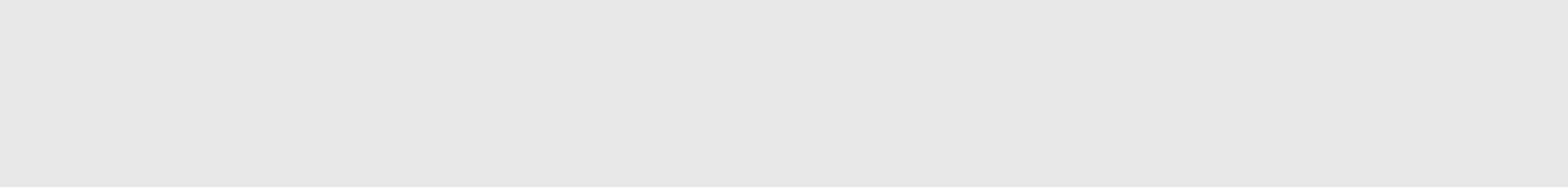




Dachbegrünung und Solarenergieanlagen





Im Rahmen der Energiewende und der Umsetzung der Energiestrategie 2050 des Bundes gewinnt die Stromerzeugung mittels Photovoltaik zunehmend an Bedeutung. Die Kantone sind dabei, die «Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich» in ihre kantonalen Energiegesetze zu überführen. Beim Ersatz des Wärmereizers in bestehenden Bauten mit Wohnnutzung wird seitens der meisten Kantone gefordert, dass der Anteil an nicht erneuerbarer Energie auf 90 % des massgebenden Bedarfs begrenzt werden muss. Dies bedeutet, dass vermehrt Photovoltaik- oder Solarthermieanlagen auf den Dächern installiert werden müssen. Somit kann saubere Energie erzeugt und erhebliche CO₂-Emissionen vermieden werden.

Diese Broschüre soll Planern und Ausführenden sowie interessierten Bauherren aufzeigen, wie Solaranlagen auf Gründächern richtig geplant und ausgeführt werden. Zusätzlich finden Sie darin wertvolle Verweise zu weiteren Publikationen und Webseiten. Abschliessend stellt diese Broschüre gute Lösungen aus der Praxis vor, die Sie inspirieren sollen, Solarenergieanlage mit Gründächern zu kombinieren und so

wertvolle ökologische Flachdachbauten mit einer vielfältigen Biodiversität zu schaffen.

Solarenergieanlagen wandeln die Sonnenstrahlen zu Warmwasser oder Strom um, die im Wohnbau benötigt werden. Die Dachbegrünung speichert das Regenwasser in ihrem Schichtaufbau und hilft mit, die Abwasserleitungen und Klärbecken zu entlasten (Wasserretention). Gleichzeitig kann mit Dachbegrünungen ein Teil der Natur auf dem bebauten Grundstück wiederhergestellt und für Biodiversität gesorgt werden. Im Sommer sorgt die Dachbegrünung für ein kühleres Klima in der Wohnung, da der Wärmeschutz im Sommer durch den höheren Schichtaufbau massiv verbessert wird.

Somit ergeben sich sechs Pluspunkte durch das Solargründach:

1. sommerlicher Wärmeschutz
2. Biodiversität
3. Entlastung der Abwasserleitungen und Klärbecken
4. erhöhter Stromertrag durch Kühleffekt
5. Klimaschutz mit CO₂-Reduktion durch Solarertrag
6. Klimaschutz durch CO₂-Bindung durch Dachbegrünung



Abbildung 1: PV-Anlage kombiniert mit Extensivbegrünung, Quelle: contec

1	Projektierung	5
1.1	<i>Normen, Vorschriften, Bau-/Bauarbeitenverordnung, Arbeitssicherheit</i>	5
1.1.1	Normen, Vorschriften, Bauverordnungen	5
1.1.2	Projektierungsphase	5
1.1.3	Melde- bzw. Baubewilligungsverfahren	5
1.1.4	Brandschutz	5
1.1.5	Blitzschutz	5
1.1.6	Installationsvorschriften	5
1.1.7	Arbeitssicherheit	5
1.2	<i>Voraussetzungen an Gründächer mit Solaranlagen</i>	6
1.2.1	Neubau	6
1.2.2	Bestandsbau	7
1.2.3	Technische Anforderungen an Solaranlagen	7
2	Ausführung	9
2.1	<i>Technische Lösungen</i>	9
2.1.1	Schichtaufbau	9
2.1.2	Aufständigungsarten	9
2.1.3	Sonderlösungen – bifaziale Module	9
2.1.4	Leitungsführung	9
2.2	<i>Extensive Dachbegrünung</i>	11
2.3	<i>Beispiele</i>	12
2.3.1	Extensive Begrünung, Schichtaufbau mit minimaler Substratstärke, Südausrichtung	12
2.3.2	Extensive Begrünung, modellierter Schichtaufbau, Südausrichtung	13
2.3.3	Extensive Begrünung, modellierter Schichtaufbau, Ost-/Westausrichtung	14
2.3.4	Extensive Begrünung, modellierter Schichtaufbau, Ost-/Westausrichtung	15
2.3.5	Extensive Begrünung, modellierter Schichtaufbau, Ost-/Westausrichtung	16
2.3.6	Extensive Begrünung, modellierter Schichtaufbau, Ost-/Westausrichtung	17
2.3.7	Extensive Begrünung, Schichtaufbau mit minimaler Substratstärke, Aufständigung senkrecht	18
2.3.8	Extensive Begrünung, modellierter Schichtaufbau, Aufständigung senkrecht	19
2.4	<i>Solarenergieanlagen mit intensiver Dachbegrünung</i>	20
3	Unterhalt / Betrieb	21
3.1	<i>Unterhaltskonzept Solaranlagen und Dachbegrünung</i>	21
	<i>Schlusswort</i>	22

1. Projektierung

1.1 Normen, Vorschriften, Bau-/Bauarbeitenverordnung, Arbeitssicherheit

1.1.1 Normen, Vorschriften, Bauverordnungen

Je nach Bauphase (Projektierung, Ausführung, Abnahme) für die Installation von PV-Anlagen sind unterschiedliche Normen, Vorschriften und Verordnungen relevant.

Zur Vertiefung:

- Merkblatt Photovoltaik Nr. 6 – Sammlung von anwendbaren Vorschriften von Swissolar.

1.1.2 Projektierungsphase

Vor der Installation einer Solaranlage müssen die verschiedenen Anlagenkomponenten sowie der Dachaufbau geplant werden. Hierbei sind die erforderlichen Normen bzw. Fachplaner beizuziehen.

1.1.3 Melde- bzw. Baubewilligungsverfahren

Örtliche und kantonale Vorschriften sind zu berücksichtigen. Solaranlagen können heute in der Regel unter Anwendung eines einfachen Melde-, statt eines Baubewilligungsverfahrens errichtet werden.

1.1.4 Brandschutz

Das Brandschutzmerkblatt «Solaranlagen» der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF) gibt einen Überblick über alle brandschutzrelevanten Aspekte bei der Installation von Solaranlagen. Es sind die kantonalen Vorschriften einzuhalten.

1.1.5 Blitzschutz

Grundsätzlich sind die kantonalen Vorschriften einzuhalten. Die Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen (VKF) regelt den Geltungsbereich über Blitzschutzsysteme.

1.1.6 Installationsvorschriften

Es gilt die allgemeine Niederspannungsinstallationsnorm (NIN SN 411000:2020). Für die elektrische Installation einer PV-Anlage braucht es eine allgemeine oder eine eingeschränkte Installationsbewilligung gemäss NIV Art.7, Art. 9 oder Art. 14

1.1.7 Arbeitssicherheit

Bei Photovoltaik-/Solaranlagen auf begrünten Flachdächern ist ein Konzept zur sicheren Wartung und Instandhaltung erforderlich. Es beinhaltet eine gemeinsame Planung von Absturzsicherungen, Dachbegrünung und Solarenergieanlagen. So wird ein effizientes Arbeiten und ein störungsarmer Betrieb sichergestellt.

Bei der Planung geht dabei der Personenschutz stets vor. Durch die Vorgaben aus der Norm SIA 271, Ziffer 2.1.3.2 ist ein gefahrloser Unterhalt des Flachdaches, sämtlicher Anlagen (Solar, Lüftung usw.) sowie Dachbegrünungen jederzeit zu ermöglichen. Die Planung und Ausführung von Absturzsicherungsanlagen müssen zwingend nach den geltenden Vorschriften und den Herstellerangaben umgesetzt und die notwendigen Dokumentationen dazu erstellt werden.

Zur Vertiefung:

- Merkblatt Sicherheitsmassnahmen auf Flachdächern von Gebäudehülle Schweiz
- SUVA MB 44095.D, Sicher zu Energie vom Dach



Abbildung 2: Herstellerangaben Absturzsicherungsanlage, Quelle: contec

1. Projektierung

1.2 Voraussetzungen an Gründächer mit Solaranlagen

1.2.1 Neubau

1.2.1.1 Statik

- Nutzungsvereinbarung nach SIA-Norm 260 erstellen.
- Ortsbezogene Schnee- und Windlasten ermitteln unter Einbezug der SIA-Normen 260 und 261. Wo möglich bzw. vorhanden, auch ortskundige Langzeit-Erfahrungen einfließen lassen.
- System-Auflasten und Ballastierung (gegen Windlasten) ermitteln (sofern keine mechanischen Befestigungen zum tragenden Unterbau erstellt werden dürfen/können).
- Die Auflasten von der Photovoltaikanlage (Unterkonstruktionsprofile und PV-Module) sind abhängig vom gewählten System. Es sind die Herstellerangaben zu berücksichtigen.
- Die erforderlichen Ballastierungslasten sind jedoch sehr abhängig von der geografischen Lage und Exponiertheit, von der Gebäudehöhe, vom Modulaufständigungswinkel, der Modulhöhe sowie vom Abstand der Solaranlage zum Dachrand. Diesbezügliche Berechnungssoftwares sind hilfreich.
- Die sich ergebenden Auf- und Ballastierungslasten sind dem für das Objekt zuständigen Statik-Ingenieur mitzuteilen und zur Realisierung genehmigen zu lassen.
- Beim Konstruktionsaufbau ist darauf zu achten, dass die

zulässigen Punktlasten (inkl. zu erwartender Schneemenge) nicht überschritten werden. Dies gilt auch beim Hochheben der Lasten auf das Dach (bzw. beim Absetzen/Zwischenlagern des Materials vor und während der Installation).

Zur Vertiefung:

- <https://windlast.gh-schweiz.ch/> von Gebäudehülle Schweiz

1.2.1.2 Systemaufbau Dachbegrünung und Wassermanagement

Der Dachaufbau erfolgt gemäss den Normen der extensiven Dachbegrünung (SIA 271 und SIA 312). Es ist sinnvoll, die «Richtlinie für extensive Begrünung» von SFG ergänzend zu berücksichtigen. Aufbau und Wasserrückhalt müssen den Auflagen der Bauverordnung und des Planers entsprechen. Unterkonstruktionen für PV-Anlagen können je nach Hersteller direkt in den Begrünungsaufbau einbezogen werden. Substrathöhen können nach Bedarf plan oder mit Höhenunterschieden angelegt werden. Dies kann im Zusammenhang mit den PV-Modulreihen eine positive Auswirkung auf den Bewuchs bzw. die Beschattung haben und erhöht die Biodiversität. Schichtaufbauten müssen in jedem Fall aufeinander abgestimmt werden. Begrünte und feuchte Flächen wirken sich positiv auf die Energieproduktion der PV-Anlagen aus.



Abbildung 3: Kombination Intensiv-/Extensiv-Dachbegrünung neben PV-Anlage, Quelle: Contec

1. Projektierung

1.2 Voraussetzungen an Gründächer mit Solaranlagen

1.2.1.3 Begrünung und Biodiversität

Damit die Begrünung richtig geplant werden kann, muss vorgängig – unter Berücksichtigung der Normen und Richtlinien – ein Begrünungsziel festgelegt werden. Sinn, Zweck und Vorgaben müssen klar definiert werden, damit die richtigen Systemkomponenten gewählt werden können. Eine hochwertige Begrünung mit hoher Biodiversität und reicher Artenvielfalt ist anzustreben. Substrate und Pflanzen sind gemäss SIA-Normen und SFG-Richtlinien zu bestimmen. Substrate müssen vorgängig definiert werden, damit spezifische Gewichte (auflastgebundene Systeme), Wasserrückhalt und zu erwartender Bewuchs aufeinander abgestimmt sind. Die Auswahl der Pflanzen ist bei einer Kombination von Solarenergieanlagen und einer Dachbegrünung enorm wichtig und unterscheidet sich stark von Standard-Saatgutmischungen. Die Pflanzen sind anderen Anforderungen ausgesetzt als bei offenen extensiven Flächen. Wichtig ist, dass die gewählten Pflanzen keinen Schattenwurf auf die Solaranlagen verursachen, um eine Verringerung des Solarertrags zu vermeiden. Saatmischungen für Solardächer bestehen aus niedrigwachsenden schatten- und feuchtigkeitsverträglichen Pflanzen.

Empfehlung für Substrate:

- Substratqualität gemäss SFG-Richtlinien
- Substrate den Vegetationszielen anpassen (mageres Substrat = magerer Bewuchs)
- Substratmischungen in Bezug auf die spezifischen Gewichte vorher festlegen

Empfehlung für Pflanzen:

- Standort und Lage des Gebäudes beachten
- hell- und silbriglaubige Pflanzen bevorzugen (Lichtreflexion auf die PV-Module führt zu höherem Solarertrag)
- niedrig wachsende Pflanzenarten verwenden
- stark wurzelnde und invasive Pflanzen vermeiden
- standortgerechte und artenreiche Mischungen verwenden
- Blütezeiten der Pflanzen beachten (ganzjähriges Nahrungsangebot für Insekten)
- Saattermine/Witterung beachten
- nach Bedarf mit Saatmischungen von einjährigen Pflanzen ergänzen
- Begrünung kann mit ökologischen Elementen aufgewertet werden (Altholz, Wasserflächen, Bienenhotel, Sandlinsen usw.)



Abbildung 4: Die PV-Anlage soll mit genügend Abstand zum Dachrand hin aufgestellt werden (≥ 60 cm), Quelle: reech gmbh

1.2.2 Bestandsbau

Mehrheitlich gelten dieselben Parameter wie beim Neubau (1.2.1.1 bis 1.2.1.4), deshalb sind nachstehend nur noch die für den Bestandsbau relevanten zusätzlichen Punkte aufgeführt.

1.2.2.1 Statik

- Bestandesaufnahme Schichtaufbau (Materialien, Druckspannung, Wärmedämmung, Stärken etc.) und Tragsystem des Daches
- Ermittlung des beim Bau beauftragten Statikers, Klärung der zulässigen Auflasten und allfällige Auflastreserven (kg/m^2)
- Ist keine Gebäudestatik vorhanden, sind die Berechnungen und Nachweise einzuholen

1.2.2.2 Dachcheck

Der vorhandene Dachaufbau ist vor jeder Nutzungsänderung zu prüfen. Es muss eine Zustandsanalyse des Flachdaches mit Prognose erstellt und abgeklärt werden, ob die künftige vorgesehene Nutzungsdauer erreicht werden kann. Diese Zustandsanalyse muss durch einen Gebäudehüllenspezialisten durchgeführt und dokumentiert werden.

Hierfür stehen Checklisten zur Verfügung:

- Zustandsanalyse Flachdach von Gebäudehülle Schweiz
- Web App «Wartung und Instandhaltung» von suissetec

1. Projektierung

1.2 Voraussetzungen an Gründächer mit Solaranlagen

1.2.2.3 Sicherheit

Eine Nutzungsänderung kann zu neuen Vorgaben bezüglich der Sicherheitsmassnahmen führen. Bei Neuanlagen oder einer Umnutzung bestehen eventuell behördliche Auflagen, welche einen festinstallierten Dachaufstieg oder einen Zugang durch das Gebäude erfordern.

1.2.3 Technische Anforderungen an Solaranlagen

Mehrheitlich gelten dieselben Parameter wie beim Neubau. Bezüglich der Installation von Solaranlagen auf Gründächern sind dieselben Anforderungen wie bei Flachdächern ohne Bepflanzung einzuhalten, lediglich der Abstand der Module zum Boden muss höher und die Pflege der Vegetation möglich sein.

Installationen von Solarenergieanlagen direkt auf das Substrat sind nur zulässig, wenn:

- eine genügend dicke Schutzschicht vorhanden ist,
- der Mindestabstand zwischen den Modulen und dem Substrat eingehalten ist (vg. Kapitel 2.1) und
- die statischen Einflüsse berücksichtigt sind.



Abbildung 5: Die PV-Anlage soll mit genügend Abstand zu angrenzenden Bauteilen, Wandanschlüssen u. Ä. aufgestellt werden, Quelle: contec

2. Ausführung

2.1 Technische Lösungen

2.1.1 Schichtaufbau

Der Dachaufbau erfolgt gemäss den Normen der extensiven Dachbegrünung (SIA 271 und SIA 312). Es ist sinnvoll, die «Richtlinie für extensive Dachbegrünung» der SFG ergänzend zu berücksichtigen. Der Aufbau muss der örtlichen Bauverordnung entsprechen und die Vorgaben des generellen Entwässerungsplan (GEP) bezüglich Wassermanagement sind zu erfüllen. Unterkonstruktionen für PV-Anlagen können je nach Hersteller direkt in den Begrünungsaufbau integriert werden.

2.1.2 Aufständerungsarten

PV-Anlagen können auf begrünten Flachdächern mit verschiedenen Systemen installiert werden. Die Ausrichtung der Module (Süd, Ost-West) sowie die Höhe und Neigung der Module haben Einfluss auf den Anteil der begrünten Dachfläche. Für Gründächer gibt es spezielle Auflastsysteme, bei denen das Pflanzsubstrat selbst für die Beschwerung genutzt werden kann (vgl. Abbildung 6).

2.1.3 Sonderlösungen – bifaziale Module

Solarzellen können Licht, das auf der Vorder- und der Rückseite einfällt, in elektrische Energie umwandeln. Bei den bifazialen PV-Modulen ist die Rückseite der Module transparent und ermöglicht so den Lichteinfall auf beiden Seiten der PV-Module. Dies ermöglicht höhere Erträge, erfordert jedoch andere Montagesysteme bzw. ermöglicht neue Montagearten. So lassen sich solche Module auch senkrecht aufstellen, was besonders im Winter zu höheren Solarerträgen führt (vgl. Abbildung 7).



Abbildung 6: Auflastsystem für PV-Aufständerung, Quelle: Bauder



Abbildung 7: PV-Anlage mit bifazialen Modulen auf dem Dach der Seniorenresidenz Eichgut, Winterthur. Ein heller Untergrund mit silbrig-laubigen Pflanzen – wie Sonnenröschen und Thymian – begünstigt die Reflexion des Sonnenlichts und führt zu einem Mehrertrag in der Solarstromproduktion. Quelle: Solarspar

2. Ausführung

2.1 Technische Lösungen

2.1.4 Leitungsführung

Wichtig ist bei Gründächern insbesondere der mechanische Schutz der Kabel gegen Schneidwerkzeuge, die bei der Pflege der Vegetation verwendet werden (vgl. Abbildungen 8 und 9).

10



Abbildung 8: Kabelführung PV-Anlage zu Wechselrichter, Quelle: contec



Abbildung 9: Kabelführung zwischen den PV-Modulen, Quelle: contec

2.2 Extensive Dachbegrünung

Wachstumsformen bei extensiven Dachbegrünungen				
Pflanzenformen, Erscheinungsbild	Sedum-Arten, Moose, geringer Anteil Kräuter	Sedum-Arten, Kräuter, geringer Anteil Gräser	Gräser, Kräuter	Gräser, geringer Anteil Kräuter
Schichtdicke (nach erfolgter Setzung)	ab 80 mm	ab 100 mm	ab 120 mm	ab 150 mm

Tabelle 1: Erzielbare Wuchsformen in Abhängigkeit von der Dicke der Vegetationstragschicht bei extensiver Dachbegrünung (Quelle: Norm SIA 312)

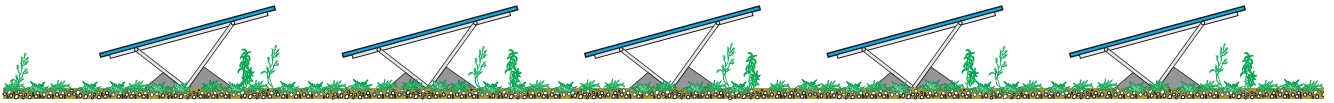


Abbildung 10: Kombination Intensiv-/Extensiv-Dachbegrünung neben PV-Anlage, Quelle: Zinco

2. Ausführung

2.3 Beispiele

2.3.1 Extensive Begrünung, Schichtaufbau mit minimaler Substratstärke, Südausrichtung



- Ausrichtung nach Süden
- Unterkante des Moduls mindestens 30 cm über Substrat
- minimale Einbaustärke des Substrats gemäss Auflastberechnung oder Norm SIA 312
- in Unterkonstruktion integrierter Wasserspeicher
- Modul-Winkel gemäss Berechnung (abhängig von Modulabständen)
- Reihen- bzw. Modulabstände mindestens 60 cm (Wartungsgang) oder gemäss Verschattungsberechnung

Vorteile:

- genügend Platz für Begrünung
- genügend Platz für Wartung und Unterhalt

Nachteile:

- geringe Ausnutzung der Fläche durch Südausrichtung
- Leistungskurve der Stromproduktion

Pflanzen:

- niedrig wachsende, bodendeckende Pflanzen gemäss Lieferantenangaben

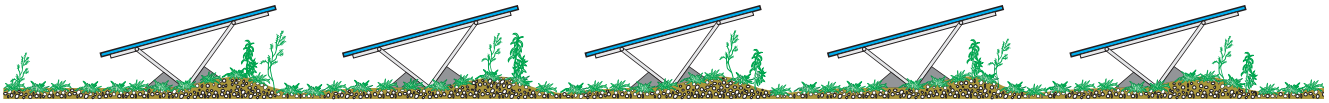


Abbildung 11: Gegen Süden ausgerichtete PV-Anlage mit minimalem Substrataufbau, Quelle: contec

2. Ausführung

2.3 Beispiele

2.3.2 Extensive Begrünung, modellierter Schichtaufbau, Südausrichtung



- Ausrichtung nach Süden
- Unterkante des Moduls mindestens 35 cm über Substrat
- Einbaustärke des Substrats 80 bis 150 mm. Die Einbauhöhe sollte so modelliert werden, dass vor den Solarmodulen weniger Substrat liegt als unter den Modulen.
- in Unterkonstruktion integrierter Wasserspeicher
- Modul-Winkel gemäss Berechnung (abhängig von Modulabständen)
- Reihen- bzw. Modulabstände mindestens 60 cm (Wartungsgang) oder gemäss Verschattungsberechnung

Vorteile:

- genügend Platz für Begrünung
- genügend Platz für Wartung und Unterhalt
- höhere Biodiversität durch unterschiedliche Substratstärken
- keine Verschattung bei geringerer Substrateinbaustärke an Modulvorderkante

Nachteile:

- geringe Ausnutzung der Fläche durch Südausrichtung
- Leistungskurve der Stromproduktion

Pflanzen:

- niedrig wachsende, bodendeckende Pflanzen gemäss Lieferantangaben

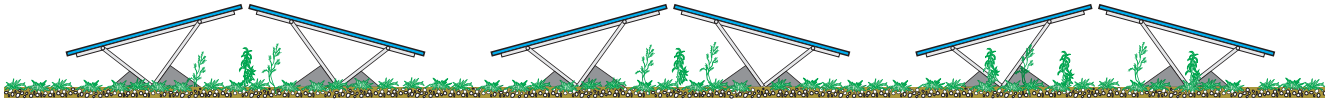


Abbildung 12: Gegen Süden ausgerichtete PV-Anlage mit modelliertem, unterschiedlich hohem Substrataufbau, Quelle: contec

2. Ausführung

2.3 Beispiele

2.3.3 Extensive Begrünung, Schichtaufbau mit minimaler Substratstärke, Ost-/Westausrichtung



- Ausrichtung nach Osten und Westen
- Unterkante des Moduls mindestens 30 cm über Substrat
- minimale Einbaustärke des Substrats gemäss Auflastberechnung oder Norm SIA 312
- in Unterkonstruktion integrierter Wasserspeicher
- Modul-Winkel gemäss Berechnung (abhängig von Modulabständen)
- Reihen- bzw. Modulabstände mindestens 60 cm an tieferer Modulkante (Wartungsgang) oder gemäss Verschattungsberechnung

Vorteile:

- hohe Ausnutzung der Fläche durch Ost- und West-Ausrichtung
- Genügend Platz für Wartung und Unterhalt
- höhere Biodiversität durch unterschiedliche Sonnen- bzw. Schattensituation
- geringere Windangriffsfläche
- Leistungskurve der Stromproduktion

Nachteile:

- Unterhalt unter Modul schwierig ausführbar

Pflanzen:

- niedrig wachsende, bodendeckende Pflanzen gemäss Lieferantenangaben



Abbildung 13: Gegen Osten/Westen ausgerichtete PV-Anlage mit minimalem Substrataufbau, Quelle: Bauder

2. Ausführung

2.3 Beispiele

2.3.4 Extensive Begrünung, modellierter Schichtaufbau, Ost-/Westausrichtung



- Ausrichtung nach Osten und Westen
- Unterkante des Moduls mindestens 35 cm über Substrat
- Einbaustärke des Substrats 80 bis 150 mm. Die Einbauhöhe sollte so modelliert werden, dass vor den Solarmodulen weniger Substrat liegt als unter den Modulen.
- in Unterkonstruktion integrierter Wasserspeicher
- Modul-Winkel gemäss Berechnung (abhängig von Modulabständen)
- Reihen- bzw. Modulabstände mindestens 60 cm an der tieferen Modulkante (Wartungsgang) oder gemäss Verschattungsberechnung

Vorteile:

- hohe Ausnutzung der Fläche durch Ost- und West-Ausrichtung
- genügend Platz für Wartung und Unterhalt
- höhere Biodiversität durch unterschiedliche Sonnen- bzw. Schattensituation
- höhere Biodiversität durch unterschiedliche Substratstärken
- geringere Windangriffsfläche
- Leistungskurve der Stromproduktion

Nachteile:

- Unterhalt unter Modul schwierig ausführbar

Pflanzen:

- niedrig wachsende, bodendeckende Pflanzen gemäss Lieferantenangaben

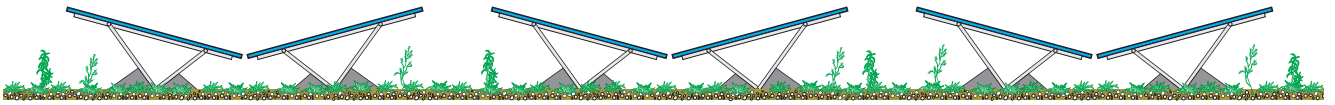


Abbildung 14: Gegen Osten/Westen ausgerichtete PV-Anlage mit modelliertem, unterschiedlich hohem Substrataufbau, Quelle: contec

2. Ausführung

2.3 Beispiele

2.3.5 Extensive Begrünung, Schichtaufbau mit minimaler Substratstärke, Ost-/Westausrichtung



- Ausrichtung nach Osten und Westen
- Unterkante des Moduls mindestens 30 cm über Substrat
- minimale Einbaustärke des Substrats gemäss Auflastberechnung oder Norm SIA 312
- in Unterkonstruktion integrierter Wasserspeicher
- Modul-Winkel gemäss Berechnung (abhängig von Modulabständen)
- Reihen- bzw. Modulabstände mindestens an hoher Modulkante (Wartungsgang) oder gemäss Verschattungsberechnung; Abstände an tiefer Kante mindestens 10 cm

Vorteile:

- hohe Ausnutzung der Fläche durch Ost- und Westausrichtung
- gute Zugänglichkeit für Wartung und Unterhalt auch unter den Modulen
- höhere Biodiversität durch unterschiedliche Sonnen- bzw. Schattensituation
- Leistungskurve der Stromproduktion

Nachteile:

- Schnee bleibt bei geringem Modulabstand länger liegen (kann nicht abrutschen und führt so zu Ertragseinbussen)

Pflanzen:

- niedrig wachsende, bodendeckende Pflanzen gemäss Lieferantangaben

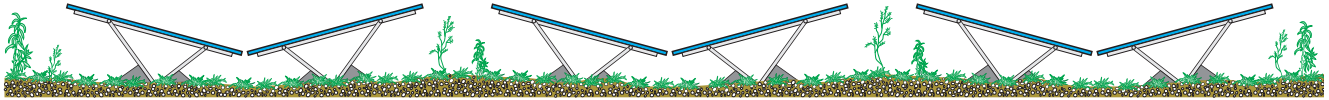


Abbildung 15: Gegen Osten/Westen ausgerichtete PV-Anlage mit minimalem Substrataufbau, Quelle: Zinco

2. Ausführung

2.3 Beispiele

2.3.6 Extensive Begrünung, modellierter Schichtaufbau, Ost-/Westausrichtung



- Ausrichtung nach Osten und Westen
- Unterkante des Moduls mindestens 35 cm über Substrat
- Einbaustärke des Substrats 80 bis 150 mm. Die Einbauhöhe sollte so modelliert werden, dass vor den Solarmodulen weniger Substrat liegt als unter den Modulen.
- in Unterkonstruktion integrierter Wasserspeicher
- Modul-Winkel gemäss Berechnung (abhängig von Modulabständen)
- Reihen- bzw. Modulabstände mindestens 60 cm an höherer Modulkante (Wartungsgang) oder gemäss Verschattungsberechnung; Abstände an tiefer Kante mindestens 10 cm

Vorteile:

- hohe Ausnutzung der Fläche durch Ost- und West-Ausrichtung
- gute Zugänglichkeit für Wartung und Unterhalt auch unter den Modulen
- höhere Biodiversität durch unterschiedliche Sonnen- bzw. Schattensituation
- höhere Biodiversität durch unterschiedliche Substratstärken
- Leistungskurve der Stromproduktion

Nachteile:

- Schnee bleibt bei geringem Modulabstand länger liegen (kann nicht abrutschen und führt zu Ertragseinbussen)

Pflanzen:

- niedrig wachsende, bodendeckende Pflanzen gemäss Lieferantangaben

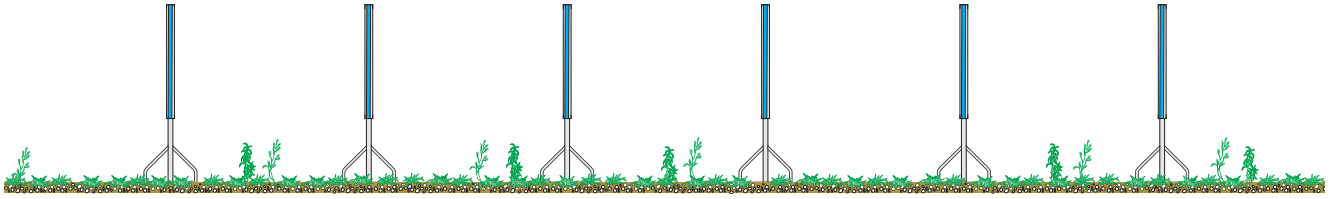


Abbildung 16: Gegen Osten/Westen ausgerichtete PV-Anlage mit modelliertem, unterschiedlich hohem Substrataufbau, Quelle: Zinco

2. Ausführung

2.3 Beispiele

2.3.7 Extensive Begrünung, Schichtaufbau mit minimaler Substratstärke, Aufständering senkrecht



18

- Aufständering senkrecht mit Ost-West-Ausrichtung
- Unterkante des Moduls mindestens 30 cm über Substrat
- minimale Einbaustärke des Substrats gemäss Auflastberechnung oder Norm SIA 312
- in Unterkonstruktion integrierter Wasserspeicher
- Modul-Winkel gemäss Berechnung (abhängig von Modulabständen)
- Reihen- bzw. Modulabstände mindestens 60 cm an tiefer Modulkante (Wartungsgang) oder gemäss Verschattungsberechnung

Vorteile:

- genügend Platz für Wartung und Unterhalt
- keine Verschattung durch Pflanzen
- hoher Ertrag durch bifaziale Module
- Ertragssteigerung durch helle Pflanzen oder Kies
- keine Schneeablagerungen auf den Modulen

Nachteile:

- hohe Windangriffsfläche
- Konstruktionshöhe

Pflanzen:

- niedrig wachsende, bodendeckende Pflanzen gemäss Lieferantangaben
- speziell geeignet sind silbriglaubige Pflanzen

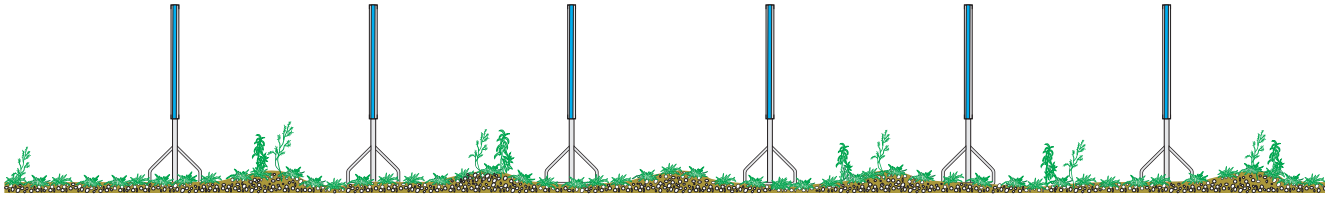


Abbildung 17: Senkrecht aufgeständerte PV-Module mit minimalem Substrataufbau, Quelle: Zinco

2. Ausführung

2.3 Beispiele

2.3.8 Extensive Begrünung, modellierter Schichtaufbau, Aufständerung senkrecht



- Aufständerung senkrecht mit Ost-West-Ausrichtung
- Unterkante des Moduls mindestens 30 cm über Substrat
- Einbaustärke des Substrats 80 bis 150 mm. Die Einbauhöhe sollte so modelliert werden, dass unter den Solarmodulen weniger Substrat liegt als zwischen den Modulen
- in Unterkonstruktion integrierter Wasserspeicher
- Reihen- bzw. Modulabstände gemäss Verschattungsberechnung

Vorteile:

- keine Verschattung durch Pflanzen
- hoher Ertrag durch bifaziale Module
- Ertragssteigerung durch helle Pflanzen oder Kies
- genügend Platz für Wartung und Unterhalt
- höhere Biodiversität durch unterschiedliche Substratstärken
- keine Schneeablagerungen auf den Modulen

Nachteile:

- hohe Windangriffsfläche
- Konstruktionshöhe

Pflanzen:

- niedrig wachsende, bodendeckende Pflanzen gemäss Lieferantenangaben
- speziell geeignet sind silbriglaubige Pflanzen



Abbildung 18: Testanlage der ZHAW, Quelle: Solarspar

2. Ausführung

2.4 Solarenergieanlagen mit intensiver Dachbegrünung

20


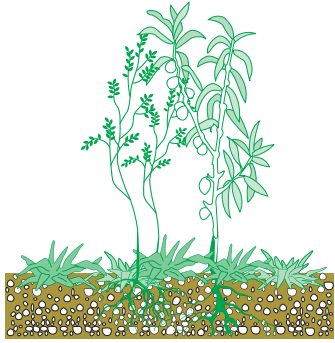
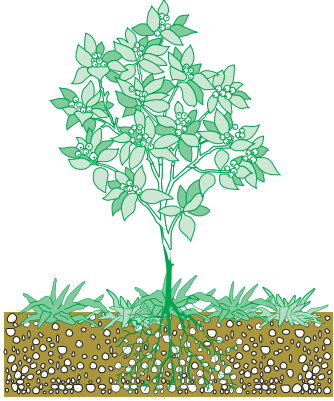
Wachstumsformen bei intensiven Dachbegrünungen			
			
Erscheinungsbild	Rasen, Wiesen, Stauden und niedere Gehölze	Stauden und mittelhohe Gehölze	Hohe Gehölze
Schichtdicke	120 bis 300 mm	300 bis 500 mm	ab 500 mm
Pflanzenformen	Gräser, Stauden, Kleingehölze	Stauden, Kleingehölze	Klein- und Grossgehölze

Tabelle 2: Erzielbare Wuchsformen in Abhängigkeit von der Dicke der Vegetationstragschicht bei intensiver Dachbegrünung (Quelle: Norm SIA 312)

Teilflächen mit grösseren Substratdicken, (bis 50 cm intensive Dachbegrünung mit Sträuchern und Büschen) sind als Ergänzung zu mit Modulen belegten Flächen realisierbar. Jedoch darf die intensive Bepflanzung dieser Teilflächen die Module nicht verschatten.

Die Beispiele im Kapitel 2.3 können auch untereinander beliebig kombiniert werden.



Abbildung 19: Intelligente Lösung in der Kombination von intensiver und extensiver Begrünung, zusammen mit einer Photovoltaik-Anlage, Quelle: contec

3. Unterhalt / Betrieb

3.1 Unterhaltskonzept Solaranlagen und Dachbegrünung

Es sind geeignete Massnahmen für den sicheren Unterhalt der Dachbegrünung sowie Wartungsarbeiten an den Solaranlagen zu treffen (Arbeitssicherheit und Personenschutz).

Die Dachbegrünung muss durch eine Fachperson unterhalten werden. Insbesondere die ersten zwei bis vier Jahre sind entscheidend, um das definierte Begrünungsziel zu erreichen. Nach dem Anwachsen muss die Begrünung gemäss Richtlinien ein- bis zweimal jährlich gepflegt werden. Als Grundlagen dafür dienen die Norm SIA 312 und die Richtlinien des SFG.

Die Solaranlage benötigt in der Regel keine Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten. Nur bei bestimmten Störungen, die über das Fernüberwachungssystem (Monitoring) gemeldet werden, sollte die Anlage durch eine Fachperson vor Ort überprüft werden.

Nach Stürmen oder Hagelereignissen empfiehlt sich zudem die fachmännische Überprüfung, ob es zu Schäden an den

Solarmodulen oder deren Unterkonstruktionen gekommen ist. Ansonsten ist eine Sichtkontrolle alle zwei bis vier Jahre empfehlenswert.

Die Wartungs- und Unterhaltsleistungen sind vorgängig zu definieren, ebenfalls die Zuständigkeiten und Verantwortungen. Es muss vertraglich festgelegt werden, wer für den Unterhalt verantwortlich ist, dies gilt insbesondere beim Mieten von Dachflächen durch Solaranlagenbetreiber.

Siehe dazu auch: «Unterhaltsvertrag» (für Mitglieder von Gebäudehülle Schweiz kostenlos)

Inhalte von Abmachungen sind:

- Zugänglichkeiten
- Sicherungssysteme
- Kontrolle und Massnahmen an Bewuchs/Verschattung
- Kontrolle Anlage/Funktion/Stromproduktion



Abbildung 20: Arbeits- und Personenschutz beim Unterhalt von Begrünung und Solaranlagen, Quelle: contec

Schlusswort

Kann in Zukunft vermehrt Solarenergie auf Flachdächern gewonnen werden, ohne dass die Artenvielfalt der Pflanzen- und Tierwelt darunter leidet? Ja, denn Solarenergieanlagen und Flachdachbegrünungen bilden eine gelungene Kombination für eine nachhaltige und artenreiche Zukunft.

Richtig geplant und umgesetzt, entstehen so Flächen, von denen sowohl die Pflanzen- und Tierwelt wie auch der Mensch profitieren können. So bieten Dachgärten einen wichtigen Lebensraum für Kleintiere, sie schützen Wohnräume vor Hitze und sorgen dafür, dass Stadtzentren im Sommer kühler bleiben. Denn Holz, Erde und Humus absorbieren tagsüber viel weniger Wärme/Hitze als Baustoffe wie Asphalt, Beton oder Kies.

22

Den beteiligten Branchenorganisationen ist es ein grosses Anliegen, dass die Chancen aus der Kombination von Solarenergie mit Dachbegrünung erkannt und genutzt werden. Dies zum Erreichen der Energiestrategie 2050, zum Wohle der einheimischen Flora/Fauna und um der Natur etwas Gutes zu tun.



Abbildung 21: Absturzsicherung, Quelle: contec

Impressum

Beteiligte Verbände

Gebäudehülle Schweiz, Verband Schweizerischer Gebäudehüllen-Unternehmungen, Lindenstrasse 4, 9240 Uzwil

Holzbau Schweiz, Verband Schweizerischer Holzbau-Unternehmungen, Thurgauerstrasse 54, 8050 Zürich

JardinSuisse, Unternehmerverband Gärtner Schweiz, Bahnhofstrasse 94, 5000 Aarau

Schweizerische Fachvereinigung Gebäudebegrünung, Waisenhausstrasse 2, 3600 Thun

Suissetec, Schweizerisch-Liechtensteinischer Gebäudetechnikverband, Auf der Mauer 11, 8021 Zürich

Swissolar, Schweizerischer Fachverband für Sonnenenergie, Neugasse 6, 8005 Zürich

Projektleitung Arbeitsgruppe

Hanselmann Urs, 8454 Buchberg, Gebäudehülle Schweiz

Arbeitsgruppe

Gut Robin, 5443 Niederrohrdorf, Suissetec

Haus Stefan, 5000 Aarau, JardinSuisse

Hinter Stefan, 9058 Brülisau, Schweizerische Fachvereinigung Gebäudebegrünung

Hüppi Bruno, 8730 Uznach, Holzbau Schweiz

Moll Christian, D-78224 Singen (HTW.), Swissolar

Nussbaumer Reto, 8808 Pfäffikon, Gebäudehülle Schweiz

Sigrist Heinz, 3661 Uetendorf, Schweizerische Fachvereinigung Gebäudebegrünung

Spiller Nathalie, 8004 Zürich, Swissolar

Struffenegger Rolf, 5000 Aarau, JardinSuisse

Redaktion und Illustrationen

Ragonessi Marco, RSP Bauphysik AG, 6003 Luzern

Titelbild

Contec