



MONTAGE VON PHOTOVOLTAIK-ANLAGEN (PV) UND SOLARTHERMIE-ANLAGEN (WW) AUF FLACHDÄCHERN

Das Merkblatt richtet sich an Planer und Verarbeiter von Solaranlagen thermischer und photovoltaischer Art.

Es zeigt auf, was in der Planung und Ausführung zu beachten und zu beurteilen ist, wenn solche Anlagen auf Flachdächer montiert werden.

Die Normen und Regeln für diese Anwendungen werden berücksichtigt.

Einleitung

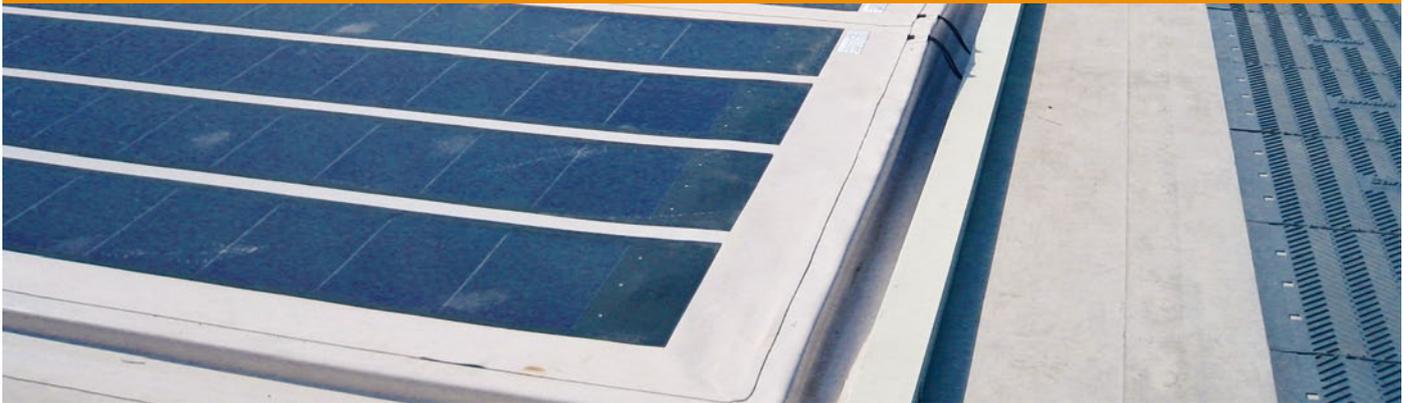
Um fossile Ressourcen zu schonen und emissionsarme Energie zu gewinnen wird heute vermehrt auf Solarenergie gesetzt. Dies ist ein wichtiges Standbein der Energiestrategie 2050 des Bundes. Der Verband Schweizer Gebäudehüllen-Unternehmungen (Gebäudehülle Schweiz) mit seinen Mitgliedern engagiert sich stark für diese Technologie.

Dachflächen (und auch Fassaden) sind ideale Standorte für Solaranlagen. Auf geeigneten Dächern werden diese Anlagen als Überdachsysteme ausgeführt oder in das Dach integriert (Dachintegration).

Bei der Umsetzung sind zu berücksichtigen:

1. Eignung des Objektes
2. Beurteilung des Daches vor Planung/Ausführung
3. Planung
4. Leitungsführung
5. Montage
6. Unterhalt
7. Anlageübergabe und Instruktion
8. Hinweise auf weitere Informationen
9. Normen und Vorschriften

EIGNUNG DES OBJEKTES



1. Eignung des Objektes

- Beschattung aus der Umgebung, z. B. durch Bäume, Häuser, Berge
- Beschattung durch Dachaufbauten, Kamine usw.
Beschattung auf Solar-Module soll verhindert werden und ist bereits in der Planungsphase zu berücksichtigen. Insbesondere Photovoltaikmodule (PV) reagieren mit empfindlichen Ertragseinbußen auf eine Beschattung.
- **Geografische Lage**
Die Sonneneinstrahlung ist je nach Landesgegend unterschiedlich. Insbesondere in Gebieten mit wenig Nebel (Berge und Alpensüdseite) ergeben sich bessere Erträge.

Global Irradiation
Annual Mean 1983–1992

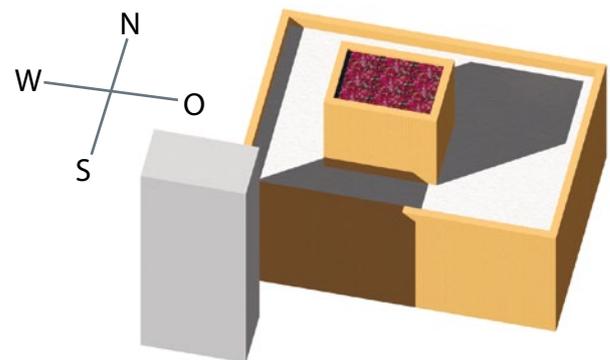


Swiss Federal Office of Energy, Berne www.meteonorm.com

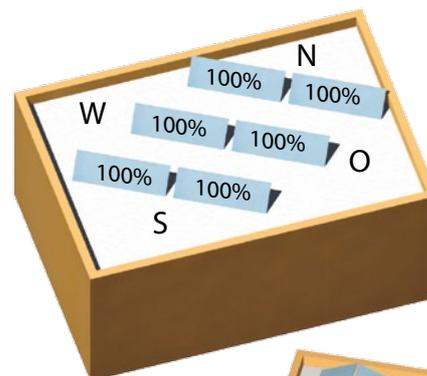
Einteilung der Schweiz in Gebiete unterschiedlicher Sonneneinstrahlung

- **Ausrichtung und Anstellwinkel für Solarthermie-Anlagen**
Durch die Aufständigung sind Ausrichtung und Neigung bei Flachdächern frei wählbar.
Für eine optimale Nutzung der Solaranlagen ist die Ausrichtung sowie der Winkel der Kollektoren entscheidend. Bei nicht optimalen Ausrichtungen oder Beschattungen sind die Kollektorenflächen grösser zu planen.
- **Ausrichtung und Anstellwinkel für Photovoltaikanlagen**
Durch die Aufständigung sind Ausrichtung und Neigung bei Flachdächern frei wählbar. PV-Module produzieren am meisten Energie, wenn sie nach Süden ausgerichtet und 20°-35° geneigt sind. Der Nachteil dabei, die Modulreihen müssen einen grösseren Abstand zueinander haben, da sie sich gegenseitig beschatten.
Beim Haus der Zukunft wird vermehrt darauf geachtet, dass möglichst viel Energie aus der zur Verfügung stehenden Gebäudeoberfläche gewonnen werden kann.

Da die Module deutlich kosteneffizienter geworden sind, wird empfohlen zur Steigerung des Gesamtertrages und der besseren Verteilung der Energieproduktion über den ganzen Tag auch Anlagen zu bauen, die Ost - West ausgerichtet sind. Mit einer geringeren Neigung (10°-15°) und einer fast lückenlosen Belegung der Dachfläche kann mehr Energie produziert werden. Zudem ist eine bessere Eigennutzung möglich.

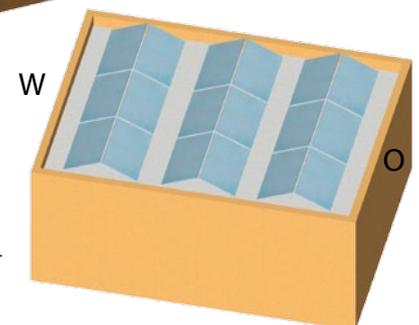


Beschattung : z. B. Sonnenstand am 10. März 14:00



Wirkungsgrad der
Solarmodule bei
Ausrichtung nach
Süd

Optimale Flächenausnutzung
mit Ost-West
ausgerichteten PV-
Modulen



BEURTEILUNG DES DACHES VOR PLANUNG/AUSFÜHRUNG



2. Beurteilung des Daches vor Planung/Ausführung

Zustand

Zustandskontrolle durch den Flachdachbauer oder Abdichter:

- **Zustand und Alter der Abdichtung**
Der Zustand der Abdichtung muss überprüft werden. Die Lebensdauer der Abdichtung soll mindestens weitere 20 Jahre betragen. Eventuell sind Teile partiell zu erneuern.
- **Wurzelfestigkeit**
Ist die Abdichtung nicht wurzelfest ausgeführt, muss eine entsprechende Schicht aufgebracht werden.
- **An- und Abschlüsse**
Die Funktionstüchtigkeit muss bei allen An- und Abschlüssen kontrolliert und gewährleistet sein.
- **Funktionsüberprüfung des Abdichtungssystems**
Mit Sondieröffnungen soll nachgewiesen werden, dass im Bereich der Solaranlage das Abdichtungssystem funktionstüchtig ist. Bei nasser Wärmedämmung ist der Grund der Auffeuchtung festzustellen und der Fehler zu beheben.

Konstruktionsaufbau

Schichtaufbau auf technische und bauphysikalische Richtigkeit überprüfen. Dazu sind folgende Unterlagen hilfreich:

- Fachbuch «Abdichtungen am Hochbau» www.grafitext.ch
- «3D-Details bituminöser Flachdachsysteme» www.gh-schweiz.ch
- Norm SIA 271

Es gibt Flachdachsysteme, die nicht ohne zusätzliche Abklärungen abgeändert werden dürfen, z. B. Umkehrdach, Holzelementbau ohne spezielle Dampfbremsen (siehe Merkblatt Gebäudehülle Schweiz «Feuchteschutz bei Flachdächern im Holzbau»)

Wärmedämmung

Um den heutigen Energiestandards gerecht zu werden, darf der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) durch die Konstruktion nicht grösser als $0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$ sein.

Materialverträglichkeit

- Metall: Metallteile sollen gegen Korrosion geschützt werden. Kontaktkorrosion bei zwei aufeinanderliegenden unterschiedlichen Metallen ist durch andere Materialwahl oder durch geeignete Anstriche zu unterbinden.
- Bestimmte Kunststoffe reagieren ungünstig untereinander, so sind z. B. folgende Kombinationen zu vermeiden:
 - PVC-Abdichtungen und EPS/XPS-Dämmstoffe
 - PVC-Abdichtungen und Bitumen
 - TPO-Abdichtungen und PVC-Bahnen/Platten
 In diesen Fällen sind geeignete Trennschichten einzubauen.
- Die verwendeten Baustoffe sollen gegen UV-Strahlen und Korrosion beständig sein.



Einbau der Flachdachaufständerung auf einer Druckverteilungsplatte (Betonsockel)

STATIK



Statik

Zu grosse punktuelle Belastungen, die von Elementen auf das Abdichtungssystem einwirken, sind grundsätzlich zu vermeiden.

- **Tragkonstruktion**

Es muss in jedem Fall überprüft werden, ob und wie viel die bestehende Tragkonstruktion zusätzlich belastet werden darf. In Grenzfällen muss ein statischer Nachweis durch den Planer erbracht werden.

- **Wärmedämmung**

Wärmedämmung die unter einer Installation eingesetzt wird, muss eine minimale Druckspannung von 120 kPa (Wert bei 10% Stauchung) aufweisen. Die Dämmung darf nach der Installation (unter Dauerbelastung) höchstens 2% der Dämmdicke aber nicht mehr als 5 mm zusammengedrückt werden. (Norm SIA 271 und Wegleitung zur Norm SIA 271 «Abdichtungen von Hochbauten»). Besonders bei Mineralfaserplatten sind diese Werte beim Hersteller abzuklären.

- **Abdichtung**

Bitumige Abdichtungen sind gegen zu grosse Temperaturunterschiede und Schwingungen, die durch dynamische Windbelastungen auf die Solarelemente einwirken, zu schützen. Geeignete Materialien dazu sind z. B. XPS-Dämmplatten (EPS-Dämmung ist wegen der Wasseraufnahme nicht geeignet), Gummigranulatmatten o. Ä.

- **Befestigung der Anlage**

Solaranlagen werden auf dem Flachdach im Normalfall nicht mit der Trag-/Unterkonstruktion verbunden. Bei Neubauten und Gesamtanierungen können Befestigungspunkte zur Verbindung mit der Unterkonstruktion geplant werden.

- **Zusätzliches Gewicht der Anlage**

Das Gewicht der Solaranlage ist vernachlässigbar. Viel bedeutender ist das zusätzliche Gewicht, das für die Beschwerung der Anlage gegen Windsog und Winddruck (kippen) aufgebracht wird. Es empfiehlt sich, Konstruktionen zu wählen, die wenig Auflasten benötigen, z. B. die Verbindung der einzelnen Reihen

der Aufständungen mit stabilen Profilen, um dadurch eine möglichst grosse Standfläche zu erreichen.

Druckverteilerplatten haben den Vorteil, dass die punktuelle Belastung auf die Abdichtungssysteme nicht so gross sind und gleichzeitig zur Befestigung benutzt werden können. Auf eine flächige Schutzschicht (z. B. Gummischrotmatten als Dämpfungsverteilung der dynamischen Windlasten), darf aber nicht verzichtet werden.

Weitere System-Möglichkeiten sind Wannen mit Kies zu füllen, Betonsockel, Betonelemente als Gewichtslast.

- **Lastverteilung bei Wind- und Schneelast**

Windlasten sind standortabhängig und sind objektbezogen zu beurteilen (siehe Norm SIA 260/261).

Bei Schneelasten wird die punktuelle Belastung auf der Abdichtung, der Dämmung und der Tragkonstruktion grösser. Besonders in Randbereichen ist mit erhöhten Anforderungen von Wind und Schneelasten zu rechnen. Diese Mehrbelastung ist zu bestimmen und nötigenfalls mit Druckverteilerplatten auszugleichen.



Sonnenkollektoren auf Betonaufständung montiert. Gehwegplatten schützen das Abdichtungssystem bei Wartungs- und Unterhaltsarbeiten an den Modulen.

PLANUNG



3. Planung

Bei der Planung ist der Austausch von Informationen durch die federführende Partei unter allen beteiligten Parteien sicherzustellen:

- Bauherr
- Planer
- Flachdachbauer (Polybauer)
- Sanitär-Heizunginstallateur
- Elektriker / ESTI
- Spengler / (Blitzschutzinstallateur)

Gemeinde (Baubewilligungsbehörde)

Bei den Gemeinden muss abgeklärt werden, ob eine Baubewilligung notwendig ist.

Elektrizitätswerk (EW)

Das örtliche EW verlangt bei PV-Anlagen ein Anschlussgesuch. Dies wird durch den Elektroplaner/-monteur eingereicht.

Institutionen betreffend Förderunterstützung

Förderbeiträge für WW- und PV Anlagen werden von Kanton und Gemeinden unterschiedlich geregelt (mehr auf www.swissolar.ch).

Bei der kostendeckenden Einspeisevergütung (KEV) müssen die Anlagen vor Baubeginn angemeldet und genehmigt werden (beim kantonalen Amt für Energie nachfragen, Anmeldung über Swissgrid).

In jedem Fall soll der Kunde auf mögliche Förderleistungen aufmerksam gemacht werden. Die aktuellste Liste der Förderung von Kantonen und Gemeinden kann auf www.swissolar.ch eingesehen werden.

Links zum Thema:

www.bfe.admin.ch
www.energiefranken.ch
www.evalo.ch
www.gh-schweiz.ch
www.swissgrid.ch
www.swissolar.ch

Banken

Verschiedene Banken haben eigene Programme zur Förderung von Solaranlagen zum Beispiel mit Zinsvergünstigungen. Diese Förderprogramme der Banken sind regional verschieden und sollten durch den Planer vorgängig mit der jeweiligen Bank des Kunden abgeklärt werden.

Steuervergünstigung

Werden Solaranlagen auf bestehende Gebäude montiert, können die Aufwendungen vom steuerbaren Einkommen abgezogen werden (siehe kantonale Wegleitung zur Steuererklärung).

Führt die Einspeisung zu Einnahmen, müssen diese versteuert werden.

Schnittstellen, Lieferung, Montage, Garantie

Sind mehrere Firmen an der Montage und Installation einer Solaranlage beteiligt, was üblich ist, macht es Sinn, wenn nur eine Firma Vertragspartner der Bauherrschaft wird. Die Subunternehmer ihrerseits gewähren ihre Garantie via Vertragspartner der Bauherrschaft.



LEITUNGSFÜHRUNG UND MONTAGE



4. Leitungsführung

Die wesentlichen Unterschiede zwischen Photovoltaikanlagen (PV) und thermische Anlagen (WW) in Bezug der Leitungen vom Dach bis ins Gebäude sind:

- Bei Photovoltaikanlagen ist es meist ein Kabel bis zu 10 mm Durchmesser, das in einem Schutzrohr geführt wird.
- Bei thermischen Anlagen müssen, selbst bei kleinen und mittleren Anlagen, 2 isolierte Rohre (Ø 60 bis 100 mm inkl. Dämmung) und ein Kabel von den Kollektoren bis zum Speicher geführt werden.

Diese Leitungs-Durchführungen (wenn möglich, immer im Gefälle) sind bereits bei der Planung zu berücksichtigen und zu bestimmen.

Dachdurchbrüche für Verkabelung und Leitungen

Leitungen, die durch das Abdichtungssystem ins Gebäudeinnere geführt werden, benötigen eine Durchführung. In der Regel ist das eine Blecheinfassung, die mit der Abdichtung verbunden ist. Die Einfassung muss nach oben geschlossen sein und muss Regen und Flugschnee zuverlässig abhalten.

Kondenswasserbildung ist durch geeignete Wärmedämmung zu vermeiden.

Der luftdichte Anschluss der Dampfbremse an die Durchführung muss unter allen Umständen dicht ausgeführt werden.

Die Führung und Verkabelung der Elektroleitungen innerhalb des Gebäudes ist Sache des Elektrikers.

Vorbereitungsarbeiten

Bei Neubauten ist das Einlegen eines Lehrrohres für WW-Verrohrung (90mm) und PV-Verkabelung (35mm) auf alle Fälle zu empfehlen.

5. Montage

Arbeitssicherheit

Massnahmen der Arbeitssicherheit müssen gemäss den Suva-Vorschriften und der Bauarbeiter-Verordnung (BauAV) eingehalten und bei der Planung berücksichtigt werden.

Neubau/Umbau:

- Die nötigen Massnahmen (Gerüst, Brüstungsgeländer) sind ab 3 m Absturzhöhe zu planen und zu treffen.
- Gerüst Sichtkontrolle, protokollieren
- Abklären der Durchbruchesicherheit von Einbauten wie z. B. Lichtkuppeln, Verglasungen usw.
- Absturzsicherungen (Fangnetzze) anbringen, wenn die Absturzhöhe ins Gebäudeinnere mehr als 3 m beträgt.
- Bei Dachöffnungen sind, unabhängig von der Absturzhöhe, Absturzsicherungen anzubringen.

Arbeiten von geringem Umfang (max. 2 Personentage)

Bei Arbeiten auf flachen Dächern (Neigung von 0°–40°) und einer Absturzhöhe von mehr als 3 m werden im Minimum Seilsicherungen eingesetzt.



Solartherme-Anlage: Leitungsführung, Deckendurchbruch offen (links), mit Abdeckung (rechts)

Hebemittel

Der Transport auf das Dach soll mit geeigneten Mitteln wie z. B. einem Schrägaufzug oder Kran erfolgen.

Der Untergrund ist vor statischen und mechanischen Beschädigungen zu schützen.

Materialdepot

Beim Materialdepot auf dem Dach ist zu beachten, dass weder die spezifische noch die punktuelle Belastung der Tragkonstruktion und/oder

UNTERHALT



Schichten des Abdichtungssystems überschritten wird. Das Abdichtungssystem ist in jedem Falle durch geeignete Massnahmen während der Einbauphase zu schützen. Allenfalls muss auf trockene und sturmsichere Lagerung geachtet werden.

Fachgerechte Montage

Eine fachmännische Montage der verschiedenen Systeme wird vorausgesetzt. Die Montageanleitungen der Hersteller und Lieferanten sind einzuhalten und sind nicht Thema dieses Merkblattes.

Installationsbewilligung bei Photovoltaikanlagen

Für das Zusammenstecken von PV-Modulen (Solarmodule) mit fertig konfektionierten, steckbaren Stringkabeln (Verbindung zwischen PV-Modulen) ist keine Installationsbewilligung gemäss Art. 14 NIV (Niederspannungs-Installations-Verordnung) notwendig.

Es muss aber sichergestellt werden, dass die Module berührungsgeschützte Stecker aufweisen und die Personen, welche die Montage ausführen, gut instruiert sind. Insbesondere müssen sie genau wissen, welche Module wie zusammengesteckt werden und wo der String an das Stringanschlusskabel angeschlossen sein muss. Hierzu ist ein vollständiger Stringplan notwendig.

Die Abgangsleitungen (Stringkabel) zu den Wechselrichtern sind immer durch den Inhaber einer allgemeinen Installationsbewilligung nach Art. 7 oder 9 NIV oder einer eingeschränkten Bewilligung für Installationsarbeiten an besonderen Anlagen gemäss Art 14 NIV zu installieren.

Blitzschutz, Erdung

Grundsätzlich wird ein Gebäude durch die Errichtung einer Solaranlage nicht blitzschutzpflichtig.

Öffentliche Gebäude sind jedoch immer blitzschutzpflichtig! Bei Gebäuden, die eine bestehende Blitzschutzanlage aufweisen, sind die metallischen, betriebsmässig nicht stromführenden Teile der Anlage (z. B. Gestelle, Rahmen) an die äussere Blitzschutzanlage anzuschliessen.

Der minimale Durchmesser des Blitzschutzdrahtes muss im Minimum 6 mm betragen (Kupfer 6 mm / Alu 9 mm).

Wird eine PV-Anlage auf ein Gebäude installiert, das keinen durchgehenden Hauptpotenzialausgleich hat, müssen die

metallischen Teile an einen direkten Erdleiter angeschlossen werden, der aussen an der Gebäudehülle zu einem Erdungspunkt (Tiefenerder oder Fundamenterdung) auf Erdniveau führt.

Schutz vor Marderverbiss

Obwohl Solarkabel doppelt isoliert sind (Isolation und Schutzmantel) können sie von Marderbissen beschädigt oder sogar durchtrennt werden. Solarkabel sollten mit geeigneten Massnahmen vor Schäden durch Marderverbiss geschützt werden.

6. Unterhalt

Es macht grundsätzlich Sinn, einen Unterhalts- oder Servicevertrag mit definierten Leistungen zwischen Flachdachbauer/Abdichter und Hauseigentümer abzuschliessen. So können Kontroll- und Reinigungsarbeiten sowie kleinere Reparaturen in einem Arbeitsgang durchgeführt werden.

Zugänglichkeit/Arbeitssicherheit

Grundsatz:

- Kontrollwege/Gehwege mit verlegten Gartenplatten für die Zugänglichkeit planen/erstellen.
- Dächer mit Sicherungssystemen (Anschlagpunkte) gegen Absturz ausrüsten.

Dachausstieg:

- Geplante Kontrollwege mit verlegten Gartenplatten benutzen.
- Arbeiten in der Gefahrenzone (2 m bis zur Sturzkante) nur gesichert ausführen.
- Auch Gehwege entlang Sturzkanten nur gesichert betreten.

Leiteraufstieg:

- Anschlagpunkt in unmittelbarer Nähe zum Leiter-Ausstiegspunkt montieren.
- Position der Leiteraufstiege definieren, allenfalls dokumentieren. Wenn möglich, ortsfeste Leitern empfehlen und montieren.

Verwaltungen/Hauswarte

Diese Personengruppen verfügen in der Regel über zu wenig Kenntnis der sicherheits- und fachspezifischen Zusammenhänge im Dachbereich. Versicherungsleistungen bei

ANLAGEÜBERGABE



Unfällen sind meist nicht gedeckt. Ebenfalls sind sie meistens nicht gewohnt an die speziellen Bedingungen einer Arbeitsausführung auf dem Dach, diese sollten von Fachpersonen ausgeführt werden.

Anlagewartungsarbeiten

- Kontrolle der elektrischen Anschlüsse
Bei Solarstromanlagen (PV) muss alle 10 Jahre durch einen konzessionierten Unternehmer eine Kontrolle mit Sicherheits-Nachweis gemacht werden. Dieser Nachweis wird durch das örtliche EW jeweils eingefordert.
- Blitzschutzkontrolle
Bei Unterhalts- und Kontrollarbeiten sind sämtliche An- und Abschlüsse zu und an den Solarmodulen zu kontrollieren.

7. Anlageübergabe und Instruktion

Der Bauherr hat das Anrecht auf eine Instruktion und eine saubere Dokumentation für seine neu installierte Anlage.

Die Dokumentation beinhaltet mindestens:

- Daten der Anlage
- Unterlagen des/der Lieferanten
- Hinweise zur Bedienung
- Hinweise zur Wartung und Störung
- Inbetriebnahmeprotokoll
- Abahmeprotokoll
- Sicherheitskonzept (Zugang gemäss SUVA).

Projektleitung

Marco Walker, Uzwil, Technische Kommission Energie
Gebäudehülle Schweiz

Hansueli Sahli, Uzwil, Leiter Technik Gebäudehülle Schweiz

Projektteam/Autoren

Technische Kommission Energie Gebäudehülle Schweiz
Technische Kommission Flachdach Gebäudehülle Schweiz
Jürg Studer, Leiter Arbeitssicherheit Gebäudehülle Schweiz

Grafik Detail

Peter Stoller, Grafitext, Treiten

Versicherung

Die neue Anlage muss bei der Gebäudeversicherung angemeldet werden.

Anschluss von PV-Anlagen an das Netz des EW's

Die Installation der Anlage ist dem Netzbetreiber (EW) per Installationsanzeige zu melden. Das muss vor der Installation stattfinden, damit der Netzbetreiber abklären kann ob eine allfällige Netzverstärkung nötig ist.

Die Fertigstellung der Anlage ist per Fertigstellungsanzeige und Sicherheitsnachweis (SINA) dem Netzbetreiber zu melden.

8. Hinweise auf weitere Informationen

- Ordner «Empfehlungen für die Nutzung der Solarenergie» von Swissolar (www.swissolar.ch)
- Schulungsordner Gebäudehülle Schweiz / Polybau

9. Normen und Vorschriften

- Normen SIA 271,118/271, 380/1, 380/4, 260, 261
- SUVA-Checkliste CL 67018
- Bauarbeitenverordnung (BauAV)

Druck

Cavelti AG Druck und Media, Gossau SG

Herausgeber

GEBÄUDEHÜLLE SCHWEIZ
Verband Schweizer Gebäudehüllen-Unternehmungen
Technische Kommission Energie
Lindenstrasse 4
9240 Uzwil
T 0041 (0)71 955 70 30
F 0041 (0)71 955 70 40
info@gh-schweiz.ch
www.gh-schweiz.ch

