

HTL1 Bau & Design  
Goethestraße 17  
4020 Linz



**Diplomarbeit 2023/24**

**Photovoltaik-Anlagen -**  
**Schadensvermeidung durch richtige Montage**

Verfasser: Laura Spiessberger

Betreuer: Prof. Arch. DI Jürgen Hager

Höhere Abteilung: Bautechnik - Englischklasse

## Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig angefertigt und die mit ihr unmittelbar verbundenen Tätigkeiten selbst erbracht habe. Ich erkläre weiters, dass ich keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Alle aus gedruckten, ungedruckten Quellen oder dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte sind gemäß den Regeln für wissenschaftliche Arbeiten zitiert und durch Fußnoten bzw. durch andere genaue Quellenangaben gekennzeichnet.

Diese Arbeit wurde in gedruckter und elektronischer Form abgegeben. Ich bestätige, dass der Inhalt der digitalen Version vollständig mit dem der gedruckten Version übereinstimmt.

Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird.

Linz, im März 2024

---

Laura Spiessberger

### Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während der Anfertigung dieser Diplomarbeit unterstützt und motiviert haben.

Zuerst gebührt mein Dank Herrn Prof. Arch. DI Jürgen Hager, der meine Diplomarbeit betreut und begutachtet hat. Die hilfreichen Anregungen und die konstruktive Kritik bei der Erstellung dieser Arbeit waren sehr wertvoll.

Weiters möchte ich mich bei den Firmen BMI, Prefa, Bauder und Swisspearl und deren freundlichen Mitarbeitern bedanken, die mir Verlegeanleitungen und fachliche Unterstützung zukommen lassen haben.

Einen besonderen Dank möchte ich auch an den Landesinnungsmeister der Dachdecker und Spengler, Herrn Othmar Berner und an Herrn Thomas Kirchhofer (Fa. Köppl Alexander GmbH) aussprechen, die mich bei Fragen zum Dachdeckerhandwerk unterstützt haben. Weiters danke ich der Firma IBTS GmbH für die Bereitstellung von Schadensbildern.

## Kurzfassung

Die vorliegende Diplomarbeit widmet sich der Befestigung von Photovoltaik-Anlagen auf verschiedenen Dachsystemen. Die nachträgliche Befestigung von zusätzlichen Elementen am Dach stellt naturgemäß einen Eingriff dar, der auch Schäden hervorrufen kann.

Deshalb wurde in dieser Diplomarbeit versucht, durch eigene Recherchen und Gespräche mit Fachleuten (Dachdecker und Materialhersteller) die wesentlichen Schadensquellen zu identifizieren und Lösungen zur richtigen Montage herauszuarbeiten.

Es wird die Montage mithilfe konkreter Produkte auf unterschiedlichen Dächern erläutert. Dabei wird nicht nur auf die theoretischen Aspekte der Montage eingegangen, sondern auch auf praktische Erfahrungen und Empfehlungen aus der Fachwelt, um einen umfassenden Einblick in die Thematik zu gewährleisten.

## Abstract

The present thesis focuses on the installation of photovoltaic systems on various roof systems. The subsequent attachment of additional elements to the roof naturally constitutes an intervention that can also cause damage.

Therefore, this thesis attempts to identify the main causes of damage and develop solutions for proper installation through independent research and discussions with experts (roofers and material manufacturers).

The installation using specific products on different roofs is explained, addressing not only the theoretical aspects but also practical experiences and recommendations from the field to provide a comprehensive insight into the topic.

Inhaltsverzeichnis

<b>Eidesstattliche Erklärung</b> .....	<b>2</b>
<b>Danksagung</b> .....	<b>3</b>
<b>Kurzfassung</b> .....	<b>4</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Grundsätzliche Überlegungen zu PV-Anlagen auf Dächern</b> .....	<b>9</b>
1.1 Funktionsweise einer PV-Anlage.....	9
1.2 Planungsgrundlagen .....	9
1.3 Arten von PV-Anlagen .....	10
1.4 Alter des Daches.....	10
1.5 Anforderungen an Dachaufbauten .....	11
1.5.1 Steildach/Pulldach .....	11
1.5.2 Flachdächer .....	13
1.6 Brandschutz.....	13
<b>2 Montage auf Dachziegeln und Betondachsteinen</b> .....	<b>14</b>
2.1 Grundlegende Informationen zu Dachziegeln und Betondachsteinen.....	14
2.2 Aufdachmontage.....	14
2.2.1 Allgemeine Produktinformationen .....	14
2.2.2 Montage .....	15
2.3 Indachmontage .....	15
2.3.1 Allgemeine Produktinformationen .....	15
2.3.2 Montage .....	16
2.4 Befestigungen: Technische Problempunkte und Lösungen.....	27
<b>3 Montage auf Metaldachdeckungen</b> .....	<b>29</b>
3.1 Grundlegende Informationen zu Metaldachdeckungen.....	29
3.2 Montage auf kleinformatischen Metaldachdeckungen .....	29

3.2.1	Allgemeine Produktinformationen .....	30
3.2.2	Montage .....	31
3.3	Montage auf Metallbahndachdeckungen .....	36
3.3.1	Allgemeine Produktinformationen .....	36
3.3.2	Montage .....	38
3.4	Blechdächer: Technische Problempunkte und Lösungen .....	40
<b>4</b>	<b>Montage auf Flachdächern .....</b>	<b>43</b>
4.1	Montage durch Beschwerung .....	43
4.1.1	Schadensbilder .....	44
4.2	Montage auf Bitumen- oder Kunststoffbahnen .....	45
4.2.1	Allgemeine Produktinformationen .....	45
4.2.2	Anwendungsbereich .....	45
4.2.3	Modulanforderungen .....	45
4.2.4	Aufbau und Komponenten .....	46
4.2.5	Einbaubedingungen .....	46
4.2.6	Montage .....	47
4.3	Problemstellungen bei PV-Montage auf Foliendächern .....	49
4.3.1	Rutschen .....	49
4.3.2	Beschädigungen an der Abdichtung .....	49
4.3.3	Dach-Wartungsarbeiten bzw. Gullyreinigung erschwert .....	51
4.3.4	Sonderfall Holz-Element-Dächer .....	52
<b>5</b>	<b>Montage auf Gründächern .....</b>	<b>53</b>
5.1	Allgemeine Produktinformationen .....	53
5.1.1	Abmessungen .....	53
5.1.2	Einbaubedingungen .....	53
5.2	Montage .....	54

---

<b>6</b>	<b>Solardachziegel .....</b>	<b>56</b>
6.1	Allgemeine Produktinformationen .....	56
6.1.1	Einbaubedingungen.....	56
6.1.2	Abmessungen Module .....	56
6.2	Montage .....	57
6.2.1	Kabelverlegung.....	57
6.2.2	Befestigung der Dachlatten.....	57
6.2.3	Einteilung.....	58
6.2.4	Montage der PV-Module und Ergänzungsplatten .....	59
6.2.5	Montage Firstanschlussblech und Firstprofil .....	60
6.2.6	Montage Seitenanschlussprofil.....	61
6.3	Konstruktionsdetails.....	62
6.3.1	Traufendetail .....	62
6.3.2	Firstdetail.....	63
6.3.3	Ortsausbildung .....	64
6.3.4	Dachflächenfenster .....	64
6.3.5	Schneefangvorrichtung .....	64
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>65</b>
	<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>66</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>67</b>

# 1 Grundsätzliche Überlegungen zu PV-Anlagen auf Dächern

## 1.1 Funktionsweise einer PV-Anlage

Bei Einstrahlung von Sonnenlicht auf die Solarzellen der PV-Anlage entsteht eine elektrische Spannung. Diese wird innerhalb der Solarzellen in Gleichstrom umgewandelt, der durch den Wechselrichter direkt in nutzbaren Wechselstrom transformiert wird. Der erzeugte Strom kann unmittelbar verbraucht, in einem Speicher für spätere Nutzung gespeichert oder in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden.

## 1.2 Planungsgrundlagen

Bei der Planung einer PV-Anlage muss man sich grundsätzlich mit den Themen der Gestaltung, der Eignung des Gebäudes und der Verschattung beschäftigen.

Gestalterisch gibt es verschiedene Möglichkeiten eine PV-Anlage möglichst ästhetisch in ein Gebäude einzugliedern. Eine Variante dafür wäre eine PV-Anlage, die in die Gebäudehülle integriert ist, wie zum Beispiel eine Indachmontage auf einem Steildach oder eine Einbindung der Paneele in die Fassade, wobei es hier zu zusätzlichen technischen Schwierigkeiten kommen kann. Man kann aber auch bei aufgeständerten Modulen durch Auswahl der Modulabmessungen und gewählte Anordnung in der Fläche eine gestalterisch ansprechende PV-Anlage errichten.<sup>1</sup>

Im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage muss überprüft werden, ob sich ein Gebäude überhaupt dafür eignet. Das heißt, man braucht im Optimalfall große, nach Süden ausgerichtete Flächen, um den Ertrag der Anlage zu maximieren. Zusätzlich muss erörtert werden, ob sich ein Bestandsgebäude statisch für die Nachrüstung einer PV-Anlage eignet. Geht es jedoch um einen Neubau, sollte man schon in der Planung die notwendigen Maßnahmen berücksichtigen, um die PV-Anlage später optimal ausnützen zu können. Zusätzlich kann auch Verschattung den Energiegewinn mindern, weshalb darauf geachtet werden sollte, ob es zur Verschattung durch Gebäude oder Bäume kommt.

---

<sup>1</sup> vgl. <https://www.baunetzwissen.de/solar/fachwissen/pv-am-gebaeude> Stand: 12.02.2024

### 1.3 Arten von PV-Anlagen

Mittlerweile gibt es viele verschiedene Arten von PV-Anlagen, welche in unterschiedliche Aspekte eines Gebäudes integriert werden können. Die bekannteste und am häufigsten verwendete Methode ist es, die PV-Module entweder als Auf- oder Indachmontage auf einem Steildach auszuführen.

Ebenso möglich ist die Aufständigung auf einem Flachdach. Zusätzlich kann man PV-Anlagen auch gut mit Gründächern kombinieren, da diese eine kühlere Temperatur bewirken, was einen positiven Effekt auf den Wirkungsgrad der Solarzellen hat.

Abgesehen davon kann man die Module auch in die Fassade integrieren, wobei diese oft nicht so energieeffizient wie bei einer Montage auf einem Dach sind, da die senkrechte Anbringung ungünstigere Einstrahlungsbedingungen erzeugt. Ein Vorteil hierbei ist aber, dass die Energiegewinnung länger ausfällt. Weiters eignen sich auch Überkopfverglasungen oder Sonnenschutzelemente für die Integration von PV-Modulen.<sup>2</sup>

### 1.4 Alter des Daches

Bei Belegung eines bestehenden Daches ist immer abzuwägen, ob es noch sinnvoll ist, auf ein Dach eine PV-Anlage zu montieren oder vorher das gesamte Dach zu sanieren.

Da moderne PV-Module eine Lebensdauer von > 30 Jahre erreichen können wäre es schade, wenn nach wenigen Jahren alles wieder demontiert werden muss, weil die Dacheindeckung nicht mehr funktioniert und ausgetauscht werden muss.

Diese Abwägung ist meist nicht einfach.

**Bei asbesthaltigen Dächern (Baujahr bis ca. 1990) ist die Montage von PV-Anlagen in Deutschland verboten.<sup>3</sup> In Österreich ist die Rechtslage unklarer, jedoch wird jedenfalls empfohlen die Dacheindeckung zu erneuern (Asbest-Dächer sind mittlerweile mindestens 30-35 Jahre alt).**

---

<sup>2</sup> vgl. <https://www.baunetzwissen.de/solar/fachwissen/pv-am-gebaeude>, Stand: 12.02.2024

<sup>3</sup> vgl. Märkel Christian: Ist Photovoltaik auf einem Asbestdach verboten?. <https://www.photovoltaike-web.de>, Stand: 12.02.2024

## 1.5 Anforderungen an Dachaufbauten

Bevor man eine PV-Anlage auf einem bestehenden Dach montiert oder einen Dachaufbau für einen Neubau plant, auf dem eine PV-Anlage vorgesehen ist, muss man je nach Dachform einige wichtige Punkte beachten.

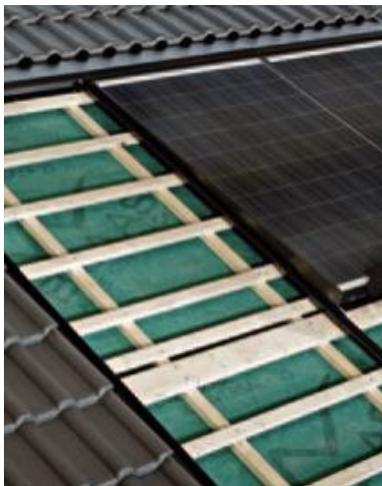
### 1.5.1 Steildach/Pulldach

Einen wesentlichen Unterschied macht, ob der Dachraum als Wohnraum ausgebaut ist oder nicht.

#### Fall 1: Dachraum ausgebaut

Möchte man auf einem Steildach mit ausgebautem Dachraum eine PV-Anlage montieren, so sollte dieses **auf jeden Fall hinterlüftet sein**.

Ist dies nicht der Fall, kann (z.B. aufgrund eines Eisrückstaus) Wasser in die Konstruktion/Dämmebene gelangen und Schäden verursachen. Eine Hinterlüftung hingegen sorgt dafür, dass etwaig anfallendes Wasser auf dem Unterdach abrinnen kann.



Unterdach (Hinterlüftungsebene) mit diffusionsoffener Folie vorhanden  
Eindringendes Wasser kann abfließen  
→ Dach ist jedenfalls geeignet für eine PV-Anlage

Abb. 1: Steildach mit diffusionsoffener Folie (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024)

Sollte bei einem Bestandsdach mit ausgebautem Dachgeschoß keine Hinterlüftung bzw. kein Unterdach vorhanden sein, so ist unbedingt ein Experte hinzuzuziehen und die Eignung des Daches zu prüfen.

- Bei Ziegel- und Betondachsteindächern werden üblicherweise Ausnehmungen am Ziegel hergestellt und dadurch zusätzliche Wassereintritte erleichtert (siehe Kapitel 2). Dies kann sich bei fehlendem Unterdach fatal auswirken.

Das gleiche gilt, falls statt der erforderlichen diffusionsoffenen Folie eine bituminöse Folie (meist Dachpappe) im Unterdach verlegt wurde (früher häufig so ausgeführt).



Unterdach (Hinterlüftungsebene) mit Bitumen/Dachpappe vorhanden

→ **Gefährlich**

Dachkonstruktion ist nach außen hin nicht diffusionsoffen. Eine Austrocknung damit nicht gewährleistet. → **Prüfung erforderlich**

Abbildung 2: Steildach mit Dachpappe (Quelle: Fa. IBTS GmbH)

Eventuell ist in diesem Fall vor Montage einer PV-Anlage das Dach zu sanieren.

### Fall 2: Dachraum nicht ausgebaut:

Bei nicht ausgebauten Dachräumen ist ein Unterdach oder eine Unterspannbahn nicht in jedem Fall erforderlich. Es ist aber zu beachten, dass sich ohne Unterdach Schäden an der Eindeckung stärker auswirken.

Wenn als oberste Geschossdecke z. B. eine Holzdecke verbaut ist, kann es durch Wassereintritte zu Schäden kommen.



Abbildung 3: Nicht ausgebauter Dachraum ohne Unterdach (Quelle: Fa. IBTS GmbH)

### 1.5.2 Flachdächer

Bei einem nicht hinterlüfteten Flachdach ist es wichtig, dass die verwendete Dämmung druckfest ist und unter dem Gewicht der PV-Anlage nicht einsinkt. Weiters sollte überprüft werden, wie alt die vorhandene Folie ist. Falls die geschätzte Restlebensdauer der bestehenden Dachfolie wesentlich geringer ist als die Lebensdauer der PV-Anlage macht eine Dachsanierung oftmals Sinn.

#### Sonderfall Holzelementdach

Bei einem Holzelementdach stellt die Montage einer PV-Anlage ein hohes Risiko dar, da man das Dach nicht mehr auf Fehlerstellen kontrollieren kann.

Zusätzlich kann durch die Verschattung der PV-Anlage eindringendes Wasser nicht mehr austrocknen, was zu einem Totalversagen des Daches führen kann. Im Zweifelsfall ist das Dach bauphysikalisch im Detail zu untersuchen und es sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich.

### 1.6 Brandschutz

Auf Brandschutz wird in dieser Diplomarbeit nicht im Detail eingegangen. Diesbezüglich gibt es jedoch umfangreiche Regelungen besonders bei sensiblen Gebäuden und Betriebsbauten.

Wesentlich sind folgende Punkte (gemäß OIB Richtlinie 2, Brandschutz, vom April 2019):

- Abstände zu Brandabschnitten, Nachbargrundstücken und Dachausstiegen für die Feuerwehr sind einzuhalten
- Gewisse Abmessungen (z.B. Modulfelder < 40m) sind einzuhalten
- Brandabschnitte dürfen in manchen Fällen nicht überbaut werden (z.B. größere Betriebsbauten)
- Bei manchen Gebäuden (z.B. Pflegeheim) sind erhöhte Anforderungen an den Einbrand ins Gebäudeinnere einzuhalten

## 2 Montage auf Dachziegeln und Betondachsteinen

### 2.1 Grundlegende Informationen zu Dachziegeln und Betondachsteinen

Grundsätzlich bestehen Dachziegel aus Ton oder tonigen Massen und werden überlappend auf Steildächern verlegt. Anforderungen an diese Art der Dachdeckung sind vor allem Wasser- und Frostbeständigkeit, sowie, dass sie frei von schadensverursachenden Einschlüssen sind.<sup>4</sup>

Eine PV-Anlage kann bei Steildächern entweder als Aufdach-, oder Indachmontage ausgeführt werden, wobei die PV-Module in der Dachhaut eingebunden sind.

In diesem Kapitel werden beide Varianten anhand von Produkten der Firma BMI (entnommen aus der Verlegeanleitung) erläutert.

### 2.2 Aufdachmontage

#### 2.2.1 Allgemeine Produktinformationen

Das BMI Solarbügel Set ist eine Befestigungsvariante für aufgeständerte Aufdach-Photovoltaik-Anlagen.



Abbildung 4: Aufdach-Photovoltaik-Anlage

(Quelle: <https://bauring.at/de/partner/detail.asp?id=613> Stand: 07.01.2024)

---

<sup>4</sup> vgl. Mezera, Karl; Riccabona, Christof: Baukonstruktion Band 2. Grundlagen des Bauens und Bauelemente. Wien: Manz, 2018., S.46

### 2.2.2 Montage



Abbildung 5: Bramac Solarbügel Set (Quelle: <https://www.bmigroup.com/at/p/solarb%C3%BCgel-set-1850257916/?pathname=%2Fat%2Fprodukte%2Fphotovoltaik%2Fphotovoltaik-steildach%2F> Stand: 07.01.2024)

1. Der Dachhaken wird mithilfe der Schrauben und der Hartfaser-Holzfaserverplatten direkt auf der Lattung befestigt.
2. Auf den Dachhaken werden die Schienen und anschließend die Module befestigt.

## 2.3 Indachmontage

### 2.3.1 Allgemeine Produktinformationen

Das Photovoltaik-Indach-System „PV InDax®“ von BMI ist für geneigte, hinterlüftete Dächer mit kleinformatischen Bedachungsmaterialien geeignet.



Abbildung 6: Photovoltaik-Indach-System (Quelle: <https://www.bmigroup.com/at/p/pv-modul-bramac-indax-365-half-cut-mono-463164346/?pathname=%2Fat%2Fprodukte%2Fphotovoltaik%2Fphotovoltaik-steildach%2F>) Stand: 25.02.2024

## Montage auf Dachziegeln und Betondachsteinen

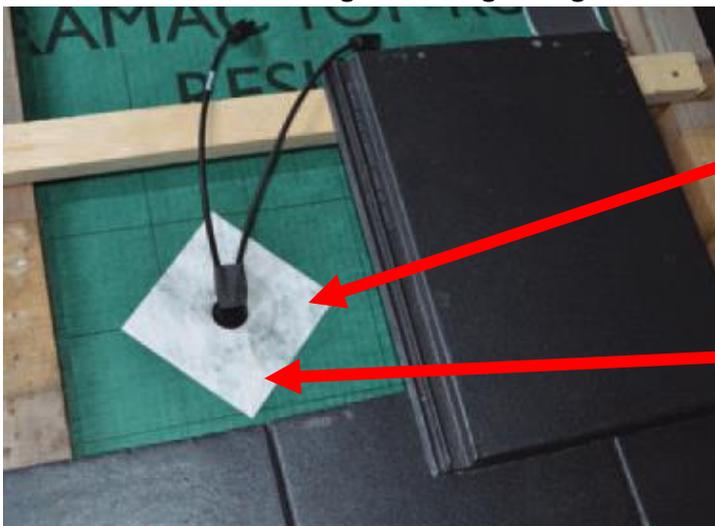
---

### 2.3.1.1 Einbaubedingungen

- Dachneigung: 16°-65°
- Sparrenlänge: Max. 10m
- Gebäudehöhe: max. 18m
- Hinterlüftete Dachdeckung erforderlich
- Mind. Unterspannbahn erforderlich
- Traglattung: mind. 30/50mm
- Hilfsbohlen: 30/120mm; Holzqualität: min. C24

### 2.3.2 Montage

#### 2.3.2.1 Dachdurchführung der Strangleitungen



Dichtmanschette **faltenfrei** aufkleben

Spitze nach oben, damit kein Wassersack entsteht

Abbildung 7: Dachdurchführung der Strangleitungen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024)

### 2.3.2.2 Montage der Unterkonstruktion und Module



1) Positionen für Hilfsbohlen abschnüren

2) Hilfsbohlen festschrauben

Mindestabstände der Schrauben:

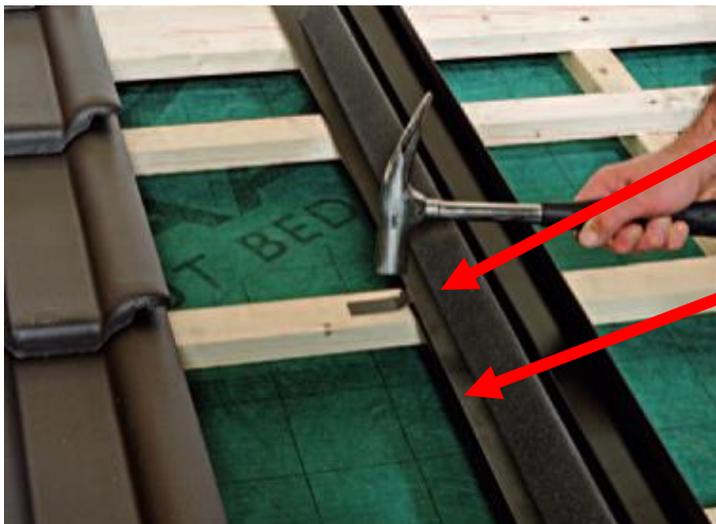
vom Bohlenrand: **18 mm**

vom oberen Bohlenrand: **42 mm**

vom unteren Bohlenrand: **18 mm**

Schrauben untereinander: **18 mm**

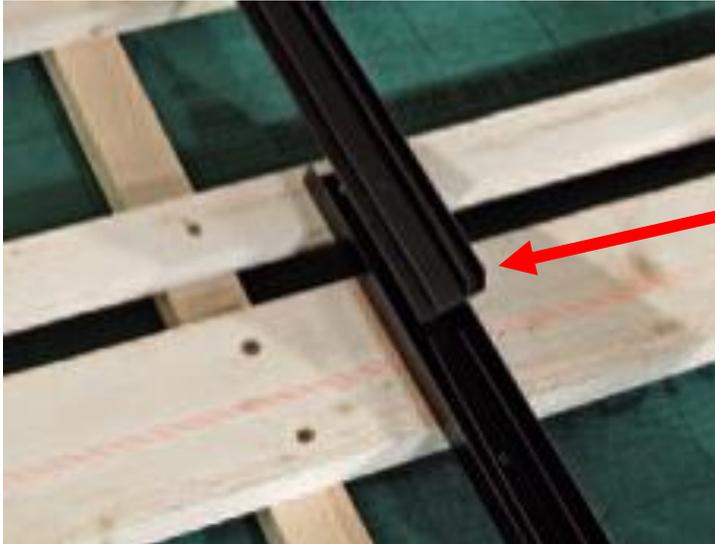
Abbildung 8: Hilfsbohlen montieren (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024)



3) seitliche Eindeckbleche von **unten nach oben** montieren

4) alle Eindeckbleche seitlich befestigen

Abbildung 9: Seitliche Eindeckbleche montieren (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024)



5) Drainage-Schienen **überlappend** verlegen und befestigen

Abbildung 10: Drainageschienen verlegen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024)



6) Firstbefestigungen anschrauben

Abbildung 11: Firstbefestigungen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024)



7) **Schaumstoffstreifen** auf oberste Drainage-Schienen aufkleben

Schaumstoffstreifen schließt Lücke zwischen Firstbefestigungen und dient der **Regensicherheit!**

Abbildung 12: Schaumstoffstreifen aufkleben (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024)



8) Obere Eindeckbleche von links nach rechts verlegen

9) **Eindeckbleche ganz nach oben schieben** (untere Umkantung muss um die Kante der Firstbefestigung greifen)

Abbildung 13: Obere Eindeckbleche verlegen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024)



10) Wegen Windsogsicherheit: Ecken und Überlappungen festschrauben → **Modulschrauben** mit **Dichtung** verwenden

Abbildung 14: Ecken festschrauben (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024)

11) Obere und seitliche Dachschindel eindecken



12) Reihenweise, von **oben nach unten** Module verlegen

13) Modul **ganz nach oben** schieben

Abbildung 15: Module verlegen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024)

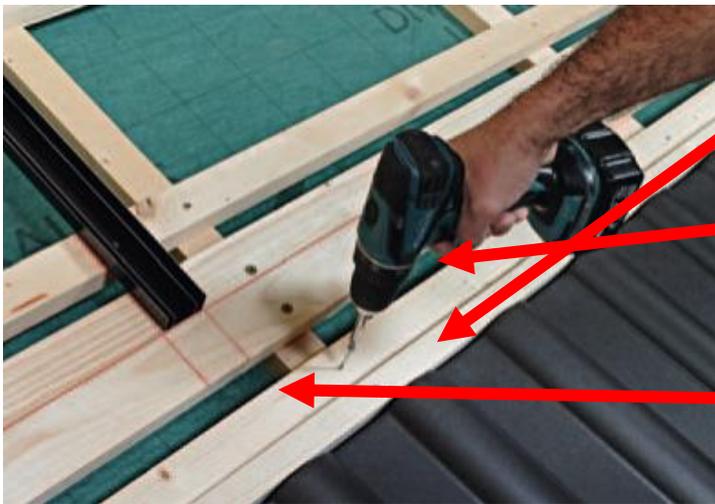
Glasoberfläche **nicht** mit bloßen Händen berühren → **Silikonfreie Schutzhandschuhe verwenden!**

Montage auf Dachziegeln und Betondachsteinen



14) Module mit Modulschrauben befestigen

Abbildung 16: Module befestigen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024)



16) Hilfslatte für untere Eindeckfläche **hochkant** verlegen

15) Während der Verlegung die Module elektrisch verbinden

17) Als Auflage für Styroporkeile eine Hilfslatte flach verlegen

Abbildung 17: Hilfslatte verlegen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024)

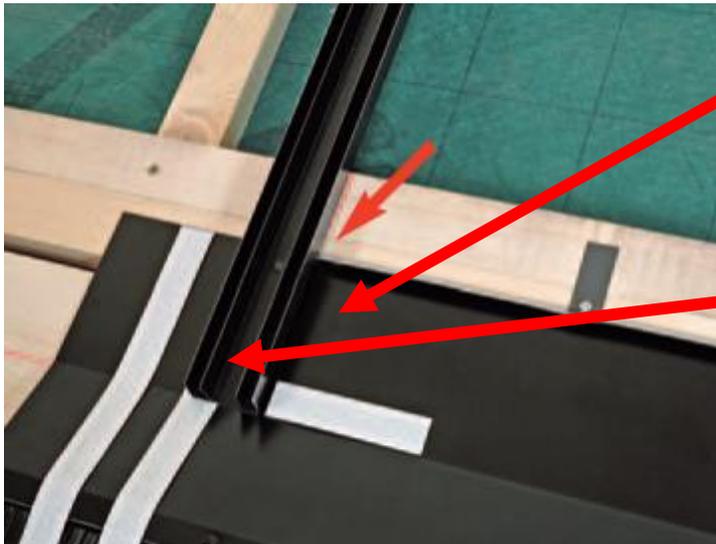


18) Angeformte Schürze auflegen

**Höher profilierte Dachziegel anschrägen**, um Wassersäcke an der Schürze zu vermeiden!

➔ vor allem bei **geringer** Dachneigung wichtig!

Abbildung 18: Schürze auflegen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024)



19) untere Eindeckbleche von rechts nach links verlegen

20) Umkantung beginnt neben der Drainage-Schiene

Abbildung 19: Untere Eindeckbleche (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024)



21) unteres und seitliches Eindeckblech befestigen

Abbildung 20: Eindeckblech befestigen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024)



22) Schutzstreifen vom Butylkleber entfernen

23) Schürze umschlagen (wichtig für Regensicherheit)

Abbildung 21: Schürze umschlagen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024)



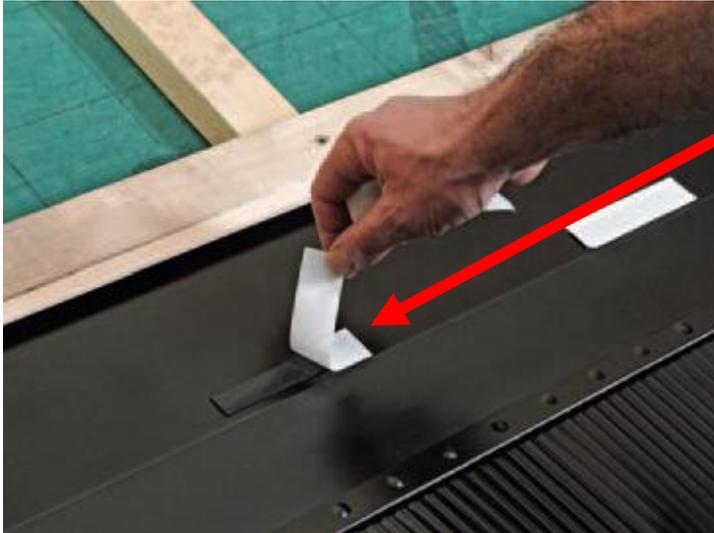
24) Umbiegen der Laschen am seitlichen Eindeckblech um die unteren Eindeckbleche zu sichern

Abbildung 22: Umbiegen der Laschen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024)



25) Alle Eindeckbleche befestigen

Abbildung 23: Eindeckbleche befestigen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024)



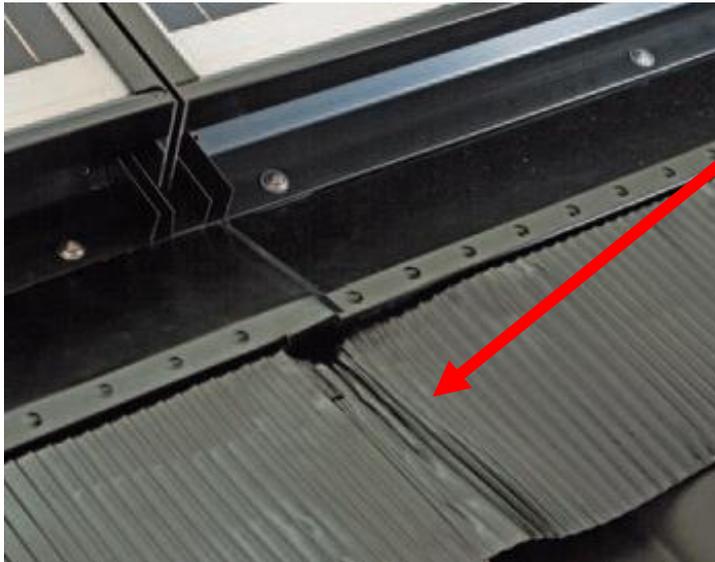
26) Klebestreifen entfernen

Abbildung 24: Klebestreifen entfernen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024)



27) untere Module verlegen und mit **Modulschrauben** befestigen

Abbildung 25: untere Module verlegen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024)



28) Laschen an der **rechten Seite** der Traufbleche **nach innen drücken** → verhindert das Aufwehen der Traufbleche

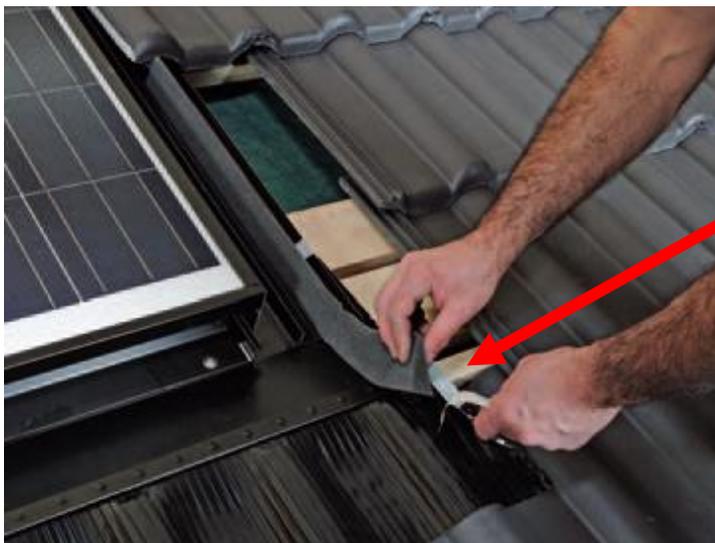
Abbildung 26: Laschen nach innen drücken (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024)



29) plissierte Schürze an den Hochpunkten anformen → Untergrund muss **sauber, staubfrei und trocken sein!**

30) an Kontur der Dachschindel anformen

Abbildung 27: Schürze anformen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024)



31) Schaumstreifen auf Schürze festkleben

Abbildung 28: Schaumstreifen festkleben (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024)



32) restliche Dachschindel verlegen

Abbildung 29: Dachschindel verlegen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024)

## 2.4 Befestigungen: Technische Problempunkte und Lösungen

Aus Recherchen und Gesprächen mit Experten haben sich folgende Problematiken herauskristallisiert:

### Erforderliche Ausnehmungen und Ausfräsungen

Für Universalhalterungen muss man teilweise Kopf- und Fußverfaltung von Tondachziegeln bzw. Betondachsteinen ausnehmen. Vor allem bei flachgeneigten Dächern ist dadurch die Regendichtigkeit nicht mehr zur Gänze gegeben.

→ Unter Umständen sind damit die bestehenden Tondachziegel bzw. Betondachsteine nicht mehr zulässig

Um dem Trend der flacheren Dachneigungen (Pultdächer, Walmdächer,...) zu folgen, wurden auch Dachziegel für immer flachere Neigungen entwickelt und zugelassen.

→ Je **flacher die Dachneigung**, umso stärker wirken sich **Probleme** wie z.B. Wassereintritte durch Eisbildung aus

Zusätzlich ist auch die Stabilität der einzelnen Ziegel/Steine beeinträchtigt, weshalb diese bei Schneelast/Begehung leichter brechen können. Solche Einfräsungen sind unerwünschte und ungeplante Bruchstellen.

**Alternative Lösung:** Spezielle Formziegel aus z.B. Metalldachplatten. Diese fungieren zugleich als PV-Halterung, womit keine Ausnehmungen erforderlich sind.



Abbildung 30: Metall-Formziegel der Fa. Marzari (Quelle: <https://www.marzari-technik.de/metalldachplatten> Stand: 16.03.2024)

**Betondachsteine noch nicht ausgehärtet → Bruch bei Begehung durch Unkundige**

Neue (frische) Betondachsteine sind kurz nach der Verlegung noch relativ „weich“ und können leicht brechen. Erst nach 2 Jahren sind Betondachsteine vollständig ausgehärtet und optimal begehbar.

**Begehen der Dächer führt zu Rissen**

Wenn die Montage der PV-Anlagen durch (im Dachdeckerhandwerk) geschulte Monteure erfolgt, die genau wissen, wie man sich auf den unterschiedlichen Dacheindeckungen sicher bewegt, ist das Risiko für beschädigte Dachziegel/Betondachsteine relativ gering.

Ungeschulte Monteure hinterlassen unter Umständen ein Dach mit vielen unerkannten Mini-Rissen, die im darauffolgenden Winter zu Frostschäden führen.

### 3 Montage auf Metalldachdeckungen

#### 3.1 Grundlegende Informationen zu Metalldachdeckungen

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen kleinformatischen Metalldachdeckungen und Metalldachbahnen. Aufgrund der schwankenden Ausdehnung von Metall je nach Temperatur muss man darauf achten, dass die Platten bzw. Bahnen genug Platz für die Ausdehnung haben, ohne dabei die Dichtheit des Daches einzuschränken.

- Ausdehnungen berücksichtigen bzw. nicht behindern
- Dichtheit erhalten

Zur Darstellung der Montage von PV-Anlagen auf Metalldachdeckungen werden im Folgenden beispielhaft die Produkte der Firma Prefa herangezogen (Beispiele und Fotos aus der Verlegeanleitung der Fa. Prefa).

#### 3.2 Montage auf kleinformatischen Metalldachdeckungen

Bei der Verlegung eines Aufdach-Photovoltaiksystems auf einem Metaldach kann man zwischen fixen (z.B. Prefa Solarhalter Fix) und variablen (z.B. Prefa Solarhalter Vario) Solarhaltern wählen.

Variable Solarhalter können eventuelle Höhenunterschiede gut ausgleichen, während fixe Halter auf eine bestimmte Höhe beschränkt sind. In beiden Fällen muss unter den Solarhaltern eine Vollschalung  $\geq 27\text{mm}$  vorhanden sein.

Das folgende Solarmontagesystem ist ausschließlich nur für kleinformatische Metalleindeckungen geeignet!

Für Metaldachdeckungen, die aus Bahnen bestehen, siehe Kapitel 3.3.

## Montage auf Metalldachdeckungen

### 3.2.1 Allgemeine Produktinformationen

Anwendungsgebiete: Dachplatte R.16, Dachschindel DS.19, Dachraute 29×29, Dachraute 44×44 und Dachpaneel FX.12

Solarhalter Vario:



Abbildung 31: Solarhalter Vario (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021)

Der Verstellbereich des Solarhalters Vario beträgt bis zu 29mm.

Solarhalter Fix:



Abbildung 32: Solarhalter Fix (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021)

### 3.2.2 Montage

Die Montage kann entweder als Schalungsbefestigung oder als Sparrenbefestigung ausgeführt werden.



Abbildung 33: Fußteil (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021)



Abbildung 34: Befestigung des Fußteils

(Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021)

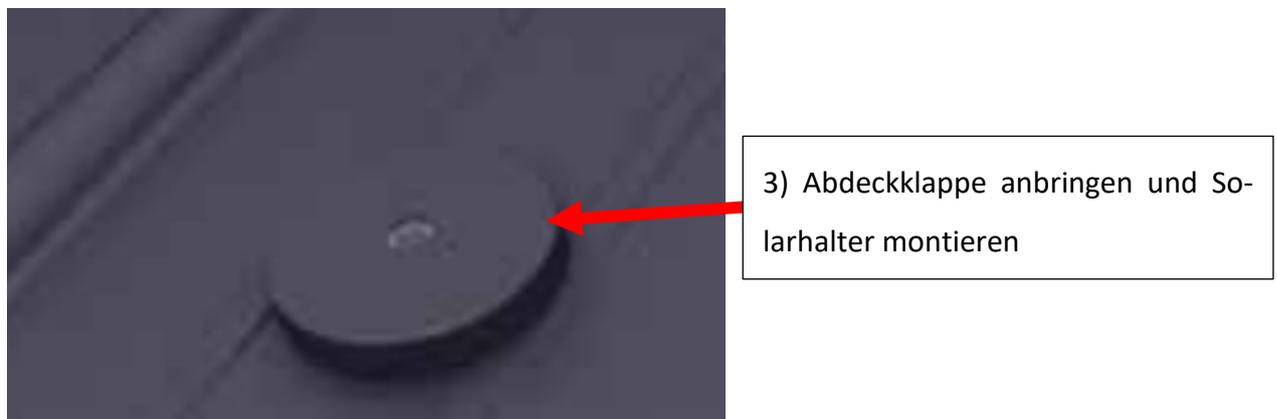


Abbildung 35: Abdeckklappe anbringen (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021)

## Montage auf Metalldachdeckungen

Anforderung an Schalung bei Montage:

- Schalungsstärke mind. 27mm
- Holzgüte: C24
- Max. einen Solarhalter je Sparrenfeld auf Schalung montieren
- Schalbrett muss mindestens über drei Sparren reichen und mit Kammnägeln oder Schrauben befestigt sein

➔ Wenn die **Sparrenlage und der Montagebereich nicht übereinstimmen**, muss man im Falzbereich eine Unterlagsplatte und im Wulstbereich einen speziellen Solarhalter (Prefa Sunny Spezial) montieren.



4) Höhe der Solarhalter am Ende einer Reihe oder Spalte einmessen und die restlichen Oberteile mithilfe einer Montagesschnur einrichten

Abbildung 36: Höhe einmessen (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021)

**Oberteile nicht fest anziehen!** ➔ Erschwert Einlegen der Profilschiene



5) Profilschiene setzen und Schraube festziehen (Anzugsmoment: 20Nm)

Es muss auch darauf geachtet werden, dass sich die Schiene **bei Temperaturänderungen ausdehnt!**

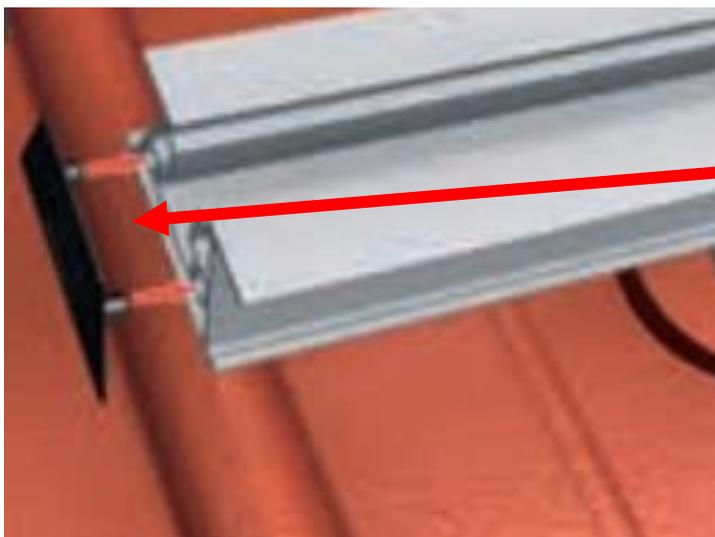
Abbildung 37: Profilschiene setzen (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021)



6) Schienenverbinder auf halbe Länge einschieben und weitere Profilschienen zusammenstecken

**Schienenstoß darf nicht innerhalb von 12 cm einer Modulklemme liegen!**

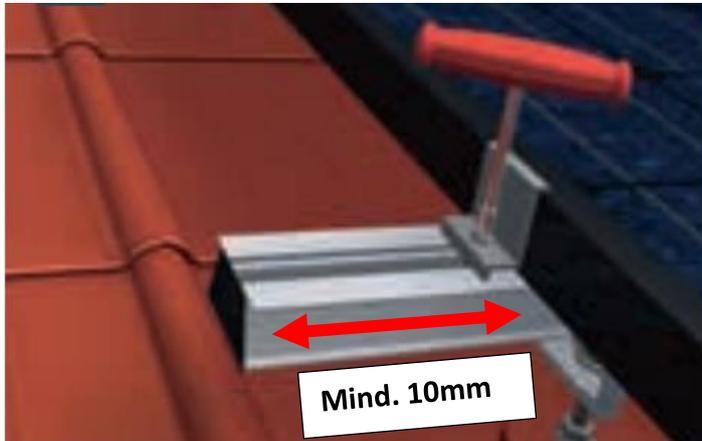
Abbildung 38: Schienenverbinder einschieben  
(Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021)



7) Profilschienenabdeckung am Ende der Schiene anbringen

Abbildung 39: Profilschienenabdeckung anbringen (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021)

8) End-, Mittel- und Kreuz-/Erdungsklemme sowie Modulabsturzicherung in die Profilschiene einsetzen, 90° im Uhrzeigersinn drehen und festziehen.



Endklemme nicht am Schienenende montieren.

Abstand **mind. 10mm!**

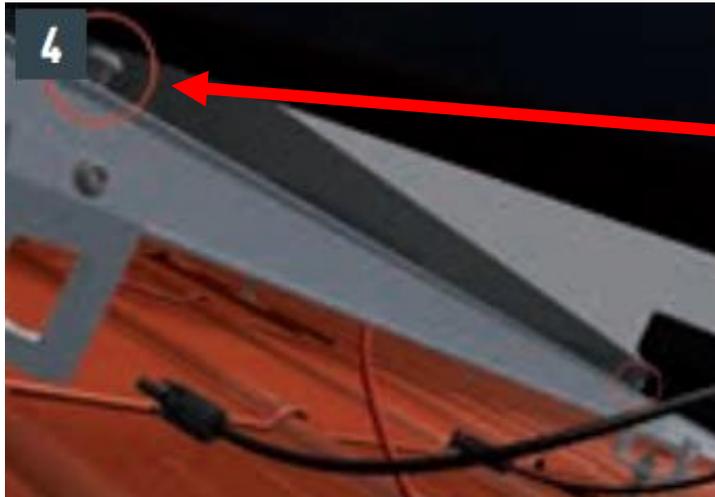
Abbildung 40: Endklemme (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021)



➔ Mittelklemme dient dem Potentialausgleich.

Es muss abgeklärt werden, ob das als Potentialausgleich für das verwendete Modul zulässig ist, oder ob eine zusätzliche Anbindung an die Erdungsbohrung erforderlich ist!

Abbildung 41: Mittelklemme (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021)



Pro Modul **je 2 Sicherungen** in die untersten Modulreihen schrauben

Abbildung 42: Sicherungen einschrauben (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021)

9) Kabelclip mit abstehenden Enden nach oben in die Profilschiene stecken → fixiert Kabel und vermeidet somit Schäden durch Knicke oder scharfe Kanten.



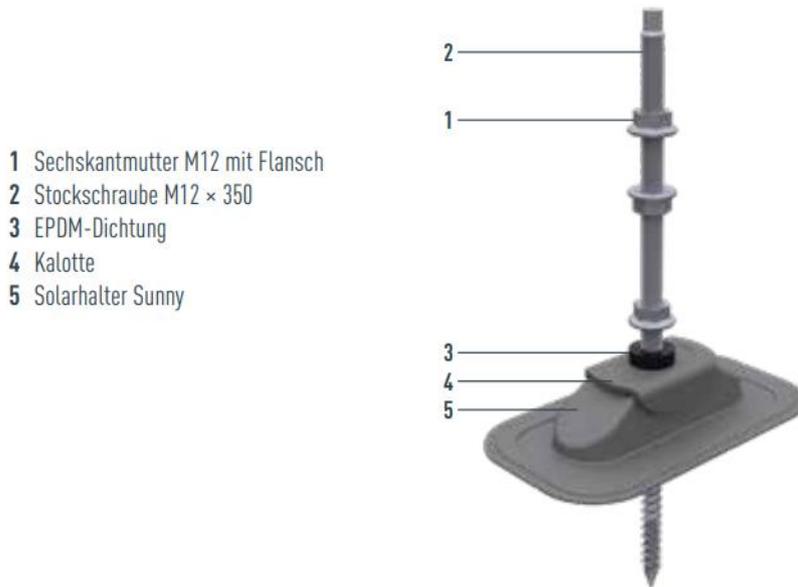
**Beachtung der Klemmbereiche  
lt. Modulhersteller!**

Abbildung 43: Kabelclip (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021)

### 3.3 Montage auf Metallbahndachdeckungen

Für Metalldeckungen, die aus Bahnen bestehen, muss man den Solarhalter Sunny verwenden, da dieser bis zu einer Bahnlänge von 12m die Längsdehnung der Bahn nicht beeinflusst.

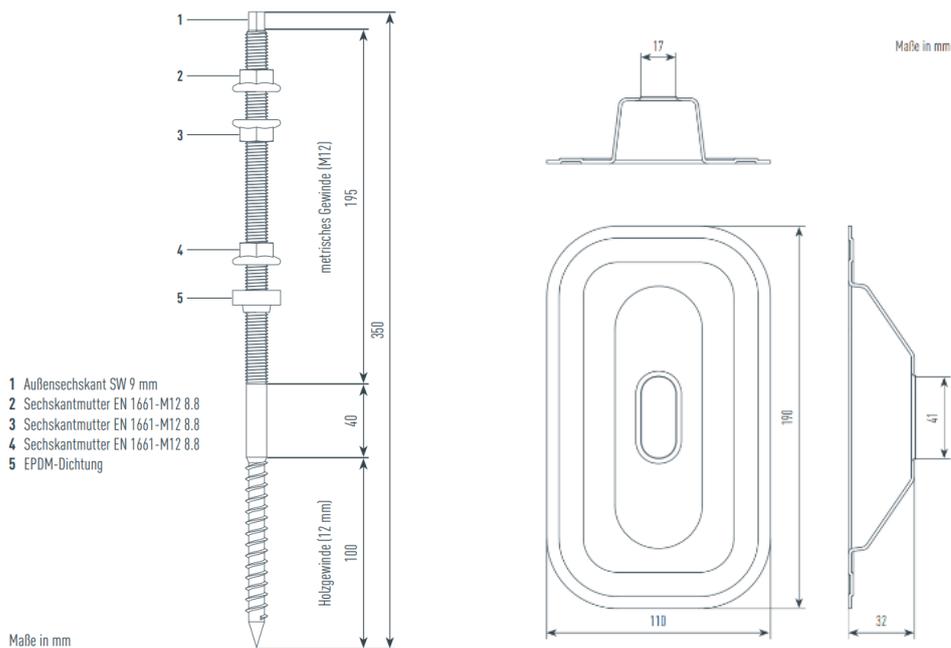
#### 3.3.1 Allgemeine Produktinformationen



- 1 Sechskantmutter M12 mit Flansch
- 2 Stockschraube M12 × 350
- 3 EPDM-Dichtung
- 4 Kalotte
- 5 Solarhalter Sunny

Abbildung 44: Solarhalter Sunny (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021)

Abmessungen Sechskantstockschraube und Solarhalter:



- 1 Außensechskant SW 9 mm
- 2 Sechskantmutter EN 1661-M12 8.8
- 3 Sechskantmutter EN 1661-M12 8.8
- 4 Sechskantmutter EN 1661-M12 8.8
- 5 EPDM-Dichtung

Abbildung 45: Abmessungen Sechskantstockschraube und Solarhalter (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021)

## Montage auf Metaldachdeckungen

---

Anwendungsgebiete: PREFALZ Doppelstehfalzeindeckungen; alle PREFA Kleinformat-Eindeckungen

Befestigungsmittel: 1 Sechskantstockschraube A2 M12 × 350 mm

Benötigtes Zubehör: Spezialkleber; Kreuzverbinder für Sunny

Abmessungen Kreuzverbinder:

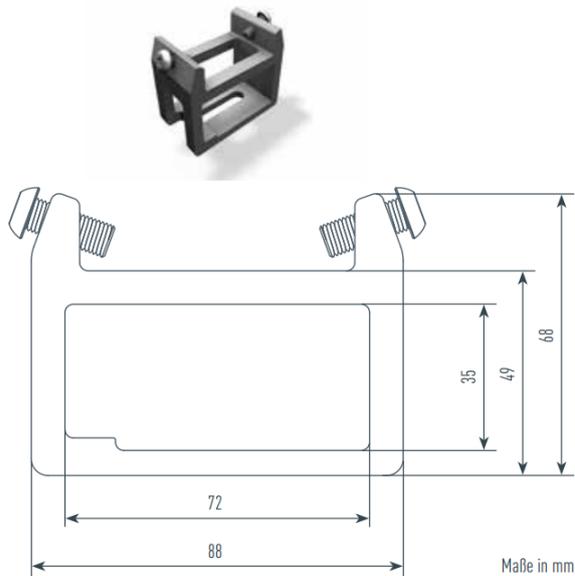
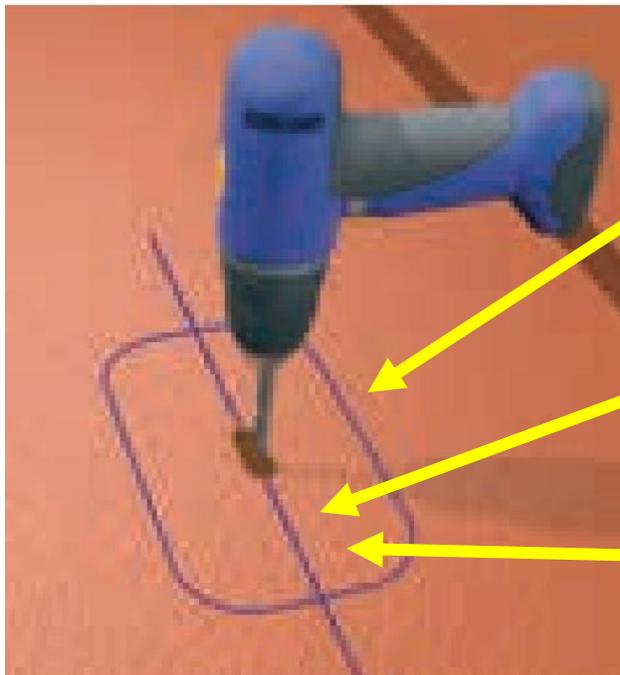


Abbildung 46: Abmessungen Kreuzverbinder (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021)

### 3.3.2 Montage



1) Umriss und Langloch markieren

2) Langloch vorbohren und ausschneiden

3) Langloch mit  $\varnothing 8\text{mm}$  vorbohren

Abbildung 47: Langloch vorbohren (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021)



4) Klebestelle an Dacheindeckung und Solarhalter anschleifen

5) Langloch aufbördeln

Abbildung 48: Klebestelle anschleifen (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021)



6) Klebestellen mit Haftreiniger reinigen

7) Kleber auftragen und den Solarhalter mittig anpressen

Abbildung 49: Kleber auftragen (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021)



8) Schraube mit Abdeckkappe ansetzen und festziehen, bis die Neoprendichtung **vollflächig** zwischen Sunny und Abdeckklappe geklemmt ist

Eindringtiefe in tragende Unterkonstruktion:  
**mind. 80mm – max. 100mm**

Bei richtiger Verarbeitung:

- Kleber tritt aus
- Dichtung an der Dichtscheibe ist nach außen gewölbt

Abbildung 50: Schraube festziehen (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021)

**Sitzt die Gummidichtung nicht am glatten Schaft der Schraube, muss man zusätzliche Maßnahmen zur Abdichtung zwischen Schraube und Gummidichtung treffen!**

### 3.4 Blechdächer: Technische Problempunkte und Lösungen

Aus Recherchen und Gesprächen mit Experten hat sich folgende Problematik herauskristallisiert:

#### Zwangsspannungen durch Fixierung von (eigentlich) beweglichen Blechen

Aufgrund der Ausdehnung von Metalldeckungen bei Temperaturänderungen ist nur ein Hafter ein Fixhafter, während die anderen so konstruiert sind, dass sich die Bahn in Längsrichtung ausdehnen kann.

- Jede Blechbahn ist 1x fix montiert, der Rest verschiebbar

Wenn man eine PV-Anlage montiert, sollte man darauf achten, dass die Bahn beim Ausdehnen weiterhin auf den losen Haftern gleiten kann.

- Andernfalls würde die Ausdehnung durch die Befestigung der PV-Anlage beeinträchtigt werden und es können Schäden am Dach entstehen.
- Im schlimmsten Fall treten **Zwangsspannungen** im Blech auf und es entstehen Spannungsrisse, wodurch die **Dachhaut undicht** wird.

Übersicht über zwei unterschiedliche Varianten von Haftern:

SBZ Dachtechnik<sup>5</sup>: Trotz Klemme unbehinderte Ausdehnung der Blechbahnen möglich



Abbildung 51: Übersicht über beide Haftern (Quelle: eigene Aufnahme)

<sup>5</sup> Langschiebehafter der Fa. SBZ Dachtechnik <https://www.sbz-dachtechnik.at/>

Montage auf Metalldachdeckungen

Hafter, bei dem die Bewegung im Falz passiert:



Bleche müssen über Hafter gleiten

Abbildung 52: Hafter mit Bewegung im Falz (Quelle: eigene Aufnahme)



Mit Klemme wird diese Bewegung teilweise behindert, weil die Bleche mit dem Hafter zusammengeklammert werden

Abbildung 53: Bewegung des Hafters durch Klemme behindert (Quelle: eigene Aufnahme)

SBZ Langschiebehafter, der sich mit der Bahn bewegt:



Oberer Teil des Spezialhafter kann mit den Blechen gleiten, weil er selbst beweglich ist.

Abbildung 54: Hafter, der sich mitbewegt (Quelle: eigene Aufnahme)



Auch bei fest angezogener Klemme ist eine ungehinderte Bewegung/Ausdehnung der Bleche möglich

Abbildung 55: Bewegung des Hafters wird nicht beeinträchtigt (Quelle: eigene Aufnahme)

Wird dies in der Montage nicht beachtet, kann es zu Schubrisen kommen:

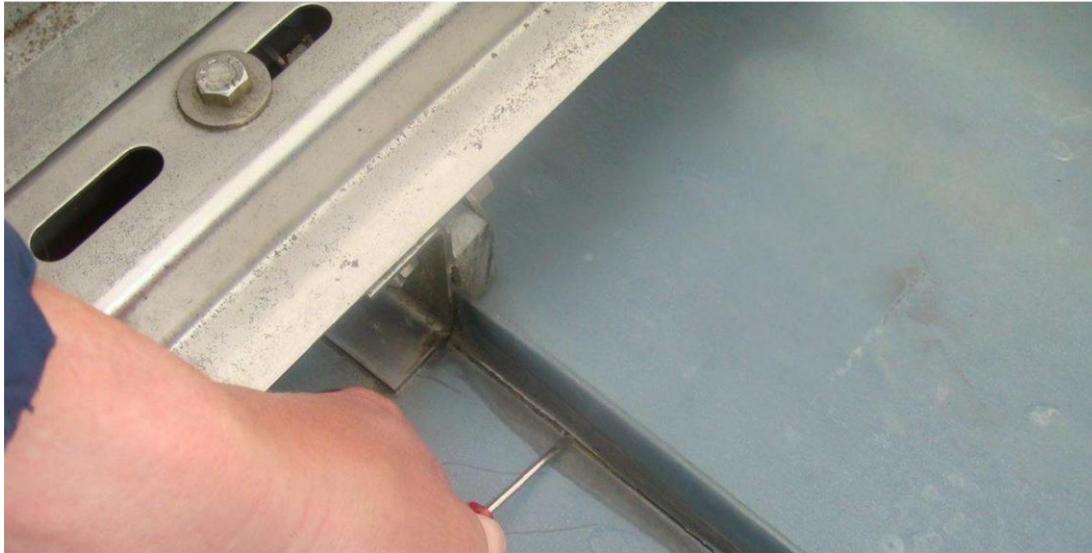


Abbildung 56: Schubrisse (Quelle: Othmar Berner)

## 4 Montage auf Flachdächern

### 4.1 Montage durch Beschwerung

Häufig werden PV-Anlagen auf Dächern durch eine Beschwerung mit z.B. Betonsteinen befestigt. Einerseits erfolgt die Montage dadurch ohne größere Durchdringungen der Dachhaut, andererseits kann es dabei auch zu großen Schäden kommen.



Beschwerung durch Beton-  
/Pflastersteine

Abbildung 57: PV-Module auf einem Flachdach (Quelle: Fa. IBTS GmbH)

#### **Achtung: Windlasten**

Wichtig hierbei ist es, die notwendige Beschwerung genau zu dimensionieren, da es sonst aufgrund von erhöhten (ungewöhnlichen) Windlasten passieren kann, dass Module wegfliegen.

→ Windlasten entsprechend den örtlichen Verhältnissen annehmen

#### **Druckfestigkeit**

Zusätzlich muss noch vor der Montage einer PV-Anlage sichergestellt werden, dass eine druckfeste Dämmung im Dachaufbau verwendet wurde. Ansonsten kann sich diese senken und somit nicht nur die Funktionsweise der PV-Anlage, sondern auch die der Abdichtung/Wärmedämmung selbst beeinträchtigen.

Dabei ist zu beachten, dass es z.B. bei EPS-Dämmungen 3 verschiedene Festigkeiten (EPS W20, EPS W25 und EPS W30) gibt, wobei nur die Festigkeiten EPS W25 und EPS W30 für die Beschwerung durch eine PV-Anlage geeignet sind.

Bei mineralischen Dämmstoffen ist dies besonders wichtig.

## Montage auf Flachdächern

---

### 4.1.1 Schadensbilder

Beispiel für eine „mobile“ PV-Anlage bei Sturmereignis



Abbildung 58: Chaos nach Abheben der Module durch zu geringe Beschwerung (Quelle: Fa. IBTS GmbH)



Abbildung 59: Beschädigte Abdichtungen und Blechabdeckungen durch Paneel-Treffer (Quelle: Fa. IBTS GmbH)

## 4.2 Montage auf Bitumen- oder Kunststoffbahnen

Eine andere Variante eine PV-Anlage auf einem Flachdach zu befestigen, ist das BauderSOLAR F System von der Firma Bauder. Dieses System erfolgt ohne Dachdurchdringungen und wird direkt auf die Bitumen- bzw. Kunststoffbahn aufgeschweißt.

Bei diesem System bilden Dachfolie, PV-Unterkonstruktion und PV-Paneele eine Einheit. Dies bedeutet auch, dass bei Änderung der PV-Anlage auch die Unterkonstruktion inkl. Dachhaut zu erneuern sein wird. Da die Lebensdauer der Komponenten etwa gleich lang ist sollten diese auch gemeinsam verlegt werden.

D.h. eine Verlegung einer neuen PV-Anlage auf einer bestehenden (mehrere Jahre alten Bahn) führt dazu, dass bei Erneuerung der Dachabdichtung auch die PV-Anlage (bzw. deren Unterkonstruktion) erneuert werden muss.

### 4.2.1 Allgemeine Produktinformationen

Die BauderSOLAR F Unterkonstruktion eignet sich generell für Flachdächer, aber vor allem für den Einsatz auf großen zusammenhängenden Dachflächen und kann sowohl auf Dächern mit Bitumenbahnen als auch auf Dächern mit Kunststoffbahnen montiert werden.



Abbildung 60: BauderSOLAR F (Quelle: <https://www.bauder.at/at/bauder-photovoltaik.html> Stand: 16.01.2024)

### 4.2.2 Anwendungsbereich

- Flachdächer mit Bitumen- oder Kunststoffbahnen
- Für Dächer mit geringen Lastreserven
- Dachdurchdringungs- und ballastfrei

### 4.2.3 Modulanforderungen

Bezüglich der Module kann fast jedes gerahmte Standardmodell verwendet werden, solange es vom Modulhersteller freigegeben ist und folgende Abmessungen hat:

- Modulbreite: 980-1030mm
- Modullänge: max. 1690mm

## Montage auf Flachdächern

Möchte man größere Module verbauen, kann man auf die BauderSOLAR F XL zurückgreifen mit folgenden Abmessungen:

- Breite: 1038 - 1134 mm
- Länge: max. 2000 mm

### 4.2.4 Aufbau und Komponenten

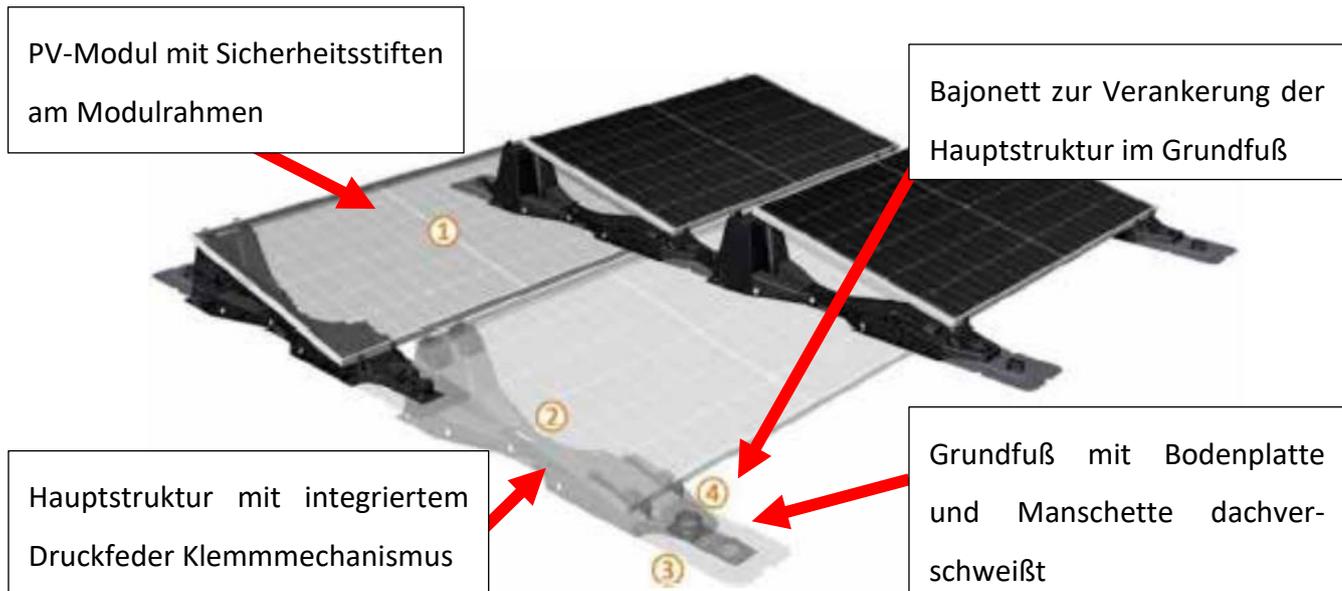


Abbildung 61: Aufbau BauderSOLAR (Quelle: BauderSOLAR F Montageanleitung)

Wichtiger Hinweis:

Außerhalb des Normenstandards → Nachweis für die Anwendung: allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ)! (ist bei dem DIBt in Berlin zu beantragen)

### 4.2.5 Einbaubedingungen

- Dachform: Flachdach von Bestandsgebäude oder Neubau mit von Bauder freigegebener Bitumen- oder Kunststoffbahn
- Dachneigung: max. 3° (Bitumenabdichtung) bzw. max. 10° (Kunststoffdachbahnen)
- Traglastreserve: zw. 10-14 kg/m<sup>2</sup> → durch Witterungseinflüsse können sich höhere Lasten ergeben, daher: statische Berechnung erforderlich
- Dachdämmung: Druckbelastbarkeit des Dämmstoffes darf nicht überschritten werden

## Montage auf Flachdächern

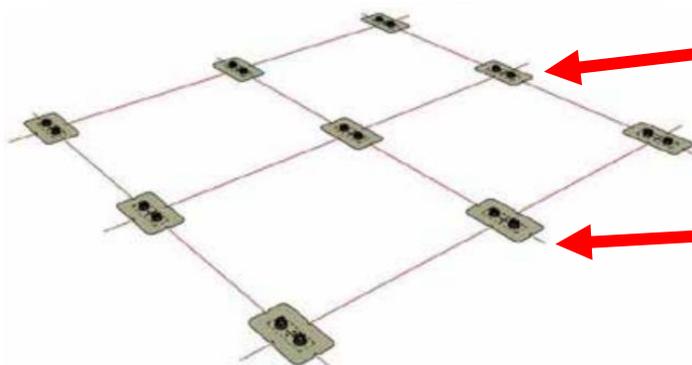
### Dachbahnen Bitumen:

- Muss zur Verschweißung geeignet sein
- Muss von Bauder freigegeben sein
- Höchstens 10 Jahre alt
- Nur flächig verschweißte Bitumenbahn

### Dachbahnen Kunststoff:

- Muss zur Verschweißung und Windsogsicherung geeignet sein
- Muss von Bauder freigegeben sein
- Höchstens 4 Jahre alt
- Nur Kunststoffabdichtungsbahnen mit zugelassener mechanischer Befestigung

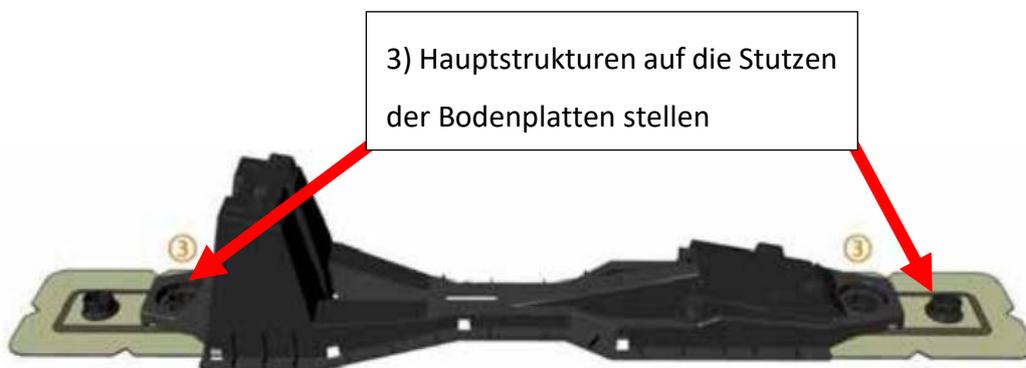
### 4.2.6 Montage



1) Manschette auf Bodenplatte auflegen und in den Kreuzungspunkten des vorher eingemessenen Einbaurasters montieren

2) Manschette mit Heißluftgebläse bzw. Gasbrenner anschweißen

Abbildung 62: Einbauraster (Quelle: BauderSOLAR F Montageanleitung)



3) Hauptstrukturen auf die Stützen der Bodenplatten stellen

Abbildung 63: Hauptstruktur (Quelle: BauderSOLAR F Montageanleitung)

Montage auf Flachdächern

4) Bajonette in die Stützen der Bodenplatten stecken und um 90° nach rechts drehen

Wenn das Bajonette richtig verschlossen wird, ist ein **Klickgeräusch** zu hören!

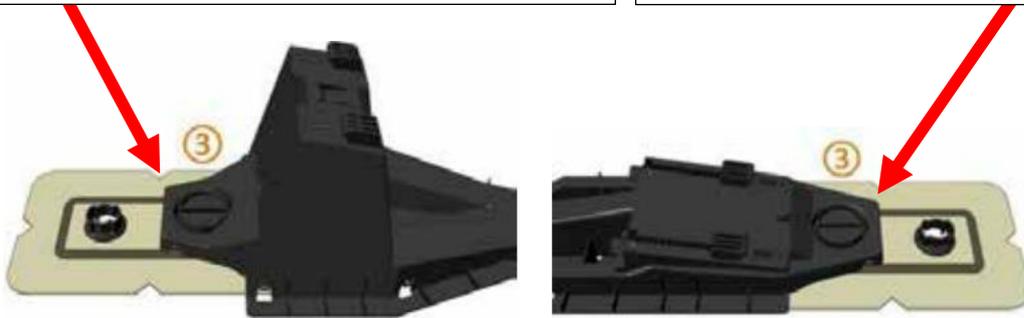
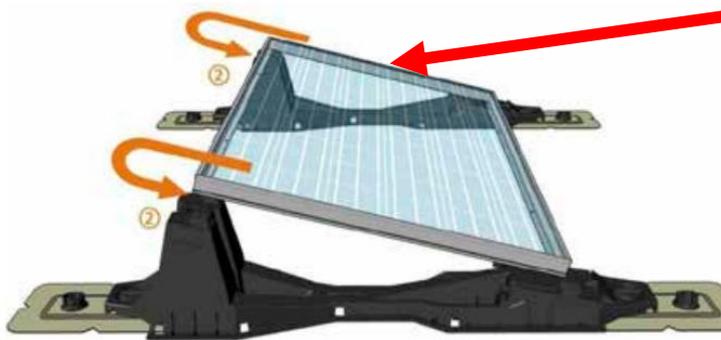


Abbildung 64: Bajonette einstecken (Quelle: BauderSOLAR F Montageanleitung)

Vor der mechanischen Installation der Module → **Rückleitungen und Sammelleitungen verlegen!**



5) Photovoltaikmodul ausrichten und gleichmäßig in die unteren und oberen Modulklemmen ziehen

Abbildung 65: Photovoltaikmodul ausrichten (Quelle: BauderSOLAR F Montageanleitung)

Modul ausschließlich im flachest möglichen Neigungswinkel (12° - 15°) in die Klemmen ziehen. **Steilerer Neigungswinkel = Aufbiegung des Modulrahmenstegs bzw. Bruch der Klemmhaken!**



6) Je 4 Sicherheitsstifte pro Modul in die Hauptstrukturen einsetzen. Abstand zum Modulrahmen möglichst gering, aber **mind. 2mm!**

Abbildung 66: Sicherheitsstifte einsetzen (Quelle: BauderSOLAR F Montageanleitung)

## 4.3 Problemstellungen bei PV-Montage auf Foliendächern

### 4.3.1 Rutschen

Um Beschädigungen an Flachdachfolien zu vermeiden, sollte aus Sicht der Dachfolie die Auflage der PV-Anlage nicht „zu“ rutschfest mit der Folie verbunden werden (Ausnahme: System Bauder-SOLAR F, wo die Unterkonstruktion direkt verbunden ist).

→ Faltenbildung

→ Spannungen

Aus Sicht der PV-Anlage sollte ein Rutschen möglichst vermieden werden.

→ Verschiebung der ganzen Anlage

Wichtig: Abklärung der Situation mit Folienhersteller

### 4.3.2 Beschädigungen an der Abdichtung

Im Zuge der Montage wird auf den meist ungeschützten Foliendächern mit sehr scharfkantigen Aluprofilen hantiert. Gleichzeitig werden Paletten (aus denen eventuell Holzsplitter oder Verbindungsschrauben/Nägel herausragen) auf dem Dach abgestellt.

Dies kann zu massiven Beschädigungen mit späteren Wassereintritten führen. Häufig werden Folien auch nur teilweise aufgeschlitzt und reißen erst im nächsten Winter oder beim nächsten Sturm vollständig durch.

Eine Kontrolle der Dachhaut ist nach Verlegung der Module kaum mehr möglich, da viele dieser Schadstellen zugedeckt sind.

Bei herkömmlichen Flachdächern mit Aufbau auf z.B. Betondecke oder Trapezblech sind diese Beschädigungen unangenehm, weil Wasser in den Aufbau eindringt.



Abbildung 67: Scharfkantige Profile (mit dem Winkelschleifer abgelängt) direkt am Dach aufgelegt (Quelle: Fa. IBTS GmbH)



Abbildung 68: Scharfkantige Profile direkt am Dach aufgelegt (Quelle: Fa. IBTS GmbH)



Abbildung 69: Schleifspuren auf der Dachhaut (Quelle: Fa. IBTS GmbH)



Abbildung 70: Typische Beschädigungen (Schlitze) an Foliendächern durch PV-Befestigungsmaterial (Quelle: Fa. IBTS GmbH)

#### 4.3.3 Dach-Wartungsarbeiten bzw. Gullyreinigung erschwert



Abbildung 71: Dachentwässerungen verschwinden unter den Paneelen und sind für Kontrolle bzw. Reinigungsarbeiten nicht mehr zugänglich (Quelle: Fa. IBTS GmbH)



Abbildung 72: Dieser Gully wurde im Zuge der Dachsanierungsarbeiten/Montagearbeiten „verschlossen“. Kontrolle nicht mehr möglich (Quelle: Fa. IBTS GmbH)

### 4.3.4 Sonderfall Holz-Element-Dächer

Sogenannte Holz-Elementdächer mit zwischen Dampfbremse und Abdichtung liegender Holz-Tragkonstruktion werden im Industriebereich aus Kostengründen häufig ausgeführt.

Durch die PV-Anlage wird dieses Dach naturgemäß verschattet. Dies wirkt sich ungünstig auf das Austrocknungsverhalten aus.

Standardaufbau:

- Abdichtung (EPDM, PVC)
- OSB (häufig 18mm, müsste lt. Norm eigentlich 25mm sein)
- Sparren/Dämmung
- Dampfbremse (variabel oder fix)
- OSB

Dieser Aufbau ist nicht genormt (d.h. es gibt keine Norm, die aussagt, wie dieser Dachaufbau ausgeführt werden muss, damit er hundertprozentig funktioniert). Jedes Dach muss deshalb eigen beurteilt werden hinsichtlich Standort, Austrocknungsverhalten bei Wassereintritten, Verschattung, Dampfdiffusion innen/außen, Farbe der Abdichtung, usw.

Diese „Rücktrocknung“ hängt von den Faktoren Klima, Aufbau, Dämmstärke, Dampfbremse, **Verschattung**, Farbe der Abdichtungsfolie usw. ab.

Grundsätzlich wird bei diesen Beurteilungen davon ausgegangen, dass bei Wassereintritten oder Dampfdiffusion von innen im Winter eine „Rücktrocknung“ im Sommer erfolgt. **Durch eine großflächige Verschattung des Daches kann diese Rücktrocknung nicht im berechneten Ausmaß stattfinden.**

Das heißt: Gelangt Wasser in den Aufbau (durch Diffusion von Innen, Beschädigungen der Abdichtung oder Wassereintritte in der Bauphase) wird der Dachaufbau in diesem Bereich Schaden nehmen und es sind dann Dachelemente zu tauschen (ganz oder teilweise).

**ACHTUNG: Im Extremfall kann es dadurch zum Einsturz von Dachabschnitten kommen.**

Informationsquelle: Informationsdienst Holz „spezial: Flachdächer in Holzbauweise, 2008“

## 5 Montage auf Gründächern

Da Gründächer nicht so stark erhitzen wie Bitumen-, Folien- oder sogar Kiesdächer, erhöhen sie den Wirkungsgrad von Solarzellen, weshalb PV-Anlagen gut in Kombination mit Gründächern funktionieren. In diesem Kapitel wird die richtige Montage auf einem Gründach anhand von Produkten der Firma Bauder erläutert.

Bei diesem System wird die PV-Anlage in das Gründach integriert (Begrünung lückenlos). Andere Systeme, die die PV-Anlage nur auf ein Gründach aufstellen, müssen häufig an diesen Stellen die Substratschicht durch tragfähigen z.B. Kies ersetzen. Dadurch entstehen eventuell auch größere Lücken im Gründach, was dem eigentlichen Zweck widerspricht.

### 5.1 Allgemeine Produktinformationen

Die BauderSOLAR G ist eine Unterkonstruktion für Photovoltaik-Systeme, bei der die Substratschicht der Begrünung auch den Ballast für die Konstruktion darstellt.



Abbildung 73: BauderSOLAR G (Quelle: <https://www.lebensraumdach.ch/ch/photovoltaiksysteme/solar-und-gruendach.html> Stand: 27.02.2024)

#### 5.1.1 Abmessungen

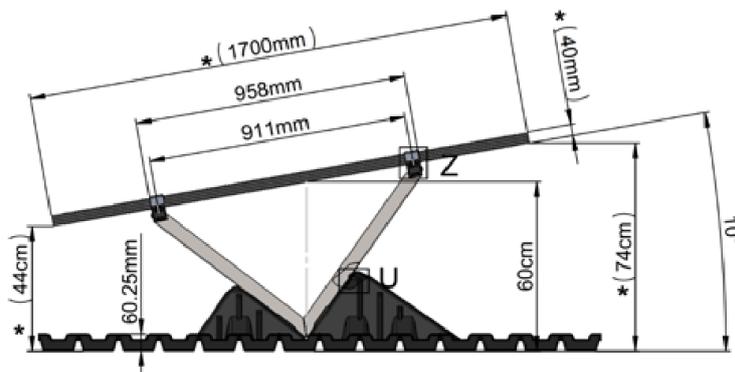


Abbildung 74: Abmessungen BauderSOLAR G (Quelle: BauderSOLAR G Montageanleitung)

Modulneigung entweder 10° oder 15°

#### 5.1.2 Einbaubedingungen

- Dachfläche muss auf Schäden, Stabilität und Tragfähigkeit geprüft werden
- Fläche sollte besenrein sein (Moosablagerungen/ festsitzende Schmutzschichten müssen entfernt werden)
- Dachneigung  $\leq 5^\circ$

## 5.2 Montage

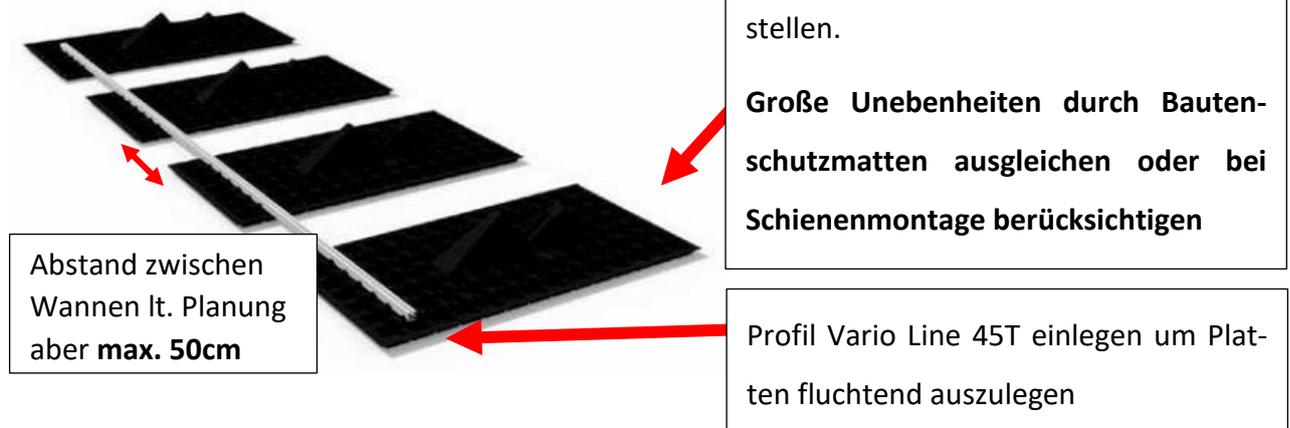


Abbildung 75: Wannen aufstellen (Quelle: BauderSOLAR G Montageanleitung)

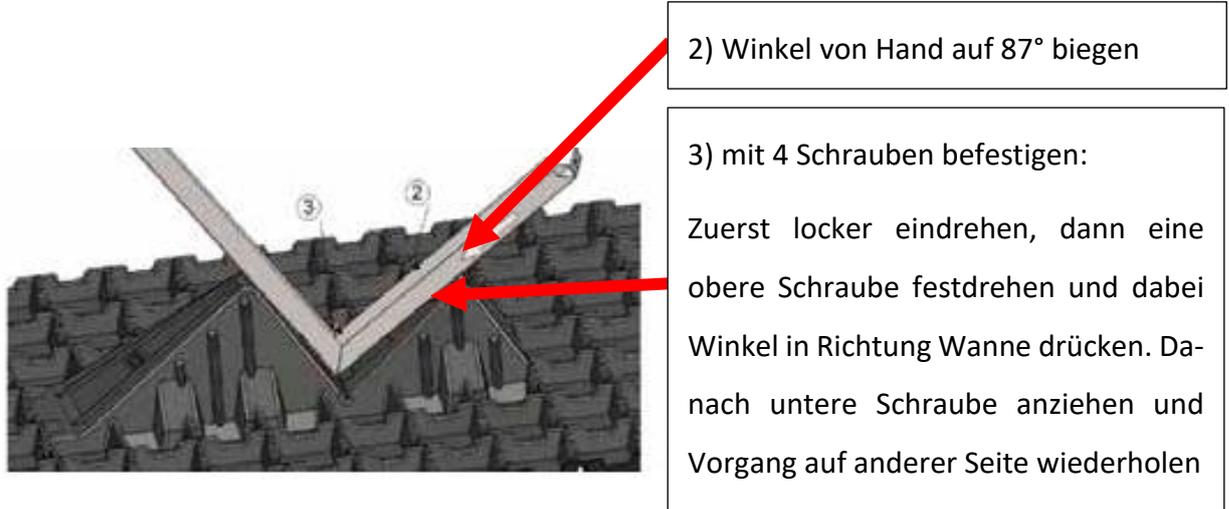


Abbildung 76: Winkel biegen/befestigen (Quelle: BauderSOLAR G Montageanleitung)

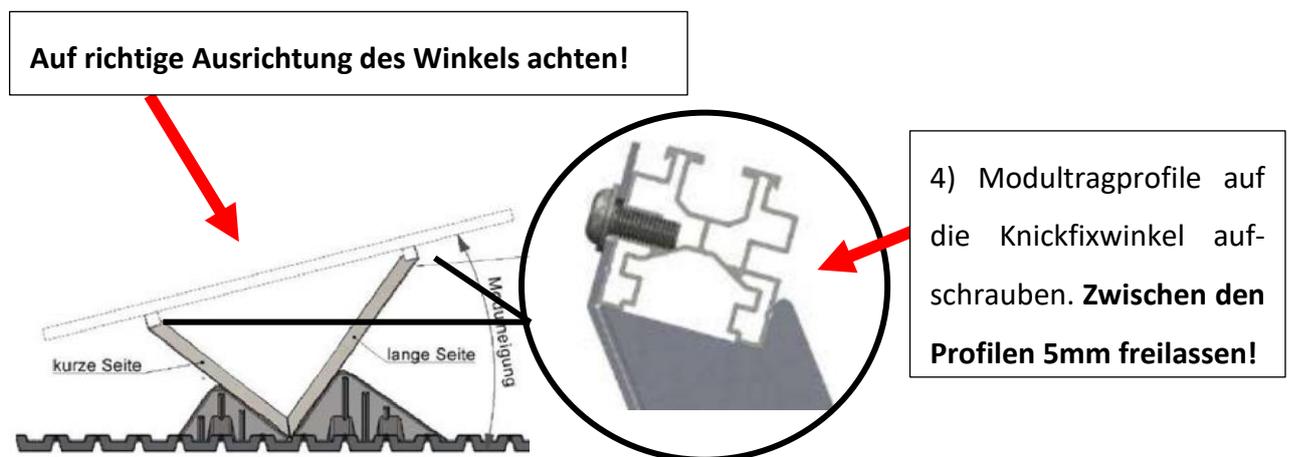
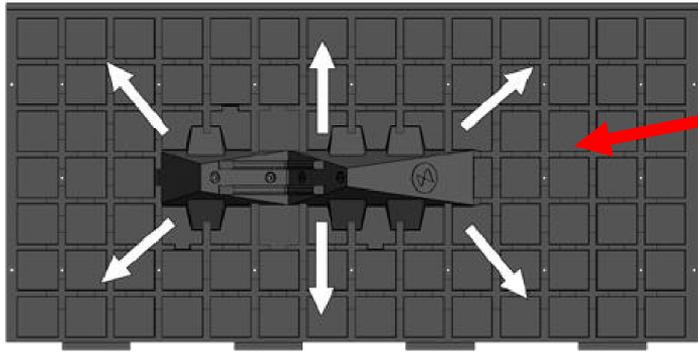


Abbildung 77: Modultragprofile (Quelle: BauderSOLAR G Montageanleitung)

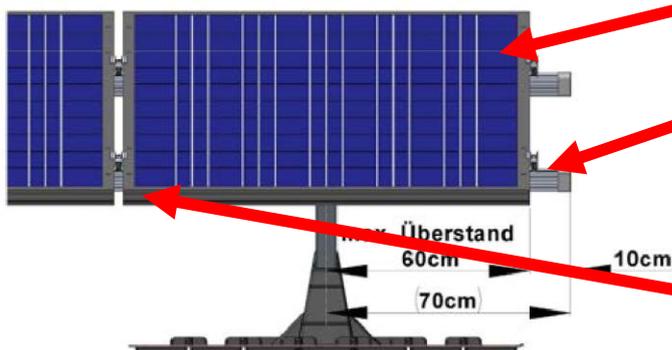


5) Schüttung von der Mitte nach außen hin auftragen. **Kein Kies/Granulat darf unter die Wannen** geblasen werden. **Sofort entfernen, falls es doch passiert!**

Abbildung 78: Schüttung auftragen (Quelle: BauderSOLAR G Montageanleitung)

**Während des Schüttvorgangs Flucht der Montageschienen kontrollieren und zurecht rücken!**

**Schütthöhe jeder Reihe dokumentieren, sonst können keine geltenden Gewährleistungsforderungen gemacht werden!**



6) Modul einlegen und ausrichten

7) Modulendklemmen festziehen (nur korrosionsfreie Schrauben verwenden!)

8) Mittelklemmen festziehen

Abbildung 79: Module einlegen (Quelle: BauderSOLAR G Montageanleitung)

Anzugsmoment bei Klemmschrauben der Größe M8: 15-20Nm → falls nicht gewährleistet: ev. Versagen des Systems

**Es dürfen zur Montage nur von Bauder freigegebene Klemmsysteme verwendet werden!**

## 6 Solardachziegel

Eine ästhetisch ansprechendere Lösung für eine PV-Anlage sind Solardachziegel. Das bedeutet, dass die PV-Module direkt in einzelne Dachschindeln integriert sind. Zur Erläuterung der Montage von Solardachziegeln werden in diesem Kapitel Produkte der Firma Swisspearl verwendet.



Abbildung 80: Solardachziegel

(Quelle:

<https://www.swisspearl.at/sunskin/>

# Stand: 20.02.2024)

### 6.1 Allgemeine Produktinformationen

#### 6.1.1 Einbaubedingungen

- Dachneigung ab 15°
- Lasten:
  - Drucklast: bis zu 8kN/m<sup>2</sup>
  - Soglast: 3,6 kN/m<sup>2</sup>
  - Schneelast: 0°-30°: 13,3 kN/m<sup>2</sup>; 30°-60°: 11,3 kN/m<sup>2</sup>
- Unterkonstruktion: ab Unterdach aus Konterlattung und Dachlattung
- Unterdächer sind für erhöhte Regensicherheit gemäß ÖNORM B4119 auszubilden
- Sämtliche Befestigungsmittel min. 1 mm in die Latten versenken
- Unbehandeltes Aluminium darf nicht eingesetzt werden → Oberflächenbeschichtung (Eloxieren oder Pulverbeschichtung)

#### 6.1.2 Abmessungen Module

Standardmodul Sunskin-Modul

- Typ L: 1300 mm/907 mm
- Typ M: 985 mm/907 mm
- Typ S: 1300 mm/757 mm
- Typ XS: 985 mm/757 mm

## 6.2 Montage

### 6.2.1 Kabelverlegung

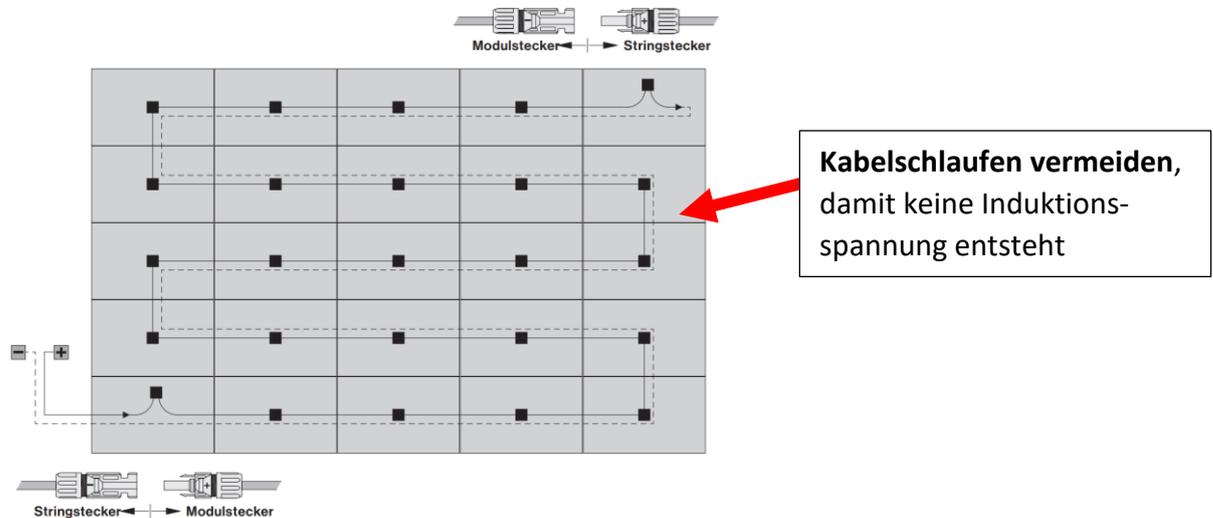


Abbildung 81: Kabelverlegung (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap)

### 6.2.2 Befestigung der Dachlatten

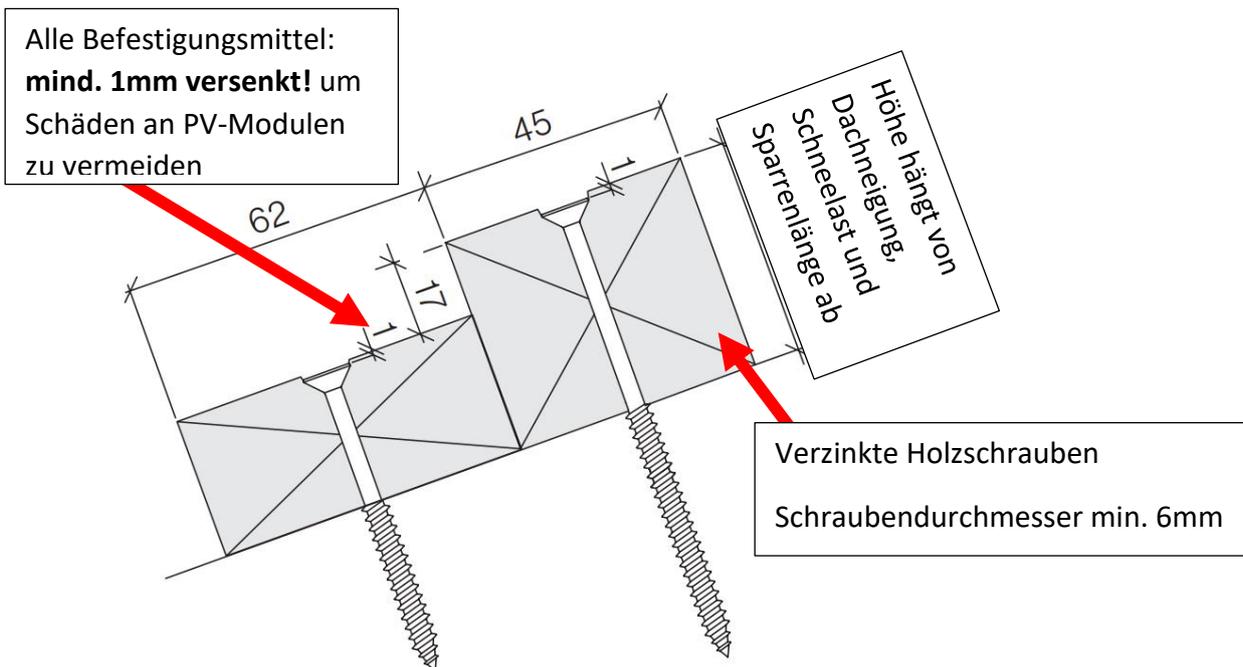


Abbildung 82: Dachlatten (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap)

Be- und Entlüftungsöffnungen:

- ⇒ Querschnitt  $\geq$  Konterlattenhöhe/2
- ⇒ Querschnittsverminderungen (z.B.: Insektengitter) berücksichtigen
- ⇒ Dachdurchdringungen (z.B.: Dachfenster): Hinterlüftungsraum durch konstruktive Maßnahmen umleiten

### 6.2.3 Einteilung

PV-Modul wird bis zur Traufe montiert →  
**Gefahr durch abrutschenden Schnee!**

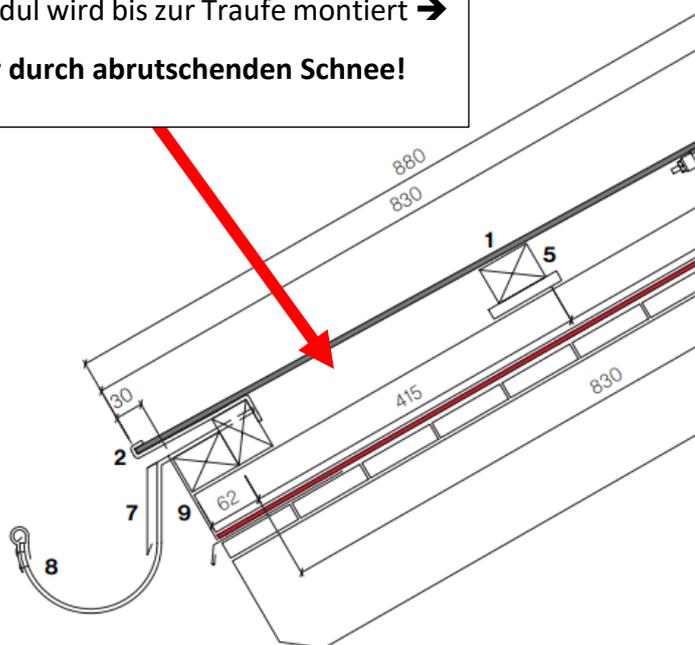


Abbildung 83: PV-Modul bis zur Traufe montiert (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap)

Aura 2-Ergänzungsplatte wird bis zur Traufe montiert → Plattenaufleger  
muss unter den Befestigungspunkten und auf jeder Zwischenlatte vormon-  
tiert werden

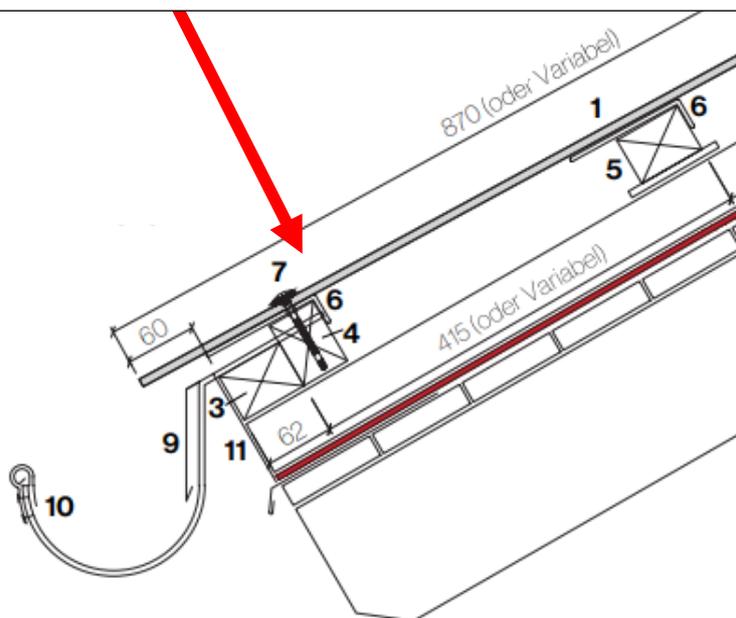
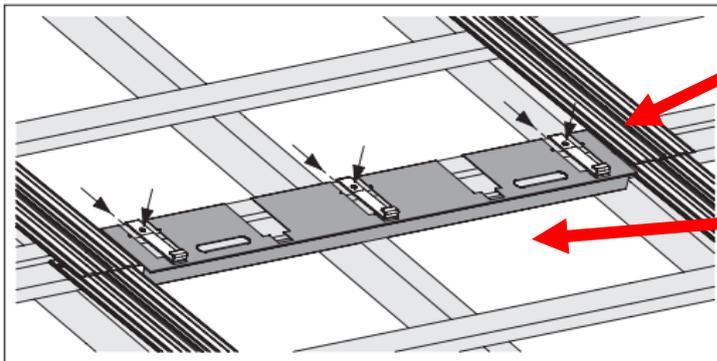


Abbildung 84: Aura 2-Ergänzungsplatte bis zum Rand montiert (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap)

### 6.2.4 Montage der PV-Module und Ergänzungsplatten

PV-Module:

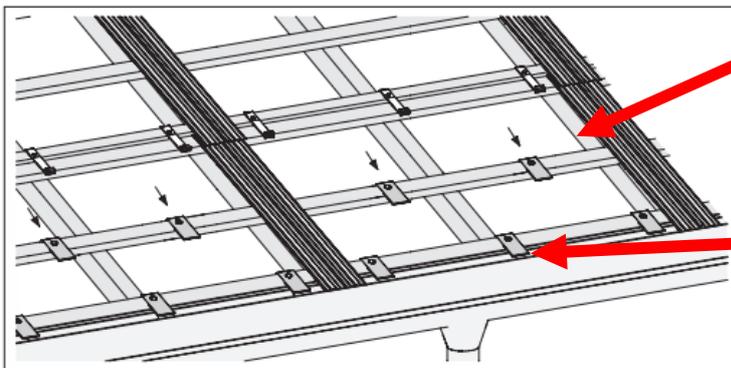


1) Fugenprofile im rechten Winkel zu den Platten und **von oben nach unten** montieren

2) Montagelehre zwischen Fugenprofilen ausrichten und Modulhalter befestigen

Abbildung 85: Fugenprofile montieren (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap)

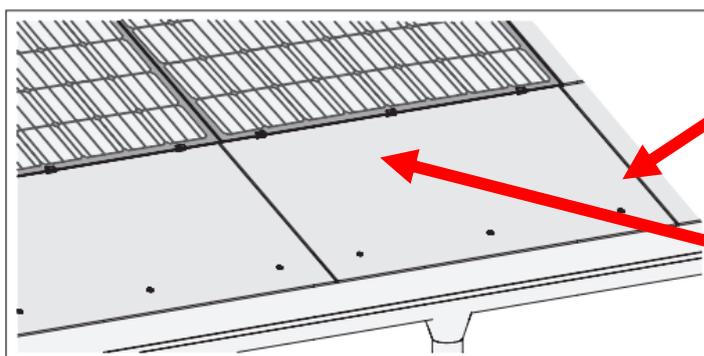
Aura 2-Ergänzungsplatten:



1) Plattenaufleger mit **verzinkten Nägeln** befestigen

2) Je zwei Plattenaufleger pro Zwischenlatte montieren

Abbildung 86: Plattenaufleger montieren (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap)



1) Aura 2-Ergänzungsplatten mit Holzschrauben befestigen und verlegen

2) PV-Module **von oben nach unten** montieren

Abbildung 87: Ergänzungsplatten/PV-Module montieren (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap)

### 6.2.5 Montage Firstanschlussblech und Firstprofil

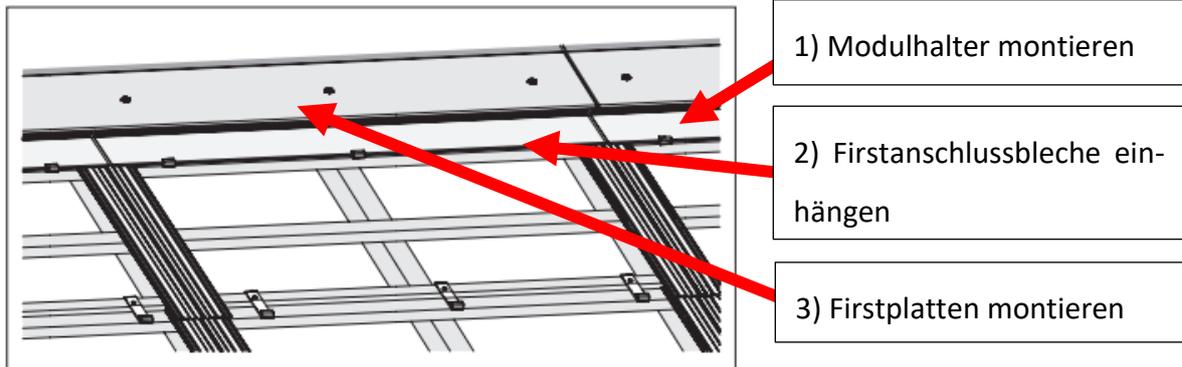


Abbildung 88: Firstanschlussblech (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap)

4) PV-Module von oben nach unten montieren

1) Firstfugenbleche positionieren und Firstplatten einseitig montieren → Plattenfuge: **10 mm**

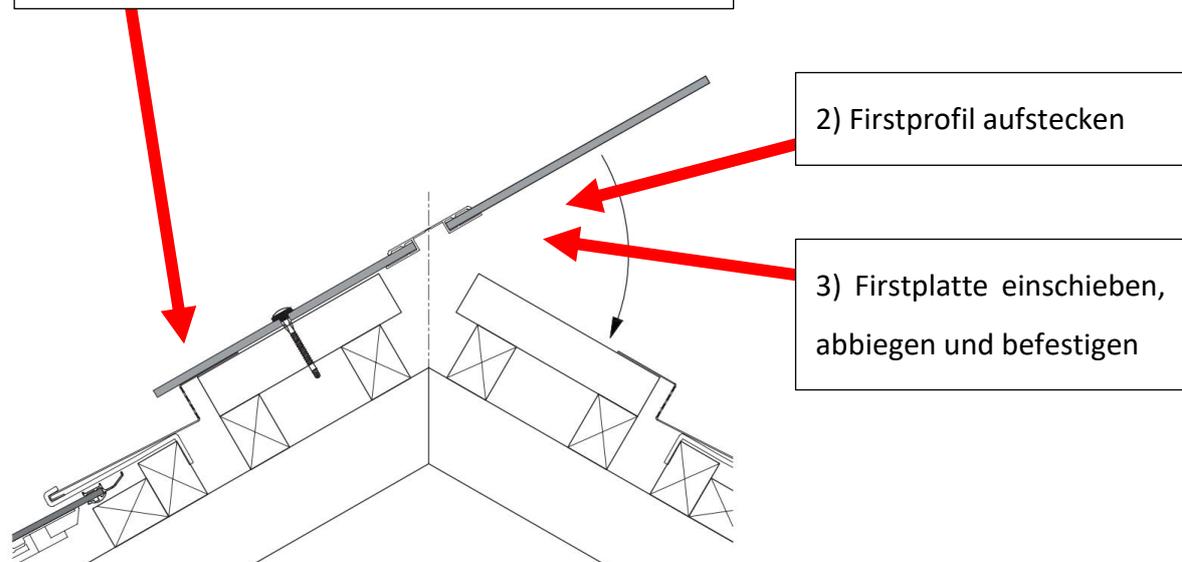


Abbildung 89: Firstprofil (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap)

Bei Firstausbildung mit Aura 2-Firstplatten:

- Plattenfugen müssen beidseitig (spiegelbildlich) über den First verlaufen
- Profillänge = Plattenbreite
- mit  $\varnothing 9,5\text{mm}$  vorbohren und Bohrstaub entfernen

### 6.2.6 Montage Seitenanschlussprofil

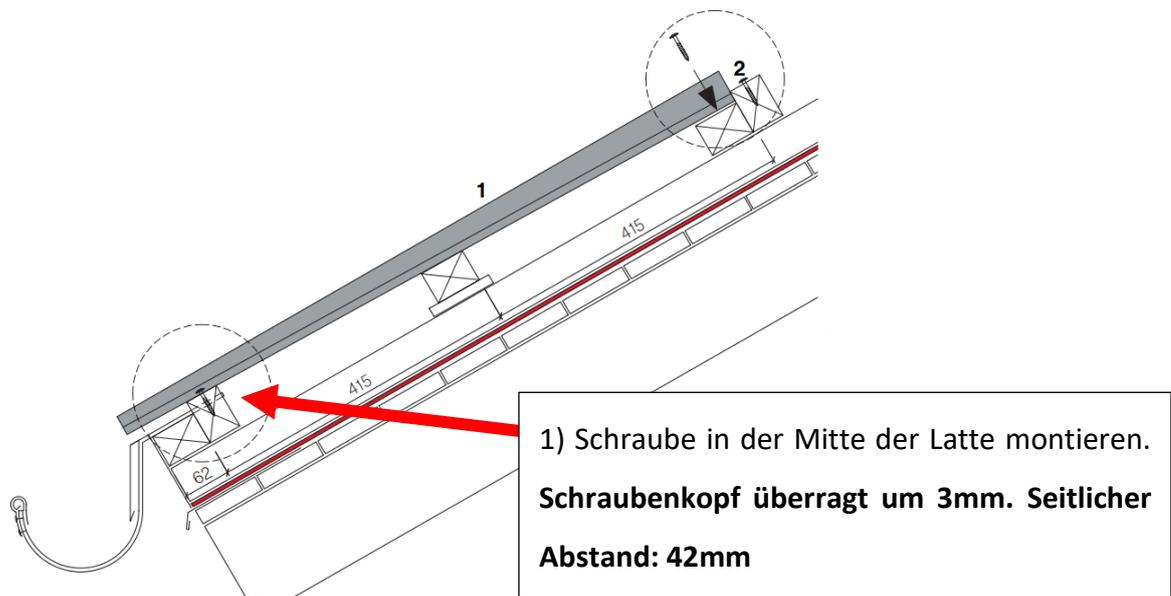


Abbildung 90: Schraube montieren (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap)

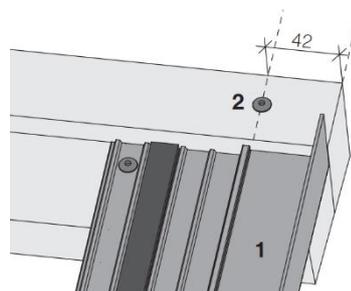


Abbildung 91: Schraubenabstand (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap)

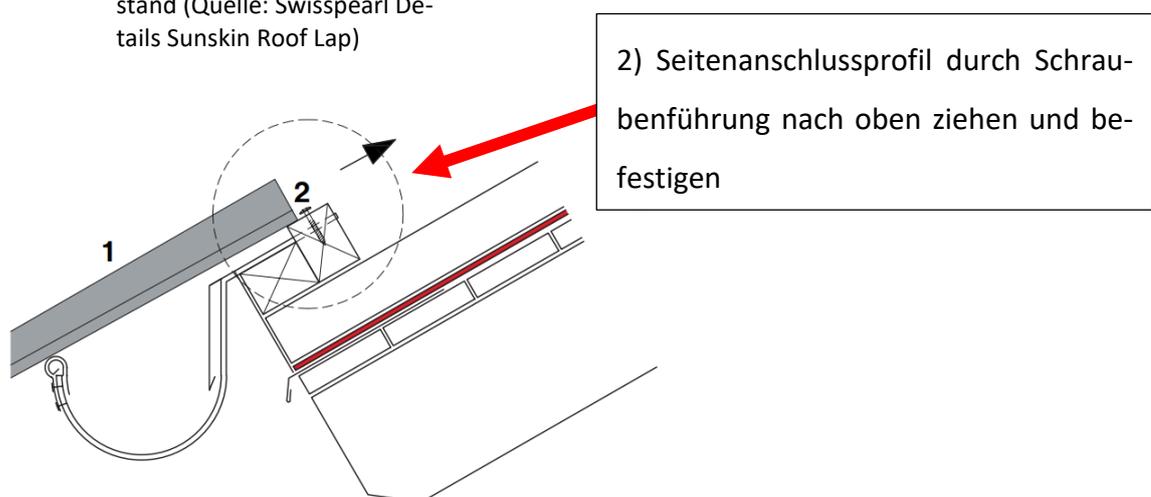
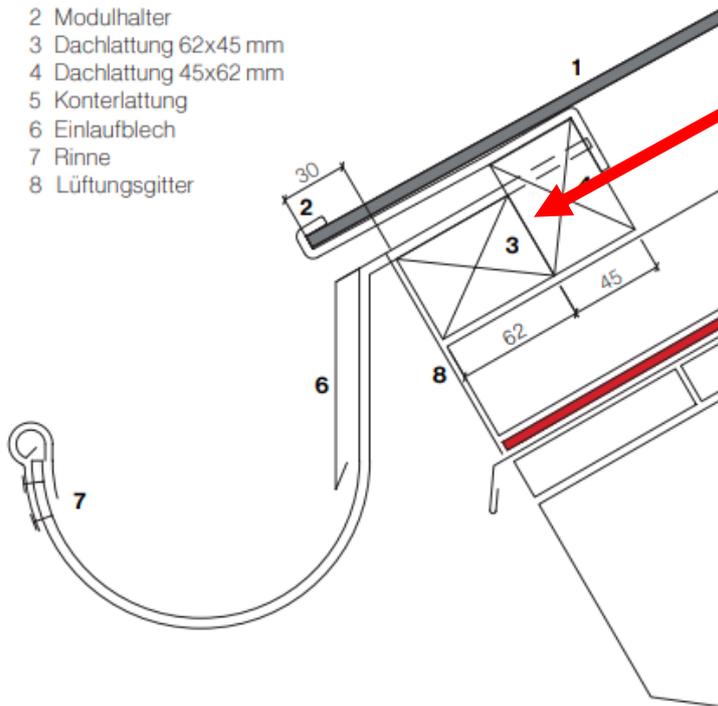


Abbildung 92: Seitenanschlussprofil (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap)

## 6.3 Konstruktionsdetails

### 6.3.1 Traufendetail

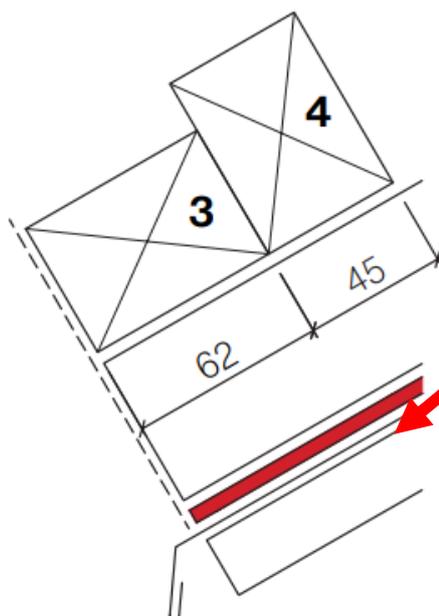
- 1 Sunskin PV-Modul
- 2 Modulhalter
- 3 Dachlattung 62x45 mm
- 4 Dachlattung 45x62 mm
- 5 Konterlattung
- 6 Einlaufblech
- 7 Rinne
- 8 Lüftungsgitter



**Querschnittsverminderungen der Durchlüftungsebene** aufgrund der gelochten Einlaufbleche sind zu **berücksichtigen!**

Abbildung 93: Traufendetail (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap)

Einlaufblech:



Einlaufblech als Leiter für Blitzschutzanlagen: **mind. 40mm obere Auflagefläche**

Abbildung 94: Einlaufblech (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap)

6.3.2 Firstdetail

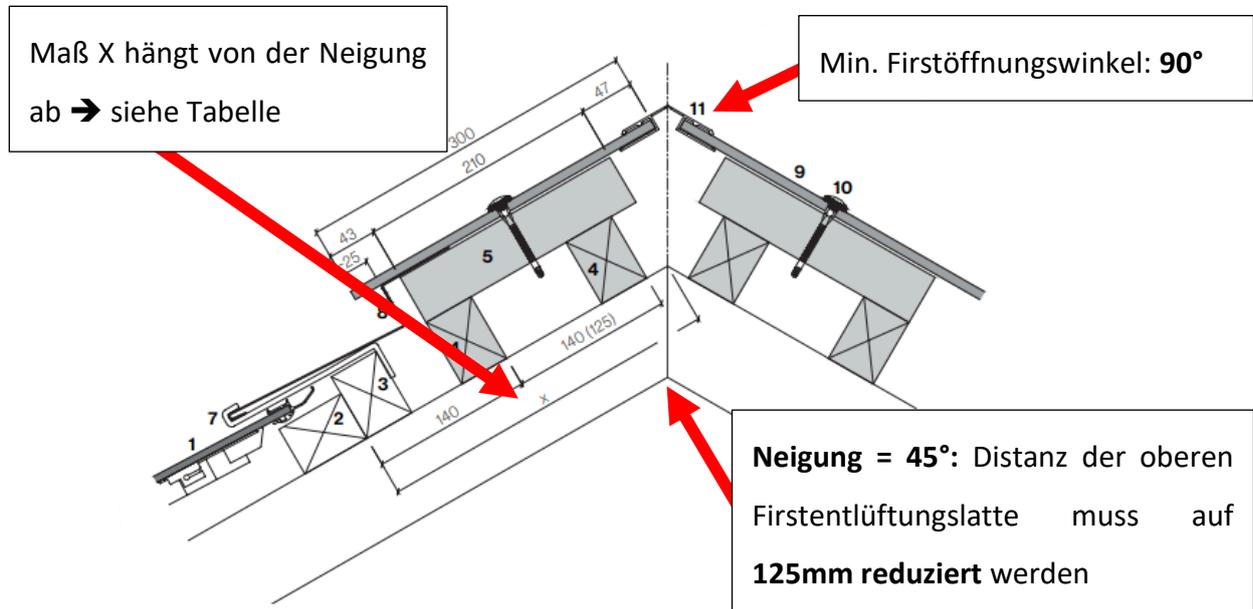


Abbildung 95: Firstdetail (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap)

Tabelle:

Neigung	Maß X [mm]
15°	340
20°	330
25°	320
30°	310
35°	300
40°	280

Abbildung 96: Tabelle für das Maß X (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap)

### 6.3.3 Ortsausbildung

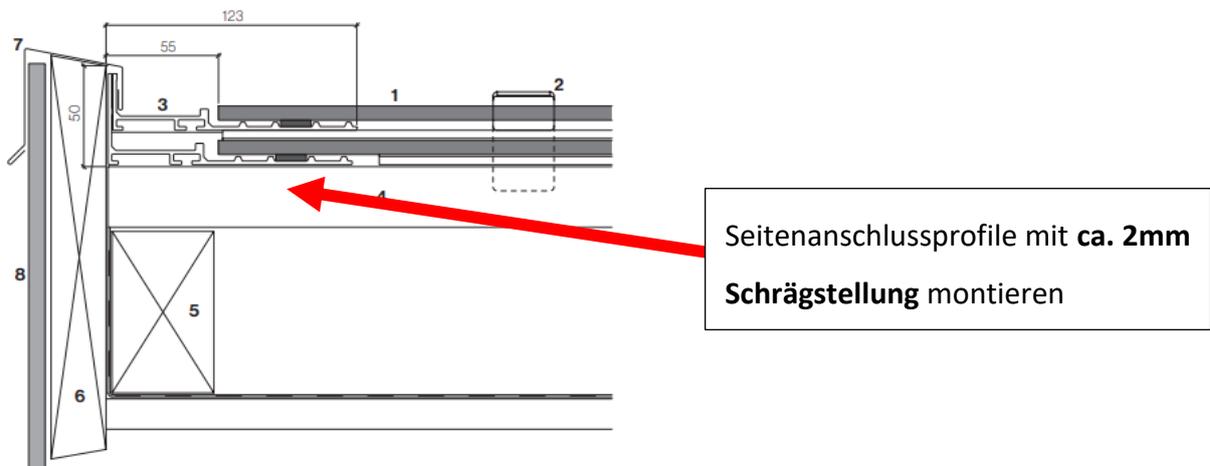


Abbildung 97: Ortsausbildung (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap)

### 6.3.4 Dachflächenfenster

Anschluss unten:

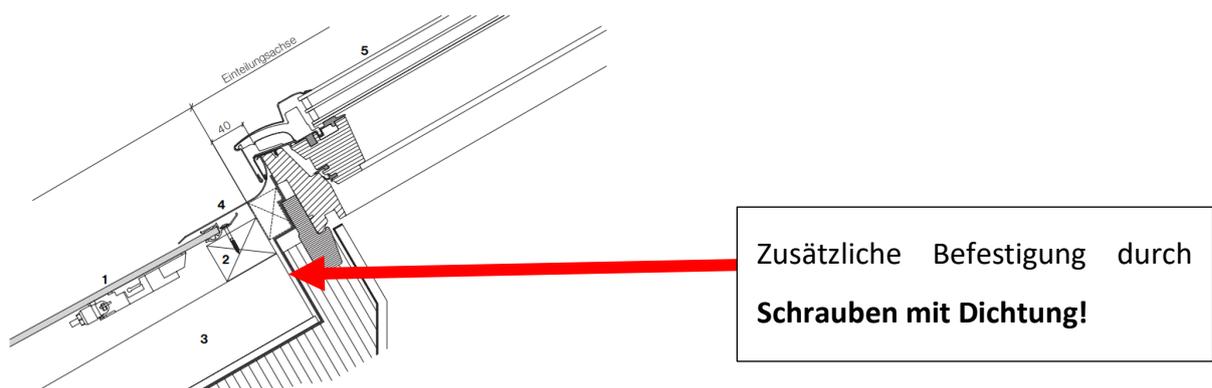


Abbildung 98: Anschluss unten (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap)

### 6.3.5 Schneefangvorrichtung

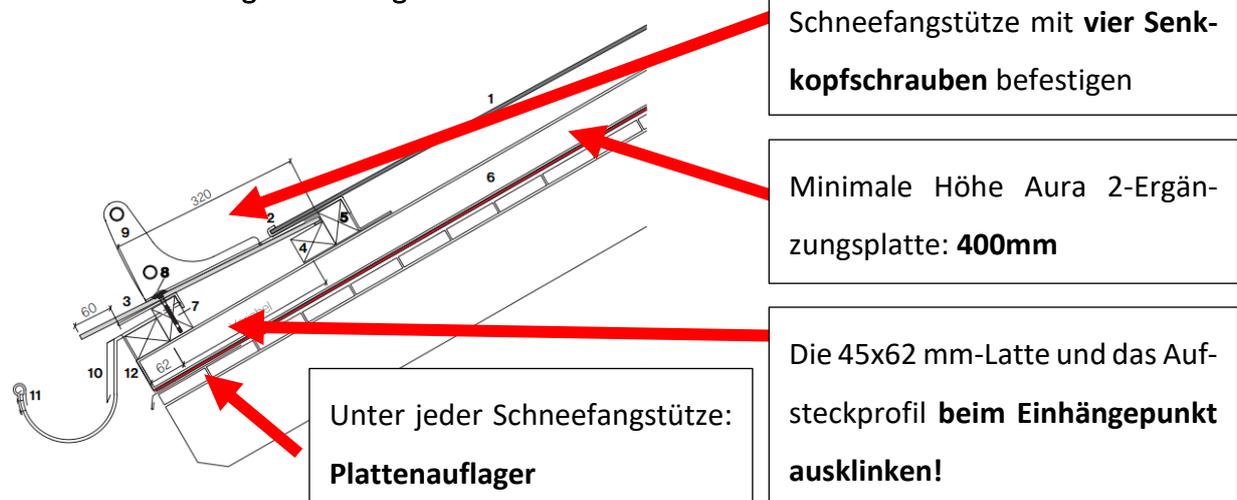


Abbildung 99: Schneefangvorrichtung (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap)

## 7 Zusammenfassung

Aufgrund der vielen verschiedenen Dachsysteme und Eindeckungen kommt es zu Schäden an Dächern durch die inkorrekte Montage von PV-Anlagen. Daher war es das Ziel der Diplomarbeit, zur Schadensvermeidung beizutragen und vor allem Monteuren von PV-Anlagen, die nicht aus der Dachbranche kommen, eine Hilfestellung zu leisten.

**In der Recherche haben sich folgende wesentliche Gefahrenquellen herauskristallisiert.**

### Beschädigungen durch Arbeiten und Materiallagerung am Dach

- Gebrochene Dachziegel durch Draufsteigen
- Schlitzte und Risse in Dachfolien durch scharfkantige Teile und Paletten

### Beschädigungen durch falsche Montage

- Versehentliche Fixierung von Loshaltern bei Blechdächern (führt zu Rissen im Blech)
- Bruch von Dachziegel durch Ausnehmungen (die so nicht vorgesehen sind)

### Mangelhafte Befestigung der Paneele

- Zu wenige Schrauben (bei Befestigung in eine Schalung sind mehr bzw. andere Schrauben notwendig als bei Befestigung in den Sparren)
- Zu geringe Beschwerung bei Aufständigung auf Flachdächern (Windsog)

### Ungeeignetes Dach

- Restlebensdauer der vorhandenen Dacheindeckung wesentlich geringer als die erwartete Lebensdauer der PV-Anlage
- Verschattung durch PV-Module kann bei manchen Dächern zu Problemen mit Feuchtigkeit führen (Vermorschung der tragenden Konstruktion)
- Asbestdeckung vorhanden (in Deutschland ist eine Montage auf asbesthaltigen Dächern verboten, in Österreich zumindest als gefährlich eingestuft)
- Kaltdach mit dichter Unterdeckbahn vorhanden (es sollte geprüft werden, ob das Tragsystem noch funktionstüchtig ist)

## Quellenverzeichnis

Baunetzwissen: PV am Gebäude: <https://www.baunetzwissen.de/solar/fachwissen/pv-am-gebaeude> Stand: 12.02.2024

Märtel Christian: Ist Photovoltaik auf einem Asbestdach verboten?. <https://www.photovoltaikweb.de>, Stand: 12.02.2024

Mezera, Karl; Riccabona, Christof: Baukonstruktion Band 2. Grundlagen des Bauens und Bauelemente. Wien: Manz, 2018., S.46

Fa. BMI: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024

Fa. Prefa: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021

Fa. Bauder: BauderSOLAR F Montageanleitung

Fa. Bauder: BauderSOLAR G Montageanleitung

Fa. Swisspearl: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap

SBZ Dachtechnik: Langschiebehafter <https://www.sbz-dachtechnik.at/>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Steildach mit diffusionsoffener Folie (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024) .....	11
Abbildung 2: Steildach mit Dachpappe (Quelle: Fa. IBTS GmbH) .....	12
Abbildung 3: Nicht ausgebauter Dachraum ohne Unterdach (Quelle: Fa. IBTS GmbH) .....	12
Abbildung 4: Aufdach-Photovoltaik-Anlage .....	14
Abbildung 5: Bramac Solarbügel Set (Quelle: <a href="https://www.bmigroup.com/at/p/solarb%C3%BCgel-set-1850257916/?pathname=%2Fat%2Fprodukte%2Fphotovoltaik%2Fphotovoltaik-steildach%2F">https://www.bmigroup.com/at/p/solarb%C3%BCgel-set-1850257916/?pathname=%2Fat%2Fprodukte%2Fphotovoltaik%2Fphotovoltaik-steildach%2F</a> Stand: 07.01.2024) .....	15
Abbildung 6: Photovoltaik-Indach-System (Quelle: <a href="https://www.bmigroup.com/at/p/pv-modul-bramac-indax-365-half-cut-mono-463164346/?pathname=%2Fat%2Fprodukte%2Fphotovoltaik%2Fphotovoltaik-steildach%2F">https://www.bmigroup.com/at/p/pv-modul-bramac-indax-365-half-cut-mono-463164346/?pathname=%2Fat%2Fprodukte%2Fphotovoltaik%2Fphotovoltaik-steildach%2F</a> Stand: 25.02.2024) .....	15
Abbildung 7: Dachdurchführung der Strangleitungen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024) .....	16
Abbildung 8: Hilfsbohlen montieren (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024) .....	17
Abbildung 9: Seitliche Eindeckbleche montieren (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024) .....	17
Abbildung 10: Drainageschienen verlegen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024) .....	18
Abbildung 11: Firstbefestigungen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024) .....	18
Abbildung 12: Schaumstoffstreifen aufkleben (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024) .....	19
Abbildung 13: Obere Eindeckbleche verlegen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024) .....	19
Abbildung 14: Ecken festschrauben (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024) .....	20
Abbildung 15: Module verlegen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024) .....	20
Abbildung 16: Module befestigen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024) .....	21
Abbildung 17: Hilfslatte verlegen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024) .....	21
Abbildung 18: Schürze auflegen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024) .....	21
Abbildung 19: Untere Eindeckbleche (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024) .....	22
Abbildung 20: Eindeckblech befestigen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024) .....	22

Abbildung 21: Schürze umschlagen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024) .....	23
Abbildung 22: Umbiegen der Laschen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024) .....	23
Abbildung 23: Eindeckbleche befestigen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024) .....	23
Abbildung 24: Klebestreifen entfernen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024) .....	24
Abbildung 25: untere Module verlegen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024) .....	24
Abbildung 26: Laschen nach innen drücken (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024) .....	25
Abbildung 27: Schürze anformen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024).....	25
Abbildung 28: Schaumstreifen festkleben (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024) .....	25
Abbildung 29: Dachschindel verlegen (Quelle: Bramac Photovoltaik InDaX®-System Verlegeanleitung Version 01/2024) .....	26
Abbildung 30: Metall-Formziegel der Fa. Marzari (Quelle: <a href="https://www.marzari-technik.de/metalldachplatten">https://www.marzari- technik.de/metalldachplatten</a> Stand: 16.03.2024) .....	27
Abbildung 31: Solarhalter Vario (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021) .....	30
Abbildung 32: Solarhalter Fix (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021) .....	30
Abbildung 33: Fußteil (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021) .....	31
Abbildung 34: Befestigung des Fußteils .....	31
Abbildung 35: Abdeckklappe anbringen (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021).....	31
Abbildung 36: Höhe einmessen (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021).....	32
Abbildung 37: Profilschiene setzen (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021).....	33
Abbildung 38: Schienenverbinder einschieben.....	33
Abbildung 39: Profilschienenabdeckung anbringen (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021).....	33
Abbildung 40: Endklemme (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021).....	34
Abbildung 41: Mittelklemme (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021).....	34
Abbildung 42: Sicherungen einschrauben (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021).....	35
Abbildung 43: Kabelclip (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021) .....	35

Abbildung 44: Solarhalter Sunny (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021).....	36
Abbildung 45: Abmessungen Sechskantstockschraube und Solarhalter (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021).....	36
Abbildung 46: Abmessungen Kreuzverbinder (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021).....	37
Abbildung 47: Langloch vorbohren (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021).....	38
Abbildung 48: Klebestelle anschleifen (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021).....	38
Abbildung 49: Kleber auftragen (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021).....	38
Abbildung 50: Schraube festziehen (Quelle: Prefa Verlegerichtlinien Solarmontagesystem Version 06/2021).....	39
Abbildung 51: Übersicht über beide Hafter (Quelle: eigene Aufnahme) .....	40
Abbildung 52: Hafter mit Bewegung im Falz (Quelle: eigene Aufnahme) .....	41
Abbildung 53: Bewegung des Hafters durch Klemme behindert (Quelle: eigene Aufnahme) .....	41
Abbildung 54: Hafter, der sich mitbewegt (Quelle: eigene Aufnahme) .....	41
Abbildung 55: Bewegung des Hafters wird nicht beeinträchtigt (Quelle: eigene Aufnahme) .....	41
Abbildung 56: Schubrisse (Quelle: Othmar Berner).....	42
Abbildung 57: PV-Module auf einem Flachdach (Quelle: Fa. IBTS GmbH) .....	43
Abbildung 58: Chaos nach Abheben der Module durch zu geringe Beschwerung (Quelle: Fa. IBTS GmbH) .....	44
Abbildung 59: Beschädigte Abdichtungen und Blechabdeckungen durch Paneel-Treffer (Quelle: Fa. IBTS GmbH).....	44
Abbildung 60: BauderSOLAR F (Quelle: <a href="https://www.bauder.at/at/bauder-photovoltaik.html">https://www.bauder.at/at/bauder-photovoltaik.html</a> Stand: 16.01.2024) .....	45
Abbildung 61: Aufbau BauderSOLAR (Quelle: BauderSOLAR F Montageanleitung) .....	46
Abbildung 62: Einbauraster (Quelle: BauderSOLAR F Montageanleitung).....	47
Abbildung 63: Hauptstruktur (Quelle: BauderSOLAR F Montageanleitung) .....	47
Abbildung 64: Bajonette einstecken (Quelle: BauderSOLAR F Montageanleitung) .....	48
Abbildung 65: Photovoltaikmodul ausrichten (Quelle: BauderSOLAR F Montageanleitung) .....	48
Abbildung 66: Sicherheitsstifte einsetzen (Quelle: BauderSOLAR F Montageanleitung).....	48
Abbildung 67: Scharfkantige Profile (mit dem Winkelschleifer abgelängt) direkt am Dach aufgelegt (Quelle: Fa. IBTS GmbH).....	50
Abbildung 68: Scharfkantige Profile direkt am Dach aufgelegt (Quelle: Fa. IBTS GmbH) .....	50
Abbildung 69: Schleifspuren auf der Dachhaut (Quelle: Fa. IBTS GmbH).....	50
Abbildung 70: Typische Beschädigungen (Schlitze) an Foliendächern durch PV-Befestigungsmaterial (Quelle: Fa. IBTS GmbH).....	51
Abbildung 71: Dachentwässerungen verschwinden unter den Paneelen und sind für Kontrolle bzw. Reinigungsarbeiten nicht mehr zugänglich (Quelle: Fa. IBTS GmbH).....	51
Abbildung 72: Dieser Gully wurde im Zuge der Dachsanierungsarbeiten/Montgearbeiten „verschlossen“.....	51

Abbildung 73: BauderSOLAR G (Quelle: <a href="https://www.lebensraumdach.ch/ch/photovoltaiksysteme/solar-und-gruendach.html">https://www.lebensraumdach.ch/ch/photovoltaiksysteme/solar-und-gruendach.html</a> Stand: 27.02.2024) .....	53
Abbildung 74: Abmessungen BauderSOLAR G (Quelle: BauderSOLAR G Montageanleitung) .....	53
Abbildung 75: Wannen aufstellen (Quelle: BauderSOLAR G Montageanleitung) .....	54
Abbildung 76: Winkel biegen/befestigen (Quelle: BauderSOLAR G Montageanleitung) .....	54
Abbildung 77: Modultragprofile (Quelle: BauderSOLAR G Montageanleitung) .....	54
Abbildung 78: Schüttung auftragen (Quelle: BauderSOLAR G Montageanleitung).....	55
Abbildung 79: Module einlegen (Quelle: BauderSOLAR G Montageanleitung) .....	55
Abbildung 80: Solardachziegel (Quelle: <a href="https://www.swisspearl.at/sunskin/#">https://www.swisspearl.at/sunskin/#</a> Stand: 20.02.2024) .....	56
Abbildung 81: Kabelverlegung (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap) .....	57
Abbildung 82: Dachlatten (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap) .....	57
Abbildung 83: PV-Modul bis zur Traufe montiert (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap)	58
Abbildung 84: Aura 2-Ergänzungsplatte bis zum Rand montiert (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap) .....	58
Abbildung 85: Fugenprofile montieren (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap) .....	59
Abbildung 86: Plattenauflager montieren (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap) .....	59
Abbildung 87: Ergänzungsplatten/PV-Module montieren (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap) .....	59
Abbildung 88: Firstanschlussblech (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap).....	60
Abbildung 89: Firstprofil (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap) .....	60
Abbildung 90: Schraube montieren (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap).....	61
Abbildung 91: Schraubenabstand (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap).....	61
Abbildung 92: Seitenanschlussprofil (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap).....	61
Abbildung 93: Traufendetail (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap) .....	62
Abbildung 94: Einlaufblech (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap) .....	62
Abbildung 95: Firstdetail (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap).....	63
Abbildung 96: Tabelle für das Maß X (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap).....	63
Abbildung 97: Ortsausbildung (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap) .....	64
Abbildung 98: Anschluss unten (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap) .....	64
Abbildung 99: Schneefangvorrichtung (Quelle: Swisspearl Details Sunskin Roof Lap) .....	64