstruktur	Rechteck, Anpassung möglich
Farbliche Anpassung	Standardmodule oder beliebige Farben möglich
Rastermass	Typisch 1'020 x 1'670 mm ²
Grösse Gesamtelement	Typisch 1'000 x 1'650 mm ²
Leistung je Einheit	275 – 340 W _p (Standardmodul ohne Anpassung)
Spezifische Leistung	170 – 200 W _p /m ² (Standardmodul ohne Anpassung)
Mehrkosten pro kW_p (Schätzung)	\$\$ (Standardmodule) bis \$\$\$\$ (Sonderformen oder -farben)
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$\$ (Standardmodule) bis \$\$\$\$ (Sonderformen oder -farben)
Anbieter (Beispiele)	3S, Megasol, Ertex, Burlet-Bau, Solarglas

¹⁸ <https://www.solvatec.ch>, www.ertex-solar.at.

Teil 2: Solarthermie

Thermische Sonnenkollektoren sind meistens in einem Rastermass von etwa 1 m x 2 m erhältlich, es gibt aber für fast jedes Mass und jede Form Produkte und Hersteller. Eine Übersicht der verfügbaren Typen und Technologien findet man in diesem Kapitel. Der Ertrag einer thermischen Solaranlage ist sehr stark davon abhängig wozu und auf welchem Temperaturniveau die Wärme genutzt wird. Eine gute Übersicht der möglichen Erträge findet man unter www.spftesting.info. Dort sind für viele Kollektormodelle jährliche Ertragszahlen für ein Standardsystem im Schweizer Mittelland aufgeführt. Dabei gibt es grosse Unterschiede und im Folgenden sind typische Jahresertragszahlen aufgeführt:

- Warmwasseranlagen (QWW): 450 – 700 kWh/m²
- Vorwärmanlagen (QVW): 650 – 900 kWh/m²
- Heizungsunterstützung (QHU): 300 – 600 kWh/m²

Die Erträge sind in der folgenden Zusammenfassung der einzelnen Technologien nicht mehr weiter aufgeführt. Die grosse Leistungsspanne ist einerseits technologiebedingt, es gibt aber auch eine eindeutige Korrelation mit den Gestehungskosten der Kollektoren.

10 Referenz: Aufdachsysteme mit Flachkollektoren

Die einfachste Form sind Aufdachsolaranlagen, bei denen die Originaldacheindeckung erhalten bleibt. Die Befestigung erfolgt in der Regel in der Dachunterkonstruktion (Sparren/Pfetten), Systeme gibt es für nahezu alle Dacheindeckungen. Auf dem Befestigungselement (Dachhaken, Stockschraube o.ä.) werden die Kollektoren auf einem Schienensystem mit Klemmen befestigt. Üblicherweise haben die Kollektoren einen Aluminiumrahmen der blank oder eingefärbt ist. Das Frontglas ist aus ästhetischen Gründen oft leicht strukturiert, die Absorberfarbe in aller Regel dunkelblau bis schwarz. Anlagen, die weder auf Bau- oder Kulturdenkmälern noch in Schutzzonen errichtet werden, gelten als gut angepasst und damit bewilligungsfrei, wenn sie:

- die Dachfläche im rechten Winkel um höchstens 20 cm überragen;
- von vorne und von oben gesehen nicht über die Dachfläche hinausragen;
- nach dem Stand der Technik reflexionsarm ausgeführt werden; und
- als kompakte Fläche zusammenhängen (Art. 32a RPV)



Bildquelle: Rotex / DAIKIN¹⁹

Material	Glas, Kupfer, Aluminium
Anpassung Form an Dachstruktur	Rechteck, je nach Hersteller in verschiedenen Grössen erhältlich, keine Anpassung
Farbliche Anpassung	In aller Regel dunkelbläuliche oder schwarze Farbe und metallischer Rahmen. Erscheinung kann durch Glas variiert werden.
Rastermass	Typisch 1'070 x 2'020 mm ² (Hoch- und Querformat)
Grösse Gesamtelement	Typisch 1'000 x 2'000 mm ²
Spezifischer Ertrag	Siehe Einleitung Teil 2: Solarthermie
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	-
Anbieter (Beispiele)	Ernst Schweizer AG, Soltop, u.v.m. Häufigstes Produkt in Europa

¹⁹ www.daikin.de.

11 Indachsysteme mit Flachkollektoren

Dachintegrierte Anlagen sind etwas aufwändiger als Aufdachanlagen. Indachanlagen ersetzen die Dacheindeckung und erfüllen damit die üblichen Dachfunktionen. Sie sind gegenüber hohen Wind- und Schneelasten beständiger als Aufdachanlagen. Bei der Dachunterkonstruktion müssen einige wichtige Punkte wie Hinterlüftung, Feuchtigkeit und Temperatur beachtet werden.

Meist werden Standardmodule analog zu Aufdachsystemen verbaut (11.1). Mit Mehrkosten können auch Massanfertigungen zur Anpassung an die Dachgeometrie erstellt werden (11.2). Bei Solardachanlagen werden PV-Module und Solarkollektoren in einem System integriert. Sie bestehen zu einem grossen Teil aus PV-Modulen, die Kollektoren werden im gleichen Rastermass gefertigt und ergänzen das Dach (11.3).

11.1 Standardsysteme



Bildquelle: SOLTOP Schuppisser AG²⁰

Material	Glas, Kupfer, Aluminium
Anpassung Form an Dachstruktur	Rechteck, je nach Hersteller in verschiedenen Grössen erhältlich, keine Anpassung
Farbliche Anpassung	In aller Regel dunkelbläuliche oder schwarze Farbe und metallischer Rahmen. Erscheinung kann durch Glas variiert werden
Rastermass	Typisch 1'000 x 2'000 mm ² (Hoch- und Querformat)
Grösse Gesamtelement	Typisch 1'000 x 2'000 mm ²
Spezifischer Ertrag	Siehe Einleitung Teil 2: Solarthermie
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$\$
Anbieter (Beispiele)	Ernst Schweizer AG, Soltop, solarpartner, u.v.m.

²⁰ www.soltop.ch.

11.2 Massanfertigung



Bildquelle: Ernst Schweizer AG²¹

Material	Glas, Kupfer, Aluminium
Anpassung Form an Dachstruktur	Nahezu beliebige Elementgrößen und -formen
Farbliche Anpassung	In aller Regel dunkelbläuliche oder schwarze Farbe und metallischer Rahmen. Erscheinung kann durch Glas variiert werden
Rastermass	Je nach Massanfertigung, beliebig
Grösse Gesamtelement	Je nach Massanfertigung, beliebig
Spezifischer Ertrag	Siehe Einleitung Teil 2: Solarthermie
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$\$
Anbieter (Beispiele)	Ernst Schweizer AG, Winkler Solar, Lenz, SST, u.v.m.

²¹ www.ernstschweizer.ch

11.3 Solardach



Bildquellen: Soltop Shuppisser AG, 3S Solarplus²²

Material	Glas, Kupfer, Aluminium
Anpassung Form an Dachstruktur	Rechteck, je nach Hersteller in verschiedenen Grössen erhältlich, keine Anpassung (Anpassung an PV-Elementgrösse)
Farbliche Anpassung	In aller Regel dunkelbläuliche oder schwarze Farbe und metallischer Rahmen. Erscheinung kann durch Glas variiert werden
Rastermass	Typisch 1'020 x 1'670 mm ² (Hoch- und Querformat)
Grösse Gesamtelement	Typisch 1'000 x 1'650 mm ²
Spezifischer Ertrag	Siehe Einleitung Teil 2: Solarthermie
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$ bis \$\$
Anbieter (Beispiele)	3S, Soltop, solarpartner

²² www.soltop.ch, www.3s-solarplus.ch.

12 Semiflexible Systeme mit unverglasten Kollektoren

Kollektoren ohne Frontglas können bis zu einem gewissen Grad gebogen werden. Durch die fehlende Isolierung ist das Temperaturniveau allerdings tiefer als bei üblichen Kollektoren. Sie eignen sich daher vor allem für Niedertemperaturanwendungen wie Vorwärmung, insbesondere aber auch in Kombination mit Wärmepumpen.



Bildquellen: Energie Solaire SA, Kigo-Swiss²³

Material	Stahl
Anpassung Form an Dachstruktur	Rechteck, Grösse kann angepasst werden
Farbliche Anpassung	Schwarz oder dunkelblau
Rastermass	z.B. 2'368 x 866 mm ²
Grösse Gesamtelement	z.B. 2'368 x 866 mm ²
Spezifischer Ertrag	Für Vorwärmung 500-700 kWh/m ² (-20 bis -25 %), in Kombination mit Wärmepumpen höher.
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	Keine Mehrkosten
Anbieter (Beispiele)	Energie Solaire (Sierre)

²³ www.kigo-swiss.com, www.energie-solaire.com.

13 Flachdach mit Vakuumröhrenkollektoren

Thermische Kollektoren können im Allgemeinen nicht horizontal aufgebaut werden. Einzige Ausnahme sind direktdurchströmte Vakuumröhrenkollektoren, die z. B. auf einem Flachdach aufgebaut werden können, so dass sie vom Boden aus nicht mehr sichtbar sind.



Bildquellen: Euro Sun Solar, Helvetic Energy GmbH²⁴

Material	Glas, Kupfer, Aluminium
Anpassung Form an Dachstruktur	Rechteck, je nach Hersteller in verschiedenen Grössen erhältlich, keine Anpassung
Farbliche Anpassung	Glasröhren mit dunkelblauem bis schwarzem Absorber, keine Anpassung
Rastermass	Fast beliebig
Grösse Gesamtelement	Fast beliebig
Spezifischer Ertrag	Siehe Einleitung Teil 2: Solarthermie
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$\$
Anbieter (Beispiele)	SOLTOP, Augusta Solar, EuroSun

²⁴ www.euro-sun-solar.de.

14 Fassadensysteme

Die Integration von Kollektoren in die Fassade ist aufwändiger als auf dem Dach. Häufig kommen aufgrund der Geometrie Sondermasse zum Einsatz (14.1). Das Erscheinungsbild kann durch farbige Gläser angepasst werden (14.2). Alternativ zu Flachkollektoren werden auch Vakuumröhrenkollektoren eingesetzt (14.3). Gegenüber Dachanlagen sinkt der Gesamtertrag der Anlage zwar, dagegen steigt der Winterertrag.

14.1 Fassadensysteme mit Flachkollektoren



Bildquellen: Roskopf Solar, Retec Solar GmbH²⁵

Material	Glas, Kupfer, Aluminium
Anpassung Form an Dachstruktur	Rechteck, je nach Hersteller in verschiedenen Grössen erhältlich
Farbliche Anpassung	In aller Regel dunkelbläuliche oder schwarze Farbe und metallischer Rahmen. Erscheinung kann durch Glas variiert werden
Rastermass	Typisch 1'070 x 2'020 mm ² (Hoch- und Querformat)
Grösse Gesamtelement	Typisch 1'000 x 2'000 mm ²
Spezifischer Ertrag	Siehe Einleitung Teil 2: Solarthermie
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$\$
Anbieter (Beispiele)	Ernst Schweizer AG, Winkler, Lenz, Retec, u.v.m.

²⁵ www.sonnenkollektoren.at, <https://retec-solar.de>.

14.2 Fassadensysteme mit farbigen Gläsern



Bildquellen: Ernst Schweizer AG / Doma, General Solar Systems GmbH²⁶

Material	Glas, Kupfer, Aluminium
Anpassung Form an Dachstruktur	Rechteck, je nach Hersteller in verschiedenen Grössen erhältlich
Farbliche Anpassung	Eingeschränkte Farbpalette, prinzipiell beliebige Farben möglich
Rastermass	Typisch 1'070 x 2'020 mm ² (Hoch- und Querformat)
Grösse Gesamtelement	Typisch 1'000 x 2'000 mm ²
Spezifischer Ertrag	Gegenüber Standardkollektoren muss mit ungefähr 20 % Minderertrag gerechnet werden.
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$\$
Anbieter (Beispiele)	Ernst Schweizer AG

²⁶ www.ernstschweizer.ch, www.sonnenkraft.com.

14.3 Fassadensysteme mit Vakuumröhrenkollektoren



Bildquellen: Hewalex, Solarpartner GmbH²⁷

Material	Glas, Kupfer, Aluminium
Anpassung Form an Dachstruktur	Rechteck, je nach Hersteller in verschiedenen Grössen erhältlich, keine Anpassung
Farbliche Anpassung	Glasröhren mit dunkelblauem bis schwarzem Absorber, keine Anpassung
Rastermass	Fast beliebig
Grösse Gesamtelement	Fast beliebig
Spezifischer Ertrag	Siehe Einleitung Teil 2: Solarthermie
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$\$
Anbieter (Beispiele)	Soltop, Augusta Solar, EuroSun, Hewalex, u.v.m.

²⁷ www.hewalex.pl, www.solarpartner-systeme.ch.

15 Systeme für Balkon, Vordach etc

Vorhandene Flächen an Balkonen oder eine Realisierung als Vordach sind für eine Nutzung zur Warmwassererwärmung häufig ausreichend. Meistens werden Standard-Flachkollektoren (15.1) oder Vakuumröhrenkollektoren (15.2) installiert, aber auch eine Anpassung der Grösse oder Farbe ist analog zu Fassadensystemen möglich.

15.1 Balkon und Vordach mit Flachkollektoren



Bildquellen: Ernst Schweizer AG²⁸

Material	Glas, Kupfer, Aluminium
Anpassung Form an Dachstruktur	Rechteck, je nach Hersteller in verschiedenen Grössen erhältlich, keine Anpassung üblich
Farbliche Anpassung	In aller Regel dunkelbläuliche oder schwarze Farbe und metallischer Rahmen.
Rastermass	Typisch 1'070 x 2'020 mm ² (Hoch- und Querformat)
Grösse Gesamtelement	Typisch 1'000 x 2'000 mm ²
Spezifischer Ertrag	Siehe Einleitung Teil 2: Solarthermie
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	\$\$-\$\$\$
Anbieter (Beispiele)	Ernst Schweizer AG, Soltop, Meier Tobler, FK Solar, solarpartner, Retec Solar, u.v.m.

²⁸ www.ernstschweizer.ch

15.2 Balkon mit Vakuumröhrenkollektoren



Bildquellen: Kämpfen Zinke und Partner AG, Andreas Bohren²⁹

Material		Glas, Kupfer, Aluminium
Anpassung Dachstruktur	Form an	Rechteck, je nach Hersteller in verschiedenen Grössen erhältlich, keine Anpassung üblich
Farbliche Anpassung		Glasröhren mit dunkelblauem bis schwarzem Absorber, keine Anpassung
Rastermass		Fast beliebig
Grösse Gesamtelement		Fast beliebig
Spezifischer Ertrag		Siehe Einleitung Teil 2: Solarthermie
Mehrkosten pro m² (Schätzung)		\$\$
Anbieter (Beispiele)		Ernst Schweizer AG, Soltop, Meier Tobler, FK Solar, u.v.m.

²⁹ www.kaempfen.com, www.spf.ch.

16 Systeme ausserhalb des Gebäudes

Solaranlagen können auch auf Freiflächen oder beispielsweise als Parkplatzüberdachungen realisiert werden. Die Fläche sollte möglichst nahe am Gebäude sein, um Verrohrungsaufwand und Wärmeverluste gering zu halten.



Bildquellen: Ernst Schweizer AG, Beosolar GmbH³⁰

Material	Glas, Kupfer, Aluminium
Anpassung Form an Dachstruktur	Rechteck, je nach Hersteller in verschiedenen Grössen erhältlich, keine Anpassung
Farbliche Anpassung	In aller Regel dunkelbläuliche oder schwarze Farbe und metallischer Rahmen. Erscheinung kann durch Glas variiert werden
Rastermass	Typisch 1'070 x 2'020 mm ² (Hoch- und Querformat)
Grösse Gesamtelement	Typisch 1'000 x 2'000 mm ²
Spezifischer Ertrag	Siehe Einleitung Teil 2: Solarthermie
Mehrkosten pro m² (Schätzung)	Keine Mehrkosten
Anbieter (Beispiele)	Ernst Schweizer AG, Soltop, u.v.m. Häufigstes Produkt in Europa

³⁰ www.ernstschweizer.ch, www.beosolar.ch.